T. C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

SAKARYA NEHRİ GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN DOĞAL ORTAM KOŞULLARI KAPSAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR HAVZA YÖNETİMİ VE PLANLAMASI

Doktora Tezi

SULTAN MURAT UZUN

İSTANBUL, 2022

T. C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

SAKARYA NEHRİ GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN DOĞAL ORTAM KOŞULLARI KAPSAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR HAVZA YÖNETİMİ VE PLANLAMASI

Doktora Tezi

Sultan Murat UZUN

Danışman: **Prof. Dr. Nuriye GARİPAĞAOĞLU**

İSTANBUL, 2022

ÖZET

Doğal ortam koşulları, son 150 yıllık dönemde antropojenik etkenlerle yoğun şekilde kullanılmakta, doğal unsurların dinamik işleyiş süreçleri değiştirilmektedir. Meydana gelen doğal-beşeri unsur ilişkisi farklı boyut ve sıklıktaki sorunların ortaya çıkmasına ve geleceğe dair kaygıların artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Dünya ve Türkiye genelinde, doğal ortam koşulları açısından bütünlük arz eden, farklı yöntem, teknik ve modellerle incelenebilen havzalarda çeşitli yönetim ve planlama çalışmaları yapılmaktadır.

Araştırmada, Sakarya Nehri Havzası'nın batı sınırını oluşturan, doğal ve beşeri coğrafya koşullarının çeşitlilik arz ettiği aynı zamanda yoğun etkileşim içerisinde olduğu, doğal afetler ile beşeri kaynaklı sorunların geçmişten günümüze meydana geldiği, sosyo-ekonomik gelişimin hedeflendiği Göksu Çayı Havzası incelenmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın bütüncül ve coğrafi bakış açısının ortak merkezinde incelenme isteği, çeşitli analiz ve yöntemler kullanılarak farklı, güncellenebilir, teknolojik havza yönetim modelinin ortaya konma arzusu, çalışmanın amacını oluşturmuştur. Çalışmada, Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam ve beşeri koşullar ile etkileşimleri detaylıca incelenmiş, Coğrafi Bilgi Sitemleri (CBS) ile Uzaktan Algılamanın (UA) etkin kullanımı ile altlık veriler ortaya konmuştur. Göksu Çayı Havzası ve alt havzalara uygulanan morfometrik indislerle jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik ve katostarofik değerlendirmeler yapılmıştır. Havzadaki risklerin dağılışını ve etki alanlarını ortaya koymak amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile havzanın deprem, erozyon, heyelan, sel, taşkın, kuraklık, kaya düşmesi, fırtına, orman yangını ve beşeri kaynaklı tehlike duyarlılık-risk analizleri ortaya konmuştur.

Çalışmanın ilk dört bölümünde elde edilen bulgularla araştırmanın son basamağında havzanın bütünleşik kapsamda coğrafi bakış açısıyla yönetim ve planlaması modellenmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın yönetim ve planlaması yedi alt modelden oluşmaktadır. Doğal ortam koşullarının etkisi, uygunluk analizleri, arazi kullanım simülasyonları, morfometrik analizlerle önceliklendirme ve risk analizleri kapsamındaki alt modellerde farklı yöntem ve tekniklerle elde edilen bulgular, kümeleme analizi ve SWOT analizi alt modellerinde tekrar değerlendirmiş ve havzanın planlaması, dağılış ve önerilerle birlikte sunulmuştur. Havzanın yönetim modelindeki bulguların ortaya koyduğu sorun alanları, problemler, geleceğe dönük değişimler, risk alanları ve kullanılabilir koşulların sağladığı olanaklar üzerinden bütünleşik, coğrafi ve sürdürülebilir bakış açısı ile çözüm önerileri açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Göksu Çayı Havzası, İnegöl ve Yenişehir Havzaları, Havza Yönetimi ve Planlaması, Hidrometrik ve Morfometrik Analizler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA).

ABSTRACT

Natural environmental conditions have been used intensively with anthropogenic factors in the last 150 years, and the dynamic processes of natural elements have been changed. The resulting natural-human element relationship causes problems of different sizes and frequencies to arise and an increase in concerns about the future. For this reason, various management and planning studies are carried out in basins that are integrated in terms of natural environment conditions and can be examined with different methods, techniques and models throughout the world and in Turkey.

In the research, the Göksu River Basin has been examined which forms the western border of the Sakarya River Basin, where natural and human geographical conditions are diverse and in intense interaction at the same time, where natural disasters and human-induced problems have occurred from the past to the present, where socio-economic development is targeted. The desire to examine the Göksu Stream Basin in the common center of the holistic and geographical perspective, and the desire to reveal a different, updatable, technological watershed management model by using various analyzes and methods have formed the purpose of the study. In the study, the interactions of Göksu River Basin with natural environment and human conditions were examined in detail, and the base data were revealed with the effective use of Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS). Geological, geomorphological, hydrographic and catastrophic evaluations were made with the morphometric indices applied to the Göksu River Basin and its sub-basins. In order to reveal the distribution of the risks in the basin and their impact areas, the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the sensitivity-risk analyzes of the basin's earthquake, erosion, landslide, flood, overflow, drought, rockfall, storm, forest fire and human-induced hazards were made.

In the last step of the research, with the findings obtained in the first four parts of the study, the management and planning of the basin were modeled with an integrated scope from a geographical perspective. The management and planning of the Göksu River Basin consists of seven sub-models. The findings obtained with different methods and techniques in the sub-models within the scope of the effect of natural environment conditions, suitability analyses, land use simulations, prioritization with morphometric analyzes and risk analyzes were re-evaluated in cluster analysis and SWOT analysis sub-models, and the planning of the basin, distribution and recommendations were presented. The problem areas, problems, future changes, risk areas and the possibilities provided by the usable conditions revealed by the findings in the management model of the basin are explained with an integrated, geographical and sustainable perspective.

Keywords: Göksu River Basins, Inegöl and Yenişehir basins, Watershed Management and Planning, Hydrometric and Morphometric Analysis, Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS).

ÖNSÖZ

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinin etkin kullanılarak doğal ve beşeri ortam koşulları ile etkileşimlerinin farklı analiz ve yöntemlerle incelendiği çalışmada, Göksu Çayı Havzası yönetim ve planlaması bütüncül-coğrafi kapsamda modellenmiştir. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları temel alınmış, beşeri koşullarla ilişkisi irdelenmiş, morfometrik, hidrometrik analizlerle kantitatif veriler ortaya konmuş ve risk alanlarının dağılışı yapılmıştır. Elde edilen bulgularla havzanın yönetim modeli, çeşitli yöntem ve tekniklerinin kullanılması ile yedi alt model ve iki farklı ölçekte planlama verileriyle ortaya konmuştur. Böylece ülke genelinde uygulanan planlamalara alternatif olacak alt havza kapsamında incelenen bulgular üretilmiş, özgün analizler yapılmış, birçok varsayımın nitel ve nicel değerlendirmesi dağılış açısından ortaya konmuş, sürdürülebilir, teknolojik, güncellenebilen, sorunlara çözüm önerileri sunan, ekosistemi koruyan ve sosyo-ekonomik gelişimi hedefleyen havza yönetim ve planlama modeli oluşturulmuştur.

Tez çalışmasının başlangıç, olgunlaşma ve nihai sonuca ulaşma aşamalarında engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, bilimsel bakış açısı ve motivasyon açısından her alanda desteğini gördüğüm, lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimlerim boyunca bilgi birikimime büyük katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Nuriye GARİPAĞAOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme sürecindeki bilimsel tavsiyelerinden dolayı Sayın Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN'e ve Sayın Doçent Dr. Cihan BAYRAKDAR'a teşekkür ederim. Bilimsel tavsiyeleri ile hidrometrik ve morfometrik analizler açısından tez çalışmasına katkı sağlayan Sayın Doçent Dr. Atilla KARATAŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Bütün eğitim hayatımda bana destek olan anneme, babama ve ağabeyime teşekkür ederim. Tezin bütün sürecinde her zaman beni destekleyen, beni motive eden ve daima yanımda olan değerli eşim Sibel ÖZCAN UZUN'a sonsuz teşekkür ederim.

S. Murat UZUN

İstanbul, 23.04.2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **III**
ABSTRACT ..... **IV**
ÖNSÖZ ..... **VI**
İÇİNDEKİLER ..... **VII**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **XI**
TABLO LİSTESİ ..... **XVI**
FOTOĞRAF LİSTESİ ..... **XVIII**

GİRİŞ **2**
ARAŞTIRMANIN KONUSU, YÖNTEMİ VE SİSTEMATİĞİ **2**
I. Araştırma Sahasının Konumu ve Sınırları 2
II. Araştırma Konusu, Amacı ve Kapsamı 8
III. Materyal ve Yöntem 10
IV. Önceki Çalışmalar 20
V. Kavramsal Çerçeve 27
V. I. Havza Kavramı, Tanımı ve Özellikleri 27
V. II. Havza Yönetimi-Planlaması ve Dünyadaki Gelişimi 30
V. III. Havza Yönetiminin Türkiye'deki Gelişimi 37

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ **40**
1.1. Jeolojik Özellikler **40**
1.1.1. Paleozoyik Formasyonlar 42
1.1.2. Mezozoyik Formasyonlar 45
1.1.3. Senozoyik Formasyonlar 49
1.1.4. Tektonik Özellikler ve Depremsellik 54
1.1.5. Jeolojik Oluşum ve Gelişim 59
1.2. Jeomorfolojik Özellikler **60**
1.2.1. Topografik Özellikler ve Analizi **62**
1.2.1.1. Yükselti 62
1.4.1.2. Eğim 65
1.4.1.3. Bakı 66
1.2.2. Göksu Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Birimleri **68**
1.2.2.1. Dağlar 70
1.2.2.1.1. Uludağ 71

1.2.2.1.2. Domaniç Dağları 72
1.2.2.1.3. Avdan Dağları 73
1.2.2.1.4. Ahı Dağı 74
1.2.2.2. Platolar 74
1.2.2.3. Ovalar 78
1.2.2.3.1. İnegöl Ovası 79
1.2.2.3.2. Yenişehir Ovası 80
1.2.3.4. Flüvyal Jeomorfoloji Birimleri 82
1.2.3.5. Karstik Jeomorfoloji Birimleri 86
1.2.3.6. Glasiyal ve Periglasiyal Jeomorfoloji Birimleri 89
1.2.3. Jeomorfolojik Oluşum ve Gelişim 90
1.3. İklim Özellikleri 93
1.3.1. Havza İklimi Etkileyen Coğrafi Özellikler 93
1.3.2. İklim Elemanları 93
1.3.2.1. Sıcaklıklar 93
1.3.2.2. Nem ve Yağış 98
1.3.2.3. Basınç ve Rüzgarlar 103
1.3.3. İklim Tipi Analizleri 105
1.4. Hidrografya Özellikleri 108
1.4.1. Hidrojeolojik Yapı 108
1.4.2. Akarsular, Drenaj Şebekesi ve Gelişimi 110
1.4.3. Göller ve Barajlar 114
1.4.4. Yer altı Su Kaynakları 117
1.4.5. Hidrometrik Analizler 117
1.4.5.1. Debi (Akım) 118
1.4.5.2. Verim 123
1.4.5.3. Akış Yüksekliği 128
1.4.5.4. Akarsu Rejimi 129
1.4.5.5. En Yüksek ve En Düşük Akımlar ile Taşkın Değişkenleri 131
1.4.6. Su Kalitesi 133
1.4.7. Hidrolojik Bilanço 135
1.5. Toprak Özellikleri 136
1.5.1. Zonal Topraklar 137
1.5.2. İntrazonal Topraklar 138
1.5.3. Azonal Topraklar 139
1.6. Doğal Bitki Örtüsü Özellikleri 140

1.6.1. Orman Formasyonu....142
1.6.2. Çalı Formasyonu....144
1.6.3. Ot Formasyonu....145

İKİNCİ BÖLÜM

2. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN BEŞERİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ....146
2.1. Nüfus Özellikleri....146
2.2. Yerleşme Özellikleri....149
2.3. Ekonomik Coğrafya Özellikleri....152
2.3.1. Tarım ve Hayvancılık Faaliyetleri....152
2.3.2. Sanayi ve Ticaret Faaliyetleri....154
2.3.3. Turizm Faaliyetleri....158
2.3.4. Madencilik ve Enerji Kaynakları....158
2.4. Ulaşım Özellikleri....160
2.5. Göksu Çayı Havzası'nın Arazi Kabiliyet Sınıflandırması ve Dağılışı....161
2.6. Göksu Çayı Havzası'nda Arazi Kullanımı ve Zamansal Değişimi....163
2.6.1. Göksu Çayı Havzası'nın Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (1980-2020)....164
2.6.2. Göksu Çayı Havzası'nda Arazi Kullanımının Değişim Analizi....170
2.7. Arazi Kabiliyet Sınıflandırması-Arazi Kullanımı İlişkisinin Analizi....174

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN MORFOMETRİK ANALİZİ....176
3.1. Alansal Morfometri....176
3.2. Çizgisel Morfometri....185
3.3. Yüzeysel (Rölyef) Morfometri....192

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN TEHLİKE DUYARLILIK-RİSK ANALİZLERİ....209
4.1.Tehlike Duyarlılık-Risk Analizleri Sistematiği ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ..209
4.2. Deprem Risk Analizi....213
4.3. Erozyon Risk Analizi....217
4.4. Heyelan Risk Analizi....221
4.5. Sel Risk Analizi....227
4.6. Taşkın Risk Analizi....231
4.7. Kuraklık Risk Analizi....235
4.8. Kaya Düşmesi Risk Analizi....240
4.9. Orman Yangını Risk Analizi....243
4.10. Fırtına Risk Analizi....248

4.11. Beşeri Etken (Antropojenik) Kaynaklı Risk Analizi 251

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN YÖNETİMİ VE PLANLAMASI.....256

5.1. Göksu Çayı Havzası'nın Bütünleşik Kapsamdaki Coğrafi Havza Yönetim-Planlama Modeli, Sistematiği ve Alt Modelleri 256

5.1.1. Doğal Ortam Koşulları Kapsamında Havza Yönetim-Planlama Modeli.....260

5.1.1.1.Jeolojik ve Jeomorfolojik Etki Kapsamında Havza Yönetimi 260

5.1.1.2.Klimatolojik Etki Kapsamında Havza Yönetimi 269

5.1.1.3.Hidrografik Etki Kapsamında Havza Yönetimi 273

5.1.1.4.Toprak ve Bitki Örtüsü Etki Kapsamında Havza Yönetimi.....288

5.1.2.Doğal Ortam Koşullarının Beşeri Faaliyetler İçin Uygunluk Analizlerine Dayalı Havza Yönetim Modeli 292

5.1.2.1.Yerleşim Alanı Uygunluk Analizi 292

5.1.2.2.Sanayi Alanı Uygunluk Analizi 295

5.1.2.3.Tarım Alanı Uygunluk Analizi 298

5.1.2.4.Orman Alanı Uygunluk Analizi 300

5.1.2.5.Çayır-Mera Alanı Uygunluk Analizi 302

5.1.3.Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AKAÖ) Değişimlerine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli.....304

5.1.3.1. 2030 Yılı Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Simülasyonu 306

5.1.3.2. 2045 Yılı Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Simülasyonu 307

5.1.3.3. 2070 Yılı Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Simülasyonu 309

5.1.4. Morfometrik Analizlere Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli.....313

5.1.4.1.Morfometrik Analizlerle Alt Havza Önceliklendirme 318

5.1.5. Risk Analizlerine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli 321

5.1.6. Kümeleme Analizlerine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli.....335

5.1.7. SWOT Analizine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli.....349

5.2. Göksu Çayı Havzası'nın Bütünleşik-Coğrafi Havza Yönetim Modeline Göre Planlaması 359

5.2.1. Sürdürülebilirlik Kapsamında Göksu Çayı Havzası'nın Planlaması 359

5.2.2. Havza Yönetim Modeline Göre Bütünleşik-Coğrafi Kapsamda Göksu Çayı Havzası'nın Planlaması 366

SONUÇ.....379

KAYNAKÇA 392

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Araştırma sahasının lokasyon haritası A) Türkiye sınırları içerisindeki konumu, B) Türkiye su havzaları ve Sakarya Nehri havzasındaki konumu, C) Göksu Çayı Havzası'nın sınırları 4
Şekil 2: Göksu Çayı Havzası'nın sınırları (kuzeydoğudan-güneybatıya bakış-2 boyutlu) 6
Şekil 3: Göksu Çayı Havzası'nda yerleşim birimleri ve idari sınırlar 7
Şekil 4: A) Yapay sinir ağları modeli ve B) işleyiş sistematiği 17
Şekil 5: A) Havzaların sınırları ve genel görünümü B) Havzaların akış durumuna göre hidrografik yapısı ve sınırları 29
Şekil 6: DSİ tarafından oluşturulmuş Türkiye'deki 25 su havzası 38
Şekil 7: Göksu Çayı Havzası'nın sadeleştirilmiş jeoloji haritası 41
Şekil 8: Göksu Çayı Havzası'nın jeoloji haritası 44
Şekil 9: Göksu Çayı Havzası ve yakın çevresinin fay haritası 55
Şekil 10: Göksu Çayı Havzası ve çevresindeki depremler 58
Şekil 11: Göksu Çayı Havzası'nın topografya haritası 61
Şekil 12: Göksu Çayı Havzası'nın yükselti basamakları haritası 63
Şekil 13: Göksu Çayı Havzası yükselti basamaklarının sayısal değerleri 64
Şekil 14: Göksu Çayı Havzası'ndaki belli noktalar arasında alınmış profil hatları 64
Şekil 15: Göksu Çayı Havzası'nın eğim haritası 65
Şekil 16: Göksu Çayı Havzası'nın bakı haritası 67
Şekil 17: Göksu Çayı Havzası'nın jeomorfoloji haritası 69
Şekil 18: Göksu Çayı Havzası'nın farklı doğrultulardaki mürtesem profilleri ve aşınım yüzeyleri 77
Şekil 19: A) Hayriye-Yenişehir arasındaki antropojenik etkenlerle meydana gelmiş kopuk menderesler, B) Koca Dere'deki gömük menderesler 85
Şekil 20: İnceleme sahasının güneydoğusunda dolinlerin yoğun olduğu alanlar 87
Şekil 21: İnegöl'de aylık ortalama, en düşük, en yüksek sıcaklık değerleri ve değişimi 95
Şekil 22: Yenişehir'de aylık ortalama, en düşük, en yüksek sıcaklık değerleri ve değişimi 95
Şekil 23: Göksu Çayı Havzası'nın yıllık ortalama sıcaklık dağılışı haritası 97
Şekil 24: Göksu Çayı Havzası'nın A) Ocak ayı, B) Temmuz ayı sıcaklık dağılışı haritaları 98
Şekil 25: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama bağıl nem değerleri 99
Şekil 26: İnegöl ve Yenişehir'de yağış miktarının yıl içerisindeki değişimi ve mevsimlere göre dağılışı 100
Şekil 27: Göksu Çayı Havzası'nın yıllık toplam yağış dağılış haritası 101
Şekil 28: İnegöl ve Yenişehir'in yıllık rüzgar frekansları 104
Şekil 29: İnegöl ve Yenişehir'in mevsimlik rüzgar frekansları 104
Şekil 30: İnegöl ve Yenişehir'in yağış-sıcaklık grafikleri 105
Şekil 31: İnegöl'ün Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu diyagramı 107
Şekil 32: Yenişehir'in Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu diyagramı 107
Şekil 33: Göksu Çayı Havzası'nın hidrojeoloji haritası 109
Şekil 34: Göksu Çayı Havzası'nın hidrografya haritası, A) Bütün akarsu varlığı, drenaj yapısı ve akarsu çatallanma durumu, B) Havzanın akarsu yoğunluğu 111
Şekil 35: Göksu-Rüstemköy AGİ'sinde ortalama, en çok ve en az debi değerlerinin aylık seyri 120
Şekil 36: Göksu Çayı Havzası'nın AGİ alt havzaları kapsamında A) ortalama debi, B) akış katsayısı, C) akış eksiği ve D) düzensizlik katsayısı haritaları 121
Şekil 37: Göksu Çayı'nın uzun yıllar ortalama akımı ve doğrusal değişim trendi 122

Şekil 38: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ bazlı derelerin uzun yıllar ortalama akım ve trendleri 122
Şekil 39: Göksu Çayı-Rüstemköy AGİ ortalama akımı ile İnegöl-Yenişehir yıllık yağışı.....123
Şekil 40: Göksu Çayı Havzası'nın AGİ alt havzası kapsamında su verimi haritası 124
Şekil 41: Göksu Çayı Havzası'nın yağış-akış eğrisi.....125
Şekil 42: Göksu Çayı Havzası'nın ağırlıklı akış dağılış haritası 126
Şekil 43: Thornthwaite yöntemine göre hazırlanmış ağırlıklı akış dağılış haritası 127
Şekil 44: Göksu Çayı'nın Rüstemköy ve Boğazköy AGİ'lerine göre akarsu rejimi 129
Şekil 45: Çalışma sahasındaki AGİ verilerine göre akarsuların akım rejimleri.....130
Şekil 46: Göksu-Rüstemköy akım rejimi ve Yenişehir yağış rejimin karşılaştırması 130
Şekil 47: Göksu Çayı'nın Rüstemköy AGİ verilerine göre 10'ar yıllık dönemlerdeki rejimleri 131
Şekil 48: Göksu Çayı Havzası'ndaki tüm AGİ'lerde ölçülen yıllık maksimum akım değerleri132
Şekil 49: Havzadaki bazı akarsuların farklı parametreler kapsamındaki su kalitesi sınıfları 134
Şekil 50: Göksu Çayı Havzası'nın toprak haritası.....137
Şekil 51: Göksu Çayı Havzası'nın A) NDVI haritası ve B) Bant kombinasyonları orman arazisi için sınıflandırılmış 2020 yılı Landsat uydu görüntüsü 141
Şekil 52: Göksu Çayı Havzası'nın doğal bitki örtüsü dağılışı haritası 142
Şekil 53: Yıllara göre Göksu Çayı Havzası'nın nüfus miktarı ve nüfus artış hızı.....147
Şekil 54: Göksu Çayı Havzası'nda nüfusun dağılışı (2020).....149
Şekil 55: Göksu Çayı Havzası'nın idari bölünüş ve yerleşme dağılışı haritası 151
Şekil 56: Göksu Çayı Havzası'nda sanayi kollarının dağılışı.....156
Şekil 57: Göksu Çayı Havzası'nın ulaşım ağı haritası.....160
Şekil 58: Göksu Çayı Havzası'nın arazi kabiliyet sınıfları dağılış haritası 162
Şekil 59: Çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntüleri 164
Şekil 60: Göksu Çayı Havzası'nın 1980, 1990, 2000, 2010 ve 2020 yılları arazi kullanımı/arazi örtüsü (AKAÖ) haritaları.....166
Şekil 61: Göksu Çayı Havzası'nın yıllara göre arazi kullanımı/arazi örtüsünün alansal grafikleri 168
Şekil 62: Göksu Çayı Havzası'nın 1980-2020 yılı arasındaki 40 yıllık zamanda arazi kullanımı/arazi örtüsü değişim haritası 172
Şekil 63: Göksu Çayı Havzası arazi kullanım sınıflarının zamansal değişim ve trend analizleri 173
Şekil 64: Göksu Çayı Havzası'nın alt havzaları 178
Şekil 65: Göksu Çayı Havzası'nda A) akarsu dağılışı ve B) vadi dağılışı.....182
Şekil 66: Göksu Çayı Havzası'nda A) akarsu yoğunluğu (sıklığı) B) drenaj (vadi) yoğunluğu 182
Şekil 67: Göksu Çayı Havzası'nda km2'ye düşen, A) akarsu uzunluğu ve B) vadi uzunluğu..187
Şekil 68: Göksu Çayı Havzası'nda akarsuların çatallanma dağılışı, akarsu dizin uzunluğu, sayısı ve çatallanma oranları 189
Şekil 69: Göksu Çayı Havzası ile İnegöl ve Yenişehir havzalarının hipsometrik eğrileri 195
Şekil 70: Göksu Çayı Havzası'nın transverse topografik simetri faktörü bileşenleri 198
Şekil 71: Göksu Çayı Havzası'nda belli alanlardaki dağ cephesi sinüsitesi verileri 199
Şekil 72: A) Vf indis hesaplamasında kullanılan profil hatları B) SL indis hesaplama noktaları C) Aşınım-parçalanma derecesi karelaj ağı ve orta noktaları 200
Şekil 73: Göksu Çayı Havzası Vf indis değerlerinin dağılış haritası 201
Şekil 74: Göksu Çayı Havzası'nın SL indis değerleri dağılış haritası 202
Şekil 75: Göksu Çayı Havzası'nın kurvatür dereceleri haritası ve oransal grafikleri 203

Şekil 76: Göksu Çayı Havzası'nın aşınım-parçalanma şiddet dereceleri haritası 204
Şekil 77: Göksu Çayı Havzası'nın topografik nemlilik indeksi haritası 205
Şekil 78: Göksu Çayı Havzası'nın akarsu güç indis (SPI) haritası 206
Şekil 79: Göksu Çayı Havzası'nın yarılma derecesi (DI) haritası 207
Şekil 80: Göksu Çayı Havzası'nın topografik pürüzlülük indisi (TRI) haritası 208
Şekil 81: AHS ile elde edilen değerlerin örnek tablo verisinde gösterimi ve açıklamaları 213
Şekil 82: Deprem risk analizinde kullanılan kriterler 1) Aktif faylara mesafe, 2) Jeoloji-litoloji, 3) Salınım ve sıvılaşma potansiyeli, 4) Deprem yoğunluğu (1900-2020), 5) Diğer faylara mesafe, 6) Hidrojeoloji, 7) Eğim.....215
Şekil 83: Göksu Çayı Havzası'nın deprem riski haritası 216
Şekil 84: Erozyon risk analizinde kullanılan kriterler 1) eğim 2) arazi kullanımı 3) toprak türleri 4) yağış 5) hidrojeoloji 6) NDVI 7) irtifa farkı 8) bakı 9) TWI 219
Şekil 85: Göksu Çayı Havzası'nın erozyon risk haritası 220
Şekil 86: Heyelan risk analizinde kullanılan kriterler 1) jeoloji 2) eğim 3) kayaç geçirimliliği 4) irtifa farkı 5) arazi kullanımı 6) akarsulara mesafe 7) yollara mesafe 8) TWI 9) NDVI 10) toprak 223
Şekil 87: Göksu Çayı Havzası'nın heyelan risk haritası 224
Şekil 88: Sel risk analizinde kullanılan kriterler 1) akarsulara mesafe 2) hidrojeoloji 3) drenaj yoğunluğu 4) eğim 5) yağış 6) litoloji 7) TWI 8) SPI 9) NDVI 10) arazi kullanımı 229
Şekil 89: Göksu Çayı Havzası'nın sel risk haritası 230
Şekil 90: Taşkın risk analizinde kullanılan kriterler 1) akarsuya mesafe 2) eğim 3) jeomorfoloji 4) hidrojeoloji 5) litoloji 6) arazi kullanımı 7) yağış 8) NDVI 9) Toprak 10) TWI 233
Şekil 91: Göksu Çayı Havzası'nın taşkın risk haritası 234
Şekil 92: Kuraklık risk analizindeki kriterler 1) sıcaklık 2) yağış 3) evapotransprisyon 4) akış dağılışı 5) NDVI 6) yükselti 7) geçirimlilik 8) arazi kullanımı 9) güneş radyasyonu 10) bakı 238
Şekil 93: Göksu Çayı Havzası'nın kuraklık risk haritası 239
Şekil 94: Kaya düşmesi risk analizinde kullanılan kriterler 1) eğim 2) irtifa farkı 3) jeomorfoloji 4) yarılma derecesi 5) yollara mesafe 6) jeoloji 7) arazi kullanımı 8) akarsulara mesafe 242
Şekil 95: Göksu Çayı Havzası'nın kaya düşmesi risk haritası 243
Şekil 96: Orman yangını risk analizinde kullanılan kriterler 1) doğal bitki örtüsü 2) bitki türü yanma potansiyeli 3) NDVI 4) arazi kullanımı 5) sıcaklık 6) güneş radyasyonu 7) yağış 8) bakı 9) yollara mesafe 10) eğim.....246
Şekil 97: Göksu Çayı Havzası'nın orman yangını risk haritası 247
Şekil 98: Fırtına risk analizinde kullanılan kriterler 1) rüzgar hızı 2) zemin sürtünme katsayısı 3) jeomorfoloji 4) arazi kullanımı 5) yükselti 6) NDVI 7) basınç 8) bakı 250
Şekil 99: Göksu Çayı Havzası'nın fırtına risk haritası 251
Şekil 100: Beşeri kaynaklı risk analizinde kullanılan kriterler 1) arazi kullanımı 2) detaylı arazi kullanımı 3) endüstri tesislerine mesafe 4) atık deşarj noktalarına mesafe 5) maden-taş ocaklarına mesafe 6) yollara mesafe 7) yol yoğunluğu 8) NDVI 9) akarsulara mesafe 10) jeomorfolojik beşeri faaliyet uygunluk alanı 254
Şekil 101: Göksu Çayı Havzası'nın beşeri kaynaklı risk haritası 255
Şekil 102: Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik coğrafi havza yönetim-planlama modeli ve işleyiş sistematiği 259
Şekil 103: Göksu Çayı Havzası'nın jeomorfolojik uygunluk (jeo-uygunluk) haritası 264
Şekil 104: Göksu Çayı Havzası'nda jeomorfolojik birimler ile arazi kullanımı arasındaki ilişki 268
Şekil 105: Göksu Çayı Havzası sıcaklık, yağış verilerinin Sen's Slope testi trend analizi grafiği 272

Şekil 106: Göksu Çayı Havzası, alt havzalarının ağırlıklı akış dağılışı ile üretilmiş 25, 50 ve 100 yıllık ortalama toplam akış tahminleri 276
Şekil 107: A) Göksu Çayı Havzası'nda hidrografik değişim riski altında olan alt havzalar B) Göksu Çayı Havzası alt havzalarında ekolojik ve su miktarı risk potansiyeli 278
Şekil 108: Göksu Çayı Havzası alt havzalarında A) akış eksiği ve B) akış katsayısı dağılışı ..280
Şekil 109: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ verilerin Sen's Slope testi trend analiz grafikleri 283
Şekil 110: Göksu Çayı Havzası AGİ bazlı havzalarının çeşitli trend analiz verileri 284
Şekil 111: Göksu Çayı Havzası'nın farklı yıllara ait NDVI analizi sonuçları ve dağılışı 291
Şekil 112: Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları kapsamında yerleşim alanı uygunluk analizi 294
Şekil 113: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında sanayi alanı uygunluk analizi 297
Şekil 114: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında tarım alanı uygunluk analizi 299
Şekil 115: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında orman alanı uygunluk analizi 302
Şekil 116: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında çayır-mera alanı uygunluk analizi 304
Şekil 117: Göksu Çayı Havzası'nın 2030, 2050 ve 2070 yılları arazi kullanımı/arazi örtüsü projeksiyonları için oluşturulmuş yapay sinir ağları (YSA) modeli 305
Şekil 118: Göksu Çayı Havzası'nın 2030 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü simülasyon modeli 307
Şekil 119: Göksu Çayı Havzası'nın 2045 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü simülasyon modeli 308
Şekil 120: Göksu Çayı Havzası'nın 2070 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü simülasyon modeli 310
Şekil 121: AKAÖ modellerine göre arazi kullanım türleri bazında değişim oranları 311
Şekil 122: AKAÖ modelleri arasındaki değişim alanları ve kümelenme bölgeleri 312
Şekil 123: İnceleme sahasının alt havza kapsamında başlıca morfometrik indis verilerinin dağılışı.....315
Şekil 124: Göksu Çayı Havzası'nın morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirmesi 319
Şekil 125: Göksu Çayı Havzası'nın AHS tehlike duyarlılık-risk haritaları ve tüm risk verileri üzerinden yapılan bütüncül-multirisk dağılışı.....322
Şekil 126: Göksu Çayı Havzası'nda risk alanları ile nüfus dağılışı ve yol ağı ilişkisi 324
Şekil 127: Göksu Çayı Havzası'nda farklı senaryolara göre tehlike duyarlılık-risk dağılışı 326
Şekil 128: Göksu Çayı Havzası'nda heyelan sahalarının dağılışı ve kantitatif verileri 328
Şekil 129: Göksu Çayı-Boğazköy Barajı taşkın modeli A) taşkın varış zamanı modeli, B) taşkının maksimum derinlik dağılış modeli ve C) taşkının maksimum hız modeli 331
Şekil 130: Göksu Çayı Havzası'nın alt havza kapsamında kümeleme analizi 338
Şekil 131: Göksu Çayı Havzası alt havza kümelenmelerinin dendongram grafiği 339
Şekil 132: Göksu Çayı Havzası'nın alt havza kapsamında Lokal Moran's I kümelenme analizi 340
Şekil 133: Göksu Çayı Havzası'nın alt havza kapsamlı kümelenme analizinin Getis-Ord Gİ istatistiği dağılışı 341
Şekil 134: Hücresel tabanlı kümeleme analizi için oluşturulan korelasyon grafikleri 342
Şekil 135: Göksu Çayı Havzası'nın sorun-risk ve sürdürülebilirlik potansiyeli kapsamındaki hücresel (raster) tabanlı kümeleme analizi 344

Şekil 136: Göksu Çayı Havzası'nın Lokal Moran's I kümeleme analizi (raster tabanlı) 346
Şekil 137: Göksu Çayı Havzası'nın hücre (raster veri) tabanlı kümeleme analizinin Getis-Ord Gİ istatistiği dağılışı 348
Şekil 138: Göksu Çayı Havzası'nın SWOT analizi kapsamında fiziki coğrafya koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu, doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskı yoğunluğu, muhtemel antropojenik etki yoğunluğu derecesi ve doğal ortam koşullarının beşeri faaliyetlerle kullanım derecesi haritaları 355
Şekil 139: Kınık mahallesi yakınlarında farklı nedenlere bağlı meydana gelen değişim alanları ile ortaya çıkan fırsatlar ve tehditler 356
Şekil 140: Maden-taş ocağı (antropojenik) kaynaklı topografik ve ekolojik değişim alanları A) Gökçesu B) Kınık C) Okluca doğusu D)Toprakdere güneyi E) İnegöl ilçe merkezi batısı 357
Şekil 141: Göksu Çayı Havzası'nın sürdürülebilir kapsamdaki havza planlaması 362
Şekil 142: Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik-coğrafi havza planlaması ve önerilen havza planlama uygulamalarının dağılışı 371

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Göksu Çayı Havzası'nda meydana gelmiş depremler 57
Tablo 2: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama sıcaklıklar (1985-2019) 94
Tablo 3: İnegöl ve Yenişehir'de aylara göre ortalama donlu gün sayıları (gün).....96
Tablo 4: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat) 96
Tablo 5: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama yağış miktarları (mm) 99
Tablo 6: İnegöl ve Yenişehir'de yağışlı ve kar yağışlı günler.....102
Tablo 7: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama bulutlu, açık, kapalı ve sisli günler.....102
Tablo 8: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama basınç değerleri (mb).....103
Tablo 9: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama rüzgar esme hızları (m/sn) 103
Tablo 10: İnegöl'ün Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu 106
Tablo 11: Yenişehir'in Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu 106
Tablo 12: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ'lerin uzun yıllar ortalama sayısal değerleri.....119
Tablo 13: Ağırlıklı akış dağılış haritasında kullanılan etken sınıfları ve etki katsayıları.....125
Tablo 14: Göksu Çayı ve bazı alt havzalarının Thornthwaite yöntemine göre akış miktarları 128
Tablo 15: Göksu Çayı Havzası'nda AGİ bazlı taşkın yineleme periyotları ve taşkın pikleri ...133
Tablo 16: Göksu Çayı Havzası'nın yıllara göre nüfus miktarı (1935-2020).....146
Tablo 17: Göksu Çayı Havzası'nda kır ve şehir nüfus verileri (1935-2020) 148
Tablo 18: Arazi kullanımı/arazi örtüsü analizlerinde kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri 163
Tablo 19: Arazi Kullanım/arazi örtüsü haritalarının doğruluk analizi verileri.....170
Tablo 20: Göksu Çayı Havzası'nın 1980, 1990, 2000, 2010 ve 2020 yılları arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarının sayısal verileri.....171
Tablo 21: Göksu Çayı Havzası'nda 2020 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü verilerinin arazi kabiliyet sınıflarındaki alansal ve oransal verileri.....174
Tablo 22: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarına uygulanan alansal morfometrik indisler.....177
Tablo 23: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarının alansal morfometrik indis değerleri 184
Tablo 24: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarına uygulanan çizgisel morfometrik indisler ...186
Tablo 25: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarının çizgisel morfometrik indis değerleri 190
Tablo 26: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarına uygulanan yüzeysel morfometrik indisler .193
Tablo 27: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarının yüzeysel morfometrik indis değerleri 196
Tablo 28: Analitik Hiyerarşi Sürecinde (AHS) uygulanan örnek karşılaştırma matrisi 210
Tablo 29: AHS'de kullanılan rastgele indeks değerleri 211
Tablo 30: Göksu Çayı Havzası risk analizlerinin AHS'de kullanılan ana ve alt kriter sayıları 212
Tablo 31: Analitik hiyerarşi süreci deprem risk analizinde kullanılan kriter ve ağırlık değerleri 214
Tablo 32: Analitik hiyerarşi süreci erozyon risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değeri 218
Tablo 33: Analitik hiyerarşi süreci heyelan risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri 222
Tablo 34: Analitik hiyerarşi süreci sel risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri .228
Tablo 35: Analitik hiyerarşi süreci taşkın risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri 232
Tablo 36: Analitik hiyerarşi süreci kuraklık risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değeri 237

Tablo 37: AHS kaya düşmesi risk analizinde kullanılan kriterler ve ağırlık değerleri 241
Tablo 38: AHS orman yangını risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri 245
Tablo 39: Analitik hiyerarşi süreci fırtına risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri 249
Tablo 40: AHS beşeri kaynaklı risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri 252
Tablo 41: Göksu Çayı Havzası'nın geleceğe dönük akış, akım ve su potansiyeli tahminleri ..275
Tablo 42: Alt havzaların 25, 50 ve 100 yıllık projeksiyonlarına ait ortalama akış ve akımları 277
Tablo 43: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ verilerinin trend analiz sonuçları 282
Tablo 44: Yerleşim alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri 293
Tablo 45: Sanayi alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri 296
Tablo 46: Tarım alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri 298
Tablo 47: Orman alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri 301
Tablo 48: Çayır-mera alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri 303
Tablo 49: İnegöl'de bazı hava kirleticilerinin yıllık değerleri 334
Tablo 50: Kümeleme analizi için veriler arasındaki korelasyonu gösteren karşılaştırma matrisi 336
Tablo 51: Göksu Çayı Havzası'nın SWOT (GZFT) analizi 350
Tablo 52: Doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu analizinde kullanılan kriterler ve ağırlıklı bindirme analizindeki sayısal değerleri 352
Tablo 53: Doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskı yoğunluğu analizinde kullanılan kriterler ve ağırlıklı bindirme analizindeki sayısal değerleri 353

FOTOĞRAF LİSTESİ

Fotoğraf 1: A) Torasan formasyonu birimleri, Çavuşköy yakınları B) Alınca formasyonu, Mezit D-200 karayolu yakınları 45
Fotoğraf 2: Boğazköy yakınlarındaki Permiyen'e ait kireçtaşı birimleri 45
Fotoğraf 3: Havzanın farklı lokasyonlarındaki Mezozoyik birimler A) Seymen mahallesindeki kireçtaşları B) Marmaracık kuzeyi Karakaya kompleksi C) Belealan'da kireçtaşları D) İncirli yakınları Bilecik formasyonu E) Havza kuzeydoğusunda kireçtaşları (Belenalan) 48
Fotoğraf 4: Yenişehir alt havzasında yüzeylenen litolojik birimler (Kozdere-Alaylı arası).....50
Fotoğraf 5: Koca Dere vadisinde (Hamzabey yakınları) farklı zamanlara ait formasyonlar 52
Fotoğraf 6: Göksu Çayı Havzası'ndaki Senozoyik birimleri A) ve B) Tahtaköprü-Oylat arası İnegöl formasyonu ve örtü birimleri C) Konurlar yakınlarındaki kireçtaşı D) Alaylı yakınları Mesudiye formasyonu E) ve F) Çayyaka yakınları Senozoyik'e ait kireçtaşları 53
Fotoğraf 7: İnegöl alt havzasında kuzeybatı-güneydoğu yönelimli Oylat fayı 56
Fotoğraf 8: Göksu Çayı Havzası'nın güney sınırını oluşturan Uludağ ve Domaniç Dağları 71
Fotoğraf 9: Uludağ ile Domaniç Dağları ve İnegöl Ovası arasındaki diğer jeomorfolojik unsurlar 73
Fotoğraf 10: Göksu Çayı Havzası'nın güneyindeki plato sahaları ve aşınım yüzeyleri 75
Fotoğraf 11: Göksu Çayı Havzası'nın kuzeybatısındaki alüvyal düzlükler 79
Fotoğraf 12: İnegöl Ovası'nın doğu kesimi (kuzeybatıdan güneydoğuya bakış) 80
Fotoğraf 13: İnegöl Ovası, Koca Dere vadisi ve aşınım yüzeyleri 80
Fotoğraf 14: Yenişehir Ovası ve kuzeyindeki dağlık alanlar (güneyden kuzeye bakış).....81
Fotoğraf 15: Yenişehir Ovası'nın batı kesimi (kuzeyden güneye bakış).....81
Fotoğraf 16: Göksu Çayı Havzası'ndaki vadiler A) Boğazköy, B) Oylat, C) Çandır Dere, D) ve E) Girdap Dere, F) İncirli-Değirmendere.....83
Fotoğraf 17: Oylat mağarası 88
Fotoğraf 18: Havzanın ana akarsuyunu oluşturan Göksu Çayı 110
Fotoğraf 19: Göksu Çayı Havzası'ndaki akarsular A) Çayyaka Dere B) İnegöl Ovası'nda Koca Dere C) Antropojenik müdahaleye uğramış Bedresu Dere D) Bedre Dere 112
Fotoğraf 20: A) Cerrah Dere ve akarsuyun hidrografik gücünü gösteren taşınan materyal boyutları B) Oylat Dere C) Gündüzlü Dere D) Girdap Dere E) Tahtaköprü Dere 113
Fotoğraf 21: Boğazköy Barajı ve çevresi (güneybatıdan kuzeydoğuya bakış).....115
Fotoğraf 22: Göksu Çayı Havzası'nda sulama amaçlı inşa edilmiş göletler 116
Fotoğraf 23: Göksu Çayı Havzası'ndaki akım gözlem istasyonu (AGİ) örnekleri A) Cerrah Dere B) Bedresu Dere 119
Fotoğraf 24: A) Gündüzlü ve B) Tahtaköprü mahallesi yakınlarındaki kahverengi orman toprakları, C) İnegöl Ovası'nda alüvyal topraklar, D) Domaniç Dağlarında (İnegöl-Domaniç D-595 karayolu) kireçsiz kahverengi orman toprakları 140
Fotoğraf 25: Havzadaki doğal bitki örtüsü örnekleri A) Havzanın kuzeybatısındaki karışık ormanlar ve meşe türleri B) Yenişehir Ovası kuzeyinde yer alan meşe türleri C) Havzanın güneyindeki nemcil türler D) ve E) Domaniç Dağları'nda kayın formasyonu F), G) ve H) Havza güneyindeki geniş yapraklı ormanlar kuşağı I) Havza kuzeydoğusundaki karaçamlar 143
Fotoğraf 26: Göksu Çayı Havzası'nda farklı ürünlerin yetiştirildiği tarım arazileri A) Gündüzlü ve B) Hacıkara (İnegöl) mahalleleri C) Karacaahmet-Yenişehir D) Subaşı mahallesi Yenişehir Ovası E) Hamzabey (İnegöl) mahallesindeki tarım arazileri 153
Fotoğraf 27: Göksu Çayı Havzası'nda hayvancılık faaliyetleri A) Havzanın kuzeybatısı B) ve C) Domaniç Dağları 154

Fotoğraf 28: A) İnegöl Mobilya ve Ağaç İşleri İhtisas OSB, B) ve C) İnegöl OSB 155
Fotoğraf 29: Yenişehir Organize Sanayi Bölgesi (OSB) 157
Fotoğraf 30: Mobilya sanayisi için hammadde işleme tesisleri A) Domaniç Dağları B) Kurşunlu 157
Fotoğraf 31: Cerrah Dere Hidroelektrik Santrali (HES) 159
Fotoğraf 32: Göksu Çayı Havzası'ndaki aktif heyelan sahaları A) Oylat yolu, B) Çayyaka yolu, C) ve D) Antropojenik kökenli heyelanlar D-200 karayolu Kınık-Mezit arası, E) Yukarı Ballık yakınları D) Hacıkara yakınları 226
Fotoğraf 33: Göksu Çayı Havzası'nda sel ve taşkın riski yüksek olan sahalar A) ve B) Yenişehir Ovası C) eski Marmaracık Gölü sahası D) İnegöl Ovası 227
Fotoğraf 34: Koca Dere taşkın alanı-İnegöl-Hamzabey mahallesi güneyi (10.06.2020) 235
Fotoğraf 35: Kaya düşme riskinin olduğu sahalar, İnegöl-Yenişehir karayolu (D-595) Hamzabey-Çayırlı mahalleri arası 240
Fotoğraf 36: Yenişehir Ovası'nın jeolojik-jeomorfolojik açıdan beşeri faaliyetlere uygunluğu 261
Fotoğraf 37: Jeomorfolojik unsurlarda antropojenik değişimler (Kınık-Mezit arası karayolu) 262
Fotoğraf 38: Göksu Çayı Havzası'nda farklı jeo-uygunluk derecesine sahip alanlar A) Yenişehir Ovası, B) Havza ortası eşik sahası C) İnegöl Ovası kuzeyi, D) Domaniç Dağları ve güneyindeki plato sahası E) Havza kuzeydoğusu Belenalan yakınları 266
Fotoğraf 39: Havzanın hidrografik kaynakları ve farklı amaçlarla kullanımı, A) Ayvacık batısı Künceğiz civarı su kaynağının kullanımı B) Bahçecik Dere üzerindeki Yeniköy Göleti 279
Fotoğraf 40: Cerrah Dere yatağında taşkın kontrol amaçlı önlemler 285
Fotoğraf 41: İnegöl Ovası'nda taşkın önleme amaçlı dere ıslahı örneği 286
Fotoğraf 42: Göksu Çayı taşkın yatağında yer alan yapılar (Köprühisar mahallesi) 286
Fotoğraf 43: Boğazköy Barajı ve Göksu Çayı'na deşarj olan Kalburt Dere ile Koca Dere'deki kirlilik yükü ve akışı engelleyen yapılar 288
Fotoğraf 44: Yenişehir Ovası kuzeyinde doğal bitki örtüsü sahası ile degradasyona uğramış ekolojik ve topografik koşullar 290
Fotoğraf 45: Yenişehir Ovası ve kuzeyindeki multirisk alanları 323
Fotoğraf 46: Göksu Çayı Havzası'nın kuzeybatısında yüksek derecede erozyon riskine sahip alanlar 327
Fotoğraf 47: Göksu Çayı Havzası'nda aktif heyelan sahaları A) Saadet mahallesi doğusu B) Hilmiye mahallesi kuzeyi C) D-595 karayolu üzerinde heyelan uyarı tabelası D) İsaören mahallesi kuzeyi E) Selimiye mahallesi yakınları 329
Fotoğraf 48: Göksu Çayı üzerinde (Söylemiş) sel-taşkın riskine karşı köprülerin yenilenmesi ve dere ıslah çalışmaları 332
Fotoğraf 49: İnegöl Ovası ve yakın çevresinde farklı sınıflarda kümelenmenin olduğu alanlar ile doğal unsurlar, beşeri kullanım ve risk alanları 345
Fotoğraf 50: Yenişehir Ovası batısında doğal ortam koşullarının havza mekan kullanımı için sağladığı güçlü yanlar ve doğal ortam unsurları 354
Fotoğraf 51: İnegöl Ovası'nda antropojenik baskı ve SWOT analizindeki tehdit unsurları 356
Fotoğraf 52: Kalburt Dere'de doğal koşullardaki antropojenik etkenli sorunlar ve tehditler ..358
Fotoğraf 53: Uygun kullanım alanındaki İnegöl Mobilya ve Ağaç İşleri OSB 359
Fotoğraf 54: Doğal yapısı ve ekosistemi korunması gereken alanlar, Domaniç Dağları (Yanıklık-Sınırbel tepe arası yayla, dolin bölgesi ve sarıçam kuşağı) 360
Fotoğraf 55: Göksu Çayı taşkın koruma sınırında yer alan Yenişehir OSB 365

Fotoğraf 56: Göksu Çayı Havzası'nda farklı tarım ürünlerinin yetiştirildiği alanlar A) Burcun B) Selimiye C) Yenişehir Ovası (sulu tarım uygulamaları) D) Yenişehir doğusu (karışık tarım) E) İhsaniye F) Osmaniye yakınları (kuru tarım uygulamaları) 368
Fotoğraf 57: Kalburt Dere taşkın sahasındaki İnegöl atık arıtma tesisi (AAT) 370
Fotoğraf 58: A) Soğuksu güneş enerji santrali (GES) ve çevresindeki antropojenik kökenli değişimler 375
Fotoğraf 59: Göksu Çayı'nda sel-taşkınlara karşı yapılan taşkın tersip benti uygulaması 376

GİRİŞ

Doğal ortam koşulları, geçmişten günümüze birçok dinamik etmen ile süreçlerin etkisinde gelişmiş ve şekillenmiştir. Günümüzde de devam eden bu dinamik süreç, insanoğlunun artan talepleri ve ihtiyaçları neticesinde çok fazla kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte daha da hızlı artan talepler ile teknolojik gelişmeler ise insanoğlunun doğadan yoğun şekilde faydalanmasına yol açmaktadır. Bu durum doğal ortam özelliklerinde antropojenik etkenli değişimlere, tarih boyunca en çok ihtiyaç duyulan suyun yoğun-aşırı kullanımına, bitki örtüsünün tahrip olmasına, küresel iklim değişikliğine ve doğal afetlerin etkilerinin artmasına neden olmaktadır. Meydana gelen bütün değişimler farklı bölgelerde, farklı boyutlarda çeşitli sorunlara yol açabilmektedir. Sorunların azaltılması, çözümlenmesi ise sınırları belirlenen alanlarda çeşitli yönetim ve planlama çalışmalarının bilimsel destekli olarak sürdürülebilirlik kapsamında yürütülmesiyle olabilmektedir. Yönetim çalışmaları farklı kurum, kuruluş ve bilim dalları tarafından çok çeşitli model ve sistematiklerle uygulanmaktadır. Bunlardan biride sınırlarını doğal ortam koşullarının belirlediği, kendi içerisinde birçok benzer özelliği barındıran ve yönetim ile planlama faaliyetlerine olumlu etki yapan havzalardır. Havzaların tanımı jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik boyutlarıyla temel anlamda yapılmaktadır. Bu tanım genel hatlarıyla; çevresi yüksek, taban kısmı daha alçak olan jeolojik-jeomorfolojik süreçlerin şekillendirdiği, akarsuların drenaj alanı olarak ifade edilmektedir. Havza yönetimi kavramı ise geçmişte su ve toprak odaklı planlanan, günümüzde bütünsel olarak havzanın bütün özelliklerini ele alan, riskleri, sorunları belirleyip çözüm yolları sunan ve geleceğe dönük gelişmeyi hedefleyen planlamaların işleyiş sürecidir. Bu süreç birçok basamaktan oluşmakta, disiplinler arası çalışmayı gerektirmekte, doğal-beşeri koşulların etkileşimini ele almakta, kalkınmayı hedeflemekte ve daima sürdürülebilir özellikte olmaktadır. Çok çeşitli bilim dalları, kurum ve kuruluşun ilgilendiği havza yönetimi, geçmişte daha çok su ve toprak odaklı olmuş, ekonomik kalkınmanın sağlanmasında sadece yönetim düzeyinin ele alındığı çalışmaları kapsamıştır. Son yıllarda ise bütünsel yaklaşımla ele alınmış, sürdürülebilir bakış açısı, teknolojik analizler ile havzanın bütün boyutlarında her koşulun entegre planlamasını işleyişine katmıştır.

Doğal ve beşeri ortam koşullarının en çok etkileşimde olduğu havzaların yönetim ve planlama çalışmaları multidisipliner süreçlerle yapılmaktadır. Bu süreçlerin tasarımında, veri üretiminde, geliştirilmesinde ve planlamasında coğrafyanın sistematiksel yöntemleri oldukça önemli rol oynamaktadır. Mekanı ele alan havza yönetiminin, doğal ve beşeri etkileşimi temele alan coğrafyadan yararlanması kaçınılmazdır. Coğrafyanın sistematiksel çalışma süreçlerinin yanında günümüzde gelişen teknolojik imkanlarla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılamayı (UA) araç olarak kullanması, havzanın yönetim sürecinin yanında, verilerin kısa sürede üretilmesi, dağılışlarının belirlenmesi, kantitatif bulguların sağlanması, analiz, yoğunluk,

bindirme ve karşılaştırma çalışmaları ile sorunlara çözüm yolu bulmakta ve hedeflenen planlamayı oluşturmaktadır. Doğal ortam koşullarının sınırlarını, özelliklerini belirlediği ve beşeri koşullarla olan etkileşimi sonucu muhtemel risklerin, sorunların ortaya konduğu havzalarda, CBS ve UA teknolojilerinin kullanılması, morfometrik analizlerle karşılaştırılabilir nitel-nicel veriler üretilmesi ve birçok parametrenin kullanıldığı analiz sonuçların ortaya konması, belirtilen bütün sorunların çözümü için farklı senaryoların üretilmesini sağlayacaktır.

Dünya ve Türkiye ölçeğinde uygulanan havza yönetimi çalışmaları değişen doğal ortam koşulları, artan sorunlar, riskler ve geleceğe dair kaygılar neticesinde önemi gittikçe artan bir konuma gelmiştir. Havza yönetiminin en faydalı şekilde planlanması ve uygulanması ise havzanın sınırlarının, doğal ortamı oluşturan bütün koşullarının doğru belirlenmesi, beşeri koşullarla etkileşiminin ele alınması, arazi değişimlerinin, sorunların ve risklerin tespit edilmesi, analizlerinin yapılarak geleceğe yönelik modellerin oluşturulmasına bağlıdır. Ülkemizde havza yönetimi çalışmaları, yerel ve küresel ölçekli kurum ve kuruluşlarının destekleri, yönetmelikleri kapsamında 25 ana su havzasına ayrılarak yapılmaktadır. Ancak birtakım havzaların geniş alanlar kaplaması, bu alanlar içerisinde kendi alt havzalarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Alt havzalar kapsamında yapılacak olan havza yönetim çalışmaları, farklı analiz, model ve sistematiklerle önemli bilimsel veriler üretecek ve sorunların azaltılması ve çözümlenmesinde rol oynayabilecektir.

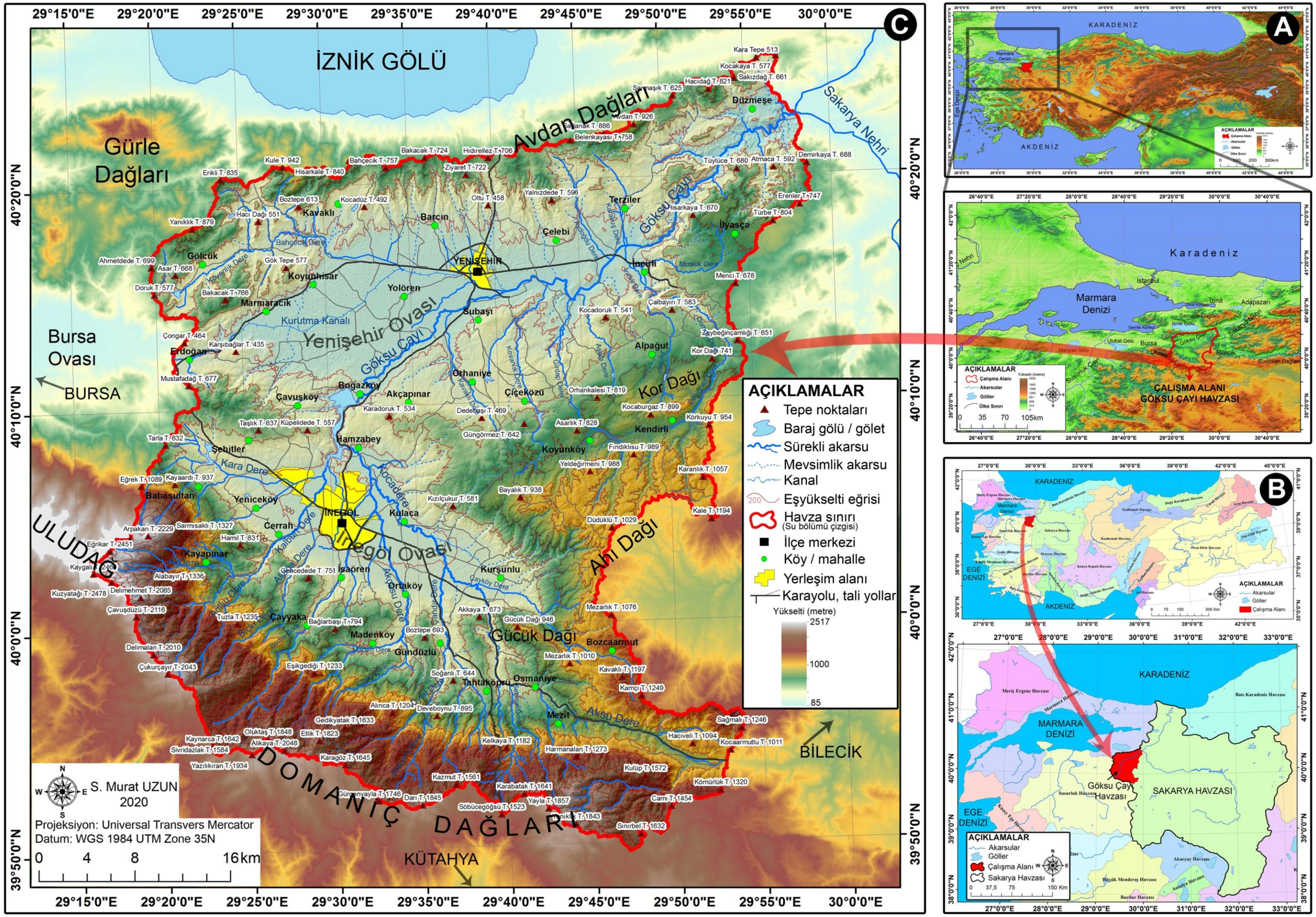
ARAŞTIRMANIN KONUSU, YÖNTEMİ VE SİSTEMATİĞİ

I. Araştırma Sahasının Konumu ve Sınırları

İnceleme sahasını oluşturan Göksu Çayı Havzası, Sakarya Havzası'nın en batı kısmını meydana getirmektedir. Araştırma sahası bu bakımdan ülkemizin kuzeybatı kesimini oluşturan Marmara Bölgesi'nin güneydoğu sınırında yer almaktadır. Bu sınır aynı zamanda Türkiye ana akarsu havzalarının, döküldükleri yere göre oluşturulan akaçlama havza sınırlarına ve ülkemizin bölge sınırlarından birkaçının kesişim alanına tekabül etmektedir. İnceleme sahanının sınırlarını, hidrografik havza sınırını oluşturan su bölümü çizgisi meydana getirmektedir. Bu nedenle sahanın sınırlarını fiziki koşullar tayin etmektedir. Havzanın kuzey sınırını Gürle ve Avdan Dağları ile İznik Gölü Havzası, güneyini Domaniç Dağları, güneybatısını Uludağ, güneydoğusunu Domaniç Dağları ve Aksu Dere-Sorgun Çayı Eşiği, doğusunu Ahı Dağı, Kor Dağı, Gücük Dağı, Sorgun Çayı ve Karasu Çayı havzaları (Sakarya Nehri'nin kolları), batısını Yenişehir-Bursa Ovası eşiği (Kazancı Bayırı-Tufanköy Eşiği) oluşturmaktadır. Belirtilen sınırlar içerisinde havza alanı 2439,04 km^2'lik saha kaplamaktadır. İnceleme alanı, parçası olduğu Sakarya Nehri Havzası'nın (58.160 km^2) % 4,19'unu, Türkiye arazisinin % 0,31'ni meydana getirmektedir. Göksu Çayı Havzası coğrafi koordinat sistemine göre $40^0$26'10"–$39^0$48'2" Kuzey enlemleri ile $29^0$59'0"–$29^0$16'30" Doğu boylamları arasında yer almaktadır

(Şekil 1). Havzanın K-G doğrultusunda kuş uçuşu en uzak noktaları arası mesafe 65,38 km iken D-B doğrultusunda 52,4 km'dir. Bu bakımdan havza dikdörtgen biçimini andırmakta fakat temel olarak jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik faktörler nedeniyle farklı yönelimli sınır hatları gözlemlenmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın kuzey sınırını, kuzeybatıda Gürle Dağları ve uzantısındaki tepelik alanlar ile daha doğuda Avdan Dağları meydana getirir. Bu sınır aynı zamanda havzanın İznik Gölü Havzası ve bağlantılı olarak Marmara Denizi akaçlama havzası ile de sınırını teşkil eder. Havzanın kuzeybatısında Erikli Tepe (840 m) ile başlayan su bölümü çizgisi küçük kıvrımlarla birlikte Avdan Tepesi'ne (926 m) kadar doğu-batı yönünde çizgisel bir yönelim göstermektedir. Avdan Tepe'den itibaren hafif kuzeybatıya yönelen sınır, yükselti olarak ise azalama eğilimine girer. Havzanın kuzeydoğusunda Kocakaya Tepe (577 m) ile tamamen güneye yönelen su bölümü çizgisi bu noktadan itibaren havzanın doğu sınırını meydana getirmektedir. Bu noktada Göksu Çayı Havzası'nın başlangıç noktasını oluşturan saha (Bilecik-Osmaneli ilçesi Balçıkhisar Köyü-Düzmeşe Köyü arası) Sakarya Nehri'nin kıvrım yaptığı mevkiden itibaren ayrılmaktadır. Sakarya Nehri, güney-güneydoğu istikametinden akışını sağlamaktadır. Göksu Çayı güney-güneybatıdan akışa geçen kolların Boğazköy civarında birleşmesi ve kuzeybatıya doğru akış göstermesi ile Sakarya Nehri ile birleştiği noktaya devam etmektedir. Havzanın doğu sınırı, Kor Dağı'na kadar alçak tepelik alanlardan meydana gelirken, Ahı Dağı'ndan itibaren Kale Tepe (1194 m) noktasında önemli bir kavis yapmakta ve sınırın girintili-çıkıntılı bir hal almasına neden olmaktadır. Belirtilen konumda Kor Dağı, Gücük Dağı ve Ahı Dağı mevkilerindeki yüksek zirve noktaları havza sınırını bir kavis şeklinde meydana getirir ve Sorgun Çayı-Karasu Çayı havzaları ile Göksu Çayı Havzası'nın ayrılmasını sağlar. Havzanın güneydoğusunu oluşturan Sağmalı Tepe (1216 m) noktasından itibaren keskin bir dönüşle güneybatıya yönelerek Sınırbel Tepe (1632 m) ile Domaniç Dağları'na ulaşır. Belirtilen alandaki Aksu Dere-Sorgun Çayı eşiği ise havzanın bu bölümündeki en alçak sınırlarını meydana getirmektedir. Sınırbel Tepe'den itibaren havzanın güney sınırını tamamen Domaniç Dağları'nın zirve noktalarından oluşan GD-KB yönünde devam eden su bölümü hattı oluşturur. Havzanın güneybatı sınırı ise Marmara Bölgesi'nin en yüksek noktasını oluşturan Uludağ kütlesinden meydana gelmektedir. Kaynarca Tepe (1642 m) ile kuzeybatıya yönelen havza sınırı Uludağ'ın tepe noktalarını takip ederek Kaygalı Tepe (2465 m) mevkisinden sert bir dönüşle kuzeye yönelir. Eğrikar Tepe (2451 m) noktasından kuzey yönelen havza sınırı, Uludağ kütlesinin yamaçlarını takip eder, yükselti seviyesi azalır ve Mustafadağ Tepe (677 m) noktasına ulaşır. Bu noktadan itibaren havza sınırını Bursa Ovası-Yenişehir Ovası eşiğini oluşturan alçak tepelik alanlar meydana getirmektedir. Daha sonra Bakacak Tepe civarında hafif bir kavisle kuzeye yönelen sınır Yanıklı Tepe (879 m) civarında kuzeydoğuya daha sonra tekrar kuzeye devam ederek havzanın kuzeybatısına ulaşır (Şekil 1).

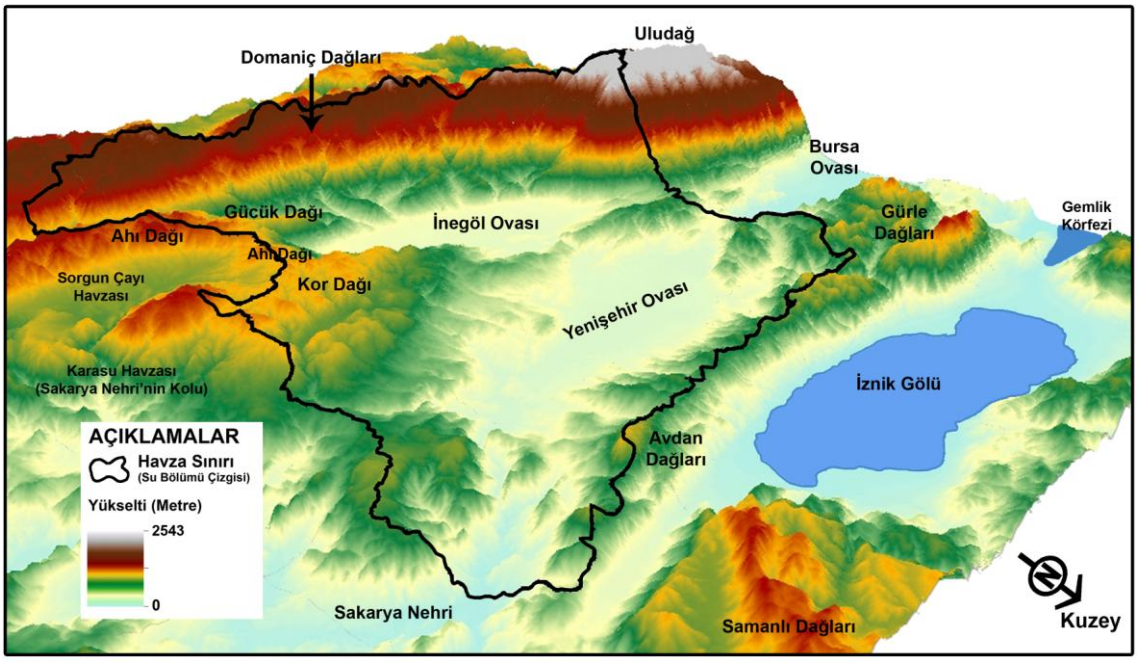


Şekil 1: Araştırma sahasının lokasyon haritası A) Türkiye sınırları içerisindeki konumu, B) Türkiye su havzaları ve Sakarya Nehri havzasındaki konumu, C) Göksu Çayı Havzası'nın sınırları

Araştırma sahasının sınırlarının hidrografik havza sınırlarından oluştuğu, temelde havzanın taban kısımlarını oluşturan İnegöl ve Yenişehir ovalarından çevreye doğru yükseltinin arttığı ve bu alanlarda tepe noktalarının su bölümü çizgisini meydana getirerek Göksu Çayı Havzası'nın sınırlarının esasını meydana getirdiği görülmektedir. Havzanın kuzeybatısında bulunan Gürle Dağları esas yüksek kütleyi oluşturmakta ancak havza sınırları içerisinde yer almamaktadır. Avdan Dağları ise havzanın kuzey sınırının temelini teşkil eder. Kuzey sınırı, batıdan doğuya doğru; Erikli Tepe (840m), Döngel Tepe (842m), Kule Tepe (942m), Muhammet Tepe (913m), Hisarkale Tepe (841m) Bakacak Tepe (724m), Hıdırellez Tepe (706m), Sağanak Tepe (886m), Avdan Tepe (926m), Koz Tepe (682m), Tınazkaya Tepe (730m), Hacıdağ Tepe (821m) ve Kocakaya Tepe (577m) oluşturmaktadır. Havzanın doğu sınırını Sakarya Nehri'nin kolları olan Karasu Çayı, Sorgun Çayı ile bu alandaki Kor Dağı, Gücük Dağı ve Ahı Dağı'nın zirve noktaları oluşturmaktadır. Bu alandaki tepe noktaları kuzeyden güneye doğru; Demirkaya Tepe (688m), Erenler Tepe (747m), Türbe Tepe (804m), Menci Tepe (678m), Ekşielma Tepe (665m), Kocadoruk Tepe (706m), Körkuyu Tepe (954m), Kale Tepe (1194m), Mezarlık Tepe (1076m), Kamçı Tepe (1249m), Sağmalı Tepe (1216m) şeklinde sıralanır ve su bölümü çizgisi ile havza sınırının doğu kesimini oluşturur. Havzanın batı-kuzeybatı sınırını Bursa Ovası-Yenişehir Ovası eşiği (Kazancı bayırı-Tufanköy eşiği) ve bu alandaki alçak tepelikler meydana getirir. Ancak havzanın güneybatı kesiminde bulunan Uludağ Kütlesi hem havzanın en yüksek noktasını oluşturmakta hem de bu alandaki su bölümü çizgisinin esasını meydana getirmektedir. Bu alanda havza sınırını oluşturan tepelik alanlarının yükseltisi kuzeyden güneye oldukça hızlı şekilde artış göstermektedir. Havzanın batı sınırını oluşturan zirve noktaları kuzeyden güneye; Yongalı Tepe (862m), Yanıklık Tepe (879m), Uzundere Tepe (602m), Cinali Tepe (623m), Mustafadağ Tepe (677m), Tuzlalık Tepe (717m), Eğrek Tepe (1089m), Kirseyazılıtaş Tepe (2340m), Eğrikar Tepe (2451m), Kaygalı Tepe (2465m), Kuzyatağı Tepe (2475m), Çavuşdüzü Tepe (2416m), Delimalan Tepe (2012m) ve Tepel Tepe (2051m) şeklinde sıralanmaktadır. Havzanın güney sınırı ise Uludağ kütlesinin sırtlarından itibaren başlamakta ve Domaniç Dağları esas yüksek kütleyi oluşturmaktadır. Bu bakımdan havzanın güney sınırı temel bir dağlık alan ile sınırlandırılmış durumda bulunmaktadır. Bu sınırı oluşturan tepelik alanlar batıdan doğuya doğru; Kaynarca Tepe (1642m), Yazılıkıran Tepe (1934m), Alikaya Tepe (2048m), Acıkulak Tepe (1775m), Gürgenyayla Tepe (1746m), Darı Tepe (1845m), Alıç Tepe (1530m), Karabatak Tepe (1640m), Üçtepe (1906m), Sedefalanı Tepe (1860m), Sınırbel Tepe (1632m) ve Kömürlük Tepe (1320m) olarak sıralanmaktadır.

Havzanın ana yönelimini oluşturan Göksu Çayı, havzanın orta kesiminden itibaren kuzeydoğuya doğru ana akarsu olarak akış gösterir ve Düzmeşe (Osmaneli) civarında Sakarya Nehri ile birleşir. Sakarya Nehri ile birleşim noktasından Boğazköy (İnegöl) civarındaki

kollarına ayrılma noktasına kadar olan Göksu Çayı'nın uzunluğu 65,38 km'dir Güneydeki yüksek kütlelerden kaynaklarını alan Aksu Dere, Oylat Dere, Kalburt Dere, Akçasu Dere, Koca Dere, Bıçkı Dere, Bedre Dere, Acısu Dere, Karadere, İnegöl yerleşim merkezinin kuzeyinde Boğazköy civarında birleşir. Bu noktadan itibaren ise havzanın ana yapısını oluşturan Göksu Çayı'nı oluştururlar. Göksu Çayı kuzeydoğuya doğru akış istikametine devam ederken kuzeydeki yüksek kesimlerden Bahçecik Dere, Aydoğdu Dere, Karakuş Dere ve güneybatıdaki Ahı Dağı'ndan kaynaklarını alan Kavaklı Dere, Kovanlık Dere, Girdap Dere, Aşağıdere, Aydere, Domuz Dere, İncirli Dere, Musluk Dere ana akarsuya katılır.

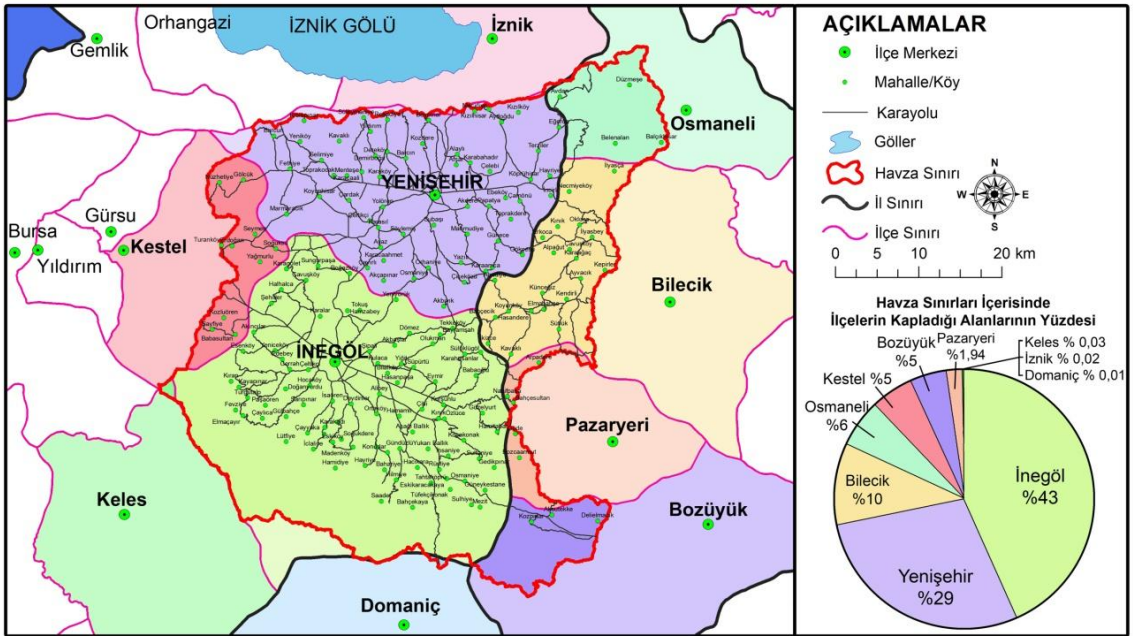


Şekil 2: Göksu Çayı Havzası'nın sınırları (kuzeydoğudan-güneybatıya bakış - 2 boyutlu)

Göksu Çayı Havzası'nın konumu ve sınırlarını oluşturan unsurlar aynı zamanda inceleme sahasının doğal ortam koşulları açısından belli bölümlere ayrılmasını sağlamaktadır. Havzanın en alçak noktaları Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanında 85 m olup en yüksek noktası Uludağ zirve kesiminde 2517 m'dir. Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı ve Avdan Dağları gibi yüksek çerçevenin sınırlandırdığı Göksu Çayı Havzası, Boğazköy eşiği (günümüzdeki Boğazköy barajı) ile iki ayrı ovadan, birçok eşikten, çok sayıda vadiden oluşan farklı jeomorfolojik unsurları barındırmaktadır. Havzanın, yükselti amplitüdünün 2000 m'den fazla olması, birçok rölyef birimini barındırması, klimatolojik, hidrografik olarak çeşitlilik arz etmesi, farklı doğal ortam koşulları açısından sınırların ve bölümlerin oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca havzanın jeomorfolojik ve hidrografik yapısı güney ve kuzey alanında bazı farklılıklar sunmaktadır (Şekil 2). Havzanın jeolojik-jeomorfolojik gelişimi ve tektonik etkenlerle şekillenmesi kuzeyde Yenişehir, güneyde İnegöl alt havzalarının Göksu Çayı Havzası'nı oluşturmasını sağlamıştır. Morfotektonik oluşumlu bu iki alt havza aynı zamanda iki önemli ovayı barındırmakta ve bu sahalarda Göksu Çayı Havzası'nın tabanını teşkil etmektedir.

Göksu Çayı Havzası, Yenişehir ve İnegöl ana alt havzası dışında hidrografik açıdan 53 alt havzaya ayrılmaktadır.

İnceleme sahasının konumu ve sınırlarını Türkiye ölçeğindeki bölgeler, bölümler, havzalar ve idari sınırlar şeklinde incelediğimizde sahanın farklı konumlarda yer aldığı görülmektedir (Şekil 3). Göksu Çayı, temel olarak Sakarya Nehri'nin kolu olup Sakarya Nehri Havzası kapsamında yer almakta ve bu bakımdan Karadeniz akaçlama havzası içerisinde bulunmaktadır. Havzanın batısında Susurluk Havzası, kuzeyinde İznik Gölü havzası yer alır. Belirtilen havzalar Marmara Denizi akaçlama havzasını meydana getirerek inceleme alanının da Karadeniz-Marmara Denizi akaçlama havzası sınırında yer almasını sağlar. Ayrıca DSİ ve TÜBİTAK-MAM tarafından hazırlanan Sakarya Havzası eylem planında (2013) çalışma alanı Göksu-Karasu Havzası olarak birlikte ele alınmaktadır. İnceleme sahası, ülkemizin bölgelerine göre yapılan ayrımda birden çok bölge sınırları içerisinde yer alır. Havzanın % 94'ü Marmara Bölgesi'nde ve bu bölgenin Güney Marmara Bölümü'nde yer almaktadır. İnceleme sahasının % 4,3 İç Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Sakarya Bölümü'nde yer alırken, % 0,7'si Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu Bölümü'nde bulunmaktadır.



Şekil 3: Göksu Çayı Havzası'nda yerleşim birimleri ve idari sınırlar

Göksu Çayı Havzası, idari sınırlar açısından üç ilin sınırları içerisine girmektedir. Havzanın büyük çoğunluğu % 77,1 oranı ile Bursa il sınırları içerisinde yer alırken, % 22,9'u Bilecik ve çok küçük bir bölümü % 0,01 Kütahya il sınırları içerisine girmektedir (Şekil 3). Bu bakımdan havzanın orta ve batı kesimi Bursa ili, doğu kesimi Bilecik ili sınırları içerisindedir. Araştırma sahası belirtilen illerden 10 ilçenin sınırları içerisinde yer almaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın, İnegöl % 43, Yenişehir % 29, Bilecik % 10, Osmaneli % 5, Kestel % 5, Bozüyük

% 5, Pazaryeri % 1,9'nu oluştururken, İznik, Keles, Domaniç ise çok dar alanlı olarak havza alanı içerisinde yer almaktadır (Şekil 3). Göksu Çayı Havzası sınırları içerisinde İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezleri yer alırken, Kestel ilçesinin bazı mahalleleri ile Osmaneli, Bilecik, Pazaryeri ve Bozüyük ilçelerinin bazı köyleri havza sınırları içerisine girmektedir. Çok dar alanlı olarak havza sınırlarında bulunan İznik, Keles ve Domaniç ilçelerinin herhangi bir yerleşim alanı havza sınırları içerisinde yer almamaktadır.

II. Araştırmanın Konusu, Amacı ve Kapsamı

Doğal ortam ve beşeri faaliyetlerin karşılıklı etkileşiminin gün geçtikçe artması, insanoğlunun enerji, gıda ve çeşitli ihtiyaçları ile taleplerinin çoğalması ve bunların doğal ortamdan karşılanması aynı zamanda kökenleri ve etkileri çok farklı olan sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bakımdan sorunları azaltmak, doğal ortamı ve işleyişi korumak, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için geleceğe dönük yönetim ve planlama çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışma alanlarından biride farklı model, yöntem ve anlayışlara sahip havza yönetimi çalışmalarıdır. Dünya ve Türkiye ölçeğinde, geçmişten günümüze önemi artarak devam eden havza yönetimi ve planlama çalışmaları birçok etken kapsamında değerlendirilmekte ve incelenmektedir. Uluslararası birçok çalışma havza yönetiminin özellikle su kaynakları ve toprak unsurları dışında bütün havza özelliklerinin ele alınmasını ön plana koymaktadır. Son yıllarda doğa ve ekolojik alanı koruma çabası kapsamında yapılan birçok bilimsel ve politik çalışmalarla birlikte küresel iklim değişikliğinin etkilerinin daha da artarak hissedilmeye başlaması, farklı doğal afetlerin frekans ile etkilerin artması ve sosyo-ekonomik kalkınma isteği havza yönetimi ve planlama çalışmasının ülkeler ve bölgeler için hayati boyutta önemli olduğunu göstermiştir Türkiye'de bu kapsamda 25 ana su havzasına ayrılmış ve havza koruma eylem planlama çalışmaları yapılmıştır. Ancak yapılan çalışmalarının içeriği ve boyutlarının değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve daha alt havzalarda planlama çalışmalarının detaylı şekilde yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda yapılan çalışmalara yeni, güncel veri kaynağı sağlamak, farklı bilimsel bakış açısı ve sistematikleriyle havzaların çeşitlilik yapısını hem mekansal hem analiz olarak değerlendirmek bu çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır. Bu kapsamda Sakarya Nehri Havzası'nın parçası olan Göksu Çayı Havzası barındırdığı doğal ve beşeri ortam özellikleri, muhtemel problem, risk alanları ve geleceğe dönük değişim faktörleri ile incelenmesi gereken bir sahayı oluşturmaktadır.

Çalışmanın konusunu ve kapsamını iki ana temel unsur belirlemektedir. Bunlardan ilkini Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları, morfometrik analiz verileri, fiziki-beşeri ortam ilişkisi ve karşılıklı etkileşimi, arazi kullanımının değişimi, muhtemel riskler ve sorunlar teşkil etmektedir. Diğer temel konu ise bütünleşik havza yönetimi kapsamında; fiziksel

planlaması, havza yönetimi modelleri ve bütün etkenlerin analizi sonucu ortaya çıkan sürdürülebilir coğrafi havza yönetimi ve planlamasıdır.

Bulunduğu lokasyon, fiziki ve beşeri coğrafya koşulları, insan faaliyetlerin yoğunluğu, geçmişten günümüze değişen arazi kullanım koşulları, sorunlar, risk alanları ve muhtemel etkileri ile inceleme alanı farklı özellikler, problemler ve araştırılıp cevaplanması gereken sorular-sorunlar barındırmaktadır. Tez çalışmasının temel amacı da Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları özelliklerinin belirlenmesi, beşeri koşullarla etkileşimi sonucu ortaya çıkan riskler, sorunlar ve bu unsurların havza yönetimi ile planlamasına etkisinin değerlendirilerek coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama ve kantitatif yöntemlerin etkin kullanılması sonucu coğrafi bakış açısıyla, havzanın bütünleşik kapsamda alt modelleri içeren sürdürülebilir yönetim ve planlamasının oluşturulmasıdır. Bu kapsamda çalışma farklı düzeylerde alt amaçları ve hedefleri içermektedir. Temel amaçların dışında çalışma kapsamının oldukça geniş olması farklı amaç ve hedeflerinde bulunmasını sağlamıştır. Çalışmada, Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları özelliklerinin belirlenmesi, morfometrik özelliklerle kantitatif olarak analiz edilmesi ve yorumlanması, fiziki-beşeri ortam etkileşimin incelenmesi diğer amaçları oluşturmaktadır. Ayrıca arazi kullanımı başta olmak üzere havzada meydana gelen değişimlerin incelenmesi, sorunların tespit edilmesi, risk analizlerinin yapılarak havzanın doğal ortam koşulları eksenindeki risk boyutunun ve dağılışının ortaya konulması diğer amaçları meydana getirmektedir. Belirtilen amaçlarının ve hedeflerin özellikle havza yönetimi ve planlamasına etkisi ile kullanımı çalışmanın esas ve son amacını oluşturmaktadır. Ayrıca yapılan havza yönetimi ve planlama çalışmalarının birçoğunda farklı model ve yaklaşımlar kullanılsa da gerçek anlamda havzanın bütün özelliklerini (doğal ve beşeri ortamlar) ele alan, bu ortamlar arasındaki etkileşimi, risk alanlarını ve geleceğe dönük senaryoları üretebilen çalışmaların varlığı oldukça azdır. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası yönetim ve planlama çalışmalarında coğrafi bakış açısı ve ilkelerin kullanılması sonucu, kantitatif verileri içeren, CBS ve UA etkin kullanıldığı, birçok parametrenin analiziyle farklı modellerin üretildiği, kantitatif ve analitik yöntemlerle etkileşim boyutlarının mekansal dağılışının değerlendirildiği sürdürülebilir coğrafi bir planlama da yapılmış olacaktır. Bu detay aynı zamanda yapılacak çalışmayı diğer havza yönetimi çalışmalarından ayıracak, temel bir sistematik geliştirme amacını da çalışmanın diğer hedefleri arasında olmasını sağlayacaktır.

Çalışma, konusu ve amacı doğrultusunda beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde havzanın fiziki coğrafya özellikleri, ikinci bölümde beşeri coğrafya özellikleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde havzanın morfometrik indislerle analizleri yapılmış, dördüncü bölümde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile 10 farklı risk analizi yapılarak dağılış durumu incelenmiştir. Beşinci ve son bölümde elde edilen bulgularla Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik kapsamdaki coğrafi havza yönetim ve planlama modeli oluşturulmuştur. Bu model

kendi içerisinde farklı yöntem ve tekniklerin kullanıldığı 7 alt modelden oluşmaktadır. Beşinci bölümün son kısmında, havza yönetim modeli sonucu elde edilen bulgularla Göksu Çayı Havzası'nın planlama yapısı ortaya konmuş ve işleyiş ile sürdürülebilirliği açıklanmıştır.

III. Materyal ve Yöntem

Çalışmada materyal olarak yazılı-basılı kaynaklar (makale, kitap, tez, bildiri, rapor vb.), kartografik veriler (topografya paftaları), raster ve vektör verileri, istatistiki-sayısal veriler (meteoroloji, akım gözlem verileri), uydu görüntüleri, arazi çalışmaları ile elde edilen bulgular ve fotoğraflar kullanılmıştır. Araştırmada donanım ve yazılım araçları olarak M. Office programları, ArcGIS 10.3.1, QGIS, Photoshop CS5, XLSTAT, Georose, Hec-Ras, Google Earth Pro, Openstreetmap, HGM Küre kullanılmıştır. Elde edilen materyaller detaylıca analiz edilmiş, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin kullanılması ile farklı yöntemler, analizler ve kantitatif hesaplamalar sonucu çalışma ortaya konmuştur.

Araştırmada ilk olarak çalışma sahası ve konusu ile ilgili birçok literatür taranmış ve elde edilen kaynaklar (tez, makale, kitap, bildiri vb.) kullanılmıştır. Çalışmanın kapsamı, kavramsal çerçevesi hakkında detaylıca bilgi edinilmiştir. Daha sonra Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) 1:25.000 ölçekli H22-b-4, H22-c-1, H22-c-4, H22-b-3, H22-c-2, H22-c-3, H23-a-3, H23-d-2, H23-d-3, H23-a-4, H23-d-1, H23-d-4, H23-b-2, H23-b-3, H23-c-2, H23-c-3, H23-b-1, H23-b-4, H23-c-1, H23-c-4, I22-b-1, I22-b-2, I23-a-2, I23-a-3, I23-a-1, I23-a-4, I23-b-1, I23-b-4, I23-b-2 topografya paftaları temin edilmiştir. METİ-NASA yapımı olan AsterGDEM'den 30 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti (SYM-DEM) verisi alınmıştır. HGM'den alınan topografya paftalarına ait 10 m'lik yükselti verileri ArcGIS'de işleme tabi tutulmuş ve sahanın Sayısal Yükselti Modeli (SYM) oluşturulmuştur. Bu model ile AsterGDEM verisi karşılaştırılarak çalışmada kullanılmıştır. Daha sonra havza sınırlarını ve akarsu ağını belirlemek için ArcGIS-Arcmap üzerinden arc-toolbox-spatial analysis ve hdrylogy analiz işlemleri ile akış yönü, akış birikimi, akarsu dizinleri ve havza sınırları oluşturulmuştur. Ancak oluşturulan akarsu ağının reel veriler ile hatalı durumları olduğundan bunlar manuel olarak topografya paftası üzerinden düzenlenmiştir. Jeomorfolojik özellikler açısından üretilen SYM'den havzanın topografya haritası, yükselti dağılışı, eğim, bakı, kurvatür (yüzey eğriliği) haritaları arc-toobox-spatial analysis-surface üzerinden yapılan analizlerle ortaya konmuştur. Topografik veriler, arazi çalışmaları ve daha önceki yayınlar üzerinden havzanın jeomorfoloji haritası oluşturulmuştur.

MTA'dan 1:100.000 ölçekli H22, H23, I22 ve I23 jeoloji haritaları, havza ve yakın çevresi için heyelan envanteri, diri fay haritası verileri ve Bursa İli Hidrojeoloji haritası alınmıştır. Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Enstitüsü'nden havza çevresi kapsamındaki tarihsel ve aletsel dönem deprem verileri temin edilmiştir. MTA'dan

alınan jeoloji paftaları ArcGIS yazılımında sayısallaştırılmış, havzanın jeoloji ve fay haritaları üretilmiştir. Deprem verileri ile tarihsel ve aletsel dönem olarak havza alanı ile 100 km'lik yarıçaplı alanda büyüklük ve şiddet kapsamında deprem dağılışı ortaya konmuştur.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden İnegöl ve Yenişehir'e istasyonları ait uzun süreli rasat verileri ile Bilecik, Osmaneli, Kestel, Uludağ, Bozüyük ve Pazaryeri istasyonlarına ait uzun süreli ortalama veriler alınmıştır. Havzanın rüzgar hızı dağılış haritası, raster veri olarak globalwind web sitesinden indirilmiştir. Havzanın iklim özellikleri İnegöl ve Yenişehir rasat verileri (1985-2020) üzerinden analiz edilmiştir. Havzanın sıcaklık ve yağış dağılışı haritaları için ilk olarak İnegöl ve Yenişehir meteoroloji verileri dışında havzanın sıcaklık ve yağışında etkili olabilecek diğer istasyonların etkileşim sınırları Thiessen poligonları yöntemi ile çizilmiştir. Daha sonra yükselti, bakı ve dağların uzanış doğrultusu temel alınarak ortaya konulan sınır poligonları düzenlenmiştir. Sonra yükselti-sıcaklık ve yükselti-yağış ilişkisi ele alınmıştır. Sıcaklık, durgun havada yükseldikçe 100 metrede $0{,}56^0$C azalmaktadır (Erol, 2011: 89). Bu orana sıcaklık değişim oranı (Lapse Rate) ya da dikey sıcaklık gradyanı denir (Türkeş, 2018: 110). Bu çalışmada sıcaklık değişim oranı ortalama bir değer olan $0{,}5^0$C olarak ele alınmıştır. Yağış-yükselti ilişkisi için Schreiber formülü ($Ph = Po + 54h$) uygulanmıştır. Uygulanan formüller ile meteorolojik verisi bulunan alanlardan diğer yükselti seviyelerine noktalar atanmış ve formüllere uygun olarak sıcaklık ve yağış değerleri eklenmiştir. Havzadaki yükselti farkı, ani yükselti değişimleri nedeniyle Cokrigging yöntemi kullanılarak iki değişkenli (yükselti-sıcaklık ve yükselti-yağış) mekansal bir dağılışla sıcaklık ve yağış dağılış verileri ortaya konulmuştur. Klimatolojik veriler için en son olarak Göksu Çayı Havzası'nın iklim verilerini sağlayan İnegöl ve Yenişehir meteoroloji rasatları Köppen-Geiger, De Martonne, Erinç ve Thornthwaite formülleri ile ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Havzanın hidrojeoloji haritası, MTA'dan temin edilen Bursa İli Hidrojeoloji haritası ile diğer çalışmaların analizleri üzerinden üretilmiştir. Havzanın drenaj ağı, tipi, yoğunluğu SYM verisi ile topografya haritası üzerinden, baraj-gölet verileri Landsat-8 OLI ve topografya verilerinden oluşturulmuştur. Yer altı su kaynakları, suların kimyasal-fiziksel özellikleri Sakarya Havzası Koruma Eylem Planı'ndan (2013) temin edilerek analiz edilmiştir. Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'den Göksu-Kocasu Rüstemköy (EİE 1222), Göksu Boğazköy (D12A153), Aksu Dere-Kınık (EİE 1250), Cerrah Dere (D12A135), Akçasu-Ortaköy (D12A155), Bedresu-İsaören (D12A156), Boğazdere (D12A164), Karadere-Akıncılar (D12A175), Hocaköy Dere (D12A177), Kocadere-Fethiye (D12A231), Girdap Dere (D12A260) akım gözlem istasyonlarına (AGİ) ait hidrografik veriler temin edilmiştir. Havzanın hidrometrik özellikleri, AGİ verilerinin analitik ve ampirik olarak farklı istatistiksel yöntemleri üzerinden değerlendirilmiştir. Debi (akım), akış katsayısı, akış eksiği, düzensizlik katsayısı, akış verimi, akış yüksekliği, akarsu rejimleri, en yüksek ve en düşük akımlar ve taşkın parametreleri bu

kapsamda analiz edilmiş, havzanın hidrolojik bilançosu hesaplanmıştır. Havzanın verim, akış dağılış haritasının üretilmesi ve hidrolojik bilançosu için verisi olmayan alt havzalara veri üretmek amacıyla yağış, potansiyel evapotranprasyon, hidrojeoloji, jeoloji, toprak grupları, arazi kullanımı ve eğim ana unsurları ile alt kriterleri içeren ağırlıklı bindirme yöntemi kullanılmıştır (Karataş, 2014: 103; Karataş, 2018: 48). Ortaya konan dağılış verisinden havzanın Thonrthwaite, yağış yükseliği ve AGİ verileri ile kalibre edilmesiyle analiz edilerek gerçek sayısal değerleri gösteren dağılış haritası ile hidrolojik veriler üretilmiştir. Havzanın belirtilen yöntemle hesaplanan yüzeysel akış verisi ile sızma, buharlaşma verilerinin analiz edilmesi sonucu hidrolojik bilançosu ortaya konmuştur. Göksu Çayı Havzası'nda yer alan AGİ'lerin taşkın değerleri, taşkın tekrarlama frekans yöntemi ve Weibull formülüyle ($T=n+1/m$) hesaplanmıştır (Özdemir, 2008: 5; Hoşgören, 2010: 91).

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım-Toprak Reformu Genel Müdürlüğü'nden toprak türleri dağılışı ve arazi kabiliyet sınıflandırmasına ait veriler, İnegöl ve Yenişehir orman işletmelerine ait amenajman haritaları alınmıştır. Göksu Çayı Havzası'nın toprak dağılışı, arazi kullanım kabiliyet sınıfları haritası ile doğal bitki örtüsü dağılış haritaları yukarıda belirtilen resmi kurumlardan alınan verilerle oluşturulmuştur. Doğal bitki örtüsünün dağılışı ile risk, uygunluk analizlerinin temel kriterlerini ortaya koyması açısından havzanın 2020 yılı Landsat-8 OLI bant verileri NDVI analizine tabi tutulmuştur. Havza'nın nüfus verileri için TÜİK üzerinden, genel nüfus sayım sonuçları ve adrese dayalı nüfus kayıt sistemi (ADNKS) verileri temin edilmiştir. Nüfus artış hızı hesaplanmasında $(Pn - Po) : Po \times 100$ ya da 1000 formülü kullanılmıştır (Po ilk nüfus verisi, Pn son nüfus verisi).

Arazi kullanımı değişimi için United States Geological Survey (USGS)'den 10.08.1980 tarihli Landsat-3 MSS, 24.07.1990 tarihli Landsat-5 TM, 25.06.2000 ve 31.07.2010 tarihli Landsat-7 ETM ve 10.07.2020 tarihli Landsat OLI verileri sayısal bant olarak alınmıştır. Ayrıca çalışma alanı kapsamında Google Earth Pro yazılımından 2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri, openstreetmap uygulamasından ulaşım ağı verileri temin edilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nda geçmişten günümüze arazi kullanımı/arazi örtüsünde (AKAÖ) meydana gelen değişimin tespit edilmesi için 1980, 1990, 2000, 2010 ve 2020 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri ArcGIS yazılımında analiz edilmiştir. USGS'den alınan Landsat uydu görüntülerinin bulutluluk, çözünürlülük verileri değerlendirilmiş, 10'ar yıllık aralıklarla, bant kombinasyonları düzenlenerek kontrollü sınıflandırma yöntemi ile arazi kullanım sınıflandırması 7 ayrı tür olarak tespit edilmiş ve haritaları üretilmiştir. Daha sonra 1980-2020 yılı arasında meydana gelen arazi kullanımı değişiminin dağılışı ve kantitatif verileri üretilmiştir.

Göksu Çayı Havzası ile iki ana alt havzası olan İnegöl, Yenişehir havzaları ve 53 alt havzanın sayısal özellikleri çizgisel, alansal ve yüzeysel morfometrik indislerle analiz

edilmiştir. Havza geneli ve alt havzalarda 44 farklı morfometrik indis kullanılmış, sayısal değerleri hesaplanmış ve haritaları üretilmiştir. Morfometrik indis formülleri ve kullanılan yöntemler çalışmanın üçüncü bölümünde detaylıca açıklanmıştır.

Göksu Çayı Havzası'nın muhtemel risk boyutunun alansal dağılışı için tehlike duyarlılık-risk analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda havzada deprem, erozyon, heyelan, sel, taşkın, kuraklık, kaya düşmesi, orman yangını, fırtına ve beşeri kaynaklı risklerin dağılışı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile analiz edilmiştir. Her bir risk için birden çok ana kriter ve alt parametreleri arasındaki sayısal ilişki-etkileşim boyutu AHS ile hesaplanmış ve havzanın risk-tehlike duyarlılık haritaları üretilmiştir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), kullanılan kriterler ve işleyiş dördüncü bölümde detaylıca açıklanmıştır.

Göksu Çayı Havzası'nın fiziki, beşeri coğrafya verileri, morfometrik indis analiz sonuçları ile risk analiz verilerinden elde edilen bulgular analiz edilmiş ve 7 alt modeli içeren bütünleşik-coğrafi havza yönetim-planlama modeli oluşturulmuştur. Doğal ortam koşulları kapsamındaki model, doğal ortam koşullarının beşeri faaliyetler için uygunluk analizlerine dayalı model, arazi kullanımı/arazi örtüsü (AKAÖ) değişimlerine dayalı model, morfometrik analizlere dayalı model, risk analizlerine dayalı model, kümeleme analizine dayalı model ve SWOT analizine dayalı modeller, havza yönetim ve planlamanın alt birimlerini oluşturmaktadır. Doğal ortam koşulları kapsamındaki alt model içerisinde etki analizleri açısından havzanın jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik, toprak ve doğal bitki örtüsü özellikleri farklı yöntem ve tekniklerle geleceğe dönük, mekansal etki dağılışını ortaya koyan uygulamalara tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler havza yönetimine etkisi açısından modellenmiştir. Doğal ortam koşullarının beşeri faaliyetler açısından uygunluk analizleri; yerleşim alanı, sanayi alanı, tarım alanı, orman alanı ve çayır-mera alanı olarak ağırlıklı bindirme yöntemiyle ortaya konmuş ve havza yönetimi açısından modellenmiştir. Arazi kullanımı değişimi modeli; 1980-2020 yılları arasındaki 10'ar yıllık periyotlarla belirlenen AKAÖ verileri ve diğer parametrelerin ortak etkisinde yapay sinir ağları yöntemi ile 2030 (10 yıl sonra) 2045 (25 yıl sonra) ve 2070 (50 yıl sonra) simülasyonları ve havza yönetime etkisi açısından incelenmiştir. Morfometrik indis analiz sonuçları ile ortaya konan verileri 53 alt havza kapsamında havza yönetimine etkisi açısından kategorik sınıflandırılmış ve modellenmiştir. Bu kapsamda havza koruma etkisi açısından morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirmesi yapılmıştır. Göksu Çayı Havzası'nın AHS ile ortaya konan 10 farklı risk analizi verileri oluşum kökeni, etki düzeyi ve yoğunluk analizleri ile havza yönetimi açısından modellenmiştir. Bu model içerisinde havzanın yüksek, orta ve düşük riskli alanları sınıflandırılmıştır. Kümeleme analiz modelinde, havzanın doğal ve beşeri ortam özellikleri ile diğer verileri mekansal olarak analizlere tabi tutulmuştur. Bu işlem sonucunda havzanın tehlike ve risk barındıran alanları, sürdürülebilir uygun kullanım koşulları sağlayan, fırsatlar sunan alanları, tedbir ve önlem alınması gereken alanlar ortaya

konup havza yönetimi açısından değerlendirilmiştir. SWOT analiz verisinde havzanın güçlü ve zayıf yönleri, tehditler ve fırsatlar ortaya konmuştur. Elde dilen bütün verilerle alt havza modellerin oluşturduğu bütünleşik havza yönetim modeli kapsamında havzanın planlaması yapılmış ve gerekli öneriler planlama haritasıyla ortaya konmuştur. Çalışmanın farklı aşamalarında kullanılan yöntemler, formülleri ve işleyişleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI): NDVI, uydu görüntülerinin bantları üzerinden yapılan hesaplamalarla, bitkinin yoğun olduğu, olmadığı su yüzeyi gibi alanların ortaya çıkmasına sağlamaktadır (Karabulut, 2019: 133). Bu indis aşağıdaki formülde gösterildiği üzere, yakın infrared ve kırmızı dalga boyundaki ışık değerlerinin birbirinden çıkarılıp daha sonra iki verinin birbirine bölünmesi ile elde edilir (Tucker, 1979: 135; Myneni vd., 1995: 482).

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

NDVI sonuçları 1 ile -1 arasında değer almaktadır. Negatif değerler bitkiden yoksun ve su yüzeylerini göstermekte iken pozitif yönlü yüksek değerler bitki yoğunluğunu ve bitkilerin alansal verileri ile biyokütle durumlarını ifade etmektedir.

Kontrollü Sınıflandırma Yöntemi: Arazi kullanımı çalışmalarında, mekanın özelliklerinin bilindiği ve geçmiş ile günümüzde referans noktaları alınacak alanların kullanılması ile yapılan arazi kullanımı sınıflandırmasıdır (Peiman, 2011: 4367; Vittek vd., 2014: 660; Lillesand vd., 2018: 538). Bant kombinasyonları istenilen şekilde belirlenen uydu görüntüleri, referans noktaları ve arazi bilgisine göre sayısallaştırılmakta, daha sonra piksel ilişkisi parametrik ve parametrik olmayan farklı yöntemlerle analiz edilmektedir (Mills, 2011: 611; Danacıoğlu, 2019: 174). Göksu Çayı Havzası'nın arazi kullanımı/arazi örtüsünde kontrolü sınıflandırma yöntemi ile en çok benzerlik algoritması kullanılmıştır. Bu kapsamda her farklı yıla ait referans noktaları ile ortaya konan sayısal veriler en çok benzerlik yöntemi üzerinden havzanın bütün alanının 7 farklı sınıf olarak arazi kullanımını ortaya koymuştur.

Morfometrik Analizler: Jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik unsurlar ile oluşum-gelişim süreçlerini denetleyen, belli formüller üzerinden hesaplayarak karşılaştırılabilir sonuçlar veren ve analiz ile yorumlamaya imkan tanıyan istatistiksel verilerdir (Mark, 1975: 165; Karabıyıkoğlu, 1989: 12; Gardiner, 1990: 72; Pike vd., 2008: 3; Evans, 2012: 95). 20. yüzyıl başlarına kadar giden morfometrik analizler özellikle Horton, Strahler, Schumm öncülüğünde havzaların özellikleri, gelişimlerinin açıklanmaya başlaması ile geniş bir alana yayılmış ve birçok konuda kullanılan farklı morfometrik formüller üretilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın morfometrik özelliklerinin açıklanması için çizgisel, alansal ve yüzeysel olarak 44 farklı

morfometrik analiz yapılmıştır. Her bir morfometrik formül üçüncü bölüm kapsamında detaylıca açıklanmıştır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS): Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçlerinden biri olan analitik hiyerarşi süreci (AHS); ölçüm ve modellemelerde kullanılan, ana ve alt kriterler arasındaki sayısal hesaplamalar üzerinden veriler üreten yöntemdir. Üst ve alt kriterler arasındaki hiyerarşik yapılarda birden çok karşılaştırmanın oranlarını ölçmek ve tutarlılıklarını saptamak amacıyla kullanılan yöntem, faktörlerin kendi aralarındaki analizlerine, sentezlerine ve tutarlılıklarına dayanarak sayısal sonuçlar ortaya koymaktadır (Saaty ve Kearns, 1985: 26; Saaty, 2004: 3; Scholl vd., 2005: 765). Göksu Çayı Havzası'nın risk analizlerinde kullanılan yöntemin işleyişi ve sistematiği dördüncü bölümde detaylıca açıklanmıştır.

Ağırlıklı Bindirme Yöntemi: Ağırlıklı bindirme yöntemi, birçok analizde kullanılan sezgisel durumları içererek ana ve alt kriterlere değerlerin matematiksel ifadelerle girilmesi sonucu ortaya çıkan kümeler bütünüdür (Malczewski, 2004: 13). Kriterlerin yüzdelik değerleri kendi arasındaki etkiyi ifade ederken, her bir kriterin alt kriterleri içerisindeki değerleri ise kendi aralarındaki etki kat sayısını ortaya koyar. İşlem sistematiği bu şekilde olan yöntem araştırmanın detayı ve kapsamına göre şekillenir. Çalışmada, yağış-akış dağılışı ve doğal ortam koşullarının beşeri faaliyetler için uygunluk analizleri (yerleşim, tarım, sanayi, orman ve çayır-mera alanları uygunluk analizleri) verilerinin oluşturulmasında ağırlıklı bindirme yöntemi kullanılmıştır.

Bulanık Mantık Yöntemi: Bulanık mantık teorisi 1960'lı yıllarda ortaya çıkan, belirsizlikleri ifade etmeye yarayan kural tabanlı bir denetim yöntemidir (Zadeh, 1988: 85; Eastman ve Jiang, 1995: 530). Yöntem, genel olarak klasik küme modelinin geliştirilmişidir. Teorinin temeli bulanık kümeler olup, yöntem üyelik fonksiyonları ile karakterize edilirler. Sayıların komşuluğuna dayanan bu matematiksel teori belirsizliklerin açıklanabilmesinde oldukça kullanışlıdır. Bulanık mantık yöntemi; araştırma yapılan alana ait her bir elemana matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak uygulanır (Di Nola vd., 1989: 110; Zhang ve Liu, 2006: 17). Bu değer, parametrelerin bulanık küme tarafından ifade edilen kavrama üyelik derecesini ortaya koyar. Bu durum farklılaşma gösterimini bulanık mantık üzerinden ifade eder. Parametre üyelik dereceleri 0 ile 1 arasındaki gerçel sayılarla temsil edilirler (Derinpınar ve Aydınoğlu, 2015: 3). Tam üye olma ve üye olmama durumu, bulanık kümede sırasıyla 1 ve 0 değerleriyle karşılanır. Bulanık mantık ile ortaya konan bulanık bindirme analizleri girdi verilerinin farklı fonksiyonel işlemleri üzerinden uygulanan *and, or, sum, product ve gamma* hesaplamaları ile analiz edilmektedir. Çalışmada jeomorfolojik uygunluk analiz ve multirisk verilerinin oluşturulmasında bu yöntem kullanılmıştır.

Mann-Kendall Testi Trend Analizi: Parametrik olmayan test, zaman serisi olan verilerdeki artma ve azalma eğilimlerinin istatistiksel hesaplamalarını ölçmeye yarayan ve yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Mann, 1945: 246; Kendall, 1975: 13). Mann- Kendall analiz testi uygulanırken ilk olarak S'nin başlangıç değeri 0 olarak belirlenir. Her bir veri kendinden sonraki veri ile kıyaslanır, veri bir sonrakinden küçük ise S bir arttırılır, büyük ise S bir azaltılır. Analizde sonra ölçülen her veri daha önce ölçülen tüm verilerle karşılaştırılır ve toplam n(n-1)/2 olası veri çiftleri ile sonuçlanır. Burada n verisi gözlem ya da ölçüm verilerini göstermektedir S değeri aşağıdaki formül üzerinden hesaplanmaktadır.

$$S = \sum_{i01}^{n-1} \sum_{j=k.1}^{n} sign\,(X_j - X_i)$$

$$sign\,(X_j - X_i) = \begin{cases} \dfrac{(S-1)}{se} S > 0 \\ 0 \qquad S = 0 \\ \dfrac{(S+1)}{se} S < 0 \end{cases}$$

Yukarıdaki formüllerde S verisi Mann-Kendall test istatistiği; X_j ve X_i zaman serilerini ifade eder. Formülde N değeri zaman verileri uzunluğu yani toplamıdır (Knight, 1966: 437). Sonraki bir zaman aralığındaki bir veri değeri daha önceki bir zaman aralığındaki bir veri değerinden yüksek ise, S değeri 1 artar. Diğer durumda sonraki bir zaman aralığındaki veri değeri daha önceki bir zaman aralığındaki bir veri değerinden daha düşük ise S değeri 1 azalır. Hesaplanan artış ve azalışlarının sonuçları S istatistiğini ortaya koyar. Pozitif S değeri artan eğilimi, negatif S değeri azalan eğilimin olduğunu göstermektedir.

$$Z = \begin{cases} S - 1\sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} S > 0 \\ 0 \qquad\qquad\qquad\qquad S = 0 \\ S - 1\sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}\, S < 0 \end{cases}$$

Mann-Kendall testinde *Z* değeri, α (0,005) anlamlılık seviyesine karşılık gelen değerden küçük olduğu zaman *H0* hipotezi (trend yok) kabul edilir. Bu durumda zaman serileri arasında bir trend olmadığı sonucuna varılır. Hesaplanan Z değeri α anlamlılık seviyesine karşılık gelen değerden büyükse *H0* hipotezi (trend yok) reddedilir ve zaman serileri arasında bir trend olduğu ortaya çıkar.

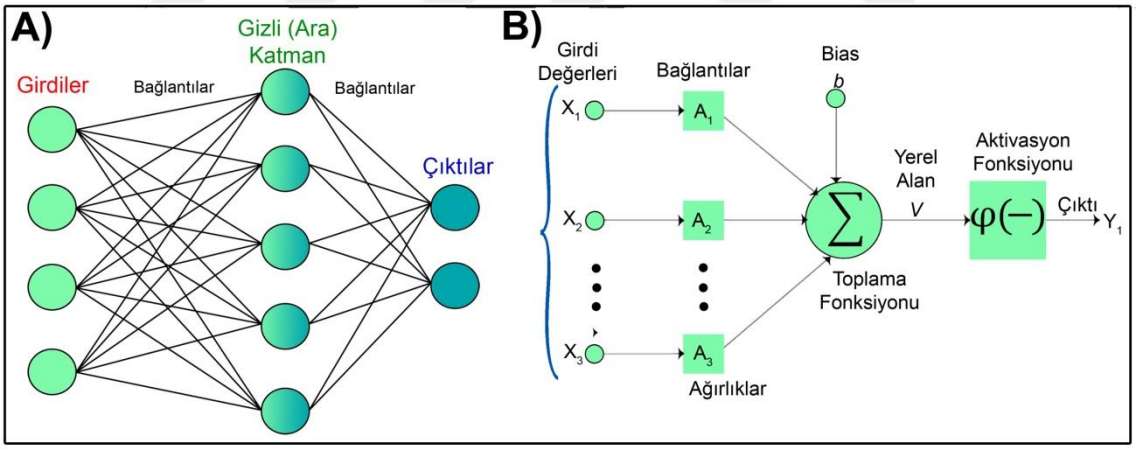
Sen's Slope Testi Trend Analizi: Yöntem, zaman serilerinin eğilimlerini ölçer, ayrıca zaman serileri arasındaki veri eksikliklerinden ve hatalarından etkilenmeyen parametrik olmayan bir yöntemdir (Yue vd., 1993: 64; Zhang vd., 2017: 1028). Sen tarafından 1968 yılında önerilen yöntem zaman serilerinin sıralanışı üzerinden formüllerle hesaplanan Q değerlerinin medyanı alınır ve ilgili gözlemin zaman serileri arasındaki değişimi belirlenir. Trend analizi aşağıdaki formül üzerinden hesaplanır.

$$Q_i = \frac{(X_j - X_i)}{(J - \dot{I})}$$

Formülde Q_i, zaman serisi değeridir. Burada X_j ve X_i zaman serilerini verilerini ve serisini eder. Q_i değeri 0'dan büyük olduğunda verilerde artan bir eğilim, 0'dan küçük olduğunda ise azalan bir eğilim olduğunu göstermektedir (Sen, 1968: 1380).

Göksu Çayı Havzası yönetim ve planlaması bölümünde klimatolojik verilerden sıcaklık ile yağış verilerinin eğilimlerinde, hidrografik unsurlarda AGİ verileri ve geleceğe dönük su bilançosunun hesaplanmasında Mann-Kendall testi ve Sen's Slope testi kullanılmıştır.

Yapay Sinir Ağları (YSA): Bu yöntem, insan beyninin nörolojik yapısından ilham alan ve bunu bilgisayar ortamına uyarlayarak yapa zeka teknolojisi ile doğal ortamı simüle eden matematiksel tabanlı modeldir (Kohonen, 1988: 3; Çağlıyan ve Dağlı, 2014: 235). 20, yy başlarında ortaya çıkan ve 1970'li yıllardan itibaren birçok alandan kullanılan yöntem, insanın nörolojik işleyişi ve öğrenmesi üzerinden gelişen yapay öğrenme girdi ve çıktıların işlenmesi, etkileşimlerinin derecelendirilmesi, bağlantısal yapılarının tekrar ve istatistiksel komut verilmesiyle sağlanmaktadır (Lippman, 1987: 7; Keskenler, 2017: 10). Bu yapıyı simülasyon olarak alan YSA, veriler arasında ilişki kurma ve bunun sonucunda problem çözme kapasitesine sahiptir.



Şekil 4: A) Yapay sinir ağları modeli ve B) işleyiş sistematiği (Çağlıyan ve Dağlı 2014 ile Keskenler 2017'den faydalanılarak yeniden düzenlenmiştir)

Yapay sinir ağları giriş, bağlantılar, gizli katman ve çıkış olmak üzere farklı bölümlerden oluşur. Nöronları yansıtan girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı birbirlerine hiyerarşik bir biçimde bağlanarak ağı oluşturur (Şekil 4). Farklı özellik ve alt kategorilere sahip giriş katmanındaki bilgiler bağlantılar vasıtasıyla bir öğrenme kuralı ile gizli katmana iletilir. Gizli katmanda kantitatif olarak işlenen veriler, taraflılık sabiti (bias), toplama fonksiyonundan sonra bağlantısal yapılarla istenilen model, durum ya da çözüm üzerinde çıktı katmanında ortaya konur (Gümüş vd., 2013: 41).

YSA metotları içerisinde en çok kullanılan sistematik, hataların geriye yayılma ilkesine göre yöntemidir. Bunun dışında radyal tabanlı ve genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağları yöntemleri de bulunmaktadır. Yukarıdaki şekilde gösterildiği üzere YSA'da girdi verileri gizli katmada verilen komutsal eğitimlere göre ana ve alt kriterler olarak kümelenir. Oluşturulan kümeler toplama fonksiyonu ile olasılık üzerinden modellenir ve çıktı verisini oluşturur. Çalışmada yapay sinir ağları yöntemi, havzanın 2030, 2045 ve 2070 yıllarına ait arazi kullanım modelleri için kullanılmıştır.

Kümeleme Yöntemi: Herhangi bir veri veya matris üzerinde yer alan kümelerin birbiri ile benzer ya da farklı özelliklerine göre farklı kümelere ayırma, benzer özelliklerine göre gruplama işlemi kümeleme analizi olarak nitelendirilmektedir (Anderberg, 1973: 5; Blashfield ve Aldenferder, 1978: 274; Neil, 2002: 36; Atasoy ve Sarış, 2021: 71). Kümeleme analizlerinde veriler gösterdikleri özelliklere göre homojen ya da heterojen sınıflara ayrılmaktadır. Bu ayrım işleminde kümelerin birbirleri arasındaki korelasyon, benzerlik, mesafe, komşuluk gibi farklı nitel ve nicel özelliklerine bakılarak gruplama işlemi yapılmaktadır (Gareth ve Wheeler, 1998: 34). Kümeleme analizinin sınıflandırma işleminden farkı, sınıflandırmada veri sınıflandırmasının önceden belli olması, kümelemede ise grupların veri özelliğine, benzerliğine ve kaç farklı değişkenden etkileneceğinin farklı hesaplamalarla sonradan belirlenmesidir (Han vd., 2009: 13). Kümeleme analizlerinde farklı yaklaşımlar kullanılmakla beraber temelde hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan iki kümeleme analizi yöntemi bulunmaktadır. Çalışmanın havza yönetimi modelinin son aşamasında elde edilen bulgular üzerinden alt havza kapsamında ve ayrıca hücresel (raster) tabanlı olarak kümeleme analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde, bulgular kendi aralarındaki korelasyona ve etki düzeylerine göre istatistiksel olarak test edilmiş ve kümelenmiştir. Daha sonra alt havza ve raster tabanlı veriler Lokal Moran's I-Anselin testi ve Getis-Ord Gİ istatistiği testine tabi tutulmuştur. Elde edilen kantitatif sonuçlar üzerinden ortaya konan kümelenme analizlerinin istatistiksel düzeyleri ve anlamlılıkları havza yönetimi açısından yorumlanmıştır.

Moran's I testi mekansal otokorelasyonla üretilen verilerin konumu, değeri ve özellikleri üzerinden kümelenme durumunu ortaya koyan analizdir. Moran's I, mekansal dağılış gösteren veri kümelerinin dağınık, rastgele ve kümelenmiş yapılarının olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir (Tağıl, 2007: 43; Requia ve Roig, 2015: 1283). İstatistik, incelenen bölgelerin kümelenme istatistiklerini tek özet üzerinden açıklamaktadır. Moran's I istatistiği aşağıdaki formüller ile hesaplanmaktadır.

$$Moran's\ I = \frac{n}{So} \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} W_{i,j}\, z_i\ \ z_j}{\sum_{i=1}^{n} z_i^2} \qquad So = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} Wi,j$$

Teste yer alan verilerden *z* standartlaştırılmış değişken verisini, *Wi,j* ise *i* ve *j* elemanları arasındaki ağırlık matrisi değerlerini, *n* toplam özellik sayısını ve So mekansal

ağırlık matrisleri toplamını ifade etmektedir. Elde sonuçlar -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Değerler +1'e yaklaşıyorsa pozitif korelasyonu yani kümelenme olduğunu, -1'e yaklaşıyorsa negatif korelasyonu yani komşu değerlerin farklı olduğunu ifade eder (Tağıl, 2007: 43). Değer 0'a yakın ise kümelerin rastgele dağıldığını gösterir.

Anselin tarafından Moran's I istatistiğinin geliştirilmesi ile Lokal Moran's I-Anselin (I_i) istatistiği üretilmiştir (Anselin, 1995: 98). Bu test daha detaylı bulgular ve kümelenmeler üzerine odaklanarak kümelenmenin nerede bulunduğunu göstermektedir. İstatistik yöntemi incelenen mekansal verilerdeki alt kümeler arasındaki korelasyonu ile oluşan kümelenme ve ayrılmalarının dağılışını tespit eder (Anselin, 2019: 135). Lokal Moran I değeri benzer özellik gösteren ve farklı değişkenlerin mekânsal kümelenme analizinde kullanılmaktadır. Kümelerin sahip olduğu değişken değerinin benzerliğini ve yakınlık değerini dikkate alarak Yüksek-Yüksek, Düşük-Düşük, Düşük-Yüksek ve Yüksek-Düşük şeklinde sınıflandırılır (Lee ve Wong, 2001: 168). İstatistik aşağıdaki formüller üzerinden hesaplanmaktadır.

$$I_i = \frac{xi-\bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1}^{n} Wi,j\ (X_j - \bar{x}) \qquad S_j^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n}(x_j-\bar{x})^2}{n-1}$$

Teste yer alan verilerden *n* toplam özellik sayısını, *Xi* belirli lokasyondaki değişken değeri, *Xj* farklı lokasyondaki değişken değeri, $\bar{x}$ değişkenlerin ortalaması, *Wi,j i* ve *j* verileri arasındaki ağırlık matrisini, Si ise komşu özelliklerinin birbiri ile olan ilişkisini ifade etmektedir (Anselin, 1995: 101). Elde edilen sonuçlar yüksek pozitif değer ise gözlemin komşuları ile benzer şekilde yüksek veya düşük değerlere sahip olduğunu dolayısıyla mekânsal kümelenmeler olduğu ortaya koyar. Analiz sonucu ortaya konan mekansa dağılış da kümelenmeler yüksek-yüksek ve düşük-düşük kümelerinden oluşur. Sonuç negatif değer ise verilerin komşuları ile aykırı değerlere sahip olduğunu dolayısıyla mekânsal aykırılık olduğunu gösterir. Mekânsal aykırılıklar, yüksek-düşük ve düşük-yüksek değerlerinden oluşur.

Çalışmada kullanılan Getis-Ord Gİ istatistiği yüksek ya da düşük kümelenmelerinin anlamlı olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir (Ord ve Getis, 1995: 287; Tağıl, 2007: 44). Elde edilen bulgular sıcak ve soğuk alanlar ile kümelenmenin anlamlı olmadığı alanlar olarak analiz edilir. Çalışmada mesafe analizi üzerinden Getis-Ord Gİ istatistiği uygulanmış ve aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} Wi,jx_j - \bar{x}\ \sum_{j=1}^{n} Wi,j}{S\sqrt{\frac{\left[n\sum_{j=1}^{n} W_i^2,j - \left(\sum_{j=1}^{n} Wi,j\right)^2\right]}{n-1}}} \qquad S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} x_j^2}{n}} - (\bar{x})^2$$

Yukarıda formülde belirtilen verilerden *Wi,j i* ve *j* verileri arasındaki ağırlık matrisini, n toplam özellik sayısını, *Xi* belirli lokasyondaki değişken değeri, *Xj* farklı lokasyondaki değişken değeri, $\bar{x}$ değişkenlerin ortalamasını ifade etmektedir (Ord ve Getis, 1995: 289; Zhang

vd., 2008: 214). Sonuçların yüksek pozitif (sıcak nokta) ve düşük negatif (soğuk negatif) değerleri mekansal kümelenmeyi ifade ederken 0 değeri rastgele dağılımı kümelerin anlamlı olmadığını gösterir (Tağıl, 2007: 43).

SWOT (GZFT) Analizi: İlk olarak 1960'lı yıllarda ekonomik planlama ve strateji alanında ortaya çıkmış olan SWOT analizi, günümüze kadar birçok alanda kullanılan analiz yöntemlerinden biridir (Hill ve Westbrook, 1997: 48; Gupta, 2000: 491). SWOT analizi, farklı çalışma sahaları, konuları ya da verilerinin güçlü yanlarını (Strengths), zayıf yönlerini (Weaknesses), fırsatları (Opportunities) ve tehlikeleri-tehditleri (Threats) incelendiği, analiz edildiği ve geleceğe dönük planlama verilerinin ortaya konduğu işleyişe sahiptir. SWOT analizi niteliksel ve niceliksel analiz yapabilme imkanı sağlamaktadır. Analiz, mevcut durumları ortaya koyarken aynı zamanda gelecekle ilgili de durum analizi yapabilmektedir. SWOT analizinde, güçlü ve zayıf yönler iç analiz verilerini yani kontrol edilebilir etkenleri ortaya koymaktadır. İncelenecek veri ya da sahanın kendi özeliklileri mevcut durumu ortaya koyacağı için burada güçlü-zayıf yönler ile iç analiz yapılmaktadır. Fırsatlar ve tehditler ise sahanın özelliklerini etkileyebilecek dış analiz verilerini ortaya koymaktadır. Çalışmada SWOT analizi, Göksu Çayı Havzası yönetim modelinin son iki basamağında kümeleme analizi ile birlikte elde edilen bütün veriler üzerinden uygulanmıştır.

IV. Önceki Çalışmalar

Ardel (1947), İnegöl Ovası ve çevresini incelediği çalışmasında, sahanın Uludağ, Domaniç Dağları ve farklı alanlardaki neojen tepeleri ile çevrelenmiş elips şekilli alüvyal tabanlı bir ova olduğunu belirtmiştir. Sahanın masif alanlarla çevreli olduğunu, drenaj ağının sentripetal olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca İnegöl Ovası'nın oluşumunu, sedimantasyon, kıvrılma, aşınma, post-neojen yükselme-kazınma ve dolma olarak dört safhadan meydana geldiğini belirtmiştir.

Ardel (1951) Yenişehir Ovası ve yakın çevresinin jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerini açıkladığı çalışmasında, sahanın tektonik etkenlerle şekillendiği ve flüvyal süreçlerin morfolojik görünümde önemli rol oynadığını belirtmiştir. Çalışmasında Yenişehir Havzası'nı belli bölümlere ayırarak incelemiş, eski Marmaracık Gölü, plato sahaları, eşikler, epirojenik boğaz ve bu unsurların jeomorfolojisinden bahsetmiştir.

Yamanlar (1957), Türkiye'de ilk havza tabanlı çalışma örneklerinden biri olan Alibeyköy ve Kağıthane Dereleri havzalarında yaptığı araştırmada, erozyon sorunu ve sediment birikimi üzerine odaklanmış, meydana gelen sorunlar için çözüm önerilerinde bulunmuştur.

Altınlı (1965), İnegöl ve Yenişehir havzalarını ayrı ayrı incelediği iki çalışmasında da havzalarının jeolojik yapısını, formasyonlarını açıklamış ve jeolojik evrime değinmiştir. İnegöl Havzası'nın güney sınırını plütonik-metamorfik kayaçların oluşturduğunu, tabanına doğru

sedimanter birimlerin yer aldığını ve örtü formasyonların görüldüğünü belirtmiştir. Yenişehir Havzası'nda tektonik etkenler rol oynadığını, havzanın morfolojik yapısında bu durumun önemli etken olduğunu açıklamıştır.

Hoşgören (1975), "İnegöl Havzası'nın Jeomorfolojisi" isimli çalışmasında, havzanın jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerini, belli sahalardaki arazi kaymaları ile uygulamalı jeomorfoloji unsurlarını açıklamıştır. Havzanın yüksek bir çerçeveden, alçak alüvyal düzlüklerden oluştuğunu ve sınırlarını Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı ile belli ova eşiklerinin meydana getirdiğini açıklamıştır. Havzanın oluşumunda ise epirojenik hareketlerin, neo-tektonik etkenlerin ve flüvyal süreçlerin rol oynadığını belirtmiştir. Domaniç dağlarındaki fay çizgisellikleri ve yüksek eğim neticesinde yoğun olarak gözlemlenen arazi kaymalarının meydana geldiğini açıklamıştır.

Adams (1985), çalışmasında Nijerya'da nehir havzası planlama-uygulamasını değerlendirmiştir. İlk nehir havzası kalkınma kurumunun 1973 yılında kurulduğu daha sonra sayısının arttığı, baraj ve sulama odaklı büyük projelerin yapıldığı belirtilmiştir. Gongola Nehir Havzasında proje geliştirme modelinde entegre havza planlamasının eksikliğinin olduğunu ve Sokoto Nehir Havzasında bazı kaynakların dikkate alınmadan bir proje geliştirildiği, sonucunda olumsuz çevresel etkiler oluştuğunu belirtmiştir.

Downs vd., (1991) coğrafi bakış açısıyla, entegre akarsu havzası yönetimi teriminin kullanımı ve gelişimini açıkladıkları çalışmalarında, 21 farklı yaklaşımda yer alan unsurları analiz etmişlerdir. Çalışmalarında entegre nehir havzası yönetiminin; akarsu kanallarının değişimi, arazi kullanımı, ekosistem, ekolojik koşullar ve insan etkinliği üzerinde yoğunlaştığı ve farklı unsurlarla ilişkili olarak geliştiğini açıklamıştır.

Blackmore (1995), çalışmasında Murray-Darling Havzası deneyimini, neler başarıldığını, ne yapılması gerektiğini açıklamıştır. Havza akarsularının üç eyalet tarafından paylaşıldığını, ancak kurumsal olarak farklı yetki alanlarının bulunduğunu ve bu durumun son yıllardaki gelişmelerle birlikte üç katmanlı bir yönetim yapısını oluşturduğunu belirtmiştir. Havzadaki sorunları çözmek için doğal kaynak yönetimi stratejisi çerçevesinde katılımcı yaklaşımın benimsendiği, yönetim işleyişi ile bir tuzluluk ve drenaj stratejisi çerçevesi geliştirilmiştir.

Cox ve Madramootoo (1998), çalışmasında Saint Lucia'da doğa koruma kökenli havza yönetimi modelinin geliştirilmesi aşamalarında CBS'nin katkılarını incelemiştir. Özellikle CBS teknolojisinin havza sınırlarının doğru şekilde belirlenmesi, drenaj ağının tespiti ve diğer veri katmalarının oluşturulmasında, bu verilerin havza yönetiminin temelinde kullanılmasında etkin rol oynadığını belirtmiştir.

Grigg (1999), entegre su kaynakları yönetimini incelediği ve genel açıklamalar yaptığı çalışmasında, havza yönetiminin katılımcı yaklaşımla ele alınması gerektiğini, tüm kesimlerin talep ve amaçlarını karşılayacak şekilde havzaların bütün sistemlerinin planlanması, denetlenmesi ve işleyiş süreçlerinin yönetilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Kayacılar (1999), "Gemlik Körfezi-İznik Gölü-Bursa ve Yenişehir Ovaları Arasında Kalan Sahanın Jeomorfolojisi" isimli doktora çalışmasında neotektonik hareketlerin ve KAFZ'nun etkisiyle meydana gelen jeomorfolojik yapıyı ve evrimi incelemiştir. Bu alandaki Gürle-Avdan Dağlarının güneyinde ve kuzeyinde fay hatlarıyla çöküntü alanlarının oluştuğu, dağların neotektonik hareketlerle yükseldiği, bu etkenlerin yanında flüvyal aşındırmanın neticesinde günümüz görünümünü aldığını çalışmasında belirtmiştir.

Yüceşahin (2002), "İnegöl İlçesinin Yerleşme Coğrafyası" isimli doktora tezinde, doğal ortam koşullarının yerleşmelerin durumunu şekillendirdiği ve özellikle Marmara Bölgesi'nde daha hızlı ve geniş çaplı vukuu bulan şehirleşme sürecinin bu alanda farklı dinamiklerle gerçekleştiğini tespit etmiştir. İnegöl şehir merkezinin Bursa şehir merkezine yakın olması, doğal koşulları, ekonomik unsurlar ve tarihsel etkenler neticesinde yoğun şehirleşme sürecine girdiğini belirtmiştir. İnegöl ilçesinde şehirleşme eğrisi modeline göre 1945 yılına kadar başlangıç, 1945-1990 arası hızlanma ve 2000'li yıllarda olgunlaşma döneminde olduğunu yapılan analizlerle belirtmiştir.

Hooper (2003), çalışmasında coğrafi bakış açısıyla su kaynakları yönetimini incelemiş, entegre yaklaşımı, havza ve su kaynakları yönetimi açısından değerlendirmiştir. Kaynak yönetiminin oldukça karmaşık bir yapısının olduğu, ancak bunun özellikle mekanda gelişen dinamik süreçler ve insan ile olan etkileşim koşulları nedeniyle coğrafya açısından incelenmesi gereken bir konu olduğunu belirtmiştir. Geçmişte tek düze yaklaşımların uygulandığı ancak değişen koşulların farklı yaklaşımlar geliştirerek günümüzde entegre su kaynakları yönetimini (IWRM) ortaya çıkardığını ve bunun özellikle havza yönetimine büyük katkılar sağladığını açıklamıştır.

Ertek (2005), çalışmasında Yenişehir Havzası'nı morfotektonik açıdan incelemiş ve açıklamıştır. Çalışmada, havzanın özellikle neo-tektonik olaylarla sınırlarının belirlendiği, kaide seviyelerinin değişerek akarsuların flüvyal süreçlerle jeomorfolojik yapıda etkili olduğunu belirtmiştir. Havzanın tektonik saha içerisinde yer alması, tabanının faylarla sınırlandırılmasına yol açmış ve morfotektonik kökenli bir havza özelliği kazanmasına sebebiyet vermiştir.

Snellen ve Scherel (2005), çalışmasında 1992 çevre konferansından sonra dünya genelinde değişen yönetim yaklaşımları ve çevre kavramının öneminin artmasıyla entegre su kaynakları yönetiminde meydana gelen değişimleri son 50 yıllık süreçteki deneyimsel çalışmalardan örneklerle açıklamıştır.

Şenkul (2006), "İscehisar Havza Yönetimi ve Doğal Ortam-İnsan İlişkileri" isimli tez çalışmasında, havzanın doğal ve beşeri ortam koşullarını incelemiş ve bitki tahribatı, erozyon, yanlış arazi kullanımı gibi sorunların ortaya çıktığını tespit etmiştir. Sorunların ortadan kaldırılması ve sürdürülebilir kalkınmayı arttırmak için çevre düzeni planlarının idari değil havza kapsamlı olması gerektiğini belirtmiştir.

Karadağ (2007), "Katılımcı Havza Yönetim Modelinin Oluşturulması: Kovada Gölü Örneği" isimli doktora tezi çalışmasında, havza kavramının boyutlarını açıklamış, alt havza örneği olan Kovada Gölü'nün doğal ve kültürel özelliklerini inceleyerek, havza paydaşlarının görüşleri temelinde yönetim modeli oluşturmuştur. Bu kapsamda havza için ideal hedefler belirlenmiş, faaliyetler detaylandırılmış ve sınırlayıcılar ile engelleyiciler açıklanarak model önerisinin detayları açıklanmıştır.

Liu vd., (2007) Çin'deki Qionghai Gölü Havzası'ndaki sorunların önlenmesi için yapılan sürdürülebilir havza yönetimi çalışmalarına senaryo analizlerine dayalı bir optimizasyon yöntemini önermiştir. Önerilen yöntem dört adımdan oluşmaktadır: sistem analizleri, potansiyel mühendislik teknikleri ve karşı önlemlerin bir listesi, senaryo analizleri ve en uygun karşı önlem-mühendislik tekniklerinin seçimidir. Yöntem, havza su seviyesindeki belirsizliklerde başa çıkmak için kullanılabilmektedir.

Randhir (2007), çalışmasında, artarak devam eden su kirliliği, biyoçeşitlilik azalması, tatlı su kaynaklarının tükenmesi, çölleşme ve ekosistem bozulması gibi çevresel sorunların önlenmesi ve yönetiminde havza kapsamlı çalışmaların uygulama açısından oldukça süreç odaklı ve çözüme yönelik olduğunu belirtmiştir. Çevresel, biyolojik, ekolojik ve kimyasal özellikleri ile havzaların yönetimin entegre şekilde yapılması, sürdürülebilir kalkınmanın ve bu bakımdan politika üreticilerin geleceğe dönük hedeflerinin en önemli payını oluşturduğunu belirtmiştir.

Daeghouth vd., (2008), havza yönetim yaklaşımları, politikaları ve faaliyetlerini incelediği çalışmasında, havza yönetiminin kökenlerinin 19. yy.'a kadar dayandığını ancak yaklaşım olarak 1970'lerde başladığı, 1990 ve 2000'li yıllar itibariyle farklı modeller ile uygulandığını belirtmiştir. Geçmişten günümüze yaklaşım olarak değişen havza yönetimi çalışmalarının aynı zamanda metodolojik olarak da farklılaştığını açıklamıştır. Son yıllarda birçok havza yönetimi çalışması olduğunu ve artık günümüze iklim değişikliği, çevre ve su kaynaklarının korunması, doğal afetlerin önlenmesi gibi çalışmaların havza tabanlı uygulamalarda ağırlık kazandığı belirtilmiştir.

Kılıç (2008), "Yenişehir Ovası'nda Nüfus ve Yerleşme" isimli tez çalışmasında, Yenişehir ilçe merkezi nüfusunun geçmişten günümüze sürekli arttığını ancak inceleme alanındaki 17 köy nüfusundan Cihadiye hariç diğerlerinde daima bir azalış eğilimi olduğunu

tespit etmiştir. Ayrıca tarımsal ekonominin yanında tarıma dayalı sanayi, organize sanayi bölgesi ve Bursa Havaalanı'nın yapılması şehrin gelişmesine, modern yapıların oluşmasına neden olmuş ve nüfusun artışını tetiklemiştir.

Mamunlu, H., (2009), doktora tez çalışmasında, İstanbul-Küçükçekmece havzası örneğindeki kentsel havzalarda klasik planlama ile parçacıl, tepkisel olan, fiziksel durumların, kentsel gelişim dinamiklerin olmaması yapılan planlamaların ileriye dönük gerçekçi uygulamalar sağlamadığını belirtmiştir. Bu kapsamda Küçükçekmece gölünün koruma yapılarının değiştirilmesi ve beşeri kökenli bozulmaların olması göl ile havzanın yönetim sorunlarını oluşturacağını açıklamıştır.

Dorge ve Windolf (2010), Danimarka'da su çerçeve direktifi kapsamında yapılan nehir havza yönetimini incelendiği çalışmada, ülkede 14 su havzası bölgesinin olduğu ve yaygın sorunun tarımdan kaynaklı kirlilikle oluştuğu tespit edilmiştir. Çalışmada restorasyon projeleriyle bağlantılı olarak entegre nehir havzası modellemesi yanında deneysel modeller kullanılmış ve hidroloji, arazi kullanımı, tarıma yönelik uygulamalar ile sel-kuraklık sorunları için çözüm önerileri sunulmuştur.

Tüzün (2010), "Havza Planlama, Yönetiminde Yöntem Arayışı: Meriç-Ergene Havzası Örneği" isimli doktora çalışmasında, 1980'li yıllardan itibaren havzaların bütünleşik ve sürdürülebilirlik yaklaşımlarıyla yönetim ve planlama çalışmalarının yapıldığını belirtmiştir. Çalışmasında, Meriç-Ergene nehrinin doğal, beşeri ve ekonomik özelliklerini açıklayarak mevcut üst ve alt ölçekli planları değerlendirmiş ve havzanın yapılan koruma eylem planlarında Meriç Havza'sının yer almadığını belirtmiştir.

Bahadır (2011), "Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Acıgöl Havzasının Sürdürülebilir Kullanımı ve Yönetimi" isimli doktora çalışmasında, ülkemizin yarı-kurak sahalarından ve tuzlu sulak alanlardan olan havzanın doğal ve beşeri ortam koşullarını incelemiş, 1975-2005 yılları arasındaki arazi kullanımı değişimini analiz etmiş ve sorunların tespitini yapmıştır. Yapılan analizler ile olası 2020 durumu tahmin edilmiş ve sürdürülebilirlik kapsamında öneriler sunulmuştur.

Öztürk (2011), "Devrekani Çayı Alt Havzası Örnekleminde Havza Yönetim Planının Geliştirilmesi" isimli doktora çalışmasında, havzanın, ekonomik, beşeri ve doğal çevresel koşulları incelenmiş R'WOT analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarla çevresel değerlerin ön planda tutulduğu koruma öncelikli bir yaklaşımın havzaya kazanç getireceği ve bu verilerin AB Su Çerçeve Direktifi'nin sunduğu yönetim planına altlık olabileceğini açıklamıştır.

Toptepe (2011), çalışmasında Atikhisar Barajı Havzası'nın sürdürülebilirlik-havza yönetimi açısından değerlendirmesini yapmıştır. Araştırmasında, en yüksek değerler haritası yaklaşımına uygun bir yöntem uygulanmıştır. Havza için beş kullanım tipinin uzmanlar

tarafından belirlenen öncelik sıralamasına göre (Koruma, Orman, Çayır-Mera, Tarım, Yerleşme) bir arada yer aldığı alan kullanım haritası oluşturulmuştur. Sonuçta havzada koruma önceliği; % 56 orman, % 31 yerleşme, % 10 çayır-mera, % 2.5 koruma ve % 1 de tarım olarak belirlenmiştir.

Albayrak (2012), doktora tez çalışmasında, havza yönetiminde ekosistem servislerine dayalı çok işlevsellik yaklaşımı ile kentsel yayılmanın oldukça baskın olduğu Ömerli havzasında araştırmalar yapmış ve sonuçlar ortaya konmuştur. Elde edilen bulgularla ekosistemlerin ekolojik, ekonomik, sosyo-kültürel değerleri Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve çok işlevlilik yaklaşımı doğrultusunda, servis üretim miktarlarına göre CBS kullanılarak kategorize edilmiştir.

Garipağaoğlu (2012), havza kavramını, çeşitlerini ve havza yönetimini açıkladığı çalışmasında, coğrafyanın, havza yönetimi çalışmalarının en önemli disiplinini oluşturduğunu belirtmiştir. Havzaların jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik özelliklerinin olduğunu, bu özelliklerle belirlenen sınırlarının kolay değişemeyeceğini, havzaların belli fiziki ve beşeri coğrafya özelliklerine sahip olduğunu aynı zamanda bu özelliklerin havza içerisinde çeşitlilik göstererek havza yönetimi ve planlamasında önemli değerler taşıdığını belirtmiştir.

Naiman vd. (2012), sürdürülebilirlik dengesi ve çevresel değişim kapsamında inceledikleri havza yönetimi çalışmasında, geçmişten günümüze insanoğlunun çevresel koşulları değiştirdiğini ve bu sürecin artık yönetim açısından özellikle su, toprak, peyzaj ve diğer doğal koşulların yönetimine gereksinimini ortaya çıkardığını belirtmiştir. Çalışma içerisinde farklı başlıklarla ve inceleme alanları ile değerlendirilen havza yönetiminin insan ve çevre etkileşimli sistemlerin bütüncül olarak ele alınmasını, esnek ve katılımcı, sürdürülebilir yaklaşımların kullanılmasını gerektiğini açıklamıştır.

Karataş (2014), "Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması" isimli doktora çalışmasında, sahanın fiziki coğrafya özelliklerini incelemiş ve havzanın çizgisel, alansal, yüzeysel morfometrik indislerle belli kantitatif veriler ışığında jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik yapısını detaylıca açıklamıştır. Bu verilerle havzanın su bilançosu ve su bütçesini ortaya koyarak, katastrofik, ekonomik, sosyo-kültürel, jeo-stratejik ve hidro-politik değerlendirmesini yapmış ve havza yönetimi ile planlama çalışmalarına hidrografik planlama ile özgün bir bakış açısı getirmiştir.

Koontz ve Neving (2014), çalışmasında ABD ve Almanya'daki iki eyalet üzerinden havza yönetimi ve politikalarında, yukarından aşağıya/aşağıdan yukarıya yaklaşımı ile analizler yapılmıştır. Yapılan araştırmada yaklaşımın iki boyutunun sonuçlarına bakılmaksızın oldukça büyük farklılıkların olduğu saptanmıştır.

Menteşe (2015), doktora tezi çalışmasında, İnegöl Ovası kapsamında CBS ve UA verilerinden yararlanarak korelasyon ve regresyon analizleriyle hava, su ve toprak kirliliği ve şehirsel gelişme ile ilişkisini irdelemiştir. Yapılan çalışmada toprakta ağır metal kirliliği olduğu, su kirliliği ve hava kirliliğinin eşik düzeylere geldiği ve ekolojik risk açısından İnegöl'ün orta-yüksek riskli grup içerisinde yer aldığını tespit etmiştir. Bu durumun ise 1987-2010 yılları arasında kentsel yayılmanın ve organize sanayi alanının artışıyla meydana geldiği ayrıca ekili-dikili alanların azaldığı sonucu tespit emiştir.

Orhan (2015), tez çalışmasında, tarımın Yenişehir için en önemli ekonomik faaliyet olduğu, bu durumun oluşmasında doğal ortam koşullarının etkisi yanında, modern tarım tekniklerinin uygulanması, çiftçi deneyimi ve ulaşımın kolay olmasının da önemli bir etken olduğunu belirtmiştir. Ovada tarımsal faaliyetlerle çeşitli sorunların yaşandığını da gözlemlemiştir.

Fernandez (2016), çalışmasında İspanya'nın havza yönetimi durumunu su çerçeve direktifi kapsamında incelemiştir. Özellikle Tagus ve Ebro nehir havzaları üzerinden yapılan değerlendirmede havzaların yönetim çalışmaları dışında sel-taşkın analizleri ile etki değerlendirmesi ve havza yönetimi ilişkisi açıklanmıştır.

Yaykıran (2016), lisansüstü tez çalışmasında Sakarya Havzası'nın hidrolojik modelini farklı yöntemler üzerinden yapılandırmıştır. Çalışmada havzanın farklı alanlarında AGİ verileri ve toprak, arazi, yer altı suyu, akışı, klimatik koşulları da analiz ederek WEAP-PGM yöntemi ile yüksek çözünürlüklü hidrolojik model oluşturmuştur.

Danacıoğlu (2017), "Bakırçay Havzası'nda Ekolojik Risk Karakterizasyonu Dayalı Havza Yönetimi" isimli doktora çalışmasında, havzaların sadece hidrolojik bir yapıda olmadığının, doğal-beşeri özellikleri farklı ilişkilerle barındırdığını ve ekolojik risk çalışmalarının havza yönetimi ile planlama süreçlerine büyük katkılar sağladığını tespit etmiştir. Çalışmada CBS ve UA verileri ile analizlerinin uygulanması sonucu ekolojik risk modeli oluşturulmuş, risk alanlarının mekansal dağılışı belirlenmiş ve uygulanan model verilerinin sorgulanabilir, geliştirilebilir ve paydaş ihtiyacına yönelik değiştirilebilir yapısıyla havza yönetiminde kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

İskan (2018), "İnegöl İlçesi Hava Kalitesinin Fiziki Ortam İle İlişkisi" isimli lisansüstü çalışmasında, meteorolojik verilerin yanında farklı yükseltilerde yapılan ölçümlerle hava kalitesi incelenmiştir. Yapılan çalışmalar ile sahada farklı yükseltilerde terselmelerin meydana geldiği, ayrıca rüzgar ve kirletici ilişkisinin oldukça düşük olduğunu tespit etmiştir.

Akkaya (2019), çalışmasında, Melen Çayı Havzasının fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri detaylıca incelemiş, mekansal kullanımlarını açıklamış, çevre sorunları ve taşkın riski

durumunu analiz etmiştir. Melen Çayı Havzasının doğal, ekonomik, sosyo-kültürel ve kurumsal yönetiminin SWOT analizini yaparak değerlendirmiştir.

Demir (2019), "Yarışlı Gölü Havzası'nın Fiziki Coğrafyası ve Havza Yönetimi Önerileri" isimli lisansüstü tez çalışmasında, CBS teknikleriyle havzanın doğal ortam koşulları açıklanmış ve sorunlar tespit edilerek, havza yönetimi kapsamında öneriler sunmuştur. Tarımsal faaliyetlerde değişikliklerin yapılması, eko-turizmin geliştirilmesi ve önerilen planın işleyişinde kontrol ve denetimlerin olması gerektiğini belirtmiştir.

Garipağaoğlu ve Uzun (2019), İznik Gölü Havzası'nda doğal ortam koşulları, riskler ve arazi değişimleri kapsamında havza yönetimini incelemişlerdir. İznik Gölü Havzası'nın arazi kullanımı değişimleri ve AHS kapsamında beş farklı risk haritası üretilmiştir. Analizlerle doğal ortam koşullarının havza yönetimine etkisi açıklanmıştır.

Rahmanlar (2019), "Ergene Nehri Havzasının Risk Analizi ve Risk Modeli" isimli doktora çalışmasında ArcSWAT modeli kullanarak inceleme alanı, arazi kullanımı ve iklimine göre modellenmiştir. CA-Markov yöntemi ile sahanın 2030-2050 yılları arazi kullanımı ile RCP 4,5 ve RCP 8,5 iklim senaryolarına göre yağış ve sıcaklık tahmin modelleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda geleceğe dönük su akış miktarının azalacağı ve havza için belli riskler oluşturacağı tespit edilmiştir.

Abdeta vd., (2020), çalışmasında, Gidabo Havzası (Etiyopya) örneğinden morfometrik analizlerle alt havza önceliklendirmesini uygulamış, bu veriler sonucunda havzanın planlaması için öneriler sunmuştur. Yapılan çalışmada özellikle yüksek rölyef karakterinde olan alt havzalarda erozyon, su açığının olacağı ve önceliğin morfometrik verilerinde yol göstermesi ile bu alt havzalarda olması gerektiğini belirtmiştir.

Güreli (2020), Salda Gölü ve yakın çevresinde entegre havza yönetimini incelemiştir. Çalışmasında araştırma sahasının arazi kullanımı ve diğer değişimleri zamansal ve mekansal olarak incelenmiş ve planlama önerileri ortaya konmuştur.

Öztürk (2020), lisansüstü tez çalışmasında bütüncül havza yönetiminin Ermenek Çayı Havzası açısından uygulanabilirliğini incelemiştir. Çalışmasında su çerçeve direktifi kapsamındaki uygulamalar açısından Ermenek Çayı havzasının idari yönetim kapsamlı yetki sorunları yaşadığı ve uygun olmadığı belirtilmiştir.

V. Kavramsal Çerçeve

V. I. Havza Kavramı, Tanımı ve Özellikleri

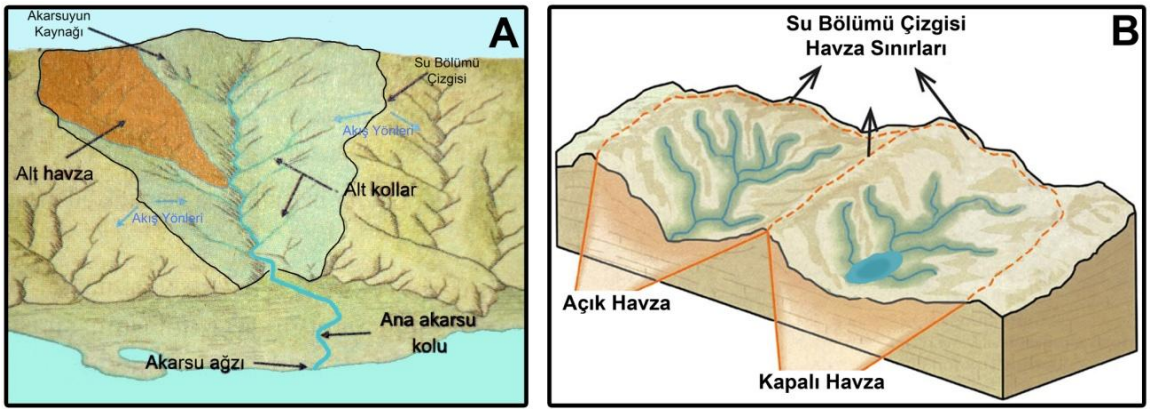
Havza kavramı, birçok disiplinin ilgilendiği ve farklı anlamlar yüklediği terimdir. Türk Dil Kurumuna (TDK) göre havza; bölge, mıntıka, dağ veya tepelerle sınırlanmış suları aynı denize, göle veya ırmağa akan bölge, yer kabuğundaki kıvrımların çukur, alçak yer

şeklinde ifade edilmektedir (https://sozluk.gov.tr/ son erişim 28.12.2019). Ancak havza kavramının jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik ve hidrolojik olarak doğal ortam özellikleri açısından farklı anlamları bulunmaktadır. Bu durumun yanında havza kavramı beşeri faaliyetler açısından bölge ifadesinin karşılığı olarak da çoğu kez kullanılmıştır (tarım havzası, maden havzası, kültür havzası, ulaşım havzası, petrol havzası, teknoloji havzası vb.) (Garipağaoğlu, 2012: 304). Ancak, dikkat edilmesi gereken önemli husus, beşeri kaynaklı olarak bölgeyi tanımlayan ifade de sınır, alan ve temel çerçeve boyutlarının çok fazla değişkenlik göstermesinin havza kavramının asıl anlamı dışında kullanılmasına sebep olmasıdır. Havza terimi birçok çalışmada, yüksek kesimlerle (su bölümü çizgisi) diğer havzalardan ayrılan, akarsuların yağışlarını topladığı yüzeysel ve yeraltı suları ile bu alanda bulunan toprak varlığını kapsayan arazi olarak ifade edilmektedir (Grigg 1996: 132; Cobourn, 1999: 628; Grigg, 1999: 530; Akkaya, 2002: 21; Aydın Coşkun, 2009: 47). Genel olarak akarsu havzası ya da havzanın daima bir su varlığı bütün tanımların öncelikli olarak ele aldığı odak noktasını oluşturur. Bu noktadan hareketle kavram; havzaların sınırları, kapladığı alan, oluşumları ve barındırdığı doğal ve beşeri özelliklere göre birçok anlamda kullanılmaktadır. Ayrıca havza kavramının hukuksal boyutunun olması Dünyada ve Türkiye'de birçok yasal tanımının varlığını da sağlamıştır. Türk hukuk sisteminde havza terimi, su ayrım çizgileriyle sınırlanmış, üzerine düşen yağış sularının yer altı ve yüzeysel olarak tek bir çıkış noktasına ulaştığı, iç bükey topografik yapıya sahip alan olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda havza kavramı; Tarım kanunu (18/4/2006 tarihli ve 5488 sayılı 3/m maddesi), Orman kanunu (31/8/1956 tarihli ve 6831 sayılı 58. maddesi) ve Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun'da (1/5/2003 tarihli ve 4856 sayılı 9/k maddesi) su ve toprak kaynakları özelliği temel alınarak yer almaktadır (Gönenç, 2004: 15; Girgin, 2008: 310; Garipağaoğlu, 2017: 147; Garipağaoğlu ve Uzun, 2019: 3). Türkiye Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde havza terimi; akarsu, göl, baraj rezervuarı, yeraltı su haznesi gibi su kaynağını besleyen yeraltı ve yüzeysel suların toplandığı bölgenin tamamı şeklinde ifade edilmektedir (Danacıoğlu, 2017: 2). Türkiye Ulusal Havza Yönetim Stratejisi'nde, havza kavramı; doğal sınırları içinde, iklim, jeoloji, topografya, toprak, flora ve faunanın sular ile etkileşim içinde olduğu, suyun ayrım çizgisinden denize aktığı noktaya, kapalı havzalarda ise suyun toplandığı nihai noktaya göre suyun toplanma alanı olarak tanımlanmaktadır (Delipınar, 2017: 11).

Farklı bilim dalları, kurum ve kuruluşlar açısından Dünyada en çok kullanılan tanımların başında gelen ABD Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) tanımına göre havza; bir göl, nehir, dere, sulak alan, haliç veya koya akışı sağlayan alan olarak ifade edilmektedir (Albayrak, 2012: 52). AB Su Çerçeve Direktifi kapsamında madde 3/1'de havza kavramı; yer altı suları ve kıyı sularıyla birlikte bir veya daha fazla komşu nehir havzasından oluşan kara ve deniz alanı şeklinde tanımlamaktadır. (Gonzalez ve Arias, 2001: 70). Ekosistem ekseninde havzalar

incelendiğinde; akarsu ağları ile birbirine bağlanmış, boylamsal, yanal, düşey ve zamansal olarak birbirleri ile etkileşim içerisinde bulunan habitatlar mozaiğinden oluşan bütün olarak ifade edilmektedir (Randhir, 2007; Küçükali ve Atabay, 2012: 181). Başka bir tanımlamada ise havzalar, su ve su kaynaklı tortuları, besin maddelerini ve kimyasal bileşenleri toprak kanalındaki bir noktaya veya topografik sınırlarla tanımlanan bir nehre boşaltan toprak yüzeyini tanımlayan biyofiziksel sistemlerdir ve çoğu okyanuslara-denizlere ulaşan nehirler olarak ifade etmektedir (Brooks vd.,2003: 10). Madencilik açısından havzalar, coğrafi ve jeolojik birimi meydana getiren birçok maden ocağı ile işletilen maden yatakları topluluğu veya geniş maden yatağını ifade etmektedir. Okyanus bilimlerinde; okyanus dibine yayılan ve deniz-okyanus topografyasında genellikle biçim yönünden farklılık göstermeyen çöküntü alanı olarak tanımlanmaktadır.

Birçok disiplin içerisinde kullanılan, hukuksal, kamusal ve coğrafi tanımları verilen havza kavramı temel olarak jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik olarak sınıflandırılmaktadır. *Jeolojik koşullar açısından havza;* etrafı jeolojik olarak daha yaşlı formasyonlardan oluşan tabandaki çukur alanda daha genç formasyonların bulunduğu, tektonik ve stratigrafik oluşumların yer aldığı sınırları belli sahalardır (Yalçınlar, 1985: 326; İzbırak, 1986: 308; Hoşgören, 2011: 123). *Jeomorfolojik havza*; çevresine göre eğim açısından düz ve düze yakın özellik gösteren alçak bir taban ile etrafı yüksek plato ve dağlarla çevrili topografyanın ana birimlerini oluşturan alandır (Brooks vd., 2003: 11). *Hidrografya özelliği ile havza,* ana akarsu ile kollarının yağış-kar sularını drene ettiği alanı kapsamaktadır (White, 1997: 79). Yüksek kesimlerden gelen ve kollarıyla birleşerek yüzeysel akışa devam eden akarsu havzaları su bölümü çizgisiyle diğer havzalardan ayrılırlar (Selçuk Biricik, 2009: 121-122; Hoşgören, 2010: 110-113). Döküldükleri taban seviyesine göre akarsu havzaları eksoreik-açık (denize ya da okyanusa ulaşan) ve andoreik-kapalı (göle ulaşan ya da yer altına sızan) havzalar ile akıştan yoksun havzalar olarak ayrılabilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5: A) Havzaların sınırları ve genel görünümü B) Havzaların akış durumuna göre hidrografik yapısı ve sınırları

Fiziki coğrafya koşulları açısından sınıflandırılan havzaların temel ve benzer özellikleri; taban ile etrafı yüksek çerçeveden oluşması ve sınırlarının değişmesinin çok uzun zaman almasıdır. Havzalar, kendi sınırları içerisindeki ortak özelliklerle diğer havzalardan ayrılırken, sınırları içerisinde doğal-beşeri ortam koşulları açısından çeşitlilikleri de barındırmaktadır. Özellikle doğal ortam özelliklerin çeşitlilik göstermesi alt havza kavramının ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Şekil 5). Bu durum havza yönetim ve planlama çalışmalarına da yön veren bir unsuru oluşturmaktadır. Havzaların kendi içerisindeki benzerlikler, jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik olarak havzaların şekilsel, yapısal ve alansal özelliklerinin benzer olmasını da sağlamaktadır. Bu özellikler, havzaların morfometrik formüller ile hesaplanabilen, karşılaştırabilen kantitatif değerlere sahip olduğunu ortaya koyar (Özdemir, 2011: 458). Uygulanan morfometrik analizler ile havzaların jeolojik-jeomorfolojik, hidrografik özellikleri ve oluşum süreçlerinin açıklanması açısından önemli bilgiler elde edilmektedir (Gardiner, 1990: 72; Singh vd., 2014: 112; Garipağaoğlu ve Uzun, 2019: 4). Günümüz teknolojik imkanları ve CBS, hızlı şekilde havza sınırlarının ortaya konmasını ve morfometrik hesaplanmaların yapılmasına büyük katkı sağlar (Jasmin ve Mallikarjuna, 2012: 56; Hajam vd., 2013: 158; Abdeta vd., 2020: 2).

V. II. Havza Yönetimi, Planlaması ve Dünyadaki Gelişimi

Planlama kavramı; herhangi bir süre ya da belli bir mekan sınırları içerisinde geleceğe dönük, imkan, talep ve ihtiyaçlar doğrultusunda, doğal, sosyal, ekonomik ve kültürel olanakların belirlenmesi, hazırlıkların yapılması, hedeflerin doğru olarak saptanması, değerlendirilmesi, karar verme ve hedeflere yönelik tercih tasarımlarının yapılarak süreç ve işleyişin ortaya konulmasıdır (Keleş, 1986: 8; Turoğlu, 2000: 202; Turoğlu, 2005: 357; Garipağaoğlu, 2012: 306; Özşahin, 2012: 374; Erkal ve Taş: 2013: 359). Yönetim kavramının temel anlamı, belli kurallara ve şartlara uygun olarak genel bir amaç için toplanan kurum, kuruluş ve insanların ortak payda da bir işi idare etmek ya da işleyişini sürdürmektir (Bellamy vd., 1999: 339; Özçağlar, 2015: 18). Her iki kavramda birçok bilim dalı, kurum ve kuruluş tarafından kullanılmaktadır. Bu durumuyla terimler çok boyutlu bir kavram olarak ifade edilebilir (Herath ve Prato, 2006: 33).

Birçok disiplinin farklı bakış açısıyla yaklaştığı havza yönetimi, birçok tanım ve boyutları ile planlamaların yapıldığı sınırları belli alanları kapsamaktadır (Montgomery vd., 1995: 372). Temel bir ifade ile havza yönetimi ve planlaması; jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik olarak sınırları belirlenebilen alanlardaki su ve toprak kaynakları başta olmak üzere bütün doğal ortam unsurlarının faydalı kullanılmasını ve korunmasını amaçlayan, beşeri faaliyetlerin havzadan optimal ölçekte yararlanmasını sağlayan, bütün ekosistemi değerlendiren, koruyan, sürdürülebilir planlama ve yönetim sistemi olarak tanımlanabilmektedir (Mody, 2004: 35; Baloc ve Tanık, 2007: 40; Zarghami, 2011: 87; Beheim vd., 2012: 24; Garipağaoğlu ve

Uzun, 2019: 5). Havza yönetiminin geçmişi son 200 yıllık dönemde ortaya çıkmış olsa da özellikle 1950'li yıllardan sonra farklı yaklaşım ve modellerle gelişmesi, bu yönetim-planlama çalışmasının boyutlarının, hukuki durumunun, multidisipliner yapısının ve ortaya koyduğu sistemsel işleyişin oldukça geniş kapsamlı olmasını sağlamıştır.

Havza yönetimini, birçok disiplin içerisinde farklı şekillerde ifade edilmektedir. Coğrafi bakış açısıyla havza yönetimi, toprak, su kaynaklarının olumsuz etkilerinden uzak kalarak arzulanan ürün veya hizmetleri sağlamak amacıyla bir havza üzerindeki doğal kaynakların kullanımını yönlendirme ve organize etme süreci olarak tanımlanmaktadır (Garipağaoğlu, 2012: 307). Coğrafya ve ekosistem odaklı anlayışla, su toplama havzasında ekolojinin temel ilkeleri kapsamında, sosyo-ekonomik ve kültürel yönden toplumun ilerlemesini sağlayacak şekilde doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının planlanması, geliştirilmesi ve yönetilmesi süreci olarak ifade edilmektedir (Danacıoğlu, 2017: 2). Havza yönetimi özellikle entegre yönetim kapsamında, hidrolojik sınırların belirlediği havza sahası içindeki bütün doğal kaynakları içermekte olduğundan arazi kullanımları, potansiyel su miktarı ve kalite durumuna göre sektörel kullanımları bütün olarak düşünen, dünyada artan öneme sahip bir doğal kaynak yönetim aracı olarak ifade edilmektedir (Mody, 2004: 36; Delipınar, 2017: 2). Başka bir tanımda havzaların yönetim çalışmalarında mutlaka katılımcı bir sürecin olması gerektiği ve taleplerin karşılanmasının yanında sorunları da azaltması gerektiği belirtilmiştir (Grigg, 1999: 529; Cobourn 1999: 626). Fen bilimlerinde ise havza yönetimi, doğal kaynakları koruma-kullanma dengesinde yöneten, ekolojik ve ekonomik kaygıları ön plana alan, yeni ve güçlü teknolojilerin de desteğiyle stratejik planlar üreten, yatırımlar yapan bir çeşit doğal kaynak yönetimi şeklinde de tanımlamaktadırlar (Karadağ, 2007: 21). Havza yönetimi çalışmalarının temel olarak ele aldığı kapsam; havzanın su başta olmak üzere bütün doğal unsularının beşeri faaliyet kullanımı ile olan ilişkisi ve ortaya çıkan sorunlara, risklere, gelecek için belirlenen hedeflere dönük çözüm yolu bularak bir işleyiş planlanması ve uygulaması ortaya koymaktadır (Heathcote, 2009: 17; Brooks vd., 2003: 13).

Havza yönetimi-planlaması, değişen dünya koşulları, bilimsel gelişmeler, uluslararası konferans ve toplantılar ile siyasi, politik ve hukuki gelişmelere bağlı olarak farklı gelişim dönemleri yaşamıştır. Temel olarak havza yönetimi ve planlamasının 18 yy. sonlarına (1752) doğru ortaya çıktığı ve daha sonra son yüzyıllık dönem içerisinde gelişme gösterdiği ve birçok farklı yaklaşımla birlikte ele alındığı görülmektedir (Makul, 2015: 15). İlk çalışmalar, ABD'de su kaynakları yönetimiyle başlamış, havza esaslı su kaynakları yönetim planlamalarıyla 1890 yılında ilk gelişimini göstermiştir (Graf, 1985: 86; Akkaya, 2019: 387). Gerçek anlamda havza esaslı ilk çalışmalar ise 1930'lu yıllardan itibaren başlamıştır (Canseven, 2013: 24). ABD'de 1933 yılından sonra Missouri, Colorado, Tennessee nehirleri, Kanada'da Fraser River kapsamında başlayan çalışmalar, diğer ülkelerde 1940'lı yıllar ile özellikle 2. dünya savaşından

sonra başlamıştır (Garipağaoğlu, 2017: 150). Avrupa'da bazı ülkelerde ise havza kapsamlı yönetim çalışmaları daha erken yıllarda oluşturulmaya başlanmıştır. İspanya'da confederaciones hidrográficas isimli sistem havza esaslı ilk çalışma örneklerini sunmaktadır (Gonzalez ve Arias, 2001: 70; Embid, 2003). Bu yıllarda daha çok su kaynakları ve toprak kullanımı açısından ele alınan yönetim çalışmaları, enerji, miktar ve su kontrolü üzerine odaklanmıştır. Ancak ABD'de Tennessee Nehri havzasında (Tennessee Valley Authority) uygulanan; taşkın kontrolü, ulaşım uygunluk çalışmaları, çevre koruma, enerji üretimi ve nehrin geçtiği yedi eyaletin kalkındırılması çalışmaları ile havzada bütünleşik yapıyı kısmen ele alan ilk çalışma örneğidir (Downs vd., 1991: 299; Canseven, 2013: 24). Diğer ülke düzeylerinde ise su kaynakları yönetimi olarak ikinci dünya savaşından sonra başlayan çalışmalar, birtakım ülkelerin ortak uygulamaları, havzaların sadece su ve enerji durumu dışında tarımsal ve ekonomik yönünün ele alınması faaliyetleri ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmalara; Hindistan'daki The Damodar Valley Corporation (1948), Brezilya'da The Commissao do Vale do Sao Francisco of N.E. Brazil (1948), The Sri Lanka Gal Oya Development Board (1949) ve Afganistan'daki The Helmand Valley Authority verilebilmektedir. Ayrıca 1964'te 9 ülkenin bir araya gelip oluşturduğu Niger Basin Authority, Güney Amerika ülkelerinden bazılarının 1978'de imzaladığı Amazon Cooperation Treaty diğer örneklerdendir (Adams, 1985: 299; Bartarya, 1991: 178; Yavuz, 2011: 122; Makul, 2015: 16). Birtakım ülkeler özelinde 1930-40'lı yıllarda başlayan, su kaynakları odaklı olarak planlanan ve birkaç münferit çalışmayla havza esasında uygulamalar gösteren örnekler, su kaynakları planlamasında önemli olan havza ölçeğinin yönetim birimi olarak ele alınması kapsamında dünya genelinde 1950'lerde gelişmeye başlamıştır. Burada önemli üzerinde durulması gereken nokta özellikle ikinci dünya savaşından sonra, uluslararası konferans ve toplantıların, su, toprak ve doğal kaynak yönetimi ile başlayan havza temelli yönetim çalışmalarına yaptıkları büyük etkilerdir.

II. Dünya Savaşından sonra yapılan toplantı, konferanslar ve alınan kararlar, doğal kaynaklar, havza, çevre ve su yönetimi açısından uluslararası alanda önemli gelişmelerin yaşanmasını sağlamıştır. Birleşmiş Milletler (BM), havza temelinde planlama kavramına ve su kaynakları yönetimine 1956 yılında resmi olarak destek verdiğini, nehir havzası yönetimini ekonomik kalkınmanın gerekli bir unsuru olarak ele almasıyla göstermiştir (Garipağaoğlu ve Uzun, 2019: 5). Küresel ölçekteki ilk etkiyi oluşturan bu unsur aslında temel varsayımların dışında gelişme gösterememiştir. Yapılan çalışmaların su odaklı olması, enerji ve taşkın kontrolü gibi mühendislik çalışmaları üzerinde durması, havzanın bütünsel yapısının ele alınamadığını ortaya koymaktadır. 1957 yılında BM tarafından hazırlanan Bütünleşik Nehir Havzaları Yönetimi hakkındaki rapor, havza yönetimine farklı bir bakış açısı ve boyut kazandıran ilk uluslararası çalışma örneğidir. Bu raporda; su kaynaklarının koruma ve kullanımında mühendislik çalışmalarının yeterli olamayacağı, sulama kanalları, tarımsal

üretimle ilgili olarak gübre ve tohum sağlama, ulaşım olanakları, kredilendirme, pazarlama ile desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Belirtilen rapor ve gelişmeler, havzanın bütüncül esaslı olarak düşüldüğünün ilk göstergesidir. Ancak, artan nüfus, göç olgusu, değişen ekonomik koşullar ile birlikte ulusal ve uluslararası politik hadiseler nedeniyle teorik olarak belirtilen bütüncül yapı daha geç hayata geçmiş ve genel anlayış daha çok su-toprak odaklı olmuştur. 1970'li yıllara kadar, havza yönetimi-planlama çalışmalarının temel hedefi artan talep ve ihtiyaçların karşılanması için suyun mutlak temini ve ulaştırılması, bu amaçla su kaynağı geliştirme, çoğaltma ve hidrografik kökenli zararların önlenmesine yönelik sistemlerin meydana getirilmesi olarak uygulanmıştır. Belirtilen hedeflere ulaşılması için hidrografik kaynakların mevcut su potansiyeli ya da su miktarı temel unsuru oluşturmuş ve havzalar bu yaklaşımla değerlendirilmiştir (Jonch-Clausen ve Fugl, 2001: 502). Sonraki yıllarda, yönetim-planlamadaki amaçların çeşitlenmesi sonucu havzaların daha etkin kullanılması için disiplinler arası ve bütüncül yaklaşımların kullanıldığı çalışmalara yönelmeye başlanmıştır (Harmancıoğlu vd., 2002: 30). Niger Basin Authority, Amazon Co-Operation gibi çalışmalar havzaların hidrografik boyutu dışında (tarım, endüstri vb.) planlanma ve yönetim çalışmalarına başlandığı ilk örnekledir (Garipağaoğlu, 2017: 150).

BM bünyesinde 1977 yılında gerçekleştirilen Su Konferansı (Mar del Plata-Arjantin), detaylı ve çok boyutlu olarak su konusu ele alınmış ancak havzaların sadece hidrografik boyutu değerlendirilerek bütüncül yapısı göz ardı edilmiştir. 1970-1980'li yıllar arasında birkaç uygulama dışında havza yönetimi çalışmaları akarsu havzalarının aşağı çığırlarında daha çok mühendislik, su ve toprak planlamasına odaklanmış ve geleneksel bir havza yönetimi bakış açısıyla uygulamalar yapılmıştır (Magrath ve Doolette, 1990: 128). 1983'de BM tarafından oluşturulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu kurulmuş ve 1987'de Ortak Geleceğimiz adlı bildiri ile birlikte Brutland Raporu'da yayınlamıştır. Belirtilen raporlar doğal kaynakların sonsuz olmadığı, bu nedenle geleceğe dönük koruma-kullanma içgüdüsü ile bütünsel çalışmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir. Aynı zamanda bu raporlarla sürdürülebilirlik kavramı oldukça geniş disiplinlere yayılmış ve havza yönetiminde de yerini almıştır. Böylece geçmişte birkaç defa düşünülen bütüncül havza yönetimi yaklaşımı tekrar ortaya atılmış, havza esaslı yönetimlerde sürdürülebilirlik kavramıyla birlikte değerlendirilmeye başlanmıştır.

Rio Konferansı, Dublin İlkeleri ve Gündem 21 maddeleri uluslararası alanda etki oluşturan ve artık doğanın öneminin daha iyi anlaşıldığı düşünceler ortaya koymuştur (Karataş, 2017: 30). Bu ilkelerin temelinde tıpkı Brutland raporunda olduğu gibi doğal kaynakların sonsuz olmadığı, doğal ortamın sürdürülebilir yönetiminde tüm paydaşların söz sahibi olabileceği belirtilmiştir (Daeghouth vd., 2008: 7). Havza yönetiminde ise özellikle su kaynaklarının tek başına odak merkezi olması yerine, bütün doğal ortam koşullarının ele alınması, insan faaliyetleriyle ilişkisi-etkileşimi, çevrenin korunması ve geleceğe taşınması

gerektiği açıklanmıştır. 2000 yılında Lahey kentinde yapılan Dünya su forumunda BM bünyesinde suyun, doğal ortam koşullarının, risklerin kapsamlı yönetimini içeren, ekonomik kalkınmayı hedefleyen bir program oluşturulmuş ve havza yönetimi ele alınmıştır (Canseven, 2013: 37; Akkaya, 2019: 390). 2002 yılında hazırlanan Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Uygulama Planı'nda doğal kaynakların korunması ve yönetimi konularında temel öneriler yer almıştır (Karataş, 2017: 30). Bu önerilerden bazıları da su kaynakları başta olmak üzere havza yönetimi konularıdır. Bu kapsamda 1990 ve 2000'lerden itibaren özellikle gelişmiş ülkelerin öncülüğünde havza yönetimi, sürdürülebilirlik ve su kaynaklarının yönetiminde bütünsel boyutların ele alınmaya başlandığı tespit edilmiştir (Snellen ve Scherel, 2005: 11). Daha önce yapılan su ve toprak odaklı anlayışın, noktasal kirlenme ve sorunlara çözüm yollarını üretme fikrinin değiştiği ve havzanın bütün alanında meydana gelen olayların havzanın tamamını etkileyebileceği, bu nedenle de bütünsel yaklaşımların temel sistematiği oluşturması gerektiği anlaşılmıştır (Lee ve Dinar, 1996: 215).

Yaşadığımız yüzyılın başları, gerek dünya gerekse de Avrupa'da bütünsel bakış açısının yönetim çalışmalarının temeli olduğu ve havza esaslı uygulamaların yaygınlaştığı dönemi oluşturmaktadır (Benson vd., 2014: 3). Özellikle Küresel Su İşbirliği (Global Water Partnership-GWP) teşkilatının 2000 yılında yayınladığı Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi'ni (BSKY-IWRM) kalkınma odaklı su yönetimini uygulayan, toprak ve ilgili kaynakları, ekonomik ve sosyal refahı yükseltmek için yaşamsal ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehdit etmeksizin ilerleyen bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Snellen ve Scherel, 2005: 18; Daeghouth vd., 2008: 8; Fritsch ve Benson, 2013: 270). Ayrıca BSKY (IWRM) 2003 sürdürülebilirlik zirvesi ile Dünya su forumlarında Havza Yönetim Teması altında önemi, gelişimi ve uygulanabilirliği vurgulanmıştır (Hooper, 2003: 15; Bach vd, 2011: 76). Geçmişten günümüze yaşanan gelişmeler havza yönetiminde farklı boyut ve yaklaşımın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Özellikle sürdürülebilir, fiziksel planlama, ekosistem, ekoloji, bütünsel yaklaşım ve sosyo-ekonomik kalkınma gibi kavramlar havza yönetiminin temel yapı taşları arasında yer almıştır. Günümüzde havza yönetiminde, bütünsel (entegre) bir yapı temel alınmakta, doğal ortam koşullarının mutlak varlığı kapsamın ana yapısını oluştururken, paydaşların söz sahibi olduğu ve taleplerine göre işleyişin şekillendirildiği, sorunların, risklerin tespit edildiği, çözüm önerilerinin sunulduğu, iklim değişikliği etkilerinin ele alındığı ve sosyo-ekonomik kalkınmanın hedeflendiği anlayışın varlığı yer almaktadır.

Dünya'da uluslararası konferans ve toplantılarda alınan kararların havza yönetimini etkilediği uzun süreçte Avrupa Birliği (AB) temelinde de yönetim ve havza esaslı çalışmalar yapılmıştır. 1970'li yıllardan başlayarak (1975 Avrupa Su mevzuatı, 1985 Tek Avrupa Senedi, 1992 Maastricht Antlaşması, 1997 Amsterdam Antlaşması) 2000'li yıllara kadar AB su politikaları, suyun yenilenmesinin çok zor bir doğal kaynak olduğunu, bir kaynaktaki kirliliğin

tüm bölgeyi etkileyeceğini vurgulamıştır (Gonzalez ve Arias, 2001: 71; Akkaya vd. 2008: 198; İlhan 2011: 64). Bu kapsamda, AB su politikaları 2000 yılında benimsenen Su Çerçeve Direktifi ile farklı bir boyut kazanmış, akarsu havzalarında bütüncül yönetimi öngörmüştür (Benson vd., 2014: 9). AB su politikasının temel belgesi olarak kabul edilen direktif; kaynakların idari veya politik sınırlara göre değil, doğal, coğrafi ve hidrolojik esaslara göre belirlenmesini, nehir havza bölgelerine ayrılarak yönetilmesini öngörmüştür (Tüzün, 2010: 30; Öztürk, 2011: 5; Fernandez, 2016: 13). Böylece Su Çerçeve Direktifi kapsamında nehir havza yönetim sistemi gelişmeye başlamıştır. Özellikle 1990'lardan itibaren birçok ve dağınık kanun yerine, daha bütüncül ve kapsamlı bir yasa öngörülmüştür. Belirtilen direktif, AB'ne üye ve aday ülkelerin, su kaynaklarını havza ölçeğinde yönetmesini, direktife uyum için yapılanmalarını ve nehir havzası yönetimini kabul etmesini gerektirmektedir (Liefferink vd., 2012: 714). Direktif, suyun bir kamu kaynağı olduğu düşüncesini temel alarak, sınırları coğrafi esaslarla belirlenmiş, korunması ve savunulması gereken, ekosistemi koruyan, uzun vadeli hedeflere dönük, tüm paydaşların katılımını sağlayan, sürdürülebilir, kirlilik kaynaklarının azaltılması ve kontrolünü hedefleyen bir yaklaşım prensibinde oluşturulmuştur. Ayrıca hazırlanan Blueprint belgesi ile kamuoyu, üye ve aday üye ülkeler kapsamında havza yönetimi ve su politikaları uygunluk analizlerinin yapılması, paylaşılması ve denetlenmesi planlanmıştır (Dawei ve Jinsgheng, 2001: 371; Garipağaoğlu ve Uzun, 2019: 6). Belirtilen amaçlar ise havza yönetiminin bütün sınırlar içerisinde ele alınması gerektiğini, tüm doğal-beşeri koşulları kapsayan bütünsel bir anlayışla yönetim ve planlama çalışmalarının uygulanmasını öngörmektedir. Günümüzde AB ülkeleri ve aday ülkeler havza yönetiminde AB Su Çerçeve Direktifi kapsamındaki nehir havzası yönetimini benimsemiş ve entegre havza yönetim yaklaşımının uygulayıcısıdırlar.

Havzalar jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik olarak sınıflandırmalarına, doğal ve beşeri birçok unsuru barındırmasını ve etkileşimlere sahne olmasına rağmen geçmişte sadece su odaklı yönetim ve planlama çalışmalarının merkezi olmuştur. Ancak değişen doğal ve beşeri koşullar, ekonomik faaliyetler, teknolojik ilerlemeler, siyasi-politik gelişmeler ve bilimsel çalışmalar kapsamında havza yönetimi yaklaşımları da günümüze gelindiğinde çeşitlilik arz etmektedir. Bu bakımdan temel olarak su ve toprak odaklı klasik havza yönetimi, bütüncül havza yönetimi, ekolojik havza yönetimi, gibi yaklaşımlar ya da teknolojik imkanların gelişmesiyle metodolojik modeller ortaya çıkmaktadır. Havza yönetimi kavramlarının birbirine çok benzediği ve temel aldığı unsurların aynı olduğu düşünülmektedir. Ayrıntıdaki bazı farklılıklar ve havzaların çok çeşitli disiplinlerin ilgilendiği alanlardan biri olması farklı modellerin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Garipağaoğlu ve Uzun, 2019: 6). Tek amaçlı havza yönetimi, çift ve çok amaçlı havza yönetimi, kapsamlı havza yönetimi, yukarıdan aşağı-aşağıdan yukarı modeli, holistik havza yönetimi, süreç modeli, hidro-ekonomik havza modeli, çok amaçlı karar verme denkleminde havza yönetim modelleri, oyun teorisi, bulanık çok amaçlı

planlama, fayda temelli yönetim, uygunluk analizi yönetimi, çatışma çözücü gibi modeller havza yönetim yaklaşımlarına örnektir (Omernik ve Bailey, 1997: 940; Barrow, 1998: 175; BeBarry, 2004; 180; Koontz ve Newig, 2014: 417; Üçler, 2015: 8).

En eski havza yönetim çalışmaları klasik havza yönetimi yaklaşımıdır. Havzaların su, toprak ve gübre kullanımı, su mühendisliği gibi kavramlarını temel almakta ve su odaklı yönetimi içermektedir. Bu havza yönetim modeli suyun, varlığı, miktarı ve kullanımını önemsemektedir. Özellikle 1970'li yıllara kadar olan dönemde gözlemlenen model daha çok içme ve kullanım suyu ihtiyacının karşılanması, tarımsal sulama, baraj yapımı, erozyonla mücadele çalışmaları adı altında su yönetimi kapsamında gelişme göstermiştir. (Hooper, 2003: 15). Bu model yerini, değişen koşullar, gelişen teknoloji, çevre-doğa koruma, sürdürülebilirlik anlayışının gelişmesiyle yerini bütünleşik, ekolojik, ekosistem tabanlı yöntemlere bırakmıştır.

Bütüncül (bütünleşik-entegre) havza yönetimi; havzanın sınırlarını hidrografik koşulların belirlediği, su başta olmak üzere doğal ortam koşullarının korunmasını, sürdürülebilir kullanımını, geliştirilmesini ve geleceğe taşınmasını amaçlamaktadır (Clark ve Gardiner, 1994: 438; Lee ve Dinar 1996: 213; Heathcote, 2009: 8). Ayrıca tüm paydaşların katılımını benimseyen, adil su kullanımını hedefleyen, yüzey ve yeraltı sularının miktar, kalite ve ekolojik anlamda toplumun ihtiyaç ve kullanımları göz önüne alınarak, doğal ortam ile ilişkili halkın sosyo-ekonomik çevrenin parçası kapsamında çok disiplinli bir perspektiften uzun dönemli planlamalar yapan, birden fazla sistematiği içerebilen yönetim modelidir (Cobourn, 1999: 625; Grigg, 1999: 530; GWF, 2000; 98; Garipağaoğlu, 2012: 320; Turoğlu 2014: 9; Garipağaoğlu, 2017: 151). Sürdürülebilir yaklaşımı benimseyen bütüncül havza yönetimi, tüm doğal ortam kaynaklarını ele almakta, beşeri faaliyetler nedeniyle kullanımın artacağı kaynakları mutlaka geleceğe taşıma ve sorunları önleme çalışmalarını daima işleyiş yapısında bulundurmaktadır (Bahadır, 2011: 250). Bu modeldeki bütüncül unsuru, havzadaki bütün unsurların (doğal ve beşeri) entegrasyonunu ifade etmektedir. (Mostert vd, 2000: 42; Svendson vd, 2005: 26; Ataol, 2010: 4). Model, asıl gelişimini 1980'li yıllardan itibaren sağlamıştır. Özellikle uluslararası konferansların etkisi ve AB Su Çerçeve Direktifi ile geniş kapsama yayılan yaklaşım, 2000'li yıllar itibari ile de dünyada kabul gören temel havza yönetim modellerinden birini oluşturmuştur.

Son yıllarda havza tabanlı araştırmalarda, havza yönetimi ve planlamalarında gelişen teknolojik imkanların kullanımı sonucu birçok farklı yöntem ve modellerde kullanılmaktadır (Koç, 2018: 223). Bu modellere; Hydrological Simulation Program-Fortran (HSPF), Stormwater Management Model (SWMM) ve Simulator for Water Resources in Rural Basin, WALLRUS, WASSP, SPIDA, MOSQITO ve CBS teknolojileri ile SWAT, ArcSWAT gibi çeşitlilik arz eden birçok sistem örnek verilebilir (Lyon, 2002: 17; Jain vd., 2006: 14; Abbaspour vd., 2007: 415). Birçok farklı modellerin geçmişten günümüze uygulandığı havza

yönetimi çalışmaları artık bütüncül bakış açısıyla, sınırları doğal ortam koşulları tarafından belirlenen alanlarda fiziki ve beşeri unsurların tamamını, birbirleri ile olan etkileşimleri inceleyen ve sorunlara çözüm yolu bulan yönetim modelleriyle planlanmaktadır. Günümüzde gelişen CBS ve uzaktan algılama teknolojilerin kullanımı ile daha gelişmiş, verilerin hızlı ve kolay üretilebildiği, analizlerin yapıldığı, karşılaştırıldığı, sorunların doğruluk oranı yüksek verilerle çözümlendiği ve farklı simülasyonlarla geleceğe dönük planlamaların yapıldığı multidisipliner bir sistematikte havza yönetim çalışmaları yürütülmektedir.

V. III. Havza Yönetiminin Türkiye'deki Gelişimi

Türkiye'de havza yönetimi çalışmalarında, 1950'li yıllardan önce su kaynakları ve havza planlamaları konusunda toprak, su miktarı ve erozyon gibi tek bir unsur odaklı ihtiyaca göre hazırlanan çalışmalar üzerinde durulmuştur. Havza esaslı olarak su yönetimi konusuna dayanan ilk çalışmalar ise Osmanlı Devleti döneminde Anadolu'da su yönetiminin sistemli bir şekilde ele alınması ile 1914 yılında "Umumu Nafiaf Müdüriyeti Umumiyesi'nin (Bayındırlık İşleri Genel Müdürlüğü'nün) kurulması sonucu başlamıştır. Ülkemizde su kaynaklarından sorumlu ilk önemli teşkilat, 1929 yılında Bayındırlık Bakanlığı'na bağlı kurulan Sular Umum Müdürlüğü olmuştur. Bu tarihten sonra su odaklı çalışmalar uygulanmıştır. 1954 yılında havza planlama ve su yönetimi anlayışına, Su İşleri Teşkilatı yerine kurulan Devlet Su İşleri (DSİ) Umum Müdürlüğü ile Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun'un yürürlüğe girmesi ile geçilmiştir (Danacıoğlu, 2017: 4). Bu bakımdan havza tabanlı çalışmalar 1950'li yıllar ile başlamıştır. İlk çalışma örnekleri ise Kağıthane-Alibeyköy ve Fırat havzalarında erozyon ve sedimantasyon araştırmaları ile Kızılcahamam su toplama havzası raporu oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2017: 272; Danacıoğlu, 2017: 4). Ülkemizde bu ilk dönemde havza tabanlı çalışmaların daha çok su ve toprak odaklı olarak yapıldığı, ülkenin kalkınmasının daima temel alındığı ancak sorunları çözmede yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu dönemdeki çalışmalar münferit ve karışık yapıdaki kurumsal işleyişlerin egemen olmasından dolayı bütünleşik anlayıştan uzak, tek unsur odaklı havza yönetimi kapsamında ele alınmış uygulamalardan ibarettir. Dünya genelinde 1990'lı yıllardaki konferanslarla yayılan entegre havza yönetimi uygulamaları Türkiye açısından tam anlamıyla anlaşılamamış ve uygulamaya geçirilememiştir. Bu nedenle belirtilen dönemde de havza esaslı yönetim çalışmalarının birçoğu tek amaçlı çalışmalardan oluşmaktadır. Ancak 1993 yılında Doğu Anadolu Su Havzası Rehabilitasyon Projesi halkın katılımının sağlandığı havza yönetimi anlayışı açısından ilk örnek olarak değerlendirilmektedir (Danacıoğlu, 2017: 5). Fakat bu çalışmanın da sadece toprak varlığını korumaya yönelik olması bütünleşik yaklaşımdan uzak yapısını ortaya koymaktadır.

Günümüzde havza yönetimi esaslı çalışmalarda rolü, etkinliği ve işlevsel ağırlığı farklı olan birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır (Akkaya, 2002: 23; Efe ve Sılaydın, 2009: 75; Öztürk, 2011: 5). Ancak ülkemizin AB'ye üyelik süreci kapsamında olması ise AB su

politikalarının Türkiye'nin su kaynakları yönetiminde ve politikalarında yönlendirici etkisi altına girmesini sağlamıştır. AB'ye adaylık ve müzakere süreci kapsamında olan ülkemiz AB Su Çerçeve Direktifi'nin de uygulayıcısı konumundadır (Karadağ ve Barış, 2012: 119). Ayrıca ülkemiz için önemli olan üç sözleşme, Aarhus, Espoo ve Helsinki Sözleşmeleri de havza yönetimi kapsamında bulunmaktadır (İlhan, 2011: 63; Garipağaoğlu ve Uzun, 2019: 6). 2009 yılında çevre faslı olarak açılan başlıkta Türkiye'nin yerine getirmesi gereken kriterlerden biri olan nehir havza yönetimi planlarının oluşturulması aşaması ile ülkemizde entegre havza yönetimi çalışmalarının ilk adımları atılmıştır. Bu bakımdan ülkemiz Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Havza Yönetimi Planlaması Daire Başkanlığı), DSİ ve TÜBİTAK işbirliği içerisinde 25 ana su havzasına ayrılmış ve bu havzaların yönetim eylem planları farklı dönemlerde olmakla birlikte tamamı oluşturulmuştur (Şekil 6). Belirtilen havzaların 13'ü akarsu havzaları, diğer 12 havza irili ufaklı nehir ve gölleri kapsayan daha küçük alanlı sahalardır. Havzaların 21'i açık havza, 4'ü (Konya, Van Gölü, Burdur Gölü ve Akarçay havzaları) kapalı havza özelliğindedir. Aynı zamanda 25 ana su havzasının 5 tanesi sınır aşan sular (Fırat-Dicle, Meriç-Ergene, Asi, Çoruh, Aras havzaları) özelliğinde olup uluslararası öneme de sahiptir. Havzaların Türkiye geneli ortalama yağış miktarı 643 mm olup, yıllık ortalama akışları 186 milyar m^3'tür (Akın ve Akın 2007: 110). Ancak havzaların fiziki coğrafya özelliklerinin çeşitliliği ve birçok etkenden dolayı yağış, su miktarı ve su potansiyeli farklılık göstermektedir. Ayrıca havzalarda doğal ve beşeri özelliklerinin çeşitlilik arz etmesi, farklı mekansal kullanımları, sorunları ve riskleri de oluşturmaktadır.



Şekil 6: DSİ tarafından oluşturulmuş Türkiye'deki 25 su havzası (DSİ)

Ülkemizde geçmişte çok fazla önemsenmeyen, su ve toprak odaklı yaklaşımın temel alındığı, daha çok baraj, sulama kanalı, tarımsal sulama ihtiyacı ve erozyonla mücadele kapsamında değerlendirilen havza yönetim çalışmaları, günümüzde ulusal politikalar, uluslararası anlaşmalar, bilimsel düzeydeki etkinlik ve gelişmelerle daha fazla ön plana çıkmaya başlamıştır (Garipağaoğlu ve Uzun, 2019: 6). Ancak havza esaslı yönetim çalışmalarında

sorunların yine mevcut olduğu görülmüştür. Özellikle havza sınırlarının coğrafi esasa göre belirlenmemesi, entegre yönetimin uygulanmasına rağmen su ve toprak odaklı anlayışın temel süreçte daimi olması, bölgesel farklılıkları ortadan kaldıramaması, havza sınırları ile idari sınırlarının örtüşmemesi, bürokratik engeller, birçok kurum ve kuruluşun karar verme sürecine müdahalesi gibi birçok sorun mevcut koşullarda bulunmaktadır. Olumlu açıdan bakıldığında ise çalışmaların tamamen bilimsel odaklı yapılması, havza esaslı küresel iklim değişikliği etkileri çalışmalarının eylem planlarında olması, kirlilik kontrolünü önemsemesi, katılımcı olması gibi özellikler de çalışmaların geleceğe dair önemini ortaya koymaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

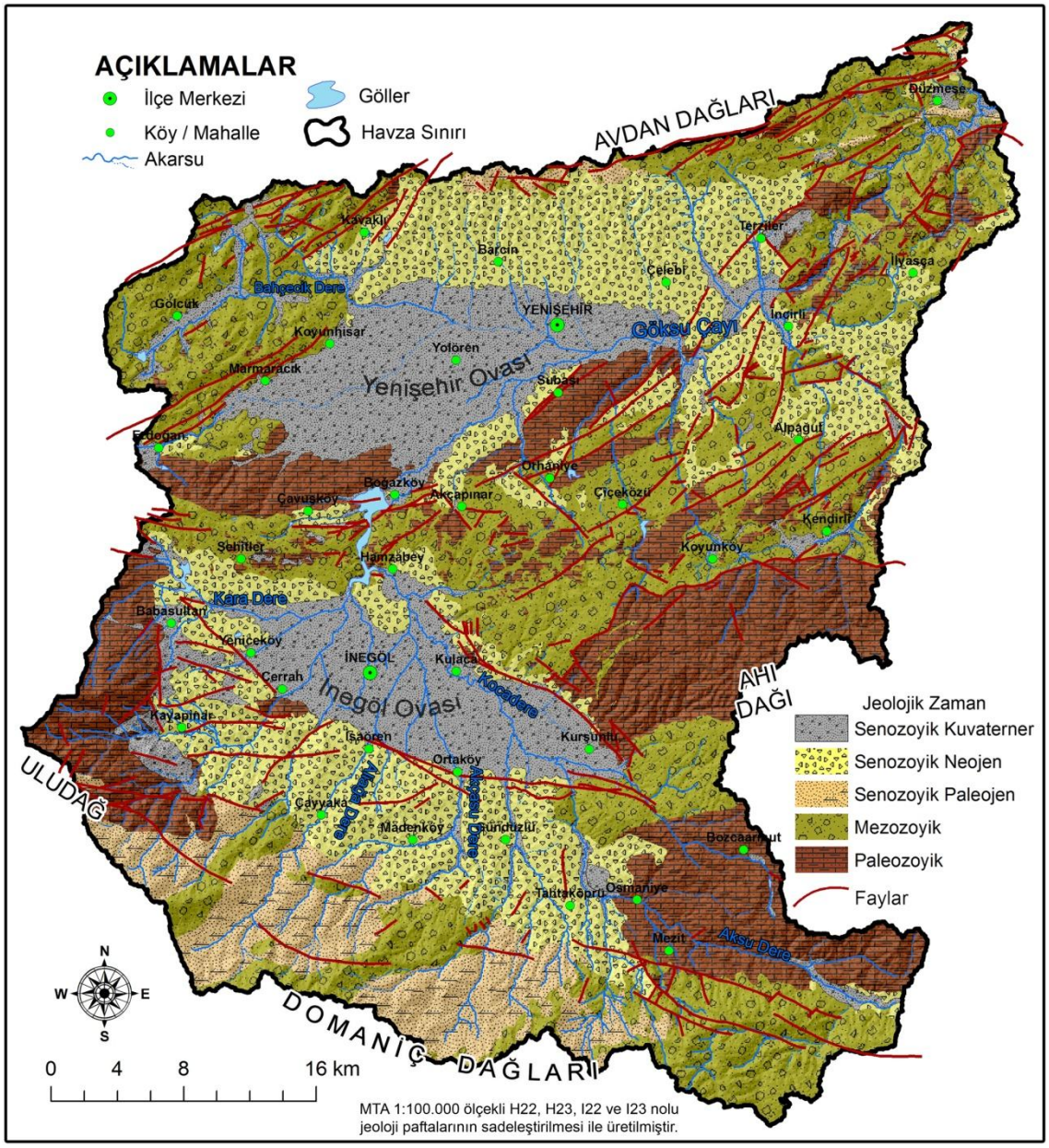
1.1. Jeolojik Özellikler

Göksu Çayı Havzası, bulunduğu coğrafi konum itibariyle orojenik, epirojenik, tektonik ve volkanik olarak iç dinamik faktörlerle, dış dinamik etken ve süreçlerin farklı boyutlarda etkili olduğu ve jeolojik-jeomorfolojik oluşumların bütün unsurlarını etkilediği sahada yer almaktadır. Havzanın jeolojik yapısı geniş çaplı Anadolu kütlesinin şekillenmesinde rol oynayan orojenez, epirojenezden, levha hareketleri ile tektonik hareketlerden ve yerel olarak meydana gelen jeolojik koşullardan etkilenmiştir (Ardel, 1943: 163). Bu bakımdan havza, farklı jeolojik zamanlara ait formasyonları, litolojik birimleri barındırmakta, stratigrafik ve tektonik olarak havza içerisinde çeşitlilikler görülmektedir (Şekil 7 ve 8).

Araştırma alanı ve yakın çevresi, farklı tektonik birliklerin bir araya geldiği, jeolojik açıdan karmaşık yapı ve unsurların bulunduğu sahaya tekabül etmektedir. Havzanın güney sınırı Sakarya zonu ile Anatolid-Torid (Tavşanlı Zonu) Kenet Kuşağı'nın kesişim sahasında yer alır ve Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattının belli kollarını içerir (Şengör ve Yılmaz, 1983: 28). Aynı zamanda havzanın daha kuzeyinde İstanbul Zonu ve Samanlı Dağları çevresinden Pontid iç kenedi ile kesişim halindedir. Bu tektonik birliklerin yanında jeolojik dönemlerdeki orojenez, epirojenez, ve tektonizma faaliyetleri havzanın gölsel, denizel ve karasal birimler ile masif arazileri de barındırmasına neden olmuştur (Ardel, 1960: 2; Altınlı 1965b: 35). Sakarya zonu ile İstanbul zonu arasında Paleozoyik-Mezozoyik'te var olan denizel ortam farklı jeolojik etkenlerle karasal ortam koşullarına dönüşmüş, daha sonra KAF hattı bölgeye sokulmuştur ve tektonik faaliyetlerle etkili olmuştur. Devam eden süreçte Alpin orojenezinin kıvrımlara yol açması, Eosen sonrası epirojenik yükselmeler, Miyosen-Pliyosen'de denizel-karasal ortamlar, neo-tektonik hareketler ve flüvyal süreçlerin aşındırma-biriktirme faaliyetleri ile çalışma sahasında farklı jeolojik özellikler görülmektedir (Yaltırak ve Sakınç, 2002: 300).

Göksu Çayı Havzası'nda Paleozoyik formasyonlar Uludağ'ın zirve kesimlerinden yamaçlarına doğru, Ahı Dağı, Kor Dağı çevresi ile Yenişehir Ovası'nın güneyinde, fay hatlarının oluşturduğu GB-KD doğrultusunda ve bu sahanın güneyinde yer yer ardalanmalar şeklinde farklı litolojik birimlerle gözlemlenmektedir (Şekil 7). Özellikle Uludağ ile diğer yüksek kütleler, Marmara Bölgesi'nin önemli masif arazilerinden bazılarını teşekkül eder (Ardel; 1960: 2). Paleozoyik formasyonlar havzada % 20'lik alan kaplamaktadır. Mezozoyik formasyonlar havzanın % 31'lik alanını meydana getirmektedir. Bu zamana ait formasyonlar havzanın kuzeyinde (Yenişehir Havzası) yoğunlaşmıştır. Daha çok havzanın kuzeybatısında

Gürle Dağlarından güney-güneydoğuya doğru, havzanın kuzeydoğusunda Avdan Dağları'ndan güneydoğuya, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim noktasına doğru gözlemlenmektedir. Diğer yayılımlar, havzanın görece orta kesimindeki fay hatlarının uzanış doğrultusunu takip eder. Burada havzanın batısında Mustafadağ Tepeden, havzanın doğusundaki Körkuyu Tepe mevkisine kadar Mezozoyik zamana ait birimler gözlemlenmektedir.



Şekil 7: Göksu Çayı Havzası'nın sadeleştirilmiş jeoloji haritası (MTA 1:100.000 ölçekli jeoloji paftalarından faydalanılmıştır)

Senozoyik formasyonlar Göksu Çayı Havzası'nın % 49'unu kaplamaktadır. Senozoyik'e ait birimlerden Tersiyere-Paleojen litolojik unsurları daha çok havzanın güneyinde Domaniç Dağları'nın zirve kesimleri ile yamaçlarında görülmektedir (Hoşgören, 1975: 45). Senozoyik'e ait Neojen unsurları ise Yenişehir Ovası'nın kuzeyinde, İnegöl Ovası'nın güneyinde örtü birimleri şeklinde yayılım gösterir. Bu birimlerin diğer formasyonlara geçişi

İnegöl ve Yenişehir ovalarının güneyinde faylarla kesilmiş, bazı alanlarda eğim ve doğrultu atımlı faylarla ötelenmiştir (Bargu, 1982: 192; Kayacılar, 1999: 36). Neojen birimlerin tabakalanma durumlarının dalgalanmalar sunması flüvyal birikmenin dönemsel değiştiğini, bazı zamanlarda ise denizel-gölsel ortamların hakim olduğunu göstermektedir (Ardel, 1947: 97; Hoşgören, 1975: 49). Göksu Çayı Havzası'nın iki ana jeomorfolojik havzaya ayıran, Yenişehir ve İnegöl Havzası tabanlarını oluşturan ova sahaları Kuvaterner formasyonlarının görüldüğü alanlardır. Alüvyal vadi tabanları ile ova sahalarının bulunduğu alanlar Göksu Çayı Havzası'nın % 18'ini oluşturmaktadır.

1.1.1. Paleozoyik Formasyonlar

İnceleme sahasında Paleozoyik formasyonlar masif arazilerin olduğu yüksek dağlık sahalarda dağınık olarak geniş yayılış göstermektedir (Şekil 8). Havzada jeolojik açıdan en yaşlı birimler Devoniyen alt zamanına ait olup Ahı Dağı ile Uludağ kütlesinin belli kesimlerinde gözlemlenmektedir. Diğer Paleozoyik birimler ise daha çok Karbonifer'e ait olup sedimanter ve metamorfik özellikler sunar. Bazı Paleozoyik formasyonlar geniş alanlarda gözlemlenirken bazıları oldukça dar alanlı, parçalı olarak sahada yer alır. Kilimligöl formasyonu, Bursa mermeri, Zirve mermeri, Taşarası ve Orhaniye formasyonu diğer Paleozoyik birimlere göre daha dar alanlarda gözlemlenmektedir. Kilimligöl formasyonu Uludağ'ın yüksek kesimlerinde zirve mermeri ile tektonik dokanaklar içersinde gözlemlenir. Bursa ve Zirve mermerleri, Gökdere ve Kilimligöl formasyonları ile birlikte Uludağ Metamorfitleri olarak isimlendirilmektedir (Kanar, vd., 2013: 9). Kaygalı tepe ile Alabayır tepe arasında Uludağ kütlesinin yüksek kesimlerinde yüzeylenmektedir. Taşarası formasyonu, Aksu Dere'nin kuzeyinde yer yer dağılmış olarak Alınca formasyonu ile uyumlu şekilde geçiş halinde yüzeylenir. Geç Karbonifer yaşlı mermer ve kalkşistlerden müteşekkildir. Permiyen'e ait Orhaniye formasyonu inceleme alanının kuzeydoğusunda Terziler (Yenişehir) civarında KD-GB uzanımlı olarak ve havzanın batısında Marmaracık (Yenişehir), Soğuksu (Kestel) mevkileri arasında yüzeylenmektedir (Şekil 8). Formasyon, kumtaşı, mercekli konglomera, şeyl ve kireçtaşı ardalanmalarından oluşmaktadır. Geniş alan kaplayan diğer birimler aşağıda daha detaylı açıklanmıştır.

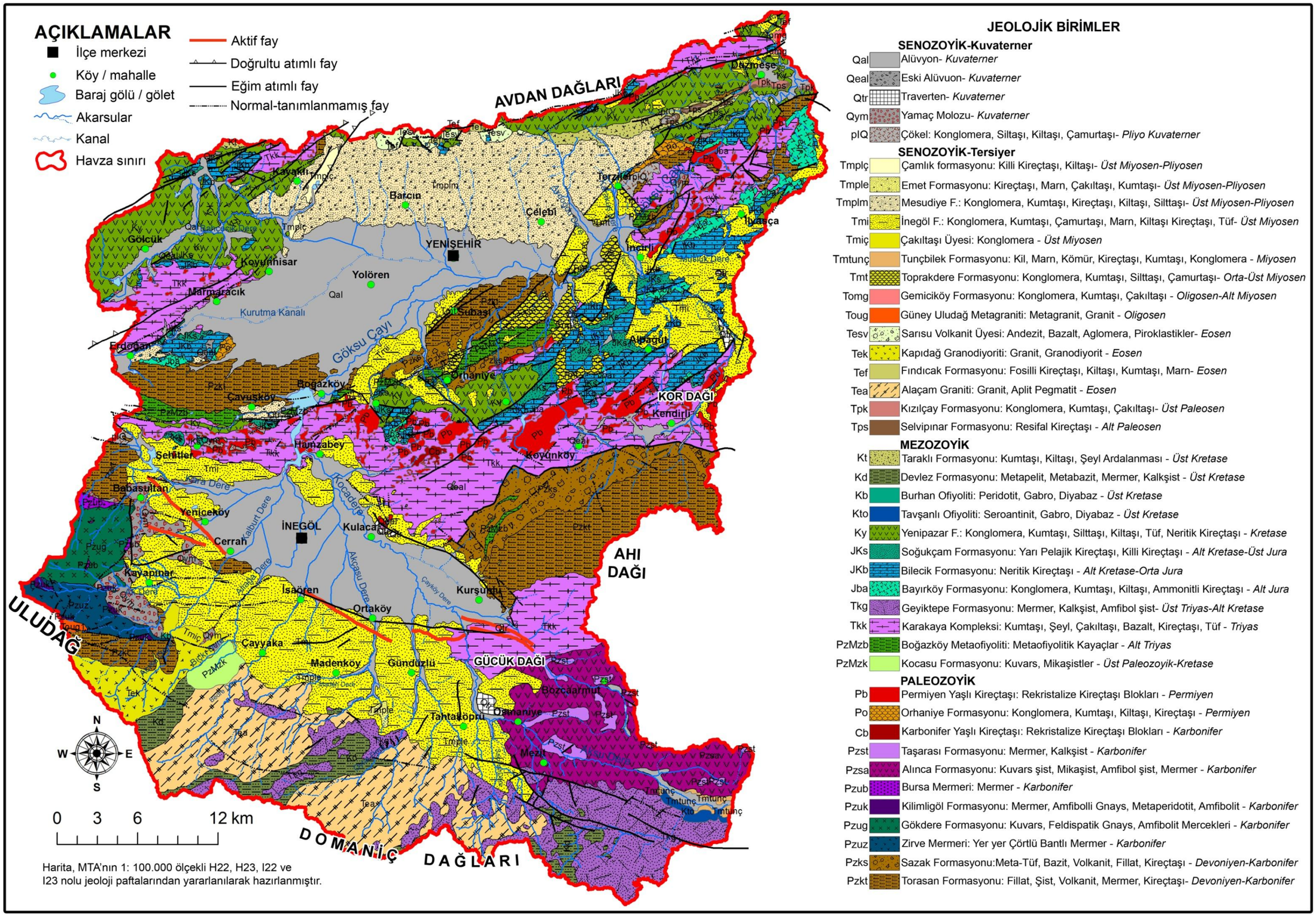
Torasan Formasyonu: Genel olarak gri, yeşilimsi, kahverenginde olan, iyi yapraklanmalı yapıda, farklı sahalarda metamorfizmaya uğramış; fillat, şist, mermer, kireçtaşı, kuvarsşist, mikaşist ve volkanitlerden müteşekkil olan formasyon Devoniyen-Karbonifer'e aittir. Ahı Dağı'nın yamaçlarında, Kavaklı (Yenişehir), İkizce, Sütlük (Bilecik) köyleri çevresinde, İnegöl şehir merkezinin güneybatısında Cerrah mevkisinde, Uludağ kütlesinin yüksek kesimlerinde, Babasultan'ın batısında, Boğazköy, Çavuşköy, Erdoğan arasında doğu-batı doğrultusunda, Subaşı civarında ve Göksu Çayı'nın Sakarya Nehri ile birleşim sahasına

yakın alanda gözlemlenmektedir (Şekil 9) (Fotoğraf 1). Havzanın birçok yerinde bulunan formasyona ait şistler genel olarak ince taneli, bol kıvrımlı, yapraklanmalı olarak yanal ve düşey yönde diğer litolojik birimlere geçmektedir (Genç, 1986: 1; Kanar vd., 2013: 13; Kandemir vd., 2014: 8). Bazı sahalarda metavolkanitlerden oluşan Torasan formasyonu aynı şekilde Sazak formasyonu litolojileriyle birlikte görülebilmekte ve geçişlere rastlanılmaktadır.

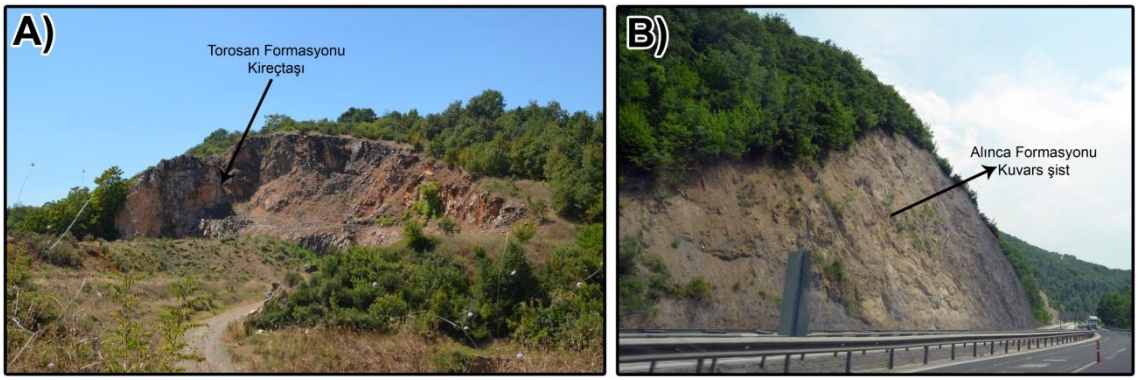
Sazak Formasyonu: Devoniyen-Karbonifer'e ait formasyon, metatüf, metabazit, metavolkanit, fillat ve kireçtaşı litolojik birimlerden müteşekkildir. Formasyonu oluşturan birimler; Ahı Dağı-Kor Dağı arasında Kurşunlu (İnegöl)-Sütlük (Bilecik) köyleri arasında KD-GB doğrultusunda en geniş yayılımını göstermektedir. Bunun dışında Yenişehir ilçe merkezinin güneyinde Osmaniye-Çamönü arasında KD-GB doğrultusunda faylarla sınırlandırılmış şekilde, İncirli civarında Göksu Çayı'nın vadi yamaçlarında gözlemlenmektedir (Şekil 8). Ahı Dağı çevresinde Torasan formasyonuyla yanal-düşey geçişken olarak görülmektedir (Kandemir vd., 2014: 9). Yeşil, sarımsı metatüflerle başlayan birim, metavolkanit, mermer ve kireçtaşı ara yüzeylerini içerir. Sazak formasyonu, Torasan formasyonu ile birlikte Permiyen öncesinde, denizel-okyanus ortamında çökelmiş, dalma-batma zonunda metamorfimaya uğramış ve çökelme devam etmiştir (Kanar, vd., 2013: 14; Kandemir vd., 2014: 9).

Gökdere Formasyonu: Uludağ metamorfitleri içerisinde yer alan Karbonifer yaşlı bu formasyon Uludağ kütlesinin kuzey yamaçlarında yüzeylenmektedir. Eğrikar Tepe'den Babasultan mevkisine kadar geniş bir yayılım alanında gözlemlenir. (Şekil 8). Gökdere formasyonu; kuvars, feldispatik gnays, amfibolit mercekleri şeklinde litolojik unsurlar ihtiva eder. Bu unsurlar sert, kompakt yapıda keskin ve kırıklıdırlar (Ketin, 1947: 62; Altınlı, 1965a: 185; Hoşgören, 1975: 41).

Alınca Formasyonu: Söğüt mertamorfitleri grubunda yer alan Geç Karbonifer yaşlı formasyon, Göksu Çayı Havzası'nın güneydoğusunda Tahtaköprü (İnegöl)-Delielmacık (Bozüyük) hattının kuzeyinde yüzeylenmektedir (Şekil 8). Kuvars şist, mikaşist, amfilbol şist, muskovit-klorit şist ve mermerlerden müteşekkildir (Sarıfakıoğlu, 2011: 4) (Fotoğraf 1). Genellikle mavi ve yeşilimsi renktedir. Alınca formasyonu izoklinal kıvrımlı yapı göstererek Taşarası formasyonuna ait mermer ve kalkşistlere geçer. Gölsel kireçtaşları içeren Emet formasyonu ile uyumsuzdur. Formasyonun güneyindeki Tavşanlı zonuna ait metamorfiklerden Geyiktepe formasyonu ile tektonik dokanak halindedir (Sarıfakıoğlu, 2011: 4; Davraz ve Ünver, 2014: 8).



Şekil 8: Göksu Çayı Havzası'nın jeoloji haritası (MTA'nın 1:100.000 ölçekli jeoloji paftalarından yararlanılarak üretilmiştir)



Fotoğraf 1: A) Torasan formasyonu birimleri, Çavuşköy yakınları B) Alınca formasyonu, Mezit D-200 karayolu yakınları

Permiyen ve Karbonifer kireçtaşları: Karakaya formasyonu içerisinde ve çevresinde görülen, Karbonifer ve Permiyen kireçtaşları havzanın kuzey bölümü olmak üzere birçok alanda parçalar halinde yüzeylenir (Gürpınar 1976: 90). Özellikle havzanın orta kesiminde (Erdoğan-Kendirli arası) tektonik çizgiselliklerin dokanak oluşturduğu alanlarda parçalarmış ardalanmalar halinde gözlemlenir (Şekil 8) (Fotoğraf 2). Genellikle siyahımsı, gri bej renkli, kalsit damarlı kristalize olmuş irili ufaklı kireçtaşı bloklarından müteşekkildir (Kandemir vd., 2014: 16). Çokça fosil ihtiva eden kireçtaşı birimleri Orta Karbonifer ve Geç Permiyen yaşlı olduğu tespit edilmiştir (Kandemir vd., 2014: 16).



Fotoğraf 2: Boğazköy yakınlarındaki Permiyen'e ait kireçtaşı birimleri

1.1.2. Mezozoyik Formasyonlar

Mezozoyik'e ait formasyonlar, inceleme alanının çeşitli kesimlerinde farklı formasyon isimleri ve litolojik birimleri ile yüzeylenmektedir (Fotoğraf 3). Dar alanlı olarak yüzeylenen birimlerden Kocasu formasyonu, inceleme sahasının güneyinde Tavşanlı zonu içerisinde yer alır. Çayyaka'nın (İnegöl) güneybatısında Bedre ve Bıçkı dereler arasında yüzeylenmektedir. Ağırlıklı olarak kuvars ve mikaşistlerden oluşmaktadır. Tavşanlı ofiyoliti havzanın güneydoğusunda Aksu Dere'nin hemen güneyinde, Burhan ofiyoliti ise Uludağ'ın kuzeydoğu eteklerinde Çaylıca'da (İnegöl) dar alanlı olarak yüzeylenmektedir. İki formasyonda gabro, diyabaz, peridotit, seroantinit birimlerinden oluşmakta ve yaş tayini Üst Kretase olarak

belirtilmektedir. Taraklı formasyonu, Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyinde Düzmeşe'den (Osmaniye) Kızılhisar'a (Yenişehir) kadar olan hatta doğu-batı doğrultusunda, Kavaklı'nın kuzeyindeki yüksek kesimlerde parçalar halinde dağılış gösterir. Üst Kretase yaşlı birim kumtaşı, kiltaşı ve şeyl ardalanmasından müteşekkildir. Diğer formasyonlar daha detaylı olarak açıklanmıştır.

Boğazköy Metaofiyoliti: Şehitler (İnegöl) civarından takribi KD-GB yönelimli olarak devam eden formasyon birimleri parçalı ardalanmalar halinde Hayriye'ye (Yenişehir) kadar yüzeylenmektedir (Şekil 8). Alt Triyas yaşlı formasyon, serpantinit, epidot-antigorit şist gibi metaofiyolitik kayaçlardan müteşekkildir. Birim, Boğazköy dolayında Torasan ile Karakaya formasyonları arasında güneye eğimli, Orhaniye civarında Sazak formasyonu ile tekrar güneye eğimli tektonik dilimler halinde gözlemlenirken, diğer alanlarda Karakaya grubu ile tektonik pencereler halinde gözlemlenir (Kandemir vd., 2014: 16). Metaofiyolit dilimlerin güneye eğimli olmasının nedeni, sol yanal doğrultu atımlı yırtılma faylarından etkilenmesidir.

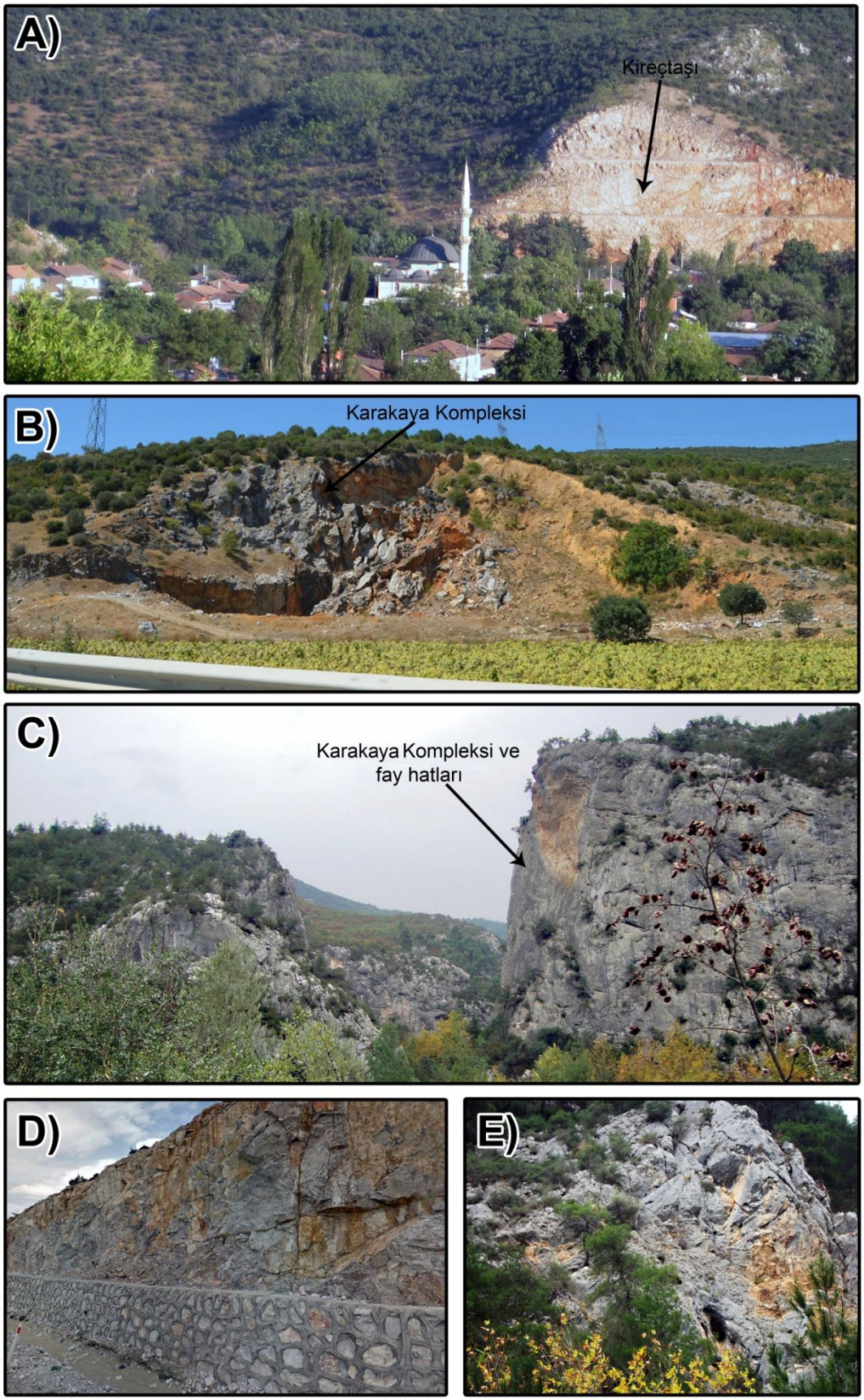
Karakaya Kompleksi: Bu formasyon birçok üye ve alt formasyon birimleri ile havzada parçalı şekilde yüzeylenmektedir. Ahı Dağı çevresinde Karakaya-Mehmetalan formasyonları olarak, havzanın orta kesiminde (Erdoğan-Arpadere arası) kireçtaşları tarafından parçalı olarak, Marmaracık'ın batısında, İncirli'den kuzeydoğu doğru Karakaya, Çal, Mehmetalan alt formasyonları ile gözlemlenir (Şekil 8) (Fotoğraf 3). Formasyon genel olarak detritik ve volkanik unsurlardan meydana gelmektedir. Karakaya formasyonunun tabanı iri-ince taneli kumtaşları, çamurtaşı, şeyl ve kireçtaşlarından oluşturmaktadır (Genç, 1986: 1; Köpük, 2003: 32). Birimler, Torasan formasyonu ile uyumsuz olup, alt birimlerle arasında geçişli yapı gözlemlenirken, tektonik donaklar ile parçalanmalarda oldukça fazladır. Çal formasyonu bazalt, tüf, aglomera ve kumtaşından oluşmakta, Boğazköy civarında D-KD doğrultulu, parçalı ve tektonik dokanaklı şekilde yüzeylenmektedir. Kireçtaşlarından müteşekkil asarlık üyesi ise Koyunköy, Asarlık tepe çevresinde yüzeylenmektedir. Mehmetalan formasyonu ise yeşil renki tüf, bazalt ve diyabazlardan oluşmakta, Boğazköy'ün doğu ve batısı ile Marmaracık çevresinde yüzeylenmektedir. Birim genel olarak volkanik unsurlardan oluşmakta yer yer kireçtaşı, kiltaşı ve kumtaşı ara seviyeleri gözlemlenmektedir. Formasyon, diğer birimler ile genellikle tektonik dokanak oluşturmaktadır. Kompleksin yaş tayini Triyas olarak tespit edilmiştir (Kandemir vd., 2014: 15).

Geyiktepe Formasyonu: Tavşanlı zonu içerisinde yer alan formasyon inceleme sahasının güneyinde Domaniç Dağlarının kuzey yamaçlarında Delielmacık (Bozüyük) ile Lütfiye (İnegöl) arasında geniş mostralar sunmaktadır (Şekil 8). Üst Triyas-Alt Kretase yaşı tayin edilen formasyon, mermer, kalkşist, amfibol şist litolojik unsurları ile yüzeylenmektedir (Sarıfakıoğlu, 2011: 8). Devlez formasyonu ile geçişli olan birim Alaçam graniti tarafından

batıya doğru kesilir. Bu alanlarda tektonik dokanaklarda gözlemlenmektedir. Mermerler genellikle gri, kirli beyaz, mavimsi renkli, yüzeyi belli alanlarda beyaz renkli, iri kristalli mermerlerden meydana gelmiştir (Davraz ve Ünver, 2014: 8). Formasyon, neritik ortamın sığ denizel karbonatları şeklinde oluşmuş ve başkalaşım sonucu mermerlere dönüştüğünden dolayı aragonitleşmelerin mevcut olduğu anlaşılmaktadır (Sarıfakıoğlu, 2011: 8).

Bayırköy Formasyonu: Sakarya zonu örtü birimleri içerisinde yer alan Bayırköy formasyonu, Bilecik ve Soğukçam formasyonları ile birlikte yüzeylenmektedir. Alt Jura'ya ait formasyon, konglomera, kumtaşı, kiltaşı, ammonitli kireçtaşı unsurlarından müteşekkildir (Köpük, 2003: 34; Kandemir vd., 2014: 17). Formasyon havzanın kuzeydoğusunda Balçıkhisar-Gökçesu arasında KD-GB yönünde, Belenalan'ın batısında, Kor Dağı kuzey yamacında, Orhaniye civarında KD-GB doğrultusunda, Akçapınar'ın güneyinde ve Erdoğan'ın doğusunda parçalı ve diğer birimlerle tektonik dokanaklı şekilde yüzeylenmektedir (Şekil 8). Denizel transgresif serilerle çökelen birim fosiller açısından zengindir (Kayacılar, 1999: 28). Genellikle kırmızı-sarı renkli konglomera, kahverengi kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ve bej renkli kireçtaşlarından oluşan unsurlarla mostra vermekte ve bol fosil ihtiva etmektedir (Kandemir vd., 2014: 17). Havzanın kuzeydoğusunda formasyon daima fay hatları ile sınırlanmıştır. Formasyon karasal konglomeralarla başlayıp, lagün sığ-denizel detritikler ile görece olarak derinleşen transgresif istifi temsil etmektedir (Kanar, vd., 2013: 22).

Bilecik Formasyonu: Sakarya zonu örtü birimleri içerisinde bulunan formasyon Göksu Çayı Havzası'nın tamamen kuzey kesiminde görülmektedir. Boğazköy doğusundan başlayıp genellikle KD-GB doğrultusunda Düzmeşe köyü civarına kadar parçalı ve tektonik dokanaklı olarak, havzanın batısında Erdoğan ve Gölcük'ün doğusunda, Burcun-Yeniköy (Yenişehir) civarında yüzeylenmektedir (Şekil 8) (Fotoğraf 3). Alt Kretase-Orta Jura olarak yaşlandırılan formasyon neritik kireçtaşlarından müteşekkildir. Birim beyaz, gri, pembemsi, renklerde, kalın-orta tabakalı ve yer yer masif görünümlü kireçtaşlarından oluşur (Yılmaz ve Koral, 2007: 24; Kandemir vd., 2014: 19). Kumlu kireçtaşlarıyla başlayan birim alg, mercanların bol görüldüğü resifal özellikteki kireçtaşlarına doğru geçiş özelliği gösterir. Bayırköy formasyonu ile keskin tektonik dokanaklarla uyumsuzdur. Formasyon kalınlığı bazı yerlerde 200-300 m civarında olup, genel olarak şelf ortamında çökelmiş ve bu yüzden oldukça fazla fosil ihtiva etmektedir (Kanar, vd., 2013: 23; Kandemir vd., 2014: 19).



Fotoğraf 3: Havzanın farklı lokasyonlarındaki Mezozoyik birimler A) Seymen mahallesindeki kireçtaşları B) Marmaracık kuzeyi Karakaya kompleksi C) Belealan'da kireçtaşları D) İncirli yakınları Bilecik formasyonu E) Havza kuzeydoğusunda kireçtaşları (Belenalan)

Soğukçam Formasyonu: Sakarya zonu birimi olan Soğukçam formasyonu inceleme sahasının Yenişehir Havzası kesiminde, Akçapınar'dan İncirliye kadar olan alanda tektonik dokanaklı ve parçalı şekilde, Boğazköy'ün batısında Çavuşköy, Şehitler, Erdoğan, Gölcük ve Burcun çevrelerinde mercekler halinde yüzeylenmektedir (Şekil 8). Alt Kretase-Üst Jura yaşlı formasyon beyaz, gri, pembemsi renkli yarı pelajik kireçtaşlarından, ara düzeyler halinde killi ve çörtlü kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim, Bilecik formasyonu ile yanal ve düşey olarak geçişlidir. Oldukça fazla fosil ihtiva eden birim, şelf karbonatlarıyla geçiş gösteren giderek derinleşen yamaç ortamında çökelmiştir (Kanar, vd., 2013: 23; Kandemir vd., 2014: 20).

Yenipazar Formasyonu: Kretase yaşlı Yenipazar formasyonu havzanın kuzey kesiminde parçalar halinde ve tektonik dokanaklı olarak geniş alanlarda yüzeylenmektedir. Havzanın kuzeybatısında Koyunhisar, Kavaklı, Gölcük üçgeninden batıya doğru, Avdan Dağlarının yüksek kesimlerinden doğuya doğru, Düzmeşe-Terziler arasında, Akçapınar-Orhaniye arasında ve Çavuşköyden batıya doğru yüzeylenmektedir (Şekil 8). Formasyonun Değirmenözü, Seben ve Kayacık tüf üyesi alt birimleri de havza içerisinde yer almaktadır. Genel olarak türbitik fasiyeste gelişmiş kumtaşı, konglomera, silttaşı, kiltaşı ardalanmalarından oluşan birim içerisinde tüf seviyelerine ve çoğunlukla bazen taban seviyesinde kireçtaşlarına rastlanılır (Kanar, vd., 2013: 24; Kandemir vd., 2014: 21).Yamaç ortamında çökelmiş olan formasyon Kretase dönemindeki tektonik aktivitelere bağlı olarak önceki birimlerle uyumsuzdur (Bargu, 1982: 203). Formasyon tabanında mikritik kireçtaşları Değirmenözü üyesini, yamaç önlerinde gelişen türbitik karakterli kiltaşı, şeyler Seben üyesini, piroklast ara seviyeleri Kayacık tüf üyesini oluşturmaktadır (Bargu, 1978: 75; Kandemir vd., 2014: 21-23).

Devlez Formasyonu: Üst Kretase'ye ait formasyon metapelit, metabazit, amfibolşist, metaçört, fillat, mermer ve kalkşist birimleri ile yüzeylenmektedir (Sarıfakıoğlu, 2011: 9). Havzanın güneyinde Domaniç Dağları kuzey yamaçlarında Karabatak Tepe, Gürgenyayla Tepe ve Delimalan Tepe civarlarında Alaçam granitleri tarafından kesilmiş olarak parçalar halinde mostra vermektedir.

1.1.3. Senozoyik Formasyonlar

Senozoyik formasyonlar havzada daha çok örtü birimleri şeklinde görülmekte, Tersiyer'e (Paleojen ve Neojen birimleri) ait unsurlar dağ yamaçları, sırtları ve eteklerinde yüzeylenirken, Kuvaterner birimleri ovalık sahalarda ve vadi tabanlarında gözlemlenmektedir (Fotoğraf 4). Senezoyik formasyonlardan Selvipınar, Kızılçay, Fındıcak, Sarısu, Güney Uludağ

Metagraniti, Gemiciköy, Tunçbilek, Emet ve Çamlık formasyonları oldukça dar alanlı olarak yüzeylenmektedir.



Fotoğraf 4: Yenişehir alt havzasında yüzeylenen litolojik birimler (Kozdere-Alaylı arası)

Paleosen'e ait Selvipınar ve Kızılçay formasyonları Göksu Çayı Havzası'nın kuzeydoğusunda Düzmeşe-Eğerce arasında yüzeylenmektedir. Alt Paleosen yaşı tayin edilen Selvipınar formasyonu resifal kireçtaşından müteşekkildir (Bargu, 1982: 206). Kızılçay formasyonu konglomera, kumtaşı ve çakıltaşı unsurlarından oluşmaktadır. Fındıcak formasyonu, havzanın kuzey sınırındaki yüksek kesimlerde Beypınar-Mecidiye (Yenişehir) arasında dar alanlı olarak yüzeylenmektedir. Eosen'e ait formasyon, çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı, silttaşı, marn ve ara seviyeli kireçtaşı yer yer fosilli birimlerden oluşmaktadır (Kayacılar, 1999: 32; Kandemir vd., 2014: 29). Sarısu formasyonu volkanit üyesi; havzanın kuzey sınırında Mecidiye-Reşadiye (Yenişehir) arasında andezit, bazalt, aglomera ve piroklastiklerden müteşekkil olarak yüzeylenmektedir (Fotoğraf 4). Birim yay ürünü volkanizması olarak değerlendirilmektedir (Pektezel, 2013: 107; Kandemir vd., 2014: 30). Güney Uludağ metagraniti, Uludağ kütlesinin Kuzyatağı Tepe kesiminde yüzeylenir. Oligosen yaşı tayin edilen birim metagranit ve granitlerden müteşekkildir. Gemiciköy formasyonu, Düzmeşe'nin kuzeyinde dar alanlı olarak gözlemlenir. Oligosen-Alt Miyosen yaşlı olan formasyon konglomera, kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı ve nadiren kireçtaşı litolojisinden oluşmaktadır. Tunçbilek Formasyonu, Göksu Çayı Havzası'nın güneydoğusunda Aksu Dere'nin kuzey ve güneyindeki yamaçlarda yüzeylenmektedir. Miyosen'e ait olan formasyon, kırıntılı, karbonatlı yer yer magmatik kayaçlardan oluşur. Birim konglomera ile başlar üste doğru kumtaşı ve kiltaşı seviyelerine geçilir. (Sarıfakıoğlu, 2011: 12). Emet formasyonu, havzanın güneyinde, İnegöl formasyonu içerisinde parçalı yayılımlar halinde Tahtaköprü-Madenköy (İnegöl) arasında yüzeylenmektedir. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı formasyon, çakıltaşı-kumtaşı ara seviyeli marn ve çörtlü kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Çamlık formasyonu, inceleme sahasının kuzey-kuzeybatısında Koyunhisar, Kavaklı, Süleymaniye (Yenişehir) arasında tedrici olarak kuzey-güney doğrultusunda yayılım göstermektedir. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı formasyon gölsel kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kiltaşı litolojilerinden oluşmaktadır.

Alaçam Graniti: Tavşanlı zonu içerisinde yer alan birim, Göksu Çayı Havzası'nın güney sınırında Domaniç Dağları'nda, yer yer Devlez ve Geyiktepe formasyonları ile kesilmiş olarak yüzeylenir. Eosen'e ait birim, yeşil, pembe, gri ve beyaz renklerdeki granit ve granodiyoritlerden oluşur (Hoşgören, 1975: 43). Yer yer tektonik dokanakların gözlemlendiği birimde metamorfik kayaçlar ve gölsel çökellerle uyumsuz şekilde örtülür (Sarıfakıoğlu, 2011: 11; Davraz ve Ünver, 2014: 9).

Kapıdağ Granodiyoriti: Plütonik birimlerden oluşan Eosen birimi, havzanın güneybatısında, Uludağ'da Kuzyatağı Tepe'den kuzeydoğuya doğru metamorfitleri keserek yüzeylenir. Granit, granodiyoritlerden oluşan birimde birbirini kesen göreceli farklı faza ait olan magma sokulumları sıkça görülür (Kanar, vd., 2013: 31).

Toprakdere Formasyonu: Yenişehir'de; Terziler, İncirli, Subaşı, Mahmudiye, Toprakdere, Günece çevresinde parçalı ve tektonik dokanaklı olarak yüzeylenmektedir. Orta-Üst Miyosen formasyonu, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve siltten oluşan karsal litolojiden meydana gelir. Açısal uyumsuz olduğu diğer formasyonların yanında İnegöl formasyonu ile uyumludur (Kandemir vd., 2014: 31).

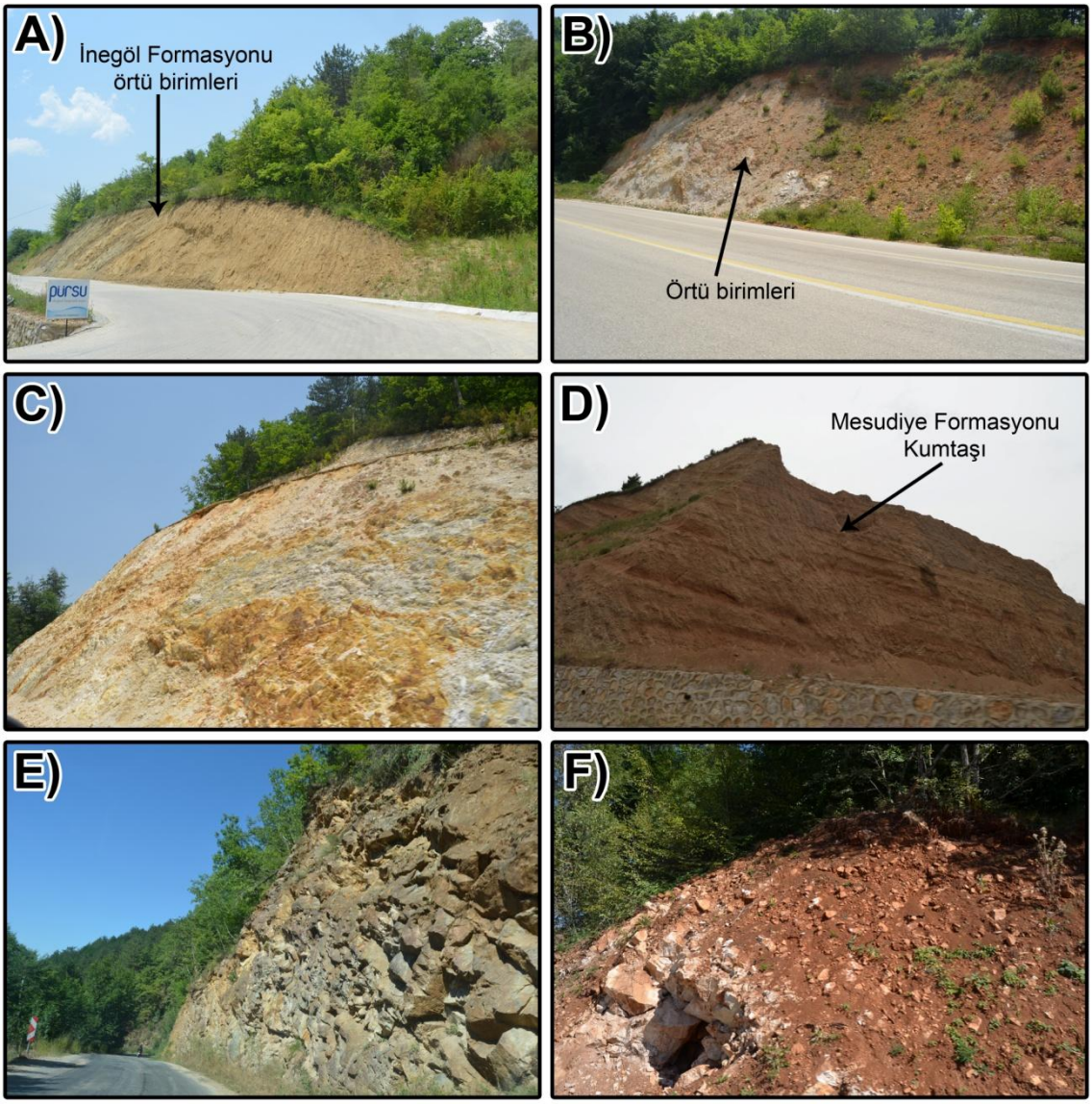
İnegöl Formasyonu: İnegöl Ovası'nın kuzeyinde Tahtaköprü-Kayapınar arasında en geniş yayılımla birlikte, Şehitler, Hamzabey, Kulaca (İnegöl) üçgeninde, Boğazköy'den İlyasça'ya kadar olan kesimde KD-GB doğrultusunda yüzeylenmektedir (Şekil 8) (Fotoğraf 5 ve 6). Üst Miyosen'e ait formasyon, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, marn, kiltaşı, killi kireçtaşı litolojisinden oluşur ve üst seviyelere doğru riyolit, riyolitik tüf seviyeleri gözlemlenir (Ardel, 1947: 71; Kandemir vd., 2014: 31). Havzanın güney kesiminde Uludağ ve Domaniç dağlarından ova tabanına doğru blok, çakıl, kum, kil, gre ve konglomera gibi detritik malzemeden oluşan formasyonun yer yer parçalı yapı, daha ince yapılı, yassılık ve yuvarlaklık değeri düşük özelikte litolojisi gözlemlenir (Hoşgören, 1975: 45) (Fotoğraf 6). Birimin alt seviyelerinde yer alan konglomeralar kalın tabakalıdır ve köşeli şist, mermer ve granit çakıllarından oluşur. Birimin üst seviyelerinde yamaç molozu karakterinde olan konglomeralar ile sarı, kahve ve boz renkli kumtaşlarına geçilir. Bu seviyede çapraz tabakanlanmalar mevcuttur. Daha üst seviyede killi, marnlı ve kireçtaşlı ince tabakalı birimlere geçilir. Birimin ayrışmış seviyeleri gevşek-orta tutturulmuş, zayıf, çok zayıf dayanımlıdır (Ünver, 2011: 15; Kandemir vd., 2014: 31). Özellikle kiltaşları, ince laminalı olup yaprak fosilleri ve bitki kırıntıları ihtiva eder. Birim içerisinde özellikle Tahtaköprü civarında karasal birimlerle omurgalı fosiller görülür (Kahraman, 2016: 295). İnegöl formasyonu alt üyesi olan çakıltaşı üyesi birimleri havzanın güneyinde Çaylıca (İnegöl) civarında yüzeylenmektedir.



Fotoğraf 5: Koca Dere vadisinde (Hamzabey yakınları) farklı zamanlara ait formasyonlar

Mesudiye Formasyonu: Göksu Çayı Havzası'nda, Yenişehir Ovası'ndan itibaren 300 m eşyükseltisini takiben kuzeye doğru geniş alanda, Erdoğan ve Çavuşköy çevresinde de daha dar alanlı olarak yüzeylenmektedir (Şekil 8) (Fotoğraf 6). Mesudiye formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı olup, orta-kalın tabakalı konglomera, kumtaşı ana birimleri ile ara seviyelerde kiltaşı, marn, killi kireçtaşı litolojisinden meydana gelmektedir. Konglomeralar polijenik çakıllardan oluşur ve çapraz tabakalanmada yaygın görülür (Kanar, vd., 2013: 37; Kandemir vd., 2014: 32). Formasyon, temel birimler üzerine açılı uyumsuz gelir. Birim üzerine ise tedrici geçişli gölsel birimlerden müteşekkil Çamlık formasyonu gelmektedir (Kayacılar, 1999: 36). Mesudiye formasyonu genel olarak akarsu-göl ortamını temsil eder.

Pliyo-Kuvaterner çökelleri, konglomera, siltaşı, kiltaşı ve çamurtaşı litolojisinden oluşmaktadır. Pliyo-Kuvaterner çökelleri, inceleme sahasında Terziler, Eğerce (Yenişehir) ve akarsu kenarlarındaki yamaçlarda dar alanlı olarak yayılım göstermektedir. Belirgin bir tabakalanma gözlemlenmeyen birimde çoğunlukla konglomeralar polijenik çakıllardan oluşmaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda yamaç molozları havzanın doğusunda Terziler civarında dar alanlı olarak, daha geniş alanda Uludağ'ın kuzeydoğu eteklerinde Babasultan-Kayapınar (İnegöl) arasında yayılım göstermektedir. Dağ eteklerinde görülen ve tutturulmamış köşeli çakıl, blok kum birimlerinden müteşekkildir. Kuvaterner örtü birimlerinden olan travertenler inceleme sahasında birçok alanda yayılım göstermektedir. Havzanın fay hatları açısından yoğun olması traverten oluşumunu tetiklemiş ve çokça görülmesini sağlamıştır. Travertenler; Eskikaracakaya kuzeyinde geniş alanlı olarak gözlemlenirken, Oylat, Özlüce, Kulaca-Akbaşlar arası, Çavuşköy güneyinde fay hattı boyunca, Boğazköy-Orhaniye arasında fay hatları doğrultusunda, Günece, Toprakdere yakınlarında, İlyasbey, Karaağaç çevresinde daha dar alanlı olarak yüzeylenmektedir. Genellikle fay hatlarındaki karbonatlı-silisli su çıkışlarına bağlı olarak gelişen beyaz, bej, krem renkli karbonat oluşumlarıdır.



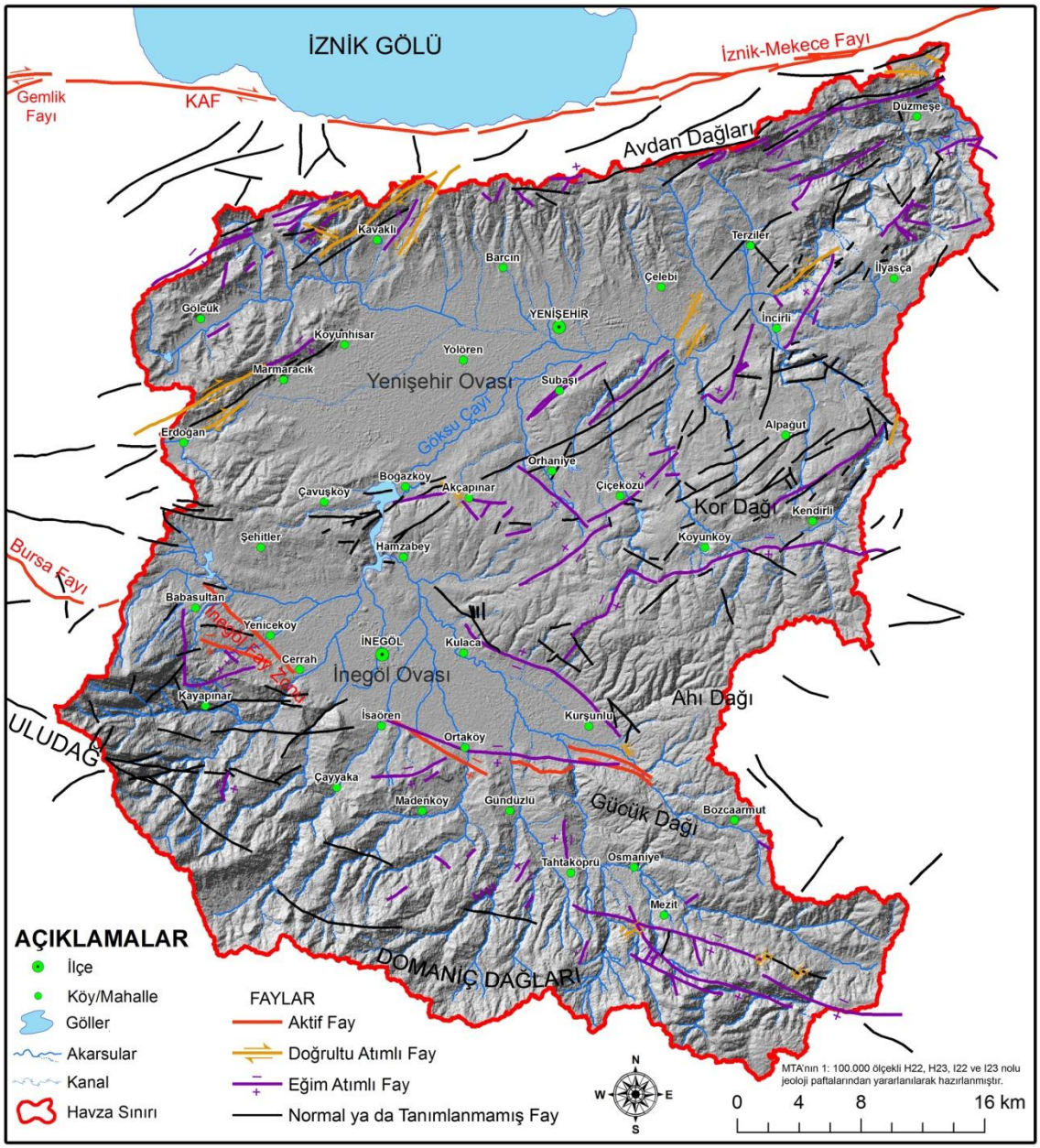
Fotoğraf 6: Göksu Çayı Havzası'ndaki Senozoyik birimleri A) ve B) Tahtaköprü-Oylat arası İnegöl formasyonu ve örtü birimleri C) Konurlar yakınlarındaki kireçtaşı D) Alaylı yakınları Mesudiye formasyonu E) ve F) Çayyaka yakınları Senozoyik'e ait kireçtaşları

Alüvyonlar: İnegöl ve Yenişehir ovaları boyunca alüvyonlar geniş yayılım göstermekte, bunun dışında Göksu Çayı, Aksu, Dere, Kocadere, Kara Dere, Bahçecik Dere ile diğer akarsu yataklarında, vadi tabanlarında gözlemlenmektedir (Şekil 8). Bu birim genellikle az tutturulmuş, çakıl, kum, silt ve çamurdan oluşmaktadır. Stratigrafik olarak alüvyonlar altındaki birimleri açısal uyumsuzlukla örtmektedir (Bargu, 1982: 215; Yılmaz ve Koral, 2007: 23). Ova tabanı çevrelerindeki birimlerin aşındırılıp taşınması vasıtasıyla tabana geldikleri için yüksek alanların yapısında oldukları gözlemlenir. Özellikle çakıl birimleri arasında kuvars, kalker, granit ve granodiyoritler bu durumu kanıtlar niteliktedir (Hoşgören, 1975: 51). Eski alüvyon birileri ise güncel alüvyonlara göre daha yüksek sahalarda yer alan çökellerden oluşur.

1.1.4. Tektonik Özellikler ve Depremsellik

Göksu Çayı Havzası, tektonik hatlar ile farklı zonların yer aldığı sahaya yer almaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1983: 25; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988: 665; Şengör vd., 2005: 45). Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattı, hem havzanın içerisinde hem de yakın çevresinde farklı zamanlara ait faylar ile yer almaktadır. Bunun dışında havza sınırları içerisinde tektono-stratigrafik olarak farklı üniteler bulunmaktadır. Havzanın büyük çoğunluğu Sakarya zonu içerisinde yer alırken havzanın güneyindeki Domaniç Dağları kesimi Anatolid-Torid ünitesine bağlı olan Tavşanlı zonu içerisinde bulunmaktadır. Yenişehir ve İnegöl ovaları ile yakın çevresinde Sakarya zonu örtü birimleri yer alır. Havzanın güneybatısında yer alan Uludağ kütlesi ise Sakarya zonu ünitesi içerisindedir. Bu üniteler ile levha hareketlerin etkisinde gelişen süreçler havza ve yakın çevresinde yanal-düşey yöndeki hareketliliğin artmasını sağlamış ve tektonik hatlarının oluşmasına neden olmuştur. Çalışma sahasında neo-tektonik etkenler özellikle Miyosen'de çukurlaşan alanlardan yüksek alanlara doğru gelişen aşınım evresi, daha sonra orejenik etkilerle devam etmiş, bu dönemde KAF zonunun etken faktör olmasıyla sahada iç içe geçmiş, birbirine paralel ve verev şeklinde birçok fay ve bloklanmalar ortaya çıkmıştır (Barka, 1997: 58; Kayacılar, 1999: 38; Selim vd., 2006: 152; Okay, 2011: 205). Göksu Çayı Havzası içerisinde fayların genel uzanış doğrultusu kuzeydoğu-güneybatı yönlüdür. Fay frekans dağılımı değerlendirildiğinde KD-GB yönlü çizgisellik ve fayların çoğunlukta olduğu daha sonra ise KB-GD doğrultulu fayların olduğu görülmektedir (Şekil 9). Bu durum özellikle havza ve yakın çevresindeki ünitelerin uzanışına tekabül eder. KAF hattının Marmara Bölgesi'nden itibaren üç kola ayrılarak devam etmesi havzanın kuzey ve güneyindeki tektonik hatların yönünün KD-GB olarak şekillenmesinde büyük rol oynamıştır. İkinci hakim yön olan KB-GD yönü ise D-B sıkışma tektoniği ve Uludağ kütlesinin engel oluşturmasıyla meydana gelmiştir.

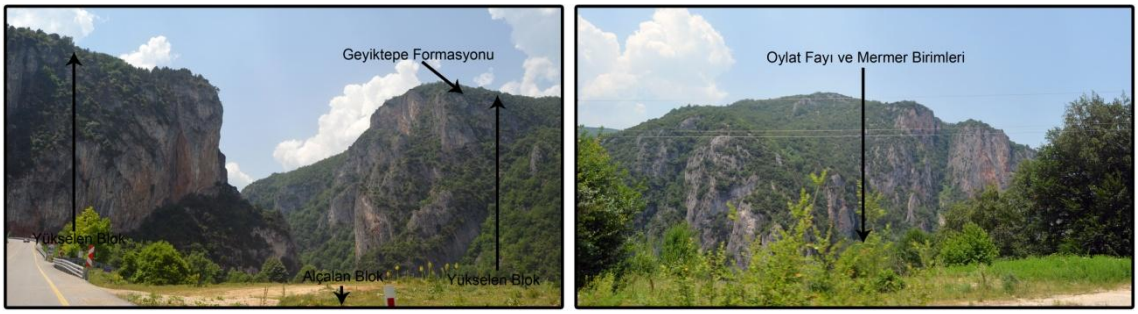
Havza ve çevresinin KAF zonu içerisinde yer alması farklı özellikteki tektonik hatların gözlemlenmesini sağlamıştır. KAF zonu, Marmara Bölgesi'ne girmesiyle üç kola ayrılmaktadır. Bu kollardan İznik-Mekece fayı havza sınırının hemen kuzeyinden, KAF hattının en güneydeki kolu olan Geyve-Yenişehir-İnegöl-Bursa hattı ise havza sınırları içerisinden geçmektedir (Kalafat, 2011: 1) (Şekil 9). Havza sınırları içerisindeki diri fayı İnegöl'ün güneybatısında KB-GD doğrultusunda uzanan İnegöl Fay Zonu oluşturmaktadır. Holosen fayı olarak da nitelenen fayın uzunluğu 30 km civarındadır. İnegöl Ovası'nın güney sınırında yer alan fay, drenaj alanlarının yönelimini denetlemiş, birikim alanları ile fay dikliklerinin oluşmasını ve tektonik jeomorfoloji unsurların sahada gözlemlenmesine neden olmuştur. Aktif fayın kuzeybatıya doğru devamı Bursa fayı ile sağlanmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9: Göksu Çayı Havzası ve yakın çevresinin fay haritası (MTA'nın 1:100.000 ölçekli jeoloji paftalarından yararlanılarak üretilmiştir)

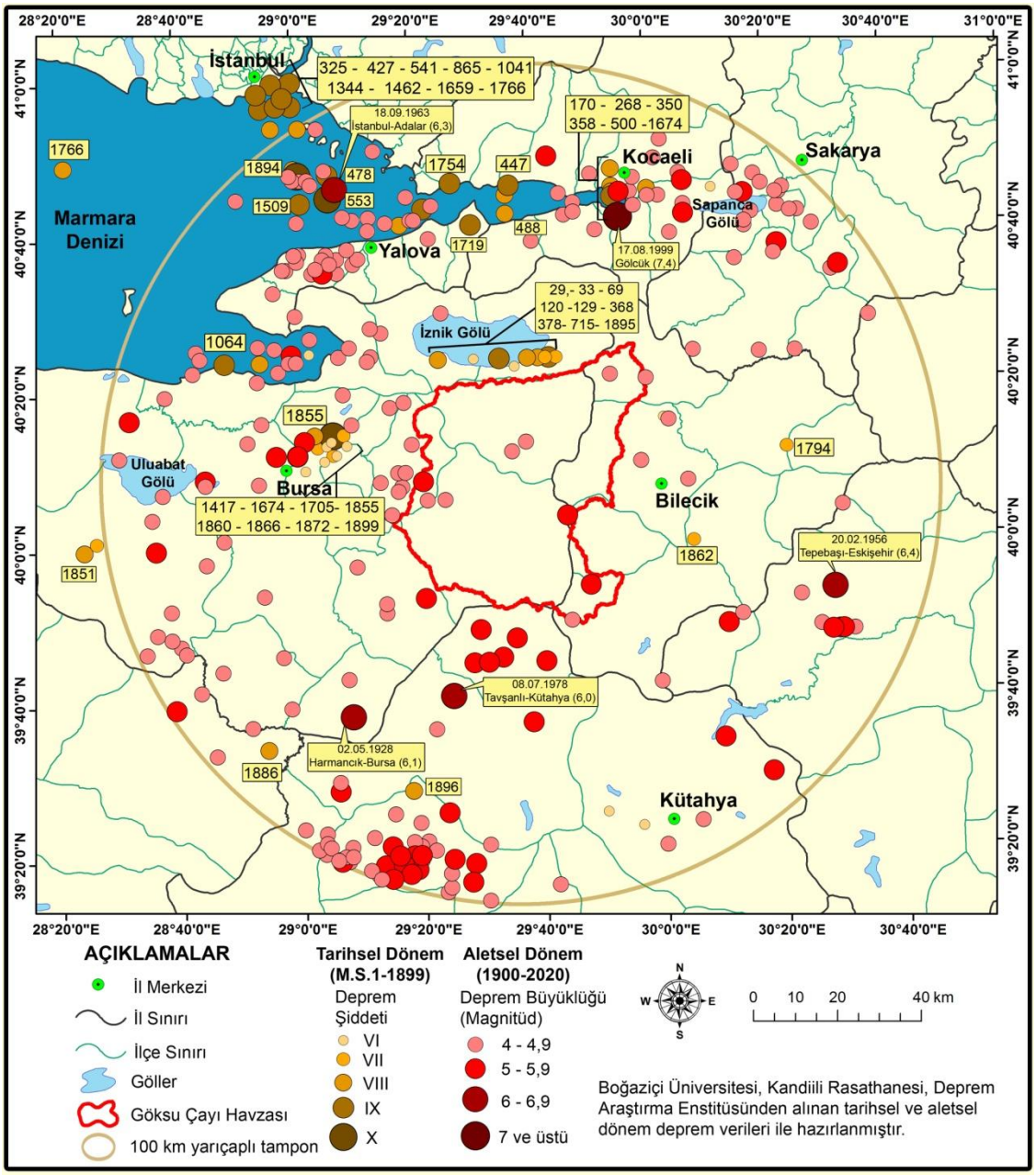
İnceleme alanının kuzeyinde, havza sınırı dışında KAF zonunun güney kolunu oluşturan hat gözlemlenmektedir. İznik-Mekece Fayı olarak adlandırılan ve İznik Gölü'nün batısından itibaren Gemlik fayına geçiş yapan hat, eğim bileşeni olan oblik yapıdaki Holosen dönemine ait sağ yanal doğrultu atımlı fay özelliğindedir (Kayacılar, 1999: 39; Pektezel, 2013: 149). İnceleme sahası içerisinde yer alan diğer faylar; eğim ve doğrultu atımlı olup normal ya da tanımlanmamış faylar niteliğindedir. Havza'nın orta kesiminde yer alan Boğazköy'den havzanın kuzeydoğusundaki Düzmeşe'ye kadar olan hatta oldukça yoğun fay varlığı ve çizgisellikler dikkat çeker. Bu alanda faylar KD-GB yönlü uzanım gösterir. Özellikle jeolojik birimler arasındaki tektonik dokanakları meydana getiren faylar, Göksu Çayı'nın ana yönelimini denetlemiştir. Yenişehir Havzası'nı sınırlandıran faylar muhtemelen aşınım yüzeylerinde

kesintiler oluşturmakta ve drenaj şebekesinin oluşumuna yardım ederek vadileri ortaya çıkarmıştır. Yenişehir Ovası'nın kuzeyinden geçen KD-GB yönlü faylar, KAF zonunun güney kanadını teşkil eder ve bu alanda morfotektonik şekillerin oluşmasını sağlar (Ertek, 2005: 210). Sahada gömülü olarak yer alan faylar genel olarak Yenişehir Ovası'nın sınırlarını belirlemektedir. Bu faylar sağ yönlü doğrultu atımlı fay özelliğinde olup Yenişehir Havzası'nın çek-ayır (pull-apart) sisteminde tektonik bir birim olarak oluşmasını da sağlamıştır. İnceleme havzasındaki doğrultu atımlı fayların bu kesimde görülmesi, sahanın kuzeyini oluşturan Yenişehir Havzası'nın morfotektonik oluşumunun güney kesimden bazı farklılıklar göstermesine de neden olmuştur. Göksu Çayı Havzası'nın orta ve kuzey kesimindeki sahada eğim atımlı fayların varlığı da dikkat çekmektedir. Ancak bazı alanlarda eğim atımlı fayları KB-GD yönlü fayları kesmektedir. Ahı Dağı ve Kor Dağı arasında bindirme özelliğinde fay varlığı gözlemlenmektedir. Bu alandaki fay Paleozoik birimler ile Mezozoik birimleri ayırmaktadır. Havzanın kuzeybatısında Marmaracık ve Kavaklı çevresinde doğrultu atımlı faylar yer alır. Bu faylar kuvvetle muhtemel akarsu şebekesinin drenaj yerleşiminin yönlenmesinde önemli rol oynamıştır. İnegöl Ovası'nın doğusu eğim atımlı fay, güneyi ise tamamen aktif fay zonu ile sınırlanmıştır. Bu sahadaki diğer faylar eğim atımlıdır. İnegöl fay zonunda güneye doğru birkaç sıra halinde görülen faylar jeomorfolojik birimleri, akarsuların yönelimini denetlemiş aynı zamanda birikim alanları ile fay façetalarının birkaç sıra halinde gözlemlenmesini sağlamıştır. İnegöl Ovası'nın güneyinden itibaren Sakarya zonu-Pontid (Tavşanlı zonu) kuşağının çarpışma sahasına geçilir ve D-B ile KB-GD uzanımlı faylar yer alır. Bu alanda Oylat fayı KB-GD doğrultusunda uzanan normal fay özelliğindedir (İşlek, 2012: 24). Belirtilen faylar Uludağ kütlesine kadar devam edip farklı litolojik birimleri kesmekte ve Uludağ-Domaniç Dağları yamaçlarında eğim oranının artmasına neden olmaktadır (Fotoğraf 7).



Fotoğraf 7: İnegöl alt havzasında kuzeybatı-güneydoğu yönelimli Oylat fayı

İnceleme alanı ve yakın çevresi, Türkiye'nin en aktif fay kuşağı olan Kuzey Anadolu Fay'ına yakın olması ve bu fayın Marmara Bölgesi içerisindeki tektonik uzantılarının devamının havza içerisinden geçmesinden dolayı tarih boyunca birçok depremden etkilenmiştir. İnceleme alanı ve yakın çevresinde tarihsel (1900'den önce) ve aletsel dönemde (1900'den sonra) farklı büyüklükte çok sayıda deprem meydana gelmiştir (Şekil 10).



Şekil 10: Göksu Çayı Havzası ve çevresindeki depremler

Havza, tarihsel dönemde en çok KAF zonu üzerinde ve Bursa fayı civarında meydana gelen depremlerden etkilenmiştir (Hoşgören, 1975: 101). Tarihsel dönemde havzayı etkileyen depremlerin odak merkezleri Bursa ve İznik civarında yoğunlaşmaktadır (Şekil 10). Muhtemel olarak İznik-Mekece fayı ile Bursa fay hattında meydana gelen 29, 120, 129, 378, 378, 715 (IX şiddetinde), 1895 İznik depremleri ile 1417, 1674, 1705 ve 1855 (X şiddetinde) Bursa depremleri, İnegöl ve Yenişehir merkezleri başta olmak üzere havzanın tamamında hissedilmiş ve tahripkar etkiler yapmıştır (Özcan, 1999: 73). Havzanın doğusunda Bilecik çevresinde meydana gelen 1794, 1862 depremleri, güney-güneybatıda 1886, 1896 depremleri havza sınırları içerisinde hissedilmiş ancak etki düzeyi düşük olmuştur. Havzanın kuzeyinde KAF

hattında meydana gelen depremler, şiddeti oldukça büyük olduğundan kuvvetle muhtemel Göksu Çayı Havzası'nda hissedilmiştir (Ambraseys ve Finkel, 2006: 14).

Göksu Çayı Havzası ve yakın çevresinde 1900-2020 yılları arasındaki (aletsel dönem) dönemde büyüklüğü değişen birçok depremin dağılışını tespit etmek için havzanın orta noktası belirlenmiş (40,129 K-29,610 D) ve bu noktadan 100 km yarıçapında daire oluşturulmuştur. Daha sonra Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırmaları Enstitüsü'nden 4 ve üzeri büyüklükteki (magnitüd) depremlerin koordinatları ve büyüklükleri CBS ortamına aktarılarak incelenmiştir. Elde edilen daire içerisinde 236 deprem tespit edilmiştir. Bu depremlerin büyüklük açısından frekans dağılımına bakıldığında 184'ü 4-4,9 arasında 47'si, 5-5,9 arasında 4'ü 6'dan büyük ve sadece 1'i 7'den büyük olduğu anlaşılmaktadır. Depremlerin dağılış yoğunluğunun İzmit Körfezi, Yalova-Çınarcık çukurluğu, Gemlik-Mudanya-Bursa hattında ve Domaniç-Tavşanlı fay zonlarında oluştuğu görülmektedir. 17 Ağustos 1999 'da 7,4 büyüklüğünde meydana gelen Gölcük (Kocaeli) depremi, çalışma alanı dahil Marmara Bölgesi ve daha geniş alanlarda hissedilmiştir. Bu depremin dışında; 02.05.1928 Harmacık-Bursa (6,1) depremi, 20.01.1956 Tepebaşı-Eskişehir (6,4) depremi, 18.09.1963 Adalar-İstanbul (6,3) depremi, 08.07.1978 Tavşanlı-Kütahya (6,0) depremi araştırma sahasında hissedilen diğer depremlerdir.

Tablo 1: Göksu Çayı Havzası'nda meydana gelmiş depremler

	Tarih	**Saat**	**Büyüklük**	**Derinlik**	**Yer**
1	09.08.1939	23.43	5,3	60 km	Aksutekke-Bozüyük (Bilecik)
2	24.10.1957	02.33	4,9	10 km	Nazifpaşa-Pazaryeri (Bilecik)
3	22.11.1973	14.54	4,4	0,8 km	Çiftlik-Osmaneli (Bilecik)
4	11.05.1978	16.35	4,3	10 km	Karacaahmet-Yenişehir (Bursa)
5	21.10.1983	20.34	5.0	12	Şevketiye-Kestel (Bursa)
6	02.11.1983	22.53	4,6	4 km	Esenköy-İnegöl (Bursa)
7	30.12.1983	04.40	4,0	7 km	Yeniceköy-İnegöl (Bursa)
8	28.03.1994	16.58	4,0	9 km	Osmaneli (Bilecik)
9	19.08.1995	19,57	4,3	17	Subaşı-Yenişehir (Bursa)
10	06.08.2013	19.18	4,0	7,5 km	Çamlıyayla-Bozüyük (Bilecik)

Kaynak: Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Enstitüsü

Aletsel dönemdeki depremlerden on tanesi Göksu Çayı Havza sınırları içerisinde meydana gelmiştir. Bunlardan 24.10.1957 Nazifpaşa-Pazaryeri, 21.10.1983 Şevketiye-Kestel'deki depremler ile 09.08.1939 Aksutekke-Bozüyük'de 5,3 büyüklüğündeki deprem en şiddetli depremleri oluşturmaktadır (Tablo 1). Depremler, İnegöl ve Yenişehir ile kırsal yerleşmelerde hissedilmiş bazı binalarda hafif hasarlar oluşturmuştur. Bu depremlerin dışında havza sınırları içerisinde farklı büyüklükte depremler meydana gelmiştir. Büyüklükleri fazla olmayan depremlerin havza alanı içerisinde tahripkar etkisi olmamıştır. Elde edilen veriler 120 yıllık süreç içerisinde havza alanında büyük tahripkar depremlerin çok az meydana geldiğini

göstermektedir. Ancak havzanın geniş alan kaplaması ve yakın çevredeki aktif faylardan etkilenmesi bu dönemdeki diğer depremlerden etkisinin hissedilmesine neden olmaktadır.

AFAD (2018) verileri ile oluşturulan deprem tehlikesi haritasına göre; Göksu Çayı Havzası'nın batısı ve kuzeyi yüksek tehlike ihtiva etmekte, doğuya doğru tehlike düzeyinin azaldığı anlaşılmaktadır. Ancak verilerin sadece fay hattı ve yer ivmesi içermesi, depremin tahripkar etkisini denetleyen birçok parametreyi içermemesinden dolayı deprem riskini tam anlamıyla yansıtmadığı bir gerçektir. Havzanın hemen kuzeyinde bulunan İznik fayı ile İnegöl fayı ve devamı olan Bursa fayının deprem riskini arttıracağı kesindir. Ayrıca alüvyal dolgulu zeminde kurulan İnegöl ve Yenişehir merkezlerinin olası depremlerde sıvılaşma potansiyelleri, riski daha yüksek düzeylerde yaşayacağı diğer kesin olan durumdur. Havzanın doğusunda ise deprem riski daha düşüktür.

1.1.5. Jeolojik Oluşum ve Gelişim

İnceleme sahasının jeolojik gelişimi yerel ve kıtasal ölçekteki hadiselerle meydana gelmiştir. Havza, Prekambriyen ve Paleozoik de muhtemelen denizel-okyanus bir ortam altında bulunmaktaydı. Bu dönemde ada görünümünde olan masif arazileri Uludağ kütlesi ve diğer kütleler meydana getirmekteydi. Özellikle Uludağ masifinde jeosenklinallerde çökelen sedimanlar, Hersinyen kıvrımlarıyla şekillenmiş, bu sırada magmatik intrüzyon şeklinde granodiyoritler bu alana sokulmuştur (Hoşgören, 1975: 92; Köpük, 2003: 47). Mezozoik ile birlikte saha, karasal ortama geçiş yapar. Triyas ve Kretase'den itibaren havzada kireçtaşları çökelmeye başlamıştır. Bayırköy ve Bilecik formasyonlarının bu dönemde oluşması kuvvetle muhtemeldir. Mezozoyik'teki transgresyonlar, sedimanların ilk olarak çökelmesini, duraklamasını ve tekrar tortullaşması sağlamış daha sonra meydana gelen regresyon hadisesi ile çökelme durmuştur (Kayacılar, 1999: 50). Mezozoyik sonlarına kadar aşınan eski yüzeyler aynı zamanda birçok defa transgresyonların etkisinde kalarak daha eski depoların altında kalmış ve sonradan sıyrılarak fosil yüzeyler haline gelmiştir.

Paleosende denizel ortam özelliğine geçen inceleme sahası çevresinde, kıta kıta çarpışması sonucu Neo-Tetis denizi ortadan kalkmış, Sakarya zonu ve Tavşanlı zonları birbirine tektonik olarak temas ederek kenet kuşağını oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1983: 28). Alp orojenezi kıvrılmalara yol açmış, formasyonların tektonik yapısında şekillenmeler ve çukurlaşmaların meydana gelmesine neden olmuştur. Çukurlaşmalar ise muhtemelen bir senklinal özeliğinde olmuş ve gölsel ortamın vukuu bulmasını sağlamıştır. Üst Oligosen-Miyosen arasındaki göl ortamı, yükseklerdeki malzemenin çukur alanlara dolmasına ve sübsidans yapının oluşmasına neden olmuştur (Hoşgören, 1975: 84). Farklı aşınım süreçleri geçiren sahada en son aşınmadan sonra özellikle İnegöl Havzası'nın güney kenarlarını kuzey

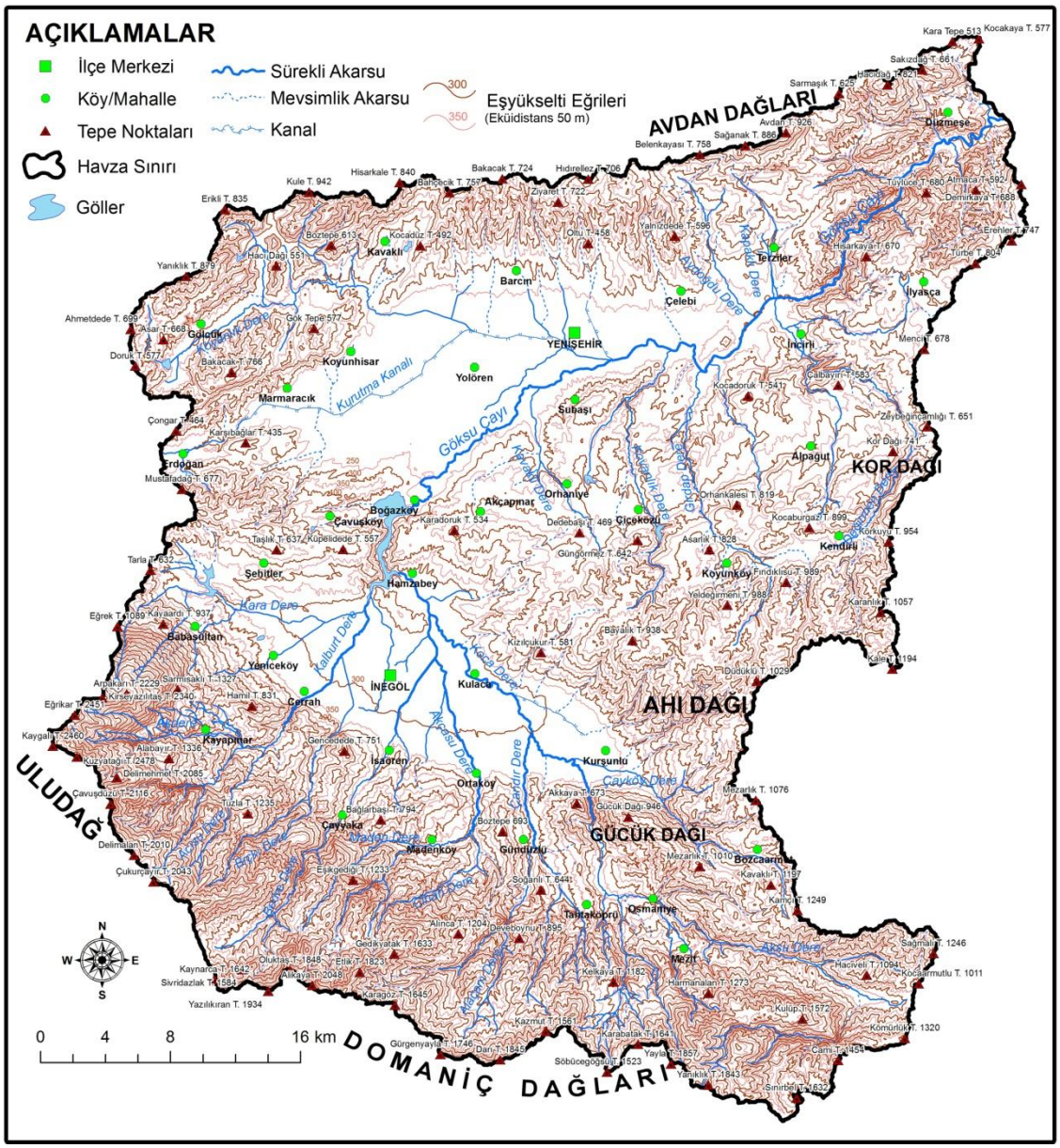
kenarlarına oranla daha faza yükselten epirojenik hareketlere maruz kalmışlar (Ardel, 1943: 165). Üst Miyosen'den itibaren etkili olan epirojenik hareketler çukur alanlarda gölsel ortam oluşumu sağlamış, bu dönemde flüvyal aşındırma faaliyetleri hızlanmış, çökelmeler ise gölsel ortamın sığlaşması ile artmıştır. Orta Miyosen'den itibaren KAF zonunun etkisinin artması havzanın jeolojik evriminde neo-tektonik hareketlerin etkili olmasına neden olmuştur (Ardel, 1947: 97; Yaltırak ve Sakınç, 2002: 300).

Havzanın, Alt-Orta Miyosenden itibaren gölsel ortamların çekilmeye başlaması, epirojenik hareketlerle yükselerek kara haline geçmesi ve Anadolu karasının büyük çoğunluğunda etkili olan peneplenleşme ile aşınmaya uğradığı kuvvetle muhtemeldir. Miyosenden itibaren KAF ve tektonik doğrultular, İnegöl ve Yenişehir havzalarının ortaya çıkmasını sağlarken, kuzeyde İznik fayı ve devamındaki aşınım yüzeyi özelliğindeki dağlık sahalar, havzanın sınırlarını ortaya çıkarmaya başlamıştır (Kayacılar, 1999: 183). Havzanın güneyinde de etkisini gösteren genç tektonik hareketler bu alandaki KB-GD fay yönelimi ortaya çıkarmış, Uludağ ve Domaniç kütlesinin yükselmesini sağlayarak alçakta bulunan Neojen birimlerinin yükseklere doğru çıkmasına neden olmuştur. Miyosen sonlarından itibaren iklim salınımları ile kuraklaşan ortamdaki gölsel rejim ortadan kalkmış ve sedimanlar havzaların taban çukurlarının kenarlarında çökelmiştir. Miyosen-Pliyosen'den itibaren neo-tektonik etkenlerle bölgede yükselme ve çanaklaşmalar başlamıştır. Daha önceki dönemde belli belirsiz geliştiği düşünülen vadiler ortaya çıkmış ve tektonik hatlara uyumlu olarak derine kazma faaliyetini meydana getirmişlerdir (Hoşgören, 1975: 67). Bu durum sahanın drenaj şebekesinin oluşmasının ve Sakarya Nehri ile bağlantısının ortaya çıktığının kanıtlarındandır. Pliyosen sonunda tekrar vukuu bulan neo-tektonik etkenler, şiddetli ve düşey yönlü faylanmalarla drenaj şebekesinin, sürempoze vadilerin, aşınım satıhlarının oluşmasına, formasyonların parçalanmasına ve dokanaklı yapı oluşturmasına neden olmuştur. Pleyistosenle bölgede flüvyal aşındırma canlanmış özellikle kuzey ve güneydeki kesimlerden aşındırılan-taşınan malzemeler, yamaçlar ve havza tabanlarına çökelmiştir. Bu dönemde karstlaşma olayları da görülmüştür. Holosen'de ise flüvyal aşındırma ve biriktirme faaliyetleri alüvyal sahaları oluşturmuş, tektonik hareketler ile eğim ve doğrultu atımlı faylanmalar meydana gelmiştir. Holosen ve günümüze yakın dilimde İnegöl ve Yenişehir havza tabanları, Uludağ, Domaniç ve Ahı Dağı gibi yüksek kütlerlerden gelen akarsuların aşındırdığı malzemelerin biriktiği alüvyal tabanlı ova alanlarına dönüşmüştür. Günümüze yakın dönemde ise havzada neo-tektonik etkenler ve flüvyal süreçler jeolojik evrimi şekillendirmiştir.

1.2. Jeomorfolojik Özellikler

Göksu Çayı Havzası'nda iç ve dış dinamik koşullar ile süreçlerin etkisiyle birçok farklı jeomorfolojik birimler gözlemlenmektedir. Araştırma sahası morfolojik açısından havza

görünümündedir. Bu görünüm, havzanın tabanında yükselti-eğim değerleri az olan ova sahasının ve çerçevede ise daha yüksek kütlelerin mevcut olmasını sağlamıştır (Şekil 11). Ancak Göksu Çayı Havzası kendi içersinde farklı birtakım özellikler göstermektedir.



Şekil 11: Göksu Çayı Havzası'nın topografya haritası

Havzanın güneyi ve kuzeyi iki farklı alt havza ile ovanın gözlemlendiği alanlardır. Bu bakımdan havzanın kuzey ve güneyi, havza ortasındaki epijenik boğaz (günümüzdeki Boğazköy Barajı mevkii) ve çevresine göre hafif yüksek rölyef ile birbirinden ayrılır. Bu durum, havzanın kuzey ve güney kesimi için jeomorfolojik koşulların, yükselti, eğim ve bakı gibi topografik unsurların değişiklikler göstermesine neden olmuştur. Havzanın taban kesimini İnegöl ve Yenişehir ovaları meydana getirir. Taban kısmından yüksek çerçeveye doğru plato sahaları diğer başlıca jeomorfolojik unsurlardır. Plato alanları farklı jeolojik dönemlerde aşınmaya uğramış ve günümüzde aşınım yüzeylerini barındırmaktadır. Yüksek kütleleri ve dağlık alanları

havzanın güneyinde Uludağ ve Domaniç dağları, doğuda Ahı Dağı, Gücük Dağı ve Kor Dağı, kuzeyde Avdan Dağları ve kuzeybatıda Gürle Dağlarının uzantısındaki tepelik alanlar meydana getirir (Şekil 11). Havzada flüvyal aşındırma sonucu birçok alanda oluşmuş, yamaç eğimi ve derinliği farklılık gösteren vadiler mevcuttur. Ayrıca havzanın eşiklerini oluşturan boğazlarda diğer morfolojik birimlerdir. Havzada elamanter jeomorfolojik birimlerde çeşitlilik arz eder.

1.2.1. Topografik Özellikler ve Analizleri

1.2.1.1. Yükselti Analizleri

Araştırma sahasında yükselti basamaklarının dağılışı ve kapladığı alanlar havzanın çeşitli kesimlerinde farklılıklar göstermektedir. Havzanın en alçak yeri 85 m iken en yüksek yeri 2517 m seviyesindedir. En alçak sahalar, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanında görülürken en yüksek yer Uludağ zirve noktalarının havza sınırları içerisinde kalan bölümünde gözlemlenir. Havzanın yükselti amplitüdü 2432 m, ortalama yükselti seviyesi 648,7 m'dir. Göksu Çayı Havzası'nın kuzey kesiminde yükseltiler 1000 m seviyesini geçmez iken güney kesiminde Uludağ ve Domaniç Dağları'nın etkisiyle 2000 m seviyesini aşmaktadır (Şekil 12).

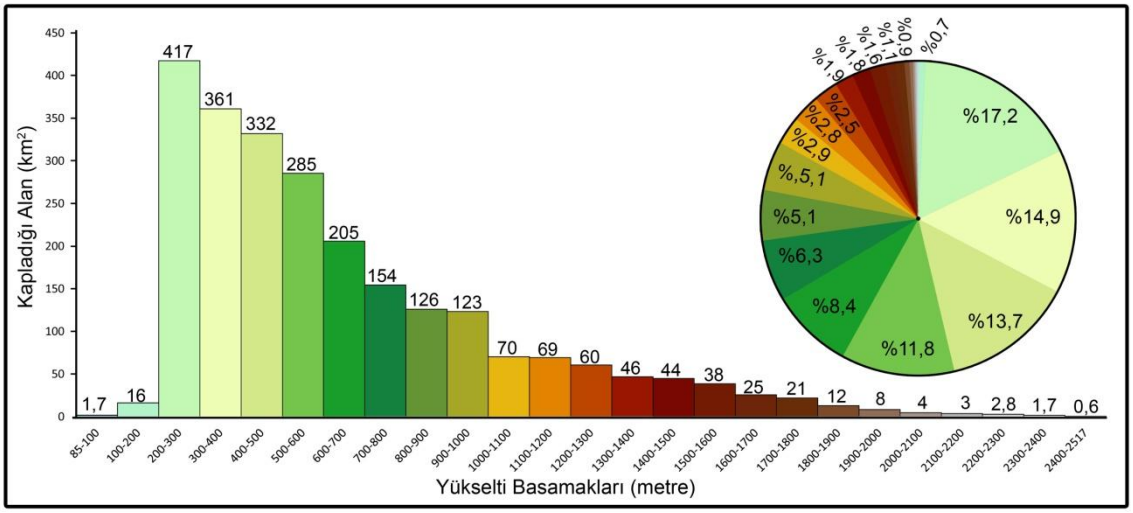
Havzadaki yükselti basamaklarını 100 m aralıklarla değerlendirdiğimizde, en çok alan kaplayan yükseltinin 200-300 m olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 13). Toplam havza alanının % 17,2'sini oluşturan bu yükselti aralığı 417,47 km^2'lik saha kaplamaktadır. Bu durumun oluşmasındaki temel jeomorfolojik unsur ise havzanın tabanını meydana getiren Yenişehir ve İnegöl ovalarının bu yükselti aralığında olmasıdır. İnceleme havzasının en alçak yükselti aralığı olan 85-100 ve 100-200 m aralığı ise oldukça dar bir alanda dağılış gösterir. Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim noktasında gözlemlenen 85-100 m aralığı sadece 1,7 km^2'lik alanı oluşturur. 100-200 m aralığı ise havzanın % 0,7'sini oluştururken 16,12 km^2'lik alan kaplamaktadır.

Araştırma sahasında 300-400 m aralığı 316,13 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın %14,9'unu oluşturmaktadır (Şekil 13). Bu yükselti seviyesi, havza tabanını oluşturan ova sahalarından çerçeveye doğru yükseltinin arttığı yamaçlarda, sırtlarda, birikinti konilerinde ve akarsu vadilerinde gözlemlenmektedir. 400-500 m seviyesi 332,12 km^2'lik alanı oluştururken 500-600 m aralığı 285,58 km^2, 600-700 m seviyesi 205,95 km^2'lik alan kaplamaktadır. Bu sahalar genel olarak aşınım yüzeyleri ve plato alanlarına tekabül eder. Havzada 700-800 m seviyesi 154,4 km^2, 800-900 m 126,2 km^2 ve 900-1000 m aralığı 123,48 km^2'lik alan kaplamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda 1000 m ve üzerindeki yükselti seviyeleri genel olarak daha dar alanda görülmektedir. Bu seviyelere havzanın güneyindeki Uludağ, Domaniç Dağları ve havzanın doğusundaki Ahı Dağı'nda rastlanılmaktadır. 1500 m seviyesinden daha yüksek

sahalar sadece havzanın güney kesimindeki Uludağ kütlesi ve Domaniç Dağlarında gözlemlenmektedir. Bu yükselti seviyeleri havzanın toplam alanı içerisinde oldukça az alan kaplamaktadır. 2000 m seviyesinden daha yüksek alanlar Domaniç Dağlarındaki bazı zirve noktalarında ve çoğunlukla Uludağ kütlesinde görülür.

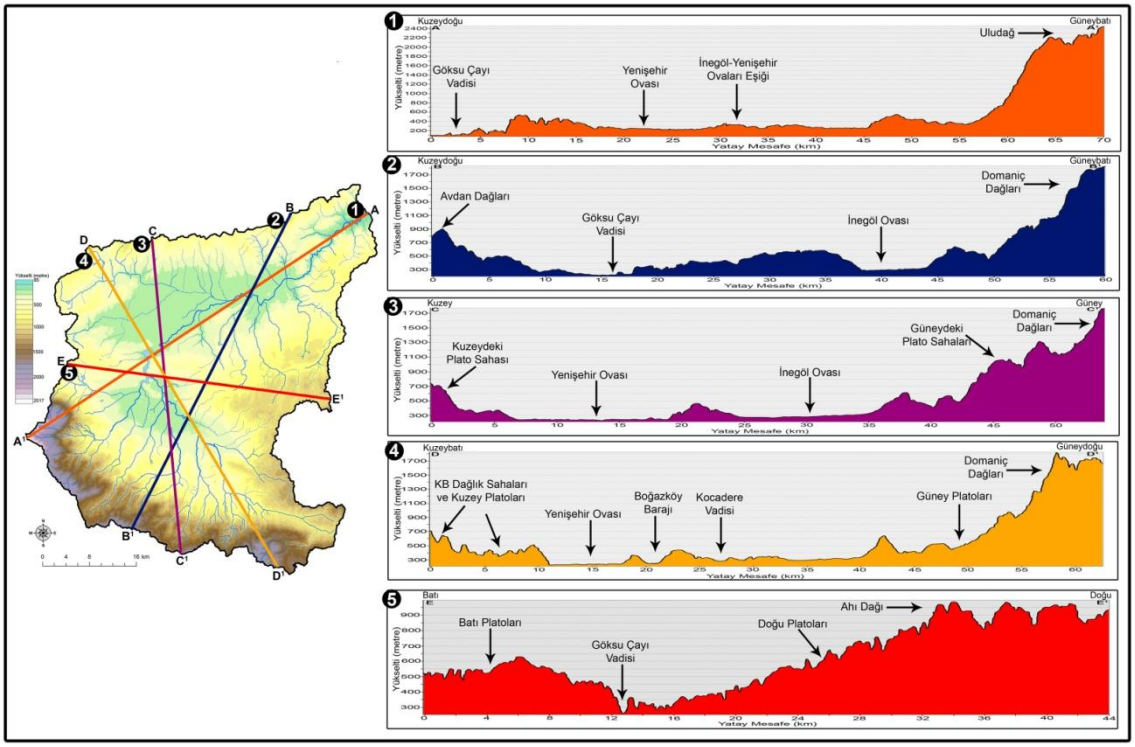


Şekil 12: Göksu Çayı Havzası'nın yükselti basamakları haritası



Şekil 13: Göksu Çayı Havzası yükselti basamaklarının sayısal değerleri

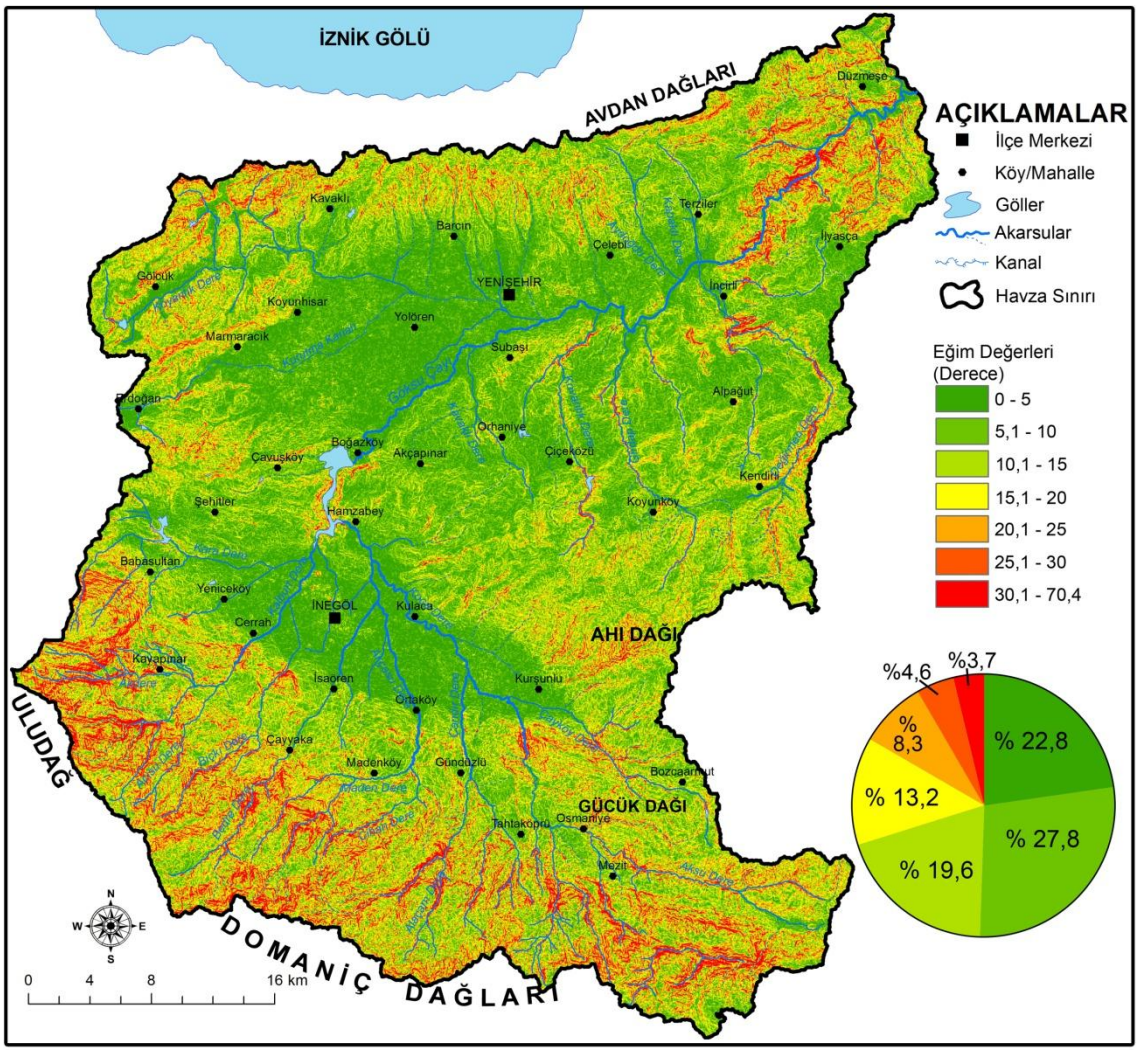
İnceleme sahasının yükselti analizlerinin dağılışında ani değişimlerin olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle havzanın büyük kesimini kaplayan 500 m seviyesine kadar olan yükseltilerin, havzanın çerçevesini oluşturan alanlarda aniden değiştiğini bu durumun jeomorfolojik koşulları etkilediği görülmektedir (Şekil 14). Havzanın farklı noktalarından alınan profil kesitleri yükselti değişimin boyutlarını belirgin şekilde göstermektedir (Şekil 14). Havza tabanını oluşturan İnegöl ve Yenişehir ovalarından itibaren yükselti hafif eğimle devam ederken tektonik çizgisellik, flüvyal etkenler ile birlikte ani değişimlerin gözlemlenmesine neden olmaktadır. Ani yükselti değişimleri havzanın güneyindeki yüksek çerçevede, kuzeybatıdaki aşınım sahasında daha belirgindir (Şekil 14).



Şekil 14: Göksu Çayı Havzası'ndaki belli noktalar arasında alınmış profil hatları

1.2.1.2. Eğim Analizleri

Göksu Çayı Havzası'nın jeolojik-jeomorfolojik yapısı iç ve dış dinamik süreçlerin etkisinde şekillendiği için arazi yüzeyinin yükselti durumu çeşitlilik arz eder. Mevcut durumun aynı zaman kısa mesafelerde aniden değişmesi ya da geniş bir alanda düz, düze yakın bir yüzey bükülüğüne sahip olması eğim değerlerinin kantitatif durumu ve dağılışını etkilemiştir.



Şekil 15: Göksu Çayı Havzası'nın eğim haritası

Göksu Çayı Havzası'nda eğim değerleri ve dağılışı incelendiğinde; düz ve düze yakın sahaların olduğu 0^0-5^0 arasındaki eğime sahip alanlar 553,86 km^2'lik alan kaplamakta ve havza toplam alanının % 22,8'ini oluşturmaktadır (Şekil 15). Bu alanlar, havzanın tabanını oluşturan İnegöl ve Yenişehir ovaları, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanı, Aksu Dere'nin yukarı çığırı, Koyanlık-Bahçecik Dereleri yatağı, Karadere çevresi, Yenişehir Ovası-Bursa Ovası eşiği ve Alpağut-Akçapınar arasındaki hafif yüksek aşınım yüzeylerinde gözlemlenmektedir. Göksu Çayı Havzası'nda 5^0-10^0 arasındaki eğim değerleri 677,49 km^2'lik alan kaplamakta ve havza toplam alanının % 27,8'ni oluşturmaktadır. Havzada en çok görülen eğim değerleri 5^0-10^0

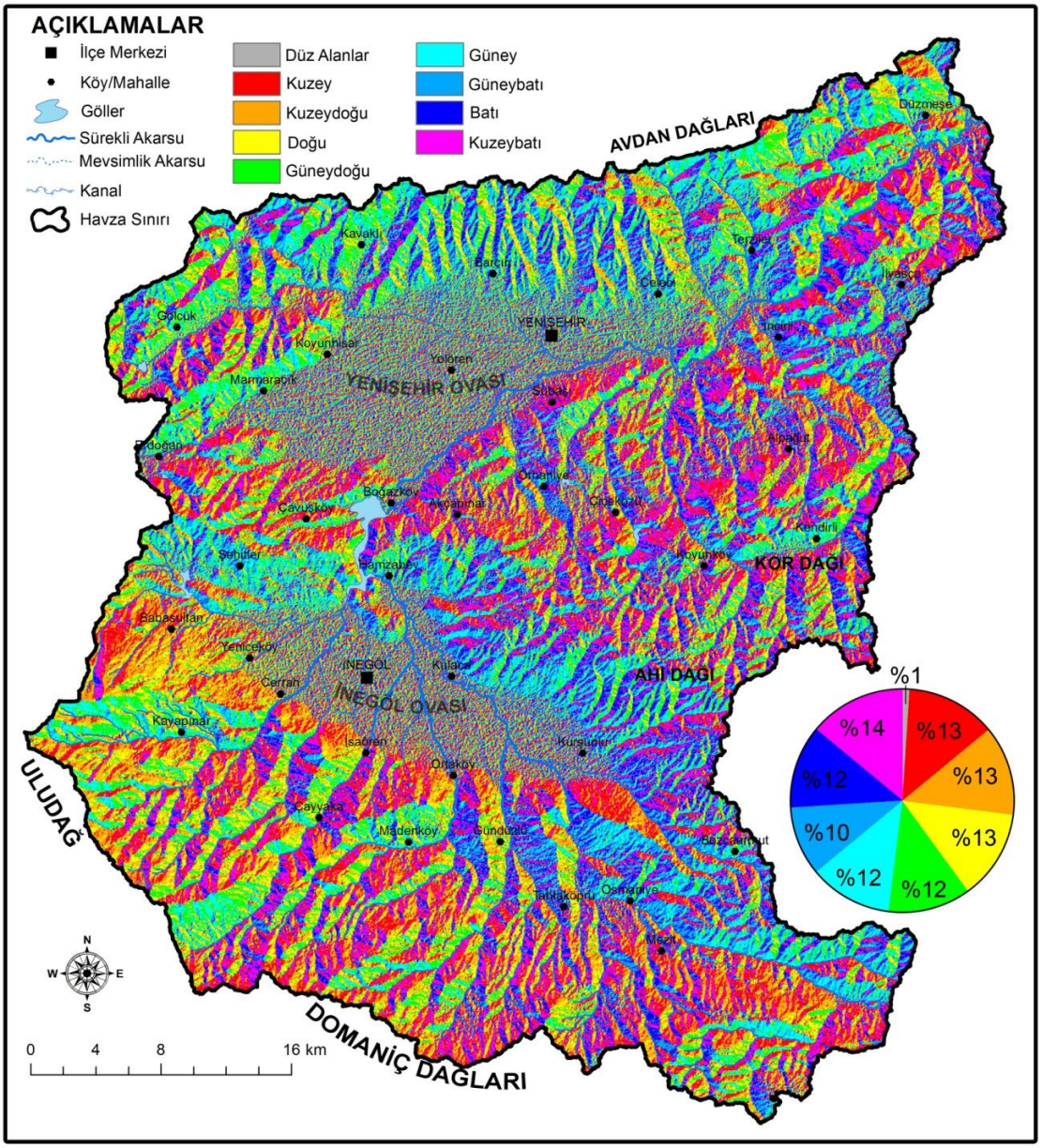
arasındaki değerler olup 0^0-5^0 ve 5^0-10^0 arasındaki değerlerin toplamı düşünüldüğünde, bu iki eğim değeri havza toplam alanının % 50,6'sını meydana getirmektedir. Göksu Çayı Havzası'nın yarısı düz, düze yakın ya da hafif eğimli arazilerden müteşekkildir. Havzada 5^0-10^0 arasındaki eğim değerleri; İnegöl-Yenişehir ovalarının yakın çevresindeki hafif arızalı topografyada, vadi tabanlarında ve yamaçlarda, aşınım yüzeylerinde ve kuzeydeki akarsu yataklarında gözlemlenmektedir.

İnceleme sahasında 10^0-15^0 arasındaki eğim değerleri 478,88 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 19,6'sını oluşturmaktadır. Bu alanlar inceleme sahasında ova-plato geçiş sahasında, birikinti konileri ve ile vadilerde gözlemlenmektedir (Şekil 15). Havzada, 15^0-20^0 arasındaki eğim değerleri 321,86 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 13,2'sini oluşturmaktadır. Bu eğim aralığı, havzanın kuzeyinde Avdan Dağları yamaçlarında, Ahı Dağı plato sahası ve aşınım yüzeylerinde, Domaniç Dağları ve Uludağ'ın yamaçlarında gözlemlenmektedir (Şekil 15). Havzada 20^0-25^0 arasındaki eğim değerleri 201,19 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 8,3'ünü oluşturmaktadır. Bu eğim değerleri, havzanın kuzeydoğusundaki Göksu Çayı vadisinde ve epijenik boğaz alanında, Boğazköy civarında, Avdan Dağları, Kor Dağı, Ahı Dağı, Gücük Dağı, Domaniç Dağları ve Uludağ'ın yamaçlarında yer alır. Göksu Çayı havzasında 25^0-30^0 arasındaki eğim değerleri 112,45 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 4,6'sını oluşturmaktadır. Havza'da 30^0 ve daha üst seviyelerdeki eğim değerleri ise 91,87 km^2'lik alan kaplamakta ve toplam havza alanının % 3,7'sini meydana getirmektedir. Yüksek eğimli sahalar, Uludağ, Domaniç Dağları ve Ahı Dağı'nın yüksek kesimlerinde akarsular tarafından aşındırılmış arızalı topografyada, İncirli-Düzmeşe arası Göksu Çayı vadisinde, Gölcük-Kavaklı arasındaki akarsu vadilerinde gözlemlenmektedir. Havzada eğim değerlerinin çok yüksek olduğu alanlar birtakım yerlerde yoğunlaşmıştır. Bu sahalar daha çok Uludağ ve Domaniç Dağları'nın yüksek kesimlerindeki flüvyal ve tektonik etkenlerin ortak süreçleriyle oluşmuş dar derin vadilerde, vadilerin yamaçlarda ve havzanın kuzeydoğusunda Göksu Çayı'nın Sakarya Nehri'ne doğru epijenik boğaz vadisi ve çevresinde gözlemlenmektedir. Bu alanlarda eğim değerleri 70^0 seviyesine ulaşmaktadır. Havzada, 50^0-70^0 arasındaki eğim değerlerinin görüldüğü bu sahalar akarsuların vadi yamaçlarına ve fay dikliklerine tekabül etmektedir.

2.2.1.3. Bakı Analizleri

Havzada bakı yönlerinin (yamaç yönelimi) tamamının birbirine oldukça yakın değerlerde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın taban kısmını oluşturan İnegöl ve Yenişehir ovalarının bulunduğu alan hariç havzanın arızalı topografik görünüme sahip olması, havza çerçevesinin yüksek kütlelerden meydana gelmesi bu durumun oluşmasındaki temel nedendir. Dağlık kütlelerden kaynaklarını alan akarsuların flüvyal etkileri sonucu rölyefin

aşındırılması ve farklı yönelimli yamaçlar, sırtlar oluşturması, tektonik etkenlerin oluşturduğu çizgisellikler ve diğer iç ve dış faktörler havzanın bakı durumunun çeşitlilik arz etmesini sağlamıştır.



Şekil 16: Göksu Çayı Havzası'nın bakı haritası

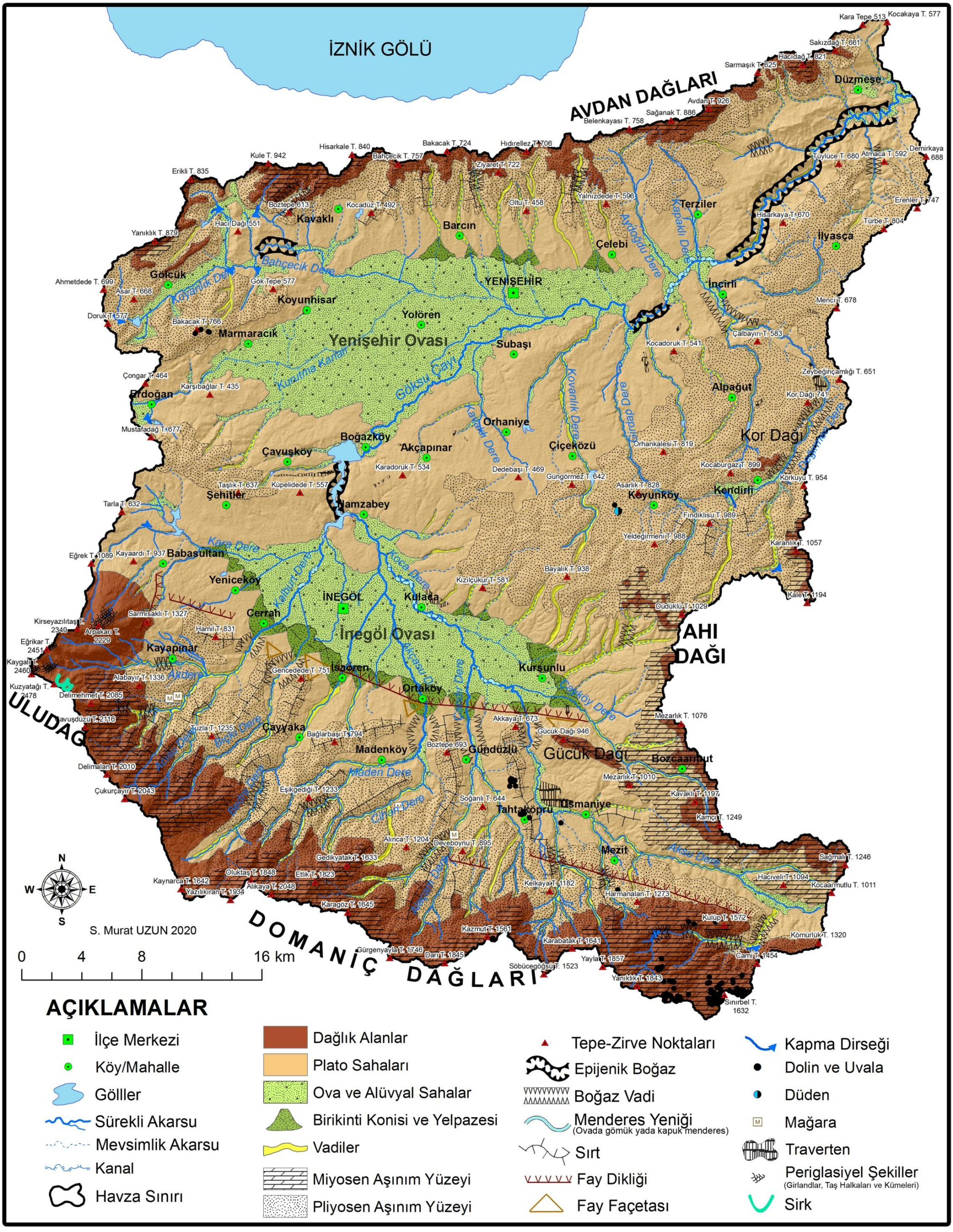
Havzanın bakı durumu ana ve ara yönler olarak analiz edildiğinde en çok alan kaplayan yönün 338,28 km^2'lik alanı ile kuzeybatı olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 16). Kuzeybatı yönüne bakan yamaçlar toplam havza alanının % 14'ünü meydana getirmektedir. Bakı analizinde düz araziler ise 17,48 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın sadece % 1'ini teşkil etmektedir. Kuzey, kuzeydoğu ve doğu yönlerinin her biri havzanın % 13'ünü oluşturur. Kuzeye bakan yönler 327,88 km^2, kuzeydoğu yönü 312,81 km^2 ve doğu yönü 312,69 km^2'lik alan kaplamaktadır. Güneydoğu yönlü alanlar 297,33 km^2, güneye bakan sahalar 284,59 km^2 ve

batıya dönük araziler 298,53 km^2'lik alan kaplamakta ve her biri havzanın % 12'sini oluşturmaktadır. Güneybatıya dönük araziler ise 247,99 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 10'unu oluşturmaktadır. İnceleme sahasında bakı yönlerinin çok fazla değişkenlik göstermemesine rağmen kuzey yönlü yamaçların daha fazla alan kaplamasının nedeni; sahanın güney sınırını teşkil eden Uludağ ve Domaniç Dağlarının varlığıdır. Bakı faktöründe etkili olan dağların uzanış doğrultusu dışında akarsuların tektonik hatlara uygun yaptığı aşındırma etkisi de oldukça fazladır. Özellikle havzanın kuzeydoğu kesiminde Göksu Çayı vadisinin ve kollarının yamaç yönelimi bu durumu ortaya koyar. Havzanın güney sınırına göre daha alçak yükseltilerde olan kuzey sınır, hem daha dar alanlı olduğu hem de uzun boylu akarsuları ihtiva edemediği için bakı analizinde güney ve güneybatı yönlü yamaçlar biraz daha az alan kaplamaktadır.

Bakı analizi ana yönler (kuzey, güney, doğu ve batı) olarak incelendiğinde; havzanın topografik yapısı, ana jeomorfolojik unsurların uzanış doğrultusu, flüvyal ve tektonik süreçlerin etkisi daha belirgin anlaşılmaktadır. Kuzey yönlü araziler 653,61 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 27'sini oluşturmaktadır. Bu alanlar daha çok Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı, Gücük Dağı ve Kor Dağı'nda yamaçların yönelimini oluşturmaktadır. Kuzey yönlü alanların fazla olması, havzanın güney çerçevesinin uzanış doğrultusuna, buradaki yüksek kütlelerin kapladığı alanın fazla olmasına, ana akarsuyun akış istikametine buna bağlı olarak konsekant ve subsekant akarsuların aşındırma yönüne, tektonik çizgiselliklerin uzanışa bağlıdır. Doğu yönlü alanlar 616,75 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 25'ini oluşturmaktadır. Batıya bakan sahalar 593,07 km^2'lik alan kaplamakta ve havza alanının % 24'ünü teşkil etmektedir. Daha dar bir sahada görülen güney yönlü araziler 555,45 km^2'lik alan kaplamakta ve toplam havza alanının % 23'ünü oluşturmaktadır.

1.2.2. Göksu Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Birimleri

Göksu Çayı Havzası, çerçeveyi oluşturan dağlık alanlardan, bu çerçeve ile havza tabanı arasındaki flüvyal etkenlerle parçalanmış alçak-yüksek plato sahalarından, havza tabanındaki ova alanlarından, birikinti konilerinden, vadilerden, sırtlardan ve diğer jeomorfolojik birimlerden müteşekkildir. Ana jeomorfolojik unsurların dışında havzada elemanter birimlerde gözlemlenmektedir (Şekil 17). Bu unsurları flüvyal etkenlerin oluşturduğu morfolojik birimler, karstik şekiller, tektonik etkenli oluşan yüzey şekilleri ve Uludağ'da gözlemlenen glasiyal-periglasiyal şekiller oluşturmaktadır.



Şekil 17: Göksu Çayı Havzası'nın jeomorfoloji haritası

Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyinde 900 m seviyesini aşamayan Avdan Dağları ile Gürle Dağlarının uzantısını oluşturan tepelik alanlar yer alırken, havzanın güneyinde 2500 m.lik Uludağ kütlesi ve 2000 m seviyesine ulaşan Domaniç Dağları bulunmaktadır (Şekil 17). Bu alanlar havzanın çerçevesini meydana getirirken, zirve kesimlerinden oluşan su bölümü hattı ile havzanın sınırlarını teşkil etmektedir. Havzanın doğusunda 1000 m seviyesindeki Ahı Dağı yer almaktadır. Dağlık alanlardan havza tabanına doğru plato sahaları yer almaktadır. Bu alanlar irili ufaklı birçok akarsu tarafından aşındırılmış ve parçalanmıştır. Bu nedenle havzada geniş alan kaplayan plato sahaları arızalı bir topografik görünüme sahiptir. Plato yüzeylerinde, dar ve derin vadiler, boğaz vadiler, epijenik boğazlar da bulunmaktadır. Akarsuların havzanın özellikle kuzey ve güney kesimlerindeki aşındırma faaliyetleri ile taşıdığı malzemeyi eğimin azaldığı ovaya geçiş bölümünde biriktirmesi ile birikinti konileri oluşmuştur. Göksu Çayı Havzası'nın taban kesiminde ise tektonik olarak faylarla sınırlanmış çukurluk alanlarında alüvyal tabanlı ovalar bulunmaktadır. Havzanın güney kesiminde İnegöl Ovası, kuzey kesimde Yenişehir Ovası yer almaktadır. Bu iki ova tabanı, plato yüzeyi, Boğazköy barajının bulunduğu ve güneyden gelen akarsuların derine kazması ile oluşmuş epijenik boğazla birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu sınır aynı zamanda Göksu Çayı Havzası'nı Yenişehir ve İnegöl havzaları olarak iki jeomorfolojik-hidrografik havzaya da ayırmaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın kuzey bölümünü oluşturan Yenişehir Havzası ile güneydeki İnegöl Havzası arasında jeomorfolojik ve topografik olarak farklılıkların olduğunu gözlemlenmektedir. Kuzey bölüm, alçak dağlık-tepelik alanlar ile geniş plato sahası ve eğimin oldukça az olduğu Yenişehir Ovası'ndan meydana gelmektedir. Güneydeki bölüm ise arızalı bir topografik görünüme sahiptir. Havzanın güney bölümünün jeomorfolojik yapısını; Uludağ, Domaniç Dağları, jeolojik mazide değişen kaide seviyeleri neticesinde aşındırılmış plato sahaları, dar ve derin vadiler, boğazlar, birikinti konileri ve havza tabanını oluşturan İnegöl Ovası meydana getirmektedir.

1.2.2.1. Dağlar

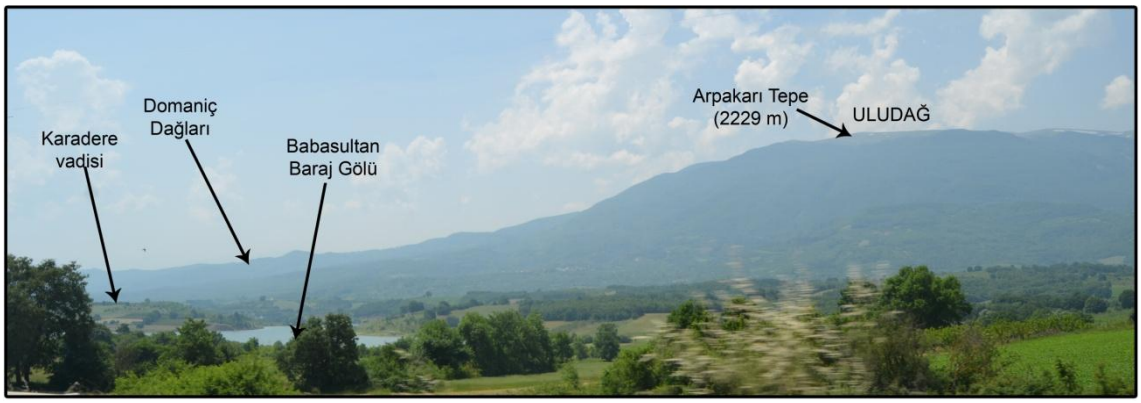
İnceleme sahasının sınırlarını meydana getiren dağlık alanları, havzanın güney-güneybatısında Uludağ, güney-güneydoğusunda Domaniç Dağları, kuzeyde Avdan Dağları, doğuda Ahı Dağı oluşturur. Dağlık sahalar havzanın güneyinde 2000 m seviyesinin üzerine çıkarken, kuzeyde Avdan Dağları kesiminde 900 m seviyesini geçememektedir. Ahı Dağı bölümünde yer yer 1000 m seviyesinin üstünde olan sahalar bulunmaktadır. Dağlık alanların yükselti korelasyonu oldukça farklı seviyelerdedir. Bu durum havzanın, jeolojik, orojenik ve epirojenik hadiseler ile tektonik hareketlerden etkilenerek farklı sahalarda çeşitli yükselme-çökmelerin yaşanmasıyla ortaya çıkmıştır.

Havzanın ana dağlık kütleleri dışında plato sahalarında mütebariz dağlık-tepelik alanlarda mevcuttur. Bu alanları; doğuda Gücük Dağı (946 m) ve Kor Dağı (741 m),

kuzeybatıdaki dağlık alanlar (Erikli Tepe. 835 m, Yanıklık Tepe 879 m) ve Hacı Dağı (551 m) teşekkül eder. Gücük Dağı, Çayköy Dere ve Cehennem Dere ile Aksu Dere arasındaki sırt bölgesinde bulunur. Dağın zirve kesimleri tesviye edilmiş ve Miyosen aşınım yüzeyine karşılık gelir. Kütlenin kuzey sınırı fay dikliğine dayanmaktadır. Bu nedenle bu kesimde eğim oranı yüksek olup orijinal yapısı bozulmuş fay façetası gözlemlenmektedir. Kor Dağı, havzanın doğu sınırında, Ahı Dağı'nın kuzeyinde Değirmen Dere ile Ay Dere arasındaki sahada yer alır. Bu alanda Kor Dağı Tepe'den (741 m) Kocaburgaz Tepe'ye (899 m) kadar plato yüzeyine göre yüksek sahalardan müteşekkildir. Havzanın kuzeybatı bölümündeki dağlık sahalar, Gürle Dağları'nın devamı olup Koca Dere ve kolları tarafından Avdan Dağları bölümü ile sınırlandırılmıştır. Sahadaki tektonik çizgisellikler dağların uzanış doğrultusunun Avdan Dağları'nın aksine KD-GB yönünde olmasını sağlamıştır. Havzanın bu bölümündeki jeolojik yapı, fay hatları ve flüvyal etkenlerle oluşan erozif faaliyetler, dağlık alanların hemen doğusunda flüvyo-karstik depresyonun meydana gelmesine neden olmuştur. Bu alandaki Hacı Dağ ise meydana gelen depresyondaki mütebariz yükseltiyi teşkil eder.

1.2.2.1.1. Uludağ

Marmara Bölgesi'nin en yüksek kütlesini meydana getiren Uludağ, havzanın güney-güneybatı kısmını oluşturmaktadır. Uludağ, Hersinyen orojenizin etkisi ile kıvrılmış ve neo-tektonik hareketlerle yükselmiş masif bir kütledir. Kütlenin temelini magma sokulumu ile meydana gelen granodiyorit plütonu oluşturmaktadır. Jeolojik birimler ise metamorfizmaya uğramış gnays, mermer, amfibolit ile düşük metamorfizmanın etkisinde kalan şist ve yarı kristalize kireçtaşıdır (Köpük, 2003: 88). Uludağ genel olarak KB-GD doğrultusunda uzanmakta, fayların kontrolünde yükselmiş ve sınırlanmıştır (Ertek, 2013: 809) (Fotoğraf 8).



Fotoğraf 8: Göksu Çayı Havzası'nın güney sınırını oluşturan Uludağ ve Domaniç Dağları

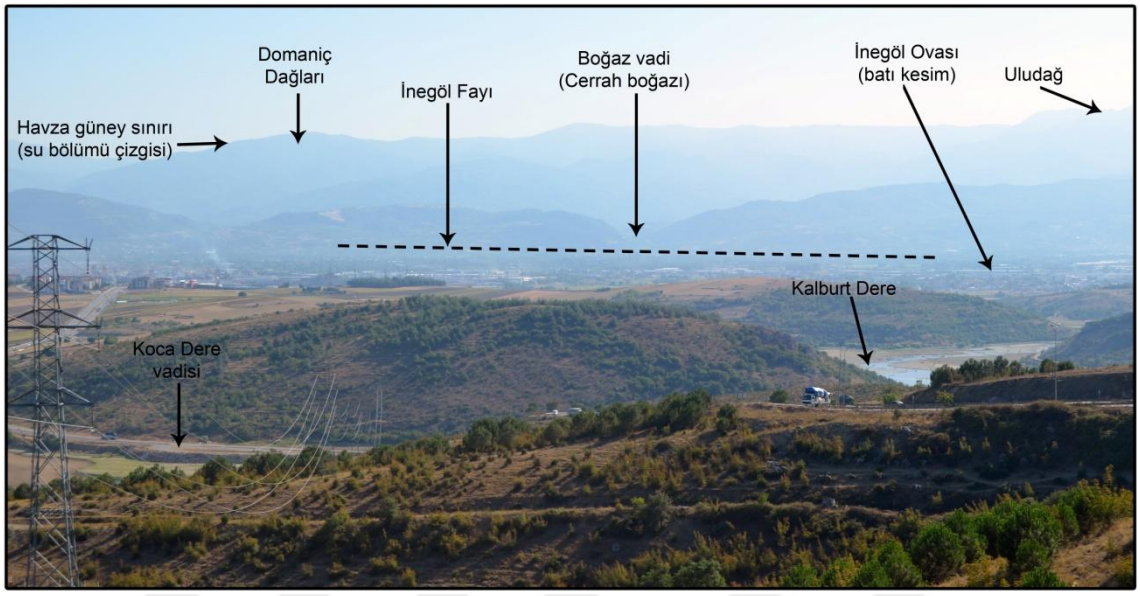
Göksu Çayı Havzası'nın güneybatı kesimini meydana getiren Uludağ, 2517 m yüksekliği ile havzanın en yüksek bölümünü oluşturur. Dağ kütlesinin doğuya doğru devamı niteliğindeki Domaniç Dağları ile olan ayrımı Bedre Dere'nin kuzeye doğru oluşturduğu vadi ve

konveks yapıdaki tepelik sahalar ile belli belirsiz sınırlanmaktadır (Ardel, 1944: 36). Havzanın güneybatısındaki Uludağ'ın zirve kesimlerini; Arpakarı Tepe (2229 m), Kirseyazılıtaş Tepe (2340 m), Eğrikar Tepe (2451), Kaygalı Tepe (2460 m), Kuzyatağı Tepe (2478 m), Delimehmet Tepe (2085 m), Çavuşdüzü Tepe (2016 m), Delimalan Tepe (2010 m) ve Çukurçayır Tepe (2043 m) oluşturmaktadır. Uludağ kütlesinin havza sınırları içerisindeki bölümünde, yükselti GB-KD doğrultusunda alçalarak 1200 m seviyesinde plato sahalarına geçilir (Fotoğraf 9). Kütlenin orojenik, epiorojenik ve tektonik etkenlerle meydana gelen ana yapısı dış kuvvetler tarafından erozif faaliyetlerle tesviye edilmiştir. Flüvyal süreçler dışında, jeolojik dönemlerdeki klimatik koşullardan etkilenen dağ kütlesi üzerinde glasiyal-periglasiyal morfoloji birimleri oluşmuştur (Erinç, 1949: 81: Erinç, 1957: 92; Türkeş ve Öztürk, 2008: 388; Türkeş ve Öztürk, 2011: 244). Uludağ kütlesinin 2500 m civarındaki zirveler düzlüğü esasen havza sınırları içerisinde dar bir alanda görülmektedir. 2400 m seviyesindeki alanlarda ise zirveler bulunmakta ve daha alçak seviyelere doğru flüvyal süreçlerin meydana getirdiği vadiler, bunun sonucunda da yüksek eğimli yamaçlar-sırtlar görülür.

1.2.2.1.2. Domaniç Dağları

Göksu Çayı Havzası'nın güney sınırı ile güneydoğu kesimini meydana getiren Domaniç Dağları, Uludağ'dan sonra yükselti seviyesinin en fazla olduğu alanı oluşturur. Batıda Kaynarca Tepe (1642 m) ile başlayan kütle, havza sınırlarının en doğusunda Kömürlük Tepe (1320 m) ile son bulmaktadır. Bu doğrultudaki takribi kuş uçuşu mesafesi 43 km olan kütledeki zirveler havzanın güney sınırlarını meydana getirir. Domaniç Dağları'nın yüksek kesimlerindeki zirveleri batıdan doğuya doğru; Kaynarca Tepe (1642 m), Yazılıkıran Tepe (1934 m), Oluktaş Tepe (1848 m), Alikaya Tepe (2048 m), Etlik Tepe (1823 m), Karagöz Tepe (1645 m), Gürgenyayla Tepe (1846 m), Darı Tepe (1845 m), Kazmut Tepe (1561 m), Karabatak Tepe (1641 m), Yayla Tepe (1857 m), Yanıklık Tepe (1843 m), Sınırbel Tepe (1632 m), Cami Tepe (1454 m) ve Kömürlük Tepe (1320 m) oluşturur. Domaniç Dağları, tamamen Tavşanlı Zonu içerisinde yer alır ve belli alanlarda yüzeylenen faylar ile sınırlanmıştır. Torid-Pontid kenet kuşağı sınırını oluşturan bu alan neo-tektonik hareketlerin yoğun şekilde yaşandığı sahaya tekabül eder. Bu durum Domaniç Dağları'nın da tıpkı Uludağ kütlesi gibi kuzey cepheye göre yükselmesine neden olmuştur (Fotoğraf 9). Dağlık kütlenin belli kesimlerinde metamorfik birimler, diğer alanlarda granit, pegmatit, mermer, şist ve talk şist birimleri gözlemlenir. Bu nedenle Domaniç Dağlarının genel yapısı granit topografyasının karakteristik özelliklerini yansıtır. Akarsu drenaj ağının sık olduğu, konveks yapıda sırtların gözlemlendiği sahalar yaygındır (Hoşgören, 1975: 72). Dağlık sahanın 1600 m seviyesinden sonra Miyosen aşınım yüzeyleri görülürken, bu seviyeden daha aşağı kesimlerde Pliyosen aşınım yüzeylerine rastlanılmaktadır. Domaniç Dağları'nın doğu kesimi ile zirve bölümünün muhtelif sahalarında

karstik morfolojik birimlere rastlanılmaktadır. Özellikle Sınırbel Tepe (1632 m) ve Yanıklık Tepe (1843 m) civarında dolin ve uvalaların yoğun olarak bulunduğu görülmektedir. Dağlık kütlenin genel olarak B-D yönlü uzanış doğrultusu sıralar halinde olan ve kaynaklarını zirve noktalarından alan birçok akarsu tarafından G-K yönlü olarak kesilmiştir. Akarsuların yüksek kesimlerde flüvyal aşındırması sonucu oluşturduğu vadiler ile bunları birbirinden ayılan sırtlarda aynı doğrultuda uzanmaktadır.



Fotoğraf 9: Uludağ ile Domaniç Dağları ve İnegöl Ovası arasındaki diğer jeomorfolojik unsurlar

1.2.2.1.3. Avdan Dağları

Avdan Dağları, Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyinde yer alır. Avdan Dağları ve Gürle Dağları jenetik-orojenik anlamda birbirinin devamı niteliğindedir (Kayacılar, 1999: 68). Dağ kütlesi genel olarak batıdaki Gürle Dağları ile birlikte doğu-batı doğrultusunda uzanış göstererek, zirve noktaları ile havzanın kuzey sınırını meydana getirir. Kütlenin batı sınırını Kule Tepe (942 m), doğu sınırını Sakızdağ Tepe (661 m) oluşturur. Bu iki nokta arasındaki B-D doğrultulu kuş uçuşu mesafe 40 km'dir. Genel olarak batıda 942 m ile en yüksek noktanın yer aldığı Avdan Dağları'nda, batıda 700-800 m'ler civarında seyreden yükselti doğuya doğru azalırken, Avdan Tepe (926 m) ve Hacıdağ Tepe (821 m) civarında artış göstermekte ve sonradan oldukça alçak seviyelere inmektedir. Kütlenin temelini konglomera, kumtaşı, çakıltaşı birimleri ile Yenipazar formasyonu ve Karakaya kompleksi oluşturur. Bunun dışında sahanın muhtelif yerlerinde magmatik unsurlarda gözlemlenir. Dağlık sahadan Yenişehir Ovası'na doğru geçiş hafif eğimli yamaçların olduğu, flüvyal aşındırmanın çok fazla derinleşemediği plato alanları ile sağlanır. Avdan Dağları, İznik-Mekece fay zonunun kuzey kesimden sınırlandığı ve yerel fayların doğrultusunda flüvyal süreçlerin şekillendirdiği, Miyosen ve

çoğunlukla Pliyosen'e ait aşınım yüzeylerinin tesviyesine maruz kaldığı kütleyi oluşturur. Tektonik açıdan kütlenin kuzeyden fay denetiminde olması morfolojik yapının kuzey yamaçların dik, güney yamaçların az eğimli olmasına neden olmuştur. Bu durum aynı zamanda Göksu Çayı Havzası içerisindeki Miyosen yaşlı aşınım yüzeylerinin güney çerçeveye göre çok daha alçakta (750-900 m arasında) görülmesini sağlamaktadır. Dağdaki zirvelerden Göksu Çayı'na doğru K-G yönlü akış gösteren konsekant, bazen subsekant akarsular tarafından genel anlamda hafifçe yarılmış vadiler, paralel sıralar halinde olan akarsular arasında sırtlar morfolojik yapıyı oluşturur.

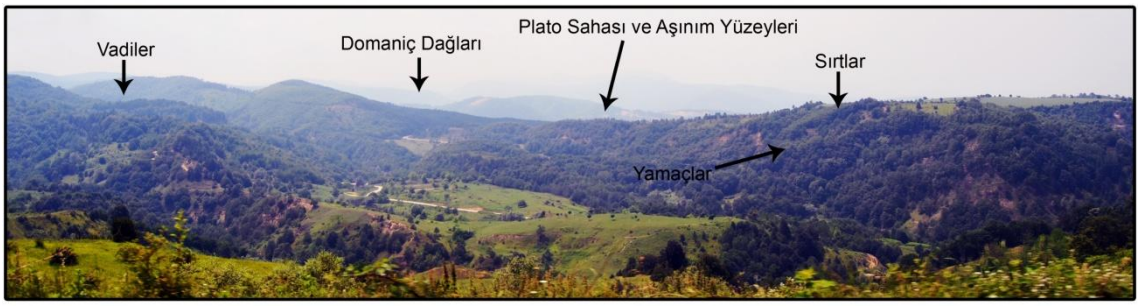
1.2.2.1.4. Ahı Dağı

Havzanın doğu kesimini oluşturan Ahı Dağı'nda yükselti 900-1200 m arasında değişmektedir. Genel olarak kuzey-güney yönlü bir yay şeklinde bulunan dağlık sahanın tamamı Miyosen Aşınım yüzeyine tekabül eder. Sahanın temel birimlerini güneyde Alınca formasyonu ve Karakaya kompleksi, kuzeyde ise Torasan ve Sazak formasyonları oluşturur. İnceleme sahasının masif arazilerini teşekkül eden dağlık kütle üzerindeki karasal ve gölsel çökeller ise meydana gelen kaide seviyesi değişimleri ile aşındırılmıştır (Ardel, 1947: 74). Bu nedenle saha havzanın temel aşınım yüzeylerini oluşturur. Bu alanda 900-1200 m arasında görülen Miyosen aşınım yüzeylerinin Domaniç Dağları'nda 1500 m'den daha yüksekte görülmesi ise havzanın güneyinin tektonik olarak yükselmesiyle açıklanmaktadır (Hoşgören, 1975: 74). Ahı Dağı'nın zirvelerini kuzeyden güneye doğru: Karanlık Tepe (1057 m), Kala Tepe (1194 m), Düdüklü Tepe (1029 m), Mezarlık Tepe (1076 m), Kavaklı Tepe (1197 m), Kamçı Tepe (1249 m) ve Sağmalı Tepe (1246 m) oluşturmaktadır. Ahı Dağı'nın Domaniç Dağları ile sınırını derin ve genişçe yarılmış Aksu Dere vadisi meydana getirir.

1.2.2.2. Platolar

Araştırma sahasında plato alanları oldukça geniş yer kaplamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda platolar 400-1400 m arasındaki yükseltilerde gözlemlenmektedir. Bu yükselti farklılığı havzanın karmaşık jeolojik evriminden, neo-tektonik hareketlerden ve değişen kaide seviyeleri sonucu meydana gelen aşındırma işleminden ileri gelmektedir. Havzanın kuzey kesimindeki plato alanları, Yenişehir Ovası ve birkaç birikinti konisinden sonra Avdan Dağları'na kadar olan bölümden oluşur. Yıldırım platosu olarak da isimlendirilen saha genel olarak güneye doğru hafif eğimli yamaçlardan, Göksu Çayı'na bağlanan konsekant-subsekant akarsular tarafından aşındırılmış derin olmayan vadilerinden ve sırtlardan meydana gelir (Ardel, 1951: 97, Kayacılar, 1999: 130). Sahada tektonik etkenlerin yol açtığı morfolojik unsurlar daha çok doğu ve batı kesimde gözlemlenmektedir. Havza'nın kuzeydoğu kesimindeki sahada KD-GB uzanımlı fayların etkisi ile rölyef daha arızalı bir görünüm alır.

Göksu Çayı Havzası'nın güney kesimindeki plato alanları, İnegöl Ovası'ndan sonra 450 m izohipsi ile başlar ve Uludağ ve Domaniç Dağları seviyesini oluşturan 1400-1500 m'lere kadar görülür (Fotoğraf 10). Tektonik hatlar ve dağların uzanış doğrultusuna uyum sağlayan plato sahası KB-GD doğrultusunda yer alır ve bu istikametteki en uzak noktaları arasındaki mesafe 55 km'yi bulur. Plato sahasının batı sınırını Karaçam Dere, doğu sınırını Ahı Dağı ve Çayköy Dere oluşturur. Güney plato sahası, kuzey kesime göre oldukça arızalı bir topografik görünüme sahiptir. Bu alan aynı zamanda jeolojik evrimde yaşanan kaide seviyelerinden dolayı çok fazla erozif faaliyetlere maruz kalmıştır. Bu nedenle sahadaki Pliyosen örtü birimleri aşındırılmış ve havza tabanına taşınmıştır. Belirtilen hadise ise güney plato alanlarının neredeyse tamamen Pliyosen aşınım yüzeylerine karşılık gelmesine neden olmuştur. Plato alanları neo-tektonik olarak yükselen güney kütleden kaynaklarını alan akarsuların son iklim stabilitesinin de etkisiyle kaide seviyesinin günümüz düzeyinde olmasından dolayı çok fazla aşındırılmıştır. Sahada dar ve derince yarılmış vadiler, boğazlar, çok eğimli yamaçlar belirgin şekilde gözlemlenmektedir. Kaynaklarını Uludağ ve Domaniç Dağları'ndan alan birçok akarsu, genel yükselti seviyesinin alçalmasına uğrayarak kuzey-kuzeydoğu yönünde akış göstermiş ve plato sahasını parçalamıştır. Arızalı topografik görünümümün olduğu bu alanda genel gidişatın aksine bazı alanlarda tektonik ötelenmeler, fay bloklanmaları, vadi ve sırtların yöneliminde değişikliklere neden olmuştur. Plato sahasının kuzey sınırında aktif fay zonu aynı zamanda fay diklikleri ve bozulmuş fay façetalarının gözlemlenmesi sağlamıştır.



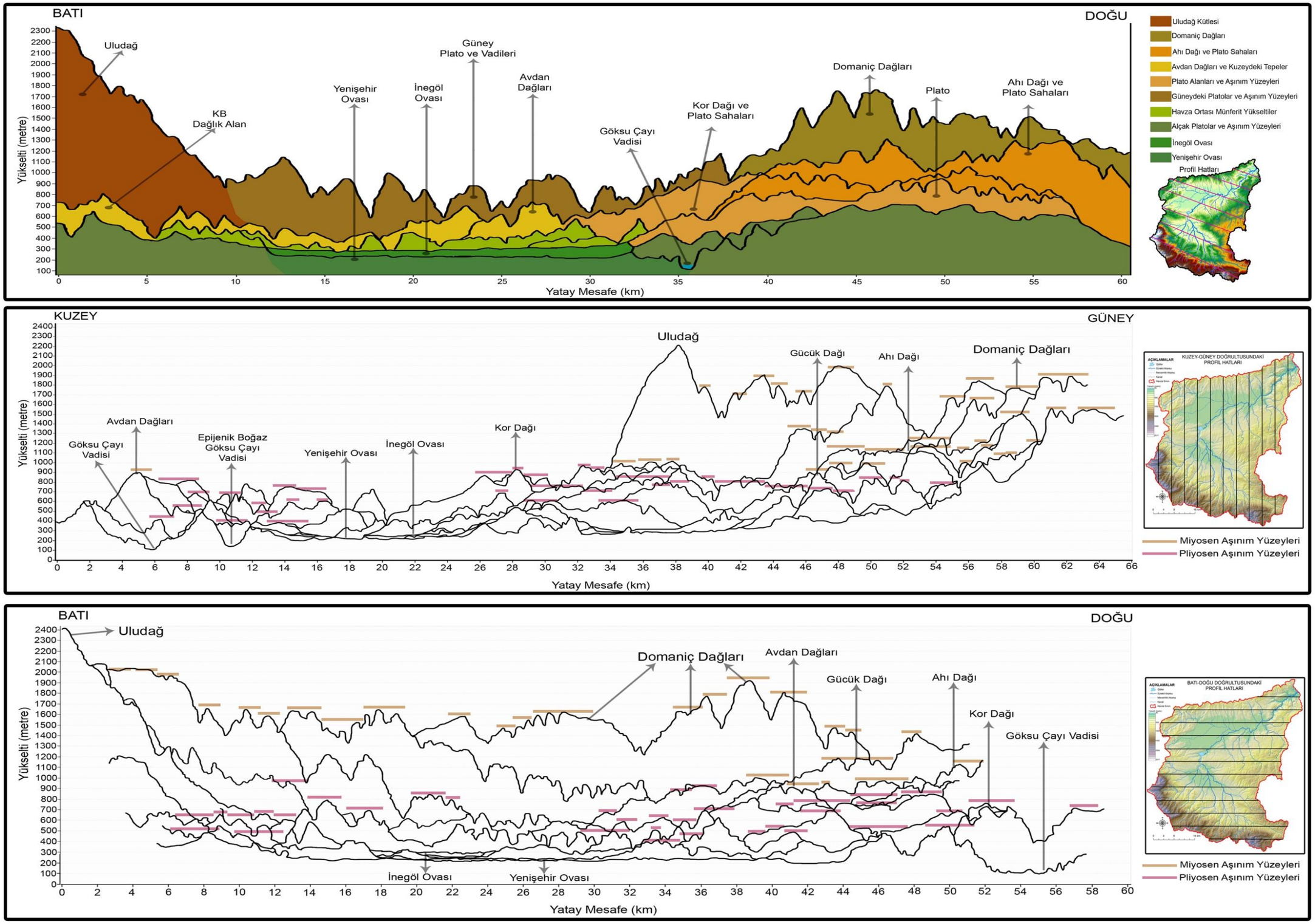
Fotoğraf 10: Göksu Çayı Havzası'nın güneyindeki plato sahaları ve aşınım yüzeyleri

Göksu Çayı Havzası'nın batı kesimindeki plato sahalarının sınırını; kuzeydeki dağlık alanlar, Yenişehir Ovası (250-300 m), Boğazköy Barajı, İnegöl Ovası, Karadere ve Uludağ yamaçları oluşturur. Bu alandaki platoların seviyesi güney platolarına göre daha alçak ve sade bir topografik görünüm arz eder. Özellikle Yenişehir-Bursa ve İnegöl-Bursa ovaları eşikleri yükseltinin az, rölyefin sade olduğu alanlardır. Bu kesimde Pliyosen aşınım yüzeyleri 450-500 m seviyelerinde görülür. Daha alçak seviyeler ise muhtemelen Post-Pliyosen aşınım yüzeyleri ile tesviye edilmiştir.

Göksu Çayı'nın doğusundaki plato alanlarının sınırlarını; kuzeyde Göksu Çayı, batıda Yenişehir Ovası, doğuda Kor Dağı ve diğer tepe noktaları, güneyde İnegöl Ovası, Koca Dere ve

Ahı Dağı oluşturur. Yükselti seviyesi kuzeyde 250 m iken güneyde 900 m seviyesine çıkmaktadır. Bu alandaki plato sahaları özellikle Ahı Dağı'ndan kaynaklarını alan birçok akarsu tarafından yarılmış ve aşındırılmıştır. Bu nedenle topografik görünüm platonun doğu kanadında arızalı bir morfolojik yapı sunar. Plato sahalarının yüksek seviyelerinden itibaren 350 m izohipsine kadar Pliyosen aşınım yüzeyleri gözlemlenir. Ova sahalarına yakın alanlar ise Göksu Çayı Havzası'nın batısında da görüldüğü gibi muhtemelen Post-Pliyosen yaşlı aşındırma evresiyle meydana gelmiştir.

Göksu Çayı Havzası'nda farklı yükseltilerde bulunan farklı jeolojik dönemlere ait aşınım yüzeyleri bulunmaktadır. Havzanın kuzeyinde Miyosen aşınım yüzeyleri 700-900 m arasında, havzanın doğusunda Ahı Dağı kesiminde 850-1200 m arasında, güneydeki yüksek kütleleri oluşturan sahada 1500 m'den daha yüksek seviyelerde görülmektedir. Havzanın kuzeyinde Avdan Dağları'nda gözlemlenen Miyosen yaşlı aşınım yüzeyleri, burada gölsel karakterli korelan depoları ile ilişkilidir. Muhtemelen Alt Miyosen'de gelişen peneplen sahası aşındırılmaya başlanmış neo-tektonik etkisiyle Avdan Dağları'nın kaide seviyesi değişmiş, Yenişehir Havzası'ndaki seviyeye göre aşınım yüzeyleri meydana gelmiştir (Kayacılar, 1999: 71). Havzanın doğusu ve güneyindeki Miyosen aşınım yüzeyleri de aynı jeomorfolojik evrimle meydana gelmiştir. Ancak fay hatları ve kenet kuşağı Uludağ-Domaniç Dağları'nın diğer sahalara göre daha fazla yükselmesine neden olmuş ve peneplen sahasının aşındırılması yükseklere çıkmıştır. Göksu Çayı Havzası'ndaki Pliyosen aşınım yüzeyleri oldukça geniş sahalarda görülmektedir. Denüdasyon ve peneplenleşme hadiseleri Pliyosen aşınım yüzeylerinin varlığında etkili olan tektonik hareketler ve değişen kaide seviyelerine yardımcı olan diğer jeomorfolojik olaylardır. Belirtilen hadiselerin jeolojik dönemdeki oluşum zamanına tekabül eden yerel taban seviyesine göre tesviye ve işlenmesinden dolayı aynı yaştaki aşınım yüzeyleri, Göksu Çayı'nın kuzey ve güney havzalarında aynı yükseltilerde değildir (Ardel, 1943: 168). Kuzeyde 400-500 m'den başlayan yüzeyler güneyde tektonik etkenlerle daha üst seviyelerde gözlemlenir. Havzanın diğer kısımlarında ise Post-Pliyosen aşınım satıhları meydana gelmiştir. Bu durum son tektonik hareketlerle ortaya çıkan fay zonlarının Uludağ ve Domaniç Dağları ile Avdan Dağları'nın bugün ki seviyeye çıkması ve flüvyal aşındırmanın hızlanması ile ilgilidir. Özellikle tesviye edilen Pliyosen çökelleri havza tabanlarına doğru bir sediment alanı oluşturmuştur. Post-Pliyosen yüzeylerin flüvyal aşındırma etkisi bu döneme ait çökellerin süpürülmesine, ortadan kaldırılmasına ve akarsuların derine aşındırma yaparak vadilerini derinleştirmesine yol açmıştır.



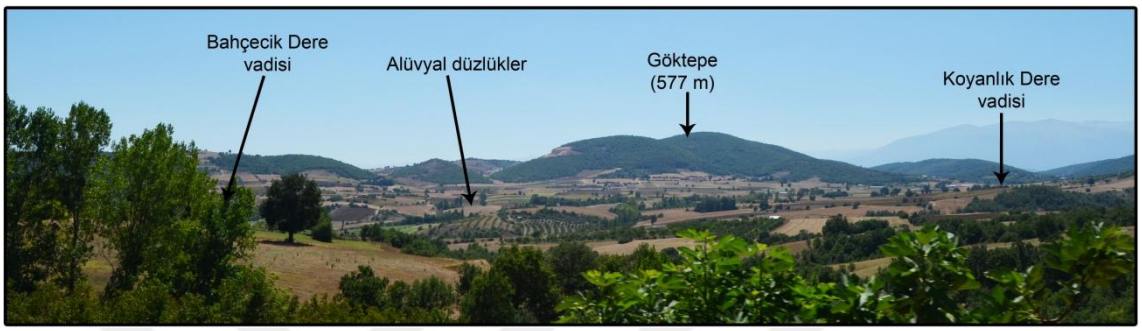
Şekil 18: Göksu Çayı Havzası'nın farklı doğrultulardaki mürtesem profilleri ve aşınım yüzeyleri

1.2.2.3. Ovalar

İnceleme sahasındaki ovalar; Yenişehir ile İnegöl ovalarından ve akarsuların kenarlarındaki alüvyal düzlüklerde oluşmuş yerel ovalardan meydana gelmektedir. Bu sahalar toplam havza alanının % 15'ine tekabül etmektedir. Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyinde Yenişehir Ovası, güneyinde İnegöl Ovası yer alır. Bu özellikleri ile iki ova sahası jeomorfolojik olarak kendi havza sınırlarını da oluşturmaktadır. Geniş alan kaplayan bu ova sahaları dışında bazı alanlarda irili-ufaklı alüvyal düzlükler dikkat çekmektedir. Terziler-İncirli arasındaki Göksu Çayı vadisinde, havzanın kuzeydoğusunda Düzmeşe civarında Göksu Çayı-Sakarya Nehri bağlantı sahasında, havzanın doğusunda Kendirli civarında, batıda Bursa-Yenişehir eşiği Erdoğan'da, havzanın kuzeybatısında Nüzhetiye-Gölcük-Fethiye-Burcun arasında ve havzanın güneydoğusunda Aksu Dere vadisinde alüvyal düzlükler ile ova sahalarına rastlanılmaktadır.

Göksu Çayı Havzası'nın güneydoğusunda KB-GD uzanımlı olarak tektonik çizgiselliklere ve Aksu Dere vadisine uygun şekilde gelişen alüvyal saha ova morfolojisini oluşturmaktadır. Saha 800 m seviyesinde akarsuyun yatağını genişletmesi sonucu meydana gelmiştir. Bu alan, geniş tabanlı vadide uzunlamasına yapı gösteren alüvyal tabanlı ova morfolojisini teşekkül eder. Göksu Çayı vadisinin Yenişehir Ovası'na ulaşmadan hemen önce Aydoğdu ve Kapaklı derelerinin getirdiği sedimentlerle oluşturduğu Terziler-İncirli arasındaki ova alanı diğer bir sahayı meydana getirir. Özellikle ovanın güneydoğusundaki epijenik boğazın derine kazma faaliyeti bu noktada eğimin azalması ve rölyefin düzleşmesi ile hafiflemiştir. Bu nedenle Göksu Çayı bu alanda bir birikim sahası oluşturmuştur. Havzanın doğusunda Kendirli-Koyunköy civarında alüvyal ova sahası yer alır. Bu alanlar Değirmen Dere ve Girdap Dere'nin Ahı Dağı'ndan taşıdığı sedimentlerle oluşmuştur. Sahanın kuzeyinde ve güneyindeki faylar bu alanın jeolojik dönem birikim sahası olduğunu ve eğimin azaldığı yerde akarsuların sediment birikimi ile bir dağ içi ovası niteliğinde olduğunu gösterir. Özellikle eğimin azalması akarsuyun gücünü azaltmış ve bu alanda aşındırılan temel yüzeyler detritik unsuların vadi tabanlarında birikmesine yol açmıştır. Kuvvetle muhtemel sahada meydana gelen kapma olayları, önce Değirmen Dere'ye akış gösteren küçük derelerin daha sonra Girdap Dere'nin geriye aşındırması ile ovanın meydana gelmesinde etkili olmuştur. Havzanın kuzeydoğusunda Göksu Çayı-Sakarya Nehri bağlantısının olduğu saha, inceleme alanında yükseltinin en az olduğu ova morfolojini teşekkül eder. Bu saha muhtemelen Göksu Çayı ve Sakarya Nehri'nin ortak biriktirme faaliyeti ile meydana gelmiştir. Havzanın batısında İnegöl-Bursa ve İnegöl-Yenişehir eşiklerinin olduğu alanlarda genişlikleri fazla olmayan ovalar bulunmaktadır. Bunlardan biri Erdoğan yerleşim yeri yakınlarında diğeri daha güneyde Kozluören-Şehitler arasında bulunmaktadır. Bu alanda ilk olarak muhtemelen birikinti konileri oluşmuş ve bunlar eğimin azalması ile piedmont ovası özelliğine bürünmüştür. Sahanın bu şekilde bir jeomorfolojik görünüme sahip olmasında İnegöl

fay zonunun etkisi büyüktür. Kapma olayları ve geriye aşındırma ise diğer etkenlerdir. Havzanın kuzeybatısında Nüzhetiye-Gölcük-Fethiye-Burcun arasındaki sahada alüvyal düzlükler ile ova sahası yer almaktadır (Fotoğraf 11). Birikim sahasının oluşmasında jeolojik, litolojik, tektonik özellikler ve jeomorfolojik olarak meydana gelen kapma olayları önemli rol oynamıştır. Sahada Bahçecik Dere ve Kovanlık Dere'nin aşındırma ve biriktirme faaliyetleri ile sahanın büyük çoğunluğundaki neritik kireçtaşlarının varlığı bu alanın bir flüvyo-karstik depresyon özelliğinde olmasına neden olmuştur.

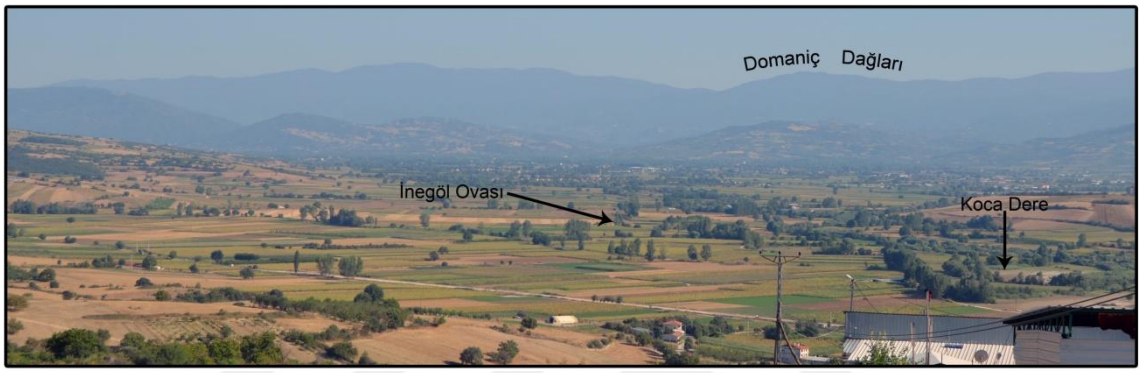


Fotoğraf 11: Göksu Çayı Havzası'nın kuzeybatısındaki alüvyal düzlükler

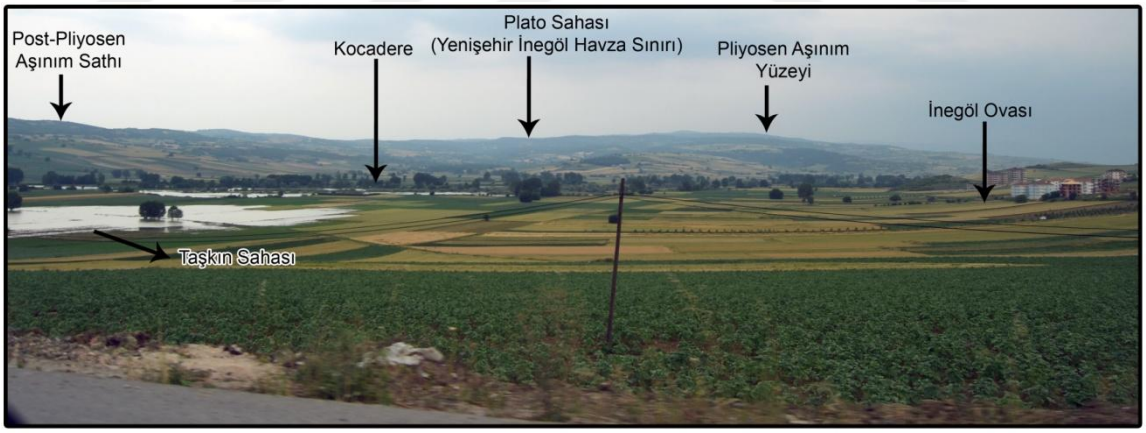
1.2.2.3.1. İnegöl Ovası

Havzanın güney kesiminde yer alan ova tabanı, daha güneydeki Uludağ ve Domaniç Dağları'ndan kaynaklarını alan ve takribi kuzey-kuzeydoğuya doğru akış gösteren akarsuların taşıdığı sedimentleri birikmesi sonucu oluşmuştur. Ova tabanı KB-GD doğrultusunda uzunlamasına bir yapıya sahiptir (Fotoğraf 12). Belirtilen doğrultudaki kuş uçuşu mesafe 25 km iken kuzey-güney yönlü uzanışı 6-10 km arasında değişmektedir. Elips şeklinde olan ova tabanının yüzölçümü takribi 150 km^2'dir. Ova tabanın güneyi 310 m izohipsi ile sınırlanmış, kuzey kesimde Göksu Çayı'na geçişi sağlayan boğaz civarında 260 m izohipsinde alüvyal ova tabanı yer almıştır (Fotoğraf 13). Boğazköy civarındaki geçiş sahası ve bu alandaki münferit yükselti dışında ova tabanın eğimi güneyden kuzeye doğrudur. Bu hafif eğimli alan akarsuların Boğazköy Baraj'ında birleşmesine neden olur. Ovanın güney kısmındaki eğimli sahalar ve tektonik çizgisellik bu kesimde birikinti konilerin oluşmasını sağlamıştır (Ardel, 1947: 65; Hoşgören, 1975: 86). Ovayı besleyen, güneyden gelen bütün akarsuların boyları uzun, akım gücü ve sediment taşınımı fazla iken, doğu-kuzeydoğu yönlü olarak Ahı Dağı çevresinden gelen akarsuların boyları kısa ve taşınım gücü biraz daha azdır. Ovanın sınırlarını birçok alanda tektonik hatlar belirlemektedir. Ovanın güney kesimindeki ani eğim değişimi, alüvyal fanlar, fay façetaları, diklikleri bu alandaki İnegöl fay zonu ve devamındaki fay hattı ile alakalıdır. Bu durumdan Göksu Çayı Havzası'nın güneyinin yükseldiğini kuvvetle muhtemel İnegöl ova tabanının ise sübsidansa uğradığı anlaşılmaktadır. Miyosen'de göl depoları ile biriken daha

sonra karasal özellik gösteren saha çevresindeki erozyonel faaliyetler ile farklı dönemleri ihtiva eden litolojik birimlerle sedimentasyona uğramıştır (Ardel, 1943: 162; Ardel, 1960: 4; Ardos, 1995: 63). Farklı dönemlerdeki tektonik yükselmelerle tekrar oluşan drenaj şebekesi sonucu İnegöl ova tabanında biriken neojen çökelleri Boğazköy epijenik boğazının açılması ile taşınmıştır (Hoşgören, 1975: 86). Bu taşınma sonucu ise en son gelişen kaide seviyesine göre akarsuların getirdiği alüvyonlarla kaplanarak bugünkü görünümünü almıştır. Ovanın tabanını oluşturan alüvyon kalınlıkları 50-80 m arasında değişmektedir. Genel olarak alüvyonları, çevreden aşındırılmış detritik unsurlar meydana getirir. Bunlar kil, kum, çakıl, silt ve farklı boyutlardaki blokların ufalanmasından oluşmaktadır.



Fotoğraf 12: İnegöl Ovası'nın doğu kesimi (kuzeybatıdan güneydoğuya bakış)

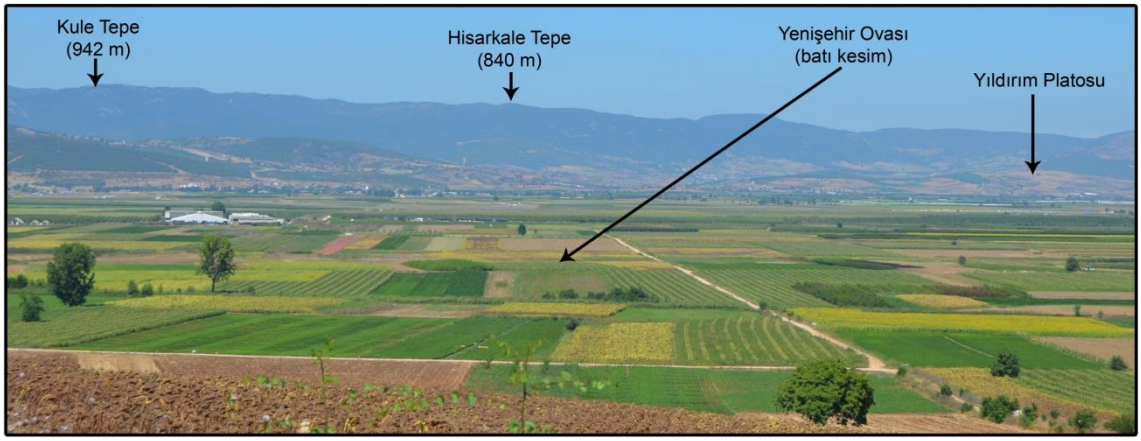


Fotoğraf 13: İnegöl Ovası, Koca Dere vadisi ve aşınım yüzeyleri

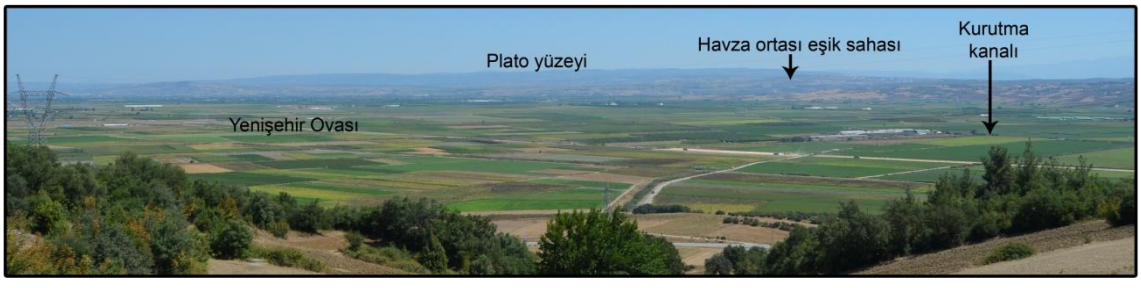
1.2.2.3.2. Yenişehir Ovası

Havzanın kuzeyinde geniş alan kaplayan Yenişehir Ovası, KD-GB yönünde elips şeklinde uzanmaktadır. Ovanın bu doğrultudaki geniş ekseni 30 km iken kuzey-güney doğrultusundaki en geniş yeri 12 km civarında olup en dar alanları oluşturan Marmaracık ve Çelebi civarında 2 km'dir. Ovanın sınırları 250 m izohipsi ile çevrelenmiştir. Ova alüvyal sahası takribi 180 km^2'lik alan kaplamaktadır. Ova tabanında genel eğim güney-güneybatıdan kuzeydoğuya doğrudur. Göksu Çayı vadisi ile eğim doğuya doğru yönelmekte ve sonra

kuzeydoğuya doğru yükselti seviyesi azalmaktadır. Kuzeyde Avdan Dağlarına geçişi sağlayan plato alanı, güneyde Boğazköy Barajı ve İnegöl Ovası ile sınırı oluşturan geniş aşınım yüzeyi plato sahaları, ovanın temel sınırlarını meydana getirir (Fotoğraf 14 ve 15). Ovaya sedimentlerin birçoğu ise kuzeydeki Avdan dağlarından güneye ova tabanı ve Göksu Çayı'na doğru akan akarsular ile batıdan gelen akarsular tarafından sağlanmaktadır. Batıdaki akarsular (Dambaz Dere, Karınca Dere, Sulucak Dere) geçmiş dönemli var olan Marmaracık gölsel alana akmakta iken 1950'lerde yapılan çalışmalarla kurutma kanalı sonucu Göksu Çayı'na bağlanmıştır. Bu alan aynı zamanda eğimin en az olduğu saha olup 225 m izohipsi ile hafif eğimli çukur saha özelliğindedir. Bütün akarsular çevredeki temel ve örtü yüzeylerini erozyona uğratarak ova tabanına taşımaktadır. Ovanın birçok alanında temel sınırı fay hatları ile denetlenmektedir (Ertek, 2005: 210). Özellikle KD-GB olan bu faylar ovanın yönelimini ve şeklini belirlerken aynı zamanda bu alanın çek-ayır havza özelliği almasını sağlamaktadır. Ova tabanı Neojen öncesi ve sonrasında tektonik hareketlerle çökmüş ve değişen kaide seviyesi ile farklı dönemlere ait birimlerle dolmuştur. Ancak Göksu Çayı'nın ova tabanına girmesi ilk olarak ova tabanının alüvyonlarla dolmasına ve daha sonra aşındırma faaliyetlerinin gelişmesi sonucu tesviye işlemiyle bazı alanlarda eski-yeni birimlerin aynı alanda görülmesini sağlamıştır (Ardos, 1995: 66). Göksu Çayı'nın doğu-kuzeydoğuda epijenik boğaz vasıtasıyla sularını Sakarya Nehri'ne deşarj etmesi ovanın kaide seviyesini etkilemiş ve günümüzdeki görünümünü almasını sağlamıştır.



Fotoğraf 14: Yenişehir Ovası ve kuzeyindeki dağlık alanlar (güneyden kuzeye bakış)

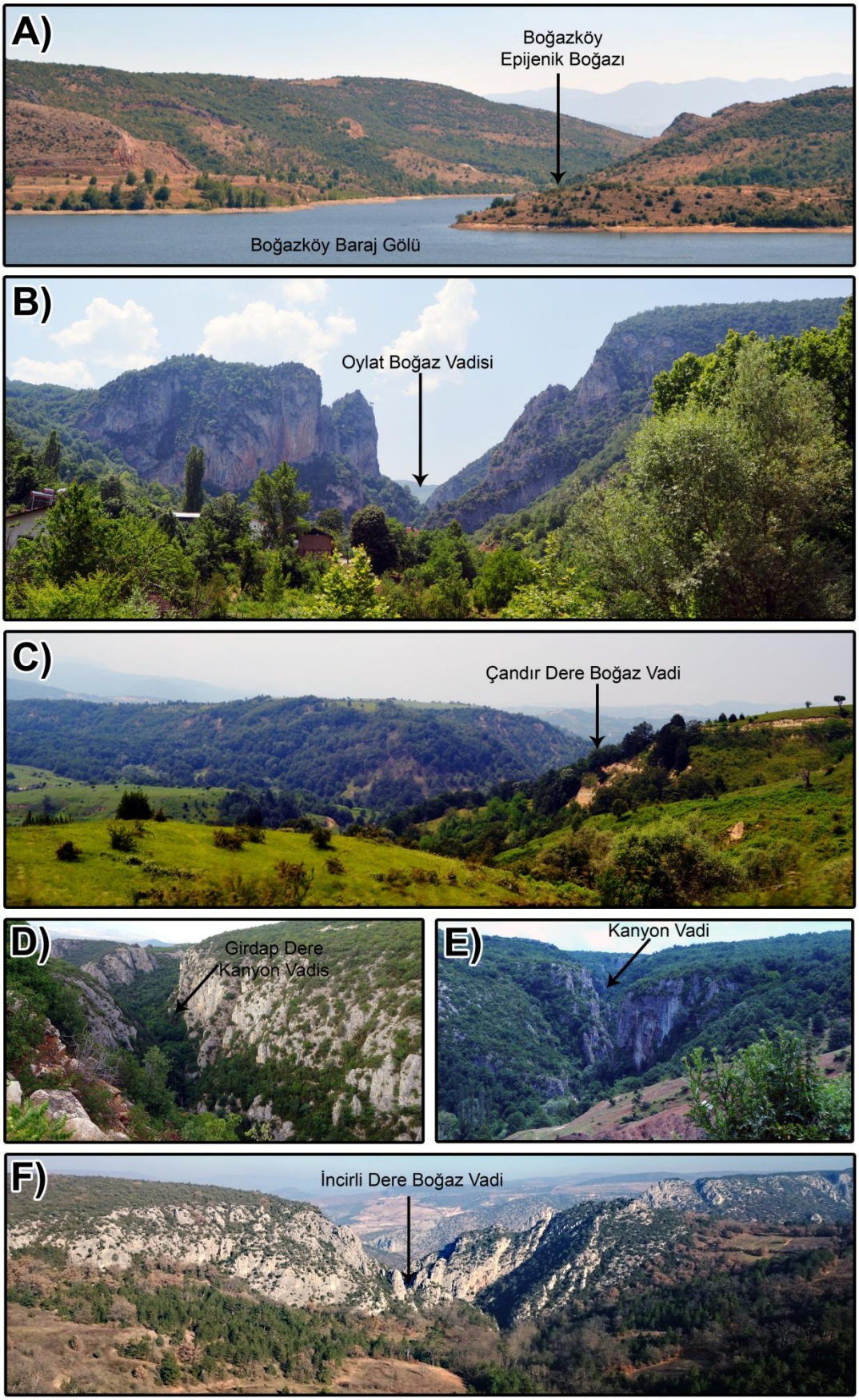


Fotoğraf 15: Yenişehir Ovası'nın batı kesimi (kuzeyden güneye bakış)

1.2.2.4. Flüvyal Jeomorfoloji Birimleri

Göksu Çayı Havzası, jeolojik ve jeomorfolojik açıdan birçok etken ve süreçlerle şekillenmektedir. Orejenik ve epirojenik olarak meydana gelen kaide seviyelerinin değişimleri, tektonik faktörler ile klimatik etkenler sonucu havza genelinde dönemsel olarak farklı düzeylerde flüvyal faaliyetler etkili olmuştur. Bu faaliyetler, erozyon ve sedimantasyon sonucu belli yüzey morfolojisi unsurlarını meydana getirmiştir. Sahada bunları farklı vadi oluşumları, epijenik boğazlar, birikinti koni ve yelpazeleri, menderes oluşumu, kapma olayları olarak gözlemlemekteyiz. Havzanın yükselti, eğim farklılıkları, tektonik hatların uzanışı ve litolojik yapının direnç durumu flüvyal etkenlerin havzadaki dağılışının farklılıklar göstermesini sağlamıştır.

Havzanın birçok kesiminde akarsuların erozyon faaliyetleri ile meydana gelmiş dar ve derin şekilli çentik vadiler, aşındırmanın azaldığı yerde geniş tabanlı vadiler ve kütlelerin geçildiği alanlarla boğaz vadiler gözlemlenmektedir (Fotoğraf 16). Bunun dışında havzada, örtü yüzeyini aşındırıp temel yüzeye ulaşan akarsuyun bu alana drenajını kopya etmesiyle oluşan epijenik boğazlarda bulunmaktadır. Havzanın güneyindeki dağlık alanlardan kaynakları alan akarsuların eğim doğrultusunda debisinin yüksek, akış hızının fazla olması flüvyal kökenli erozyonal faaliyetlerin gücünü arttırmış ve güneyden kuzeye doğru birçok vadinin oluşmasını sağlamıştır. Ahı Dağı'ndan güneye doğru uzanan vadi oluşumları da akarsuların boylarının kısa olmasına rağmen ani yükselti değişiminin etkisiyle çentik vadi özelliği göstermektedir. Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyindeki Yenişehir Havzası bölümünde ise vadilerin oluşum ve morfolojik görünümünde farklılıklar görülmektedir. Göksu Çayı vadisinin havzanın kuzeydoğusunda oluşturduğu epijenik boğaz, derin ve yüksek eğimli yapısı ile dikkat çeken jeomorfolojik unsurdur (Fotoğraf 16). Göksu Çayı'na güneyden katılan ve kaynaklarını Ahı Dağı, Kor Dağı'nda alan akarsularda plato sahasında erozif faaliyetler sonucu derin vadiler oluşturmuştur. Havzanın kuzeybatısında flüvyo-karstik kökenli oluşan depresyon alanı ve bu alan içerisindeki geniş tabanlı vadiler ile yerel düzeyde çentik vadiler görülür. Avdan Dağları'ndan güneye akış gösteren ve Göksu Çayı'na bağlanan akarsular ise eğimin fazla olmaması nedeniyle yüzeyi aşındırmada yetersiz kalmış ve derin vadiler oluşturamamıştır. Burada birkaç derin vadi haricinde diğer flüvyal şekillenmeler güney kesime göre rölyef açısından sade görünümdedir. Vadileri meydana getiren flüvyal aşındırma gücü, yüzeyi erozyonal unsurlarla parçalamakta ve bazı alanlarda arızalı topografik görünümün ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu durum vadilerin birbirlerinden sırtlar ile ayrılmasına neden olmaktadır. Özellikle Uludağ ve Domaniç Dağları'nda plato yüzeyi ile ova tabanına geçişte arızalı topografya gözlemlenmekte ve sırtların doğrultusunun da vadiler gibi çoğunlukla G-K olduğu tespit edilmektedir.



Fotoğraf 16: Göksu Çayı Havzası'ndaki vadiler A) Boğazköy, B) Oylat, C) Çandır Dere, D) ve E) Girdap Dere, F) İncirli-Değirmendere

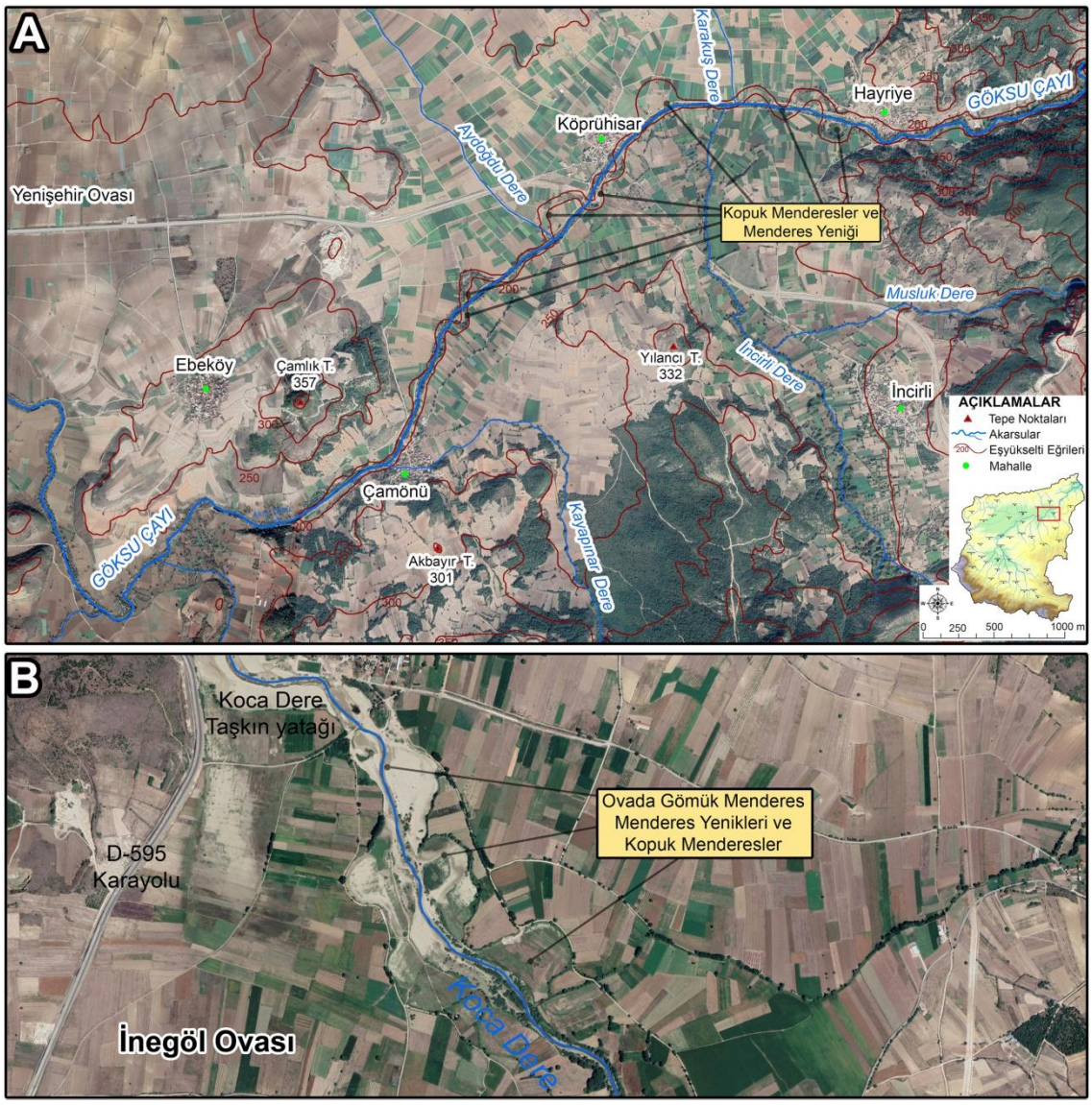
Göksu Çayı Havzası'nın güney kesimindeki vadiler batıdan doğuya doğru neredeyse birbirine paralel şekilde güney-kuzey yönlü uzanmaktadır. Vadiler birçok alanda sırtlar ve münferit tepeler ile birbirinden ayrılmaktadır. Bazı alanlarda fay hatlarının uzanışları akarsu yönelimini değiştirmiş, kırılmalar ve atımlar olmuştur. Bu morfolojik değişim vadilerin uzanış doğrultusundaki sapmalarda gözlemlenmektedir. Bu alandaki birçok akarsu ova tabanına geçişte boğazlar meydana getirmiştir. Cerrah boğazı, Bıçkı Dere boğazı, Ortaköy boğazı, Çandır boğazı bunların örnekleridir. Boğaz vadilerin oluşmasında; tektonik hatların meydana getirdiği yükselmeler, akarsuların erozyona uğratması etkili olmaktadır.

Yenişehir Havzası kesiminde vadiler, daha kısa boylu akarsular tarafından güneye göre daha az derine kazma işlemi yapmışlardır. Vadilerin birçoğunun uzanış doğrultusu K-G yönlü olup aynı doğrultuda sırtlar ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Havzanın kuzeybatısındaki tektonik yapı, flüvyo-karstik depresyon alanı kapma hadiselerinin oluşmasına ve vadilerin yöneliminde ani değişimlerin yaşanmasına sebebiyet vermiştir (Kayacılar, 1999: 132-133).

Göksu Çayı Havzası'nın jeomorfolojik gelişiminde ve drenaj şebekesinin oluşumunda önemli rol oynayan epijenik boğazlar birkaç noktada bulunmaktadır. Epijenik boğaz (sürempoze boğaz); akarsuyun örtü birimlerini aşındırarak derine kazması sonucu alttaki temel yüzeye kopyalanması ile uygun şekilde yönelmesi ve bu alanda meydana gelen dar derin vadilerdir (Hoşgören, 2011: 267). İnceleme sahasında Yenişehir ve İnegöl havzalarını drenaj açısından birbirine bağlayan Boğazköy barajın olduğu vadi (Koca Dere boğazı), Bahçecik Dere'sini Yenişehir Ovası'na deşarj eden Selimiye-Fethiye arasındaki saha ve Göksu Çayı'nın kuzeydoğu kesimindeki İncirli-Düzmeşe arasındaki saha (Hayriye boğazı) epijenik boğazların bulunduğu alanlardır. Günümüzde Boğazköy barajının olduğu saha, güneyden gelen birçok akarsuyun birleşerek Göksu Çayı'na bağlandığı alandır. Hamzaköy-Boğazköy arasındaki alanda çevrede yer alan Üst Miyosen yaşlı detritik birimler tamamen aşındırılmış ve temel yüzeyde Permiyen ve Alt Triyas yaşlı kireçtaşı, çakıltaşı gibi unsurlar yüzeylenmiştir. Bu durum İnegöl Ovası'nda ve güneyinde meydana gelen kaide seviyesi değişimlerinin havza tabanında drenajın deşarj olması için kuzeye doğru kazma işlemi yaptığı, bu durumun temel yüzey kadar belli dönemlerle meydana geldiği ve epijenik boğazın ortaya çıktığını gösterir (Ardel, 1943: 169). Meydana gelen epijenik boğaz ile İnegöl Havzası'nın deşarj alanı açılmış ve Göksu Çayı'na bağlanmıştır.

Göksu Çayı Havzası'nda flüvyal kökenli biriktirme şekillerinden birikinti koni ve yelpazeleri özellikle Yenişehir ve İnegöl ovalarının kenarlarında gözlemlenmektedir. Yenişehir Ovası'nın kuzey kesiminde yükselti seviyesinin ve eğim oranının daha az olması taşınan sediment miktarının azalmasına, ani yükselti değişiminin deforme olması ise birikimin yayılmasına neden olmuştur. Belirtilen hadiseler Yenişehir Ovası kuzey kesimindeki bu alanda birkaç birikinti konisi varlığını morfolojik açıdan oluştururken İnegöl Ovası ve çevresinde

durum oldukça farklıdır. Bu alanda ova tabanı ile güneydeki su bölümü çizgisi hattı arasındaki irtifa farkının fazla olması, KB-GD doğrultulu fay hatlarının varlığı, eğim kırıklıkları, fay façetaları, yüksek akış hızına mukabil debi miktarı ve sediment taşınmasının fazla olması ovanın güney ve doğu cephesinde birçok birikinti konisinin oluşmasını sağlamıştır. İnegöl Ovası'nın güneyindeki boğazlardan geçen ve ani bir eğim değişimi yaşayan akarsuların biriktirdiği detritik malzemelerle birikinti konileri meydana gelmiştir.



Şekil 19: A) Hayriye-Yenişehir arasındaki antropojenik etkenlerle meydana gelmiş kopuk menderesler, B) Koca Dere'deki gömük menderesler

Menderes, akarsuyun eğiminin azalarak kıvrımlı akış göstermesi ve yatağını bu şekilde özellikle yana doğru aşındırması ile ortaya çıkar. Havzada menderesler, değişen kaide seviyesine göre kopuk menderes, gömük menderes ve menderes yenikleri olarak gözlemlenmektedir. Belirtilen morfolojik birimler, İnegöl Ovası'nda Koca Dere ve Kalburt Dere'nin muhtelif kesimleri, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim sahası ile Göksu Çayı'nın

Köprühisar-İncirli-Çamönü-Hayriye arasında görülür (Şekil 19). Koca Dere yatağının ova tabanında eğimin azalması ile kıvrımlı akışlar göstermesi menderes oluşumunu sağlamıştır. Bu kesimde akarsu yana aşındırma yapmış aynı zamanda yatağını genişletmiştir. Bu durumda akarsuda menderes yeniklerini ortaya çıkarmış, bazı kesimler ova tabanına doğru hafif derinleşme ile gömük menderes özelliği kazanmıştır. Göksu Çayı'nın Köprühisar-İncirli-Çamönü-Hayriye kesiminde eğimin azalması ve alüvyal birikimin artması ile menderesli akışlar gözlemlenmiştir. Değişen kaide seviyesi akarsuyun yatağının yöneliminde farklılıklara yol açmış, bazı kesimlerinde yana ve derine aşındırmalar oluşmuştur. Daha sonra antropojenik etkenlerle Göksu Çayı'nın kanala alınmasıyla menderesler akıştan yoksun kalmıştır. Göksu Çayı-Sakarya Nehri bağlantı sahasındaki geniş tabanlı vadi ve alüvyal düzlüklerde Göksu Çayı çok belirgin menderesler yapmaktadır.

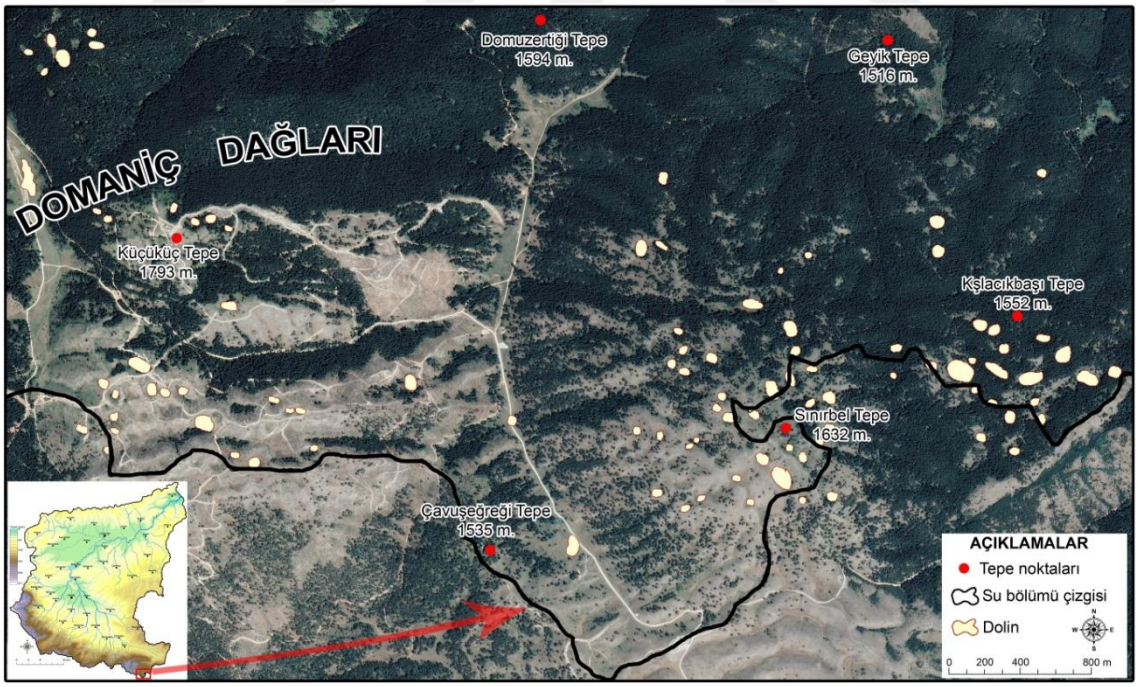
Kapma olayı, akışı daha güçlü olan bir akarsuyun geriye doğru aşındırması sonucu akışı güçsüz olan akarsuyu kendine bağlamasıdır. Flüvyal süreçlerin yoğun olduğu alanlarda vadi doğrultularındaki ani değişimler, dirsekler, kuru vadiler, vadisine göre düşük debili akarsular, kapma olayının topografik görünümdeki delilleridir. Araştırma sahasının kuzeybatısı kesiminde, güneydoğusunda Domaniç Dağları-Aksu Dere arasında, batıdaki Uludağ yamaçları ve eşik sahasında, havzanın doğusunda Kor Dağı-Ahı Dağı arasındaki alanda ve kuzeydoğu bölümünde kapma olaylarının morfolojik delilleri gözlemlenebilmektedir. İnceleme sahasının kuzeybatı kesimindeki flüvyo-karstik alanda tektonik uzanımlar ve flüvyal aşındırmanın bazı alanlarda geriye doğru olması birçok kapma olayının gerçekleşmesine, kuru vadi, asılı vadi ve kapma dirseklerinin gözlemlenmesine neden olmuştur. Nüzhetiye civarında Koyanlık Dere'ye kapılan alandaki kapma dirseği, Burcun, Yeniköy kesimlerindeki kapma dirsekleri bu alanlardaki kapma hadisesinin meydana geldiği sahalardır. Benzer durumlar havzanın batısında Erdoğan civarında Dibektaş Dere'nin Dimbaz Dere'ye kapılması diğer örneklerdir. Araştırma sahasının güneydoğusunda, önce Gürgenli Dere'nin doğuya sonra Dalakkaydıran Dere'nin kuzeye kapılması dikkat çekmektedir. Havzanın doğusunda Kendirli yerleşim yeri civarındaki geniş alüvyal sahanın güneyden gelen akarsuların vadilerine uyum göstermemesi, kapma olayının olduğunu ortaya koyar. Bu alanda Koca Dere, daha doğudaki Boğaztarla Dere'ye karışmakta ve Değirmen Dere'ye bağlanmaktaydı. Ancak Harmanlı Dere'nin ve Arpa Dere'nin geriye aşındırması, Koca Dere'yi kapmasına ve bu yöne akış göstermesine neden olmuştur.

1.2.2.5. Karst Jeomorfolojisi Birimleri

Göksu Çayı Havzası'nın jeolojik yapısı ve litolojik özellikleri muhtelif alanlarda karstik şekillerin görülmesini sağlamıştır. Sahada en yaygın olarak görülen karstik şekil dolindir ve havzanın güneydoğusunda yoğun olarak gözlemlenmektedir. Dolinlerin birleşmesi ile

uvalalar yine aynı sahada yer alır. Havzada diğer karstik birimleri; traverten, düden, mağaralar ve flüvyo-karstik depresyon oluşturur.

Araştırma sahansının güney sınırını teşkil eden Domaniç Dağları'nın doğu kesimindeki Yanıklık Tepe (1843 m), Sınırbel Tepe (1632 m) ve Kulüp Tepe (1572 m) üçgeni içerisinde yoğun şekilde karst topografyası ve dolinler bulunmaktadır (Şekil 20). Bu alandaki dolinler erime hadisesi ile meydana gelmiştir (Hoşgören, 1975: 73). Dolinlerin yoğun olduğu saha Geyiktepe formasyonu ile yüzeylenmektedir. Özellikle bu sahada Üst Kretase-Alt Triyas yaşlı mermerler üzerinde dolinler görülür. Doğuda Kışlacıkbaşı Tepe'den başlayan dolinler, Domaniç Dağları'nın zirvelerini takip ederek batıya doğru Sınırbel Tepe civarında yaygın şekilde gözlemlenir. Bu alanda birkaç dolinin birleşmesi sonucu uvalalarda gözlemlenmektedir. Batıda ise zirve kesimindeki Yanıklık tepe ile kuzeydeki Küçüküç Tepe arasında dolinler yer alır. Domaniç Dağları'nda Kazmut Tepe kesiminde ve Dalakkaydıran Dere'nin kuzey kesimindeki plato sahasında da dolinler gözlemlenir. Tahtaköprü ve Hacıkara mevkiinde dolinler karst morfolojisinin görülmesini sağlar (Şekil 20). Ancak Hacıkara kesiminde belli zamanlarda göl şeklini alan çukurlukların hepsi dolin değildir. Özellikle sahada meydana gelen arazi kaymaları topografik yüzeyde diskordant oluşumları tetiklemiş ve bazı alanlarda çukur sahalar meydana gelmiştir.



Şekil 20: İnceleme sahasının güneydoğusunda dolinlerin yoğun olduğu alanlar

Havzanın kuzeybatısındaki Marmaracık yerleşim biriminin batısında Bakacak Tepe kütlesinde dolinler bulunmaktadır. Havzanın doğusundaki plato sahasında Girdap Dere ile Kovanlık Dere arasında dolin ve düden bulunmaktadır. Koyunköy'ün batısında özellikle Bahçecik yerleşmesinin yakınında yer alan sahada düden, subatan görevi ile güneyden gelen

kısa boylu akarsu drenajının yeraltına sızmasına neden olur. Sahanın Permiyen yaşlı kireçtaşlarından oluşan yapısının zamanla kimyasal aşınmaya uğraması topografyanın konkav bir hal almasına ve çukurlaşmasına neden olmuştur. Düdenin kuzeyinde yer alan dolin bu tabandaki çukurluk alanı oluşturmaktadır. Sahada dar alanlı küçük bir polye tabanı olması kuvvetle muhtemeldir. Havzada en geniş traverten oluşumları Aksu Dere vadisinin Osmaniye-Tahtaköprü-Rüştiye arasındaki sahada gözlemlenir. İnceleme sahasının orta ve kuzey kesiminde özellikle Permiyen yaşlı kireçtaşlarının faylar ile dokanaklı olduğu kesimlerde travertenler gözlemlenir. Aksu Dere, Değirmen Dere travertenleri yakın çevredeki mermerlerden sızan kalsitin birikmesiyle taraçalı şekilde yüzeylenmiştir.



Fotoğraf 17: Oylat mağarası

Araştırma sahasında karstik unsurlardan olan mağaralar güney kesimde gözlemlenir. Bu durum, güney kesimindeki yüksek alanlarda yer alan karstik birimlerin yaygın olarak litolojik yapı içerisinde görülmesine, yer altı suyunun bu alanda karstlaşmayı tetiklemesi ve kimyasal aşındırma ile boşlukları meydana getirmesine yol açmıştır. İnceleme sahasındaki en iyi gelişmiş mağara sistemi Oylat Mağarası'nda görülmektedir (Fotoğraf 17). Oylat Mağarası,

İnegöl'ün şehir merkezinin güneybatısındaki Hilmiye köyünün yaklaşık 1 km güneyinde, Oylat Deresi'nin batı kenarında bulunmaktadır. Mağara, Permiyen-Triyas yaşlı kristalize kireçtaşı biriminden müteşekkildir. Bu alanda litolojiyi kesen kuzeydoğu-güneybatı yönlü iki fay üzerinde gelişme göstermiştir (Atabey vd., 2002: 94). Karstlaşma ile oluşan mağarada sarkıt, dikit, sütunlar, damlataş havuzları bulunmaktadır. Mağara, çok dönemli ve çok kökenli bir gelişimi, farklı çökelme litolojisini ve tektonik unsurlardan etkilenme yapısını barındırmaktadır (Atabey vd., 2002: 95). Elmaçayır Mağarası ve Delikli Mağara, Uludağ eteklerinde bulunmaktadır. Elmaçayır Mağarası, 920 metre yüksekliğe, -10 derinliğe ve 130 metre uzunluğa sahiptir (Erdoğan, 2019: 128). Kızılkaya Mağarası ise Oylat Mağarası'nın batısında, Cihan Dere yamaçlarında yer almaktadır.

1.2.2.6. Glasiyal ve Periglasiyal Jeomorfoloji Birimleri

Ülkemizin özellikle doğu bölümü başta olmak üzere yüksek dağlık alanlarda Pleyistosen'de meydana gelen buzullaşma ve bunun sonucunda oluşan glasiyal-periglasiyal morfoloji unsurları gözlemlenir. Uludağ kütlesi, 2543 m yükseltisi ile son buzul döneminden (Würm) etkilenmiştir (Öztürk, 2009: 40). Göksu Çayı Havzası sınırları içerisine giren Uludağ'ın güneydoğu kesiminde glasiyal ve periglasiyal morfolojiye ait unsurlar bulunmaktadır. Havza sınırları içerisinde glasiyal ve periglasiyal morfoloji unsurlarından sirk, kaya buzulu, girland, taş halkaları, taş kümeleri ve çemberler gözlemlenmektedir.

Havzanın güneybatı sınırını oluşturan Uludağ'ın yüksek kütlesi üzerinde iki adet sirk bulunmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda ise Uludağ kütlesini tamamında çok daha fazla sirk oluşumu tespit edilmiştir (Erinç, 1949: 85; Erinç, 1957: 92; Türkeş ve Öztürk, 2008: 390). Bunlardan iki tanesi Kuzyatağı Tepe'nin (2478 m) hemen doğusudur. Bu alandaki sirklerden ilki 2420-2100 m aralığında, daha doğudaki 2390-2190 m aralığında bulunur. Kuzey cepheleri oldukça sarp kayalıkla çevrili olup, yüksek eğimden dolayı sirk çukurunda yamaç döküntüleri yer alır. Sirkler, Karbonifer'e ait zirve mermeri sahasında morfolojik oluşum göstermiştir. Kuzyatağı Tepe'nin hemen yakınındaki sirk içerisinde kuvvetle muhtemel kaya buzulu yer almaktadır (Öztürk, 2009: 88). Bu alandaki kaya buzulunun oluşunu sağlayan etmen sirk çukurunun olmaması ve sirk duvarlarının oldukça eğimli bir çanak şeklinde bulunmasıdır.

Araştırma sahasına giren Uludağ'ın yüksek kesimlerindeki mikro periglasiyal unsurların büyük çoğunluğunu taş halka ve kümeleri, çember ve girlandlar teşkil eder. Bu unsurlar Kuzyatağı Tepe ve Arpakarı Tepe hattının batısındaki 2000 m yükseltiden sonra görülür. Orman üst sınırını meydana getiren ardıçın topografya yüzeyinden çekilmesinden sonra belli alanlarda özellikle mermerin yüzeylendiği sahalarda gözlemlenir. Bu unsurlar yüksek irtifada meydana gelen iklim salınımları sonucu oluşan donma çözülme olaylarıyla başlar. Daha

sonra değişen koşullarda mevsimsel değişimler daimi bitki örtüsü sınırını ortadan kaldırır ve soliflüksiyon olaylarının meydana gelmesini sağlar. Yüzeydeki malzemeler eğim doğrultusunda meydana gelen denüdasyon olayları ile taşınır ve bu sırada seyrek alpin-çayır örtüsünün belli doğrultularla ve geometrik şekiller göstererek değişmesine yol açar. Taşınan malzemeler hafif dalgalı şeritler halinde, kümeler ve halkalar şeklinde kısa boylu otlarla birlikte morfolojik unsurları meydana getirir. Sahada, eğimin az olduğu yerlerde çemberler, eğimin arttığı yerlerde girlandlar görülür. Arpakarı Tepe (2229 m) ve Eğrikar Tepe (2451 m) zirve düzlükleri ve kuzey yamaçlarında çemberler, girlandlar geçiş halinde yüzeyde görülür. Kaygalı Tepe (2460 m) çevresinden Kuzyatağı Tepe (2478 m) kesimine doğru çemberlerden eğimin artmasıyla girlandlar geçiş olduğu anlaşılmaktadır (Hoşgören, 1975: 71; Öztürk, 2009: 82).

1.2.3. Jeomorfolojik Oluşum ve Gelişim

Göksu Çayı Havzası'nın jeomorfolojik evrimi polisiklik ve karmaşık bir yapı sunmaktadır. Havzanın jeomorfolojik evrimdeki en eski kütlelerini Uludağ ve Domaniç Dağları oluşturmaktadır. Paleozoyikte denizel-okyanusal ortam altındaki araştırma sahasında Uludağ kütlesi masif yapıyı meydana getirmektedir. Hersinyen orojenezi ile kıvrımlanan kütle yükselmiş ve havzanın ilk nüvesini teşkil etmiştir (Ardel, 1944: 36; Erinç, 1949: 81; Köpük, 2003: 88; Türkeş ve Öztürk, 2008: 387). Mezozoyik boyunca meydana gelen regresyon ve transgresyonlardan etkilenen saha denizel-gölsel ve karasal ortamlarda geçiş yapmış, tortulanmalar ve çökelmelere maruz kalmıştır. Oligosenden önce meydana gelen orojenik, epirojenik ve tektonik hadiselerle havza denizel ortamdan kopmuş ve tektonik çarpışmaların meydana geldiği kenet kuşağına dönüşmüştür. Oligosende meydana gelen kırılma, çökme ve kıvrılmalar neticesinde havzanın güneyindeki dağlık kütleler daha da yükselirken havza tabanları çökmeye maruz kalmıştır. Bu nedenle havzanın kuzey sınırı olan Avdan-Gürle Dağları bloğu ile güney sınırı oluşturan Uludağ-Domaniç Dağları blokları ortaya çıkmış ve taban kesimde çukurlaşmalar gözlemlenmiştir. Ancak havza ortası kesiminde de yükseltiler tesviye edilmediğinden saha iki ayrı havza görünümündeydi. Bu dönemin sonunda saha gölsel ortamdan kara haline geçmiş ve yerel kaide seviyesi değişmiştir (Hoşgören, 1975: 83). Alt-Orta Miyosen de Anadolu karasının büyük çoğunluğunda meydana gelen peneplenasyon olayı havzanın genel taban düzeyine göre alçaltma ve düzleştirme işlemini hızlandırmış ve Miyosen aşınım hadisesi başlamıştır. Miyosen aşınım yüzeyleri KAF zonunun etkisini göstermesiyle bazı alanlarda kırılmış ve yükselen (Uludağ, Domaniç, Ahı ve Avdan Dağları gibi) blok seviyelerinde kalmıştır. Denüdasyon ve peneplasyon işlemleri havzanın doğu kanadında plato sahasının ilk yüzeylerini teşkil etmeye başlamış. Üst Miyosen'deki düzleştirme işlemi sırasında tektonik hatlara tekabül eden zayıf direnç sahalarında denüdasyonel oluklar meydana gelmiştir. Üst Miyosen aşınım yüzeyleri neo-tektonik hareketlerle, sınırları ve tabanları iyice belirginleşen

Yenişehir ve İnegöl havzalarının çukur alanlarındaki göllerin kaide seviyesinin denetiminde gelişimini Pliyosene kadar sürdürmüştür. Üst Miyosen sonlarına doğru değişen klimatik koşullar ve kuraklaşma sonucu İnegöl ile Yenişehir havza tabanlarının kenarlarında gölsel depolar birikmiştir. Ova tabanlarında çökellerin kalınlığının fazla olması bu sahaların sübsidansa uğradığını ve çökelen tortullarla havza tabanlarının daha da çöktüğünü göstermektedir. Miyosen aşınım yüzeyleri ile taşınan malzemeler daha sonra bu taban kesimine çökelmiş ve sedimentasyon devresel olarak süregelmiştir (Ardel, 1951: 109; Hoşgören, 1975: 84; Kayacılar, 1999: 181).

Üst Miyosen-Pliyosen'den itibaren etkisi ve şiddetini arttıran neo-tektonik hareketler sonucunda Göksu Çayı Havzası'nda yükselmeler, havza tabanlarında çanaklaşma, çökelme ve derinleşme hadiseleri oluşmuştur. Meydana gelen yeni kaide seviyesi Pliyosen boyunca sürecek aşınım döngüsünü başlatmıştır (Hoşgören, 1975: 84; Kayacılar, 199: 182). Pliyosen aşınım yüzeyleri alçalan tektonik bloklar ve karasallaşan gölsel tabanların üzerinde denüdasyonel süreçleri işleyerek aşınım düzlüklerini meydana getirmiştir. Pliyosen aşınımları, Üst Miyosen aşınım yüzeylerinin içlerine oluklar şeklinde gelişerek vadiler oluşmuştur. İlk akarsu gelişimi ve drenaj şebekesinin kurulumu kuvvetle muhtemel Üst Miyosen sonu Pliyosen dönemine denk gelir ve böylece flüvyal süreçlerin etkileri havza genelinde artmaya başlamıştır.

Pliyosende meydana gelen epirojenik hareketler ve neo-tektonik süreçlerle havzanın güney kesimi oldukça yükselmiştir. Bu olay ise kırılmaları meydana getirmiş ve özellikle İnegöl Ovası güneyinde eğim kırıklıkları ile fay rölyefi oluşmuştur. Uludağ'ın oldukça yüksek seviyeye çıkmasına ve İnegöl fay zonunun KB-GD doğrultusunda oluşmasına neden olan yükselme, aynı zamanda Uludağ'ın yüksek kesimlerinde glasiyasyona sebep olmuştur. Yükselmeler, neojen örtülerinin güney cephede (Uludağ ve Domaniç Dağlarında) daha yükseklere çıkmasına, aşınım yüzeylerinin havzanın birçok yerinde farklı yükselti seviyelerinde görülmesine de sağlamıştır. Değişen kaide seviyesine bağlı olarak havzanın belli bölümlerinde kapma olayları meydana gelmiştir. Kireçtaşı içerisinde açılmış olan Pliyosen vadileri karstlaşma hadisesinin gelişmesine ve doğal olarak flüvyo-karstik depresyonun ortaya çıkmasına neden olur. Karstlaşma olayı Pliyosen sonunda başlar ve Kuvaterner boyunca devam eder. Özellikle Domaniç Dağları Sınırbel Tepe civarındaki dolinlerin bu dönemde erime hadisesi ile oluşmaya başladığı kuvvetle muhtemeldir. Pliyosen sonunda genç faylarla sınırlanmış alanlarda, akarsuların taşıdığı malzemeyi eğim kırıklarında biriktirmesi sonucu birikinti konileri oluşmuştur. Pliyosen sonu başlayan sedimentasyon olayı Holosen boyunca devam ederek birikinti konilerin daha da genişlemesini sağlamıştır. Birikinti konilerin olduğu yüzeyin İnegöl fay zonuna tekabül etmesi ve bu alanın neo-tektonik etkenlerde aktif olması drenaj yöneliminde ötelenmelere, kırılmalara, alüvyal fanların deforme olmasına da neden olmuştur. Bu dönemde

ilk ortaya çıkan drenaj şebekesinin unsurları ve birtakım akarsular antesedant özellik kazanmış ve bazıları sürempozisyon olayına uğrayarak derine gömülmüştür. Bu nedenle havzanın kuzeybatısında olduğu gibi bazı alanlarda drenaj şebekesinin kesintiye uğraması ve yönelimlerinde farklıların gözlemlenmesi sonucunu ortaya çıkmıştır (Kayacılar, 1999: 182). Pliyosen de meydana gelen akarsu gömülmeleri ve derine kazma işlemleri neticesinde İnegöl-Yenişehir boğazı açılmaya başlamıştır. Aynı zamanda İnegöl-Yenişehir boğazı ve Göksu Çayı'nın Sakarya Nehri'ne bağlandığı epijenik boğazlar derine aşındırmanın hızlanması ile önlerindeki depoları devresel olarak aşındırmış ve havzaların deşarjını sağlamıştır. Kuvaterner de tektonik etkenler ve değişen kaide seviyeleriyle hızlanan flüvyal süreçler, glasiyal ve interglsiyal dönemlerde değişik hızlarda devam etmiş, plato yüzeylerini aşındırarak vadilerin oluşumunu sağlamıştır. Özellikle havzanın doğu ve güneyindeki arızalı topografik görünüm bu dönemde flüvyal süreçlerle şekillenmiştir. Kuvaterner boyunca yüksek kesimlerden süpürülen sedimentler flüvyal süreçlerle havza tabanını alüvyonlarla kaplanmıştır. Son glasiyal dönemde (Würm) Uludağ üzerinde gelişen glasiyal koşullar, dağın 2000-2100 m seviyesinden sonra birçok kesiminde glasiyal-periglasiyal şekillerin gözlemlenmesini sağlamıştır (Erinç, 1949: 81; Erinç, 1957: 92; Türkeş ve Öztürk, 2008: 388; Türkeş ve Öztürk, 2011: 244). Holosen'den günümüze devam eden flüvyal süreçler, günümüz klimatik stabilitesinde drenajını şekillendirmiştir. Bu süreçler havzanın günümüzdeki görünümünü almasını sağlamıştır. Flüvyal süreçlerin erozyonal ve birikim hadiselerinin sonucunda İnegöl ve Yenişehir ovalarında oldukça kalın alüvyonlar birikmiş, epijenik boğazların iyice derinleşmesi, Göksu Çayı Havzası'nın tamamen Sakarya Nehri'ne deşarj olmasını sağlamıştır. Araştırma sahasının jeomorfolojik evrimi günümüzde iç-dış etmen ve süreçlerle şekillenmeye devam etmektedir.

1.3. İklim Özellikleri

1.3.1. Havza İklimini Etkileyen Coğrafi Özellikler

Göksu Çayı Havzası'nın, coğrafi konumu, denizel ve karasal şartların geçiş alanında bulunması ve yükselti farklarının oldukça fazla olmasından dolayı iklim koşulları birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Bu bakımdan çalışma sahasındaki iklim koşullarını ve elamanlarını, denizellik-karasallık, yükselti, sürtünme, gezici hava kütleleri ve güneşin geliş açısı gibi faktörler etkilemektedir. Ayrıca havzanın kendi sınırları içerisindeki irtifa farklılıklarının olması iklim elamanlarının çalışma alanı sınırları içerisinde çeşitlilik göstermesine de neden olmaktadır. Araştırma sahası genel olarak kış mevsiminde polar hava kütlesinin, yaz mevsiminde ise tropikal kökenli hava kütlelerinin etkisi altında kalır. Marmara Bölgesi'nin birçok kesiminde hakim olan Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklim arasındaki geçiş özelliği havzada da görülmektedir. Marmara Bölgesi genelinde yüksek dağlık alanların olmaması Balkanlar ve Sibirya üzerinden gelen soğuk hava kütlelerinin kışın bölge ve havza genelinde etkili olmasına yazın ise tropikal kökenli sıcak hava kütlelerinin hissedilmesine neden olur. Havza genelinde Marmara geçiş iklimi etkili olmakta, havzanın doğusunda karasal iklim şartlarına geçiş gözlemlenmektedir. Havzanın güney sınırını oluşturan Uludağ üzerinde ise daha soğuk iklim şartlarının etkisi hissedilmektedir (Darkot ve Tuncel, 1981: 21).

Havzanın iklim şartları ve özellikle sıcaklığın yıl içerisindeki dağılışında güneş ışınlarının geliş açısı önemli rol oynar. Çalışma sahası $40^0$26'10"–$39^0$48'2" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Bu bakımdan ekinoks tarihlerinde (21 Mart ve 23 Eylül) güneş ışınları ortalama 50 derecelik bir açıyla gelmektedir. Havzaya güneş ışınları, en soğuk ve en sıcak ayları tekabül eden solstist tarihlerinden 21 Aralık'da $26^0$73' açıyla, 21 Haziran'da $73^0$27'lık açıyla güneş ışınları gelmektedir. Bu durum havzanın yazın oldukça fazla ısınmasına kışın ise soğumasına neden olmaktadır. Havzanın iklim özellikleri sıcaklık, yağış, nem, basınç ve rüzgarlar gibi elemanlarla incelenmiştir. İklim elemanlarının analizinde havza sınırları içerisine giren İnegöl ve Yenişehir meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Ancak sıcaklık ve yağış haritalarının üretilmesinde bu iki istasyon dışında Bilecik, Osmaneli, Pazaryeri, Bozüyük, Kestel ve Uludağ istasyonlarının verileri de kullanılmıştır.

1.3.2. İklim Elemanları

1.3.2.1. Sıcaklıklar

Göksu Çayı Havzası'nda sıcaklık analizi İnegöl ve Yenişehir istasyonlarının uzun dönem verileri üzerinden incelenmiştir. İki istasyon merkezinin yükselti seviyelerinin birbirine yakın olması, çevrelerindeki jeomorfolojik koşulların benzer olması sıcaklığın yıl içerisinde

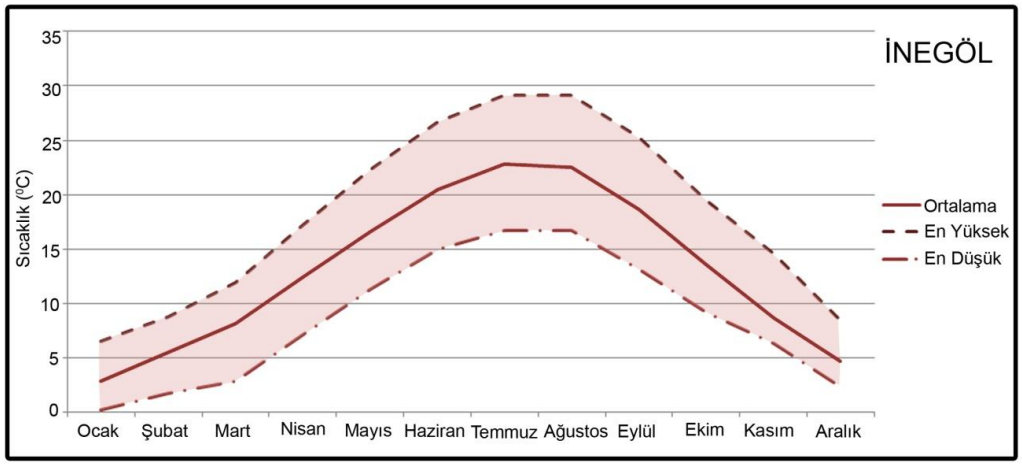
seyrinin de benzer olmasını sağlamıştır. İnegöl'e yıllık ortalama sıcaklık değeri 13,08^{0}C'dir (Tablo 2). Yenişehir meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık değeri 13,17^{0}C'dir (Tablo 2). Yıllık sıcaklık ortalamalarının neredeyse aynı olduğu iki istasyon verilerinin ortalama en yüksek ve en düşük ile mutlak en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri de ufak değişiklikler dışında birbirine benzer durum göstermektedir. İnegöl'de yıllık sıcaklık amplitüdü 19,9^{0}C iken Yenişehir'de 20,2^{0}C'dir. İki merkezde de en düşük sıcaklıklar Ocak ayında, en yüksek sıcaklıklar Temmuz ayında hissedilmektedir. Sıcaklık rejimleri birbirine oldukça benzer yapıda olan iki istasyon verileri incelendiğinde sıcaklığın kış mevsiminde 10^{0}C'nin altında olduğu yaz mevsiminde ise 20^{0}C'nin üzerine çıktığı anlaşılmaktadır.

Tablo 2: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama sıcaklıklar (1985-2019)

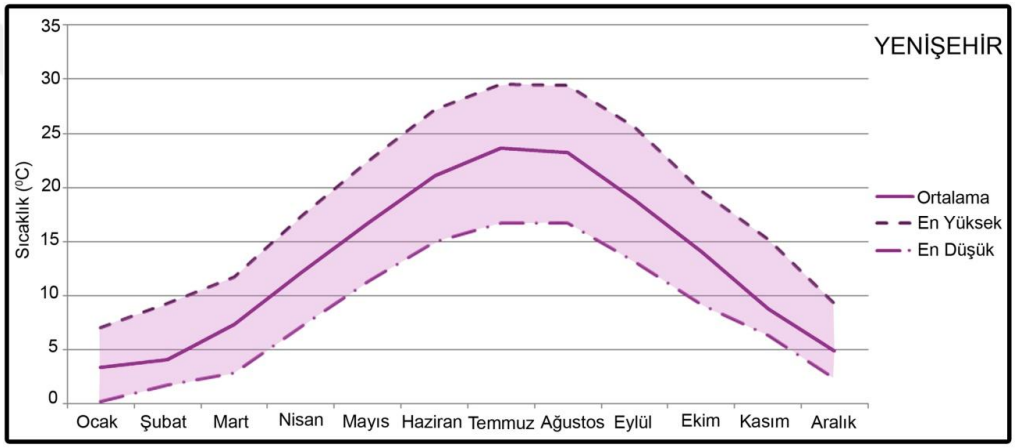
		O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Ort**
İNEGÖL	Ortalama Sıcaklıklar (^{0}C)	2,9	5,5	8,2	12,4	16,6	20,5	22,8	22,5	18,6	13,5	8,7	4,7	13
	Ort. En Yüksek Sıcaklıklar (^{0}C)	6,5	8,8	11,9	17,2	22,3	26,7	29,1	29,1	25,3	19,5	14,6	8,5	18,3
	Ort. En Düşük Sıcaklıklar (^{0}C)	0,1	1,4	2,5	6,6	10,7	14,1	15,9	15,7	12,2	8,4	5,5	1,9	7,9
		O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Ort**
YENİŞEHİR	Ortalama Sıcaklıklar (^{0}C)	3,4	4,1	7,3	12,1	16,7	21,1	23,6	23,2	18,8	14,1	8,8	4,9	13,1
	Ort. En Yüksek Sıcaklıklar (^{0}C)	7	9,3	11,7	17,3	22,4	27,2	29,5	29,4	25,6	19,7	15,2	9,3	18,6
	Ort. En Düşük Sıcaklıklar (^{0}C)	0,2	1,7	2,9	7,1	11,3	15	16,7	16,7	13,1	9,2	6,3	2,4	8,5

Kaynak: İnegöl ve Yenişehir meteoroloji istasyonları rasat verileri (Ort: Ortalama değer)

Yıllık ortalama en yüksek sıcaklıklar İnegöl'de 18,3^{0}C, Yenişehir'de 18,6^{0}C'dir (Tablo 2). Ortalama en düşük sıcaklıkların yıllık değeri İnegöl'de 7,9^{0}C, Yenişehir'de 8,5^{0}C'dir (Şekil 21 ve 22). İnegöl'de mutlak en yüksek sıcaklıklar Ağustos ayında 35,5 ^{0}C, Yenişehir'de Temmuz ayında 36,2^{0}C'dir. Mutlak en düşük sıcaklık değerleri İnegöl'de Ocak ayında -10,4^{0}C iken Yenişehir'de Şubat ayında -10,1^{0}C'dir. İnceleme sahasının Akdeniz-Karadeniz iklimleri arasındaki Marmara geniş iklimi özelliğinde olması sıcaklık değerlerine ve rejimine yansımıştır. Ancak havzanın güney sınırındaki dağlık kütleler ve doğuya doğru karasallığın artması yıllık sıcaklık farklarının 19-20^{0}C arasında olmasına ve en düşük, en yüksek sıcaklıklar arasındaki farkında oldukça fazla olmasına neden olmuştur.



Şekil 21: İnegöl'de aylık ortalama, en düşük, en yüksek sıcaklık değerleri ve değişimi



Şekil 22: Yenişehir'de aylık ortalama, en düşük, en yüksek sıcaklık değerleri ve değişimi

İnceleme sahasında sıcaklığın mevsimlere dağılışı Akdeniz iklim rejiminin özelliklerini göstermektedir. Fakat sıcaklık seyrinin en yüksek ve en düşük değerleri ise tipik olarak Marmara geçiş iklimini yansıtmaktadır. İki istasyon verisi analiz edildiğinde yaz mevsiminde ortalama sıcaklıklar 24^0C'yi aşmaz (Şekil 22 ve 22). Kış mevsiminde ise sahanın kontinental kütlelerin etkisi altına girmesi ve polar koşulların etkili olmasından dolayı sıcaklıkların 3^0C'ye kadar indiği görülmektedir. İlkbahar mevsiminde sıcaklıklar yavaş şekilde artmakta, sonbahar mevsimi ise genel olarak ılık geçmektedir.

Araştırma sahasını sıcaklıkların 0^0C'nin altına indiği günler (donlu günler) açısından incelediğimizde, havzada karasal şartların belli dönemler etkili olduğu anlaşılmaktadır. İnegöl meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama donlu gün sayısı 4,3 iken Yenişehir'de bu değer 3,9 gündür (Tablo 3). Her iki istasyonun uzun dönemli verileri değerlendirildiğinde Kasım ayından Nisan ayına kadar daima sıcaklıklar ortalama en az 1 gün 0^0C'nin altına düşmektedir. Donlu günlerin en fazla olduğu mevsim kış olup özellikle Ocak ayında 10 günün üzerinde donlu gün olduğu anlaşılmaktadır. Havzadaki yıllık ortalama güneşleme süresi ise İnegöl'de 3,89 saat,

Yenişehir'de 3,96 saattir (Tablo 4). Değerler iklim ve sıcaklık rejimine uygun olarak yazın artmakta kışın azalmaktadır.

Tablo 3: İnegöl ve Yenişehir'de aylara göre ortalama donlu gün sayıları (gün)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
İnegöl	16	10,2	6,3	1,7	0	0	0	0	0	0,6	4,4	13,1	52,3
Yenişehir	11,8	11,7	9,5	2,2	0,3	0	0	0	0	0,4	4	7,7	47,6

Kaynak: İnegöl ve Yenişehir (1985-2019) meteoroloji istasyonu rasat verileri

Tablo 4: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

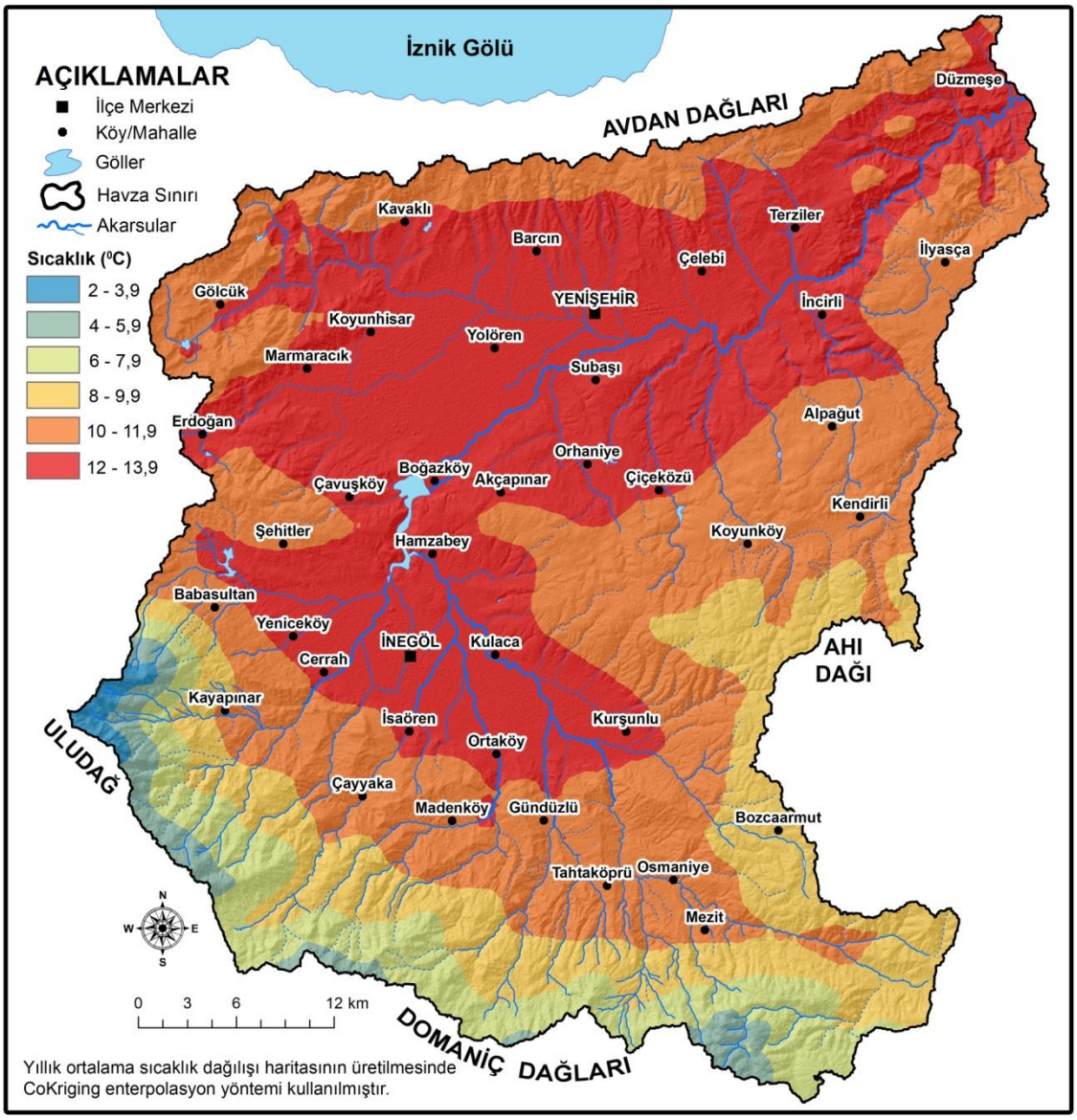
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
İnegöl	1,61	2,29	3,41	4,73	5,9	6,35	6,26	5,49	4,45	3,1	1,87	1,33	46,79
Yenişehir	1,58	2,4	3,55	4,86	6,1	6,45	6,5	5,3	4,4	3,22	1,9	1,3	47,56

Kaynak: İnegöl ve Yenişehir (1985-2019) meteoroloji istasyonu rasat verileri

Göksu Çayı Havzası'nın sıcaklık analizi İnegöl ve Yenişehir istasyonlarının uzun dönemli verileri üzerinden incelenmiştir. Ancak havzanın oldukça geniş saha kaplaması yükselti farklıkları, karasallık etkisi, dağların uzanış doğrultusu gibi birçok faktör sıcaklık dağılışının havza içerisinde farklılıklar göstermesine neden olmuştur. Bu nedenle havzanın yıllık ortalama ile Ocak ve Temmuz ayları sıcaklık dağılışı haritalarının ortaya konulması için bazı formüller ve teknikler kullanılmıştır. İlk olarak İnegöl ve Yenişehir meteoroloji verileri dışında havzanın sıcaklık dağılışında etkili olabilecek çevre istasyonlar belirlenmiş, sonra Thiessen poligonları yöntemi ile istasyonların bulunduğu noktalar arasındaki etkileşim sınırları çizilmiştir. Daha sonra yükselti, bakı ve dağların uzanış doğrultusu temel alınarak ortaya konulan sınır poligonları düzenlenmiştir. Bunun sonucunda havzanın sıcaklık ve yağış haritaları için İnegöl, Yenişehir istasyonları dışında Kestel, Uludağ, Osmaneli, Bilecik, Pazaryeri ve Bozüyük verilerinin kullanılabileceği tespit edilmiştir. Daha sonra yükselti-sıcaklık ilişkisi ele alınmıştır. Sıcaklık, durgun havada yükseldikçe 100 metrede $0,56^0$C azalmaktadır. Bu orana sıcaklık değişim oranı (Lapse Rate) ya da dikey sıcaklık gradyanı denir. Genel olarak değişim oranı ortalama bir değere çekilerek $0,5^0$C olarak hesaplanmaktadır. Daha detaylı meteorolojik çalışmalarda ise Uluslararası ve Amerikan standart atmosfer değerleri listesinde sıcaklık değişme oranı her 100 metrede $0,65^0$C olarak gösterilir (Erol, 2011: 95). Bu çalışmada sıcaklık değişim oranı ortalama bir değer olarak $0,5^0$C olarak ele alınmıştır. Uygulanan formül ile meteorolojik verisi bulunan alanlardan diğer yükselti seviyelerine noktalar atanmış ve formüle uygun olarak sıcaklık değerleri eklenmiştir. Havzadaki yükselti farkı, ani yükselti değişimleri nedeniyle Cokrigging yöntemi kullanılarak iki değişkenli (yükselti-sıcaklık) mekansal bir dağılış ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler uygulanan formül ve yöntemin ardından kriging

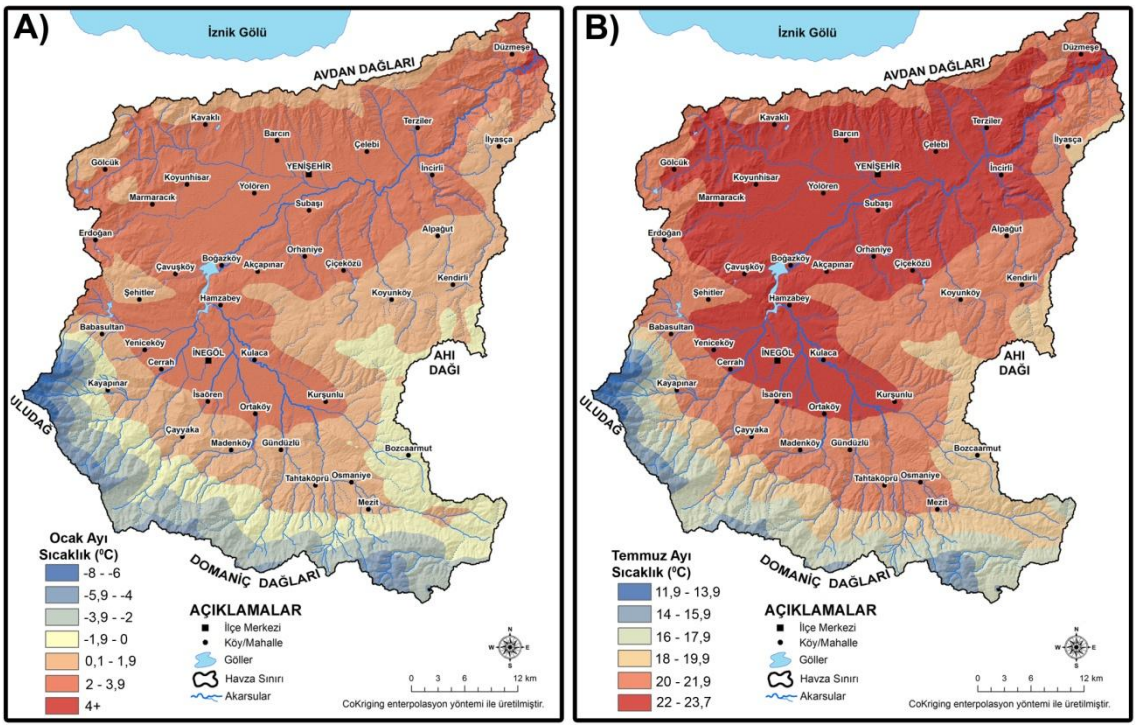
metodu ile enterpole edilmiş ve hata oranı az olan yıllık ortalama sıcaklık, Ocak ve Temmuz ayları sıcaklık dağılış haritaları üretilmiştir (Şekil 23 ve 24).

Göksu Çayı Havzası'nın yıllık ortalama sıcaklık dağılışı haritası incelendiğinde; en yüksek sıcaklıkların Yenişehir ve İnegöl Ovası ile Düzmeşe civarında Göksu Çayı-Sakarya Nehri bağlantısında olduğu görülmektedir (Şekil 23). Belirtilen sahalar havzanın en alçak noktaları olup taban kısımlarını meydana getirmekte ve beşeri faaliyetler için uygun sıcaklık koşullarını barındırmaktadır. Sıcaklıklar, Avdan Dağları'nda 9^0C'ye, havzanın doğusunda Ahı Dağı çevresinde karasallık ve yükseltinin etkisiyle 7^0C'ye kadar düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklıklar havzanın güneyindeki Uludağ ve Domaniç Dağlarının zirve kesimlerinde 5^0C'nin altına düşmektedir.



Şekil 23: Göksu Çayı Havzası'nın yıllık ortalama sıcaklık dağılışı haritası

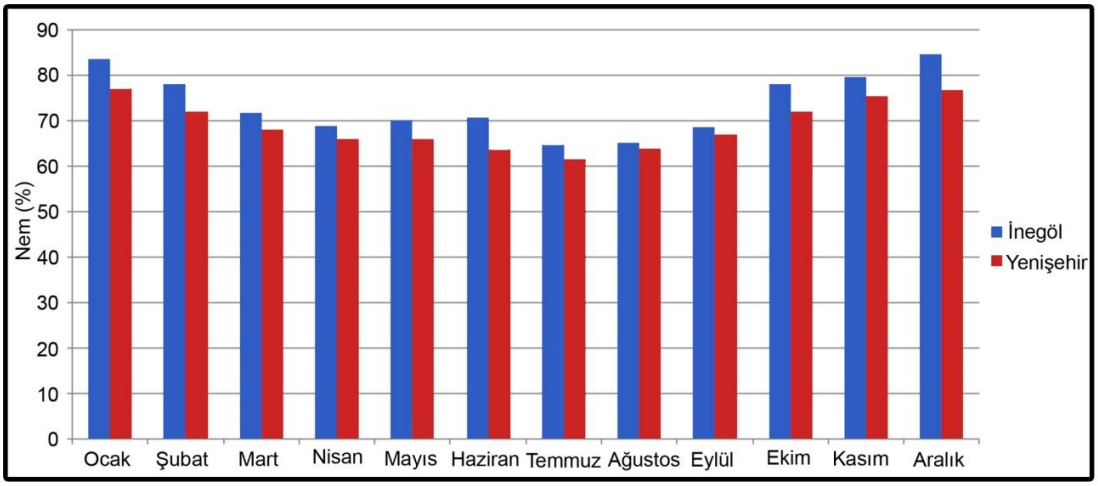
Araştırma sahasında sıcaklıklar Ocak ve Temmuz ayları olarak incelediğinde dağılışlarda farklılıkların olduğu ve yükseltinin yanında karasallığında etkili faktör olduğu anlaşılmaktadır. Ocak ayı sıcaklık dağılış haritasında Yenişehir Ovası'nın İnegöl Ovası'ndan 1^0C daha sıcak olduğu, havzanın doğusunda soğumanın daha geniş alanlara yayıldığı, Uludağ ve Domaniç dağlarında ortalama değerlerin -7^0C'lere indiği anlaşılmaktadır (Şekil 24A). Temmuz ayı ortalama sıcaklık dağılışı incelendiğinde; Yenişehir Ovası'nı 23^0C izoterminin kuşattığını ve en yüksek sıcaklıkların bu alanda görüldüğü, güneydeki yükseltinin etkisiyle sıcaklıkların güneye doğru azaldığı görülmektedir (Şekil 24B).



Şekil 24: Göksu Çayı Havzası'nın A) Ocak ayı, B) Temmuz ayı sıcaklık dağılışı haritaları

1.3.2.2. Nem ve Yağış

Nem, havadaki su buharı olup yağışın meydana gelebilmesinde önemli rol oynar. Bu nedenle nem ve yağış verileri birbiri ile karşılıklı ilgi prensibiyle bağlılık arz eder (Türkeş, 2018: 228). İnegöl'de yıllık ortalama % 73,6'lık, Yenişehir'de % 69,1'lik bağıl nem ölçülmüştür. Her iki istasyon verisinin aylık ortalama değerlerinden nem oranının kışın yükseldiği yazın ise düştüğü görülmektedir (Şekil 25).



Şekil 25: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama bağıl nem değerleri

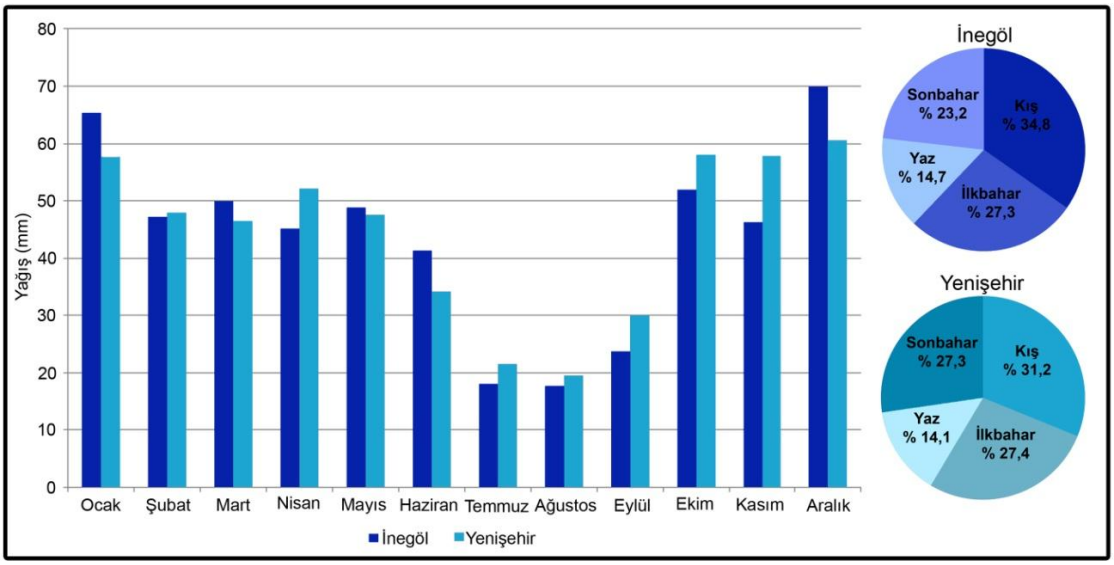
Sıcaklıkla birlikte en önemli iklim elemanlarından biri olan yağış değerleri, fiziki ve beşeri birçok koşulu etkilemektedir. Bu bakımdan yağışın miktarı, rejimi ve dağılışının bilinmesi ve haritalanması oldukça önemli veriler sunmaktadır. Aynı zamanda havza yönetimi ve planlamasında havzanın yağış değerlerinin saptanması, yağış-akış analizinin yapılması ve su kaynaklarının kullanım yeterliliğinin tespit edilmesi açısından oldukça önemli veriler ortaya konulmaktadır. İnegöl meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık toplam yağış miktarı 525,1 mm'dir. Yenişehir'de yıllık toplam yağış miktarı 533,2 mm'dir (Tablo 5). Her iki istasyonda da en fazla yağış kış mevsiminde (İnegöl'de % 34,8 ve Yenişehir'de % 31,2) en az yağış yaz mevsiminde (İnegöl'de % 14,7 ve Yenişehir'de % 14,1) düşmektedir (Şekil 26). Yağışın en çok olduğu ay her iki istasyon için de Aralık, en az görüldüğü ay Ağustos ayıdır. Genel olarak Marmara Bölgesi'nde cephe sistemleri etkinliğinin fazlalaştığı kış dönemi yağışlı dönemin oluşmasında rol oynar.

Tablo 5: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama yağış miktarları (mm)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
İnegöl	65,3	47,2	49,9	45,1	48,8	41,4	18,1	17,7	23,7	51,9	46,2	69,8	525,1
Yenişehir	57,7	47,9	46,5	52,2	47,5	34,2	21,5	19,6	29,9	57,9	57,8	60,5	533,2

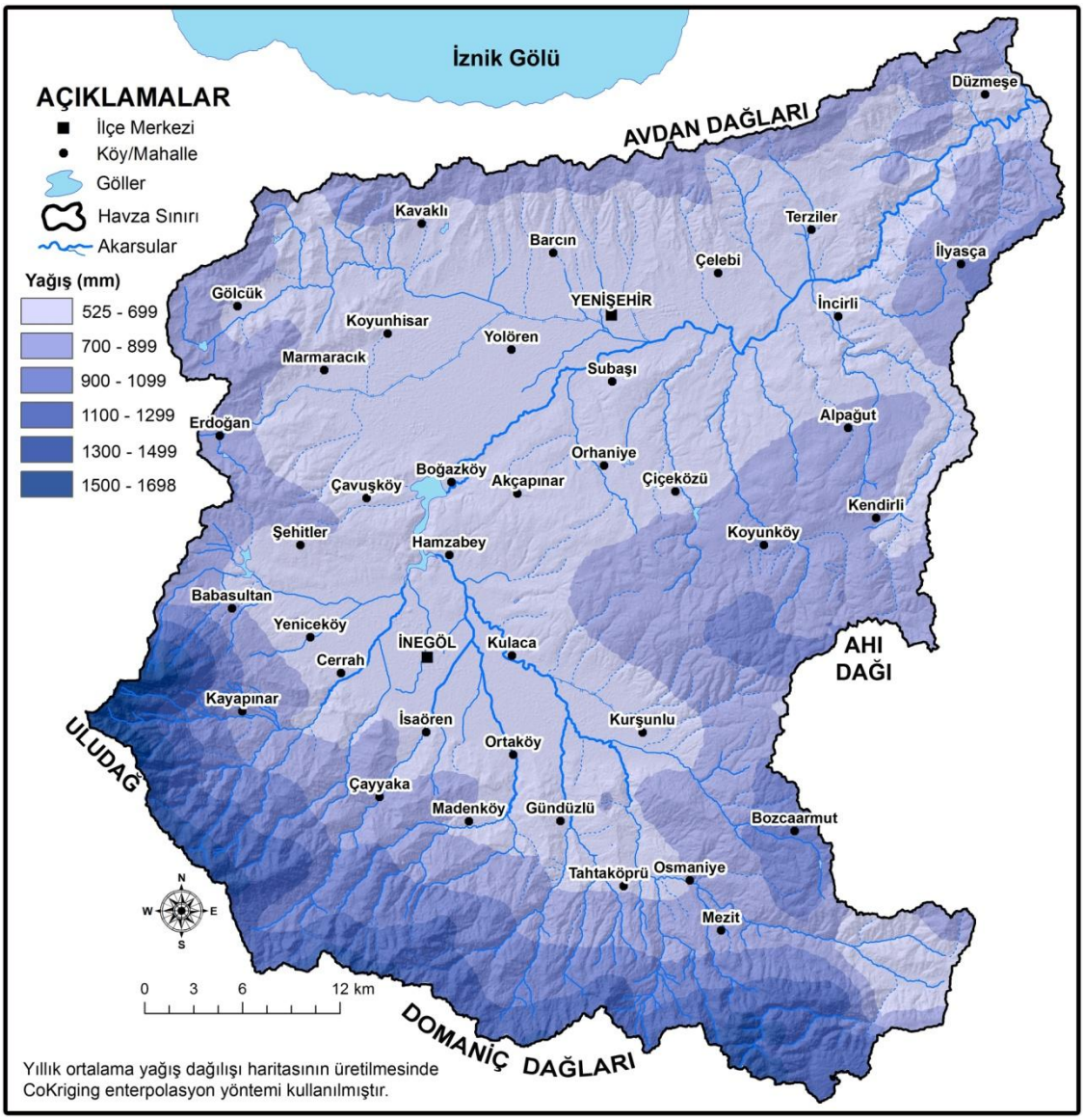
Kaynak: İnegöl ve Yenişehir (1985-2019) meteoroloji istasyonu rasat verileri

İnegöl ve Yenişehir meteoroloji istasyonların yağış verileri incelendiğinde inceleme sahasının Marmara geçiş iklimi rejimine sahip olduğu genel olarak Akdeniz ikliminde olduğu gibi kış aylarının çok yağışlı geçtiği ancak bu iklimdeki gibi bahar mevsimlerinin kurak geçmediği anlaşılmaktadır. Özellikle ilkbahar mevsiminde görülen konveksiyonel yağışların bölgenin deniz etkisinden çok karasal şartlarının hakimiyetinde yağışlarının olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 26: İnegöl ve Yenişehir'de yağış miktarının yıl içerisindeki değişimi ve mevsimlere göre dağılışı

Göksu Çayı Havzası'nın yağış dağılışı haritasının ortaya konulmasında sıcaklık haritalarında uygulanan CoKrigging yöntemi ve yağış-yükselti ilişkisi için Schreiber formülü (Ph= Po + 54h) temel alınmışır. Formüle göre yağış değeri bilinen nokta ile yağış değeri hesaplanacak nokta arasında yükselti farkının 54 ile çarpılmasıyla yağış değerleri bulunmaktadır (Dönmez, 1990: 177; Erinç, 1996: 139; Erol, 2011: 253). Yükselti farkının havza içerisinde fazla olmasından dolayı, belirtilen formül ile iki değişkenli Cokrigging tekniğinin kullanılması hata oranı az olan yağış dağılış haritası üretilmesini sağlayacaktır. Uygulana formül ile belli alanlara noktalar atanmış, hesaplanan sonuçlar değer olarak girilmiş ve daha sonra kriging yöntemi ile enterpole edilen değerler üzerinden yağış dağılış haritası oluşturulmuştur (Şekil 27). Yağış dağılış haritası incelendiğinde; Yenişehir ve İnegöl ovalarının oluşturduğu alçak alanlarda en az yağışın görüldüğü (525-599 mm arası) anlaşılmaktadır. Ayrıca İncirli-Düzmeşe arasındaki Göksu Çayı vadisinde ve karasallığın etkisinin hissedildiği Aksu Dere'nin yukarı çığırında yağış değerlerinin havza geneline göre az olduğu anlaşılmaktadır. Üretilen yağış dağılış haritasında havza genelinde yağış ortalamasının 752 mm olduğu hesaplanmıştır. Yükseltiyle birlikte Avdan Dağları, Ahı Dağı ve Domaniç Dağlarında yağış miktarının 900-1000 mm seviyesine yükseldiği görülmektedir. 2000 m yükselti değerini aşan Uludağ kütlesinde ise yağışlar 1500 mm seviyesini aşmakta ancak orman üst sınırı seviyesinden itibaren sabit bir değer gösterdiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 27: Göksu Çayı Havzası'nın yıllık toplam yağış dağılış haritası

İnceleme sahasında en çok yağışların verileri incelendiğinde kış aylarında m^2'ye kg olarak oldukça fazla yağışın düştüğü görülmektedir. Bu durumun yanında ilkbahar aylarından Haziran ayına doğru en yüksek yağışların artış gösterdiği ve bu durumun havza içerisinde belli bölgelerde sel ve taşkınlara yol açtığı anlaşılmaktadır. İnegöl'de yağışlı günler ortalaması 10,7 gün iken Yenişehir'de 9,1 gündür (Tablo 7). Yıllık toplam yağışlı gün sayısı İnegöl'de 128 gün Yenişehir'de 110 gündür. Kış mevsiminde yağışlı günler sayısı artarken yaz mevsiminde 4-5 gün seviyelerine inmektedir. Kar yağışlı günler yıllık ortalama 1,3 gün civarındadır (Tablo 6). Mayıs ve Ekim ayları arası neredeyse hiç kar yağışı görülmezken, en çok kar yağışlı günler Ocak ayında yaşanmaktadır. Yıllık toplam kar yağışlı gün sayısı İnegöl'de 16 gün Yenişehir'de 15 gündür. Verilerden, havzanın Marmara geçiş iklimi özelliğinde olduğu ancak denizel etkilerin daha az olup karasallığın iklim şartları üzerinde etkisini gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 6: İnegöl ve Yenişehir'de yağışlı ve kar yağışlı günler

Yağışlı Günler													
	O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Toplam**
İnegöl	14,1	12,5	12,9	10,7	12,7	11,1	5,4	5,9	7,5	11,3	10,1	14,3	128,5
Yenişehir	12	12,5	11,1	11,1	8,5	6,6	3,8	4	5,1	9,7	10,9	14,5	109,8
Kar Yağışlı Günler													
	O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Toplam**
İnegöl	4,4	4,9	2,5	0,3	0	0	0	0	0	0,1	0,6	2,9	15,7
Yenişehir	4,5	4,7	2,4	0,2	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	2,6	15,1

Kaynak: İnegöl ve Yenişehir (1985-2019) meteoroloji istasyonu rasat verileri

Göksu Çayı Havzası'nda birçok unsuru etkileyen bulutlu, açık, kapalı ve sisli günler İnegöl ve Yenişehir meteoroloji istasyonu verilerine göre analiz edilmiştir. Bulutlu günler yıllık ortalama olarak İnegöl'de 15,9 gün, Yenişehir'de 16,5 gündür. Açık günler, İnegöl'de 6,9 gün, Yenişehir'de 6,4 gündür. Yıllık ortalama kapalı günler, İnegöl'de 4,2 gün, Yenişehir'de 3,2 gündür (Tablo 8). Kapalı ve bulutlu günler sayısının sıcaklık ve yağış rejimiyle doğru orantılı olarak kış mevsiminde arttığı yaz mevsiminde ise azaldığını anlaşılmaktadır. Açık günler sayısında ise Temmuz ve Ağustos aylarında 15 güne seviyelerine kadar çıkmakta Aralık ve Ocak aylarında 1 gün seviyesine kadar inmektedir. Yıllık toplam bulutlu gün İnegöl'de 191, Yenişehir'de 199 gündür. Yılın yarısından biraz fazlasının ortalama olarak bulutlu geçti anlaşılmaktadır.

Tablo 7: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama bulutlu, açık, kapalı ve sisli günler

Bulutlu Günler													
	O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Toplam**
İnegöl	14,4	14,5	16,2	18,5	19,6	16,7	12,8	12,5	14,1	17,3	17,1	18,1	191,8
Yenişehir	13,5	13,5	17,7	19,7	19,4	16,3	12,8	12,8	15,9	18,8	17,9	20,6	198,9
Açık Günler													
	O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Toplam**
İnegöl	2,1	1,8	5,5	4,3	7,4	11,8	15,6	15,4	10,1	4,6	3,7	1,4	83,7
Yenişehir	1,9	1,5	5,1	4,3	8	10,5	14	13,5	9,4	4,5	3,4	1,5	77,6
Kapalı Günler													
	O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Toplam**
İnegöl	9,3	8,3	7,1	3,6	1,3	0,7	0,5	0,2	0,8	4,7	6,2	7,9	50,6
Yenişehir	7,1	5,5	6	3,4	1,7	0,6	0,3	0	0,9	4,6	4,5	4	38,6
Sisli Günler													
	O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	**Toplam**
İnegöl	6,7	3,4	2,1	1,6	1,7	0,7	0,1	0,1	0,7	4,9	8,7	8,5	39,2
Yenişehir	6,5	3,1	1,8	1,5	1,8	0,7	0,1	0	0,7	4,7	9,1	7,3	37,3

Kaynak: İnegöl ve Yenişehir (1985-2019) meteoroloji istasyonu rasat verileri

Havanın yoğuşması sonucu meydana gelen ve yer ile teması sonucu farklı şekillerde ortaya çıkan hadise sisi meydana getirmektedir. Sis birçok beşeri faaliyeti etkilemekte hatta bazen olumsuzluklara yol açmaktadır. İnegöl'de yıllık ortalama sisli gün sayısı 3,2 Yenişehir'de 3,1 gündür (Tablo 7). Sis hadisesinin görülüğü günler kış mevsiminde 8-9 gün seviyesine çıkmakta, yazın ise 1 günün altına düşmektedir.

1.3.2.3. Basınç ve Rüzgarlar

Farklı gazları bünyesinde barındıran hava kütlesi, ağırlığı ve taşıma kapasitesi ölçüsünde bir basınç uygular, bu basınca hava basıncı denir (Türkeş, 2018: 135). İnceleme sahasının konumu, fiziki faktörlerin etkisi ile farklı hava kütleleri ve basınç şartları altında kalmaktadır. Bu durumda yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru olan rüzgarının hızını ve yönünü de etkilemektedir. Basınç değerleri yıllık ortalama olarak İnegöl ve Yenişehir'de 981 mb olduğu tespit edilmektedir (Tablo 8). Yıl boyunca basınç değerlerinin çok yükselmediği anlaşılmaktadır. Araştırma sahasında, ülke genelinde etkili olan basınç merkezleri mevsimsel olarak etki yapmaktadır. Kış mevsiminde Azor YB ve Sibirya YB basıncı etkili olmakta ve kışın soğuk ve rüzgarlı şartlar gözlemlenmektedir. Yazın ise Basra alçak basıncının etkisi ile yaz mevsimi sıcak ve kurak geçmektedir (Menteşe, 2015: 77).

Tablo 8: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama basınç değerleri (mb)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
İnegöl	984,2	983,1	981,5	980,9	979,6	979,3	978	979,2	981,3	984,4	985,3	985,9	981,9
Yenişehir	993,1	991,1	989,8	986,9	987,7	986,8	985,7	986,4	941,5	991,5	944,8	991,9	981,4

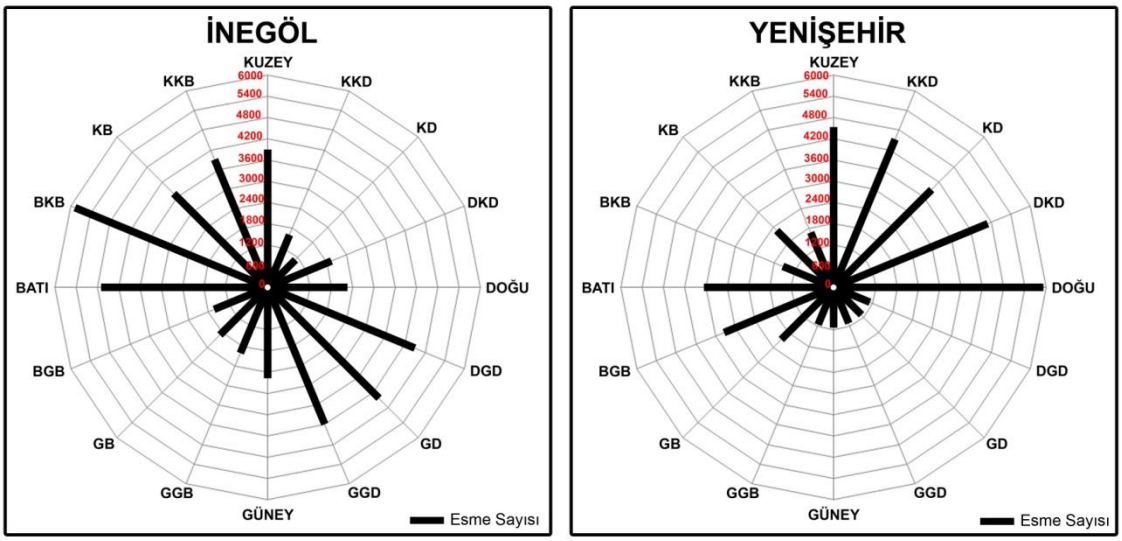
Kaynak: İnegöl ve Yenişehir (1985-2019) meteoroloji istasyonu rasat verileri

Havzada yıllık ortalama rüzgar hızı, İnegöl'de 1,3 Yenişehir 1,5 m/sn'dir (Tablo 9). Rüzgar hızları ova tabanlarında yer alan her iki istasyon için yıl boyu çok fazla değişkenlik göstermemektedir. Rüzgar esme sayıları incelendiğinde; İnegöl'de toplam yıllık esme sayısı 49.888 iken Yenişehir'de 44.299'dur. Esme sayılarının mevsimlere dağılışı incelendiğinde; İnegöl'de en çok esme sayısı ilkbahar mevsiminde % 26,1'lik değerle görülür. Daha sonra sonbahar mevsimi % 25,1 kış mevsimi % 24,6 ve yaz mevsimi % 24,2 gelir (Şekil 28). Yenişehir'de en çok esme sayısı % 27,6 ile ilkbahar mevsimine aittir. Daha sonra % 26,1 ile yaz mevsimi, % 24,2 ile sonbahar ve % 22,1 ile kış mevsimi gelmektedir (Şekil 28).

Tablo 9: İnegöl ve Yenişehir'de aylık ortalama rüzgar esme hızları (m/sn)

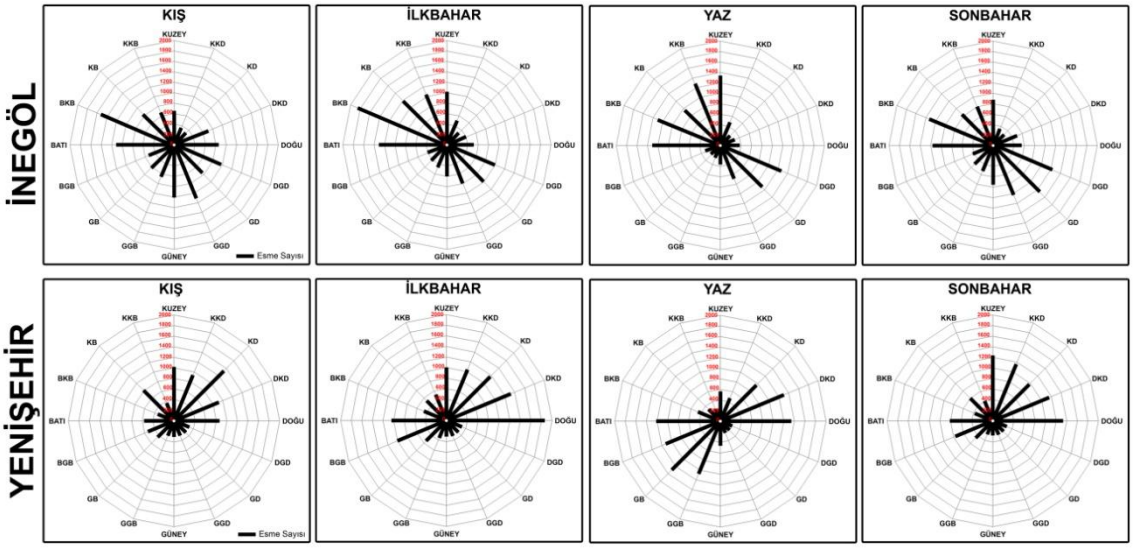
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
İnegöl	1,3	1,4	1,6	1,6	1,4	1,4	1,5	1,5	1,3	1,1	1,1	1,3	1,3
Yenişehir	1,8	2	1,9	1,6	1,4	1,4	1,7	1,6	1,3	1,1	1,4	1,8	1,5

Kaynak: İnegöl ve Yenişehir (1985-2019) meteoroloji istasyonu rasat verileri



Şekil 28: İnegöl ve Yenişehir'in yıllık rüzgar frekansları

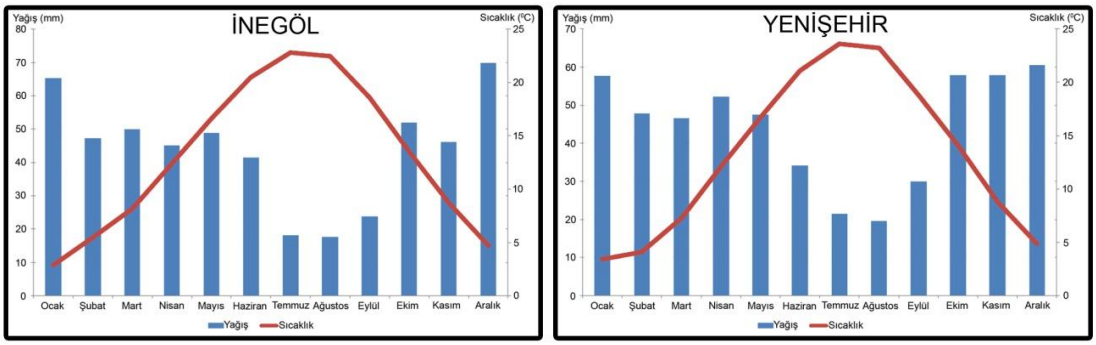
Göksu Çayı Havzası'nda yıllık ve mevsimlik rüzgar frekansları ve yönlere dağılımı incelendiğinde jeomorfolojik koşulların uzanış doğrultusuna paralel bir yapı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 28). İnegöl ve Yenişehir'de hakim rüzgar yönlerinin meteoroloji istasyonlarının bulunduğu ovanın uzanış doğrultusuna uyum sağladığı anlaşılmaktadır. İnegöl'de hakim rüzgar yönler BKB-DGD iken Yenişehir'de D-B doğrultusunda olduğu anlaşılmaktadır. İnegöl'de KB-GD doğrultusundaki yönlerde frekans sayısı artmakta, Yenişehir'de KD-GB yönlerinde frekans değerleri artış göstermektedir. Her iki istasyon için rüzgar esme yönleri mevsimsel olarak ana hakim rüzgar yönlerinin sabit olmasının yanında farklı yönlerde artışların gözlendiği yapıda olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 29).



Şekil 29: İnegöl ve Yenişehir'in mevsimlik rüzgar frekansları

1.3.3. İklim Tipi Analizleri

İnceleme sahasının iklim tipi analizleri; yağış sıcaklık grafikleri üzerinden, Erinç, De Martonne, Köppen-Geiger ve Thornthwaite formüllerine göre yapılan hesaplamalardan analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. İnegöl ve Yenişehir meteoroloji istasyonlarının uzun dönemli verilerine dayanarak oluşturan yağış-sıcaklık grafikleri havzanın Akdeniz iklimi-Karadeniz iklimi arasındaki Marmara geçiş rejimi özelliğini belirgin şekilde ortaya koymaktadır (Şekil 30). Yağış ve sıcaklığın yıl içerisindeki seyri Akdeniz iklim özelliklerini yansımaktadır. Ancak yaz kuraklığı ve diğer aylardaki yağış tutarları bu iklime benzer değildir. Bu nedenle elde edilen verilerin havzanın Marmara geçiş iklimi özelliği gösterdiği ve karasallığın, denizel etkilerden daha fazla iklim üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 30: İnegöl ve Yenişehir'in yağış-sıcaklık grafikleri

Göksu Çayı Havzası'nın iklim verilerini sağlayan İnegöl ve Yenişehir meteoroloji verileri Köppen-Geiger, De Martonne, Erinç ve Thornthwaite formülleri ile ayrı ayrı analiz edilmiş ve iklim tipi ortaya konulmuştur (Dönmez, 1990: 257; Erinç, 1996: 485). Köppen tarafından 1918 yılında tasnif edilen, daha sonra geliştirilmiş ve son revize hali ile Köppen-Geiger iklim sınıflandırması (Peel vd., 2007: 440) olarak ele alınan iklim analizine göre; İnegöl ve Yenişehir istasyonu verilerinden yağışın %70'i kış ve yaz döneminde yer almamasından dolayı formülün üçüncü uygulaması olan $r=2(t+14)$ denklemi uygulanmıştır. Formülün her iki istasyon verileri sonucuna göre Göksu Çayı Havzası nemli iklim sınıflandırmasına dahil olur. Bu durumun harflerle ifadesi ise temel ve alt iklim sınıflandırmasında *Csa* yani ılıman ya da kışları ılıman nemli orta enlem, yazları kurak-sıcak yaz ikliminde yer alır. Bu iklim Akdeniz iklimini ifade etmektedir. De Martonne tarafından kuraklık indisi formülü olarak ortaya konulan daha sonra Gottman (1942) tarafından revize edilerek tasnif edilen formülün uygulamasıyla (Dönmez, 1990: 251), İnegöl'de 14,6; Yenişehir'de 15,1 sonucu ortaya çıkmıştır. De Martonne indisine göre 10-20 değerleri arasında yer alan çalışma sahası yarı kurak saha ile nemli bölgeler arasında kalan saha iklimine sahiptir. Erinç tarafından ortaya konulan yağış etkinlik indisi formülüne göre (I_m= P / T_{om}) İnegöl'de 28,7 Yenişehir 28,6 sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuç, Erinç yağış etkinlik indisi kategorilerine göre havzanın yarı nemli bir iklim tipine sahip

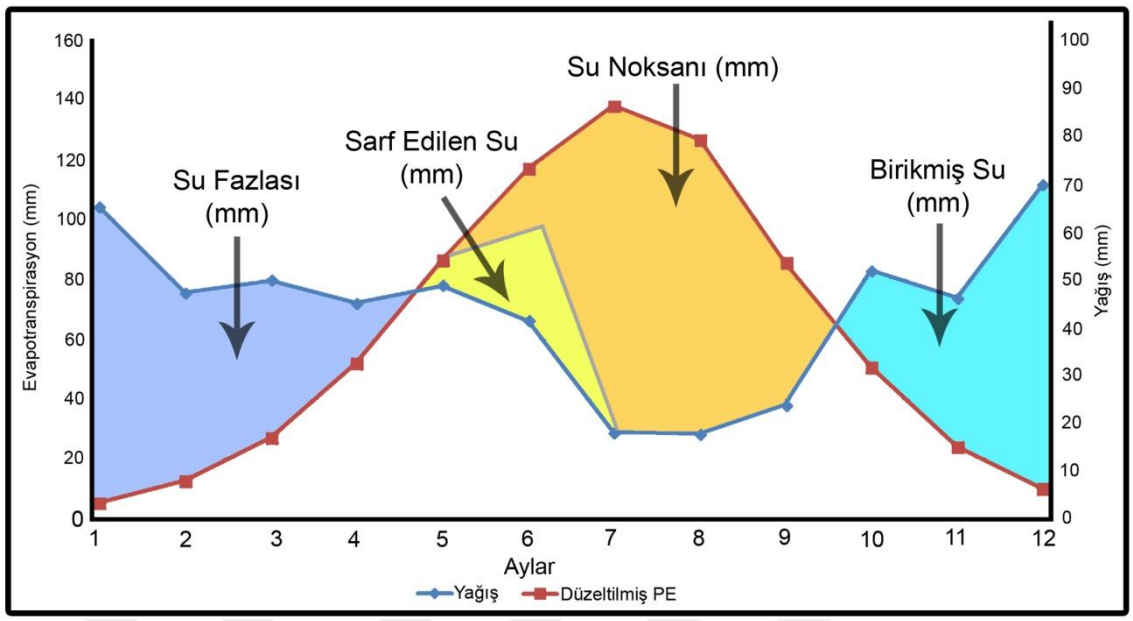
olduğunu göstermektedir. Thornthwaite su bilançosu tasnifine, bunun sonucunda yağış tesirlik, kuraklık ve nemlilik indislerine göre (Thornthwaite, 1944: 690; Thornthwaite, 1948: 68); İnegöl ve Yenişehir'de C1 kurak-az nemli, b2s orta sıcaklıklardaki iklimler (mezotermal) ve b4 denizel şartların hakim olduğu iklim tipi içerisinde yer almaktadır. Sınıflandırma sonucuna göre her iki istasyonda da benzer özellikler görülmektedir. Bu yönteme göre İnegöl ve Yenişehir'de su noksanı yaz mevsiminde, su fazlasının sadece Ocak, Şubat ve Mart aylarında olduğu, birikmiş suyun yazın hiç olmadığı, buharlaşmanın yazın oldukça fazla olduğu şartlar görülmektedir (Tablo 10 ve 11).

Tablo 10: İnegöl'ün Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu

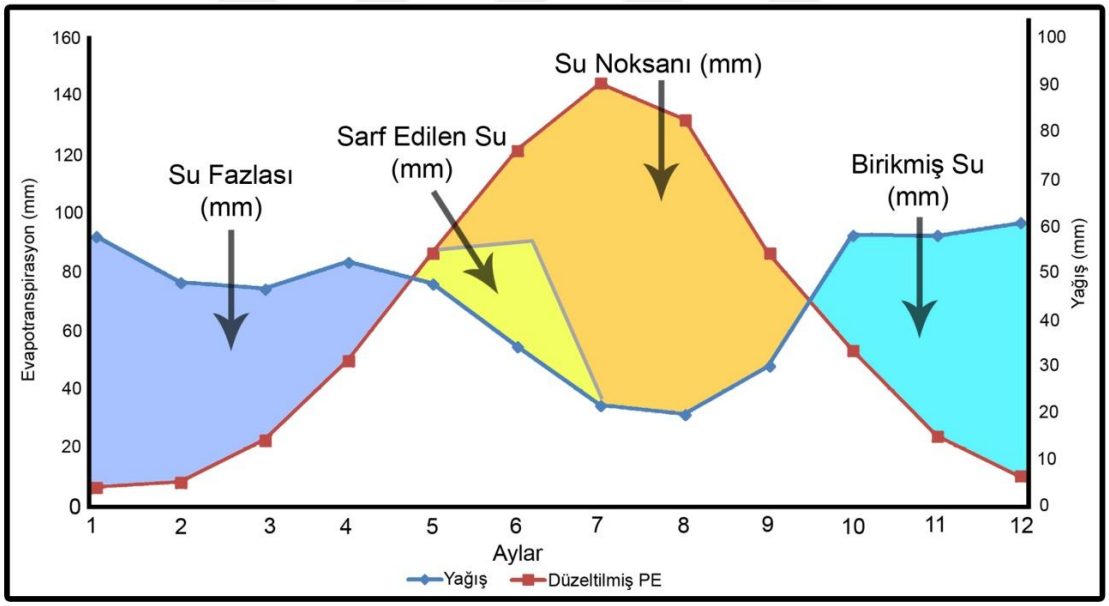
İNEGÖL													
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Sıcaklık	2,9	5,5	8,2	12,4	16,6	20,5	22,8	22,5	18,6	13,5	8,7	4,7	13,08
Sıcaklık İndisi	0,44	1,16	2,11	3,96	6,15	8,47	9,95	9,75	7,31	4,5	2,31	0,91	57,02
PE (mm)	6,26	15,22	26,49	47,04	70,53	94,53	109,57	107,57	82,59	52,93	28,76	12,24	
Düzeltilmiş PE (mm)	5,32	12,78	27,28	52,21	86,75	117,22	138,06	126,93	85,89	50,81	24,16	10,04	737,45
Yağış (mm)	65,3	47,2	49,9	45,1	48,8	41,4	18,1	17,7	23,7	51,9	46,2	69,8	525,1
Birikmiş su ay d. (mm)	17,11	0	0	-7,11	-37,95	-54,94	0	0	0	1,09	22,04	59,76	-
Birikmiş su	100	100	100	92,89	54,94	0	0	0	0	1,09	23,13	82,89	-
Gerçek Eva. (mm)	5,32	12,78	27,28	52,21	86,75	94,34	18,1	17,7	23,7	50,81	24,16	10,4	423,55
Eksik Su	0	0	0	0	0	20,88	119,9	109,2	62,19	0	0	0	312,26
Fazla Su	42,87	34,42	22,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,91
Akış	21,44	38,64	28,52	11,31	0	0	0	0	0	0	0	0	99,91
Nemlilik Oranı	11,27	2,69	0,83	-0,14	-0,44	-0,65	-0,87	-0,86	-0,72	0,02	0,91	5,95	-

Tablo 11: Yenişehir'in Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu

YENİŞEHİR													
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Sıcaklık	3,4	4,1	7,3	12,1	16,7	21,1	23,6	23,2	18,8	14,1	8,8	4,9	13,1
Sıcaklık İndisi	0,56	0,74	1,77	3,81	6,21	8,85	10,48	10,21	7,43	4,8	2,35	0,97	58,18
PE (mm)	7,52	9,78	22,02	44,81	70,5	97,96	114,6	111,9	83,28	55,57	28,63	12,57	
Düzeltilmiş PE (mm)	6,39	8,22	22,68	49,74	86,72	121,47	144,48	132,1	86,61	53,35	24,05	10,31	746,11
Yağış (mm)	57,7	47,9	46,5	52,2	47,5	34,2	21,5	19,6	29,9	57,9	57,8	60,5	533,2
Birikmiş su ay d. (mm)	11,51	0	0	0	-39,22	-60,78	0	0	0	4,55	33,75	50,19	-
Birikmiş su	100	100	100	100	60,78	0	0	0	0	4,55	38,3	88,49	-
Gerçek Eva. (mm)	6,39	8,22	22,68	49,74	86,72	94,98	21,5	19,6	29,9	53,35	24,05	10,31	427,44
Eksik Su	0	0	0	0	0	26,49	122,98	112,49	56,71	0	0	0	318,67
Fazla Su	39,8	39,68	23,82	2,46	0	0	0	0	0	0	0	0	105,76
Akış	19,9	39,74	31,75	13,14	1,23	0	0	0	0	0	0	0	105,76
Nemlilik Oranı	8,03	4,83	1,05	0,05	-0,45	-0,72	-0,85	-0,85	-0,65	0,09	1,4	4,87	-



Şekil 31: İnegöl'ün Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu diyagramı



Şekil 32: Yenişehir'in Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu diyagramı

Bütün formül değerlerin sonucunun havzadaki yükselti şartları dikkat alındığında havzanın tamamına ait iklim tipini ifade edilemeyeceği açıktır. Bu nedenle bu konuda ülke genelinde yapılan çalışmalar dikkate alındığında Uludağ'ın yükselti etkisi nedeniyle havzanın güney-güneydoğusunda uygulanan bütün formül sonuçlarının yarı nemli, yada nemli değerler sınıflarına girdiği anlaşılmaktadır (Yılmaz ve Çiçek, 2016: 3982; Öztürk vd., 2017: 23; Aydın vd., 2019: 755).

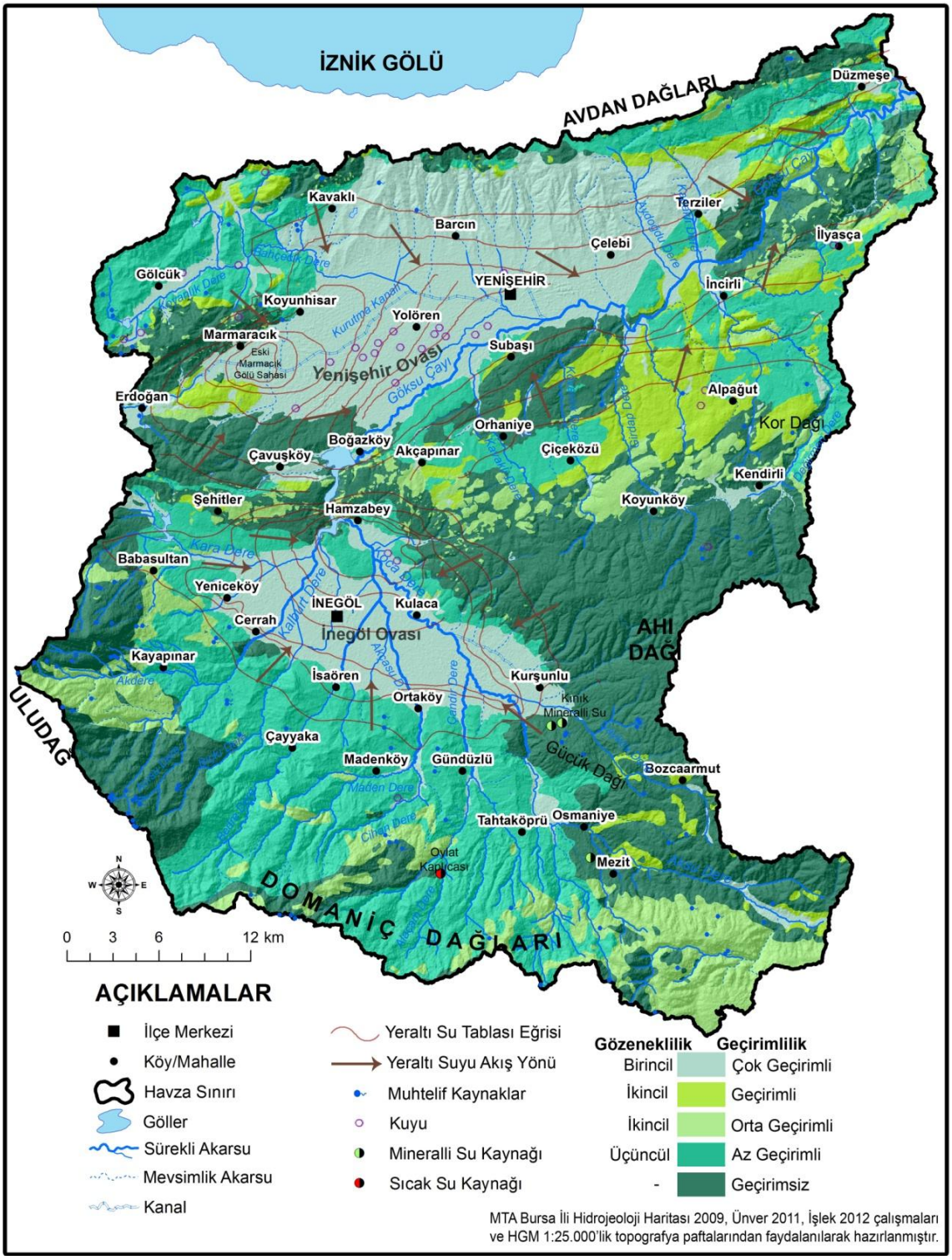
1.4. Hidrografya Özellikleri

İnceleme sahasının başlıca hidrografik unsurlarını, akarsular, göller (baraj ve göletler) ve yer altı su kaynakları meydana getirmektedir. İnceleme sahası akarsu varlığı, dağılışı ve yoğunluğu açısından oldukça zengindir. Havzanın ana akarsuyu olan Göksu Çayı ve birçok kolu havzadaki önemli su varlığını teşkil eder. Göksu Çayı Havzası'nda yer altı su seviyesi İnegöl ve Yenişehir ovaları kapsamında daha önce yapılan muhtelif çalışmalarla incelenmiştir. Havzanın hidrografik durumu; hidrojeolojik yapının incelenmesi, akarsular, göller ve yeraltı su kaynaklarının açıklanması ile ortaya konmuştur. Havzanın mevcut hidrografik varlığının temelini oluşturan akarsular, hidrometrik analizlerle değerlendirilmiş ve havzanın su bilançosu açıklanmıştır.

1.4.1. Hidrojeolojik Yapı

İnceleme sahası, tektonik hatlarla sınırlanmış iki havza tabanı ve özellikle güney kesimindeki yüksek dağlık kütleler ve farklı litolojik birimlerin yer aldığı heterojen bir görünüm arz eder. Bu durum havzanın hidrojeolojik yapısını, kayaçların pozozite ve permaabilite durumunu etkilemiş doğal olarak sahanın akifer oluşumları ve yer altı su seviyesinin yönelimi bu doğrultularda şekillenmiştir (Şekil 33). Havzanın akifer özelliğindeki alanlarını İnegöl, Yenişehir ovalarını oluşturan alüvyonlar, diğer akarsuların küçük alanlı alüvyal sahaları ve Yenişehir Ovası'nın kuzeyinde konglomera, kumtaşı ve kireçtaşında müteşekkil Emet formasyonu sahası meydana getirir. Bu alanda geçirimlilik en üst düzeydedir. Yer altı su tablasının akış yönü de yüksek dağlık alanlardan her iki ova tabanına doğrudur (Şekil 33). Alüvyon kalınlığının 60-100 m arasında değişmesi su tutabilme olanağını bu alanlarda arttırmaktadır.

Havzanın ikincil gözenekli geçirimli alanlarını daha çok tektonik dokanakların kestiği kireçtaşı birimleri oluşturmaktadır. Çiçeközü-Alpağut arasında yoğunlaşan bu sahalar kırık, çatlak hatlarına da tekabül etmekte ve diğer akifer ortamı meydana getirmektedir. İkincil gözenekli olan ve orta derece geçirimliliğe sahip alanlar havzanın güney bölümünde yoğunlaşmıştır. Daha çok mermer, mikaşist ve kalkşist litolojik unsurlarından oluşur. Tektonik hatların şekillendirdiği bu alanlar Uludağ ve Domaniç Dağlarında yer alır ve birçok muhtelif kaynağında yoğunlaştığı sahaları meydana getirir. Genel olarak bu alanlar aldıkları suyu düşük bir hızla ilettiği için akifer zonlara geçiş sağlayan akitard özelliğindedir. Havzanın güneyi ile kuzeyindeki ova tabanından daha yüksek kesimlerde az geçirimli ve gözeneklilik düzeyi daha düşük hidrojeolojik birimler gözlemlenir. Özellikle İnegöl formasyonu; konglomera, kumtaşı, ve kireçtaşı birimlerinin suyu düşük bir hızla iletmesi dolayısıyla akitard özelliği göstermektedir (Ateş ve Aktimur, 2009: 54; İşlek, 2012: 40).



Şekil 33: Göksu Çayı Havzası'nın hidrojeoloji haritası (MTA Bursa İli Hidrojeoloji Haritası, Ünver'in 2009, İşlek'in 2012 çalışmaları ve HGM 1:25.000'lik topografya paftalarından yararlanılmıştır)

Geçirimsiz alanları oluşturan birimler Ahı Dağı ve çevresindeki plato sahalarında, Uludağ zirveleri ile yamaçlarında ve havzanın batısında gözlemlenir. Bu alanlar granit, granodiyorit, volkanik, bazit ve mermer birimlerinden oluşur. Porozite oranı çok düşük olan birimler geçirimsiz özellik sunar. Ancak Uludağ kesiminde faylardan oluşan kırıklı-çatlaklı yapılar bir miktar yer altı suyunu ihtiva edebildiği için akiklüd ortam olarak

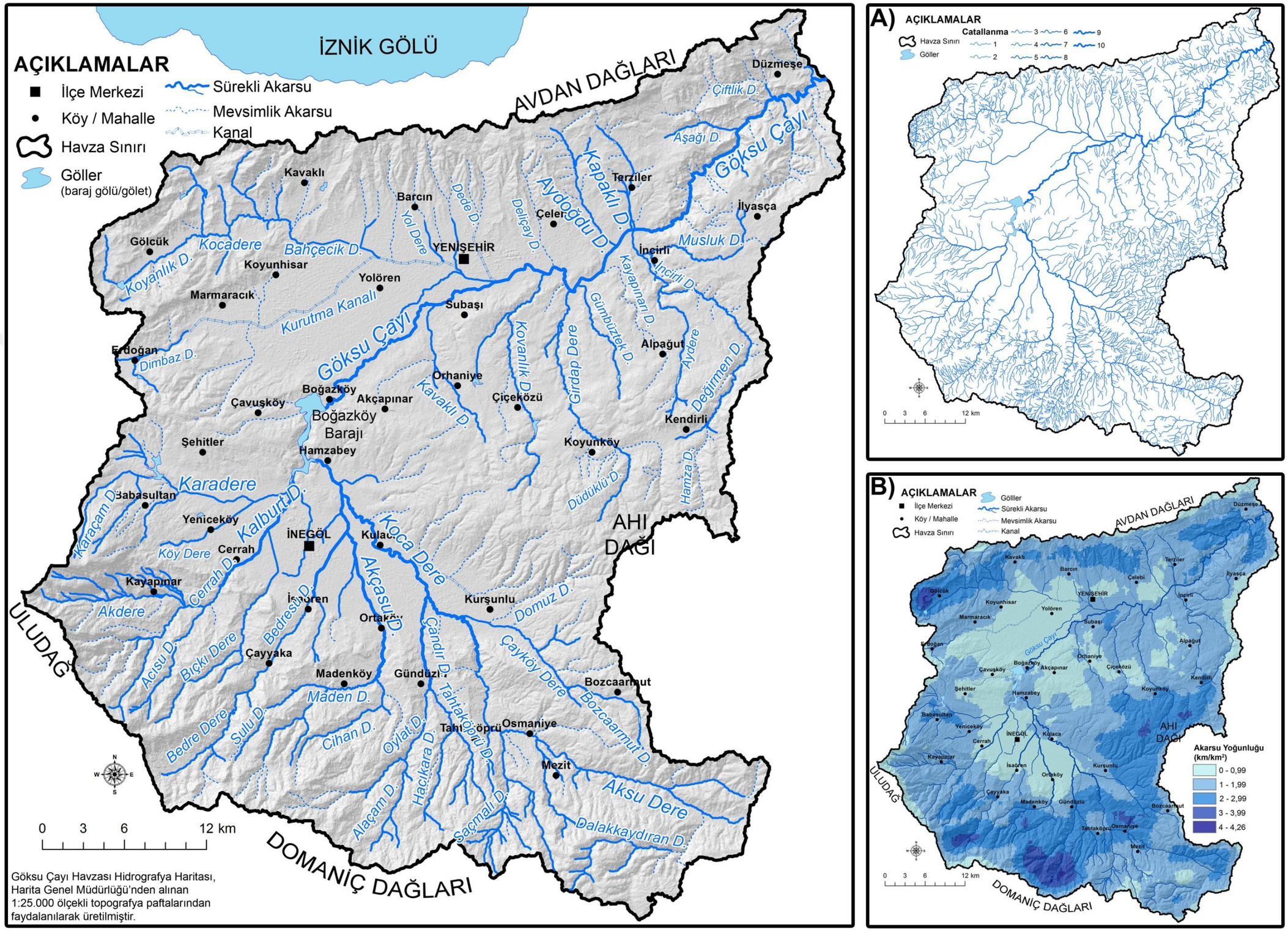
nitelendirilmektedir. Bu durum belirtilen sahada muhtelif kaynakların bulunmasını sağlamıştır. Diğer birimler ise büyük çoğunlukla geçirimsiz olmasından dolayı yeraltı suyu bulundurmadığı için akifüj ortam olarak nitelendirilebilir (Davraz ve Ünver, 2014: 9). Ayrıca havzanın ortasındaki eşik sahasını oluşturan aşınım yüzeyi aynı zamanda Göksu Çayı Havzası'nın yer altı su tablasının iki havza şeklinde oluşmasını sağlamıştır.

1.4.2. Akarsular, Drenaj Şebekesi ve Gelişimi

İnceleme sahası akarsu bakımından zengin bir dağılışa sahiptir. Havzanın ana akarsuyunu oluşturan Göksu Çayı, Boğazköy mevkiinden kuzeydoğu yönelimli olarak akış gösterir ve Düzmeşe civarında Sakarya Nehri'ne katılır (Fotoğraf 18). Göksu Çayı'na güneyden ise iki ana akarsu bağlanmaktadır. Koca Dere ve Kalburt Dere güneyden gelen birçok kolu drene ederek Hamzabey mevkiinde Göksu Çayı'na bağlanmaktadır. Domaniç Dağları'ndan kaynaklarını alan Aksu, Çandır, Akçasu, Bedresu Dereleri Koca dere'ye; Uludağ'dan kaynaklarını alan Bıçkı Dere, Cerrah Dere, Akdere ve Karadere'de Kalburt Dere'ye bağlanarak Göksu Çayı'nı drene etmektedir (Fotoğraf 19 ve 20). Ahı Dağı'ndan kısa boylu mevsimlik akarsular güneybatı doğrultusunda akış gösterip Koca Dere'ye katılmaktadır. Kuzeybatıdan Bahçecik Dere, Avdan Dağları'ndan kısa boylu konsekant akarsular güneye, Ahı Dağı'ndan Kavaklı, Kovanlık, İncirli, Değirmendere ve Girdap Dereler kuzeye doğru akış göstererek Göksu Çayı'na bağlanmaktadır (Şekil 34).

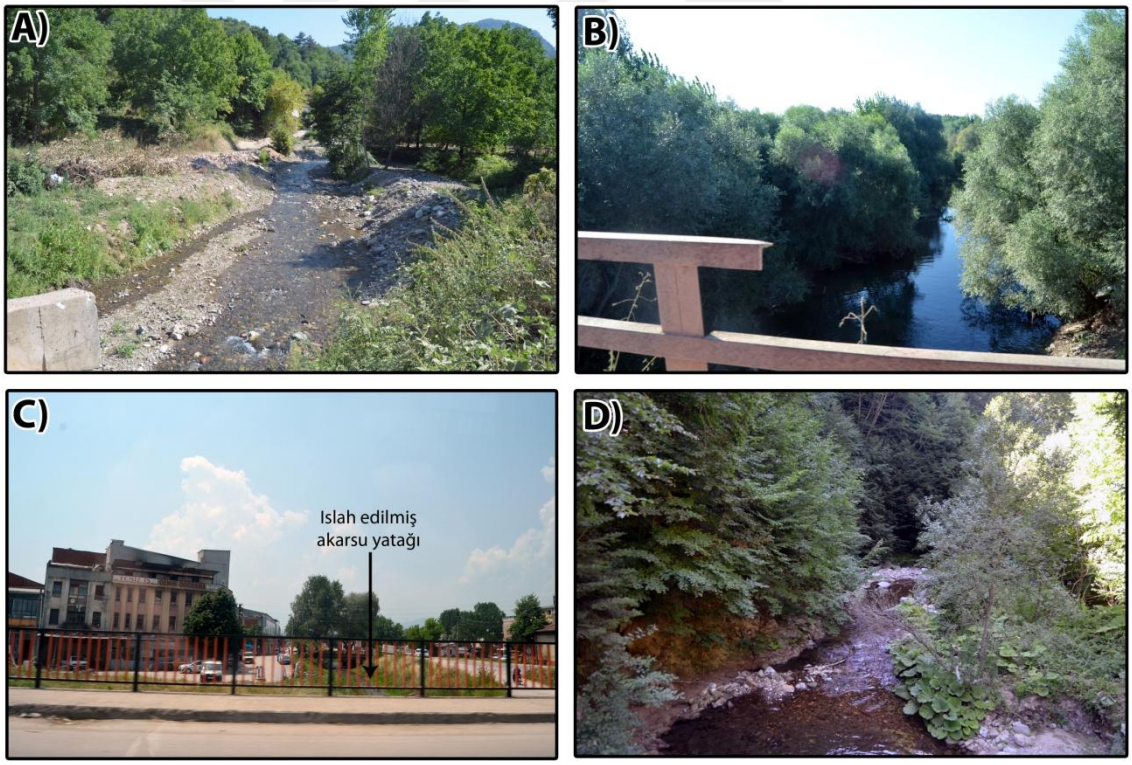


Fotoğraf 18: Havzanın ana akarsuyunu oluşturan Göksu Çayı (Yenişehir ilçe merkezi güneyi)



Şekil 34: Göksu Çayı Havzası'nın hidrografya haritası, A) Bütün akarsu varlığı, drenaj yapısı ve akarsu çatallanma durumu, B) Havzanın akarsu yoğunluğu

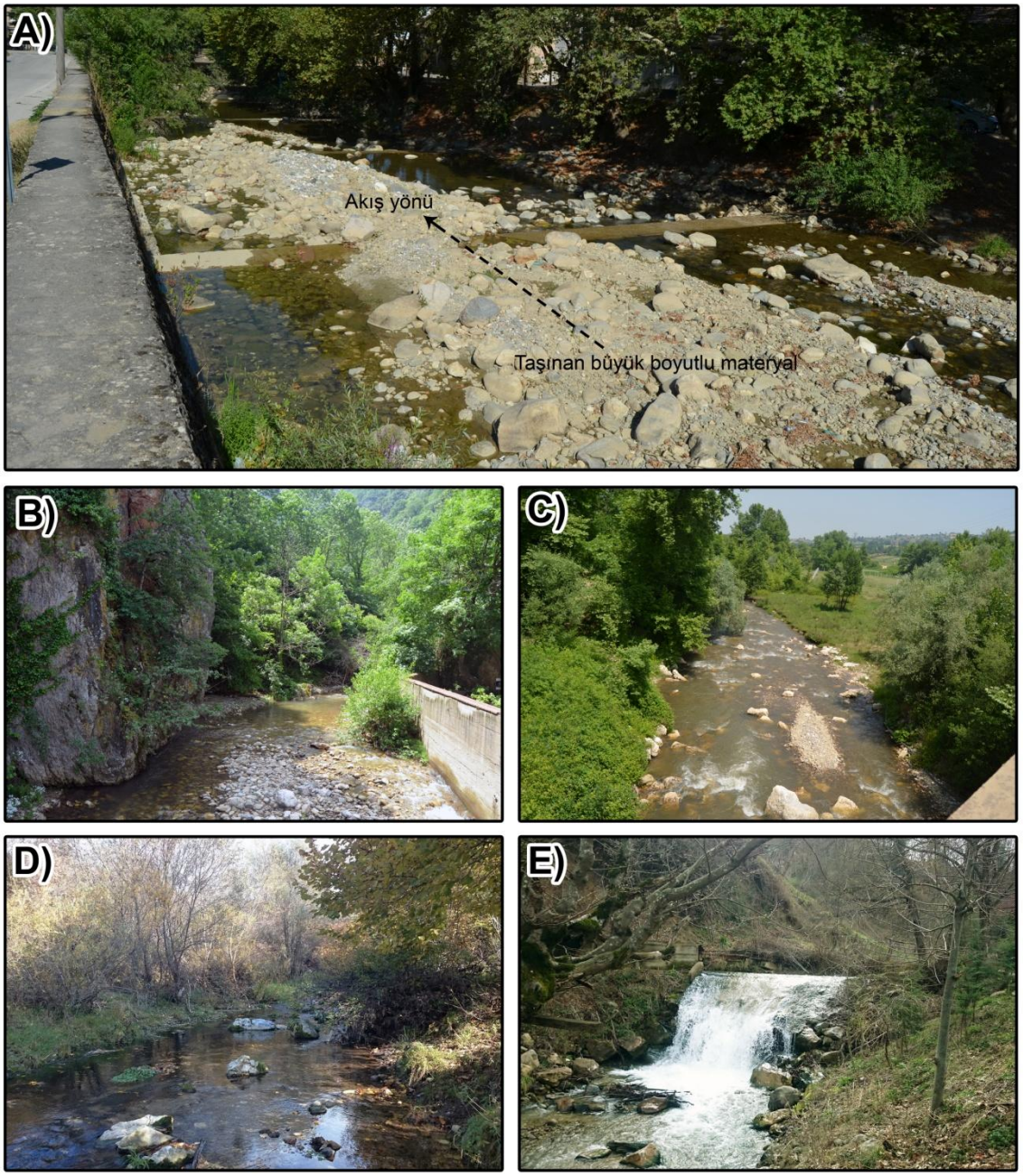
Havzanın kuzeyinde Avdan Dağları'ndan eğimi takiben konsekant özellikteki birçok akarsu takriben K-G doğrultusunda akış göstererek Göksu Çayı'na bağlanmaktadır. Bu alanda daha kısa boylu subsekant ve obsekant akarsularda mevcuttur. Aynı durum havzanın güneyinde mevcut olup bu sahada kuzeye nazaran daha uzun boylu birçok konsekant akarsu bulunmaktadır. Havzanın kuzey ve güneyindeki yükselti farklılığı yağış miktarını etkilendiğinden akışa geçen akarsuların boyları da buna göre havzanın kuzey ve güneyinde farklılıklar gösterir. Göksu Çayı Havzası'nın birçok noktasında daha çok mevsimsel akışa geçen kısa boylu akarsular havzanın drenaj şebekesinin detayını oluşturmaktadır (Fotoğraf 19). Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın akarsu yoğunluğu değerlendirildiğinde; havzanın kuzeybatısı ve güneyinde yoğunluğun en fazla ve flüvyal süreçlerin bu alanda etken faktör olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle geçirimsiz yapıdaki alanlarda sızma oranın düşük olması ve yağışın yüzeysel akışa geçmesiyle akarsu yoğunluğu da arttırmıştır. İnegöl ve Yenişehir ova tabanları ise ana akarsuların drene ettiği sahalar olması bakımından akarsu yoğunluğun az olduğu alanlardır. Akarsu yoğunluğunun oluşumunda jeolojik yapı rol oynarken akarsuların akış şartlarında daha çok jeomorfolojik koşullar etkili olmuştur.



Fotoğraf 19: Göksu Çayı Havzası'ndaki akarsular A) Çayyaka Dere B) İnegöl Ovası'nda Koca Dere C) Antropojenik müdahaleye uğramış Bedresu Dere D) Bedre Dere

Göksu Çayı Havzası genel olarak dandritik drenaj ağına sahiptir. Lakin homojen sahalarda gözlemlenen bu akarsu ağı havzanın genelindeki görünümü arz etse de yerel alanlarda farklı drenaj ağları mevcuttur. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın iki alt havza yapısı sahada sentripetal drenaj ağının oluşmasını sağlamıştır. Ancak bu ağ özellikle havzanın ortasındaki eşik

kısmında bozulmuş, erozif faaliyetlere uğramış bir yapı göstermektedir. Eğimi takiben akış gösteren birçok konsekant akarsu, paralel yapıdaki drenaj şebekesinin oluşumunun gözlemlenmesine sebep olur. Özellikle Avdan Dağları ve Ahı Dağı'nın kuzeyinde paralel drenaj ağı görülebilmektedir. Belirtilen paralel ağların Göksu Çayı ile birleşim sahasında kancalı drenaj tipide gözlemlenmektedir. Uludağ'ın özellikle Arpakarı tepe çevresi ise radyal drenaj ağının geliştiği sahadır. Havzada drenaj ağını etkileyen önemli bir faktörde tektonizmadır. Özellikle havzanın güney kesiminde KB-GD doğrultusunda uzanan ve İnegöl Ovas'ını sınırlayan fay hattı birçok alanda akarsuların ötelenmesine neden olmuştur.



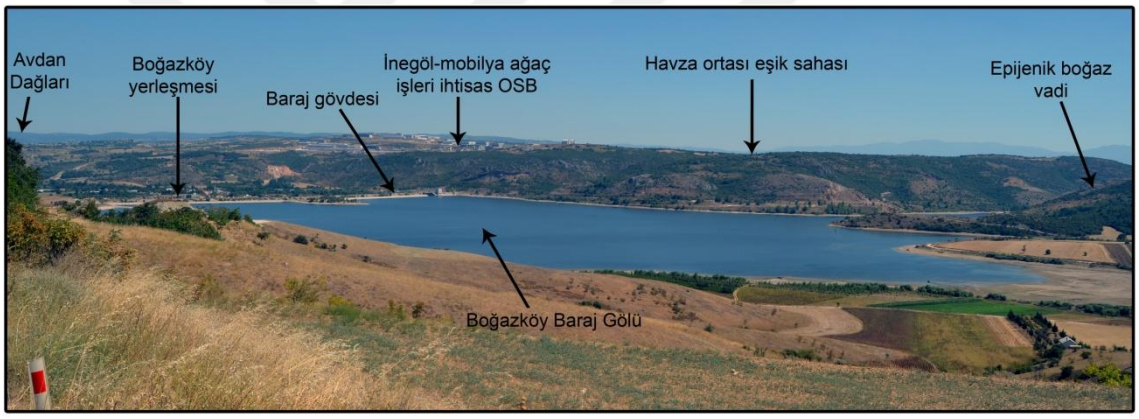
Fotoğraf 20: A) Cerrah Dere ve akarsuyun hidrografik gücünü gösteren taşınan materyal boyutları B) Oylat Dere C) Gündüzlü Dere D) Girdap Dere E) Tahtaköprü Dere

İnceleme havzasında drenaj şebekesinin ilk ortaya çıkması Neojen öncesi döneme denk gelmektedir. Bu dönemde iki ayrı havza ve gölsel özellik gösteren sahada yerel kaide seviyelerine göre yüksekte kalan Uludağ, Domaniç, Ahı ve Avdan dağlarında ilk akarsu şebekesi gelişmiştir. Topografik eğim doğrultusunda akış gösteren ilk akarsular konsekant yapıdadır. Pliyosen aşınım yüzeyleri alçalan tektonik bloklar ve karasallaşan gölsel tabanların üzerinde denüdasyonel süreçleri işleyerek aşınım düzlüklerini meydana getirmiştir. Pliyosen aşınımları, Üst Miyosen aşınım yüzeylerinin içlerine oluklar şeklinde gelişerek vadiler oluşmuş ve drenaj şebekesi iyice belirginleşmeye başlamıştır. Daha sonra Pliyosen'den itibaren karasal özellik gösteren sahada neo-tektonik hareketlerin etkisiyle özellikle güney kesimde yükselmeler olmuştur (Hoşgören, 1975: 84). Artan irtifa farkı drenajı canlandırmış, akarsuların boyları uzamış, kazma ve aşındırma faaliyeti artmıştır. Bu nedenle sahada derine kazma işlemi neticesinde Boğazköy ve Göksu-Sakarya birleşimi alanında epijenik boğazlar meydana gelmiş ve havza dış drenaja bağlanmıştır. Özellikle temele (Neojen öncesi) intikal eden akarsular bu alana kopyalanarak sürempoze özellik kazanmıştır. Meydana gelen epijenik boğazlar havzanın deşarjını sağlayarak yeni kaide seviyesi ortaya çıkarmıştır. Böylece güneyde İnegöl Havzası'nı drene eden akarsular iyice belirmiş ve Göksu Çayı'na bağlanmıştır. Avdan Dağları'ndan güneye ve Ahı Dağı'ndan kuzeye akış gösteren konsekant akarsular Göksu Çayı'na bağlanarak ana drenaj ağını oluşturmuştur. Daha sonra ise iyice canlanan flüvyal süreçler birçok alanda subsekant ve obsekant akarsu ağının gelişimini sağlamıştır. Sahadaki tektonik hareketler birçok alanda akarsuların ötelenmesine, kapma olaylarına ve farklı drenaj ağının gelişimine neden olmuştur. Havzanın kuzeybatısındaki Koyanlık Dere, güneydoğuda Aksu Dere'ye bağlanan kollar ve doğuda Değirmendere'de kapma hadisesi gözlemlenir. Holosen'de havza sınırları ve akarsu şebeksi belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Ancak Yenişehir Ovası'nın batısında Marmaracık kesiminde, kısa boylu akarsular küçük çukurlaşma nedeniyle bir kapalı havza alanı oluşturmuştur. Bu saha 1950'li yıllara kadar sazlık bataklık halinde iken kurutma kanalı ile Göksu Çayı'na bağlanmış ve saha kurutulmuştur. Antropojenik etkilerle düzenlenen drenaj ağı havzanın akarsu şebekesini son şeklini almasını sağlamıştır. Göksu Çayı Havzası'nda akarsuların yük ve sedimentasyonu için düzenli veri kaynağı bulunmamaktadır. Ancak havzanın her yerinde yağışın 500 mm'nin üzerinde olması havzada erozyon, korazyon ve taşıma faaliyetlerin her noktada olabileceğini göstermektedir. Sakarya Havzası sediment verilerin korelasyonu ile Göksu Çayı Havzası'nın sediment miktarı 109,84 ton/yıl, sedimentasyon verimi 54 ton/yıl/km^2 olarak hesaplanmıştır.

1.4.3. Göller ve Barajlar

Göksu Çayı Havzası'nda günümüzde doğal bir göl oluşumu bulunmamaktadır. Ancak havzanın kuzeyindeki Yenişehir Ovası'nın batı bölümünde geçmişte var olan sazlık-bataklık

görünümündeki eski Marmaracık Gölü'nün varlığı bilinmektedir. Belirtilen saha 1950-1954 yılları arasında oluşturulan kurutma kanalı vasıtasıyla Göksu Çayı'na bağlanmış, saha tarım arazisi vasfına dönüştürülmüştür. Bunun yanında Domaniç Dağları eteklerinde Hacıkara (İnegöl) mahallesi yakınlarında oldukça küçük alanlı birçok mevsimsel su birikintisi Hacıkara gölleri olarak nitelendirilmektedir. Ancak bu alandaki sahada dolin oluşumları ve özellikle arazi kaymaları nedeniyle oluşmuş ters eğimli ufak çukur sahalarda dönemsel su birikmelerin olabileceği bilinmektedir (Hoşgören, 1975: 93). Bu göllerin günümüzde, uydu görüntüleri ve arazi çalışmaları sonucu tespit edilememiştir. Günümüzde çalışma sahasındaki gölleri beşeri faaliyetler sonucu yapay olarak meydana gelmiş baraj gölleri ve göletler teşkil etmektedir. Havzadaki barajları Göksu Çayı üzerindeki sulama ve elektrik üretim amacıyla yapılmış Boğazköy Barajı ve Karadere üzerine yapılmış sulama amaçlı Babasultan barajı oluşturmaktadır (Fotoğraf 21). Havzadaki göletleri; Burcun, Çandırçayır, Kavaklı, Eğrek, Eymir, Çavuşköy, Akçaelma, Çerkeşli, Çiçeközü, Orhaniye, Düzalan, Halhaka, Kızılköy, Kınık, Kurşunlu, Asmalıbağlar, Dibekli, Bozcaarmut ve diğer irili ufaklı göletler oluşmaktadır (Fotoğraf 22).



Fotoğraf 21: Boğazköy Barajı ve çevresi (güneybatıdan kuzeydoğuya bakış)

Havzadaki barajları Boğazköy ve Babasultan barajları teşkil eder. Boğazköy barajı, Göksu Çayı üzerinde Boğazköy mevkiinde 2006 yılında inşa edilmeye başlanmış olup 2010 yılında su tutmaya başlamıştır. Barajın bulunduğu saha Göksu Çayı üzerinde olup beslenme kaynakları Kocadere, Kara Dere ve Kalburt Dere'dir. Göl yüzey alanı 4,51 km^2 ve talveg hattından yüksekliği 31 metredir. Toprak gövde dolgulu olan barajın gövde hacmi 3.600.000 m^3'dür. Sulama ve elektrik üretim için yapılan barajın drenaj havzası 1.188 km^2 alan kaplamakta ve 16.665 ha alanın sulanması planlanarak yapılmıştır. Hidroelektrik santrali bulunan barajın yıllık 20,04 GWh enerji üretebilecek potansiyeli bulunmaktadır. Barajın depolama hacmi 42 hm^3'tür. Baraj, başta Yenişehir Ovası ve belli alanlardaki İnegöl ilçesine bağlı köylerin tarımsal sulama ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak son yıllarda artan nüfus ve sanayi tesisi sayısı nedeniyle baraj gölü rezervuar alanı su kalitesi bakımından tehdit altına girmiş bu nedenle Boğazköy Baraj Gölü Su Kalitesi Eylem Planı hazırlanmıştır (2014).

Babasultan Barajı, havzanın batısında Karadere üzerinde bulunmaktadır. Boğazköy Barajı'na nazaran rezervuar alanı küçük olan Babasultan Barajı sulama amacıyla inşa edilmiştir. Barajın depolama hacmi 15 hm^3'tür.



Fotoğraf 22: Göksu Çayı Havzası'nda sulama amaçlı inşa edilmiş göletler

1.4.4. Yeraltı Su Kaynakları

İnceleme sahasının yeraltı su kaynaklarını, muhtelif kaynaklar, sıcak su kaynakları ve mineralli su kaynakları oluşturmaktadır. Havzanın kaynaklarının güney kesimdeki Uludağ ve Domaniç Dağları eteklerinde daha fazla gözlemlendiği tespit edilmiştir. Bu alandaki litolojik ve hidrojeolojik yapının kuzeye göre daha az geçirimli birimlerden oluşması ve yeraltı su tablasının İnegöl ova tabanında yoğunlaşması dağlık sahada birçok noktada kaynakların oluşmasına sebebiyet vermiştir. Sahada muhtelif kaynakların birçoğu içme suyu olarak kullanılmaktadır.

Oylat sıcak su kaynağı, İnegöl-Hilmiye mahallesi civarındaki KB-GD uzanımlı fay hattına tekabül eden sahada bulunmaktadır. Yükselti seviyesi 840-870 m arasındadır. Sahada Eosen yaşlı Alaçam graniti, Üst Kretase yaşlı Devlez formasyona ait mermer, mikaşist ve daha genç oluşumlu konglomera ve kireçtaşı çökelleri bulunmaktadır. Kaynak, yer altı su tablasının akış yönünün doğrultusunda yükseklerden gelen suların çatlaklı ve karstik mermerler içerisinde derinlikleri inip ısınması ve tekrar yükselerek geçirimsiz granit kütlede birikmesiyle oluşmuştur (Hoşgören, 1975: 29, Koday, 2002: 30). Bu alanda beş farklı kaynağın bulunduğu bilinmektedir. Kaynakların toplam verimi 54 l/sn'dir. MTA ve bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda jeotermal kaynağı 39,5-40,5 0C arasında olduğu, pH derecesinin 7,29, radyoaktivitesi 10 eman'dır (Akçay vd., 2014: 32). Kaynak suyu, kalsiyum sülfatlı, bikarbonatlı, oligometalik bir sudur. Sıcak su kaynağı geçmişte Roma ve Osmanlı döneminde de kullanılmıştır. Günümüzde 1940-50'li yıllardan itibaren termal turizm kapsamında işletmeler vasıtasıyla kullanılmaktadır.

Çalışma alanındaki mineralli su kaynakları Çayköy-Aksu Dere arasındaki Çitli'de ve Aksu Dere yatağındaki mezit boğazı Kınık'da bulunmaktadır. Her iki sahada da takribi olarak KB-GD doğrultusunda uzanan eğim atımlı fayların Paleozoyik formasyonları kestiği alanda yüzeylenmektedir. Kaynaklar, bazit, metabazit, kireçtaşı ve mermer birimlerinde biriken suların yüzeye çıkmasıyla teşekkül eder. İki kaynakta günümüzde tesis ve depolama hizmetleriyle maden suyu olarak işlenmektedir.

1.4.5. Hidrometrik Analizler

Göksu Çayı Havzası hidrometrik analizler kapsamında su potansiyeli, debi, akış katsayısı, akış eksiği, düzensizlik katsayısı, verim, akış yüksekliği, akarsu rejimi, maksimum ve minimum akımlar ile taşkın değişkenleri EİE ve DSİ'nin akım gözlem istasyonları (AGİ) temelli su akımı yıllıklarından sağlanan birçok kantitatif bilgilerle değerlendirilmiştir. Çalışma alanında yer alan uzun süreli rasat verisine sahip 10 adet AGİ'ye ait günlük, aylık ve yıllık debi,

en yüksek ve en düşük akım, akış yüksekliği, verim verileri kullanılmıştır. Yıllık ve aylık eksik rasat verileri AGİ'ler arasında ve kendi içerisinde regresyon ve korelasyon analizleriyle tamamlanmıştır.

Göksu Çayı Havzası'nın genel olarak su potansiyelini yağışlar oluşturmaktadır. Ancak havzanın güney sınırını oluşturan yüksek dağlık kütlelerin varlığı ve cephesel etkinliklerin dolu ve kar yağışını meydana getirmesi meteorik su potansiyelini çeşitlendirmektedir. Genel olarak su varlığı kış ve ilkbahar mevsimlerinde artarken yaz mevsiminde oldukça azalmaktadır. Çalışma sahasının Schreiber formülü ile Cokriging yöntemi kullanılarak oluşturulan yağış haritasına göre havzanın ortalama yıllık toplam yağış miktarı 752,23 mm'dir. En düşük yağış 526 mm, en yüksek yağış 1698 mm olarak tespit edilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın yıllık toplam yağış dağılışı haritası ile tespit edilen veriler üzerinden yapılan analizlere göre yıllık yağış girdisi 1.834.128.000 m^3 olarak belirlenmiştir. Bu miktar, alansal olarak havzanın % 84'üne tekabül eden EİE 1222 no'lu Göksu (Kocasu)-Rüstemköy AGİ yıllık toplam debisinin (543.380.000 m^3) 3,4 katına denk gelmektedir. Havza alanının tamamına tekabül edecek şekilde gerekli kalibrasyon ve orantı uygulandığında, çalışma alanında Göksu Çayı ile drene edilen yüzeysel akışın meteorik su potansiyelinin % 35,2'si kadar olduğu anlaşılmaktadır. Geri kalan kısım havzada evapotranspirasyon, sızma, birikme, antropojenik kullanım ya da hesaplanmayan veri olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle havzanın hidrografik özelliklerinin sayısal durumu, farklı AGİ verileri, kantitatif yöntemler ve hidrometrik hesaplamalarla açıklanmaya çalışılmış ve detaylıca incelenmiştir.

1.4.5.1. Debi (Akım)

Göksu Çayı Havzası'nın debi verileri EİE ve DSİ akım gözlem istasyonu (AGİ) verilerinin uzun yıllar ortalama değerlerine dayanarak ortaya konulmuştur. Göksu Çayı'nın mansabına en yakın olan ve en uzun gözlem süresine sahip EİE 1222 no'lu (Göksu, Kocasu-Rüstemköy) AGİ verisi ortalama 17,39 m^3/sn debiye sahiptir (Tablo 12). Uzun yıllar ortalamasına göre en yüksek yıllık ortalama akım 48,61 m^3/sn, en düşük yıllık ortalama akım değeri ise 8,53 m^3/sn'dir. Göksu Çayı'nda uzun yıllar ortalamasına göre yıllık toplam akım 543.380.000 m^3'dür. Havza içerisinde yer alan ve mansaba daha uzak olan AGİ verilerinde debi değerleri değişiklik göstermektedir. Bu durum üzerinde buharlaşma, sızma, birikme ve beşeri kullanım rol oynamaktadır. Göksu-Boğazköy'de ortalama debi 13,65 m^3/sn, Aksu Dere'de 2,7 m^3/sn, Cerrah Dere'de 2,84 m^3/sn, Boğazdere 0,41 m^3/sn değerleri tespit edilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ'lerin uzun yıllar ortalama sayısal değerleri

Akım Gözlem İstasyonu Adı	Gözlem (rasat) başlangıcı	Havza Alanı (km^2)	Debi (m^3/sn) Yıl Ort.	Verim (l/sn/km^2) Yıl Ort.	Akım (milyon m^3) Yıl Toplam	Akış Yüksekliği (mm) Yıl Toplam	Max Akım Ort. (m^3/sn)	Min Akım Ort. (m^3/sn)
Göksu-Rüstemköy*	1953	2021,6	17,39	8,62	543,38	272,81	48,61	8,53
Göksu-Boğazköy	1978	1174,3	13,65	11,74	425,15	351,42	40,3	7,43
Aksu Dere*	1981	232,8	2,7	11,6	85,37	366,91	10,91	1,4
Cerrah Dere	1978	177,7	2,84	21,63	87,74	588,95	11,12	1,56
Akçasu Dere	1983	106,32	1,61	15,11	50,8	478,3	5,39	0,91
Bedresu Dere	1981	63,9	1,02	17,07	31,72	527,7	3,79	0,53
Boğazdere	1983	62,6	0,41	6,81	13,17	218,56	2,59	0,24
Karadere	1985	63,9	0,69	11,21	21,19	360,39	3,08	0,37
Hocaköy Dere	1985	35	0,67	20,04	20,42	632,92	2,27	0,35
Kocadere-Fethiye	1999	85,7	0,37	4,46	12,01	157,27	2,79	0,16
Girdap Dere	2014	75,9	0,493	9,46	22,2	205,7	4,88	0,301

Kaynak: DSİ ve EİE Akarsu Gözlem İstasyonu (AGİ) verileri

* işaretli veriler EİE idaresine ait olup, diğer verilerin tamamı DSİ-AGİ verilerine aittir. Akım gözlem istasyonlarının havza içerisindeki konumları Şekil 40'da gösterilmiştir.

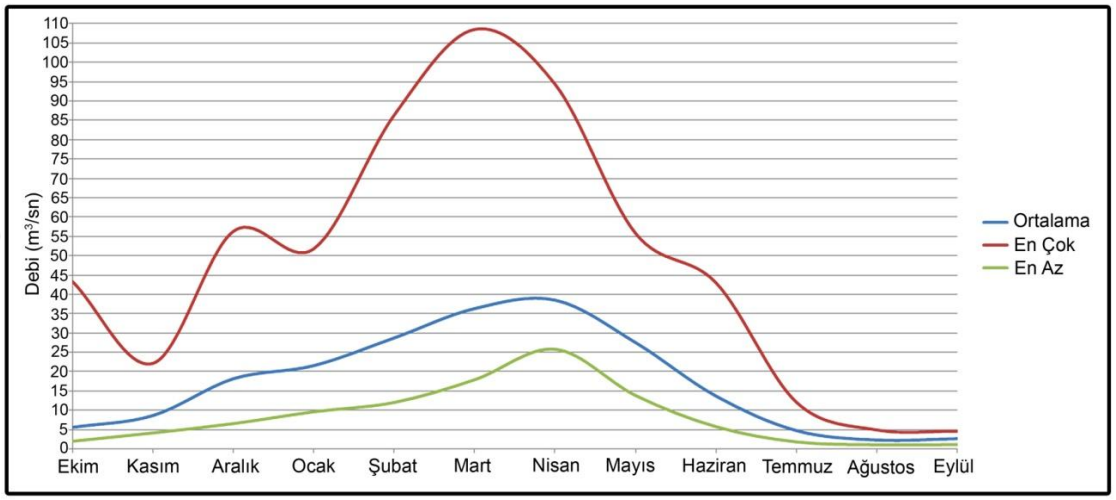


Fotoğraf 23: Göksu Çayı Havzası'ndaki akım gözlem istasyonu (AGİ) örnekleri A) Cerrah Dere B) Bedresu Dere

İnceleme sahasının akım verileri, AGİ havza bazlı olarak farklı hidrometrik analizlerle (akış katsayısı, akış eksiği ve düzensizlik katsayısı) değerlendirilmiştir. Bu analizlerden ilki akış katsayısıdır. Akış katsayısı Q / P formülünden[1] elde edilir ve çıkan sonuca göre; yağışların akarsuları ne kadar beslediği ya da ne kadarının kaybolduğu kabaca tespit edilebilir (Hoşgören, 2010: 57). Formül sonucunda çıkan sonuçlar 1'den küçük ise yağışın bir kısmının kaybolduğunu, 1'den büyük ise akarsuyu yağışın dışında başka birimlerin beslediği yorumu yapılabilmektedir. Göksu Çayı Havzası'nda AGİ verileri temel alınarak yapılan analize göre; en

[1] P: Akarsu havzasına düşen yıllık yağış miktarı (mm), Q:Akarsuyun yıllık akım miktarı (mm)

yüksek değere Hocaköy 0,67 ile sahipken, en düşük değer Kocadere-Fethiye AGİ'sine aittir (Şekil 36). Çalışmada kullanılan bütün AGİ'lerin ortalama akış katsayısı 0,41'dir. Bu durum havzada yağışın % 40 oranında akışa geçtiğini ortaya koyar. Bu veriler yağışın akarsular tarafından tamamen drene edilmediğini ve bir kısmının evapotranspirasyon, sızma ve beşeri kullanım sonucu kaybolduğunu göstermektedir. Hocaköy Dere'de verinin yüksek çıkması ise sahasın beşeri kullanımdan uzak olduğunu ve göreceli olarak havzadaki en doğal (vahşi) akışlı akarsu olduğunu göstermektedir.

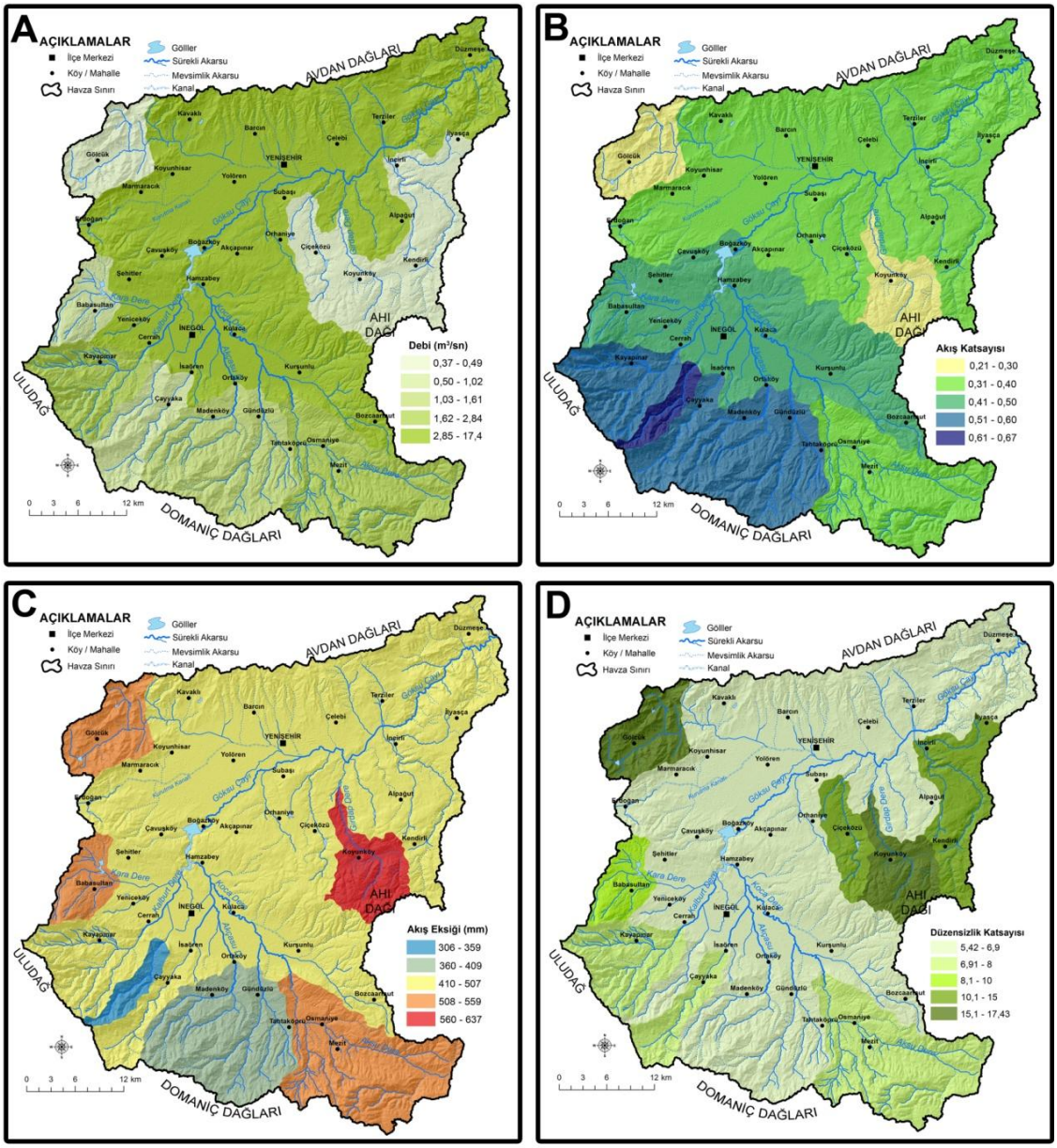


Şekil 35: Göksu-Rüstemköy AGİ'sinde ortalama, en çok ve en az debi değerlerinin aylık seyri

Akış eksiği, akarsu havzasına düşen yağış miktarı ile akım miktarı arasındaki farka eşittir ve P – Q formülü ile hesaplanır (Hoşgören, 2010: 58). Çıkan değer ne kadar büyükse akış eksiği o kadar fazladır. Göksu Çayı Havzası'nda analiz yapılan bütün AGİ'lerin ortalama akış eksiği 490,6'dır (Şekil 36). Akış eksiğinin en fazla olduğu Girdap Dere (637) en az olduğu Hocaköy Dere'dir (306). Hocaköy Dere'nin beşeri baskıdan uzak olması bu sonucun çıkmasında etkili olurken Girdap Dere'nin gözlem süresinin kısa olması sonucun bu şekilde çıkmasına neden olmuştur.

Düzensizlik ya da karasızlık katsayısı, en yüksek ve en düşük akımın birbirine oranı şeklinde hesaplanmaktadır (Hoşgören, 2010: 81). Formül sonucu ortaya çıkan değerin küçük olması akımın yıllar içerisinde sabit kaldığını, büyük olması akım trendinin dalgalanmalar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda AGİ bazlı hesaplanan sonuçlara göre ortalama düzensizlik katsayısı 8,93'tür. Bu durum uzun yıllar itibariyle yağışlarda meydana gelen dalgalanmaların akımı etkilediğini göstermektedir. En yüksek değerlerin havzanın kuzeyindeki Kocadere (17,43), Girdap Dere (16,21) ve Boğazdere'de (10,79) olması bu alandaki yükselti seviyesinin az olup akarsuların kar erimeleriyle neredeyse hiç beslenemediği ve tamamen yağışlara bağımlı olduğunu gösterir (Şekil 36). Havzanın güneyinden kaynaklarını alan akarsularda ise düzensizlik katsayısı daha düşüktür. Mansaba en yakın AGİ olan Göksu-

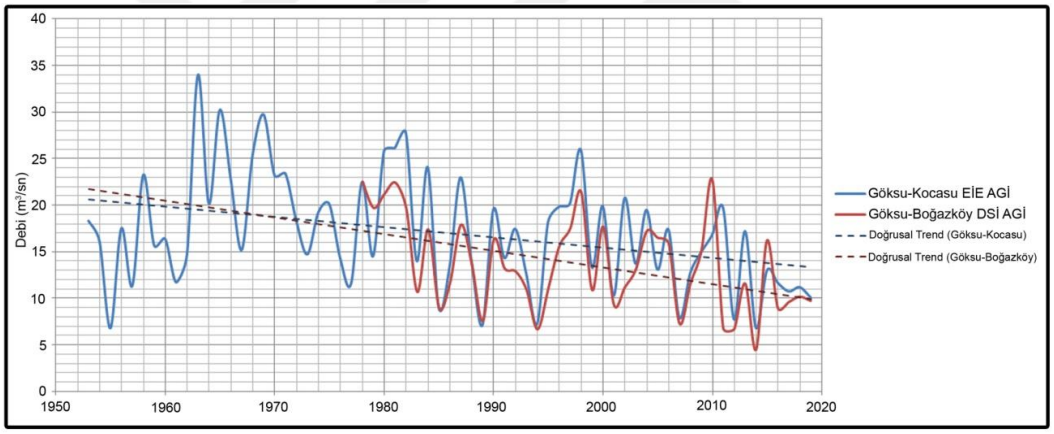
Rüstemköy verisi ise 5,6'dır. Bu değer hem oldukça uzun gözlem süresinin varlığı ile doğruluk değerinin yüksek olmasını hem de akarsuyun birçok alandan beslenerek yıllar bazında daha düzenli bir akış gösterdiğini anlatmaktadır.



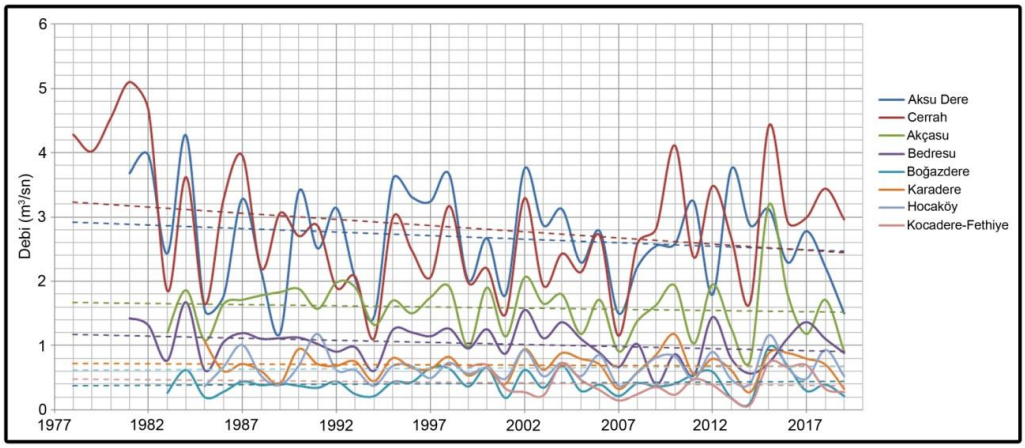
Şekil 36: Göksu Çayı Havzası'nın AGİ alt havzaları kapsamında A) ortalama debi, B) akış katsayısı, C) akış eksiği ve D) düzensizlik katsayısı haritaları

Havzadaki debi değerlerinin yıllar içerisindeki seyri değerlendirildiğinde son yıllara doğru bir azalma eğiliminin olduğu gözlemlenmektedir. Havzanın ana akarsuyu üzerindeki iki AGİ verisinin yıllar bazında seyrinde dalgalanmaların oldukça fazla olduğu ve bu durumun çoğunlukla yağışlarda meydana gelen dalgalanmalarla ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Lakin son yıllarda meydana gelen azalmada; havzadaki nüfusun, evsel ve sanayi temelli su kullanımının, tarımda sulamanın artması ve Boğazköy Barajının yapılması önemli rol oynamıştır. Özellikle havzanın yağış trendi ile akım trendinin farklılık göstermesi belirtilen hadiselerin akım üzerinde

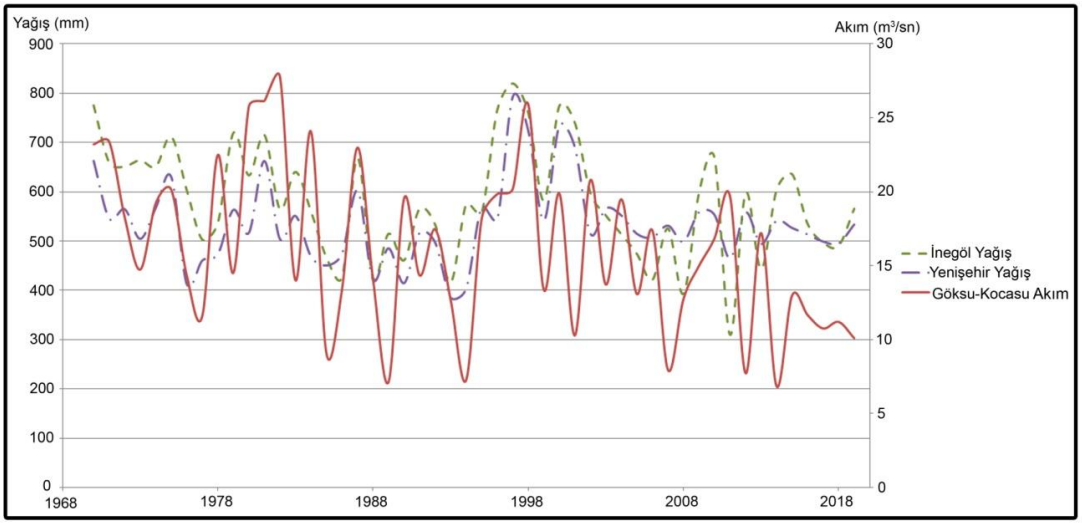
rol oynadığını göstermektedir. Doğrusal trend analizine göre havzada yağış azalması olduğu tespit edilmiştir. Akımda ise mansaba yakın alanlardaki verilerde son yıllarda daha hızlı bir azalma şeklinde trendin olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 37, 38 ve 39). Göksu Çayı Havzası'nda uzun yıllar gözlem süresine sahip AGİ akım verilerinin trend eğimleri genel olarak azalma şeklindedir. Doğrusal trende göre Göksu-Rüstemköy ve Göksu-Boğazköy debi değerleri azalma eğilimi göstermektedir. Aksu, Cerrah, Boğazdere ve Bedresu derelerinde azalma trendi (ortalama değer 0,035) görülmekte ancak değerlerin daha düşük olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 39). Akçasu, Hocaköy, Karadere ve Kocadere ise doğrusal trendin oldukça düz seyrettiği ve çok az bir düşüşün olduğu anlaşılmaktadır (ortalama değer 0,005). Göksu Çayı'nın yıllık debisi ile yağış arasındaki ilişkinin uzun yıllar bazında durumda ise önemli derecede anlamlılık söz konusudur. Özellikler yağışlar yükseldiği ve alçaldığı dönemler ile akım seviyesi arasında yakın bir ilişki vardır. Bu durum havzadaki debi miktarını, verimi ve akarsu rejimini etkilemektedir. Ancak son yıllarda nüfus artışı, evsel, tarımsal ve endüstriyel su kullanımın artması, ayrıca Boğazköy Barajı'nın Göksu Çayı'nın seviyesini kontrol etmesi yağış-akım arasındaki bağlantının son yıllarda değişmesine yol açmıştır (Şekil 39).



Şekil 37: Göksu Çayı'nın uzun yıllar ortalama akımı ve doğrusal değişim trendi



Şekil 38: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ bazlı derelerin uzun yıllar ortalama akım ve trendleri



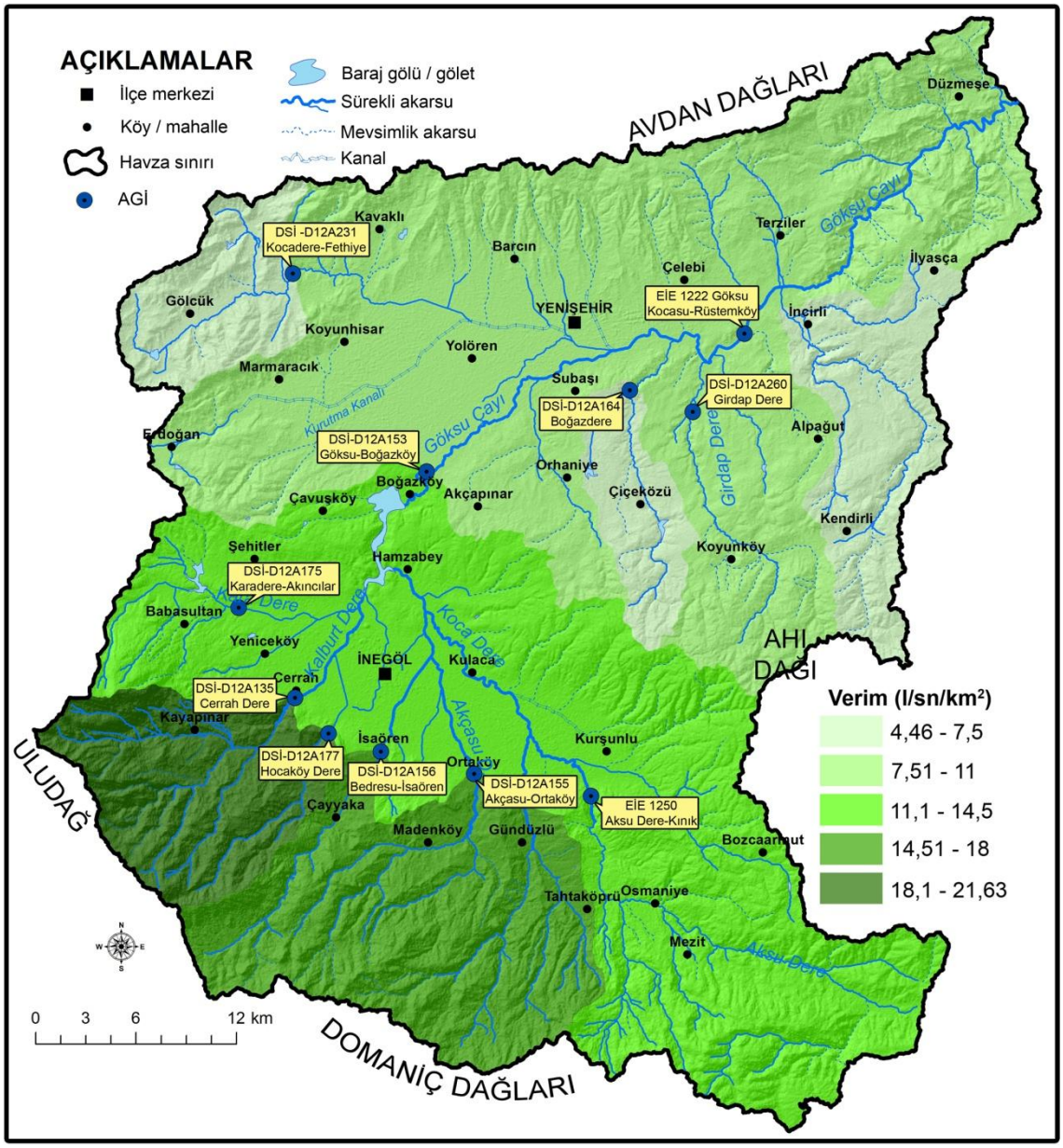
Şekil 39: Göksu Çayı-Rüstemköy AGİ ortalama akımı ile İnegöl-Yenişehir yıllık yağışı

1.4.5.2. Verim

Göksu Çayı Havzası'nın akım gözlem istasyonlarının ortalamalarına göre yıllık ortalama verimi 12,89 l/sn/km^2'dir. Göksu-Rüstemköy AGİ'ye göre 8,62 l/sn/km^2 verime sahipken, en yüksek verim değeri 21,63 l/sn/km^2 ile Cerrah Dere'ye en düşük değer ise 4,46 l/sn/km^2 ile Kocadere-Fethiye verisine aittir.

Havzadaki bütün akım verileri değerlendirildiğinde havzanın yıllık toplam akış değeri bulunabilmektedir. Ancak mansaba en yakın AGİ verisinin havzanın tamamını yansıtmadığı bilinmektedir. Bu bakımdan Göksu-Rüstemköy istasyonu verilerine göre 316.720 m^3/yıl/km^2 akımı bulunmaktadır. Havzanın toplam yüzölçümü değerlendirildiğinde yıllık toplam akışın 772.631.393 olduğu tespit edilmektedir. Bu verilerin tek bir istasyon verisi üzerinden hesaplandığı ve akışın bütün havza değerlerini yansıtmadığı bilinmektedir. Bu nedenle diğer havzaların verim değerleri baz alındığında yapılacak AGİ bazlı verim haritası havzanın akış ve verimi hakkında fikir sahibi olmamızı sağlayacaktır (Şekil 41). Akım verisi bilinmeyen havzalar ile diğer havzaların korele edilmesi sonucu, havzanın verimi ortaya konulabilmekte ancak doğruluk oranının yüksek olduğu söylenememektedir.

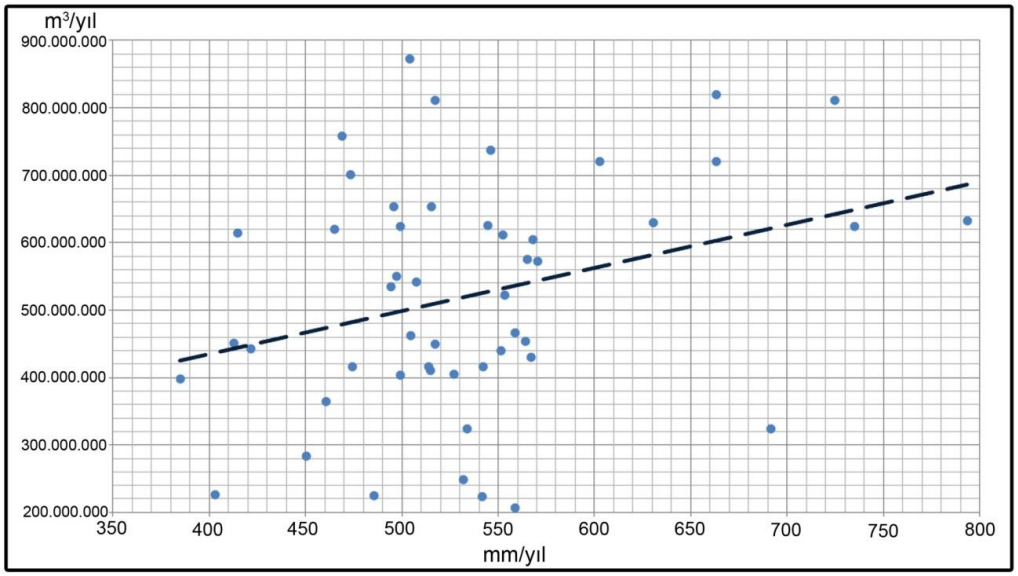
Yıllık yağış ile o yıl gerçekleşen akışın korelasyonu ile ortaya konulan yağış akış eğrisi (Bayazıt, 2011: 115) Göksu Çayı Havzası'nın verim ve akış değerlerinin dinamik yönlerini ortaya koymaktadır. Elde edilen yağış-akış eğrisine göre yağışların 500-550 mm arasında yoğunlaştığı bununla korele olarak akışın 500-600 milyon m^3 arasında değiştiği anlaşılmaktadır (Şekil 41). Yağışın artmasına bağlı olarak akış değerlerinin artacağı ancak bu durumun yüzdesel olarak daha az ihtimalde ve daha düşük yoğunlukta gerçekleşeceği anlaşılmaktadır.



Şekil 40: Göksu Çayı Havzası'nın AGİ alt havzası kapsamında su verimi haritası

Göksu Çayı Havzası'nın akış ve verim değerlerinin daha doğru olarak tespit edilmesi ve gözlem verisi olmayan havzaların değerlerinin ortaya konması için uygulanacak birçok yöntem bulunmaktadır (Nash ve Sutcliffe, 1970: 283; Pitman, 1978: 64; 285; Singh vd., 2004: 135; Vojtek ve Vojtekova, 2016: 103). Bunlar ampirik, kavramsal ve fiziksel temelli modeller olarak sınıflandırılabilmektedir (ArcSwath, SCS-CN, Two Curve Number, Gumbel, Pearson type III, vd.,) (Xu vd., 1996: 220; Özdemir, 2007b: 2; Idowu vd., 2013: 24; Karataş, 2017: 103). Göksu Çayı Havzası'nın yüksek irtifa farklarını barındırması, klimatik şartlar açısından havzanın içerisinde yağışın değişkenlik göstermesi, baraj, evsel ve endüstriyel su kullanımın beşeri açısından yoğun olması gibi nedenlerden dolayı çalışmada Karataş (2014, 2017 ve 2018) tarafından literatürde kullanılan ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) yağış-akış metodu kullanılmıştır. Belirtilen yöntem; yağış, evapotranspirasyon, hidrojeoloji, jeoloji, arazi

kullanımı, toprak grupları ve eğim değleri ile alt parametrelerinin 1-5 arasında etki değleri atanması ve daha sonra çıkan haritanın Thonrtwaite, yağış yükseliği ve AGİ verileri ile kalibre edilmesiyle uygulanmıştır (Karataş, 2018: 48) (Tablo 13).

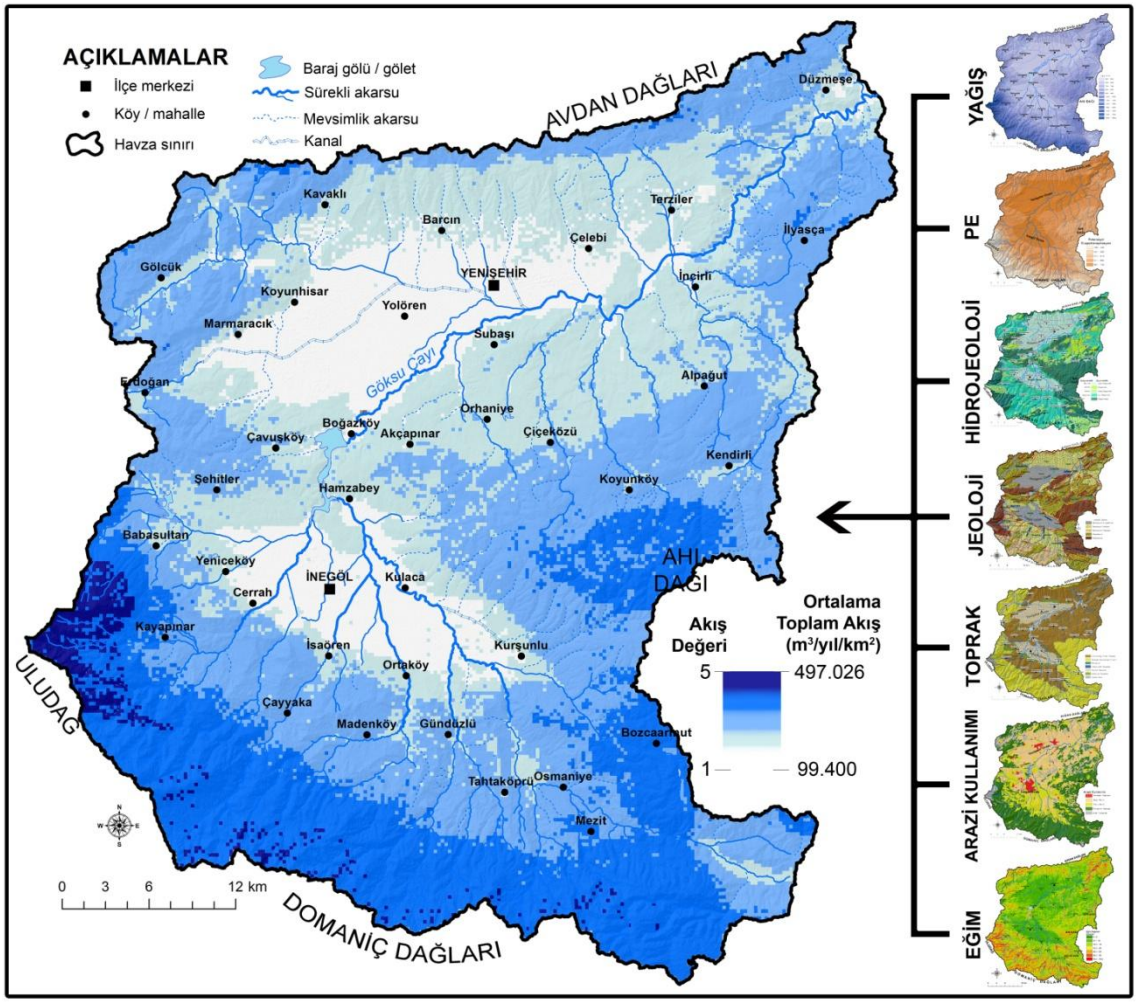


Şekil 41: Göksu Çayı Havzası'nın yağış-akış eğrisi

Tablo 13: Ağırlıklı akış dağılış haritasında kullanılan etken sınıfları ve etki katsayıları

Etken	Alt Etken Sınıfı	Etki Yüzdesi	Etki Katsayısı	Etken	Alt Etken Sınıfı	Etki Yüzdesi	Etki Katsayısı
Yağış	526-650	25	1	Toprak Grupları	Alüvyal	10	1
	650-750		2		Kolüvyal		2
	750-850		3		Kahverengi orman t.		3
	850-1000		4		Kireçsiz K. orman t.		4
	1000+		5		Çıplak yüzeyler		5
PE	360-450	25	5	Arazi Kullanımı	Kentsel alanlar	10	2
	450-530		4		Kuru tarım alanı		5
	530-610		3		Sulu tarım alanı		3
	610-690		2		Orman, mera çayır		3
	690-746		1		Açık yüzeyler		4
Hidrojeoloji	Çok Geçirimli	10	1	Eğim	0 - 5	10	1
	Geçirimli		3		5 - 10		2
	Orta Geçirimli		2		10 - 20		3
	Az geçirimli		4		20 - 30		4
	Geçirimsiz		5		30+		5
Jeoloji	Kuvaterner	10	1				
	Neojen		2				
	Paleojen		3				
	Mezozoyik		4				
	Paleozoyik		5				

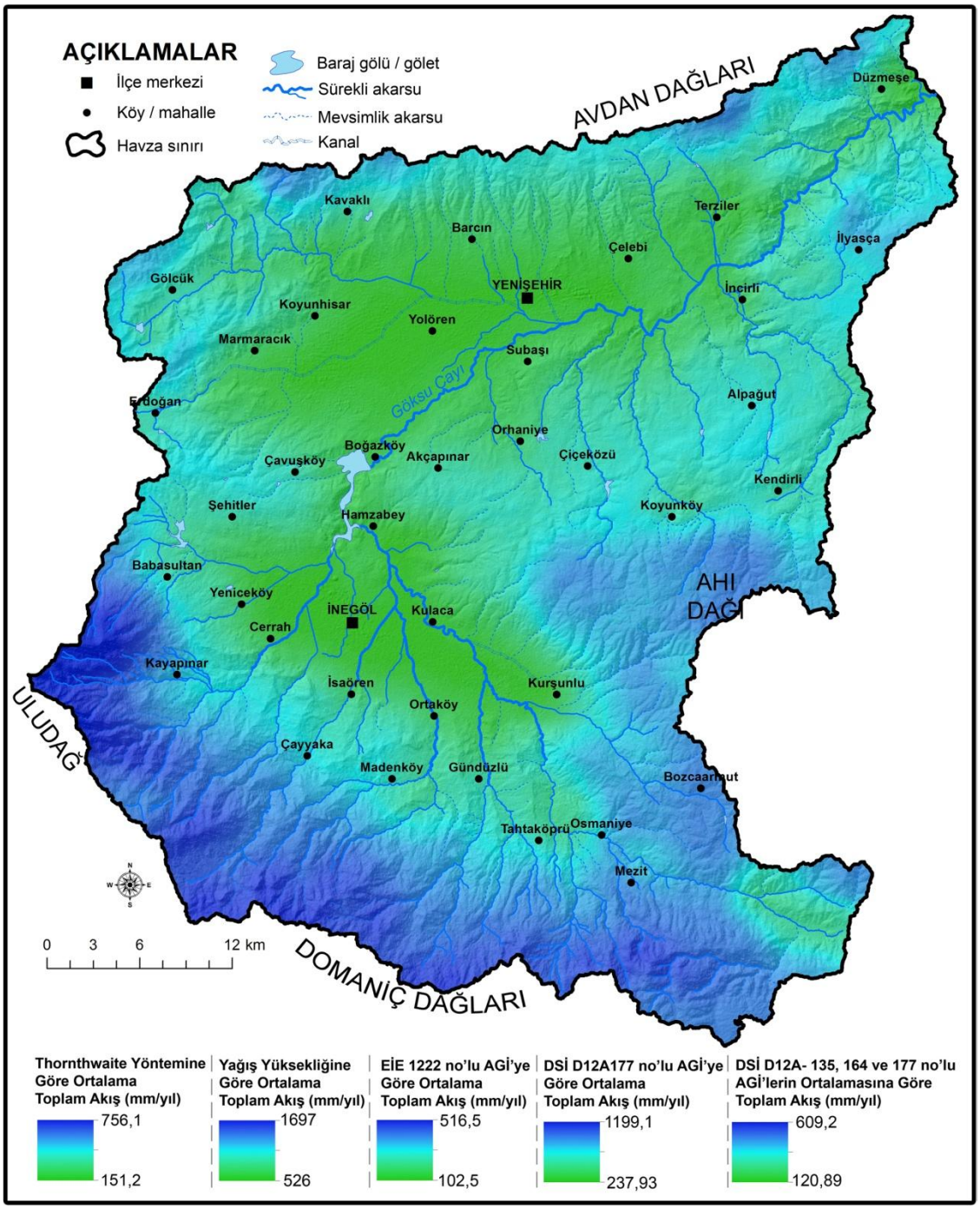
Göksu Çayı Havzası'nda verim ve akış dağılışının doğruluk oranı yüksek şekilde ortaya konması amacıyla ağırlıklı bindirme yönteminin uygulandığı analize göre üretilen ağırlıklı akış dağılış haritasında maksimum ortalama toplam akış 497.026 m^3/yıl/km^2 ve minimum 99.400 m^3/yıl/km^2 olarak bulunmuştur (Şekil 42). Ancak etki değerleri sınıflarının kesin sayısal karşılıkları olmadığından üretilen harita nisbi dağılışı göstermektedir. Elde edilen haritanın reel sayısal karşılığı Thonthwaite yöntemi ve diğer verilerin etken çarpanları ile kalibre edilmesiyle ortaya konmuştur.



Şekil 42: Göksu Çayı Havzası'nın ağırlıklı akış dağılış haritası

Uygulanan ağırlıklı akış dağılış haritası etken değerleri Thronthwaite, yağış yüksekliği ve AGİ verileri ile kalibre edilmiştir. Akış dağılış haritası verilerinin kalibre edilmesi ile sınıflara dağılış açısından atanan noktalar tekrar kriging yöntemiyle enterpole edilmiş ve havzanın akış dağılış verileri sayısal açıdan ortaya konmuştur. Thronthwaite yöntemine göre Göksu Çayı Havzası'nın akış yüksekliği ortalaması 403,41 mm olarak hesaplanmıştır. En düşük değer 151,2 mm en yüksek değer 756 mm'dir (Şekil 43). Meteorik su potansiyelini ortaya koyan yağış yüksekliğine göre ortalama akış 1003,7 mm, vahşi akışın havzadaki ortalamasını göstermesi için Hocaköy Dere AGİ verisine göre yapılan haritada akış yüksekliği 638,7 mm, üç

havzanın ortalamasına göre 324,5 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değerler üzerinden yapılan analize göre Göksu Çayı Havzası'nın ortalama verim değeri Thornthwaite yöntemine göre 12,74 l/sn/km^2, yağış yüksekliğine göre 32,6 l/sn/km^2, vahşi akışın ortaya konduğu Hocaköy Dere kalibrasyonu göre 20,17 l/sn/km^2 ve üç havzanın ortalama akım kalibrasyona göre 10,24 l/sn/km^2 verim değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 43: Thornthwaite yöntemine göre hazırlanmış ağırlıklı akış dağılış haritası

Göksu Çayı Havzası'nın ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile üretilen harita ve sayısal değerler sonucunda havzanın ortalama akışı 403,42 mm/yıl, ortalama verimi 12,74 l/sn/km^2

olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında AGİ bazlı alt havzalar ve rasat verisi olmayan diğer havzalar üzerinden yapılan hidrometrik analiz ve hesaplamalarla da bu havzaların akış ve verim değerleri ortaya konulmuştur (Tablo 14).

Uygulanan metot üzerinden ortaya çıkan alt havza sonuçlarına göre inceleme sahasında en yüksek verim Cerrah Dere (19,21 l/sn/km^2) havzasında, en düşük verim ise Kapaklı Dere havzasında (8,8 l/sn/km^2) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 14). Göksu Çayı Havzası'nın tamamında tespit edilen verim değeri ve ortaya çıkan toplam 983 milyon m^3'lük akım değerinin ise gerçekleşme durumu havzanın sızma, buharlaşma ve su kullanımı unsurları ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle ortaya çıkan değer su potansiyeli ve diğer değerler açısından hidrolojik bilanço olarak gerçekleşme ihtimali üzerinden değerlendirmesi yapılacaktır.

Tablo 14: Göksu Çayı ve bazı alt havzalarının Thornthwaite yöntemine göre akış miktarları

Havza Adı	Havza Alanı (km^2)	Akış (mm/yıl)	Verim (l/sn/km^2)	Akım (m^3/yıl)
Göksu Çayı Havzası	2439	403,41	12,74	983.916.990
Aksu Dere	240,66	537,7	16,9	129.402.880
Cerrah Dere	117,6	608,2	19,21	71.524.320
Akçasu Dere	109,12	524,8	16,57	57.266.170
Bedresu Dere	63,13	590	18,6	37.246.700
Boğazdere	63,62	408,5	12,9	25.988.770
Karadere	58,41	498,2	15,7	29.099.860
Hocaköy	35,08	555,4	17,5	19.483.430
Kocadere (Fethiye)	89,35	396,1	12,5	35.391.530
Girdap Dere	90,79	496,7	15,6	45.095.390
Çandır Dere	121,18	552,4	17,4	66.939.830
İncirli-Değirmendere	136,06	407,9	12,8	55.498.870
Aydoğdu Dere	37,77	308,2	9,73	11.640.710
Kapaklı Dere	31,07	280,6	8,8	8.718.240
Çayköy Dere	94,35	604,7	19,09	57.053.440
Kavaklı Dere	69,74	324,8	10,25	22.651.550
Büyükazmak Dere	273,1	289,9	9,15	79.171.690
Dede Dere	30,89	276,5	8,73	8.541.000
Borucak Dere	34,42	448,8	14,17	15.447.696
Aşağı Dere	43,02	419,6	13,2	18.051.190
Deliçay Dere	15,88	289,9	9,15	4.603.610

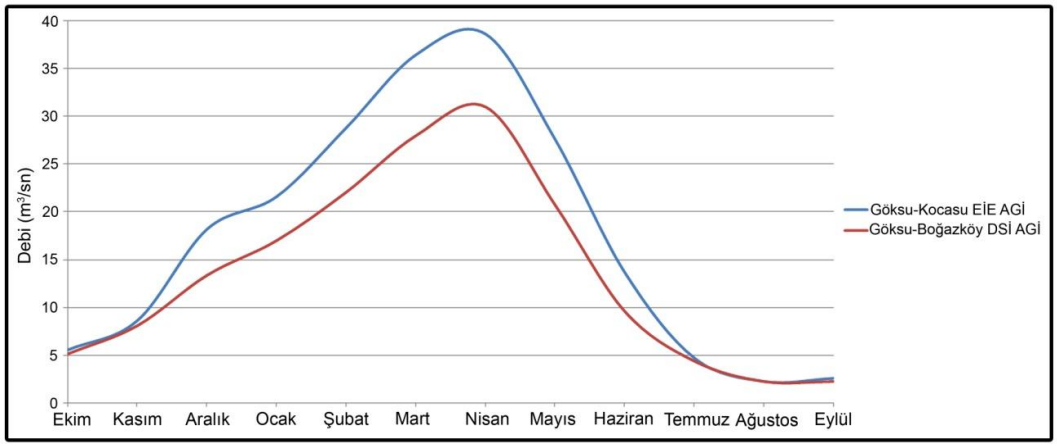
1.4.5.3. Akış Yüksekliği

Akış yüksekliği verileri mm cinsinden akımın değerini ifade etmesi ve birçok hidrometrik hesaplamada kullanılması bakımından oldukça önemli bilgiler sağlamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda Rüstemköy AGİ verisine göre yıllık toplam akış yüksekliği 272,81 mm'dir. Çalışmada kullanılan bütün AGİ verilerinin ortalamasına göre 378,26 mm akış

yüksekliği tespit edilmiştir. Maksimum düzeydeki akış yüksekliğine 632,92 mm ile Hocaköy Dere'si sahipken, minimum düzeyde akış yüksekliği 157,27 mm ile Kocadere-Fethiye AGİ verilerinde gözlemlenmektedir. Havzanın verimi açısından üretilen ağırlıklı çakıştırma yağış-akış dağılışı verilerine göre ise; Thonthwaite yöntemine göre yıllık akış yüksekliği 403,41 mm olarak tespit edilmiştir. Aynı metodoloji ile üretilen yağış bazlı akış yüksekliği ortalaması 752,23 mm, üç farklı AGİ verisinin ortalamasına göre ise akış yüksekliği 321,59 mm'dir.

1.4.5.4. Akarsu Rejimi

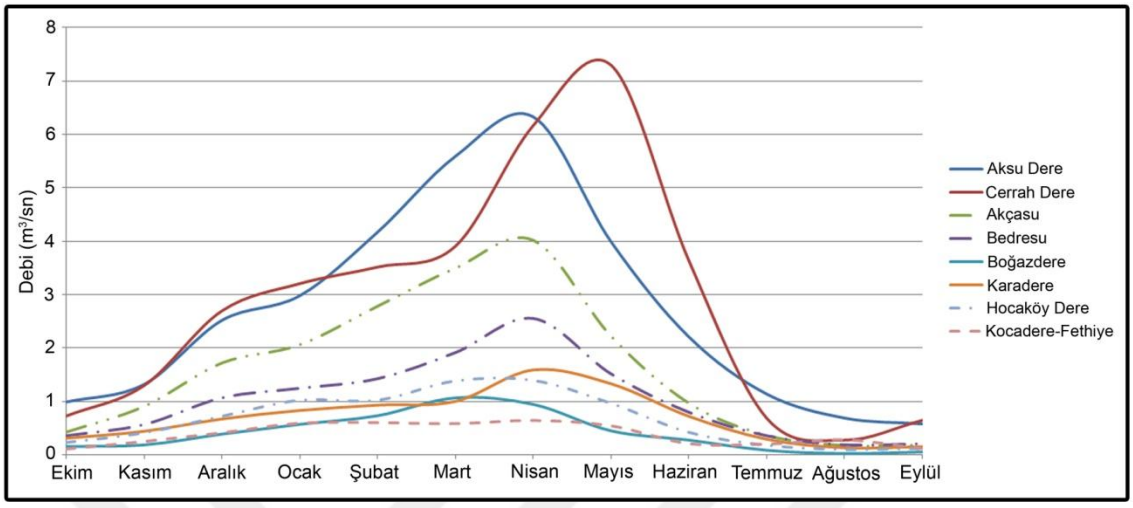
Göksu Çayı Havzası'nın akarsu rejimi; klimatik faktörler, hidrojeolojik yapı ve diğer doğal ortam koşullarına bağlı olarak yıl içerisinde akım seviyeleri bakımından değişiklik göstermektedir. Akarsu rejimi, havzanın ana akarsuyu olan Göksu Çayı üzerinde iki AGİ verisi ile diğer akarsuları temsil eden AGİ verileri temel alınarak değerlendirilmiştir. Göksu-Rüstemköy ve Göksu-Boğazköy AGİ verilerine göre yağmurlu Akdeniz rejimi ile yağmurlu-karlı karmaşık rejim tipinin arasındaki özelliklerin hakim olduğu söylenebilir (Şekil 45). Yağmurlu Akdeniz rejiminde en yüksek akımın Şubat olduğu bilinmekte ancak havzanın rejim diyagramında en yüksek akımların Mart-Nisan aylarında olduğu dikkat çekmektedir. Bu nedenle havzanın akarsu rejimi daha çok yağmurlu-karlı karmaşık rejim tipindedir. Bu durumun oluşmasında sahanın nispeten deniz etkisine uzak olması ve güney bölümünde yüksek dağlık kütlenin varlığı etkili olmuştur. Akım değerleri Mart-Nisan aylarında yağış ve kar erimeleri sonucu ile yükselmekte, Temmuz-Ekim ayları arası dönemde sıcaklık-buharlaşma etkisiyle oldukça düşük seviyelere inmektedir (Şekil 44).



Şekil 44: Göksu Çayı'nın Rüstemköy ve Boğazköy AGİ'lerine göre akarsu rejimi

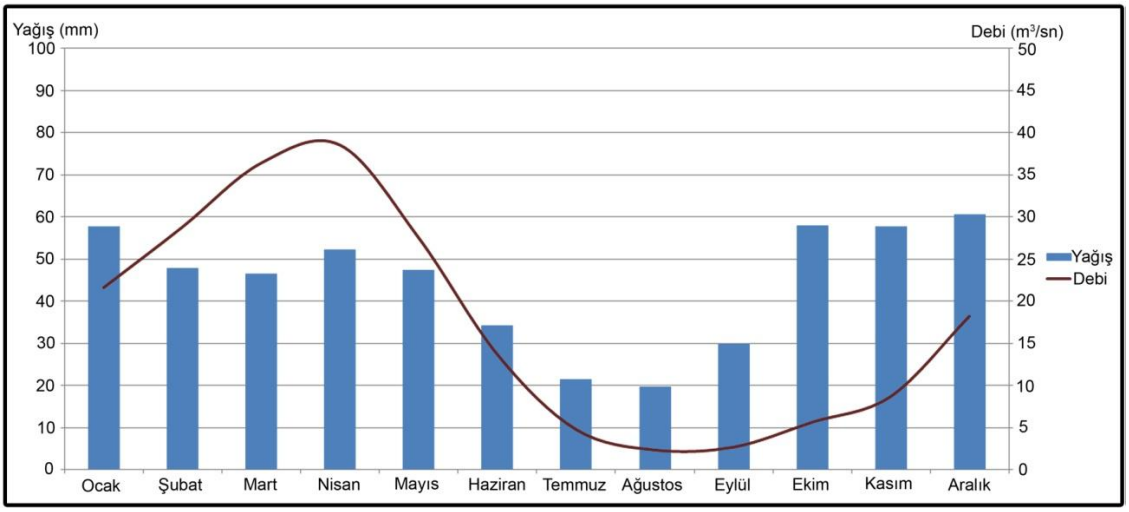
Göksu Çayı Havzası'ndaki diğer AGİ verilerinin havzanın farklı alanlarında yer alması rejim tiplerinin değişiklikler göstermesine neden olmuştur (Şekil 45). Cerrah Dere'de şartların daha karasal olduğu ve akımda kar erimelerinin etkisinin gözlemlendiği rejim grafiğinden anlaşılmaktadır. Özellikle en yüksek akımın Mayıs-Haziran dönemine kayması,

akarsu kaynağın bulunduğu Uludağ-Domaniç Dağları kesimindeki kar erimeleriyle beslendiğini göstermektedir. Aksu, Akçasu, Hocaköy ve Bedresu derelerinde akarsu rejiminin havzanın genel rejim tipi olan yağmurlu-karlı karmaşık rejim tipini yansıttığı görülmektedir.

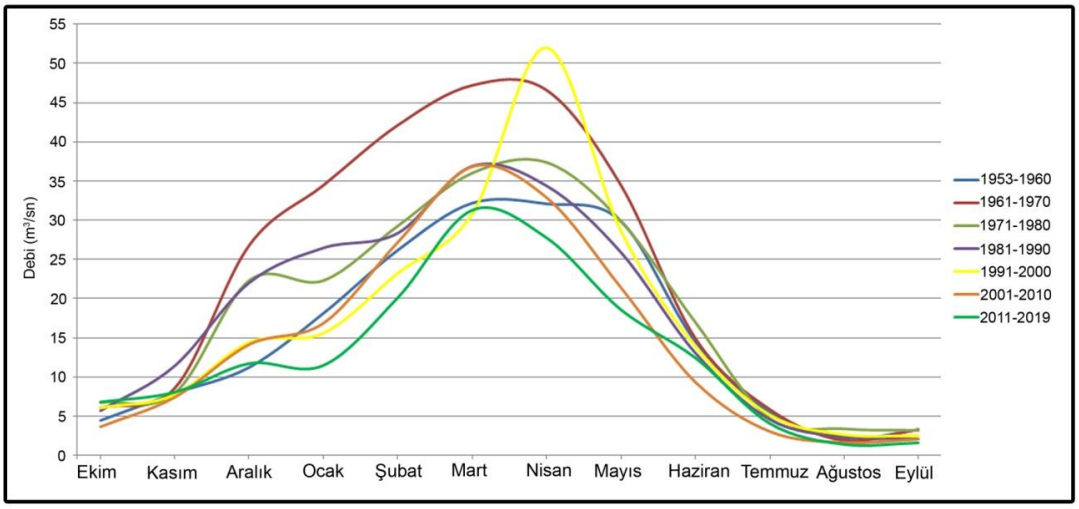


Şekil 45: Çalışma sahasındaki AGİ verilerine göre akarsuların akım rejimleri

İnceleme sahasındaki debi miktarlarının yıl içerisindeki seyri, sıcaklık ve yağış ile yakından ilişkilidir. Özellikle yağışın en fazla olduğu dönemler ve sıcaklığın etkisiyle artan evapotranspirasyon akımlar üzerinde önemli rol oynar. Göksu-Rüstemköy AGİ akım verisi ile Yenişehir meteoroloji istasyonun yağış verisi değerlendirildiğinde; aylar kapsamında debinin seyri yağış seyrinden farklılıklar gösterebilmektedir (Şekil 46). Debinin en çok Mart ve Nisan ayında olması akarsu kaynağındaki kar erimeleriyle, Ekim ve Kasım ayında yağışa nazaran daha az akımın olması, sıcaklık birikmesi sonucu buharlaşmanın fazla olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 46: Göksu-Rüstemköy akım rejimi ve Yenişehir yağış rejimin karşılaştırması



Şekil 47: Göksu Çayı'nın Rüstemköy AGİ verilerine göre 10'ar yıllık dönemlerdeki rejimleri

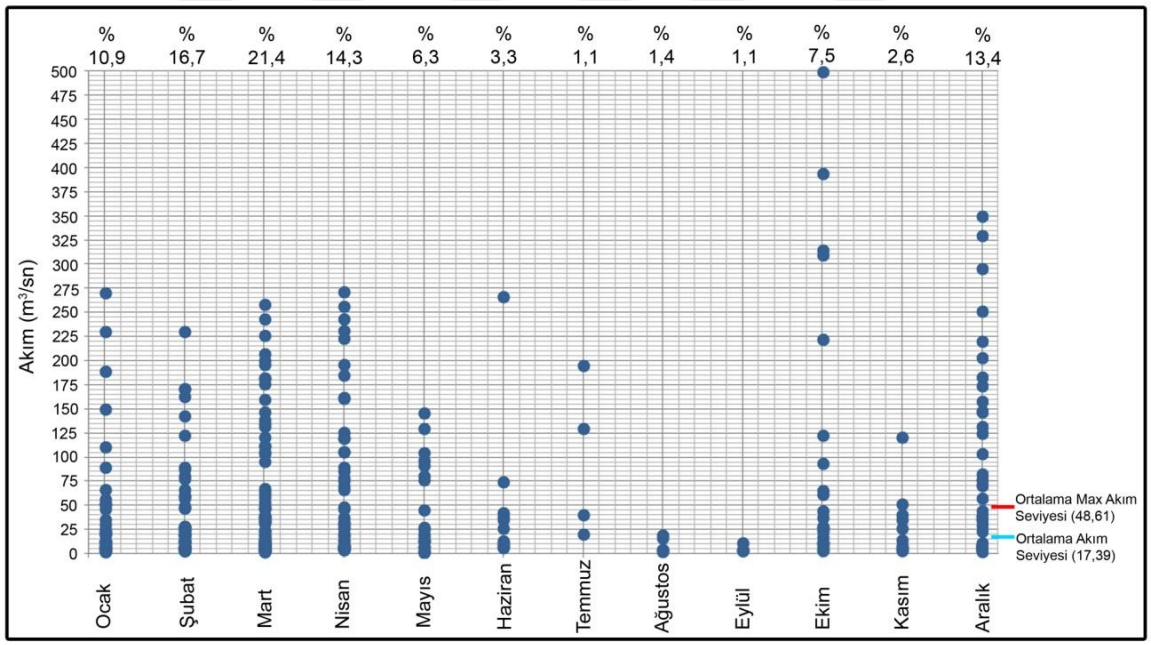
Çalışma sahasında yıllar içerisinde meydana gelen doğal ve beşeri değişimler akım verilerinin yıllık rejimlerine de yansımaktadır. Uzun yıllar gözlem süresine sahip Göksu-Rüstemköy AGİ verisinin 10'ar yıllık periyotlar olarak analiz edilen rejim değerlerinde dikkat çeken durumlar gözlemlenmektedir. Değerlerin son 10 yıl içerisinde azaldığı, pik seviyesinin Mart ayına doğru kaydığı görülmektedir (Şekil 47). Bu durumun oluşmasında sahada artan su kullanımı, küresel ısınma sonucu karla beslenmenin azalması önemli rol oynar. 1991-2000 yılları arasındaki dönemde akarsuyun yıllık seyrinde önemli değişimlerin olduğu gözlemlenirken, bu tarihlerden itibaren Boğazköy barajının rejim üzerindeki etkisi diğer dikkat çekici durumdur.

1.4.5.5. En Yüksek ve En Düşük Akımlar ile Taşkın Değişkenleri

Göksu Çayı Havzası'nın AGİ verileri incelendiğinde akım değerlerin çok yüksek ve çok düşük seviyelerde olduğu zamanların varlığı dikkat çekmektedir. Bu iki ekstrem durum doğal olarak havzanın klimatik şartlarında meydana gelen meteorik su varlığı ile ilgilidir. Doğal olarak en yüksek akım değerleri, sel-taşkın riskini ortaya çıkarmakta, en düşük akım değerleri havzanın kullanılabilir su varlığının azalmasına, kuraklığın ve diğer değişimlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Uzun yıllar maksimum akım ortalaması değerlendirildiğinde Göksu-Rüstemköy AGİ'de 48,6 m^3/sn, Göksu-Boğazköy'de 40,3 m^3/sn, Cerrah Dere'de 11,12 m^3/sn değerlerin olduğu görülmektedir. Bu değerleri ortalama debi ile kıyasladığımızda yaklaşık 3,5-4 kat daha fazla akımın olduğu görülmektedir. En düşük akım incelendiğinde, aynı şekilde ortalama akımdan oldukça az olduğu özellikle belli dönemlerde (Temmuz-Eylül arası) akımın hiç gerçekleşmediği tespit edilmiştir.

Havzanın taşkın değişkenlerini etkileyen en önemli unsur klimatik etkenler ve bunun sonucunda debide gerçekleşen pik akımlardır. Bu nedenle havzada yüksek debili taşkınların

geçmişte meydana geldiği ve zararlara yol açtığı bilinmektedir. Havzanın güneyindeki yüksek dağlık alanlar, yağışın belli mevsimlerde çok fazla olması, ani yağışlar ve kar erimeleri, yüksek eğim değerleri ve bunların sonucunda oluşan pik akımlar yanlış arazi kullanımı-planlaması ile sel ve taşkınların zarar verici boyuta ulaşmasına neden olmaktadır. Bu bakımdan taşkınların tekrarlanma sıklığı ve oluşum zamanları geçmiş dönemli verilere dayanılarak tahmin edilebilir. Göksu Çayı Havzası'nda yer alan birçok akarsuda pik akımlar tespit edilmiştir. Göksu Çayı üzerinde 18.10.1989 tarihinde 500 m^3/sn'lik akım en yüksek akım değeri olarak kayıtlara geçmiştir (ortalama akım olan 17,39 m^3/sn değerinin 28 katı). Yine Göksu Çayı üzerinde 26.10.1997 tarihinde 394 m^3/sn'lik akım ölçülmüştür. Aksu Dere'de en yüksek akımın ortalama akımın 54 katına, Cerrah Dere'de 30 katına, Akçasu Dere'de 44 katına, Bedresu Dere'de 55 katına, Boğazdere'de 95 katına, Karadere'de 69 katına ve Hocaköy Dere'de 50 katına çıktığı tespit edilmiştir. Havzadaki AGİ verileri bütün yıllar içerisinde en yüksek akımlar ve bu akımların meydana geldiği aylar ile oluşturulan grafik incelendiğinde; en yüksek akımların Mart, Şubat, Nisan ve Aralık aylarında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 48). Özellikle kar erimeleri ve yağışların arttığı zamanların bu verilerin oluşmasında önemli payı vardır. Bu veriler aynı zamanda meydana gelebilecek taşkın zamanları için tahmin yapabilme imkanı da sağlamaktadır.



Şekil 48: Göksu Çayı Havzası'ndaki tüm AGİ'lerde ölçülen yıllık maksimum akım değerleri

Göksu Çayı Havzası'nda taşkın yineleme periyotları ile taşkın pik miktarları, taşkın tekrarlama frekans yöntemi ve Weibull formülüyle (T=n+1/m) hesaplanmıştır (Özdemir, 2008: 5; Hoşgören, 2010: 91). Yapılan hesaplamalarda Göksu Çayı'nın mansaba yakın kısmında Q500 debisi 546,9 m^3/sn, Boğazköy kesiminde 694,1 m^3/sn olarak belirlenmiştir (Tablo 15). Bu değerler her iki AGİ verisinin yıllık ortalama debi miktarının 32 ve 49 katına eşittir. Diğer alt

havzalarda da hesaplanan taşkın periyotları havzanın sel ve taşkın açısından riskli alanları barındırdığını göstermektedir (Tablo 14).

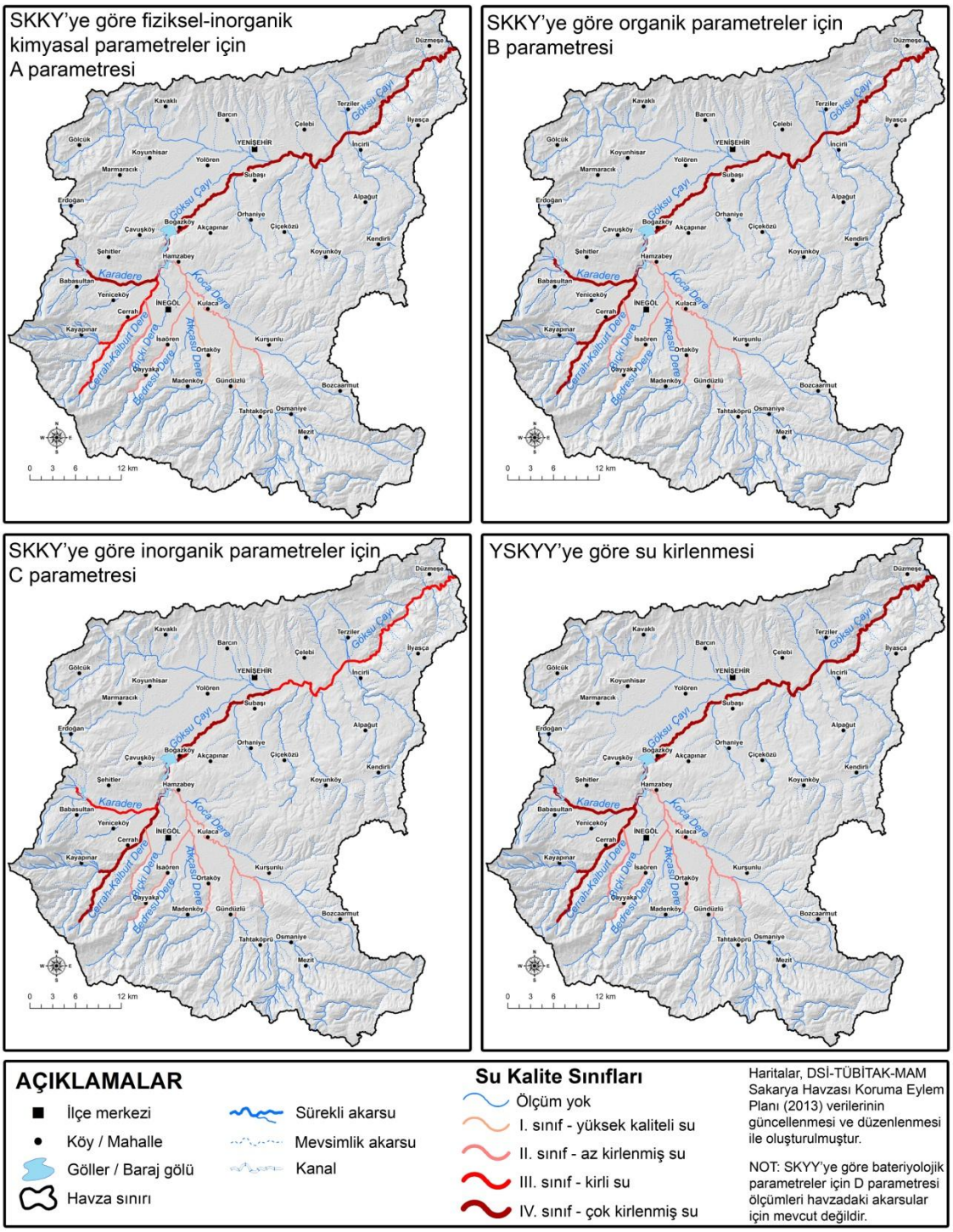
Tablo 15: Göksu Çayı Havzası'nda AGİ bazlı taşkın yineleme periyotları ve taşkın pikleri

AGİ	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Q500
Göksu Rüstemköy	160	243	270	332,5	372,2	424,5	546,9
Göksu-Boğazköy	117,1	225,8	266,9	423,1	473,8	537,3	694,1
Aksu Dere	34,6	71,7	116	171,8	198,3	224,9	290,5
Cerrah Dere	25,3	55,1	72,82	99,5	114,8	130,2	168,2
Akçasu Dere	14,7	29,4	37,8	56,2	64,8	73,5	95
Bedresu Dere	8,2	18,4	34,6	39,8	45,9	52,1	67,3
Boğazdere	7,9	19,5	30,9	51,3	58,4	66,2	85,5
Karadere	6,2	25,7	31,6	37,5	45,5	51,6	66
Hocaköy Dere	6,3	18,2	22,4	27,9	32,3	36,5	47,2

1.4.6. Su Kalitesi

Herhangi bir su kütlesinin sahip olduğu kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin ölçüm değerleri suyun kalitesini göstermektedir. Göksu Çayı Havzası'nda akarsuların su kalitesini etkileyen birçok faktör bulunmakta aynı zamanda, havzanın su kalitesi dağılış ve miktar açısından heterojen özellikler görülmektedir. Havzanın yukarı çığırında beşeri baskıdan uzak olan akarsularda suya karışan yabancı madde oranının oldukça düşük düzeyde olması doğaldır. Ancak havza tabanlarını meydana getiren Yenişehir ve İnegöl ovaları (özellikle İnegöl'deki sanayi tesislerinin deşarj kaynakları) çevresindeki akarsularda su kalitesi bakımdan oldukça farklı unsurların suya karıştığı tespit edilmiştir. Havzada yapılan çalışmalarda (DSİ-TÜBİTAK-Sakarya Havzası Koruma Eylem Planı, 2013) Göksu Çayı ve Kalburt Dere'de IV sınıf olan çok kirlenmiş su, kollarında ise (özellikle güney kolları) II. sınıf az kirlenmiş su seviyeleri tespit edilmiştir. Azot parametreleri açısından Göksu Çayı II. ve IV sınıf arasında, toplam fosfor açısından ise Kalburt ve Göksu Çayı IV. sınıf olarak hesaplanmıştır. Bu durumun meydana gelmesinde İnegöl Organize Sanayi Bölgesi'ndeki (OSB) endüstriyel atıkların Göksu Çayı ve kollarına deşarjı önemli kirlilik etkenidir. Kalburt ve Göksu Çayı Boğazköy istasyonu ile mansabında pH, çözünmüş oksijen, sodyum ve klorür parametreleri sınıf III, Karadere mansabında çözünmüş oksijen, sodyum ve klorür sınıf IV, pH ve toplam çözünmüş madde sınıf III olarak tespit edilmiştir. İletkenlik ve renk parametreleri ise Göksu Çayı ve özellikle Kalburt Dere'de yer yer III sınıf düzeyinde olduğunu göstermektedir. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) bakımından Göksu Çayı, Kocadere, Karadere ve Kalburt Dere'de yer yer IV sınıf seviyesinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu veriler özellikle Göksu Çayı, Kalburt Dere ve Kara Dere'de su

kalitesinin birden çok parametre açısından IV sınıf olarak ölçüldüğünü ve çok kirlenmiş su kategorisinde bulunduğunu göstermektedir (Şekil 49). Özellikle İnegöl OSB, diğer sanayi tesisi atıkları ile Yenişehir OSB ve cam fabrikalarının havza tabanlarında, akarsulara yakın olması ve atık deşarjlarının suya karışması meydana gelen su kalitesindeki kirliliğin başlıca nedenlerini teşkil etmektedir.



Şekil 49: Havzadaki bazı akarsuların farklı parametreler kapsamındaki su kalitesi sınıfları

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) ile Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne (YSKYY) göre havzadaki ana akarsu ağını oluşturan Göksu Çayı, Kara Dere ve Kalburt-Cerrah Dere A, B, C parametreleri ile YSKYY su kirlenme verilerinde III ve IV sınıf su kalitesinde olup kirlenmiş su özelliği gösterdikleri tespit edilmiştir (Şekil 49). Boğazköy Barajı'ndan sonra ana kol olarak devam eden Göksu Çayı bütün parametrelerde IV sınıf olup çok kirlenmiş su kalitesindedir. Bu durum, havzanın güney kesiminde konsekant olarak tabana inen akarsuların OSB ve diğer sanayi alanlarındaki deşarjlara ve evsel atıklara maruz kalması ile daha çok meydana gelmektedir. Özellikle İnegöl'deki sanayi varlığının oldukça yoğun olması Kara Dere, Cerrah-Kalburt Dere, Bedresu Dere'deki kirlilik yükünü arttırmaktadır. Diğer derelerle birlikte Boğazköy'de Göksu Çayı'na katılan derelerin kirlilik etkisi havzanın kuzeyinde Yenişehir'deki sanayi deşarjlarına maruz kalmakta ve su kalitesi sınıfı oldukça yüksek kirlilik ihtiva etmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nda ana kolu oluşturan Göksu ve kolları üzerindeki yapılan kimyasal analizler havzada su kirliliğin belli düzeylerde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu bakımdan özellikle tarımsal sulamadaki kullanılan suyun toprağa karışması kirlilik boyutunu yükselmektedir. Havza içerisinde arıtma tesislerinin arttırılmaya çalışılması her ne kadar suların kalite düzeyini belli oranda düzenlemeye başarmış olsa da, endüstriyel tesislerin artması, nüfus ve şehirleşme oranının yükselmesi, kimyasal ilaç ve gübre kullanın artması farklı yollarla suya karışan inorganik madde miktarını arttırmaktadır. Su kalitesi kontrol yönetmeliği sınıflarına göre Göksu Çayı Kalburt Dere ve Karadere IV sınıf seviyesinde çok düşük kalitede suya sahip olduğu tespit edilmiştir.

1.4.7. Hidrolojik Bilançosu

Göksu Çayı Havzası'nın meteorik su potansiyeli, CoKrigging yöntemi ile üretilen yıllık yağış haritasındaki verilere bağlı olarak su girdisi 1.834.128.000 m^3 olarak hesaplanmıştır. Belirtilen miktar havza kapsamının sınırlarının kesin olmasından dolayı meteorik su girdisi havzanın durumunu yansıtmaktadır. Ancak havzanın yeraltı su sınırlarının kesin olmaması ve hidrojeolojik yapının geçirimlilik durumu havzanın yeraltından gelen su potansiyelinin tam olarak bilinememesine yol açmaktadır. Bu nedenle havzanın su bilançosu, meteorik su girdisi, akış, buharlaşma, sızma ve havza sınırları içerisinden yer altı suyu (kaynakları) durumuna göre analiz edilmiş ve hesaplanmıştır.

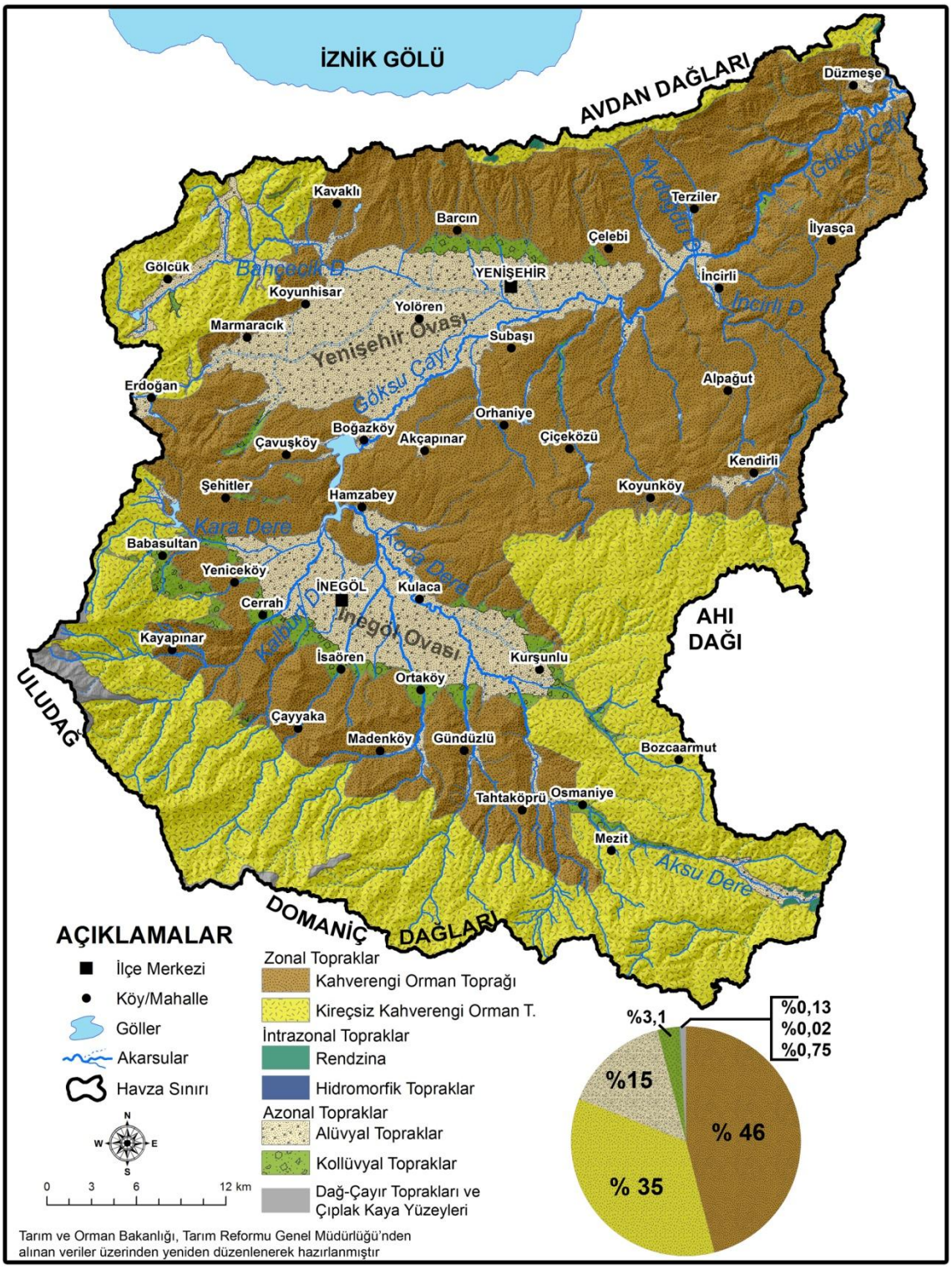
İnceleme havzasının yağış ve evapotranspirasyon verileri başta olmak üzere ağırlıklı çakıştırma metodu ve Thornthwaite yöntemine göre yapılan analizlerde yüzeysel akış miktarının 983.916.990 m^3/yıl olduğu hesaplanmıştı. Mansaba en yakın olan Göksu (Kocasu)-Rüstemköy AGİ verisine göre ise yüzeysel akış 543.380.000 m^3/yıl'dır. Ancak belirtilen AGİ, Göksu Çayı

Havzası'nın % 84'lük alanını kapsamaktadır. AGİ verisi temel alınarak yapılan korelasyonda havzanın tamamını kapsayan yüzeysel akış 655.776.000 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışmada üretilen yüzeysel akış ile AGİ verisi arasında 300 milyon m^3'lük bir fark bulunmaktadır. Beşeri kullanım ve diğer etkenler temel alındığında havzanın hidrolojik bilançosu ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile üretilen haritadan hesaplanan 983.916.990 m^3/yıllık yüzeysel akış üzerinden değerlendirilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nda buharlaşma miktarı Thornthwaite yöntemi sonucu ortaya çıkan evapotranspirasyon miktarının enterpole edilen haritasındaki veriler üzerinden hesaplanmıştır. Havzanın su yüzeylerinden buharlaşma miktarı 186.390.000 m^3/yıl olarak tespit edilmiştir. Kalan su miktarının bir kısmı yeraltına sızmaktadır. Bu değer tam olarak tespit edilemese de hidrolojik yapı, eğim, topografik koşullar, su girdisi korele edilerek yapılan hesaplamada 238.070.000 m^3 sızmanın olduğu, bu miktarın yaklaşık % 40-45'nin kapilarite, basınç ve permaabilte durumuna göre tekrar yüzeye çıktığı bilinmektedir. Böylece yeraltından yüzeysel akışa 107.103.150 m^3 su katılmaktadır. Sonuç itibariyle yüzeysel akıştan buharlaşma ve sızma miktarı çıkarılmış, yer altı suyu katılımı eklenmiş ve Göksu Çayı Havzası'nın kullanılabilir su potansiyeli 666.560.140 m^3/yıl olarak tespit edilmiştir. Değerin AGİ verisinin toplam havzaya oranlanması ile ortaya konan değere çok yakın çıktığı anlaşılmaktadır. Ancak havzanın en yüksek, en düşük yıllık akım değerleri de düşünüldüğünde dalgalanmaların olduğu ve su miktarında, klimatik şartlardaki eğilimlerin azalma şeklinde olduğu ve su potansiyelinin yapılacak havza yönetimi ve planlamalarda bütün bu koşullar temel alınarak yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

1.5. Toprak Özellikleri

Havza yönetimi ve planlaması açısından toprak türlerinin dağılışı, yapı ile ilişkisi ve arazi kullanımına etkisi önemli konulardan birini teşkil eder. Toprak dağılışını ve oluşumu, jeolojik, jeomorfolojik koşullar, klimatik şartlar ve diğer faktörler etkilemektedir. Bu doğrultuda havzada büyük toprak türlerinin dağılışı belli topraklarda yoğunlaşmıştır (Şekil 49).

Havzanın toprak türleri, zonal, intrazonal ve azonal topraklar olarak sınıflandırılmış ve bu grupların alt türleri değerlendirilmiştir. Bu bakımdan inceleme sahasında zonal toprak grubu içerisinde kahverengi orman toprağı ve kireçsiz kahverengi orman toprağı görülmektedir. İntrazonal topraklar çok dar alanda görülmekte ve bu grubu rendzina ve hidromorfik topraklar teşkil etmektedir. Azonal toprak içerisinde ise alüvyal ve kolüvyal toprakların olduğu görülmektedir (Şekil 50).



Şekil 50: Göksu Çayı Havzası'nın toprak haritası (Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nden alınan verilern düzenlenmesi ile hazırlanmıştır)

1.5.1. Zonal Topraklar

Zonal toprak grupları, iklim ve bitki örtüsünün ortak etkileri altında gelişmiş ve genel olarak klimatik bölgelerle uyum sağlayan topraklardır (Atalay, 2006: 400). Göksu Çayı Havzası'nda zonal toprak grupları içerisinde yer alan kahverengi orman toprakları ve kireçsiz

kahverengi orman toprakları görülmektedir. Bu iki toprak grubu toplam havza alanının % 81'ni kaplamaktadır.

İnceleme sahasında kahverengi orman toprakları 1129,66 km^2'lik alanda görülmektedir. Bu topraklar havzanın kuzey bölümünün neredeyse tamamı ve İnegöl Ovası'nın güneyindeki yamaçlarda görülmektedir. Ova tabanlarından itibaren (200-300 m'den başlayarak) görülmeye başlayan toprak türü 800-900 m seviyesine kadar dağılış göstermektedir (Fotoğraf 24). Organik maddenin toprak üzerinde birikmesinden dolayı kahverenginde olan bu toprak türü, yağışların belli miktara ulaştığı alanlarda görülür ve horizonları tam olarak belirginleşmemiştir. Toprakta alkali durumu orta seviyede olup organik madde miktarı ise diğer koşullara bağlı olarak değişmektedir. Daha çok sedimanter birimler üzerinde gelişen kahverengi orman toprağı, Yenişehir Havzası bölümünde ise karmaşık bir yapı sunan formasyonların üzerinde de gelişmiştir. Bu nedenle temel olarak toprağın oluşmasında iklim şartları ana etkeni oluşturmaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda kahverengi orman toprakları üzerinde tarım arazileri ve ormanlık alanlar arazi kullanımını oluşturmaktadır. Yükseltinin ve eğimin az olduğu alanlarda tarım arazileri gözlemlenirken, doğudaki, güneydeki ve kuzeydeki plato sahalarında farklı orman formasyonları gözlemlenir.

Kireçsiz kahverengi orman toprakları, havzada % 35'lik alan kaplamaktadır. Kahverengi orman topraklarına göre yağışın daha yüksek olduğu sahalar ile granit, andezit, silisli silt birimleri üzerinde yaygın olarak görülür. Bu nedenle havzanın güneyinde Uludağ, Domaniç Dağları'nın yüksek kesimleri ve yamaçları ile havzanın kuzeybatısındaki flüvyo-karstik sahada görülmektedir. Toprağın bünyesinde kireç çok az olduğundan A horizonunda kil miktarı artar. Ancak A horizonunda belli oranda kil-kireç görülebilir, B horizonunda ise yok denecek kadar azdır. İnceleme sahasında kireçsiz kahverengi orman toprakları üzerinde ormanlık alanlar yer alır. Bu sahalar takribi olarak havzanın güneyindeki Uludağ ve Domaniç Dağları'nın 1000 m seviyesinden sonra görülmesi orman varlığının mevcut olmasını sağlamıştır. Bu alanda daha çok geniş yapraklı ormanlar toprak formasyonu üzerinde görülür. Ancak yükseklere çıkıldıkça toprak yapısının değişmesiyle birlikte çayırlar görülmeye başlar. Havzanın kuzeybatısındaki alanda ise kireçsiz kahverengi toprak örtüsü üzerinde geniş yapraklı ve karışık orman formasyonu gözlemlenir.

1.5.2. İntrazonal Topraklar

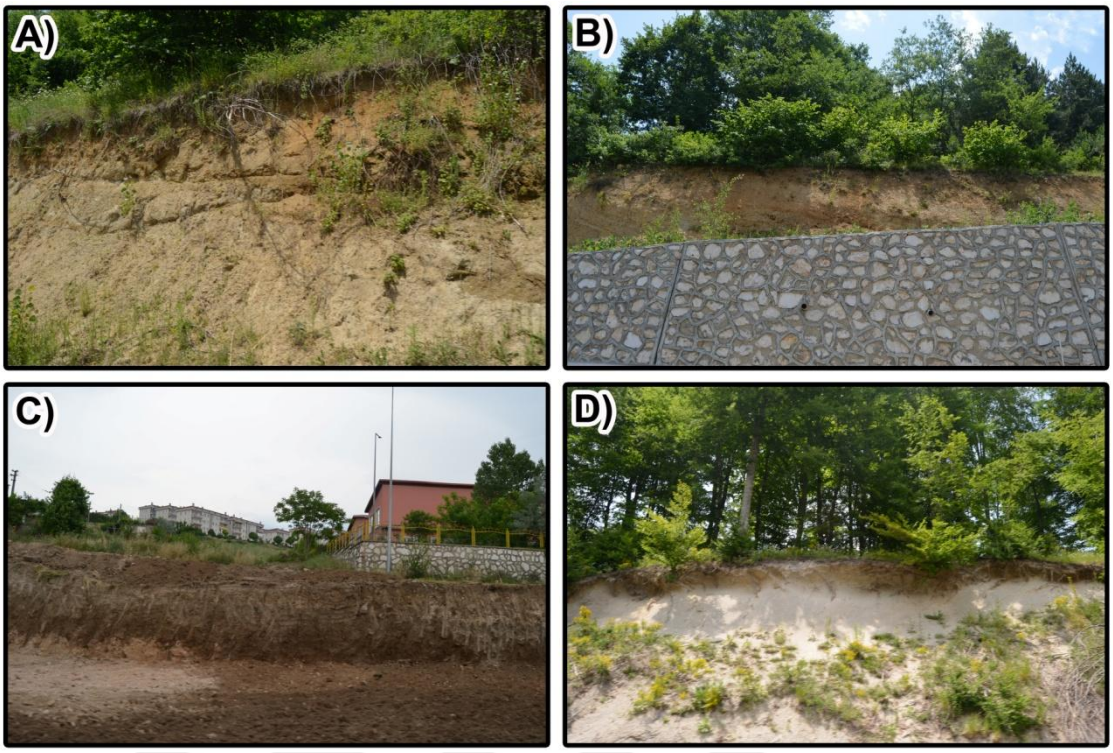
İntrazonal topraklar, kayaç ve jeomorfolojik koşullara bağlı olarak gelişen toprak türleridir (Atalay, 2006: 427). İnceleme sahasında intrazonal toprak grubu içerisine giren hidromorfik topraklar Koca Dere ve Kalburt Dere'nin Göksu Çayı'na bağlandığı ve günümüzde Boğazköy Barajının olduğu sahalarda oldukça dar alanlı (0,33 km^2) olarak görülmektedir. Bu

topraklar, Boğazköy barajının ve bu alandaki akarsuların taşkın yataklarındaki sahalarda daha çok görülmektedir. Kalsimorfik toprak türü olan Rendzinalar, hafif eğimli olan topografik yüzeyde killi kireçtaşı ve marn birimleri üzerinde görülmektedir (Atalay, 2006: 437). Göksu Çayı Havzası'nda rendzinalar farklı alanlarda dağılmış olarak görülür ve oldukça dar saha kaplamaktadır (3,16 km^2). Aksu Dere'nin kaynak kısmına yakın Delielmacık (Bozüyük) köyünün güneyinde, Avdan Dağları'nda Reşadiye-Mecidiye (Yenişehir) arasında parçalı olarak görülmektedir. Daha çok killi kireçtaşı litoloji üzerinde gelişen rendzina toprakları taşlı ve bünyesinde kil barındırmaktadır. Yükselti şartları ve eğim nedeniyle tarım arazisi olarak kullanılmamaktadır.

1.5.3. Azonal Topraklar

Göksu Çayı Havzası'nda, azonal topraklar ova tabanlarında ve akarsuların birikim sahlarında görülmektedir. Azonal topraklardan, alüvyal topraklar havzanın % 15'ni ve kolüvyal topraklar % 3,1'ini kaplamaktadır. Alüvyal topraklar, akarsuların biriktirdiği ince boyutlu malzemelerden oluşan topraklar iken, kolüvyal topraklar dağların eğimin azaldığı yamaçlarında suların taşıdığı çakıl ve kum depolarından oluşan topraklardır (Atalay, 2006: 448-450).

İnceleme sahasında Yenişehir ve İnegöl ovaları oldukça geniş alan kaplayan ve kalınlıkları fazla olan alüvyal toprakları oluşturur (Fotoğraf 24). Bu sahaların dışında Terziler-İncirli arasındaki Göksu Çayı vadisinde, havzanın kuzeydoğusunda Düzmeşe civarında, Göksu Çayı-Sakarya Nehri bağlantı sahasında, havzanın doğusunda Kendirli civarında, batıda Bursa-Yenişehir eşiği Erdoğan'da, havzanın kuzeybatısında Nüzhetiye-Gölcük-Fethiye-Burcun arasında ve Aksu Dere vadisinde alüvyal topraklara rastlanılmaktadır. Yenişehir ve İnegöl ovalarındaki alüvyal toprakların hafif alkali olduğu tespit edilmiştir (pH değeri 7,1-8,0 arasında). Toprakların tuz, potasyum ve azot değerlerinin düşük olduğu saptanmıştır. Toprak kalınlığı yer yer değişmekte verimi oldukça yüksek özellik göstermektedir. Toprak kalınlığı 2 metreyi bulmakta daha sonra kil kum ve çakıllı seriler gözlemlenmektedir. Toprağın verimli yapısı ve su kaynaklarının bolluğu geçmişten günümüze İnegöl ve Yenişehir ovalarının tarımsal faaliyetlerle yoğun şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Ancak ovanın günümüzde plansız su kullanımına uğraması alkalilik seviyesini yükselmiştir. İnegöl Ovası'nda ise antropojenik faaliyetler sonucu su ve toprağa karışan inorganik maddeler toprak bünyelerinde değişime neden olmuştur. Bu durumun en belirgin örneği ise İnegöl Ovası'nda verimli olan topraklarda kirliliklere neden olmasıdır (Menteşe, 2015: 127).



Fotoğraf 24: A) Gündüzlü ve B) Tahtaköprü mahallesi yakınlarındaki kahverengi orman toprakları, C) İnegöl Ovası'nda alüvyal topraklar, D) Domaniç Dağlarında (İnegöl-Domaniç D-595 karayolu) kireçsiz kahverengi orman toprakları

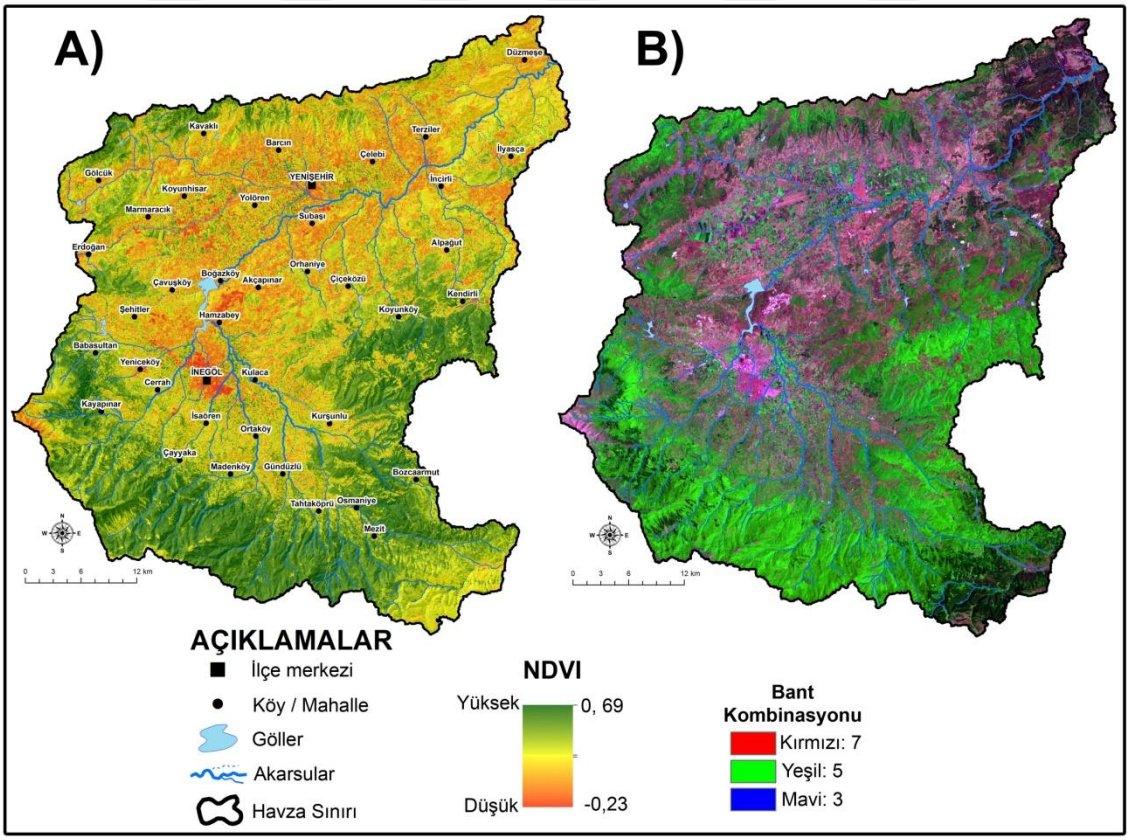
Kolüvyal topraklar, İnegöl ve Yenişehir ovalarını sınırlandıran yamaçlarda dağılış gösterir. Özellikle İnegöl Ovası'nın güneyi ile Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki sahalarda yamaçlardan itibaren eğimin azaldığı sahaya kadar görülebilmektedir. Uludağ eteklerinde ise daha çok yamaç molozları şeklinde depolanmaktadır. Kolüvyal topraklar birçok sahada alüvyal topraklara geçişi sağlamaktadır. Bu toprak türü suların aşındırdığı ve taşıdığı malzemelerin özelliklerine göre şekillenebilmekte ve bu nedenle sık sık renk ve malzeme ebadında değişimler görülmektedir. Bu topraklarda, pedojenezin başladığını gösteren yarı olgun toprak profilleri de gözlemlenir ve genellikle kumlu-çakıllı olup fizyolojik derinlikleri fazladır. Kolüvyal topraklar tarım alanları ve otlak mera alanları olarak karmaşık bir kullanıma sahiptir. Ancak bu sahaların kullanımını belirleyen temel faktör jeomorfolojik durum ve eğim özellikleridir. Bu nedenle Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki sahalarda eğimin düşük olması kolüvyal toprakların tarımsal faaliyetlerde kullanılmasını sağlamıştır. İnegöl Ovası'nın çevresindeki kolüvyal topraklarda bu durum daha az gözlemlenmektedir.

1.6. Doğal Bitki Örtüsü Özellikleri

Göksu Çayı Havzası, doğal bitki örtüsü açısından Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan floristik bölgelerinin kesişim sahasında bulunmaktadır. Ancak havzanın neredeyse tamamı Avrupa-Sibirya floristik sınırları içerisinde yer alır. Belirtilen floristik alanın en batı

sınıra yakın olan inceleme alanı öksin alt flora kapsamına girmektedir (Güngördü, 1985: 78). Göksu Çayı Havzası'nda orman formasyonu floristik bölge ile ilişkili olarak doğal bitki örtüsü türleri açısından geniş alan kaplamaktadır. Havzanın jeomorfolojik özelliklerine bağlı olarak değişen klimatik şartları ise sahada bitki formasyonlarının dağılışını etkilemiştir. Havzanın 2020 yılı Landsat OLI uydu görüntüsü üzerinden yapılan bant kombinasyonları (7, 5, 3,) ve NDVI analizi doğal bitki örtüsünün havzanın güney kesiminde belirgin bir kuşak halinde yoğunlaştığını göstermektedir (Şekil 50). NDVI analizinde en yüksek değerin 0,69 olarak hesaplanması, bitki yoğunluğunun bazı alanlarda oldukça fazla olduğunu göstermektedir.

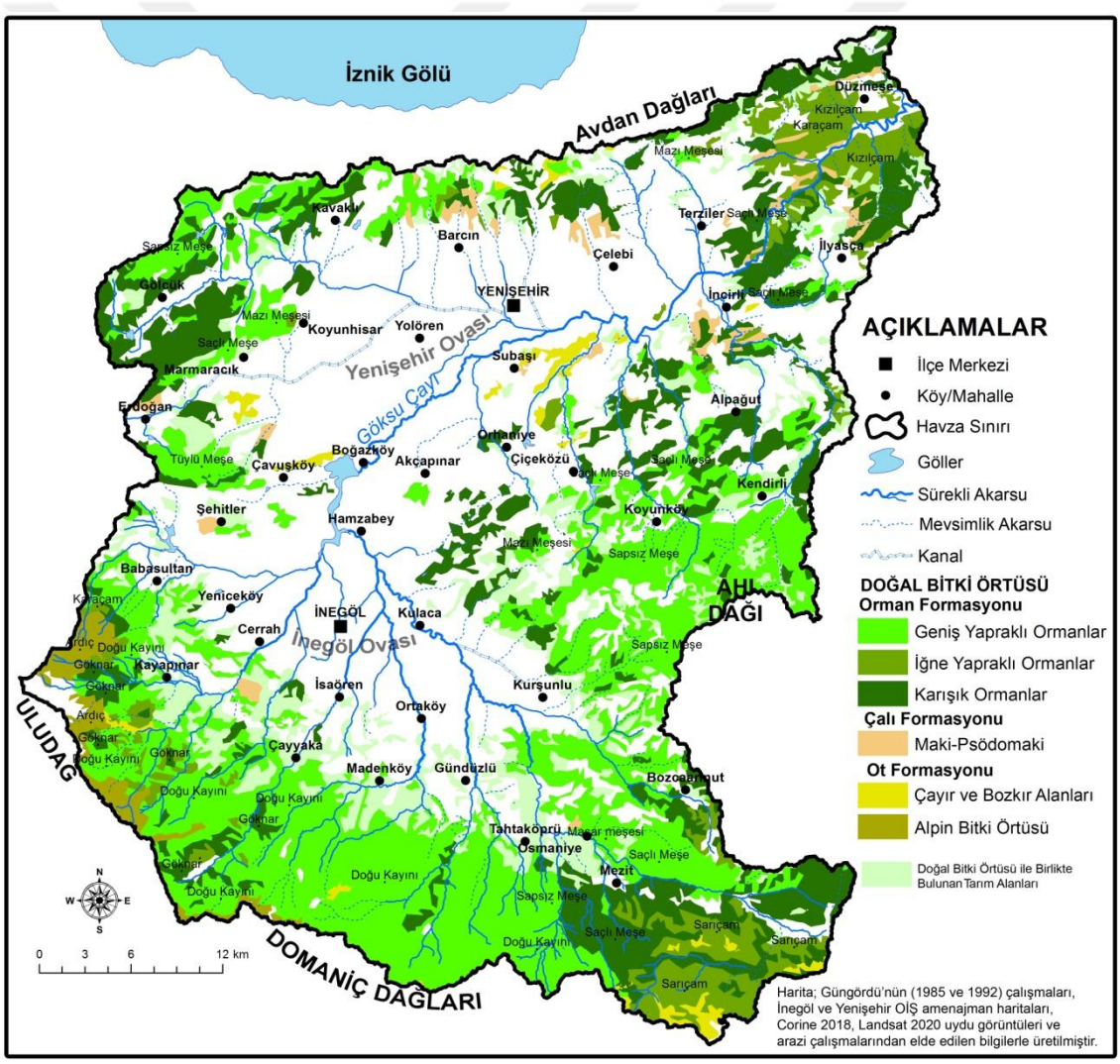
İnceleme sahasında doğal bitki örtüsünü topluluklarını orman, çalı ve ot formasyonları oluşturmaktadır. Mevcut bitki topluluklarının % 92'sini orman, % 3'ünü maki ve % 5'ini ot formasyonu teşkil eder. Orman formasyonu Göksu Çayı Havzası'nın % 42'sini oluşturmaktadır. Bitki toplulukları daha çok havzanın çerçevesini oluşturan plato ve dağlık alanlarda yoğunlaşır. Ova tabanları tamamen tarım ve yerleşme alanı olduğu için doğal bitki örtüsü antropojenik etkiye maruz kalmıştır. Göksu Çayı Havzası'nın jeomorfolojik, klimatolojik ve hidrografik çeşitliliği bitki örtüsünün zengin olmasına ve Uludağ'ın bazı noktalarında endemik türlerin mevcut olmasına sebebiyet vermiştir. Çalışma sahasında 600'e yakın farklı bitki türünün bulunduğu ve Uludağ kesiminde 11 endemik bitki türünün olduğu tespit edilmiştir.



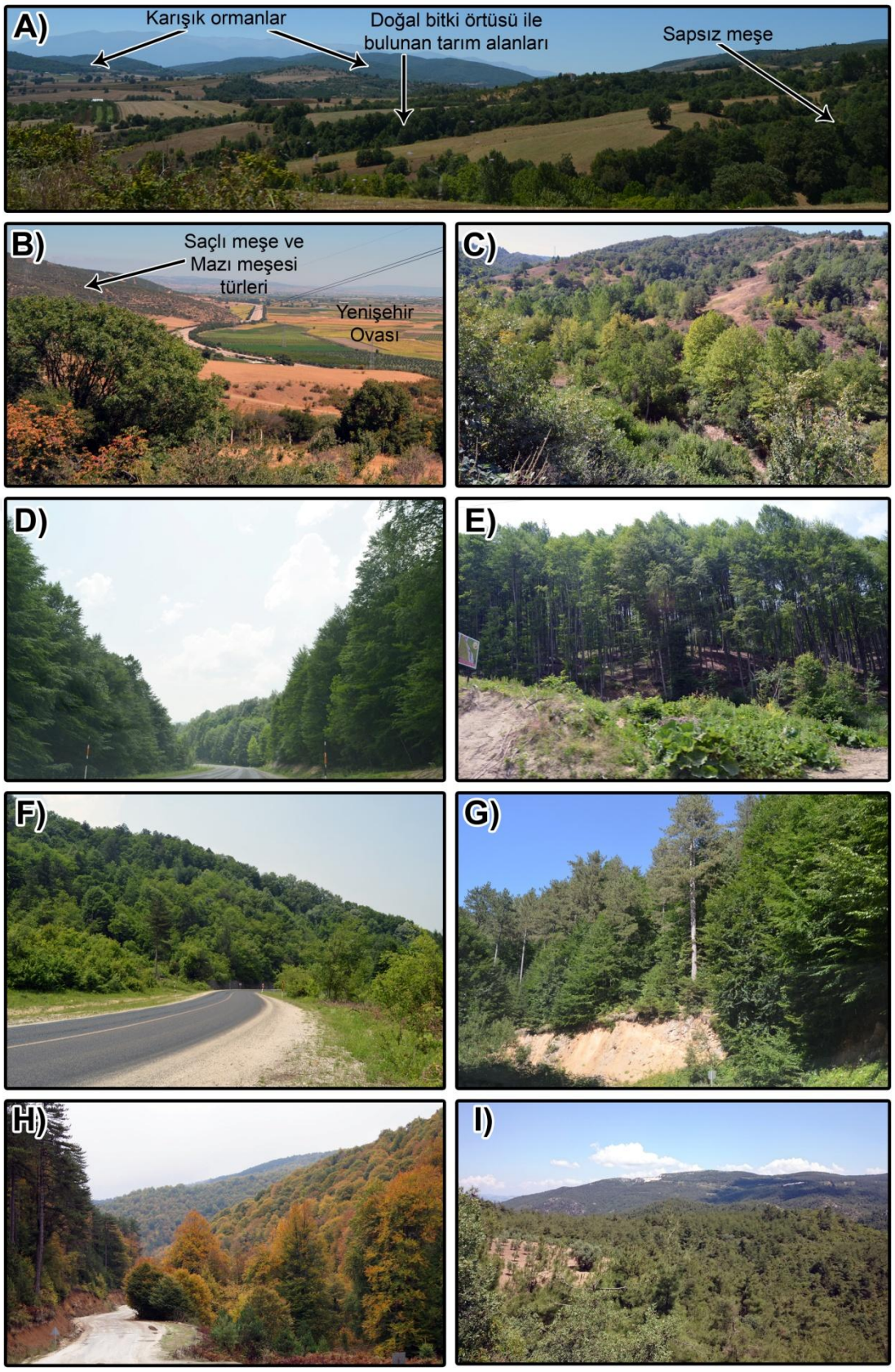
Şekil 51: Göksu Çayı Havzası'nın A) NDVI haritası ve B) Bant kombinasyonları orman arazisi için sınıflandırılmış 2020 yılı Landsat uydu görüntüsü

1.6.1. Orman Formasyonu

İnceleme sahasında orman formasyonlarını, geniş yapraklı, iğne yapraklı ve karışık ormanlar oluşturmaktadır. Genel olarak havzanın kuzeyinde kuru ormanlar güneyinde ise nemli ormanlar daha yaygındır. Özellikle yükseltinin artmasına bağlı olarak yağışın fazlalaşması, bakı şartlarının etkisi ile Uludağ ve Domaniç Dağlarında kuşak halinde nemli ormanlar yer alır (Güngördü, 1985: 78). Bu alanda geniş yapraklı ormanlar, kuşağın temelini oluştururken parçalar halinde karışık ormanlara rastlanılır (Şekil 52). Geniş yapraklı ormanlar; Uludağ ve Domaniç Dağları'nda, havzanın kuzeyinde Avdan Dağları, batıdaki plato sahaları ve doğuda Ahı Dağı'nda görülmektedir. Geniş yapraklı ormanları; doğu kayını (Fagus orientalis), sapsız meşe (Quercus petrea), mazı meşesi (Quercus infectoria) macar meşesi (Quercus frainetto), saçlı meşe (Quercus cerris), tüylü meşe (Quercus pubescens) ve kestane (Castanea) oluşturmaktadır.



Şekil 52: Göksu Çayı Havzası'nın doğal bitki örtüsü dağılışı haritası



Fotoğraf 25: Havzadaki doğal bitki örtüsü örnekleri A) Havzanın kuzeybatısındaki karışık ormanlar ve meşe türleri B) Yenişehir Ovası kuzeyinde yer alan meşe türleri C) Havzanın güneyindeki nemcil türler D) ve E) Domaniç Dağları'nda kayın formasyonu F), G) ve H) Havza güneyindeki geniş yapraklı ormanlar kuşağı I) Havza kuzeydoğusundaki karaçamlar

İnceleme sahasında iğne yapraklı ormanlar havzanın kuzeydoğusunda Göksu Çayı çevresindeki yüksek sahalarda, güneydoğuda Domaniç Dağları'nda, güneybatıda Uludağ eteklerinde görülür (Fotoğraf 25). Havzadaki iğne yapraklı ormanları; kızılçam (Pinus brutia), karaçam (Pinus nigra), sarıçam (Pinus sylvestris), göknar (Abies borrn mulleria), gürgen (Carpinus betulus) oluşturmaktadır. Karışık ormanlar havzanın birçok yerinde yoğunlaşmıştır ve genel olarak bitki türlerinin değişim alanlarını oluşturur. Meşe, kayın, gürgen ve çam türleri arasında geçiş özelliği gösteren ormanlar sıcaklık ve nemlilik durumuna göre havzada çeşitlilik arz etmektedir.

Havzada bitki örtüsü kademeler halinde yükseltiye bağlı olarak değişmektedir. Bu durumun en belirgin örneği Uludağ yamaçlarında görülür. Ayrıca Uludağ'da görülen 33 endemik bitki türünden 11 tanesi havza sınırları içerisinde yetişir. Nem isteği yüksek olan Sığırgözü (Telekia speciosa) bitkisi Karadeniz bölgesi dışında sadece Uludağ kesiminde yetişmektedir (Erdoğan, 2019: 34). Uludağ yamaçlarında 500 m'den itibaren parçalı olarak nemcil orman topluluğu kestane ve sapsız meşe ile devam ettikten sonra 800 m'den itibaren doğu kayını bir kuşak halinde bitki örtüsünü meydana getirir (Güngördü, 1992: 131). Doğu kayını 1500 m seviyesine kadar devam ederken bu seviyeden sonra göknar, bazı alanlarda karaçam türleriyle birlikte yer yer karışık ormanlar ve iğne yapraklı ormanlar kuşağına geçilir. İğne yapraklı ormanlar 2100 m seviyesine kadar görülür daha sonra orman üst sınırı seviyesine gelindiği için cüce ardıç alpin çayırlarını meydana getirir. Domaniç dağlarında 500-600 m seviyesinden başlayan doğu kayını topluluğu kesintisiz bir kuşak halinde görülür. Bedre Dere ve Alaçam Dere vadisinde göknar ve başka türlerle karışık orman türleri yer yer gözlemlenir. Domaniç Dağları'nın doğusunda ise önce meşe türleri ile karışık ormanlar kuşağına geçilir daha doğuya doğru 1500 m seviyesinde sarıçam ormanları hakim türleri oluşturmaktadır. Ahı Dağı'nda 600 m seviyesinden itibaren karışık ormanlar meşe türleri ile yer almaktadır. Daha yükseklerde ise geniş yapraklı türler hakim olur ve esas bitki türünü sapsız meşe oluşturmaktadır. Havzanın kuzeybatısında karışık ormanlar ve geniş yapraklı ormanlar yer alır. Bu sahada sapsız meşe, mazı meşesi ve saçlı meşe türleri görülür. Avdan Dağları'nda karışık ormanlar görülmekte ve güney yönlü bakı etkisi nedeniyle hakim türü kuru ormanlar özellikle mazı meşesi oluşturmaktadır. Havzanın kuzeydoğusunda Düzmeşe-İncirli arasında iğne yapraklı türler 200-300 m seviyesinden sonra hakim bitki topluluğunu oluşturur. Bu alanda kızılçam ve karaçam ağaçları yetişmektedir.

1.6.2. Çalı Formasyonu

Göksu Çayı Havzası'nda çalı formasyonları çok dar alanda gözlemlenir. Özellikle klimatik şartlar ve topografik koşullar maki ve psödomaki türlerinin havzanın güney yönlü yamaçlarında ve kuzey kesiminde yoğunlaşmasını sağlamıştır. Maki türlerine Yenişehir'in

kuzeyinde ve Subaşı-Düzmeşe arasında Göksu Çayı vadisinde rastlanılmaktadır. Bu sahalarında dışında çok nadir ve dar alanlı olarak havzanın batısında (Erdoğan-Şehitler arası) ve güneyinde rastlanılabilmektedir. Maki türlerini akçakesme (Phillyrea latifolia), menengiç (Pistacia terebinthus), (delice (Oleaoleaster), kocayemiş (Arbutusunedo), defne (Laurisnobilis) ve tespih (Styraxofl ficinalis) türleri oluşturmaktadır. Maki türleri havzanın kuzeybatısında (İncirli-Düzmeşe arası) kızılçam ormanların tahrip olduğu alanlarda yoğunlaşmıştır. Bu sahalarda maki türleri psödomaki olarak da gözlemlenmektedir.

1.6.3. Ot Formasyonu

İnceleme sahasında ot formasyonları dar alanlı olarak belli kesimlerinde dağılış gösterir. Çavuköy civarında, Marmaracık'ın güneyinde, Çiçeközü-Subaşı arası Kovanlık Dere vadisinde bozkır olarak ot formasyonları gözlemlenmektedir. Havzanın güneydoğusunda Domaniç Dağları'nda 1800 m seviyesinde orman üst sınırından sonra ve Akdere vadisinde alpin-çayırlara rastlanılmaktadır. Uludağ'da 2100-2250 m seviyesinde orman üst sınırından itibaren ise ot formasyonu içerisinde yer alan alpin çayırları yetişir (Çepel, 1978: 24). Bu alanda hakim bitki türünü ise cüce ardıç (Juniperus nana) oluşturmaktadır. Arpakarı Tepe'den başlayan ardıçlar kesintilerle Çukurçayır Tepe'ye kadar görülmektedir. Uludağ zirve düzlüklerinde 2250 m seviyesinden sonra ise klimatik şartların etkisiyle ardıç seyrekleşir ve bitki örtüsü kuşağı bu seviyelerde son bulur.

İKİNCİ BÖLÜM

2. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN BEŞERİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

2.1. Nüfus Özellikleri

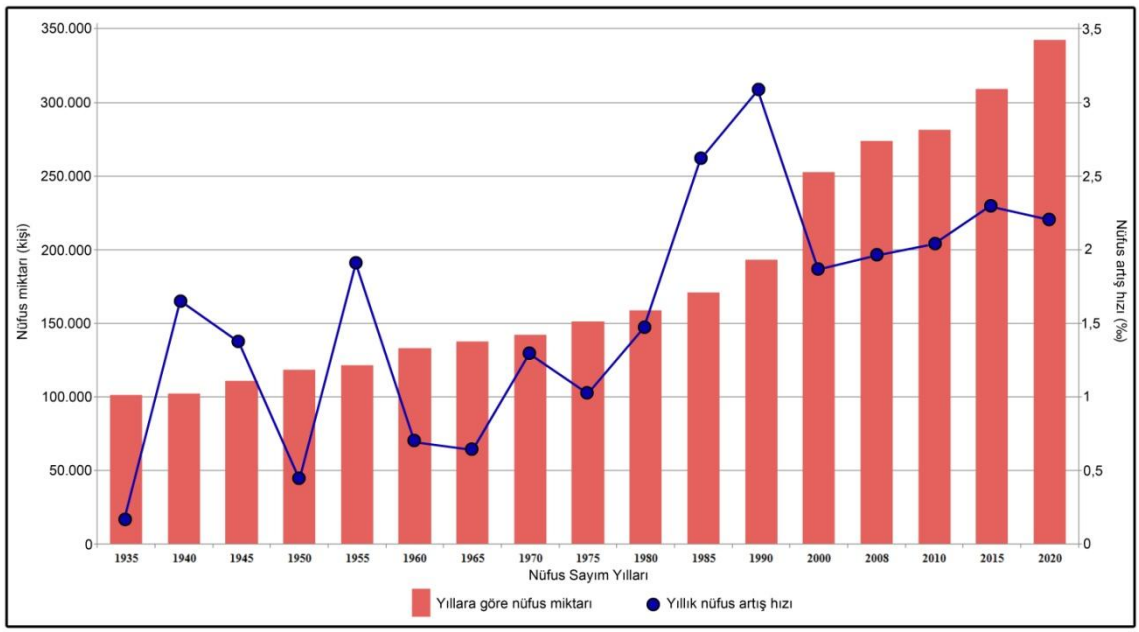
Göksu Çayı Havzası'nın nüfus özelliklerinin tespit edilebilmesi için havza sınırları içerisinde yer alan İnegöl ve Yenişehir ilçelerine bağlı mahallelerin tamamı ile Kestel'e bağlı 10 mahalle, Osmaneli'ye bağlı 4 köy, Bilecik merkez ilçesine bağlı 20 köy, Pazaryeri'ne bağlı 5 köy ve Bozüyük'e bağlı 3 köy yerleşmesinin nüfus verileri üzerinden incelemeler yapılmıştır. 1927 yılı nüfus sayımı verilerinde köy bazlı verilerin olmamasından dolayı havzanın toplam nüfusu, İnegöl (58.720) ve Yenişehir (42.020) ilçelerinin nüfuslarının toplamı üzerinden 100.740 kişi olarak tespit edilmiştir. Nüfus sayımı verileri analiz edildiğinde, 1935 yılında havza nüfusunun 101.394, 1965 yılında 137.506, 1990 yılında ise nüfusun 193.020 kişi olduğu anlaşılmaktadır. Bu tarihten sonra İnegöl'de sanayi tesislerinin artması ve göç alması nedeniyle havza nüfusu hızla artış göstermiştir. Havza sınırları içerisinde 2010 nüfus sayımı verilerine göre 281.084 kişi yaşarken, 2020 yılında 342.631 kişi yaşamaktadır (Tablo 16). 2020 yılında havza nüfusunun % 82'si İnegöl ilçesi, % 16'sı Yenişehir ilçesi sınırları içerisinde yaşamaktadır. Havza toplam nüfusunun % 2'sini ise havzada yer alan diğer yerleşim birimleri oluşturmaktadır.

Tablo 16: Göksu Çayı Havzası'nın yıllara göre nüfus miktarı (1935-2020)

Yıl	İnegöl İlçesi	Yenişehir İlçesi	Kestel*	Osmaneli*	Bilecik*	Pazaryeri*	Bozüyük*	Havza Toplamı
1935	53.143	33.814	3.952	1.072	6.770	1.754	889	**101.394**
1940	53.640	35.200	4.067	1.108	5.714	1.778	835	**102.342**
1945	59.435	37.049	4.261	1.226	5.924	1.956	941	**110.792**
1950	62.943	40.697	4.427	1.348	6.213	1.790	1.019	**118.437**
1955	66.222	39.981	4.503	1.428	6.285	1.829	918	**121.166**
1960	74.539	42.778	4.693	1.525	6.332	1.882	1.024	**132.773**
1965	76.908	44.408	5.473	1.569	6.336	1.892	920	**137.506**
1970	80.778	46.284	5.108	1.502	5.790	1.687	793	**141.942**
1975	88.005	48.521	5.092	1.467	5.728	1.653	722	**151.188**
1980	97.812	46.374	5.121	1.433	5.578	1.774	716	**158.808**
1985	106.372	50.111	5.003	1.424	5.318	1.779	658	**170.665**
1990	126.214	52.717	5.252	1.444	5.011	1.856	526	**193.020**
2000	186.558	54.835	4.464	1.205	4.049	1.158	498	**252.767**
2007	208.314	51.227	3.462	1.046	3.174	802	293	**268.318**
2010	221.116	51.514	3.487	958	3.035	710	264	**281.084**
2015	249.091	52.591	3.345	752	2.562	601	226	**309.168**
2020	281.384	54.315	3.334	613	2.227	563	195	**342.631**

*Havza sınırları içerisinde yer alan Kestel ilçesine bağlı 10 mahalle, Bilecik merkez ilçesine bağlı 20 köy, Osmaneli ilçesine bağlı 4 köy, Pazaryeri ilçesine bağlı 5 köy ve Bozüyük ilçesine bağlı 3 köy yerleşmesinin nüfus verileridir. (Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu)

Göksu Çayı Havzası'nda sayım dönemleri arasındaki nüfus artış hızı verileri incelendiğinde; en yüksek artışın 1960 (% 9,57), 1990 (% 13,09) ve 2000 (% 15,45) yıllarında olduğu tespit edilmiştir. Nüfus sayımı verileri üzerinden yıllık nüfus artış hızı hesaplandığında en yüksek değerlerin 1990'da % 2,61, 2000 yılında % 3,09 ve 2018 yılında ise % 3,45 olduğu saptanmıştır. Havzada, 2020 yılı verilerine göre yıllık nüfus artış hızı % 2,21'dir. 1927-2020 yılları arasındaki tüm nüfus sayımı verilerinin ortalamasına göre havzada yıllık nüfus artış hızı % 2,01'dir. Son 20 yılın ortalama verileri üzerinden yıllık nüfus artış hızı ise % 1,5 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilerden, havzanın nüfus artış hızının 1990-2007 yılları arasında göçle birlikte çok hızlı artığı, son yıllarda nüfus artış hızında düşüş olsa da nüfusun artma eğiliminin devam ettiği anlaşılmaktadır (Şekil 53).



Şekil 53: Yıllara göre Göksu Çayı Havzası'nın nüfus miktarı ve nüfus artış hızı

Göksu Çayı Havzası'nın 1935 yılında kır nüfusu % 80 iken şehir nüfusu % 20'dir. 2020 nüfus sayımı verilerine göre havzadaki kırsal nüfus oranı % 22, şehir nüfusu % 78 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen verilerden havzada 1935 nüfus sayımından itibaren şehir nüfusunun daima arttığı ve 2000 yılında ilk defa şehir nüfusunun kır nüfusunu geçtiği anlaşılmaktadır. 2012 yılından itibaren ise yapılan yasal değişiklikle TÜİK nüfus sayım verilerinde şehir nüfusu oranının toplam nüfus oranının neredeyse tamamını karşıladığı tespit edilmiştir (Şehir nüfusu % 99, kırsal nüfus % 1). Bu durumun oluşmasında, ülkemizde 12.11.2012 tarihinde kabul edilen 6360 No.lu Büyükşehir Belediyesi Kanununun birinci maddesinin Bursa Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde uygulanması etkili olmuştur. Bundan dolayı Bursa Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde yer alan İnegöl, Yenişehir ve Kestel'e bağlı köyler mahalle statüsü alarak şehir nüfusuna eklenmiştir. Coğrafi açıdan şehir-kır nüfusunun hesaplanmasında ise İnegöl ilçe merkezini oluşturan 21 mahalle ile Yenişehir ilçe

merkezini oluşturan 11 mahallenin nüfusları temel alınmıştır. Bu bakımdan 2020 yılı verilerine göre havzada 77.554 kişi kırsal alanlarda, 265.077 kişi ise şehirde yaşamaktadır (Tablo 17).

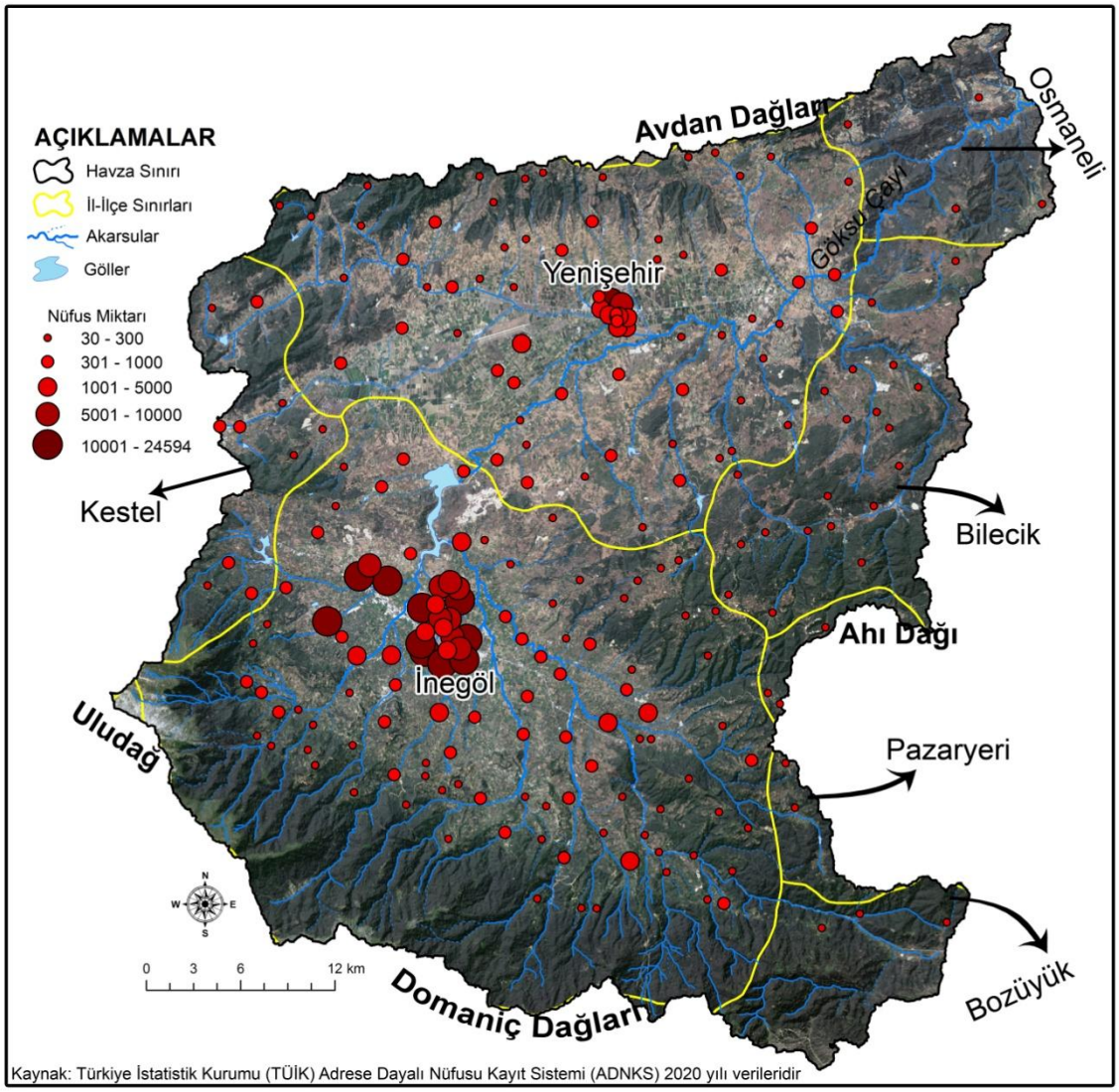
Tablo 17: Göksu Çayı Havzası'nda kır ve şehir nüfusu gelişimi (1935-2020)

Yıl	Kırsal Nüfus Miktarı	Şehir Nüfus Miktarı	Kırsal Nüfus Oranı (%)	Şehir Nüfus Oranı (%)	Yıl	Kırsal Nüfus Miktarı	Şehir Nüfus Miktarı	Kırsal Nüfus Oranı (%)	Şehir Nüfus Oranı (%)
1935	81.212	20.182	80	20	**1980**	98.383	60.425	62	38
1940	81.662	20.680	80	20	**1985**	97.192	73.473	57	43
1945	88.370	22.422	80	20	**1990**	100.690	92.330	52	48
1950	93.775	24.662	79	21	**2000**	120.740	132.027	48	52
1955	92.969	28.197	77	23	**2007**	109.416	158.902	41	59
1960	96.736	36.037	73	27	**2010**	83.471	197.613	30	70
1965	98.377	39.129	72	28	**2015**	71.390	237.778	23	77
1970	95.749	46.393	67	33	**2020**	77.554	265.077	22	78
1975	96.384	54.804	64	36					

Kaynak: TÜİK

Göksu Çayı Havzası'nda nüfusun aritmetik yoğunluğu incelendiğinde km^2'ye İnegöl'de 266, Yenişehir'de 78, Kestel'de 26, Pazaryeri'nde 12, Bilecik merkez ilçede 9, Osmaneli'nde 4 ve Bozüyük'te 2 kişi düşmektedir. İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezlerinde nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu görülmektedir (Şekil 54).

Havzada nüfus, İnegöl ve Yenişehir ovaları çevresinde yoğunlaşmış şekilde dağılış göstermektedir. Özellikle İnegöl Ovası, havza toplam nüfusunun % 80'den fazlasının yoğunlaştığı sahayı oluşturur. Nüfus dağılışının bu şekilde oluşmasında iki ovanın tarım açısından oldukça verimli olmasının yanında jeomorfolojik, klimatolojik ve hidrografik koşulların sağladığı elverişli olanaklar ile ana ulaşım güzergahları ve İnegöl'deki sanayi varlığı etkili olmuştur. Havzanın kuzeyinde nüfusu bin kişiyi geçmeyen kırsal alanlar 800 m seviyesine kadar dağılış gösterirken, havzanın güneyinde 1000 m seviyesine kadar çıkan kırsal yerleşmelerde nüfus 1000-1500 kişiye kadar ulaşmaktadır. Havzanın batı ve doğusundaki kırsal yerleşmelerde nüfus oldukça azdır. Havzanın doğu kesiminde 300 kişiye ulaşamayan kırsal yerleşmeler bulunmaktadır. Özellikle havzanın doğusundaki engebeli arazi varlığı, ana ulaşım güzergahından uzaklık ve tarımsal faaliyet için elverişli toprakların azlığı, havza doğusundaki kırsal yerleşmelerde nüfusun oldukça seyrek olmasına neden olmuştur. Havzanın güneyinde yükselti, engebeli rölyef, klimatolojik ve edafik şartlar nedeniyle 1000 m seviyesinden sonra yerleşim ve nüfus varlığı gözlemlenmemektedir (Şekil 54).



Şekil 54: Göksu Çayı Havzası'nda nüfusun dağılışı (2020) (Kaynak TÜİK)

2.2. Yerleşme Özellikleri

Göksu Çayı Havzası, çok eski çağlara kadar giden yerleşim tarihine sahiptir. Havzada en eski yerleşim alanlarını, Cumatepe, Boğazköy, Palangatepe, Kulaca, Çitli, Kurşunlu höyükleri (İnegöl); Şipali, Çardak, Menteşe, Köprühisar, Karasıl, Erinli, Barçın, Söylemiş ve İsli höyükleri (Yenişehir) oluşturur. İnegöl ve Yenişehir ovalarının verimli topraklara sahip olması ve su kaynaklarının varlığı, eski yerleşim yerlerinin oluşmasını sağlayan etmenlerdir. Höyüklerde yapılan arkeolojik kazılardan birçok defa taşkın, deprem ve diğer nedenlerle yıkılan yerleşmelerin tekrar üst üste inşa edildiği ve höyüklerin Neolitik Devir'de geliştiği anlaşılmaktadır (Yüceşahin, 2002:25).

İnceleme sahasını, geçmişten günümüze birçok devlet egemenliği altına almıştır. Bu devletler; Frigyalılar, Lidyalılar, Persler, Makedonyalılar, Bithinyalılar, Romalılar, Bizans İmparatorluğu, Selçuklu ve Osmanlı Devleti'dir. Farklı devirlerde bu devletlerin hakimiyeti

altında bulunan havza sınırları içerisinde sadece Yenişehir (Neopolis) ve İnegöl (Angelacoma) önemli sayılabilecek yerleşim yerlerini oluşturmaktadır. Havza, Osmanlı Devleti'nde Hüdavendigar sancağına bağlı yerleşim yerlerini barındırmıştır. 1923 yılında Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulması ile havzanın esas yerleşim yerlerini oluşturan İnegöl ve Yenişehir, Bursa illerine bağlı ilçe merkezlerini oluşturmuştur.

Havza sınırları içerisinde günümüzde idari olarak ilçe, mahalle ve köy yerleşim birimleri bulunmaktadır (Şekil 55). Geçmişten günümüze değişen kanunlarla birlikte havzanın yerleşme tiplerinde değişiklikler meydana gelmiştir. Havza sınırları içerisindeki şehir yerleşmelerini İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezleri oluşturmaktadır. Ülkemizde, 12.11.2012 tarihinde kabul edilen 6360 No.lu Büyükşehir Belediyesi Kanununun birinci maddesine göre büyükşehir belediyelerinin sınırları ilin mülki sınırı olarak değiştirilmiştir. Yasaya göre, Bursa'ya bağlı ilçelerin mülki sınırları içerisinde bulunan köylerin tüzel kişiliği kaldırılmış, köyler bağlı bulunduğu ilçe sınırlarındaki mahalle idari yapısına dönüşmüştür. Bu nedenle Bursa iline bağlı yerleşim yerlerinde mahalle en küçük yerleşim tipini oluşturmaktadır. Havzanın doğusunda Bilecik ili ve ilçelerine bağlı olan yerleşmeler ise köy statüsündedir.

Havzanın esas yerleşim yerlerini oluşturan ve ilk nüfus sayımından (1927) bu yana ilçe statüsünde bulunan İnegöl ve Yenişehir dışındaki yerleşim yerlerinin idari yapısı yıllar içerisinde değişim göstermiştir. Günümüzde Kestel ilçesine bağlı bulunan 10 mahalle; 2012 yılından önce köy, 1990 yılından önce Bursa merkeze bağlı olan Kestel-Gürsu bucağı içerisindeki köy yerleşmesi konumundaydı. Havzanın doğusundaki Pazaryeri ilçesi 1965 yılından önce Bozüyük'e bağlı Pazarcık bucağı idari yapısında olup bu alana bağlı köyler aynı zamanda Bozüyük ilçesi sınırları içerisindeydi. Günümüzde havza sınırları içerisinde yer alan Bilecik'e bağlı 20 köyden, İlyasca hariç diğer 19 köy Yarhisar-İlyasbey bucağına bağlı olarak Bilecik merkez ilçe içerisindeydi. 2000 yılından sonra bucak yerleşmesi kaldırılarak Göksu Çayı Havzası içerisinde yer alan 20 köy Bilecik merkez ilçesine bağlanmıştır.

Havza sınırları içerisindeki şehir yerleşmesini oluşturan İnegöl ve Yenişehir; nüfus, ekonomik faaliyet ve sosyal-kültürel olanaklar açısından havzanın en gelişmiş alanlarıdır. Her iki yerleşmenin de ilk olarak tarıma dayalı gelişme göstermesi oldukça doğaldır. İnegöl ve Yenişehir ovalarının verimli olması havzadaki yerleşmelerin gelişmelerini etkilemiştir. Ancak İnegöl'de mobilyanın hammadde kaynağı olan ağaçların bolluğu bu sanayi kolunun gelişmesine daha sonra ise kurulan organize sanayi bölgeleri ile havzanın nüfus ve yerleşme açısından en yoğun sahasını oluşturmasını sağlamıştır. Bu gelişim ilçeye yakın olan mahallelerin zamanla şehir merkezine bağlanmasında da etkili olmuştur. Kırsal yerleşmelerde ise nüfus miktarı oldukça az olup ekonomi tamamen tarım ve hayvancılığa dayalıdır.



Şekil 55: Göksu Çayı Havzası'nın idari bölünüş ve yerleşme dağılışı haritası

Havzada yerleşmelerin dağılışını fiziki ve beşeri coğrafya faktörleri birlikte etkilemektedir. Yerleşmelerin havzanın güneyi hariç her yere dağılmış olması, su kaynaklarının dağılışı ve topografik görünümün daha sade olması ile alakalıdır. Özellikle havzanın güneyinde 1000 m yükseltiden sonra yerleşmelerin görülmemesi; eğimin fazla olması, engebelilik, elverişsiz iklim şartları ve yoğun bitki örtüsü ile ilgilidir. Yerleşmelerin İnegöl ve Yenişehir

merkezine yakın olması ise tamamen ova tabanındaki tarımsal faaliyetler, sanayi tesislerinin varlığı ve ulaşım imkanları ile açıklanabilmektedir.

2.3. Ekonomik Coğrafya Özellikleri

2.3.1. Tarım ve Hayvancılık Faaliyetleri

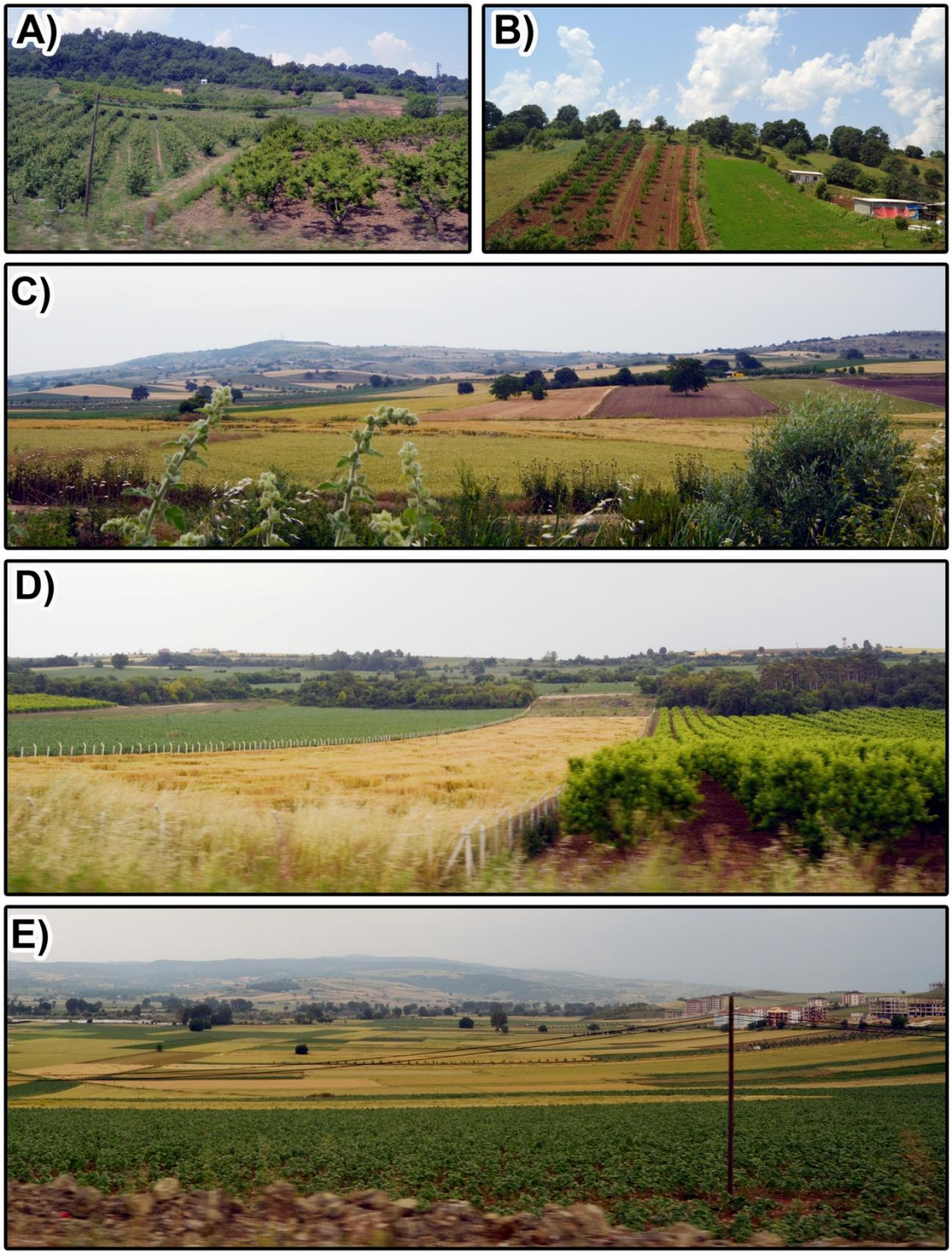
İnceleme sahasında verimli tarım arazisi varlığı, jeomorfolojik, klimatolojik koşulların sağladığı imkanlar ve su varlığının yeterli olması tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapılmasını sağlamıştır. Bu nedenle havzanın şehir merkezleri dışında temel ekonomik kaynağını tarımsal faaliyetler oluşturur. Havzada, İnegöl ve Yenişehir ovaları tarımsal faaliyetlerin geçmişten günümüze temel ekonomik faaliyeti oluşturmasını sağlamıştır (Fotoğraf 26). Bunun yanında yükselti ve klimatik şartların sağladığı olanaklarla havzada hayvancılık ve ormancılık faaliyetleri de yapılmaktadır (Fotoğraf 27).

Tarımsal faaliyetlerin yoğunlaştığı sahalar, Yenişehir Ovası, İnegöl Ovası, havzanın kuzeydoğusu, kuzeybatısı ve güneydoğusundaki ovalık alanlardadır (Fotoğraf 26). Genel olarak havzanın kuzeyinde sulu tarım yapılırken, özellikle İnegöl Ovası'ndan plato sahasına geçen alana doğru kuru tarım faaliyetleri görülür. İnegöl Ovası'nda ve Göksu Çayı Havzası'nın güneyinde; buğday, armut, ceviz, şeftali, ayçiçeği, kiraz, elma, patates ve çilek yetiştirilmektedir. Yenişehir Ovası ve havzanın kuzey kesiminde tahıl ürünleri en geniş alanda yetiştirilen temel tarım ürünüdür (Orhan, 2015: 107). Daha sonra yetiştirilen sebze ürünleri, yağlı tohumlu ürünler, meyveler ve diğer ürünler gelmektedir. En çok yetiştirilen ürünler; buğday, mısır, biber, domates, fasulye, bezelye, patates, şeftali, elma, armut, kiraz ve ayçiçeğidir. Bütün ürünler havzanın kuzey ve güneyinde gıda sanayisin gelişmesine de katkı sağlamıştır. Tarımsal faaliyetler havza yönetimi açısından oldukça önem teşkil etmektedir. Havzada doğal faktörlerin sağladığı imkanlarla geniş alana yayılan tarım arazileri aynı zamanda antropojenik baskılara maruz kalmakta, çevresel kirlilikten etkilenmekte ve belli riskleri barındırmaktadır.

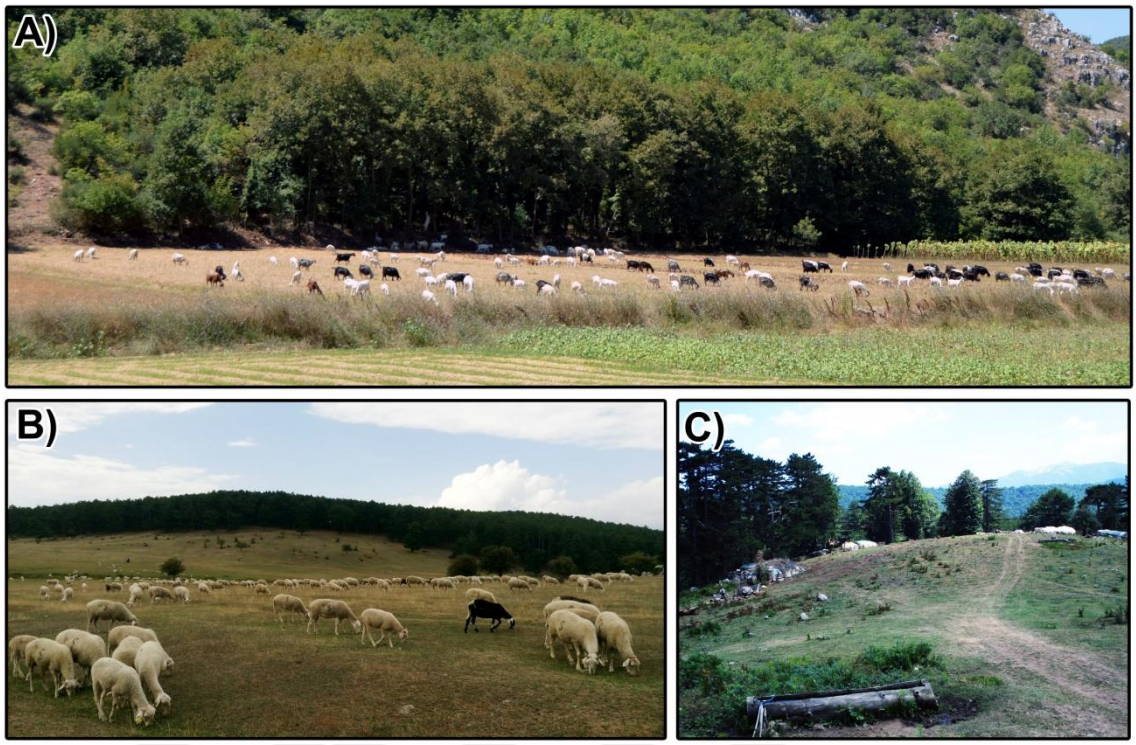
Göksu Çayı Havzası'nda hayvancılık faaliyetlerini küçükbaş, büyükbaş, kümes hayvanları ve arıcılık faaliyetleri meydana getirir. Havza sınırları içerisinde küçükbaş hayvan sayısı 100.000 civarındayken, büyükbaş hayvan sayısı 40.000 civarındadır. Kümes hayvancılığı faaliyetleri ile Domaniç Dağları kesiminde gelişen arıcılıkta diğer bir ekonomik faaliyeti meydana getirir.

Havzanın güney kesimindeki yükselti ile klimatik şartlarının elverişliliği orman varlığının toplam arazinin % 40'ından fazlasını oluşturmasını sağlamıştır. Bu durum havzada ormancılık faaliyetini geliştirmiştir. Özellikle 1900'lü yıllarda başlayan ormancılık 1940'lı

yıllarda mobilya sanayisine hammadde kaynağı olmuş ve günümüzde İnegöl mobilyası doğal ortam faktörlerin sağladığı olanaklar sayesinde marka haline gelmiştir. Günümüzde ormancılık faaliyetleri doğu kayının yaygın olduğu Domaniç Dağları'nda yapılmaktadır.



Fotoğraf 26: Göksu Çayı Havzası'nda farklı ürünlerin yetiştirildiği tarım arazileri A) Gündüzlü ve B) Hacıkara (İnegöl) mahalleleri C) Karacaahmet-Yenişehir D) Subaşı mahallesi Yenişehir Ovası E) Hamzabey (İnegöl) mahallesindeki tarım arazileri



Fotoğraf 27: Göksu Çayı Havzası'nda hayvancılık faaliyetleri A) Havzanın kuzeybatısı B) ve C) Domaniç Dağları

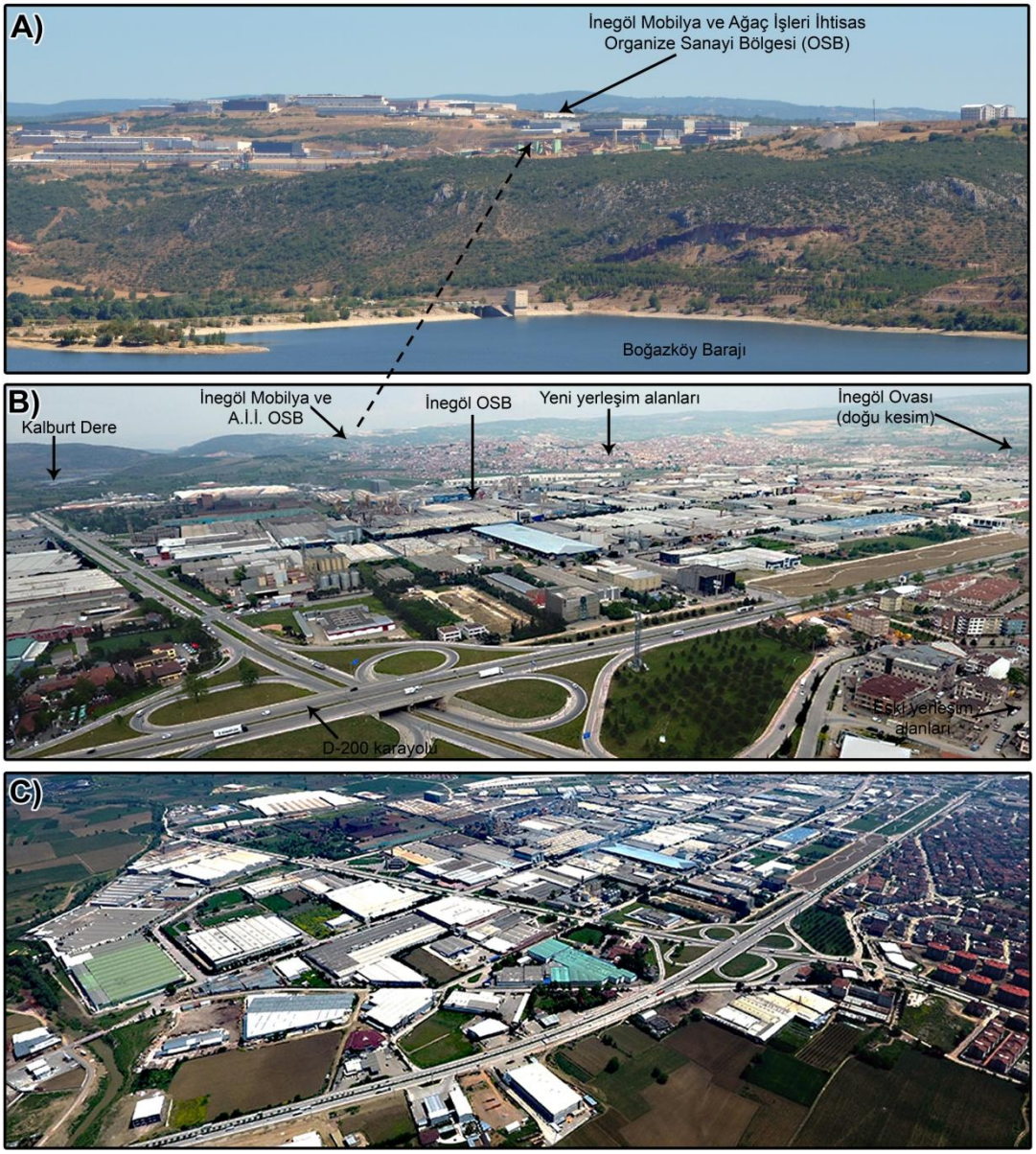
2.3.2. Sanayi ve Ticaret Faaliyetleri

Göksu Çayı Havzası'nda sanayi faaliyetleri havzanın kuzey ve güney kesiminde farklılıklar göstermektedir. İnegöl'de temel ekonomik faaliyetin sanayi olduğu ve bu alanda sanayi tesislerinin varlığının yoğunluğu dikkat çekmektedir. Yenişehir'de temel ekonomik faaliyet tarımdır. Ancak organize sanayi bölgesinin kurulması ile son yıllarda Yenişehir'de belli sanayi kolları gelişmeye başlamıştır.

Göksu Çayı Havzası sınırları içerisinde 4 adet organize sanayi bölgesi (OSB) bulunmaktadır (Şekil 56). Bunlardan 3'ü İnegöl'de 1'i ise Yenişehir'de yer alır. Havzadaki OSB dışında diğer sanayi alanları da mevcuttur (Fotoğraf 28 ve 29). Havzadaki sanayi kolları mobilya, tekstil, orman ürünleri, cam, inşaat ve çimento ile gıda sanayisinde yoğunlaşmıştır. İnegöl'de Mobilya Ağaç İşleri İhtisas Organize Sanayi Bölgesi'nin olması ayrıca havzada hammadde ve diğer faktörlerinin elverişli koşullar sunmasıyla mobilya ve orman ürünleri sanayi tesisi sayısı oldukça fazladır. Tekstil sanayisine ait firma sayısı havzada 29 olup tamamı İnegöl'de yer alır. Yenişehir ve İnegöl'de toplam 4 cam sanayi tesisi bulunurken havzanın kuzey ve güneyinde farklı alanlara hizmet eden gıda sanayisine ait tesislerde bulunmaktadır. Havzada diğer sanayi kollarına ait tesis ve firma sayısı oldukça azdır. Havzada sanayi İnegöl'de yoğunlaşmıştır. İnegöl şehir merkezindeki OSB ve sanayi alanlarının dışında, Yenice OSB,

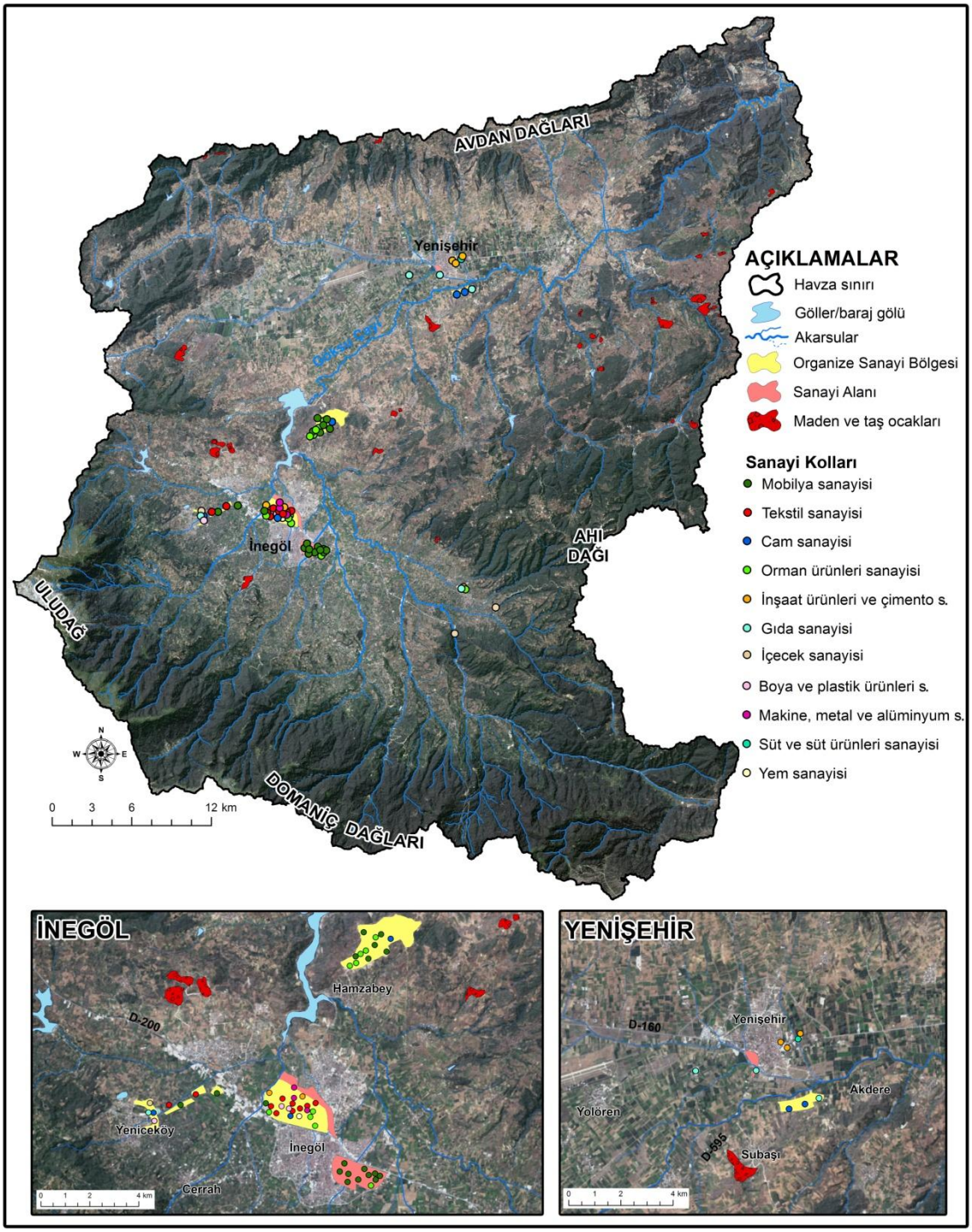
Kınık, Kurşunlu ve Hamzabey kuzeyindeki OSB sanayi tesislerinin yoğunlaştığı alanları oluşturmaktadır. Yenişehir'deki sanayi alanları ise tamamen ilçe merkezinde bulunur.

İnceleme sahasının sanayi açısından en gelişmiş yeri olan İnegöl irili ufaklı birçok sanayi tesisini barındırmaktadır. İnegöl'de ilk organize sanayi bölgesinin temelleri 1970'li yılların sonlarında atılmıştır. Günümüzde, İnegöl organize sanayi bölgesi, İnegöl mobilya ağaç işleri ihtisas organize sanayi bölgesi ve Yenice organize sanayi bölgelerinde 200'e yakın firmaya bağlı tesis bulunmaktadır (Fotoğraf 28). Sanayi tesisleri; tekstil, ağaç ve ağaç ürünleri, mobilya, gıda ürünleri, plastik, cam, ana metal sanayisi, kağıt ürünleri ve diğer sanayi kolları olarak dağılış göstermektedir.

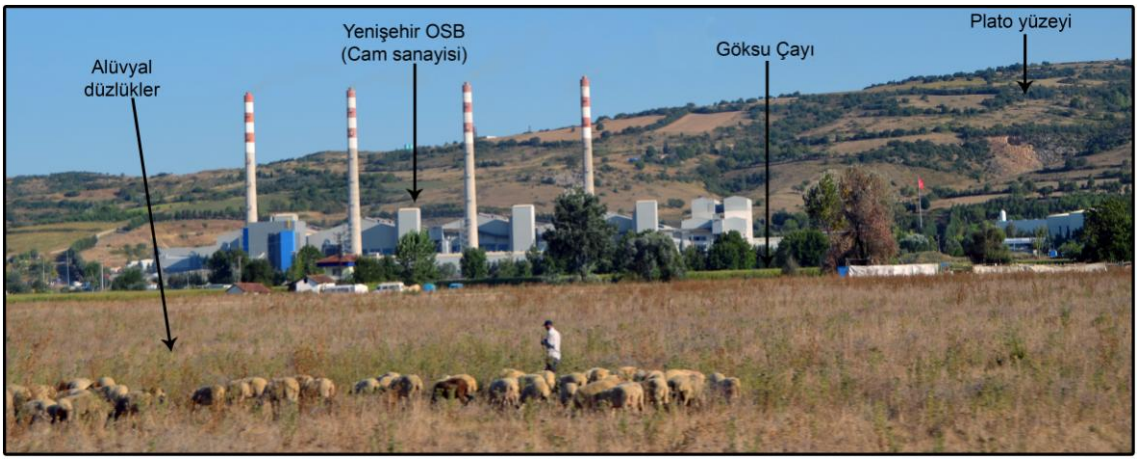


Fotoğraf 28: A) İnegöl Mobilya ve Ağaç İşleri İhtisas OSB, B) ve C) İnegöl OSB (kaynak https://www.inegolosb.org.tr/images/slider/slider.jpg son erişim 23.01.2022)

Yenişehir'de sanayinin temelini cam ambalaj ve düz cam alanında faaliyet gösteren iki fabrika (Yenişehir organize sanayi bölgesinde) oluşturur. Bunun dışında üç un fabrikası, iki sıvı yağ fabrikası, süt ürünleri fabrikası, üç süt ürünleri imalathanesi, bir oto yedek parça üretimi tesisleri diğer sanayi tesislerini oluşturmaktadır (Orhan, 2015: 72). Yenişehir küçük sanayi sitesi ve bu alanda faaliyet gösteren 300'den fazla küçük sanayi ve ticaret işletmesi bulunmaktadır.



Şekil 56: Göksu Çayı Havzası'nda sanayi kollarının dağılışı



Fotoğraf 29: Yenişehir Organize Sanayi Bölgesi (OSB)

Göksu Çayı Havzası'nda ticaretin çoğunluğunu ihracatta gıda ürünleri, mobilya, tekstil ve orman ürünleri oluşturmaktadır (Fotoğraf 30). Özellikle İnegöl, havzanın en önemli sanayi merkezi konumunda olup bu payın büyük bir kısmını teşkil etmektedir. Yenişehir daha çok gıda ürünleri üzerinden ticaret faaliyetinde pay sahibi olmaktadır.



Fotoğraf 30: Mobilya sanayisi için hammadde işleme tesisleri A) Domaniç Dağları B) Kurşunlu

Havzada, Göksu Çayı, Karadere, Kalburt Dere, Bedresu Dere ve Akçasu Dere sanayi tesislerinin atık deşarj alanlarında bulunmaktadır. Özellikle Bedresu Dere ve Kalburt Dere'nin İnegöl OSB'nin atık deşarjını maruz kalması, bu akarsuların Göksu Çayı'na bağlanması ve Yenişehir OSB'nin Göksu Çayı'na 200 m mesafede olması su kirliliği, atık deşarj sorunu, toprak inorganik kirlenmesi ile birçok sorunun oluşmasına neden olmaktadır. Havzanın belli alanlarında yoğunlaşan sanayi tesisleri, dışa deşarjları ile atıkları ve oluşturduğu nüfus yoğunluğu ile havza yönetimindeki önemli bir alanı teşkil eder. Organize sanayi bölgelerinde atıkların havzanın ana akarsu ağına karışması, çevresel kirlilikler oluşturmasını gibi sorunlar, önlem alınması ve gerekli planlamaların yapılması gereken ilk alanları oluşturmaktadır. Ayrıca havzanın büyük çoğunluğunda tarımsal faaliyetlerin olması ve bu alanların sanayi tesislerinin oluşturacağı her türlü etkiye maruz kalması diğer havza yönetimi açısından önemli konuyu oluşturmaktadır.

2.3.3. Turizm Faaliyetleri

Havzada doğal ve beşeri imkanların sağladığı olanaklar çerçevesinde turizm faaliyetleri yapılmaktadır. Havza sınırları içerisindeki turizm destinasyon sahasını daha çok İnegöl ilçesi karşılamaktadır. Doğa turizmi, inanç turizm, termal turizm, kültürel turizm, fuar turizmi havzadaki turizm faaliyet türleridir. İnegöl ilçesi sınırları içerisinde yer alan Oylat kaplıcaları ve bu bölgedeki oteller, Marmara Bölgesi'ndeki önemli termal turizm sahalarından biridir. İnanç ve tarihi-kültürel miras turizm alanlarını İnegöl'de; Kurşunlu Camii, Kilise Camii, Mehmet Bey Camii, Hamidiye Camii, Yıldırım Camii, İshakpaşa külliyesi, Turgutalp türbesi, Baykocabey türbesi, Sungurpaşa türbesi, Hasandede türbesi, Sırnaz türbesi, Karacabey kervansarayı, Osmanlı sıbyan mektebi, Cafer paşa hanı, İnegöl kent müzesi, mobilya ve ağaç müzesi oluşturmaktadır (Erdoğan, 2019: 132). Yenişehir ilçesinde; Sinan paşa külliyesi, Şemaki evi müzesi, Voyvoda Camii, Postumpost Camii, Kumluk Camii, Şehzade Süleyman Paşa türbesi, Yarhisar Camii, Yenişehir saat kulesi oluşturur. Doğal turizm sahalarının başında havza sınırları içerisine giren Uludağ Milli parkı teşkil eder. Bunun dışında Yenişehir sınırları içerisinde Yarhisar şelalesi, Cennet kanyonu, İnegöl sınırları içerisinde; Oylat mağarası, Elmaçayır mağarası, Fevziye kanyonu, Dokuzlar şelalesi, Hacıkara şelalesi, Boğazova yaylası diğer doğal turizm sahalarıdır. Göksu Çayı Havzası sınırları içerisinde turizm faaliyetlerinin Oylat kaplıcalarında yoğunlaştığı ve farklı turizm olanakları ile geliştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

2.3.4. Madencilik ve Enerji Kaynakları

İnceleme sahası sınırları içerisinde MTA tarafından yapılan çalışmalarda belli alanlarda endüstriyel ve metalik maden yatakları tespit edilmiştir. Yenişehir'de Göksucu ve

Eğerci mahalleleri arasında İnegöl'de Mezit civarında mermer yatakları bulunmaktadır. Metalik madenlerden altın, İnegöl'de Sülüklügöl civarında bakır-çinko-kurşun ise yoğun olarak Hayriye ve Saadet Mahalleleri arasında bulunur. Belirtilen alanlarda % 0.1 ile % 0.96 Cu, % 2.16-3.30 Zn arasında değişen tenörlere sahip toplam 263.000 ton rezerv bulunmuştur. Demir, Gölcük (Kestel) ve Akçapınar (Yenişehir) mahalleleri çevresinde cevher halindedir. Antimuan Çayköy Dere'den (Sülüklügöl-İnegöl) itibaren Ahı Dağı'na doğru olan sahada yer alır. Kalsit ve Wolfram ise Sulhiye (İnegöl) mahallesinin kuzeyinde Domaniç Dağları'na doğru cevherleşmiştir. Bunun dışında havzanın bazı yerlerinde kireçtaşı ve tuğla-kiremit alanları endüstriyel hammadde olarak işletilmektedir.

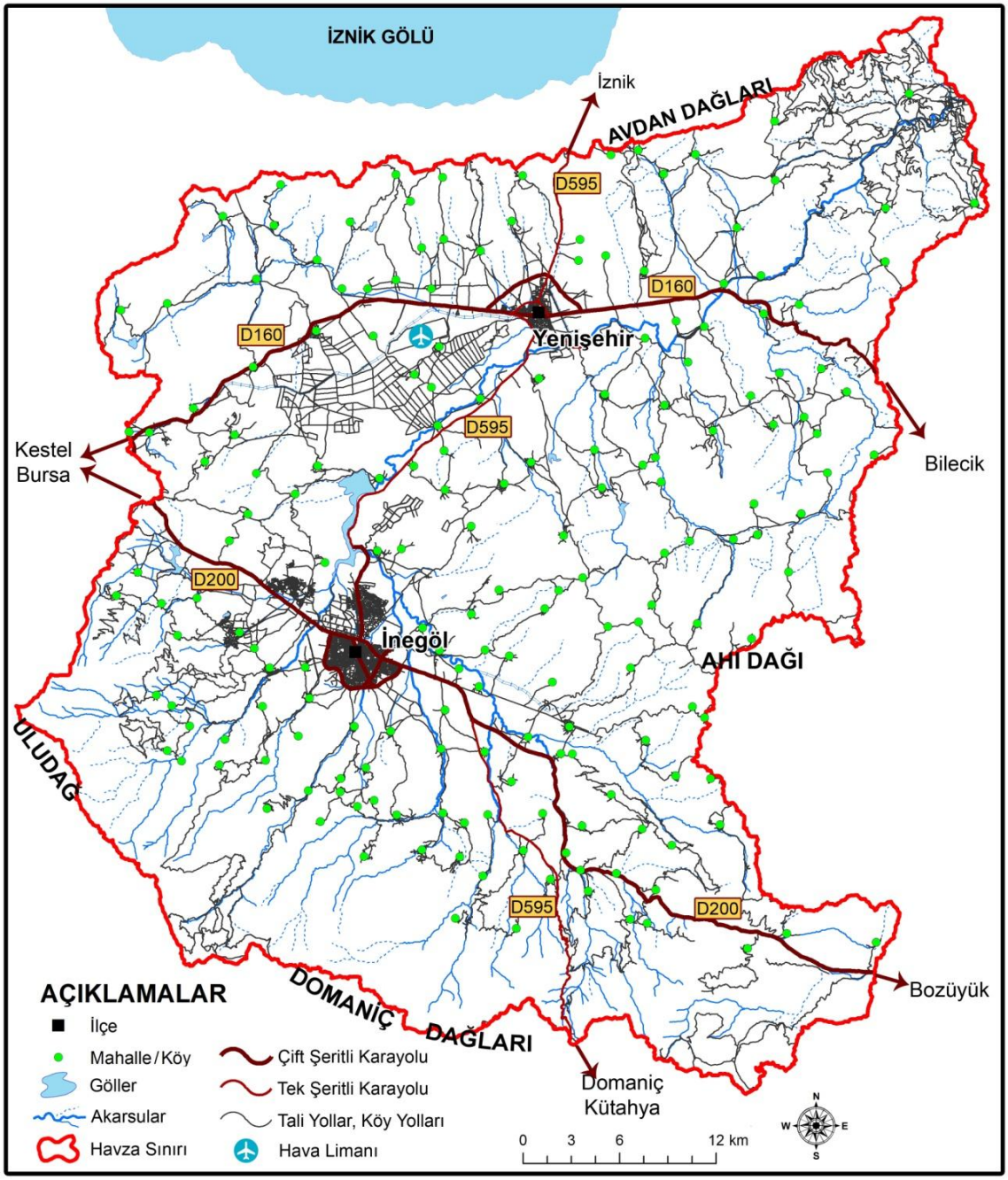
Havzadaki enerji kaynaklarını hidroeletrik, güneş ve jeotermal enerji oluşturmaktadır. Jeotermal enerji Oylat kaplıcalarından sağlanmakta ve sadece bu alandaki tesislerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Hidroeletrik enerjisi ise Göksu Çayı üzerinde kurulu olan Boğazköy barajından elde edilmektedir. Barajın yıllık 20 GWh enerji üretebilecek potansiyeli bulunmaktadır. Cerrah Dere ve Oylat Dere üzerine yapılan HES ile 1,18-1,90 MW, Tüfekçikonak HES ile de 5,18 MW gücünde enerji üretilmektedir (Fotoğraf 31). Güneş enerji santrali, Kestel-Soğuksu'da 28.000 bin panel ile enerji üretmektedir. Bunun dışında İnegöl-Yeniyörük, Yenişehir-Karaköy ile bazı mesken ve tesislerde yerel güneş enerji sistemleri bulunmaktadır.



Fotoğraf 31: Cerrah Dere Hidroelektrik Santrali (HES)

2.4. Ulaşım Özellikleri

Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşullarının belirlediği doğrultular ile beşeri faaliyetlerin yoğunluğuna bağlı olarak ulaşım ağı meydana gelmiştir. Havza içerisinde karayolu en önemli ulaşım ağını oluşturmaktadır (Şekil 57). Bunun dışında Yenişehir Havalimanı, havzadaki hava yolunu teşkil eder. Demiryolu bulunmayan havzada, temelleri atılan ve altyapı çalışmaları süren Bursa-Bilecik hızlı tren hattının 2023 yılında tamamlanmasıyla demiryolu ağı ortaya çıkacaktır.



Şekil 57: Göksu Çayı Havzası'nın ulaşım ağı haritası

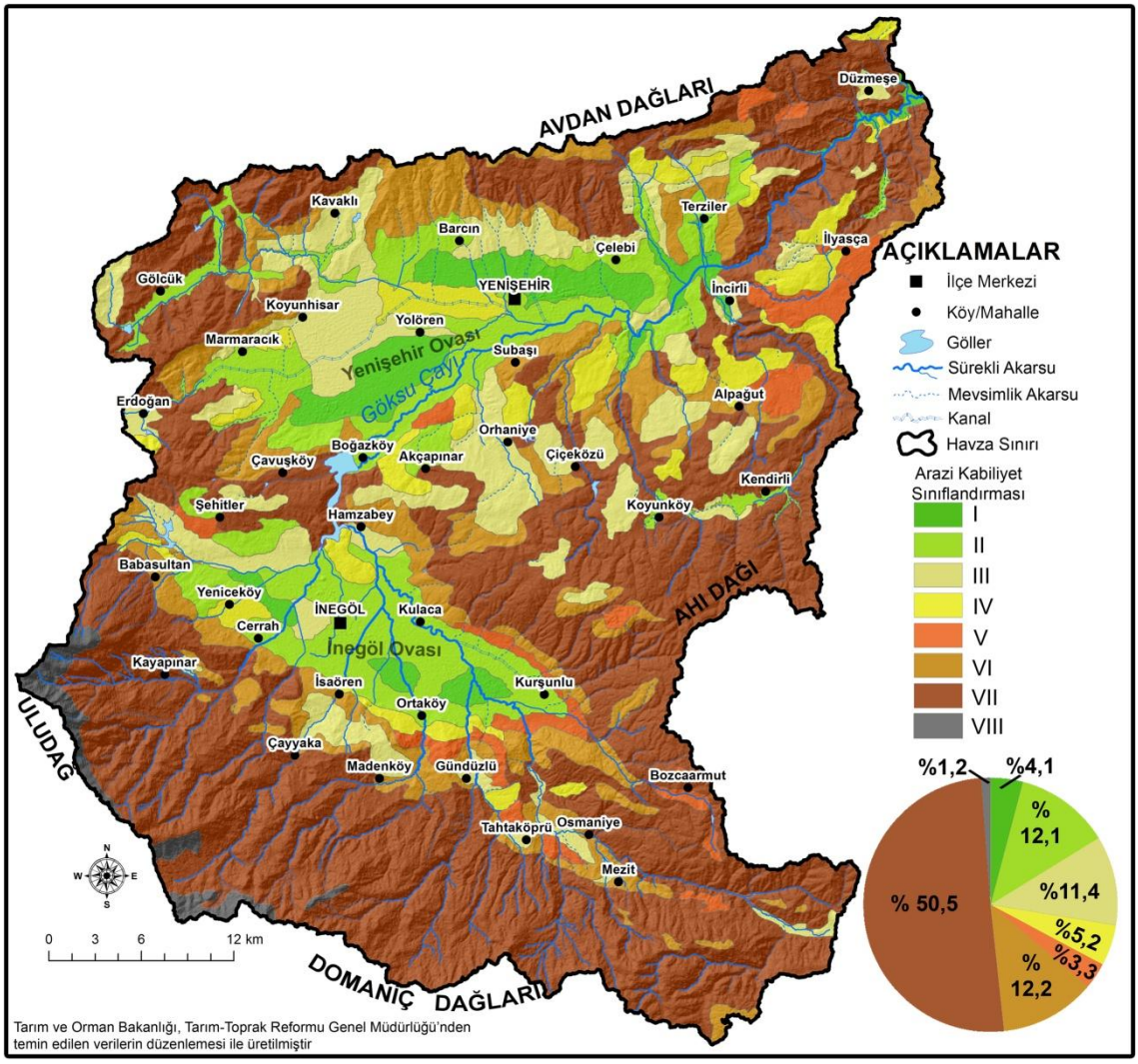
İnceleme sahasında doğu-batı doğrultusunda uzanan D160 ve D200 karayolları ana ulaşım güzergahlarını oluşturur. Havzanın kuzeyinde Yenişehir Ovası'ndan geçen D160 karayolu Yenişehir'i, Kestel üzerinden Bursa'ya bağlarken, doğuda Bilecik'e bağlanmaktadır. Havzanın güneyinde yer alan D200 karayolu, İnegöl'ü, batıda Bursa'ya doğuda Bozüyük'e bağlamaktadır. Bu yol aynı zamanda Bursa'nın Bilecik, Eskişehir ve Ankara'ya karayolu ile bağlanmasını sağlayıp önemli bir ulaşım güzergahını teşkil eder. Jeomorfolojik koşulların, özellikle dağların havzanın kuzeyinde ve güneyinde doğu-batı doğrultusunda uzanması, havzada kuzey-güney yönlü karayolu ulaşımını sınırlandırmıştır. Bu nedenle kuzey-güney yönünde ulaşım D595 karayolu ile sağlanmaktadır. Bu yol İnegöl ve Yenişehir'i birbirine bağlarken kuzeyde Avdan Dağları'ndan geçerek İznik'e, güneyde Domaniç Dağları'ndan geçerek Domaniç'e bağlanmaktadır. Havzadaki diğer yolları ise tali yollar ve köy yolları oluşturmaktadır. Havzanın kuzey ve güneyinde vadileri takip eden yollar, havzanın doğusundaki plato sahasında daha dağınık şekilde ulaşımı yönlendirmektedir. Karayolu ulaşımının jeomorfolojik koşullardan etkilenmesi ve bu doğrultuda yönlenmesi belli alanlarda heyelan ve kaya düşmesi risklerini meydana getirmiştir.

Havza sınırları içerisinde yer alan Yenişehir Havalimanı, 1944 yılında askeri hava alanı olarak kurulmuş daha sonra 2000 yılında yenilenmiş ve 2001 yılında resmi olarak uçuşlara açılmıştır. Yenişehir havalimanı iç hatlar, dış hatlar ve kargo terminalleriyle toplamda 3 adet terminale sahiptir.

2.5. Göksu Çayı Havzası'nın Arazi Kabiliyet Sınıflandırması ve Dağılışı

Arazi kabiliyet (yetenek) sınıflandırması, ABD'de geliştirilen ve dünya genelinde de kullanılan, arazinin belli kriterler çerçevesinde kullanımını esas alan sistematiksel yaklaşımdır. Ülkemizde, İl Özel İdareleri, DSİ ve 2005 yılında çıkarılan 5403 sayılı kanun kapsamında Tarım ve Köy İşleri Başkanlığı tarafından araziler belli kriterlere ayrılarak değerlendirilmektedir (Gündüzoğlu, 2019: 102). Arazi kabiliyet sınıflandırması VIII sınıfa ayrılmakta ve işlenebilir araziler I. ve I'e yakınken kullanılamayan araziler VIII. sınıfa yakındır. I. sınıf araziler, iyi drene olmuş, verimlidir, II. sınıf araziler basit sorunların olabildiği yine de oldukça verimli sahalardır, III. sınıf araziler erozyon, tuzluluk gibi bazı sorunların görüldüğü ve toprak koruma önlemlerin alınması gereken araziler iken IV. sınıf arazilerde büyük sınırlamalar bulunup gerekli önlemlerde işlenebilmektedir. Bu dört sınıf arazi varlığı işlenebilir tarıma uygun arazilerdir. V. sınıf araziler ağaç ve tarımın birlikte sınırlıklarla ypıldığı orman-mera sahaları, VI. sınıf arazilerde eğim yüksek olup otlak sahalarını teşkil ederken VII. sınıf araziler erozyon ve diğer sınırlılıklarla sadece orman arazisidir. VIII. sınıf arazi varlığı ise kullanımı çok zor olan araziler olup genellikle kayalık alanlardır. Son dört arazi kullanım sınıf tarım için uygun değildir.

Havzanın arazi kabiliyet sınıflandırması incelendiğinde I. (100,9 km^2) ve II. (293,2 km^2) sınıf araziler havzanın % 16,2 'sini oluşturmaktadır. İşlenebilir verimli tarım arazilerini meydana getiren bu alanlar özellikle Yenişehir ve İnegöl ovalarında yer almaktadır. Belli önlemlerle tarımsal faaliyete geçirilebilecek olan III. sınıf (279,6 km^2) ve IV. sınıf (127,6 km^2) araziler, İnegöl ve Yenişehir ovalarından plato sahalarında geçiş alanlarında, havzanın doğu ve kuzeyindeki plato alanlarında bulunmaktadır (Şekil 58). Bu sahalarda toprak sığ olup çok verimli değildir ancak eğim değerlerinin düşük olması belli önlemlerde zirai faaliyetlerin yapılmasını sağlamıştır.



Şekil 58: Göksu Çayı Havzası'nın arazi kabiliyet sınıfları dağılış haritası (Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım-Toprak Reformu Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler)

Göksu Çayı Havzası'nda V. sınıf araziler (79,1 km^2) % 3,3'lük alan kaplamaktadır. Bu değer sahip araziler daha çok birikinti koniler ve vadi çevrelerinde yer alır. Havzada tarım ve ormanlık alanlarla karışık olarak kullanılmaktadır. VI. Sınıf araziler havzanın % 12,2 kaplamaktadır (292,2 km^2). Bu araziler fay diklikleri ve plato sahasına geçilen sahalarda ve havzanın doğusundaki flüvyal süreçlerle parçalanmış plato alanında gözlemlenir. VII. sınıf

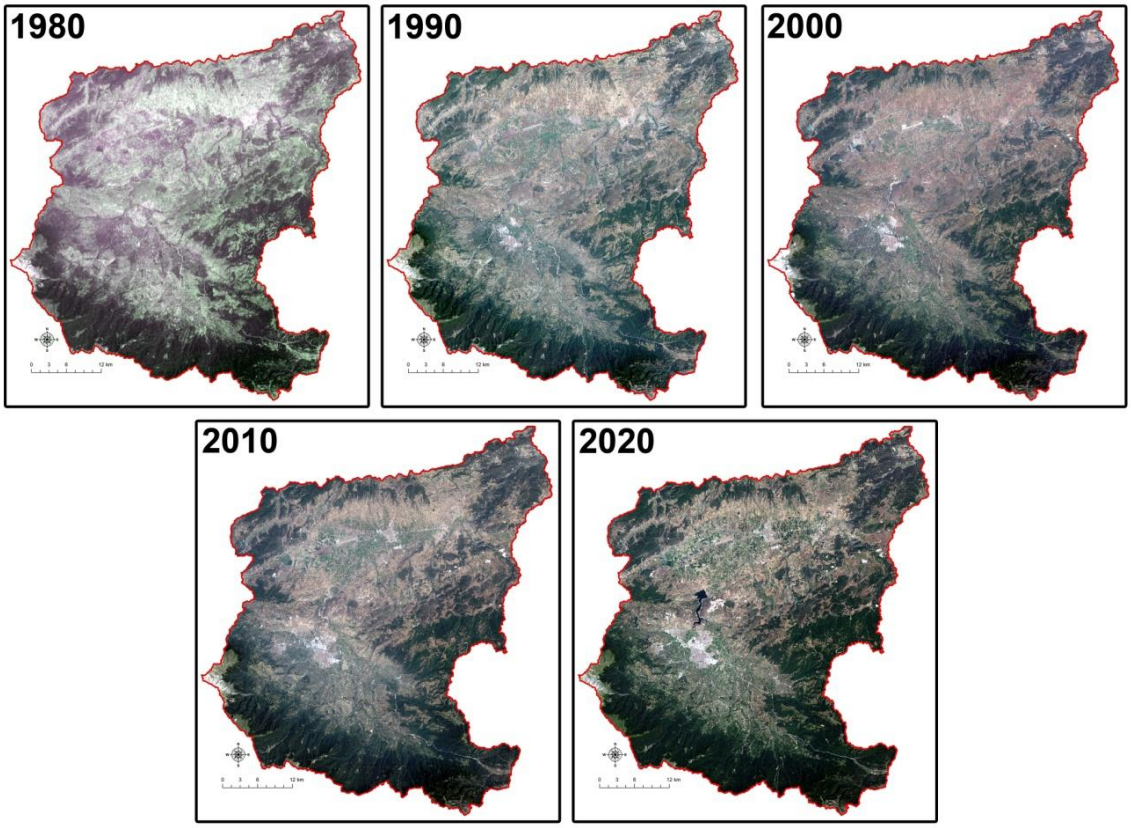
arazilerin toplam havza alanının yarısını (% 50,5) oluşturduğu dikkat çekmektedir. VII. sınıf araziler 1231,7 km^2'lik alan kaplar ve dağılışın büyük bölümü Uludağ ve Domaniç Dağları'nda görülmektedir (Şekil 58). Bu alanların çoğunun orman varlığını teşkil etmesi kullanım açısından doğru bir uygulamadır. Göksu Çayı Havzası'nda VIII. sınıf araziler Uludağ ve Domaniç Dağları'nın zirve kesimlerinde kayalık alanlardan ibarettir. Bu sahalar havzada 29, 3 km^2'lik alan kaplar. Araştırma sahasında tespit edilen arazi kabiliyet sınıflarının mevcut kullanım durumunun belirlenmesi, sahanın morfometrik analizlerle oluşturulan alt havza verileri ve risk analizleri ile karşılaştırılması geleceğe dönük kullanım modellemesi ve havza yönetimin planlaması için oldukça önemlidir.

2.6. Göksu Çayı Havzası'nda Arazi Kullanımı ve Zamansal Değişimi

Göksu Çayı Havzası'nda geçmişten günümüze arazi kullanımı/arazi örtüsü verileri ile meydana gelen değişimin tespit edilmesi için 1980, 1990, 2000, 2010 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri üzerinden analizler yapılmıştır. Arazi kullanımı/arazi örtüsünün geçmiş ve günümüz verilerinin belirlenmesi ve değişim durumu uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknikleri ile incelenmiştir. Çalışmada, United States Geological Survey (USGS)'den Landsat uydu görüntüleri bulutluluk, çözünürlülük gibi verileri değerlendirilerek temin edilmiştir. Daha sonra 10'ar yıllık aralıklarla alınan uydu görüntüleri havza kapsamında sınırlandırılmış, çözünürlükleri düzenlenmiş, bant kombinasyonları üzerinden kontrollü sınıflandırma yöntemi ile arazi kullanım sınıflandırması 7 ayrı sınıf olarak tespit edilmiş ve kantitatif değerleri ortaya konmuştur (Tablo 18 ve Şekil 59). Kontrollü sınıflandırma yönteminde havzada farklı alanlarda referans noktaları belirlenmiş ve en yakın komşululuk ilişkisi metodu ile yöntem uygulanmıştır. Bu sayede her bir periyot için belirlenen arazi kullanımı/arazi örtüsü verisinin doğruluk oranları da hesaplanmıştır.

Tablo 18: Arazi kullanımı/arazi örtüsü analizlerinde kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri

Yıl	Tarih	Bant Sayısı	Mekansal Çözünürlük	Bulutluluk Oranı	Kaynak (Uydu-Algılayıcı)
1980	10.08.1980	5	90 m	% 6	Landsat 3-MSS
1990	24.07.1990	7	60 m	% 4	Landsat 5-TM
2000	25.06.2000	8	30-60 m	% 4	Landsat 5-TM
2010	31.07.2010	8	30-60 m	% 2	Landsat 7-ETM
2020	10.07.2020	11	15-30 m	% 1	Landsat 8-OLI



Şekil 59: Çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntüleri (kaynak USGS)

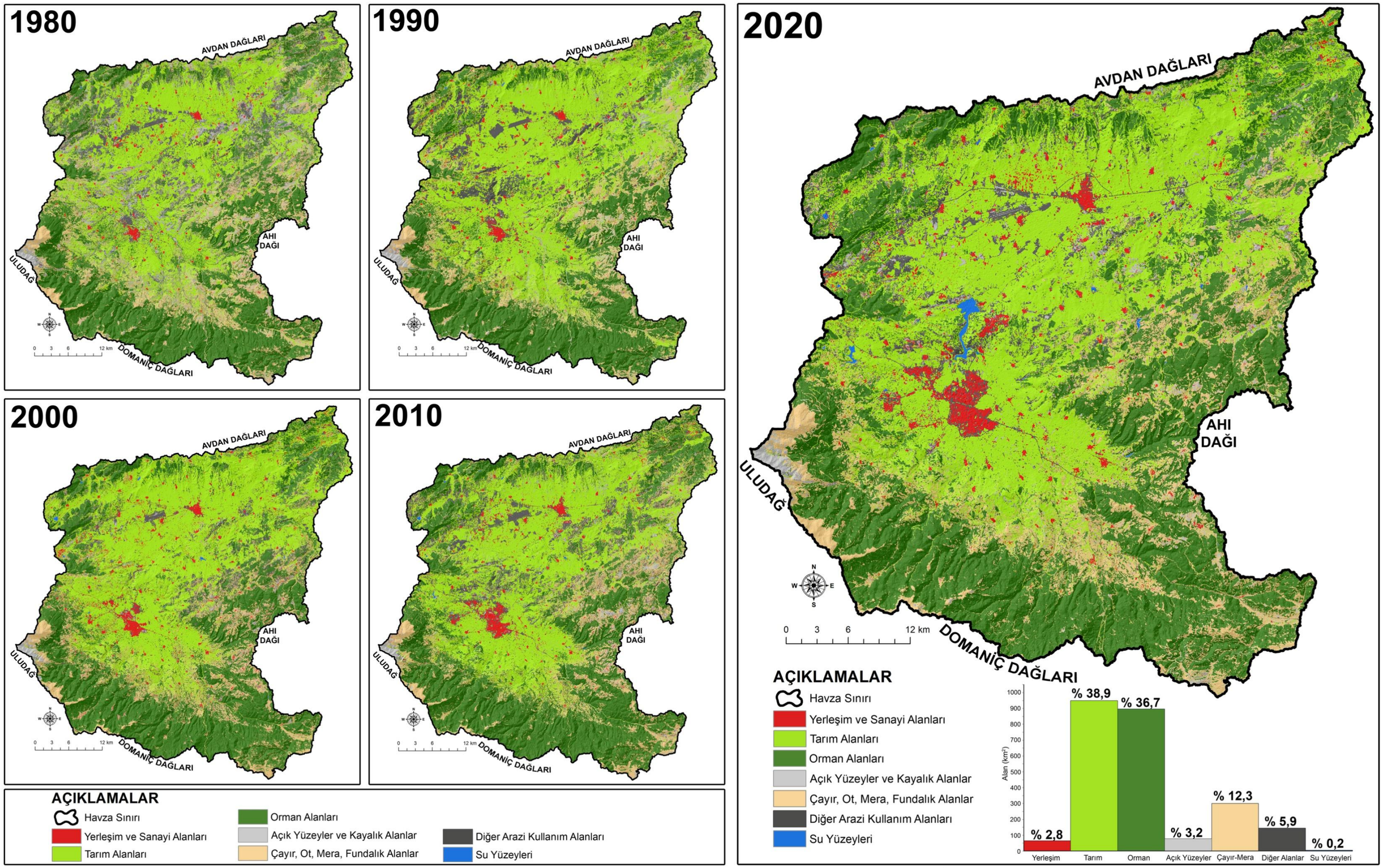
2.6.1. Göksu Çayı Havzası'nın Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (1980-2020)

Göksu Çayı Havzası'nın 1980 yılı uydu görüntüsü üzerinden yapılan arazi kullanımı/arazi örtüsü sınıflandırması analizine göre havzanın 837,64 km^2'si tarım alanları olarak kullanılmaktadır (Şekil 60). Tarım alanları havzanın % 34,3'ünü kaplarken, orman alanları 816,39 km^2'lik yüzölçümü ile havzanın % 33,5'ini meydana getirmektedir. Göksu Çayı Havzası'nın 1980 yılı arazi kullanımında, çayır, ot, mera ve fundalık alanlar havzanın % 13,3'ünü, diğer arazi kullanım alanları % 10'unu, açık yüzeyler ve kayalık alanlar % 7,4'ünü oluşturmaktadır (Şekil 61). Yerleşim ve sanayi alanları 1980 yılında inceleme havzasında 34,78 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 1,4'ünü oluşturmaktadır. Su yüzeyleri ise belirtilen tarihte sadece 0,13 km^2'lik yüzölçümüne sahiptir.

İnceleme havzasında 1980 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü verilerinin dağılışı incelendiğinde; yerleşim alanlarının esas sahasını İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezlerinin oluşturduğu, bu ilçelere bağlı köy yerleşmelerin özellikle ova tabanı ve çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca İnegöl ve Yenişehir merkezlerinin ana yol güzergahlarının güney kesiminde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Orman alanları havzanın güney kesiminde Uludağ ve Domaniç dağlarında doğu-batı doğrultusunda kısmen kesintisiz olarak dağılış

göstermektedir. Bunun dışında Ahı Dağı, Avdan Dağları, havzanın kuzeydoğu ve kuzeybatısındaki yüksek kesimler ile doğu ve batıdaki münferit yükseltilerin olduğu alanlarda dağılış göstermektedir. Tarım alanları Yenişehir ve İnegöl ovalarından başlayarak çevrelerindeki plato sahalarına kadar yayılmaktadır. Özellikle Yenişehir Ovası'nın kuzeyinde tarım alanları varlığının devam ettiği ancak İnegöl Ovası'nın güneyinde jeomorfolojik koşullarında etkisiyle çayır, mera, ot ve fundalık alanlar ile ormanlık alanlara geçişlerin olduğu gözlemlenmektedir. Diğer tarım alanlarını Aksu Dere vadisi alüvyal sahası, Koyanlık-Bahçeçik Dere vadisi ve Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim sahasındaki alüvyal tabanlı sahalarda dağılış gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer arazi kullanım alanlarının geniş sahasını bu dönemde askeri amaçlı kullanılan Yenişehir Havalimanı ve boş araziler oluşturmaktadır. Kayalık yüzeyler Uludağ zirve kesimi, havzanın orta ve doğu kesiminde yoğunlaşmıştır. Bu dönemde havzada gölet-baraj sayısının oldukça az olmasından dolayı su yüzeylerinin dağılışı oldukça dar alanlı olarak tespit edilmiştir.

İnceleme sahasında 1990 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü analizi incelendiğinde; tarım alanlarının 1044,94 km^2'lik yüzölçümüne sahip olduğu havzanın % 42,8'ini kapladığı görülmektedir. Göksu Çayı Havzası'nın 1990 yılı arazi kullanımının % 32,59'unu orman alanları, % 10,6'sını çayır, ot, mera ve fundalık alanlar, % 8,1'ini diğer kullanım sınıfları, % 4,1'ini kayalık ve açık yüzeyler, % 1,8'ini yerleşim ve sanayi alanları, % 0,01'ini ise su yüzeyleri meydana getirmektedir (Şekil 61). 1990 yılında bir önceki döneme göre tarım alanları, yerleşim ve sanayi alanları ile su yüzeyleri artış gösterirken diğer alanlarda kısmi azalmalar olduğu görülmektedir. Oransal açıdan en büyük artış yerleşim alanlarında gözlemlenmişken kapladığı alan açısından tarım alanlarında büyük bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedenleri arasında havzanın göç alması, tarım alanları varlığının artmasına neden olmuştur. Ayrıca kaynak veri açısından 1980-1990 yılı uydu görüntüleri arasındaki çözünürlük farklılıkları, mevcut kullanım analizlerinde hataları oluşturabilmektedir.



Şekil 60: Göksu Çayı Havzası'nın 1980, 1990, 2000, 2010 ve 2020 yılları arazi kullanımı/arazi örtüsü (AKAÖ) haritaları

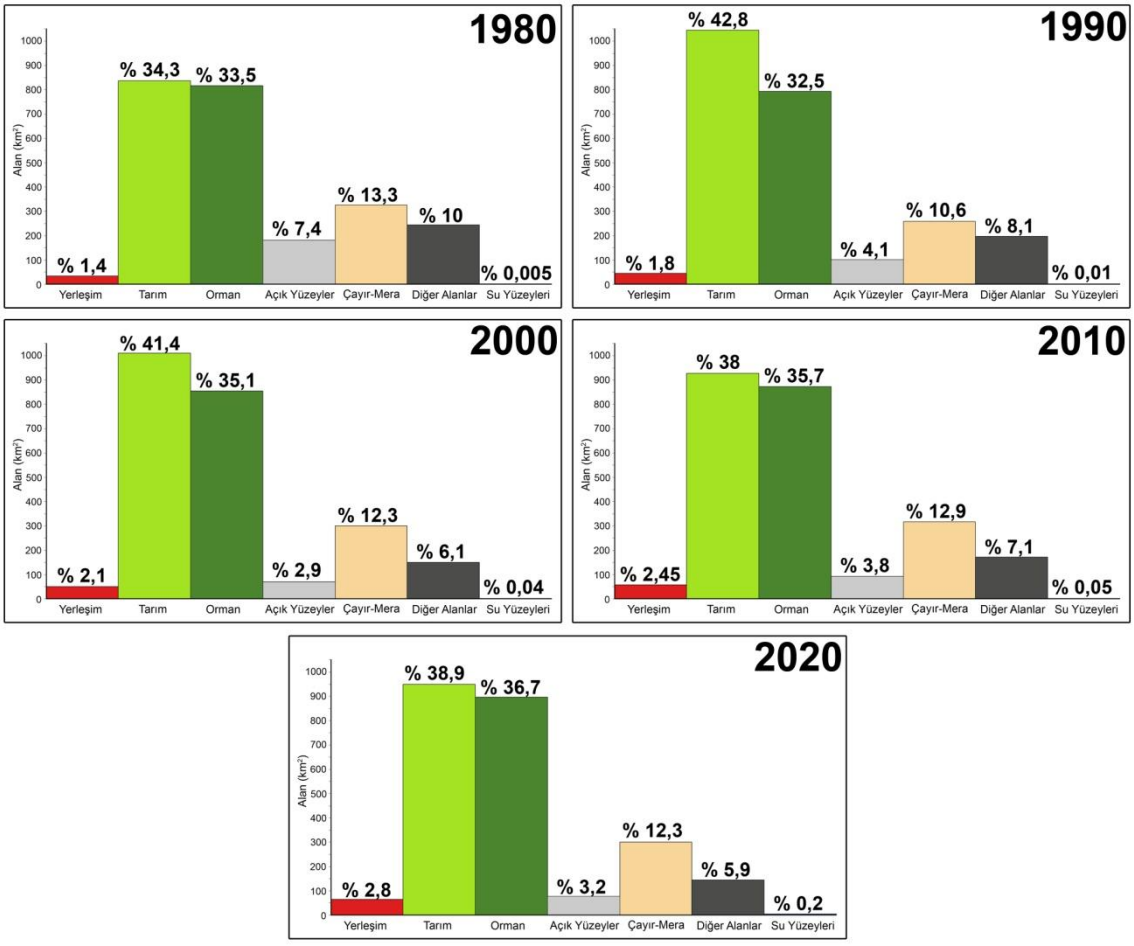
Göksu Çayı Havzası'nda yerleşim alanları 1990 yılı kapsamında genişlemeye başlamış ve özellikle İnegöl, Yenişehir merkezlerinin güney doğrultusunda uzanımlar görülmüştür. Bu dönemde İnegöl sınırları içerisindeki organize sanayi bölgesi alanı ve diğer sanayi alanlarının varlığı bu genişlemenin nüfus artışı ve göç ile birlikte nedenleridir. Havzadaki diğer yerleşim alanlarını iki ova tabanı ve çevresindeki kırsal yerleşimler oluşturmaktadır. Tarım alanları, İnegöl ve Yenişehir ovaları ile plato sahalarında oldukça geniş alan kapladığı görülmektedir. Orman alanları güney kesimdeki varlığını korumakta ve diğer bazı alanlarda azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Özellikle çayır-mera sahalarının daha yüksek kesimlere doğru dağılış gösterdiği, bu alanların tarım sahalarına dönüştüğü dikkat çekmektedir. Çıplak kayalık yüzeyler ve açık alanlar Uludağ ve Domaniç Dağları'nın yüksek kesimlerinde ve havzanın doğusundaki plato sahasında olduğu tespit edilmiştir. Diğer kullanım alanlarını havzanın an yol güzergahları, Yenişehir Havalimanı ve havzanın ortasındaki kullanım dışı sahalar oluşturmaktadır. Su yüzeyleri havzanın batı-kuzeybatısındaki göletlerden ibaret olup oldukça dar bir alan kaplamaktadır.

Göksu Çayı Havzası'nın 2000 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü analizine göre tarım alanları 1010,86 km^2'lik yüzölçümüne sahip olup havza toplam alanının % 41,4'ünü meydana getirmektedir. 2000 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsünü verilerine göre havzanın % 35,1'ini orman alanları, % 12,3'ünü çayır, ot, mera ve fundalık alanlar, % 6,16'sının diğer arazi kullanım alanları, % 2,9'unu kayalık yüzeyler ve açık alanlar, % 2,1'inin yerleşim ve sanayi alanları ve % 0,04'ünü su yüzeyleri oluşturmaktadır (Şekil 60-61). Bir önceki döneme (1990 yılına) göre yerleşim ve sanayi alanları, orman alanları ve çayır, ot, mera, fundalık alanlarda artış gözlemlenirken diğer kullanım türlerinde azalma meydana gelmiştir.

İnceleme sahasında yerleşim alanları bir önceki dönemde olduğu gibi genişlemeye devam etmiş ve İnegöl ile Yenişehir merkezlerinde yoğunlaşma olmuştur. Özellikle İnegöl'de şehir alanı dışında sanayi alanlarının varlığı tarım alanlarının kentleşme sahasına dönüşmesine neden olmuştur. Aynı zamanda yerleşim alanları havzadaki D-200 ve D-160 karayolları boyunca da genişlemiştir. Diğer bir durum şehir merkezlerinin güneye değil kuzeye doğruda genişlemeye başlamasıdır. Havzada tarım alanları iki ova tabanı ve çevresindeki alanlarda diğer dönemlerde olduğu gibi esas dağılışını göstermektedir. Bazı alanlarda ise mera sahalarına dönüşümün olduğu dikkat çekmektedir. Orman alanları Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı, Avdan Dağları ve diğer münferit tepelik sahalardaki temel yayılış sahasını korumuştur. Bunun yanında özellikle Domaniç Dağları'nın belli kesimlerindeki heyelan sahalarında ağaçlandırma faaliyetleri sonucu orman varlığının arttığı dikkat çeker. Orman alanları havzadaki önemli sanayi kolu olan mobilyanın ham maddesini teşkil ettiği için ağaçlandırma faaliyetleri daima havzada uygulanmaktadır. Bu dönemde havzada tarımda sulama amaçlı yapılan gölet sayısı

13’e çıkmış, bu durumda su yüzeyi varlığının artmasına neden olmuştur. Kayalık alanların dağılışı, yüksek kesimlerde aynı oranda olduğu tespit edilirken, açık yüzeylerin büyük çoğunluğunun görüldüğü havza ortası eşik sahasındaki alanların tarımsal faaliyet amacıyla kullanıma sahne olduğu anlaşılmaktadır. Diğer kullanım alanlarını bu dönemde de hava alanı, karayolları ve kullanılmayan boş araziler teşkil etmektedir.

Göksu Çayı Havzası’nın 2010 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü verilerinde tarım alanları 927,15 km^2’lik yüzölçümü ve % 38’lik oran ile ilk sırada yer almaktadır. En çok alan kaplayan bu kullanım türünü % 35,7 ile orman alanları takip etmektedir. Bu dönemde havzanın % 12,9’unu çayır, ot, mera, fundalık alanlar, % 7,1’ini diğer arazi kullanım alanları, % 3,8’ini kayalık ve açık yüzeyler, % 2,45’ini yerleşim ve sanayi alanları, % 0,05’ini su yüzeyleri oluşturmaktadır (Şekil 61). 2010 yılı arazi kullanımında bir önceki dönem olan 2000 yılına göre yerleşim ve sanayi alanları, orman alanları, çayır, ot mera alanları ve su yüzeylerinde artış gözlemlenirken diğer kullanım sınıflarında azalma trendi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 61: Göksu Çayı Havzası’nın yıllara göre arazi kullanımı/arazi örtüsünün alansal grafikleri

İnceleme sahasında önceki dönemlere göre genişlemeye devam eden yerleşim ve sanayi alanlarında ova tabanı ile çevresinde yoğunlaşmakta ve esas merkezi noktaları İnegöl ve

Yenişehir ilçe merkezleri oluşturmaktadır. 2010 yılında yerleşim alanlarının genişleme yönü tamamen kuzeye dönmüş olup ana karayolu güzergahları çevresinde ve kuzey kesimindeki tarım sahaları yerleşim alanına dönüşmüştür. Havza'nın ilçe merkezlerinde nüfus artışı, göç ve sanayi sahalarının artması bağlı olarak yerleşim alanı genişlemiştir. Orman alanları ve tarım alanları yıllardır devam eden dağılışını korumakla birlikte belli alanlarda değişimlerde yaşanmıştır. Özellikle havza orta kesimindeki eşik sahasında tarım alanlarının varlığı diğer kullanım sahalarına ve belli ölçüde ormanlık alan ve çayır, ot, mera alanlarına dönüşmüştür. Su yüzeylerinde, göletlerin varlığının sayısı 15'e çıkmış ve artış dağılış açısından da gözlenebilmiştir. Havzanın güney kesiminde Domaniç Dağları'nın etekleri ile plato sahasındaki çayır, mera, ot ve fundalık alanlarda belli ölçülerde değişimler yaşanmıştır. Havzanın kuzey kesiminde ise diğer arazi kullanım alanları boş araziler, hava alanı ve karayolları olarak dağılış açısından belli kesimlerde yoğunlaşmıştır.

Havza 2020 yılı arazi kullanımında, tarım alanları 948,65 km^2'lik yüzölçümü ile havza toplam alanının % 38,9'luk kısmını kaplar. Bu arazi kullanımını 897,01 km^2'lik yüzölçümü ile orman alanları takip etmektedir. Bu iki arazi kullanımı/arazi örtüsü sınıfı toplam havza alanının % 75,6'sını meydana getirmektedir. 2020 yılında havzanın arazi örtüsü/arazi kullanımının % 2,8'ini yerleşim ve sanayi alanları, % 3,2'sini kayalık yüzeyler ve açık alanlar, % 12,3'ünü çayır, ot, mera ve fundalık alanlar, % 5,9'unu diğer arazi kullanım sınıfları ve % 0,2'sini su yüzeyleri oluşturmaktadır (Şekil 61). 2020 yılında bir önceki döneme (2010 yılına) göre yerleşim ve sanayi, orman, tarım alanları ve su yüzeylerinde artış eğilimi tespit edilirken diğer kullanım alanlarında azalma trendinin olduğu görülmektedir. Oransal olarak en çok artışın yerleşim ve sanayi alanında bir önceki dönemin kapladığı alansal veriye göre % 14 olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum havzanın özelikle de İnegöl'ün nüfusunun artması, göç olgusu, şehirleşme ve sanayi alanlarının varlığının artmasıyla yakından ilgilidir.

İnceleme havzasında yerleşim ve sanayi alanları İnegöl ve Yenişehir merkezlerinde toplanmıştır. Özellikle önceki yıllarda güneye doğru olan genişleme bu dönemde tamamen kuzey yönlü gelişmiştir. En çok genişlemenin olduğu İnegöl'de organize sanayi bölgelerinin D-200 karayoluna yakın ve kuzeyine kurulması, bu alandaki mahallelerin şehir merkezi ile birleşmesi dikkat çekmektedir. Diğer yerleşim alanları ise İnegöl ve Yenişehir ovaları ile çevresindeki alanlarda yoğunlaşmıştır. Tarım alanları İnegöl ve Yenişehir ovalarının neredeyse tamamındaki esas kullanımı meydana getirmektedir. Bu sahaların dışında Koyanlık Dere vadisi, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanı, havzanın kuzey, güney ve doğusundaki plato sahalarında da kuru ve sulu tarım faaliyetlerinin olduğu tespit edilmiştir. Havzanın büyük bölümünü meydana getiren ormanlık alanlar güneyde, Uludağ ve Domaniç Dağları'nda doğu-batı yönlü olarak neredeyse kesintisiz bir kuşak oluşturmuştur. Batıda eşik sahası, kuzeybatıda

Gürle Dağları'nın devamı olan yüksek kütleler, kuzeyde Avdan Dağları'nın belli bir bölümü, kuzeydoğuda Göksu Çayı çevresindeki plato alanı ve doğuda Ahı Dağı ve çevresinde orman sahaları geniş alan kaplamaktadır.

Havzada, çayır, ot, mera ve fundalık alanlar Uludağ Arpakarı Tepe çevresi ve diğer tepelik alanlar, Domaniç Dağları'nın yüksek kesimleri ve eğimin fazla olduğu plato alanlarında, doğuda Ahı Dağı ve plato sahasında arazi örtüsünü meydana getirmektedir. 2020 yılında diğer arazi kullanım alanlarını hava alanı, boş araziler, taş-kum ocakları ve karayolları meydana getirmektedir. Su yüzeylerinde belirgin bir artışının gözlemlendiği bu dönemde Göksu Çayı üzerine yapılan Boğazköy Barajı'nın varlığı değişim miktarının asıl nedenidir. Bu baraj gölünün dışında farklı noktalarda 20 tane gölet varlığı da artışın diğer nedenini oluşturur. Havzada kayalık yüzeyler Uludağ ve Domaniç Dağları'nın yüksek kesimlerinde gözlemlenirken diğer sahalarda açık yüzeyler münferit yükseltilerde bulunmaktadır.

2.6.2. Göksu Çayı Havzası'nda Arazi Kullanımının Değişim Analizi

Göksu Çayı Havzası'nda 1980-2020 yılları arasındaki 10'ar yıllık zamansal dönemlerde farklı değişimler meydana gelmiştir. Bu değişimlerin ve yıllara ait arazi kullanımı/arazi örtüsü verilerinin referans noktaları üzerinden yapılan doğruluk analizleri ile test edilmiştir. Bütün yıllara ait arazi kullanım dağılışı haritalarının % 80'inin üzerinde doğruluğa sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 19). Ancak kullanılan uydu görüntülerinin mekansal çözünürlük farklılığı nedeniyle geçmişten günümüze doğruluk oranlarının arttığı ve haritalara yansıdığı görülmüştür.

Tablo 19: Arazi Kullanım/arazi örtüsü haritalarının doğruluk analizi verileri

Yıl	Referans Alınan Nokta (Yer) Sayısı	Tutarlı	Tutarsız	Doğruluk Analiz Oranı
1980	524	419	105	% 80
1990	670	569	101	% 85
2000	633	544	89	% 86
2010	613	549	86	% 89
2020	863	789	95	% 91

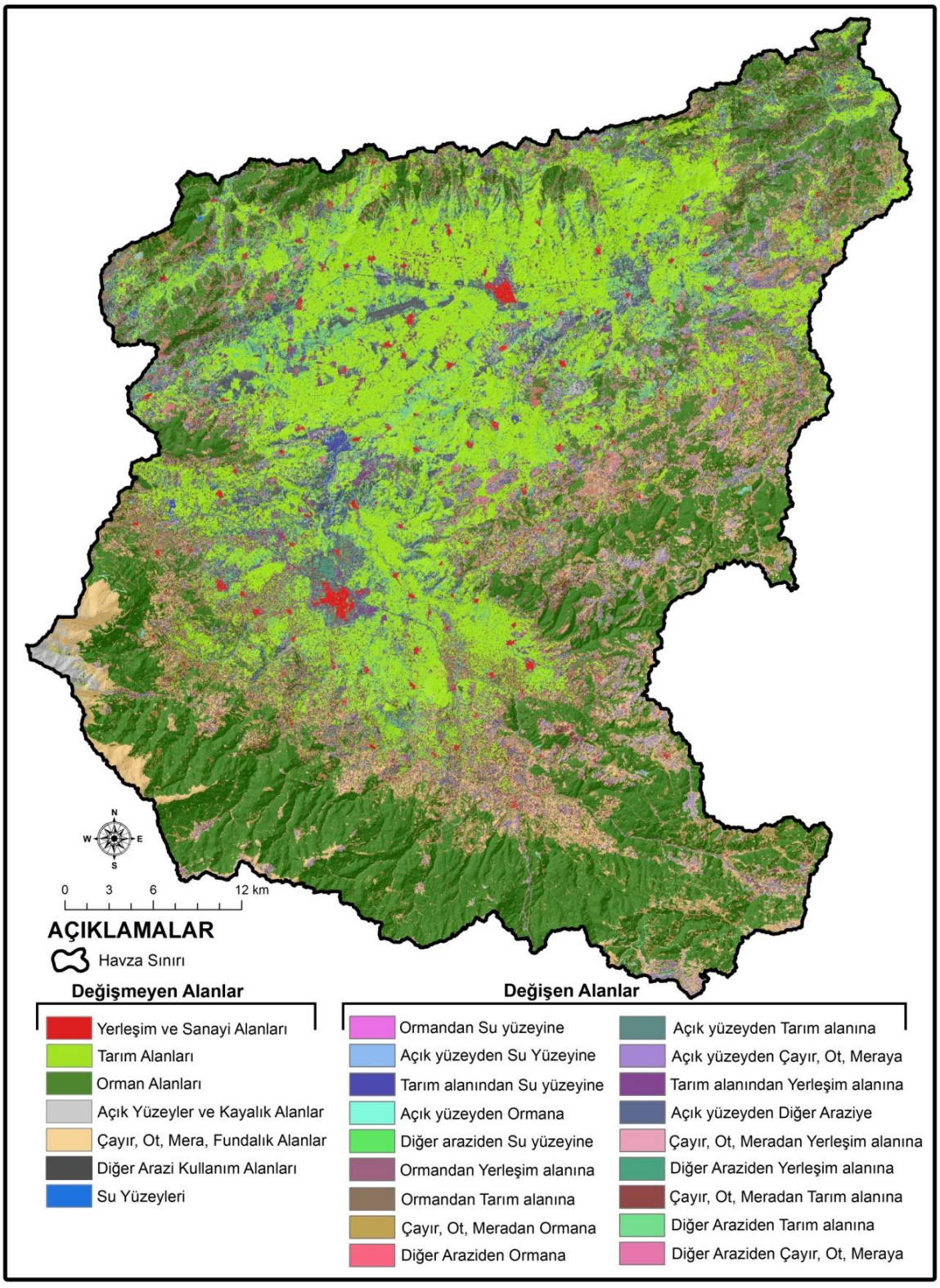
Göksu Çayı Havzası'nın 1980 yılından 2020 yılına kadar 10'ar yıllık periyotlar halinde ortaya konan arazi kullanımı/arazi örtüsü verileri incelendiğinde yerleşim ve sanayi alanlarının daima artış eğiliminde olduğu dikkat çekmektedir (Tablo 20). Bu durumun oluşmasında nüfus artışı, göç, şehirleşme ve özellikle de İnegöl'deki sanayileşmenin katkısı oldukça fazladır. İnceleme havzasında en yoğun nüfusun barındığı İnegöl'de organize sanayi bölgesi ve diğer sanayi tesisleri nüfusun doğal ve göç yoluyla artmasını sağlamış ve şehir alanının genişlemesinde temel faktör olmuştur. Diğer sürekli artış eğiliminin görüldüğü su

yüzeylerinde ise 2010 yılına kadar artış oranının çok fazla olmadığı ancak bu tarihten sonra Göksu Çayı üzerine yapılan Boğazköy Barajı'nın oluşturduğu yapay göl alanı su yüzeyinin son yıllarda artmasına sebep olmuştur. Bunun dışında havzanın muhtelif yerlerine yapılan ve özellikle tarımda sulama amaçlı kullanılan göletlerin sayısının artması su yüzeylerinin artışının sağlayan diğer etmendir. Havzada orman varlığının artması ağaçlandırma çalışmaları, mobilya sanayisinin hammadde temini gibi nedenler artışının gözlemlenmesini sağlamıştır.

Tablo 20: Göksu Çayı Havzası'nın 1980, 1990, 2000, 2010 ve 2020 yılları arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarının sayısal verileri

	1980		**1990**		**2000**	
Arazi Kullanım Türleri	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)
Yerleşim ve Sanayi Alanı	34,78	1,4	44,92	1,8	50,75	2,1
Tarım Alanları	837,64	34,3	1044,94	42,8	1010,86	41,4
Orman Alanları	816,39	33,5	792,63	32,5	855,29	35,1
Açık Yüzeyler	180,66	7,4	101,35	4,1	70,92	2,9
Çayır, Ot, Mera, Fundalık	326,07	13,3	259,45	10,6	300,57	12,3
Diğer Arazi Kullanım	244,49	10	197,26	8,1	150,55	6,1
Su Yüzeyleri	0,13	0,005	0,34	0,01	1,13	0,04
	2010		**2020**			
Arazi Kullanım Türleri	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)		
Yerleşim ve Sanayi Alanı	57,51	2,45	65,31	2,8		
Tarım Alanları	927,15	38	948,65	38,9		
Orman Alanları	872,40	35,7	897,01	36,7		
Açık Yüzeyler	92,96	3,8	77,63	3,2		
Çayır, Ot, Mera, Fundalık	316,74	12,9	301,06	12,3		
Diğer Arazi Kullanım	172,91	7,1	144,71	5,9		
Su Yüzeyleri	1,2	0,05	5,78	0,2		

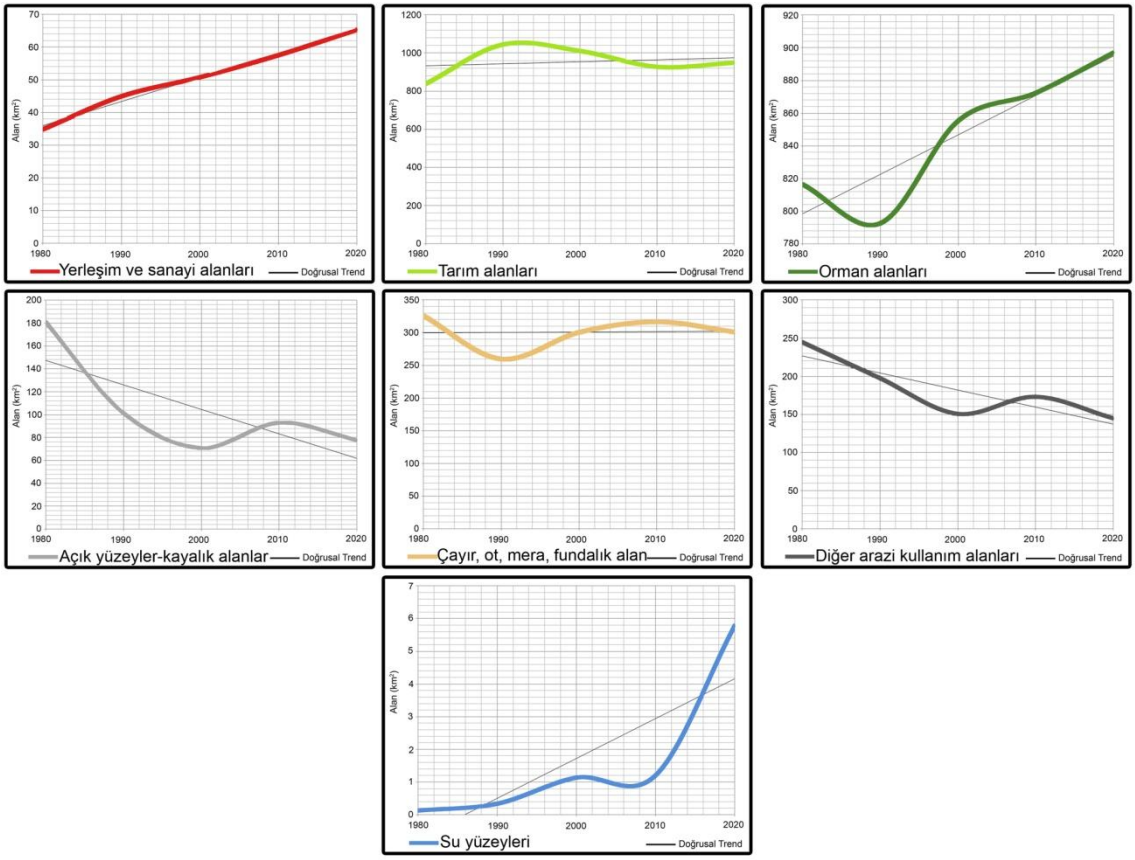
Göksu Çayı Havzası'nda belirlenen tarihler arasındaki arazi kullanımı değişiminde tarım alanları ve çayır, ot, mera ve fundalık alanlarında yıllar içerisinde azalma ve artışlar görülmektedir. Bu durumun oluşmasında incelenen yıllardaki uydu görüntülerinin çözünürlülük farklılığı hata payının olabileceğini ortaya koyabilir. Ancak temelde insanların dönemsel olarak araziyi tarım ve hayvancılık faaliyetleri açısından kullandığı durumu da ortaya çıkmaktadır. Plato sahalarındaki tarım alanlarında ve bu alanlardan çayır arazilerine geçişte yıllar içerisinde meydana gelen değişim görülmektedir (Şekil 62). Bu durumun özellikle yeni tarım alanı açmak amacıyla ortaya çıktığı tespit edilmiştir.



Şekil 62: Göksu Çayı Havzası'nın 1980-2020 yılı arasındaki 40 yıllık zamanda arazi kullanımı/arazi örtüsü değişim haritası

Arazi kullanımı/arazi örtüsünü oluşturan kayalık alanlar ve açık yüzeyler 40 yıllık inceleme dönemlerinde azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle bazı açık yüzeylerin tarım ve orman alanına dönüşmesi doğrusal trend açısından azalma eğilimini açıklamaktadır. Havzadaki çıplak kayalık alanlarının birçoğunun ise Uludağ ve Domaniç

Dağları'nın yüksek kesimlerinde olması, antropojenik baskıdan uzak kalması bu alanlardaki değişimin mikro ölçekte kalmasına sebebiyet vermiştir. Diğer arazi kullanımı sınıflandırmasında yer alan karayolu, boş arazi, kullanılmayan, kullanım durumu bilinmeyen arazi gibi farklı görünümleri içeren sahaların kullanım durumu da 40 yıllık dönemde azalma eğilimindedir. Bu durumun oluşmasında özellikle 1980'li yıllarda havza ortası eşik sahasında arazi kabiliyet sınıfının daha yüksek olan sahaların kullanılmaması ve günümüze gelindiğinde bu sahaların farklı beşeri kullanımlara sahne olması rol oynamıştır.



Şekil 63: Göksu Çayı Havzası arazi kullanım sınıflarının zamansal değişim ve trend analizleri

Göksu Çayı Havzası'nda 1980-2020 yılları arasındaki arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiminin dağılışı incelendiğinde, en büyük değişimlerin İnegöl şehir merkezi çevresi ve İnegöl Ovası, Boğazköy çevresi, havza ortası eşik sahası, plato sahalarındaki çayır ve meradan ormana geçiş alanlarında, Yolören-Marmaracık arası (Yenişehir), havzanın doğusundaki plato alanlarında olduğu tespit edilmektedir (Şekil 63). İnegöl şehir merkezi çevresinde zaman ve mekan bakımından değişimlerin yaşandığı dikkat çekicidir. Bu alanda özellikle tarım alanlarının sanayi ve yerleşim alanına dönüştüğü gözlemlenmektedir. Domaniç Dağları'nın yamaçlarında açık yüzeyler, çayır, ot, mera alanlarının bir kısmının ağaçlandırma ile orman sahasına dönüştüğü, İnegöl ve Yenişehir ovalarının çevresindeki birikinti konilerinden itibaren boş arazilerin, açık yüzeylerin ise tarım alanına dönüştüğü tespit edilmiştir. Bu durumun

oluşmasında tarımsal faaliyetlerin artması, mobilya sanayisi için hammadde olan orman sahalarının arttırılması gibi faaliyetler söz konusu olmaktadır.

2.7. Arazi Kabiliyet Sınıflandırması ve Arazi Kullanımı İlişkisinin Analizi

Göksu Çayı Havzası'nın arazi kabiliyet sınıflarının günümüz (2020) arazi kullanımı ile ilişkisinin incelenmesi geleceğe dönük yapılacak planlamalarda, meydana gelebilecek risklerin en aza indirilmesinde oldukça önemlidir. Araştırma sahasında tarım açısından en verimli arazilerin olduğu I. ve II. sınıf arazilerin % 85 ve % 74'ü tarımsal faaliyet amacıyla kullanılmaktadır (Tablo 21). Ancak II. sınıf arazilerin % 9'unun yerleşim ve sanayi alanları amacıyla da kullanılması belli durumlarda sorunların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Belli tekniklerle tarımsal faaliyet için uygun olan III. sınıf arazilerin % 64'ü ve IV. sınıf arazilerin ise % 63'ü tarıma ayrılmıştır.

Tablo 21: Göksu Çayı Havzası'nda 2020 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü verilerinin arazi kabiliyet sınıflarındaki alansal ve oransal verileri

	I. Sınıf		**II. Sınıf**		**III. Sınıf**		**IV. Sınıf**	
Arazi Kullanım Türleri	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)
Yerleşim ve Sanayi Alanı	4,98	4,9	26,26	8,9	12,61	4,5	5,92	4,6
Tarım Alanları	85,86	85,1	217,1	74	178,2	63,8	80,6	63
Orman Alanları	0,42	0,4	7,07	2,4	25,08	8,9	11,96	9,4
Açık Yüzeyler	2,09	2	7,22	2,5	9,38	3,3	4,8	3,7
Çayır, Ot, Mera, Fundalık	0,69	0,6	5,18	1,8	24,67	8,8	9,98	7,9
Diğer Arazi Kullanım	7	7	29,3	10	29,13	10,4	14,09	11,1
Su Yüzeyleri	0	0	1,28	0,4	0,76	0,3	0,33	0,3
	V. Sınıf		**VI. Sınıf**		**VII. Sınıf**		**VIII. Sınıf**	
Arazi Kullanım Türleri	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)	Alan (km^2)	Yüzde (%)
Yerleşim ve Sanayi Alanı	1,26	1,6	5,28	1,7	8,59	0,7	0	0
Tarım Alanları	42,53	53,8	142,8	48,1	200,7	16,3	0	0
Orman Alanları	12,24	15,5	78,26	26,4	753,2	61,2	8,5	29,1
Açık Yüzeyler	2,9	3,6	10,16	3,4	33,49	2,7	8,4	28,7
Çayır, Ot, Mera, Fundalık	17,29	21,8	37,65	12,6	193,3	15,7	12	41,1
Diğer Arazi Kullanım	2,8	3,6	22,66	7,7	39,26	3,2	0,35	1,1
Su Yüzeyleri	0,001	0,002	0,41	0,1	2,98	0,2	0	0

İnceleme sahasında tarım için çok uygun olmayan V. sınıf arazilerin % 54'ü ve VI. sınıf arazilerin % 48'inin tarım amacıyla kullanılması dikkat çeker. Bu alanların birçoğunun eğimin arttığı plato sahalarında yer alması, jeolojik formasyonların farklı birimleri ile birlikte görülmesi ve toprak kalınlığının fazla olmaması tarım açısından sorunların oluşabileceği göstermektedir. Bu durumun oluşmasında İnegöl ve Yenişehir ovalarındaki tarım için daha

uygun arazilerin yerleşim ve sanayi alanına dönüşmesi, yöre halkının tarım yapmak amacıyla çayır, ot, mera ve fundalık gibi arazilerini tarım sahasına dönüştürmesi etkili olmuştur. Aynı zamanda bu alanların erozyon miktarının fazla olması, toprağın taşlılık, tuzluluk açısından çok uygun olmayışı, su eksiği, su verimi açısından belli alt havzalardaki sorunlar ve heyelan tehlikesi V. ve VI. sınıf arazilerdeki tarım alanlarının başlıca sorunlarını oluşturmaktadır. Havzada en geniş alan kaplayan VII. sınıf arazilerin % 61'inin orman sahası olması oldukça uygun bir kullanımın olduğu göstermektedir. Çok dar alanda görülen VIII. sınıf arazilerde ise açık yüzeyler, orman alanları ve çayır, ot gibi arazi örtüsü varlığı dikkat çekmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN MORFOMETRİK ANALİZİ

Coğrafya, geçmişten günümüze değişen paradigmaların etkisinde farklı bakış açılarına ve eğilimlere sahip olmuştur. Bunlardan biri de kantitatif devrim olarak nitelendirilen, birçok probleme sayısal veriler, formüllerle yaklaşan daha bilimsel ve kesin sonuçlara ulaşmayı hedefleyen yaklaşımdır. Belirtilen kantitatif verilerin havzalar üzerinde kullanılması ise morfometrik analizlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Horton, 1945: 280; Clarke, 1966: 237; Gardiner ve Park, 1978: 4). 19 yy.da başlayan ve 1940'larda gelişen havza morfometrisi günümüze kadar birçok formül ve bakış açısıyla çeşitlilik arz etmektedir. Havza morfometrisi, havzaların şekil, boyut ve topografik özelliklerinin belli formüllerle analiz edilmesi ve elde edilen sonuçların kendi içerisinde ya da diğer havzalarla karşılaştırılarak yorumlanmasına dayanmaktadır (Pike vd., 2009: 4). Uygulanan formüllerle ortaya çıkan morfometrik analiz verileri kesin, daha bilimsel, detaylı karşılaştırma ve analiz etme imkanı sunan bilgiler sağlamakta ve günümüzün gelişen teknolojileri (CBS) ile oldukça hızlı sonuçlar üretilebilmektedir (Pike, 2000: 2).

Göksu Çayı Havzası'nda hassas, daha doğru ve bilimsel sonuçlara ulaşabilmek için; alansal, çizgisel ve yüzeysel (rölyef) parametreler kapsamında, havza 44 farklı morfometrik indis ile analiz edilmiştir. Yapılan analizler, Göksu Çayı Havzası'nın tamamı ile Yenişehir Havzası, İnegöl Havzası ve 53 alt havzası için uygulanmıştır (Şekil 64). Ancak bu havzalardan 11 tanesinin kesin sınırlara sahip olmaması, dar alanlı olması ya da sürekli akış gösteren bir akarsuya sahip olmaması belirtilen havzalar için ortaya çıkan değerlerin doğruluk oranında hata payının olma ihtimalini arttırmıştır. Bu nedenle dar alanlı, mevsimlik akış gösteren isimsiz 11 alt havza verileri belli indislerde değerlendirilmiştir. Analizlerle elde edilen sonuçlar jeoloji, jeomorfoloji ve hidrografik açıdan karşılaştırılarak yorumlanmış, haritalar, grafikler ve sayısal verileri üretilmiştir.

3. 1. Alansal Morfometri

Göksu Çayı Havzası'nda alansal parametreler kapsamında 14 farklı indis uygulanmış ve elde edilen sonuçlar üzerinden analizler yapılmıştır (Tablo 22). Morfometrik analizler Göksu Çayı Havzası, Yenişehir Havzası, İnegöl Havzası ve 53 alt havza kapsamında uygulanmıştır (Şekil 64).

Tablo 22: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarına uygulanan alansal morfometrik indisler

	İndis	Formülü - Açıklama	Kaynak
1	Dairesellik oranı	$R_c = A / \left[\left(\frac{P}{\pi}\right)^2 x\ \pi\right]$	Miller (1953)
2	Havza uzunluk oranı	$R_e = \left[\left(\sqrt{\frac{P}{\pi}}\right) x\ 2\right] / L$	Schumm (1956)
3	Yoğunluk oranı	$R_k = P / 2\ x \left[\left(\sqrt{\frac{A}{\pi}}\right) x\ \pi\right]$	Seth vd., (1998)
4	Biçim faktörü	$R_f = A / (B\ x\ L)$	Eagleson (1970)
5	Biçim katsayısı	$R_{cf} = L^2/A$	Verstappen (1983)
6	Birleşik şekil faktörü	$R_u = L / \sqrt{A}$	Bull ve McFadden (1977)
7	Havza şekil faktörü	$R_s = Lm / \left[\left(\sqrt{\frac{A}{\pi}}\right) x\ 2\right]$	Seth vd., (1998)
8	Havza görünüm oranı	$V = L / W$	Karataş (2014)
9	Drenaj (vadi) yoğunluğu	$D_d = \Sigma L / A$	Horton (1932)
10	Akarsu sıklığı	$F_s = N / A$	Horton (1932)
11	Yatak varlığı sabitesi	$C = A / \Sigma L$	Schumm (1954)
12	İnfiltrasyon sayısı	$IN = D_d\ x\ F_s$	Schumm (1963)
13	Tekstür oranı	$R_t = N_{ui}\ x\ (1/ P)$	Horton (1945)
14	Havza şekli	$Rf = A / L_b^2$	Horton (1932)

Dairesellik Oranı (R_c): Havza alanı ile havzanın çevre uzunluğunun aynı değerine sahip daireye oranlamasıyla hesaplanan indis, havzanın şekilsel, boyutsal olarak analiz edilmesini ve havza şeklinin hangi unsurlar tarafından denetlendiğini ortaya koymaktadır (Miller, 1953: 22; Karataş, 2014: 113). Dairesellik oranı, Göksu Çayı Havzası için 0,32, Yenişehir Havzası'nda 0,35 ve İnegöl Havzası'nda 0,38 olarak hesaplanmıştır. En yüksek dairesellik oranı 0,59 değeri ile Kara Dere havzasında, en düşük oran 0,26 ile Deliçay Dere havzasında hesaplanmıştır. İnceleme sahasının kuzeyinde ve güneyinde topografik yapı ve eğim özellikleri havzaların daha uzunlamasına bir görünüm almasını sağlarken batıda düşük irtifa farkları havzaların daha dairesel görünümde olmalarına neden olmuştur.



Şekil 64: Göksu Çayı Havzası'nın alt havzaları

Havza Uzunluk Oranı (R_e): Havza ile aynı alana sahip dairenin çapı ile havza uzunluğunun oranlamasıyla hesaplanmaktadır (Schumm, 1956: 599; Avci ve Sunkar, 2015: 94). Havzaların oval, uzunlamasına ya da daha değişik yapılarda olup olmadığını ortaya koyan indis değeri, sel-taşkın hadiseleri, akış toplanma süresi ve erozyonal faaliyetler hakkında bilgi vermektedir. Göksu Çayı Havzası'nda 0,78 değeri hesaplanan uzunluk oranı, Yenişehir Havzası'nda 0,84 İnegöl Havzası'nda 1,63 olarak tespit edilmiştir. Veriler, Göksu Çayı Havzası'nın daha uzunlamasına, Yenişehir Havzası'nın daha dairesel görünümde olduğunu, İnegöl Havzası'nın genişliğinin oldukça fazla olduğunu ve birçok akarsu tarafından drene edildiğini göstermektedir. Alt havzalar kapsamında; Aydoğdu, Bıçkı, Bedresu, Deliçay (0,39 en düşük değer), Gürlek, İncirli-Değirmendere, Karaçam, Kovanlık ve Yol Dere havzaları belirgin şekilde uzunlamasına bir yapı sunmaktadır. Aşağıdere, Bahçecik, Kocadere ve Koyanlık dere havzaları ise dairesel görünümdedir. Düşük değerlerle ifade edilen uzunlamasına yapıdaki havzalar yüksek geçirgenliği ve sel karakterli yapıyı gösterirken, yüksek havza uzunluk oranına

sahip dairesel havzalar sediment taşınmasının fazla, yüzeysel akışın yüksek, bu nedenle taşkın riskinin olduğu havzaları ifade eder.

Yoğunluk Oranı (R_k): Havza sınırını oluşturan su bölümü çizgisi uzunluğunun havza ile aynı alana sahip dairenin çevre uzunluğuna oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Seth vd., 1998: 14; Karataş, 2017: 124). Havza çevre uzunluğunun kıvrımlanma durumunu ortaya koyan indis havza, topografik yapı ve rölyef arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Yoğunluk oranı Göksu Çayı Havzası için 1,75 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda 1,67 iken İnegöl Havzası'nda 1,61 değeri tespit edilmiştir. Alt havzalar arasında İncirli-Değirmendere Havzası 2,23'lük değer ile en yüksek yoğunluk oranına sahip iken Kayapınarı Dere havzası 1,16'lık değerle en düşük orana sahiptir. Göksu, İnegöl ve Yenişehir havzaları kapsamında değerlerin analizi yapıldığında su bölümü çizgisinin bazı alanlarda yoğunlaşmakla birlikte girintili çıkıntılı bir görünüm arz ettiği anlaşılır. Bu durumun ortaya çıkmasında havza genelinde 1. dizinden gelen özellikle mevsimlik akarsuların derine kazma işlemi su bölümü hattında erozif faaliyetlerin yoğun olmasını sağlamıştır. Özellikle havzanın kuzey ve güneyinde dağlık kütlerlerde kayaç direncinin de etkisiyle yüzeysel akışının topografyayı aşındırması havzaların çevre uzunluklarının artmasına neden olmuştur. Düşük yoğunluk değerine sahip havzaların özellikle Ahı Dağı'nın kuzeyindeki geçirimli birimlerin olduğu plato sahasında yoğunlaştığı ve burada farklı aşınım döngülerinin etkisiyle keskin sırtların ortadan kalktığı anlaşılmaktadır. Belirtilen hadisi bu alanlarda havzaların uzunlamasına yapıya sahip olmasına, havza çevre uzunluğunun daha sade görünüm almasına neden olmuştur.

Biçim Faktörü (R_f): Havzadaki flüvyal süreçlerin açıklanmasında kullanılan indis, havza alanının, maksimum havza genişliği ve akarsu uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Eagleson, 1970: 21; Karataş, 2017: 124). Havzadaki erozyonal faaliyetler, litolojik birimler ve kayaç direnci arasındaki ilişkiyi açıklayan indis, flüvyal faaliyetlerin havzadaki durumunu ve denetlenme hadisesini ortaya koyar. Göksu Çayı Havzası'nda 0,55 olarak hesaplanan değer, Yenişehir Havzası için 0,58 ve İnegöl Havzası'nda 0,78 olarak hesaplanmıştır. Göksu Çayı Havzası'nın oldukça geniş alanı ve birçok farklı strüktüral özelliği barındırması havzanın ortalama bir biçim faktörü değerine sahip olduğunu gösterir. Bu nedenle flüvyal süreçlerin yapı ve tektonizma kontrolünde olduğu, erozyonal faaliyetlere orta ölçekte etki ettiği anlaşılmaktadır. Ancak İnegöl Havzası'ndaki yüksek değer daha dirençli ve geçirimsiz yapının varlığı ile erozyonal faaliyetlerin yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bahçecik (1,21), Bedresu (1,04), Bıçkı Dere (1,1) Koca Dere (1,21) havzalarındaki yüksek değerler, flüvyal süreçlerin yoğun olduğunu ancak havzalar arasında tektonik-yapısal farklılıkların bulunduğunu gösterir. Bu durumu ise tektonizmanın akarsular ve havzalar üzerindeki etkisiyle açıklamak mümkündür. Koyanlık Dere, Kalburt Dere ve Kara Dere

havzalarındaki düşük değerlerde yine tektonik hadiselerin havza ve özellikle akarsu ötelenmeleri üzerindeki etkileriyle açıklanmaktadır.

Biçim Katsayısı (R_{cf}): İndis, havza uzunluğunun karesinin havza alanına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. İndis sonuçları, havza şeklinin uzunlamasına ya da dairesel yapıda olup olmadığını ortaya koyar (Versptappen, 1983: 68, Karataş, 2017: 125). Elde edilen havza geometrisi verileri üzerinden havzaların sel-taşkın hidrografları açıklanabilmekte, yüzeysel akışa geçebilecek ani su alanları, erozyonal faaliyetin boyutları hakkında yorum yapılabilmektedir. Göksu Çayı Havzası'nda 2,04 olarak hesaplanan biçim katsayısı, Yenişehir Havzası'nda 1,76 iken İnegöl Havzası'nda 0,47'dir. Göksu Çayı Havzası'nın ortalama değerle diğer iki alt havzaya göre daha uzunlama bir şekil ortaya koyduğu, İnegöl Havzası'nda ise dairesel yapının olabileceği ancak bunun daha çok en-boy oranının faklılığından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. İnegöl Havzası'nın K-G yönlü birçok akarsu tarafından drene edilmesi havzada flüvyal aşındırmanın yoğun olduğunu gösterirken, yan kollardan gelen akımın ani taşkınlara yol açabileceği yorumu yapılabilmektedir. Yenişehir Havzası'nda ise uzun süreli sel ve taşkınların çok fazla zirve yapmadan görülebileceği anlaşılmaktadır. Alt havzalarda Bedresu Dere (7,04), Bıçkı Dere (6,77), Deliçay Dere (8,27), Gürlek Dere (6,53) ve İncirli-Değirmendere'de (6,13) değerlerin yüksek olduğu ve flüvyal aşındırmanın yoğun düzeyde yaşandığı anlaşılmaktadır. Aşağı Dere, Bahçecik Dere, Koca Dere, Koyanlık Dere havzalarında katsayısı oranı düşük değerlerde olup bu havzalarda ani taşkın hidrograflarının görülmesi oldukça yüksektir.

Birleşik Şekil Faktörü (R_u): Havza uzunluğunun havza alanının karekökü ne bölünmesiyle hesaplanan birleşik şekil faktörü, havza geometrisi hakkında yorum yapılabilecek veriler ortaya koymaktadır (Bull ve McFadden, 1977: 117). Göksu Çayı Havzası'nda 1,43 oranı ortaya çıkarken, Yenişehir Havzası'nda 1,32 ve İnegöl Havzası'nda 0,69 değeri hesaplanmıştır. Biçim katsayısı ile orantılı olan birleşik şekil faktörü sonuçlarında Göksu Çayı ve Yenişehir Havzası'nda uzunlamasına yapı dikkat çekerken, İnegöl Havzası'nda flüvyal aşındırmanın yoğunluğu öne çıkmaktadır. Bedresu, Bıçkı, Deliçay, Gürlek, İncirli, Kabafındık, Kalburt ve Karaçam dereleri havzalarında uzunlamasına havza yapısı ve uzun süreli taşkın durumlarının diğer havzalara göre daha yüksek ihtimal dahilinde olduğu ortaya çıkmaktadır.

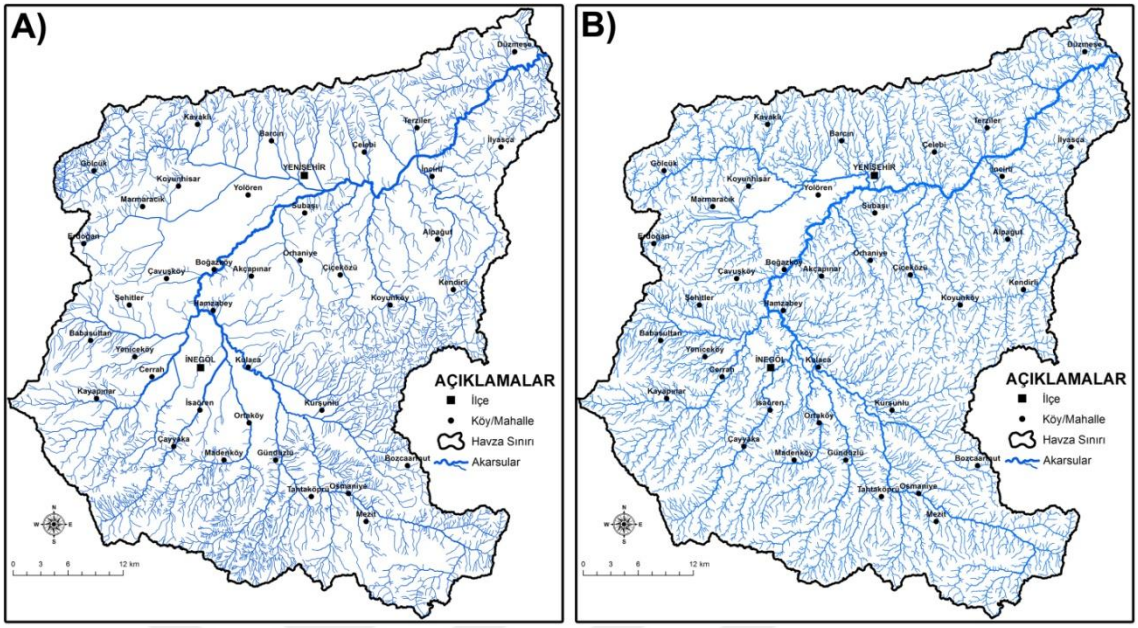
Havza Şekil Faktörü (R_s): Ana akarsu uzunluğunun havza ile aynı alana sahip dairenin çapına oranlanmasıyla hesaplanan indis sonuçları, havza geometrisini, akarsu yataklarına olan antropojenik müdahaleyi ve flüvyal süreçleri analiz etmede kullanılabilmektedir (Seth vd., 1998: 14). İndis sonuçlarına göre Göksu Çayı Havzası'nda 1,68'lik değer ortaya çıkarken, Yenişehir Havzası'nda 1,63 ve İnegöl Havzası'nda 0,72 sonucu elde edilmiştir. Göksu çayı havzasının uzunlamasına yapıda olduğu yatak oranının bu yapıda önemli rol oynadığı ve şekillenmesinde flüvyal süreçlerin egemen olduğu yorumu

yapılabilmektedir. İnegöl Havzası'ndaki alt havzaların birçoğunda, Yenişehir alt havzalarının Avdan Dağları yamaçlarından güneye akış gösteren akarsulara sahip havzalarda jeomorfolojik koşullar ile ortaya çıkan konsekant akarsular havza şekil faktörünü etkileyen temel unsurdur. Aynı zamanda havzanın güneyindeki Uludağ ve Domaniç kütlelerindeki dirençli ve geçirimsiz tabaklardan oluşan arazilerde belirtilen oranın yüksek olmasını etkilemiştir. Ancak Dimbaz Dere havzası gibi kurutma kanalı ya da diğer antropojenik kökenli müdahalenin olduğu havzalarda görünüm daha dairesel hal almış ve flüyal erozyonun dinamik yapısını etkilemiştir.

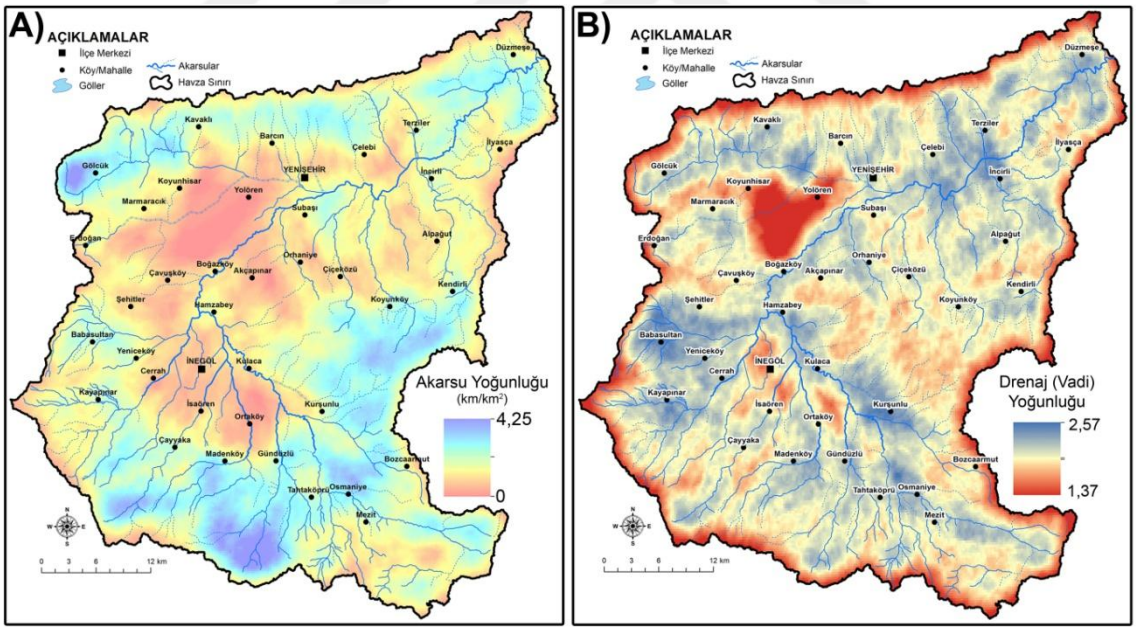
Havza Görünüm Oranı (V): Havzanın uzunluk ve genişliğinin oranlanmasıyla elde edilen indis sonuçları diğer verilerde olduğu gibi havza geometrisi ve havzanın yapısal denetimi hakkında bilgi vermektedir (Karataş, 2017: 126). Havza görünüm oranı Göksu Çayı Havzası için 1,51 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda 1,42 ve İnegöl Havzası'nda 0,44 oranında değerler ortaya çıkar. Göksu Çayı Havzası kuzey bölümü tektonik hatlara uyum sağlarken güney bölümünde topografik koşullar havzanın drenaj yapısında önemli rol oynar. Alt havzalarda en yüksek değere sahip Bedresu Dere (7,8) ve Deliçay Dere (8,01) havzaları topografik koşulları neticesinde oluşan konsekant akarsular vasıtasıyla bu değere ulaşmaktadır. En düşük değere sahip Koyanlık Dere (0,71) havzasında ise liotlojik yapı (kireçtaşı) ve tektonik doğrultular havza görünümünün dairesel olmasına sebebiyet vermiştir

Drenaj (Vadi) Yoğunluğu (D_d): Havzadaki toplam drenaj uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle hesaplanan drenaj yoğunluğu analizi, taşkın hidrografı, flüvyal aşındırma derecesi ve bunu denetleyen etmenler ile havzanın jeomorfolojik ve klimatolojik özellikleri hakkında bilgiler sunmaktadır (Cürebal, 2004: 19; Özdemir, 2011: 462; Karataş, 2014: 119). Havzalardaki drenaj uzunluğunun hesaplanmasında sürekli, mevsimlik ve akıştan yoksun olan bütün vadi ve kanalların toplamı dikkate alınmaktadır. Böylece indis, yüzeysel akışa geçebilecek alanların taşkın parametreleri için bilgi sağlarken, havzaların jeomorfolojik oluşumu hakkında da önemli bilgiler ortaya koymaktadır. Drenaj yoğunluğu Göksu Çayı Havzası'nda 2,15 oranındayken, Yenişehir Havzası'nda 2,13 ve İnegöl Havzası'nda 2,19'dur (Şekil 65 ve 66). Değerlerin birbirine yakınlığı havzanın tamamı ile kuzey ve güneyinde yapısal özelliklerin, sızma, geçirimlilik ve klimatolojik faktörlerin drenaj üzerinde ortalama bir etkiye sahip olduğunu gösterir. Alt havzalar kapsamında, Büyükazmak Dere (1,37) ve Dimbaz Dere (1,93) havzalarında değerlerin düşük olması, ova tabanında yer alan akarsuların yoğun bir sızmaya maruz kalması ve düz bir rölyefe sahip olan sahada vadi oluşumunun çok az olmasıyla açıklanmaktadır. Yüksek değerlerin görüldüğü havzalar genellikle daha küçük alanlı ve uzunlamasına yapı sunan havzalardır. Ancak Kara Dere (2,52) havzasında en yüksek değerlerin görülmesinin nedeni; Uludağ'ın oluşturduğu yüksek eğim değeri, bu alandaki mermer başta

olmak üzere geçirimsiz kayaçların sızma oranını düşürmesi ve klimatik koşulların etkisiyle yüzeysel akışa geçen suların erozyonal faaliyetlerle vadiler oluşturmasıdır.



Şekil 65: Göksu Çayı Havzası'nda A) akarsu dağılışı ve B) vadi dağılışı



Şekil 66: Göksu Çayı Havzası'nda A) akarsu yoğunluğu (sıklığı) B) drenaj (vadi) yoğunluğu

Göksu Çayı Havzası'nın vadi uzunluğunun enterpole edilmesiyle ortaya konulan drenaj yoğunluğu haritasında en düşük değerler Yenişehir Ovası, özellikle eski Marmaracık gölü kesimi ile İnegöl Ovası ve su bölümü çizgisindeki düzlüklerde yoğunlaşmıştır. Sızma kapasitesi ve jeomorfolojik görünüm bu alanlarda yoğunluğun düşük olmasında rol oynayan

temel etmenlerdendir. En yüksek değerler Kara Dere havzası ile Koca Dere, Kalburt Dere, Bahçecik Dere ve Göksu Çayı'na katılan daha alt dizindeki akarsuların oluşturduğu sahalardır.

Akarsu Sıklığı (F_s): Havzadaki akarsu dizin sayıları ile havza alanının oranlamasıyla elde edilen akarsu sıklığı, havzaların drenaj sistemi ve bunu etkileyen etmenler hakkında bilgi sunar (Cürebal, 2004: 20; Karataş, 2017: 127). Göksu Çayı Havzası'nda hesaplanan akarsu sıklığı oranı 1,66 iken Yenişehir Havzası'nda 1,55 ve İnegöl Havzası'nda 1,78'dir. Havzada her bir km^2'ye ortalama 2'den fazla akarsu düşmemesinin nedeni iki geniş ovada akarsuların tek bir ana akarsu tarafından drene edilmesiyle açıklanabilmektedir. Alt havzalarda en yüksek akarsu sıklığına, Leblebi Dere (5,82) Karapınar Dere (5,99), Koyanlık Dere (4,44) ve Çandır-Oylat Dere (3,38) havzaları sahiptir. Leblebi ve Karapınar dere havzalarında değerlerinin yüksek çıkması, havza alanının oldukça küçük olması ve Göksu Çayı'na katılan 1. ve 2. dizinden birçok akarsu barındırmasıyla açıklanabilmektedir. Koyanlık Dere havzasında az geçirimli birimlerin varlığı ve flüvyo-karstik sahadaki 1. dizinde akarsuların çokluğu oranının yüksek olmasını sağlarken, Çandır Dere havzasında ise yüksek kesimlerde granit litolojisinin geçirimliliği düşürmesi ve çok sayıda kısa boylu mevsimlik akarsuların yüzeysel akışa geçmesiyle açıklanmaktadır. Akışı bulunan akarsuların enterpole edilmesiyle oluşturulmuş akarsu yoğunluğu haritasında yüksek değerlerin bu alanlarda olduğu da dikkat çekmektedir (Şekil 66).

Yatak Varlığı Sabitesi (C): Havza alanının toplam drenaj uzunluğuna oranlanmasıyla hesaplanan indis sonuçları havzadaki flüvyal aşındırmanın yorumlanmasında kullanılmaktadır (Schumm, 1954, 217: Engstrom, 1989: 448). Göksu Çayı Havzası'ndan yatak varlığı sabitesi 0,46 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir (0,46) ve İnegöl (0,45) havzalarında da benzer oranlar ortaya çıkmıştır. Vadi yoğunluğunun düşük olduğu Büyükazmak Dere (0,72), Dimbaz Dere (0,57) ve Koca Dere (0,52) havzalarında yatak varlığı sabitesi en yüksek değerlerdedir. Bu veriler, havzalarda vadilerin erozyonal faaliyetlerde daha geniş alana denk geleceğini göstermektedir.

İnfiltrasyon Sayısı (IN): Vadi yoğunluğu ve akarsu sıklığının çarpımı ile hesaplanan indis genel olarak formülde kullanılan verilerle birlikte analiz edilmektedir (Zavoianu, 1985: 31; Karataş, 2017: 131). Analiz sonuçları havzadaki akarsuların uzunluğu ve dizin sayısı hakkında genel değerlendirmelerle, jeomorfoloji ve hidrografik yorumlamalara bilgi sunmaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda IN oranı 3,56 iken Yenişehir Havzası'nda 3,3 ve İnegöl Havzası'nda 3,89 olarak hesaplanmıştır. Çandır Dere, Leblebi Dere, Karataş Dere ve Girdap Dere gibi havzalarda yüksek çıkan oran topografik eğime uyan 1. dizindeki konsekant akarsuların varlığını göstermektedir. En düşük değerin görüldüğü Büyükazmak Dere havzasında ise dizin sayısı, vadi ve eğimin oldukça düşük olması bu durumun nedenidir.

Tablo 23: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarının alansal morfometrik indis değerleri

Havzalar	A (km^2)	P (km)	R_c	R_e	R_k	R_f	R_{cf}	R_s	D_d	Fs	IN	R_t
Göksu Çayı Havzası	2439,04	306,71	0,32	0,78	1,75	0,55	2,04	1,68	2,15	1,66	3,56	8,67
Yenişehir Havzası	1272,11	211,39	0,35	0,84	1,67	0,58	1,76	1,63	2,13	1,55	3,3	5,86
İnegöl Havzası	1166,93	195,59	0,38	1,63	1,61	0,77	0,47	0,72	2,19	1,78	3,89	7,26
Akçasu Dere	138,59	58,6	0,5	0,69	1,4	0,5	2,63	2,23	2,18	2,02	4,4	3,25
Aksu Dere	254,62	99,97	0,32	0,63	1,76	0,5	3,19	1,99	2,18	1,91	4,16	3,43
Aşağı Dere	43,02	33,49	0,48	0,81	1,44	0,48	1,92	1,4	2,19	2,18	4,77	1,7
Aydoğdu Dere	37,77	31,93	0,46	0,58	1,46	0,92	3,74	1,59	2,34	1,1	2,57	0,78
Bahçecik Dere	89,45	52,12	0,41	1,02	1,55	1,21	1,16	0,76	2,22	2,01	4,42	2,16
Bayramdede Dere	8,05	13,76	0,53	0,71	1,36	0,97	2,51	1,22	2,37	0,87	2,06	0,23
Bedresu Dere	83,12	59,38	0,29	0,42	1,83	1,04	7,04	2,48	2,1	1,98	4,15	1,92
Bıçkı Dere	38,14	38,58	0,32	0,43	1,76	1,1	6,77	1,76	1,93	2,05	3,95	1,5
Borucak Dere	34,42	33,17	0,39	0,76	1,59	0,49	2,17	1,28	2,36	2,82	6,65	1,72
Büyükazmak Dere	40,77	38,31	0,34	0,51	1,69	1,21	4,87	1,11	1,37	0,27	0,36	0,07
Çiftlik Dere	18,21	21,83	0,48	0,75	1,4	0,55	2,25	1,52	2,17	1,88	4,07	1,05
Çoklum-Aydere	25,52	28,25	0,4	0,63	1,57	0,65	3,11	1,79	2,14	1,25	2,67	0,63
Çandır-Oylat Dere	127,77	67,34	0,35	0,62	1,68	0,81	3,2	1,62	2,14	3,38	7,23	4,62
Çayköy Dere	94,35	55,23	0,38	0,7	1,6	0,58	2,54	1,31	2,07	2,43	5,03	2,75
Dedeler Dere	26,67	30,79	0,35	0,7	1,68	1,1	2,58	1,29	2,21	0,5	1,1	0,29
Deliçay Dere	15,88	27,56	0,26	0,39	1,95	0,98	8,27	2,49	2,11	1,6	3,65	0,61
Dimbaz Dere	154,71	62,73	0,49	0,7	1,42	0,68	2,54	1,76	1,73	0,58	1	0,7
Eşikdibi Dere	30,89	32,62	0,36	0,53	1,65	0,97	4,39	1,95	2,19	1,7	3,72	0,92
Girdap Dere	100,08	60,21	0,34	0,55	1,69	0,6	4,08	2,21	2,19	2,46	5,38	2,6
Gümbüztek Dere	26,49	28,32	0,41	0,54	1,55	0,74	4,34	1,84	2,37	0,69	1,63	0,35
Gürlek Dere	18,01	25,25	0,35	0,44	1,67	0,82	6,53	2,23	2,19	1,38	3,02	0,6
İncirli Değirmen D.	89,19	74,97	0,19	0,45	2,23	0,78	6,13	3,08	2,2	1,68	3,69	1,17
Kabafındık Dere	11,34	19,72	0,36	0,45	1,65	1,05	6,06	2,33	2,48	1,81	4,48	0,63
Kalburt-Cerrah D.	146,3	63,14	0,46	0,66	1,67	0,49	2,9	1,98	2,17	1,06	2,3	1,55
Kara Dere Havzası	112,91	48,78	0,59	0,7	1,29	0,48	2,56	1,68	2,52	0,89	2,24	1,17
Karaçam Dere	12,94	23,56	0,29	0,4	1,84	0,85	7,63	2,23	2,24	1,84	4,12	0,63
Karagölet Dere	6,91	13,91	0,44	0,53	1,49	0,96	4,47	1,36	2,15	0,57	1,22	0,15
Karakuş (Kapaklı)	31,07	29,04	0,46	0,65	1,47	0,64	2,99	1,64	2,3	1,22	2,8	0,65
Karapınar Dere	4,34	10,64	0,48	0,61	1,44	0,67	3,36	1,57	2,44	5,99	14,6	1,22
Karataş Dere	14,36	21,39	0,39	0,56	1,59	0,64	3,95	1,97	2,07	3,28	6,78	1,64
Kavaklı Dere	69,74	48,09	0,37	0,64	1,62	0,48	3,03	1,85	2,22	0,72	1,59	0,6
Kayapınarı Dere	28,7	30,75	0,38	0,56	1,16	0,77	3,95	2,11	2,32	0,78	1,8	0,45
Koca Dere	145,21	62,87	0,46	0,83	1,47	0,79	1,81	1,27	2,23	1,08	2,4	1,51
Yukarı Kocadere	18,8	25,41	0,36	0,5	1,65	1,21	4,99	1,82	1,88	1,32	2,48	0,59
Kocakızıl Dere	6,99	12,9	0,52	0,54	1,37	0,94	4,24	1,44	2,47	2,57	6,34	0,77
Kovanlık Dere	68,76	52,84	0,3	0,46	1,94	0,6	5,09	2,63	2,13	1,51	3,21	1,32
Koyanlık Dere	63,2	37,6	0,56	1,08	1,33	0,41	1,07	1,46	2,12	4,44	9,41	4,84
Leblebi Dere	2,23	6,91	0,58	0,79	1,3	0,78	2,01	1,29	2,46	5,82	14,3	1,01
Mezarlık Dere	17,65	20,97	0,5	0,58	1,4	0,79	3,67	1,7	2,39	1,52	3,63	0,71
Musluk Dere	24,36	28,59	0,37	0,59	1,63	0,61	4,03	2,11	2,24	0,79	1,76	0,45
Sağlam Dere	14,37	21,93	0,37	0,73	1,63	1,19	2,32	1,35	2,34	1,04	2,43	0,36
Yol Dere	19,77	25,67	0,37	0,49	1,62	0,78	5,18	2,03	2,41	1,57	3,78	0,72
İ-1 Havzası	6,73	11,39	0,56	2,03	1,25	1,3	0,66	0,76	2,31	0	0	0
İ-2 Havzası	6,91	14,06	0,43	0,63	1,51	0,47	3,18	2,15	2,25	0,57	1,28	0,14
İ-3 Havzası	1,91	7,31	0,46	1,63	1,85	3,82	3,01	2,06	3,15	0	0	0
İ-4 Havzası	32,29	36,75	0,3	1,5	1,82	0,78	0,55	0,9	2,37	1,62	3,83	0,84
İ-5 Havzası	10,39	16,31	0,61	1,89	1,56	0,92	0,4	0,58	2,84	0	0	0
İ-6 Havzası	23,73	35,49	0,23	2,16	2,01	0,92	0,29	0,49	2,47	0	0	0
İ-7 Havzası	6,42	10,98	0,66	1,08	1,22	0,88	1,07	0,78	2,44	4,84	11,8	1,65
İ-8 Havzası	13,02	25,43	0,25	1,69	1,98	0,94	0,44	0,62	2,23	2,53	5,64	0,78

İ-9 Havzası	17,84	25,02	0,35	0,53	1,67	0,72	4,44	1,83	2,19	0,17	0,37	0,08
İ-10 Havzası	2,14	7,85	0,46	1,28	1,55	1,18	2,12	1,33	2,23	0	0	0
İ-11 Havzası	1,81	8,41	0,5	2,11	2,21	1,35	1,21	1,32	2,46	0	0	0

Tekstür Oranı (R_t): Havzadaki 1. dizinde yer alan akarsu sayısı toplamının havza çevre uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanan oran en eski alansal morfometrik indislerdendir (Strahler, 1957: 916). İndis sonuçlarının yüksek olması sızma miktarının az ve litolojik yapının geçirimsiz olduğunu göstermektedir. Göksu Çayı Havzası'nda tekstür oranı 8,67 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda 5,86 iken İnegöl Havzası'nda 7,26'dır. Havza alanı ile orantılı olan tekstür oranı doğal olarak 1. dizindeki akarsu sayısının da artmasına neden olacaktır. Bu nedenle özellikle metamorfik birimlerin yoğun olduğu sahalardaki kısa boylu akarsu varlığı Göksu Çayı Havzası'nın tamamı ile İnegöl Havzası'nda oranın yüksek olmasını sağlamıştır. Alt havzalarda en yüksek değer Çandır-Oylat Dere havzasında (4,62) iken en düşük değer Karagölet Dere havzasında (0,15) hesaplanmıştır.

Havza Şekli (Rf): İndis, havza alanının havza uzunluğunun karesine bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Horton, 1932: 355; McNab, 1989: 95; Reddy vd., 2002: 11). Biçim katsayısının tersini ifade eden indis sonuçları havzaların şekilsel yapısı, sel-taşkın hidrografisi ve flüvyal süreçlerin dinamik işleyişi hakkında bilgi vermektedir (Özdemir, 2011: 462). Göksu Çayı Havzası'nda Rf oranı 0,48 iken Yenişehir Havzası'nda 0,56 ve İnegöl Havzası'nda 2,09 olarak hesaplanmıştır. İnegöl Havzası'nda değerlerin yüksek çıkması havzada ani yağışlarla sel-taşkın hadisesinin yoğun yaşanacağı, bu durumun özellikle yan kollardan gelen kısa süreli akımlarla olabileceği yorumu yapılabilmektedir. Uzunlamasına şekilli havzalarda oran daha düşük çıkarken dairesel havzalarda daha yüksek çıkmaktadır.

3. 2. Çizgisel Morfometri

Çizgisel morfometri kapsamında Göksu Çayı Havzası'nın ve alt havzaların uzunluk, genişlik ve akarsu uzunluk parametreleri kullanılarak 13 farklı indisle hesaplamalar yapılmıştır (Tablo 24). Elde edilen sonuçların düşük ve yüksek değerleri analiz edilmiş ve havzalar arasında korelasyona tabi tutularak açıklanmıştır.

Havza Uzunluğu (L) ve Genişliği (W): Havzaların uzunluk ölçümü, akarsuların ağız ve kaynak noktaları arasında çizilen paralel doğrultusudur. Bu doğrultu iki uç noktasında su bölümü çizgisinin oluşturduğu sınırdan başlayıp yine aynı şekilde su bölümü çizgisinde sonlanmaktadır. Havza genişliği ise havza uzunluğuna dik olarak çizilen en uzun doğrultudur. Göksu Çayı Havzası'nın havza uzunluğu 70,68 km maksimum havza genişliği 46,57 km'dir. Yenişehir Havzası'nda uzunluk 47,41 km, genişlik 33,32 km iken İnegöl Havzası'nda havza uzunluğu 23,62 km genişlik 53,58 km'dir. Alt havzaların ortalama havza uzunluğu 12,28 km

iken maksimum havza genişliği 5,02 km'dir. Yenişehir Havzası'nda akarsuların genellikle konsekant özelliğinde olması ve Göksu Çayı'na bağlanması, İnegöl Havzası'nda akarsuların ova tamamına doğru akış göstermesi birçok alt havzada uzunluk oranın fazla olmasına ve havzaların geometrik yapısının uzunlamasına şekil almasına sebebiyet vermiştir.

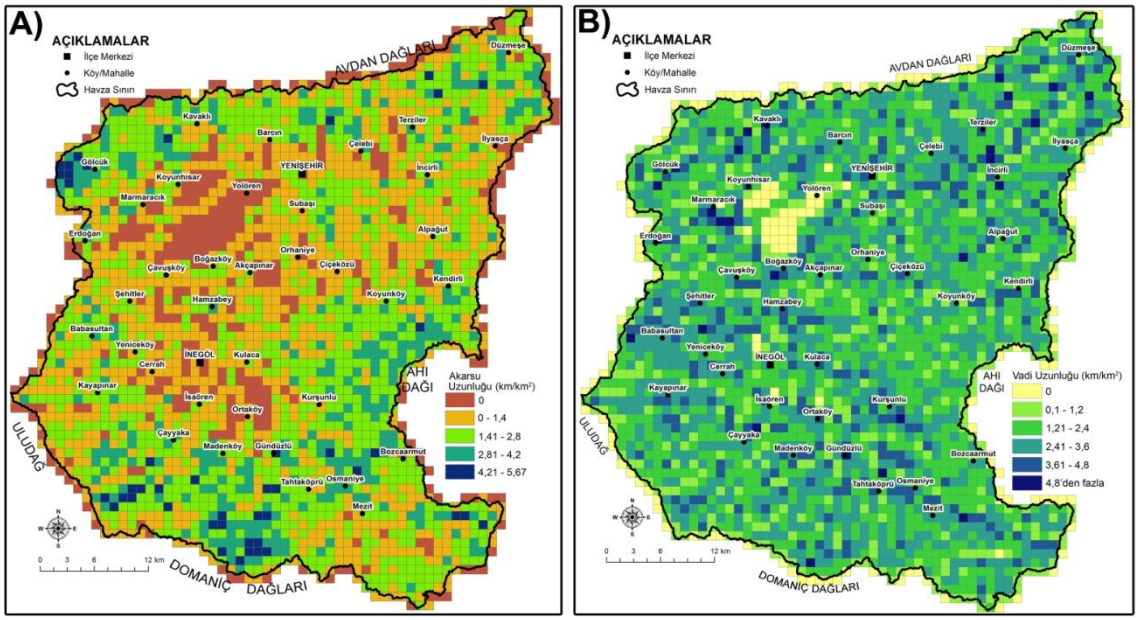
Tablo 24: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarına uygulanan çizgisel morfometrik indisler

	İndis	**Formülü - Açıklama**	**Kaynak**
1	Havza Uzunluğu	L	Schumm (1956)
2	Maksimum havza genişliği	W	Schumm (1956)
3	Ana akarsu uzunluğu	L_m	Strahler (1964)
4	Toplam akarsu uzunluğu	$Ls_{um} = \left(\sum_{i+1}^{N} S\right)$	Strahler (1964)
5	Ortalama akarsu uzunluğu	$L_a = L_{sum} / A$	Strahler (1964)
6	Akarsu uzunluk oranı	$R_L = L_u / L_{u+1}$	Strahler (1964)
7	Çatallanma oranı	$R_b = N_u / N_{u+1}$	Strahler (1964)
8	Yatak eğimi oranı	$R_M = \frac{(HmaxLm)-(HminLm)}{Lm}$	Miller (1990)
9	Yatak kıvrımlığı oranı	$R_{si} = L_m / L_d$	Hack (1957)
10	Yüzeysel akış uzunluğu	$L_O = 1 / 2D_d$	Horton (1945)
11	Uygunluk oranı	$R_i = L_m / P$	Melton (1958)
12	Rho Katsayısı	$R\rho = R_L / R_b$	Horton (1945)
13	Eksantriklik oranı	$R_{eg} = \frac{\sqrt{(\lvert(Lc^2 - Wg^2)\rvert)}}{Wg}$	Black (1972)

Ana Akarsu Uzunluğu (L_m): Havzaların ana akarsu uzunluğu, akarsuların ağız kesimi ile en alt dizine kadar olan vadi kanalının ölçülmesi sonucu hesaplanmıştır. Göksu Çayı Havzası'nın ana akarsu uzunluğu ise Göksu Çayı ve Boğazköy mevkiinden sonra Bedresu Dere temel alınarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda havzanın ana akarsu uzunluğu 93,94 km'dir. Alt havzalarda ana akarsu uzunluğu ortalaması 13,51 km olup, 14 havzanın ana akarsu uzunluğu bu mesafenin üstünde değere sahiptir.

Toplam Akarsu Uzunluğu (L_{sum}): Havzalardaki akışı bulunan bütün akarsuların toplamını ifade etmektedir. Göksu Çayı Havzası'nda toplam akarsu uzunluğu 3899,2 km, Yenişehir Havzası'nda 1871,2 km, İnegöl Havzası'nda 2053,8 km olarak hesaplanmıştır. Alt havzalarda toplam akarsu uzunluğunun ortalaması 89,45 km'dir. 14 alt havza ortalama değerin üzerinde toplam akarsu uzunluğuna sahiptir.

Akarsu uzunlukları km^2'ye düşen miktar bazında değerlendirildiğinde, Yenişehir ve İnegöl ovalarının belli kesimlerinde km^2'ye hiçbir akarsu düşmediğini görülmektedir (Şekil 67). Koyanlık Dere havzasının yukarı kesimi ile Ahı Dağı ve Domaniç Dağları'nda geçirimsiz birimlerden müteşekkil sahalarda km^2'ye 4 km'den fazla akarsu uzunluğu düşmektedir. Meydana gelen dağılışta litolojik birimlerin özelliği, strüktürün permaabilite ve porozite oranları önemli rol oynamıştır. Vadi uzunluklarının km^2'ye düşen değerleri ise daha farklı bir dağılış göstermektedir. Km^2'ye düşen vadi uzunluğu ana akarsulara katılan kısa boylu tali kolların olduğu sahalarda yoğunlaşmakta ve 4 km'den daha fazla bir değer hesaplanmaktadır. Yenişehir Ovası'nın batısı ise vadi uzunluğunun hiç olmadığı sahayı teşkil etmektedir.



Şekil 67: Göksu Çayı Havzası'nda km^2'ye düşen, A) akarsu uzunluğu ve B) vadi uzunluğu

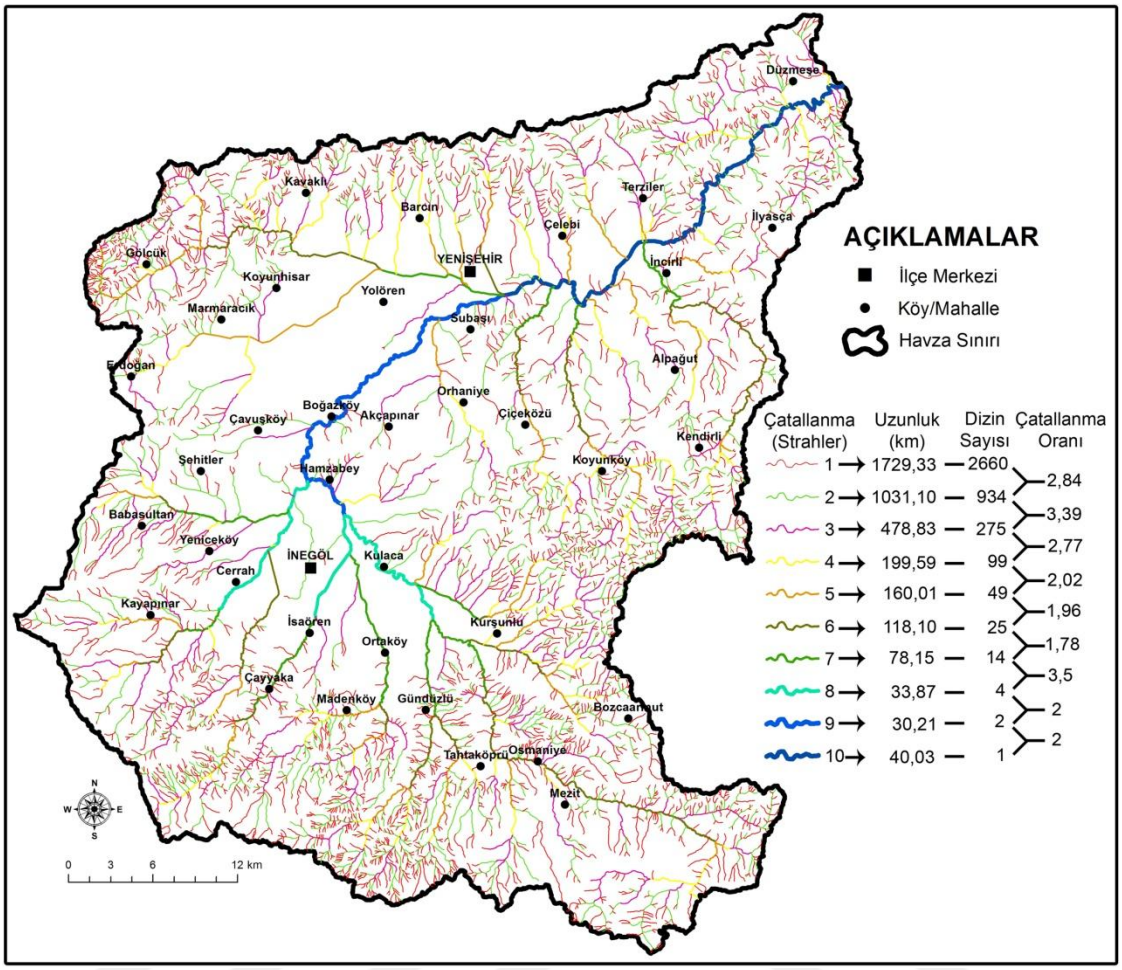
Ortalama Akarsu Uzunluğu (L_a): Havzalarda ölçülen toplam akarsu uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlar havzaların km^2'ye düşen yüzeysel akışını ortaya koymaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda ortalama akarsu uzunluğu 1,59 km olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda 1,47 iken İnegöl Havzası'nda 1,76 km'dir. Göksu Çayı Havzası'nın güneyinde akarsu yoğunluğunun fazla olması doğal olarak ortalama akarsu uzunluğunu da arttırmıştır. Alt havzalarda Leblebi Dere havzasının oldukça küçük alanlı olması ve kısa boylu tali akarsularla drene edilmesi ortalama akarsu uzunluğun en yüksek görüldüğü havzayı (3,63) oluşturmasına neden olmuştur. Diğer yüksek değerler, Koyanlık Dere, Çandır Dere, Karapınar Dere, Karataş Dere ve Çayköy Dere havzalarındadır. En düşük değer ise tek akarsuyun drene ettiği Büyükazmak Dere havzasında görülmektedir.

Akarsu Uzunluk Oranı (R_L): Dizinler arasındaki ortalama akarsu oranını ifade eden indis sonuçları sel-taşkın hidrografları, akım toplama süresi ve havzadaki erozif faaliyetler hakkında bilgiler sunmaktadır (Patton, 1988: Özdemir, 2011: 460). Göksu Çayı Havzası'nda R_L

değeri 1,6 olarak hesaplanırken, Yenişehir Havzası'nda 1,55 ve İnegöl Havzası'nda 2,42 oranı ortaya çıkmıştır. Göksu Çayı Havzası genelinde değerlerin ortalama bir yapı sunduğu görülmektedir. Ancak İnegöl Havzası'ndaki yüksek değerler ani taşkın piklerinin olabileceği yorumunu yapmamızı sağlamaktadır. Alt havzalardan; Bahçecik Dere (4,91), Bayramdede Dere (5,98), Çoklum-Aydere (3,45) Kocadere (3,03) Yukarı Kocadere (4,14) Kovanlık Dere (3,63) ve Koyanlık Dere (3,03) havzalarında yüksek değerler gözlemlenmektedir. Bu havzaların taşkın pikleri basık ve düşük eğimli olarak uzun sürelidir. Ayrıca havzaların şekilsel yapılarının farklı olması değerlerin bu şekilde rol oynamasında litolojik yapının, tektonizmanın ve flüvyal aşındırmanın rol oynadığını da göstermektedir. Büyükazmak ve Leblebi derelerde düşük değerler ise ani taşkınların olabilme ihtimalinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Çatallanma Oranı (R_b): Farklı yöntemleri bulunan çatallanma oranı Strahler yöntemine göre her dizindeki akarsu sayısının bir üst dizindeki sayıya bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Strahler, 1952: 1137; Cürebal, 2006: 72; Özşahin, 2008: 307). Dizinlerin kendi arasında değerlendirilmesinden çok bütün dizinlerin ortalamasının alınması ve diğer havzalarla karşılaştırılması çatallanma oranını ifade etmektedir (Özdemir, 2011: 459). Analiz sonuçları flüvyal süreçler, topografik aşınım, akımlar ve bunları denetleyen jeolojik, jeomorfolojik ve klimatik koşullar hakkında fikir vermektedir.

Göksu Çayı Havzasında R_b değeri 2,47 iken Yenişehir Havzası'nda 2,62 ve İnegöl Havzası'nda 2,37 olarak hesaplanmıştır. Değerlerin Yenişehir Havzası'nda daha yüksek olması havzanın tali akarsuların tek bir kanala yönlenmesi ve jeomorfolojik koşullardan eğimin, tektonik hatların akarsuların kanalları belirlemesiyle açıklanmaktadır. Ancak İnegöl Havzası'nda ova tabanına doğru kanalize olan akarsuların birçok ana akarsu tarafından üst dizinde de drene edilmesi değerin Yenişehir Havzası'na göre daha düşük çıkmasına neden olmuştur (Şekil 68). Alt havzalarda en yüksek değer Aşağı Dere havzasında (4,49) en düşük değerler Bayramdede Dere (1,5) ve Karagölet Dere (1,5) havzalarında hesaplanmıştır. İki havzanın da küçük alanlı ve üst dizinleri bulunmayan ana akarsuya bağlanan tali kollardan oluşması bu duruma neden olmuştur. İki havzada daha çok sel karakterli bir görünüm sunmaktadır.



Şekil 68: Göksu Çayı Havzası'nda akarsuların çatallanma dağılışı, akarsu dizin uzunluğu, sayısı ve çatallanma oranları

Yatak Eğimi Oranı (R_M): İndis, havzadaki ana akarsuya ait en alçak ve en yüksek noktalar arasındaki irtifa farkının akarsu uzunluğuna oranı şeklinde ifade edilmektedir (Miller, 1953; Karataş, 2017: 139). Hesaplanan sonuçlar üzerinden havzalardaki flüvyal süreçler, aşınım ve parçalanma durumu, tektonik yapının havzalar üzerindeki etkisi yorumlanabilmektedir. Göksu Çayı Havzası'nda yatak eğimi oranı 0,025'tir. Bu değer Yenişehir Havzası'nda 0,016 iken İnegöl Havzası'nda 0,08'dir. İki havza arasındaki farkın bu kadar fazla olmasının nedeni tektonik yükselmenin güneyde oldukça yüksek irtifalara çıkması ve kuzeyde irtifa farklarının daha az olup genel eğimin daha düşük seviyelerde olmasıdır. Diğer bir bakış açısıyla Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyi daha düşük eğimi olan akarsulardan müteşekkilken, havzanın güneyinde daha yüksek akışlı ve sel karakterli akarsu havzaları bulunmaktadır. Alt havzalar kapsamında en yüksek değer Bıçkı Dere (0,14), Kara Dere (0,1), Karapınar Dere (0,16) ve Leblebi Dere (0,12) havzasında görülür. En düşük değer Yenişehir ova tabanında akış gösteren Büyükazmak Dere (0,19) havzasında hesaplanmıştır.

Tablo 25: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarının çizgisel morfometrik indis değerleri

Havzalar	L (km)	W (km)	L_m (km)	L_a (km)	L_{sum} (km)	R_L	R_b	R_m	R_{si}	L_o	R_i
Göksu Çayı Havzası	70,68	46,57	93,94	1,59	3899,2	1,6	2,47	0,025	1,32	0,23	0,3
Yenişehir Havzası	47,41	33,32	65,7	1,47	1871,2	1,55	2,62	0,016	1,38	0,23	0,31
İnegöl Havzası	23,62	53,58	28,13	1,76	2053,8	2,42	2,37	0,08	1,19	0,22	0,12
Akçasu Dere	19,1	9,2	29,73	1,74	241,1	2,06	2,53	0,059	1,55	0,22	0,5
Aksu Dere	28,5	14,1	35,99	1,84	469,1	2,23	3,13	0,045	1,26	0,22	0,36
Aşağı Dere	9,1	8,5	10,39	1,85	79,8	1,81	4,49	0,076	1,14	0,22	0,31
Aydoğdu Dere	11,9	3,7	11,08	1,3	49,3	2,01	2,69	0,054	0,93	0,21	0,34
Bahçecik Dere	10,2	9	8,2	1,74	155,9	4,91	2,84	0,086	0,81	0,22	0,15
Bayramdede Dere	4,5	2,1	3,91	1,01	8,19	5,98	1,5	0,081	0,86	0,21	0,28
Bedresu Dere	24,2	3,1	25,55	1,71	142,8	1,82	2,41	0,064	1,05	0,23	0,43
Bıçkı Dere	16,08	2,81	12,3	1,68	64,2	2,82	3,07	0,14	0,76	0,26	0,31
Borucak Dere	8,65	5,71	8,5	1,84	63,5	2,16	3,64	0,083	0,98	0,21	0,25
Büyükazmak Dere	14,1	4,16	8,06	0,65	26,5	0,64	1,97	0,019	0,57	0,36	0,21
Çiftlik Dere	6,41	4,46	7,34	1,69	30,8	2,82	3,95	0,097	1,14	0,23	0,33
Çoklum-Aydere	8,91	3,79	10,23	1,54	39,5	3,45	2,01	0,058	1,14	0,23	0,36
Çandır-Oylat Dere	20,25	7,53	20,76	2,55	325,9	2,09	3,07	0,074	1,02	0,23	0,3
Çayköy Dere	15,49	11,12	14,42	2,13	201,5	1,69	2,82	0,064	0,93	0,24	0,26
Dedeler Dere	8,31	3,22	7,51	1,03	27,5	1,37	3,25	0,056	0,9	0,22	0,24
Deliçay Dere	11,46	1,43	11,2	1,53	24,3	1,25	4,2	0,044	0,97	0,23	0,4
Dimbaz Dere	19,84	9,13	24,77	0,8	125,3	2,11	2,14	0,021	1,24	0,29	0,39
Eşikdibi Dere	11,65	2,58	12,26	1,56	48,1	1,77	1,91	0,041	1,05	0,22	0,37
Girdap Dere	20,21	6,65	25,01	1,99	199,9	1,9	3,1	0,033	1,23	0,22	0,41
Gümbüztek Dere	10,73	3,33	10,68	1,05	28,06	2,47	1,95	0,064	0,99	0,21	0,37
Gürlek Dere	10,85	2,05	10,67	1,76	31,7	2,48	2,1	0,047	0,98	0,22	0,42
İncirli-Değirmen D.	23,4	3,44	32,89	1,57	140,1	1,85	1,97	0,03	1,4	0,22	0,43
Kabafındık Dere	8,29	1,21	8,85	1,75	19,8	2,55	2,37	0,051	1,06	0,2	0,44
Kalburt-Cerrah D.	20,63	10,96	27,12	1,34	197,5	1,8	2,16	0,085	1,31	0,23	0,42
Kara Dere Havzası	17,03	11,57	20,21	1,41	159,3	2,77	1,83	0,1	1,18	0,19	0,41
Karaçam Dere	9,94	1,67	9,05	2,02	26,1	1,93	2,5	0,054	0,9	0,22	0,38
Karagölet Dere	5,56	1,78	4,04	0,83	5,78	1,53	1,5	0,05	0,72	0,23	0,29
Karakuş (Kapaklı)	9,65	4,67	10,31	1,49	46,6	1,85	2,11	0,065	1,06	0,21	0,35
Karapınar Dere	3,82	1,73	3,71	2,78	12,1	2,29	2,42	0,16	0,97	0,2	0,34
Karataş Dere	7,54	2,64	8,43	2,35	34,4	1,65	3,45	0,04	1,11	0,24	0,39
Kavaklı Dere	14,54	8,2	17,45	1,04	72,8	1,53	2,85	0,031	1,2	0,22	0,36
Kayapınarı Dere	10,65	2,89	12,77	1,06	30,5	1,99	4,12	0,053	1,19	0,21	0,41
Koca Dere	16,23	10,59	17,28	1,42	206,7	3,03	1,95	0,044	1,06	0,22	0,27
Yukarı Kocadere	9,69	1,74	8,91	1,42	26,8	4,14	2,01	0,058	0,91	0,26	0,35
Kocakızıl Dere	5,45	1,77	4,18	1,95	13,7	1,65	2,25	0,084	0,76	0,2	0,32
Kovanlık Dere	18,72	4,97	22,77	1,52	104,8	3,68	3,38	0,033	1,21	0,23	0,43
Koyanlık Dere	8,25	11,59	13,1	2,62	165,9	3,03	3,64	0,04	1,58	0,23	0,34
Leblebi Dere	2,12	1,31	2,17	3,63	8,1	1,51	1,91	0,12	1,02	0,2	0,31
Mezarlık Dere	8,05	2,75	8,07	1,46	25,9	1,7	2,16	0,066	1,01	0,2	0,38
Musluk Dere	9,92	3,36	11,74	1,11	27,2	2	2,33	0,045	1,18	0,22	0,41
Sağlam Dere	5,78	2,04	5,78	1,3	18,7	2,54	2,05	0,099	1	0,21	0,26
Yol Dere	10,12	2,48	10,2	1,59	31,5	2,65	2,01	0,049	1,01	0,2	0,39
İ-1 Havzası	2,11	3,83	1,35	-	-	-	0	0,1	0,63	0,21	0,2
İ-2 Havzası	4,69	2,3	6,39	1,54	10,7	1,72	1,5	0,03	1,36	0,22	0,45
İ-3 Havzası	2,4	0,71	0,71	-	-	-	0	0,46	0,29	0,15	0,09
İ-4 Havzası	4,25	7,05	5,8	1,77	57,4	3,86	3,42	0,11	1,36	0,21	0,15
İ-5 Havzası	2,04	5,98	1,87	-	-	-	0	0,14	0,91	0,17	0,11
İ-6 Havzası	2,66	12,59	2,04	-	-	-	0	0,15	0,9	0,2	0,05
İ-7 Havzası	2,63	3,23	2,25	3,03	19,5	4,5	3,4	0,21	0,85	0,2	0,2
İ-8 Havzası	2,4	5,38	2,56	2,46	32,1	2,27	3,5	0,19	1,02	0,22	0,1

İ-9 Havzası	8,9	2,81	8,73	0,68	12,2	4	2	0,027	0,98	0,22	0,34
İ-10 Havzası	2,13	1,46	1,24	-	-	-	0	0,37	0,58	0,22	0,57
İ-11 Havzası	1,48	2,54	0,53	-	-	-	0	0,49	0,35	0,2	0,06

Yatak Kıvrımlığı Oranı (R_{si}): İndis, havzadaki ana akarsu uzunluğunun bu akarsuyun ağız ve kaynak noktası arasındaki doğrultunun uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Hack, 1957: 61). Farklı alt türleri olan yatak kıvrımlığı oranı araştırma sahasında belirtilen formülle akarsu kıvrımlılığı olarak incelenmiştir. Göksu Çayı Havzası'nda yatak kıvrımlılığı oranı 1,32 olarak tespit edilirken Yenişehir Havzası'nda 1,38 ve İnegöl Havzası'nda 1,19 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda Göksu Çayı'nın bazı alanlarda tektonik hatlarla şekillenmesi ve eğimin azalması ile menderesli akış göstermesi yatak kıvrımlılığını arttırmıştır. Ancak İnegöl Havzası'nda yüksek kesimlerden eğim doğrultusunda inen ana akarsu hattı (Bedresu) ise özellikle geçirimsiz metamorfik birimlerde daha düz bir vadi kanalına sahiptir. Alt havzalarda Akçasu Dere (1,55) ve Koyanlık Dere (1,58) havzalarında en yüksek değerler görülürken Büyükazmak Dere'de en düşük (0,57) değer hesaplanmıştır. En düşük değerin Büyükazmak Dere havzasında görülmesi ova tabanında düz bir kanaldan akması ile alakalıdır. Akçasu Dere havzasındaki yüksek değer ise tektonik ötelenmenin belirgin şekilde akarsu yatağını K-G yönlü akışından B-D yönüne yönlendirmesiyle alakalıdır. Koyanlık Dere havzasındaki kıvrımlılık ise karstik birimlerin etkisi, tektonik hatlar ve kapma olaylarının yol açtığı keskin kapma dirsekleri ile ilişkilidir.

Yüzeysel Akış Uzunluğu (L_O): Havzaların drenaj yoğunluğunun oranlamasıyla hesaplanmaktadır. Bu indis sonuçları havzada km^2'ye düşen yüzeysel akışı vermekte ve aşındırmayı denetleyen faktörlerin ilişkisi hakkında bilgi sunmaktadır (Özdemir, 2011: 461). Göksu Çayı Havzası'nda yüzeysel akış uzunluğu 0,23 km olarak hesaplanmıştır. Yenişehir ve İnegöl havzalarında da çok yakın değerler olduğu anlaşılmaktadır. Akarsu ve vadi yoğunluğunun en az olduğu Yenişehir ova tabanında yer alan Büyükazmak Dere havzasında (0,36) en yüksek yüzeysel akışın görülmesi bu alanda seyelan karakterli akışın olduğunu göstermektedir.

Uygunluk Oranı (R_i): Bu indis havzadaki ana akarsu uzunluğunun havzanın çevre uzunluğuna bölünmesiyle elde edilmektedir (Szypula, 2015: 127; Karataş, 2017: 141). İndis sonuçları, havzaların oluşum gelişim safhası hakkında bilgi verirken akarsu dizinleri ve flüvyal süreçlerden erozif faaliyetleri hakkında bilgi sunmaktadır. Uygunluk oranı Göksu Çayı Havzası'nda 0,3 iken Yenişehir Havzası'nda 0,31 ve İnegöl Havzası'nda 0,12 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar bize Göksu Çayı Havzası kuzeyinin daha olgun yaşta bir yapı gösterdiği, ana akarsuyun yatağını derine değil artık yana doğru kazdığı ve genişlettiğini, menderesli akışların olduğunu kuvvetle muhtemel göstermektedir. Havzanın güneyinde ise irtifa farkının yüksek olduğu, daha geniş bir topografik görünüm arz ettiği bu nedenle flüvyal

faaliyetlerin yoğun şekilde yüzeyi aşındırdığı anlaşılmaktadır. Alt havzalarda en yüksek değer Akçasu Dere havzasında (0,5) en düşük değer Bahçecik Dere havzasında (0,15) görülmektedir Akçasu Dere havzasında aşağı çığırın ova tabanına yerleşmesi akarsuyun tektonik ötelenmeye uğraması oranı oldukça yüksek seviyeye çıkarırken, Bahçecik Dere'nin dairesel şekilli havza yapısı değerin düşük olmasına neden olmuştur.

Rho Katsayısı (Rρ): Akarsu uzunluk oranının havzanın ortalama çatallanma oranına bölünmesiyle elde edilen indis sonuçları, havzanın drenaj şebekesinin depolama kapasitesi, denüdasyonel hadiseler ve jeomorfolojik işleyiş süreçleri hakkında bilgi verir (Altın, 2018: 32). İndis sonuçlarına göre Göksu Çayı Havzası'nda 0,64 değeri hesaplanırken Yenişehir Havzası'nda 0,59 ve İnegöl Havzası'nda 1,02 değerleri hesaplanmıştır. Alt havzalarda en yüksek değer Bayramdede Dere havzasında (3,98) görülürken en düşük değer Deliçay Dere havzasında (0,29) görülmektedir. Veriler İnegöl Havzası genelinde depolanmanın daha düşük olduğunu, sel karakterli akışların yoğun yaşandığı ve bunun topografik yüzeyi aşındırdığı ve jeomorfolojik şekillenmede önemli rol oynadığını ortaya koyar.

Eksantriklik Oranı (R_{eg}): Havzanın ağırlık merkezine kadar olan akarsu uzunluğunun havza genişliği ile olan ilişkisi sonucu hesaplanan indis değeri havzaların taşkın hidrografı hakkında bilgi vermektedir (Karataş, 2017: 140). Göksu Çayı Havzası'nda eksantriklik oranı 0,44 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda bu oran 0,34 iken İnegöl Havzası'nda 0,74'tür. Değerler bize Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyinde taşkın karakterli bir havza yapısının olduğu güneyde ise sel karakterli durumun olma ihtimalinin yüksek olduğunu göstermektedir.

3. 3. Yüzeysel (Rölyef) Morfometri

Göksu Çayı Havzası'nda yüzeysel morfometri analizinde 17 farklı indis kullanılmış ve sayısal hesaplamaları analiz edilmiştir (Tablo 26). Yüzeysel morfometri de birçok harita üretilmiş ve indis sonuçlarının dağılışları açıklanmıştır.

Havza Rölyefi (B_h): Havzadaki en yüksek ile en alçak noktaların yükselti farkını ifade eden bu indis, havzanın jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik özellikleri başta olmak üzere birçok konu hakkında genel bilgiler sunmaktadır (Özdemir, 2011: 465; Özşahin, 2015: 109). Göksu Çayı Havzası'nın B_h değeri 2432 m'dir. Yenişehir Havzası'nda bu oran 1116 m iken İnegöl Havzası'nda 2269 m'dir. Değerler, Göksu Çayı Havzası'nın kuzey ve güney kesimindeki havzalarının birbirinden farklı topografik özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Değerlerin bu kadar farklı olmasında havzanın güneyindeki Uludağ ve Domaniç Dağları'nın neo-tektonik hareketlerle yükselmesi etkili olmuştur. Dolayısıyla bu durum İnegöl

Havzası'nın Yenişehir Havzası'na göre eğiminin fazla olmasına, akış hızının yüksek olmasına, aşınım parçalanmanın artmasına, flüvyal süreçlerin daha keskin topografik unsular sunmasına, sel, heyelan gibi hadiselerin olma olasılığının yüksekliğine sebebiyet vermiştir. Alt havzalarda en yüksek havza rölyefi Kalburt-Cerrah Dere havzasında (2258 m) iken en düşük değer Büyükazmak Dere (190 m) havzasındadır.

Tablo 26: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarına uygulanan yüzeysel morfometrik indisler

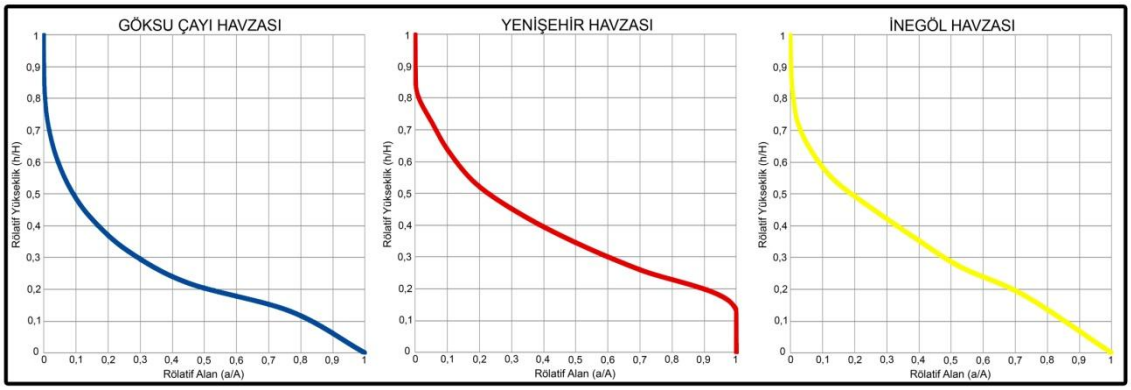
	İndis	**Formülü - Açıklama**	**Kaynak**
1	Havza rölyefi	$B_h = H_{max} - H_{min}$	Strahler (1952)
2	Rölyef oranı	$R_r = (H_{max} - H_{min}) / L$	Schumm (1956)
3	Engebelilik değeri	$R_n = D_d \times B_h$	Melton (1958)
4	Hiprometrik İntegral	$H_i = (H - H_{min}) / (H_{max} - H_{min})$	Strahler (1952)
5	Hiprometrik eğri	H_c = (h/H) ve (a/A)	Strahler (1952)
6	Gravelius indeksi	$G = P/2x\left[\left(\sqrt{\frac{A}{\pi}}\right)x\pi\right]$	Gravelius (1914)
7	Asimetri faktörü	AF= 100 (Ar / At)	Hare ve Gardner (1985)
8	Transverse topografik simetri faktörü	$T = D_a / D_d$	Cox (1994)
9	Yamaç yüzeyi kıvrımlığı	Smf= Lmf / Ls	Bull (1978)
10	Vadi genişliği-vadi yüksekliği oranı	$Vf = \frac{2\text{Vfw}}{(\text{Eld} - \text{Esc}) + (\text{Erd} - \text{Esc})}$	Bull ve McFadden (1977)
11	Akarsu boy-gradyan indisi	SL = (ΔH / ΔL) L	Hack (1973)
12	Kurvatür derecesi	D_c =	Evans (1980)
13	Aşınım parçalanma şiddet derecesi	$E_c = (H_{max} - H_{min}) / A$	Mark (1975)
14	Topografik nemlilik indeksi	TWI =(([FA] + 1) / ([E] + 1)).Log	Parker (1982)
15	Akarsu güç indisi	SPI = $(\alpha * tan\beta)$	Moore vd., (1991)
16	Yarılma derecesi indisi	DI = RR / AR	Nir (1957)
17	Topografik pürüzlülük indisi	$TRI = (H_{mean}-H_{min}) / (H_{max}-H_{min})$	Riley vd., (1999)

Rölyef Oranı (R_r): Bu indis havza sınırları içerisindeki en yüksek nokta ile en alçak nokta arasındaki yükselti farkından oluşan irtifa farkının havza uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Schumm, 1956: 598; Chen ve Yu, 2011: 389; Özşahin, 2015: 110). İndis sonuçları, havzadaki flüvyal süreçler, erozyonal faaliyetler ve topografik eğim hakkında bilgi verir. Göksu Çayı Havzası'nda rölyef oranı 0,034 iken Yenişehir Havzası'nda 0,023 ve İnegöl Havzası'nda 0,096'dır. Bu sonuçlar, Göksu Çayı Havzası'nın güneyini oluşturan İnegöl Havzası'nda yüksek bir eğim oranının olduğunu göstermektedir. Bu durumda akarsuların kıvrıma uğramadan hızlı bir şekilde eğimi takiben ova tabanına doğru sel karakterli bir akış gösterdiğini ve bu durumun flüvyal süreçlerin jeomorfolojik yapıda şekillendirici etkisini arttırdığını anlatmaktadır. Alt havzalarda Karapınar Dere (0,15), Leblebi Dere (0,11) ve Çiftlik Dere (0,12) gibi çalışma sahasının kuzeybatısındaki havzalar ile Kara Dere (0,12), Kalburt Dere (0,11) ve Bıçkı Dere (0,10) havzalarında rölyef oranın yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu alanda tektonik aktivite sonucu oluşan yükselme akarsu yatak eğimlerine de yansımıştır.

Engebelilik Değeri (R_n): Havza rölyefinin drenaj yoğunluğu ile çarpımı sonucu hesaplanan indis değeri, havzanın aşınım ve parçalanma durumu ile topografik görünümü hakkında bilgi vermektedir (Melton, 1958: 443; Özdemir, 2011: 465). Havzalardaki engebelilik değerinin yüksek olması erozif faaliyetlerin hız kazandığını göstermektedir. Göksu Çayı Havzası'nda engebelilik değeri 5,22 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda değer 2,36 iken İnegöl Havzası'nda 4,94'tür. Sonuçlar İnegöl Havzası'nda aşındırma ve yarılmanın daha fazla olduğu, Göksu Çayı Havzası genelinde ise bu oranın daha da yükseldiği anlaşılmaktadır. Alt havzalarda en yüksek değer Kara Dere havzasında (5,19) iken en düşük değer Büyükazmak Dere havzasında (0,21) görülmektedir. Sonuçlar bize Uludağ'ın eteklerinde bulunan Kara Dere havzasının flüvyal etkenlerle aşındırıldığını, yarılma oranının daha yüksek olduğunu ve sel karakterli akışın kuvvetle muhtemel olabileceğini göstermektedir.

Hipometrik Eğri (H_c): Havzalarda yüksekliğin dağılışını gösteren veri, nisbi yükselti ve nisbi alan oranlarının grafiksel göstergesidir (Strahler, 1952a: 1118). Elde edilen grafikteki eğrinin dışbükey olması havzanın genç oluşumlu, içbükey olması ise yaşlı olduğunu sonucunu ortaya koyar (Özdemir, 2011: 466; Köle, 2016: 24). Bu verilerden ise havzadaki flüvyal süreçler, erozif faaliyetler ve jeomorfolojik oluşum evresi gibi fikirler hakkında yorum yapılabilmektedir (Pike ve Wilson, 1971: 1080). Hipsometrik eğriler Göksu Çayı Havzası ile Yenişehir ve İnegöl havzaları kapsamında hesaplanmış ve grafikleri oluşturulmuştur. Elde edilen grafiklerden Göksu Çayı Havzası'nın olgun-yaşlı bir topografyaya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum özellikle havza genelinde sedimentasyon alanlarının ve doğal olarak düzlüklerin geniş yer kapladığını göstermektedir. Havzadaki İnegöl-Yenişehir ovaları ve plato yüzeyleri bu durumu doğrulamaktadır. Eğrinin 1'e yakın kısımları genç topografyayı

göstermektedir. Bu sahalar, aşınmaya maruz kalmış plato sahalarındaki dik eğimli alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Yenişehir ve İnegöl havzalarının hipsometrik eğrileri ayrı ayrı incelendiğinde olgun-genç bir jeomorfolojik evrenin varlığı dikkat çekmektedir (Şekil 69). Ancak Yenişehir Havzası'nda 1'e yakın değerlerin azlığı, havzada geniş oluşumlu arazilerin oldukça az alan kapladığı ve genel olarak artık aşındırma değil biriktirme faaliyetlerin hakim olduğu, akarsu akış gücünün azaldığı ve taşkın karakterli yapının görüldüğü anlaşılmaktadır. İnegöl Havzası'nda ise olgun-genç jeomorfolojik bir evresel dönemin olduğu, yükselti farklıkları ile birikim sahalarının birlikte yer aldığı anlaşılmaktadır. Ancak eğriler havzada meydana gelen neo-tektonik deformasyonu ve belli alanlarda değişimleri açıklamada yetersiz kalmaktadır.



Şekil 69: Göksu Çayı Havzası ile İnegöl ve Yenişehir havzalarının hipsometrik eğrileri

Hiprometrik İntegral (H_i): Havzalarda ortalama yükseltinden minimum yükselti farkının, maksimum ve minimum yükselti farkına oranlanmasıyla hesaplanan indis hipsometrik eğrinin sayısal olarak ifadesini göstermektedir (Strahler, 1952b; 925). Yüksek değerler genç topografik evreyi, düşük değerler olgun ve yaşlı dönemi işaret etmektedir (Özdemir, 2011: 466). Göksu Çayı Havzası'nda hipsometrik integral değeri 0,23, Yenişehir Havzası'nda 0,33 ve İnegöl Havzası'nda 0,26'dır. Bu değerler hipsometrik eğride ifade edilen değerleri göstermekte ve havzaların olgun-yaşlı evredeki yapısını ortaya koymaktadır. Ancak havza tabanlarını meydana getiren ova düzlüklerinin yaşlı topografik görünümün oluşmasındaki etkisinin yanında, irtifa farklılıklarının özellikle İnegöl Havzası'nda fazla olması, ova tabanlarını sınırlayan geniş tektonik delillerin varlığı havzanın ortaya çıkan sonuçtan daha genç bir evreye sahip olduğunu da göstermektedir. Alt havzalarda Büyükazmak Dere (0,16), Dimbaz Dere (0,19), Kara Dere (0,19) havzaları hariç değerlerin daha genç evreye işaret etmesi yukarıda bahsedilen durumu açıklamaktadır.

Tablo 27: Göksu Çayı Havzası ve alt havzalarının yüzeysel morfometrik indis değerleri

Havzalar	H (m)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	R_r	B_h	R_n	Hi	G	AF
Göksu Çayı Havzası	648,7	2517	85	0,034	2432	5,22	0,23	1,75	55,8
Yenişehir Havzası	464,1	1201	85	0,023	1116	2,36	0,33	1,67	44,4
İnegöl Havzası	849,9	2517	248	0,096	2269	4,94	0,26	1,61	68,2
Akçasu Dere	792	2035	267	0,092	1768	3,83	0,29	1,4	56,8
Aksu Dere	1021,3	1908	287	0,056	1621	3,53	0,45	1,76	33,6
Aşağı Dere	459,5	912	119	0,087	793	1,73	0,42	1,44	59,7
Aydoğdu Dere	403,7	801	195	0,05	606	1,4	0,34	1,46	42,1
Bahçecik Dere	450,3	931	224	0,069	707	1,55	0,31	1,55	29,4
Bayramdede Dere	416,2	567	250	0,07	317	0,73	0,52	1,36	43,4
Bedresu Dere	903,6	1904	266	0,067	1638	3,42	0,38	1,83	54,6
Bıçkı Dere	961,5	2041	303	0,1	1738	3,33	0,37	1,76	60,6
Borucak Dere	550,9	808	99	0,081	709	1,65	0,63	1,59	59,5
Büyükazmak Dere	237,2	371	211	0,011	160	0,21	0,16	1,69	39,5
Çiftlik Dere	456,4	822	109	0,11	713	1,54	0,48	1,4	24,1
Çoklum-Aydere	694,6	940	339	0,067	601	1,28	0,59	1,57	63,5
Çandır-Oylat Dere	960,8	1842	290	0,076	1552	3,31	0,43	1,68	58,1
Çayköy Dere	799,5	1250	314	0,06	936	1,92	0,51	1,6	84,2
Dedeler Dere	398,6	666	238	0,051	428	0,92	0,37	1,68	38,7
Deliçay Dere	425,7	708	206	0,043	502	1,05	0,43	1,95	42,4
Dimbaz Dere	316,5	728	207	0,026	521	0,89	0,19	1,42	59,5
Eşikdibi Dere	382,7	726	212	0,044	514	1,11	0,33	1,65	51,7
Girdap Dere	710,3	1033	202	0,041	831	1,81	0,61	1,69	57,9
Gümbüztek Dere	552,7	893	204	0,064	689	1,61	0,5	1,55	56,4
Gürlek Dere	394,9	727	218	0,046	509	1,09	0,34	1,67	28,3
İncirli-Değirmendere	676,1	1201	192	0,043	1009	2,2	0,47	2,23	52,1
Kabafındık Dere	330,8	659	200	0,055	459	1,11	0,28	1,65	30
Kalburt-Cerrah Dere	1113,9	2517	259	0,11	2258	4,88	0,37	1,67	41,8
Kara Dere Havzası	652,2	2315	254	0,12	2061	5,19	0,19	1,29	56,2
Karaçam Dere	362,5	706	211	0,049	495	1,09	0,3	1,84	34,8
Karagölet Dere	299,7	409	207	0,036	202	0,43	0,45	1,49	53,6
Karakuş (Kapaklı) D.	393,7	867	193	0,069	674	1,54	0,29	1,47	37,3
Karapınar Dere	329	682	87	0,15	595	1,43	0,4	1,44	62,2
Karataş Dere	871,2	1034	695	0,044	339	0,68	0,51	1,59	71
Kavaklı Dere	419,4	762	221	0,037	541	1,19	0,36	1,62	39,3
Kayapınarı Dere	515,3	884	201	0,064	683	1,57	0,45	1,61	55
Koca Dere	460,3	1015	252	0,047	763	1,69	0,27	1,47	80,4
Yukarı Kocadere	365,1	743	219	0,054	524	0,97	0,27	1,65	32,4
Kocakızıl Dere	331,7	573	221	0,064	352	0,86	0,31	1,37	51,5
Kovanlık Dere	515	972	205	0,04	767	1,61	0,4	1,94	37,9
Koyanlık Dere	530,6	878	341	0,065	537	1,12	0,35	1,33	37,6
Leblebi Dere	175	348	85	0,12	263	0,64	0,34	1,3	67,2
Mezarlık Dere	380,3	756	222	0,066	534	1,26	0,29	1,4	59
Musluk Dere	610,4	780	240	0,054	540	1,2	0,68	1,63	38,6
Sağlam Dere	326,7	662	87	0,099	575	1,33	0,41	1,63	77,6
Yol Dere	344,3	724	215	0,05	509	1,2	0,25	1,62	38,5
İ-1 Havzası	244,9	345	200	0,06	145	0,33	0,3	1,25	-
İ-2 Havzası	249,1	397	204	0,041	193	0,42	0,23	1,51	57,8
İ-3 Havzası	343,4	536	204	0,13	332	1,04	0,41	1,85	-
İ-4 Havzası	473	787	97	0,16	690	1,63	0,54	1,82	-
İ-5 Havzası	276,1	208	478	0,13	270	0,76	0,25	1,56	-
İ-6 Havzası	319,3	534	224	0,11	310	0,76	0,3	2,01	-
İ-7 Havzası	256,5	587	104	0,18	483	1,17	0,31	1,22	-
İ-8 Havzası	357,7	618	121	0,2	497	1,09	0,47	1,98	-

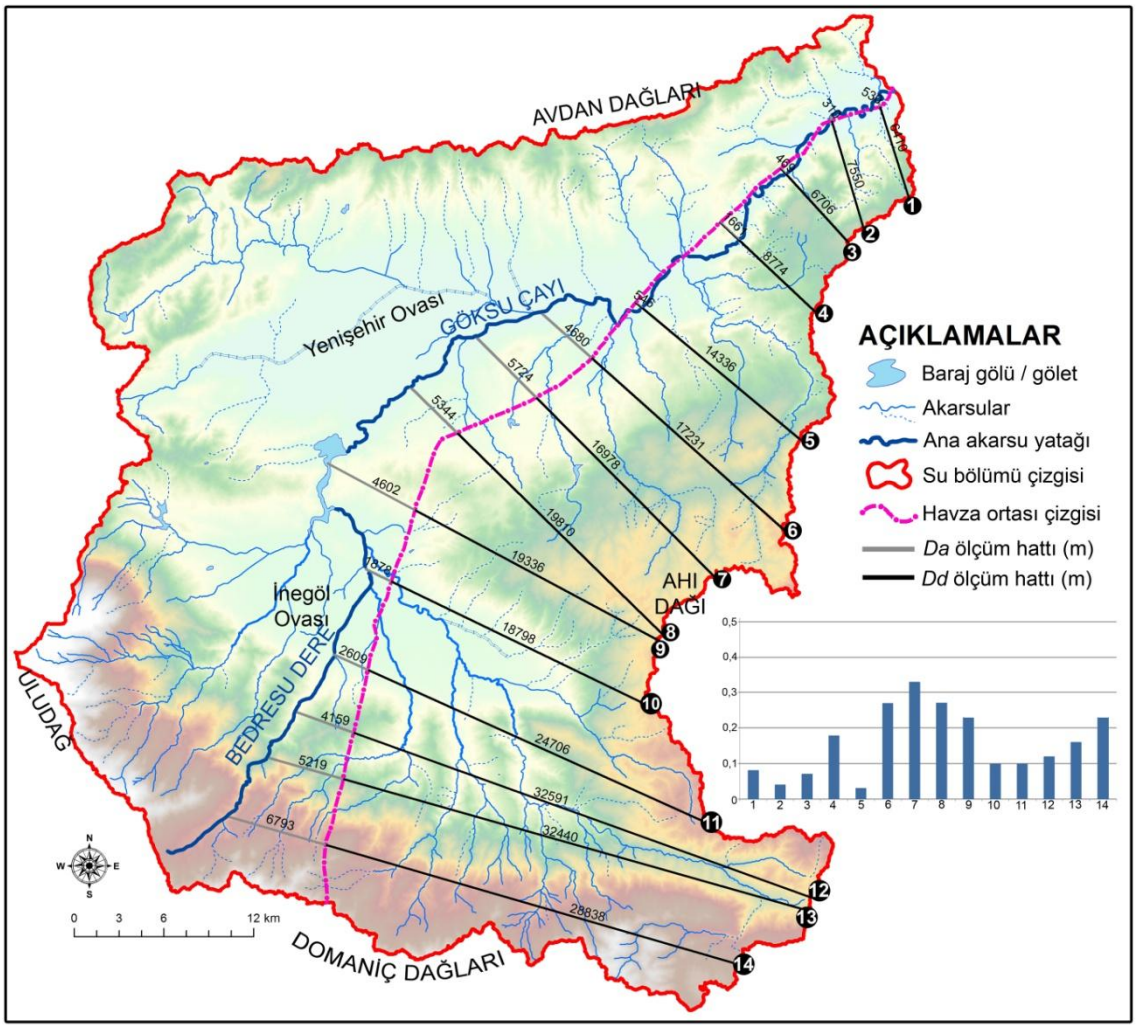
İ-9 Havzası	291,5	490	248	0,027	242	0,52	0,17	1,67	53,9
İ-10 Havzası	213,8	558	89	0,22	470	1,04	0,26	1,55	-
İ-11 Havzası	162,8	347	86	0,17	261	0,64	0,29	2,21	-

Gravelius İndeksi (G): Havza çevre uzunluğunun havza ile aynı alana sahip dairenin çevre uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmaktadır. İndis sonuçları, havzanın geometrik yapısı ve aşınım faaliyetlerinin boyutu hakkında bilgi sunmaktadır (Karataş, 2014: 151; Avci ve Sunkar, 2015: 95). Göksu Çayı Havzası'ndan gravelius indeksi sonucu 1,75 olarak hesaplanmıştır. Yenişehir Havzası'nda bu değer 1,67 iken İnegöl Havzası'nda 1,61'dir Havzanın flüvyal olarak aşınmaya maruz kaldığı ve çevresini oluşturan su bölümü çizgisi hattının girintili çıkıntılı bir görünüm aldığını göstermektedir. Alt havzalarda en yüksek değerin İncirli-Değirmendere havzasında (2,23) olması, bu alandaki plato sahasında yoğun bir flüvyal aşındırmaya uğrayan havzanın 1. dizindeki kollarla birlikte su bölümü çizgisini girintili çıkıntılı duruma getirdiği anlaşılmaktadır.

Asimetri Faktörü (AF): Havza ana akarsu hattı temel alınarak hesaplanan indis, akış yönünün sağında kalan alanın havzanın toplam alanına oranı ile hesaplanmaktadır. Havza üzerinde etkili olan tektonik faaliyetlerin boyutu ve havzadaki eğimlenmenin yönelimi hakkında bilgi vermektedir (Hare ve Gardner, 1985: 128; Reddy vd., 2002: 12; Köle, 2016: 25). Göksu Çayı Havzası'ndan asimetri faktörü 55,8'dir. Bu havzanın sağ bölümünün daha fazla alan kapladığı ve tektonik ötelenmenin olduğunu göstermektedir. Bu durumun oluşmasında ise İnegöl Havzası'nın birçok akarsu tarafından drene edilmesi ve belirgin ana akarsu varlığının olmayışı sağlamaktadır. Yenişehir Havzası'nda asimetri faktörü 44,2 iken İnegöl Havzası'nda 68,2'dir. Yenişehir Havzası'nda tektonik hatların KD-GB uzantısı özellikle Göksu Çayı'nın Ahı Dağı ve plato alanına yakınlaşmasına diğer taraftan Avdan ve Gürle dağlarının ise Yenişehir Ovası'nın morfotetonik sınırını oluşturmasına sebebiyet vermiştir. İnegöl Havzası'nda ise tektonik etkinliğinin yüksek olması havza asimetrisinin de yüksek değer almasını sağlamıştır. Alt havzalarda Çayköy Dere (84,2) en yüksek değere, Çiftlik Dere (24,1) havzası ise en düşük değere sahiptir. Özellikle İnegöl Havzası'nı sınırlayan tektonik hatlar Çayköy Dere havzasının büyük çoğunlukla Ahı Dağı'a doğru eğimlenmesine ve yoğun bir tektonik şekillenmeye uğramasına neden olmuştur.

Transverse Topografik Simetri Faktörü (T): Havzada simetrik yapıyı ortaya koyan bu indis, ana akarsu talveg noktasından havza orta çizgisine kadar ölçülen uzaklığın, su bölümü çizgisinden havza orta çizgisine kadar olan uzaklığa bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Cox 1994: 574; Karataş, 2017: 152). Elde edilen sonuçlar 1'e yaklaştıkça asimetrik yapı ortaya çıkmakta ve tektonik etkilerin havza üzerindeki durumu açıklanmaktadır (Özşahin, 2010: 148).

Göksu Çayı Havzası için ana akarsu hattı olarak Göksu Çayı ve Bedresu Dere talveg hattı belirlenmiştir. Daha sonra su bölümü çizgisi vertexlere dönüştürülmüş bunlar üzerinden thiessen poligonları üretilerek havza orta çizgisi çizilmiştir. Belirtilen formül esasında farklı uzaklıkta segmentlere ayrılan bölümler hesaplanarak simetri faktörünün değerleri 14 doğrultuda analiz edilmiştir (Şekil 70). Göksu Çayı Havzası'nın T değeri ortalama 0,15 olarak hesaplanmıştır. Bu değer simetrik bir yapıya yakın durumu göstermekte ancak bölgesel olarak tektonizma ve yapısal unsuların etkisiyle asimetrik durumlarda göze çarpmaktadır. Özellikle Göksu Çayı'nın Yenişehir Havzası kısmında tektonik doğrultular ötelenmeye yol açmıştır. Aynı zamanda Bedresu Dere'nin yukarı çığırında aynı durum göze çarpar. Havzanın aşağı çığırında oldukça simetrik bir görünüm sunan akarsu kanalı tektonik doğrultularla şekillenmiş ve çevre alanını da sınırladığı için değerler düşmüştür.

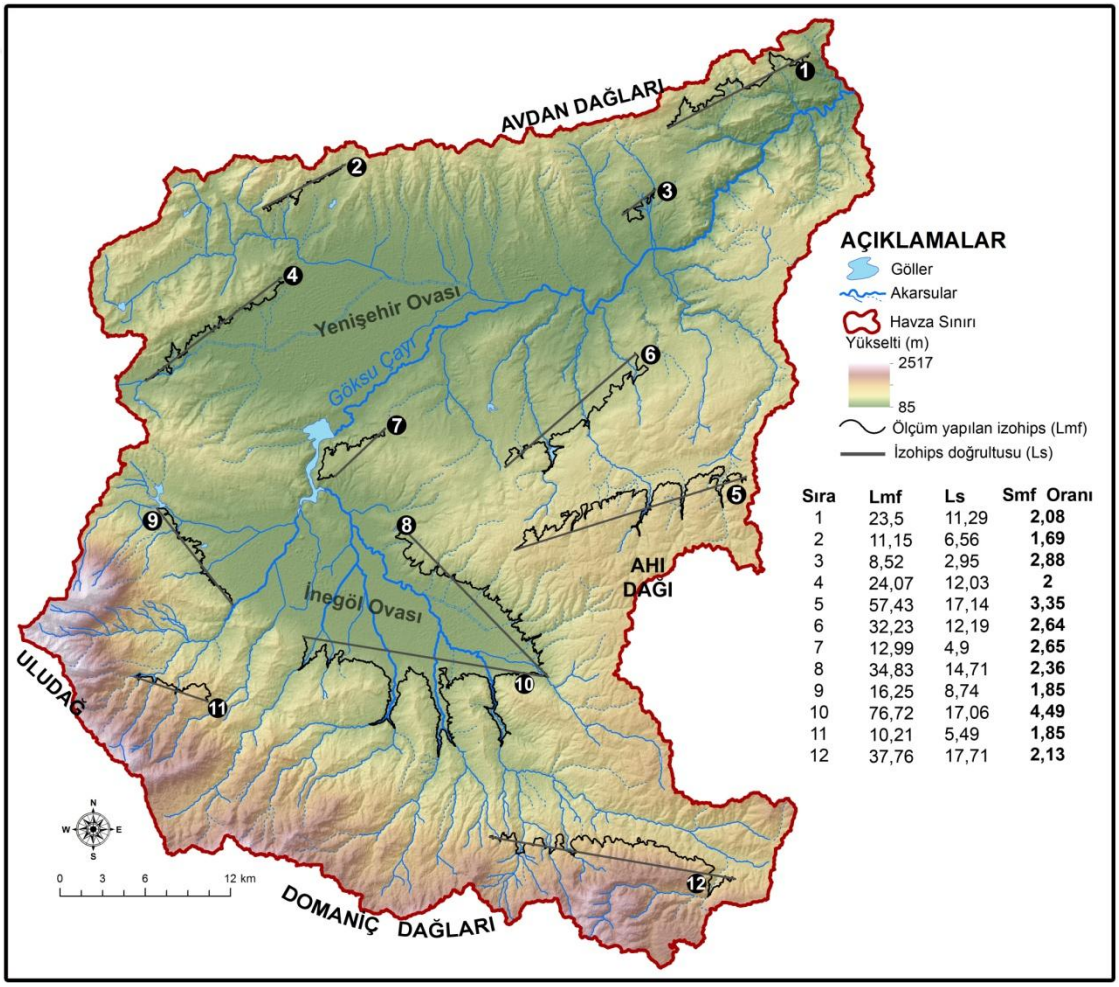


Şekil 70: Göksu Çayı Havzası'nın transverse topografik simetri faktörü bileşenleri

Yamaç Yüzeyi Kıvrımlığı (Dağ Cephesi Sinüsitesi) (Smf): Bu indis belirlenen izohips uzunluğunun aynı izohipsin iki uç noktasındaki doğrultunun uzunluğuna oranı şeklinde hesaplanmaktadır (Bull ve McFadden, 1977: 128). Göksu Çayı Havzası için yamaç yüzeyi

kıvrımlığı iki farklı şekilde analiz edilmiştir. İlk olarak Uludağ-Domaniç, Avdan Dağları ve Ahı Dağı'nda belirlen izohipsler üzerinden hesaplama yapılmış daha sonra dağ cephesi sinüslüğünü ortaya koymak için belirgin tektonik hatların olduğu alanlarda hesaplamalar yapılmıştır. Böylece havzadaki flüvyal süreçler, aşınım döngüsü, tektonik hareketlilik hakkında bilgi üretilmiştir.

Uludağ- ve Domaniç Dağları'nda 100 m aralıklarla 400-1400 metreler arasında yamaç yüzeyi kıvrımlığı hesaplanmış ve ortalama 4,15 değeri ortaya çıkmıştır. Avdan Dağları'nda 300-600 m arasında hesaplanan değer ortalaması 3,15 olup Ahı Dağı'nda 300-900 m arasında ortalama değer 5,9'dur. Uludağ-Domaniç Dağları ve Ahı Dağı'ndan flüvyal süreçlerin yüzeyi daha çok aşındırdığı ve yamaçları şekillendirdiği yorumu yapılabilmektedir.



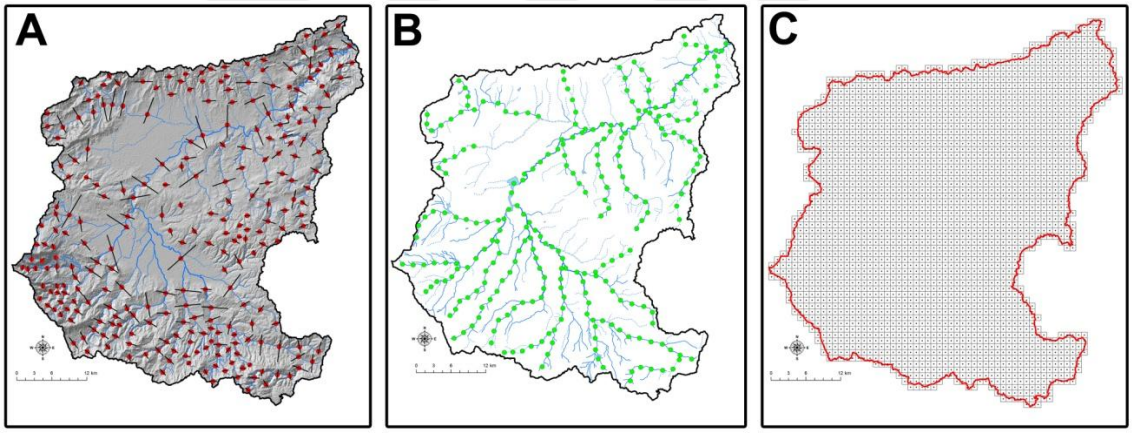
Sıra	Lmf	Ls	Smf Oranı
1	23,5	11,29	2,08
2	11,15	6,56	1,69
3	8,52	2,95	2,88
4	24,07	12,03	2
5	57,43	17,14	3,35
6	32,23	12,19	2,64
7	12,99	4,9	2,65
8	34,83	14,71	2,36
9	16,25	8,74	1,85
10	76,72	17,06	4,49
11	10,21	5,49	1,85
12	37,76	17,71	2,13

Şekil 71: Göksu Çayı Havzası'nda belli alanlardaki dağ cephesi sinüsitesi verileri

İkinci yöntem olarak dağ cephesi sinüsitesini belirlemek için 12 farklı noktada hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 71). Ortaya çıkan değerlerin ortalaması 2,49'dur. Bu değer, yukarıda bahsedilen yamaç yüzeyi kıvrımlılığından oldukça düşük olup tektonik etkinin

boyutunu göstermektedir. Özellikle 2, 9. ve 12. hesaplama doğrultularında fay hatların yüzeyi şekillendirmede flüvyal süreçlerin önüne geçtiği anlaşılmaktadır.

Vadi Genişliği-Vadi Yüksekliği Oranı (Vf): Tektonizma, flüvyal süreçler ve yapısal unsurların yamaç profilleri üzerindeki etkisini gösteren indis, vadi tabanı genişliğinin vadi yamacının sol-sağ ve vadi yüksekliği arasındaki farka oranlanmasıyla elde edilmektedir (Bull ve Mcfadden, 1977: 118; Keller ve Pinter, 2002: 362; Öztürk ve Erginal, 2008: 65). Göksu Çayı Havzası'nda Vf indisin daha belirgin sonuçlarını ortaya koymak için belli akarsulardaki tek profil hatları üzerinden analiz yapmak yerine ana akarsu yataklarında belirlenen 261 noktadan vadi profilleri oluşturulmuştur (Şekil 72 A). Bu profillerin Vf değerleri hesaplanmış, belirlenen vadilerin tabanlarına atanan noktalara değerler girilmiş daha sonra kriging yöntemi ile enterpole edilerek Vf indis dağılış haritası oluşturulmuştur. Böylece hataya yol açabilecek ova tabanlarının varlığı normalize edilmiş ve vadiler üzerindeki tektonik etkiler ortaya konulmuştur. Değerlerin yüksek çıkması tektonik etkinliğin vadi üzerindeki etkisinin az olduğunu, düşük değerler ise tektonik aktivitenin yüksek olduğunu ve drenajı şekillendirdiğini ortaya koymaktadır.



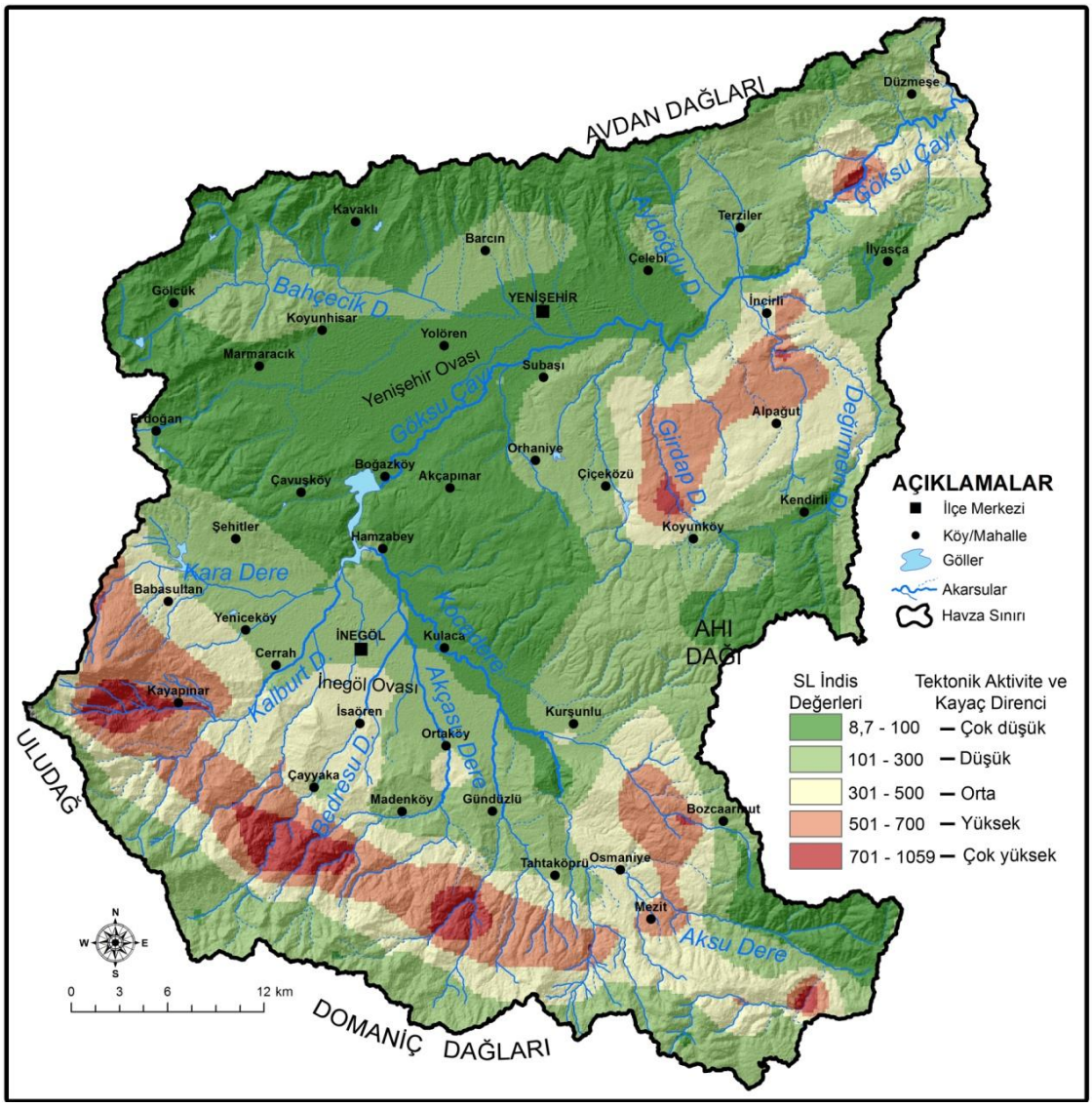
Şekil 72: A) Vf indis hesaplamasında kullanılan profil hatları B) SL indis hesaplama noktaları C) Aşınım-parçalanma derecesi karelaj ağı ve orta noktaları

Havzanın Vf indisi haritasından ortalama değerin 0,86 olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde İnegöl Ovası'nın sınırlarını belirleyen alanda yüksek tektonik aktivitenin varlığı dikkat çekmektedir (Şekil 73). Ayrıca akarsuların bu tektonik hadiselerden etkilenerek kanallarını oluşturduğu, ötelendiği ya da oluşan irtifa farkı ile erozyon gücünün arttığı yorumu yapılabilmektedir. Benzer durumu Göksu Çayı Havzası'nın kuzey sınırını oluşturan alanda ve kuzeydoğusunda görmek mümkündür. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile eski Marmaracık gölü sahasında tektonik etkinliklerin vadileri şekillendirmede oldukça az etkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.



Şekil 73: Göksu Çayı Havzası Vf indis değerlerinin dağılış haritası

Akarsu Boy-Gradyan İndeksi (SL): Bu indis, akarsu kanalındaki yükseklik değişiminin akarsu segmentinin uzunluğuna oranıyla, indeks hesaplama noktası ile akarsu kaynağı arasındaki mesafenin çarpımı ile hesaplanmaktadır. Analiz sonuçları akarsu vadilerinde tektonik aktivite, kayaç direnci ve flüvyal süreçlerle ilişkisi hakkında bilgi vermektedir (Hack, 1973; Keller ve Pinter, 2002: 362; Cürebal ve Erginal, 2007: 131). Göksu Çayı Havzası'nda farklı alanlardaki 28 akarsuyun talveg profil hattı çıkarılmış, 2000 metrelik segmentlerle belirtilen formül üzerinden 262 noktada SL indeksi hesaplanmıştır (Şekil 72B). Elde edilen sonuçlar, segmentlerin bulunduğu yere atanan noktalara değer olarak girilmiş ve daha sonra natural neighbour yöntemi ile enterpole edilerek SL indeksi dağılış haritası üretilmiştir (Şekil 74).

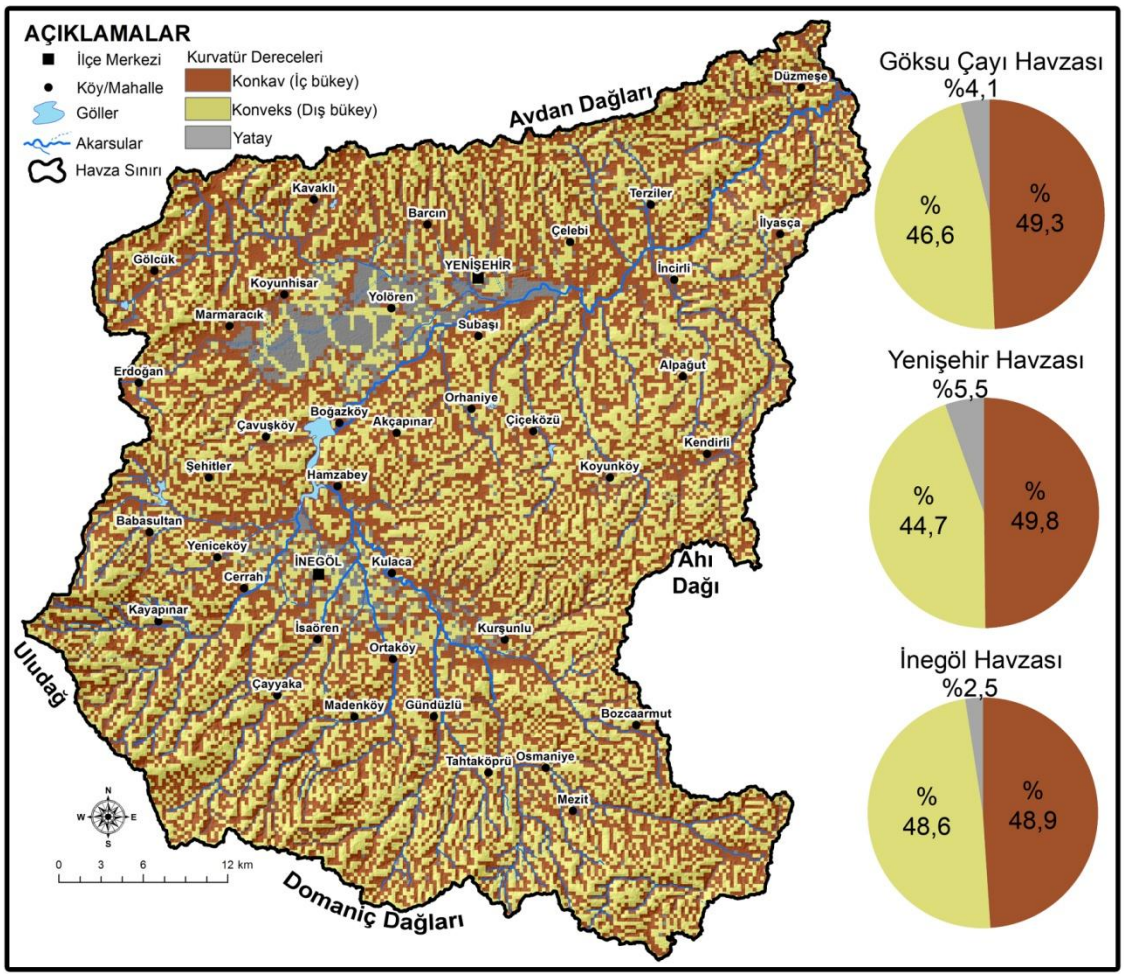


Şekil 74: Göksu Çayı Havzası'nın SL indis değerleri dağılış haritası

Göksu Çayı Havzası'nın ortalama SL indeksi değeri 235,9 olarak hesaplanmıştır. En düşük değer Göksu Çayı üzerinde tespit edilirken en yüksek değer Dalakkaydıran Dere'de hesaplanmıştır. Dağılış haritası incelendiğinde ise havzanın güneyindeki neo-tektonik etkilerin varlığı ortaya çıkmaktadır. Uludağ-Domaniç Dağları'nda yükselen saha akarsu profillerine yansımış ve ani dikliklerin dolayısıyla aşındırıcı etkinin ortaya çıktığı görülmüştür. Benzer durum havzanın doğu-kuzeydoğusunda da gözlemlenmektedir. Havzanın kuzey ve batı kesiminde ise düşük tektonik etkiler ve çok düşük kayaç direnci yapısı olduğu anlaşılmaktadır.

Kurvatür Derecesi (D_c): İndis, havza yamaçlarının geometrik yapısı hakkında fikir vermekte, bu dağılımın alansal ve oransal değerlerini ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar havzadaki erozyanal süreçler, yamaç gelişimi, jeomorfoloji, yapı ve hatta arazinin kullanım modellenmesi gibi birçok konuda kullanılabilmektedir (Evans, 1980: 278). Göksu Çayı Havzası ile Yenişehir ve İnegöl havzalarında konkav (içbükey) yüzeyler, konveks (dışbükey) yamaçlara

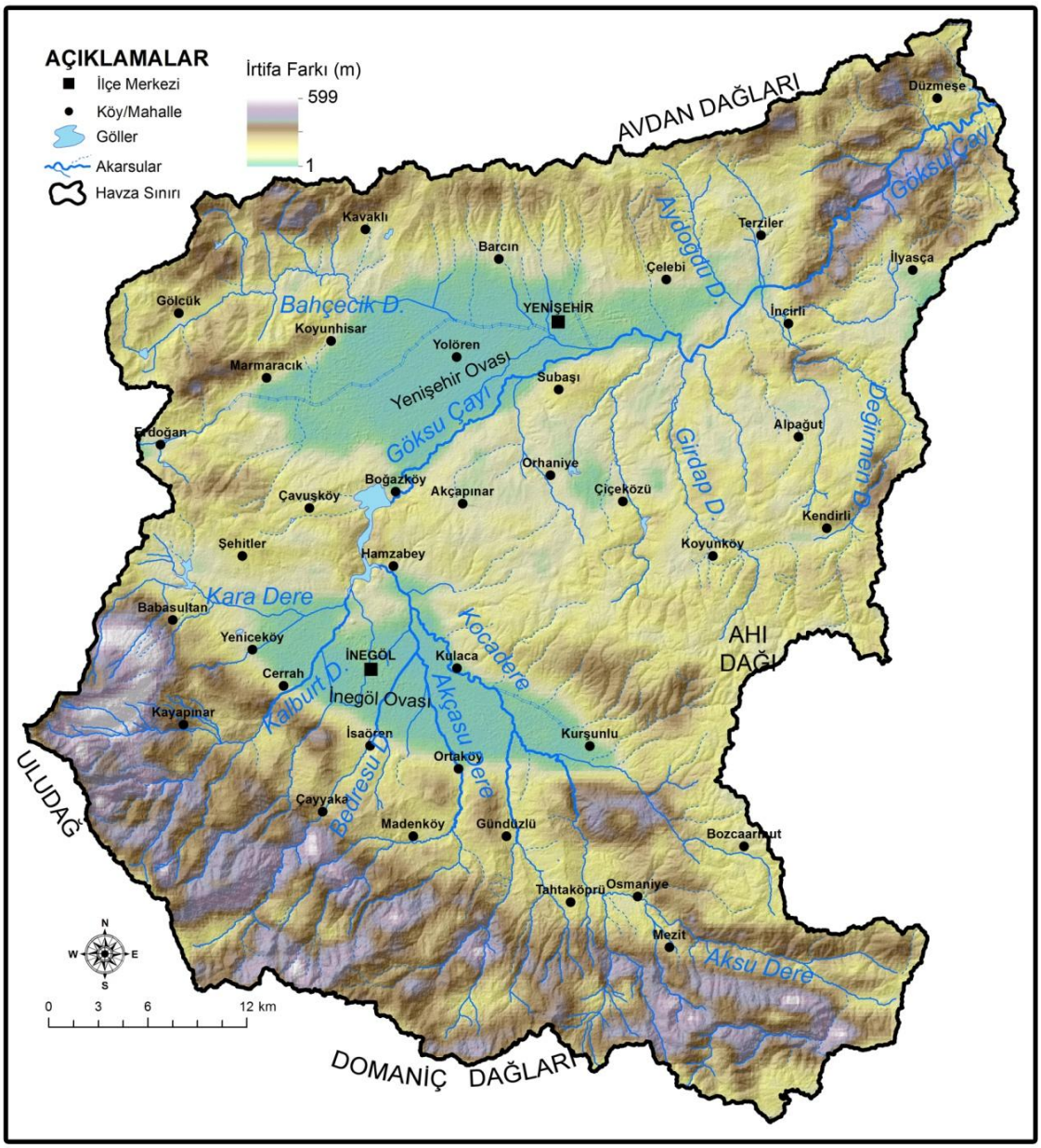
göre daha fazla alan kaplamaktadır (Şekil 75). Ancak değerlerin arasında çok büyük farkların olmadığı görülmektedir. Bu nedenle havza genelinde genç ve olgun topografik yapının bir arada bulunduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 75: Göksu Çayı Havzası'nın kurvatür dereceleri haritası ve oransal grafikleri

İnegöl Havzası'nda, Yenişehir Havzası'na oranla değerlerin daha yakın olması diğer bir ifade ile Yenişehir Havzası'nda konkav yamaç ile konveks yamaç arasındaki farkın fazla olması tektonik etkinliğin güneyde daha yoğun olduğunu ve flüvyal süreçlerle birlikte şekillendirici etkiyi sürdürdüğü anlaşılmaktadır. Dağılış haritası incelendiğinde ise konkav sahalarında ova sınırlarını oluşturan yamaçlarda ve vadilerde olduğu, konveks yüzeylerin plato sahalarında yoğunlaştığı görülmektedir.

Aşınım Parçalanma Şiddet Derecesi (E_c): Bu indis havza alanının belli ölçülerdeki karelere bölünmesi ve daha sonra her bir kare içerisindeki en yüksek ve en alçak nokta arasındaki irtifa farkının bulunmasıyla ortaya konmaktadır (Mark, 1975: 170; Karataş, 2014: 156). Elde edilen harita üzerinden havzanın aşınım parçalanma durumu, engebelilik yapısı, jeomorfolojik oluşumu denetleyen unsurlar ve flüvyal süreçlerin dağılışı hakkında birçok yorum yapılabilmektedir.

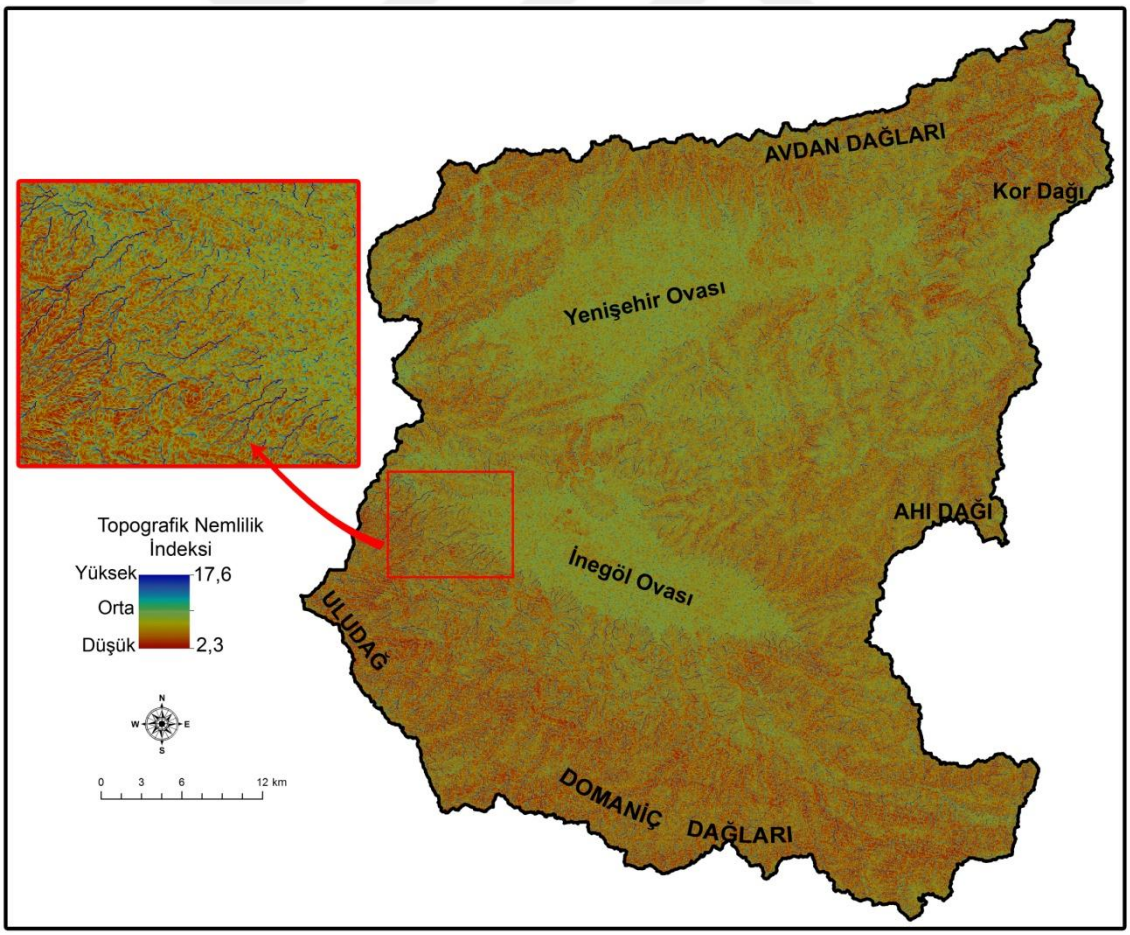


Şekil 76: Göksu Çayı Havzası'nın aşınım-parçalanma şiddet dereceleri haritası

Göksu Çayı Havzası için uygulanan bu indiste ilk olarak havza alanı 1 km^2'lik alanlara bölünmüştür. Daha sonra elde edilen karelaj (grid) alanları içerisinde kalan en yüksek ve en alçak noktalar belirlenmiş ve irtifa farkı ortaya konmuştur (Uzun, 2019: 469). Karelerin orta noktasına atanan noktalara ise değerler girilmiş ve daha sonra natural neighbour yöntemi ile enterpole edilerek Göksu Çayı Havzası'nın aşınım parçalanma şiddet derecesi haritası üretilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Göksu Çayı Havzası'nda aşınım parçalanma şiddet derecesini ortaya koyan irtifa farkı 1 m ile 599 m arasında değişiklik göstermektedir. Havzanın genel ortalaması 169,8 m'dir. Bu ortalama Yenişehir Havzası'nda 136,3 m iken İnegöl Havzası'nda 206,5 m'dir. Dağılış açısından en az irtifa farkının olduğu alanlar İnegöl ve

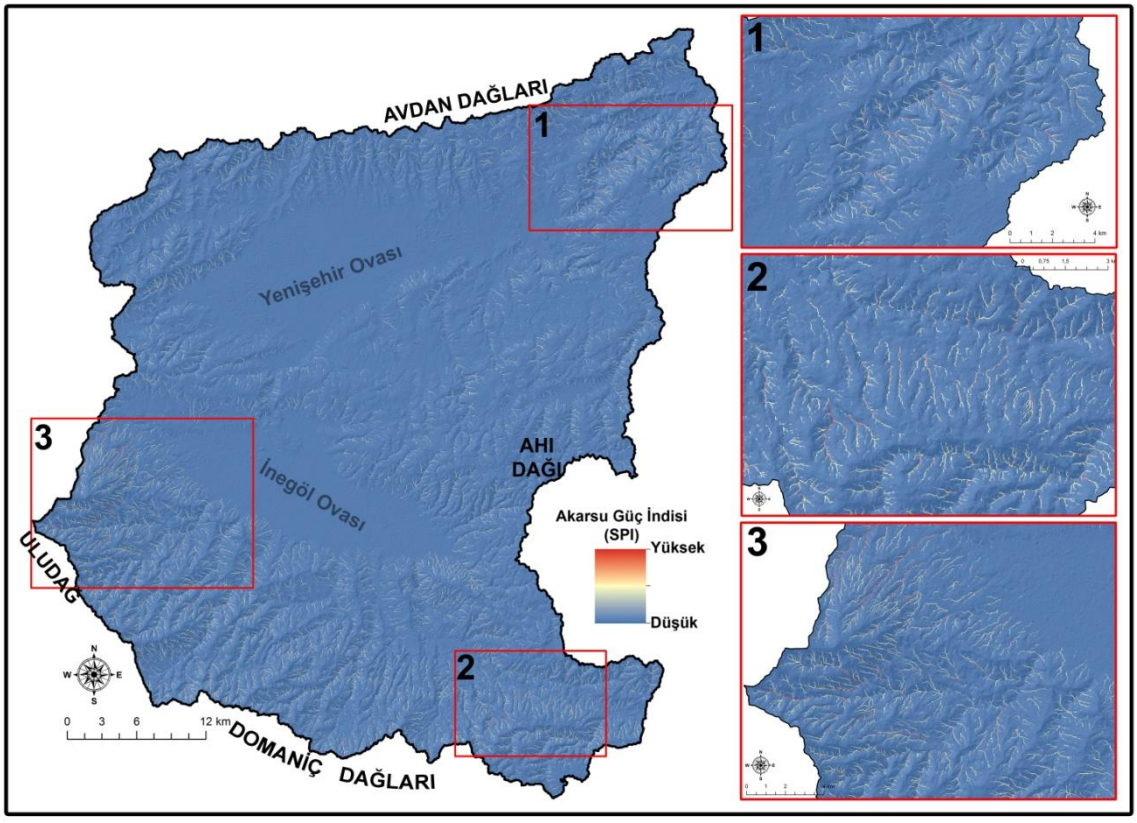
Yenişehir ova tabanlarıdır. Uludağ ve Domaniç dağlarında irtifa farkının yüksek olması tektonik yükselme, yoğun erozyon faaliyetleri sonucu aşınım ve parçalamanın yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Ayrıca havzanın kuzeybatısındaki sahada yüksek irtifa farkı tektonik etkenlerin ve flüvyal süreçlerin etkisiyle meydana gelmiştir. Havzanın kuzeyindeki Avdan Dağları'nın belli bölümleri ile kuzeybatıdaki flüvyo-karstik depresyon sahasında yoğun aşınmaya bağlı irtifa farkları dikkat çekmektedir (Şekil 76).

Topografik Nemlilik İndeksi (TWI): Bu indis, sayısal yükselti modeli üzerinden eğim ve hidrolojik akış yönü verilerlerin formüllerle analiz edilen sonuçlarına dayanmaktadır (Parker, 1982: 162). Analiz sonuçları topografik yüzeyin kuru, nemli ya da ıslaklık durumu hakkında bilgi vermektedir (Tağıl, 2006: 42). İndis en çok heyelan ve taşkın risk alanlarının tespitinde kullanılmaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda TWI formülü ile oluşturulan harita üzerinden yapılan analizlerde kuru zemine sahip alanların yoğun olduğu ancak heyelan ve taşkın riski taşıyan nemli sahaların bazı alanlarda yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Özellikle Uludağ, Domaniç Dağları, Avdan Dağları ile havzanın kuzeybatısında nemli zemin varlığı yoğunlaşmaktadır (Şekil 77).



Şekil 77: Göksu Çayı Havzası'nın topografik nemlilik indeksi haritası

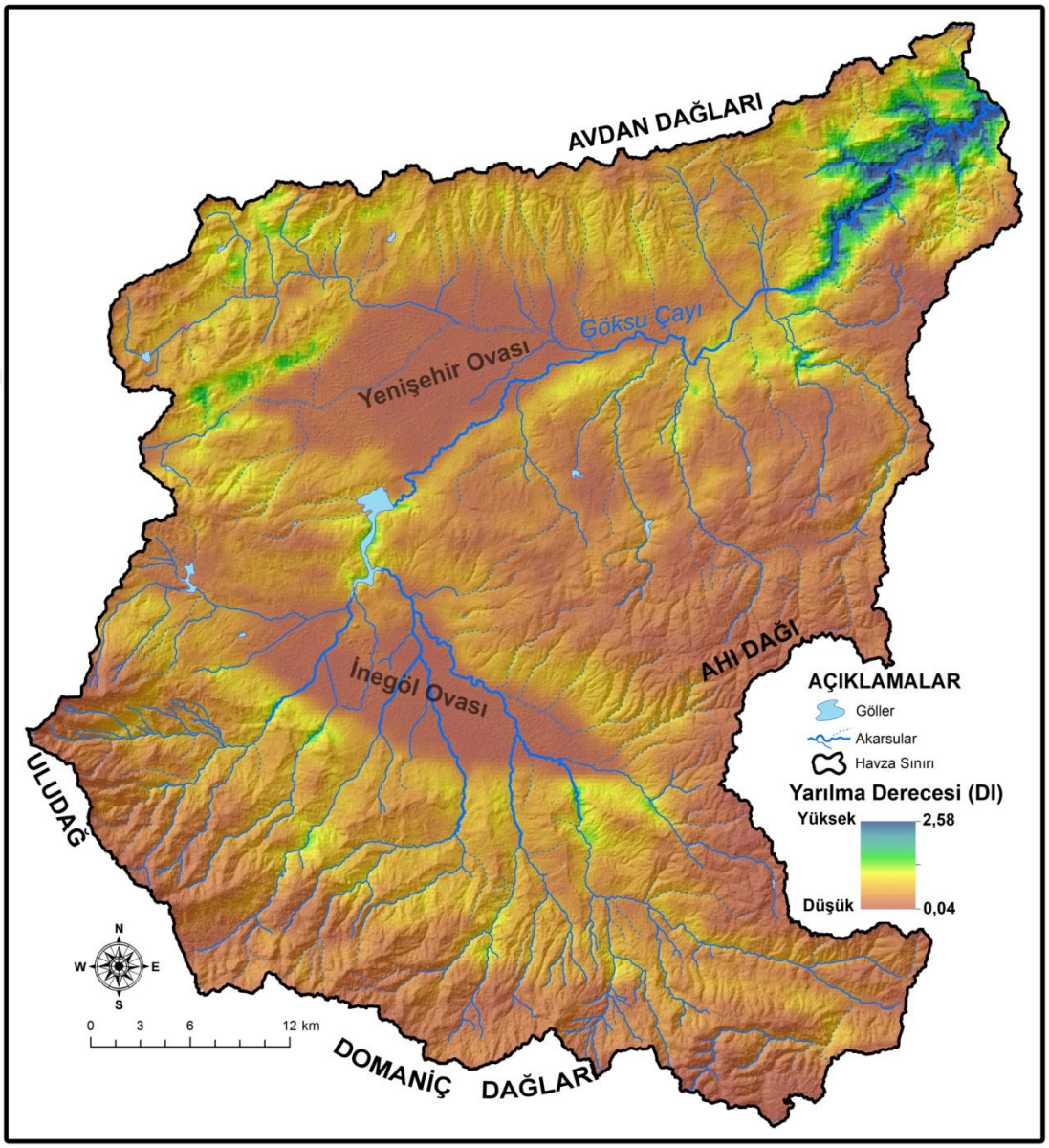
Akarsu Güç İndisi (SPI): Bu indis, akarsuyun akışı gücü ve deşarjının bulunduğu havzanın alanı ve eğimi ile orantılı-bağlantılı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Genel olarak akış birikimi, eğim arasındaki bağlantı ve havzanın alansal-hücresel verileri ile hesaplanmaktadır (Moore vd., 1991: 12). İndisin hesaplaması sonucu ortaya koyduğu haritalar havzalarda akarsuyun akış gücünün en yüksek olduğu alanları ortaya koymaktadır. Analiz sonuçları Göksu Çayı Havzası'nda flüvyal süreçlerin aşındırıcı etkisi ve akım gücünün özellikle Uludağ-Domaniç Dağları'nın tektonik kırık hatlarına tekabül eden kesiminde yoğunlaştığını ortaya koyar. Ayrıca Göksu Çayı'nın aşağı çığırı ve Aksu Dere'nin yukarı çığırında da SPI oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 78). Bu veriler aynı zamanda heyelan, sel ve taşkın gibi birçok risk analizde kullanılabilmektedir.



Şekil 78: Göksu Çayı Havzası'nın akarsu güç indis (SPI) haritası

Yarılma Derecesi İndisi (DI): Bu indis göreceli rölyefin (aşınım parçalanma indisi) mutlak rölyefe oranını ifade etmektedir (Nir, 1957: 565). İndis sonuçları özellikle havzalarda erozif faaliyetleri, flüvyal süreçlerin jeomorfik birimleri aşındırma derecesini ortaya koymaktadır (Bayer Altın ve Altın, 2020: 7). İndis verisi, ArcGIS-Arc Toolbox-Spatial Analysis üzerinden focal statistic ile hesaplanan rölatif rölyef (RR) ve absolute rölyef (AR) değerleri raster calculator ile tekrar hesaplanarak DI haritası ve değerleri üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde havzadaki epijenik boğazların dikkat çekici şekilde gözlemlendiği görülmektedir. Uludağ-Domaniç Dağları'ndan gelen akarsuların tektonik yükselimleri

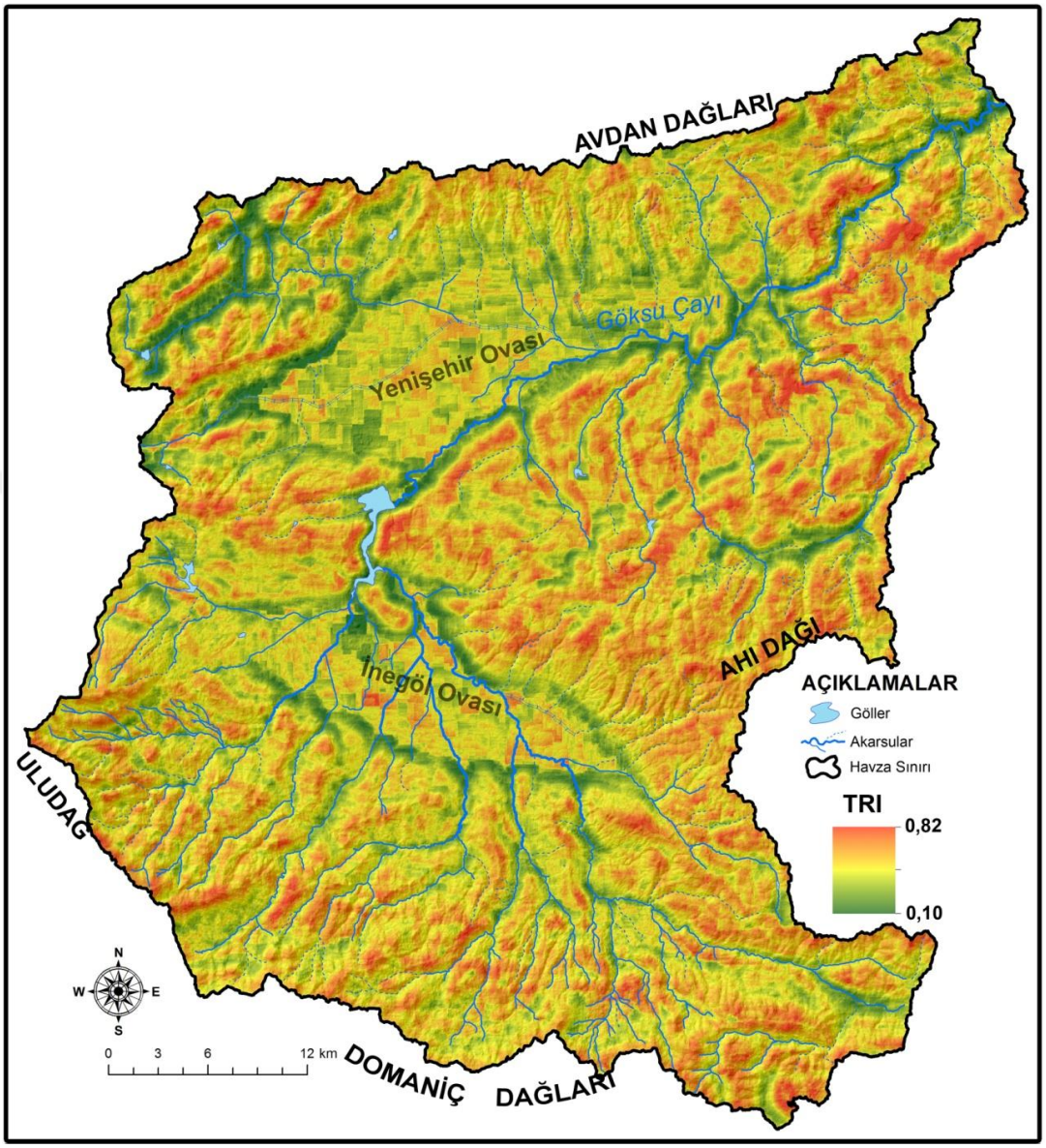
aşındırdığı alanlardaki boğaz vadiler (örnek Cerrah boğazı), günümüzde Boğazköy Barajı'nın bulunduğu alandaki epijenik boğaz (bu alan İnegöl Havzası'nın deşarjını sağlar) Göksu Çayı'nın Sakarya'ya bağlandığı ve deşarjını ortaya koyduğu yerler yarılmanın, flüvyal aşınımın en çok olduğu sahalara tekabül eder (Şekil 79).



Şekil 79: Göksu Çayı Havzası'nın yarılma derecesi (DI) haritası

Topografik Pürüzlülük İndisi (TRI): İndis, her bir hücrenin çevresindeki hücre ile ortalama, en yüksek ve en düşük yükselti verilerinin analizi ve karşılaştırılması ile hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlar havzalarda pürüzlük düzeyini, heterojenlik yapısını ve hiprometrik integralin dağılış verisini ortaya koyar (Riley vd., 1999: 2). İndis analiz sonuçları özellikle havzadaki akış hızı, akımı ve uzunluğu fazla olan akarsuların meydana getirdiği flüvyal aşındırmandan dolayı pürüzlülüğün bu alanlarda daha az olduğunu ancak yüksek

kesimlerdeki aşınmadan arta kalan dış bükey yüzeylerde daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 80).



Şekil 80: Göksu Çayı Havzası'nın topografik pürüzlülük indisi (TRI) haritası

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN TEHLİKE DUYARLILIK-RİSK ANALİZLERİ

4.1. Tehlike Duyarlılık - Risk Analizi Sistematiği ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

Havza yönetimi ve planlama çalışmalarının modellenmesinde, havzaların doğal ve beşeri koşullar açısından oluşturacağı potansiyel tehlike ve riskler oldukça önemli yer tutmaktadır. Bu bakımdan havzalarda jeolojik, jeomorfolojik, klimatik ve hidrografik etkenlerle meydana gelebilen, tetiklenen ve antropojenik etkenlerle farklı düzeyde ve çeşitlilikte oluşabilen riskler bulunmaktadır. Meydana gelebilecek bu riskler doğal afetler özelinde yoğunlaşırken, son yıllarda insanoğlunun doğal ortama müdahalesi, antropojenik kökenli değişimler ve beşeri faaliyetlerin ortaya koyduğu yanlış uygulamalarlada farklı riskleri meydana getirebilmektedir. Meydana gelmiş ya da gelmesi muhtemel tehlikelerin mekansal dağılışı ve duyarlılık haritalarının üretilmesi, uygulamalı jeomorfoloji, tehlike analizi, afet modellemesi gibi çalışmalarda farklı yaklaşımlar çokça kullanılmaktadır. Göksu Çayı Havzası da doğal ortam özelliklerin ortaya koyduğu çeşitlilik ve antropojenik faaliyetlerin etkisiyle farklı riskleri ihtiva etmektedir. Havzanın doğal ve beşeri ortam koşullarının değerlendirilmesi sonucu 10 farklı risk durumu belirlenmiş ve analizleri yapılarak haritaları oluşturulmuştur. Bu riskler; deprem, erozyon, heyelan, sel, taşkın, kuraklık, kaya düşmesi, yangın, fırtına ve beşeri kaynaklı riskler olarak ayrı ayrı ele alınmış ve analiz edilerek havza yönetimi-planlamasının modellenmesi kapsamında değerlendirilmiştir.

Mekansal ölçekte doğal afetlerin kapsamında yer alan risklerin ve tehlikelerin duyarlılık analizleri ile haritalarının üretilmesi ve modellenmesinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler istatistiksel, sezgisel, deterministik olarak sınıflandırılabilmekte, ayrıca CBS, uzaktan algılama verilerinin kullanılmasının ortaya koyduğu çeşitlilik ile de sınıflandırması ve kapsam detaylılığı çoğaltılabilmektedir. Göksu Çayı Havzası'nın risk analizlerinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) sistematiğinde yer alan Analitik Hiyerarşi Süreci-Prosesi (AHS ya da AHP) tekniği kullanılmıştır. ÇKKV yaklaşımı, nitel ve nicel kriterler ve bunların alt kriterlerini birleştirerek mekânsal karar almayı sentezleme yoluyla destekler, sezgisel ve istatistiksel olarak yorumlanan kriterler arasındaki ilişkiler derecesini ve niteliğini ortaya koyar (Elaalem vd., 2011: 330; Şahin ve Toroğlu, 2020: 122). ÇKKV yönteminde ana ve alt kriterlerin birbiri ile olan bağlantısı, yorumlama-analiz süreçleri ile farklı algoritmalar ve sayısal analizlerle ortaya konulmakta böylece çalışmanın amacına göre çeşitli sonuçlar üzerinden modeller üretilebilmektedir. Bu bakımdan ÇKKV yöntemi; değer fayda temelli yöntemler (AHP, TOPSIS, SMART, REGIME, DEMATEL, MAUT), üstünlük yöntemleri

(ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR, MOORA), etkileşimli yöntemler (UTA, PRIAM, STEM), diğer basit yöntemler olarak sınıflandırılabilmektedir (Huang vd., 2011: 3580, Saaty ve Vargas, 2012: 33; Ishizaka ve Nemery, 2013: 5; Ersoy, 2019: 305).

Analitik hiyerarşi süreci (AHS), 1970'lerde temelini Myers ve Alpert'in ortaya koyduğu daha sonra Saaty (1977) tarafından geliştirilmiş ölçüm ve modellemeyi ortaya koyan kriterler arasındaki ilişkiyi ele alan ÇKKV yöntemidir (Saaty, 1986: 843: Saaty, 1990: 11; Şahin ve Toroğlu, 2020: 123). Üst ve alt kriterler arasındaki hiyerarşik yapılarda birden çok karşılaştırmanın oranlarını ölçmek ve tutarlılıklarını saptamak amacıyla kullanılan yöntem, faktörlerin kendi aralarındaki analizlerine, sentezlerine ve tutarlılıklarına dayanarak sayısal sonuçlar ortaya koymaktadır (Saaty ve Kearns, 1985: 26; Saaty, 2004: 3; Scholl vd., 2005: 765). Yöntem; amacın, kriterlerin ve her kritere ait alt kriterlerin (alternatiflerin) belirlenmesiyle başlar, daha sonra ana kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır (Tablo 28).

Tablo 28: Analitik Hiyerarşi Sürecinde (AHS) uygulanan örnek karşılaştırma matrisi

KRİTERLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5
Kriter 1	1	2	3	4	5
Kriter 2	0,5	1	2	3	4
Kriter 3	0,33	0,5	1	2	3
Kriter 4	0,25	0,33	0,5	1	2
Kriter 5	0,20	0,25	0,33	0,5	1
Toplam (*Bi*)	**2,28**	**4,08**	**6,83**	**10,5**	**15**

Karşılaştırmalarda, a_1 kriterinin diğer a_2 kriteriyle ilişkisine, amacın-problemin durumuna göre önem derecesi açısından değerler verilir (Saaty, 1990: 15; Saaty, 1994: 23). Bu değerler AHS'deki matrise yerleştirilir ve kriterler ile alt kriterler önem derecesine göre karşılaştırılır. Matriste *n* sayıdaki eleman *n (n-1)/2* formülüne göre hesaplanır (Byun, 2001: 290; Özşahin ve Kaymaz, 2015: 120). AHS matrisindeki ikili karşılaştırma da terslik kuralı uygulanır ve aynı değerlerin birbirileri ile oranı 1 olarak sabit olmak zorundadır (Saaty ve Vargas, 2012: 26). Değerlerin bir tarafı tam sayı iken diğer tarafı ondalık değer olarak devam etmektedir. AHS karşılaştırma matrisi tamamlandıktan sonra her bir sütun verileri toplanarak *n* kriter satırına işlenir. *N* kriter aşağıdaki formülde *Bi* ile formüle edilerek gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11}a_{12}a_{13} \dots \dots \dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22}a_{23} \dots \dots \dots a_{2n} \\ a_{31}a_{32}a_{33} \dots \dots \dots a_{3n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots . \\ a_{n1}a_{n2}a_{n3} \dots \dots \dots a_{nn} \end{bmatrix} \quad Bi = \begin{bmatrix} b_{11}b_{12}b_{13} \\ b_{21}b_{22}b_{23} \\ \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \\ b_{n1}b_{n2}b_{n3} \end{bmatrix}$$

Bi sütun verileri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır. Bu hesaplama aynı satırdaki tüm elemanların toplanarak n elemanı hesaplanması ve her bir elemanın n elemanına bölünmesi ile ortaya konmaktadır. Bu işlem ile *C* matrisi elde edilmektedir. AHS yönteminde *C* matrisi ile normalizasyon işlemi (sentezleme) ve kriter ağırlıkları belirlenmektedir. AHS karşılaştırma matrisindeki her bir sütun elemanları, o sütunun toplam değerine bölünerek elde edilir. Ede edilen normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ile her bir kriter için kriter ağırlığı aşağıdaki *Wi* formülüne göre tespit edilir.

$$Bij = \frac{\text{aij}}{\sum_{\text{i=1}}^{\text{n}} \text{aij}} \qquad C = \begin{bmatrix} C_{11}C_{12}C_{13} \dots \dots \dots C_{1n} \\ C_{21}C_{22}C_{23} \dots \dots \dots C_{2n} \\ C_{31}C_{32}C_{33} \dots \dots \dots C_{3n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots . \\ C_{n1}C_{n2}C_{n3} \dots \dots \dots C_{nn} \end{bmatrix} \qquad Wi = \frac{\sum_{j=1}^{n} Cij}{n}$$

AHS yönteminin diğer aşamasında *C* matrisinde elde edilen değerlerin ilk aşamadaki toplam değerler sütunu ile çarpımı sonucu ağırlıklı toplam değer yani *Di* verisi ortaya konmaktadır. Yapılan işlemler ile kriterler ve alternatiflerin ağırlık değeri ve toplam ağırlık değerleri hesaplanmış ve önem dereceleri ortaya konmuştur. Bütün elde edilen verilerin problem durumu ya da amaca göre uygun olup olmadığı, kullanılabilme durumu, tutarlık indeksi (*CI*), tutarlık oranı (*CR*) ve rastgele indeksi (*RI*) ile ortaya konmaktadır (Shrestha vd., 2004: 187). Tutarlık indeksinin (*CI*) hesaplanması için *Ei* değerinin bulunması gerekmektedir. *Ei* değeri, her bir ağırlıklı toplam değerlerin (*Di*) aynı verideki kriter ağırlığına bölünmesi sonucu elde edilir. Ortaya çıkan değerlerin ortalamasının alınması sonucu λmax değeri bulunur. Ortaya konan değer aşağıdaki formülde tutarlılık indeksinde (*CI*) n değerleri ile hesaplanarak sonuç değeri bulunmaktadır. Rastgele indeksi, Saaty (1980) tarafından ortaya konan kriter sayısına göre ikili karşılaştırma matrisinden türetilmektedir (Tablo 29) (Saaty, 1980: 12).

$$Ei = \frac{\text{Di}}{\text{Wi}} \quad (i, 1{,}2, \dots . \text{n}) \qquad \lambda = \sum_{1=1}^{n} \text{Ei} \,/\text{n} \qquad CI = \frac{(\lambda\text{max} - n)}{(n-1)}$$

Tablo 29: AHS'de kullanılan rastgele indeks değerleri (Saaty, 1980)

N	RI	N	RI	N	RI
1	0	**6**	1,24	**11**	1,51
2	0	**7**	1,32	**12**	1,48
3	0,58	**8**	1,41	**13**	1,56
4	0,90	**9**	1,45	**14**	1,57
5	1,12	**10**	1,49	**15**	1,59

N= kriter (eleman) sayısı, ***RI***=rastgele indeksi değeri

Çalışmadaki kriterlerin tutarlı olup olmadığını ortaya koyan tutarlık oranı (*CR*) ise tutarlılık indeksi (*CI*) sonucunun rastgele indeksi (*RI*) sonucuna bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Ortaya çıkan değer 0,10 dan büyük ise karşılaştırma da ve kriterler arasındaki ilişkide hatanın olduğunu, tutarlı olmadığını ve verinin kullanılamayacağını ifade eder. Eğer hesaplanan sonuç değer 0.10'dan küçük ise kriterler arasındaki karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu ve değerlerin amaca uygun olduğunu gösterir.

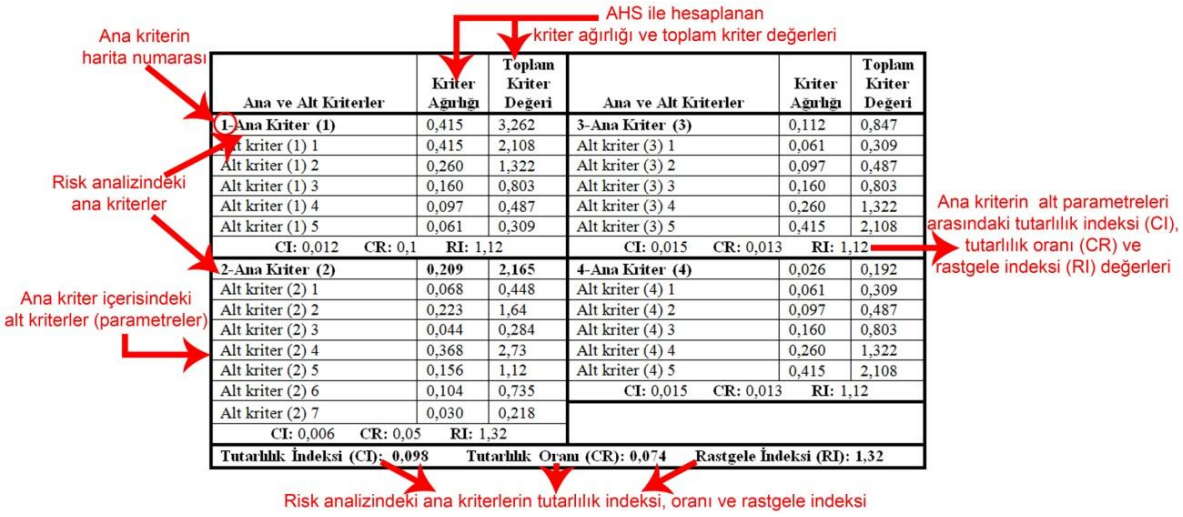
$$CR = CI/RI$$

AHS işleyişinin belirtilen bütün basamakları Göksu Çayı Havzası'nın 10 farklı risk analizinde uygulanmıştır. Her bir risk analizinde, amacın ve sorun teşkil edecek durumun yapısına göre geniş literatür taraması da yapılarak, doğal koşullar başta olmak üzere fiziki ve beşeri coğrafya özelliklerinden ana kriterler ve alt kriterler (alternatifler) belirlenmiştir (Tablo 30). Belirlenen ana ve alt kriterler, konu özelindeki literatür, rapor, kantitatif verilerin incelenmesi ve arazi çalışmalarındaki gözlemlerin değerlendirilmesiyle sıınıflandırılmıştır.

Havzanın risk analizleri için risk özeline uygun belirlenen kriterlerin AHS yönteminin istatistiksel uygulamasına göre önem ve etki dereceleri hesaplanmış, ağırlık kriterlerinin sayısal değerleri bulunmuştur. Elde edilen değerler üzerinden kriterlerin vektör verileri ArcGIS yazılımında recclassify edilerek raster formata dönüştürülmüştür. Daha sonra Arc Toolbox-Spatial Analyis-Overlay-Weitghed Overlay üzerinden AHS ile bulunan ağırlık değerleri analiz edilerek haritalar üretilmiştir. Risk analizlerin model haritaları risk derecesi açısından 1-5 değerleri arasında sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma; 1-çok az riskli, 2-az riskli, 3-orta derecede riskli, 4-yüksek riskli ve 5-çok yüksek riskli şeklinde ortaya konmuştur. Çalışmada kullanılan kriterlerin haritaları, alternatif verileri, AHS ile hesaplanan kriter ağırlığı, toplam kriter değerleri, *CI*, *CR* ve *RI* değerleri tablo olarak analize yansıtılmıştır (Tablo 30 ve Şekil 81).

Tablo 30: Göksu Çayı Havzası risk analizlerinin AHS'de kullanılan ana ve alt kriter sayıları

	Risk Analiz Türü	**Ana Kriter Sayısı**	**Alt Kriter (alternatif) Toplam Sayısı**
1	Deprem risk analizi	7	42
2	Erozyon risk analizi	9	54
3	Heyelan risk analizi	10	66
4	Sel risk analizi	10	66
5	Taşkın risk analizi	10	70
6	Kuraklık risk analizi	10	59
7	Kaya düşmesi risk analizi	8	58
8	Orman Yangını risk analizi	10	65
9	Fırtına risk analizi	8	51
10	Beşeri kökenli risk analizi	10	57



Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri	Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Ana Kriter (1)	0,415	3,262	3-Ana Kriter (3)	0,112	0,847
Alt kriter (1) 1	0,415	2,108	Alt kriter (3) 1	0,061	0,309
Alt kriter (1) 2	0,260	1,322	Alt kriter (3) 2	0,097	0,487
Alt kriter (1) 3	0,160	0,803	Alt kriter (3) 3	0,160	0,803
Alt kriter (1) 4	0,097	0,487	Alt kriter (3) 4	0,260	1,322
Alt kriter (1) 5	0,061	0,309	Alt kriter (3) 5	0,415	2,108
CI: 0,012 CR: 0,1 RI: 1,12			CI: 0,015 CR: 0,013 RI: 1,12		
2-Ana Kriter (2)	0,209	2,165	4-Ana Kriter (4)	0,026	0,192
Alt kriter (2) 1	0,068	0,448	Alt kriter (4) 1	0,061	0,309
Alt kriter (2) 2	0,223	1,64	Alt kriter (4) 2	0,097	0,487
Alt kriter (2) 3	0,044	0,284	Alt kriter (4) 3	0,160	0,803
Alt kriter (2) 4	0,368	2,73	Alt kriter (4) 4	0,260	1,322
Alt kriter (2) 5	0,156	1,12	Alt kriter (4) 5	0,415	2,108
Alt kriter (2) 6	0,104	0,735	CI: 0,015 CR: 0,013 RI: 1,12		
Alt kriter (2) 7	0,030	0,218			
CI: 0,006 CR: 0,05 RI: 1,32					
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,098 Tutarlılık Oranı (CR): 0,074 Rastgele İndeksi (RI): 1,32					

Şekil 81: AHS ile elde edilen değerlerin örnek tablo verisinde gösterimi ve açıklamaları

4.2. Deprem Risk Analizi

Göksu Çayı Havzası, ülkemizin aktif fay zonu olan KAF hattının güney kesimindeki tektonik doğrultuların geçtiği sahada yer almaktadır. Aynı zamanda bu hattın en aktif alanlarına, tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelmiş büyük deprem noktaları olan İzmit Körfezi, Yalova, İznik, Bursa ve Marmara Denizi'ne oldukça yakın olması nedeniyle deprem riskini barındırmaktadır (Barka, 1997: 60). Havza sınırları içerisinde son 120 yıllık aletsel dönemde 4 ve üstü büyüklüğünde 10 adet deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden 09.08.1939 yılında Bozüyük'e bağlı Aksutekke köyünde meydana gelen deprem 5,3 büyüklüğü ile havzada en tahripkar deprem olarak tespit edilmiştir. Havzanın ve yakın çevresinin diri fay haritası incelendiğinde İnegöl fay, havza sınırları dışındaki İznik-Mekece fayı ve Bursa fayı deprem üretme potansiyeli en yüksek faylardır. Bu hatlarda tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelmiş birçok deprem havza da tahripkar etiler bırakmıştır. Ayrıca havzanın önemli nüfus merkezlerin zemin mukavemeti açısından riskli alanlar olan alüvyal sahalarda bulunması da deprem riski durumunun diğer boyutunu ortaya koymaktadır (Ertek, 2013: 810). Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nda deprem risk analizi duyarlık haritasının oluşturulması için AHS yöntemi kapsamında 7 ana kriter ve bunlara bağlı 42 alt parametre tespit edilerek uygulanmıştır (Tablo 31 ve Şekil 82). Ana kriterleri; aktif faya yakınlık, jeolojik-litolojik birimler, zeminin salınım ve sıvılaşma potansiyeli, deprem yoğunluğu, yerel faylara mesafe, hidrojeolojik yapı ve eğim faktörleri oluşturmaktadır (Şekil 82). Aktif faylara yakınlık verisi İnegöl, Bursa ve İznik-Mekece fayları temel alınarak multiple ring buffer yöntemi ile oluşturulmuştur. AHS deprem risk analizinde ve diğer risk analizlerinde de kullanılan jeolojik-formasyon yapısı, benzer litolojik unsurları ihtiva eden birimlerin birleştirilmesi ile çalışmada kullanılmıştır. Salınım ve

sıvılaşma durumu, litolojik birimlerin geçirimlilik, gözenelilik durumuna göre belirlenmiştir. Deprem yoğunluğu, aletsel dönemdeki 4 ve üssü büyüklüğündeki deprem merkezinin temel alınması ve point density ile yoğunlukların belirlenmesiyle elde edilen raster verisi kullanılmıştır. Yerel (diğer) faylara mesafe verisinin üretiminde de multiple ring buffer yöntemi kullanılmıştır. Hidrojeolojik yapı ve eğim değerleri de depremde risk ve zararları attıracağı için önceden üretilen harita verilerinden faydalanılarak kullanılmıştır.

Tablo 31: Analitik hiyerarşi süreci deprem risk analizinde kullanılan kriter ve ağırlık değerleri

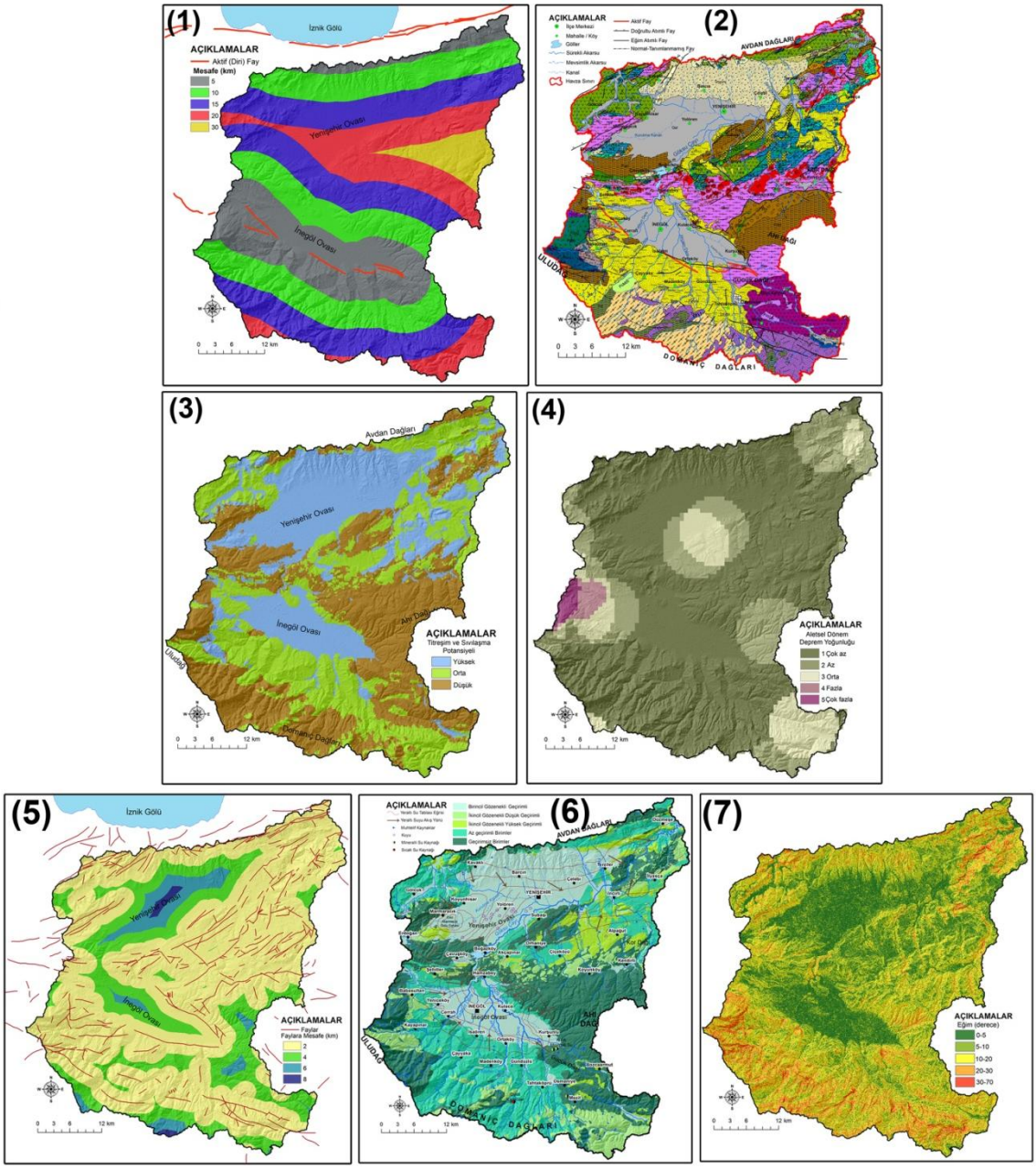
Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Aktif Faya Mesafe (km)	**0,415**	**3,262**
5 km	0,415	2,108
10 km	0,26	1,322
15 km	0,16	0,803
20 km	0,097	0,487
30 km	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,09 **RI:** 1,12		
2-Jeoloji-Litoloji	**0,174**	**1,387**
Alüvyon	0,263	3,298
Yamaç Molozu	0,263	3,298
Mesudiye F.	0,216	2,83
İnegöl F.	0,175	2,56
Tunçbilek F.	0,216	2,83
Alaçam Graniti	0,113	1,392
Yenipazar F.	0,094	1,028
Soğukçam F.	0,057	0,573
Geyiktepe	0,033	0,325
Karakaya	0,033	0,325
Ofiyolit	0,033	0,325
Kireçtaşı	0,027	0,195
Taşarası-Alınca	0,027	0,195
Bursa	0,014	0,142
Sazak	0,014	0,142
CI: 0,14 **CR:** 0,09 **RI:** 1,59		
3-Sıvılaşma Potansiyeli	**0,133**	**1,056**
Yüksek	1,61	4,81
Orta	0,88	2,645
Düşük	0,48	1,451
CI: 0,051 **CR:** 0,08 **RI:** 0,58		

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
4-Deprem Yoğunluğu	**0,112**	**0,847**
1 Yok	0,061	0,309
2 Az	0,097	0,487
3 Orta	0,16	0,803
4 Fazla	0,26	1,322
5 Çok Fazla	0,415	2,108
CI: 0,015 **CR:** 0,013 **RI:** 1,12		
5-Diğer Faylara Mesafe	**0,061**	**0,435**
2 km	0,465	1,879
4 km	0,277	1,114
6 km	0,16	0,641
8 km	0,095	0,382
CI: 0,007 **CR:** 0,077 **RI:** 0,9		
6-Hidrojeoloji	**0,054**	**0,394**
Birinci Geçirimli	0,415	2,108
İkincil yüksek	0,26	1,322
İkincil düşük	0,16	0,803
Az geçirimli	0,097	0,487
Geçirimsiz	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
7-Eğim (derece)	**0,026**	**0,192**
0-5	0,061	0,309
5-10	0,097	0,487
10-20	0,16	0,803
20-30	0,26	1,322
30-70	0,415	2,108
CI: 0,015 **CR:** 0,013 **RI:** 1,12		

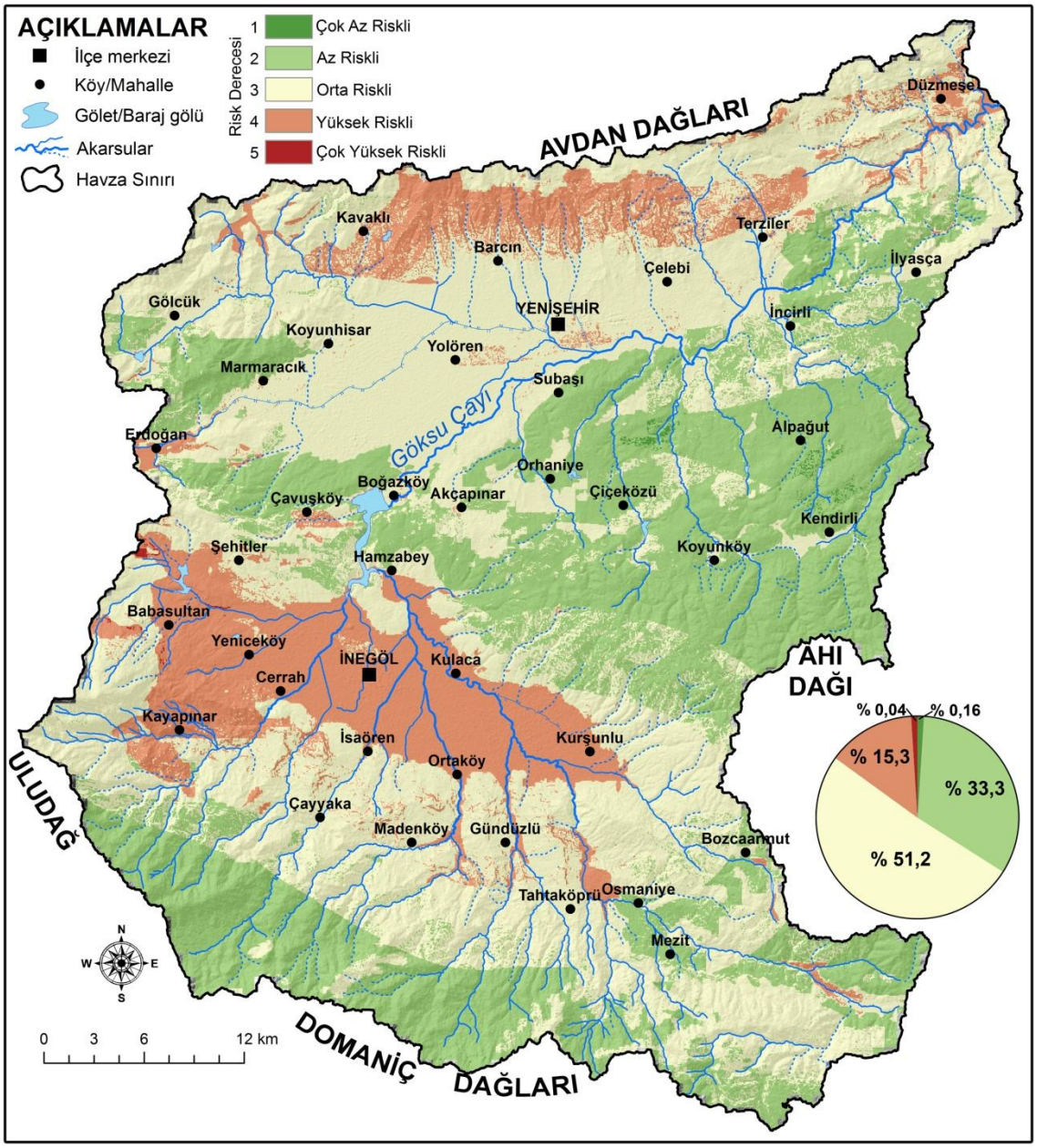
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,098 Tutarlılık Oranı (CR): 0,074 Rastgele İndeksi (RI): 1,32

Göksu Çayı Havzası'nda AHS yöntemi ile ortaya konan deprem risk analizi modeline göre havzanın % 15'3'ü yüksek derecede risk ihtiva etmektedir. Havza alanının yarısından fazlası ise orta derece de deprem riski tehlikesi içermektedir. Havzanın % 33'lük kesiminde ise deprem riskinin az olduğu tespit edilmiştir. Deprem riski açısından çok yüksek ve çok az risklerin oranı % 1'in altındadır (Şekil 83). Sahanın aktif faylara yakınlığı deprem riskinin

havzanın her kesiminde belli boyutlarda hissedileceği ve etki yaratacağını göstermektedir. Çok yüksek riskin hem oransal hem de dağılış açısından durumuna bakıldığında, havzada 6 ve üssü depremlerin tarihsel ve aletsel dönemde olmayışı, yakın çevredeki daha aktif faylara mesafe gibi durumlarla açıklanmaktadır. Bu nedenle çok yüksek riskin olduğu alanlar İnegöl fay zonunun kuzeybatısında, Bursa fayına yakın alanlardaki sahadaki görülmektedir.



Şekil 82: Deprem risk analizinde kullanılan kriterler 1) Aktif faylara mesafe, 2) Jeoloji-litoloji, 3) Salınım ve sıvılaşma potansiyeli, 4) Deprem yoğunluğu (1900-2020), 5) Diğer faylara mesafe, 6) Hidrojeoloji, 7) Eğim



Şekil 83: Göksu Çayı Havzası'nın deprem riski haritası

Deprem risk analiz sonucu duyarlılık haritası incelendiğinde İnegöl Ovası ve güneybatıda Uludağ yamaçlarında moloz sahası deprem riskinin en yüksek olduğu ilk alanı teşkil eder (Şekil 83). Bu sahada alüvyal ve geçirimli zeminin varlığı, ovanın güneyini sınırlayan aktif İnegöl fay hattı riski yüksek düzeyler de olmasına neden olmaktadır. Sahanın aynı zamanda havzanın en yoğun nüfuslu alanı olması ve birçok sanayi tesisini de barındırması risk ve tehlikenin boyutlarını daha da arttırmaktadır. Diğer yüksek risk içeren alanı, havzanın kuzeyinde Düzmeşe-Kavaklı arasındaki konglomera, kumtaşı vb. örtü birimlerinden oluşan ve İznik fayına yakın olan saha oluşturmaktadır. Yenişehir Ovası alüvyal ve geçirimli zemine sahip olmasına rağmen aktif fay hatlarına ve deprem yoğunluk merkezlerine uzak olduğu için orta derecede deprem riskine sahiptir. Havzanın güneyinde Domaniç Dağları'nın yüksek kesimleri

ve havzanın doğundaki plato sahası ile Ahı Dağı çevresi deprem riskinin düşük olduğunu alanları oluşturmaktadır.

4.3. Erozyon Risk Analizi

Doğal süreçlerin aşındırıcı etkisi daima toprak yüzeyinin erozif faaliyetlere uğramasına ve başka alanlara taşınmasına sebep olabilmektedir. İnsanoğlunun geçmişten günümüze farklı arazi kullanımları ve artan talepler neticesinde topografik yüzeyler ve doğal sistemlerin dinamik süreçlerinde antropojenik etkiler bırakması erozyonun daha büyük boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır. Bu durum Dünya da ve Türkiye'de farklı boyutlarla erozyon sorunun ortaya çıkmasına sebep olurken verimli toprağının yok olması geleceğe dair risklerin ve tehlikelerin artmasına, ekosistemsel sorunların yaşanmasını da tetiklemektedir. Erozyon genel olarak doğal, jeolojik ve antropojenik müdahalelerle gelişen hızlandırılmış erozyon olarak sınıflandırılmaktadır (Blanco ve Lal, 2008: 16: Chen vd., 2010: 534; Fernández ve Nunez, 2011: 3115). Doğal ve beşeri birçok faktör üzerinden değişen boyutlarda meydana gelen toprak erozyonunu hesaplamak, geleceğe dönük risk ve tehlike modelleri ortaya koymak için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler genel olarak ampirik, kavramsal, istatistiksel ve fiziksel süreçlere dayanan modellerdir (Renard vd., 2011: 8). Bu yöntemlerden Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) en çok kullanılan ve toprak kaybını ortaya koymaya çalışan istatistiksel tabanlı metotların başında gelmektedir (Tağıl, 2007: 13). Bunun dışında ÇKKV, EUROSEM, EPIC, AHS, ICONA, MICONA, USLE, CORİNE gibi yöntemlerde oldukça fazla kullanılmaktadır (Demirağ Turan vd., 2020: 59). Göksu Çayı Havzası, doğal ortam koşulları ile antropojenik faktörlerinde diğer bir etken olmasıyla belli alansal dağılışta yoğunlaşan ve çeşitli boyutlara ulaşan erozyona maruz kalmaktadır. Bu açıdan hem tarımsal faaliyetin yoğun olduğu havzada geleceğe dönük tedbirler alınması hem de ekosistemsel dengenin sağlanması açısından risk alanlarının tespit edilmesi oldukça önemlidir.

AHS yöntemi kapsamında havzanın erozyon risk modelinin oluşturulması için 9 ana kriter ve bunlara ait 54 alt kriter kullanılarak analiz çalışması yapılmıştır (Tablo 32 ve Şekil 84). Bu kapsamda CBS ve UA teknikleri ile üretilen raster ya da vektör veriler tekrar sınıflandırılarak rastere dönüştürülmüş ve AHS yönteminde kriter ağırlıkları tespit edilerek risk analizi üretilmiştir. Risk analizinde kullanılan eğim, toprak dağılışı, yağış, hidrojeolojik yapı, irtifa farkı (göreceli rölyef), bakı ve topografik nemlilik indis verileri doğal ortam koşullarını temsil ederken, arazi kullanımı/arazi örtüsü ve NDVI verisi hem doğal hem beşeri durumunu kapsamaktadır. Eğim faktörü erozyonda önemli yer tutan suyun aşındırıcı etkisini arttırması bakımdan önem derecesi en yüksek kriter olarak kullanılmıştır. Arazi kullanımı/arazi örtüsü verisi ise hem erozyonu arttırıcı-azaltıcı örtü birimleri göstermesi hem de antropojenik

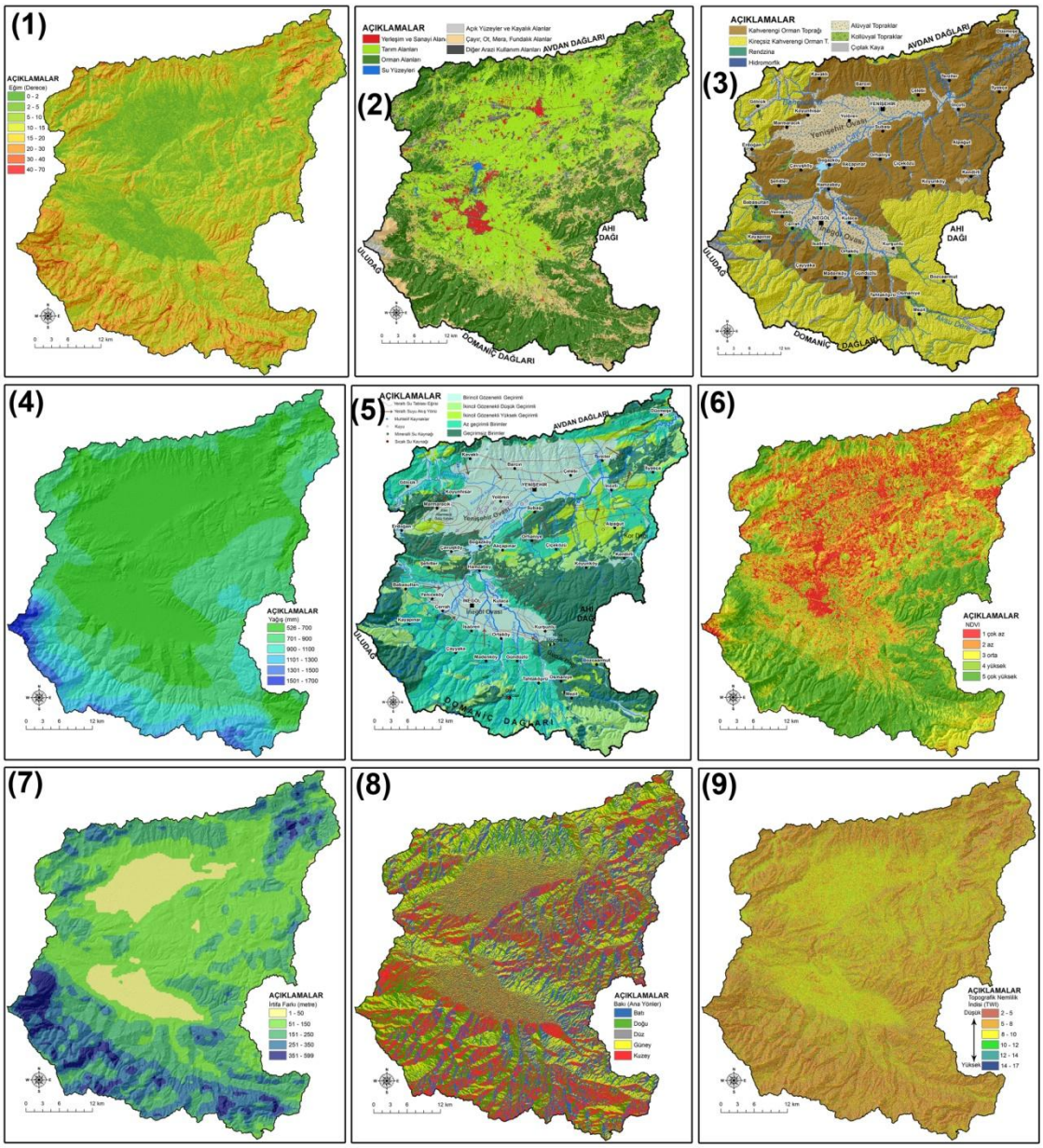
etkenlerin tetikleyici durumu açısından diğer önem derecesi yüksek kriteri oluşturmuştur. Toprak türü, yağış ve hidrolojik yapı ise erozyonunun dağılış ve boyutunu etkilemektedir.

Tablo 32: Analitik hiyerarşi süreci erozyon risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değeri

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri	Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Eğim (derece)	**0,278**	**2,853**	**5-Hidrojeoloji**	**0,077**	**0,743**
0-2	0,023	0,19	Birincil Geçirimli	0,061	0,309
2-5	0,032	0,266	İkincil yüksek	0,097	0,487
5-10	0,049	0,39	İkincil düşük	0,16	0,803
10-15	0,073	0,585	Az geçirimli	0,26	1,322
15-20	0,107	0,876	Geçirimsiz	0,415	2,108
20-30	0,155	1,3	**CI:** 0,015 **CR:** 0,013 **RI:** 1,12		
30-40	0,227	1,91	**6-NDVI**	**0,066**	**0,609**
40-70	0,326	2,74	1 çok az	0,415	2,108
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41			2 az	0,26	1,322
2-Arazi Kullanımı (2020)	**0,209**	**2,165**	3 orta	0,16	0,803
Yerleşim alanı	0,068	0,448	4 yüksek	0,097	0,487
Tarım alanı	0,223	1,64	5 çok yüksek	0,061	0,309
Orman alanı	0,044	0,284	**CI:** 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
Açık yüzeyler	0,368	2,73	**7-İrtifa farkı (metre)**	**0,041**	**0,374**
Çayır, ot mera,	0,156	1,12	1-50	0,415	2,108
Diğer arazi	0,104	0,735	51-150	0,26	1,322
Su yüzeyleri	0,03	0,218	151-250	0,16	0,803
CI: 0,006 **CR:** 0,05 **RI:** 1,32			251-350	0,097	0,487
3-Toprak Türleri	**0,167**	**1,740**	351-599	0,061	0,309
Kahverengi orman toprağı	0,16	0,803	**CI:** 0,015 **CR:** 0,013 **RI:** 1,12		
Kireçsiz Kahverengi	0,26	1,322	**8-Bakı (ana yönler)**	**0,026**	**0,244**
Alüvyal	0,097	0,487	Güney	0,408	2,189
Kolüvyal	0,415	2,108	Doğu	0,21	1,127
Rendzina	0,415	2,108	Batı	0,195	1,057
Hidromorfik	0,097	0,487	Kuzey	0,129	0,693
Çıplak Kaya	0,061	0,309	Düz alanlar	0,052	0,279
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12			**CI:** 0,092 **CR:** 0,082 **RI:** 1,12		
4-Yağış (mm)	**0,106**	**1,054**	**9- TWI**	**0,021**	**0,208**
525-700	0,042	0,258	2-5	0,379	2,33
701-900	0,065	0,39	5-8	0,248	1,53
901-1100	0,102	0,614	8-10	0,159	0,975
1101-1300	0,159	0,975	10-12	0,102	0,614
1301-1500	0,248	1,53	12-14	0,065	0,391
1501-1700	0,379	2,33	14-17	0,042	0,258
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24			**CI:** 0,018 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,09 Tutarlılık Oranı (CR): 0,068 Rastgele İndeksi (RI): 1,45					

Göksu Çayı Havzası'nın AHS yöntemiyle üretilen erozyon risk haritası verileri incelendiğinde; havzanın % 0,06'sında erozyon riskinin çok az, % 14,5'inde az olduğu görülmektedir. Bu durum havzanın % 85'inde belli şiddetlerde erozyonun yaşandığı ve yaşanacağını göstermekte, geleceğe dönük yönetim ve planlamalar için önlem-tedbir alınması

gerekmektedir. Havzanın % 65,7'si orta derecede erozyon riskini içermekteyken % 19,7'sinde yüksek ve % 0,06'sında çok yüksek risklerin olduğunu tespit edilmiştir.



Şekil 84: Erozyon risk analizinde kullanılan kriterler 1) eğim 2) arazi kullanımı 3) toprak türleri 4) yağış 5) hidrojeoloji 6) NDVI 7) irtifa farkı 8) bakı 9) TWI

Erozyon risk durumunun dağılışı incelendiğinde çok yüksek riskli alanların Uludağ yamaçlarında çıplak arazilerde olduğu ancak alansal açıdan çok dar bir saha kapladığı görülmektedir (Şekil 85). Yüksek riskli sahalar havzanın farklı alanlarına dağılmış durumdadır. Özellikle Uludağ'ın yüksek kesimleri, havzanın güneydoğusu, havzanın güneyindeki plato alanlarında, ova tabanına geçiş sahasında Tahtaköprü-Kayapınar arası, havzanın orta kesimindeki eşik sahası, Göksu Çayı'nın doğusunda kalan plato alanı, eski Marmaracık Gölü sahasının kuzeybatısı, Avdan Dağları'nın yamaçları, Düzmeşe-Çelebi arasında yüksek erozyon

riskinin olduğu görülmektedir. Bu sahaların büyük kısmının ormanlardan yoksun, açık yüzey ya da tarım, mera alanı olması, eğim değerinin belli seviyelerde görülmesi, erozyonda rol oynayan temel etmenlerdir.



Şekil 85: Göksu Çayı Havzası'nın erozyon risk haritası

Havzanın büyük bir bölümünün orta derecede erozyon riskini sahip olması bu sahaların dağılışı açısından heterojen bir durum gösterir. Havzanın birçok noktasında ani irtifa farklarının, eğim değerleri değişiminin olmasına, yağışın belli bir seviyenin üstünde olması ile bu alanlarda yüzeysel aşındırmanın artmasına neden olmakta ve orta düzeydeki erozyon riskinin havzada yüksek oranda görülmesine sebebiyet vermektedir. Az riskli alanlarda havzada oldukça dar bir alanda ve dengesiz dağılış şeklinde gözlemlenir. Avdan Dağları, Domaniç Dağları, Uludağ ve Ahı Dağı'nın yamaçlarında eğimin daha az olduğu ve bitki örtüsünün gür olduğu

sahalar ile havzanın doğusundaki plato sahasında erozyon riskinin az olduğu alanlar görülmektedir. Elde edilen risk analizi ve dağılışı havzanın yönetiminde mutlaka erozyon durumun karşı tedbirler alınması gerektiğini göstermektedir.

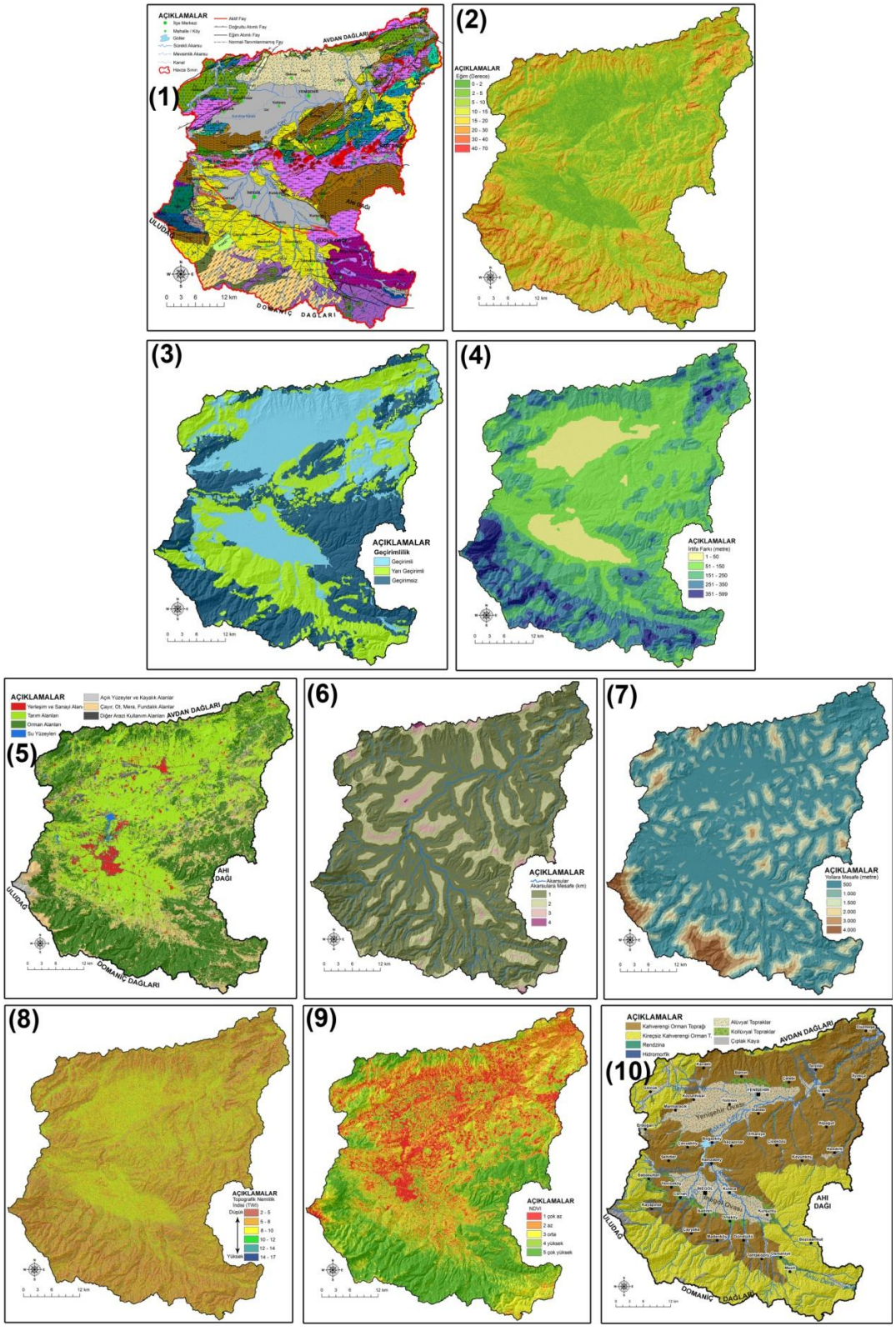
4.4. Heyelan Risk Analizi

Heyelan, ani ya da uzun süreli aşırı yağışlar, antropojenik etkenler, deprem, volkanizma ve ani kar erimeleri gibi nedenlerle, kaya, toprak ve yamaç molozlarının birleşiminden oluşan unsurları eğim doğrultusu boyunca hareket ettirmesi olarak tanımlanmaktadır (Fidan ve Görüm, 2020: 124). Dünyada ve Türkiye'de en sık rastlanan doğal afetlerden biri olan heyelanlar aynı zamanda can kayıplarına ve büyük boyutlarda hasarlara yol açabilmektedir (Guzzetti, 2000: 91; Tseng vd., 2015: 1138; Haque vd., 2016: 1547; Reichenbach vd., 2018: 61; Görüm ve Fidan, 2021: 1). Heyelanların risk durumu ve duyarlılık haritalarının üretilmesi ve analizlerinin yapılmasında farklı teknik ve özellikle CBS – UA yöntemleri kullanılmaktadır (Fell vd., 2008: 99; Görüm vd., 2011: 154; Neuhäuser vd., 2012: 511). Heyelan risk ve duyarlılık haritalarının üretilmesinde ve analizlerinin yapılmasında istatistiksel, sezgisel ve deterministik yöntemler en çok kullanılmaktadır (Pourghasemi vd., 2018: 3). Heyelan risk alanların tespit edilmesi, yönetim ve planlama çalışmaları başta olmak üzere birçok alanda kullanılmakta ve meydana gelebilecek zararların önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

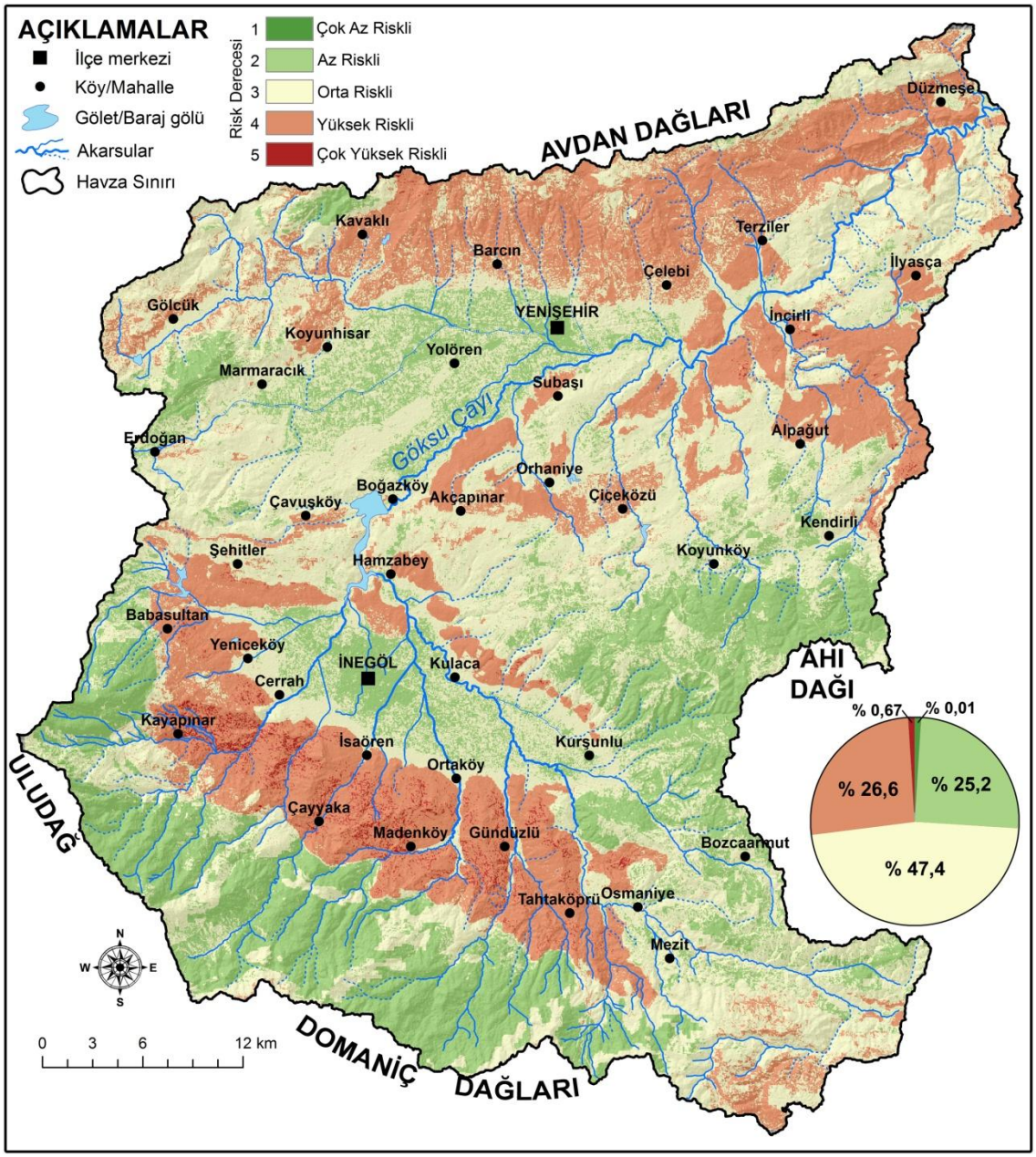
Göksu Çayı Havzası, heyelana sebep olan doğal ve antropojenik kökenli tetikleyici etmeleri barındırması açısından ülkemizin heyelan risk sahalarında önemli bir yer tutar. Özellikle MTA heyelan envanteri incelendiğinde sahanın güney kesiminde aktif ve eski dönemli heyelanların varlığı dikkat çekmektedir. AHS yöntemi için kullanılacak kriterler heyelan envanterinin incelenmesi ve daha önceki çalışmalarda kullanılan kriterlerin değerlendirilmesi ile oluşturulmuştur. Bu bakımdan AHS yöntemi için heyelan risk analizinde 10 ana kriter ve bunlara ait 66 alternatif kullanılmıştır (Tablo 33 ve Şekil 86). Heyelan envanterinin incelenmesi ve Hoşgören'in (1975) çalışmasının yorumlanmasıyla havzadaki heyelanı tetikleyici temel faktörün litolojik birimlerin dağılışı olduğu saptanmış ve AHS'de önem derecesi en yüksek kriter olarak kullanılmıştır. Daha sonra eğim, kayaç geçirimliliği, irtifa farkı heyelan materyalinin kayma yüzeyini ortaya koyması bakımında AHS'de kullanılmıştır. Arazi kullanımı (2020), NDVI ve yollara mesafe verileri heyelanlarda önemli tetikleyici etmen olan antropojenik faktörler içerisinde yer almaktadır. Morfometrik analizlerden TWI verisi, toprak ve vadi yamaçları temellendirilen akarsulara mesafe verisi AHS'de kullanılan diğer kriterlerdir.

Tablo 33: Analitik hiyerarşi süreci heyelan risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Jeoloji-Formayon	**0,257**	**2,717**
Alüvyon	0,073	0,585
Yamaç Molozu	0,227	1,91
Mesudiye F.	0,227	1,91
İnegöl F.	0,326	2,74
Tunçbilek F.	0,155	1,3
Alaçam Graniti	0,023	0,19
Yenipazar F.	0,107	0,876
Soğukçam F.	0,049	0,39
Geyiktepe	0,107	0,876
Karakaya	0,049	0,39
Ofiyolit	0,032	0,266
Kireçtaşı	0,032	0,266
Taşarası-Alınca	0,073	0,585
Bursa	0,023	0,19
Sazak	0,023	0,19
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,59		
2-Eğim (derece)	**0,192**	**2,052**
0-2	0,023	0,19
2-5	0,032	0,266
5-10	0,049	0,39
10-15	0,073	0,585
15-20	0,107	0,876
20-30	0,155	1,3
30-40	0,227	1,91
40-70	0,326	2,74
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
3-Geçirimlilik	**0,147**	**1,55**
Geçirimli	0,88	4,81
Yarı Geçirimli	1,61	2,645
Geçirimsiz	0,48	1,451
CI: 0,051 **CR:** 0,08 **RI:** 0,58		
4-İrtifa farkı (metre)	**0,108**	**1,167**
1-50	0,061	0,309
51-150	0,16	0,803
151-250	0,415	2,108
251-350	0,26	1,322
351-599	0,097	0,487
CI: 0,015 **CR:** 0,013 **RI:** 1,12		
5-Arazi kullanımı (2020)	**0,094**	**0,915**
Yerleşim alanı	0,044	0,284
Tarım alanı	0,368	2,73
Orman alanı	0,104	0,735
Açık yüzeyler	0,223	1,64
Çayır, ot mera,	0,068	0,448
Diğer arazi	0,156	1,12
Su yüzeyleri	0,03	0,218
CI: 0,006 **CR:** 0,05 **RI:** 1,32		
6-Akarsulara mesafe (m)	**0,068**	**0,692**
1 km	0,465	1,879
2 km	0,277	1,114
3 km	0,16	0,641
4 km	0,095	0,382
CI: 0,007 **CR:** 0,007 **RI:** 0,9		
7-Yollara mesafe (metre)	**0,048**	**0,481**
500	0,379	2,33
1000	0,248	1,53
1500	0,159	0,975
2000	0,102	0,614
3000	0,065	0,39
4000	0,042	0,258
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
8- TWI	**0,033**	**0,337**
2-5	0,379	2,33
5-8	0,248	1,53
8-10	0,159	0,975
10-12	0,102	0,614
12-14	0,065	0,391
14-17	0,042	0,258
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
9-NDVI	**0,024**	**0,243**
1 çok az	0,16	0,803
2 az	0,261	1,322
3 orta	0,415	2,108
4 yüksek	0,097	0,487
5 çok yüksek	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
10-Toprak türleri	**0,017**	**0,183**
Kahverengi orman	0,415	2,108
Kireçsiz Kahverengi o	0,16	0,803
Alüvyal	0,097	0,487
Kolüvyal	0,26	1,322
Rendzina	0,26	1,322
Hidromorfik	0,097	0,487
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,038 Tutarlılık Oranı (CR): 0,026 Rastgele İndeksi (RI): 1,49		



Şekil 86: Heyelan risk analizinde kullanılan kriterler 1) jeoloji 2) eğim 3) kayaç geçirimliliği 4) irtifa farkı 5) arazi kullanımı 6) akarsulara mesafe 7) yollara mesafe 8) TWI 9) NDVI 10) toprak



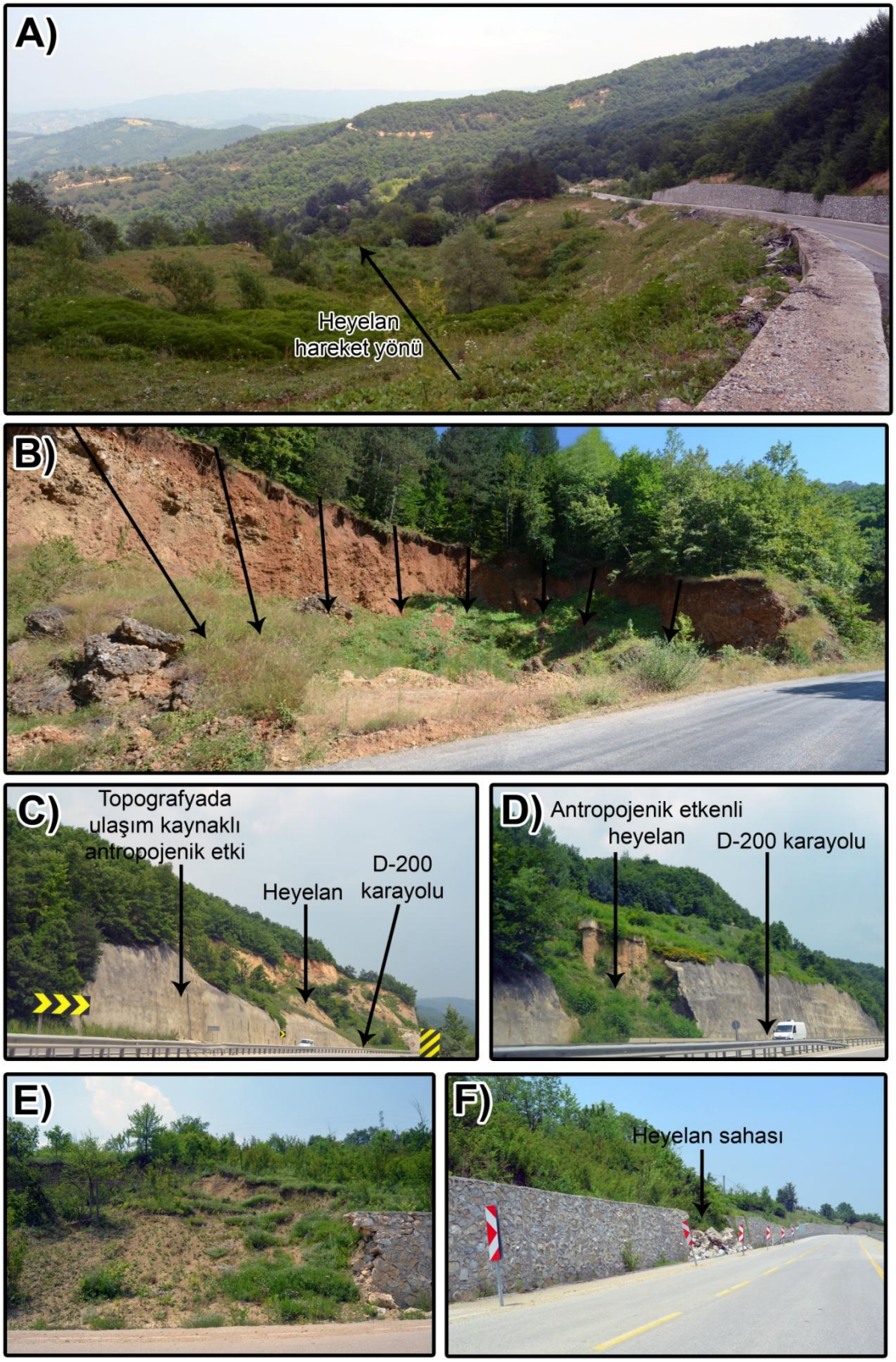
Şekil 87: Göksu Çayı Havzası'nın heyelan risk haritası

Göksu Çayı Havzası kapsamında AHS yöntemi ile yapılan heyelan risk analizine göre sahanın % 0,67'si çok yüksek risk, % 26,6 yüksek risk oluşturmaktadır. Heyelan risk açısından havza alanının % 47,4'ü orta derecede risk ihtiva ederken % 25,2'si az riskli ve % 0,01'i çok az riskli durumdadır (Şekil 87).

Havzanın heyelan risk durumu mekansal dağılış bakımından incelendiğinde çok yüksek risklerin görüldüğü sahaların büyük bir bölümünün İnegöl Ovası'nın güneyinde yer alan eğimli, akarsular tarafından derince yarılmış plato sahasında görüldüğü tespit edilmektedir (Fotoğraf 32). Belirtilen sahada heyelanların geçmişten günümüze etkili olduğu ve halen aktif heyelanların görüldüğü bilinmektedir. Sahada heyelan riskin çok yüksek olmasında en önemli neden; konglomera, kumtaşı, kiltaşı, çamurtaşı, marn gibi örtü birimlerinden oluşan İnegöl

formasyonunun litolojik ve hidrojeolojik özellikleridir. Formasyonu oluşturan litolojik birimlerin aşırı yağışlarla birlikte yüzeyden sızan suyu absorbe etmesi ve gravite etkisiyle yamaç doğrultusunda kaymaların, akmaların yaşanması bu kesimin büyük bir risk altında olduğunu göstermektedir. Belirtilen alanlardaki yolların oluşturduğu antropojenik tetikleyici etkende günümüzde aktif heyelanların halan arazide tespit edilmesine sağlamaktadır. Bu alanda görülen çok yüksek ve yüksek riskli sahaların dışında havzanın kuzeyinde aynı litolojik birimlerin ve hidrojeolojik yapının mevcut olduğu plato sahasındaki eğimli yamaçlarda da yüksek riskler bulunmaktadır. Bunun dışında Göksu Çayı vadisinin güney-güneydoğu kesimi, Çelebi-Terziler-İncirli üçgenindeki saha, İnegöl Ovası'nın kuzeyindeki örtü birimlerinden müteşekkil eğimli saha, Ahı Dağı kuzeyindeki plato alanında da heyelan açısından yüksek riskli sahalar bulunmaktadır.

İnceleme sahasında orta derecede heyelan riskini sahip alanlar Uludağ ve Domaniç Dağları'ndaki vadi yamaçlarında, Aksu, Dalakkaydıran Dere vadilerinin yamaçlarında, havza ortası eşik sahası, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanı ve havzanın kuzeybatısında yer almaktadır. Heyelan risk düzeyinin az olduğu alanlar İnegöl ve Yenişehir ovaları ile Uludağ-Domaniç Dağları ve Ahı Dağı'nın yüksek kesimlerindeki granit, mermer, şist gibi geçirimlilik düzeyi düşük, daha dirençli litolojik birimlerin olduğu sahalardan oluşmaktadır. Analiz edilen heyelan risk modeli havza yönetimi ve planlaması açısından Göksu Çayı Havzası'nda heyelan riskinin önemle üzerinde durulması gereken ve tedbirler alınmasının şart olduğu bir durumu ortaya koymaktadır. Özellikle havzanın güneyindeki İnegöl'e bağlı birçok yerleşim yeri ve tarım alanı heyelan riski altında bulunmakta, yolların bir kısmında heyelan nedeniyle bozulmaların olduğu tespit edilmiştir.

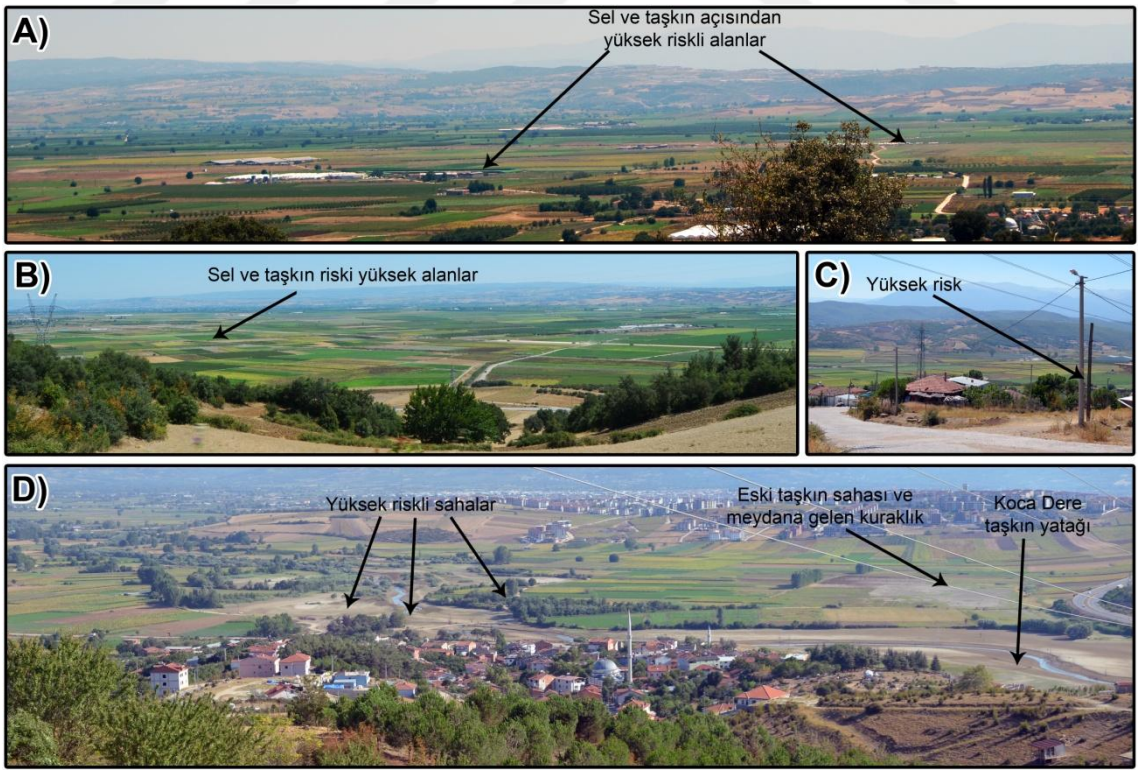


Fotoğraf 32: Göksu Çayı Havzası'ndaki aktif heyelan sahaları A) Oylat yolu, B) Çayyaka yolu, C) ve D) Antropojenik kökenli heyelanlar D-200 karayolu Kınık-Mezit arası, E) Yukarı Ballık yakınları D) Hacıkara yakınları

4.5. Sel Risk Analizi

Sel hadisesi, aşırı yağışlar sonucu zeminin litolojik-hidrojeolojik yapısına bağlı olarak bir yerde biriken, kabaran ya da kuru vadi ve eğimli alanlarda hızla akışa geçen suyun ortaya koyduğu süreçtir (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Sel hadiseleri birçok kez taşkın ile birlikte değerlendirilmekte ancak her iki durumun farklı olduğu mutlaka bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle sel ve taşkın riskleri ayrı ayrı ele alınmıştır. Dünyada ve Türkiye'de küresel iklim değişikliği, yanlış arazi kullanımı, plansız kentleşme, doğrudan veya dolaylı olarak jeomorfolojik, hidrografik süreçlere antropojenik müdahalelerle birlikte meydana gelen sel hadisesi ve sonucunda oluşan sel afeti sayısı oldukça artmıştır. Bu afetler nedeniyle büyük oranda can ve mal kayıpları yaşanmakta, ekonomik zararlar ortaya çıkmaktadır.

Göksu Çayı Havzası'nın sel riski analizi için AHS yöntemi kapsamında 10 ana kriter belirlenmiş ve bunlara bağlı olarak 66 alt kriter verisi kullanılmıştır (Tablo 34 ve Şekil 88). Analizde, akarsulara mesafe, hidrojeolojik yapı, drenaj yoğunluğu, eğim, yağış ve litolojik yapı önem derecesi en yüksek etkenler arasında yer alır. Morfometrik analizlerden TWI ve SPI verileri ise akarsuların akış gücü, durumu dağılışı açısından sel analizinde kullanılmıştır. NDVI ve arazi kullanımı verileri ise doğal ve beşeri faktörlerin ortak etkisini kriter açısından ortaya konmasından dolayı risk analizinde yer almıştır.



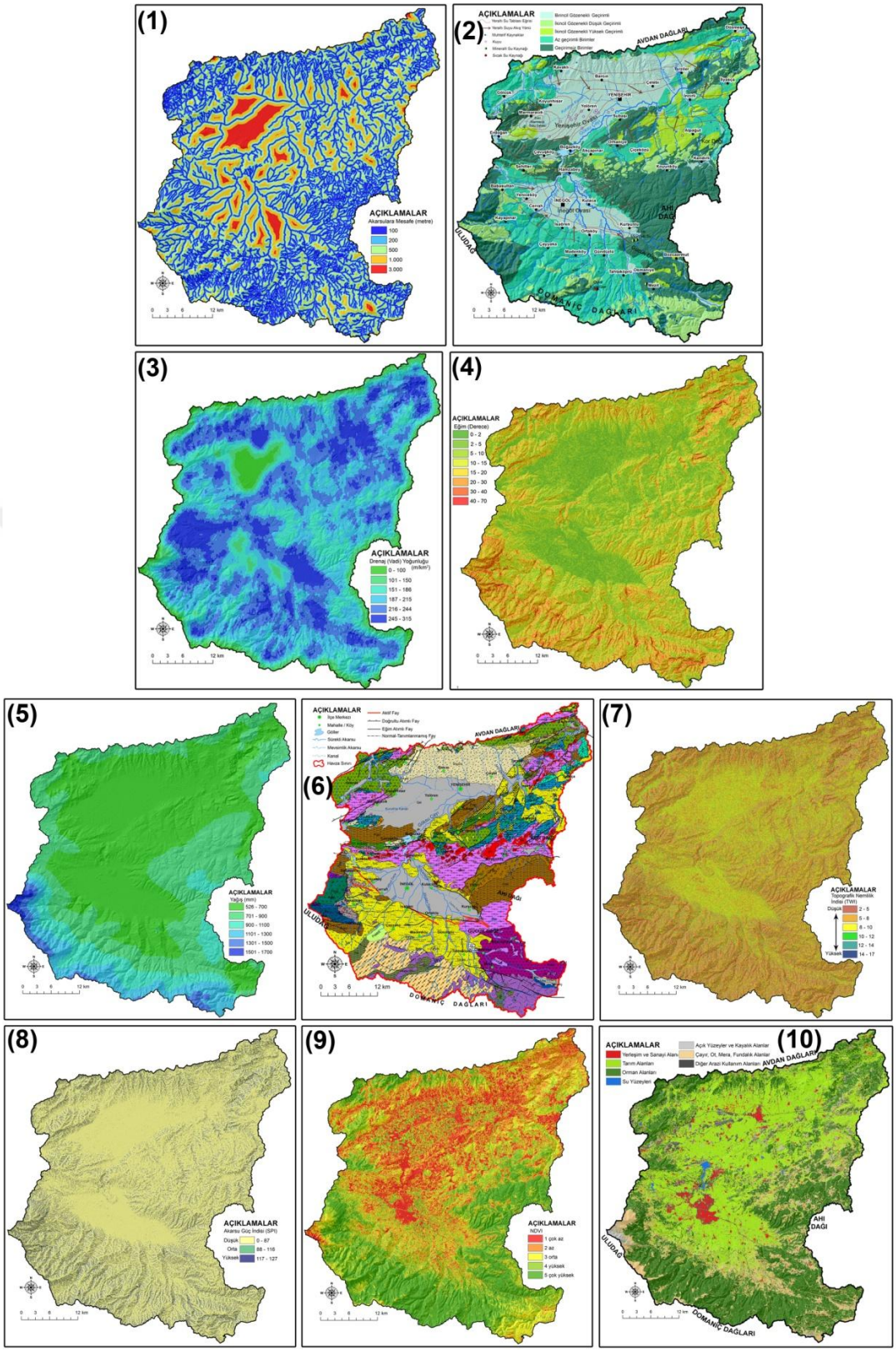
Fotoğraf 33: Göksu Çayı Havzası'nda sel ve taşkın riski yüksek olan sahalar A) ve B) Yenişehir Ovası C) eski Marmaracık Gölü sahası D) İnegöl Ovası

Tablo 34: Analitik hiyerarşi süreci sel risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri

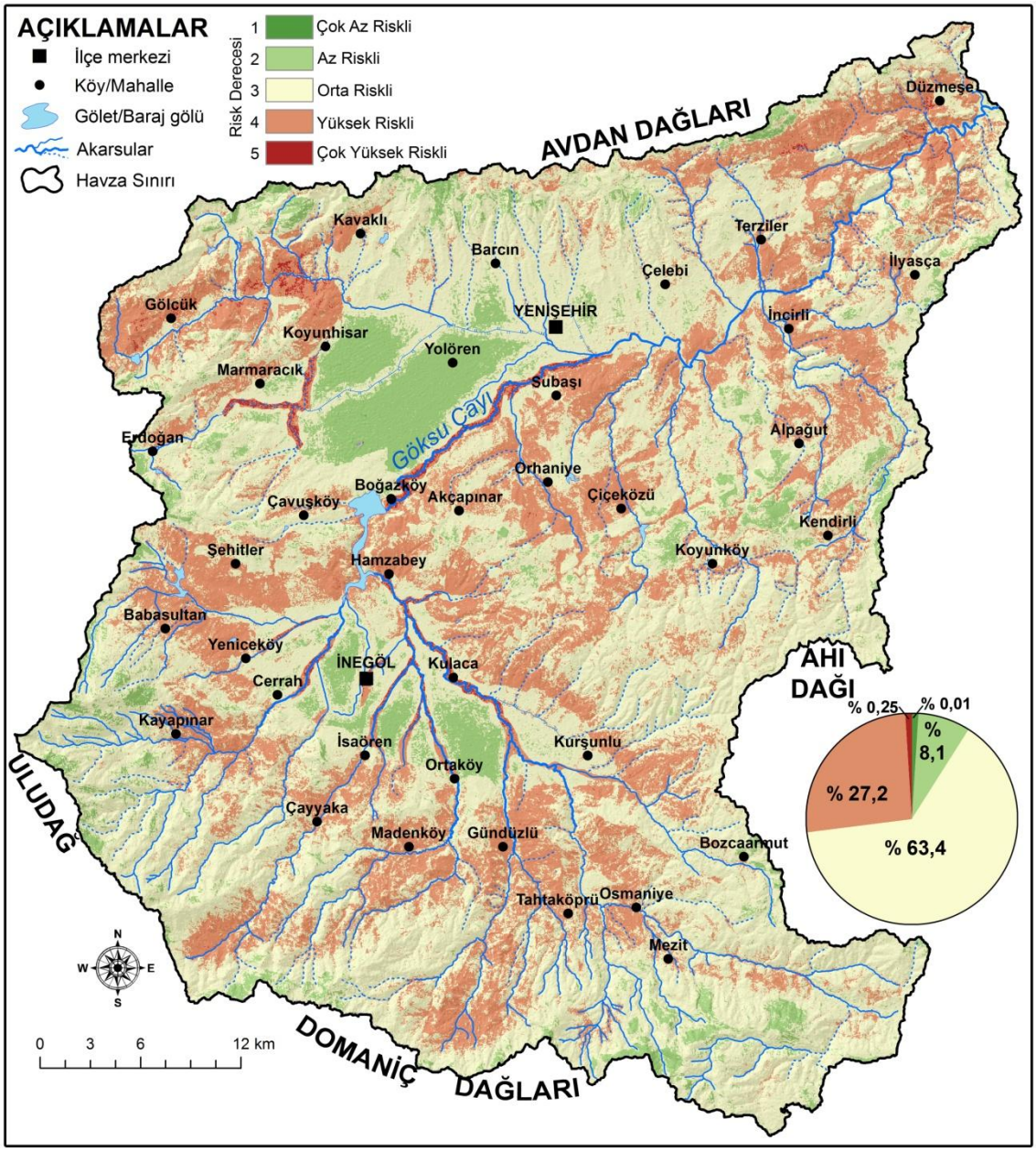
Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Akarsuya mesafe (m)	**0,307**	**3,344**
100 m	0,415	2,108
200 m	0,26	1,322
500 m	0,16	0,803
1000 m	0,097	0,487
3000 m	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
2-Hidrojeoloji	**0,205**	**2,250**
Bir Geçirimli	0,061	0,309
İkincil yüksek	0,097	0,487
İkincil düşük	0,16	0,803
Az geçirimli	0,26	1,322
Geçirimsiz	0,415	2,108
CI: 0,015 **CR:** 0,013 **RI:** 1,12		
3-Drenaj yoğunluğu (m/km²)	**0,121**	**1,318**
0-100	0,042	0,258
101-150	0,065	0,39
151-186	0,102	0,614
187-215	0,159	0,975
216-244	0,248	1,53
245-315	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
4-Eğim (derece)	**0,110**	**1,191**
0-2	0,326	2,74
2-5	0,227	1,91
5-10	0,155	1,3
10-15	0,107	0,876
15-20	0,073	0,585
20-30	0,049	0,39
30-40	0,032	0,266
40-70	0,023	0,19
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
5-Yağış (mm)	**0,082**	**0,858**
525-700	0,379	2,33
701-900	0,248	1,53
901-1100	0,159	0,975
1101-1300	0,102	0,614
1301-1500	0,065	0,39
1501-1700	0,042	0,258
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
6-Jeoloji Formasyon	**0,058**	**0,592**
Alüvyon	0,0205	0,209
Yamaç Molozu	0,042	0,42
Mesudiye F.	0,0205	0,209
İnegöl F.	0,029	0,293
Tunçbilek F.	0,082	0,858
Alaçam Graniti	0,307	3,344
Yenipazar F.	0,205	2,25
Soğukçam F.	0,042	0,42
Geyiktepe	0,082	0,858
Karakaya	0,121	1,318
Ofiyolit	0,015	0,158
Kireçtaşı	0,015	0,158
Taşarası-Alınca	0,112	1,191
Bursa	0,058	0,592
Sazak	0,058	0,592
CI: 0,056 **CR:** 0,038 **RI:** 1,49		
7- TWI	**0,041**	**0,420**
2-5	0,042	0,258
5-8	0,065	0,391
8-10	0,159	0,975
10-12	0,248	1,53
12-14	0,379	2,33
14-17	0,102	0,614
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
8-Akarsu güç indisi (SPI)	0,029	0,293
0-87 Düşük	0,48	1,451
88-116 Orta	0,88	2,645
117-127 Yüksek	1,61	4,81
CI: 0,051 **CR:** 0,08 **RI:** 0,58		
9-NDVI	**0,020**	**0,209**
1 çok az	0,405	2,18
2 az	0,26	1,322
3 orta	0,16	0,803
4 yüksek	0,097	0,487
5 çok yüksek	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
10-Arazi Kullanımı (2020)	**0,015**	**0,158**
Yerleşim alanı	0,223	1,64
Tarım alanı	0,368	2,730
Orman alanı	0,044	0,284
Açık yüzeyler	0,156	1,12
Çayır, ot mera,	0,068	0,448
Diğer arazi	0,104	0,735
Su yüzeyleri	0,03	0,218
CI: 0,006 **CR:** 0,005 **RI:** 1,32		

Tutarlılık İndeksi (CI): 0,056 Tutarlılık Oranı (CR): 0,038 Rastgele İndeksi (RI): 1,49



Şekil 88: Sel risk analizinde kullanılan kriterler 1) akarsulara mesafe 2) hidrojeoloji 3) drenaj yoğunluğu 4) eğim 5) yağış 6) litoloji 7) TWI 8) SPI 9) NDVI 10) arazi kullanımı



Şekil 89: Göksu Çayı Havzası'nın sel risk haritası

AHS yöntemi ile üretilen sel risk analizi sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Göksu Çayı Havzası'nın % 0,25'inde çok yüksek, % 27,2'sinde yüksek riskin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 89). Havzanın büyük bölümü ise % 63,4 oranı ile orta derecede sel riskini ihtiva etmektedir. İnceleme sahasının % 8,1 az riskli iken % 0,01'inin çok az riskli olduğu anlaşılmaktadır.

Göksu Çayı Havzası'nın sel risk analizi mekansal dağılış açısından incelendiğinde, çok yüksek sel riskinin olduğu alanlar havzanın kuzeybatısında Gölcük mahallesi çevresinde, Bahçecik Koyanlık Derelerin birincil dizindeki kollarında, havzanın kuzeydoğusunda yoğunlaşmaktadır (Fotoğraf 33). Belirtilen alanlarda, ana akarsuyu karışan birçok mevsimlik konsekant akarsuların bulunması, zeminin yarı geçirimli ya da geçirimsiz yapıda olması, drenaj

yoğunluğunun fazla olması, eğimin belli bir düzeyde bulunması sel riskinin çok yüksek olmasına neden olmaktadır. Havzada yüksek riskli sahalar birçok alana dağılmakla birlikte İnegöl Ovası'nın çevreleyen konsekant akarsuların fazla olduğu, Domaniç Dağları'nın yüksek kesimlerinde, Bedresu ve Oylat Dere çevrelerinde, Uludağ'ın kuzey yamaçlarında ova tabanı sahasına doğru olan alanda, havzanın kuzeybatı ve kuzeydoğusunda, Ahı Dağı çevresinden kaynaklarını alan ve kuzeye akış gösteren akarsuların Göksu Çayı'na karıştığı alanlarda bulunmaktadır. Belirtilen alanlarda geçmişten günümüze birçok sel afetinin yaşanması ortaya konan sel risk modelinin doğruluk yapısını da göstermektedir. Sel riski açısından az ve çok az riskin olduğu alanlar İnegöl ve Yenişehir ovalarının akarsulara uzak kesimleri ile Uludağ, Domaniç, Ahı ve Avdan Dağları'nın belli kesimlerinde yoğunlaşmıştır.

4.6. Taşkın Risk Analizi

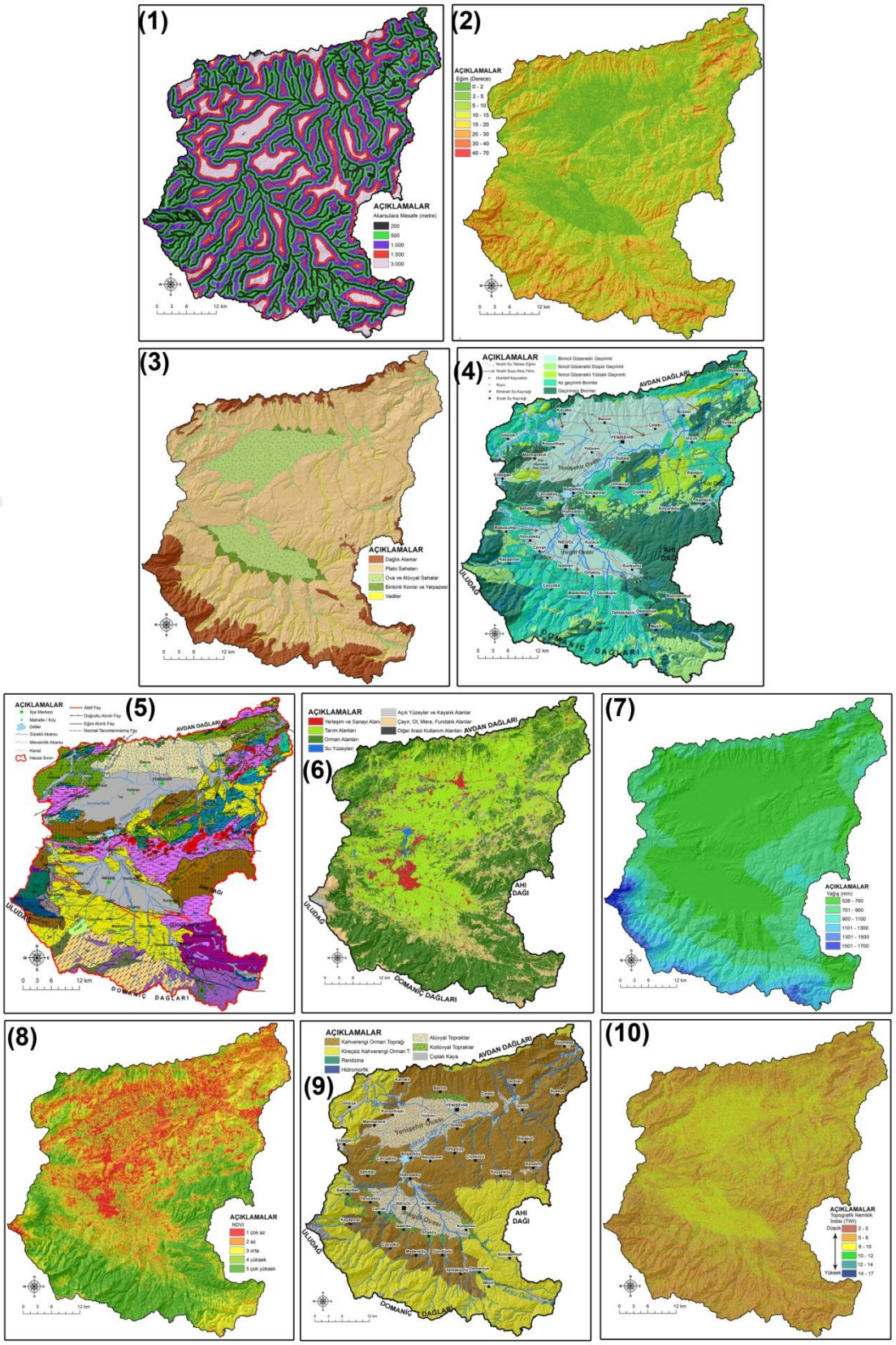
Taşkınlar ani yağışlar sonucu akarsuların hidrografik, hidrojeolojik yapısına ve antropojenik yanlış uygulamalara bağlı olarak gelişen ve insanoğlu ile faaliyetlerinde zararlara yol açan olayladır (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Taşkınların doğal dinamik süreçlerin arazinin, hidrografik koşulların yanlış kullanılması sonucu afete dönüşmektedir (Özdemir, 2008: 41). Günümüzde taşkınların zararlarına azaltmak için dere yataklarında mühendislik çalışmaları ile havzaların belli kesimlerinde önleme düzenlemeleri yapılmaktadır. Bu çalışmaların yapılabilmesi için havzaların taşkın risk analizlerin üretilmesi oldukça önemlidir.

Göksu Çayı Havzası'na AHS yöntemi ile uygulanan taşkın riski analizi için 10 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 70 alt kriter belirlenmiştir (Tablo 35 ve Şekil 90). Taşkınlardaki en önemli etkenin akarsuya yakınlık olduğu literatür sonucu tespit edilmiş ve AHS yönteminde bu şekilde kullanılmıştır. Akarsuya mesafe diğer yakınlık verilerinde olduğu gibi multiple buffer özelliği ile sınıflandırılarak üretilmiştir. Eğim koşulları ve jeomorfolojik durum taşkınların yayılım alanını ve mekansal dağılışını ortaya koyması açısından önem derecesi yüksek diğer parametrelerdir. Hidrojeolojik yapı ve litolojik birimlerin durumu taşkınların boyutunu ve yayılım alanlarında önemli rol oynamaktadır. Arazi kullanımı ve NDVI verileri antropojenik süreçlerin etkisi ortaya koyarken, yağış dağılışı, toprak türlerinin özellikleri ve topografik nemlilik indeksi verileri taşkın analizinde kullanılan diğer kriterleri oluşturmaktadır.

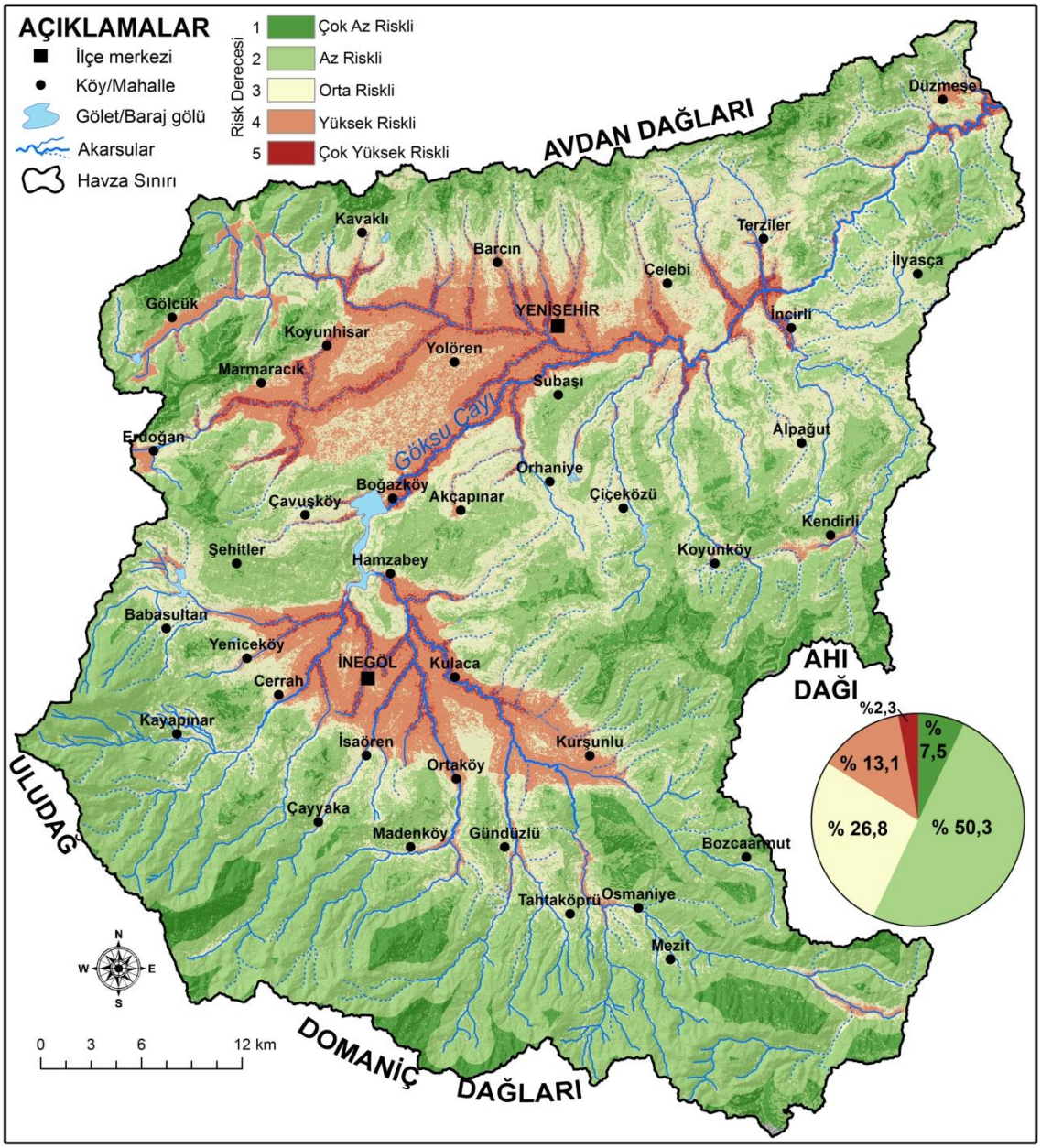
Analitik hiyerarşi süreci ile yapılan taşkın risk analizi verilerine göre Göksu Çayı Havzası'nın % 2,3'ü çok yüksek riskli sahalar olarak tespit edilmiştir. Havzanın % 13,1'i ise taşkın riski açısından yüksek potansiyele sahiptir (Şekil 91). İnceleme sahasının % 26,8'i orta derecede taşkın riski içerirken, % 50,3'ü az riskli kapsamda ve % 7,5'i çok az riskli durumdadır.

Tablo 35: Analitik hiyerarşi süreci taşkın risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Akarsuya Mesafe (m)	**0,307**	**3,344**
200 m	0,415	2,108
500 m	0,26	1,322
1000 m	0,16	0,803
1500 m	0,097	0,487
3000 m	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
2-Eğim (derece)	**0,205**	**2,250**
0-2	0,326	2,74
2-5	0,227	1,91
5-10	0,155	1,3
10-15	0,107	0,876
15-20	0,073	0,585
20-30	0,049	0,39
30-40	0,032	0,266
40-70	0,023	0,19
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
3-Jeomorfoloji	**0,121**	**1,318**
Dağlık Alanlar	0,061	0,309
Plato	0,097	0,487
Ova ve alüvyal	0,415	2,108
Vadiler	0,26	1,322
Birikinti konisi	0,16	0,803
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
4-Hidrojeoloji	**0,112**	**1,191**
Bir Geçirimli	0,415	2,108
İkincil yüksek	0,26	1,322
İkincil düşük	0,16	0,803
Az geçirimli	0,097	0,487
Geçirimsiz	0,061	0,309
CI: 0,015 **CR:** 0,013 **RI:** 1,12		
5-Jeoloji Formasyon	**0,082**	**0,858**
Alüvyon	0,326	2,74
Yamaç Molozu	0,227	1,91
Mesudiye F.	0,227	1,91
İnegöl F.	0,155	1,3
Tunçbilek F.	0,107	0,876
Alaçam Graniti	0,023	0,191
Yenipazar F.	0,107	0,876
Soğukçam F.	0,049	0,39
Geyiktepe	0,107	0,876
Karakaya	0,155	1,3
Ofiyolit	0,032	0,266
Kireçtaşı	0,032	0,266
Taşarası-Alınca	0,073	0,585
Bursa ve Sazak	0,023	0,191
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
6-Arazi Kullanımı (2020)	**0,058**	**0,592**
Yerleşim alanı	0,223	1,64
Tarım alanı	0,368	2,73
Orman alanı	0,044	0,284
Açık yüzeyler	0,03	0,218
Çayır, ot mera,	0,068	0,448
Diğer arazi	0,104	0,735
Su yüzeyleri	0,156	1,12
CI: 0,006 **CR:** 0,05 **RI:** 1,32		
7-Yağış (mm)	**0,042**	**0,421**
525-700	0,379	2,33
701-900	0,248	1,53
901-1100	0,159	0,975
1101-1300	0,102	0,614
1301-1500	0,065	0,39
1501-1700	0,042	0,258
525-700	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,01 5 **RI:** 1,24		
8-NDVI	**0,029**	**0,293**
1 çok az	0,415	2,108
2 az	0,26	1,322
3 orta	0,16	0,803
4 yüksek	0,097	0,487
5 çok yüksek	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
9-Toprak Türleri	**0,020**	**0,209**
Kahverengi orman	0,16	0,803
Kireçsiz Kahverengi o	0,097	0,487
Alüvyal	0,415	2,108
Kolüvyal	0,26	1,322
Rendzina	0,26	1,322
Hidromorfik	0,415	2,108
Çıplak Kaya	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
10- TWI	**0,015**	**0,158**
2-5	0,065	0,39
5-8	0,248	1,53
8-10	0,379	2,33
10-12	0,159	0,975
12-14	0,102	0,614
14-17	0,042	0,258
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,056 **Tutarlılık Oranı (CR): 0,038** **Rastgele İndeksi (RI): 1,49**		



Şekil 90: Taşkın risk analizinde kullanılan kriterler 1) akarsuya mesafe 2) eğim 3) jeomorfoloji 4) hidrojeoloji 5) litoloji 6) arazi kullanımı 7) yağış 8) NDVI 9) Toprak 10) TWI



Şekil 91: Göksu Çayı Havzası'nın taşkın risk haritası

Göksu Çayı Havzası'nda taşkın riskinin dağılışına bakıldığında çok yüksek riskli alanların havzada ana akarsu yataklarının ova tabanları kesiminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 91). Göksu Çayı'nın Yenişehir Ovası kesimi, İnegöl Ovası'nı drene eden Kalburt Dere, Akçasu Dere, Kara Dere, Koca Dere, Yenişehir Havzası'nı drene eden Bahçecik Dere ile kuzeyden delen akarsuların bulunduğu sahalarda yoğunlaşmalar gözlemlenir (Fotoğraf 34).

Göksu Çayı Havzası kuzeyinde, Yenişehir Ovası'nın batısında eski Marmaracık Gölü'nün kurutulmasıyla yüzeylenen saha ise kurutma kanalı ile Göksu Çayı'na bağlanmakta ancak yinede taşkın potansiyeli yüksek olan alanı oluşturmaktadır. Taşkın açısından yüksek riskli sahaları ova tabanlarının tamamı ile havzanın kuzeybatısı ve kuzeydoğusundaki ovalar ve yerel vadi tabanlarının olduğu alanlar oluşturmaktadır. Maden Dere, Çandır Dere, Aksu Dere,

Değirmendere, Aydoğdu Dere, Kapaklı Dere vadilerinin bazı kesimleri taşkın riski açısından yüksek risk oluşturan sahalardır. Havza drenajını oluşturan diğer akarsu vadileri orta derecede taşkın riskini taşırken, havzanın kuzey ve güneyindeki yüksek kesimler ve doğudaki plato sahası taşkın riskinin az olduğu alanları oluşturmaktadır.



Fotoğraf 34: Koca Dere taşkın alanı-İnegöl-Hamzabey mahallesi güneyi (10.06.2020)

4.7. Kuraklık Risk Analizi

Son 200 yıllık dönem içerisinde sanayi devrimi, nüfus artışı ve bununla beraber taleplerin karşılanması için doğanın aşırı kullanımı küresel ısınma ve iklim değişikliğini beraberinde getirmiştir (Türkeş, 2012: 5). Yapılan çalışmalar Dünyanın son yüz yılda

antropojenik etken ve doğal koşulların degredasyonu nedeniyle aşırı derece ısındığı ve bunun başta kuraklık olmak üzere birçok sorunu tetiklediğini göstermektedir (Türkeş, 2012: 4). Kuraklık, akış ve yağışların doğal olarak azalması nedeniyle su yönetimi ve canlılığın devamı açısından gerekli suyun sağlanamadığı zaman periyodudur (Türkeş vd., 2009: 130). Özellikle yağış azlığı sıcaklıkların artmasıyla birlikte kuraklık sorunu ve bu durumun etkilediği tarım başta olmak üzere birçok faaliyeti büyük risk ve tehlikelerle karşı karşıya kalmaktadır. Kuraklık ile ilgili geleceğe dönük modellerin yapıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan IPCC (Uluslararası İklim değişikliği Paneli) çalışmaları ile üretilen ve 2100 yılı sonrası için RCP 4,5 ve 2100 yılına kadar olarak RCP 8 verileri kullanılarak Dünya ve Türkiye'de kuraklık ile etkileri üzerinden modeller üretilmekte ve alınması gereken tedbirler değerlendirilmektedir (IPCC, 2007). Bu durum havza yönetimi çalışmaları için kuraklık risk analizin yapılması ve yönetim modelinin buna göre planlanması gerekmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nda AHS yöntemi ile yapılan kuraklık risk analizi için 10 ana kriter ve bunlara bağlı 59 alt kriter kullanılmıştır (Tablo 36 ve Şekil 92). Havza iklim verileri kapsamında üretilen sıcaklık ve yağış dağılışları AHS'de önem derecesi en yüksek olan kriterlerdir. Meteorolojik veriler, evapotransprisyon dağılışı, akım gözlem verileri ve yağış-akış dağılışı diğer önem derecesi yüksek parametrelerdir. Kuraklığı etkileyen antropojenik etkenler arazi kullanımı ve NDVI verileri, sıcaklık ile yağışı etkileyen yükselti, bakı, geçirimlilik ve güneş radyasyonu ise diğer doğal koşulları oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan güneş radyasyonu verisi, havzanın SYM üzerinden orta noktasındaki enlem temel alınarak, 1 Haziran-1 Eylül arasındaki tarihlerini kapsayan 3 aylık süreçte, gün içinde 6'şar saat aralıkla güneşin farklı açılarına göre ışınım değerleri m^2 başına Wh birimiyle haritalandırılarak oluşturulmuştur. Analitik hiyerarşi süreci ile yapılan kuraklık risk analizinin tutarlılık indeksi (CI) 0,056 tutarlılık oranı (CR) 0,038 değerinde olup, verilerin tutarlı ve kullanıma uygun olduğu tespit edilmiştir.

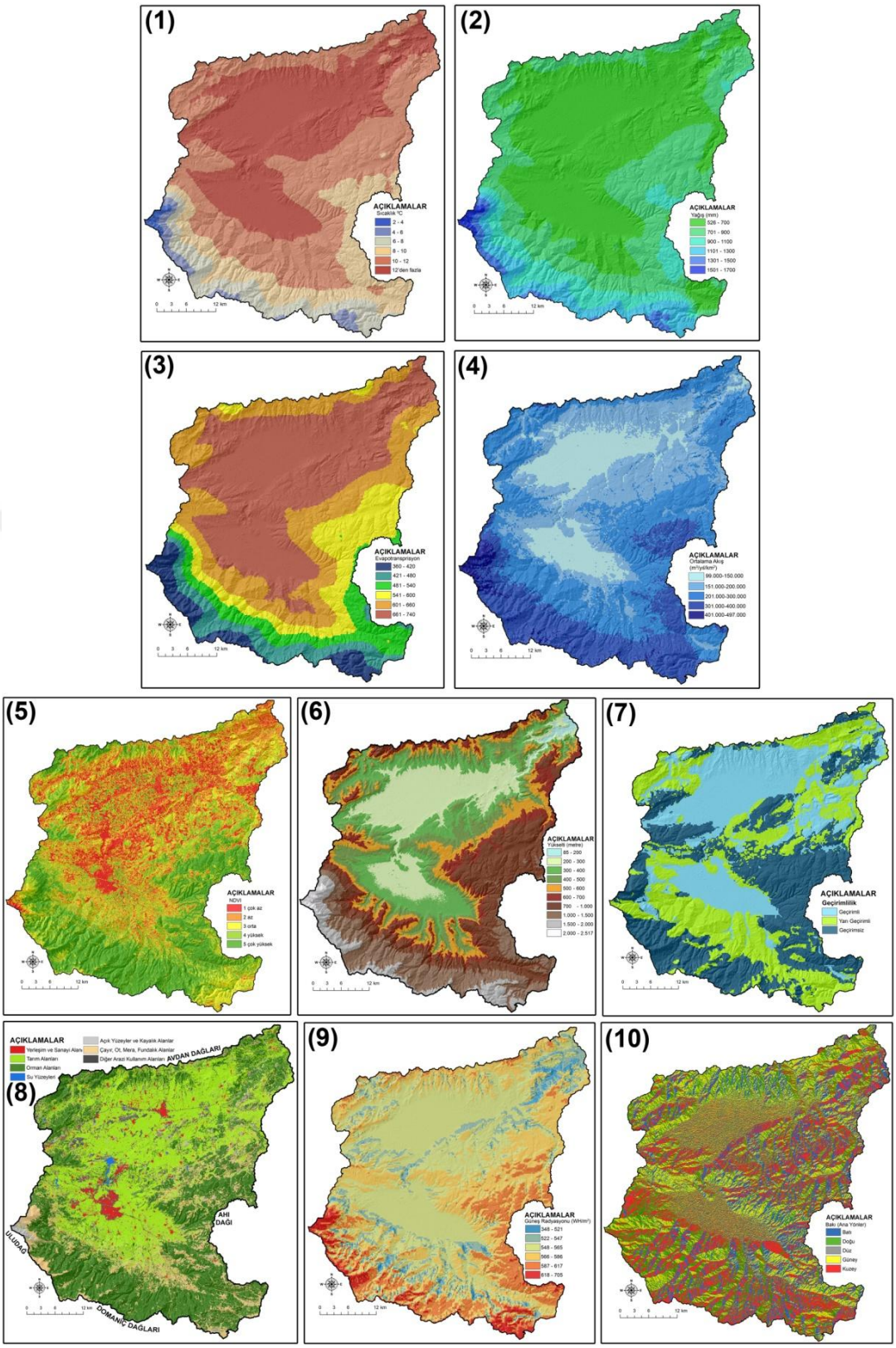
Analitik hiyerarşi süreci ile üretilen kuraklık risk analizi verilerine göre Göksu Çayı Havzası'nın % 3,1'i çok yüksek riskli iken % 47,6'sı yüksek kuraklık riskini ihtiva etmektedir. Bu veriler bize havzanın alansal olarak yarısının kuraklık riski ile karşı karşıya kalacağını göstermektedir. Göksu Çayı Havzası'nın % 38,2'si orta derecede kuraklık riskini içerirken % 10,6'sı az riskli, % 0,05'si çok az kuraklık risk tehlikesini maruz kalacağı modellenmiştir. AHS ile üretilen kuraklık risk modeline göre Göksu Çayı Havzası'nın büyük bölümü yüksek risk altındadır ve bu durum doğal-beşeri koşulların tamamını etkileme potansiyeline sahiptir.

Tablo 36: Analitik hiyerarşi süreci kuraklık risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değeri

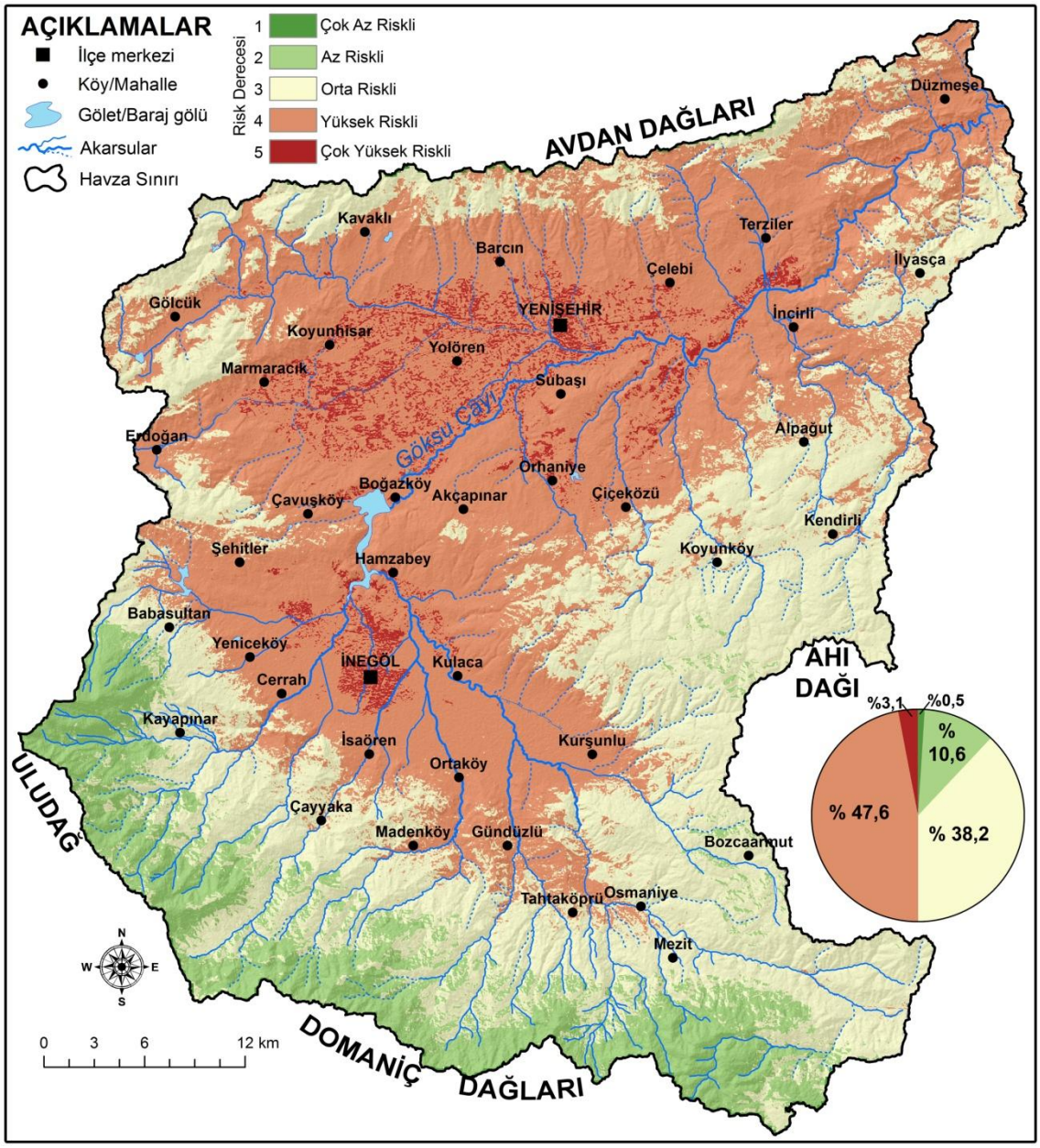
Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Sıcaklık (^{0}C)	**0,307**	**3,344**
2-4	0,042	0,258
4-6	0,065	0,39
6-8	0,102	0,614
8-10	0,159	0,975
10-12	0,248	1,53
12'den fazla	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
2-Yağış (mm)	**0,205**	**2,251**
525-700	0,379	2,33
701-900	0,248	1,53
901-1100	0,159	0,975
1101-1300	0,102	0,614
1301-1500	0,065	0,39
1501-1700	0,042	0,258
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
3-Evapotransprisyon	**0,121**	**1,318**
360-420	0,042	0,258
421-480	0,065	0,39
481-540	0,102	0,614
541-600	0,159	0,975
601-660	0,248	1,53
661-740	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
4-Yağış-Akış (m^3/yıl/km^2)	**0,112**	**1,191**
99.000-150.000	0,415	2,108
151.000-200.000	0,26	1,322
201.000-300.000	0,16	0,803
301.000-400.000	0,097	0,487
401.000-497.000	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
5-NDVI	**0,082**	**0,858**
1 çok az	0,415	2,108
2 az	0,26	1,322
3 orta	0,16	0,803
4 yüksek	0,097	0,487
5 çok yüksek	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
6-Yükselti (metre)	**0,058**	**0,592**
85-200	0,307	3,344
200-400	0,205	2,25
400-600	0,121	1,318
600-800	0,112	1,191
800-1000	0,082	0,858
1000-1200	0,058	0,592
1200-1500	0,041	0,42
1500-2000	0,029	0,293
2000-2300	0,0205	0,209
2300-2500	0,015	0,158
CI: 0,056 **CR:** 0,038 **RI:** 1,49		
7-Geçirimlilik	**0,041**	**0,420**
Geçirimli	1,61	2,645
Yarı Geçirimli	0,88	4,81
Geçirimsiz	0,48	1,451
CI: 0,051 **CR:** 0,08 **RI:** 0,58		
8-Arazi Kullanımı (2020)	**0,029**	**0,293**
Yerleşim alanı	0,068	0,448
Tarım alanı	0,156	1,12
Orman alanı	0,031	0,218
Açık yüzeyler	0,368	2,73
Çayır, ot mera,	0,223	1,64
Diğer arazi	0,104	0,735
Su yüzeyleri	0,044	0,284
CI: 0,006 **CR:** 0,06 **RI:** 1,32		
9-Radyasyon (WH/m^2)	**0,020**	**0,209**
348-521	0,042	0,258
522-547	0,065	0,39
548-565	0,102	0,614
566-586	0,159	0,975
587-617	0,248	1,53
618-705	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
10-Bakı (ana yönler)	**0,015**	**0,158**
Güney	0,408	2,189
Doğu	0,21	1,127
Batı	0,195	1,057
Kuzey	0,129	0,693
Düz	0,052	0,279
CI: 0,092 **CR:** 0,082 **RI:** 1,12		

Tutarlılık İndeksi (CI): 0,056 Tutarlılık Oranı (CR): 0,038 Rastgele İndeksi (RI): 1,49



Şekil 92: Kuraklık risk analizindeki kriterler 1) sıcaklık 2) yağış 3) evapotransprisyon 4) akış dağılışı 5) NDVI 6) yükselti 7) geçirimlilik 8) arazi kullanımı 9) güneş radyasyonu 10) bakı



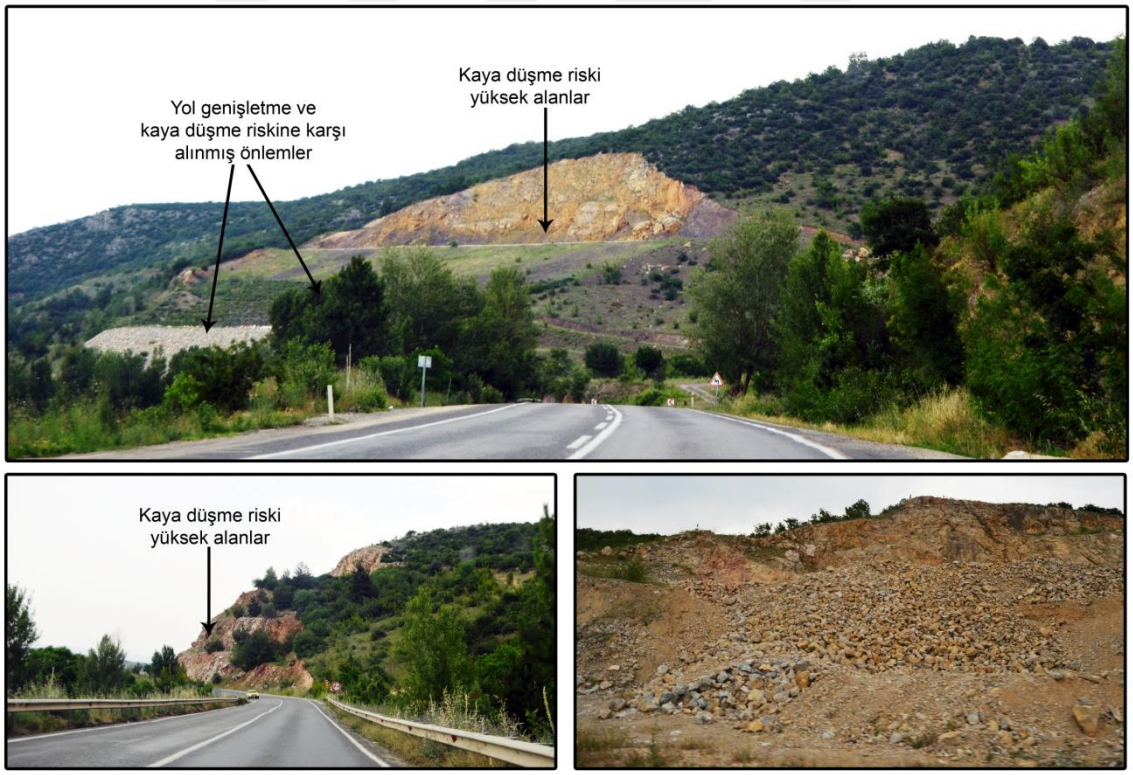
Şekil 93: Göksu Çayı Havzası'nın kuraklık risk haritası

Göksu Çayı Havzası'nda kuraklık risk dağılışında çok yüksek riskli alanların İnegöl ve Yenişehir ovaları ile yerleşim merkezlerinin olduğu sahalarda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 93). Yenişehir Ovası'nın büyük bölümü çok yüksek risk içerirken İnegöl Ovası'nın kuzey kesiminde yoğunlaşmanın olduğu anlaşılır. Özellikle sıcaklık, bakı ve güneş radyasyonunun Yenişehir Ovası'nda daha yoğun olması kuraklığın risk boyutunu yükseltmiştir. Havzanın yarısını kaplayan yüksek kuraklık riskinin olduğunun alanlar İnegöl ve Yenişehir ova tabanları, çevrelerindeki vadiler ile Yenişehir'in kuzeyindeki plato sahasında olduğu tespit edilmiştir. Havzada orta seviyede ve daha az kuraklık riskinin olduğu alanlar yüksek plato sahaları ile havzanın güneyinde dağlık alanlarda yoğunlaşmıştır. AHS ile modellenen kuraklık risk verisi birçok doğal ortam koşulunu ve beşeri faaliyetleri etkilemesi açısından havza yönetim ve planlaması çalışmasında dikkat edilmesi gereken unsurların başında gelmektedir.

4.8. Kaya Düşmesi Risk Analizi

Kütle hareketlerinden biri olan kaya düşmesi, topografik yapının engebeli ve eğimli olduğu alanlarda litolojik unsurlardan kopan materyalin yer çekimi etkisi ile belli bir kinetik enerji ve hızı ulaşması sonucu oluşan hadiselerdir (Utlu vd., 2020: 239). Bu hadiseler aynı zamanda yol yapımı, mühendislik çalışmaları gibi antropojenik etkenlerin tetikleyici rolü ile de meydana gelebilmektedir. Ülkemiz arazisinin topografik koşulları düşünüldüğünde depremden son en sık meydana gelen kütle hareketlerinde heyelandan sonra kaya düşmeleri vakaları da önemli riskleri içermektedir (Özşahin, 2014: 20).

Göksu Çayı Havzası kaya düşmesi risk analizi AHS yönteminde modelin üretilmesi için 8 ana kriter ve bunlara bağlı 58 alt kriter kullanılmıştır (Tablo 37 ve Şekil 94). Kaya bloklarının gravite kuvveti, hızı ve kinetik enerjisini ortaya koyarak riskin boyutunu belirleyen eğim ve irtifa farkı (göreceli rölyef) önem derecesi en yüksek kriterler olarak tespit edilmiştir. Jeomorfolojik unsurlar, morfometrik analiz ile üretilen yarılma derecesi, litolojik birimler, akarsulara mesafe ile antropojenik etkiyi ortaya koyan yollara mesafe ve arazi kullanımı verileri AHS'de kullanılan diğer ana kriterleri oluşturmuştur.



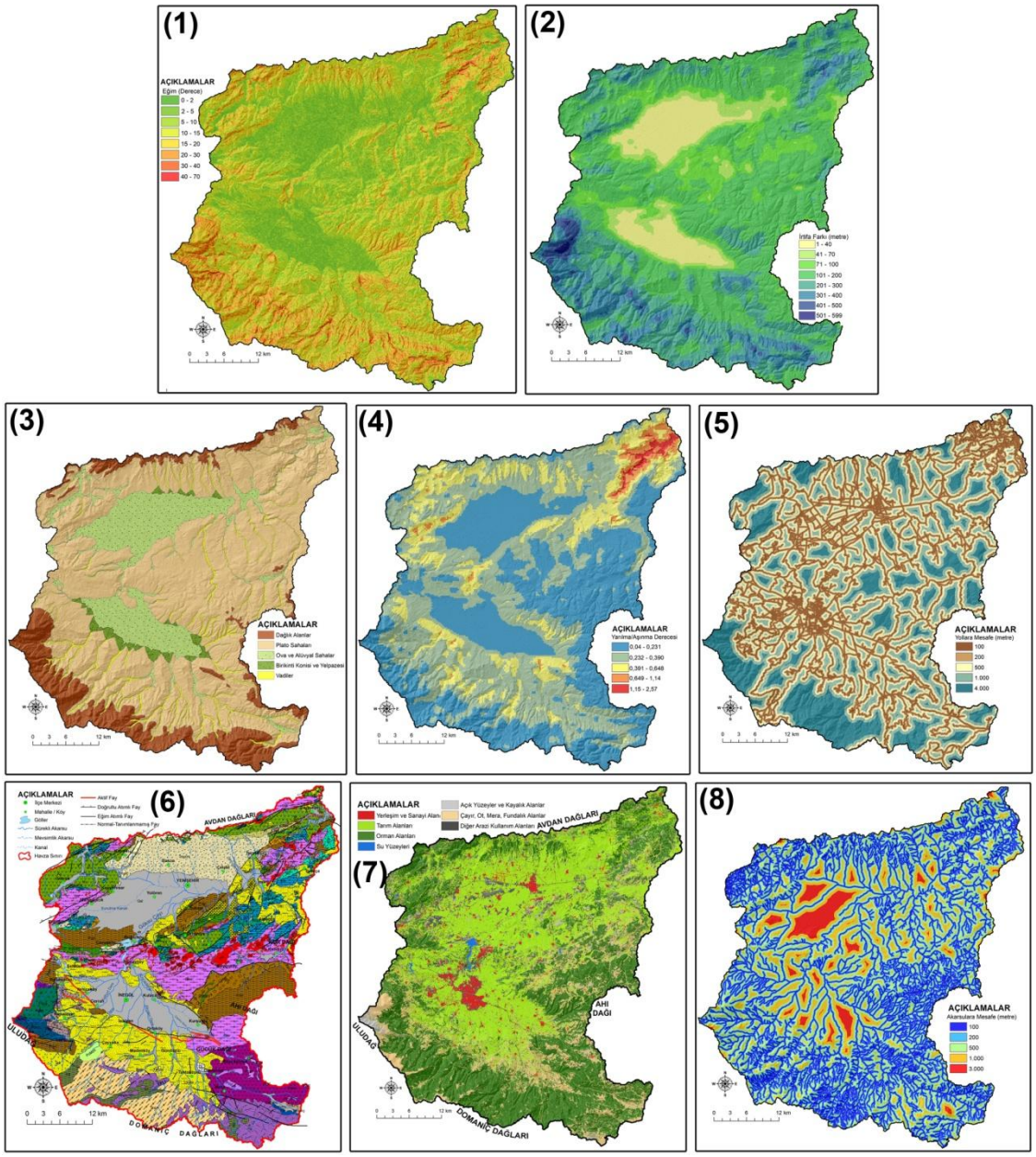
Fotoğraf 35: Kaya düşme riskinin olduğu sahalar, İnegöl-Yenişehir karayolu (D-595) Hamzabey-Çayırlı mahalleri arası

Göksu Çayı Havzası'nın analitik hiyerarşi süreci ile oluşturan kaya düşmesi risk analizi modeline göre çok yüksek riskli alanlar toplam havza alanının % 0,01'ini, yüksek riskli

alanlar ise % 5,8'ini oluşturmaktadır. Kaya düşmesi açısından orta riskli alanlar havzanın % 57,2'sini oluştururken az riskli alanlar % 34,3'ünü ve çok az riskli alanlar % 2,6'sını meydana getirmektedir.

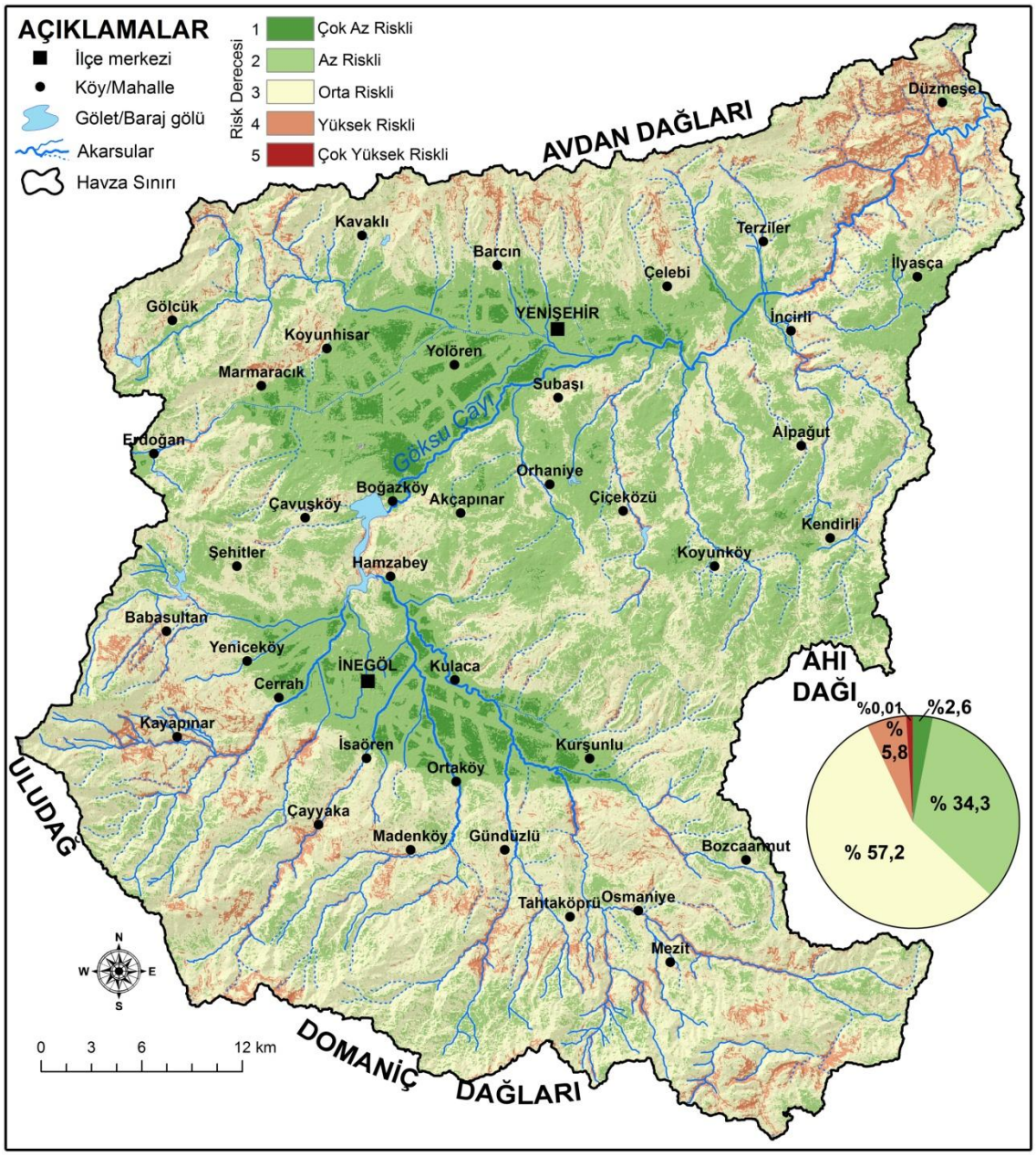
Tablo 37: AHS kaya düşmesi risk analizinde kullanılan kriterler ve ağırlık değerleri

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Eğim (derece)	**0,326**	**2,74**
0-2	0,023	0,19
2-5	0,032	0,266
5-10	0,049	0,39
10-15	0,073	0,585
15-20	0,107	0,876
20-30	0,155	1,3
30-40	0,227	1,91
40-70	0,326	2,74
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
2-İrtifa Farkı (metre)	**0,227**	**1,91**
1-40	0,023	0,19
41-70	0,032	0,266
71-100	0,049	0,39
101-200	0,073	0,585
201-300	0,107	0,876
301-400	0,155	1,3
401-500	0,227	1,91
501-599	0,326	2,74
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
3-Jeomorfoloji	**0,155**	**1,31**
Dağlık Alanlar	0,261	1,322
Plato	0,16	0,803
Ova ve alüvyal	0,061	0,309
Vadiler	0,415	2,108
Birikinti konisi	0,097	0,487
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
4-Yarılma derecesi (DI)	**0,107**	**0,876**
0,04-0,231	0,061	0,309
0,232-0,390	0,097	0,487
0,391-0648	0,16	0,803
0,649-1,11	0,26	1,322
1,15-2,47	0,415	2,108
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
5-Yollara mesafe (metre)	**0,073**	**0,585**
100 m	0,415	2,108
200 m	0,26	1,322
500 m	0,16	0,803
1000 m	0,097	0,487
4000 m	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
6-Jeoloji Formasyon	**0,049**	**0,391**
Alüvyon	0,023	0,19
Yamaç Molozu	0,326	2,74
Mesudiye F.	0,326	2,74
İnegöl F.	0,326	2,74
Tunçbilek F.	0,227	1,91
Alaçam Graniti	0,073	0,585
Yenipazar F.	0,227	1,91
Soğukçam F.	0,155	1,32
Geyiktepe	0,227	1,91
Karakaya	0,155	1,32
Ofiyolit	0,049	0,391
Kireçtaşı	0,049	0,391
Taşarası-Alınca	0,107	0,876
Bursa	0,032	0,266
Sazak	0,032	0,266
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
7-Arazi Kullanımı (2020)	**0,032**	**0,266**
Yerleşim alanı	0,068	0,448
Tarım alanı	0,104	0,735
Orman alanı	0,031	0,218
Açık yüzeyler	0,223	1,64
Çayır, ot mera,	0,156	1,121
Diğer arazi	0,368	2,73
Su yüzeyleri	0,044	0,284
CI: 0,006 **CR:** 0,05 **RI:** 1,32		
8-Akarsulara mesafe (m)	**0,023**	**0,191**
100 m	0,415	2,108
200 m	0,26	1,322
500 m	0,16	0,803
1000 m	0,097	0,487
3000 m	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,032 Tutarlılık Oranı (CR): 0,023 Rastgele İndeksi (RI): 1,41		



Şekil 94: Kaya düşmesi risk analizinde kullanılan kriterler 1) eğim 2) irtifa farkı 3) jeomorfoloji 4) yarılma derecesi 5) yollara mesafe 6) jeoloji 7) arazi kullanımı 8) akarsulara mesafe

Göksu Çayı Havzası'nda kaya düşmesi riskinin mekansal dağılışında çok yüksek ve yüksek riskin olduğu sahalar dar ve derin vadilerin olduğu, eğimin yüksek derecelere çıktığı ve genellikle yol güzergahlarının bulunduğu sahalara tekabül etmektedir. Bu sahalar havzanın kuzeydoğusundaki flüvyal aşındırmanın fazla olduğu Göksu Çayı vadisinde, havzanın güneyindeki boğaz vadilerin olduğu alanlarda ve havzanın kuzeyindeki vadilerde yoğunlaşmaktadır (Fotoğraf 35). Orta derecede kaya düşmesi riskinin olduğu alanlar havzanın büyük bir bölümünde dağılış gösterir. Özellikle Uludağ, Domaniç Dağları, Avdan Dağları, Ahı Dağı'nda ve bu alanların çevresindeki plato sahalarındaki vadi yamaçları orta risk düzeyindedir (Şekil 95). Kaya düşmesi riskinin az olduğu alanlar İnegöl ve Yenişehir ovaları ile diğer alüvyal tabalı sahalardan müteşekkildir.



Şekil 95: Göksu Çayı Havzası'nın kaya düşmesi risk haritası

4.9. Orman Yangını Risk Analizi

Orman yangınları, doğal ya da antropojenik etkenlerle ortaya çıkan ve biyotik-abiyotik birçok unsura zarar veren, ekosistemi tahrip eden ve ekonomik zararlar ortaya koyan geri kazanımı oldukça uzun zaman alan afetlerdendir (Morgan vd., 2014: 1047). Meydana gelen orman yangınları küresel ısınma ve iklim değişkenliği ile sosyo-ekonomik değişim ve uygun olmayan orman planlamaları, yanlış arazi kullanımı, bilinçsizlik, maddi çıkar ve farklı nedenlerle oluşmakta ve sonucunda büyük zararlara yol açabilmektedir (Karabulut vd., 2013: 172). Bazı araştırmacılar orman yangınlarını doğal, bazıları ise insan kaynaklı olarak sınıflandırmaktadır. Ancak meydana gelen orman yangınlarının birçoğu antropojenik etkenlerle

ortaya çıkmakta ve büyük ekosistemlerde tahriplere yol açmaktadır (Petras, 2014: 7; Karadeniz, 2020: 2).

Göksu Çayı Havzası analitik hiyerarşi süreci orman yangını risk modeli için 10 ana kriter ve bunlara bağlı olarak 65 alt kriter tespit edilmiş ve kullanılmıştır (Tablo 38 ve Şekil 96). Orman yangını kriterleri yakıt durumu, ısı transferi ve ateşleme potansiyeli verilerine göre oluşturulmuştur. Önem derecesi en yüksek kriterler; doğal bitki örtüsü dağılışı ve bitki türlerinin nemlilik ve yanma potansiyeli verileridir. Bitki türlerinin nemlilik ve yanma potansiyeli Uluslararası Jeosfer-Biyosfer Programı (IGBP) kriterlerine göre belirlenmiştir. Daha sonra NDVI, arazi kullanımı ve sıcaklık dağılış verilerinin kriterleri eklenmiştir. Diğer önem derecesi yüksek olan güneş radyasyonu verisi havzadaki alanların güneşlenme durumu ve enerji miktarını ortaya koyar. Bu verinin üretimi AcGIS ile SYM verisi üzerinden havzanın orta noktasındaki enlem temel alınarak 1 Haziran-1 Eylül arasındaki tarihleri kapsayan 3 aylık süreçte, gün içinde 6'şar saat aralıkla güneşin farklı açılarına göre ışınım değerleri m^2 başına Wh birimiyle haritalandırılarak oluşturulmuştur. Diğer kriterler ise orman yangınlarını boyutunu ve tetikleyici durumunu denetleyen yağış dağılışı, bakı durumu, yollara yakınlık ve eğim değerleridir. Analitik hiyerarşi süreci ile üretilen orman yangının risk modelinin tutarlılık oranı (CR) 0,038 olarak tespit edilmiştir.

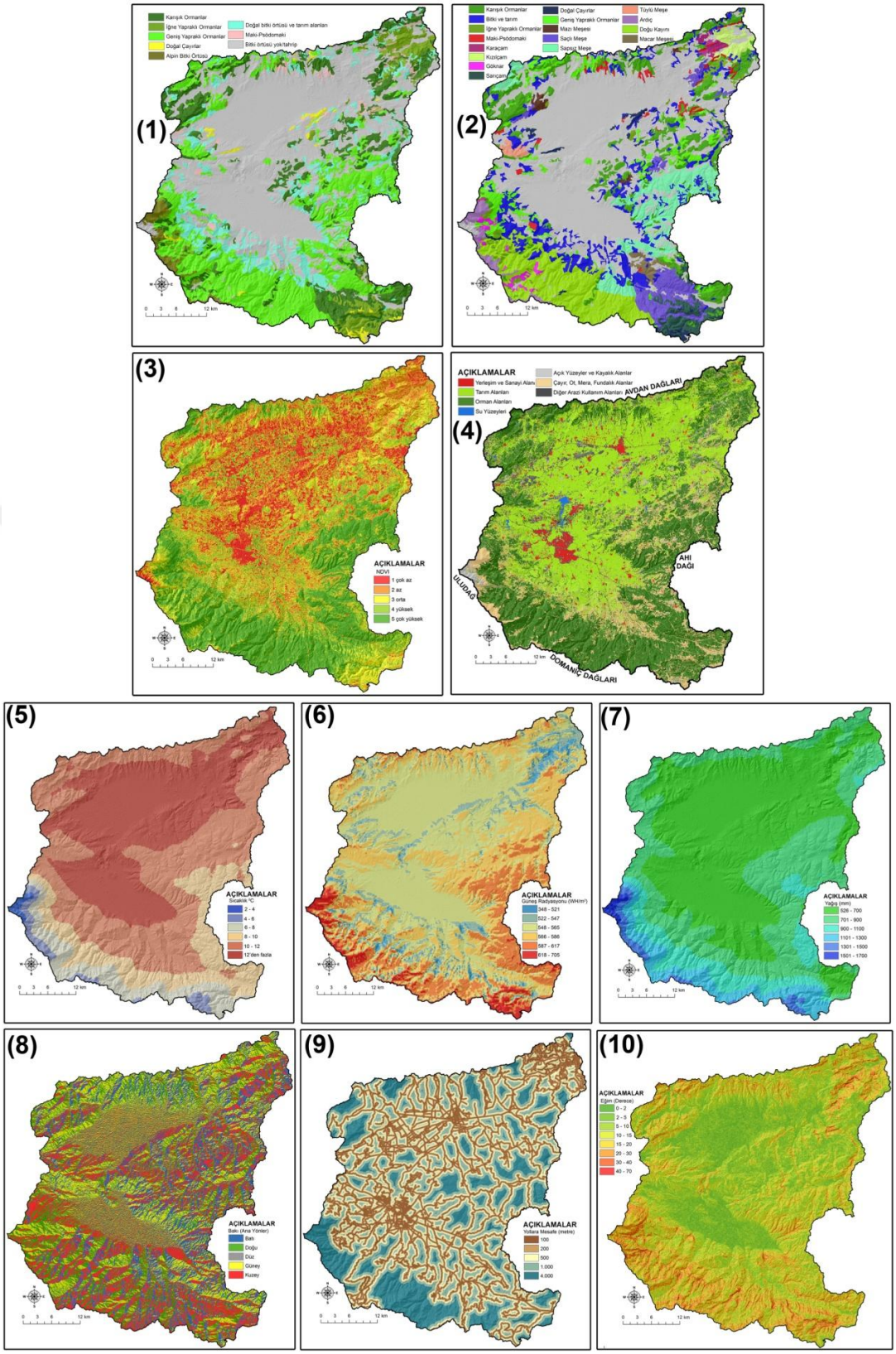
Analitik hiyerarşi süreci ile üretilen Göksu Çayı Havzası'nın orman yangını risk analizi modeline göre toplam havza alanının % 0,01 çok yüksek riskli iken % 15,2'si yüksek risk içermektedir. Orta seviyede orman yangını riski içeren sahalar havzanın % 68,5'ini oluştururken az riskli alanlar % 16,2 ve çok az riskli alanlar % 0,01'lik alan kaplamaktadır (Şekil 97). AHS ile elde edilen orman yangını risk analizine göre Göksu Çayı Havzası'nın büyük bölümünde orta seviyede orman yangını riski mevcuttur. Analiz sonucunun bu şekilde oluşmasında havza sınırları içerisinde nemli ve yanma potansiyeli daha düşük orman varlığının (özellikle doğu kayını) geniş alan kaplaması neden olmaktadır.

Tablo 38: AHS orman yangını risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri

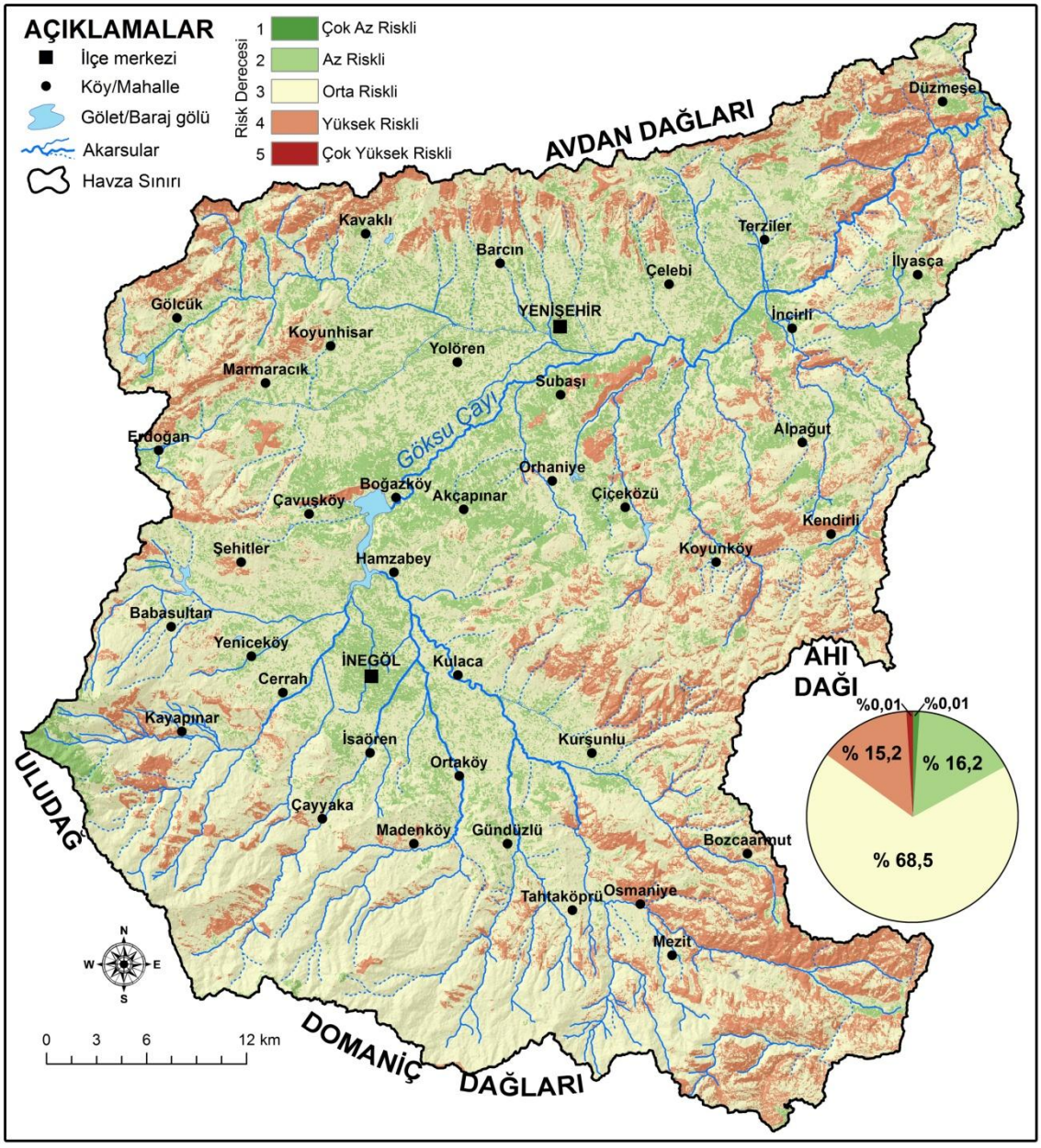
Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Doğal bitki örtüsü	**0,307**	**3,344**
Karışık orman	0,073	0,585
Geniş yapraklı O.	0,049	0,39
İğne Yapraklı O.	0,107	0,876
Maki	0,227	1,91
Doğal Çayır	0,326	2,74
Alpin bitki	0,023	0,019
Bitki ve tarım	0,155	1,31
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		
2-Nemlilik-yanma potan.	**0,205**	**2,251**
Doğu kayını	0,015	0,158
Saçlı-Sapsız m.	0,02	0,209
Tüylü Macar-Mazı meşesi	0,121	1,38
Çayır ot	0,307	3,344
Kızılçam ve maki	0,205	2,25
Karaçam	0,112	1,191
Sarıçam	0,112	1,191
Göknar	0,082	0,858
Ardıç	0,041	0,42
Karışık orman	0,058	0,592
CI: 0,056 **CR:** 0,038 **RI:** 1,49		
3-NDVI	**0,121**	**1,318**
1 çok az	0,061	0,309
2 az	0,097	0,487
3 orta	0,16	0,803
4 yüksek	0,415	2,108
5 çok yüksek	0,26	1,322
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
4-Arazi kullanımı (2020)	**0,112**	**1,191**
Yerleşim alanı	0,068	0,448
Tarım alanı	0,156	1,12
Orman alanı	0,223	1,64
Açık yüzeyler	0,044	0,284
Çayır, ot mera,	0,368	2,73
Diğer arazi	0,104	0,735
Su yüzeyleri	0,03	0,218
CI: 0,006 **CR:** 0,05 **RI:** 1,32		
5- Sıcaklık (^{0}C)	**0,082**	**0,858**
2-4	0,042	0,258
4-6	0,065	0,39
6-8	0,102	0,614
8-10	0,159	0,975
10-12	0,248	1,53
12'den fazla	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		

Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
6- G. Radyasyonu (WH/m^2)	**0,058**	**0,592**
348-521	0,042	0,258
522-547	0,065	0,39
548-565	0,102	0,614
566-586	0,159	0,975
587-617	0,248	1,53
618-705	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
7-Yağış (mm)	**0,041**	**0,421**
525-700	0,379	2,33
701-900	0,248	1,53
901-1100	0,159	0,975
1101-1300	0,102	0,614
1301-1500	0,065	0,39
1501-1700	0,042	0,258
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
8-Bakı (ana yönler)	**0,029**	**0,293**
Güney	0,408	2,189
Doğu	0,21	1,127
Batı	0,195	1,057
Kuzey	0,129	0,693
Düz	0,052	0,279
CI: 0,092 **CR:** 0,082 **RI:** 1,12		
9-Yollara mesafe (metre)	**0,020**	**0,205**
100 m	0,415	2,108
200 m	0,26	1,322
500 m	0,16	0,803
1000 m	0,097	0,487
4000 m	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
10-Eğim (derece)	**0,015**	**0,158**
0-2	0,023	0,19
2-5	0,032	0,266
5-10	0,049	0,39
10-15	0,073	0,585
15-20	0,107	0,876
20-30	0,155	1,3
30-40	0,227	1,91
40-70	0,326	2,74
CI: 0,032 **CR:** 0,022 **RI:** 1,41		

Tutarlılık İndeksi (CI): 0,056 Tutarlılık Oranı (CR): 0,038 Rastgele İndeksi (RI): 1,49



Şekil 96: Orman yangını risk analizinde kullanılan kriterler 1) doğal bitki örtüsü 2) bitki türü yanma potansiyeli 3) NDVI 4) arazi kullanımı 5) sıcaklık 6) güneş radyasyonu 7) yağış 8) bakı 9) yollara mesafe 10) eğim



Şekil 97: Göksu Çayı Havzası'nın orman yangını risk haritası

Mekansal dağılış açısından orman yangını risk durumu değerlendirildiğinde Göksu Çayı Havzası'nın kuzey kesiminde güneye bakan ve güneş radyasyonu potansiyeli daha yüksek, sıcaklık isteği daha fazla olan bitki toplulukların olduğu sahalarda riskin yüksek düzeylerde olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 97). Aynı şekilde havzanın güneyinde ise yanma potansiyeli daha yüksek olan iğne yapraklı toplulukların havzanın güneybatısında Aksu Dere vadisinin her iki yamacında yoğunlaştığı görülmektedir. Kızılçamın yaygın olduğu ve karaçamla da birlikte görüldüğü havzanın kuzeybatısı ise riskin diğer yüksek oranda olduğu sahalardandır. Orman yangını kapsamında orta seviyede riski barındıran alanlar havzanın plato ve dağlık alanlarına dağılmış durumdadır. Bu alanlarda geniş, karışık ve iğne yapraklı ormanlarla birlikte tarım alanlarının bazı kısımlarında yer alan ağaç formasyonları da yangın riskin olduğu sahaları teşkil eder. Havzada orman yangını riskinin az olduğu alanlar İnegöl ve Yenişehir ovaları ile Uludağ

zirve kesimindeki çıplak kayalık alanlar ve kuzeydeki plato sahalarındaki açık yüzeylerden oluşur.

4.10. Fırtına Risk Analizi

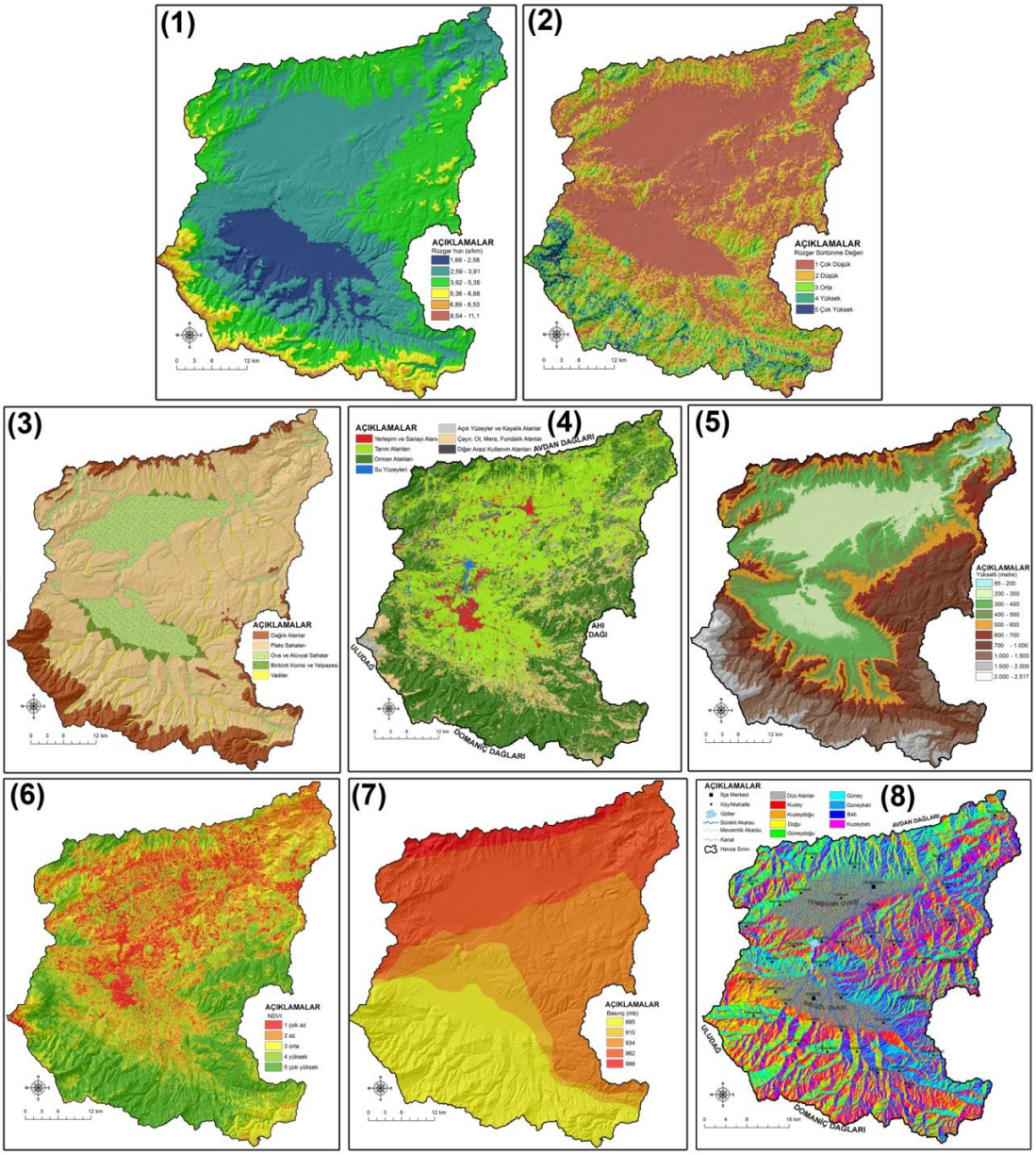
Klimatolojik ve meteorolojik çalışmalarda bir yerde rüzgâr hızının günün herhangi bir anında en az on dakika ve daha uzun bir süre boyunca 17.2-20.7 m/s ve daha hızlı estiği rüzgârlı hava koşulları fırtına olarak tanımlanır (Türkeş ve Şahin, 2018: 219). Şiddetli rüzgarlar sonucu ortaya çıkan fırtınalar insan hayatı, beşeri-ekonomik faaliyetler ile doğal ortam koşullarının bazılarını etkilenmektedir. Meydana gelen fırtınaların, aşırı yağışlar, şiddetli sağanaklar ve sellerle birleşmesi sonucu ortaya çıkan doğal afetler büyüklüğü ve çeşitliliği büyük zararlara yol açabilmektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003: Özşahin, 2012: 2628). Ayrıca fırtınalar ve diğer afetlerle oluşan bu durum yüzeyde erozyona, üst toprak ve çökel aşınmasına, kütle hareketlerine, toprak neminin azalmasına, üst toprağın ve doğal vejetasyonun kurumasına, neden olarak çölleşmeye, orman ve çalılık yangınlarının şiddetinin artmasına ve müdahalenin zorlaşmasına neden olabilmektedir (Türkeş ve Şahin, 2018: 220). Birçok unsuru etkileyen fırtınaların risk analizlerin yapılması havza yönetimi çalışmaları açısından önemli bir veridir.

Göksu Çayı Havzası için AHS yöntemiyle üretilen fırtına risk analiz verilerinde 8 ana kriter ve bunlara bağlı 51 alt parametre kullanılmıştır (Tablo 39 ve Şekil 98). Önem derecesi en yüksek kriter olarak havzanın ortalama rüzgar hızı verileri kullanılmıştır. Bu veri globalwind web adresinden raster olarak temin edilmiş daha sonra tekrar sınıflandırılarak kullanılmıştır. İkinci önemli etken olan rüzgarın hızını, kuvvetini ve esiş yönünü belirleyen sürtünme katsayısı verisi, topografik rölyef ve eğim verilerinin fuzzy membership özelliği ile tekrar üretilmesi sonucu oluşan arazi özelliğinden sınıflandırılarak kullanılmıştır. Diğer koşulları ise jeomorfoloji, arazi kullanımı, yükselti, NDVI, basınç dağılışı ve bakı faktörleri oluşturmuştur. Bakı alt kriterleri İnegöl ve Yenişehir rüzgar frekanslarının verilerine göre derecelendirilmiştir.

Göksu Çayı Havzası'nın AHS yöntemi ile üretilen fırtına risk analizi verileri incelendiğinde havzanın % 0,5'inde çok yüksek riskin % 25,4'ünde yüksek riskin olduğu tespit edilmiştir. Fırtına riskinin orta seviyede olduğu alanlar toplam havza alanının % 66,9'unu oluştururken az riskli alanlar % 7,1 ve çok az riskli alanlar % 0,05'lik alan kaplamaktadır (Şekil 99).

Tablo 39: Analitik hiyerarşi süreci fırtına risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri

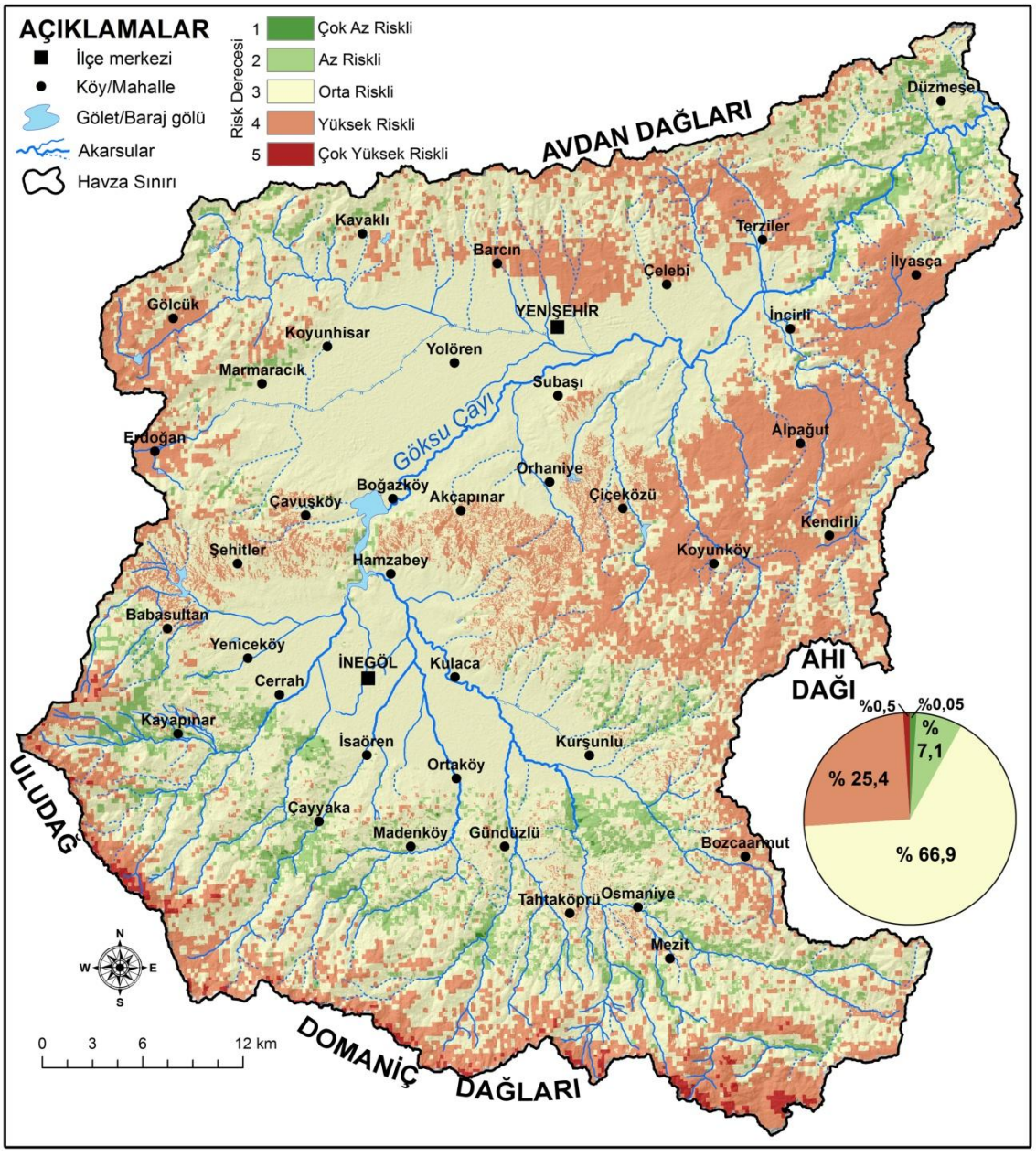
Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Rüzgar hızı (s/km)	**0,326**	**2,74**
1,66-2,58	0,042	0,258
2,59-3,91	0,065	0,39
3,92-5,35	0,102	0,614
5,36-6,88	0,159	0,975
6,89-8,53	0,248	1,53
8,54-,11,01	0,379	2,33
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
2-Sürtünme değeri	**0,227**	**1,94**
1 Çok Düşük	0,415	2,108
2 Düşük	0,26	1,322
3 Orta	0,16	0,803
4 Yüksek	0,097	0,487
5 Çok yüksek	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
3-Jeomorfoloji	**0,155**	**1,30**
Dağlık Alanlar	0,061	0,309
Plato	0,16	0,803
Ova ve alüvyal	0,415	2,108
Vadiler	0,26	1,322
Birikinti konisi	0,097	0,487
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
4-Arazi kullanımı (2020)	**0,107**	**0,876**
Yerleşim alanı	0,044	0,284
Tarım alanı	0,223	1,64
Orman alanı	0,030	0,218
Açık yüzeyler	0,368	2,73
Çayır, ot mera,	0,068	0,448
Diğer arazi	0,104	0,735
Su yüzeyleri	0,156	1,12
CI: 0,006 **CR:** 0,05 **RI:** 1,32		
5-Yükselti (metre)	**0,073**	**0,585**
85-200	0,015	0,158
200-400	0,020	0,209
400-600	0,029	0,293
600-800	0,041	0,420
800-1000	0,058	0,592
1000-1200	0,082	0,858
1200-1500	0,112	1,191
1500-2000	0,121	1,318
2000-2300	0,205	2,25
2300-2500	0,307	3,344
CI: 0,056 **CR:** 0,038 **RI:** 1,49		
6-NDVI	**0,049**	**0,391**
1 çok az	0,415	2,108
2 az	0,26	1,322
3 orta	0,16	0,803
4 yüksek	0,097	0,487
5 çok yüksek	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
7-Basınç (mb)	**0,032**	**0,266**
895-910 mb	0,061	0,309
911-934 mb	0,097	0,487
935-962 mb	0,16	0,803
963-999 mb	0,26	1,322
1000 mb fazla	0,415	2,108
CI: 0,012 **CR:** 0,011 **RI:** 1,12		
8- Bakı	**0,023**	**0,191**
Kuzey	0,159	0,975
Kuzeydoğu	0,248	1,53
Kuzeybatı	0,379	2,33
Doğu	0,379	2,33
Batı	0,102	0,614
Güney	0,042	0,258
Güneydoğu	0,248	1,53
Güneybatı	0,065	0,390
CI: 0,019 **CR:** 0,015 **RI:** 1,24		
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,032 **Tutarlılık Oranı (CR): 0,022** **Rastgele İndeksi (RI): 1,41**		



Şekil 98: Fırtına risk analizinde kullanılan kriterler 1) rüzgar hızı 2) zemin sürtünme katsayısı 3) jeomorfoloji 4) arazi kullanımı 5) yükselti 6) NDVI 7) basınç 8) bakı

Fırtına risk analizinin dağılışı incelendiğinde havzanın çerçevesini oluşturan dağlık alanlarında çok yüksek ve yüksek riskli sahaların olduğu görülmektedir. Risk düzeyin en yüksek olduğu alanlar havzanın güneyinde Uludağ ve Domaniç Dağları'nın havzanın su bölüm hattını oluşturan alandaki çıplak kayalık ya da ağaç formasyonundan yoksun alanlar olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 99). Bu kesimlerdeki çok yüksek riskinin oluşmasını, rüzgar hızının en üst seviyeye çıkması, yüzeyin sade rölyefe sahip oluşu ve bitki örtüsünden yoksun olması oluşturmaktadır. Yüksek fırtına riskinin olduğu diğer sahaları, doğudaki Ahı Dağı çevresi ve bu alandaki plato sahası ile havzanın kuzeyinde yüksek alanlar ve plato alanları oluşturmaktadır. İnegöl ve Yenişehir ovalarında ortalama rüzgar hızı yüksek olmasa da rüzgar frekans verilerin dağılımı, yüzeyin düz oluşu gibi etmenler bu sahaların orta seviyede fırtına riskini içermesine

neden olmaktadır. Havzanın kuzeybatısı ve havzanın güneyinde engebeli ve yoğun bitki formasyonun olduğu alanlar fırtına riskinin daha az olduğu sahaları oluşturur.



Şekil 99: Göksu Çayı Havzası'nın fırtına risk haritası

4.11. Beşeri Etken (Antropojenik) Kaynaklı Risk Analizi

Doğal ortam koşullarına antropojenik müdahaleler, beşeri faaliyetlerin yoğunluğu, arazi kullanım çeşitliliği gibi birçok etmen belli riskleri ve sorunları beraberinde getirmektedir. Bu riskler, antropojenik faaliyet ve müdahalelerle ortaya çıkan çevresel kirlilik riskleri, doğal koşulların degradasyonu, zemin çökmesi, patlama ve ekolojik sorunlar gibi unsurlardan oluşmaktadır (Cao vd., 2020: 4).

Tablo 40: AHS beşeri kaynaklı risk analizinde kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri

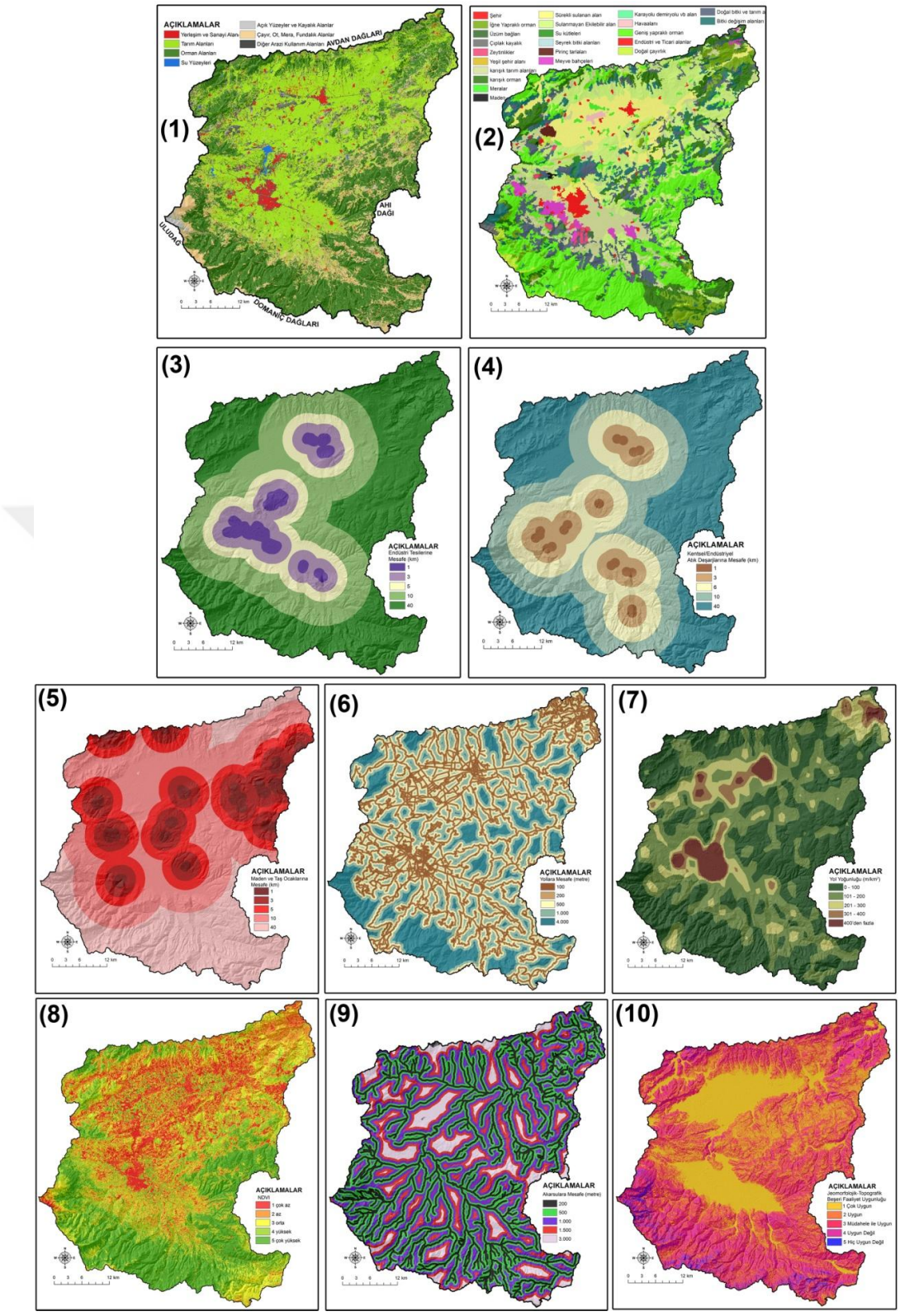
Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri	Ana ve Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Toplam Kriter Değeri
1-Arazi Kullanımı (2020)	**0,307**	**3,344**	**6-Yollara mesafe (m)**	**0,058**	**0,592**
Yerleşim alanı	0,368	2,73	100 m	0,415	2,108
Tarım alanı	0,104	0,735	200 m	0,26	1,322
Orman alanı	0,044	0,284	500 m	0,16	0,803
Açık yüzeyler	0,156	1,12	1000 m	0,097	0,487
Çayır, ot mera,	0,068	0,448	4000 m	0,061	0,309
Diğer arazi	0,223	1,64	**CI:** 0,012 **CR:** 0,010 **RI:** 1,12		
Su yüzeyleri	0,03	0,218	**7-Yol yoğunluğu (m/km^2)**	**0,041**	**0,420**
CI: 0,006 **CR:** 0,05 **RI:** 1,32			0-100	0,415	2,108
2-Detaylı arazi kullanımı	**0,205**	**2,251**	101-200	0,26	1,322
Endüstri alanı	0,307	3,344	201-300	0,16	0,803
Maden sahası	0,205	2,25	301-400	0,097	0,487
Kentsel alan	0,121	1,318	400'den fazla	0,061	0,309
Ulaşım yolu	0,112	1,191	**CI:** 0,012 **CR:** 0,010 **RI:** 1,12		
Karışık tarım	0,082	0,858	**8-NDVI**	**0,029**	**0,293**
Sulanan tarım	0,058	0,592	1 çok az	0,415	2,108
Kısmen sulanan	0,041	0,42	2 az	0,26	1,322
Çayır ve mera	0,029	0,293	3 orta	0,16	0,803
Orman	0,0205	0,209	4 yüksek	0,097	0,487
Gölet-baraj	0,015	0,158	5 çok yüksek	0,061	0,309
CI: 0,056 **CR:** 0,038 **RI:** 1,49			**CI:** 0,012 **CR:** 0,010 **RI:** 1,12		
3-Endüstri T. mesafe (km)	**0,121**	**1,318**	**9-Akarsulara mesafe (m)**	**0,020**	**0,209**
1 km	0,415	2,108	200 m	0,415	2,108
3 km	0,26	1,322	500 m	0,26	1,322
5 km	0,16	0,803	1000 m	0,16	0,803
10 km	0,097	0,487	1500 m	0,097	0,487
40 km	0,061	0,309	3000 m	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,011 **RI:** 1,12			**CI:** 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
4-Atık deşarj mesafe (km)	**0,112**	**1,191**	**10-Jeomorfolojik uygunluk**	**0,015**	**0,158**
1 km	0,415	2,108	Çok uygun	0,415	2,108
3 km	0,26	1,322	Uygun	0,26	1,322
6 km	0,16	0,803	Müdahale uygun	0,16	0,803
10 km	0,097	0,487	Uygun değil	0,097	0,487
40 km	0,061	0,309	Hiç uygun değil	0,061	0,309
CI: 0,012 **CR:** 0,011 **RI:** 1,12			**CI:** 0,012 **CR:** 0,01 **RI:** 1,12		
5-Taş ocaklarına mesafe	**0,082**	**0,858**			
1 km	0,415	2,108			
3 km	0,26	1,322			
5 km	0,16	0,803			
10 km	0,097	0,487			
40 km	0,061	0,309			
CI: 0,012 **CR:** 0,010 **RI:** 1,12					
Tutarlılık İndeksi (CI): 0,056 Tutarlılık Oranı (CR): 0,038 Rastgele İndeksi (RI): 1,49					

Analitik hiyerarşi süreci beşeri kaynaklı risk analizinde 10 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 57 alt kriter kullanılmıştır (Tablo 40 ve Şekil 100). Arazi kullanım türleri, detaylı arazi kullanımı endüstri tesislerine, atık deşarj alanlarına, maden-taç ocaklarına mesafe, yollara

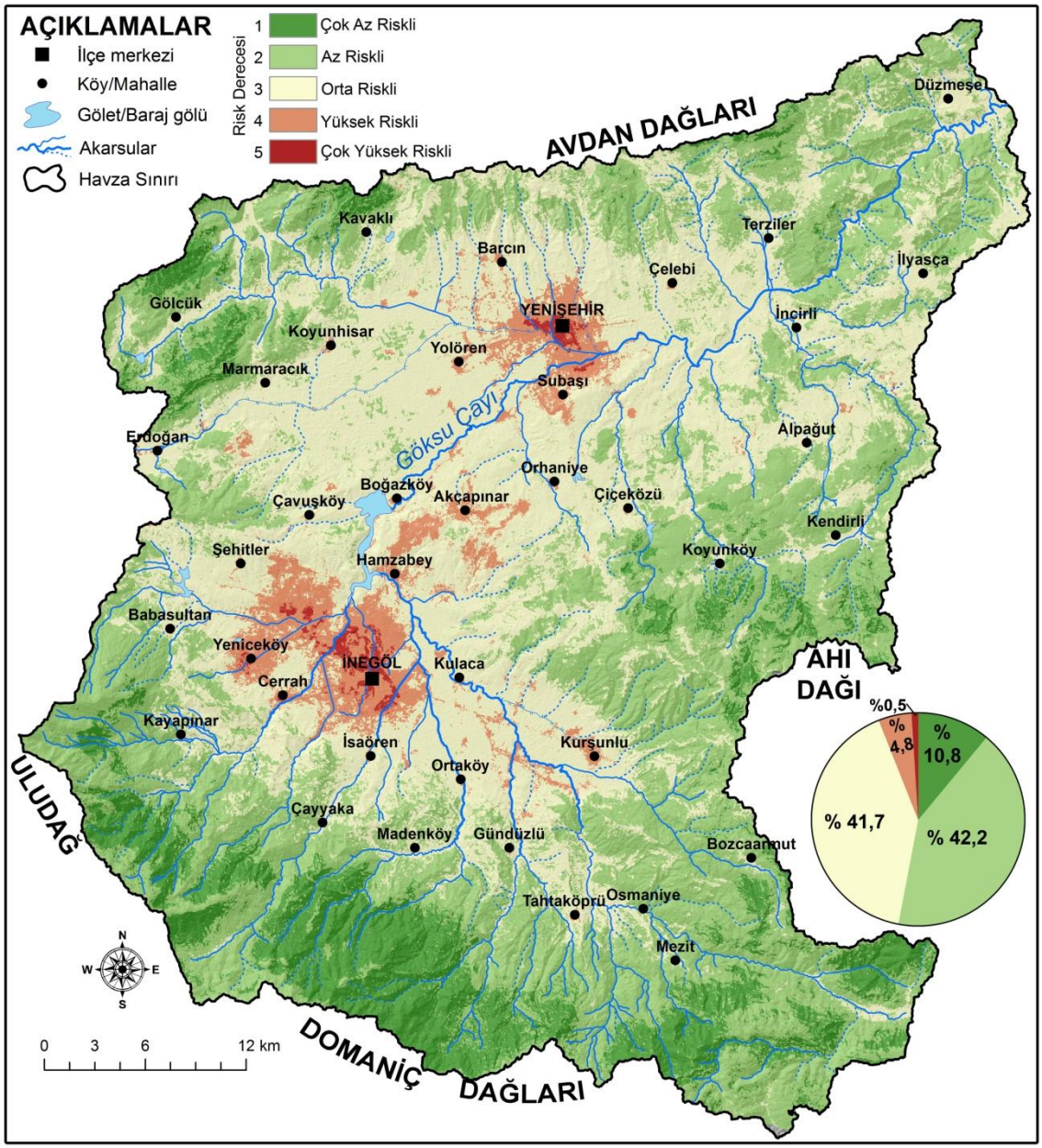
mesafe, yol yoğunluğu, NDVI antropojenik etkinin boyutlarını gösterirken akarsulara mesafe ve jeomorfolojik beşeri uygunluk verisi diğer parametreleri oluşturmaktadır. Mesafe-yakınlık verileri multiple buffer yöntemi ile üretilmiştir. Beşeri faaliyetler için jeomorfolojik koşulların uygunluk derecesi, jeomorfolojik birimler ile eğim değerlerinin fuzzy membership özelliği ile birleştirilmesi sonucu 5 sınıf üzerinden üretilmiş ve çalışmada bu şekilde kullanılmıştır. Yollara mesafe ve yol yoğunluğu verilerinin iki ayrı kriter olarak kullanılması, antropojenik kaynaklı birçok sorununun hem topografik yüzeye yol çalışmaları ile müdahalesi sonucu hem de yoğun yol ağı ve trafiğin ortaya koyduğu risklerin değerlendirilmesi amacıyla oluşturulmuştur.

Göksu Çayı Havzası'nda analitik hiyerarşi süreci ile üretilen beşeri (antropojenik) kaynaklı risk verilerinin alansal dağılış oranları incelendiğinde, havzanın % 0,5'inde çok yüksek riskin, % 4,8'inde yüksek riskin olduğu anlaşılmaktadır. Havza toplam alanının % 41,7'si beşeri kaynaklı risk açısından orta seviyede riski ihtiva etmektedir. Az riskli alanlar havza toplam alanının % 42,2'sini oluştururken çok az riskli alanlar ise havzanın % 10,8'ni meydana getirmektedir (Şekil 101)

Beşeri kaynaklı risk ve tehlikelerin yoğun olduğu alanların dağılışı incelendiğinde havzada nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu İnegöl şehir merkezi ve Yenişehir ilçe merkezinin olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 101). Bu sahalar özellikle de İnegöl şehir merkezinin mesken, yol, ekonomik faaliyetler açısından yoğun olması aynı zamanda her iki merkezden ana yol güzergahlarının geçmesi ve sanayi tesislerinin bu alanlarda bulunması, meydana gelen durumun oluşmasındaki önemli nedenlerdir. Havzada beşeri kökenli risklerin yüksek olduğu alanlar Yenişehir ve İnegöl şehir merkezi çevreleri ile İnegöl Ovası'nın güney-güneybatısı (İsaören-Cerrah-Yeniceköy hattı), Hamzabey-Akçapınar arasındaki sanayi ve maden sahası, İnegöl-Bozüyük yolu üzerinde Kınık-Kurşunlu civarındaki sanayi ve atık deşarj alanları, havzanın doğusunda Alpağut çevresindeki taş ocakları sahası ve havzanın batısındaki yerel sahalar olarak tespit edilmiştir. Belirtilen alanlardaki organize sanayi bölgeleri, diğer endüstri tesisleri, kentsel-endüstriyel atık deşarj alanları, maden ve taş ocakları ile ulaşım güzergahlarının varlığı risklerin yüksek olmasında rol oynayan etmenlerdir.



Şekil 100: Beşeri kaynaklı risk analizinde kullanılan kriterler 1) arazi kullanımı 2) detaylı arazi kullanımı 3) endüstri tesislerine mesafe 4) atık deşarj noktalarına mesafe 5) maden-taş ocaklarına mesafe 6) yollara mesafe 7) yol yoğunluğu 8) NDVI 9) akarsulara mesafe 10) jeomorfolojik beşeri faaliyet uygunluk alanı



Şekil 101: Göksu Çayı Havzası'nın beşeri kaynaklı risk haritası

Havzada orta seviyede beşeri kaynaklı risklerin olduğu alanlar İnegöl ve Yenişehir ovaları ile diğer alüvyal vadi tabanları ve alçak plato sahalarında yoğunlaşmıştır (Şekil 101). Bu alanlardaki tarım sahaları, yollar ve küçük yerleşmeler beşeri kaynaklı riskleri oluşturur. Göksu Çayı Havzası'nda yüksek dağlık alanlar ve orman varlığının yoğun olduğu sahalarda beşeri kaynaklı risklerin az ya da çok az seviyede olduğu ortaya konan modelden tespit edilmiştir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. GÖKSU ÇAYI HAVZASI'NIN YÖNETİM VE PLANLAMASI

5.1. Göksu Çayı Havzası'nın Bütünleşik Coğrafi Havza Yönetim-Planlama Modeli, Sistematiği ve Alt Modelleri

Bütünleşik havza yönetim ve planlamaları, ele alınan havzanın doğal ve beşeri tüm özelliklerini inceleyen, etkileşimleri farklı yöntem ve tekniklerle analiz eden ve tüm bilgilerin entegre kullanımı sürdürülebilir kapsamda sağlayan işleyiş bütünüdür (Mitchell, 1991: 18; Montgomery vd., 1995: 373; Cobourn, 1999: 625; Grigg, 1999: Mostert vd, 2000: 42; Svendson vd, 2005: 26; Wang vd., 2006: 703; Aladağ vd., 2008: 173; Heathcote, 2009: 8; Garipağaoğlu, 2012: 320). Bu doğrultuda Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik kapsamda coğrafi bakış açısı ile multidisipliner yaklaşımın ortak noktasında havza yönetim ve planlama modeli oluşturulmuştur.

Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik havza yönetim planlamasında doğal ortam koşullarının etkisi ön planda tutulmuş, aynı zamanda beşeri kullanım ve doğal koşullarla etkileşimleri ortaya konmuş, morfometrik veriler ve risk analizleri oluşturulmuştur. Bu veriler doğrultusunda havza yönetim-planlama modeli 7 alt modelden oluşmaktadır. Doğal ortam koşulları alt kapsamlı etkileri, uygunluk analizleri, arazi kullanımı/arazi örtüsü değişim modeli, morfometrik kapsamlı alt havza önceliklendirme ve risk analizlerine dayalı 5 temel alt model havza yönetimi ve planlamasının ilk basamağını oluşturmaktadır. Havza yönetiminin ilk basamağında elde edilen bulgular üzerinden farklı yöntem ve tekniklere dayalı analizler, simülasyonlar ve dağılış verileri üretilmiştir. Verilerin üretilmesinde aynı zamanda bilgi birikimi açısından kartopu yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde ilksel bilgi incelenmekte, bulgular bir sonraki havza yönetim alt modelinde farklı ilksel verilerle birlikte analiz edilmekte ve diğer basamaklarda kullanılmaktadır. İkinci basamakta ise ilksel bulgular ve kartopu gibi büyüyerek sunulan analiz verileri üzerinden kümeleme ve SWOT analizleri yapılarak, Göksu Çayı Havzası'nın yönetim ve planlaması ile modeli ortaya konmaktadır. Havzanın 7 alt modelinde elde edilen bulguların ortaya koyduğu sorun alanları, problemler, geleceğe dönük değişimler, risk alanları ve kullanılabilir koşulların sağladığı olanaklar üzerinden çözümler ve öneriler sunan, bütünleşik, coğrafi ve sürdürülebilir bakış açısının egemen olduğu havza planlaması ortaya konmuştur.

Doğal ortam koşulları kapsamındaki havza yönetim alt modeli içerisinde jeolojik-jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik, toprak ve bitki örtüsü etkileri üzerinden analizler yapılmıştır. Bu kapsamda jeomorfolojik uygunluk dağılışı ortaya konmuş, sıcaklık, yağış, AGİ, akış, akım verileri ile ilgili Mann-Kendall ve Sen's Slope trend analizleri üzerinden geleceğe

dönük incelemeler yapılmış ve tahminler üretilmiştir. Yağış-akış dağılışı alt havza kapsamında hesaplanmış, kategorik değişim, su bütçesi açığı, akış eksiği, risk kapsamı detayında havza yönetimine etki verileri üretilmiştir. Toprak ve bitki örtüsünün etkisinde de dağılış verileri ve NDVI analizleri ile geçmiş-günümüz arasındaki değişim ve havza yönetimine etki boyutu incelenmiştir. Bütün doğal ortam koşullarının etki kapsamı, beşeri kullanım açısından dağılış durumu, tehlike ve risk boyutlarına etkisi incelenmiş, öncelikli çözümlenmesi gereken sorunlar, riskler ve alanlar belirtilmiştir.

Doğal ortam koşullarına dayalı uygunluk analiz verilerinde ağırlıklı bindirme yöntemi kullanılarak yerleşim, sanayi, tarım, orman ve çayır-mera alanları için uygun sahalar beş kategorik sınıf olarak modellenmiştir. Ayrıca bulguların 2020 yılı arazi kullanım verileri ile karşılaştırması yapılmıştır. Böylece, havzada doğal ortam koşullarının sağladığı olanaklar havza yönetim, arazi planlaması, sorunlar, fırsatlar, riskler gibi detaylarda dağılış ve kantitatif veri olarak açıklanmıştır.

Arazi kullanımı/arazi örtüsü (AKAÖ) değişimlerine dayalı havza yönetim modelinde, Göksu Çayı Havzası'nın 1980-2020 arasındaki AKAÖ verileri ve doğal, beşeri coğrafya koşulları üzerinden yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile 2030, 2045 ve 2070 yıllarına ait AKAÖ simülasyon modelleri oluşturulmuştur. Simülasyon modelleri üzerinden dağılış, kantitatif bulgular, değişim analizleri ve mekansal dağılış kümeleri değerlendirilmiş ve havza yönetimi açısından gelecekteki planlamaya etki edebilecek faktörler detaylandırılmıştır.

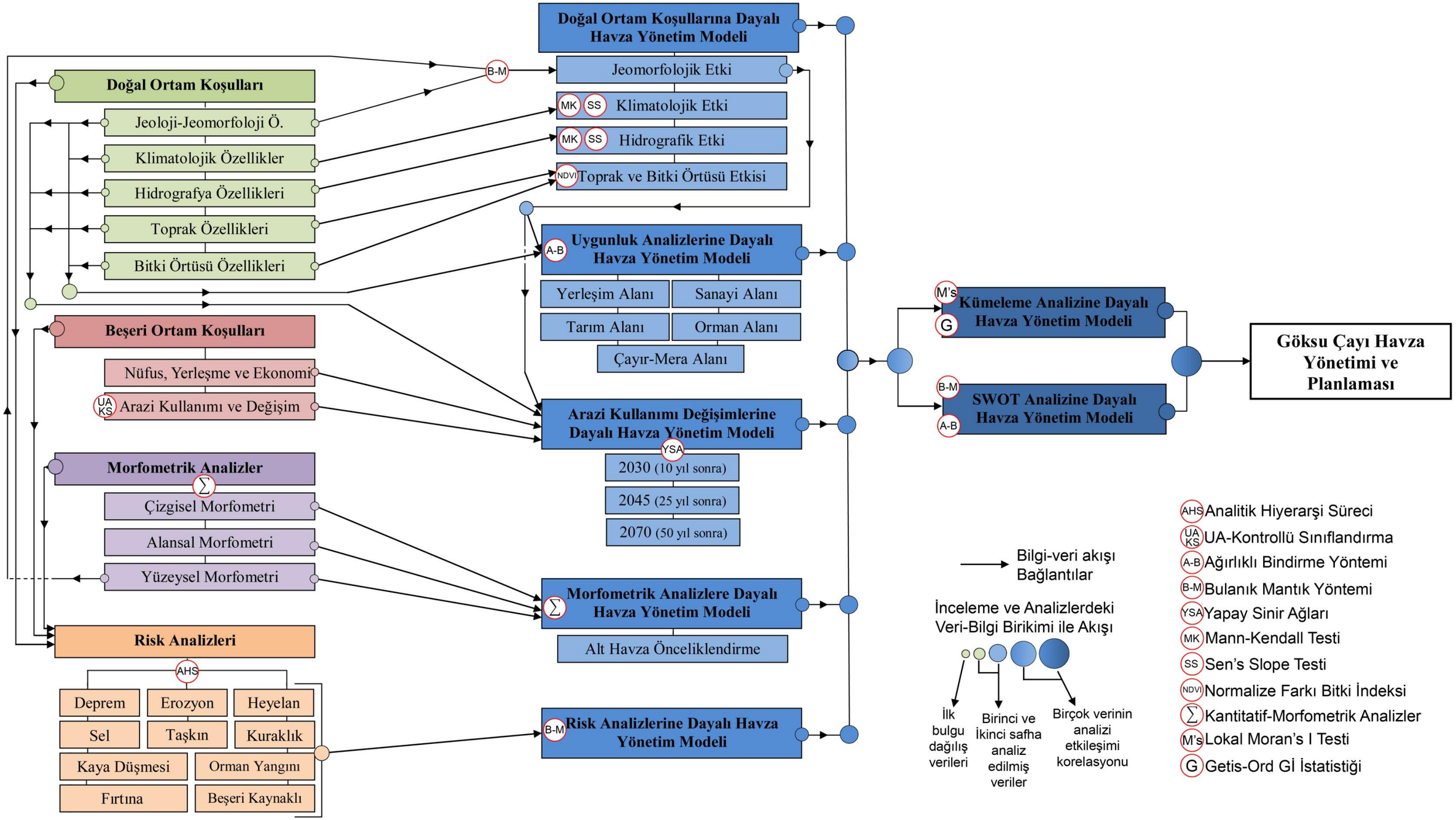
Morfometrik analizlere dayalı havza yönetim modelinde jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik unsurlarda kantitatif olarak farklı durumlar gösteren alt havzalar açıklanmıştır. Alt havzaların risk durumu, kullanım boyutu ve etkileri değerlendirilmiştir. Daha sonra havza koruma kapsamında (erozyon, sel, taşkın, hidrografik özellikler açısından) 30 morfometrik indisin kullanımı ile alt havza önceliklendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda 53 alt havzası olan Göksu Çayı Havzası'nda 5 farklı öncelik kapsamı dağılış açısından ortaya konmuştur.

Risk analizlerine dayalı havza yönetim alt modelinde; 9'u doğal 1 beşeri kaynaklı olarak dağılışları AHS yöntemi ile ortaya konan tehlike duyarlılık-risk analizleri verileri farklı birleşimler üzerinden tekrar değerlendirilmiştir. Bulanık mantık yöntemi ile bütün risk analizleri birleştirilmiş ve multirisk dağılışı incelenmiştir. Bu kapsamda farklı senaryolar üzerinden öncelikli jeolojik-jeomorfolojik risk bölgeleri, klimatolojik-hidrografik risk bölgeleri, karmaşık risk bölgelerinin dağılışları analiz edilmiştir. Havza yönetimi açısından riskin yüksek olduğu ya da düşük olduğu sahaların kullanım potansiyeli, nüfus, beşeri faaliyet ilişkisi ortaya konmuştur. Ayrıca havzanın oluşum frekansı en yüksek olan sel-taşkın, heyelan, erozyon tehlikeleri farklı analizler ile detaylı olarak incelenmiş ve havza yönetimine etkisi ortaya konmuştur.

Göksu Çayı Havzası yönetim ve planlamasının ilk beş alt modeldeki analizler, dağılış verileri ve diğer bulgular sonraki basamağa aktarılmaktadır. Bu basamakta bulgular öncelikle kümeleme analizine tabi tutulmaktadır. Kümeleme analizinde raster-vektör olarak elde edilen bulgular havzanın yönetim ve planlamasına etkisi bakımından hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme analizleri kapsamında değerlendirilmiştir. Sahanın 53 alt havzası ile hücresel verileri olmak üzere iki farklı şekilde, doğal ortam koşulları ve diğer verilerinin korelasyon ilişkisi ile havzanın risk-sorun potansiyeli ve sürdürülebilir-uygun kullanım potansiyeli açısından kümeleme analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler Lokal Moran's I ve Getis-Ord Gİ istatistikleri ile test edilmiş ve belirtilen bulguların havza içerisindeki kümelenmesi kantitatif olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular havzanın planlamasındaki öncelikli alanları ortaya koyacak şekilde analiz edilmiştir.

İkinci basamağın diğer kısmı olan SWOT analizinde, Göksu Çayı Havzası'nın coğrafi özellikleri ve havza yönetim kapsamındaki veriler üzerinden işleyiş oluşturulmuştur. Bu kapsamda havzanın güçlü yönleri (Strengths), zayıf yönleri (Weaknesses), fırsatları (Opportunities) ve tehditleri (Threats) belirlenmiştir. Bu veriler ile havzanın planlanmasında öncelik verilecek alanlar ortaya konmuştur. Daha sonra SWOT analizi verilerinin dağılışını ortaya koymak amacıyla havzanın doğal ve beşeri parametreleri üzerinden ağırlıklı bindirme, bulanık mantık ve korelasyona dayalı analizler yapılmıştır.

Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik-coğrafi havza yönetim ve planlamasının ilk basamağında elde edilen bulgular ile kümeleme ve SWOT analiz verileri üzerinden havzanın planlama önerileri ve dağılışı açıklanmıştır. Bu şekilde havza yönetim ve planlama işleyişi sürdürülebilirlik değerlendirmesi ile uygulanabilir hale getirilmiştir. Ortaya konan havza yönetim modelinde birçok farklı yöntem kullanılmış ve analizler yapılmıştır. Bu veriler havza yönetim modelinin disiplinler arası, teknolojik, güncellenebilen, yeni veriler eklenebilen ve analizlerin değiştirilebildiği olanaklar sunduğunu ve özgün yönünü göstermektedir. Böylece havzanın daha sonraki yıllarda elde edilecek bulguları da özellikle CBS teknikleri üzerinden sistematiği eklenebilmekte, planlamalar revize edilebilmektedir.



Şekil 102: Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik coğrafi havza yönetim-planlama modeli ve işleyiş sistematiği

5.1.1. Doğal Ortam Koşulları Kapsamında Havza Yönetim-Planlama Modeli

Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik kapsamdaki havza yönetim ve planlama sistematiğinin ilk alt modelini doğal ortam koşullarına ait verilerle üretilen analizler oluşturmaktadır. Bu kapsamda havzanın jeolojik-jeomorfolojik özellikleri, klimatolojik, hidrografik, toprak ve bitki örtüsü özelliklerinin etkileri farklı analiz ve yöntemlerle değerlendirilmiş, mekansal dağılış etkileri ve geleceğe dönük tahminler üzerinden havza yönetim modeline katkıları incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen bulguların bir kısmı hem diğer alt modellerde hem de havzanın planlanmasında kullanılmıştır. Doğal ortam koşulları kapsamında havza yönetim modeli ve alt etki verileri aynı zamanda Göksu Çayı Havzası'nın fiziksel planlamasını ve bu planlamada öncelikli alanları, muhtemel risk dağılışı ve boyutlarını, geleceğe dönük değişimler ile beşeri faaliyetlere etkilerini de ortaya koymaktadır.

5.1.1.1. Jeolojik ve Jeomorfolojik Etki Kapsamında Havza Yönetimi

Havza yönetimi ve planlamada jeolojik ve jeomorfolojik koşullar hem doğal ortam özelliklerine hem de beşeri faaliyetlerin dağılışı ve kullanım boyutlarına etki etmektedir (Van Lier, 1998: 86; Leitao ve Ahern, 2002: 66; Downsand ve Booth 2011: 85; Garipağaoğlu vd., 2015: 66) Göksu Çayı Havzası'nda farklı direnç ve özelliklere sahip jeolojik birimler ile çeşitli jeomorfolojik unsurlar bulunmaktadır. Özelliklerinin dağılış ve etki boyutlarının farklılığı havzanın yönetim ve planlamasında önemli rol oynamaktadır.

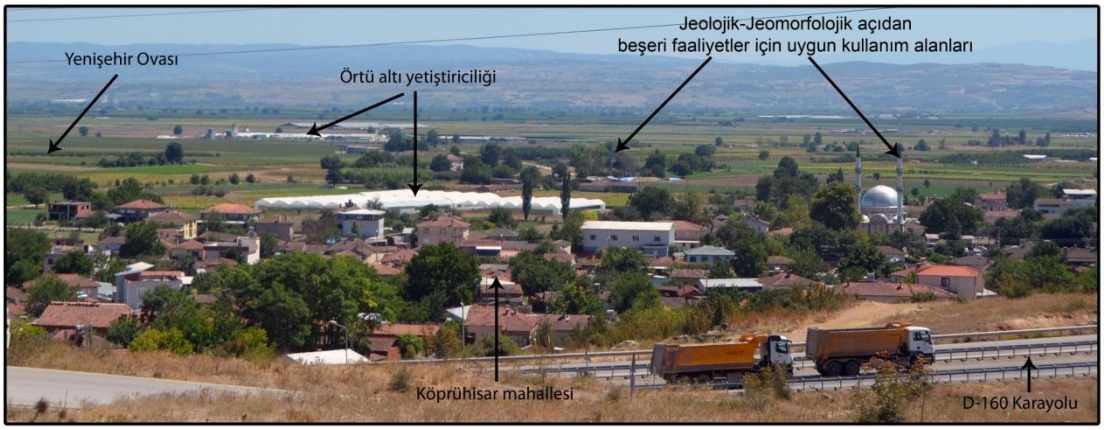
Göksu Çayı Havzası'nın kuzey ve güneyinde yer alan iki ova, (İnegöl ve Yenişehir ovaları) alüvyonların olduğu sahayı meydana getirmekte, havzanın kuzey, doğu ve güney sınırını teşkil eden yüksek kütleler ise daha geçirimsiz ve dirençli bir yapı sunmaktadır. Bu özellikler havzada tektonik aktivite açısından zemin direncinin ova tabanlarında daha zayıf olmasına, yüzeysel akışa geçen suyun yer altına sızma potansiyelinin ise yüksek düzeyde olmasına neden olmaktadır. Belirtilen özellikler havzanın deprem ve sel-taşkın riskinin özellikle ovalarda ve çevresinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu duruma etki eden jeomorfoloji-topografya (eğim, topografik rölyef) faktörü de devreye girdiğinde Yenişehir Havzası'na nazaran İnegöl Havzası'nın jeolojik-jeomorfolojik etki parametresinde daha fazla risk ihtiva ettiği görülmektedir.

Jeomorfolojik açıdan havzanın kuzey, doğu ve güney sınırlarını oluşturan yüksek kütleler sıcaklık ve yağış koşullarının dağılışına etki etmektedir. Bu durum özellikle havzanın güney çerçevesini oluşturan Uludağ ve Domaniç Dağları'nda sıcaklık şartlarının daha düşük,

yağış şartlarının daha fazla olmasına neden olur. Belirtilen hadise aynı zamanda bu alanda orman varlığının yoğun olmasına etki eder. Ancak yağışın fazla olması, yüksek eğim ve jeolojik açıdan İnegöl formasyonu gibi örtü birimlerinin geçirimliliği ile birlikte heyelan aktivitesinin yüksek olmasında tetikleyici rol oynar. Havzanın kuzey kesiminde Avdan Dağları'nın 800 m seviyesini geçememesi ve bakı açısından bu alanların güneş ışınlarını daha fazla alması havza yönetimi açısından beşeri kullanım (tarım alanları yoğunluğu) ve diğer unsurları etkilemektedir.

Drenaj dağılışı, su akış ivmesi, debi miktarı, yer altı suyu ve yüzeysel akışa geçen suyun oluşturabileceği muhtemel riskler açısından havzanın jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri önemli derecede etkin rol oynamaktadır. Jeolojik özelliklerin hidrojeolojik açısından geçirimlilik durumu ile jeomorfolojik açısından yükselti ve eğim değerlerinin dağılışı havzanın güneyinde yüzeysel akışa geçen suların akış hızı ve debi miktarlarının oldukça yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Jeolojik açıdan geçirimsiz yapı gösteren Domaniç Dağları'ndaki granit topografyası yüksek yoğunlukta yüzeysel akışı meydana getirmektedir. Uludağ ve Domaniç Dağları'ndaki akarsuların eğimin yüksek olmasından dolayı kuzeye doğru hızlı akışları aynı zamanda havza tabanına ulaşan suyun taşkın riskini oluşturmasına neden olmaktadır. Havza yönetiminde önemli rol oynan hidrolojik özellikler ve katastorofik belirteçler açısından İnegöl ova tabanının Yenişehir ova tabanına göre daha riskli olduğu anlaşılmaktadır.

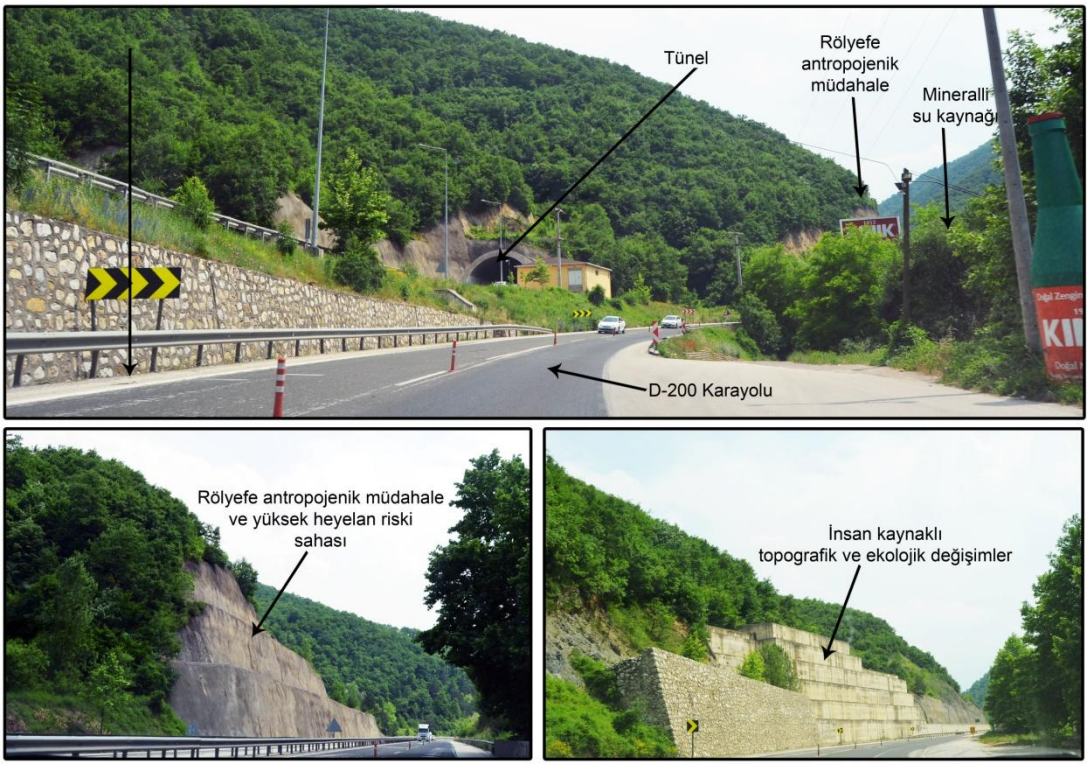
Jeomorfolojik unsurların dağılışı ile topografik özelliklerinin dağılışı Göksu Çayı Havzası'nın kuzey sahasında (Yenişehir Havzası) yükselti seviyesinin ve eğim değerlerinin daha az olduğunu bu nedenle belirtilen alanda güney kesime göre daha az riskleri ihtiva ettiğini göstermektedir (Fotoğraf 36). Ancak havzanın güneyini oluşturan İnegöl Havzası'nda eğim değerlerinin özellikle flüvyal yarılmanın, tektonik yükselim ve çizgiselliklerin olduğu sahalarda yoğunlaşması, belli risklerin meydana gelebilme potansiyelini arttırmaktadır. Bu durum aynı zamanda beşeri faaliyetlerin kullanım alanını da sınırlamakta ya da yoğunlaşacağı sahayı belirlemektedir.



Fotoğraf 36: Yenişehir Ovası'nın jeolojik ve jeomorfolojik açıdan beşeri faaliyetlere (tarımsal faaliyetler ve ulaşım) uygunluğu

Jeolojik ve jeomorfolojik etkiler havzada antropojenik faaliyetlerin dağılışı, yoğunluğu ve alansal sınırlılığını denetleyen temel etmenlerden biridir. Bu bakımdan havzanın temel ekonomik faaliyetini oluşturan tarım alanlarının varlığı jeolojik-jeomorfolojik açıdan birçok olanak sunan iki ova tabanı sayesinde gelişme göstermiştir. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile alüvyal düzlüklerin günümüzde ve gelecekte tarım alanı olarak kullanılması, havzanın sürdürülebilir yönetimi açısından oldukça önemlidir. Son yıllarda İnegöl Ovası'nda sanayi ve yerleşim yoğunluğunun artması havza yönetimi açısından jeomorfolojik parametrelerin göz ardı edildiğini ve belli risklerin oluşabileceğini göstermektedir. Ancak yeni yapılan Orman Ürünleri Organize Sanayi Bölgesinin ova tabanından uzakta plato sahasında olması bazı planlamalarda jeolojik-jeomorfolojik koşulların göz önüne alındığını da göstermektedir.

Jeomorfolojik koşullar havzada ulaşımı etkileyen önemli parametrelerden biridir. Havzanın ana ulaşım ağını oluşturan D-200 ve D-180 karayollarının D-B yönlü olması, dağlık alanlar ile vadilerin uzanış doğrultusunda gelişmiştir. Bu nedenle havzada kuzey-güney yönlü ana ulaşım sadece D-595 karayolu ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda dar vadilerden geçiş sağlayan birçok karayolunda antropojenik müdahaleler heyelanları tetiklemiştir (Fotoğraf 37). Bu durum havzada yapılacak çalışmalarda jeolojik ve jeomorfolojik koşulların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Yapımı devam eden Bursa-Bilecik hızlı tren projesi de havzanın jeomorfolojik koşullarının etkisinde D-B doğrultusunda eğim, topografik rölyef açısından uygun alanlarla doğrultulu şekilde planlanmıştır.



Fotoğraf 37: Jeomorfolojik unsurlarda antropojenik değişimler (Kınık-Mezit arası karayolu)

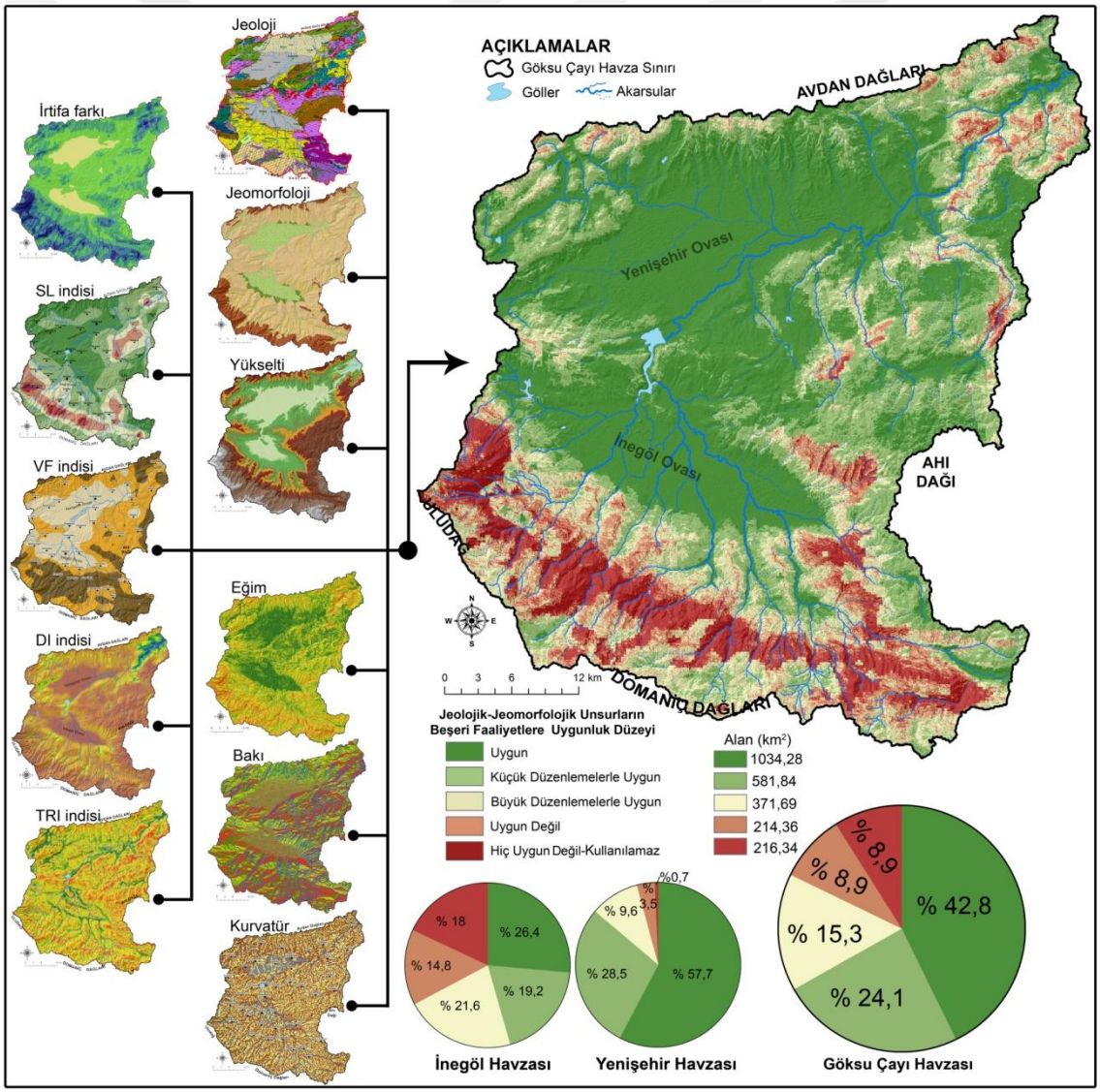
Havzada jeolojik koşullar açısından çeşitli maden yatakları ve taş ocakları bulunmaktadır. Göksucu, Eğerce, Mezit, Sülüklügöl, Hayriye, Gölcük, Akçapınar, Çayköy ve Saadet mahalleleri yakınlarında mermer, bakır, çinko, kurşun, demir, antimuan madenleri bulunmaktadır. Bu sahaların dışında havzanın doğu bölümünde Bilecik sınırları içerisinde 16 farklı lokasyonda taş ocakları bulunmaktadır. Maden ve taş ocaklarının ekonomik değeri havzanın sosyo-ekonomik yapısına katkı sağlamaktadır. Ancak, havzanın maden-taş ocaklarının geniş tarım arazilerine doğrudan ve dolaylı yoldan etkisi, bu alanlardaki alüvyal topraklarda inorganik kirletici miktarını arttırabilmektedir. Özellikle Şehitler-Karalar arasındaki maden sahasının atıklarının su kaynaklarına karışması ihtimali risklere yol açabilecektir. Havzanın doğu bölümünde yoğunlaşan mermer odaklı taş ocakları da çevresel sorunlara ve yakın sahalardaki tarım alanlarında etki etmektedir. Belirtilen taş ve maden ocaklarının çevresel deformasyonunun en aza indirilmesi, yakın sahasına ağaç dikimi yapılması, topografik yüzeye antropojenik müdahalenin en aza indirilmesi, drenaj akış yönünün değiştirilmemesi, rehabilite modellerinin oluşturulması ve denetlemelerin sıklıkla yapılaması alınacak önlemlerin başında yer almaktadır.

Göksu Çayı Havzası'nın jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri, arazi kullanımı/arazi örtüsü dağılışını da etkilemiştir. Bu veri aynı zamanda havzada mekanın kullanılabilme potansiyelini ya da bu potansiyelden ne kadar doğru ve planlı şekilde faydalanıldığını da göstermektedir. Dolayısıyla meydana gelmiş ya da gelebilecek sorunların dağılışı, geleceğe dönük oluşması muhtemel sorunlara karşı alınabilecek önlemler açısından havza yönetim modeline etki etmektedir. Havzanın alüvyonlardan oluşan ova alanlarının tarım arazisi olarak kullanıldığı ancak yerleşim ve sanayi alanlarının da bu jeomorfolojik unsur üzerinde bulunduğu görülmektedir. Yüksek kütlelerde orman ve çayır-mera alanları, plato sahasında ise bu kullanım türleri tarım alanları ile birlikte görülebilmektedir. Bu veriler havzanın arazi kullanım durumunun büyük ölçüde jeolojik jeomorfolojik koşullar kapsamında şekillendiğini göstermektedir. Ancak havzanın jeolojik-jeomorfolojik verilerinin belli parametreler üzerinden analizleri, beşeri faaliyetlerin hangi alanlar için uygun olabileceğini göstermektedir. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın jeolojik-jeomorfolojik kapsamda havza yönetimi için analizi yapılmıştır. Bu analiz, jeolojik ve jeomorfolojik koşulların beşeri faaliyetlerinin kullanıma uygunluğu açısından dağılış verilerini ortaya koymaktadır (Gregory, 1979: 130; Gupta, 1984: 245; Gupta ve Ahmad, 1999: 136; Adeli ve Khorshiddoust, 2011: 662; Cooper, 2011: 120; Youssef vd., 2015: 5618; Garcia vd., 2020: 2).

Göksu Çayı Havzası'nda jeolojik-jeomorfolojik unsurların beşeri faaliyetler açısından uygunluk düzeyi (jeo-uygunluk) 11 parametre üzerinden bulanık mantık yöntemi ile analiz edilmiştir. Havzanın, jeolojik-jeomorfolojik etki-uygunluğunun analizinde; jeoloji, jeomorfoloji,

yükselti, eğim, bakı, kurvatür dereceleri (yüzey eğriselliği), aşınım-parçalanma (topografik rölyef), SL indisi, VF indisi, DI indisi ve TRI indis verileri ana etki unsurları olarak kullanılmıştır (Şekil 103). Bu 11 ana unsura ait 69 alt kriter verisi jeomorfolojik koşullarının uygunluğuna etki açısından korele edilmiş, 0-1 arasında değer alarak sınıflandırılmış ve bulanık mantık yönteminde alt etki değerlerini meydana getirmiştir.

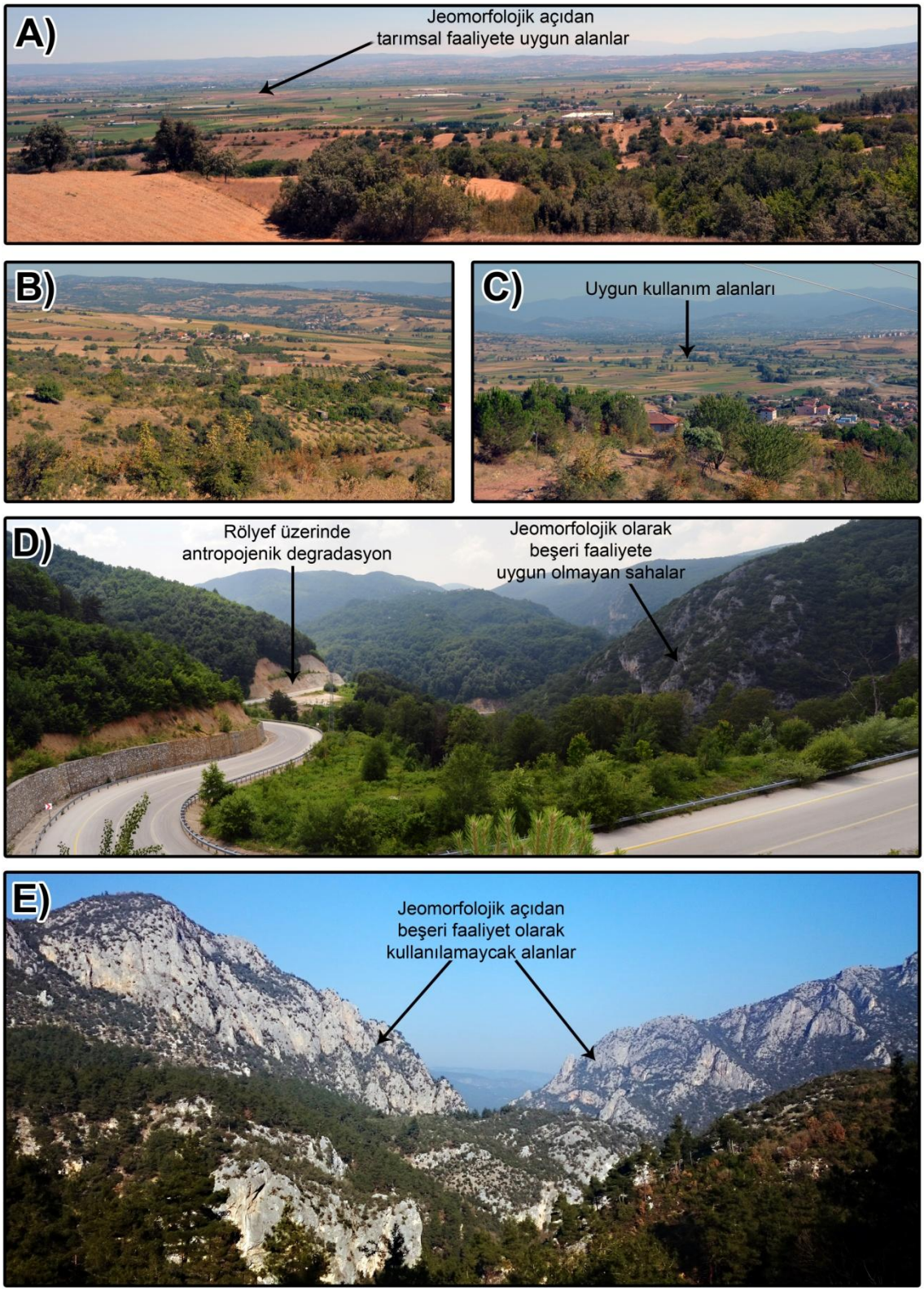
Jeolojik-jeomorfolojik etkenler kapsamında beşeri faaliyetler için uygun koşullar oluşturan alanlar havzanın % 42,8'de kaplamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın her iki ova tabanının tamamı ile diğer alüvyal düzlükler, vadi tabanları, Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki az eğimli plato sahası ve İnegöl-Yenişehir havzaları arasındaki eşik sahasındaki düzlükler jeolojik-jeomorfolojik koşullar ekseninde beşeri faaliyetlere uygun koşullar sağlayan alanların dağılışını oluşturur.



Şekil 103: Göksu Çayı Havzası'nın jeomorfolojik uygunluk (jeo-uygunluk) haritası

Jeolojik-jeomorfolojik uygunluk analiz verilerine göre küçük düzenleme ve antropojenik müdahalelerle yapılacak faaliyetler için uygun alanlar % 24,1'lik alan kaplamaktadır. Bu kategorideki uygun alanlar havzanın kuzey, güney ve doğusundaki plato alanlarında yoğunlaşmaktadır. Analizde büyük düzenleme ve değişikliklerin yapılması gereken alanların % 15,3'lük bir değerde olduğu görülmektedir. Büyük düzenlemelerle beşeri faaliyetlere uygun koşullar sağlayan alanlar plato sahalarındaki eğimli alanlarda yoğunlaşmıştır. Jeolojik-jeomorfolojik uygunluk analizleri sonucuna göre beşeri faaliyetler için uygun olmayan sahalar % 8,9'luk alan kaplamaktadır. Hiç uygun olmayan ya da jeomorfolojik olarak antropojenik açıdan kullanılması günümüz şartlarında mümkün olmayan alanlar % 8,9'luk sahaya tekabül eder. Dağılış açısından bu sahalar, havzanın güneyindeki plato sahalarından Uludağ ve Domaniç Dağları'na geçiş alanları ve zirvelerdeki eğimli, arızalı topografyanın olduğu alanlarda yoğunlaştığı anlaşılmaktadır.

Jeomorfolojik parametrelerinin havza yönetimi kapsamında beşeri faaliyetler açısından uygunluk düzeyi analizi, havzanın iki ana alt havzası olan Yenişehir ve İnegöl havzaları kapsamında incelendiğinde oldukça farklı oransal verilerin olduğu saptanmıştır. Jeo-uygunluk analizine göre İnegöl ve Yenişehir havzaları olarak Göksu Çayı Havzası incelendiğinde uygun koşulların Yenişehir Havzası'nda daha geniş alan kapladığı anlaşılmaktadır. Uygun alanlar Yenişehir Havzası'nın % 57,7'sini oluşturmakta iken İnegöl Havzası'nın % 26,4'ünü kaplamaktadır. Küçük düzenlemelerle jeomorfolojik olarak uygun alanlar İnegöl Havzası'nda % 19,2'lik alan kaplarken Yenişehir Havzası'nda % 28,5'lik sahayı oluşturur. Büyük düzenlemelerle uygun sahalar İnegöl Havzası'nda % 21,6'lık alan, Yenişehir Havzası'nda % 9,6'lık alan kaplar. Uygun olmayan alanlar ve hiç uygun olmayan-kullanılamaz sahalar İnegöl Havzası'nda % 14,8 ile % 18 iken Yenişehir Havzası'nda % 3,5 ile % 0,7'dir. Analiz sonucu ortaya çıkan kantitatif veriler ve dağılışı durumu havzanın kuzey kesiminde jeolojik-jeomorfolojik koşulların antropojenik faaliyetlerin kullanımına daha uygun olduğunu gösterir (Fotoğraf 38). Güney kesimde İnegöl Ovası'nın jeo-uygunluk açısından temel kullanım alanını oluşturduğu, daha güneyde ise jeomorfolojik şartlara mutlak suretle müdahale edilerek faaliyetlerin yapılabileceği tespit edilmiştir. Jeomorfolojik etki parametrelerinin beşeri kullanım açısından uygun olmadığı alanlar İnegöl Havzası'nda Yenişehir Havzası'na göre alansal olarak daha geniş yer kaplamaktadır. İnegöl Havzası'nda özellikle plato sahasından dağlık alanlara geçişteki kuzeybatı-güneydoğu doğrultusundaki fay hattından itibaren oluşan yüksek eğim, birim alandaki irtifa farkı gibi jeomorfolojik özellikler havza yönetiminde beşeri faaliyetler açısından uygun olmayan sahalardır.



Fotoğraf 38: Göksu Çayı Havzası'nda farklı jeo-uygunluk derecesine sahip alanlar A) Yenişehir Ovası, B) Havza ortası eşik sahası (Akbaşlar) C) İnegöl Ovası kuzeyi, D) Domaniç Dağları ve güneyindeki plato sahası E) Havza kuzeydoğusu Belenalan yakınları

Havzanın jeolojik-jeomorfolojik özellikleri ile jeo-uygunluk analizi verileri üzerinden havza yönteminde jeomorfolojik etki parametreleri modelinin arazi kullanımı/arazi örtüsü,

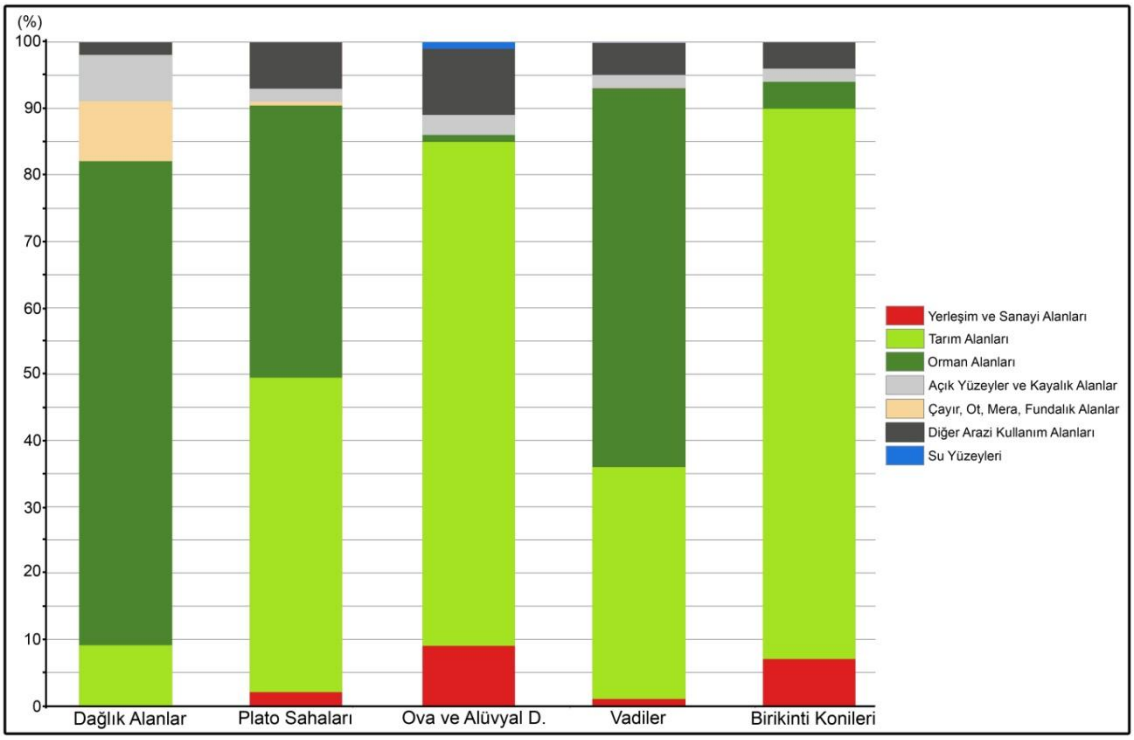
sıcaklık ve yağış dağılışına etkisi, muhtemel risk oluşumu, hidrografik unsurlara etkisi açısından planlama kapsamında değerlendirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Havzanın farklı parametreleri ile ortaya konan jeo-uygunluk dağılışı verileri havzanın günümüz ve gelecekteki antropojenik kullanım alanları için jeomorfolojik koşullar açısından uygun alanlarını detaylı şekilde ortaya koymuş ve yapılacak planlama ile diğer alt model verilerine etki kriteri olarak yansıtılmıştır.

Havzada, litolojik yapının çeşitlilik göstermesi, yükselti, eğim ve irtifa farkında değişkenler ve jeomorfolojik koşulların çeşitliliği antropojenik kullanımlara farklı olanaklar sağlarken aynı zamanda belli sınırlamalarda getirmektedir. Özellikle havza tabanlarını oluşturan İnegöl ve Yenişehir ovaları elverişli koşullar sunması ile yerleşim, tarım, ulaşım, sanayi faaliyetlerinin yoğunlaştığı alanları oluşturmuştur. Havzanın güneyindeki yüksek, engebeli dağlık alanlar ile doğu ve kuzeydeki belli alanlar ise beşeri kullanımının olamayacağı sahaları oluşturmuştur. Bu veriler havzanın elverişli olanaklar sunan tabanlarında (İnegöl, Yenişehir ovaları) antropojenik faaliyetlerinin yoğunlaşacağını ancak bu yoğunlaşmanın jeomorfolojik, hidrografik, toprak, flora, fauna ve ekosistemsel açıdan farklı sorunları beraberinde getirebileceğini de ortaya koymaktadır. Bu tür sorunların ortaya çıkmaması için uygun koşullar sunan alanlardaki beşeri faaliyetlerin doğal ortam koşullarının dinamik süreçlerini değiştirmeden sürdürülebilir şekilde planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bu durum havza yönetimi ve planlaması açısından jeolojik-jeomorfolojik birimlerin hangi amaçlarla kullanılması gerektiğini ortaya koyar.

Göksu Çayı Havzası'nda jeomorfolojik etki ve jeo-uygunluk analizleri sonucu yönetimsel açısından ovalar ve alüvyal düzlükler, vadiler, platolar, dağlık alanlar, engebeli yüzeyler, elamanter jeomorfolojik birimler gibi unsurların nasıl kullanılması gerektiğinin planlanması oldukça önemlidir. Ayrıca günümüzdeki jeomorfolojik unsurlar ile arazi kullanım ilişkisinin değerlendirmesi planlama açısından önemli veriler sunmaktadır (Şekil 104).

Jeomorfolojik birim-arazi kullanımı ilişkisi verilerine göre, dağlık alanların % 73'ü orman, % 9'u çayır-mera, % 9 tarım ve % 7'si açık yüzeylerle kaplıdır. Uludağ, Domaniç Dağları'nda kuşak halinde uzanan orman varlığı jeomorfolojik, klimatolojik açıdan uygun ve sürdürülebilir kullanıma örnektir. Bu dağlık alanlar ile Ahı Dağı ve Avdan Dağları'nın yüksek düzlüklerinde yaylacılık, hayvancılık faaliyetleri çayır-mera alanlarında yapılmaktadır. Havzada plato sahalarının % 47,5'i tarım, % 41'i orman, % 7'si diğer kullanım, % 2'si açık yüzeyler ve % 2'si yerleşim alanı ile kaplıdır. Havzanın büyük bölümünü oluşturan plato sahalarında eğimin az olduğu alanlar tarım amaçlı kullanılmaktadır. Ova ve alüvyal düzlük alanlarının % 76'sı tarım, % 10'u diğer kullanım, % 9'u yerleşim, % 3'ü açık yüzeyler olarak kullanılmaktadır. Havza yönetimi, toprak ve arazi kullanımı açısından verimli arazilerin olduğu ovaların tarım amaçlı kullanılması oldukça önemlidir. Havzanın iki ana tabanını oluşturan Yenişehir ve İnegöl

ovaları önemli tarım alanlarıdır. Ancak son yıllarda İnegöl Ovası yerleşim, sanayi ve diğer antropojenik faaliyetlerin baskısı altında bulunmaktadır. İnegöl ve Yenişehir ovalarına deşarj olan akarsuların meydana getirdiği flüvyal birikim alanlarından müteşekkil olan birikinti koni ve yelpazelerinin % 83'ü tarım arazileri ile kaplıdır. Bu sahaların % 7'si yerleşim, % 4'ü orman, % 4'ü diğer kullanım ve % 2'si açık yüzeylerden oluşur. Özellikle İnegöl Ovası güneyindeki sahaların büyük bölümünün eksi ya da aktif heyelan sahası olması bu alandaki antropojenik kullanım ve faaliyetlerin risk altında olduğunu göstermektedir. İsaören-Çitli arasındaki bölge jeolojik-jeomorfolojik açıdan riskin en yüksek olduğu alanların başında gelir. Havzada flüvyal aşındırmaya paralel olarak gelişen vadilerin % 57'si orman, % 35'i tarım alanıdır. Geniş tabanlı vadi özelliği sunan alçak alanlarda tarım, yüksek kesimlerdeki dar, derin vadiler özellikle boğazlar orman alanı ile kaplıdır.



Şekil 104: Göksu Çayı Havzası'nda jeomorfolojik birimler ile arazi kullanımı arasındaki ilişki

Havzada ana jeomorfolojik birimlerin arazi kullanımı ve beşeri faaliyetleri geçmişten günümüze yönlendirdiği görülmektedir. Fiziksel planlamada ana jeomorfolojik unsurlardan ova ve alüvyal düzlük alanlarındaki sanayi ve yerleşim baskının mutlak suretle azaltılması gereklidir. Bu bakımdan yeni yerleşim ve sanayi alanlarının plato sahalarına yönelmesi gerekir. Havza ortası eşik sahasında Çavuşköy-Hamzabey-Dönmez yerleşmeleri arası sanayi ve yerleşim alanları için oldukça uygundur. Birikinti koni ve yelpazelerin olduğu alanlardaki yerleşim yerleri mutlak suretle önlemler alınarak planlanmalı ve özellikle heyelan riskine karşı bu sahalar imara açılmamalıdır. Havzanın güneyi, kuzeydoğu ve doğusundaki engebeli alanlarda orman varlığı sürdürülmeli, bu alanlarda antropojenik müdahale olmamalıdır. Yüksek plato alanları

yayla ve hayvancılık faaliyeti için uygun kullanımlar sunmaktadır. Ana jeomorfoloji birimlerin dışında havzada yer alan Oylat mağarasının turizm amaçlı kullanımı oldukça doğru bir uygulamadır. Domaniç Dağları Sınırbel Tepe-Yanıklık Tepe arasında yoğunlaşan dolinlerin hayvancılık, ekoturizm ve dağ sporları olarak kullanılması doğanın dinamik sistemini bozmadan yapılacak uygulamalardandır. Koca Dere'de Kulaca-Hasanköy arası, Göksu Çayı'nda Boğazköy ve Köprühisar yerleşmeleri ile tarım arazilerinin kopuk menderes, menderes yeniği alanlarında bulunması yanlış arazi kullanımı örneğidir. Göksu Çayı taşkın koruma sınırının 150 metre olmasına rağmen bu alanların kullanılması, birçok alanda antropojenik müdahale ile kopuk mendereslerin meydana gelmesi ve tarım amaçlı kullanılması oldukça risklidir. Bu alanlarda jeomorfolojik koşulların göz ardı edilmesinin yanında hidrografik kökenli tehlikelerinde dikkate alınmadığı görülmektedir. Yapılacak planlamalarda belirtilen jeolojik-jeomorfolojik özellikler dikkate alınmalı ve jeo-uygunluk dağılışı diğer alt modellerle birlikte havzanın üst-alt ölçekli planlamalarında kullanılmalıdır.

5.1.1.2. Klimatolojik Etki Kapsamında Havza Yönetimi

Göksu Çayı Havzası, alansal olarak geniş bir yüzölçümüne sahiptir. Dolayısıyla cephe sistemlerinin ve farklı yükselti basamaklarının etkisine bağlı olarak havzanın iklim şartları da çeşitlenmektedir. Bu durum havzada sıcaklık ve yağış değerlerinin dağılış açısından değişikler göstermesine yol açan faktörlerin başında gelmektedir. Aynı zamanda belirtilen faktörler ve meydana gelen klimatik değişimler doğal ortam koşulları ile beşeri koşulları da etkilemektedir. Havzanın güneyi Uludağ ve Domaniç Dağları, doğusu ise Ahı Dağı gibi yüksek kütlelerden meydana geldiği için bu alanlarda sıcaklık ve yağış koşulları, doğal koşullar ile beşeri faaliyetlerin ova tabanı ve çevresine göre farklılaşmasına neden olmaktadır. Havzanın kuzeyinde ise Avdan Dağları 900 m den fazla yükseltiye geçmemektedir. Avdan Dağları ile Yenişehir Ovası ve çevresinde, havzanın güneyindeki yüksek kütlelerde oluşan iklim koşullarından nispeten daha farklı şartların olduğu gözlemlenir. Dolayısıyla klimatolojik koşulların havza yönetimine etkisi açısından değerlendirildiğinde Göksu Çayı Havzası'ndaki iki ova tabanı ve yakın çevresinde antropojenik faaliyetlerin yoğunlaşması ve gelecekte de bu alanda yoğunlaşmanın devam etmesi klimatolojik olarak da doğal bir süreçtir.

Sıcaklık ve yağış değerlerinin dağılışı havzanın su potansiyeli, bilançosu ve bunun drenaj ağına etkisinde de önemli rol oynamaktadır. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın güney kesiminde 1500 m seviyesi üstündeki dağlık kütleler, ova tabanlarına göre iki kat daha fazla yağış almaktadır. Bu alan aynı zamanda soğuk dönemlerde karın yerde kalma süresinin uzun olduğu, ilkbahar mevsimi ile meydana gelen buharlaşma sonucu eriyen karların havzanın su bilançosuna katıldığı alan olarak da bilinmektedir. Belirtilen durumlar havzanın güney kesiminden gelen akarsuların su miktarının, kuzeydeki sahaya göre çok fazla olduğunu gösterir.

Dolayısıyla havzanın muhtemel su bilançosuna, yüzey ve yer altı suyu olarak jeomorfolojik koşulların klimatolojik koşullarla birleşmesiyle birlikte bu alanda büyük katkı sağlamaktadır. Havzanın kuzeyi ise bakı şartlarından dolayı güneş ışınlarına daha fazla maruz kalması buharlaşmayı artırmakta ve daha az meteorik su ile beslenen akarsuların debi miktarlarının az olmasına neden olmaktadır. Belirtilen veriler havzanın kuzey ve güney kesimlerindeki farklılık arz eden klimatolojik etkenlerden dolayı muhtemel değişimlere, sorun ve tehlikelere sahne olabilme potansiyeli sunmaktadır. Günümüz şartlarında değerlendirildiğinde ova tabanları ve alçak plato sahalarındaki iklim koşulları (özellikle sıcaklık ve yağış koşulları) açısından yerleşim, tarım, çayır-mera alanları ve insan faaliyetleri için klimatolojik unsurların uygun koşullar sağladığı görülmektedir.

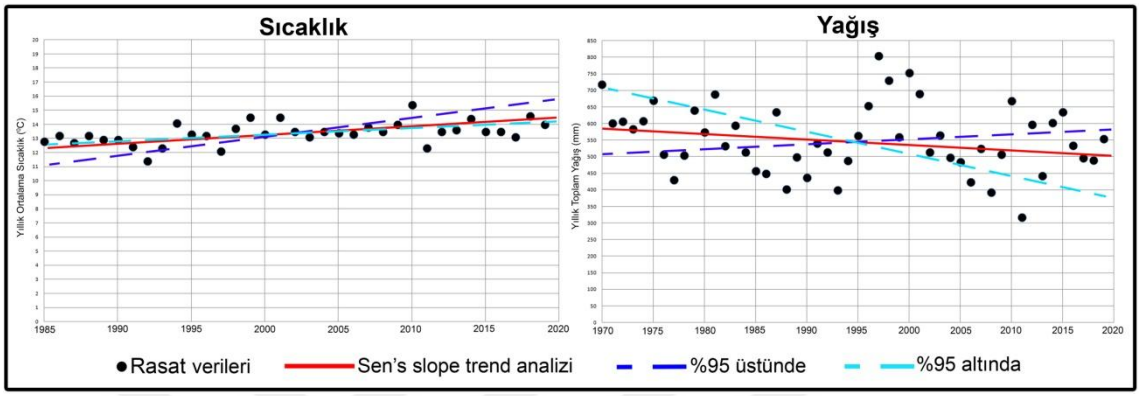
Havzada, uzun dönemli klimatik verilerden elde edilen bilgiler Marmara geçiş iklimi özelliği sunan nemli-ılıman iklim koşulların hakim olduğunu göstermektedir. Yapılan iklim tipi analizleri (Köppen-Geiger, De Martonne, Erinç ve Thornthwaite formülleri ile), sıcaklık-yağış dağılışı haritaları, havzanın sadece doğu-güneydoğu kesiminde karasallığa yakın şartların gözlemlendiğini, diğer alanlarda ılıman-nemli koşulların hakim olduğunu da göstermiştir.

Göksu Çayı Havzası'nda klimatolojik koşulların havza yönetim modeline etkisinin diğer boyutunu ekstrem koşulların ortaya çıkma potansiyeli oluşturmaktadır. Sıcaklık şartlarındaki ekstrem durumlar yaz aylarında aşırı sıcaklık ile muhtemel kuraklığı, kış mevsiminde ise don olayı ve karın yerde kalma süresinin uzun zaman almasına neden olabilmektedir. Yenişehir ve İnegöl meteoroloji istasyonları rasat verileri incelendiğinde temmuz-ağustosun en kurak dönem olduğu ve sıcaklık şartlarının belli yıllarda ekstrem boyutlara ulaştığı tespit edilmiştir. Kış sıcaklık değerlerinde en düşük sıcaklıklar açısından ocak ayının özellikle İnegöl çevresinde daha sert geçtiği anlaşılmaktadır. Yağış rejiminin düzensiz olduğu havzada, her iki meteoroloji istasyonu verilerinde de Temmuz ve Ağustos aylarının kurak geçtiği, Aralık ve Ocak aylarının en yağışlı dönem olduğu anlaşılmaktadır. Ancak Nisan-Mayıs ve Ekim-Kasım aylarındaki ekstrem yağış koşulların geçmiş dönemli etkileri havzada sel-taşkın riskinin büyük boyutlarda olabileceğini klimatolojik veriler açısından göstermektedir. Havzanın güneyindeki dağlık alanlarda biriken karların erimesi sonucu yağışlarla birlikte toplanan yüzeysel sular İnegöl ova tabanına doğru akışa geçmekte ve bu durum ani gelişmelerle geçmişte birçok defa afetlere yol açmıştır. Belirtilen durumla, değişen küresel iklim şartlarının ülkemizdeki cephe sistemleri ve yağış-sıcaklık kaymalarındaki değişimlerle birlikte etkisi düşünülürse ekstrem sıcaklıklar, ani ve zamansız sağanak yağışlar gibi şartlar Göksu Çayı Havzası'nda birçok hidrometeorolojik risk alanının oluşmasına neden olabilecektir. Bu alanları ise Yenişehir ve İnegöl ova tabanları oluşturur.

Havzada tarım faaliyetlerin sosyo-ekonomik yapının temeli oluşturması ve bu faaliyetlerin klimatik koşullardan etkilenmesi havza yönetimi açısından alınacak tedbirler kapsamında oldukça önemlidir. İnsan faaliyetleri özellikle de tarımı etkileyen donlu gün sayısına baktığımızda, yıllık toplam donlu gün sayısı İnegöl'de 52,3 iken Yenişehir'de 47,6'dır. Donlu gün sayısının Kasım-Mart ayları arasındaki periyotta olması havza tarım ürünlerinde nöbetleşe ekimi zorlaştıran faktörlerden biridir. Aynı zamanda havzada yapılan örtü altı yetiştiriciliği de (seracılık) donlu günlerden etkilenmektedir. Havza güneyi ve doğusunda donlu gün sayısı ve diğer klimatik koşulların daha sert olması sulu tarımın yerine kuru tarım faaliyetlerini yaygınlaştırmıştır. Havzadaki yağışlı, bulutlu ve sisli gün sayıları antropojenik açıdan elverişli koşullar sunmaktadır. Havzanın rüzgar hızı ve frekansı jeomorfolojik koşulların etkisindedir. Bu nedenle Yenişehir'de hakim rüzgar yönü D-B iken İnegöl'de BKB-DGD'dir. Bu durumun oluşmasında morfotektonik olarak şekillenen ova tabanlarının etkisi görülmektedir. Havzanın çerçevesini oluşturan yüksek kütlelerden dolayı rüzgar esme hızı ova tabanlarında risk boyutuna ulaşmamaktadır. Ancak tarımsal faaliyetlerde rüzgardan en az etkilenmek için tarım alanlarının KD-GB yönünde sürülmesi faydalı olacaktır.

Göksu Çayı Havzası'nın mevcut klimatolojik verilerinin yanında bu veriler üzerinden yapılacak olan geleceğe dönük modellemeler havzanın yönetimi açısından oldukça önemlidir. Dünya'da IPCC'ye ait analizler incelendiğinde son 100 yıl (1906-2010) boyunca sıcaklık artışının doğrusal olduğu tahminiyle küresel yüzey sıcaklıklarında ortalama 0,74°C ± 0.18°C artış olmuştur (Türkeş, 2012: 6). Son 50 yılda sıcaklık artışının hızı neredeyse son 100 yılda olan artışın iki katıdır (her on yılda 0.13°C ± 0.03°C - 0.07°C ± 0.02°C). Ayrıca yağış değerlerindeki azalmalar ve dağılış açısından sapmalarda oldukça dikkat çekici veriler sunmaktadır. Yapılan klimatolojik projeksiyonlarda sıcaklık ve yağış anomalilerinde değişikliklerin olacağı ve günümüz iklim koşullarının belli alanlarda değişeceği belirtilmektedir. Türkiye için yapılan RCP 4.5 senaryosuna göre sıcaklık ve yağış değerlerinin değişeceğini ortaya koymaktadır. Göksu Çayı Havzası çevresinde bu senaryoya göre 50-100 yıllık periyotta ısınmanın 2-3 derece arasında olacağı, yaz mevsiminde bu değerin 4 dereceye çıkabileceği, yağış şartlarında ise % 10-20 arasında azalma görüleceği tahmin edilmektedir (Akçakaya vd., 2015: 67). RCP 8.5 senaryosuna göre Göksu Çayı Havzası Çevresinde ortalama sıcaklıklarda 3-4 derece, yaz sıcaklıklarında 6 derecelik artışların olabileceği, yağış değerlerinde ise azalma oranı % 10-30 arasında değişirken, yaz yağışlarının Marmara Bölgesi'nde artacağı modelleme ile ortaya konmuştur (Akçakaya vd., 2015: 70). Belirtilen projeksiyonlar havzanın gelecekteki iklim şartlarında değişimler yaşanacağını ve dolayısıyla, hidrografik yapı, su bilançosu, tarım alanı, türü, hasat zamanı, çayır-mera alanları gibi birçok faktörü etkileyeceği öngörülmektedir.

Araştırma sahasında yer alan İnegöl ve Yenişehir meteoroloji istasyonlarının uzun süreli rasat verileri üzerinden yapılan analiz sonuçları klimatolojik verilerdeki değişimin boyutlarını ve etkilerini ortaya koyabilmektedir. Belirtilen meteoroloji rasat verilerinin ortalama değerleri yıl bazında alınmış ve bu değerler üzerinden doğrusal trend analizi, Mann-Kendall ve Sen's Slope trend analiz yöntemleri ile geleceğe dönük sıcaklık ve yağış tahmin verileri üretilmiştir.



Şekil 105: Göksu Çayı Havzası sıcaklık, yağış verilerinin Sen's Slope testi trend analizi grafiği

Havzadaki iki meteoroloji rasat verilerinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 13.38 ^{0}C'dir. Mann-Kendall trend analizinde 0,05 anlamlılık düzeyinde verilerin z değeri 1,64 üzerinde olduğu için H0 (trend yok): hipotezi reddedilir, sonucu ortaya çıkar ve sıcaklık verilerinde pozitif yönlü bir trendin olduğu saptanmıştır. Sen's slope trend analiz Q değeri ise 0,031 olarak hesaplanmıştır. Bu değerin maksimum % 95 olasılığı verisi 0,011 iken minimum % 95 olasılığı 0,055 olarak hesaplanmıştır (Şekil 105). Doğrusal sıcaklık trend analizi ise 0,2326 olarak tespit edilmiştir. Bütün değerlerin pozitif yönde olması havzanın uzun süreli meteorolojik verilerinden yapılan eğilim analizlerinde sıcaklığın artma trendinde olduğunu göstermiştir. Mann-Kendall ve Sen's Slope analizlerin ortalama verisi ile havzada sıcaklık değerinin yıllık 0,0048^{0}C artacağı, 100 yıllık projeksiyonda 0,48^{0}C'lik artış olacağı tespit edilmiştir. Bu veriye sera gazı salınımı, şehir ısı adası, nüfus artışı, arazi kullanımı değişimi ve bölgesel cephe sistemlerinin etkisi düşünüldüğünde havzada 50-100 yıllık projeksiyonda sıcaklığın 1,2^{0}C ± 2,3^{0}C arasında artış göstereceği tahmin edilmektedir. Aynı periyot tahmininde yaz sıcaklık ortalamalarının ise 2,4^{0}C ± 3,9^{0}C arasında artacağı modellenmiştir. Özellikle sıcaklık artışının havzanın İnegöl ve Yenişehir ova tabanları ile güney cepheli yamaçların ağırlıklı olduğu kuzey kesimde daha fazla artacağı düşünülmektedir.

Göksu Çayı Havzası'ndaki iki meteoroloji rasat verilerinin uzun dönemli yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 552,88 mm olarak tespit edilmiştir. Yağış verisi için Mann-Kendall trend analizinde 0,05 anlamlılık düzeyinde verilerin z değeri 1,64 üzerinde olduğu için H0: hipotezi reddedilir. Bu test üzerinden havzadaki yağış verilerinde azalan yönlü bir trendin

olduğu saptanmış ve değer -0,111 olarak hesaplanmıştır. Sen's slope trend analizinde de Q değeri rasat verilerinin altında azalan bir eğilim göstermekte olup -1,007'lik bir trend ortaya konmuştur (Şekil 105). Yağış verisinin doğrusal trend analizi azalma eğilimi göstermekte ve r^2 değeri 0,0325'dir. Elde edilen trend analizlerinde yapılan hesaplamalar ile yıllık yağış toplamında 0,613 mm azalma olacağı ve 100 yıl sonra yağış değerinin 61,3 mm azalacağı projeksiyonu ortaya çıkmıştır. Bu değerlerin özellikle buharlaşma miktarının yüksek olduğu ova tabanında olması rasat ölçüm alanlarının bu sahalarda yer alması ile alakalıdır. Bu nedenle muhtemelen yüksek çerçeveyi oluşturan alanlarda özellikle havzanın güneyindeki kuzeye bakan yamaçlarda azalma trendinin daha az olacağı düşünülmektedir.

Sıcaklık ve yağış verilerinin mevsimsel projeksiyonları incelendiğinde yaz sıcaklıklarının artacağı, kuraklığı etkileyeceği ancak Mayıs dönemindeki yağışın Haziran ve Temmuz aylarına kayacağı modellenmiştir. Bu durum özellikle bu aylardaki sağanak yağışların sel-taşkın hadiselerine yol açabileceğini düşündürmektedir. Kış sıcaklık değerlerindeki kaymanın muhtemel olduğu ve ekstrem değerlerin Ocak-Şubat ayında olacağı modellenmiştir. Belirtilen veriler, havzadaki tarım faaliyetlerini en çok etkileyebilecek aynı zamanda diğer insan faaliyetlerinde de değişimler olabilecektir.

Havza yönetim-planlama modeline klimatolojik veriler, insan faaliyetleri için optimal sıcaklık-yağış koşulların olduğu sahaların dağılışı, arazi kullanımı/arazi örtüsü, yüzeysel akışa geçen su varlığına meteorik açıdan etkisi, ekstrem koşulların oluşturabileceği risklerin dağılış boyutları ile geleceğe dönük iklim değişimleri ile etki etmektedir. Bu bakımdan havzanın genel sıcaklık artış eğilimine paralel olarak gelecekteki tarım ürünleri deseni değişebilecek ve bu durum sosyo-ekonomik yapıyı etkileyecektir. Bu nedenle havzanın kuzey kesimlerinde seracılık faaliyetlerin yaygınlaşması, güneyde ise sanayinin yoğunluğunun artacağı düşünülmektedir. Yağış trend analizi ve diğer klimatik veriler katostorofik hadiselerinin gelişimini tetikleyecektir. Aynı zamanda meydana gelecek kuraklık artışı havzanın kuzeyindeki sulu tarım arazilerinde ürün değişimine yol açabilecektir. Bu durumun önlenmesi için yapılan gölet çalışmaları havza yönetimi açısından önemli uygulamalardır. Bunun yanında havzanın kuzey bölümü başta olmak üzere belli alanlara gölet yapımı devam ettirilmeli, kaçak kuyu kullanımı denetlenmelidir. Aynı zamanda yazın artan güneşlenme süresi ile birlikte havzadaki kırsal yerleşmelere güneş paneli yapım desteği verilmeli böylece enerji tasarrufu sağlanarak sıcaklık artışının etkisinden olumlu şekilde faydalanabilinmelidir.

5.1.1.3. Hidrografik Etki Kapsamında Havza Yönetimi

Havzaların sınırlarının temel yapısını belirleyen hidrografik koşullar aynı zamanda doğal süreçler ile beşeri faaliyetlerle de yoğun bir etkileşim içerisinde bulunmaktadır (Wang

vd., 2006: 704; Garipağaoğlu vd., 2015: 74). Hidrografik koşullar havza analizleri, yönetimi ve planlaması için temel alınan doğal unsurların başında gelmektedir. Dolayısıyla havzaların hidrografik çeşitliliği, yoğunluğu, miktarı ve dağılışı farklı analizlerle incelenerek geleceğe dönük yönetim ve planlama çalışmaları bu kapsamda yapılmaktadır. Göksu Çayı Havzası da hidrografik açıdan çeşitli unsurları, farklı drenaj tipleri, akarsu uzunluğu, akış hızı, morfometrik özellikleri, farklılıklar arz eden alt havzaları ve yeraltı suyu varlığını barındırmaktadır.

Havzadaki akarsu yoğunluğu ve akış hızı enerjisi, topografik koşulların etkisi ile Yenişehir Havzası'na göre İnegöl Havzası'nda daha yoğundur. Ayrıca buradaki granit topografyası yüzeysel akışa geçen su miktarı ve yoğunluğunu arttırmaktadır. İnegöl ve Yenişehir ova tabanları ile havzanın kuzeyindeki hafif eğimli plato sahasının geçirimli hidrojeolojik yapısı nedeniyle, yüzeysel akış, toprak nemliliği gibi unsurlarda değişmektedir. Ova tabanlarında tek kanaldan akışa geçen akarsu varlığı ile yer altı suyunun ova tabanlarındaki etkisi bu sahadaki tarımsal verimliliği arttırmakta ve arazi kullanımının dağılışını etkilemektedir. Belirtilen durumlar Göksu Çayı Havzası'nda hidrografik koşulların beşeri faaliyetleri etkilediğini göstermektedir.

Hidrografik özellikler açısından yağış-akış durumu, akış eksiği, akarsu akım verileri ve bu değerlerin geleceğe dönük projeksiyonları havzaların planlamasında oldukça önemlidir. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın AGİ verileri, su potansiyeli, ağırlıklı yağış-akış verileri analizlere tabi tutulmuş, alt havza kapsamında değerler hesaplanmış, eğilimler belirlenmiş ve 25, 50, 100 yıllık senaryolar ortaya konmuştur.

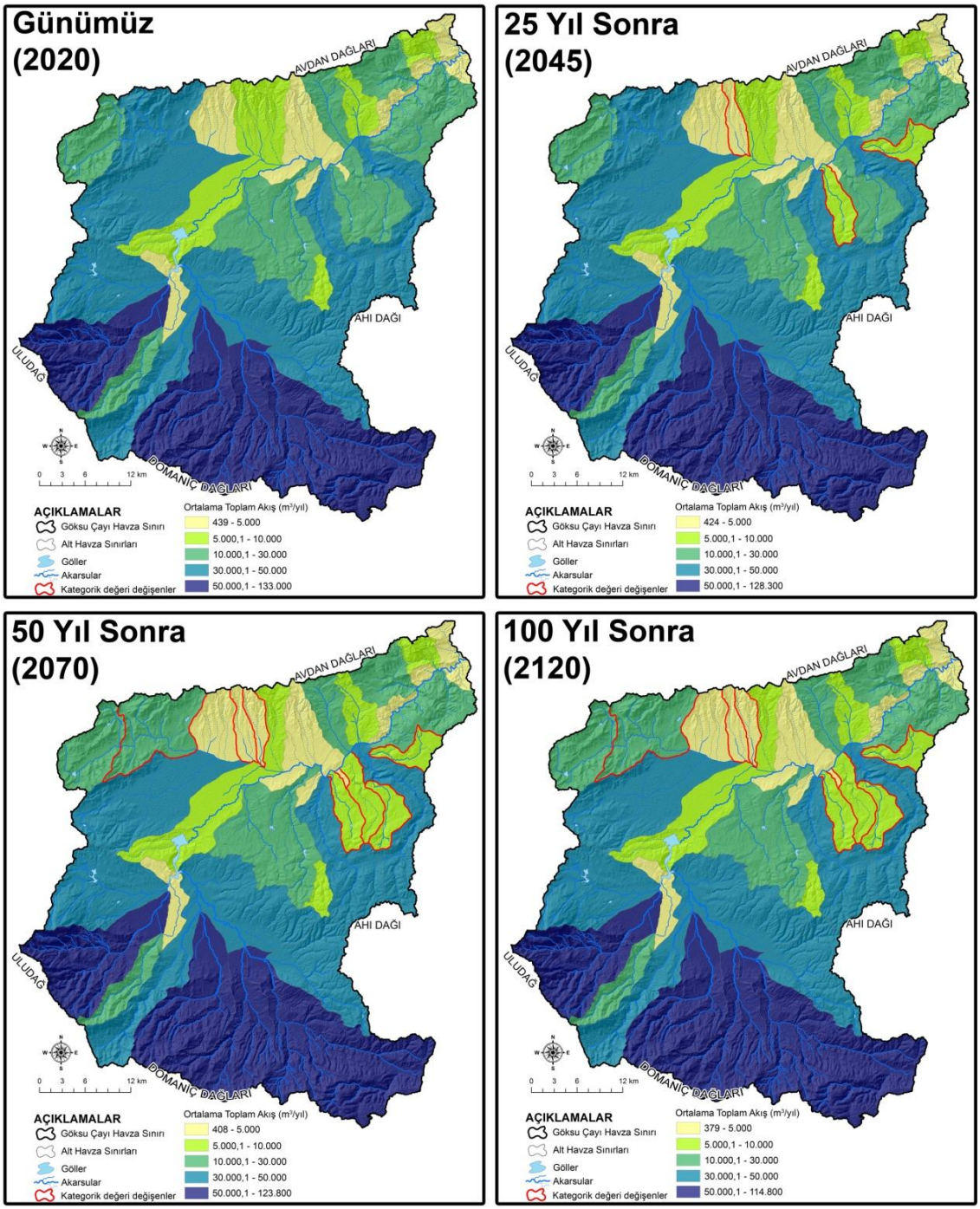
Göksu Çayı Havzası'nın ağırlıklı yağış-akış analizi ile yapılan hesaplama sonucu 2020 yılı toplam akış verisi 983.916.990 m^3'tür. Bu değerden sızma, buharlaşma ve kullanma verileri çıkarıldığında havzanın kullanılabilir su potansiyeli 666.560.140 m^3 olarak hesaplanmıştır (Tablo 41). Belirtilen değer meteorik su kaynağının belli koşullar altında akışa dönüşme durumudur. Bu veri nüfus artış miktarı, sızma potansiyeli, su kullanım ve buharlaşma miktarlarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle havzanın klimatolojik verilerinden elde edilen trend analizleri sonucu sıcaklık ve yağış değişim değerleri 25, 50 ve 100 yıllık periyotlar halinde incelenmiştir. Bunun sonucunda havzanın Thronthwaite yöntemine göre her periyoda ait yağış-akış değeri hesaplanmıştır. Bu değere aynı zamanda havzadaki yıllık bazda nüfus artış hızı verisi eklenmiştir. Yapılan analizler ile Göksu Çayı Havzası'nda 2020 yılına göre akım ve akış değişimlerinde 25 yıl sonra % 3,34 oranında, 50 yıl sonra % 6,76 oranında ve 100 yıl sonra % 13,53 oranında azalma yaşanacağı hesaplanmıştır (Tablo 41). Bu oransal değerlerin 100 yıl sonra havza akımında değişim oluşturacağı ve toplam akım miktarının 850.771.980 m^3'e düşeceği saptanmıştır. Göksu Çayı Havzası'nın kullanılabilir su potansiyeli değeri ise 100 yıl sonra 576.514.779 m^3 olarak hesaplanmıştır. Ağırlıklı yağış-akış verisi üzerinden yapılan

analizle havzanın 2020 yılı ortalama akışı 403,52 m^3 iken bu değer 100 yıl sonra 348,82 m^3 olacaktır. Bütün veriler havzada değişen iklimsel şartlar ile beşeri kaynaklı kullanımlar sonucu su bilançosunun büyük değişimlere uğrayacağı ve bunun havzadaki risk, tehlike, arazi kullanımı, değişimi ya da su kullanım miktarında kısıtlamalar gibi muhtemel senaryolar oluşturacağını göstermektedir.

Tablo 41: Göksu Çayı Havzası'nın geleceğe dönük akış, akım ve su potansiyeli tahminleri

Veri Türleri	Günümüz (2020)	25 Yıl Sonra (2045)	50 Yıl Sonra (2070)	100 Yıl Sonra (2120)
Göksu Çayı Havzası ortalama akış	403,51	389,79	376,16	348,82
Göksu Çayı Havzası toplam akım	983.916.990	950.967.810	917.454.240	850.771.980
Göksu Çayı Havzası su potansiyeli	666.560.140	644.260.330	621.904.570	576.514.770
Bir önceki döneme göre değişim (%)	-	-3,3	-3,5	-7,26
2020 yılına göre değişim oranı	-	-3,34	-6,76	-13,53

Göksu Çayı Havzası'nın 25, 50 ve 100 yıllık projeksiyonlarına göre hesaplanan akış ve toplam akım verileri 53 alt havza kapsamında incelendiğinde, havzanın güney kesimindeki alanda yüksek dağlık kütleden kaynaklarını alan akarsu havzalarında değişim boyutlarının, risk düzeyinin oldukça az olduğu ve kullanılabilir su potansiyelinde bütçe açığı olamayacağı tahmin edilmektedir (Şekil 106). Ancak kategorik sınıflandırma ile oluşturulan değişim haritaları incelendiğinde 100 yıl sonra Göksu Çayı Havzası'nın kuzey kesiminde yer alan 7 havzanın (Bahçecik Dere, Gürlek Dere, Yol Dere, Gümbüztek Dere, Kayapınarı Dere, Aydere, Musluk Dere havzaları) bir alt kategoriye geçeceği ve bu durumun su eksikliğine yol açabileceği ortaya çıkmaktadır (Tablo 42). Havzadaki 25 yıllık projeksiyonda büyük değişimin olamayacağı, muhtemel değişimin 50-100 yıl sonraki dönemde gerçekleşeceği anlaşılmaktadır. Durumun bu şekilde oluşmasında havzanın nüfus verileri ve artış hızları değerlendirildiğinde 50 yıl sonra havzanın toplam nüfusunun 599.604 ile 686.975 kişi arasında değişeceği, dolayısıyla kullanılan su miktarından dolayı bu durumun alt havzalardaki akıma yansıyacağı ortaya çıkmaktadır. Havzanın meteorik su eğilimindeki negatif yönlü azalma ile nüfusundaki pozitif yönlü artış eğilimi incelendiğinde 2070 yılından sonra Göksu Çayı Havzası'nın özellikle ova tabanlarında su sarfiyatını karşılamada güçlükler yaşanabileceği öngörülebilmektedir. Ayrıca havzada akış verisinin düşeceği alt havzaların Yenişehir kuzeyindeki sahada olması, bu alt havzalardaki tarımsal sulama sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilecektir. Günümüzde konsekant akarsular ve Boğazköy barajı ile pompalama tesisleri ile sulanan sahadaki sulama sıkıntısının yakın gelecekte Göksu Çayı'nın güney kesiminde de görüleceği öngörülmektedir.

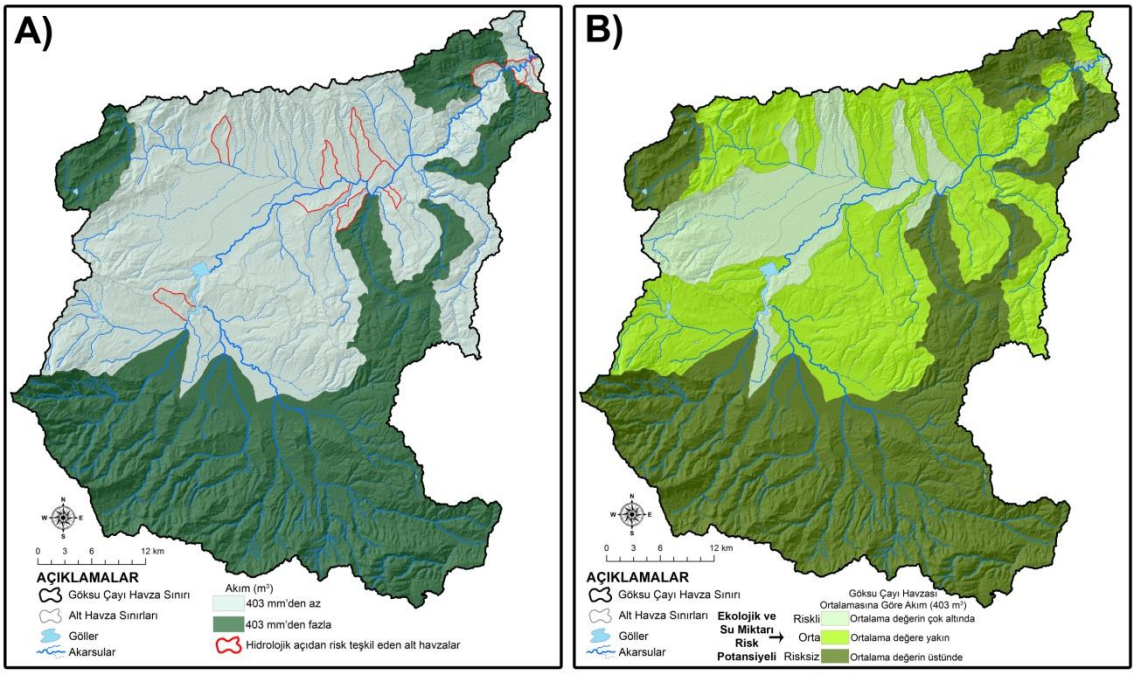


Şekil 106: Göksu Çayı Havzası, alt havzalarının ağırlıklı akış dağılışı ile üretilmiş 25, 50 ve 100 yıllık ortalama toplam akış tahminleri

Tablo 42: Alt havzaların 25, 50 ve 100 yıllık projeksiyonlarına ait ortalama akış ve akımları

Havza Adı	Günümüz (2020)		25 Yıl Sonra (2045)		50 Yıl Sonra (2070)		100 Yıl Sonra (2120)	
	Akış (mm/yıl)	Akım (m^3/yıl)	Akış (mm/yıl)	Akım (m^3/yıl)	Akış (mm/yıl)	Akım (m^3/yıl))	Akış (mm/yıl)	Akım (m^3/yıl)
Kocadere Havzası	308,77	44837,82	298,29	43315,28	287,83	41797,23	266,93	38762,46
Aydoğdu Dere H.	308,18	11641,11	297,71	11245,56	287,29	10851,97	266,44	10064,59
Karakuş Dere Havzası	280,52	8717,92	270,99	8421,87	261,49	8126,48	242,52	7537,05
Deliçay Dere Havzası	292,63	4647,55	282,69	4489,70	272,79	4332,43	253,00	4018,12
Karaçam Dere H. (Y)	238,29	3085,81	230,21	2981,08	222,12	2876,34	206,03	2667,97
Kabafındaık Dere H.	232,38	2637,31	224,49	2547,75	216,61	2458,26	200,93	2280,34
Sağlam Dere Havzası	330,34	4749,46	319,12	4588,17	307,95	4427,49	285,58	4105,88
Ciftlik Dere Havzası	448,08	8163,69	432,85	7886,26	417,73	7610,77	387,34	7057,03
Karapınar Dere H.	358,88	1558,36	346,69	1505,41	334,57	1452,80	310,26	1347,25
Borucak-Koca Dere H.	449,28	15465,86	434,01	14940,18	418,85	14418,47	388,38	13369,59
Eşikdibi Dere Havzası	274,76	8489,52	265,43	8201,34	256,12	7913,71	237,54	7339,63
Gürlek Dere Havzası	291,22	5247,52	281,33	5069,26	271,48	4891,71	251,79	4536,91
Yol Dere Havzası	253,78	5018,10	245,16	4847,79	236,56	4677,59	219,41	4338,50
Kocadere Havzası (Y)	255,39	4802,75	246,72	4639,75	238,06	4476,84	220,80	4152,28
Mezarlık Dere Havzası	274,80	4850,47	265,47	4685,77	256,16	4521,39	237,58	4193,52
Kocakızıl Dere H.	239,92	1679,26	231,77	1622,22	223,64	1565,27	207,45	1451,96
Aşağı Dere Havzası	419,98	18069,18	405,70	17454,87	391,53	16845,16	363,07	15620,64
Kayapınarı Dere H.	371,21	10656,35	358,60	10294,31	346,07	9934,60	320,92	9212,56
Gümbüztek Dere H.	379,23	10048,94	366,34	9707,50	353,55	9368,37	327,85	8687,46
Girdap Dere Havzası	458,23	45863,02	442,64	44302,88	427,19	42755,62	396,13	39647,40
Incirli-Değirmendere	398,18	35481,66	384,65	34275,71	371,21	33078,40	344,23	30674,01
Kovanlık Dere Havzası	393,61	27065,81	380,24	26145,90	366,95	25232,42	340,28	23398,49
Karagölet Dere havzası	260,40	1799,80	251,55	1738,63	242,73	1677,69	225,15	1556,19
Karataş Dere H.	516,69	7420,98	499,12	7168,60	481,69	6918,29	446,64	6414,87
Kavaklı Dere Havzası	324,82	22655,58	313,78	21885,61	302,80	21120,10	280,83	19587,34
Bahçecik Dere Havzası	356,86	31921,93	344,74	30837,24	332,68	29758,58	308,51	27596,69
Bedre Dere Havzası	510,12	42402,43	492,77	40960,53	475,55	39529,21	440,96	36654,28
Kara Dere Havzası	402,04	45394,45	388,37	43851,23	374,80	42318,37	347,56	39243,58
Dimbaz-Marmaracık	263,31	40736,44	254,38	39354,53	245,44	37972,61	227,63	35217,35
Koyanlık Dere Havzası	404,53	25570,04	390,78	24700,93	377,14	23838,31	349,72	22105,36
Dedeler Dere Havzası	316,38	8438,48	305,64	8151,87	294,94	7866,55	273,52	7295,40
Kalburt-Cerrah Dere H.	530,01	77541,25	511,99	74904,75	494,10	72287,12	458,16	67028,89
Akçasu Dere Havzası	462,55	64106,53	446,82	61926,55	431,21	59762,27	399,86	55417,38
Bayramdede Dere H.	293,42	2362,99	283,45	2282,70	273,53	2202,79	253,69	2043,02
Çandır-Oylat Dere H.	534,15	68249,45	515,97	65927,78	497,95	63624,92	461,74	58997,58
Aksu Dere Havzası	521,52	132789,13	503,77	128270,73	486,18	123790,96	450,82	114788,92
Büyükazmak Dere H.	173,62	7078,81	167,75	6839,45	161,80	6597,16	150,09	6119,63
Çayköy Dere Havzası	504,78	47627,85	487,61	46007,88	470,58	44400,94	436,35	41170,76
Bıçkı Dere Havzası	536,08	20448,86	517,84	19753,35	499,76	19063,46	463,40	17676,62
Leblebi Dere Havzası	252,09	563,84	243,53	544,69	234,98	525,58	217,96	487,49
Musluk Dere Havzası	416,78	10156,26	402,62	9811,21	388,56	9468,58	360,30	8779,84
Coklum-Aydere H.	411,18	10495,56	397,21	10138,99	383,34	9784,99	355,46	9073,27
İ-1 Havzası	218,82	1474,17	211,40	1424,15	203,96	1374,05	189,20	1274,60
İ-2 Havzası	171,33	1185,05	165,54	1144,98	159,67	1104,41	148,11	1024,47
İ-3 Havzası	275,09	525,64	265,74	507,77	256,43	489,98	237,86	454,49
İ-4 Havzası	370,36	11962,16	357,77	11555,63	345,27	11151,86	320,18	10341,61
İ-5 Havzası	210,69	2189,88	203,54	2115,60	196,38	2041,12	182,16	1893,39
İ-6 Havzası	245,78	5834,38	237,43	5636,28	229,10	5438,40	212,50	5044,47
İ-7 Havzası	315,16	2026,23	304,45	1957,39	293,80	1888,90	272,48	1751,80
İ-8 Havzası	307,51	4006,18	297,06	3870,10	286,66	3734,62	265,86	3463,58
İ-9 Havzası	179,11	3196,87	173,06	3088,74	166,93	2979,42	154,84	2763,71
İ-10 Havzası	322,16	689,99	311,22	666,55	300,33	643,22	278,53	596,53
İ-11 Havzası	241,60	439,47	233,40	424,55	225,21	409,64	208,89	379,97

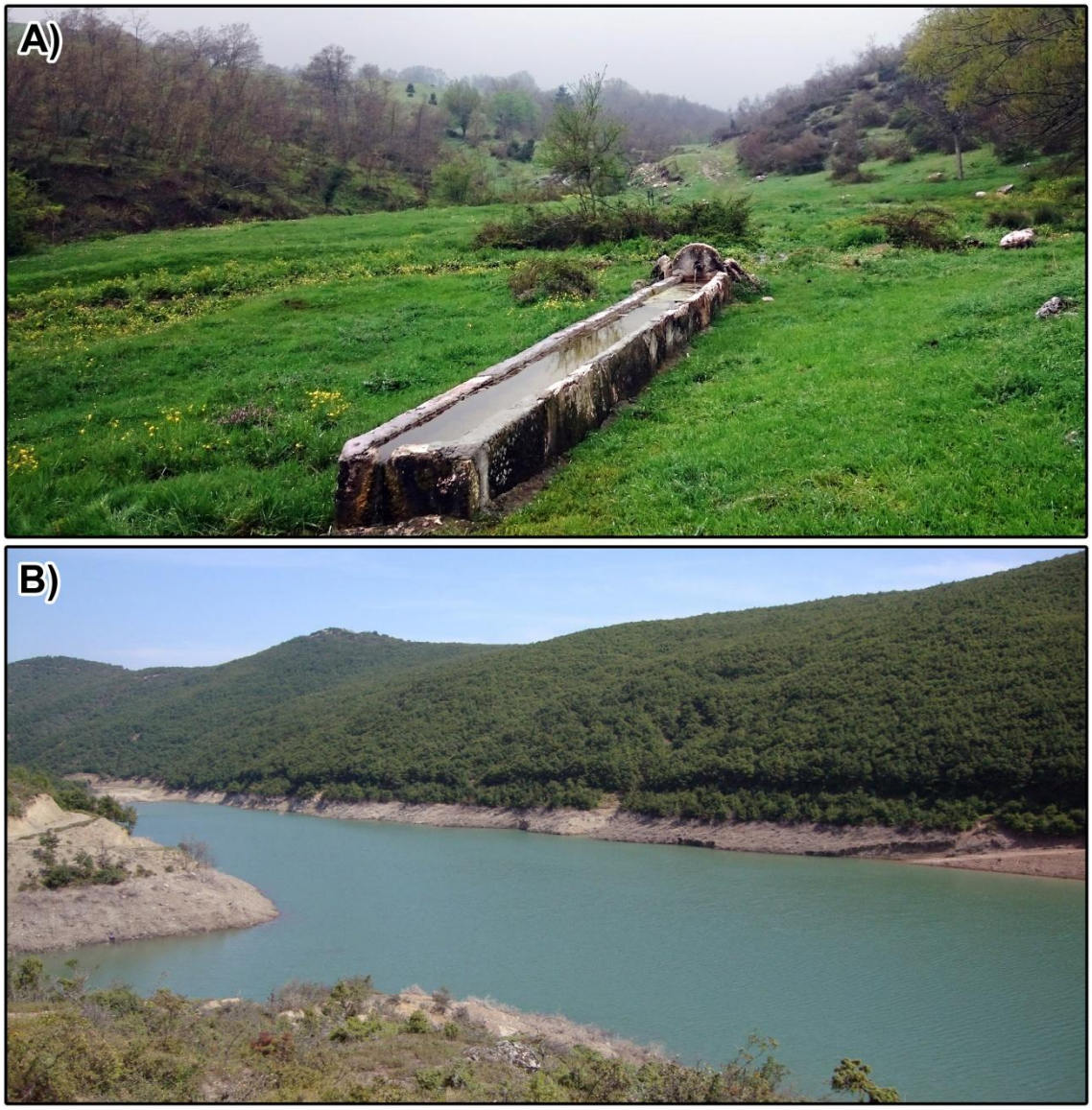
Havzalardaki su bütçesi açığı ve arzın karşılanmasındaki sorunlarda Montana yöntemine göre yıllık ortalama akımın % 20-40 arasındaki değişim azalmalarından etkileneceği ve sorunlar oluşabileceği bilinmektedir (Tennant, 1976: 6; Orth ve Maughan, 1981: 63; Jowett, 1997: 116; Karataş, 2017: 167). Bu kapsamda Göksu Çayı Havzası'nın toplam akım değerinin (983.916.990 m^3) ortalama olarak % 30 azalma eğilimi temel alınmış ve 295.175.097 m^3 akım verisi hesaplanmıştır. Bu değerin alan kapsamındaki karşılığı 121.271 m^3/km^2 olarak tespit edilmiştir. Belirtilen değerin yağış-akış dağılım verisi 2952,2 $m^3/yıl/km^2$ olarak hesaplanmış ve bu değerin altındaki değere sahip havzalarda doğal ortam koşulları ve su bütçesi olarak sorunların meydana gelebileceği öngörülmüştür. Alt havza bazlı yapılan analizde 100 yıl sonra 15 havzanın ekolojik koşullar ve su varlığı ilişkisi açısından riskler barındıracağı anlaşılmaktadır.



Şekil 107: A) Göksu Çayı Havzası'nda hidrografik değişim riski altında olan alt havzalar B) Göksu Çayı Havzası alt havzalarında ekolojik ve su miktarı risk potansiyeli

Göksu Çayı Havzası'nda akış ve akım verilerinin alt havza kapsamında ortalama değerin üzerinde ve altında olması hem günümüz hem gelecek açısından su bütçesi ve hidrografik durumun havza yönetimine etkisi açısından oldukça önemlidir (Jowett, 1997: 117). Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın güney kesimindeki alt havzalarda yağış, sıcaklık, hidrojeolojik yapı ve jeomorfolojik özellikler açısından ortalama akış değerlerinin üzerinde verilerin olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 107). Havzada günümüz ve gelecekteki değerlerde 16 alt havzanın Göksu Çayı Havzası ortalama akış değerinin üzerinde değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca havzanın kuzeyindeki Borucak Dere, Çiftlik Dere gibi alt havzalarda Avdan Dağları'nın etkisi ile değerlerin yüksek olduğu dikkati çeker. Bu verilerden alt havzalar kapsamında % 30'luk bir kısmın su fazlası verdiği, % 42'sinde ise ortalama değere yakın

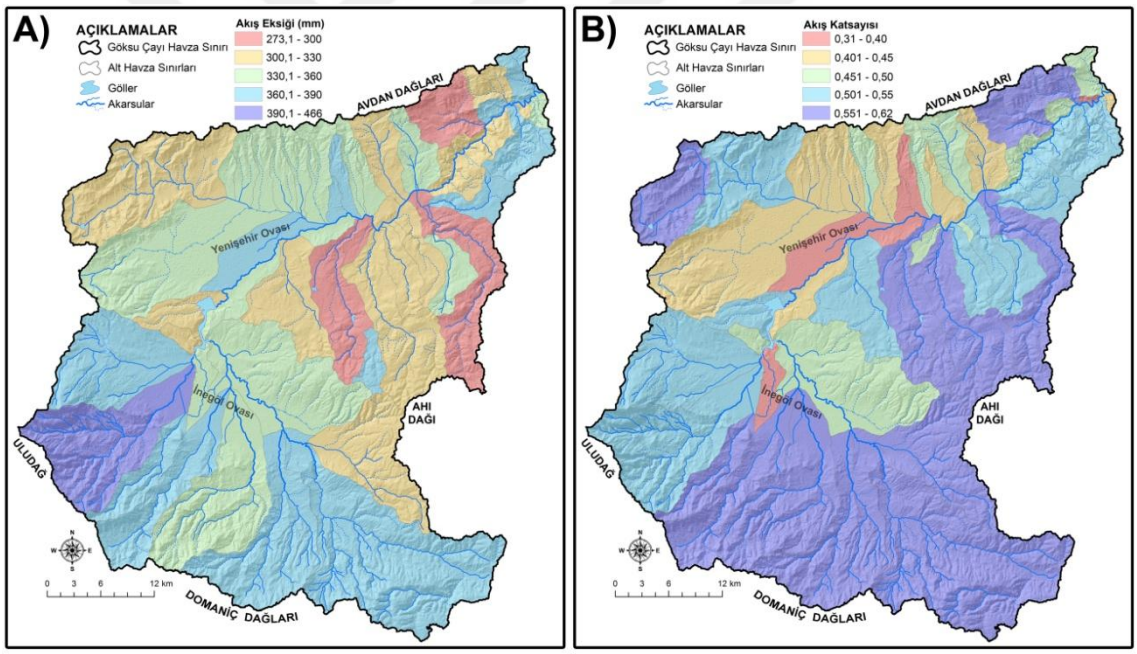
olduğu ancak % 28'inde risk teşkil eden hidrografik verilerin olduğu anlaşılmaktadır. Ancak durumun alansal dağılışı incelendiğinde Göksu Çayı Havzası'nın güneyindeki akarsuların akaçlama alanının daha geniş olduğu, risk teşkil eden alt havzaların doğu ve kuzey bölümündeki daha dar alanlı havzalar olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 107). Belirtilen havzalardaki su sarfiyatı, katastorofik risklerin yönetim ve planlamasında akım verilerine dikkat edilmesi gerekmektedir.



Fotoğraf 39: Havzanın hidrografik kaynakları ve farklı amaçlarla kullanımı, A) Ayvacık batısı Künceğiz civarı su kaynağının kullanımı B) Bahçecik Dere üzerindeki Yeniköy Göleti

Göksu Çayı Havzası'nın ağırlıklı yağış-akış verisi ve Cokriging yöntemi ile üretilen yağış dağılışı verilerinin hesaplanmasıyla ortaya konan akış eksiği (P-Q) ve akış katsayısı (Q/P) değerleri alt havza kapsamında incelendiğinde; yağışın akışı karşılama oranı, sızma, akarsular üzerindeki antropojenik baskı, zemin geçirimlilik durumunun etkisi daha belirgin şekilde anlaşılmaktadır. Alt havzalardaki ortalama yağış verisi ile ortalama akış verisinin farkını açıklayan akış eksiği (Hoşgören, 2010: 58) değerleri dağılışı Cerrah-Kalburt Dere havzasının en

yüksek akış eksiğine sahip olduğunu göstermektedir. Uludağ ve Domaniç Dağları'ndan kaynakları alan ve İnegöl Ovası'na deşarj olarak Göksu Çayı'nda birleşen alt havzalarda da akış eksiği değerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 108). Bu durumun nedeni ova tabanında sızma miktarının artması, ovadaki su kullanımı, arazi kullanımının bu kesimdeki antropojenik boyutu ve yüksek alandaki yağış verisinin akış verisini belirtilen nedenlerle karşılayamaması oluşturur. En az akış eksiği olan alt havzaları Kovanlık Dere, İncirli-Değirmendere ve Aşağı Dere havzaları oluşturur. Özellikle ova tabanlarına deşarj olmayan, konsekant akarsu özelliği ile Göksu Çayı'na bağlanan bu havzalarda akış eksiğinin düşük olmasının nedeni, sızma potansiyelinin az olması, antropojenik etkiden uzak olması ve havzadaki diğer yüksek sahalardan kaynaklarını alması etkili olmuştur. Göksu Çayı Havzası'nın kuzey kesiminde güneye göre akış eksiğinin daha az olmasının temel nedenini, drenaj tipi, sızma miktarını arttıran ova tabanında tek kanal ağının olmaması ve antropojenik etkinin daha az olması oluşturur. Dolayısıyla arazi kullanımı açısından havzanın kuzey kesiminde sulu tarımın yaygın olması aslında akış eksiği verisinde de kantitatif olarak ortaya konmuştur.



Şekil 108: Göksu Çayı Havzası alt havzalarında A) akış eksiği ve B) akış katsayısı dağılışı

Alt havzaların ortalama akış değerinin ortalama yağış miktarına bölünmesi ile hesaplanan akış katsayısı verisi, yağışların akarsuları ne kadar beslediği ve suyun ne kadarının kaybolduğunu ortaya koyar (Hoşgören, 2010: 57). Elde edilen verilere göre Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı ve Avdan Dağları'ndan kaynaklarını alan akarsularının oluşturduğu alt havzalarda yağışların akarsuları daha yüksek düzeyde beslediği görülmektedir. Belirtilen alt havzalarda yağış % 50 üzerinde akışı beslemektedir. Ancak havzanın kuzeyindeki hafif eğimli plato sahası ve ova tabanındaki antropojenik müdahaleye uğramış küçük akarsu havzalarında

(Büyükazmak Dere örneğindeki gibi) en düşük kat sayı değeri görülmektedir. En düşük katsayı değerine sahip alt havzalarda yağış % 30-45 arasında akışı beslemektedir.

Alt havza kapsamındaki akış eksiği ve akış katsayısı verileri İnegöl Ovası'na drene olan akarsuların yüksek oranda alüvyal sahada sızmaya uğradığını ve su kullanımına maruz kaldığını göstermektedir. Aynı zamanda havzanın kuzeyindeki Yenişehir Ovası'nda daha düşük miktarda akışlarla beslenmenin olduğu ancak konsekant akarsuların ova tabanına uğramaması ve sızma miktarının daha az olması nedeniyle yağış-akış ilişkisindeki kaybolan su miktarının daha düşük değerlerde görüldüğü saptanmıştır. Bu veriler havza yönetimi açısından Yenişehir Ovası'ndaki sulu tarım faaliyetlerinin doğru bir planlama olduğunu, İnegöl Ovası'ndaki durumun ise gelecek açısından hidrografik koşullarda sorun oluşturabileceğini göstermektedir.

Göksu Çayı Havzası'ndaki geleceğe dönük su potansiyeli verisi ve dağılışının akış eksiği, risk kapsamı ve alt havza durumunun reel boyutlarının incelenmesi için havzada uzun süreli gözlem verileri sunan 11 AGİ ölçüm verisi doğrusal, Mann-Kendal ve Sen's Slope trend analizleri ile değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede sonucu İnegöl ve Yenişehir ova tabanlarından çıkışları ve özellikle bu alanın mansabı olan sahada yer alan Göksu-Rüstemköy ve Göksu-Boğazköy AGİ verilerinde zamansal olarak akış miktarında negatif yönlü yüksek bir azalma eğilimin olduğunu görülmektedir. Zamansal ölçüm verileri üzerinden yapılan üç farklı trend analizinde de en yüksek azalma eğiliminin belirtilen iki AGİ verisine ait olduğu tespit edilmiştir. Durumun bu şekilde oluşmasında özellikle Boğazköy Barajı'nın (2011) su tutmaya başlaması, sanayi, tarım ve meskenlerde su kullanımının artması ve son yıllarda yağış azalmasının etkili olduğunu anlaşılmaktadır. Havzanın güney ve doğusundan kaynaklarını alan AGİ bazlı havzalarda zamansal akış verisi trendinde azalma eğilimlerinin daha az olduğu, bazılarında ise durağan bir eğilimin olduğu gözlemlenmiştir. Havzanın güneybatısından kaynaklarını alan Karadere-Akıncılar AGİ havzasında ise trendin artış yönünde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun meydana gelmesinde antropojenik etkilerin havzaya müdahalesinin olmaması, Uludağ'dan kaynaklarını alan ve kar erimeleriyle de beslenen karma rejimli akarsu havzası özelliği göstermesi etkili olmuştur.

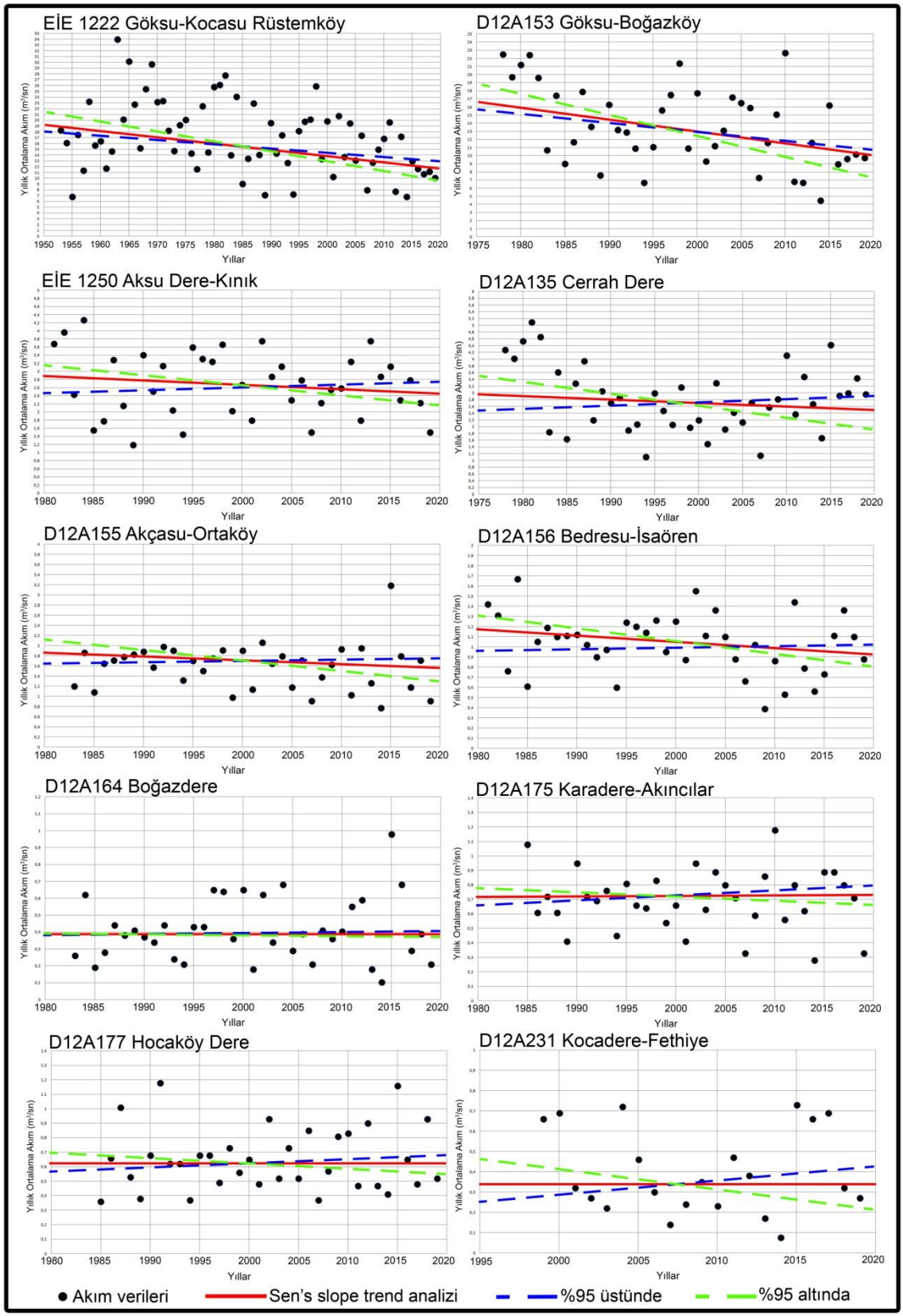
Göksu Çayı Havzası'nda yer alan 11 AGİ verisi incelendiğinde Mann-Kendall trend analizine göre sadece Girdap Dere ölçüm verilerinde H0 hipotezi kabul edilmiş ve trend yok varsayımı temel alınmıştır. Diğer verilerde ise H0 (trend yok) hipotezi reddedilmiştir. Doğrusal trend analizine göre en yüksek azalma eğilimine sırasıyla Göksu-Boğazköy, Göksu-Rüstemköy, Bedresu-İsaören, Cerrah Dere, Aksu Dere-Kınık AGİ'leri sahiptir (Tablo 43). Diğer ölçüm noktalarında zamansal olarak azalma eğilimi çok düşük boyutlarda olup en düşük değerler Boğazdere ve Karadere-Akıncılar AGİ'lerine aittir. Özellikle her iki havzadaki beşeri müdahalenin AGİ lokasyonunun olduğunu yere kadar çok düşük düzeyde olması zamansal

değişim trendinde azalmasının minimum olduğunu ve bu havzalarda doğal akışa en yakın akış verisinin olduğu düşünülmektedir. Mann-Kendall analizinde en yüksek negatif yönlü eğilim Göksu-Boğazköy ve Göksu-Rüstemköy verilerinde görülmektedir (Tablo 43). Karadere-Akıncılar verilerinin eğilimi ise pozitif yönlüdür. Sen's Slope trend analizine göre Q değerleri yine aynı iki AGİ verisinde en yüksek negatif yönlü değere sahip olduğu ve trendin azalma yönünde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 109). Boğazdere, Hocaköy Dere, Kocadere-Fethiye ve Girdap Dere AGİ'lerinde trendin stabil olduğu hesaplanmıştır (Şekil 109). Bu verilerde Kocadere-Fethiye ve özellikle Girdap Dere AGİ verilerinin diğer AGİ verilerine göre daha kısa zamanlı olması eğilimin artış-azalış boyutunu tam gösterememesine neden olmuştur. Havzadaki AGİ zamansal verileri üzerinden yapılan trend analizleri, son yıllarda özellikle antropojenik müdahalelerin olduğu, mesken, sanayi ve tarım odaklı kullanımların arttığı, İnegöl ve Yenişehir ova tabanlarını havzası içerisine alan yerlerde yüksek düzeyde azalmanın olduğunu göstermektedir. Bu durum özellikle İnegöl Havzası'nın çıkışı ve Boğazköy Barajının su tutmasının etkisinin görüldüğü Göksu-Boğazköy AGİ'si ile Yenişehir Havzası'nın hidrografik çıkışı olan Göksu-Rüstemköy AGİ'sinde belirgin şekilde kantitatif değerler olarak tespit edilmiştir.

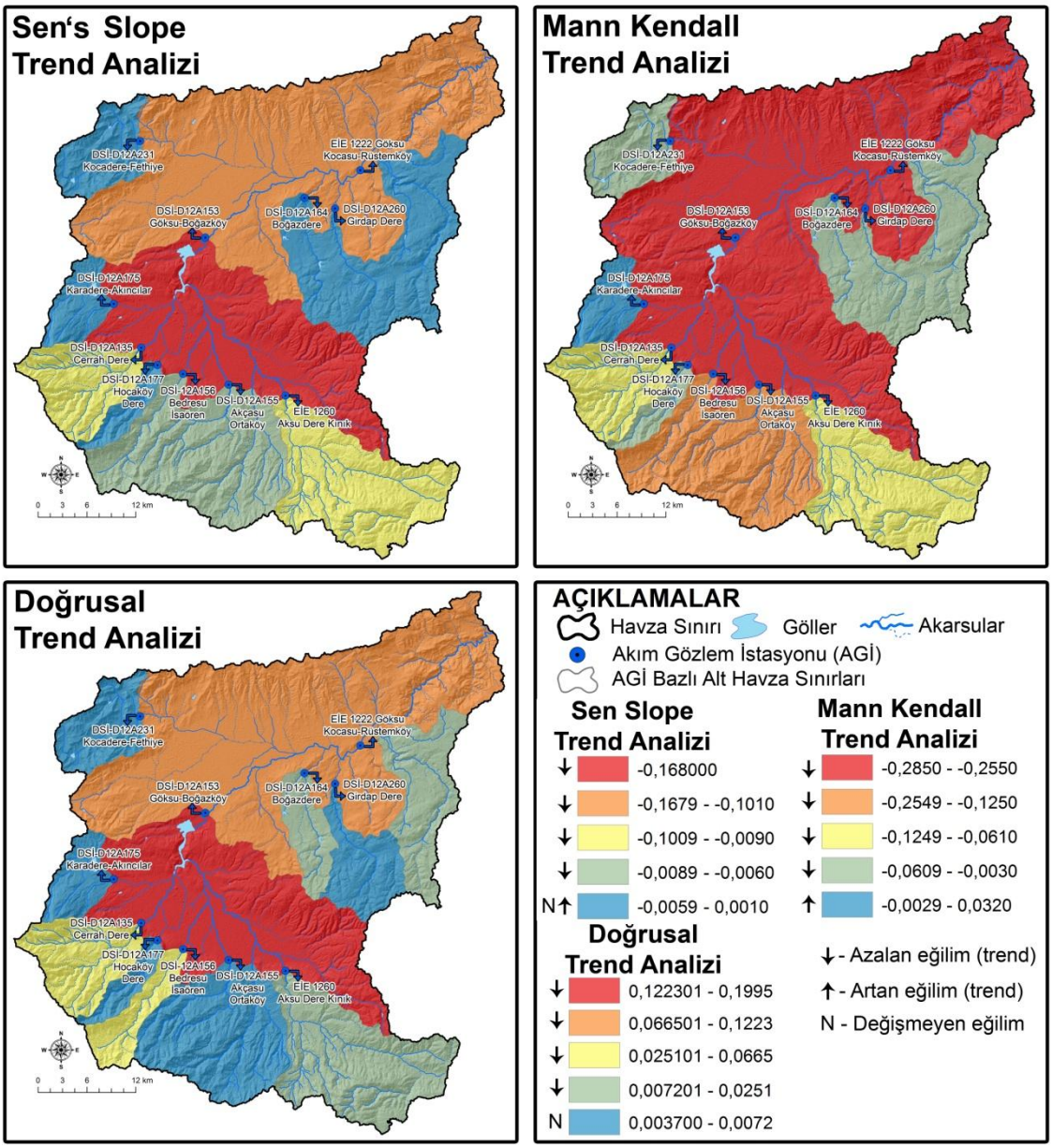
Tablo 43: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ verilerinin trend analiz sonuçları

Akım Gözlem İstasyonu (AGİ)	Doğrusal Trend (r^2)	Mann-Kendall	Sen's Slope Trend Analizi		
			Sen's (Q)	%95 alt	%95 üst
EİE 1222 Göksu-Rüstemköy	0,1223	-0,255	-0,101	-0,196	-0,045
D12A153 Göksu Boğazköy	0,1995	-0,285	-0,168	-0,296	-0,045
EİE 1250 Aksu Dere-Kınık	0,0251	-0,074	-0,009	-0,037	0,019
D12A135 Cerah Dere	0,0569	-0,061	-0,009	-0,041	0,022
D12A155 Akçasu-Ortaköy	0,0072	-0,125	-0,007	-0,022	0,004
D12A156 Bedresu-İsaören	0,0665	-0,149	-0,006	-0,015	0,004
D12A164 Boğazdere	0,0110	-0,003	0,000	-0,005	0,006
D12A175 Karadere-Akıncılar	0,0037	0,032	0,001	-0,006	0,008
D12A177 Hocaköy Dere	0,0047	-0,018	0,000	-0,008	0,009
D12A231 Kocadere-Fethiye	0,0057	-0,005	0,000	-0,020	0,018
D12A260 Girdap Dere	0,0051	-0,003	0,000	-0,005	0,006

Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ verileri ile yapılan trend analizlerinin havza bazlı dağılış haritası incelendiğinde; İnegöl ova tabanının hidrografik çıkışı olan ve bu alanı AGİ havzası olarak temellendiren Göksu-Boğazköy verisi akımda en yüksek azalmanın olduğu alanı teşekkül etmektedir. Bu havzayı Göksu-Rüstemköy havzası takip etmektedir. Özellikle Uludağ-Domaniç Dağları, Ahı Dağı ve havzanın kuzeybatısındaki dağlık alandan kaynaklarını alan havzalardaki azalma trendinin daha az olduğu dağılış haritalarına da yansımıştır (Şekil 110).



Şekil 109: Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ verilerin Sen's Slope testi trend analiz grafikleri



Şekil 110: Göksu Çayı Havzası AGİ bazlı havzalarının çeşitli trend analiz verileri

Havza yönetimi açısından hidrografik etkinin diğer boyutunu ekstrem koşulların ve yanlış planlama ile kullanımın tetikleyeceği muhtemel afetler oluşturmaktadır. Özellikle günümüzde can-mal kaybına yol açan ve meydana gelme frekansı Dünya ve Türkiye'de artış gösteren sel-taşkın riski, hidrografik olarak havza yönetimi açısından önlemlerin alınması gereken ve planlamalarda mutlaka dikkat edilen noktadır. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın sel ve taşkın risk haritaları daha önceki bölümde AHS yöntemi ile oluşturulmuş ve bu durum havza yönetimi açısından risk tabanlı model kapsamında incelenmiştir. Burada sel-taşkın gibi katostarofik hadiselerin meydana gelme sıklığı ve maksimum akım değerlerinin geleceğe dönük projeksiyonları üzerinden havza yönetimine etkisi değerlendirilmiştir. Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ verileri incelendiğinde akarsularda birçok defa taşkın piklerinin

meydana geldiği ve bunların afete dönüşerek zararlara yol açtığı bilinmektedir. AGİ verilerine göre pik akımların akarsu ortalama akım verilerinin 20-60 katı arasında değerlerde ölçüldüğü tespit edilmiştir. Göksu Çayı üzerinde 18.10.1989 tarihinde 500 m^3/sn'lik, 26.10.1997 tarihinde 394 m^3/sn'lik maksimum akım değerleri, kayıtlara en yüksek akım değerleri olarak geçmiştir (ortalama akım olan 17,39 m^3/sn değerinin 28 katı). Bu veriler Göksu Çayı üzerinde taşkın piklerinin büyüklüğünü ifade etmektedir. Diğer akarsular incelendiğinde de oldukça yüksek pik değerlerin olduğu anlaşılmaktadır. Akarsuların rejimlerine bakıldığında özellikle ortalama akımın Mart, Nisan ve Mayıs aylarında en yüksek seviyeye çıktığı tespit edilmiştir. Havzadaki AGİ verilerinin bütün yıllar içerisindeki en yüksek akım değerlerini aylık bazda oranladığımızda Mart ayı % 21,4 ve Nisan ayı % 14,3'lük taşkın sıklık frekansına sahiptir. Bu veriler özellikle havzanın güney kesimden gelen akarsuların ova tabanlarına deşarjı sırasında sel- taşkın oluşturma potansiyelini ve zamanını göstermektedir (Fotoğraf 40).



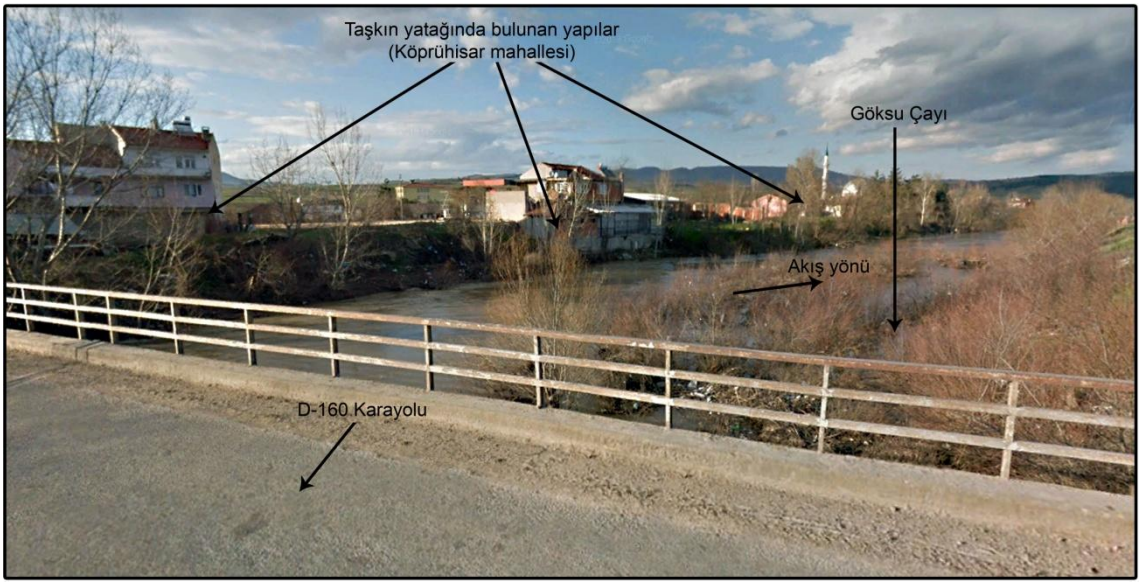
Fotoğraf 40: Cerrah Dere yatağında taşkın kontrol amaçlı önlemler

Akarsuların AGİ verileri temel alınarak yapılan taşkın projeksiyonlarında Q500 debisi Göksu-Rüstemköy'de 546,9 m^3/sn, Göksu-Boğazköy'de 694,1 m^3/sn, Aksu Dere'de 290,5 m^3/sn, Cerrah Dere'de 168,2 m^3/sn, Akçasu Dere'de 95 m^3/sn, Bedresu Dere'de 67,3 m^3/sn, Boğazdere'de 85,5 m^3/sn, Karadere'de 66 m^3/sn ve Hocaköy Dere'de 47,2 olarak hesaplanmıştır. Bu miktarlar, klimatik şartlar ve özellikle yağış miktarı ve gün sayısı olarak değerlendirildiğinde oluşma ihtimali uzun zaman aralığında yer alır. Ancak havzanın özellikle güney kesimindeki Uludağ ve Domaniç Dağları'nda kar erimeleri ile yüzeysel akışa geçen su varlığı Nisan-Mayıs aylarındaki ani yağışlarla birleştiğinde akım miktarının pik yapacağı ve daha önce AGİ verilerinde de gözlemlenen taşkın piklerinin oluşacağı sonucu ortaya çıkabilir. Meydana gelmiş sağanak yağış verileri üzerinden yapılan incelemede havzanın güneyinde belirtilen yağışların taşkına dönüşmesi 16-24 saat aralığında iken havzanın kuzeyinde 20-28 saat aralığındadır. Bu noktada sel-taşkınların nerede meydana geleceği de önemli bir noktadır. Bu durum havzanın kuzey, doğu özellikle güney kesimden hızla akışa geçebilecek akarsu varlığına sahip olması ve ova tabanına geldiğinde yataklarından taşma ihtimalini arttırmakta ve dolayısıyla riskli alanlarında Yenişehir Ovası ve özellikle İnegöl Ovası olduğunu

göstermektedir. Geçmişten günümüze özellikle ova tabanında tek kanala giren akarsuların birçok defa sel ve taşkın hadisesine neden olduğu bilinmekte, bu nedenle havzanın belli alanlarında taşkın kontrol tesisleri oluşturulmuştur (Fotoğraf 41). Bunun dışında Boğazköy Barajı ve Babasultan Barajı hem sulama hem de taşkın kontrolünü sağlamaktadır. Aynı zamanda Sakarya Havzası Koruma Eylem Planına (2013) göre Göksu Çayı Havzası'nda, 16 tanesi Yenişehir Havzası bölümünde, 21 tanesi İnegöl Havzası bölümünde olmak üzere toplam 37 tane taşkın kontrol tesisi bulunmaktadır. Yoğunluk açısından Sakarya Havzası'ndaki en yüksek tesis yoğunluğunun bulunması, havzada hidrografik tehlike açısından önemli derecede risklerin bulunduğunu ve gerekli tedbirlerin alınmaya çalışıldığını göstermektedir.



Fotoğraf 41: İnegöl Ovası'nda taşkın önleme amaçlı dere ıslahı örneği



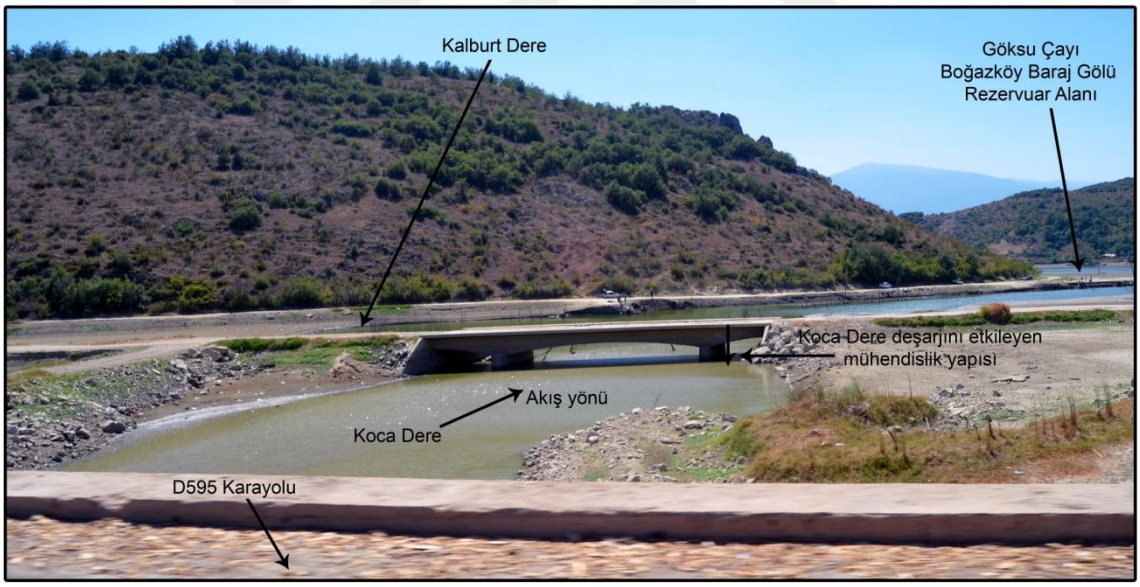
Fotoğraf 42: Göksu Çayı taşkın yatağında yer alan yapılar (Köprühisar mahallesi)

Göksu Çayı Havzası'nda 4373 Sayılı Taşkın Suları ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu kapsamında bazı akarsular koruma altına alınmıştır. Sakarya Nehri birleşimi ile Boğazköy Barajı arasında 65 km'lik uzunluğa sahip Göksu Çayı bu kanun kapsamında 150 metrelik akarsu kıyı korumasına sahiptir. Havzanın güneyindeki Kocadere, Akçasu Dere ise 50 m'den daha az bir korumaya sahiptir. Ancak belirtilen akarsuların özellikle ova tabanlarında tarım alanı açma, genişletme ve diğer antropojenik etkenlerle belli ihlallere uğradığı ve taşkın sahalarında beşeri müdahalenin olduğu gözlemlenmiştir (Fotoğraf 42). Bu durumlar havza yönetimi açısından önlem alınması gereken diğer hususlar arasında mutlaka yer almalıdır.

Havzada hidrografik koşullardan hidrojeolojik yapı doğal koşullar ve beşeri faaliyetleri etkilemektedir. Bu bakımdan diğer unsurlarla birlikte değerlendirildiğinde İnegöl ve Yenişehir ovaları ile diğer alüvyal düzlükler hidrografik açıdan yer altı su seviyesinin yüzeye yakın olmasıyla tarımsal amaçlı potansiyeli en yüksek sahaları oluşturmaktadır. Bu durum Göksu Çayı Havzası'nda geniş bir alanının tarım faaliyetleri için hidrografya özellikleri açısından oldukça elverişli şartlar taşıdığını göstermektedir. Bunun yanında Yenişehir Ovası'nın batısındaki saha eski Marmaracık Gölü olarak bilinmektedir. Ancak 1940'lardan sonra yapılan kurutma kanalı ve kurutma çalışmaları ile tarım arazisine dönüştürülmüştür. Bu alan günümüzde özellikle pirinç tarımının yapıldığı sulu tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Fakat meydana gelen antropojenik etkenli ekosistem dönüşümü çevresel açıdan havzada değişimlere ve riskli alanlara neden olmuştur. Bu alandan Göksu Çayı'na yapılan kurutma kanalı sel-taşkın hadiseleri için önlem teşkil etmiş olsa da belirtilen alan muhtemel risk sahası olarak gözlemlenebilmektedir. Bunun dışında havzanın hidrojeolojik açıdan sunduğu çeşitlilik heyelan, depremde sıvılaşma ve kuraklık (toprak nemliliği etkisi ile) gibi risklerinde parametrelerinden birini oluşturmasına neden olmaktadır.

Göksu Çayı Havzası'ndaki akarsularda suyun kalitesi farklılıklar göstermekte ve belli akarsularda su kalitesi çok kirlenmiş su sınıfında yer almaktadır. Ölçüm verileri uzun süreli mevcut olmasa da havzanın yüksek kesimlerinden gelen akarsulara antropojenik müdahalenin olmaması bu su kaynaklarında kirlilik düzeyinin de olmamasını sağlamıştır. Ancak İnegöl Havzası'nın çıkışı olan Göksu Çayı, Karadere ve Kalburt Dere'de su kalitesi kirlilik düzeyine ulaşmıştır. Belirtilen akarsular SKKY ve YSKYY'ye göre farklı parametreler bazında kirli-çok kirli su kalitesine sahiptir. Özellikle İnegöl'deki OSB ile diğer sanayi tesislerinin akarsulara deşarjı bu kirliliğin temel sebebini oluşturmaktadır. Meydana gelen kirletici yükü aynı zamanda Boğazköy Barajı su kalitesini ve dolayısıyla tarım topraklarını etkilemektedir. Havzanın önemli hidrografik kirlenmesi olarak karşımıza çıkan bu durumun oluşmasındaki temel faktör endüstriyel atıkların gerekli arıtmaya uğramadan akarsuya karışmasıdır. Havza sınırları içerisinde 5 farklı lokasyonda bulunan atık arıtma tesisi olmasına rağmen meydana gelen kirlilik

özellikle kaçak atıklardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca havza içerisindeki kentsel deşarjlar doğrudan akarsulara karışmaktadır. Kırsal yerleşmelerdeki atıklar ile Yeniceköy arıtma tesisi atıkları hem Boğazköy baraj rezervuarına hem de diğer akarsulara karışmaktadır. Havzada İnegöl OSB arıtma atıkları, Yenice, Cerrah ve Kurşunlu atık arıtma tesislerinden Göksu Çayı'na bağlanan akarsulara karışan atıkların kimyasal özelliklerinden dolayı risk oluşturacağı düşünülmektedir (Fotoğraf 43). Özellikle Boğazköy Barajından sonra Yenişehir Ovası'nda tarımsal amaçlı kullanılan kirlilik yükü fazla olan bu suların topraktaki tuzluluğu arttıracağı dolayısıyla tarımsal verimi etkileyeceği öngörülmektedir. Hidrografik etki olarak havza yönetiminin uygulanması aşamasında mutlak suretle Cerrah, İnegöl OSB, Bedresu Dere, Göksu Çayı, Yenişehir OSB çıkışına atık deşarj noktaları yapılmalı, mevcut olanların (Kurşunlu, Cerrah, Yenice) arıtma yükü, teknolojileri geliştirilmeli ve performansları arttırılmalıdır. Ayrıca İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezlerindeki kentsel atık arıtma tesislerinin teknolojik yapısı ve kapasitesi düzenlenmelidir. Tarımsal ilaç kullanımı ile akarsulara karışan kimyasal ve inorganik maddelerin varlığı da havzadaki su kaynaklarını kirleten diğer unsurlardır. Bu durumun önlenmesi ile özellikle drenaj yapısının antropojenik müdahaleden uzak olması, doğal dinamik akış yönünün değiştirilmemesi gerekmektedir.



Fotoğraf 43: Boğazköy Barajı ve Göksu Çayı'na deşarj olan Kalburt Dere ile Koca Dere'deki kirlilik yükü ve akışı engelleyen yapılar

5.1.1.4. Toprak ve Bitki Örtüsü Etki Kapsamında Havza Yönetimi

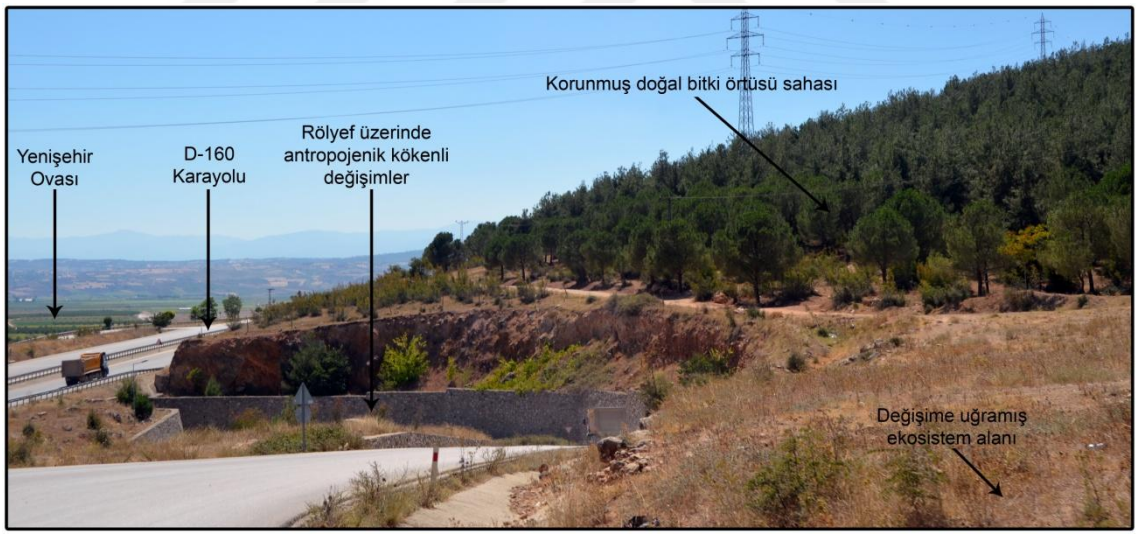
Göksu Çayı Havzası toprak yapısı üç temel toprak türünün geniş alanlı dağılışına sahne olmaktadır. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile Aksu Dere, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanı ve havzanın batısındaki düzlük alanlarda alüvyal topraklar bulunmaktadır. Havzanın % 46'sını kaplayan kahverengi orman toprakları ova çevrelerinden itibaren plato

sahalarının tamamında dağılış gösterirken, kireçsiz kahverengi orman toprakları havzanın kuzeybatısı ile özellikle doğu ve güney kesimindeki yüksek alanlarda görülür. Diğer topraklar oldukça dar alanlıdır. Toprak dağılışı, arazi kullanım kabiliyet sınıflarının ortaya çıkmasında ve dolayısıyla arazi kullanımı ve tarımsal faaliyetlerin dağılışında havza yönetimi açısından önemli rol oynar (Garipağaoğlu vd., 2015: 68). Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nda alüvyal sahalar büyük oranda tarımsal kullanıma ayrılmıştır. Ancak İnegöl yerleşim alanının genişlemesi ve Yenişehir Havalimanı, toprak türü ve arazi kabiliyet sınıfı açısından tarıma uygun topraklarda bulunması yanlış kullanımlar olup, belli riskleri barındırmaktadır. Bu durumun şehirsel gelişimi düşünüldüğünde yer değiştirmenin mümkün olamayacağı ancak tarımsal durumlar açısından belli önlemler alınabileceği bilinmektedir. Yerleşim ve sanayi atıklarının tarımsal kullanım arazilerine ve özellikle akarsular vasıtasıyla toprağa karışması engellenmeli, alüvyal sahadaki boş arazilerin tarıma kazandırılması, ulaşım, sanayi tesisi gibi alanlar ile tarım arazileri arasına doğal barikatlar (ağaç ve benzeri) konulmalıdır. Yapılacak bu işlemler toprak dağılışının doğru bir planlama ile kullanılma yüzdesini ve verimini arttıracaktır.

Toprak arazi kabiliyet sınıflarından IV. sınıfa kadar olan topraklar tarımsal faaliyetler için oldukça elverişlidir. İnegöl ve Yenişehir ovalarının tamamı bu toprak sınıfları içerisinde yer alır. Bu sahaların % 75'inin tarımsal faaliyetler için kullanılması sürdürülebilirlik açısından uygundur. Ancak yerleşim ve sanayi alanlarının özellikle İnegöl Ovası'nda yayılması gelecek açısından riskleri barındırmaktadır. Tarımsal faaliyetin havzanın kırsal kesimlerinde temel ekonomik faaliyeti oluşturması yeni tarım alanların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu bakımdan havza tabanlarını oluşturan ovalardan plato sahalarına geçişte dağılış gösteren V. ve VI. sınıf toprakların bir kısmı tarım amaçlı kullanılmaktadır. Ancak bu toprakların büyük düzenlenmelerle tarımsal faaliyete açılması ve verimin düşmesi sürdürülebilirlik ve yönetimsel açıdan uygun değildir. Belirtilen alanların daha çok çayır-mera sahası olarak kullanılması ve hayvancılık faaliyetinin yaygınlaşması daha uygun ve sürdürülebilir kullanım olacaktır.

İnceleme sahasındaki toprak dağılışı geçirimlilik, gözeneklilik ve sıvılaşma potansiyeli açısından deprem, sel, taşkın, heyelan gibi afetlerde etkili olan parametrelerdendir. Bu bakımdan alüvyal sahaların deprem açısından daha yüksek riskli olduğu ve İnegöl yerleşmesinin büyük bir bölümünün bu alanda bulunduğu bilinmektedir. Dolayısıyla meydana gelebilecek depremlerde alüvyal sahada yer alan İnegöl, toprak yapısı açısından da riskli bir zemindedir. Heyelan riski açısından da kahverengi orman topraklarının dağılışı ile heyelan envanter verileri arasında pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Özellikle İnegöl yerleşmesinin güneyindeki alan tamamen riskli bir sahayı teşkil eder. Bu alandaki kahverengi orman toprağı yapısı da heyelan aktivitesinin ve arazi kaymalarının yaşanmasına neden olan unsurlardandır.

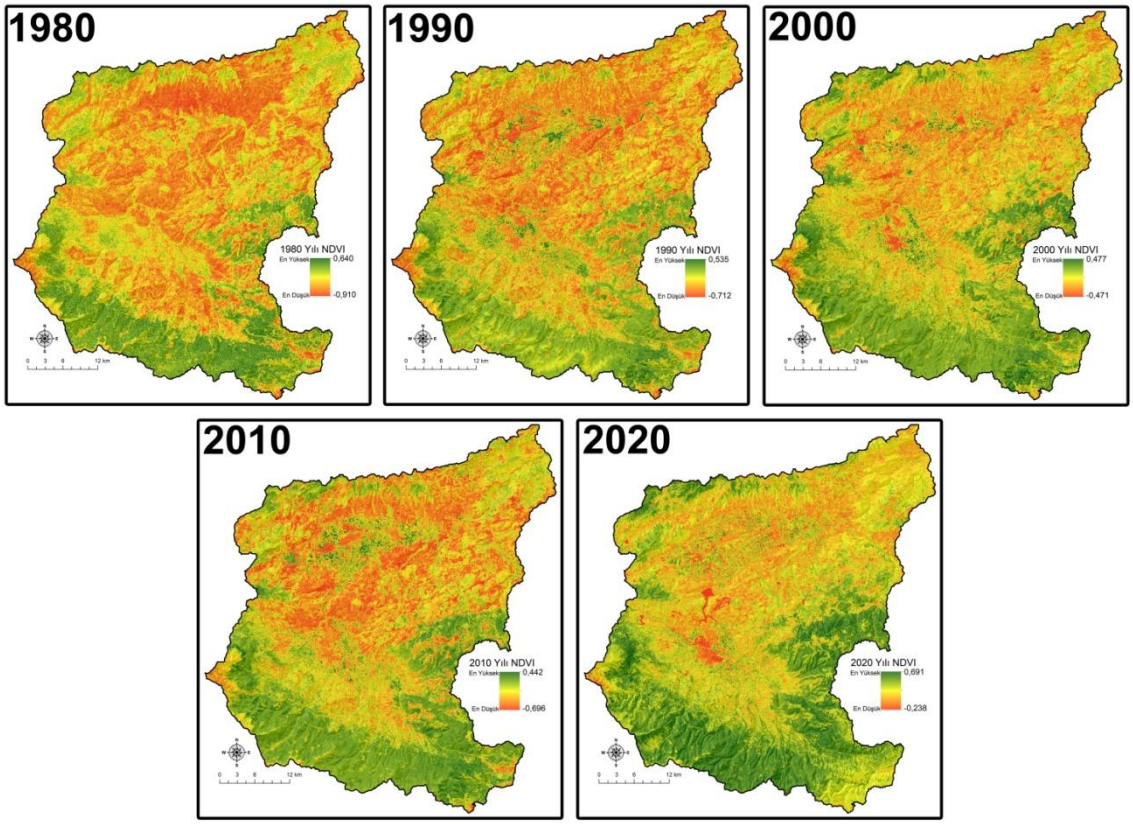
Göksu Çayı Havzası'nda doğal bitki örtüsü varlığı Türkiye ve Marmara Bölgesi ölçeğinde dağılış açısından yoğun sahaların yer aldığı bir yapıdadır. Havzanın 2020 AKAÖ verisine göre % 36,7'sini ormanlar meydana getirmektedir. Bu veriye tarım alanında ve çayır-mera alanında yer alan ağaç formasyonları eklendiğinde havzanın % 42'sini orman formasyonu oluşturmaktadır. Dağılış açısından Uludağ ve Domaniç Dağları'nda kuşak halinde görülen ormanlar aynı zamanda İnegöl'de mobilya ve kereste sanayisinin gelişmesinde başrol oynamıştır. Doğal bitki örtüsü dağılışının havza planlamasındaki ilk etkisi, jeomorfolojik koşullar açısından beşeri kullanımları çok uygun olmayan sahalarda yer almasından dolayı doğal bitki örtüsü yapısı özellikle orman kuşağı tahrip olmamısıdır. Ancak havzanın kuzeyinde eğim oranının daha düşük olması ve yükselti seviyesinin güneye göre daha az olması bu alanda orman varlığını dolayısıyla tahribini kolaylaştırabilecektir (Fotoğraf 44). Ormanların güney kesimdeki yoğunluğu hidrografik koşullarda buharlaşma, terleme, birikme gibi unsurları da etkilemektedir (Brown vd., 2005: 35). Havza yönetimi açısından doğal bitki örtüsünün dağılışı AKAÖ dağılışını etkilemektedir. Bu durum hem geçmişten günümüze hem de günümüzden geleceğe olan değişim boyutları ve havzadaki etkileşim dağılışının yoğunluğuna etki eder. Bu bakımdan özellikle ot-fundalık alanlardan orman sahasına geçişte gözlemlenen yeni tarım arazileri geleceğe dönük muhtemel bitki değişim alanlarının delilleridir.



Fotoğraf 44: Yenişehir Ovası kuzeyinde doğal bitki örtüsü sahası ile degradasyona uğramış ekolojik ve topografik koşullar

Göksu Çayı Havzası'nın 1980'den günümüze 10'ar yıllık uydu görüntüleri üzerinden normalize bitki fark indisi (NDVI) analizi yapılmıştır. Yapılan NDVI analizinde mekansal çözünürlükler ve değişen arazi kullanımı yapısı nedeniyle farklı dağılış durumlarının mevcut olduğu gözlemlenebilmektedir (Şekil 111). Ancak havzanın güneyindeki Uludağ ve Domaniç Dağları'nda, kuzeybatıdaki dağlık alanda ve doğudaki Ahı Dağı'nın yamaçlarında orman formasyonunun dağılışı çok belirgindir. Havzanın kuzeydoğusunda yer alan çam

formasyonlarının zaman içerisindeki değişimi ise NDVI analizlerinden anlaşılmaktadır. Bu durum bazı alanlarda erozyon riskinin artmasına yol açabilir (Brown vd., 2005: 38). Ancak yapılan arazi kullanımı değişim analizi havzada orman alanlarının dağılışında azalma olmadığını göstermektedir. Bu durum, kanunların ve özellikle mobilya sanayisine hammadde teşkil eden alandaki orman sürdürülebilirliğinin olumlu etkisi olarak tespit edilmiştir.



Şekil 111: Göksu Çayı Havzası'nın farklı yıllara ait NDVI analizi sonuçları ve dağılışı

Doğal bitki örtüsü ve özellikle orman formasyonu ile önemli bir ekosistem varlığının bulunduğu Göksu Çayı Havzası'nda belli dönemlerde ve özellikle Domaniç Dağları kesimde görülen tırtıl böcek gibi istilacı türler zararlara yol açabilmektedir. Havzanın güneyinde özellikle Tahtaköprü çevresinde son yıllarda görülen Calliteara Pudibunda ismindeki tırtıl türü ağaç yapraklarını kemirdiği için geniş bir alanda ormanlara zarar vermektedir. Ekosistemin bir parçası olan tırtılların bu alanda bulunması değil hızlı bir şekilde çoğalması nedeniyle sorunların yaşandığı anlaşılmaktadır. Havza yönetimi ve ekosistemsel yapının korunması amacıyla bu tür durumların yayılış alanının belirlenmesi oldukça önemli olacaktır.

Havzadaki doğal bitki örtüsü yapısı ekosistem koşullarının ve birçok canlı türünün de havzada barındığını göstermektedir. Özellikle havzanın güney sınırını teşkil eden saha, jeomorfolojik, hidrografik ve floristik özelliklerinin yanında önemli bir ekosistem sahası olması açısından korumanın mutlak suretle uygulanması gereken alanı teşkil eder. Havzanın dinamik

ve birbirini etkileyen yapısı, birçok bileşende meydana gelecek değişimlerin toprak ve bitki örtüsünü etkileyebileceğini, zamanla değişimlere yol açabileceğini göstermektedir. Havzada toprak ve doğal bitki örtüsü, en çok sanayi ve yerleşim alanlarının zamanla genişlemesi ve kirliliğin artması ile etkileşime geçmektedir. Bu nedenle, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik koşulların etkisinde mekana yayılan ve antropojenik faaliyetlerle değişime uğrayan toprak, bitki örtüsü unsurları, havzanın sürdürülebilir olarak korunması gereken alanlarının başında gelmektedir. Yenişehir ve İnegöl ovalarındaki tarımsal alanların koruması, sanayi ve yerleşim alanları için uygun yerlerin belirlenmesi, mevcut beşeri faaliyet alanlarında önlemlerin alınması, dağlık alanlardaki orman varlığının mutlak suretle koruması alınacak tedbirlerdir.

5.1.2. Doğal Ortam Koşullarının Beşeri Faaliyetler İçin Uygunluk Analizlerine Dayalı Havza Yönetim Modeli

Beşeri faaliyetler, daima doğal koşulların sağladığı imkanlardan faydalanmış, doğal belirteç ve sınırların dahilinde gelişme göstermiştir. Son yıllarda nüfus ve sanayi varlığıyla artan talep ve ihtiyaçlar ile teknolojinin gelişmesi doğal koşulların insan faaliyetleri için zorluk oluşturabileceği alanlarında kullanımını sağlamıştır (Lambin vd., 2001: 262; Rodriguez, 2012: 155). Ancak bu durum daha uygun koşulların tükendiği, riskler oluşturduğu ya da farklı amaçların bulunduğu durumlarda meydana gelmektedir. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nda da geçmişten günümüze doğal koşulların beşeri faaliyetler için oluşturduğu kullanım alanları farklı parametrelerin kullanılması ile uygunluk analizleri kapsamında değerlendirilmiştir. Ağırlıklı bindirme yönteminin kullanıldığı analizler yerleşim, sanayi, tarım, orman ve çayır-mera alanları olarak incelenmiştir. Her bir beşeri kullanım alanı için 10 farklı doğal koşul ve bunlara ait alt parametreler analiz edilmiştir. Parametrelerin etken değerlerinde birçok çalışmadan faydalanılmıştır (Pereira vd., 1993: 411; Jankowski, 1995: 262; Gupta ve Ahmad, 1999: 136; Malczewski, 2004: 15; Turoğlu, 2005: 357; Akbulak, 2010: 559; Özşahin, 2012: 378; Özşahin ve Kaymaz, 2015: 121; Dağlı ve Çağlayan, 2016: 86; Mazahreh vd., 2019: 96; Bayar, 2020: 48; Garcia, 2020: 2; Liu vd., 202: 353). Yapılan analizler sonucu 5 kategorik sınıf oluşturulmuştur. Bunlardan belirtilen faaliyet için çok uygun alanlar, dar ve küçük boyutlu düzenlemelerle uygun sahalar, kesin düzleme ve müdahalenin gerekli olduğu alanlar ile uygun olmayan ve belirtilen faaliyet için kullanılamayacak alanlar kapsamında sınıflandırma yapılmıştır. Elde edilen bulguların dağılışı ve oransal verileri havza yönetimine etkisi açısından değerlendirilmiştir.

5.1.2.1. Yerleşim Alanı Uygunluk Analizi

Göksu Çayı Havzası'nın yerleşim alanı uygunluk analizi; jeomorfoloji, jeoloji, eğim, yükselti, irtifa farkı (topografik rölyef), sıcaklık, NDVI, jeo-uygunluk, akarsu yoğunluğu ve

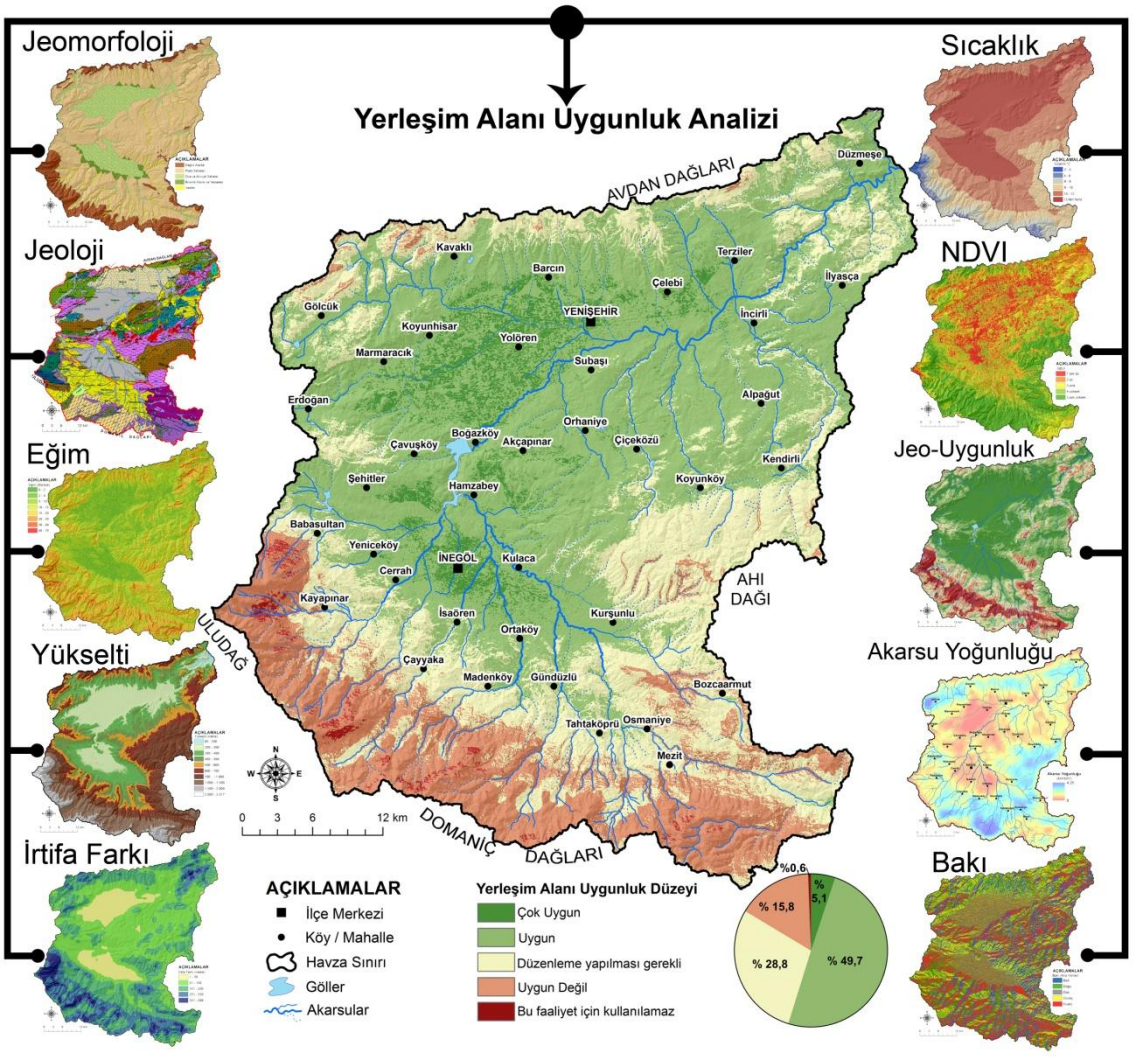
bakı ana unsurları ile bunlara ait 69 alt parametre kullanılarak ağırlık bindirme yöntemi ile oluşturulmuştur (Özşahin, 2012: 378; Çavuş ve Koç, 2015: 47; Bayar, 2020: 48) (Tablo 44). Yerleşim alanı uygunluk analizine göre havzanın % 5,1'ini çok uygun sahalar oluştururken % 49,7'si doğal koşullara minör müdahaleler ile uygun koşullar sağlamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nda % 28,8'lik alan büyük düzenlemelerle yerleşime uygun alanlar oluşturmaktadır. Havzanın % 15,8 uygun değil iken % 1 yerleşim için kullanılamaz doğal koşullara sahiptir (Şekil 112). Bu durum havza alanının yarısının yerleşim için belli düzenleme ve müdahaleler yapılarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 44: Yerleşim alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri

Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi	Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi
Jeomorfoloji			**Sıcaklık (^{0}C)**		
Dağlık Alanlar	5		2-4	5	
Plato Sahaları	1	**15**	4-6	5	
Ova ve alüvyal saha	2		6-8	4	**10**
Birikinti konileri	4		8-10	3	
Vadiler	3		10-12	2	
Jeoloji			12'den fazla	1	
Senozoyik Kuvaterner	3		**NDVI**		
Senozoyik Neojen	2	**10**	1 çok az	1	
Senozoyik Paleojen	2		2 az	2	**10**
Mezozoyik	3		3 orta	3	
Paleozoyik	4		4 yüksek	4	
Eğim (derece)			5 çok yüksek	5	
0-2	1		**Jeo-uygunluk**		
2-5	1		Uygun	1	
5-10	2		Küçük düzenleme	2	**10**
10-15	3	**10**	Büyük düzenleme	3	
15-20	4		Uygun değil	4	
20-30	5		Kullanılamaz	5	
30-40	5		**Akarsu Yoğunluğu (km/km^2)**		
40-70	5		0-0,78	1	
Yükselti (m)			0,79-1,26	2	
85-300	1		1,27-1,73	3	**10**
300-500	2	**10**	1,74-2,21	4	
500-700	3		2,22-2,81	5	
700-1500	4		2,82-4,25	5	
1500-2517	5		**Bakı**		
İrtifa Farkı (m)			Düz	1	
1-50	1		Kuzey	4	
51-150	2	**10**	Doğu	2	**5**
151-250	3		Güney	1	
251-350	4		Batı	2	
351-599	5				

Yerleşim alanları için çok uygun olan sahalar İnegöl ve Yenişehir ovalarının akarsu drenajından daha uzak olduğu alanlarda yoğunlaşır. Bunun dışında İnegöl Ovası'nın batısında

hafif yüksek kesimlerdeki daha dirençli jeolojik birimlerin bulunduğu alan, Boğazköy batısı ve Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki hafif eğimli plato sahasında dağılış gösterir. Bu alanlar doğal koşullar açısından uygun olması bakımdan geçmişten günümüze havzanın yoğun yerleşim alanları olarak günümüze kadar geldiği tespit edilmektedir. Ancak belirtilen alanların deprem, sel, taşkın gibi belli riskleri taşıdığı aşikârdır. Bu bakımdan uygunluk analiz modeli kapsamında elde edilecek verilerin risk analizi modeli ile de sorgulanması gerekmektedir. Havzada plato sahasının geniş alan kaplaması, 700 m seviyesine kadar (bu alan havzanın güneyinde 500-600 m ye düşmektedir) eğim değerlerinin çoğunlukla antropojenik faaliyetler için elverişli olması, minör müdahaleler ile yerleşim alanı oluşturabilecek sahaların oldukça geniş yer kaplamasını sağlamıştır. Bu alanların havzanın kuzeyinde daha geniş yer kaplaması, eğim, jeomorfolojik yapı, yükselti ve diğer koşulların daha elverişli olanaklar sunması ile alakalıdır.



Şekil 112: Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları kapsamında yerleşim alanı uygunluk analizi

Göksu Çayı Havzası'nda büyük düzenlemeler gerektiren alanlar genellikle yüksek plato alanlarında ve eğimin fazla olduğu vadilerde tespit edilmiştir. Uygun olmayan alanların büyük

bölümü Uludağ ve Domaniç Dağları ile yamaçlarındaki arızalı topografik yapıya sahip alanlardan müteşekkildir. Belirtilen sahalar aynı zamanda havzadaki yerleşim alanlarının son sınırını oluşturur.

Havzadaki 2020 yılı en küçük yerleşim birimlerin uygunluk analizine göre dağılışı incelendiğinde İnegöl ilçesine ait toplam 116 mahalleden 21'i çok uygun, 52'si minör düzenleme ile uygun, 32'si büyük düzenlemelerle uygun, 11'i uygun olmayan alanlarda yer almaktadır. Yenişehir ilçesi sınırları içerisinde yer alan 71 mahalleden 17'si çok uygun, 44'ü küçük düzenlemelerle uygun, 8'i büyük düzenlemeler uygun, 2'si uygun olmayan alanlarda yer almaktadır. Kestel'e bağlı 10 mahalleden 2'si çok uygun, 7'si küçük düzenlemelerle uygun, 1'i büyük düzenlemelerle uygun alanlarda yer alır. Bilecik iline bağlı 20 köyden 14'ü minör düzenleme ile uygun, 6'sı büyük düzenlemelerle uygun alanlarda bulunmaktadır. Osmaneli'ne bağlı 4 köyden 3'ü küçük düzenlemelerle uygun alanlarda, 1'i büyük düzenlemelerle uygun alanlarda yerleşim yeri olarak bulunmaktadır. Pazaryeri ilçesine bağlı 5 köyden 1'i minör düzenleme ile uygun, 5'i büyük düzenlemelerle uygun alanlarda yer alır. Bozüyük ilçesine bağlı 3 köyden 2'si büyük düzenlemelerle uygun, 1'i uygun olmayan alanlarda yer almaktadır. Belirtilen veriler şehir yerleşmelerinin büyük bir bölümünün uygun koşullarda olduğu ancak kırsal yerleşmelerin bazılarının doğal koşullar açısından elverişsiz alanlarda yer aldığını gösterir. Bu durum aynı zamanda bu alanların belli riskler (heyelan, deprem, sel, taşkın vb.) barındırdığı yorumu yapmanızı da sağlar. Belirtilen yerleşmeler risklere karşı tedbir, önlemlerin alınması ve düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

5.1.2.2. Sanayi Alanı Uygunluk Analizi

Göksu Çayı Havzası'nda sanayi-endüstri alanları için yapılan uygunluk yeri analizinde; jeomorfoloji, toprak, eğim, jeoloji, hidrojeoloji, NDVI, yükselti, jeo-uygunluk, akarsu yoğunluğu ve irtifa farkı ana unsurları ile bu kriterlere ait 70 alt parametre kullanılmıştır (Tablo 45). Sanayi alanı uygunluk yeri analizine göre havzanın % 2,1'i çok uygun koşullara sahiptir. Göksu Çayı Havzası toplam alanının % 41,6'sı küçük düzenlemelerle uygun koşullar sunarken, % 44,1'inde büyük düzenleme ve müdahale yapılarak sanayi alanlarına uygun koşullar sağlanabilmektedir. Havzanın % 12,1'i sanayi ve endüstri alanı kullanımı için uygun değildir (Şekil 113).

Göksu Çayı Havzası sanayi-endüstri alanı uygunluk verilerinin dağılışı incelendiğinde, havza ortası eşik alanındaki alçak ve az eğimli plato sahasından oluşan, genel jeolojik formasyonun dirençli birimlerden oluşturduğu Karakaya kompleks yapısının bulunduğu alanın en ideal saha olduğu tespit edilmiştir. Özellikle bu alanının hem İnegöl hem Yenişehir Havzası kesimlerinde yer alması, tarım alanı, bitki örtüsünün bu alanda olmaması ve ana ulaşım

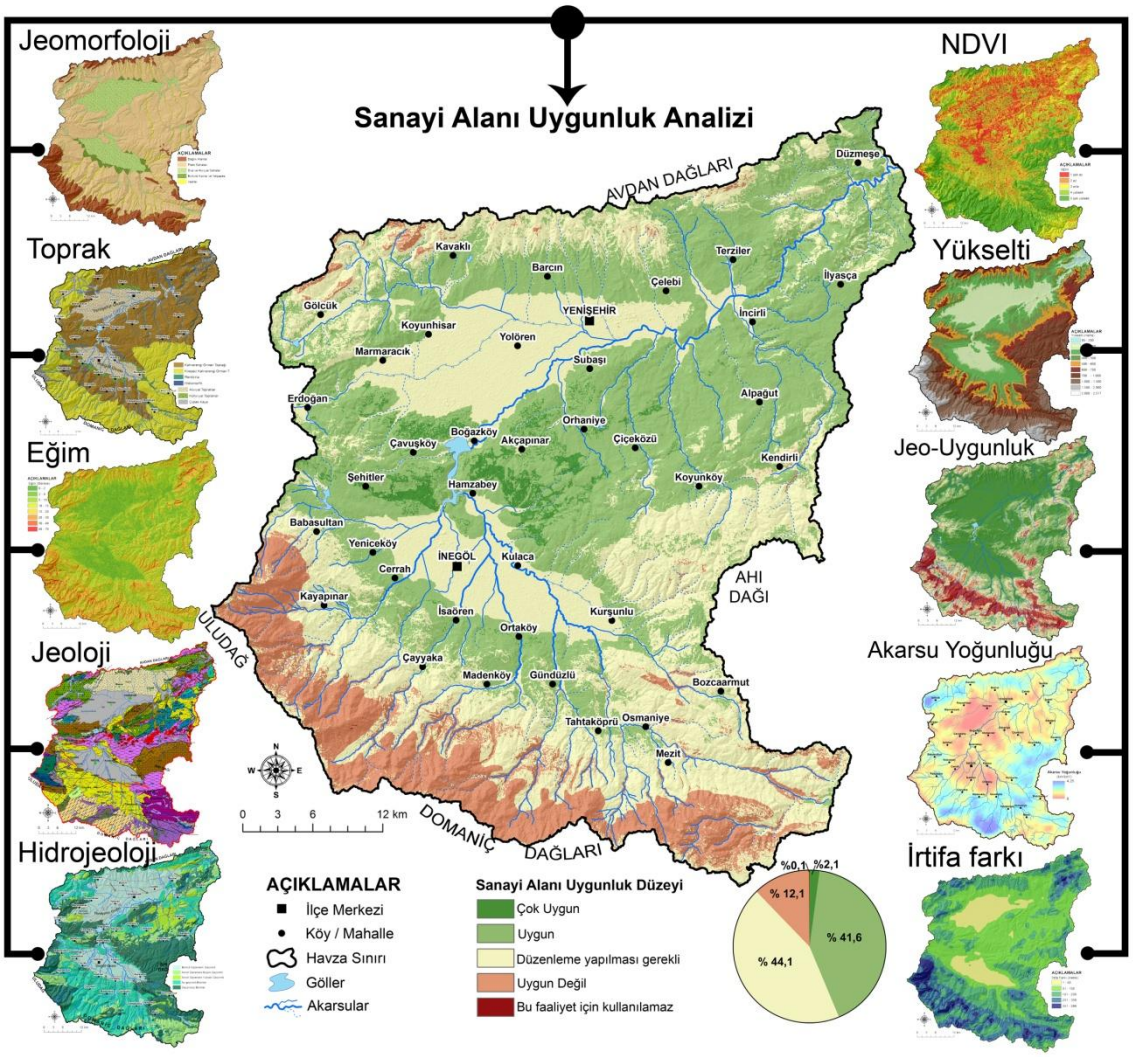
ağına da yakın olması sahanın diğer uygun özelliklerine gösterir. Ancak havza yönetimi açısından bu alandaki sanayi uygunluğunun mutlak suretle Boğazköy Barajı drenajına deşarj etmemesi ve tedbirlerinde alınması gereklidir.

Tablo 45: Sanayi alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri

Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi	Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi
Jeomorfoloji			**NDVI**		
Dağlık Alanlar	5	**15**	1 çok az	2	**10**
Plato Sahaları	1		2 az	1	
Ova ve alüvyal saha	4		3 orta	3	
Birikinti konileri	2		4 yüksek	5	
Vadiler	3		5 çok yüksek	5	
Toprak Türleri			**Yükselti (m)**		
Kahverengi Orman T.	2	**10**	85-300	2	**10**
Kireçsiz Kah. Orm. T.	3		300-500	1	
Alüvyal Topraklar	4		500-700	3	
Kolüvyal Topraklar	1		700-1500	4	
Diğer Topraklar	3		1500-2517	5	
Çıplak Kaya	5		**Jeo-uygunluk**		
Eğim (derece)			Uygun	1	**5**
0-2	2	**10**	Küçük düzenleme	2	
2-5	1		Büyük düzenleme	3	
5-10	1		Uygun değil	4	
10-15	2		Kullanılamaz	5	
15-20	3		**Akarsu Yoğunluğu (km/km^2)**		**10**
20-30	4		0-0,78	1	
30-40	5		0,79-1,26	2	
40-70	5		1,27-1,73	3	
Jeoloji			1,74-2,21	4	
Senozoyik Kuvaterner	4	**10**	2,22-2,81	5	
Senozoyik Neojen	1		**İrtifa Farkı (m)**		**10**
Senozoyik Paleojen	2		1-50	2	
Mezozoyik	3		51-150	1	
Paleozoyik	5		151-250	3	
Hidrojeoloji			251-350	4	
Birincil Geçirimli	5	**10**	351-599	5	
İkincil yüksek	4				
İkincil düşük	3				
Az geçirimli	2				
Geçirimsiz	1				

Havzada İnegöl ve Yenişehir ovalarının çevresindeki plato sahaları minör düzenlemelerle sanayi alanı için uygun koşullar sunmaktadır. Bu alanların dışında ova tabanlarının alüvyal yapısı, hidrojeolojik ve geçirimlilik durumları gibi etkenlerden dolayı uygunluk analizinde 3. seviyede yer almasına neden olmuştur. Bu nedenle, belirtilen sahalar büyük düzenleme-tedbirlerle kullanıma uygun koşullar sunmaktadır. Yerleşim alanı uygunluk analizinde olduğu gibi sanayi alanı uygunluğu için havzanın yüksek çerçevesini oluşturan

alanlar ve özellikle Uludağ, Domaniç Dağları ile yamaçları uygun olmayan sahaları oluşturmaktadır.



Şekil 113: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında sanayi alanı uygunluk analizi

Havzada 2020 yılı itibariyle sanayi alanlarının dağılışı ile uygunluk analizi verilerinin dağılışı karşılaştırıldığında özellikle İnegöl sınırları içerisindeki yoğun endüstri alanı ova tabanında yoğunlaşmıştır. Bu durum belli sorunları ve mutlak suretle düzenlemeleri de beraberinde getirmektedir. Uygunluk analizine göre mevcut sanayi alanlarının mutlaka doğal koşullar açısından düzenlenmesi, toprak, akarsu deşarjının önlenmesi gerekmektedir. Bu alanların tarım alanı için daha uygun olduğu ancak değişimin çok zor olduğu bilindiği için gerekli tedbirlerin alınması daha makul bir uygulama olacaktır. Uygunluk yeri analizindeki havza ortası eşik sahasının yeni sanayi alanı olarak kullanılması havza yönetimi ve diğer kullanımlar açısından olumlu bir uygulama olarak düşünülmektedir.

5.1.2.3. Tarım Alanı Uygunluk Analizi

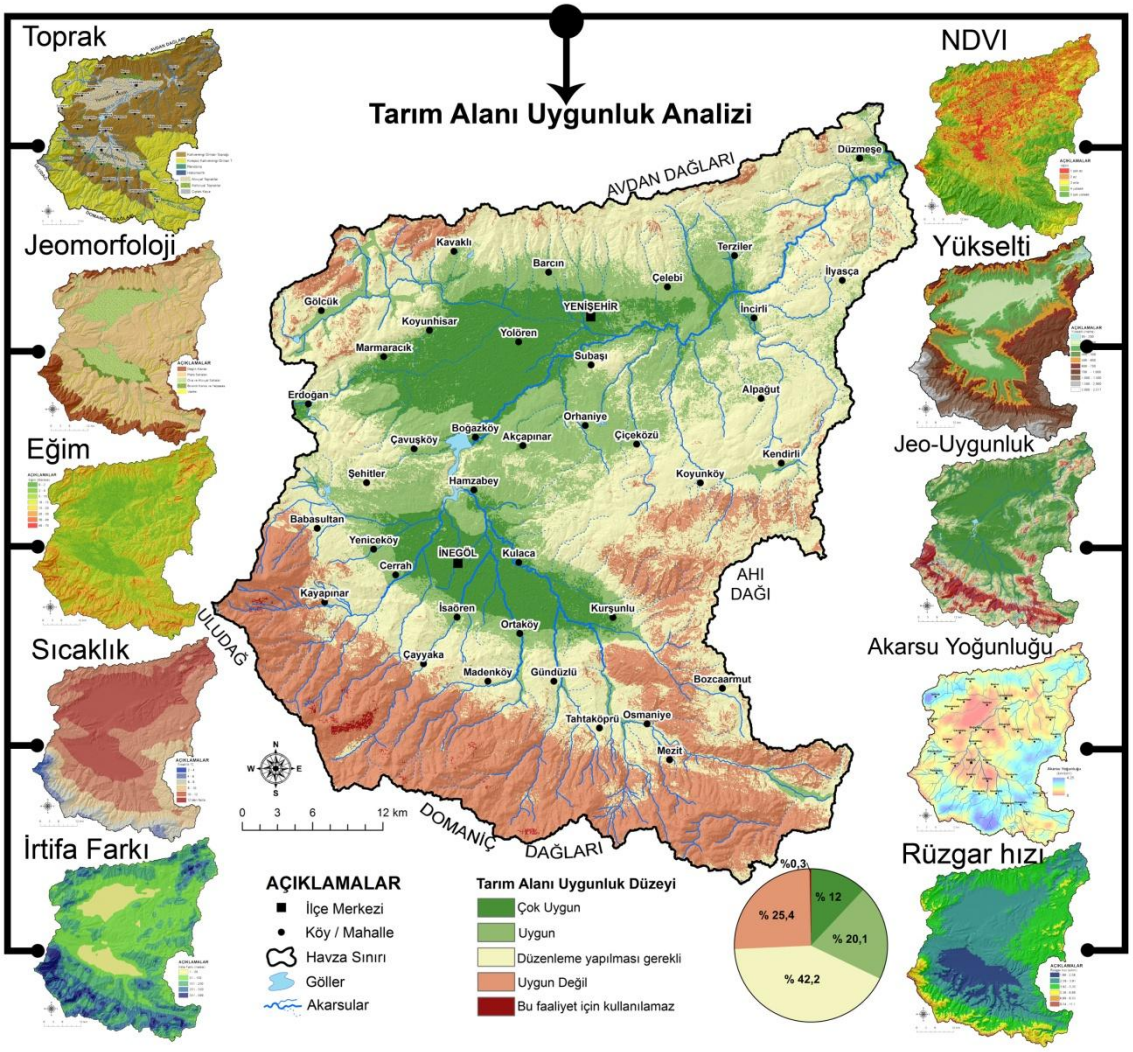
Göksu Çayı Havzası'nda ağırlıklı bindirme yöntemi ile yapılan tarım alanı uygunluk analizi için; toprak, jeomorfoloji, eğim, sıcaklık, irtifa farkı, NDVI, yükselti, jeo-uygunluk, akarsu yoğunluğu ve rüzgar hızı dağılışı verileri ana unsurlar olarak kullanılmıştır (Dağlı ve Çağlayan, 2016: 87; Şahin ve Toroğlu, 2020: 128). Bu ana kriterlere ait 61 alt parametre de sınıflandırılarak uygun analizi sonuçları ortaya konmuştur (Tablo 46).

Tablo 46: Tarım alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri

Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi	Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi
Toprak Türleri			**NDVI**		
Kahverengi Orman T.	3		1 çok az	2	
Kireçsiz Kah. Orm. T.	4		2 az	1	**8**
Alüvyal Topraklar	1	**15**	3 orta	3	
Kolüvyal Topraklar	2		4 yüksek	4	
Diğer Topraklar	3		5 çok yüksek	5	
Çıplak Kaya	5		**Yükselti (m)**		
Jeomorfoloji			85-300	1	
Dağlık Alanlar	5		300-500	2	**7**
Plato Sahaları	4	**15**	500-700	3	
Ova ve alüvyal saha	1		700-1500	4	
Birikinti konileri	2		1500-2517	5	
Vadiler	3		**Jeo-uygunluk**		
Eğim (derece)			Uygun	1	
0-2	1		Küçük düzenleme	2	**8**
2-5	1		Büyük düzenleme	3	
5-10	2		Uygun değil	4	
10-15	3	**10**	Kullanılamaz	5	
15-20	4		**Akarsu Yoğunluğu (km/km^2)**		
20-30	4		0-0,78	1	
30-40	5		0,79-1,26	2	
40-70	5		1,27-1,73	3	**10**
Sıcaklık (^{0}C)			1,74-2,21	4	
2-4	5		2,22-2,81	5	
4-6	5		2,82-4,25	5	
6-8	4	**10**	**Rüzgar Hızı (s/km)**		
8-10	3		1,66-2,58	1	
10-12	2		2,59-3,91	2	
12'den fazla	1		3,92-5,35	3	**7**
İrtifa Farkı (m)		**10**	5,36-6,88	4	
1-50	1		6,89-8,53	5	
51-150	2		8,54-11,01	5	
151-250	3				
251-350	4				
351-599	5				

Tarım alanı uygunluk analizi verilerine göre havza toplam alanının % 12'si doğal ortam koşullarının sağladığı olanaklar çerçevesinde çok uygun özelliğe sahiptir. Havza toplam

alanının % 20,1'i minör boyutlu müdahale ve düzeltmelerle uygun koşulları sağlamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın % 42,2'si büyük düzenlemelerle tarım alanı için uygun iken % 25,4'ü uygun olmayan, % 0,3 bu faaliyet için kullanılamayacak kapsamdadır (Şekil 114).



Şekil 114: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında tarım alanı uygunluk analizi

Tarım alanı uygunluk analizi verilerinin havzadaki dağılışı incelendiğinde, İnegöl ve Yenişehir alüvyal tabanlı ova sahalarının tamamı ile havzanın muhtelif yerlerindeki alüvyal düzlükler çok uygun koşulların olduğu alanlardır. Bu sahalardaki toprak yapısı, derinliği, eğim, yükselti şartları, drenaj yoğunluğu gibi etmenlerin tarım faaliyeti için oldukça elverişli koşullar sağladığı görülmektedir. Göksu Çayı Havzası'nda küçük düzenlemelerle uygun koşulların olduğu alanlar ova tabanlarının çevresindeki birikinti konisi sahaları, diğer alüvyal düzlükler ile havza ortası ve Yenişehir kuzeyindeki hafif eğimli alçak plato sahasında dağılışın olduğu görülmektedir. Diğer plato alanlar ise mutlak suretle büyük düzenlemeler gerektirmekte ya da burada yapılacak tarım alanının verim düzeyinin düşük olacağı beklenmektedir. Havzanın ¼'ü tarımsal faaliyet için uygun değildir. Bu alanlar Avdan Dağları, Ahı Dağı, Domaniç Dağları ve

Uludağ yamaçlarının yüksek kesimleri olup, bu sahalar yükselti, eğim, toprak, sıcaklık ve birçok doğal koşul tarıma elverişsiz olanaklar sunmaktadır.

Göksu Çayı Havzası'nın tarım alanı uygunluk analizi verileri ile 2020 yılı AKAÖ verileri karşılaştırıldığında yaklaşık % 7'lik bir oranda uygunluk verisine göre daha fazla tarım arazisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu durum özellikle plato sahalarındaki büyük düzenlemeleri gerektiren, eğim oranının daha yüksek olduğu sahalarda yapılan tarımsal faaliyetlerle ilişkilendirilebilir. Belirtilen verinin arazi kullanımı kabiliyet sınıfları ile ilişkisi incelendiğinde tarımsal verimin daha düşük olacağı, uygunluğun daha az ilişkiye sahip olduğu da ortaya çıkmaktadır. Özellikle havzada İnegöl Ovası'nın güneyi ile doğudaki plato sahasında arızalı topografik koşulların olduğu alanlardaki tarım sahaları belirtilen uyuşmazlığın yoğun olduğu yerlerdir. Tarımsal verim açısından uygun olmayan alanların tarıma açılması ya da bu şekilde kullanılması, erozyon başta olmak üzere birçok hadiseyi de tetikleyebilmektedir.

5.1.2.4. Orman Alanı Uygunluk Analizi

Göksu Çayı Havzası'nda orman alanı için ağırlıklı bindirme yönetimiyle yapılan uygunluk yeri analizinde; jeomorfoloji, toprak, yükselti, eğim, NDVI, yağış, sıcaklık, jeo-uygunluk, irtifa farkı ve rüzgar hızı ana faktörleri doğal koşullar olarak kullanılmıştır (Dağlı ve Çağlayan, 2016: 87) (Tablo 47). Belirtilen ana unsurlara ait 62 alt parametrede ana unsurlar ve kendi içerisindeki değerler olarak sınıflandırılarak analiz verisinde kullanılmış ve orman alanı uygunluk verileri ortaya konmuştur.

Orman alanı uygunluk dağılışının analiz sonuçlarına göre Göksu Çayı Havzası'nın % 10,1'i çok uygun koşullar sunarken % 43,8'i küçük müdahalelerle uygun koşullar sunmaktadır. Havza toplam alanının verim ve kullanım açısından % 29,1'i büyük düzenlemeler gerektirmekte, % 6,7'si uygun olmayan koşullar sunmakta ve % 10,3'ü bu faaliyet için kullanılmaz alan durumundadır (Şekil 115).

Göksu Çayı Havzası'nda orman alanı uygunluk yeri analizi verilerinin dağılışı incelendiğinde; Uludağ, Domaniç Dağları ve Ahı Dağı'nda orman üst sınırını belirleyen hatta kadar olan yamaçlarının çok uygun koşullarda olduğu görülmektedir. Belirtilen alanlardan İnegöl ve Yenişehir ovalarının çevreleri ile birikinti konilerine kadar olan plato sahalarının neredeyse tamamı orman alanları için minör düzenlemelerle uygun koşullar sunmaktadır. Bu durum havzanın % 54'ünün orman varlığını barındırabileceğini göstermektedir. Daha alçak plato sahaları ise büyük düzenlemeler gerektiren 3. seviyede uygun alanlara sahiptir. Ova tabanları ve çevresi, alüvyal düzlük sahaları özellikle tarım alanı başta olmak üzere diğer kullanımlar için uygun olduğundan orman alanı açısından uygun olmayan sahalar olarak dağılış

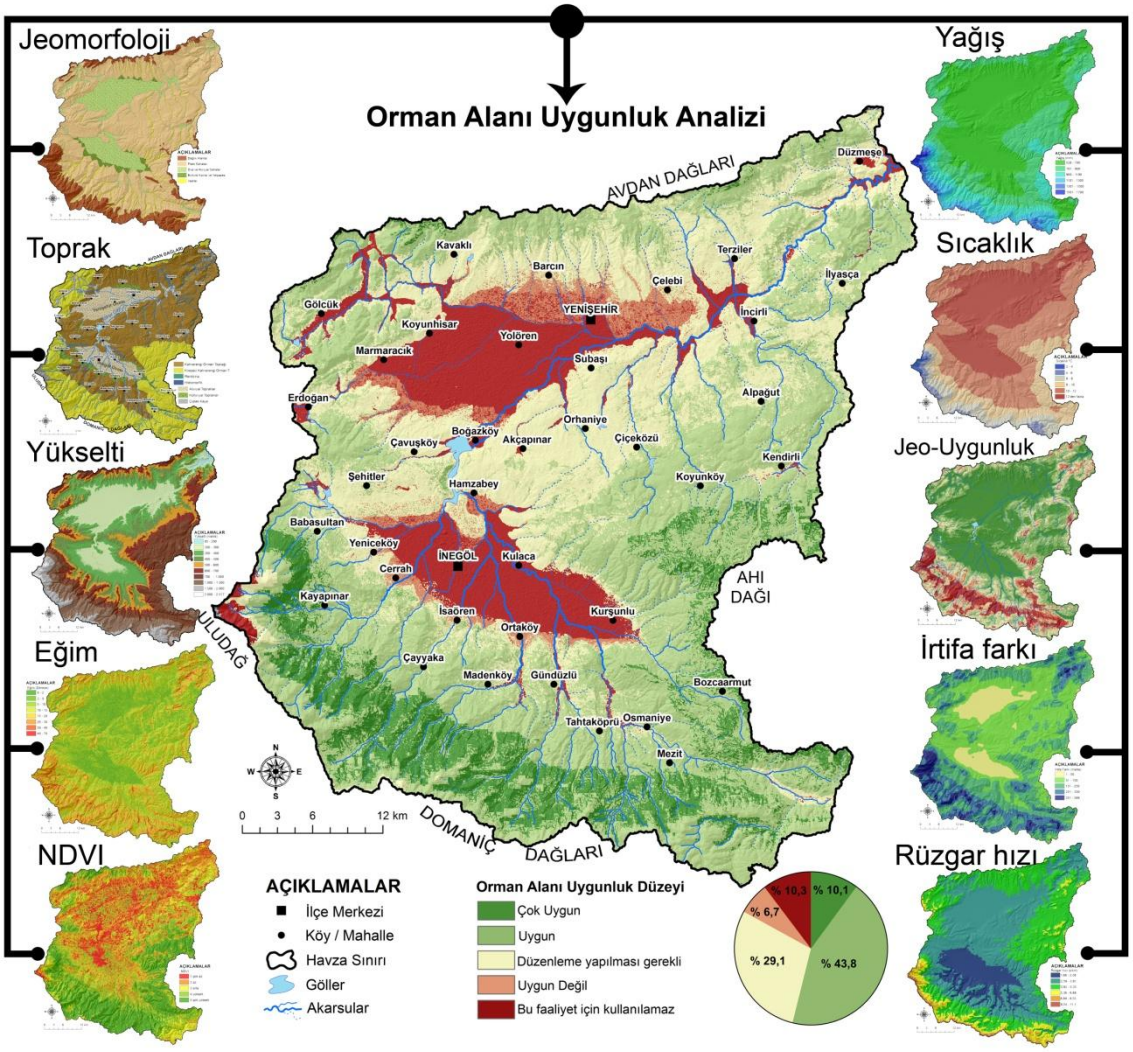
gösterir. Havzanın güneybatısındaki en yüksek kuşak olan 2100 m seviyesinin üstündeki Uludağ zirve alanı orman üst sınırı ve bitki kuşağının üzeri olduğundan dolayı bu alan için kullanılamaz yapıdadır.

Tablo 47: Orman alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri

Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi	Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi
Jeomorfoloji			**Yağış (mm)**		
Dağlık Alanlar	1	**10**	526-700	4	**10**
Plato Sahaları	2		701-900	2	
Ova ve alüvyal saha	5		901-1100	2	
Birikinti konileri	3		1101-1300	1	
Vadiler	4		1301-1500	1	
Toprak Türleri			1501-1700	1	
Kahverengi Orman T.	1	**15**	**Sıcaklık (^{0}C)**		**10**
Kireçsiz Kah. Orm. T.	1		2-4	5	
Alüvyal Topraklar	5		4-6	2	
Kollüvyal Topraklar	4		6-8	1	
Diğer Topraklar	3		8-10	1	
Çıplak Kaya	5		10-12	2	
Yükselti (m)			12'den fazla	3	
85-300	5	**10**	**Jeo-uygunluk**		**10**
300-500	4		Uygun	5	
500-700	3		Küçük düzenleme	3	
700-1500	1		Büyük düzenleme	2	
1500-2517	1		Uygun değil	2	
Eğim (derece)			Kullanılamaz	1	
0-2	5	**10**	**İrtifa Farkı (m)**		**5**
2-5	4		1-50	5	
5-10	3		51-150	3	
10-15	2		151-250	2	
15-20	2		251-350	2	
20-30	1		351-599	5	
30-40	1		**Rüzgar Hızı (s/km)**		**10**
40-70	3		1,66-2,58	2	
NDVI		**10**	2,59-3,91	2	
1 çok az	5		3,92-5,35	2	
2 az	4		5,36-6,88	3	
3 orta	3		6,89-8,53	4	
4 yüksek	1		8,54-11,01	5	
5 çok yüksek	1				

Havzanın 2020 AKAÖ verisi ile orman alanı uygunluk verileri incelendiğinde ve havza yönetimi açısından karşılaştırıldığında dağılışın uygunluk analizine ilişki düzeyinin oldukça pozitif yönlü olduğu görülmektedir. Günümüz orman varlığının havzadaki oranının % 40 olduğu ve bunun diğer bitki örtüsü verileri ile birleştirildiğinde havzanın doğal ortam

koşulları açısından doğru bir kullanıma sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifade ile 2020 yılına kadar belirtilen orman varlığı antropojenik etkenler ya da diğer unsurlardan çok fazla baskı altına girmemiş ve tahrip olmamıştır.



Şekil 115: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında orman alanı uygunluk analizi

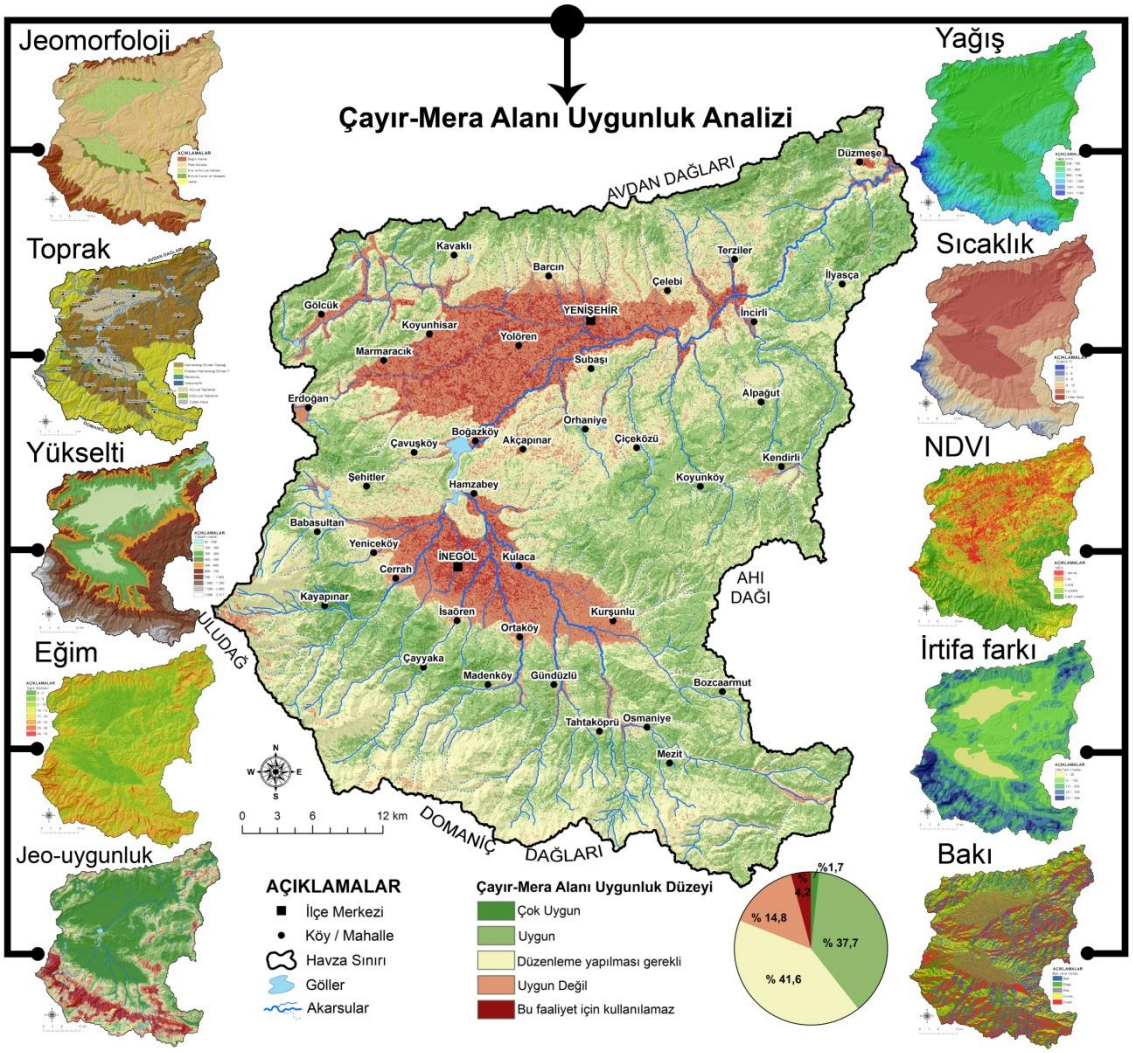
5.1.2.5. Çayır-Mera Alanı Uygunluk Analizi

Göksu Çayı Havzası'nda ağırlıklı bindirme yöntemi ile yapılan çayır-mera alanı uygunluk analizi için; jeomorfoloji, toprak, yükselti, eğim, jeo-uygunluk, yağış, sıcaklık, NDVI, irtifa farkı, bakı ana unsurları ile bunlara ait 61 alt parametre kullanılmıştır (Dağlı ve Çağlayan, 2016: 87) (Tablo 48). Elde edilen sonuçlardan havza toplam alanının % 1,7'si çok uygun koşullara, % 37,7'si küçük düzenleme ve müdahalelerle uygun koşullara sahiptir. Göksu Çayı Havzası toplam alanının % 41,6'sı büyük düzenleme ya da müdahale gerektiren uygunluk koşullarına sahipken, % 14,8'i uygun olmayan alanlar sunmakta ve % 4,2'si bu faaliyet için kullanılamaz yapıdadır (Şekil 116).

Çayır-mera alanları uygunluk analiz verilerinin havzadaki dağılışı incelendiğinde çok uygun sahaların 500-800 m aralığındaki plato sahalarının az eğimli kesimlerinde olduğu anlaşılmaktadır. Belli müdahale ve düzenlemelerle uygun hale getirilebilecek alanlar ise plato alanlarının tamamında görülebilmektedir. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile alüvyal düzlükler çayır-mera faaliyetleri ve kullanımı için uygun olmayan yerlerdir. Göksu Çayı Havzası'nın 2020 yılı AKAÖ verisi ile uygunluk analizi verileri karşılaştırıldığında özellikle havzanın güneyindeki yüksek plato sahalarında yer alan çayır, mera ot toplulukları sahalarının aynı alanda bulunduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 48: Çayır-mera alanı uygunluk analizinde kullanılan parametreler ve etki değerleri

Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi	Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi
Jeomorfoloji			**Yağış (mm)**		
Dağlık Alanlar	2	**15**	526-700	4	**10**
Plato Sahaları	1		701-900	1	
Ova ve alüvyal saha	5		901-1100	2	
Birikinti konileri	3		1101-1300	3	
Vadiler	4		1301-1500	4	
Toprak Türleri			1501-1700	5	
Kahverengi Orman T.	1	**10**	**Sıcaklık (^{0}C)**		**10**
Kireçsiz Kah. Orm. T.	2		2-4	4	
Alüvyal Topraklar	5		4-6	1	
Kollüvyal Topraklar	5		6-8	2	
Diğer Topraklar	3		8-10	3	
Çıplak Kaya	5		10-12	4	
Yükselti (m)		**10**	12'den fazla	5	
85-300	5		**NDVI**		**10**
300-500	4		1 çok az	5	
500-700	2		2 az	3	
700-1500	1		3 orta	1	
1500-2517	4		4 yüksek	3	
Eğim (derece)		**15**	5 çok yüksek	5	
0-2	5		**İrtifa Farkı (m)**		**5**
2-5	5		1-50	4	
5-10	4		51-150	3	
10-15	1		151-250	2	
15-20	2		251-350	2	
20-30	3		351-599	5	
30-40	4		**Bakı**		**5**
40-70	5		Düz	5	
Jeo-uygunluk		**10**	Kuzey	4	
Uygun	5		Doğu	2	
Küçük düzenleme	2		Güney	1	
Büyük düzenleme	1		Batı	2	
Uygun değil	3				
Kullanılamaz	4				



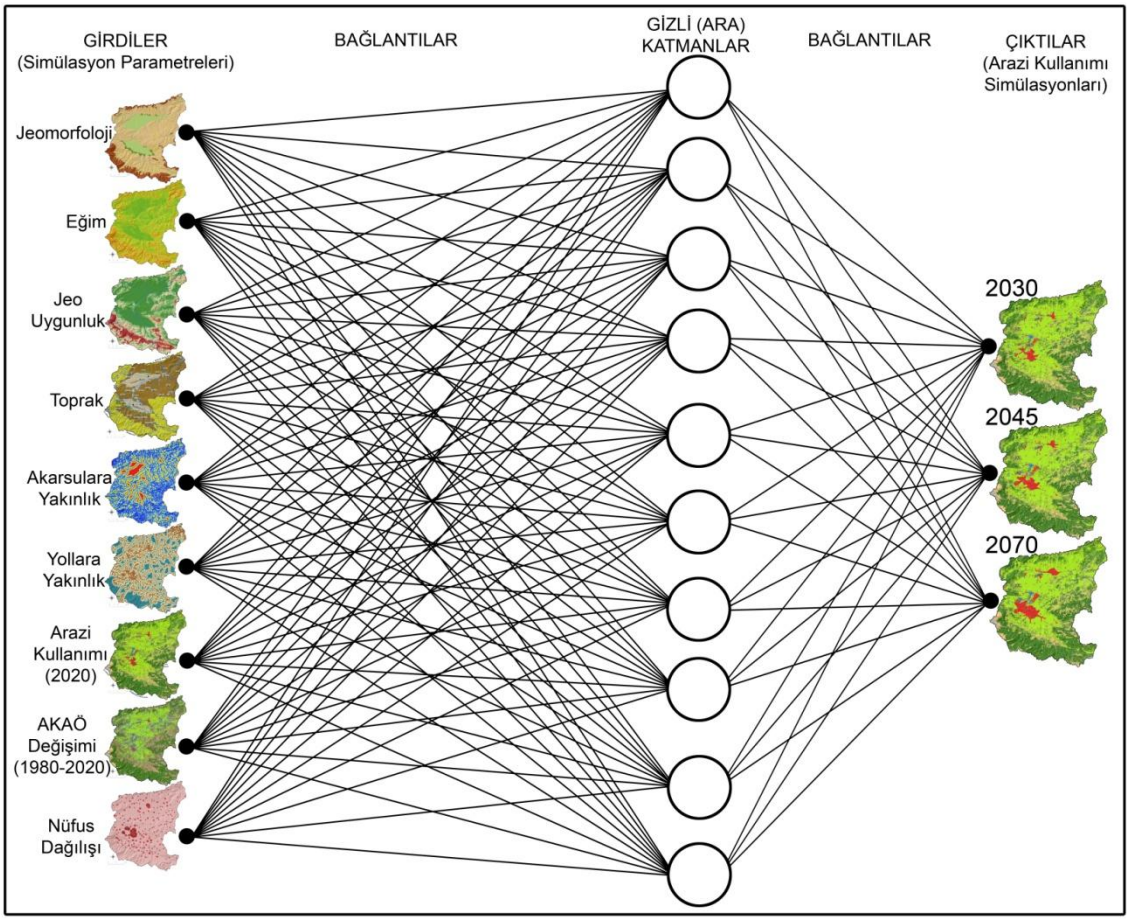
Şekil 116: Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşulları kapsamında çayır-mera alanı uygunluk analizi

5.1.3. Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AKAÖ) Değişimlerine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli

Havzaların yönetim ve planlaması, günümüz verilerinin analizleri üzerinden geleceğe dönük yapılan tahminlerin etki, risk ve gelişim yapısının havzanın kendine özgü dinamikleri üzerinden planlanmasıdır. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın yönetim ve planlamasında geçmişten (1980) günümüze (2020) arazi kullanım/arazi örtüsü değişiminin analizleri ile ortaya konacak arazi kullanım simülasyonları modellenmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın arazi kullanımı simülasyonları yapay zeka metodu olan yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile 2030 (10 yıl sonra), 2045 (25 yıl sonra) ve 2070 (50 yıl sonra) yılları için uygulanmıştır (Şekil 117).

YSA'nın temeli olan insan beyninin nöronları arasındaki giriş, bağlantı ve çıktı sistematiği modelin temelini oluşturmaktadır. Bunun için mevcut arazi kullanımı verisi ilksel

giriş katmanı olurken, değişim parametrelerini etkileyecek olan jeomorfoloji, eğim, jeo-uygunluk, toprak, akarsulara mesafe, yollara mesafe, AKAÖ değişimi (1980-2020) ve nüfus dağılışı verileri kullanılmıştır (Şekil 117). Kullanılacak verilerin sınıflandırılmasında literatürdeki çalışmalardan yararlanılmıştır (Lambin vd., 2001: 263; Malczewski, 2004: 15; Özşahin ve Kaymaz, 2015: 121; Liu vd., 2017: 99; Bayar, 2020: 48-51; Canpolat ve Dağlı, 2020: 714). Her bir giriş katmanı bağlantısal olarak gizli ara katmanında istatistiksel değer almakta, bağlantısal ağırlıklar formülize edilip kantitatif veriler ortaya çıkmakta ve geçiş-değişim olasılığına göre çıkış katmanında arazi kullanım modelini oluşturmaktadır.



Şekil 117: Göksu Çayı Havzası'nın 2030, 2050 ve 2070 yılları arazi kullanımı/arazi örtüsü projeksiyonları için oluşturulmuş yapay sinir ağları (YSA) modeli

Göksu Çayı Havzası AKAÖ modelleri oluşturulurken kullanılan YSA girdilerinden jeo-uygunluk verisi havzadaki jeomorfolojik koşulların beşeri faaliyetler için uygunluk analizlerine dayalı oluşturulan veriden sağlanmıştır. Arazi kullanımı değişimi daha önceki bölümde elde edilen değişim analizine dayanmaktadır. Bu değişimde su yüzeylerini oluşturan baraj ve göletlerin geleceğe dönük tahmini oldukça zor olduğundan 2020 yılı su yüzeyi verisi sabit değer olarak kabul edilmiştir. Nüfus dağılışı ve geleceğe dönük tahmin verileri ise nüfus sayım sonuçlarının doğrusal ve üstel eğilim üzerinden 85 yıllık ve son 30 yıllık verilerinin değerlendirilmesiyle hesaplanmıştır. Bu bakımdan nüfus değişimi verilerinde nüfus artış hızı

yıllık % 1,5 ve % 2,01 değerleri ile hesaplanmıştır. Girdi verilerini oluşturan doğal ve beşeri coğrafya özellikleri, değişim trendi ve geçiş olasılıklarının bağlantısal verileri ile havzanın 2030, 2045 ve 2070 yıllarına ait AKAÖ dağılışı ve kantitatif verileri ortaya konmuştur. Bu verilerin havza yönetimi ve planlaması için dönemsel ve 2020 yılına ait karşılaştırmalı değişim dağılışı üzerinden etki modeli açıklanmıştır.

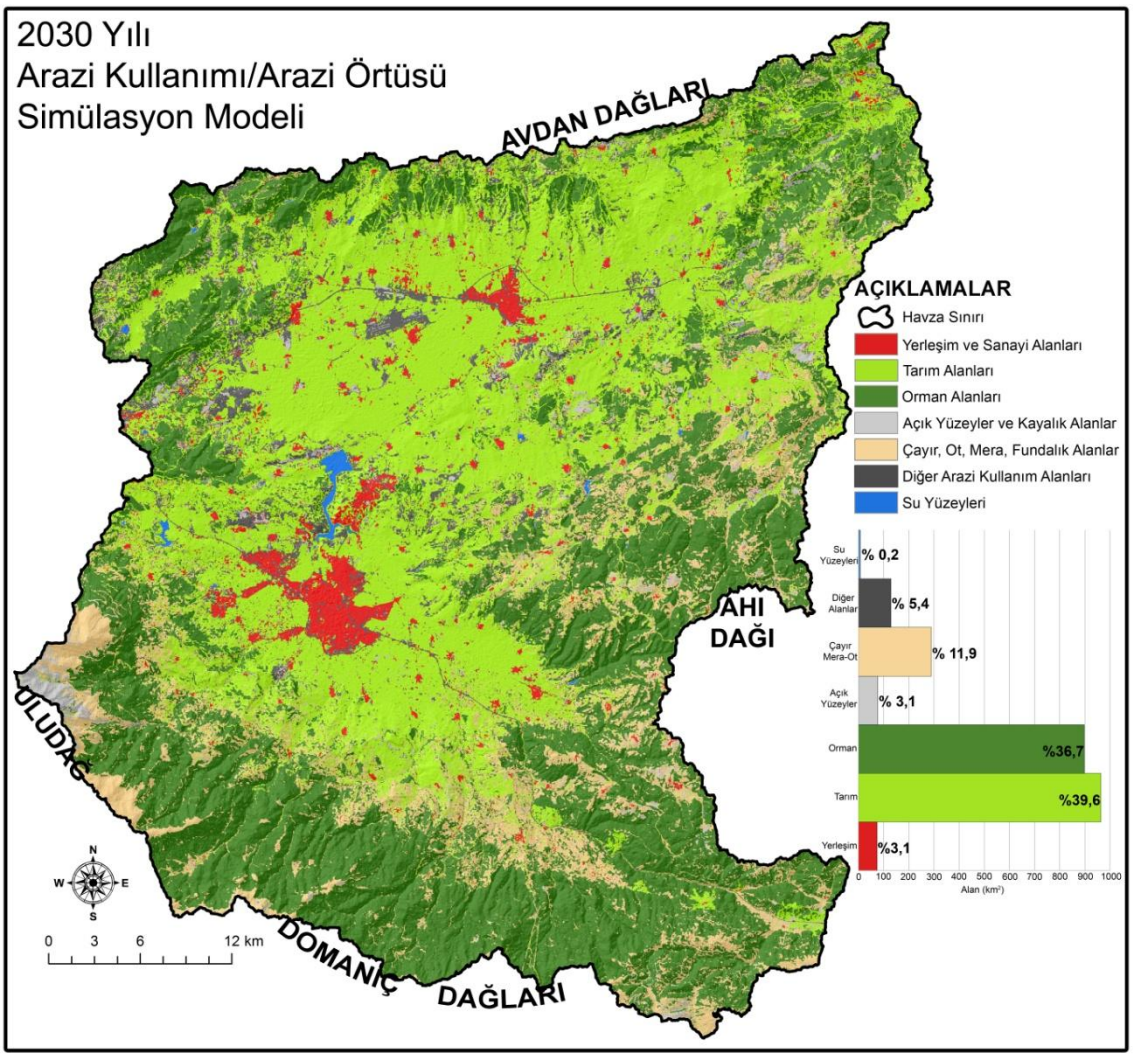
5.1.3.1. 2030 Yılı Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Simülasyonu

Göksu Çayı Havzası'nın yapay sinir ağları yönetimine göre oluşturulmuş 2030 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü modeline göre havzanın % 3,1'ini yerleşim ve sanayi alanları, % 39,6'sını tarım alanları, % 36,7'sini orman alanları, % 11,9'unu çayır, ot, mera, fundalık alanlar, % 3,1'ini açık yüzeyler ve kayalık alanlar, % 5,4'ünü diğer arazi kullanım alanları oluşturmaktadır (Şekil 118). Su yüzeylerinin modelinde geleceğe dönük verisi baraj-gölet yapımı olarak değerlendirildiğinden sisteme girilmemiş ve 2020 yılı verisi sabit tutulmuştur. Yapılan trend analizleri ile havzanın 2030 yılında nüfusunun 394.025 kişi ile 411.499 kişi arasında olacağı modellenmiştir. Bu değer havzada yerleşim alanlarında artışın olacağını ve bunun AKAÖ değişimi başta olmak üzeri su kullanımı, antropojenik değişim ve müdahalelere etki edeceği tahmin edilmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın 2030 yılı arazi kullanımı modeline göre pozitif yönlü artışın yerleşim ve sanayi alanı (% 12,3) ile tarım alanında (% 1,6) olacağı tespit edilmiştir. Orman alanının 2020 yılına göre alansal olarak pozitif yönlü az miktarda değişime (% 0,09) uğradığı saptanmıştır. Açık yüzeyler ve kayalık alanlar (% -2,53), ot, çayır-mera alanları (% -3,9) ve diğer kullanım alanlarında (% -10,8) negatif yönlü değişimler olduğu modellenmiştir. Bu durum özellikle havzada yerleşim alanının nüfus artışı nedeniyle özellikle İnegöl şehir merkezi çevresindeki tarım alanları ve diğer kullanım alanlarına doğru yayılacağını göstermektedir. Diğer değişimin yoğunlaşacağı alanlar ise Yenişehir Ovası, havalimanı çevresi, Yenişehir ilçe merkezi yakınlarındadır.

Havzanın 2030 yılı arazi kullanımı modelinde Aksu Dere vadisi, Bahçecik-Koyanlık Dere vadisi çevrelerindeki diğer kullanım alanları ve çayır-mera alanlarının tarım alanına dönüşeceği görülmektedir. Meydana gelen değişimde ova tabanlarındaki tarım alanlarının farklı kullanımlara sahne olmasından dolayı jeomorfolojik-toprak koşulları açısından uygun olabilecek bu sahalarda tarım alanlarına dönüşümün olacağı tespit edilmiştir. Diğer değişim sahası Boğazköy Barajının batısında ve havzanın doğusundaki maden, taş ocağı çıkarım alanlarının az da olsa genişleyeceği yerlerdir. 10 yıl sonra nüfus yapısının ilçe merkezlerinde toplanacağı bu nedenle Yenişehir'de ilçe merkezini çevreleyen yola doğru genişleme ve arazi kullanımı değişiminin gözlemleneceği saptanmıştır. İnegöl şehir merkezinde ise özellikle

ovanın güneyine doğru ve Cerrah-Çeltikçi mahallelerine doğru bir yayılım olacaktır. Bunun dışında İnegöl-Hamzabey Mahallesi kuzeybatısındaki sanayi alanı çevresinde de yerleşim alanı genişlemesi ve diğer arazi değişimleri yaşanacaktır.



Şekil 118: Göksu Çayı Havzası'nın 2030 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü simülasyon modeli

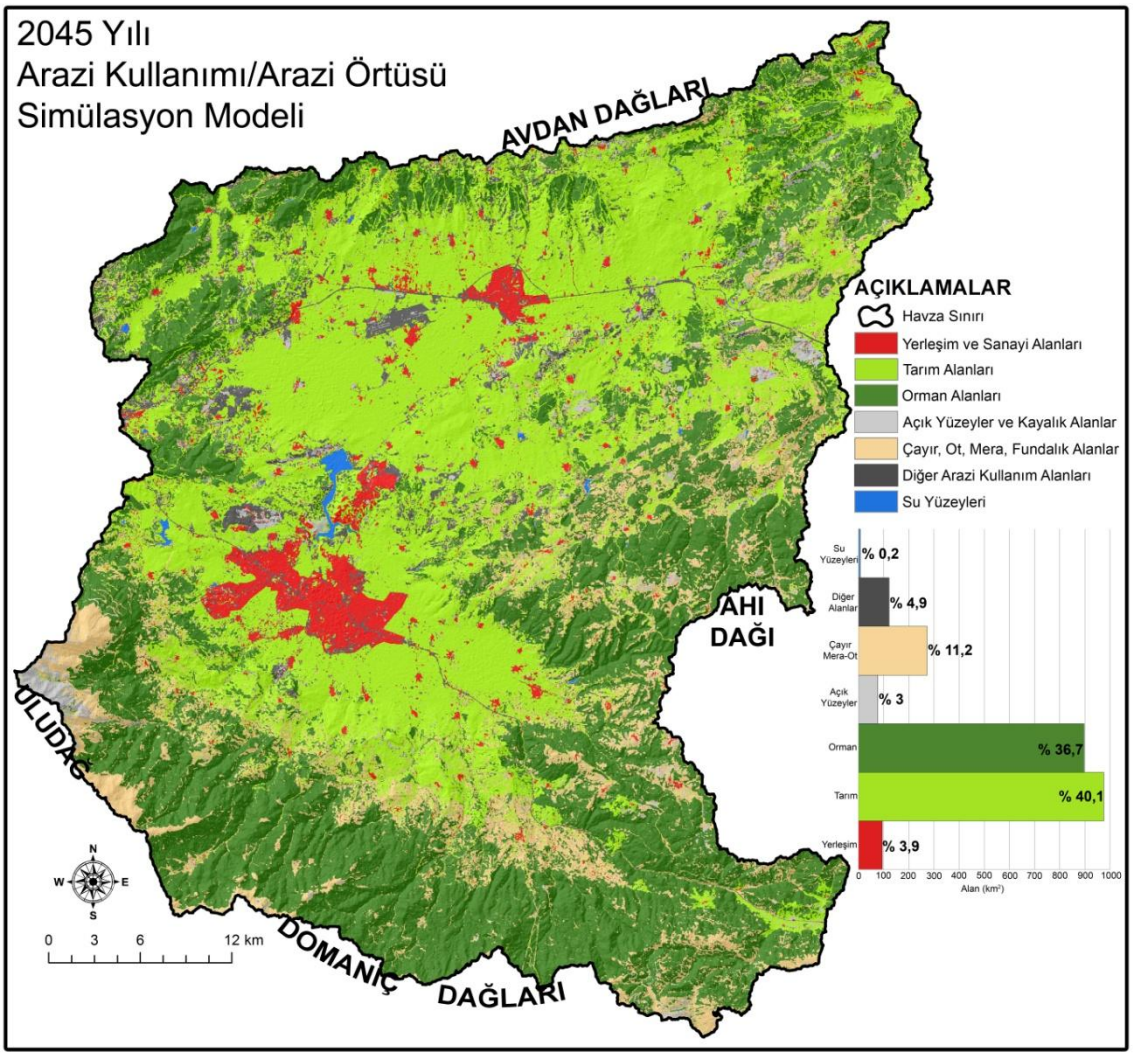
Göksu Çayı Havzası'nın 10 yıl sonraki AKAÖ modeli incelendiğinde havza yönetimi ve planlaması açısından değişimlerin yaşanacağı aşikardır. Bu bakımdan verimli tarım alanlarında farklı kullanımların olacağı, artan nüfus nedeniyle su tüketimi, mesken ve sanayi atık deşarjının artacağı ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda genişleyen yerleşim alanlarının deprem, sel, taşkın gibi afet riski yüksek alanları doğru olması havzanın yönetim ve planlaması için birçok önlem alınması gerektiğini göstermektedir.

5.1.3.2. 2045 Yılı Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Simülasyonu

Göksu Çayı Havzası'nın 2045 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü modeline göre havzanın % 3,9'unu yerleşim ve sanayi alanları, % 40,1'ini tarım alanları, % 36,7'sini orman alanları, %

11,2'sini çayır, ot, mera, fundalık alanlar, % 3'ünü açık yüzeyler ve kayalık alanlar, % 4,9'unu diğer arazi kullanım alanları oluşturmaktadır. Havzanın 10 yıl sonraki modelinde olduğu gibi 25 yıl sonraki modelinde de su yüzeyleri sabit değer olarak tutulmuştur. Nüfus verileri üzerinden hesaplanan trend analizine göre 2045 yılında havzanın nüfusu 471.117 ile 514.803 kişi arasında olacağı tahmin edilmiştir.

Havzada 2030-2045 yılları arasında meydana gelecek arazi kullanımı/arazi örtüsü değişim verileri incelendiğinde; pozitif yönlü artış eğilimindeki değişimler yerleşim ve sanayi alanları (% 27,2), tarım alanları (% 1,1) ve açık yüzeylerde (% 0,92) olacağı modellenmiştir. Orman alanları (% -0,21), ot, çayır-mera alanları (% -5,92) ve diğer arazi kullanım türlerinde (% -6,9) negatif yönlü azalma yapısında değişimin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 119: Göksu Çayı Havzası'nın 2045 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü simülasyon modeli

Göksu Çayı Havzası'nda 2045 yılındaki arazi kullanım dağılışının bir önceki model dönemine göre değişimi incelendiğinde yerleşim alanlarının artış oranın artmasıyla özellikle İnegöl Ovası tabanında ve Yenişehir ilçe merkezi çevresinde değişim yoğunlaştığı

anlaşılmaktadır (Şekil 119). İnegöl çevresindeki yerleşim alanı dağılışı D-200 karayolu çevresi ile ovanın KB-GD doğrultusundaki uzanışına paralel olarak gerçekleşeceği modellenmiştir. İnegöl'de doğuda yer alan Ortaköy Mahallesi ile batıdaki Akıncılar ve güneydeki Cerrah Mahalleleri arasında yerleşmenin ve belli alanlardaki sanayi sahalarının kesintisiz uzanacağı tahmin edilmektedir. Yenişehir ilçe merkezi çevresinde, D-160 karayolu hattında ve ilçenin kuzeyine doğru yayılışın olacağı saptanmıştır. Göksu Çayı Havzası'nda 2030-2045 yılları arasında yaşanan değişimin diğer yoğunlaştığı alanlar maden-taş ocağı sahalarındaki genişleme alanları, Yenişehir Ovası'nın batısındaki diğer kullanım sahalarının tarım alanına dönüşmesi, havzanın güneydoğu, kuzeydoğu ve kuzeybatısındaki sahalarda tarım alanlarının genişlemesi ve D-160 karayolu hattı üzerindeki değişim alanlarıdır.

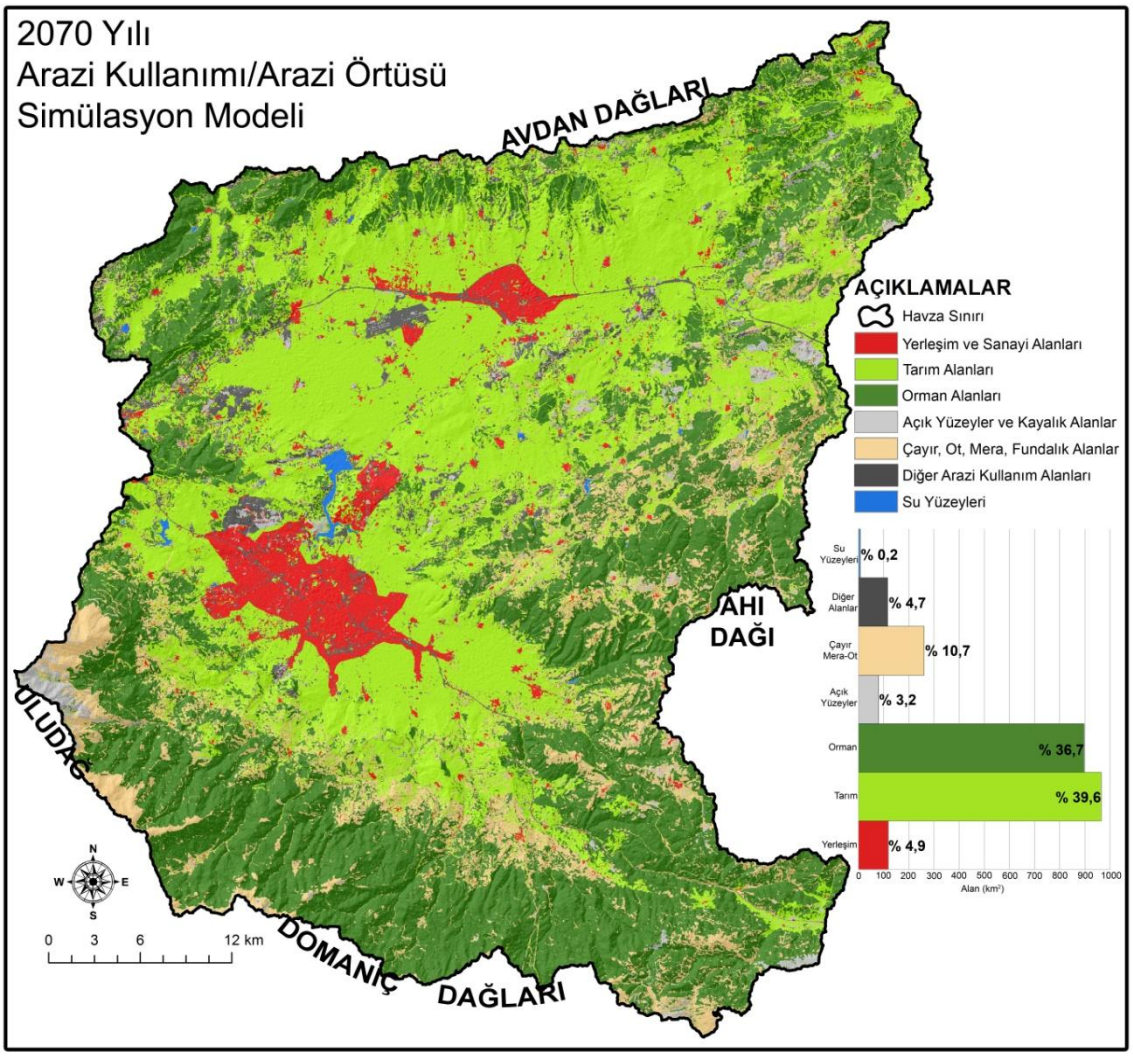
Havzanın 25 yıl sonraki 2045 yılına ait arazi kullanımı/arazi örtüsü modeline göre nüfusla birlikte yerleşim-sanayi alanlarında meydana gelecek artış verimli tarım arazilerindeki antropojenik baskıyı arttıracak ve muhtemel doğal çevre kullanımı artacağı için doğa tahribatı hızlanacaktır. Bu durum aynı zamanda farklı alanlardaki kullanımların değişmesine ve tarım alanlarına dönüşmesine yol açacaktır. Havzanın batı ve doğusunda bulunan taş-maden ocaklarının genişlemesi de diğer değişim alanıdır. Bütün bu değişimler, jeomorfolojik koşulların değişmesine, su kullanımının artmasına, akarsuların muhtemel kirliliğine ve tarım alanlarından alınacak verimin değişmesine neden olabilecektir. Aynı zamanda 2030 yılı modelinde olduğu gibi 2045 modelinde de beşeri faaliyet yoğunluğunun muhtemel risk alanlarında (deprem, sel, taşkın, heyelan vb.) yoğunlaşması yönetim ve planlamadaki odak noktalarının mutlaka bu sahalar olmasını gerektirmektedir.

5.1.3.3. 2070 Yılı Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Simülasyonu

Göksu Çayı Havzası'nın 50 yıl sonraki, 2070 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü modeline göre havzanın % 4,9'unu yerleşim ve sanayi alanları, % 39,6'sını tarım alanları, % 36,7'sini orman alanları, % 10,7'sini çayır, ot, mera, fundalık alanlar, % 3,2'sini açık yüzeyler, % 4,7'sini diğer arazi kullanım alanları oluşturmaktadır (Şekil 120). Havzanın diğer modellerde olduğu su yüzeyi varlığı bu modelde de 2020 yılı verisi sabit tutularak hesaplamalar yapılmıştır. Havzanın geçmiş dönemli nüfus verileri üzerinden hesaplanan trend analizine göre 2070 yılında havzanın nüfusu 599.604 kişi ile 686.975 kişi arasında olacağı tahmin edilmiştir.

Göksu Çayı Havzası'nın 2045-2070 yılları arasındaki arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi incelendiğinde; yerleşim ve sanayi alanları (% 26,4), orman alanı (% 0,02) ve açık yüzey sahalarında (% 4,07) pozitif yönlü artış meydana geleceğini tespit edilmiştir. Tarım alanları (% -1,06), ot, çayır-mera alanları (% -4,5) ve diğer arazi kullanım alanlarında (% -3,8) negatif yönlü azalma olacağı saptanmıştır (Şekil 121). Nüfus miktarının artması ve şehirleşme

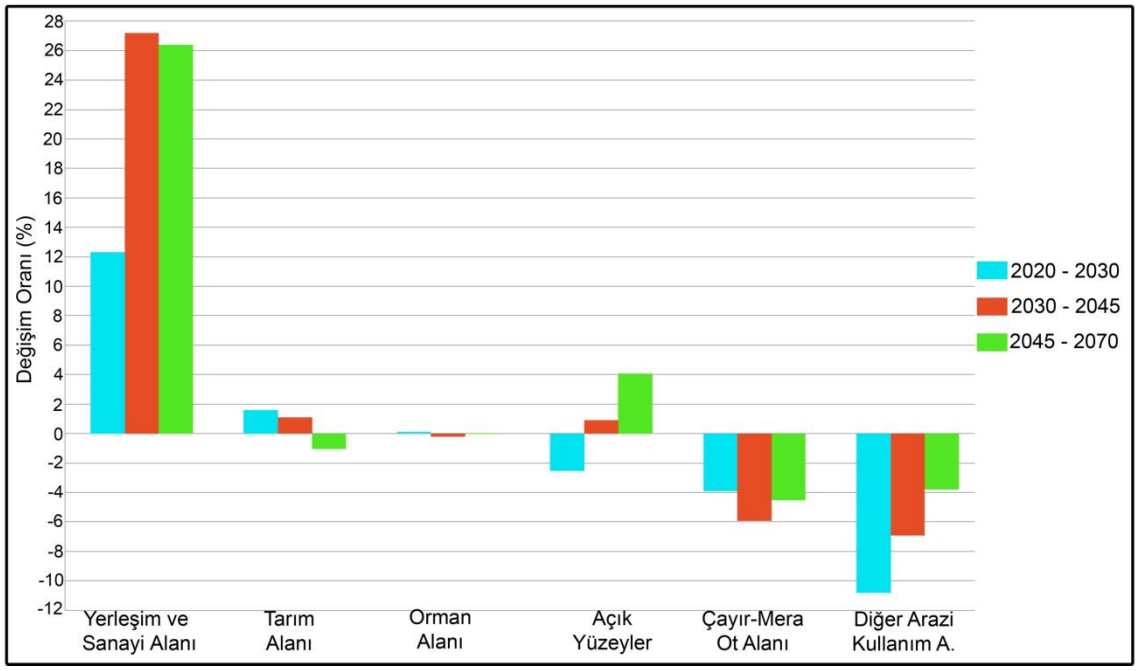
trendi nedeniyle en büyük artış yerleşim alanlarında gözlemlenmektedir. Diğer pozitif yönlü artışın olduğu açık yüzeyler ise havzadaki mevcut maden-taş ocakları sahasının genişlemesidir. Bu bakımdan özellikle Bilecik sınırları içerisinde yer alan havzanın doğusundaki mermer ocaklarının genişleme trendi açık yüzeylerin bu dönem içerisinde alansal olarak artış oranına yansımıştır. Tarım alanları toprak, jeomorfoloji, topografik özellikler olarak maksimum sınırına ulaşacağı için bu dönemde yerleşme alanlarının genişlemesinden dolayı azalma eğilimine girmiştir. Diğer arazi kullanım alanları kapsamında olan sahalar ise diğer yıllara ait modellerde olduğu gibi azalma eğilimindedir.



Şekil 120: Göksu Çayı Havzası'nın 2070 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü simülasyon modeli

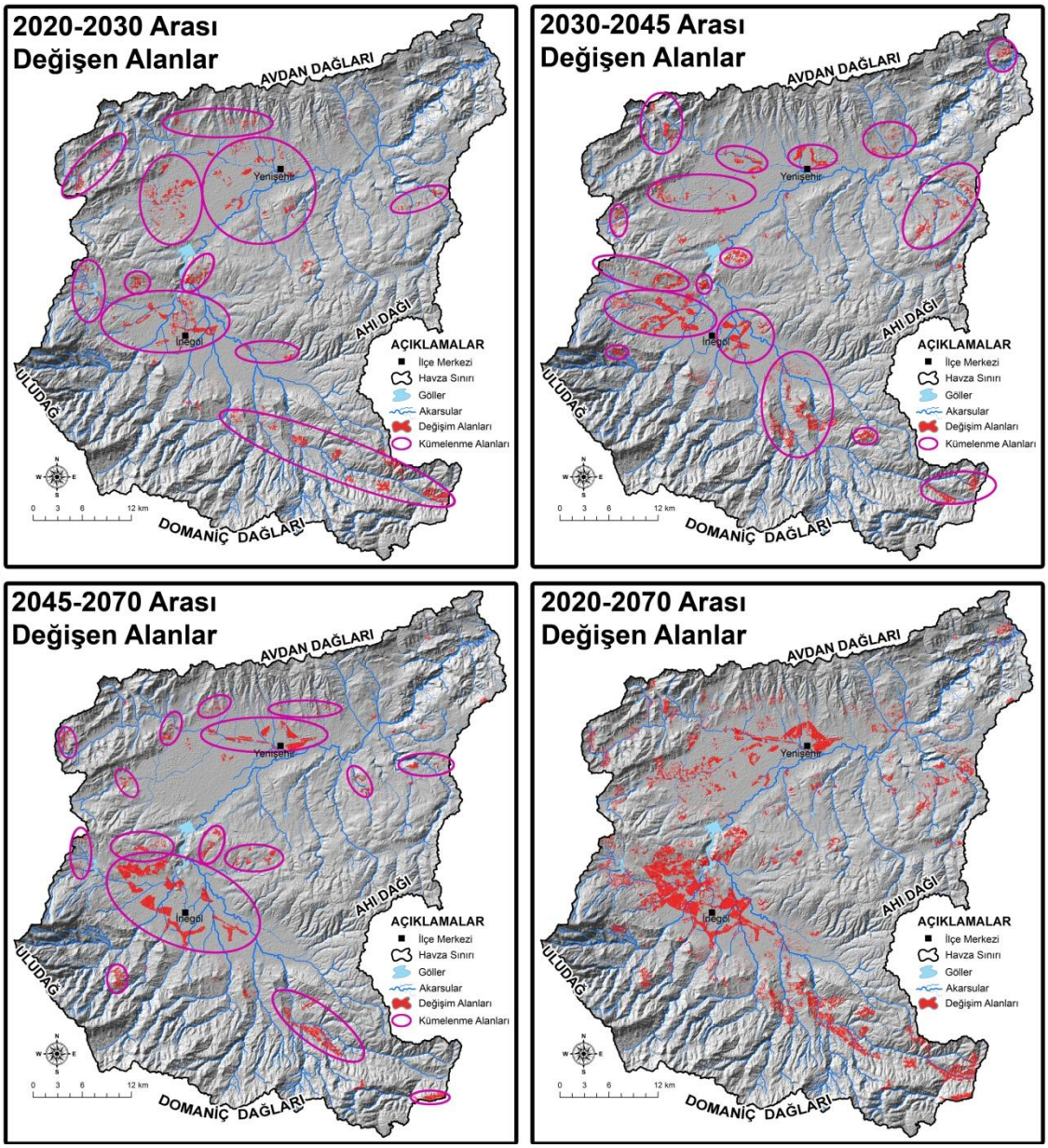
Havzada meydana gelen değişimin dağılışı incelendiğinde yerleşim alanlarının yoğunlaştığı saha İnegöl Ovası'nı KB-GD doğrultusunda tamamen kaplamaktadır. Özellikle bir önceki dönemde D-200 karayolunun her iki yakasında genişleyen alan ovanın eğim açısından elverişli özelliği nedeniyle geniş bir alana yayılmıştır. Yenişehir ilçe merkezi çevresindeki ana yol güzergahlarını kaplayan yerleşim alanları, ilçenin batısına D-160 karayolu ve havalimanı

çevresinde yoğunlaşmaktadır. İnegöl ve Bilecik sınırları içerisinde yer alan maden çıkarım sahaları ile taş ocakları alanındaki değişim yoğunluğu bu dönemde dikkat çekmektedir. İnegöl Ovası'ndaki verimli tarım arazilerinin yerleşim alanına dönüşmesi havzanın güneyinde Aksu Dere vadisi çevresinde ve batıda Karadere havzası aşağı çığırında diğer arazi kullanım ve çayır-mera alanlarının tarım alanına dönüşmesine neden olacağı modellenmiştir. Yenişehir Havzası'nın özellikle batı ve kuzeyindeki plato sahasında da aynı dönüşüm türünün olacağı öngörülmüştür.



Şekil 121: AKAÖ modellerine göre arazi kullanım türleri bazında değişim oranları

Göksu Çayı Havzası'nın 2070 yılı AKAÖ simülasyon modeline göre havza yönetimi-planlaması açısından yerleşim alanının geniş bir sahaya yayıldığı ve bu durumun nüfus artışı, evsel kullanım, antropojenik kökenli doğal değişim, su kullanımı, diğer çevresel sorunlar gibi muhtemel senaryoları ortaya çıkaracağı tahmin edilebilmektedir. Bu noktada özellikle yerleşim alanlarının İnegöl Ovası'nın büyük bir bölümüne yayılması, Yenişehir ilçe merkezinin batısında gelişme göstermesi tarım alanlarının daralmasına neden olacaktır. Aynı zamanda sulu tarım arazilerinin muhtemel daralması havzadaki su kullanımını arttırabilecektir. Maden ve taş-mermer ocaklarının genişlemesi özellikle çayır-mera alanlarının azalmasına yol açabilecektir. Diğer modellerlerde olduğu gibi meydana gelmesi muhtemel değişimlerden özellikle yerleşim-sanayi alanlarının zeminin daha dirençsiz olduğu alüvyal sahalarda gelişme göstermesi deprem, sel, taşkın açısından mutlaka bina-meskenlerde gerekli tedbirlerle mühendislik çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır. Aynı zamanda İnegöl Ovası'na güneyden gelen, Yenişehir'e kuzeyden gelen akarsuların ova tabanındaki taşkın potansiyeli ve koruma önlemlerinin alınması diğer önemli tedbirlerden biridir.



Şekil 122: AKAÖ modelleri arasındaki değişim alanları ve kümelenme bölgeleri

Göksu Çayı Havzası'nın 50 yıllık değişim dağılışı incelendiğinde, yerleşim ve sanayi analarının 2020 yılına göre alansal olarak % 80,6 oranında artacağı hesaplanmıştır. Tarım alanları (% 1,7) ve açık yüzeylerde (% 2,4) pozitif yönlü düşük bir alansal artışının olacağı öngörülmektedir. Orman alanlarında ise en az değişimin (% -0,01) yaşanacağı hesaplanmıştır. Çayır-mera, ot, fundalık alanlarda (% -13,1) ve diğer arazi kullanım sahalarında (% -19,7) negatif yönlü alansal bir azalmanın olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumun temel nedenleri ve dağılışı incelendiğinde 50 yıl sonra havza toplam nüfusunun iki katına erişeceği, şehir merkezlerinde (Yenişehir ve özellikle İnegöl ilçe merkezleri) nüfus yoğunluğunun artacağı, mesken-konut sayısının artacağı ve diğer sanayi alanlarının genişleyeceği öngörülmektedir. Bu genişleme özellikle İnegöl şehir merkezi çevresinden ova tabanının KB-GD doğrultusunda D-200 karayolu çevresinde, Yenişehir ilçe merkezinden batıya doğru D-160 karayolu ile

havalimanı çevresinde olacağı modellenmiştir. Meydana gelen değişim verimli tarım arazilerinde antropojenik baskı yoğunluğunun artacağını bu nedenle boş araziler ve çayır-mera alanlarının jeomorfolojik uygunluk durumuna göre (Yenişehir kuzeyi plato sahası ve Aksu Dere vadisi) tarım alanına dönüşeceği öngörülmektedir. İnegöl ilçe merkezinin kuzeybatısında ve havzanın doğusunda Bilecik il sınırları içerisinde yer alan maden ve taş ocaklarının genişleyeceği ve topografik yüzeyi deforme edeceği varsayımdan bu alanların etki düzeyinin de genişleyeceği tahmin edilmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın 2030 (10 yıl sonra), 2045 (25 yıl sonra) ve 2070 (50 yıl sonra) yılları arazi kullanımı/arazi örtüsü modellerine göre belli alanlarda büyük değişimlerin yaşanacağı öngörülmektedir (Şekil 122). Bu değişimler havzada doğal ortam kullanımı, beşeri faaliyetlerin etkileri, riskler, çevresel sorunlar, hidrolojik bilançoda meydana gelecek değişimler gibi etkenlerle havza yönetimi açısından belli planlamaların yapılmasını ortaya koymaktadır. Bu bilgiler ışığında havza yönetimi-planlaması açısından muhtemel tehlike ve riskler, su bütçesindeki değişim durumu, çevresel ve ekosistemsel sorunlar başlıkları altında ele alınmalıdır.

5.1.4. Morfometrik Analizlere Dayalı Havza Yönetim Modeli

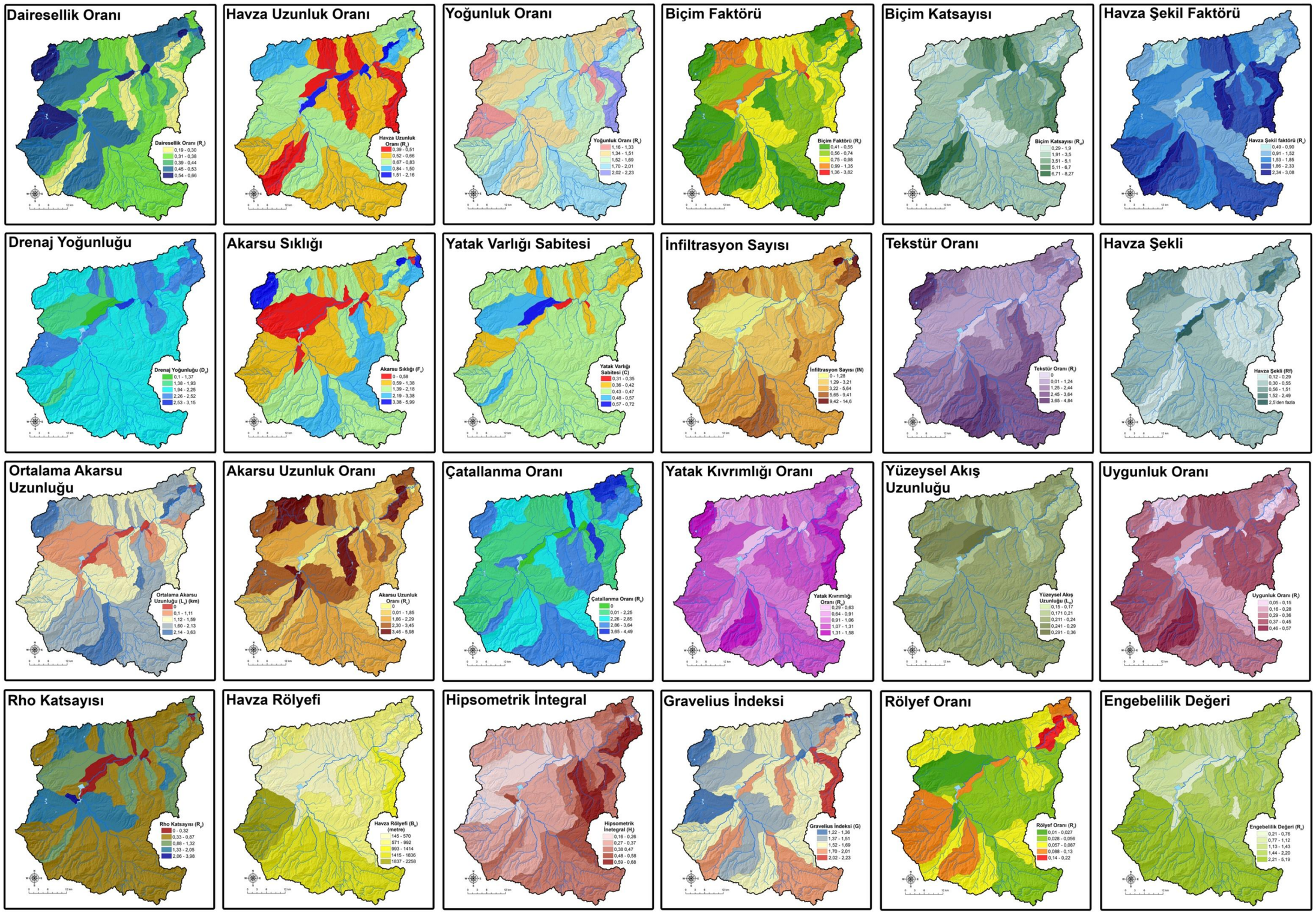
Morfometrik indislerle yapılan analiz sonuçları, havzalarının jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik özellikleri hakkında birçok veri sunmaktadır. Bu verilerin sınıflandırılması, farklı alt havzalarla karşılaştırılması ve yorumlanması ise birçok alanda kullanılabilecek sayısal bilgiler ortaya koymaktadır (Vincy vd., 2012: 1; Markose vd., 2014: 2). Bütün bu çalışmalardan elde edilen bilgiler havzaların, alt havzalar kapsamında yönetimi ve planlanmasını sağlamaktadır (Avinash vd., 2011: 570; Gopinath vd., 2016: 2; Shivhare vd., 2022: 547). Göksu Çayı Havzası için yapılan alansal, çizgisel ve yüzeysel morfometrik analiz verileri de havza yönetimi ve planlamasına katkı sağlayacak birçok veriyi ortaya koymuştur (Şekil 123). Elde edilen veriler havzanın hidrografik, jeomorfolojik işleyiş ve gelişim süreçleri yanında günümüzde belirtilen doğal koşullar eksenindeki birçok beşeri faaliyet içinde veriler ortaya koyar. Çalışmadaki morfometrik analiz sonuçları ve dağılış verileri havza yönetimi açısından değerlendirilirken ayrı kapsamda alt havza önceliklendirmesi de yapılmıştır.

Alansal morfometrik analizlerden dairesellik oranı (R_c) ve havza uzunluk oranı (R_e) havzanın geometrik yapısını ortaya koymaktadır. Bu yapı ise havzaların sel-taşkın durumunu, drenaj ağını ve hidrografik özelliklerindeki farklılıkları açıklamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın alt havzalarında Koyanlık Dere, Karadere, Koca Dere, Dimbaz Dere havzaları ve kuzeydoğudaki dar alanlı havzalar daha çok taşkın karakterli yapıda iken özellikle havzanın güney ve doğusundaki havzalar sel karakterlidir (Şekil 123). Bu durum havza yönetiminde

belirtilen havzalarda risk açısından önemlerin alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Havza uzunluk oranı (R_e) verilerine göre ise özellikle Bedresu, Bıçkı ve İncirli Dere havzaları ile Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki havzalar sel olaylarının meydana gelebileceği, bu nedenle suyun yüzeyde kalmayıp akışa ani şekilde geçtiği ve arazi kullanımını da etkilediği verileri sunar. Yoğunluk oranı (R_k) verilerinin düşük olduğu havzaların aşağı çığırları mekan kullanımı açısından topografik yüzeyin daha sade olduğu elverişli alanlar sunmaktadır. Ancak yüksek yoğunluk oranı değeri havzaların eğim yapısının ve topografik yüzeyin beşeri faaliyetler açısından mekanın uygun olmadığı sahaları oluşturmaktadır.

Biçim faktörü (R_f) ve biçim katsayısı (R_{cf}) havza yönetimi için erozif faaliyetler, drenaj yoğunluğu, su kullanım durumu, sel-taşkın riski bilgilerini ortaya koyar. Göksu Çayı Havzası'nda bazı alt havzalar sel-taşkın riskinin olduğu sahaları meydana getirmektedir. Su kullanımı verileri ise havzanın genelinde günümüz şartlarında sıkıntı olmayacağı ancak bu durumun antropojenik etkenlere de bağlı olduğunu göstermektedir. Havza şekil faktörü (R_s) verileri, Göksu Çayı Havzası'nın güneyinde ve doğusunda sel, heyelan riskinin yoğun olduğu, yüzeysel akış hızının belli dönemlerde fazla olacağı bu nedenle akarsularda sediment taşınımın yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum sulu tarım arazileri, beşeri yapılar ve kanallar üzerindeki planlamaları etkileyecektir. Göksu Çayı Havzası alt havzalarında drenaj yoğunluğu (D_d) ve akarsu sıklığı (Fs) verileri farklılıklar göstermektedir. Alt havzalarda özellikle drenaj yoğunluğunun Yenişehir Ovası tabanında az olması bu sahaların vadi görünümünden çok sedimentasyon sahası olması ve verimli alüvyal düzlüklerden oluşması arazinin kullanım durumunu belirlemektedir. Yoğunluğun en fazla olduğu alanlardan Karadere havzası ile Göksu Çayı'nın Avdan ve Ahı Dağı bölümünden kaynaklarını alan tali akarsu havzalarında sel hadiselerinin olma ihtimali yüksektir (Şekil 123).

Akarsu sıklığı verileri ayrıca değerlendirildiğinde akışa geçen akarsuların varlığı doğal olarak havzaların su beslenmesini ve diğer hidrografik durumunu ortaya koyar. Özellikle Koyanlık Dere havzasındaki yoğunluk hem su varlığını hem de sel hadiselerinin yoğun olabileceğini göstermektedir. Çandır Dere, Çayköy Dere, Girdap Dere havzaları ile Göksu Çayı Havzası'nın kuzeydoğusundaki havzalarda aynı karaktere sahiptir. Yatak varlığı sabitesi (C), havzanın büyük çoğunluğunda su erozyonunun ortalama değerde olduğunu, Avdan Dağları ve Karadere havzasında eğimin yüksek olmasıyla değerin yükseldiğini ve toprağın verimli kısmının taşındığını göstermektedir. Havza yönetiminde önemli bir konu olan erozyon durumunu açıklayan hadise diğer verilerle değerlendirildiğinde Avdan Dağları bölümünde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 123: İnceleme sahasının alt havza kapsamında başlıca morfometrik indis verilerinin dağılışı

İnfiltrasyon sayısı (IN) özellikle ziraat faaliyetleri ve topografik olarak erozif hadiseler hakkında bilgi sunar. Alt havzalarda Koyanlık Dere havzası, Domaniç Dağları'ndan kaynaklarını alan havzalar ve Göksu Çayı Havzası'nın kuzeydoğusundaki alt havzalarda yüzeye düşen suların eğim doğrultusunda ana akarsu hattına akış gösterdiğini anlaşılmaktadır. Bu durum, bu tip havzalarda yoğun yağışlarla bazı risklerin ortaya çıkabileceğini, su erozyonunun yoğun olabileceğini ve havza yönetimi açısından önlemler alınması gerektiğini göstermektedir. Tekstür oranı (R_t) suyun sızma durumu ve yapının geçirimliliği hakkında bilgi verir. Göksu Çayı Havzası'nda, Domaniç Dağları ve Ahı Dağı'ndan kaynaklarını alan akarsu havzaları ile Koyanlık ve Bahçecik Dere'de suyun sızma oranı oldukça düşüktür (Şekil 123). Bu havzalarda da diğer verilerde olduğu gibi sel hadisesi görülebilmekte ve toprak erozif faaliyetlerle aşınmaya uğramaktadır. Havza şekli (Rf) analiz verileri özellikle Göksu Çayı'na bağlayan kısa boylu tali kolların kısa süreli ani yağışlarla taşkınlara neden olabileceğini göstermektedir.

Çizgisel morfometrik verilerden ortalama akarsu uzunluğu (L_a) alt havzaların su varlığını ve hidrografik durumunu ortaya koymaktadır. Göksu Çayı'nın Yenişehir kesimindeki sahada birçok alt havzada belirgin yüzeysel akış bulunmamaktadır. Yükselti ve eğim şartlarının oldukça sade olduğu bu alanlar tarım faaliyetleri için belli koşullarda uygundur. İnceleme sahasında en yoğun akarsu uzunluğuna sahip alt havzalar Domaniç Dağları'ndan kaynaklarını alan havzalardadır. Bu alanlar sel, taşkın ve heyelan riski bulunan sahalarda olduğu anlaşılır. Akarsu uzunluk oranı (R_L) sel-taşkın durumu hakkında bilgi sunmaktadır. Girdap Dere, Bahçecik Dere, Yukarı Kocadere, Karadere, Koyanlık Dere havzaları taşkın piklerinin yoğun yaşanabileceği havzalardandır (Şekil 123). Çatallanma oranı (R_b) analiz verileri değerlendirildiğinde Göksu Çayı Havzası alt havzalarında, Deliçay Dere ve Gümbüztek dere gibi havzaların belirgin bir sel karakterli yapı ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Göksu Çayı kuzey ve güneyinde akıştan yoksun alanların değerinin düşük olduğu ancak bu alanların ani yağışlarla belli riskleri taşıdığı anlaşılmaktadır. Yatak kıvrımlığı oranı (R_{si}), ana akarsu yatağında tektonik etkenler, flüvyal süreçler ya da antropojenik değişimlerle meydana gelen etkiler hakkında bilgi sunmaktadır. İncirli Dere, Akçasu Dere ve Koyanlık Dere havzalarında tektonik etkenlerle oluşan akarsu ötelenmeleri ve flüvyal süreçlerin farklı etkisiyle meydana gelen kapma dirsekleri nedeniyle ana akarsu yatakları oldukça kıvrımlanmıştır. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile Göksu Çayı kuzeydoğudaki alanlarında eğimin azalması ile akarsuların menderesler oluşturduğu ve yana aşındırmanın meydana geldiği anlaşılmaktadır. Bu alanlar havza yönetiminde arazi kullanımı için oldukça önemlidir. Taşkın yataklarının sınırının belirlenmesi, baraj etki alanları ve akarsuların antropojenik etkilere uğraması değişen mekansal koşullar, uygunluk analizleri ile değerlendirilmektedir. Yüzeysel akış uzunluğu (L_O) verileri seyelan tipli akışların varlığının belirlenmesini sağlamaktadır. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile

Dimbaz Dere havzasında akışın bu karakterde olabileceği görülmektedir (Şekil 123). Uygunluk oranı (R_i) analiz sonuçları Göksu Çayı Havzası'nın kuzeyinde ana akarsuyun yatağını derine değil artık yana doğru kazdığı ve genişlettiğini, menderesli akışların olduğunu kuvvetle muhtemel göstermektedir. Havzanın güneyinde ise irtifa farkının yüksek olduğu, bu nedenle flüvyal faaliyetlerin yoğun şekilde yüzeyi aşındırdığı anlaşılmaktadır. Rho katsayısı analizi Göksu Çayı Havzası'nın güneyinde depolanmanın daha az olduğunu göstermektedir.

İnceleme sahasında yüzeysel morfometrik indislerle yapılan analiz sonuçlarından havza rölyefi (B_h) alt havzalar içerisindeki irtifa farkını ortaya koymaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın güney bölümünü oluşturan İnegöl Havzası ova tabanından sonra irtifa farkının oldukça yükseldiği ve arazi kullanımı, su kaynakları, risk yönetimi gibi birçok faaliyetin bu durumdan etkilenebileceğini göstermektedir. Yenişehir Havzası'ndaki alt havzalarda ise irtifa farkları daha azdır (Şekil 123). Rölyef oranı (R_r) da havza rölyefi ile benzer bilgileri sunmaktadır. Özellikle Dimbaz Dere havzası ve Avdan Dağları'ndan kaynaklarını alan havzalarda eğim durumunun beşeri kullanımlara uygun olduğu anlaşılmaktadır. Engebelilik değeri (Rn) diğer iki indis ile benzer sonuçları vermekte, aynı yorumlar yapılabilmektedir. Hipsometrik integral (Hi) verileri havzanın batısının daha olgun bir topografyaya sahip olduğu ve biriktirme faaliyetlerinin hızlandığını, güney ve doğu bölümünün daha genç özellikler sunduğunu ve erozif faaliyetlerin oldukça yoğun olduğunu göstermektedir. Gravelius indeksi (G) analiz sonuçları alt havzalardan Aksu, Bıçkı, Bedresu, İncirli ve Kovanlık Dere havzalarında sel riskinin yüksek olabileceği bilgilerini sağlamaktadır. Asimetri faktörü (AF) havzaların birçoğunun tektonik hadiselerden etkilendiğini ve havzanın eğim tarafını yönlendirdiğini göstermektedir. Bu durum havzaların bakı yönelimi ve güneş alma etkisinin saptanmasında kullanılmaktadır. Özellikle bu veriler ise havzalardaki tarım faaliyetlerinin alansal ve çeşitlilik açısından planlanmasına yardımcı olmaktadır. Topografik simetri faktörü, Göksu Çayı'nın tektonik etkenlerle özellikle orta kesiminde ötelendiğini göstermektedir. Yamaç yüzeyi kıvrımlığı (Smf) havzanın güney bölümünde yoğun bir aşındırma faaliyetinin olduğunu ortaya koyar. Vadi genişliği-vadi yüksekliği oranı havzanın güneyinde aktif bir tektonik yükselmenin olduğunu ve birçok riskin muhtemel olabileceğini göstermektedir. Akarsu boy gradyan indeksi (SL) özellikle havzanın güneyinde tektonik hatlarının sınırını ortaya koymaktadır. Bu sahalar aynı zamanda heyelan riskinin olduğunu alanları belirler. Ova tabanları ve havzanın kuzeyinde ise geçirimli tabakaların mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Aşınım parçalanma şiddet derecesi havzada km^2'ye düşen irtifa farkını ortaya koyar. Bu veri risk analizleri, arazi kullanımı, beşeri faaliyetlerin planlanması gibi birçok alanda havza yönetimine veriler sağlamaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın güney bölümü ile kuzeydoğusundaki yüksek irtifa farkı bütün yönetim ve planlama çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

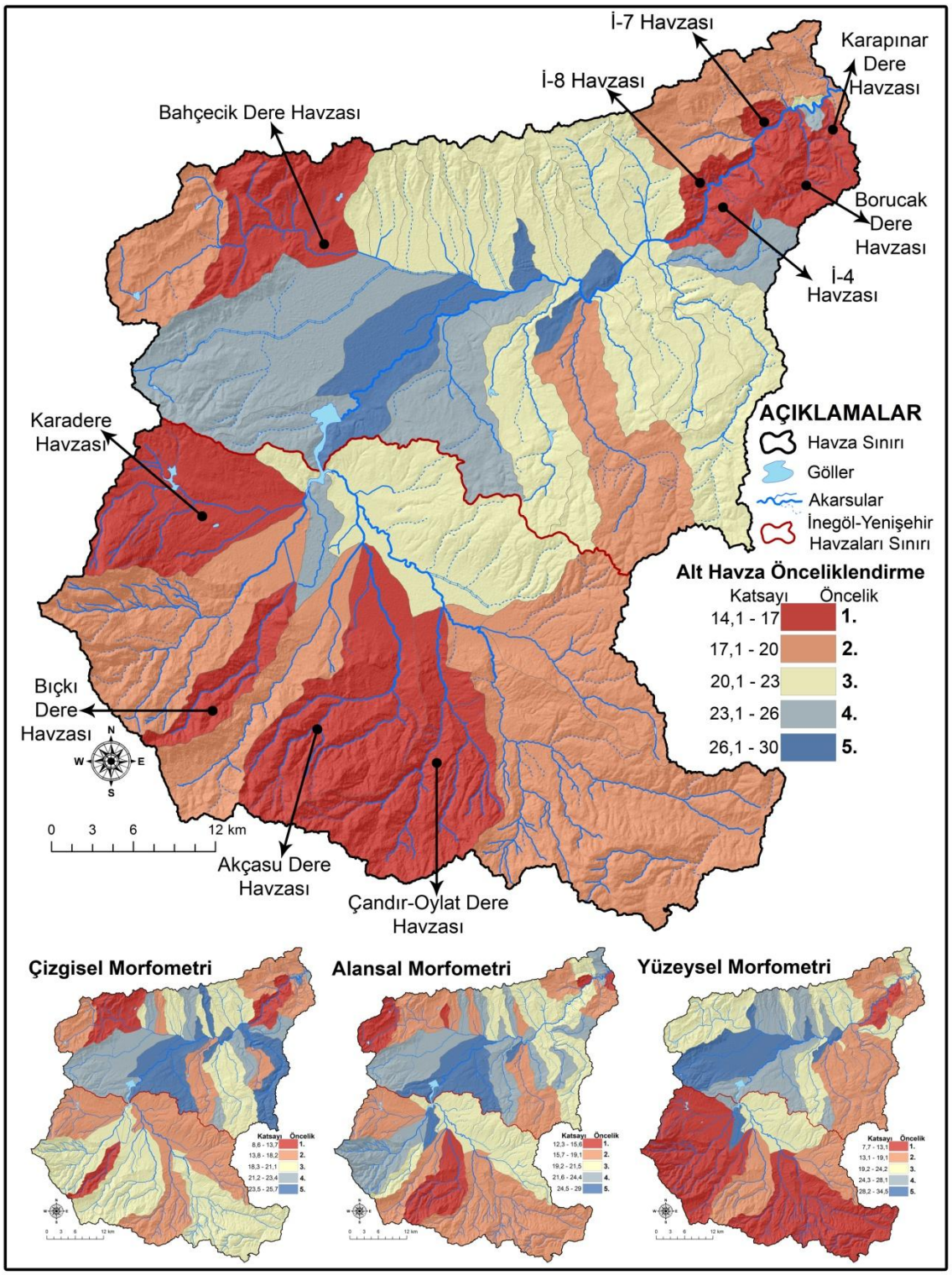
5.1.4.1. Morfometrik Analizlerle Alt Havza Önceliklendirme

Morfometrik indislerle yapılan analizler sonucu yorumlanabilen havza özelikleri aynı zamanda havzaların kendi aralarında karşılaştırılabilme ve belli öncelik kapsamında sıralanabilme imkanını sunmaktadır. Teknolojik gelişmeler ve CBS kullanımı ile geniş alanlı havzalar, toprak koruma, erozyon, su koruma, sel, taşkın, heyelan, drenaj verisi, yüzey akışı, sızma durumu gibi özelliklerle alt havza kapsamında önceliklendirilebilmektedir (Martin ve Saha, 2007: 213; Das vd., 2012: 997; Dhakal ve Tamag, 2013: 18; Gopinath vd., 2016: 3; Abdeta vd., 2020: 2; Utlu ve Ghasemlounia, 2021: 22; Shivhare vd., 2022: 547). Oluşturulan kümeleme ve önceliklendirme yapıları, geniş alanlı havzaların alt havza kapsamında daha kolay yönetilmesi ve planlanmasına yardımcı olmaktadır (Nooka vd., 2005: 26; Akram vd., 2011: 65; Singh vd., 2014: 69; Ahmed ve Rao, 2015: 51; Kumar ve Lal, 2017: 330; Arefin vd, 2020: 2). Ayrıca farklı morfometrik parametrelerin istenilen yapıda karşılaştırma ve sıralama imkanı sunması, çeşitli özellikler açısından alt havzaların önceliklendirilmesine de olanak sağlamaktadır. Göksu Çayı Havzası morfometrik analiz bölümünde 53 alt havzaya ayrılmıştır. İnceleme sahasında, havza koruma (toprak, su, erozyon açısından önlem-tedbir alınma önceliği ve sel-taşkın) açısından alt havza önceliklendirilmesi uygulanmıştır. Havza koruma kapsamındaki alt havza önceliklendirmesinde 30 farklı morfometrik indis kullanılmıştır.

Havza koruma alt havza önceliklendirilmesinde 53 alt havzanın her bir morfometrik verisi sıralanmış ve etki düzeyine göre 1-53 arasında katsayı değeri almıştır. Aynı morfometrik değere sahip verilere aynı katsayı değeri girilmiştir. Elde edilen bütün morfometrik verilerin kümülatif toplamı ile ortalaması hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama değer üzerinden 5 kategorik sınıfa ayrılmış ve en düşük katsayı değeri birinci öncelik kapsamına alınmıştır. Ayrıca alt havza önceliklendirmesinde belirtilen yöntemlerle çizgisel, alansal ve yüzeysel parametreler de ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Şekil 124). Alt havza önceliklendirmesi kapsamında havza koruma için; R_c, R_e, R_k, R_f, R_{cf}, R^s, D_d, F_s, C, IN, R_t, Rf, L_{sum}, L_a, R_L, R_b, R_m, R_{si}, Lo, R_i, R_p, B_h, R_r, R_n, H_i, G, VF, SL, SPI ve E_c morfometrik indis verileri alt havza değerleri üzerinden kullanılmıştır.

Göksu Çayı Havzası için morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirme kapsamında, çizgisel parametre 9, alansal parametre 12 ve yüzeysel parametre 9 farklı morfometrik indis kullanılmıştır. Göksu Çayı Havzası'nın morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirme verilerine göre 10 havza birinci, 10 havza ikinci, 21 havza üçüncü, 7 havza dördüncü ve 5 havza beşinci öncelik sıralamasına sahiptir (Şekil 124). Birinci öncelik kapsamında yer alan alt havzalar kendi aralarında; İ-7 havzası, Bıçkı Dere, Çandır Oylat Dere, İ-4 havzası, Bahçecik Dere, Karapınar Dere, Kara Dere, Borucak Dere, Akçasu Dere ve İ-8 havzaları şeklinde sıralanmaktadır. Yüksek rölyef değerine sahip, eğim farkından dolayı hızla

akışa geçebilen, daha çok uzunlamasına geometrik şekil sunan havzaların erozyon başta olmak üzere toprak ve su sorunlarını oluşturabileceği ve bu nedenle morfometrik verilere dayalı olarak birinci öncelik kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir.



Şekil 124: Göksu Çayı Havzası'nın morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirmesi

Elde edilen bulgularda havza koruma önceliğinde dağılışın belli bir alanda yoğunlaşmadığı ve dağınık bir durum gösterdiği anlaşılmaktadır. Birinci önceliğe sahip havzalardan Akçasu Dere, Çandır Dere, Bıçkı Dere ve Karadere havzaları, Göksu Çayı Havzası'nın güney kesimindeki yüksek rölyefin bulunduğu alandadır. Bahçecik Dere havzası kuzeybatı kesimde diğer dar alanlı havzalar ise Göksu Çayı Havzası'nın kuzeydoğusunda yer alır. Belirtilen havzalarda morfometrik özellikler drenajın hızlı akışa geçme özelliğini ve dolayısıyla erozyon riski, toprak koruma önlemlerinin ilk sıradaki tedbirler olmasını göstermektedir. Ayrıca mevcut alanlardaki suyun yüzeysel akışı, tutunma, sızma durumu açısından da önlem alınması gereken özellikler arasındadır. Havzadaki birinci ve ikinci öncelik kapsamındaki alt havzaların dağılışında kümelenmelerin olduğu dikkat çekmektedir. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın güney kesiminin tamamı ile kuzeydoğu ve kuzeybatısındaki alt havzalar bu kümelenmenin yoğunluk merkezi olmakta ve önlem alınması gereken ilk alanları oluşturmaktadır. Burada sadece Ahı Dağı'ndan kaynaklarını alan Girdap Dere havzası kümelenme dışında kalmaktadır. Öncelik analizinde geride kalan alt havzalar ve öncelikli havzalar göstermektedir ki; Göksu Çayı Havzası'nın İnegöl Havzası bölümü, toprak koruma, erozyon, su kaybı, yüzey akış etkisi gibi parametreler açısından sorunları barındırma potansiyeline sahiptir. Ancak unutmamak gerekir ki bulgular havzaların ortalaması üzerinden analiz edilmiştir. Dolayısıyla alt havzaların içerisinde de öncelik yoğunlaşmaları kümeleme analizleri ile ortaya çıkabilmektedir. Bu durum jeomorfoloji, hidrojeoloji, arazi kullanımı ve morfometrik verilerin yorumlanması özelinde, havzaların ova tabanlarına yakın alanlarındaki sahalarda riskin daha fazla olacağı şeklinde değerlendirilebilir. Aksi durumda kaynaklarını Uludağ ve Domaniç Dağları gibi oldukça yüksek kesimlerden alan ve orman formasyonunun yoğun olduğu 1000 m seviyesindeki kuşakta sorun boyutunun daha düşük olduğu söylenebilir.

Morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirmesi havza yönetim modeli verileri; Göksu Çayı Havzası'nın özellikle güney, kuzeydoğu ve kuzeybatısındaki alt havzalarında toprak kaybı, erozyon, su kaybı, heyelan vb. sorunların meydana gelebileceğini göstermektedir. Bu bakımdan yapılan alt havza önceliklendirmesine göre önlem alma ve meydana gelmiş sorunları azaltma çalışmaları uygulanmalıdır. Aynı zamanda elde edilen alt havza verilerin diğer mekansal verilerle olarak etkileşim ve kümelenme boyutuna göre de havza yönetim çalışmalarında kullanılması, geleceğe dair uygun planlamaların yapılması açısından oldukça önemlidir.

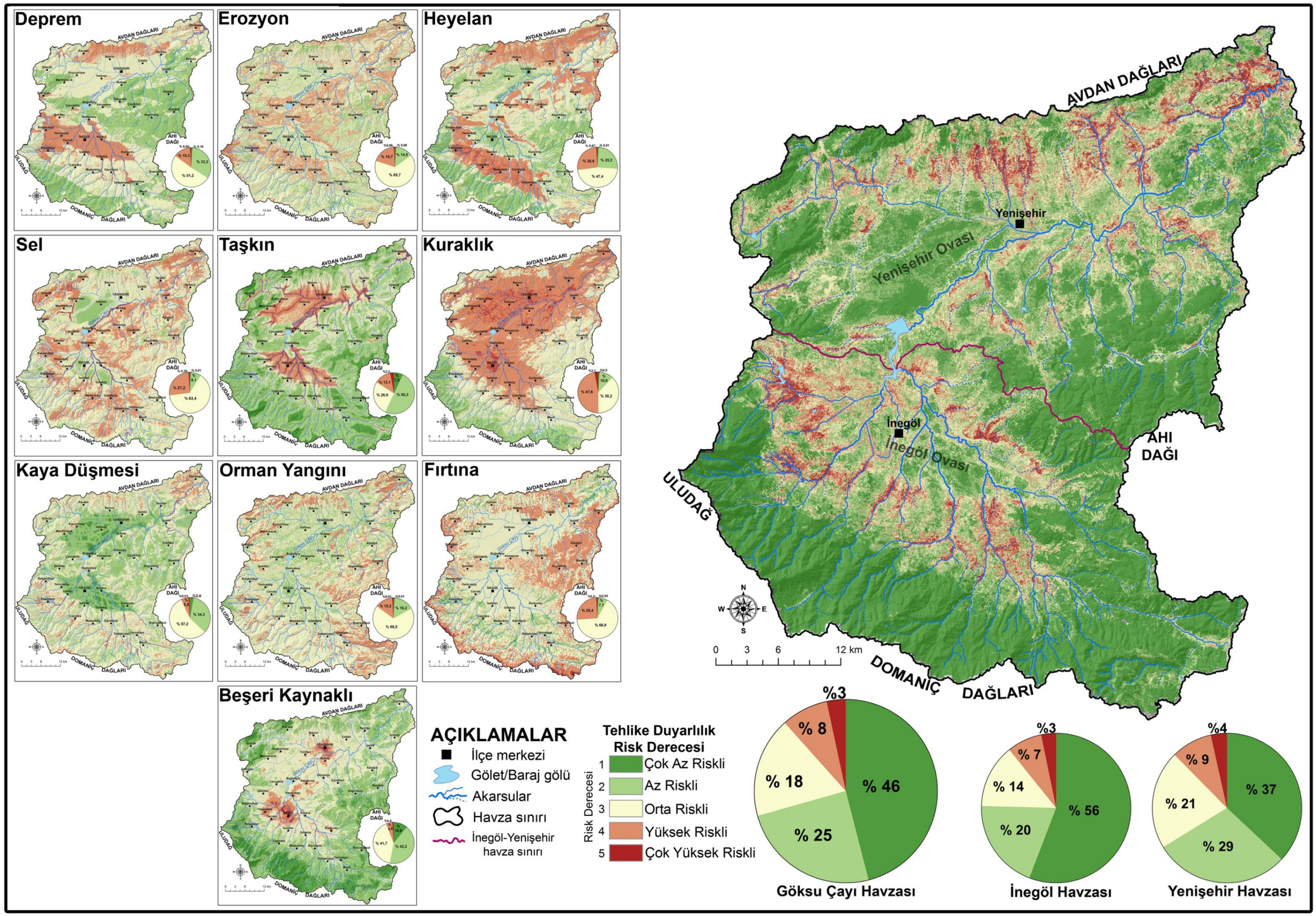
Göksu Çayı Havzası'nda alt havza önceliklendirme kümelenmesi analiz edildiğinde, güney kesimdeki K-G yönlü alt havzalar, kuzeybatıdaki Koyanlık ve Bahçecik Dere havzaları, kuzeydoğudaki dar alanlı havzalar mutlaka tedbirlerin alınması gereken sahaları oluşturmaktadır. Bu kapsamda morfometrik analizlere dayalı havza yönetim modeli verileri,

Göksu Çayı Havzası'nın temel olarak üç kategorik öncelik durumuna ayrılması gerektiğini gösterir. Birinci öncelik kapsamında yukarıda da belirtilen Göksu Çayı Havzası'nın güney kesimindeki, kuzeybatısı ve kuzeydoğusundaki alt havzalar yer alır. İkinci önceliği, Ahı Dağı ve Avdan Dağları'ndan kaynaklarını alan, plato sahalarından geçerek Yenişehir Ovası'na deşarj olan alt havzalar oluşturmaktadır. Üçüncü öncelik kapsamı ise Yenişehir Ovası ve çevresindeki düşük rölyefli alt havzalardan oluşmaktadır.

5.1.5. Risk Analizlerine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli

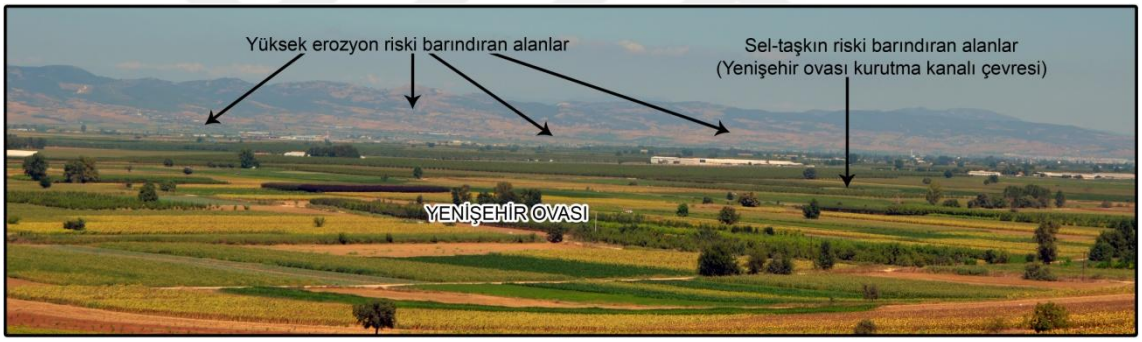
Göksu Çayı Havzası, jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik koşulların etkisi ve beşeri kullanımlar nedeniyle farklı boyutlarda tehlike ve riskleri barındırmaktadır. Dolayısıyla bu durum havza yönetimi açısından ele alınacak ilk konular arasında yer alır. Bu bakımdan çalışmanın dördüncü bölümünde analitik hiyerarşi süreci (AHS) ile ortaya konan 10 farklı risk dağılışı ve boyutları, farklı analizler ve senaryolar açısından havza yönetimi kapsamında ele alınmıştır.

İlk olarak bütün risk dağılışlarının ortak etki alanını ortaya koymak ve havzada birçok riskin etkisinde kalan sahaları tespit etmek amacıyla bütün risk verileri bulanık mantık yöntemi ile analiz edilmiştir. Havzanın daha önceki bölümünde ortaya konan deprem, erozyon, heyelan, sel, taşkın, kuralık, kaya düşmesi, fırtına, orman yangını ve beşeri kaynaklı riskler, korele edilmiş, 5 kategorik risk sınıfı 0-1 arasındaki değerler üzerinden analiz edilerek bulanık mantık yöntemi kapsamında risk dağılış verisi üretilmiştir (Di Nola vd., 1989: 278; Uniyal vd., 2020: 143). Belirtilen dağılış haritası ve kantitatif veriler aynı zamanda havzanın bütüncül-çoklu afet risk verilerinide ortaya koymaktadır. Ortaya konan dağılış verisi aynı zamanda multirisk olarak da andlandırılmaktadır (El Magd vd., 2021: 2). Bütüncül afet riski ya da multirsik dağılşı havzanın en riskli alanları ile birden çok doğal afet tehlikesine maruz kalabilecek alanların dağılışını göstermektedir (Şekil 125). Havzanın multirisk analizi aynı zamanda sürdürülebilir kullanım sahalarını, en riskli ve antropojenik kullanıma en duyarlı alanları da ortaya koymakta havza yönetimi ve planlaması açısından Göksu Çayı Havzası'nın potansiyel durumunu açığa çıkarmaktadır.



Şekil 125: Göksu Çayı Havzası'nın AHS tehlike duyarlılık-risk haritaları ve tüm risk verileri üzerinden yapılan bütüncül-multirisk dağılışı

Göksu Çayı Havzası'nın çeşitli oluşum kökenlerine bağlı risk analizi verilerinin çoklu afet riski kapsamında analiz ile ortaya konan bütün risk verisi sonuçlarında, havzanın % 46'sı çok az riskli, % 25'i az riskli olarak tespit edilmiştir. Veriler havza toplam alanının bütün risklerin ortak etkisi değerlendirildiğinde % 71'inde riskin olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır. Havzada orta riskli alanlar % 18, yüksek riskli alanlar % 8 ve çok yüksek riskli alanlar % 3 oranında alan kaplamaktadır (Şekil 125). Multirisk dağılışı incelendiğinde; İnegöl Ovası'nın güney, güneybatı ve kuzedoğudan çevreleyen plato sahası ile Yenişehir Ovası'nın kuzeyi, Bahçecik-Koyanlık Dere havzası, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanı ve kuzeyi oldukça yüksek riskli sahaları oluşturur. Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı ve kuzeyindeki plato sahası, Avdan Dağları, havzanın kuzeybatısındaki tepelik alanlar düşük riskin olduğu sahalardır (Fotoğraf 45). Yüksek risk ihtiva eden alanlardaki yüksek irtifa farkı, yüksek eğim değeri, bitki örtüsünün olmayışı, litolojik birimlerin etkisi ve yoğun beşeri kullanım muhtemel risklerin oluşmasının temel faktörleridir. Özellikle erozyon, heyelen, sel, kaya düşmesi ve deprem gibi risklerin bu alanda etkileri geçmişte büyük boyutlarda olmuş gelecekte de olma ihtimali yüksektir. Bu nedenle bu alanlarda mutlak suretle önlem alınması gerekmektedir.

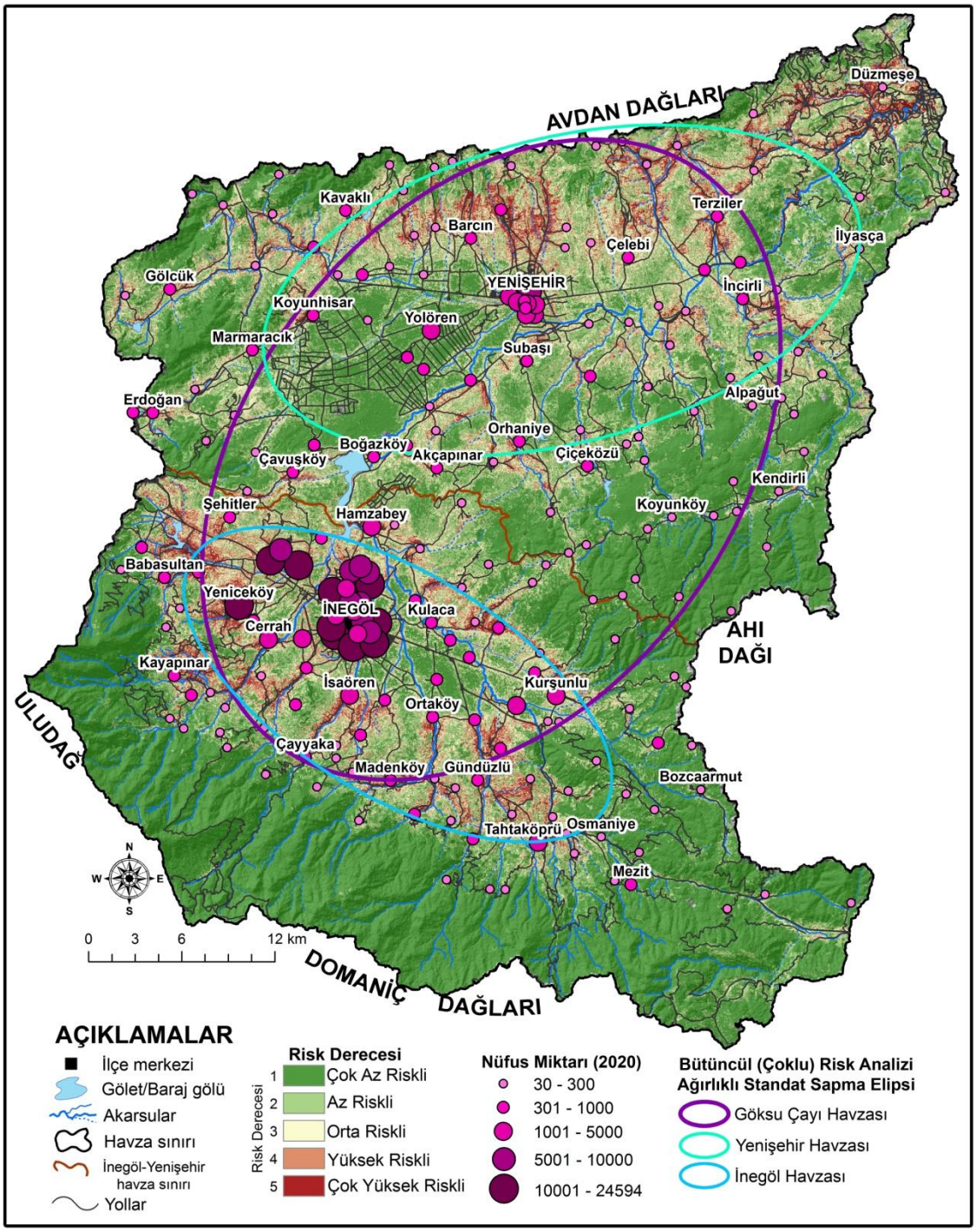


Fotoğraf 45: Yenişehir Ovası ve kuzeyindeki multirisk alanları

Göksu Çayı Havzası'nı, İnegöl ve Yenişehir havzaları olarak iki ayrı bölümde incelediğimizde; Yenişehir Havzası'nda yüksek risk düzeyi olan sahaların biraz daha fazla geniş yer kapladığı tespit edilmiştir. Bu durumun oluşmasında İnegöl Havzası'nın güneyinin bir kuşak halinde orman formasyonu ile kaplı olması etkili olmuştur. Ancak risklerin oluşum mekanizması ve topografik açıdan etki düzeyi değerlendirildiğinde belli alanlarda farklı risk düzeylerinin yoğunluğu dikkat çeker. Deprem riskinin İnegöl Ovası güneybatısında, erozyon riskinin İnegöl Ovası'nın güneyi, Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki plato sahasında, heyelan riskinin Domaniç Dağları-İnegöl Ovası arasındaki plato alanında, sel-taşkın riskinin İnegöl Ovası'ndaki tek kanaldan drenaj gösteren akarsu yataklarında ve Göksu Çayı vadisinde yoğunlaştığı daha önceki bölümde tespit edilmiştir.

Havzadaki bütün tehlike duyarlılık verilerinin analizi ile üretilen multi afet riski dağılışı, nüfus miktarı ve karayolu ulaşım ağı ile ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir. Bu

değerlendirmede risk dağılışın vektörel formattaki verileri üzerinden ağırlıklı standart sapma eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 126).



Şekil 126: Göksu Çayı Havzası'nda risk alanları ile nüfus dağılışı ve yol ağı ilişkisi

Göksu Çayı Havzası genelinde çoklu risk dağılışı verisi standart sapma elipsinin İnegöl ve Yenişehir ovaları içine alacak şekilde KD-GB yöneliminde olduğu ve havza toplam nüfusunun % 85'ini kapsadığı tespit edilmiştir. Ağırlıklı standart sapma elipsi ile ortaya konan risk-nüfus ilişikisi İnegöl ve Yenişehir ovaları kapsamında incelediğinde; risk yöneliminin

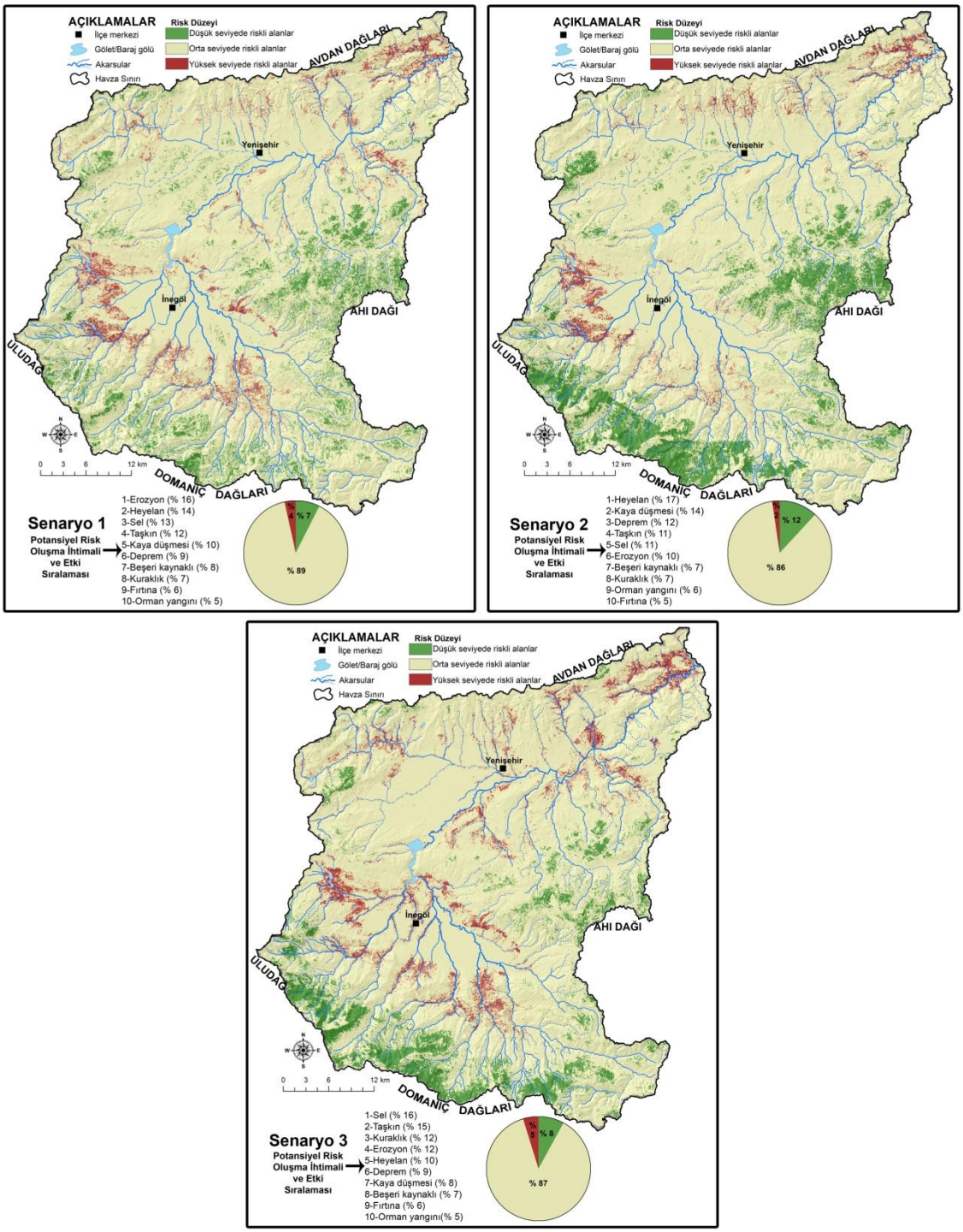
ovaların morfolojik uzanım yapısına uygun yönelimde olduğunu göstermektedir. Risk dağılışının doğal ortam koşulları temelinde olması ve Göksu Çayı Havzası geneli ile alt havzalar olan İnegöl ve Yenişehir havzalarında nüfus dağılışının yine aynı koşularla dağılış açısından şekillenmesi, nüfus-risk dağılışı ilişkisinin paralellik göstermesine neden olmuştur. Uygulanan analizlerden ve dağılış haritalarından havzada nüfusun İnegöl ve Yenişehir merkezinde toplandığı, aynı zamanda ova çevresindeki birçok alanda küçük yerleşmelerin olduğu bu nedenle bu alanların büyük risk içerdiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın nüfus, yerleşme, ulaşım ağı ve arazi kullanımı açısından yoğunlaştığı İnegöl ve Yenişehir ovaları ile çevreleri birçok riski barındırmaktadır. Havza yönetimi açısından bu alanlardaki meskenlerin depreme dayanıklı hale getirilmesi, akarsu-dereler üzerindeki sel-taşkın bentlerin çoğaltılması, taşkın koruma kanunu kapsamında akarsuya mesafenin yeniden gözden geçirilmesi, erozyon riskinin yüksek olduğu yerlerde tarım yöntemlerinin kontrol edilmesi, heyelan sahalarındaki kırsal yerleşmelerin mutlak suretle taşınması ya da önlemlerin alınması gerekmektedir.

Göksu Çayı Havzası risk analizlerine dayalı havza yönetim modelinde farklı oluşum-etki sıralaması üzerinden üretilen risk senaryolarının dağılış verileri ilk olarak önlem alınması gereken ya da bu alandaki planlamaların mutlak suretle gözden geçirilmesi gereken sahaları ortaya koymaktadır. Senaryolar, AFAD, Em-Data, DSİ ve diğer kurumlardan alınan geçmişe dönük afet verilerinin frekans ve etki büyüklüğü verilerinden üretilmiştir. Havzada üç farklı senaryo üzerinden üretilen dağılış verileri, tehlikenin oluşma potansiyeli, jeolojik-jeomorfolojik, klimatolojik-hidrografik kökenli olmasına göre ve etki düzeyine göre sıralandırılarak oluşturulmuştur (Şekil 127).

Birinci senaryo, havzada oluşma ve etki düzeyi yüksek olan erozyon, heyelan, sel-taşkın gibi risklerin ilk sırada olduğu verileri ortaya koymaktadır (Şekil 127). Bu bakımdan havzanın güneyinde İnegöl Ovası çevresindeki birinkinti konileri ve plato sahası, Uludağ yamaç molozu alanı, havzanın kuzeydoğusu, Aydoğu Dere, Kapaklı Dere ve Değirmendere aşağı çığırı, Bahçecik Dere vadisi ile havzanın kuzeyindeki plato sahalarında yüksek riskli alanlar mevcuttur (Fotoğraf 46). Bu alanlar toplam havza alanının % 4'ünü oluşturmaktadır.

Göksu Çayı Havzası için üretilen ikinci senaryoda, oluşma ve etki düzeyi yüksek olan jeolojik-jeomorfolojik kökenli risklerin ilk sırada yer aldığı veriler ortaya konmuştur (Şekil 127). Bu nedenle risk düzeyi yüksek olan sahalar havza toplam alanının % 2'sini oluşturmaktadır. Dağılış açısından havzanın kuzey-kuzeydoğusu ile Uludağı'nın İnegöl Ovası'na uzanan yamaçlarında yüksek riskli sahalar gözlemlenmektedir. Üçüncü senaryoda sel, taşkın, kuraklık gibi klimatolojik-hidrografik kökenli riskler ilk sırada yer almaktadır (Şekil 127). Belirtilen senaryoda havzanın % 5'i yüksek riskli alanları meydana getirmektedir. Bu

alanlar Göksu Çayı vadisi, havzanın kuzeydoğsu, Bahçecik-Koyanlık Dere vadileri, İnegöl Ovası çevresindeki uzun boylu akarsu vadilerinde yoğunlaşmaktadır.



Şekil 127: Göksu Çayı Havzası'nda farklı senaryolara göre tehlike duyarlılık-risk dağılışı

Yapılan senaryolara göre Uludağ, Domaniç Dağları'nın yüksek kesimleri, Ahı Dağı ve çevresindeki plato sahası risk düzeyinin çok düşük düzeyde olduğu alanlardır. İnegöl Ovası'nın çevresinde plato geçiş sahası, havzanın kuzeydoğusu, Göksu Çayı vadisinin güneydoğusu, Koyanlık-Bahçecik Dere havzaları ve Yenişehir'in kuzeyindeki plato sahalarında mutlak suretle

riskler bulunmaktadır. Bu alanlarda riskin türü ve boyutuna göre tedbilerin alınması geleceğe dönük sürdürülebilir kullanım durumu ve havza yönetimi açısından oldukça önemlidir.



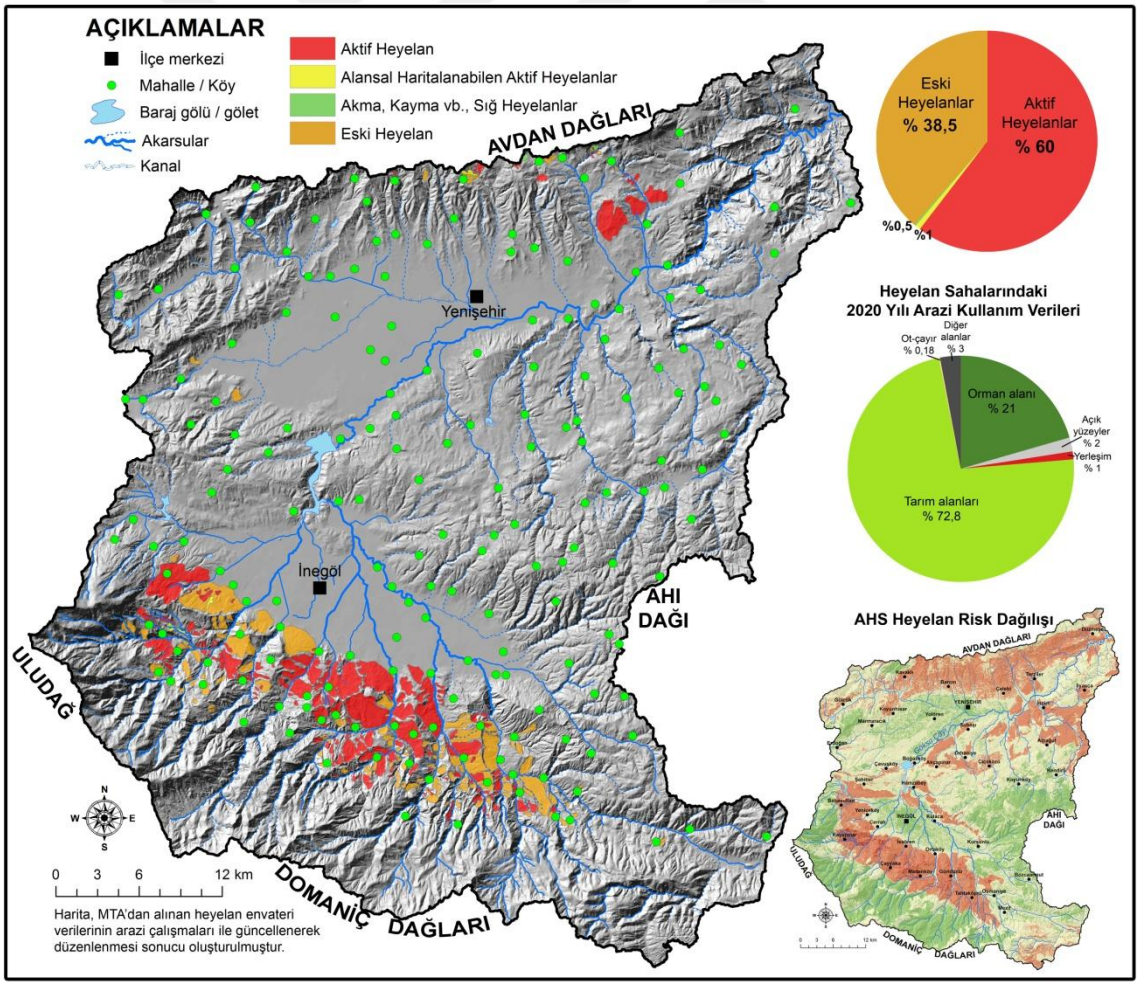
Fotoğraf 46: Göksu Çayı Havzası'nın kuzeybatısında yüksek derecede erozyon riskine sahip alanlar

Göksu Çayı Havzası'nın tehlike duyarlılık analiz verileri, multirisk analizi, farklı senaryolar ile ortaya konan doğal afet risk verileri ile beşeri kaynaklı riskler etki ve tekrarlanma sıklığı açısından incelenmiştir. Bu inceleme havzanın en çok heyelan, sel, taşkın, kuraklık ve erozyon riski ile karşı karşıya kaldığını göstermektedir. Ayrıca artan nüfus, sanayileşme, doğal koşulların yoğun kullanımı beşeri kaynaklı riskler ile çevresel sorunların diğer risk grubuna oluşturduğunu göstermektedir. Deprem riskinin havzanın belli kesimlerinde jeolojik yapı ile ilişkilendirilerek risk teşkil ettiği görülmüş ancak havzadaki fayların deprem üretme ve meydana gelme sıklığının düşük olduğu tespit edilmiştir. Orman yangını, fırtına ve kaya düşmesi riskinin ise diğer risk türlerine nazaran daha düşük seviyede olduğu görülmüştür. Belirtilen risk öncelik sıralaması aynı zamanda havza yönetimi açısından önlem alınacak sahaların, tedbir düzeylerinin ve yapılacak planlamanında ana hatlarını oluşturmaktadır.

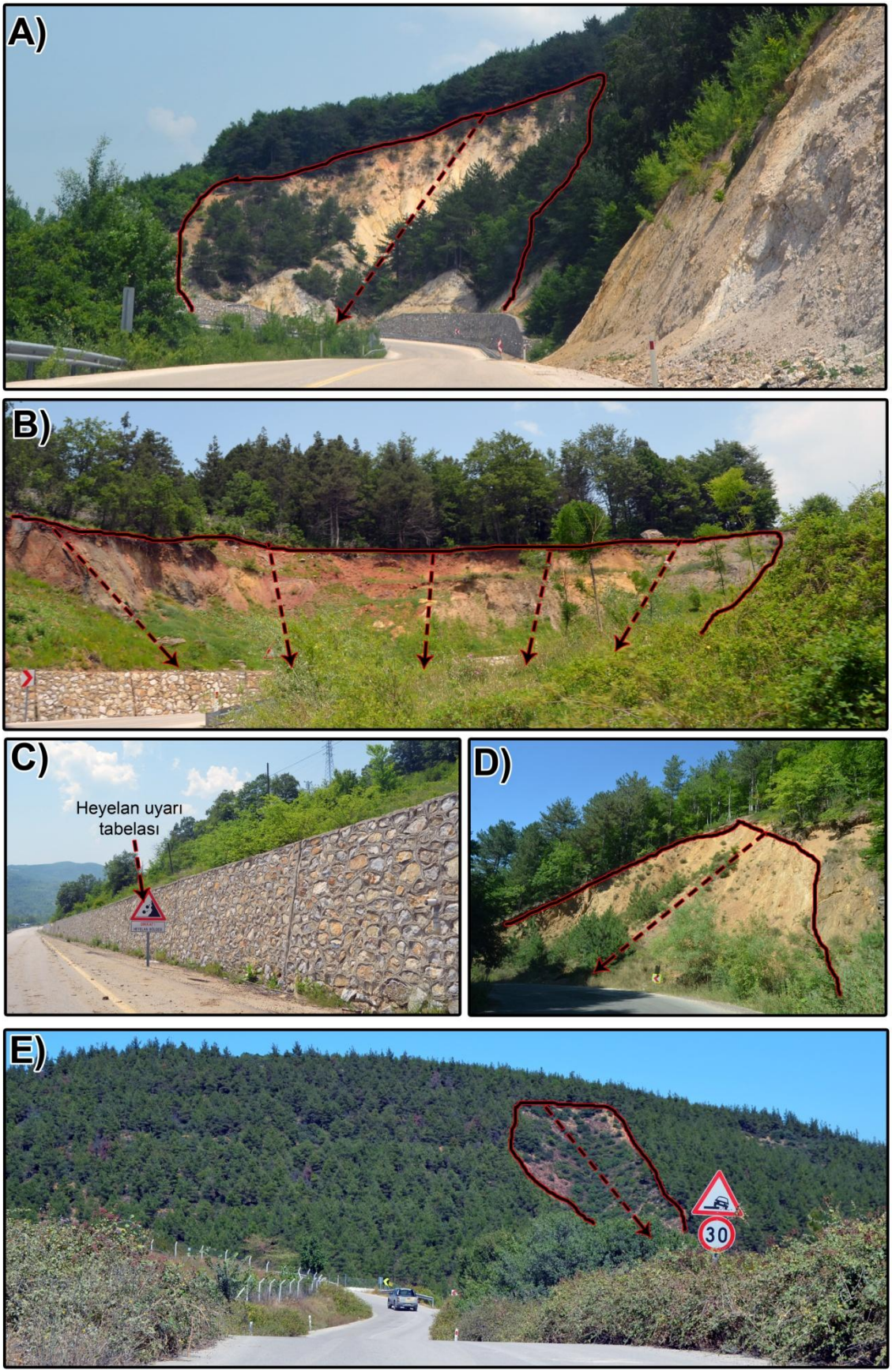
Havzada en çok meydana gelen doğal afetlerin başında heyelanlar gelmektedir. Özellikle havzanın güneyindeki İnegöl formasyonun yayılış alanında eğimin yüksek olduğu sahalar riskin çok yüksek olduğu alanları oluşturur. MTA heyelan envater verilerinin arazi çalışmaları ile güncellenmesi sonucu oluşturulan harita ile daha önceki bölümde AHS ile üretilen heyelan tehlike duyarlılık-risk dağılışının çok benzer özellikler göstermesi dikkat çekicidir. Havzada haritalanan heyelanların % 60'ını aktif, % 38,5'ini eski heyelanlar oluşturur. Bu sahalar, AHS heyelan risk haritasında tamamen yüksek risk derecesine sahip alanlara tekabül etmektedir. Haritalanan heyelan sahaları, 125,04 km^2'lik alan kaplar ve toplam havza

alanının % 5,1'ni oluşturur. Heyelan sahalarının % 90'ı İnegöl Havzası bölümünde yer alır (Şekil 128).

Heyelan sahalarının etki alanında günümüzde 44 kırsal yerleşim birimi bulunmaktadır. Bu yerleşim birimlerinin 5'i Yenişehir, 39'u İnegöl ilçe sınırları içerisinde yer alır. Yerleşim birimlerinin 19'u eski heyelan sahası etki alanında, 25'i aktif heyelan sahası etki alanında bulunur. Belirtilen mahalle/köy (kırsal) yerleşmelerinin 2020 yılı nüfusu 17.993 kişidir. Heyelanların geçmişten günümüze etkisi düşünüldüğünde etki alanlarının genişleyeceği, frekans dağılımı ile orantılı olarak tekrarlanmalarının artacağı ve havzada 25.000-30.000 arasında nüfusu etkileyebileceği hesaplanmıştır. Özellikle İnegöl Ovası güneyinde yer alan geçirimli litolojik birimlerin olduğu KB-GD doğrultusundaki (Esenköy-Mezit arası) sahada, yüksek eğim-irtifa farkı ile ani ve aşırı yağışların birleşmesi gelecekte de heyelan oluşumlarının meydana gelmesine neden olabilecektir (Fotoğraf 47). Heyelan sahalarındaki nüfusun dışında bu alanların % 72,8'inin tarım, % 3'ünün ulaşım vb., ile % 1'nin yerleşim amacıyla kullanılması risk boyutunun her zaman yüksek olmasına neden olacaktır.



Şekil 128: Göksu Çayı Havzası'nda heyelan sahalarının dağılışı ve kantitatif verileri



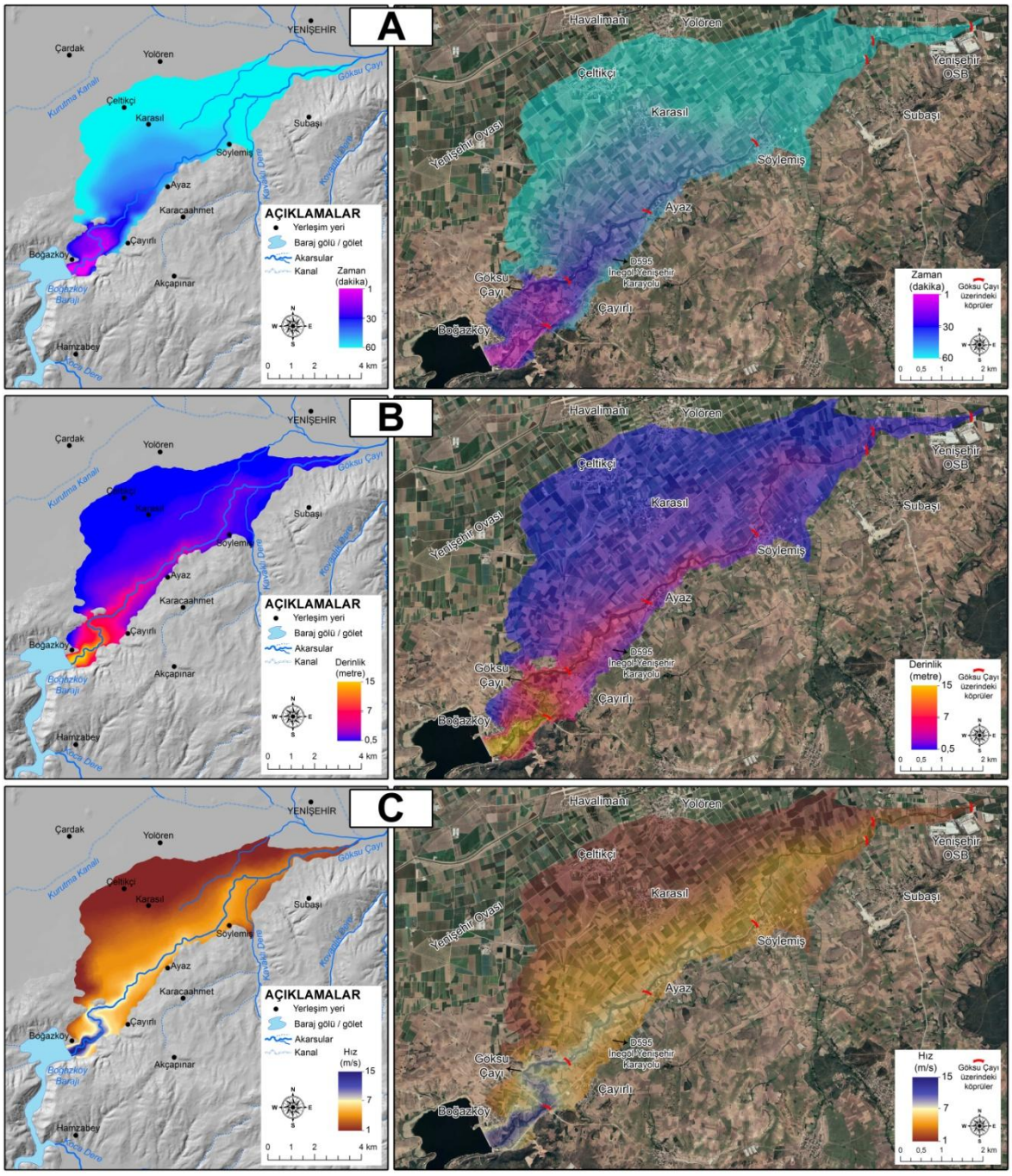
Fotoğraf 47: Göksu Çayı Havzası'nda aktif heyelan sahaları A) Saadet mahallesi doğusu B) Hilmiye mahallesi kuzeyi C) D-595 karayolu üzerinde heyelan uyarı tabelası D) İsaören mahallesi kuzeyi E) Selimiye mahallesi yakınları

Heyelan tehlikesi altında olan sahalarda can ve mal kaybını en aza indirmek için havza yönetimi planlamalarında önlem alınması gereken ilk basamaklardan birisi olmalıdır. Bunun için bu alanlarda özellikle yol şevleri ve yol açma çalışmaları ile topografyaya antropojenik müdahalenin en aza indirilmesi, tarım alanlarının D-B yönünde taraçanlandırılması, akış yönlerinin değiştirilmemesi, bitki valığının yüzeyden kaldırılmaması alınacak ilk tedbirler arasında yer almalıdır. Belirtilen sahadaki bazı yerleşmeler geçmişteki heyelanlar nedeniyle yer değiştirmiştir. Bu nedenle yüksek risk altında olan kırsal yerleşmeler için İnegöl ilçesi kuzeyine doğru yeni yerleşim alanları oluşturulabilir. Bu bakımdan hem ekonomik hem de can güvenliği açısından nazım imar planları ve daha üst ölçekli planlamalarda heyelan envateri mutlaka göz önünde tutulmalıdır.

Göksu Çayı Havzası'ndaki en önemli risklerin diğerini sel ve taşkınlar oluşturmaktadır. Havzada, irtifa farkının 2432 m olması, eğim değerlerinin belli sahalarda 30^0'den fazla olması, klimatik koşulların etkisi (ani yağışlar) ve rölyefe antropojenik müdahaleler, geçmişten günümüze birçok sel-taşkın hadisesinin meydana gelmesine neden olmuştur. Özellikle İnegöl ve Yenişehir ovalarına yüksek kesimlerden kaynağını alarak gelen konsekant akarsu akışlara birçok kez sel ve taşkınlara neden olmuştur. Cerrah (1955), İsaören (1962), Yeniceköy-Edebey-Çeltikçi (1962), Yenişehir-Köprühisar (1968), Kestel (2020), havzada meydana gelmiş sel afetlerinden bazılarıdır. Bu nedenle havzanın birçok yerinde, taşkın koruma tesisleri, bentler, akarsularda taraçalar, ıslah çalışmaları yapılmıştır. Bunun yanında kurutulan Marmaracık gölünün etkisi ile kuzeyden gelecek sel-taşkın kökenli akışları önlemek amacıyla kurutma kanalı oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar havzada sel-taşkın riskini azaltmak için önemli adımlar olsa bazı alanlarda büyük riskler bulunmaktadır. İnegöl Ovası'na deşarj olan Karadere, Kalburt Dere, Bedresu Dere, Akçasu Dere ve Çandır Dere üzerindeki köprülerin Q500 akım verisine karşı dayanıklılığı ve menzef genişliği risk teşkil etmektedir. Aynı şekilde Göksu Çayı üzerindeki köprülerde de aynı durum söz konusudur. Ayrıca Koca Dere ve Göksu Çayı taşkın yatağı içerisinde yer alan menderes yeniklerinin tarım amaçlı kullanılması olası taşkınlarda ekonomik kayıpların oluşmasına neden olabilecektir.

Havzada meydana gelebilecek taşkınların kontrolü, sulama, kullanma ve elektrik üretme amacıyla yapılan Boğazköy Barajı aynı zamanda farklı akım değerlerinde taşkın riskini barındırmaktadır. Boğazköy Barajı'nın taşkın riskini tespit etmek amacıyla ArcGIS içerisine eklenebilen Hec-Ras programı kullanılarak farklı parametrelerle bir boyutlu model oluşturulmuştur. Model oluşturulurken baraj gövdesi ve Göksu Çayı'nda en kesit profilleri alınmış, Boğazköy AGİ ölçüm değerleri, yağış, yükselti, eğim, irtifa farkı, topografik nemlilik (TWI), sürtünme katsayısı (Manning's N katsayısı) verileri kullanılmıştır. Topografik ve klimatolojik veriler, daha önceki bölümlerde üretilen kantitatif ve dağılış verilerinden

sağlanmıştır. Baraj çıkışından itibaren daha önce Boğazköy AGİ ile hesaplanan Q500 debisi (694,1 m^3/sn) oluşturulacak modeldeki temel veriyi teşkil etmektedir. Sürtünme katsayısı ise 2020 yılı Landsat uydu görüntüsü üzerinden oluşturulmuştur (Şekil 129).

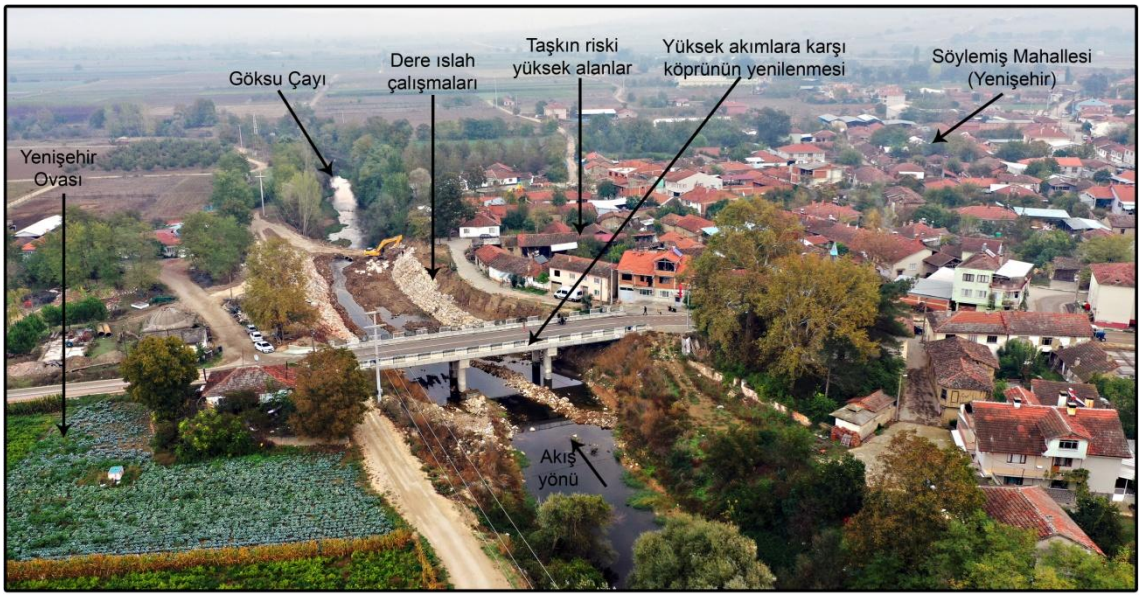


Şekil 129: Göksu Çayı-Boğazköy Barajı taşkın modeli A) taşkın varış zamanı modeli, B) taşkının maksimum derinlik dağılış modeli ve C) taşkının maksimum hız modeli

Boğazköy Barajı toprak dolgulu gövdeye sahip olup Göksu Çayı talvegden 31 m yükseliğe uzanmaktadır. Bu alanda Göksu Çayı vadisinden çıkış sağlayan barajın yıkılma veya borulanma (delinme) senaryosu yerine taşkın piki üzerinden model oluşturulmuştur. Baraj çıkışı Göksu Çayı'nın ortalama debisi 13,65 m^3/sn, maksimum akımı 40,3 m^3/s'dir. Taşkın pikleri ise

Q10 akımı 266,9 m^3/sn, Q50 473,8 m^3/sn, Q100 537,3 m^3/sn ve Q500 debisi 694,1 m^3/sn'dir. Taşkın piki ve dağılışı hesaplamasında Göksu Çayı vadisi ile Yenişehir Ovası arasında profiller alınmış ve yatak uzanımı ile taşkın dağılış alanının morfometrik boyutları modele veri olarak girilmiş ve diğer verilerle birlikte taşkın senaryosu dağılışı üretilmiştir (Şekil 129).

Boğazköy Barajı'nın, oluşturulan taşkın modeli ile 60 dakikada kuzey-kuzeydoğu yönelimli taşkının 40,83 km^2'lik alana ulaşacağı hesaplanmıştır. Kuzey-kuzeydoğu yönelimli olarak Göksu Çayı'nı takip eden akış 15,5 km uzağa, doğuda vadi sınırında kalıp batıda Yenişehir Ovası'na doğru 4,3 km'lik mesafeye yayılmaktadır (Şekil 129). Baraj taşkının ilk 10 dakikada Boğazköy yerleşmesine ve kuzeye doğru yayılacağı bu alandaki taşkın yatağında birikeceği ve daha sonra derinlik ile hızını kaybederek Göksu Çayı vadisinde devam edeceği modellenmiştir. Ancak vadiden devam ederken çok az bir yükseltide bulunan Göksu Çayı-Yenişehir Ovası eşiğini aşarak eğimin batıya doğru azalmasından dolayı geniş bir alana yayılacağı öngörülmüştür. Taşkının ortalama zamanı 52 dakika olup Boğazköy'den itibaren yayılım hızının azalacağı modellenmiştir. Maksimum hızının 15 m/s, ortalama hızın 3,19 m/s olduğu hesaplanmıştır. Maksimum derinliğin Boğazköy vadisi çıkışında 15 m olduğu ortalama derinliğin ise 1,79 m olduğu modellenmiştir. Ancak derinliğin daima Göksu Çayı vadisinde olduğu Yenişehir Ovası'nda maksimum derinliği 0,5-1 m arasında olabileceği öngörülmüştür. Taşkın pikinin 60 dakikalık zamanda yayılım alanına toplam 7.308.570 m^3'lük suyun deşarj olacağı hesaplanmıştır.



Fotoğraf 48: Göksu Çayı üzerinde (Söylemiş) sel-taşkın riskine karşı köprülerin yenilenmesi ve dere ıslah çalışmaları (Yenişehir belediye arşivi)

Baraj taşkını modeli ile Boğazköy, Ayaz, Söylemiş, Karasıl, Çeltikçi ve Yolören kırsal yerleşmelerinin bazı alanlarının büyük risk altında olduğu anlaşılmaktadır (Fotoğraf 48). Aynı zamanda Yenişehir Ovası'ndaki tarım arazileride su altında kalma riskini barındırır. Bunun

dışında Göksu Çayı vadisinde bulunan D-595 İnegöl-Yenişehir karayolu ile 7 adet körpüde yıkılma ve su altında kalma riskini ihtiva eder (Şekil 129). Aynı zamanda bu köprülerin menfezlerinin dar olması taşkının oluşturacağı riski artıracağı öngörülmektedir. Meydana gelebilecek taşkını önelemek ve zararlarını en azaltmak için Göksu Çayı taşkın koruma sınırının 150 m'den 200 m'ye çıkarılması, Yenişehir Ovası-Göksu Çayı eşiğine kurutma kanalı yapılması, köprü menfezlerinin genişletilmesi gerekmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nda tarımsal faaliyetlerin birikinti koni ve yelpazeleri ile plato sahalarına yayılmış olması ve eğimli arazilerde genişlemesi erozyon riskinin gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle AHS ile üretilen erozyon risk haritasında yüksek riske sahip alanlar havzanın % 20'sini oluşturmakta ve özellikle plato sahalarında duyarlılık düzeyi en yüksek seviyede gözlemlenmektedir. Havza ortası eşik sahası, Avdan Dağları'ndan Yenişehir Ovası'na doğru olan plato sahası ile Kurşunlu-Hamzabey-Şehitler arasındaki eğimli alanlar yüksek erozyonla karşı karşıyadır. Bu alanlarda gözlemlenen şiddetli erozyon 10.000-20.000 ton/km^2/yıl toprak kaybına neden olabilecek potansiyeldedir. Yüksek riskli sahalardaki erozyonu önlemek için nöbetleşe ekim uygulamaları, eğimli tarlaların hafif taraçalanması, tarla çevresine ağaç dikimi gibi uygulamaların yapılması gerekmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nda doğal afet kökenli riskler dışında beşeri (antropojenik) kökenli risklerde sorun oluşturmaktadır. Havzanın güney kesimindeki İnegöl yerleşim yerinin yoğun şekilde nüfuslanması, sanayi, ulaşım ağı, taş ve maden ocakları varlığı, yanlış arazi kullanımı beşeri kaynaklı riskleri oluşturan nedenlerdir. Beşeri kaynaklı riskleri, hava kirliliği, su kirliliği, yangın-patlama tehlikesi, toprak kirliliği, kentsel-endüstriyel atık depolarının oluşturduğu kirlilikler oluşturmaktadır. Kirlilik sorunlarının temelinde evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan depolanması ya da deşarjı bulunmaktadır. İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezi ile Cerrah, Yeniceköy, Kurşunlu'daki sanayi tesislerinin arıtma denetiminin sıklıkla yapılması, teknolojilerinin iyileştirilmesi meydana gelen kirlilik risklerini azaltacaktır. İnegöl ve Yenişehir OSB'de bulunan fabrikalardaki patlama ve yangınlara karşı su deposu sayısının arttırılmalısı, itfaiye ulaşım ağının ayrı yollardan yapılması, tesislerin bu tür risklere karşı önlemlerinin arttırılması gerekmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nda nüfusun ve sanayinin yoğunlaştığı saha olan İnegöl ilçe merkezi aynı zamanda çevresel sorunların eşik değerleri aştığı sahayıda oluşturmaktadır. Bu alanda mesken ve endüstriyel kullanımlar su, hava, toprak ve diğer çevresel sorunların oluşmasına neden olmaktadır. İnegöl hava kalitesi ölçüm verileri (2013-2022) incelendiğinde partiküler madde (PM_{10}) değerinde sınır eğişi aşan ortalama değerlerin yanında kış döneminde maksimum değerlerin olduğu dikkat çekicidir. Kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2) ve azot oksit (NO_X) ortalama değerleri ise sınır eşiğin altında değerler göstermektedir (Tablo 49). İnegöl

çevresinde partiküler madde konsantrasyonlarının zaman zaman hava kalitesini düşürdüğü, kükürt dioksit ve azot oksitin sorun oluşturmadığı tespit edilmiştir.

İnegöl hava kalitesi verilerinden, maksimum değerlerin eşik düzeyine yaklaştığı ve özellikle kış ayında mesken ısınmasından kaynaklanan sorunların olduğu anlaşılmaktadır. Partiküler madde ve azot oksit miktarlarının Kasım-Mart ayları arasındaki dönemdeki maksimum değerlere ulaşmaktadır. Hava kalitesi parametrelerinin 9 yıllık ölçüm verilerinin günlük değerleri incelendiğinde yaz aylarında konut ısınmasının olmamasından dolayı değerlerin minimuma indiği, kış aylarında ise pik değerlerin görüldüğü anlaşılmaktadır. Bu durum İnegöl çevresindeki hava kalitesinde endüstiriyel tesislerden çok konut ısınmasından kaynaklanan mevsimsel sorunların olduğunu ortaya kymaktadır.

Tablo 49: İnegöl'de bazı hava kirleticilerinin yıllık değerleri

	Minimum Değer	**Maksimum Değer**	**Ortalama Değer**
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	3,71	357,87	67,64
SO_2 ($\mu g/m^3$)	0,88	137,24	17,63
NO_2 ($\mu g/m^3$)	3,34	150,47	31,62
NO_X ($\mu g/m^3$)	0,61	399	51,43

Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hava Kalitesi İzleme Sistemi (2013-2022)

Hava kirliğiği riskini oluşturan parametrelerin 9 yıllık verileri üzerinden yapılan trend analizleri incelendiğinde partiküler madde (PM_{10}) ve kükürt diokasit (SO_2) değerlerinin negatif yönlü azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Azot dioksit değerlerinde ise son yıllarda artış trendi olduğu tespit edilmiştir.

Göksu Çayı Havzası, doğal afetler, çevresel sorunlar ve beşeri kaynaklı problemlerle karşı karşıya bulunmakta, bu durum havzanın belli kesimlerinde tehlike ve risklerin oluşmasına neden olmaktadır. Havzada deprem riski içeren alanlardaki konutların deprem yöntemeliğine uygunluğu denetlenmeli, yeni imar alanlarının İnegöl ve Yenişehir kuzeyindeki daha dirinçli zemine sahip alanlara taşınması alınacak tedbirlerin başında gelmektedir. İnegöl formasyonun yaygın olduğu havzanın güney kesimindeki saha heyelan açısından oldukça risklidir. Bu alandaki kırsal yerleşmelerin en riskli olanları zorunlu yer değiştirilmeli, topografyaya antropojenik müdahaleler ve yol şevleri azaltılmalı, mutlaka heyelan risk modelleri incelenmelidir. Sel ve taşkın riski, İnegöl ve Yenişehir ovalarına tek kanal üzerinden deşarj olan akarsuların birikinti koni sahaları ile ova tabanlarında yaygındır. Bu sahalarda mevcut olan taşkın kontrol tesisi sayısı arttırılmalı, akarsuların kıyı kenar çizgisine müdahale edilmemeli, taşkın yatağındaki tarım alanları kullanılmamalı, ıslah edilen dere yataklarının Q500 debisi üzerinden mühendislik çalışması yapılmalı, akarsular üzerindeki köprü ve menfezler yine aynı debi miktarına göre yapılmalıdır. Erozyonu önlemek için alçak plato sahalarındaki tarım

alanlarında tarla yönü denetlenmeli, bu alanların çevresine ağaç dikimi yapılmalı, toprak örtüsü ortadan kaldırılmamalıdır. Kaya düşmesi riski içeren özellikle vadiler antropojenik müdahaleye maruz kalmamalı, yol çalışmaları sırasında gerekli mühendislik hesaplamaları ve önlemleri alınmalıdır. Meteorolojik kuraklık riskinin tetikleyeceği hidrolojik kuraklığa karşı tarımsal, evsel, endüstriyel su tüketimi denetlenmeli, kaçak kuyu denetimi yapılmalı, belli alanlara göletler yapılmalıdır. Beşeri kaynaklı riskler açısından kentsel ve endüstriyel atık arıtma tesisi sayısı ile mevcut olanların performansı arttırılmalıdır.

5.1.6. Kümeleme Analizlerine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli

Kümeleme analizi, belli değişenkenler, parametreler ya da veriler üzerinden, her bir verinin özelliğine göre gruplanmasını ya da ayrılmasını sağlayan istatistiksel yöntemdir. Hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme analizi yöntemleri farklı değerleri içeren verilerin korelasyonu ile özelliklerini mesafe ölçüsü kullanarak analiz eder. Mekansal kümeleme analizinde her verinin ve dağılımım birbiriyle ilişkili olduğu, herhangi bir verinin kendisine yakın veri ile daha fazla ilişkili olduğu kuralı temel alınmıştır (Tobler, 1970: 236; Anselin, 1995: 94; Lee ve Wong, 2000: 17). Belirtilen varsayım havza yönetimi açısından sorun, risk, uygun kullanım sahaları, tehlike barındıran alanların yakın ve uzak çevresi ile olan etkileşim ve ilişkisini de ortaya koymaktadır. Böylece farklı değişkenler üzerinden tespit edilecek durumlar havzanın yönetilmesi kapsamında hem dağılış açısından hem de etki boyutu açısından değerlendirilebilecektir.

Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik-coğrafi yönetim sistematiğinde kümelenme analizi verileri, doğal ortam koşulları ile diğer altlık veriler ve bunların ilişkisel analizleri ile ortaya konan veriler kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda Göksu Çayı Havzası'nın 53 alt havzası olarak ve hücresel-raster veriler (30 m çözünürlüklü) olarak iki farklı şekilde kümelenme analizleri ortaya konmuştur. Kümelenme analizlerinin havza yönetimi için doğru veriler ortaya koyması amacıyla doğal ortam koşulları, risk analizleri verileri ve arazi kullanımı dağılışı arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edilmiş, sorun-risk potansiyeli ile sürdürülebilir ve uygun kullanım potansiyeli açısından kümeleme işlemi yapılmıştır. Veriler arasındaki korelasyon ve regresyon verileri ile elde edilen kümelenmelerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise Lokal Moran's I testi ve Getis-Ord Gİ istatistiği ile incelenmiştir.

Havzanın kümelenme analizi olarak ilk kapsamda 53 alt havza üzerinden mekansal otokorelasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha önce elde edilen bulgulardan morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirme verisi, yağış-akış dağılışı, topografik rölyef, eğim, multirisk analizi verileri ile alt havza kapsamlı dağılışı, jeomorfolojik uygunluk verisi ve arazi kullanımı (2020) verileri 53 alt havza kapsamında ortalama değerleri alınarak kategorik

sınıflandırılmıştır. Ana verilerin alt parametrelerinde ilişkisel düzeyin doğru tespit edilebilmesi için bütün veriler 5 kategorik sınıfa ayrılmış ve daha sonra alt havza bazında ortalama değeri üzerinden analizler yapılmıştır. Ana değişkenler ve alt parametreler arasında fiziki-beşeri coğrafya ilişkisine dayalı olarak ağırlıklandırma matrisi oluşturulmuş, korelasyonları hesaplanmıştır (Tablo 50). Matris üzerinden her parametrenin bağımlı-bağımsız değişken yapısı ile ortaya çıkan standart sapma ve korelasyon değerleri alt havzalarının ortalama değeri olarak ele alınmıştır. Değerlerin sıfıra yakın olması korelasyonun düşük olduğunu, sıfıdan yüksek olması korelasyon ilişkisinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum üzerinden Göksu Çayı Havzası'nı oluşturan alt havzalarının sorun-risk potansiyeli ile sürdürülebilir-uygun kullanım potansiyeli çok az, az, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde kümelendirilmiştir.

Tablo 50: Kümeleme analizi için veriler arasındaki korelasyonu gösteren karşılaştırma matrisi

Arazi	Arazi					
Morfometri	-0,71	Morfometri				
Akış	-0,54	0,38	Akış			
İrtifa	-0,71	0,76	0,39	İrtifa		
Eğim	-0,71	0,77	0,29	0,93	Eğim	
Risk	0,48	-0,11	-0,60	-0,12	-0,12	Risk
Jeo uygun	-0,80	0,72	0,63	0,76	0,75	-0,46	Jeouygun

Morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirme verisi, hidrografik özellik, erozyon, sel-taşkın riski açısından etki parametresini ortaya koymaktadır. Eğim, topografik rölyef (irtifa farkı) ve jeomorfolojik uygunluk verileri ise havzanın mekan kullanım potansiyeli, risk potansiyeli, beşeri faaliyetin hangi sınırlar dahilinde yoğunlaşacağı hakkında bilgi vermektedir. Yağış-akış verilerinin alt havza bazlı ortalamaları ise havzaların su miktarı, temini, sarfiyatı ve geleceğe dönük etkileri hakkında bilgi sunar. Mevcut arazi kullanım verileri ise belirtilen doğal ortam özellikleri ile bağımlı ve bağımsız değişken kapsamında korelasyon ilişksini oluşturmaktadır. Bu kapsamda arazi kullanımının alt havza bazlı verisi, 7 farklı arazi kullanım türünün sayısal değeri üzerinden alınan ortalama değerle tespit edilmiştir. Ortalamanın yüksek olması beşeri kullanım yoğunluğunu, düşük çıkması doğal koşulların antropojenik müdahaleden uzak olduğunu göstermektedir. Bütün verilerin ilişkisel korelasyonu ile alt havza bazlı kümelenme analizi oluşturulmuştur (Şekil 130).

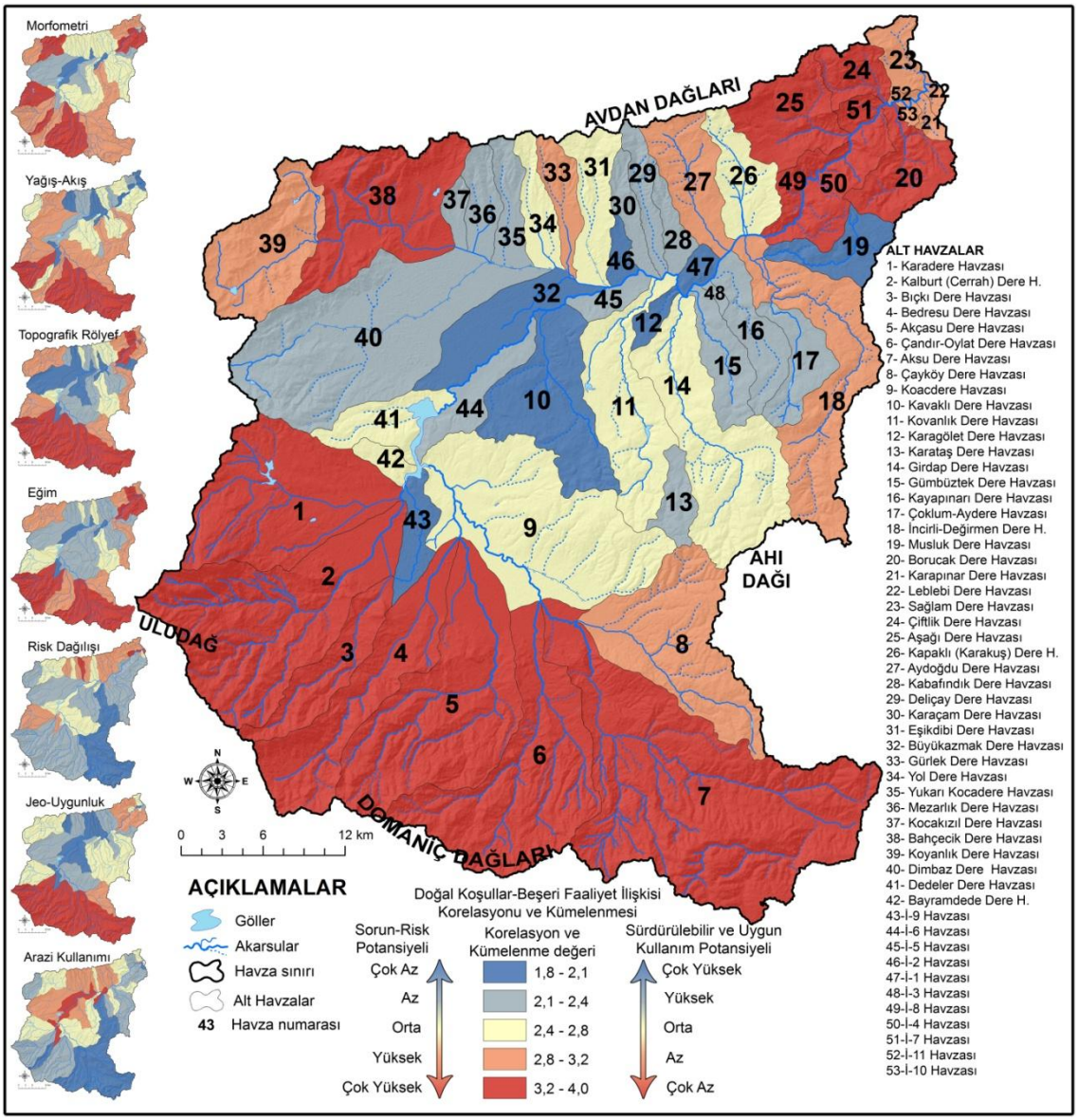
Kümeleme analizi için oluşturulan karşılaştırma matrisinde pozitif yönlü en yüksek korelasyona eğim-irtifa farkı, eğim, alt havza önceliklendirme ve irtifa farkı-alt havza önceliklendirme verileri arasında rastlanılmıştır. Negatif yönlü yüksek korelasyon ise jeomorfolojik uygunluk-arazi kullanımı, arazi kullanımı-eğim, irtifa farkı-arazi kullanımı ve arazi kullanımı-alt havza önceliklendirme verileri arasında tespit edilmiştir. Özellikle doğal ortam koşulları ile arazi kullanımı arasında ters yönlü ilişki olduğu, doğal ortam koşullarının kendi arasında pozitif doğrusal yönlü bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Bütün veriler arasındaki

standart sapma değeri 1,33 iken en düşük satandart sapma değeri, alt havza önceliklendirme-risk dağılışı (1,15) arasındadır. Elde edilen korelasyon verileri aynı zamanda havzanın tehlike-risk potansiyeli ve sürdürülebilir uygun kullanım potansiyelinin dağılışını etkileyen faktörlerinde etki derecelerini ve ilişiki düzeylerini ortaya koymaktadır. Bu bakımdan havzada engebenin fazla olduğu güney çerçeve ile doğu kesimde korelasyon verileri kümelenmeyi oluşturmaktadır. Yenişehir ve İnegöl oavaları tabanları ise sağladığı elverişli koşullar nedeniyle antropojenik kullanımların yoğun olduğu ve diğer kümelenme alanlarını ortaya koayabilmektedir. Ancak verilerin 53 alt havza bazlı olması farklı kümelenmeleri ortaya koymuştur. Bu bakımdan yüksek irtifa farkına sahip, eğimin fazla olduğu alt havzalarda mutlak suretle risk potansiyelninin olduğu tespit edilmektedir. Özellikle havzadaki birçok konsekant ana akarsuya sahip alt havzalar tehlike duyarlılık açısından tedbir alınması gereken sahaları oluşturur. Bu durum Göksu Çayı Havzası'nın İnegöl bölümünde yoğunluk kazanmaktadır. Yenişehir Havzası bölümünde ise kuzeybatı kesimdeki saha çeşitli riskleri barındırır.

Araştırma sahasının 53 alt havzası üzerinden doğal koşulların beşeri faaliyet ilişkisine dayalı olarak üretilen kümeleme analizinde alt havzalardan 1. kümede 7, 2. kümede 14, 3. kümede 8, 4. kümede 10 ve 5. kümede 14 alt havzanın bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 130). Göksu Çayı Havzası'nda muhtelif sorun ve risk potansiyeli yüksek ve çok yüksek alt havza sayısı 24 tanedir. Doğal ortam koşullarının antropojenik faaliyetler açısından sürdürülebilir ve uygum kullanımın olduğu alt havzalar ise 21 tanedir. Alt havzalardan 8 tanesi sorun risk potansiyeli ve uygun kullanım durumu açısından ortalama değerdedir.

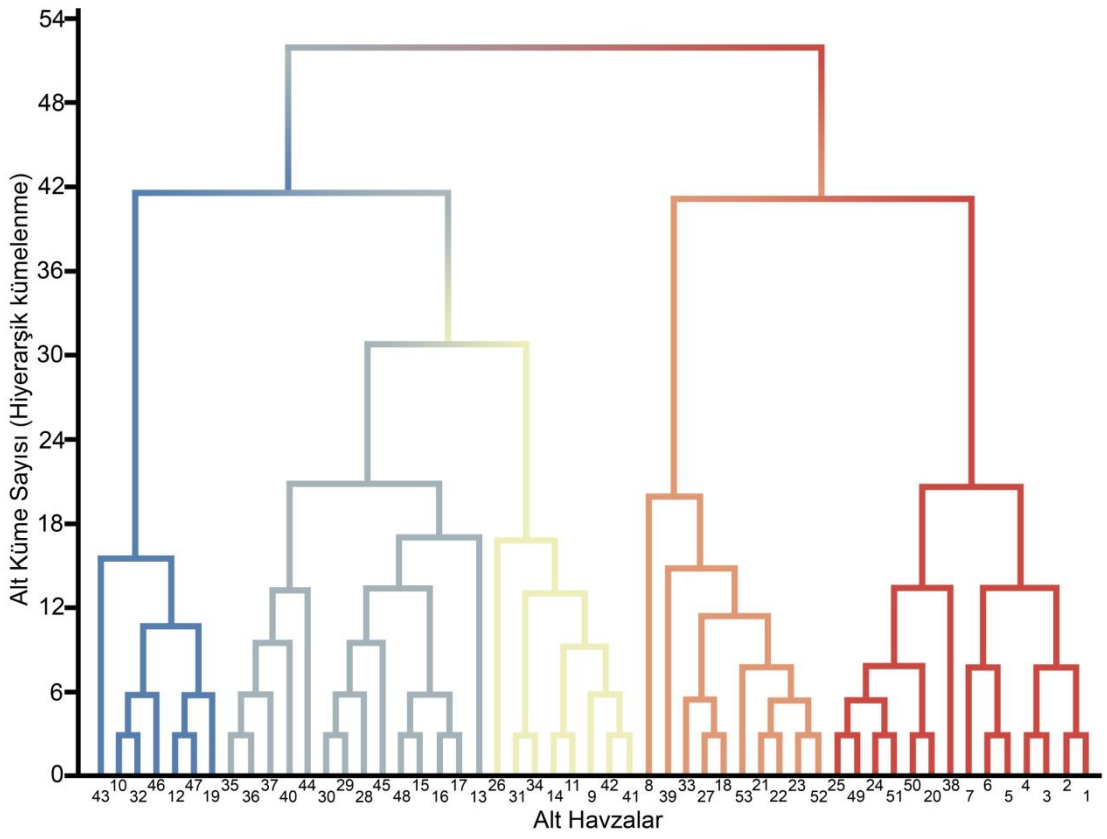
Alt havza bazlı kümelenmelerin sorun-risk potansiyeli ve sürdürülebilir-uygun kullanım potansiyeli açısından dağılışı belli alanlarda yoğunlaşma gösterirken havzanın belli kesimlerinde dağınık haldedir. Havzanın güney bölümünü oluşturan İnegöl Havzası'ndaki konsekant ana akarsu varlığının oluşturduğu Karadere, Kalburt Dere, Bıçkı Dere, Bedresu Dere, Akçasu Dere, Çandır Dere ve Aksu Dere havzaları yakın bir kümelenme göstermekte ve sorun-risk potansiyeli yüksek değer olan alt havzaları oluşturmaktadır (Şekil 130). Göksu Çayı Havzası'nın kuzeydoğusundaki küçük alanlı alt havzalar sorun-risk potansiyeli yüksek veriler sunmakta ve bu alanda mekansal kümelenmektedir. Bahçecik Dere havzası ise diğer yüksek kümelenme verilerine nazaran mekansal olarak kendi içerisinde veriler sunmaktadır. Yenişehir Havzası bölümünde Büyükazmak Dere havzası ile Kavaklı Dere havzası ve bu alandaki Göksu Çayı'na bağlanan kısa boylu akarsu havzaları sürdürülebilir-uygun kullanım potansiyelinin yüksek olduğu mekansal kümelenme sahalarını meydana getirmektedir. Alt havza verilerinin dağılışı ve mekansal kümelenmesi, havzanın jeomorfolojik koşullarının antropojenik kullanım ve risk potansiyeli açısından yönetim ve planlamanın esas yönlendirici etki unsurunu oluşturacağını göstermektedir. Özellikle risk potansiyeli yüksek alt havzaların, topografik özellikler açısından eğim ve yüksek irtifa farkını barındırması bu durumun varsayımsal kanıtı

olarak görülür. Sorun ve riskin olduğu alt havzalarının doğal ortam koşulları değerlendirildiğinde özellikle konsekant akarsuların ova tabanlarına (özellikle İnegöl ova tabanı çevresi) deşarj sahasında afet riski, antropojenik kullanım, jeomorfolojik koşulların elverişsizliği, kirlilik, yerleşim baskısı ve su sarfiyatı sorunlarının olduğu, gelecekte de olabileceği tespit edilmiştir. Kuzeydoğuda yer alan alt havzalarda ise temel sorununun jeomorfolojik koşullarının engebelilik durumundan kaynaklandığı bu nedenle doğal afet riskinin yoğun olduğu kümelenme sahasını oluşturmaktadır. Yenişehir Havzası kesiminde beşeri baskının daha az olması, ova tabanının tarım alanlı kullanılması ve jeomorfolojik koşullarının sağladığı olanaklar sürdürülebilir kullanım alanı olarak belirtilen sahada alt havzaların daha uygun bir kümelenme oluşturduğunu göstermektedir.



Şekil 130: Göksu Çayı Havzası'nın alt havza kapsamında kümeleme analizi

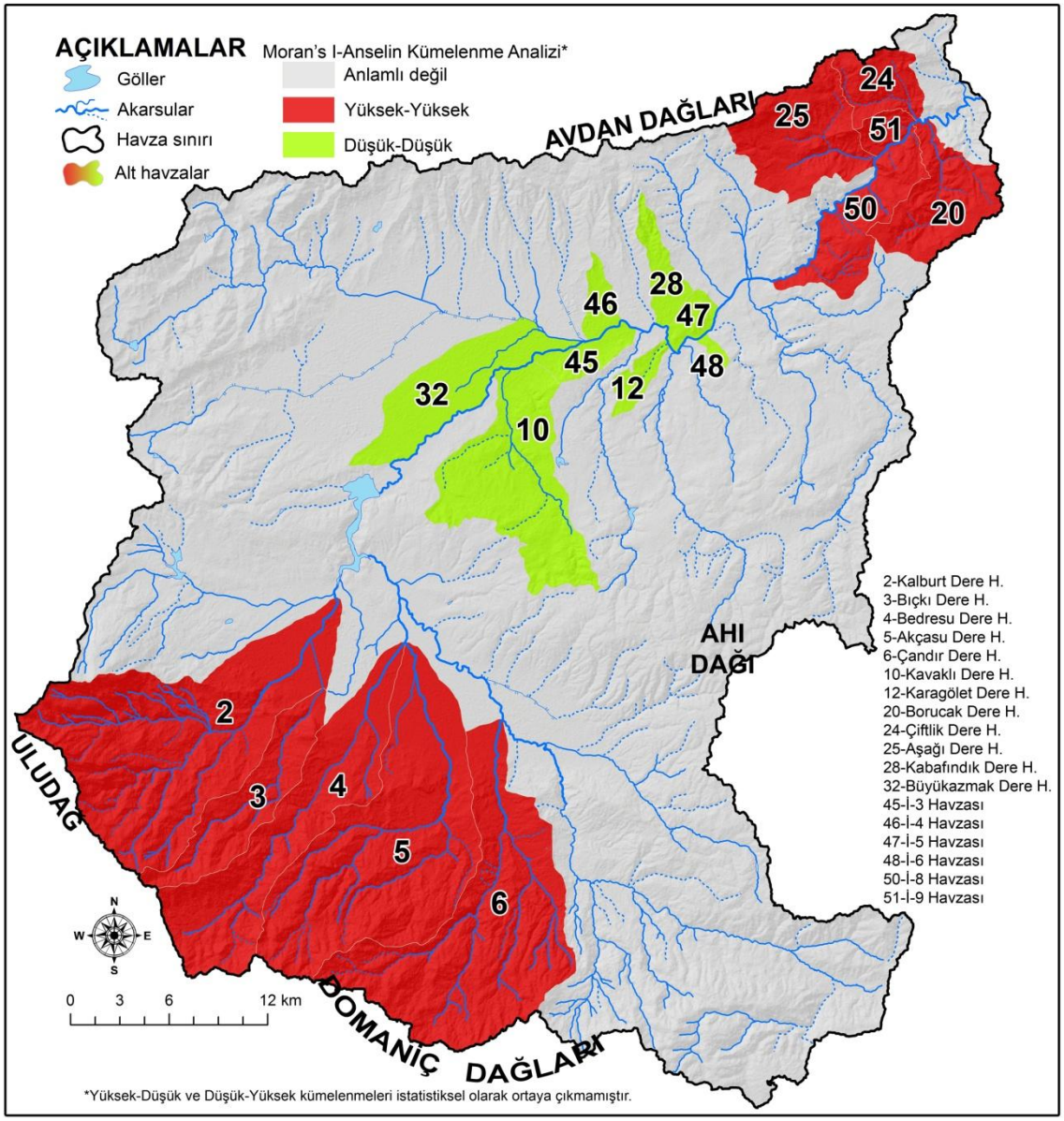
Göksu Çayı Havzası'nının birçok parametre üzerinden üretilen 53 alt havza kapsamındaki kümelenme verilerinin havza yönetimi açısından dendrogramı üretilmiştir. Dendongram, alt kümelenmeden itibaren hiyerarşik olarak kümelenmenin üst kümeye geçişini göstermektedir (Murtagh, 1984: 194; Petchey ve Gaston, 2007: 1424). Göksu Çayı Havza yönetimi açısından 5 kümede sınıflanan alt havzalar en üst noktada iki ana küme yapısı oluşturmaktadır (Şekil 131). Bu bakımdan sorun-risk potansiyeli az, sürdürülebilir ve uygun kullanım durumuna sahip 29 alt havza ile risk potansiyeli yüksek olan ve beşeri kullanımın sürdürülebilir açıdan sorun oluşturduğu 24 alt havza kümesinin olduğu tespit edilmiştir. Risk potansiyeli az olan ve sürdürülebilir uygun kullanımın tespit edildiği alt havzalar, Yenişehir Havzası bölümünde kümelenme gösterirken, sorun-risk potansiyelinin yüksek olduğu alt havzalar, Göksu Çayı Havzası'nın güneyi, kuzeydoğu ve kuzeybatısında mekansal kümelenmiştir.



Şekil 131: Göksu Çayı Havzası alt havza kümelenmelerinin dendongram grafiği

Mekansal dağılımda benzer ve farklılıkların mesafe kapsamlı kümelenmesi mekasal otokorelasyon üzerinden analiz edilmiştir. Bu verilerin mekansal örüntü ve dağılımları ise Lokal Moran's I (Anselin) testi ile istatistiksel olarak test edilmiştir (Anselin, 1995: 98). Alt havza kapsamlı analiz sonuçlarında Yüksek-Yüksek, Düşük-Düşük ve anlamlı olamayan veri değerleri

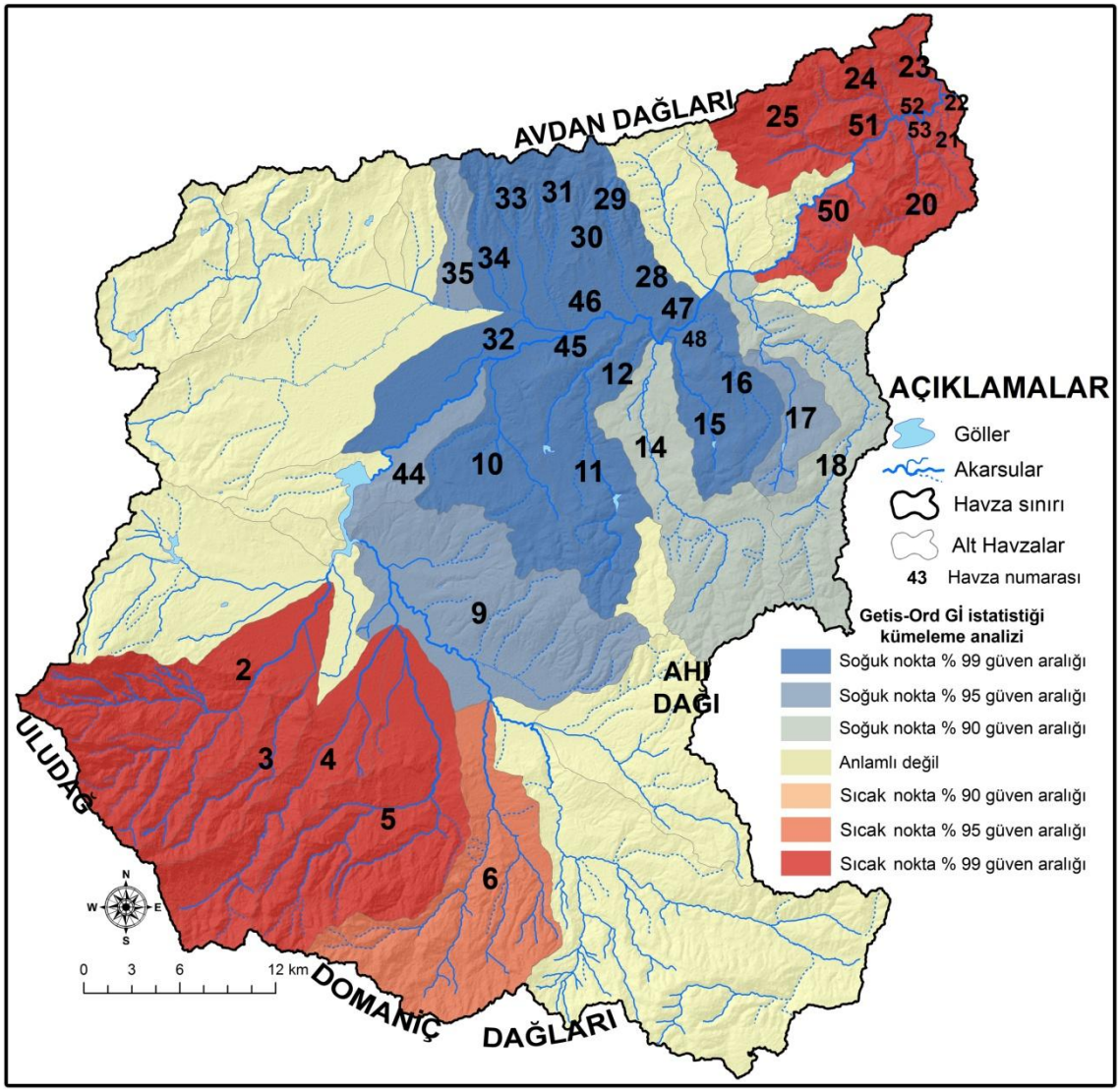
ortaya çıkmıştır (Şekil 132). Yüksek-Düşük ve Düşük-Yüksek değerleri alt havza kapsamlı kümelenmede tespit edilmemiştir.



Şekil 132: Göksu Çayı Havzası'nın alt havza kapsamında Lokal Moran's I kümelenme analizi

Lokal Moran's I ile yapılan analizler, Göksu Çayı Havzası'nda 2 farklı alanda 10 alt havzanın yüksek değerdeki kümelenmeyi ve düşük değerdeki 8 alt havza kümelenmesinin olduğunu gösterir. Göksu Çayı Havzası'nın alt havzalarından 35 tanesi ise mekansal olarak kümelenme açısından anlamlı bir değer göstermemektedir. Verilerin dağılışı incelendiğinde, Uludağ ve Domaniç Dağları'ndan kaynaklarını alan Kalburt Dere, Bıçkı Dere, Bedresu Dere, Akçasu Dere ve Çandır Dere havzaları ile kuzeydoğuda yer alan dar alanlı havzalarda yüksek risk-sorun potansiyelinin olduğu kümelenme tespit edilmiştir. Yenişehir Havzası-Göksu Çayı kesişimindeki alanda yer alan eğim, irtifa farkının az olduğu alt havzalarda ise sürdürülebilir ve uygun kullanım potansiyelinin olduğu saptanmıştır.

Mesafe analizi ile uygulanan Getis-Ord Gİ istatistiği kümeler arasındaki sıcak ve soğuk noktaları tespit ederek mekansal yoğunlaşmanın dağılımı hakkında bilgi vermektedir (Ord ve Getis, 1995: 287; Tağıl, 2007: 44). Göksu Çayı Havzası'nın 7 farklı ana parametre üzerinden oluşturulan alt havza kümelenmesi Getis-Ord Gİ istatistiği sonuçlarına göre % 99 güven aralığında 14 alt havzanın sıcak nokta, 16 alt havzanın soğuk nokta olarak kümelendiği tespit edilmiştir (Şekil 133). Test sonuçlarına göre % 95 güven aralığında sıcak nokta kümelenmesi 1 iken, soğuk nokta olarak 3 alt havza kümelenmesi mevcuttur. Alt havzalar arasında mesafe ve veri değeri olarak kümelenmenin bulunmadığı 16 alt havza tespit edilmiştir.

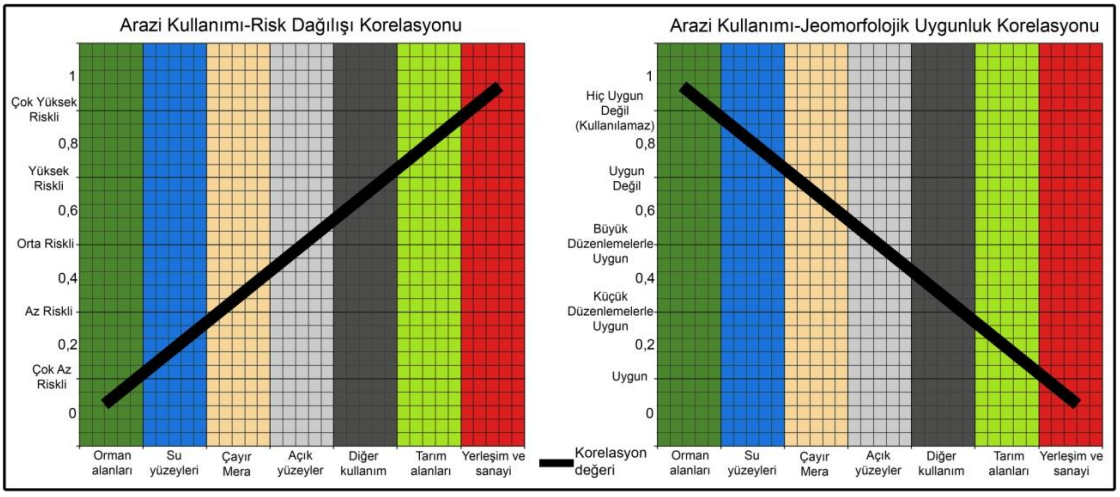


Şekil 133: Göksu Çayı Havzası'nın alt havza kapsamlı kümelenme analizinin Getis-Ord Gİ istatistiği dağılışı

Getis-Ord Gİ istatistiğinin ortaya koyduğu kümelenme analizine göre havzada sorun ve risk potansiyelinin yüksek olduğu iki farklı kümelenme mevcuttur. Bu alanları İnegöl Havzası'nda yüksek irtifa farkına sahip konsekant ana akarsuların oluşturduğu alt havzalar ile Göksu Çayı Havzası'nın kuzeydoğusundaki dar alanlı alt havzalar meydana getirir. Doğal ortam

koşullarının beşeri faaliyetler açısından uygun kullanımın ve sürdürülebilir değerde yapının mevcut olduğu alt havzalar ise Yenşehir havzası bölümünde Göksu Çayı'na bağlanan alanda kümelenmiştir.

Göksu Çayı Havzası'nının alt havza kapsamında kümelenme analizi, yönetim açısından daha çok hiyerarşik bir mekansal kümelenme ortaya koymaktadır. Bu bakımdan havza ortalamaları üzerinden elde edilen veriler alt havzalarının genel özelliklerini yansırıtırken risk ve uygun kullanım potansiyeli açısından dağılışlarda daha detaylı verileri ihtiyaç duyulmaktadır. Belirtilen durumdan dolayı raster tabanlı 30 metre çözünürlüğe sahip arazi kullanımı verisi ile 10 farklı parametrenin analizi ile ortaya konulan jeomorfolojik uygunluk dağılışı ve 10 farklı tehlike duyarlılık-risk analizleri verisinin dağılışı arasında ağırlık matrisi oluşturulmuş ve daha detaylı kümelenme analizi verisi üretilmiştir (Şekil 134). Havza jeomorfolojik faktörlerin, doğal ortam koşulların tamamına etkisi ile bu alanlardaki arazi kullanımının durumu bağımlı-bağımsız değişken korelasyonu ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular ayrıca bütün risk verileri ile de korelasyona tabi tutulmuş ve kümelenme analiz verileri üretilmiştir (Uniyal vd., 2020: 145). Bütün değişkenlerin korelasyonunu sonucu mekansal otokorelasyon ile havzada 5 kategorik sınıf olarak kümelenme analiz dağılışı ortaya konmuştur. Kümelenme değerleri kendi arasındaki değer üzerinden risk-sorun potansiyeli ile sürdürülebilir uygun kullanım potansiyeli açısından hiyerarşik olarak sınıflandırılmış ve kümelenme anlamlı şekilde açıklanmıştır. Mekansal kümelenmelerin çevresine göre hangi düzeyde anlamlı kümeler ürettiği Lokal Moran's I testi ile sıcak-soğuk nokta kümelenmesini ortaya koyan Getis-Ord Gİ istatistiği açısından analiz edilmiştir.



Şekil 134: Hücresel tabanlı kümeleme analizi için oluşturulan korelasyon grafikleri

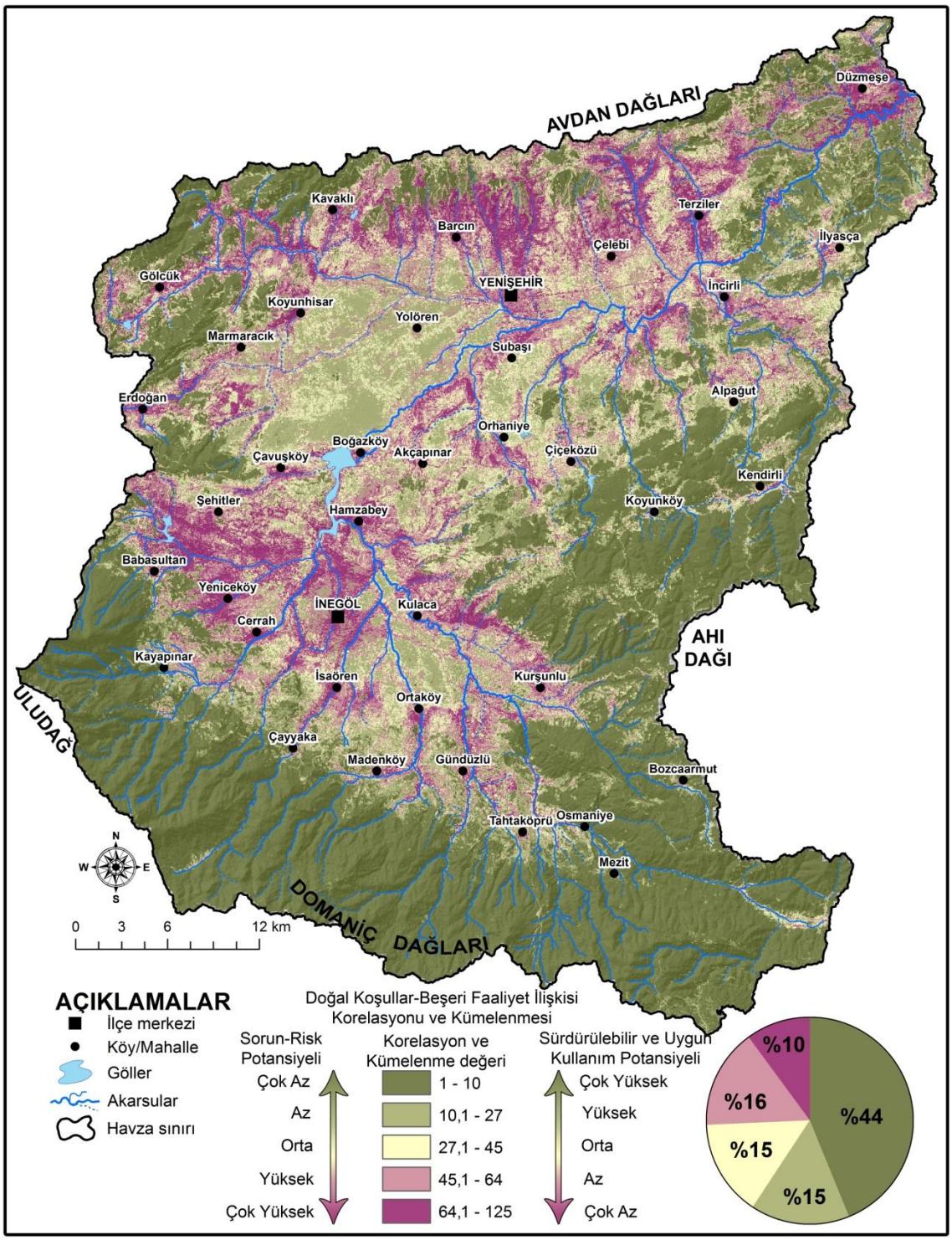
Göksu Çayı Havzası'nın arazi kullanımı verileri bağımsız değişen olarak risk dağılışı ve jeomorfolojik uygunluk verileri ile korele edilmiştir (Şekil 134). Bu veriler üzerinden havzada antropojenik kullanımın arttığı yerleşim, sanayi, tarım ve diğer kullanım verileri ile risk

dağılışı arasında pozitif yönlü bir ilişki varken jeomorfolojik uygunluk dağılışı ile negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Beşeri kullanımın yoğun olduğu yerleşim, sanayi, tarım ve diğer kullanım sahaları daha önce ortaya konan antropojenik faaliyetlerin jeomorfolojik uygunluk dağılışı verileri ile ters yönlü ilişkiye sahiptir. Dolayısıyla bu durum havzada ova tabanları ve çevresinde yoğunlaşan bu alanların hem uygun jeomorfolojik koşullarda olduğunu ancak risk dağılışı açısından mutlak suretle tedbirlerin alınması gerektiğini de göstermektedir.

Havzanın hücresel tabanlı kümelenme analizi ile 5 farklı küme tespit edilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nda 1. küme 1048,03 km^2, 2. küme 368,9 km^2, 3. küme 359,3 km^2, 4. küme 373,1 km^2 ve 5. küme 241,4 $km^{2'}$lik alan kapladığı hesaplanmıştır (Şekil 135). 1. Kümede yer alan sahalar havzanın yüksek kesimleri ve ormanlık alanlarına tekabül ederken, 2. kümedeki alanlar tarım alanları, çayır-mera sahaları ve platolardaki muhtelif alanlara denk gelmektedir. 3. kümede yer alan sahalar ova tabanları ile alçak plato yüzeylerine denk gelir. 4. kümedeki sahalar platolardan İnegöl ve Yenişehir ova tabanlarına geçiş sahalarında iken 5. kümede yer alan sahalar İnegöl ova tabanı ve batı kesimi, Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki plato sahaları ile uzun boylu akarsu kenarlarında yoğunlaşmıştır (Şekil 135). Kümelenme analizinin detayı hiyerarşik olarak birleştirilerek değerlendirilirse İnegöl ova tabanı, Yenişehir kuzeyindeki plato sahasında 4. ve 5. kümeler yer alırken, yüksek dağlık alanlar ve yüksek plato sahalarında 1. ve 2. kümelerin yoğunlaştığı dikkat çeker. Bu durum arazi kullanımı, jeomorfolojik veriler, uygunluk analizleri, klimatik şartlar ile tehlike duyarlılık verileri arasındaki ilişkinin belli alanlarda düzenli mekansal kümelenmeleri ortaya koyduğunu göstermektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın hücresel (raster) tabanlı detaylı kümelenme dağılışı sorun-risk potansiyeli açısından analiz edildiğinde antropojenik faaliyetlerin yoğun olduğu aynı zamanda jeomorfolojik koşullar başta olmak üzere doğal koşulların belli riskleri ihtiva ettiği alanlarda muhtelif sorunların meydana geldiği ya da gelecekte risklerin olabileceği saptanmıştır. Belirtilen varsayımın mekansal kümelenmesi özellikle İnegöl ova tabanı ile bu alana geçiş sahalarında, Şehitler-Babasultan-İnegöl üçgeninde, Yenişehir Ovası'nın kuzeyinde hafif eğimli plato sahasındaki açık yüzeylerde, alüvyal ova tabanları, Göksu Çayı'na Ahı Dağı'dan dökülen akarsuların deşarj noktaları ve Marmaracık-Erdoğan arasında yoğunlaşmıştır (Şekil 135). Havza yönetimi açısında bu alanların erozyon, sel, taşkın, heyelan riskleri taşıdığı, arazi kullanımı açısından özellikle İnegöl ova tabanının antropojenik baskı altında olduğu, akarsularda kirlilik düzeyinin arttığı ve bu alanların mutlak suretle tedbir alınması gerekli sahaların başında yer aldığı saptanmıştır. Sorun ve risk açısından kümelenmenin olduğu alanlar havzanın % 26'sını oluşturmaktadır. Yüksek dağlık alanlarda belli risklerin olduğu ancak bu sahaların antropojenik kullanımdan uzak olması, orman varlığının Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı ve Avdan Dağları'nda geniş yer kaplaması risk potansiyelinin oldukça düşük düzeyde kümelenmesini

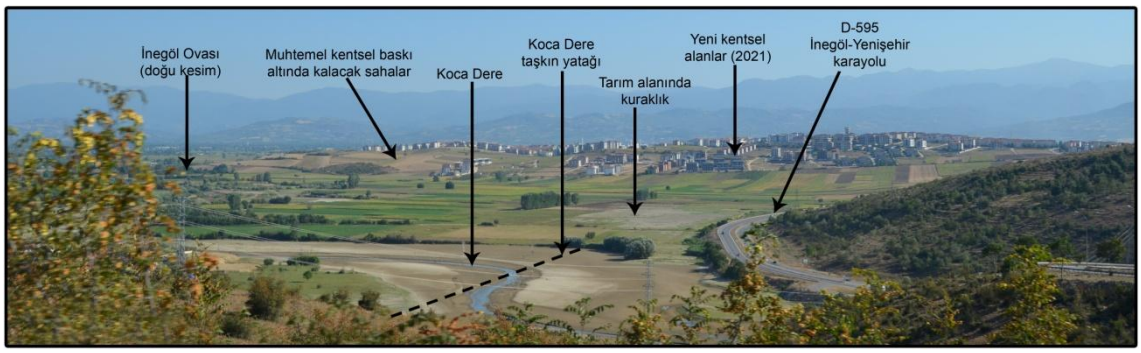
sağlamıştır. Yenişehir ova tabanı, İnegöl Ovası'nın doğusu (Kulaca-Ortaköy arası), Ahı Dağı-Göksu Çayı arasındaki plato alanlarında da sorun-risk potansiyelnin düşük kümelenme şeklinde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir.



Şekil 135: Göksu Çayı Havzası'nın sorun-risk ve sürdürülebilirlik potansiyeli kapsamındaki hücresel (raster) tabanlı kümeleme analizi

Göksu Çayı Havzası'nın detaylı kümelenme analizinde doğal-beşeri ortam koşulları ilişkisine dayalı sürdürülebilir uygun kullanımların olduğu alanlar, orman varlığının yoğun

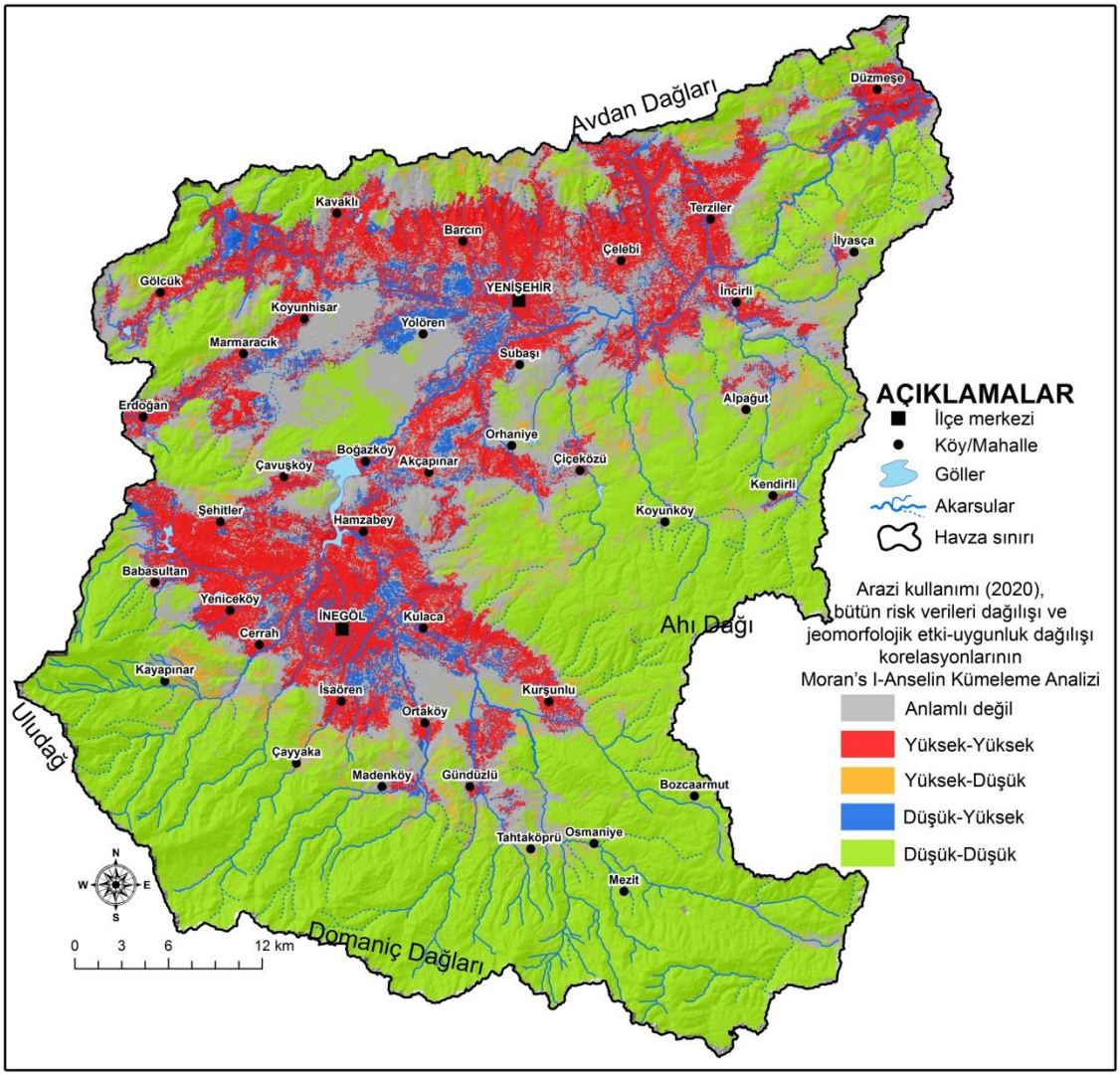
olduğu yüksek dağlık sahalarda kümelenmiştir. Uygun kullanım kümelenmesi havzanın % 44'ünü oluşturur. Belirtilen sahaların beşeri faaliyet açısından baskıya çok uzak olması, orman varlığı ile engebeli arazinin kullanımı oluşturması sürdürülebilirlik ve havza yönetimi açısından mekanın potansiyelinden optimal ölçekte yararlanıldığı göstermektedir. Sürdürülebilir ve uygun kullanım potansiyelnin az (% 16) ve çok az (% 10) olduğu sahalar İnegöl Ovası ve Yenişehir Ovası'nın kuzey kesiminde yoğunlaşmıştır. İnegöl Ovası tabanının yerleşim, ulaşım ve sanayi odaklı antropojenik baskıya uğraması, Yenişehir Ovası kuzeyindeki eğimli arazilerde tarım faaliyetlerinin yapılması sürdürülebilir bir havza yönetimi verisinin çok düşük olduğunu, bu alanlarda doğal-beşeri ortam koşulları arasındaki ilişkiden kaynaklanan sorunların bulunduğunu göstermektedir (Fotoğraf 49). Yenşehir havzasında Gölcük-Kavaklı-Barçın-Terziler-Düzmeşe arasındaki batı-doğu hattında erozyon riskinin tarımsal araziler üzerindeki uygun kullanımı düşürdüğü tespit edilmiştir. İnegöl Ovası'nın batısını oluşturan Cerrah Dere-Babasultan-Şehitler arasındaki saha ise deprem, erozyon, sel, heyelan ve kuraklık riskinin yüksek olduğu saha olması, ana karayol güzergahının bu sahadan geçmesi ve antropojenik baskılar sürdürülebilir uygun kullanımın düşük olduğunu ve sorunların gelecekte de muhtemel olacağını göstermektedir. İnegöl yerleşim merkezi, antropojenik kullanım yoğunluğunun verimli topraklarda oluşturacağı baskınının yanında, beşeri kaynaklı riskler, çevresel kirlilik, sanayi deşarjlarının akarsuların kalitesini etkilemesi ve sel, taşkın, kuraklık riskleri ile uygun kullanımının çok az olduğu kümelenme sahasının oluşturmuştur. Yenişehir Ovası, İnegöl Ovası'nın doğusu, Göksu Çayı'ndan Ahı Dağı'na uzanan plato sahasında doğal-beşeri ortam ilişkisinin sürdürülebilir ve uygun kullanım şeklinde olduğu bir kümelenme mevcuttur.



Fotoğraf 49: İnegöl Ovası ve yakın çevresinde farklı sınıflarda kümelenmenin olduğu alanlar ile doğal unsurlar, beşeri kullanım ve risk alanları

Göksu Çayı Havzası'nın raster tabanlı kümelenme analizi, mesafe kapsamlı olarak Lokal Moran's I (Anselin) istatistiği ile test edilmiştir. Arazi kullanımı, jeomorfolojik uygunluk dağılışı ve risk-tehlike duyarlıklık analizi dağılış sonuçları arasındaki korelasyonlarla ortaya konan raster tabanlı kümelenme analiz verileri, vektörel formata çevrilmiş ve kantitatif test uygulanmıştır. Test sonuçları, her bir kümenin çevresindeki küme ile korelasyaon değeri ve öklid mesafesi üzerinden kümelenme-ayrıklanma özelliğine göre analiz edilmiştir. Yüksek-

Yüksek değerler, İnegöl ova tabanının büyük bölümü, Yenişehir Ovası'nın kuzeyi, Boğazköy-İncirli arasında Göksu Çayı çevresi, Bahçecik ve Koyanlık Dere vadi tabanları ve Dümeşe'de kümelenmiştir (Şekil 136). Düşük-Düşük kümelenme, Göksu Çayı Havzası'nın çerçevesini oluşturan dağlık sahalar ile plato alanlarına geçiş sahalarında yoğunlaşmıştır. Çevresine göre daha farklı küme verisine sahip kümelenmenin olduğu Yüksek-Düşük kümelenme sahaları dağlık alanlar ile plato sahaları geçiş sahasında kümelenmiştir. Düşük-Yüksek değerdeki kümelenme İnegöl ve Yenişehir ovalarında görülür. Yenişehir Ovası'nda Büyükazmak güneyi, İnegöl Ovası doğusu ile birçok kısa boylu konsekant akarsu çevresindeki kümelenmenin anlamlı değerde bir kümelenme göstermediği tespit edilmiştir.



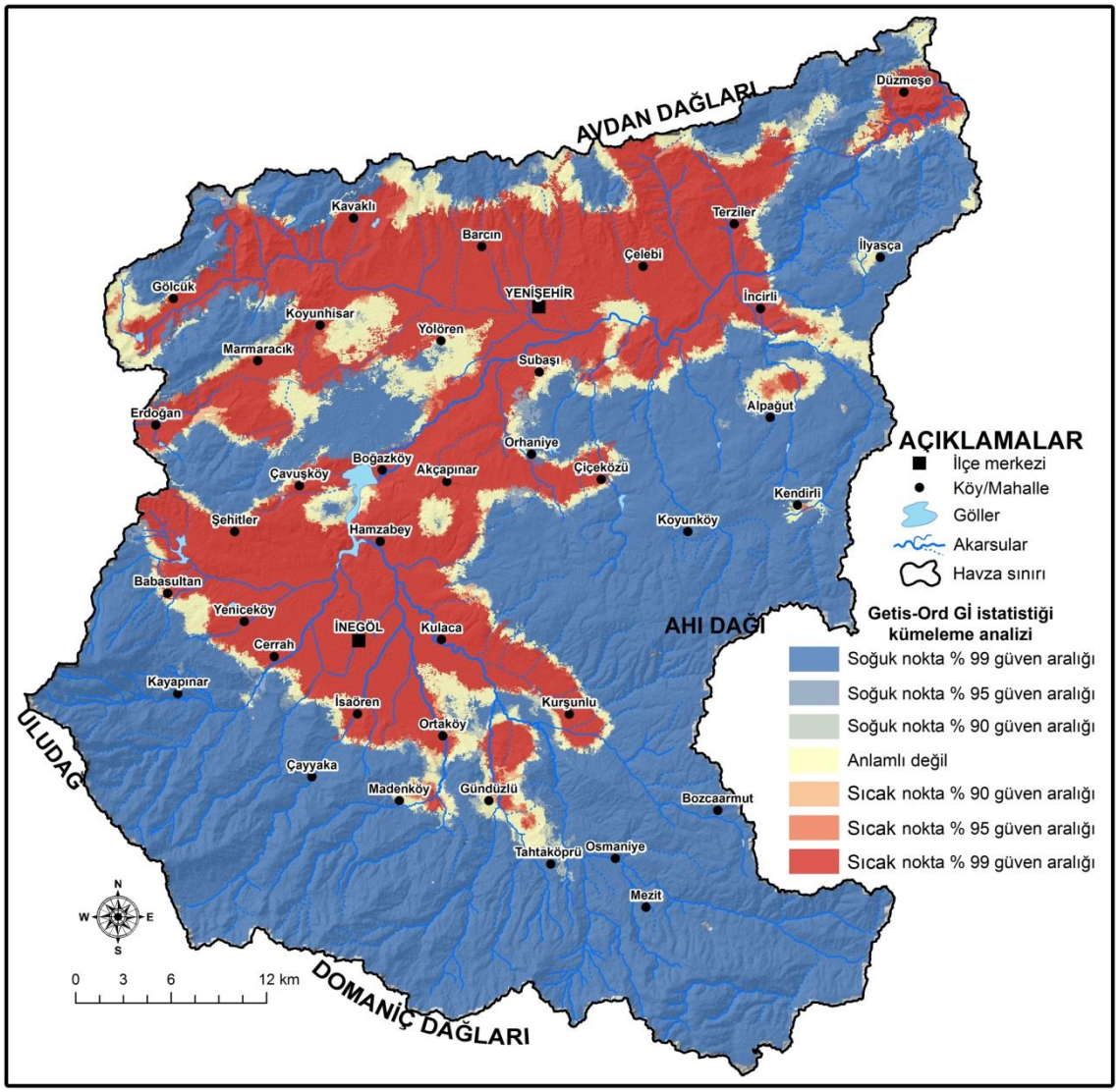
Şekil 136: Göksu Çayı Havzası'nın Lokal Moran's I kümeleme analizi (raster tabanlı)

Lokal Moran's I testi ile analiz edilen kümelenme verileri sonuçlarına göre Göksu Çayı Havzası'nın İnegöl ova tabanı ile Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki plato sahalarında sorun-risk potansiyeli yüksek kümelenmeler çevrelerindeki değerlerle eşleşerek geniş bir alanda mekansal birlik oluşturmuştur (Şekil 136). Havzanın çerçevesini meydana getiren dağlık sahalar

ile orman varlığının bulunduğu plato sahalarında ise düşük değerler mekansal kümelenmeyi meydana getirmiştir. Bu alanlarda sorun potansiyeli oldukça düşük olup sürdürülebilir uygun kullanımın olduğu saptanmıştır. Dağınık kümelenmenin olduğu Yüksek-Düşük veriler, İnegöl Ovası kuzeyindeki eğimli arzilerde, çayır-mera sahalarında, akarsu vadileri çevresinde ve Avdan Dağları'nın yüksek kesimlerinde gözlemlenir. Bu sahalarda risk potansiyelinin yüksek olduğu ancak beşeri kullanım açısından baskının düşük olduğu yorumu yapılabilmektedir. Düşük-Yüksek olarak kümelenen alanlar, havzanın her iki ova tabanı ile alüvyal düzlüklerde yoğunlaşmıştır. Bu veriler ise belirtilen alanlarda risk-sorun potansiyelinin düşük ancak antropojenik baskının yüksek olduğunu göstermektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın detaylı mekansal kümelenme verileri Getis-Ord Gİ istatistiği ile sıcak-soğuk nokta kümelenmesi açısından analiz edilmiştir. Test sonuçlarının % 99 güven aralığında tespit edilen sıcak noktaları İnegöl ova tabanı, Yenşehir ovasının kuzeyindeki plato sahasının büyük bölümü, Düzmeşe, Gölcük, Marmaracık, Alpağut ve Gündüzlü yerleşmeleri çevresinde kümelenmiştir (Şekil 137). Soğuk nokta sahaları % 99 güven aralığında test analiz sonuçlarına göre havzanın güney ve doğusundaki plato ve dağlık alanlarının tamamı ile kuzeydeki Avdan Dağları'nın bir bölümü ve Yenişehir Ovası'nın batısında kümelendiği tespit edilmiştir. Sıcak ve soğuk noktalarınn % 99 aralığında tespit edilen kümelenmeler havzanın alansal olarak büyük bölümünü oluşturmaktadır. Sıcak ve soğuk noktalarının % 95 ve % 90 güven aralığındaki kümelenmesi belirtilen iki değerin geçiş sahalarında gözlemlenir. Mekansal olarak dağınık bir kümelenmenin görüldüğü sahalar ise İnegöl Ovası çevresindeki birinkinti konilerinde, Yenişehir Ovası'nın güneyi, İncirli Dere, Koyanlık Dere, Oylat Dere havzalarında görülmektedir.

Getis-Ord Gİ istatistiği sonuçları Göksu Çayı Havzası'nın özellikle antropojenik etkinin yoğun olduğu İnegöl Ovası ile erozyon riskinin fazla olduğu Yenişehir Ovası kuzeyindeki plato sahasında sorunların olduğunu göstermektedir. Belirtilen alanlardaki geniş kümelenmelerin kantitatif test sonuçları, belli alanlardaki sorunların aynı zamanda çevresinde de etkili olabileceği ve ortak bir kümelenme oluşturduğunu göstermetedir. Orman alanlarının bulunduğu Uludağ, Avdan Dağları, Domaniç Dağları ve Ahı Dağı ile bu alanlara geçişteki plato sahalarında ise sorun-risk potansiyelinin az olduğu, uygun kullanımların sürdürülebilirlik açısından potansiyeli barındırdığı kümelenme mevcuttur (Şekil 137). Belirtilen koşullar, Getis Ord Gİ analizinin, Lokal Moran's I testi ile benzer sonuçlar ortaya koydunu göstermektedir.



Şekil 137: Göksu Çayı Havzası'nın hücre (raster veri) tabanlı kümeleme analizinin Getis-Ord Gİ istatistiği dağılışı

Alt havza verileri ile hücresel tabanlı kümeleme analizi sonuçları Göksu Çayı Havzası'nının özellikle ova tabanları ve çevresinde havza yönetimi açısından önlemlerin alınması gerektiğini göstermektedir. Arazi kullanımının dağılışı ve risk teşkil eden sahalarının birleşim noktaları havzanın sürdürülebilir yönetimine negatif yönlü etki yapmaktadır. Bu alanlarda yerleşim, sanayi ve tarım alanlarının oluşması muhtemel risklerden etkilenmemesi için jeomorfolojik uygunluk dağılışına göre planlama yapılması öncelikli uygulama olmalıdır. Ayrıca sel-taşkın kontrolü için Göksu Çayı, Karadere, Koca Dere, Akçasu Dere, Kalburt Dere ve Bedresu Dere gibi uzun boylu akarsularda taşkın kontrol tesislerinin sayısının arttırılması, var olanlarının revize edilmesi gerekir. Ayrıca 4373 sayılı kanun gereğince belirlenen taşkın ve su baskını koruma sınırının havza içerisinde gözden geçirilmesi gerekmektedir. Özellikle Göksu Çayı'nın 150 metrelik koruma sınırı hücresel tabanlı kümeleme analizi verileri dikkate alınarak genişletilmeli, İnegöl Ovası'nda tek kanala deşarj olan akarsularda da mutlaka 50-100

metre tampon sınırı uygulanmalıdır. İnegöl şehir merkezi batısı ile Yenişehir Ovası kuzeyindeki sahada erozyon riskinin azaltılması için tarım uygulamalarının mutlak suretle gözden geçirilmesi gerekmektedir. Belirtilen alanlardaki antropojenik faaliyetlerin doğal ortam koşulları ile ilişkisi dikkate alınarak planlanmalı, tehlike duyarlılık dağılışı açısından bu sahalardaki orman, çayır-mera ve tarım alanları varlığı korunmalıdır. Alt havza kapsamında yapılan kümeleme analizi, havza yönetiminde iki ana grubunun oluştuğunu ve planlama çalışmalarının bu şekilde yönetilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle havzanının güney ve kuzeydoğusundaki alt havzalar risk potansiyeli yüksek sahalar olduğu için tedbir kapsamlı havza yönetimi çalışmalarının yoğunlaşacağı sahayı oluşturmaktadır. Yenişehir Ovası'na drene olan ve Göksu Çayı'na bağlanan akarsuların oluşturduğu alt havzalarda ise kullanım ve sürdürülebilirliğin geliştirilmesi amaçlanmalıdır. Göksu Çayı Havzası'nın hüresel tabanlı ve alt havza kapsamlı kümeleme analizi verileri havza yönetimi açısından güçlü, zayıf yönler ile fırsatlar ve tehditlerinde yoğunlaştığı alanları ortaya koyarak SWOT analizine ve dolayısıyla havzanın planlamasına altlık temel veriler oluşturmaktadır.

5.1.7. SWOT Analizine Dayalı Havza Yönetim-Planlama Modeli

Çeşitli veriler, özellikler, alanlar üzerinden incelenen unsurun niteliksel ve niceliksel olarak güçlü yanlarını (Strengths), zayıf yönlerini (Weaknesses), fırsatları (Opportunities) ve tehlikeleri-tehditleri (Threats) ortaya koyan SWOT (GZFT) analizi mevcut durumları ve geleceğe dönük planlama verilerinin ortaya konduğu işleyişe sahiptir. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın yönetim ve planlaması amacıyla SWOT analizi oluşturulmuştur (Tablo 51). Oluşturan SWOT analizi için havzanın fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri ile morfometrik verileri ve risk analizleri detaylıca incelenmiş, bütünleşik ve coğrafi kapsamlı oluşturulan havza yönetim modeli verilerindeki bilgilerin son değerlendirmesiyle analiz tablosu oluşturulmuş ve modele eklenmiştir.

Göksu Çayı Havzası'nda SWOT analizi ile ortaya konan güçlü-zayıf yönler ile fırsat ve tehditlerin kantitatif olarak karşılıklı ilişkisi üzerinden dağılış verilerinin üretilmesi amaçlanmıştır. Bu bakımdan literatürde daha önce kullanılan A'WOT ve R'WOT analizleri baz alınmıştır (Kurttila vd., 2000: 45; Pesonen vd., 2001: 536). Belirtilen analizlerden farklı olarak havzanın doğal-beşeri parametreleri ile alt kriterlerinin ağırlıklı bindirme analizi ile ortaya konan verileri daha sonra farklı korelasyonlarla bulanık mantık yönetiminde analiz edilmiştir. Böylece Göksu Çayı Havzası'nın SWOT analizi ile ortaya konan güçlü-zayıf yönleri ile fırsat ve tehditleri, üretilen dört farklı harita üzerinden dağılış açısından değerlendirilmiştir.

Tablo 51: Göksu Çayı Havzası'nın SWOT (GZFT) analizi

GÜÇLÜ YÖNLER (Strengths)	ZAYIF YÖNLER (Weaknesses)	FIRSATLAR (Opportunities)	TEHDİTLER (Threats)
• Göksu Çayı Havzası'nın geniş alanlı olması • Jeomorfolojik çeşitlilikleri barındırması • Havzanın, geniş alanlı iki ova tabanına ve havzanın farklı yerlerindeki alüvyal sahalara sahip olması • İklimin elamanlarının dağılış açısından çeşitlilik göstermesi • Klimatolojik koşulların belli alanlarda antropojenik faaliyetler için uygun olması • Yıllık sıcaklık ortalamasının 13^0C olması ve iklim şartlarının özellikle ova tabanlarında ılıman iklim koşullarına benzer olması • Yıllık yağış miktarının 530-1500 mm arasında olması ve havzanın ortalama yağışının 752 mm olması • Rüzgar hızının tehlike düzeyine ulaşmaması • Akarsu varlığının yoğun olması • Yağış-akış ortalaması ve dağılışının birçok faaliyet ve kullanım için uygunluk düzeyinin varlığı • Akım ve debisi yüksek akarsuların bulunması • Ova tabanlarında yeraltı su seviyesinin uygun olması • Kullanılabilir su potansiyelinin risk teşkil etmemesi • Farklı su kaynakları varlığı ile mineralli su ve sıcak su kaynaklarının bulunması • Verimli toprak varlığının (alüvyal topraklar havzanın % 15'ini oluşturur) olması ve bu alanların eğim açısından da tarıma uygun olması • Havzanın % 40'nın orman formasyonuyla kaplı olması • Uludağ ve Domaniç Dağları'nda geniş yapraklı ormanların kuşak halinde bulunması • Geniş, iğne ve karışık ormanlar ile çalı ve ot formasyonlarından çeşitli doğal bitki örtüsü türlerini barındırması • Nüfus yoğunluğunun İnegöl şehir merkezi hariç yüksek olmaması • Mobilya, gıda, cam, metal, kağıt, vd. sanayi kollarına ait tesislerinin bulunması • Sulu ve kuru tarım imkanı ile çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirilebilmesi • Modern tarım tekniklerinin kullanılması • D-200 ve D-160 ana karayolu güzergahlarının havzadan geçmesi • Arazi kabiliyet sınıfı açısından tarım uygun toprakların (I. II. III. ve IV. sınıf) havzanın % 32,8'ini oluşturması • Çeşitli sanayi kolları için hammaddenin bulunması	• Aktif fay hattının İnegöl Ovası güneyinden geçmesi ve diğer fay hatlarının yoğun olması • Havzada yer alan ve havza dışındaki (Bursa fayı, İznik-Mekece fayı) aktif fay hatlarının deprem potansiyelinin bulunması • Depreme karşı dirençsiz ve gevşek zeminli alüvyal sahalarının bulunması, bu alanlardaki yerleşim yoğunluğu • Havzanın güneyi, doğusu, kuzeydoğusu ve kuzeyinde ani yükselti değişimlerinin olması (arızalı topografya) • İnegöl ve Yenişehir ovaları hariç eğim ve irtifa farkının yüksek olması • Ortalama sıcaklıklarının İnegöl ve Yenişehir'de kış mevsiminde 0^0C'ye kadar düşmesi • Donlu gün sayısının (5 ayda) 50 gün olması ve beşeri faaliyetleri olumsuz etkilemesi • Havzadaki yükselti farkları ve dağlık kütleler nedeniyle ova tabanları hariç diğer sahalarda klimatolojik açıdan karasallığın etkili olması • Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yağış değerlerinde gözlemlenen düşüş seviyesinin fazla olması • Yaz kuraklığının belirgin yaşanması (İnegöl'de yaz yağışı % 14,7 Yenişehir'de yaz yağışı % 14,1) • Hidrojeolojik açıdan geçirimsiz ve az geçirimli birimlerin yüzeysel akışı arttırması ve riskleri tetiklemesi • Doğal göl varlığının bulunmaması • Yağışın % 40 oranında akışa geçmesi ve diğer kısmın doğal ya da beşeri etkenlerle kullanılması • AGİ bazlı akarsularda akış eksiği ve düzensizlik katsayısının yüksek çıkması • Akarsularda taşkın ve çekiklerin çok fazla ve belirgin şekilde olması • Akarsu yıllık ortalama akım verilerinin azalma trendinde olması (özellikle Göksu Rüstemköy ve Boğazköy AGİ) • Akarsu rejimlerinin düzensiz olması • Yaşanmış taşkınların varlığı ile akarsuların sel-taşkın potansiyelinin yüksek olması • Göksu Çayı, Karadere, Kalburt Dere'de kimyasalların tespit edilmesi ve IV. sınıf su kalitesinin olması • Havzanın % 81'ini kahverengi orman toprağının oluşturması • Şehirleşme oranının artış eğiliminde olması • Alüvyal sahaların (tarım için uygun alanların) yerleşim ve sanayi alanına dönüşmesi (özellikle İnegöl Ovası) • Yerleşmelerin ova tabanlarında yoğunlaşması • Tarımsal faaliyette tahılların ön planda olması • Kuzey-güney doğrultulu ulaşımın zor olması • Arazi kabiliyet sınıfına göre havza topraklarının % 64'ünde tarımsal faaliyet imkanının olmaması • Ova tabanları ve çevresindeki yüksek irtifa sahalarında çeşitli doğal afet risk potansiyelinin olması	• Havzanın beşeri faaliyetlere uygun, eğim oranı az olan iki geniş ova tabanına sahip olması • Klimatolojik koşulların havzadaki beşeri ve ekonomik faaliyetler için elverişli olması • Donlu gün sayısının belli alanlarda az, yağış oranının makul düzeylerde olması • Hidrografik açıdan drenaj yoğunluğunun tarımsal kullanıma uygun olması • Alt havzalarda hidrografik açıdan kullanılabilir su potansiyeli varlığının elverişli olması • Alüvyal toprak varlığı, yer üstü ve altı su varlığı ile çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirme imkanının olması • Klimatolojik ve hidrografik koşulların yılda birden çok ürün hasadına katkı sağlaması • Boğazköy barajının hidroelektrik potansiyeli • Havzada tarımsal sulama amaçlı birçok göletin bulunması ve jeomorfolojik, hidrografik koşulların farklı alanlarda gölet yapımına uygun olması • Mineralli su kaynağının ekonomik değeri ve kullanım imkanı • Sıcak su kaynağının termal turizm amaçlı kullanılması • Doğa turizm (mağara, dağ, yürüyüş, eko-turizm vb) potansiyelinin oldukça fazla olması • Havzanın % 40'ını oluşturan orman formasyonun mobilya sanayisinde gelişim ve sürdürülebilirliği destekleyici doğal faktör olması • Plato sahalarındaki çayır-meraların hayvancılık potansiyeli yüksek sahaları oluşturması • İnegöl ve Yenişehir'de organize sanayi bölgelerinin olması ve havzadaki ekonomik kalkınmanın temelini oluşturması • Mobilya sanayisinin oldukça gelişmiş olması • Havzanın doğu bölümünde mermer yataklarının ekonomik katkı potansiyeli • Havzada D-200 ve D-160 karayolunun bulunması • Havzanın, Bursa-Bilecik, Eskişehir'i birbirine bağlayan coğrafi konumda yer alması • Bursa-Bilecik hızlı tren hattı projesinin havza sınırları içerisinden geçmesi • Karayolu, havayolu ve yapımı devam eden demiryolu ile önemli bir ulaşım hattına ve kavşak noktasına sahip olması • Çeşitli sanayi tesislerinin varlığı ve havzanın ekonomik kalkınmasına katkı sağlaması • Modern tarım yöntemleri, makineli tarım kullanımına uygun sahaların olması	• Aktif fay hatları ve litolojik birimlerin dirençsiz yapısının olduğu sahalardaki yerleşim ve diğer beşeri faktörlerin deprem tehlikesi altında olması • Havzanın güney, doğu ve kuzeydoğusundaki yüksek eğim ve irtifa farkından dolayı bu alanlardaki doğal afet risk potansiyeli • Yağışların belli mevsimlerde meydana gelmesinden dolayı özellikle yaz aylarında akarsulardaki çekiklerin ve kuraklığın artması • Havzanın güneyi, kuzeydoğusu ve kuzeybatısındaki akarsuların sel-taşkın potansiyelinin yüksek olması • Havzanın kuzeyindeki kısa boylu akarsuların akımlarının düşük olması • Havzadaki uzun boylu akarsuların taşkın koruma sınırlarının yeterli düzeyde olmaması • Alçak plato sahası ve çevresindeki açık yüzeylerde şiddetli erozyon tehlikesinin olması • İnegöl ve Yenişehir ovalarını drene eden akarsularının Nisan-Haziran ayları arasındaki taşkın potansiyelinin tarım alanlarını tehdit etmesi • İnegöl formasyonunun dağılış alanlarında özellikle İnegöl Ovası güneyindeki yüksek eğimli sahalarda ani yağışlarla oluşan heyelan tehlikesinin kırsal yerleşimleri, ulaşım hatlarını tehdit etmesi • D-200 karayolu Kınık-Aksutekke arasındaki heyelan tehlikesi • AGİ verilerinin trend analizlerindeki negatif yönlü azalma eğiliminin geleceğe dönük hidrografik kuraklık tehlikesi ve tarımı etkileme potansiyeli • OSB ve diğer sanayi atıklarının Göksu Çayı, Koca Dere, Kalburt Dere ve Akçasu Dere'ye deşarj olması dolayısıyla atıkların toprağa karışması • Sanayi tesislerinin hava kirliliği başta olmak üzere çevresel sorunlara yol açması • Boğazköy barajına karışan evsel ve endüstriyel atık nedeniyle Yenişehir Ovası'nda tuzlanma sorunu • Maden yatakları, taş, mermer ocaklarının ekolojik etkisi, erozyonu arttırması ve çevresel sorunları • İnegöl yerleşim alanının geleceğe dönük olarak ovaya yayılma potansiyeli nedeniyle riskleri barındırması ve verimli tarım alanlarının yanlış kullanımı • Yaz mevsiminde yer altı suyunun aşırı kullanımı • Akarsulara karışan sanayi atıkları nedeniyle kimyasal kirliliğin artması ve su kalitesinin düşmesi dolayısıyla tarımsal alanlara karışan inorganik madde miktarının artma tehlikesi • Yenişehir ve İnegöl ilçe merkezlerinin alansal büyüme eğilimi ve ilçelerin göç alması

Göksu Çayı Havzası'nın güçlü ve zayıf yanlarının mekansal dağılışını ortaya koymak amacıyla doğal ve beşeri coğrafya unsurlarının analizi üzerinden uygunluk ve yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Ağırlıklı bindirme yöntemi ile oluşturulan bu haritaların kantitatif verileri bulanık mantık yöntemi ile pozitif ve negatif yönlü korelasyona tabi tutulmuş ve doğal ortam koşullarındaki antropojenik baskı yoğunluğu ile beşeri faaliyetlerle kullanım derecesi dağılış verileri üretilmiştir (Şekil 138). Ana ve alt kriterlerin etkenini ortaya koyan kantitatif değerler, daha önceki bölümlerde elde edilen bulgulardan, analizlerden, arazi gözlemlerinden elde edinilen bilgilerle yorumlanmış ve sınıflandırılmıştır (Tablo 51 ve 52).

Havzada doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet açısından uygunluğu ve mekansal açıdan Göksu Çayı Havzası'nın güçlü yanlarını ve fırsatlar sunan olanaklarını ortaya koymaktadır. Havzanın doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskısı ile meydana gelebilecek sorunları oluşturacağından dolayı, havzanın zayıf yönleri ve tehditlerinden bir kısmının dağılış verilerini de göstermektedir. Doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu analizinde 14 ana kriter ve bu kriterlere ait 78 alt kriter kullanılarak ağırlıklı bindirme yöntemi ile işlemler gerçekleştirilmiştir (Tablo 51). Ana kriterler yüzdelik değerler üzerinden alt kriterler ise 1-5 arasındaki değerler üzerinden analiz edilmiştir (1-çok uygun, 5-kullanılamaz). Doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskı yoğunluğu analizinde 6 ana kriter ve bu kriterlere ait 43 alt kriter verisi kullanılmıştır (Tablo 52). Ana kriterler yüzdelik değerler üzerinden alt kriterler ise 1-5 arasındaki değerler ile analiz edilmiştir (1-beşeri baskı yok ya da çok az, 5-çok yüksek yoğunlukta beşeri baskı).

Havzanın doğal-beşeri ortam ilişkisine bağlı olarak verilerini ortaya koymak amacıyla, doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet açısından uygunluğu ve doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskı yoğunluğu verileri 0-1 arasındaki değerlerle sınıflandırılarak pozitif ve negatif yönlü korelasyon ile bulanık mantık yöntemi üzerinden tekrar analiz edilmiştir. Uygulanan analizler ile Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşullarındaki muhtemel antropojenik etki yoğunluğu derecesi ve doğal ortam koşullarının beşeri faaliyetler ile kullanım derecesi verileri ve dağılışları ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular havzanın güçlü-zayıf yanları ile fırsat ve tehditlerini farklı kriter ve karşılaştırmalarla ortaya koymakta ve planlama için ön bulgular sunmaktadır.

Göksu Çayı Havzası fiziki coğrafya koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu analizinde çok uygun, uygun, düzenlemelerle uygun, uygun değil ve kullanılamaz sınıflaması üzerinden veriler elde edilmiştir. Bu veriler havzanın fırsatlar sunan özelliklerini, güçlü yanlarını ve beşeri amaçlı kullanılamayacak olan zayıf yönlerini mekansal olarak ortaya koymaktadır. Havzanın doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet uygunluğuna % 9'u çok uygun, % 31'i uygun, % 45'i

düzenlemelerle uygun, % 4'ü uygun değil ve % 11'i kullanılamaz alan olarak tespit edilmiştir (Şekil 138).

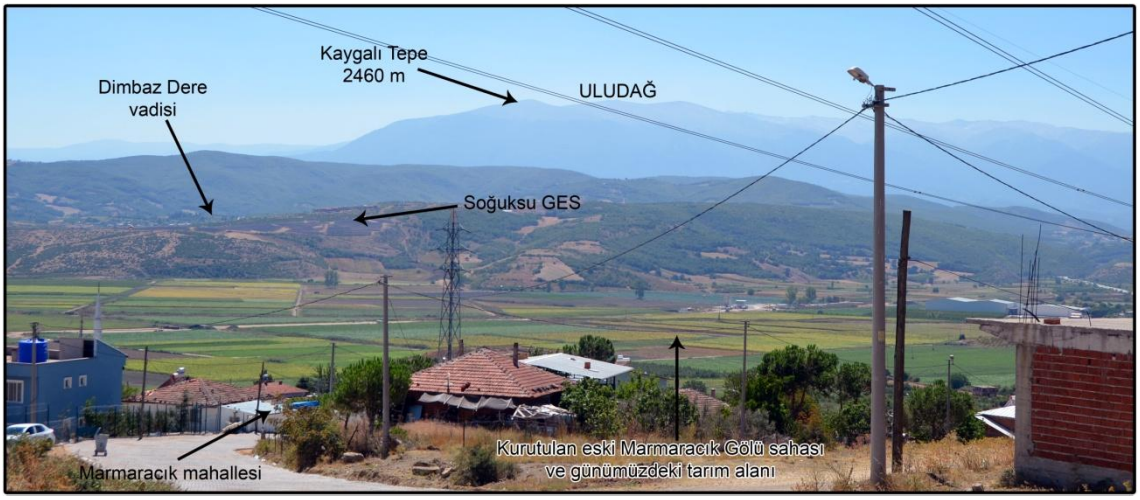
Tablo 52: Doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu analizinde kullanılan kriterler ve ağırlıklı bindirme analizindeki sayısal değerleri

Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi	Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi
Jeoloji			**Sıcaklık (^{0}C)**		
Senozoyik Kuvaterner	1		2 - 4	5	
Senozoyik Neojen	2		4 - 6	5	
Senozoyik Paleojen	2	**8**	6 - 8	4	**7**
Mezozoyik	3		8 - 10	3	
Paleozoyik (üst)	4		10 - 12	2	
Paleozoyik (alt)	5		12'den fazla	1	
Jeomorfoloji			**Rüzgar Hızı (s/km)**		
Dağlık Alanlar	5		1,66 - 2,58	1	
Plato Sahaları	2		2,59 - 3,91	1	
Ova ve alüvyal saha	1	**8**	3,92 - 5,35	2	**6**
Birikinti konileri	3		5,36 - 6,88	3	
Vadiler	4		6,89 - 8,53	4	
Yükselti (m)			8,54 - 11,01	5	
85 - 400	1		**Hidrojeoloji**		
400 - 600	2		Birincil Geçirimli	1	
600 - 1000	3	**8**	İkincil yüksek	3	**7**
1000 - 1600	4		İkincil düşük	3	
1600 - 2517	5		Az geçirimli	4	
Eğim (derece)			Geçirimsiz	5	
0 - 2	1		**Akarsulara Mesafe (m)**		
2 - 5	1		0 - 200	1	
5 - 10	2		200 - 500	2	**7**
10 - 15	3	**8**	500 - 1000	3	
15 - 20	4		1000 - 1500	4	
20 - 30	4		1500 - 3000	5	
30 - 40	5		**Drenaj Yoğunluğu (km/km^2)**		
40 - 70	5		0 - 0,78	1	
Bakı			0,79 - 1,26	2	
Düz alanlar	1		1,27 - 1,73	3	**7**
Kuzey	4		1,74 - 2,21	4	
Güney	2	**6**	2,22 - 2,81	4	
Doğu	3		2,82 - 4,25	5	
Batı	3		**Toprak Türleri**		
Topografik Rölyef (m)			Kahverengi Orman T.	3	
1 - 50	1		Kireçsiz Kah. Orman T.	4	
51 - 150	2		Alüvyal Topraklar	1	**7**
151 - 250	3	**7**	Kolüvyal Topraklar	2	
251 - 350	4		Diğer Topraklar	5	
351 - 599	5		Çıplak Kaya	5	
Yağış (mm)			**NDVI**		
526 - 700	1		1 çok az	1	
701 - 900	1		2 az	2	
901 - 1100	2	**7**	3 orta	3	**6**
1101 - 1300	3		4 yüksek	4	
1301 - 1500	4		5 çok yüksek	5	
1501 - 1700	5				

Tablo 53: Doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskı yoğunluğu analizinde kullanılan kriterler ve ağırlıklı bindirme analizindeki sayısal değerleri

Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi	Etken Parametreleri	Etki Değeri	Etki Yüzdesi
Arazi kullanımı (2020)			**Endüstri Alanlarına Mesafe**		
Yerleşim alanı	1	**20**	1 km	1	**15**
Tarım alanı	2		3 km	2	
Orman alanı	5		5 km	3	
Açık yüzeyler	3		10 km	4	
Çayır, ot mera,	4		40 km	5	
Diğer arazi	2		**Atık Deşarj Alanlarına Mesafe**		
Su yüzeyleri	5		1 km	1	**15**
Detaylı Arazi Kullanımı			3 km	2	
Endüstri alanı	1		6 km	3	
Maden sahası	1		10 km	4	
Kentsel alan	1		40 km	5	
Ulaşım hatları	2		**Maden-Taş Ocaklarına Mesafe**		
Karışık tarım alanı	2		1 km	1	**15**
Sulanan tarım alanı	2		3 km	2	
Kısmen sulanan alanı	3	**20**	5 km	3	
Çayır ve mera alanı	4		10 km	4	
Çıplak yüzeyler	4		40 km	5	
Gölet-baraj yüzeyi	5		**Yollara Mesafe**		
Havalimanı	2		100 m	1	**15**
Zeytinlik, meyve bahçeleri	3		200 m	2	
Geniş yapraklı orman	5		500 m	3	
İğne yapraklı orman	5		1000 m	4	
Karışık yapraklı orman	5		4000 m	5	

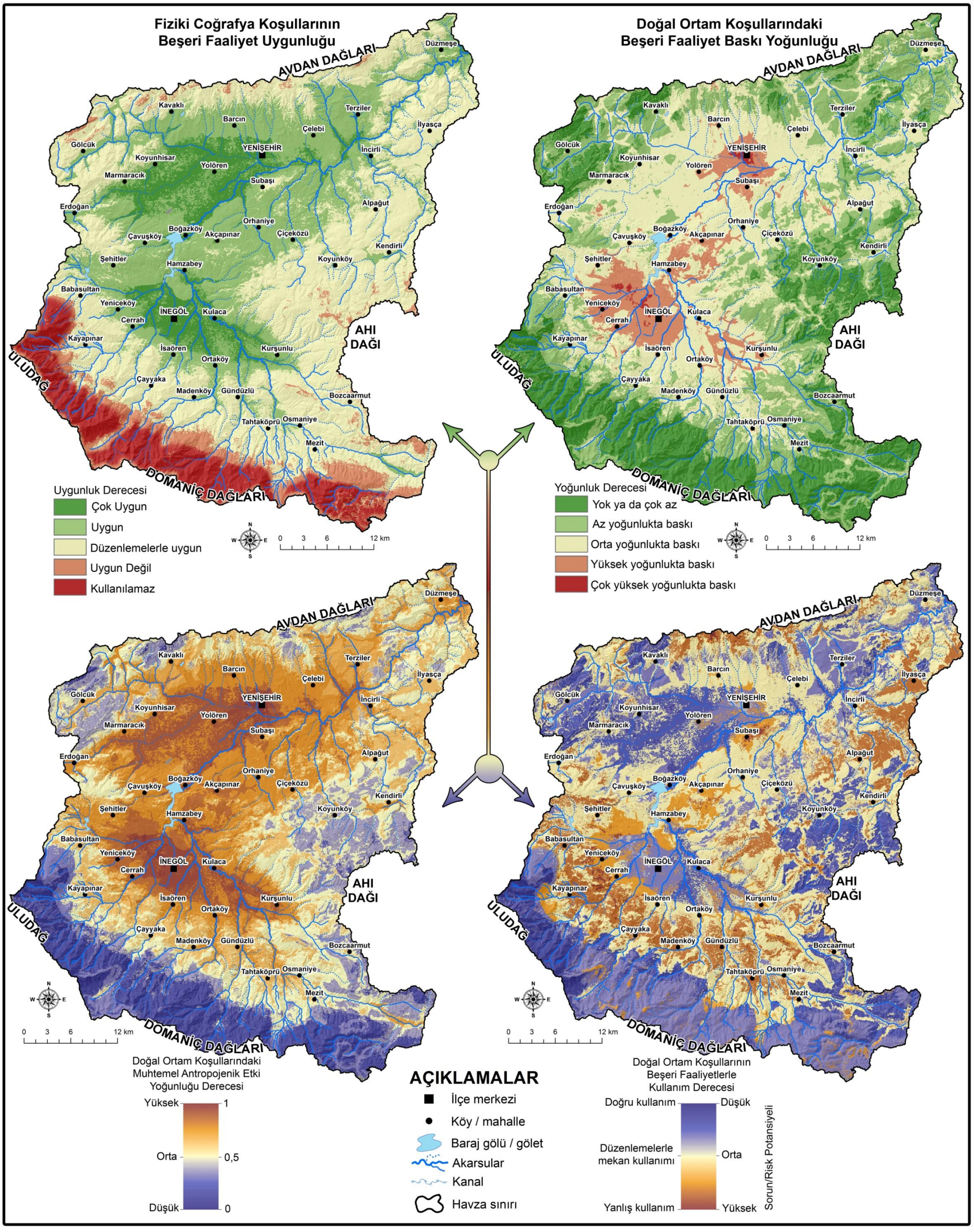
Havza tabanlarını oluşturan Yenişehir ve İnegöl ovaları ile çevresindeki birikinti konisi sahaları, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanı, Koyanlık Dere, Aksu Dere, Karadere alüvyal düzlükleri ile havza ortası eşik kısmı beşeri faaliyet kullanımı açısından uygun alanları oluşturur (Fotoğraf 50). Bu sahalar, jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik, toprak özellikleri ve bitki örtüsü açısından beşeri faaliyet kullanımlarına fırsatlar sunmakta ve havzanın güçlü yanlarının dağılışını ortaya koymaktadır. Uludağ ve Domaniç Dağları'nın 1700 m'den sonraki kesimleri, Avdan Dağları ve Ahı Dağı'nın zirve kesimleri havzada beşeri faaliyetler açısından uygun olmayan alanları oluşturur. Bu sahalar jeomorfolojik, hidrografik ve ekolojik yapısı korunmuş sahaları oluşturmakla birlikte bazı tehditleri (yüksek eğim vb.) ortaya çıkarmaktadır. Elde edilen veriler havzanın doğal ortam koşullarının beşeri faaliyetler açısından oldukça geniş alanlı kullanım sahaları ortaya koyduğunu ve bu durumun havzanın güçlü yanlarını oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca havza yönetimi ve planlaması açısından havzanın doğal ortam özelliklerinden faydalanabilme ve sürdürülebilir kullanım alanlarının dağılışı da ortaya konmaktadır.



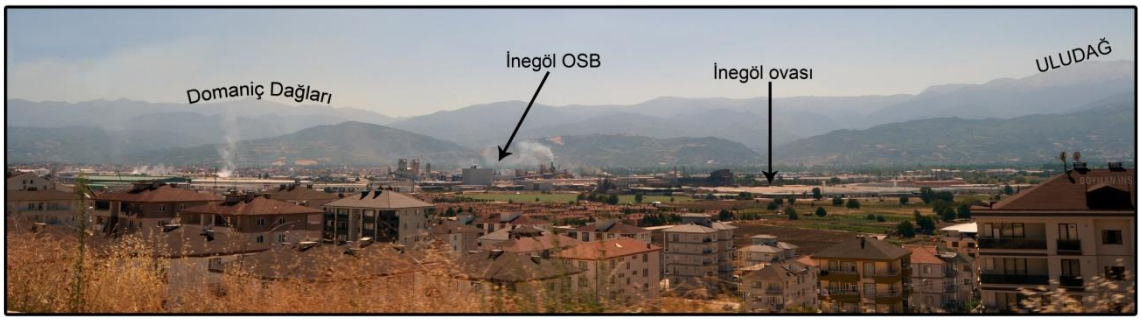
Fotoğraf 50: Yenişehir Ovası batısında doğal ortam koşullarının havza mekan kullanımı için sağladığı güçlü yanlar ve doğal ortam unsurları

Havzanın doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet yoğunluğu analizi, havzanın zayıf yönlerini, tehditlerini, risk alanlarını ortaya koymakta aynı zamanda sürdürülebilir ve ekolojik kullanım için dağılış verilerini sağlamaktadır. Doğal ortam koşulları üzerindeki antropojenik baskı yoğunluğu analizinde yoğunluk dereceleri, yok ya da çok az, az, orta, yüksek ve çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Havzanın % 1'inde beşeri faaliyet baskısı çok yüksek, % 7'sinde yüksek olarak tespit edilmiştir. Havzanın 190 km^2'lik alanında yoğun bir beşeri faaliyet baskısı mevcuttur. Göksu Çayı Havzası'nın % 37'sinde orta, % 33'ünde az ve % 22'sinde çok az beşeri faaliyet baskısı oluşmuştur (Şekil 138).

İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezleri havzadaki beşeri baskının çok yüksek olduğu ve havzanın tehditlerini oluşturduğu alanları meydana getirmektedir. İnegöl'deki 3 OSB, Yenişehir OSB ile diğer sanayi alanları (Yeniceköy, Kurşunlu) ve maden-taş ocakları beşeri baskının yüksek olduğu diğer alanları meydana getirir (Fotoğraf 51). Bu sahalar havzanın doğal ortam koşullarını, ekolojik yapısını, sürdürülebilirliğini ve havzanın yönetimsel çalışmalarını tehdit etmektedir. Havzanın yüksek kesimleri, plato alanlarındaki ormanlık sahalar ise beşeri baskının en az olduğu alanları meydana getirir. Bu sahaların havzanın fırsatlarını, güçlü yanlarını ve sürdürülebilir açıdan doğru kullanılan sahalarını oluşturur.

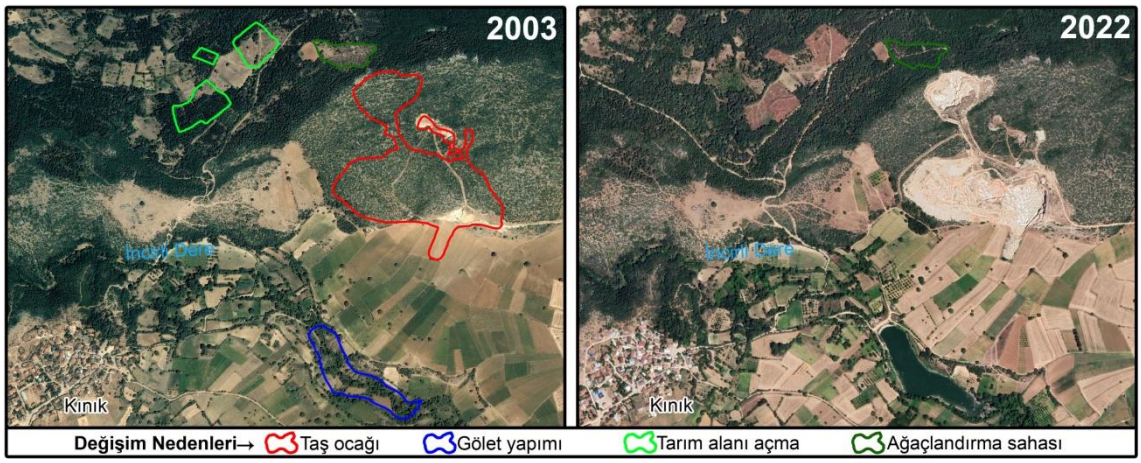


Şekil 138: Göksu Çayı Havzası'nın SWOT analizi kapsamında fiziki coğrafya koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu, doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskı yoğunluğu, muhtemel antropojenik etki yoğunluğu derecesi ve doğal ortam koşullarının beşeri faaliyetlerle kullanım derecesi haritaları

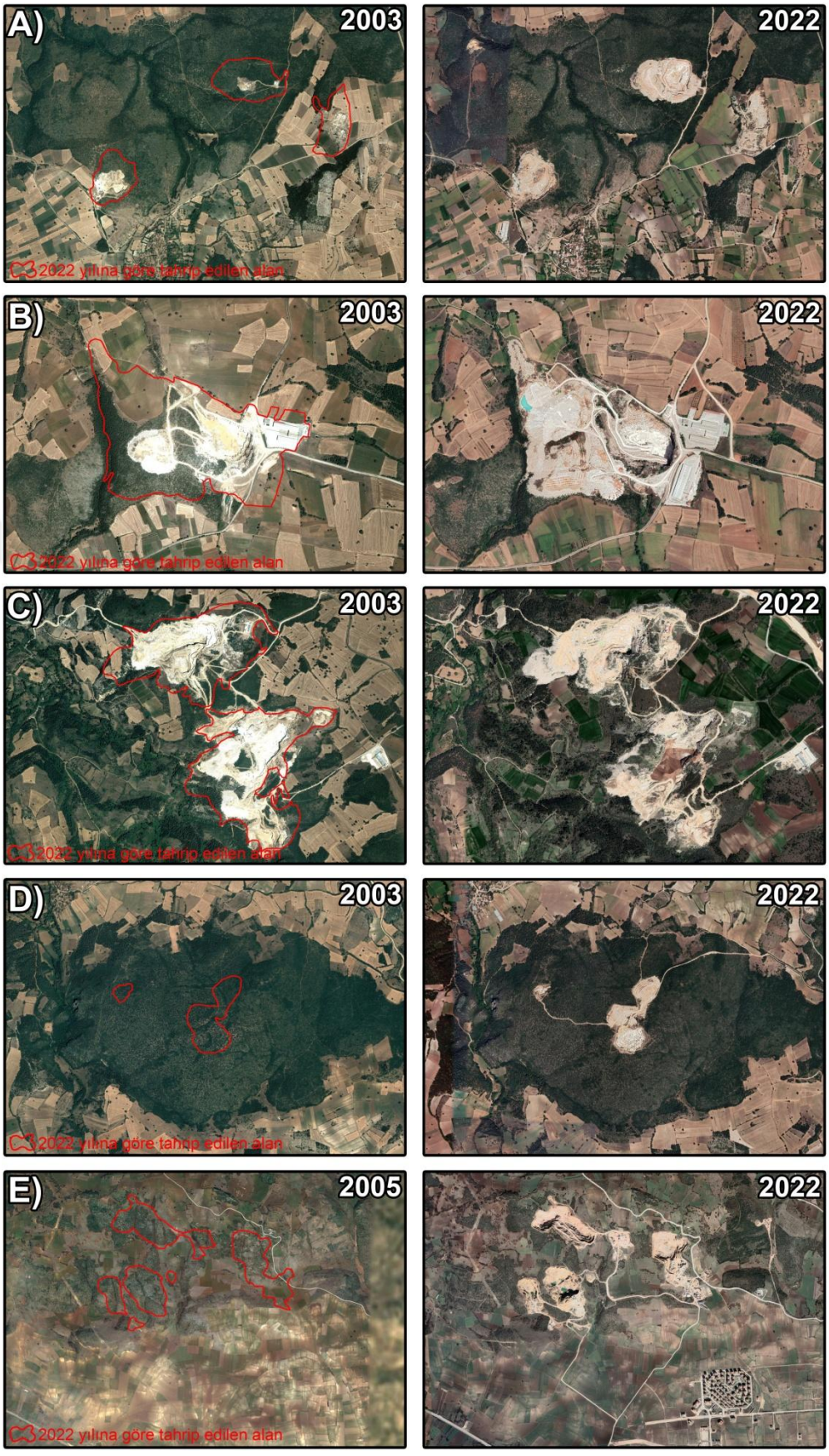


Fotoğraf 51: İnegöl Ovası'nda antropojenik baskı ve SWOT analizindeki tehdit unsurları

Doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu ile doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskısı yoğunluğu verileri pozitif-doğrusal korelasyonu tabi tutulmuştur. Bu analiz sonucunda Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşullarındaki muhtemel antropojenik etki yoğunluğu derecesi elde edilmiştir. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile Göksu Çayı vadisi, kurutma kanalı çevresi, Şehitler, Kurşunlu çevresindeki alanlar, havzanın kuzeyindeki az eğimli plato sahası ve havza ortası eşiği yüksek yoğunluklu antropojenik etkiye maruz kalacağı tespit edilmiştir (Şekil 138, 139 ve 140). Bu sahaların fiziki coğrafya koşulları açısından güçlü yanları ve sağladığı elverişli olanaklar, beşeri faaliyetlerin bu alanlarda yoğun şekilde yaşanmasına sebebiyet vermiştir. Bu durum gelecekte de bu alanların ve çevresindeki sahaların antropojenik etkiye maruz kalacağını, dolayısıyla da muhtemel riskleri, tehditleri ve sorunları barındırabileceğini ortaya koymaktadır. Göksu Çayı Havzası'nın güneyinde Uludağ ve Domaniç Dağları ile doğuda Ahı Dağı ve kuzeydeki dağlık sahada yer alan doğal bitki örtüsü kuşağı antropojenik etkiden en uzak bölgeleri oluşturmaktadır. Bu alanlar aynı zamanda havza ekosisteminin en iyi şekilde korunduğu alanları meydana getirmektedir. Bu alanlara hiçbir müdahalenin olmaması aynı zamanda havzanın dinamik işleyişine ve dolayısıyla aşağı çığırlarına da olumlu şekilde yansıyacaktır.

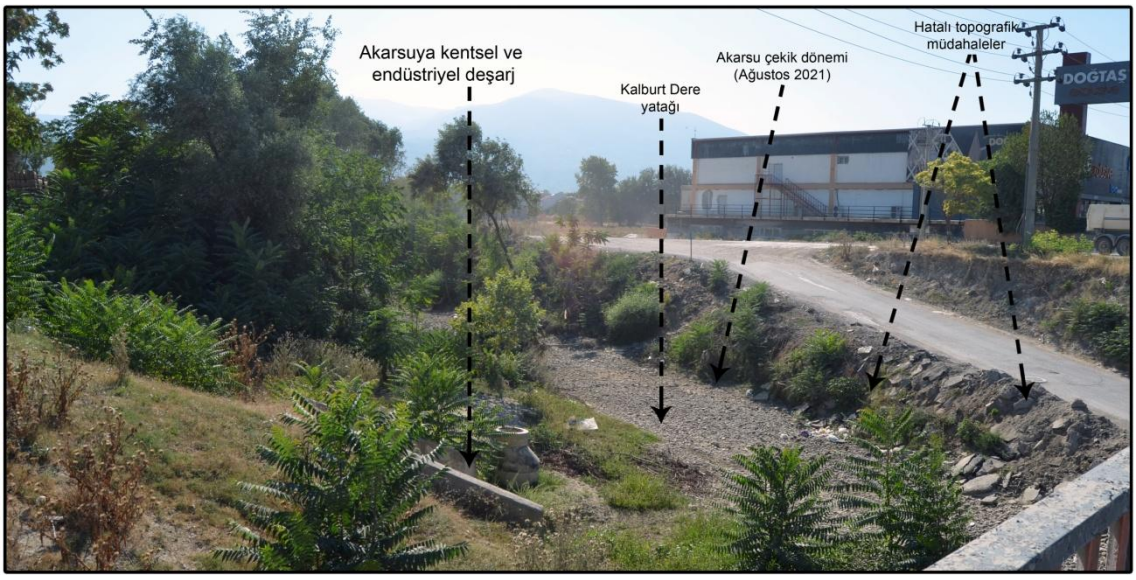


Şekil 139: Kınık mahallesi yakınlarında farklı nedenlere bağlı meydana gelen değişim alanları ile ortaya çıkan fırsatlar ve tehditler

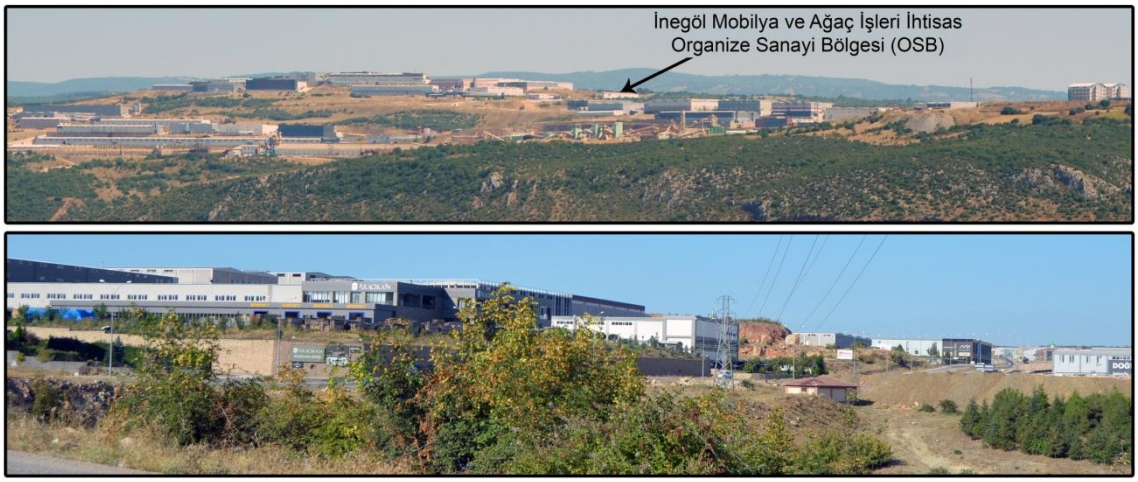


Şekil 140: Maden-taş ocağı (antropojenik) kaynaklı topografik ve ekolojik değişim alanları A) Gökçesu B) Kınık C) Okluca doğusu D)Toprakdere güneyi E) İnegöl ilçe merkezi batısı

Doğal ortam koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu ile doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyet baskısı yoğunluğu verileri negatif yönlü korelasyonu tabi tutulmuş ve bulanık mantık yöntemi ile analiz edilmiştir. Elde edilen dağılış verisi ile havzanın doğal ortam koşullarındaki beşeri faaliyetlerle kullanım derecesi ve sorun-risk potansiyeli dağılışı ortaya konmuştur. Dağılış verisi incelendiğinde Uludağ ve Domaniç Dağları'ndaki bitki örtüsü kuşağı, Ahı Dağı ve bu alandaki plato sahası, Avdan Dağları, kuzeybatıdaki dağlık saha, Yenişehir Ovası, İnegöl Ovası'nın doğusu, Çelebi-Terziler-Düzmeşe arasındaki plato sahası doğal ortamın doğru şekilde kullanıldığı alanları ortaya koyar (Şekil 138). Bu sahalar aynı zamanda havzanın güçlü yanlarının doğru şekilde değerlendirildiği ve fırsatlara çevrildiğini de göstermektedir. Doğal ortam koşullarının uygun şekilde kullanılması, havzanın yönetimsel açıdan bütünleşik yaklaşımlı uygulamalara göre değerlendirildiğini göstermektedir. Bu durum aynı zamanda sürdürülebilir havza yönetimini de destekleyicidir. Ancak havzanın belli alanlarındaki doğal ortam koşullarına uygun olmayan kullanımlarda mevcuttur (Fotoğraf 52). Bu sahalar havzanın zayıf yönlerini ve tehditlerini ortaya koymaktadır. Avdan Dağları'nın zirve kesimlerindeki tarım alanları, havzanın doğusundaki maden-taş ocakları ve bu alandaki tarım arazileri, Yenişehir ve İnegöl OSB alanlarının ova ve akarsulara yakın sahalarda bulunması, Babasultan-Mezit arası KB-GD uzanımlı sahadaki kırsal yerleşim alanları ve tarım arazilerinin heyelan riski altında olması, Şehitler-Karalar arasındaki maden sahası ve havza ortasındaki plato sahasında yanlış tarım uygulamaları bunlara örnektir. Doğal ortam koşullarının yanlış uygulamalarla ve mekan kullanımıyla değerlendirildiği bu alanlar aynı zamanda sorun-risk potansiyelinin yüksek, havza yönetimin yanlış uygulandığı, ekosisteminin tehdit edildiği alanları oluşturmaktadır. Bu nedenle belirtilen alanlardaki tarım uygulamalarının, mekan kullanımının doğal ortam koşulları gözetilerek tekrar planlanması, ekosisteme zarar veren antropojenik faaliyetler için önlemler alınması gerekmektedir.



Fotoğraf 52: Kalburt Dere'de doğal koşullardaki antropojenik etkenli sorunlar ve tehditler



Fotoğraf 53: Uygun kullanım alanındaki İnegöl Mobilya ve Ağaç İşleri OSB

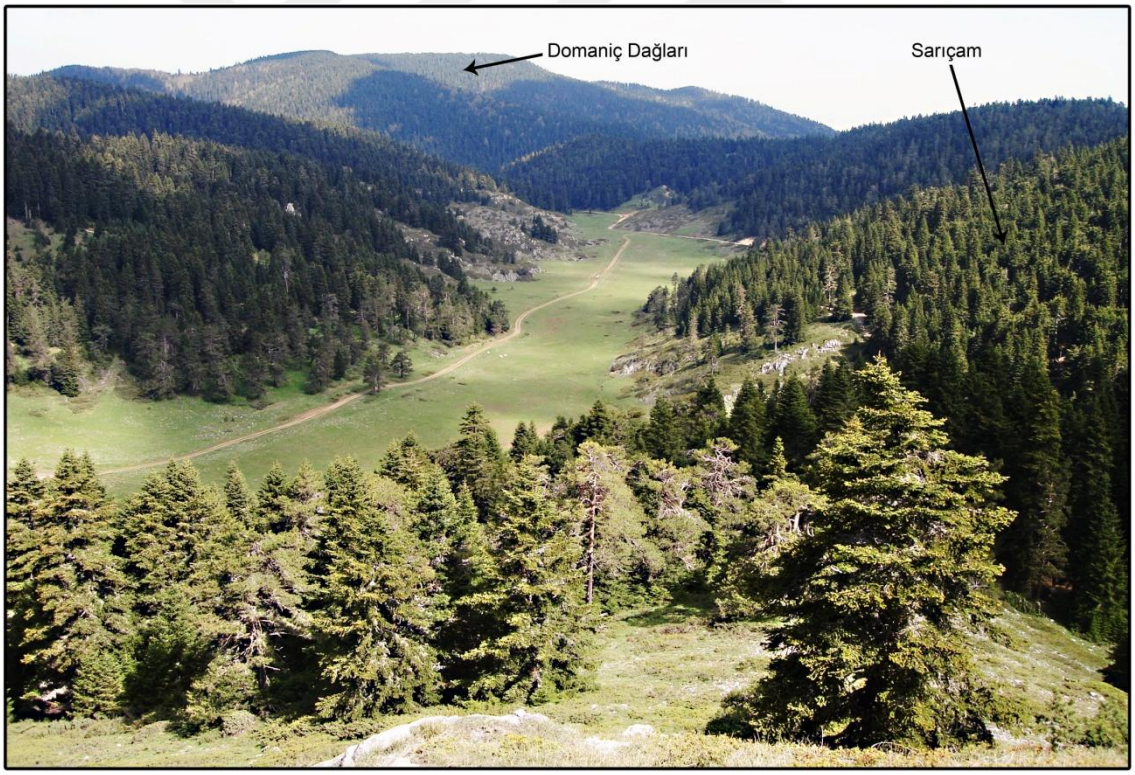
5.2. Göksu Çayı Havzası'nın Bütünleşik-Coğrafi Havza Yönetim Modeline Göre Planlaması

Göksu Çayı Havzası'nın coğrafi havza yönetim modeline göre planlaması, 7 alt modelin analizi, fiziki ve beşeri coğrafya unsurları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi ile ortaya konmuştur. Elde edilen verilerle havzanın bütünleşik-coğrafi havza planlaması oluşturulurken sürdürülebilirlik, mekan kullanımı, risk altındaki sahalar ve alınması gereken önlemler açısından değerlendirme yapılmış, planlama dağılış haritaları üretilmiştir. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın sürdürülebilirlik kapsamında havza planlaması ve havza yönetim modeli verilerinden oluşturulan bütünleşik-coğrafi havza planlaması verileri ile dağılışı ayrı ayrı olarak analiz edilmiştir. Oluşturan havza planlamalarında yapılması gereken önerilerde sunulmuş ve haritalarda belirtilmiştir.

5.2.1. Sürdürülebilirlik Kapsamında Göksu Çayı Havzası'nın Planlaması

Sürdürülebilir kullanım, havzaların doğal ortam özelliklerinin beşeri faaliyetlerle optimal derecede kullanılması, korunması ve geleceğe taşınması ile mümkün olmaktadır (Wagner vd., 2002: 3; Khan vd., 2017: 6277). Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın önceki bölümlerinde ortaya konan alt havza modellerinin verileri değerlendirilmiş, doğal ortam koşullarının sunduğu olanaklar ile beşeri faaliyet dağılışı analiz edilmiş ve sürdürülebilir havza planlaması haritası ortaya konmuştur. Planlamada havzanın % 47'sini oluşturan bitki örtüsü (doğal bitki örtüsü ve tarım alanları ile birlikte bulunan bitkiler) sahalarının korunması, doğal yapısı ve ekosistemi bozulmaması gereken alanlar olarak planlanmıştır. Bu alanlar havzanın güneyinde Uludağ-Domaniç Dağları'nda kuşak halinde uzanmakta, Ahı Dağı ve kuzeyindeki

plato sahasında, havzanın kuzeydoğusunda, Avdan Dağları-Yenişehir Ovası arasındaki plato sahasında, havzanın kuzeybatısında parçalar halinde gözlemlenmektedir (Şekil 141). Bu alanlar, günümüzde doğal yapı korunmuş sahalardır (Fotoğraf 54). Ancak İnegöl mobilya sanayisine hammadde sağlayan güneydeki nemli ormanların sürdürülebilir kullanımı geliştirilmelidir. Bu gelişim havzanın belli sahalarının da ağaçlandırılması ile sağlanabilmektedir. Havzanın bitki örtüsü kuşağının yanında doğal yapısı (epijenik boğaz vadiler, Uludağ zirve düzlüğü, göletlerin çevresi) ve ekosistemi mutlak korunması gereken alanlarda dağılış açısından planlanmıştır. Özellikle Boğazköy Barajı çevresi, havzanın kuzeydoğusundaki İncirli-Düzmeşe arasındaki Göksu Çayı vadisi, güneydoğudaki dolin sahası, Kovanlık ve İncirli Dere vadileri jeomorfolojik ve ekosistem açısından mutlak korunması gereken alanları oluşturur. Bu sahaların korunması, havzanın jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik, edafik, flora, fauna yapısının ve dinamik işleyiş süreçlerin sürdürülebilir şekilde devam etmesine destek verecektir. Ayrıca bu sahaların antropojenik etkiden uzak kalması havzanın hidrografik ve pedolojik unsurlarının daha az risk barındırmasını ve kirlilik yükünden daha az etkilenmesini sağlayacaktır. Böylece havzanın tarım alanlarındaki verim düzeyi arttırılabilecektir.



Fotoğraf 54: Doğal yapısı ve ekosistemi korunması gereken alanlar, Domaniç Dağları (Yanıklık Tepe ve Sınırbel Tepe arasındaki saha)

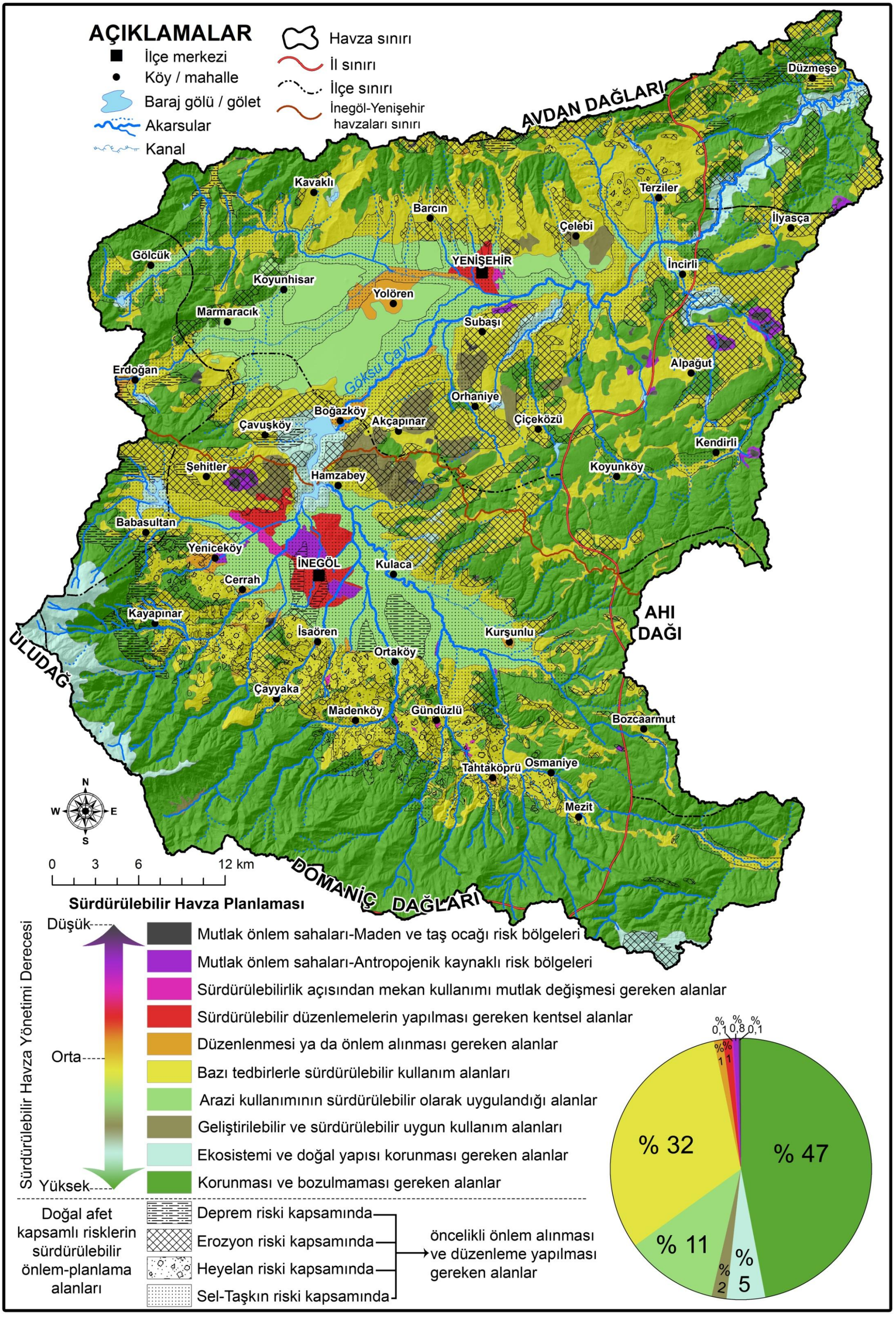
Göksu Çayı Havzası yönetiminin alt kapsamlı modelleri ile üretilen analiz sonucu bazı alanların yerleşim, sanayi ve tarım için oldukça uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu bakımdan İnegöl ve Yenişehir ovalarında yapılan tarım faaliyetleri havzanın doğal ortam koşulları açısından sürdürülebilir kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Bu sahaların dışında havzanın

kuzeybatısında Koyanlık Dere vadisi, Köprühisar-Çamönü arasındaki tarım uygulamaları da sürdürülebilir kullanım alanlarını oluşturur (Şekil 141). Bu sahalar 279,14'km^2'lik alan kaplar ve havzanın % 11'ini oluşturmaktadır. Ancak bu sahaların bir kısmı yoğun kentsel ve endüstriyel kökenli baskı altında bulunmakta ve gelecek açısından tehditleri barındırmaktadır. Bu nedenle havzanın gelişimine paralel yeni yerleşim ve sanayi alanları açısından uygun sahalar tespit edilmiştir.

Havzanın antropojenik faaliyetler açısından uygun olan ve sürdürülebilirliği destekleyen sahalar, daha çok havza ortası eşik alanındaki plato sahasında yoğunlaşmaktadır. Belirtilen alanlar 45,08 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 2'sini oluşturmaktadır. Bu alanların çıplak yüzeylerden oluşması, jeoloji-jeomorfolojik açıdan uygun koşulları sağlaması, ulaşım ağlarının yakınında bulunması, havzanın doğal yapısının geleceğe dönük koruma-kullanma dengesinde planlanmasını sağlayacaktır. Bu bakımdan mobilya sanayisine dayalı yeni OSB (İnegöl) alanının Hamzabey kuzeyinde yer alması doğru bir planlama uygulaması olarak görülmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın sürdürülebilir havza planlaması açısından belirtilen bu dört kullanım alanı sürdürülebilirlik derecesi açısından oldukça uygun kullanımları sunmaktadır. Bu sahalar toplam 1586,68 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 65'ini oluşturmaktadır (Şekil 141). Bu bakımdan belirtilen sahaların kullanımların birçoğunu günümüzde de sürdürmesi ve geleceğe taşınması oldukça önemlidir. Havzanın doğal yapısının ve dinamik işleyiş süreçlerinin devam etmesi, sosyo-ekonomik yapısının doğal-beşeri unsurlarla desteklenmesi ve geliştirilebilmesi, aynı zamanda havzanın ekosisteminin korunması belirtilen alanların varlığına yüksek ölçüde bağlıdır. Bu veriler, Göksu Çayı Havzası'nın büyük çoğunluğunda sürdürülebilir kullanımın olduğunu göstermektedir. Ancak lokal riskler, tehditler havzanın dinamik işleyiş süreçlerine bağlı olarak birçok fiziki coğrafya unsurunu etkileyebilmekte ve dolayısıyla beşeri etkenlerde de riskler oluşturabilmektedir. Özellikle bitki örtüsü kuşağı ve doğal yapısı-ekosistemi korunması gereken alanların mutlak suretle yasal, alt-üst planlamalarda belli koruma statüsü altına alınması, yapılacak ve uygulanacak ilk tedbirler kapsamında yer almalıdır.

Havzada 771,83 km^2'lik alan kaplayan ve havzanın % 32'sini oluşturan sahalar belli tedbirler alınarak sürdürülebilir kullanıma uygun hale getirilebilecek alanlardır. Bu alanlar, kırsal yerleşim sahaları, kuru tarım, karışık tarım alanları, çayır-mera alanlarından oluşmaktadır. Belirtilen sahalar, havzanın kuzeyinde Yenişehir Ovası çevresindeki birikinti konilerinden 700 m yükseltiye kadar, havzanın güneyinde 1400 m yükseltiye kadar olan geniş bir alanı kaplamaktadır (Şekil 141). Belirtilen alanlar, su kullanım durumu, erozyonel faaliyetlere etkileri, heyelan, sel-taşkın riski etkileri, toprak ve ekosisteme antropojenik etkiler açısından belli tedbirlerin alınması gereken sahaları oluşturmaktadır.



Şekil 141: Göksu Çayı Havzası'nın sürdürülebilir kapsamdaki havza planlaması

Havzanın sürdürülebilirlik açısından mekan kullanımı doğal ortam koşullarına uygun olmayan, gelecekte risk oluşturabilecek sahaları barındırmakta ve bu alanlarda düzenlenme ve belli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Belirtilen sahalar 26,5 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 1'ini oluşturmaktadır. Bu sahaları Yenişehir havalimanı çevresi, Ayaz, Söylemiş, Boğazköy, Köprühisar, Hayriye yerleşmeleri, Yeniceköy sanayi alanı, Cerrah yerleşmesi ve sanayi alanı, Kurşunlu yerleşmesi, Hocaköy, İsaören, Deydinler, Hayriye, Madenköy kırsal yerleşme alanları oluşturmaktadır (Şekil 141).

Düzenleme ve önlem alınması gereken sahalardan İnegöl güneyindeki kırsal yerleşmelerin tamamı aktif heyelan sahasında yer almakta ve risk altında bulunmaktadır. Bu nedenle belirtilen yerleşmelerde heyelan tedbirleri ya da zorunlu yer değişimi uygulaması yapılması önerilmektedir. Göksu Çayı vadisi kenarında yer alan Ayaz, Söylemiş, Boğazköy, Köprühisar ve Hayriye ise sel-taşkın riski altında bulunmaktadır. Bu yerleşmelerin 4373 sayılı Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu'na uygun olarak belirlenen Göksu Çayı koruma sınırı olan 150 m'lik bandı aşan alanlarda yer değişikliği uygulaması yapılması gerekmektedir. Yeniceköy, Cerrah ve Hocaköy yerleşmelerinde ise antropojenik etkenlerin doğal yapıyı değiştirdiği (vadilerin degradasyonu) bu nedenle heyelanı tetikleyici etkenlerin muhtemel olabileceği gözlemlenmiştir. Belirtilen alanlardaki heyelan tedbirlerinin alınması elzem bir öncelik olarak planlamada yer alır. Ayrıca Yeniceköy ve Cerrah yerleşmelerindeki sanayi baskısının son 10 yıllık dönemde artması ve bu sahalarda atık deşarj ile hidrografik, pedolojik unsurları etkilemesi diğer önlem alınması gereken durumları meydana getirmiştir.

Havzanın 2020 yılı arazi kullanım verilerine göre kentsel yerleşim alanlarını İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezi oluşturmakta, bu sahalar 26,5 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 1'ini meydana getirmektedir. Kentsel yerleşim alanlarının havzanın tabanını oluşturan alüvyal ovada yayılmış olması sürdürülebilirlik açısından birtakım sorunları beraberinde getirmektedir. Kentsel yerleşmelerinin yayıldığı bu alanlar verimli tarım arazileri için oldukça uygun sahalardır ve aynı zamanda sel-taşkın, deprem riski açısından tehditleri içermektedir. İlçe merkezlerinde mühendislik yapılarının belirtilen risklere karşı güçlendirilmesi gerekmektedir. Ovada kurulan ve genişleyen İnegöl şehrinin atık deşarjlarının Karadere, Kalburt Dere, Bedersu Dere, Akçasu Dere ve Koca Dere'ye karışması, bu derelerinin Boğazköy'den itibaren Göksu Çayı'na deşarjı daha sonra Yenişehir atık deşarjlarının Göksu Çayı'na karışması, düzenlenmesi gereken tedbirlerin başında gelmektedir. Bu bakımdan havzadaki kentsel atık arıtma tesislerinin (AAT) sayısı, teknolojisi ve performansı mutlak suretle arttırılmalıdır. Yapılacak alt-üst planlamalar ile imar planlarında kentsel alanlarının ovaya genişlemesi engellemeli ve yeni kentsel alanların uygun sürdürülebilir kullanım alanlarına doğru planlanması gerekmektedir.

Havzada sürdürülebilirlik açısından uygun olmayan ve değişim, tedbirlerin alınması gereken sahalar bulunmaktadır. Bu alanları mekan kullanımı değişmesi gereken sahalar, antropojenik kaynaklı risk alanları ve maden-taş ocağı sahaları oluşturmaktadır. Belirtilen alanlar toplam 27,5 km^2'lik saha kaplar ve havzanın sadece % 1'ini oluşturur. Oldukça dar bir alanda mevcut olan bu kullanımların havzanın doğal koşullarına etkisi ise daha büyük boyutludur. Meydana gelmiş ya da gelmesi muhtemel etkiler ise havzanın sürdürülebilirliğini tehdit etmekte, belli riskleri oluşturmakta, sorunların ve dolayısıyla havzanın sosyo-ekonomik gelişiminin farklı ölçeklerde sıkıntıya uğramasına neden olmaktadır. Bütüncül yaklaşımla uygulanan havza yönetimlerde küçük alanlarda meydana gelen sorunların havzanın tamamını etkilediği varsayımı temel alındığında belirtilen üç farklı kullanım alanlarında mutlak suretle tedbirlerin alınması gerekmektedir. Özellikle İnegöl ilçe merkezinin batısında D-200 karayolu KB-GD hattındaki ticari ve yerel sanayi alanlarının tarım alanlarını ortadan kaldırması, mevcut tarım alanlarına inorganik kökenli etkilerde bulunması, bu sahanın mutlak değişim alanı olmasına neden olmuştur (Şekil 141). Aynı şekilde Yenişehir ilçe merkezinin doğusunda bulunan küçük sanayi alanları da tarım sahalarını etkilemekte ve sürdürülebilir kullanımı ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca havzanın güneyinde aktif heyelan sahalarında bulunan kırsal yerleşmelerinde mutlak suretle yer değiştirmesi muhtemel can ve mal kayıplarını önleyecektir.

Havzada antropojenik faaliyetler neticesinde meydana gelebilecek riskleri oluşturan sahaları sanayi alanları oluşturur. Bu sahalar İnegöl'de OSB, İnegöl sanayi alanı, İnegöl-Yeniceköy OSB ve Yenişehir OSB alanlarıdır (Şekil 141). Bu sahaların endüstriyel atık deşarjlarının havzanın ana akarsu ağlarına karışması ve bu hidrografik kaynakların tarımda sulama amaçlı kullanılması büyük riskleri meydana getirir (Fotoğraf 55). Aynı zamanda bu alanlar hidrografik kirlilik ile hava kirliliğini de oluşturan temel antropojenik faaliyetlerdir. Sürdürülebilirlik açısından bu sahaların endüstriyel atık arıtma tesislerinin teknoloji ve performansının arttırılması, çevresel olarak ağaçlandırma faaliyeti ile tarım alanları arasındaki bağlantının kesilmesi, yüksek yoğunluklu denetimlerin arttırılması alınacak tedbirlerin ilk sırasında yer almalıdır.

İnegöl ilçe merkezinin batısındaki maden sahası ile havzanın doğusunda birçok lokasyonda bulunan mermer-taş ocakları sürdürülebilirlik açısından havzanın önlem alınması gereken diğer alanlarını meydana getirmektedir. Bu alanların havzanın jeomorfolojik koşullarının antropojenik olarak değiştirilmesine, akış yönlerinde değişimlere, bitki örtüsü tahribi, ekosistem bozulması ve dolayısıyla havza doğal dinamik süreçlerinin belli alanlarda değişmesine neden olmaktadır. Sosyo-ekonomik açıdan havzaya katkı sağlayan bu alanların havzanın doğal süreçlerine ise etkisi zararlara yol açmaktadır. Bu nedenle belirtilen sahaların çevresine ağaçlandırma yapılmalı, mermer-taş ocaklarının yatay genişlemesi engellemeli

derinlemesine genişlemede modellemeler üretilmeli, çevrelerinde tarım alanlarına karışabilecek inorganik maddenin önlenmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu alanların sürdürülebilirlik açısından havzaya verdiği zararın büyük olması nedeniyle alt-üst ölçekli planlamalarda yayılım alanları en aza indirilmelidir.



Fotoğraf 55: Göksu Çayı taşkın koruma sınırında yer alan Yenişehir OSB

Göksu Çayı Havzası'nın risk analizi ve alt modelinde elde edilen bilgiler doğrultusunda havzanın deprem, heyelan, sel-taşkın ve erozyon riski açısından belli bölgelerde önlemlerin alınması gerekmektedir. Heyelan riski açısından havzanın güney kesiminde dağılış gösteren İnegöl formasyonu örtü biriminin olduğu alanlar mutlak önlem sahalarıdır. Bu

alanlarda aktif heyelan alanlarına tekabül eden kırsal yerleşmelerin bazılarının yer değiştirmesi can-mal kaybının azaltılması ve havzanın sürdürülebilir yönetimi açısından önerilen uygulama yöntemidir. Havzada yüksek eğim, irtifa farkı, ani yağışlarla birleşerek özellikle ovalarda tek kanala deşarj olan akarsular sel-taşkın riskini oluşturmaktadır. Göksu Çayı, Bahçecik Dere, Karadere, Bedresu Dere, Akçasu Dere, Kalburt Dere, Aksu Dere, Koca Dere'de sel-taşkın riskini azaltmak için taraçalı dere yatağı, taşkın tersip bendi uygulaması, taşkın koruma sınırı artırımı ve yakın yerleşmelerinin tahliyesi yapılacak uygulamalardan bazılarıdır. Deprem riski açısından ovada kurulan İnegöl ve Yenişehir merkezlerinde mühendislik yapı denetiminin arttırılması, yeni yerleşim alanlarının havza ortası eşiğine yönelmesi gerekmektedir. Erozyon tehlikesi açısından havzanın kuzey kesiminde çıplak yüzeylerin ağaçlandırılması, çalı demetli teras, gradoni eğimsiz teras, D-B yönlü tarım uygulamaları ve arazilerinin nöbetleşe ekiminin yapılması önemli tedbirler olacaktır.

Göksu Çayı Havzası'nın sürdürülebilir havza yönetimi ve planlaması, bütüncül-coğrafi bakış açısıyla oluşturulan model ve alt modellerin ortak etkisindeki planlamalara dahil edilmelidir. Böylece havzanın koruma-kullanma ve geleceğe taşıma dengesinde yapılacak uygulamalara, stratejilere ve karar mekanizmalarına öncülük edeceği aşikardır. Uygulanacak sürdürülebilir havza yönetimi ve planlaması ise Göksu Çayı Havzası'nın doğal dinamik koşullarının korunmasına, sosyo-ekonomik gelişiminin artmasına, risk, sorun, kirlilik değerlerinin azalmasına ve havzanın doğal ortam koşulları kapsamında uygunluk verilerine göre yönetilmesine katkı sağlayacaktır.

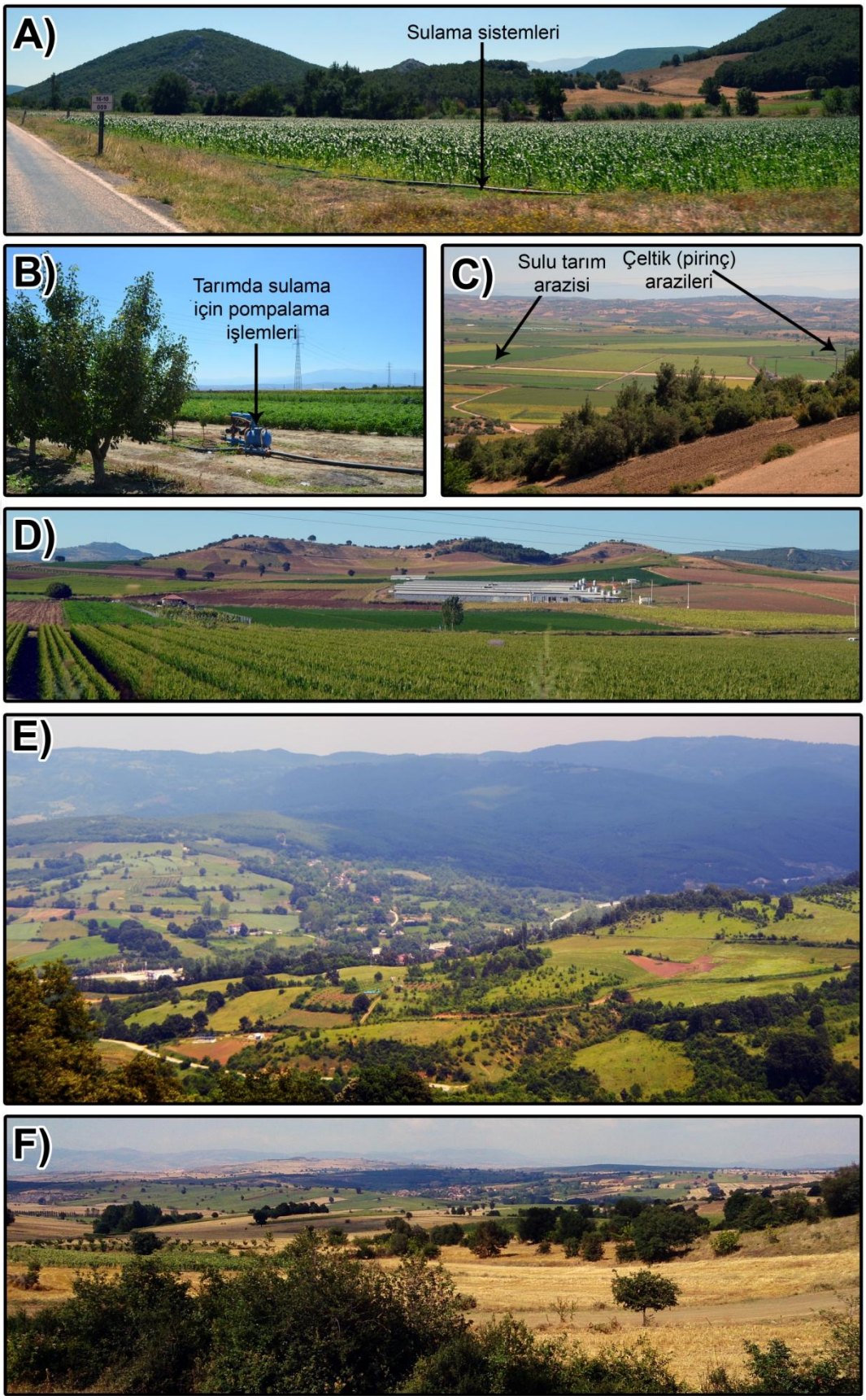
5.2.2. Havza Yönetim Modeline Göre Bütünleşik-Coğrafi Kapsamda Göksu Çayı Havzası'nın Planlaması

Göksu Çayı Havzası'nın yönetim ve planlama açısından birçok unsuru barındıran bütünleşik-coğrafi planlaması farklı verileri içermektedir. Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik-coğrafi yönetim ve planlaması için oluşturulan model, alt model verilerinin tekrar değerlendirilmesi, analiz edilmesi ile havzanın detaylı şekilde planlama haritası üretilmiştir. Oluşturulan havza planlamasında mevcut kullanım verileri, önerilen havza planlama verileri, arazi kullanımı açısından yapılması gereken uygulamalar, koruma tedbirleri, alternatif uygulamalar ile havza yönetim stratejileri belirtilmiştir (Şekil 142).

Havzanın planlamasında tarım uygulamaları açısından sulu, kuru ve karışık tarımın yapılabileceği alanlar planlamıştır. Bu bakımdan Yenişehir Ovası ve kuzeyindeki az eğimli sahalar, Koyanlık Dere-Bahçecik Dere vadisi alüvyal düzlükleri, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim sahasındaki alüvyal düzlükler, jeomorfolojik, hidrografik, pedolojik açıdan sulu tarım için uygun alanlardır (Şekil 142). Belirtilen sahalar 212,95 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın

% 8,7'sini oluşturmaktadır. Göksu Çayı, Boğazköy Barajı, Koyanlık Dere, Bahçecik Dere, kurutma kanalı ve Avdan Dağları'ndan gelen konsekant akarsuların oluşturacağı su bütçesi belirtilen sahada sulu tarımın sürdürülebilir şekilde yapılmasına olanak sağlayacaktır. Sulu tarım yapılması önerilen alanlardaki alüvyal toprakların varlığı, I. II. III. sınıf arazi kabiliyetine sahip topraklar ile toprak derinliğinin (90-150 cm arası), yer altı su seviyesinin oldukça uygun olması, uygulanacak arazi kullanımı ve tarım uygulaması için elverişli olanaklar sunar. Kuru tarım alanları havzanın kuzeyinde ve doğusunda 300-400 m, güneyde 400-500 m seviyesinden sonra daha çok kahverengi orman toprakları üzerinde uygulanması planlanmıştır (Şekil 142). Belirtilen alanlar 568,48 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 23,3'ünü meydana getirmektedir. Kuru tarım uygulaması alanları IV. V. ve VI sınıf arazi kabiliyetine sahip, sığ derinlikte (20-50 cm), sulanabilme potansiyeli düşük arazilerden müteşekkildir. Havzanın plato sahalarında yer alan kuru tarım sahaları jeomorfolojik, hidrografik, pedolojik, klimatolojik açıdan verim alınabilmesi için su ihtiyacı daha az olan ürünlerden oluşmalı, nöbetleşe ekim yapılarak maksimum verim alınabilecek ürün deseni uygulanmalıdır. Havzada kuru ve sulu tarım uygulamaları ile meyve, bağ-bahçelerin tarım yöntemi olarak uygulanabileceği sahalar daha çok güney kesimde bulunmaktadır. Havza ortası eşikten itibaren havzanın batı kesimi ve İnegöl Ovası'nda karışık tarım yöntemleri uygulanabilmektedir (Fotoğraf 56). Bu alanlar 246,1 km^2'lik alan kaplar ve havzanın % 10'unu oluşturur. Belirtilen alanlarda, hidrografyanın, alüvyal toprakların, toprak derinliğinin (90-50 cm) ve arazi kabiliyet sınıfının uygun olması sulu tarım ağırlıklı olarak meyve, zeytinlik, bağ-bahçe ve kuru tarım uygulamaların birlikte uygulanabilmesini sağlamaktadır.

Sulu tarım ve karışık tarım alanları toplam 459 km^2'lik saha kaplar. Bu alanlarda sulanabilme havzanın su bütçesine bağlı olarak belirlenmiştir. Ancak değişen iklim şartları, endüstriyel ve mesken su kullanımı, bu miktarı etkileyeceğinden havzanın kuzeyinde iki mevsimlik akarsu vadisi ile Aydoğdu Dere vadisinin uygun alanlarına gölet yapımı önerilmiştir (Şekil 142). Boğazköy Barajı, Babasultan Barajı, farklı lokasyonlardaki 30 gölet ve hidrografik yapı belirtilen tarım alanlarındaki su kullanımını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Ayrıca Yenişehir ve İnegöl ovalarındaki yer altı su seviyesinin uygunluğu, bu alanlardaki kuyuların varlığı, tarımdaki teknolojik yöntemlerin artması havzanın hidrolojik bütçesine katkı sağlayacak ve tarım alanlarının sulanma potansiyeli artacaktır (Fotoğraf 56). Bütün bu veriler havzadaki tarım alanlarının dağılışı ve uygulama yönteminin belirtilen şekilde planlanmasını sağlamıştır.



Fotoğraf 56: Göksu Çayı Havzası'nda farklı tarım ürünlerinin yetiştirildiği alanlar A) Burcun B) Selimiye C) Yenişehir Ovası (sulu tarım uygulamaları) D) Yenişehir doğusu (karışık tarım) E) İhsaniye F) Osmaniye yakınları (kuru tarım uygulamaları)

Havzanın özellikle güney çerçevesini oluşturan Uludağ ve Domaniç Dağları yaylacılık faaliyeti için uygun kullanım alanları sunmaktadır. Çavuşdüzü Tepe-Çukurçayır Tepe arası, Bedresu yukarı çığırı, Kaynarca Tepe, Oluktaş Tepe, Gedikyatak Tepe, Yanıklık Tepe ve çevresi yükselti, klimatolojik etkenler, bitki örtüsü varlığı ile yaylacılık faaliyeti için uygun alanlar olarak planlanmıştır. Belirtilen sahalarda orman üst sınırının başlaması ile alpin bitki örtüsü ve dağ çayırlarının gözlemlenmesi hayvancılık faaliyeti açısından uygun koşulların oluşmasını sağlamaktadır. Yaz aylarında yapılacak yaylacılık faaliyeti için düzlüklerin olduğu, su kaynaklarının bulunduğu bu alanlar sürdürülebilir kullanım açısından uygun olanaklar sunarken havzanın kırsal kesiminde yaşayanlar için sosyo-ekonomik katkıları da oluşturacaktır.

Havzanın uygun çayır, mera ve otlak alanları kuru ve karışık tarım alanlarından orman kuşağına geçiş alanlarını oluşturan sahalarda olması planlanmıştır. Bu alanların büyük bir bölümü havzanın güneyindeki plato sahasında, belli bir kesimi kuzeyde Avdan Dağları'nda bulunmaktadır. Havzanın güneyinde Fevziye, Çaylıca, Lütfiye, İclaliye, Hamidiye, Tüfekçikonak, Bahçekaya, kuzeyde Beypınar-Kızılköy arasındaki sahalar çayır, mera ve otlak alan için oldukça uygundur (Şekil 142). Bu sahalarda daha çok küçükbaş hayvancılık yapılması havzanın geçmişten günümüze yürütülen birincil ekonomik faaliyetlerine, havzanın sürdürülebilirliğine ve kırsal nüfusun ekonomik yapısına katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

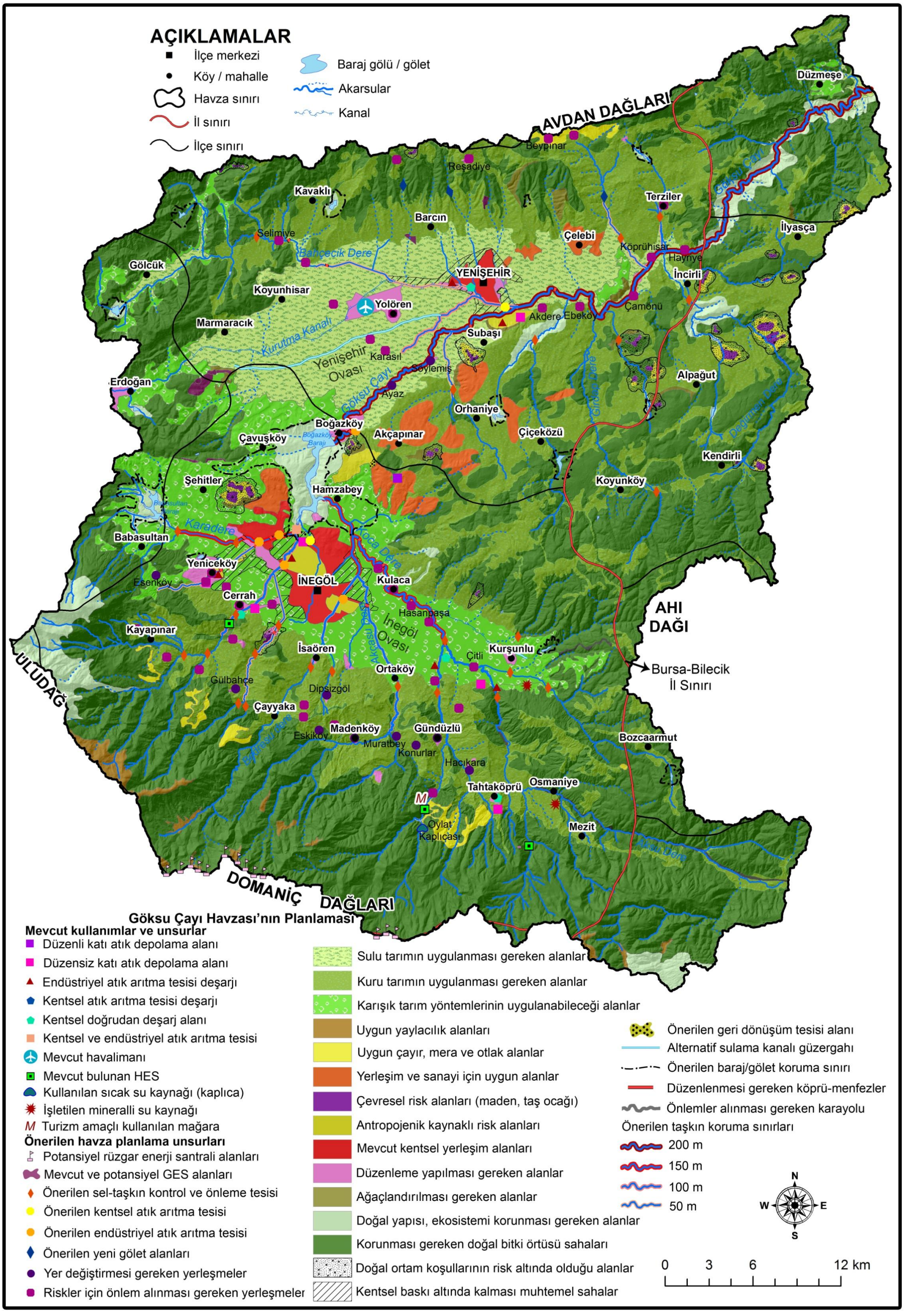
Havzada mevcut kentsel alanlar İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezlerinden oluşmaktadır. Belirtilen alanların mevcut kullanımlarla birlikte doğal ortam koşullarına yaptığı baskı, kirlilik yükü, kentsel atık yükü ve miktarı ile doğal afet risklerine karşı tedbirlerin alınması gereken sahaları oluşturmaktadır. Kentsel alanlar 2020 yılı itibariyle 26,5 km^2'lik alan kaplar ve havzanın % 1,1'ini oluşturur. Ancak daha önceki bölümlerde yapay sinir ağları (YSA) ile oluşturulan 2030, 2045 ve 2070 yılı arazi kullanım simülasyonlarında kentsel alanların genişleyeceği tahmin edilmiştir. Simülasyon modelleri ile günümüz kentsel nüfusunun ikiye katlanacağı ve 2070 yılına gelindiğinde kentsel arazi genişliğinin 4 kat artacağı ve alüvyal düzlükler ile tarım arazilerin baskı altında kalacağı öngörülmüştür. Bu durum özellikle İnegöl ilçe merkezi çevresindeki tarım arazilerin antropojenik baskı altında olabileceği, Yenişehir'de ise baskının kuzey ve batı yönlü olarak meydana gelebileceği modellenmektedir. Yapılan tahminler belirtilen alanlardaki tarım arazilerin korunması gerektiğini ve bu nedenle yapılan analizlerle ortaya konan uygun yerleşim sahalarının yeni yerleşim yerleri için daha sürdürülebilir ve doğal ortamı koruyan planlamalar olacağını göstermektedir. Bu nedenle havzanın birçok parametresi dikkate alınarak yapılan analizler havza ortası eşik sahasındaki boş araziler ve diğer kullanım alanlarının gelecekte uygun yerleşim ve sanayi alanları olduğunu ortaya koyar. Göksu Çayı Havzası'nın planlamasında Karalar batısı, Hamzabey-Akçapınar doğusu, Çiçeközü-Orhaniye-Subaşı arasındaki saha ile Çelebi-Afşar arasındaki sahalar önerilen

yeni yerleşim ve sanayi alanları olarak planlanmıştır (Şekil 142). Havza tabanlarını oluşturan alüvyal düzlüklerden uzak, doğal afet risk oranı düşük, ulaşım yollarına yakın, arazi kabiliyet sınıfı uygun, klimatolojik, hidrografik açıdan elverişli alanların bu şekilde değerlendirilmesi havzanın geleceğe dönük koruma-kullanma dengesine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın belli kesimlerinde doğal ortam koşulları, sürdürülebilirlik, ekosistemsel ve dinamik gelişim açısından sorunların olduğu mekan kullanımlarında düzenleme ve değişiklikler yapılması planlanmıştır. Yeniceköy ve Cerrah yerleşim birimi ile bu alandaki sanayi varlığı birçok unsur açısından riskleri barındırmaktadır. Bu bakımdan belirtilen alanlardaki sanayi varlığı endüstriyel atık deşarj tesisleri (AAT) mutlak suretle performans açısından geliştirilmelidir. Ayrıca bu sahaların heyelan bölgesi olması jeomorfolojik koşullardaki antropojenik müdahalenin minimum düzeyde yapılmasını gerekli kılmaktadır. Belirtilen alanının kuzeyinde D-200 karayolunda genişleyen sanayi ve ticari kuruluş varlığı tarım alanları üzerinde baskı oluşturmaktadır (Şekil 142). Yapılacak imar planlamalarında karayolu kenarından itibaren bu alanların genişleme eğilimi durdurulmalı ve tarım alanlarına imar verilmemelidir. Hocaköy vadisinde ise jeomorfolojik koşullara yapılan antropojenik müdahalenin boyutu modellenmeli ve risk ihtivası durumuna göre bu alanda düzenlemeler yapılmalıdır. İnegöl güneyindeki kırsal yerleşmelerin birçoğunda heyelan tehlikesine karşı önlemler alınmalıdır. Kurşunlu'daki sanayi alanı düzenlenmeli, atık deşarjları mutlaka kontrol edilmelidir. Yenişehir doğusu, Yolören ve buradaki havalimanı çevresi sanayi ve ulaşım kaynaklı risklerin tarım alanlarına ulaşmasının azaltılması amacıyla ağaç çit uygulamasına tabi tutulmalıdır. Boğazköy, Erdoğan, Söylemiş, Ayaz ve Koca Dere-Kalburt Dere arasındaki sahada yer alan yerleşmeler ve mühendislik yapıları sel-taşkın risklerine karşı mutlaka planlanmalıdır. Bu planlamada akarsu taşkın sınırı sahası belirlenmeli, köprü-menfez genişliği modellenmeli, muhtemel taşkın kot ve barikatları oluşturulmalıdır (Fotoğraf 57).



Fotoğraf 57: Kalburt Dere taşkın sahasındaki İnegöl atık arıtma tesisi (AAT) (kaynak https://www.inegolosb.org.tr/images/slider/06.jpg son erişim 07.02.2022)



Şekil 142: Göksu Çayı Havzası'nın bütünleşik-coğrafi havza planlaması ve önerilen havza planlama uygulamalarının dağılışı

Göksu Çayı Havzası'nın büyük bir bölümü korunması gereken doğal bitki örtüsü sahası, doğal yapısı ve ekosistemi korunması gereken alanlar olarak havza yönetimi açısından planlanmıştır. Uludağ, Domaniç Dağları'nda kuşak halinde, Ahı Dağı, Avdan Dağları, Göksu Çayı vadisi (kuzeydoğu kesim), havza batısı ve kuzeyinde parçalar halinde mevcut bulunan, farklı formasyonları barındıran doğal bitki örtüsü varlığı mutlak suretle korunmalıdır (Şekil 142). Belirtilen sahalar 1141,05 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 46,8'ini oluşturmaktadır. Doğal yapısı ve ekosistemi korunması gereken alanlar; Uludağ zirve düzlükleri ve periglasiyal şekillerin olduğu saha, güneydoğu havza sınırındaki dolin sahası, Boğazköy vadisi, Göksu Çayı vadisi (kuzeydoğu kesim) Babasultan Barajı çevresi, Kovanlık Dere vadisi, İncirli Dere vadisi, Gölcük, Kavaklı, Kızılköy, Orhaniye, Çiçeközü, Bozcaarmut göletleri çevresinden oluşmaktadır. Bu sahalar 104,13 km^2'lik alan kaplamakta ve havzanın % 4,2'sini oluşturmaktadır. Belirtilen alanlarda antropojenik müdahalenin olmaması, beşeri faaliyetlerin bu alanlardan uzakta yapılması havzanın doğal ortam koşullarının ve dinamik işleyiş süreçlerinin korunmasını sağlayacak temel tedbirlerdir.

Havzada erozyonel faaliyetleri önlemek, boş arazileri değerlendirmek ve doğal koşulların gelişimine, ekosisteme katkı sağlamak amacıyla bazı alanların ağaçlandırılması önerilmektedir. Bu sahalar, Çamönü kuzeyinden, Alaylı, Afşar kuzeyindeki alandan, Yenişehir OSB güneyi, İlyasça kuzeyi, Günece-Toprakdere arasındaki sahadan, Alpağut-Gökçesu arasındaki sahadan, Soğuksu kuzeydoğusundan, Çayırlı-Akçapınar-Osmaniye hattındaki alandan ve Karalar batısındaki maden sahası çevresinden oluşmaktadır (Şekil 142). Yapılacak ağaçlandırma çalışmasının büyük kısmı Yenişehir Havzası bölümünde bulunmakta olup çevresel risk içeren alanların yakınındaki boş arazilerde uygulanması planlanmıştır. Ağaçlandırılması planlanan sahalar 10 km^2'lik ekstra orman sahasının daha havza doğal koşullarına katılmasını sağlayacaktır.

Havzanın mevcut kullanımlarında sanayi tesisleri, OSB ve maden-taş ocağı sahalarından kaynaklı risk alanları bulunmaktadır. Belirtilen alanlardan endüstriyel kullanım sahaları tamamen antropojenik kaynaklı riskleri meydana getirir. Maden-taş ocağı sahaları doğal ortam koşullarına yapılan müdahale ile çevresel riskleri ve yakın sahasında antropojenik kaynaklı riskleri birlikte ihtiva eder. Bu alanlar havzanın sosyo-ekonomik yapısına katkı sağlarken, doğal ortam koşulları, ekosistem ve sürdürülebilirlik işleyişi ile tarımsal kullanımlara olumsuz etkiler yapmaktadır. Maden taş ocağı sahaları 6,5 km^2, antropojenik kaynaklı risk alanları 23,9 km^2 alan kaplamaktadır. Belirtilen sahaların havza yönetimi ve planlamasında belli düzenlemeler yapılması önerilmektedir. İnegöl ve Yenişehir ilçe sınırları içerisinde yer alan OSB ve sanayi alanlarının mutlak suretle çevresi ağaçlandırılmalı, inorganik madde geçişi

engellenmelidir. Ayrıca belirtilen alanların mevcut endüstriyel atık arıtma tesisi (AAT) sayısının az olması ve performansının yetersizliği nedeniyle havzanın belli alanları için AAT kurulması önerilmiştir. Bu bakımdan İnegöl ilçesi sanayi ve OSB alanlarının akarsu deşarj sahalarına 5 farklı lokasyonda atık arıtma tesisi kurulumu önerilmiştir (Şekil 142). Yapılacak bu düzenleme, kirlenmiş su özelliğindeki Göksu Çayı ve alt kollarının kirlilik yükünü azaltacaktır. Ayrıca İnegöl OSB'de kurulan çamur kurutma tesisi, 2016 yılından beri günlük 150 ton kapasite ile kirlilik deşarj yükünü azaltmaya büyük katkı sağlamaktadır. Türkiye'deki ilk uygulama olan tesisin performans yapısının arttırılması önerilmektedir. Yenişehir OSB'nin güney bölümünün ağaçlandırılması, taşkın koruma kanunu kapsamında Göksu Çayı vadisine geçişin kot farkı düzenlemesi ile sağlanması diğer antropojenik kaynaklı risklerin azaltılması için yapılacak önlemlerdir.

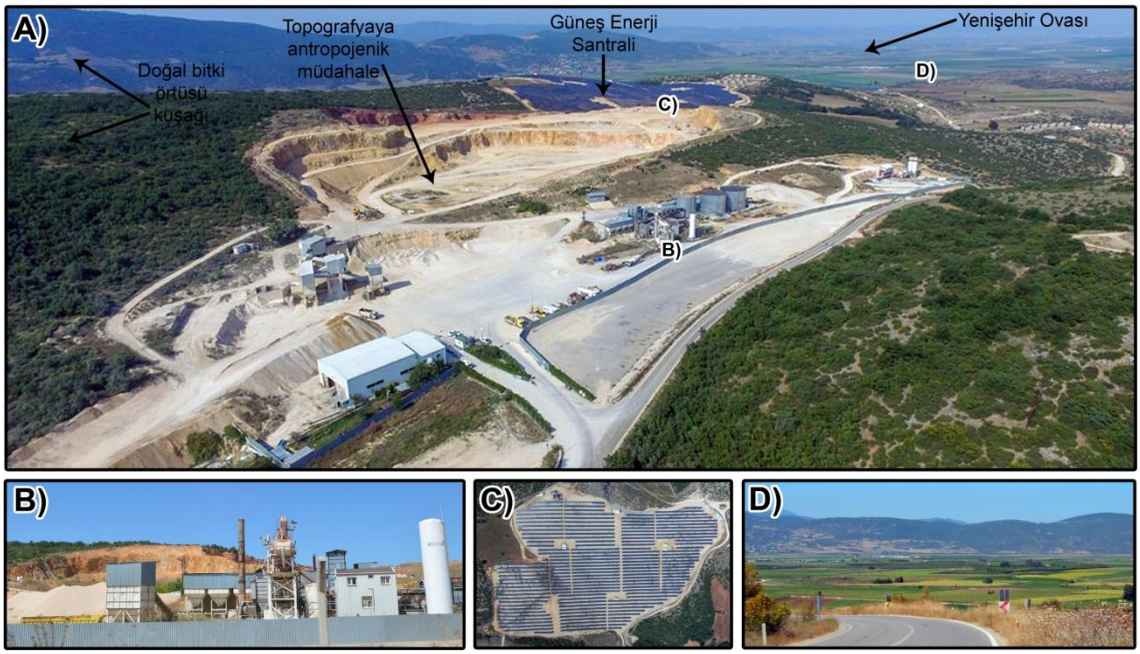
Havzanın en geniş alanlı maden sahası İnegöl ilçe merkezi'nin kuzeybatısında bulunmaktadır (Şekil 142). Belirtilen alandaki açık işletme sahasının İnegöl ilçe merkezinin rüzgar esiş yönü açısından en yüksek frekans alanında kalması hava kirliliği ve tarım alanlarındaki inorganik madde miktarına etki etmektedir. Bu nedenle belirtilen sahanın güney-güneydoğusunun ağaçlandırılması önerilmektedir. Maden sahasının çevresinin doğal ortam koşulları açısından risk altında olması nedeniyle bu alanlardaki tarımsal faaliyetin seracılığa dönüştürülmesi daha uygun görülmektedir. Havzanın doğu bölümünde Bilecik il sınırları içerisine giren alanda çok sayıda mermer-taş ocakları bulunmaktadır. Gümbüztek Dere, İncirli Dere ve Musluk Dere alt havzalarında yoğunlaşan bu alanlar doğal ortam koşullarının yanı sıra tarımsal faaliyetler açısından da riskler ihtiva etmektedir. Ayrıca Subaşı güneyi, Akçapınar çevresi, Süleymaniye, Düzmeşe ve Kendirli batısında da mermer-taş ocakları bulunmakta ve aynı riskleri barındırmaktadır. Belirtilen sahaların planlamasında mutlak suretle doğal ortam koşullarının en az zarar görmesi, bitki formasyonun tahrip edilmemesi, akış yönünün değiştirilmemesi, atıkların, akarsu deşarjına karışmaması yasal tedbirler alınarak sağlanmalıdır. Aynı zamanda taş ocaklarının kullanım ömrü, alansal yayılış ve yüzeyden kaldırılacak malzeme miktarı modellenmeli, geleceğe dönük rehabilite projeleri mutlaka yapılmalıdır.

Göksu Çayı Havzası'nın beşeri faaliyet kullanımlarının deşarj ve depolama alanları özellikle İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezleri çevresinde toplanmıştır. İnegöl, Yenişehir ilçe merkezleri ile birlikte Yeniceköy, Cerrah, Kurşunlu, Tahtaköprü ve Kınık yakınlarında düzenli-düzensiz katı atık depolama alanları, kentsel atık arıtma tesisi deşarj sahası, kentsel doğrudan deşarj alanı ve kentsel-endüstriyel atık arıtma tesisleri bulunmaktadır (Şekil 142). Ancak belirtilen tesisler, özellikle İnegöl'de sanayileşmenin ve nüfusunun artmasına bağlı olarak yetersiz durumda kalmıştır. Kentsel deşarj yükünün artması, Karadere, Kalburt Dere ve Akçasu Dere ile Boğazköy Barajı ve doğrudan Göksu Çayı'nda kirlilik yükünü arttırmıştır. Bu nedenle havzanın deşarj açısından risk oluşturan sıcak noktalarına kentsel ve endüstriyel atık arıtma

tesisi yapılması planlanmıştır. Kalburt Dere-Bıçkı Dere birleşimi ile kurutma kanalı, Dede Dere ve Göksu Çayı birleşimine kentsel atık arıtma tesisi (AAT) yapılması önerilmektedir. Boğazköy Barajı ve Göksu Çayı kirlilik yükünü yukarı çığırdan itibaren azaltmak için 5 farklı lokasyona endüstriyel atık arıtma tesisi önerisi planlanmıştır. Yeniceköy OSB kirliliğini kontrol etmek için Köy Dere ve Karadere yakınlarına, Kalburt Dere D-200 kesimine ve Bedresu Dere ile Boğazköy batısı Göksu Çayı'na endüstriyel AAT yapılması planlanmıştır. Böylece sanayi kaynaklı atıkların hidrografik akışa yapacağı deşarj miktarı azalacak ve arıtılarak akarsu ağının kirlilik yükü en aza indirilecektir. Dolayısıyla sulu tarımda kullanılan Boğazköy Barajı ile Göksu Çayı'nın inorganik madde miktarı azalacağından dolayı tuzlanma riski ortadan kalkacak ve sürdürülebilir verimli tarım üretimi ortaya çıkacaktır. Aynı zamanda havzanın hidrolojik bilançosunda kullanılabilir su miktarının kimyasal kalitesi de arttırılmış olacaktır.

Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşullarının sürdürülebilir şekilde kullanılması, havza yönetiminin bütüncül değerlendirilmesi ve havzanın ekonomik kalkınmasının sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının işleyiş gücü arttırılmalıdır. Bu bakımdan havzada mevcut olan hidroelektrik santrali (HES), güneş enerji santrali (GES), sayısı, kullanımının arttırılması, potansiyel olarak rüzgar enerji santrallerinin (RES) kurulması önerilen diğer planlama unsurlarıdır. Havzada Oylat kaplıcalarında ve buradaki otel ısıtmasında kullanılan jeotermal enerjinin potansiyelinin yüksek olmaması diğer kullanımlarda yer almamasına neden olmuştur. Ancak havzanın HES, GES ve RES potansiyeli belli alanlar için oldukça yüksektir. Havzanın en önemli hidroelektrik üretimi Boğazköy Barajı'ndan elde edilmektedir. Baraj, yıllık 20 GWh enerji üretebilmektedir. Cerrah Dere ve Oylat Dere üzerine yapılan HES ile 1,18-1,90 MW, Tüfekçikonak HES ile de 5,18 MW gücünde enerji üretilmektedir. Belirtilen kaynaklar doğaya belli müdahalelerde bulunmakla beraber fosil yakıtlara göre daha sürdürülebilir ve çevreci olmasıyla havza planlamasında geliştirilebilir alanlar olarak düşünülmüştür. Bu durum nedeniyle havzanın güney kesimindeki jeomorfolojik, hidrografik ve klimatolojik etkenler bazı alanlara da HES kurulabilme potansiyelini açığa çıkarmaktadır. Havzanın yenilenebilir enerji kaynağına katkı sağlaması muhtemel sahaların farklı kriterler ve stratejiler kapsamında değerlendirilerek sürdürülebilir şekilde havzaya kazandırılabileceği düşünülmektedir. Havzanın en önemli güneş enerji santrali (GES), Kestel-Soğuksu'da 28.000 bin panel ile enerji üretmektedir (Fotoğraf 58). Bunun dışında İnegöl-Yeniyörük, Yenişehir-Karaköy ile bazı mesken ve tesislerde yerel güneş enerji sistemleri bulunmaktadır. GES alanları için güney bakıya ve 1^0-3^0 arasında eğime sahip alanlarında oldukça elverişli koşullar sunduğu bilinmektedir. Bu bakımdan havzanın planlamasında Soğuksu GES sahasının çevresi, Şehitler-Halhalca kuzeyi, Karaköy-Barçın arası ve Afşar batısındaki uygun sahalara güneş enerji santrallerinin kurulması önerilmektedir (Şekil 142). Mevcut ve önerilen GES alanları 2,7 km^2 araziye ve 100.000 bin panel potansiyeline sahip olacaktır. Göksu Çayı Havzası'nın RES

potansiyeli diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha düşük seviyededir. Ancak Uludağ ve Domaniç Dağları'nın zirve kesimlerinde yıllık ortalama rüzgar hızı 8,5-12 s/km'ye ulaşmaktadır. Özellikle Kaynarca Tepe, Yazılıkıran Tepe ve Karagöz Tepe arasındaki saha ile Gürgenyayla Tepe çevresi rüzgar tribünü kurulumu için uygun alanlar olarak planlanmıştır (Şekil 142). Göksu Çayı Havzası'nın planlanan yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli doğru şekilde değerlendirildiğinde havzanın enerji ihtiyacının % 25'nin bu kaynaklardan sağlanması öngörülmektedir. Bu durum havzanın yönetim ve planlamasının doğal ortam koşullarına uygun gelişimini desteklerken, sürdürülebilir, ekosistemleri koruma ve ekonomik kalkınmayı sağlama politikasının da en önemli adımları olabilecektir.



Fotoğraf 58: A) Soğuksu güneş enerji santrali (GES) ve çevresindeki antropojenik kökenli değişimler (kaynak https://www.solarguc.com/projeler/soguksu-ges son erişim 29.01.2022) B) topografyaya müdahale C) GES D) Yenişehir ovası

Göksu Çayı Havzası, jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik ve hidrografik etkenler ile yanlış antropojenik faaliyetler nedeniyle birçok kez sel-taşkın hadislerine maruz kalmış yüksek risklerin olduğu akarsu varlığını barındırmaktadır. Bu nedenle havzanın farklı akarsuları üzerinde toplam 37 yerde taşkın kontrol ve önleme tesisleri ile yapıları bulunmaktadır (Fotoğraf 59). Ancak havzadaki akarsu yatak eğimleri, yağış dağılışı, rejimi, hidrojeolojik yapı, değişen iklim şartları ve artan antropojenik faaliyetler bazı taşkın kontrol tesislerinin yenilenmesinin ve bazı alanlara yeni kontrol-önleme sistemlerinin yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu bakımdan Göksu Çayı Havzası'nın yüksek derecede sel-taşkın riski ihtiva eden birçok akarsuyu üzerine 25 farklı noktaya sel-taşkın kontrol ve önleme sistemlerinin yapılması önerilmektedir. Bunun dışında mevsimlik, daha az debiye sahip akarsularda ise doğal kuru duvar eşikleri ıslahının yapılması da sel-taşkın önlemleri açısından önerilmektedir. Havzanın güney kesiminde daha

yüksek debili olarak ovaya deşarj olan Cerrah Dere, Bıçkı Dere, Bedresu Dere, Akçasu Dere, Çandır Dere ve Aksu Dere vadilerinin ıslah çalışmalarında miks eşikler ve harçlı duvar eşikler uygulamalarının yapılması önerilmektedir. Koca Dere, Karadere, Bahçecik Dere, Kovanlık Dere, İncirli Dere, Gümbüztek Dere, Aydoğdu Dere ve Kapaklı Dere'de ise britler, ıslah sekileri ve taban kuşakları uygulamasının yapılması planlanmıştır. İnegöl ve Yenişehir ovalarına deşarj olan yüksek debili akarsularının su gücünü kırmak için belirtilen alanlara ayrıca sel kapanlarının yapılması diğer bir planlama önerisidir.



Fotoğraf 59: Göksu Çayı'nda sel-taşkınlara karşı yapılan taşkın tersip benti uygulaması

Göksu Çayı Havzası'nın hidrografik ana yapısını oluşturan akarsuların sel-taşkın riski dışında antropojenik müdahale ve mühendislik yapıları ile deformasyona uğramaları gelecek açısından sorunlar teşkil eder. Bu bakımdan Göksu Çayı, Bahçecik Dere, Karadere, Köy Dere, Koca Dere, Akçasu Dere, Bıçkı Dere ve Bedresu Dere üzerine inşa edilmiş köprü-menfezlerin düzenlenmesi gerekmektedir. Boğazköy, Subaşı ve Akdere mevkilerinde bulunan köprülerinin, Göksu Çayı'nın Q100 ve Q500 debilerine göre yükseltilmesi ve ayaklarının güçlendirilmesi önerilmektedir. Bahçecik Dere-Selimiye ve Karacaali mahalleleri, Koca Dere-Şipali kuzeyi mevkii, Köy Dere Yeniceköy mahallesi ve Bıçkı Dere Hocaköy mahallesindeki köprülerinde yükseltilmesi, güçlendirilmesi planlanmıştır (Şekil 142). D-200 karayolunun geçtiği, Karadere, Bedresu Dere ve Akçasu Dere üzerindeki köprülerin genişliği ve açıklığı sel-taşkın riski ile mukavemetleri deprem riski açısından uygundur. Ancak kentsel ve endüstriyel katı atıklar nedeniyle köprü ve köprüye bağlanan menfezlerin tıkanma riski bulunmaktadır. Bu nedenle belirtilen köprülerde tel örgülü çit önlemi alınması uygun olacaktır. Karadere üzerinde Şehitler ve Akhisar mahallerinde bulunan köprülerinde sel-taşkın önlemleri kapsamında mühendislik açısından revize edilmesi gerekmektedir.

Havzada, 4373 sayılı Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu kapsamında sadece Göksu Çayı 150 metrelik koruma sınırına sahiptir. Ancak havzanın sel-taşkın riski analizleri ve modellemeleri, Göksu Çayı ve bazı akarsularda düzenlemelerin yapılmasını ortaya koymuştur. Bu bakımdan havzanın önerilen planlamasında Göksu Çayı taşkın koruma sınırının 150 m'den 200 m'ye çıkarılması tavsiye edilerek planlanmaktadır (Şekil 142). Aynı zamanda Göksu Çayı kıyısında bulunan Çamönü-Köprühisar-Hayriye arasındaki yerleşme ile tarım alanlarının da ıslah edilmesi planlanmıştır. Belirtilen alanda yer alan birçok doğal ve antropojenik nedenle oluşmuş kopuk menderes sahaları bulunmaktadır. Taşkın koruma sınırı kapsamında 200 m olarak önerilen alanda yer alan bu sahaların, Göksu Çayı'nın Q100 ve Q500 debisi baz alındığında büyük risk içerdiği ve ıslah edilmesi gerektiği ortaya çıkar. Göksu Çayı dışında, Koca Dere ve Karadere aşağı çığırının 150 m, Kalburt Dere, Köy Dere ve Bıçkı Dere'nin 100 m, Bedresu Dere ve Akçasu Dere ova sahasındaki kanalının 50 metrelik taşkın sınırı ile korunması önerilmektedir.

Havzada kırsal yerleşmelerden bazıları yüksek derecede sel-taşkın ve heyelan riski altında bulunmaktadır. Bu nedenle havzadaki bazı yerleşmelerde belirtilen risklere karşı önlemlerin alınması, bazı yerleşmelerin ise yer değiştirmesi gerekmektedir. Havzanın güney kesiminde yüksek eğim-rölyef ve litolojik açıdan örtü birimlerinin görüldüğü İnegöl formasyonu sahasında aktif heyelan alanlarında yer alan Hacıkara, Gündüzlü, Konurlar, Muratbey, Madenköy, Eskiköy, Dipsizgöl, Gülbahçe ve Esenköy kırsal yerleşmelerinin geleceğe dönük tedbir amaçlı yer değiştirmesi gerekmektedir (Şekil 142). Bu yerleşmelerin 2020 yılı toplam nüfusu 3271 kişidir. İlk olarak nüfusu en az olan Eskiköy, Gülbahçe, Hacıkara ve Esenköy yerleşmelerinin havza ortası eşik sahasının İnegöl ilçe sınırları içerisinde kalan uygun bölümlerine taşınması afet riskinin etkisini azaltacaktır. Havzanın sel-taşkın riski açısından yüksek tehlike içeren ve Göksu Çayı taşkın yatağında bulunan Ayaz ve Söylemiş yerleşmelerinin doğuya doğru yer değiştirmesi önerilmektedir. Bu iki yerleşmenin 2020 yılı nüfusu 716 kişi olup, heyelan nedeniyle yer değiştirecek yerleşmelerle birlikte havzadaki yer değiştirmesi önerilen kırsal nüfus toplamı 3987 kişidir. Havzada heyelan riski yüksek olan ancak yer değiştirmesi gerekmeyen ve önlemler alınması gereken kırsal yerleşmelerin büyük bir bölümünü Yeniceköy-Hilmiye arasındaki sahada yer alan 14 farklı kırsal yerleşme oluşturmaktadır. Bu yerleşmelerde, heyelan tedbirleri kapsamında dik yamaçların olduğu sahalardaki topuk kesimlerine müdahale yapılmamalı, kat sayısı ikiyi geçmemeli ve akış doğrultusu değiştirilmemelidir. Sel-taşkın riski yüksek olan ve daha çok taşkın yatağında bulunan Göksu Çayı vadisinde Hayriye-Akdere arasındaki yerleşmeler, Yolören, Karasıl, Çeltikçi, Selimiye, Boğazköy, Koca Dere yatağı yakınlarında Şipali-Çitli arasındaki yerleşmelerde mutlak düzenleme yapılmalı ve tedbirler alınmalıdır. Taşkın koruma sınırı içerisine giren kırsal yerleşme alanının tahliyesi, dere ıslahı ve kot düzenlemelerinin yapılması

belirtilen kırsal yerleşmelerin risk açısından daha tedbirli alanlar olmasını, doğal, ekonomik ve mesken yapısının korunmasını sağlayacaktır.

Göksu Çayı Havzası'nın güney kesimi jeolojik yapısı, yüksek eğim ve rölyef özellikleri nedeniyle heyelan ve kaya düşmesi riskinin yoğun olduğu sahaları oluşturur. Bu alanlardaki karayolu ulaşımı kaynaklı antropojenik müdahalelerin de belirtilen risk türlerini tetikleyici etmen olması bazı ulaşım hatlarında düzenlemelerin yapılmasını gerekli kılmaktadır. Özellikle D-200 karayolunun Kınık-Mezit arasındaki bölümü, D-595 karayolunun Tahtaköprü'den sonraki güneye yönelik bölümü, Kurşunlu-Nazifpaşa yolu ile İnegöl ilçe merkezinden güneye giden tali yollarda risk boyutu oldukça yüksektir. D-200 karayolunun Kınık-Mezit arasındaki bölümünde tünel ve yol genişletme çalışmalarında heyelanların meydana gelmesi ve maddi zararların oluşması gelecek ile ilgili kaygıları arttırmaktadır. Bu nedenle D-200 karayolunun bu bölümünde mühendislik çalışmalarında jeolojik, jeomorfolojik koşulların modellenmesi ile oluşturulması ve mutlak suretle heyelan riskine karşı tedbirlerin alınması gerekmektedir. Yol şevlerinde ve yol yarması duvarlarda demir direk sistemi, kafesli demir ağ ve yer altı su akış boruları belirtilen alanda mutlaka yapılması gereken çalışmalardır. D-200 karayolundaki tünelin heyelan, kaya düşmesi riski dışında deprem riski açısından da gerekli mühendislik çalışmalarını içermesi havzanın yönetim, planlama, kalkınma ve ekonomik yapısı açısından oldukça önemlidir.

Göksu Çayı Havzası'nın hidrografik etki analizi modeli sonuçları, kuzey kesimdeki mevsimlik akarsu havzalarından oluşan alt havzalarda su miktarının azalma eğiliminde olduğu ve tarımsal sulamada sorunların oluşabileceği öngörülmüştür. Bu nedenle Aydoğdu Dere, Gürlek Dere ve Yukarı Kocadere havzalarının uygun kesimlerime gölet yapılması önerilmektedir (Şekil 142). Böylece alt havzalardaki su bütçesi açığının önlenmesi, aşağı çığırda tarımda sulamada su kullanımının sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca Boğazköy Barajı eylem planında Yenişehir Ovası kuzey kesiminde pompa sistemi ile sulamanın yapılması belirtilmiştir. Ancak mevcut koşulların bu durumu desteklememesi nedeniyle yapılacak alternatif yeni gölet alanları belirtilen sahaların sulanmasına büyük katkı sağlayacaktır.

Yenişehir Ovası batı kesiminde kurutulan eski Marmaracık Gölü sahasının deşarjını sağlamak, aynı zamanda sel-taşkın tedbirlerini almak amacıyla Yenişehir Ovası'na kurutma kanalı yapılmıştır. Batı, kuzey ve güneyden gelen drenajı Göksu Çayı'na bağlayan bu kanalının güneyinde özellikle Yolören ve Karasıl yerleşmeleri ile çevresindeki taşkın riskini azaltmak ve sulamayı desteklemek amacıyla alternatif kanal güzergahı önerilmiştir. Alternatif kanal Yenişehir Ovası güneyinden gelen drenajı alarak Büyükazmak Dere'ye bağlayacak ve sulama dışında sel-taşkın önlemlerine de katkı sağlayacaktır. Hasanpaşa-Kurşunlu arasında sel-taşkın riskini önlemek amacıyla yapılan kanalında uzatılması ve kuzeyden gelen ani akışlı akarsuların

oluşturacağı riskin önlenmesi planlanmıştır. Bu amaçla Kurşunlu'dan güneydoğuya doğru kanalın uzatılması önerilmektedir.

SONUÇ

Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları kapsamında sürdürülebilir havza yönetimi ve planlamasının yapıldığı bu çalışma; araştırmanın yöntemi ve sistematiği, havzanın fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri, morfometrik analizi, tehlike duyarlılık-risk analizleri ve havza yönetim-planlamasının incelendiği 5 bölümden oluşmaktadır. Coğrafi bakış açısı ile CBS ve UA tekniklerinin etkin kullanımının yanında, farklı analizler, yorumlamalar, gözlemler, sayısal hesaplamalar ve değerlendirmelerle havzanın yönetim ve planlaması için temel veriler üretilmiştir.

Göksu Çayı Havzası 2439 km^2'lik alanında; jeolojik-litolojik açıdan farklı birimleri, 2432 m yükselti farkını, çeşitli jeomorfolojik, topografik, klimatolojik, hidrografik, edafik, floristik ve faunistik unsurları barındırmaktadır. Havzanın doğal ortam koşullarındaki çeşitlilik aynı zamanda dağılış açısından da birçok alanda yerel farklılıkların oluşmasını sağlamış, elverişli koşullar beşeri faaliyetlerin gelişmesine ve belli alanlarda yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Havza, alüvyal dolgulu İnegöl ve Yenişehir ovalarından oluşan tabana, genel olarak daha dirençli, granit ve mermer birimlerinin yaygın olduğu güneydeki Uludağ, Domaniç Dağları bloğuna (2000 m seviyesi), doğuda tektonik etkenlerle parçalanmış birimlerin bulunduğu Ahı Dağı'na ve yükselti seviyesi 900 m'yi geçmeyen Avdan Dağları'nın çevrelediği alana sahiptir. Jeolojik açıdan morfotektonik oluşumlu iki alt havzadan oluşan (Yenişehir ve İnegöl havzaları) Göksu Çayı Havzası, epirojenik-orojenik hareketler ile şiddetli neotektonik hareketlere maruz kalması, değişen kaide seviyeleri ile çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik unsurları barındırmaktadır. Havzanın güneyindeki 2500 m seviyesine çıkan yükselti tektonik etkenlerle bazı alanlarda faylar neticesinde sınırlanmış, dağlardan plato satıhlarına doğru flüvyal aşındırma ile arızalı topografik görünüm ortaya çıkmıştır. Havzanın doğu ve kuzeyinde ise yükselti seviyesinin 1000 m'yi geçememesi plato sahalarının geniş alanda görülmesini sağlamıştır. Ancak jeolojik-jeomorfolojik evrimdeki değişen hadiseler; birikinti konileri, fay façetaları, menderesler, boğaz vadiler, epijenik boğazlar, karstik birimler ve periglasiyal şekiller gibi diğer jeomorfolojik unsurlarında havzada gözlemlenmesine sebebiyet vermiştir. Aynı zamanda jeomorfolojik çeşitlilik havzanın yükselti değerlerinin, topografik yapısının, eğim, bakı ve yüzey büküklüğünün çeşitlilik göstermesine de neden olmuştur. Havzanın jeomorfolojik yapısının çeşitlilik sunması diğer doğal koşullar ile beşeri faaliyetlerin yapısı, dağılışı ve yoğunluğunu etkilemiştir.

Göksu Çayı Havzası'nın klimatolojik koşullarını ortaya koyan İnegöl ve Yenişehir meteoroloji istasyonları rasat verilerinin analizi sonucu havzanın tabanlarında yıllık ortalama sıcaklık 13^0C (min 2^0C, max $13,9^0$C), yıllık yağış miktarı havza ortalamasında 752 mm (minimum 525 mm, maksimum 1698 mm) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklıklar temmuz ayında en düşük sıcaklıklar ocak ayında görülmektedir. Havzada en çok yağış kış mevsimi içerisinde Aralık ayında düşerken, yaz mevsimde kuraklık hissedilmektedir. Farklı yöntemlerle tespit edilen iklim tipi analizleri, havzanın doğu kesimi hariç ılıman şartların egemen olduğunu ve yükselti nedeniyle klimatolojik koşulların havza tabanlarından çerçeveye doğru değiştiğini göstermiştir.

Havzanın hidrografik unsurlarını, akarsular, baraj gölü, göletler ve yer altı su kaynakları oluşturmaktadır. Havzanın jeolojik-litolojik unsurlar ile şekillenen hidrojeolojik yapısı; İnegöl ve Yenişehir ovalarının akifer, yüksek çerçevenin porozite ve permabilite açısından geçirimsizliğinden dolayı akitard ve akiklüd özelliğinde olmasına neden olmuştur. Havzada fay hatlarının etkisinde sıcak su (Oylat) ve mineralli su kaynağı (Kınık) mevcuttur. Havzada doğal göl bulunmamaktadır. Boğazköy ve Babasultan baraj gölleri ile havzanın muhtelif yerlerindeki 30'a yakın gölet ise yapay gölleri oluşturmaktadır. Havzanın ana akarsu ağını Göksu Çayı ve kolları oluşturur. Bu akarsuya Yenişehir Havzası bölümünde birçok konsekant akarsu drene olmaktadır. Havzanın güneyinde Uludağ ve Domaniç Dağları'ndan kaynaklarını alan akarsular konsekant özelliğinde olup ova tabanında tek kanala drene olurlar. Burada Karadere, Kalburt Dere, Bedresu Dere, Akçasu Dere ve Koca Dere Hamzabey mevkiinden itibaren tek kanal üzerinden Göksu Çayı'na deşarj olmaktadır. Havzanın genel drenaj tipini dandritik ağ oluştururken, iki ana alt havzada sentripetal drenaj ağı, yerel alanlarda diğer drenaj ağları gözlemlenmektedir.

Havzanın hidrometrik analizleri için 11 AGİ verisinin birçok sayısal değeri üzerinden incelemeler yapılmıştır. Havzanın mansaba en yakın ölçüm noktası olan Göksu-Rüstemköy AGİ verisi ortalama 17,39 m^3/sn debiye sahipken, en yüksek yıllık ortalama akım 48,61 m^3/sn, en düşük yıllık ortalama akım değeri ise 8,53 m^3/sn'dir. Buna göre havzanın yıllık toplam akımı 543.380.000 m^3'dür. Göksu-Rüstemköy AGİ akım değeri havzanın % 84'ünü karşılamakta, diğer akarsularda debi değeri ve yıllık akım değişkenlik göstermektedir. Havzanın ortalama yağışın akışı karşılama durumu % 40, ortalama akış eksiği 490,6 ve düzensizlik katsayısı 8,93 olarak hesaplanmıştır. Bu durum hidrojeolojik, jeomorfolojik çeşitliliğin ve klimatolojik koşullarının dağılışının hidrografik unsurlarda temel etken faktör olduğunu göstermektedir. Havzanın verim ve akış değerlerinin, doğal-beşeri koşulların etkeninde, daha doğru belirlemek için uygulanan ağırlıklı bindirme yöntemi, Thronthwaite sonuçları ile kalibre edilmiş ve havzanın akış yüksekliği ortalaması 403,41 mm, verim değeri 12,74 l/sn/km^2 toplam akımı

983.916.990 m^3/yıl olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler sonucu ortaya konan havzanın toplam akım verisinden buharlaşma miktarı olan 186.390.000 m^3/yıl ile sızma miktarı olan 238.070.000 m^3 çıkarılmıştır. Sızma miktarının % 40-45'nin kapilarite, basınç ve permaabilte durumuna göre tekrar yüzeye çıktığı ve yüzeysel akışa 107.103.150 m^3 suyun katıldığı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalardan Göksu Çayı Havzası'nın kullanılabilir su potansiyeli 666.560.140 m^3/yıl olarak tespit edilmiştir. Havzada taşkın piklerinin varlığı maksimum değerler üzerinden incelenmiş ve 11 AGİ verisinin Q2-Q500 arası farklı değerlerdeki debileri hesaplanmıştır. Mansaba en yakın AGİ olan Göksu-Rüstemköy'de Q500 debisi 546,9 m^3/sn olarak hesaplanmıştır. Geçmiş veriler ve ortaya konan kantitatif değerler, havzada birçok kez taşkın piklerinin yaşandığını ve yaşanabileceğini göstermektedir. Su kalitesi açısından Göksu Çayı, Karadere ve Kalburt Dere'nin III. ve IV. sınıf kirli su seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Hidrografik yapının temelini oluşturan ana akarsuların kirlenmesinde İnegöl OSB ile diğer sanayi kuruluşlarının deşarjı ve kentsel atık deşarjları etkili olmuştur.

Havzanın tabanlarını oluşturan ovalarda alüvyal topraklar, kuzey, güney ve doğu kesimde 800 m seviyesine kadar kahverengi orman toprakları, bu seviyeden sonra kireçsiz kahverengi orman toprakları görülmektedir. Bu durum ovaların verimli toprak özelliklerinden dolayı tarımsal faaliyet açısından yoğun şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Avrupa-Sibirya floristik sınırları içerisinde Öksin alt flora kapsamına giren havzanın bitki topluluklarının % 92'sini orman, % 3'ünü maki ve % 5'ini ot formasyonları oluşturur. Havzanın güneyinde Uludağ ve Domaniç Dağları'nda kuşak halinde nemli, geniş yapraklı ormanlar bulunur. Kuzeyde, doğu ve güneydoğuda karışık ormanlar, iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanlar birlikte görülürken, kuzeydoğuda iğne yapraklı ormanlar asıl formasyonu oluşturur. Havzanın yüksek kesimlerinde çayırlar ve alpin bitki örtüsü görülmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın tabanını oluşturan İnegöl ve Yenişehir ovaları doğal koşulların sağladığı olanaklar sayesinde beşeri faaliyetlerin yoğunlaştığı alanları meydana getirmiştir. Bu alanlar dışında havzanın nüfus özellikleri, ekonomik faaliyet yapısı ve dağılışı ile arazi kullanımı/arazi örtüsü de çeşitlilikler göstermektedir. 2020 yılı havza toplam nüfusu 342.631 kişidir. Nüfusun % 78 şehirlerde, % 22'si kırsal alanlarda yaşamaktadır. Dağılış açısından nüfusun büyük çoğunluğu İnegöl ilçe merkezi ve Yenişehir ilçe merkezinde toplanmıştır. Nüfus miktarı ile artış hızı trend verileri havzanın geçmişten günümüze nüfusun artma eğiliminin gelecekte de devam edeceğini göstermektedir. Havzada farklı sektörlere ait sanayi varlığı ile tarım temel ekonomik faaliyetlerdir. Havzanın Landsat uydu görüntülerinden analiz edilen arazi kullanımı verileri kentsel alanların genişlediğini, orman ve tarım alanlarının dar alanlı olarak genişleme eğiliminde olduğunu, açık yüzeyler ve diğer kullanım alanlarının farklı amaçlarla değiştirildiğini göstermektedir. 2020 yılı itibariyle havzanın % 38,9'unu tarım

alanları, % 36,7'sini orman alanları, % 12,3'ünü çayır, mera, ot ve fundalık alanlar, % 2,8'ini yerleşim alanları, % 3,2'sini açık ve çıplak kayalık yüzeyler, % 5,9'unu diğer kullanım alanları, % 0,2'sini su yüzeylerinin oluşturduğu tespit edilmiştir.

Göksu Çayı Havzası, 53 alt havzadan oluşmakta, bu alt havzalar jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik ve katastarofik açıdan çeşitlilikler sunmaktadır. Çizgisel, alansal ve yüzeysel olarak 44 farklı morfometrik analizinin uygulandığı Göksu Çayı Havzası'nın kuzey ve güney kesimini oluşturan Yenişehir ve İnegöl havzalarında sayısal sonuçların farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle, jeomorfolojik koşullar, akarsu yönelimi, uzunluğu ve rölyef açısından İnegöl Havzası'ndaki alt havzaların akış hızı yüksek, taşkın potansiyelini barındıran, erozif faaliyetlerin hızlı olduğu yapıyı barındırmaktadır. Tektonik açıdan da daha aktif olan güney kesim katastorofik riskleri yüksek seviyede ihtiva eder.

Havza, doğal ve beşeri ortam koşullarının etkileşiminin yanında birçok riski ihtiva eder. Havzanın yerel çeşitlilikleri nedeniyle tehlike duyarlılık durumu, tehlikenin kökeni, yapısı, frekansı ve etkisi açısından dağılış olarak farklılıklar göstermektedir. Havzada, yüksek deprem riski % 15,4'lük alanı, yüksek erozyon riski % 20'lik alanı, yüksek heyelan riski % 27,2'lik alanı, yüksek sel riski % 27,5'lik alanı, yüksek taşkın riski % 13,3'lük alanı, yüksek kuraklık riski % 50,7'lik alanı, yüksek kaya düşme riski % 5,8'lik alanı, orman yangını riski % 15,2'lik alanı, fırtına riski % 15,9'luk alanı ve yüksek derecede beşeri kaynaklı riskler % 5,3'lük alanı kaplamaktadır. Bu sahalar risk kökenine göre dağılış açısından farklılık göstermektedir.

Çalışmanın 4 ana bölümünde farklı yöntem ve tekniklerle elde edilen bulgular, havzanın yönetim ve planlamasının temel verilerini, analiz işleyiş basamaklarının önceliğini, detaylarını oluşturmuş ve oluşturulan model verisine girdiler sağlamıştır. Çalışmanın ilk dört bölümünde elde edilen bulgularla havzanın bütünleşik kapsamda coğrafi bakış açısıyla yönetim ve planlaması modellenmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın yönetim ve planlaması 7 alt modelden oluşmaktadır. Doğal ortam koşulları kapsamında (jeolojik-jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik, toprak ve bitki örtüsü etkisi), uygunluk analizlerine dayalı, arazi kullanımı değişim simülasyonları, morfometrik analizlerle önceliklendirme ve risk analizleri alt modellerinde farklı yöntem ve tekniklerle elde edilen bulgular, kümeleme analizi ve SWOT analizi bölümünde tekrar değerlendirmiş ve havzanın planlaması, önerilerle birlikte sunulmuştur. Havzanın yönetim-planlama modeli, bütünleşik ve coğrafi kapsamının yanında CBS ve UA'nın etkin kullanıldığı, teknolojisi ile girdi verilerinin güncellenebildiği, sürdürülebilirliliği ön plana koyan, ekosistem ve doğal dinamik işleyişi koruyan, havzanın sosyo-ekonomik yapısına katkı sağlamayı amaçlayan işleyiş yapısındadır. Araştırmanın bütün yapısında çeşitli varsayımları temel alarak incelenen veriler, uygulanan analizler, havzanın yönetim ve planlaması açısından farklı sonuçlarını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar şu şekildedir:

1. Jeolojik-jeomorfolojik etki kapsamında 11 ana ve 69 alt parametrenin bulanık mantık yönetimi ile uygulanan jeo-uygunluk analiz sonuçları, havzanın jeolojik-jeomorfolojik unsurlarının beşeri faaliyetler açısından uygunluk düzeyinin 5 farklı kategoride alansal ve oransal olarak farklılıklar ortaya koyduğunu göstermiştir. Havzanın % 42,8'i uygun koşullar sunarken, % 17,8'inde beşeri faaliyetlerin yapılamayacağı, % 39,4'ünde ise farklı boyutlarda topografik düzenlemelerle faaliyetlerin uygulanabileceği tespit edilmiştir. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile kuzey, doğu ve havza ortası eşik sahasındaki alçak platolar jeomorfolojik uygunluğun en yüksek olduğu alanlardır. İnegöl alt havzasında uygun alanların Yenişehir alt havzası bölümüne göre daha dar alanlı olduğu ve bu nedenle gelecekte İnegöl Ovası'nda beşeri yoğunlaşma etki düzeyinin artacağı dolayısıyla farklı kökenlerde sorunların ortaya çıkabileceği saptanmıştır.
2. Havza yönetimi açısından klimatolojik etki kapsamında havzanın cokrining yöntemi ile dağılışı ortaya konan sıcaklık ve yağış verileri incelenmiş, geçmiş meteorolojik rasat verilerine Mann-Kendall ve Sen's Slope testi trend analizleri uygulanmıştır. Yıllık sıcaklık ortalamasında 50-100 yıllık projeksiyonunda $1,2^0C \pm 2,3^0C$ arasında artış olacağı, yaz sıcaklıklarının ise $2,4^0C \pm 3,9^0C$ arasında artacağı modellenmiştir. Aynı analizlerle yıllık yağış toplamında 0,613 mm azalma olacağı ve 100 yıl sonra yağış değerinin 61,3 mm azalacağı projeksiyonu ortaya çıkmıştır. Havzanın gelecekte meteorolojik ve hidrolojik kuraklık, sel-taşkın, yaz aylarında şiddetli akarsu çekikliği, erozyon miktarı ve şiddetinde artış gibi sorunlarla karşı karşıya kalacağı öngörülmüştür.
3. Havzanın ağırlıklı bindirme yöntemine ile oluşturulan akış dağılış haritasının kantitatif verilerine göre toplam akışı 983.916.990 m^3, kullanılabilir su potansiyeli 666.560.140 m^3 olarak hesaplanmıştır. Havzanın klimatolojik verilerinden elde edilen trend analizleri sonucu sıcaklık ve yağış değişim değerleri 25, 50 ve 100 yıllık periyotlar halinde incelenmiş, Thronthwaite yöntemine göre her periyoda ait yağış-akış değeri hesaplanmıştır. Bu değere aynı zamanda havzadaki yıllık bazda nüfus artış hızı verisinin etkisi de eklenmiştir. Yapılan analizler ile Göksu Çayı Havzası'nda 2020 yılına göre akım ve akış değişimlerinde 25 yıl sonra % 3,34 oranında, 50 yıl sonra % 6,76 oranında ve 100 yıl sonra % 13,53 oranında azalma yaşanacağı hesaplanmıştır. Havzanın 100 yıl sonra toplam akım miktarının 850.771.980 m^3'e düşeceği, kullanılabilir su potansiyeli değeri ise 100 yıl sonra 576.514.779 m^3 olacağı saptanmıştır. Havzanın 2020 yılı ortalama akışı 403,52 m^3 iken bu değer 100 yıl sonra 348,82 m^3 olacaktır. Bütün veriler havzada değişen iklimsel şartlar ile beşeri kaynaklı kullanımlar sonucu su bilançosunun büyük değişimlere uğrayacağı ve bunun havzadaki risk, tehlike, arazi kullanımı, değişimi ya da su kullanım miktarında kısıtlamalar gibi muhtemel senaryolar oluşturacağını ortaya koyar. Alt havza bazında ortalama akım değerleri üzerinden yapılan analizde 50-100 yıllık periyotta havzanın kuzeyinde yer alan 7 havzanın bir alt kategoriye düşeceği, 20 alt havzada ise

hidrografik, ekolojik sorunların oluşabileceği tahmin edilmiştir. Havzanın klimatolojik şartlarında etki düzeyinin artması, meteorik su eğilimindeki negatif yönlü azalma ile nüfusundaki pozitif yönlü artış eğilimi incelendiğinde 2070 yılından sonra Göksu Çayı Havzası'nın kuzey kesimindeki alt havzalar ile özellikle ova tabanlarında su sarfiyatını karşılamada güçlükler yaşanabileceği öngörülebilmektedir.

4. Ekolojik risk açısından Montana yöntemine göre havzanın toplam akım değerinin % 30 azalma eğilimi temel alınmış (295.175.097 m^3), belirtilen değerin alan kapsamındaki karşılığı 121.271 m^3/km^2 olarak tespit edilmiştir. Belirtilen sayısal değerlerin yağış-akış dağılım verisi 2952,2 $m^3/yıl/km^2$ olarak hesaplanmış ve bu değerin altındaki değere sahip 15 alt havzada doğal ortam koşulları, ekolojik koşullar ve su bütçesi olarak sorunların meydana gelebileceği öngörülmüştür.
5. Göksu Çayı Havzası'nın yağış-akış eksiği alt havza kapsamında analiz edildiğinde Uludağ ve Domaniç Dağları'ndan kaynakları alan ve İnegöl Ovası'na deşarj olarak Göksu Çayı'nda birleşen alt havzalarda da akış eksiği değerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun nedeni ova tabanında sızma miktarının artması, beşeri su kullanımı, arazi kullanımının bu kesimdeki antropojenik boyutu, yüksek alandaki yağış verisinin akış verisini belirtilen nedenlerle karşılayamaması oluşturur. En az akış eksiği olan alt havzaları Kovanlık Dere, İncirli-Değirmendere ve Aşağı Dere havzaları oluşturur. Özellikle ova tabanlarına deşarj olmayan, konsekant akarsu özelliği ile Göksu Çayı'na bağlanan bu havzalarda akış eksiğinin düşük olmasının nedeni, sızma potansiyelinin az, antropojenik etkiden uzak olması ve havzadaki diğer yüksek sahalardan kaynaklarını alması etkili olmuştur. Havzanın akış eksiği hidrometrik analizine göre Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı ve Avdan Dağları'ndan kaynaklarını alan akarsularının oluşturduğu alt havzalarda yağışların akarsuları daha yüksek düzeyde beslediği görülmektedir. Belirtilen alt havzalarda yağış % 50'nin üzerinde akışı beslemektedir. Ancak havzanın kuzeyindeki hafif eğimli plato sahası ve ova tabanındaki antropojenik müdahaleye uğramış küçük akarsu havzalarında (Büyükazmak Dere örneğindeki gibi) en düşük kat sayı değeri görülmektedir. Bu alt havzalarda yağış % 30-45 arasında akışı beslemektedir.
6. Göksu Çayı Havzası AGİ verilerinin doğrusal, Mann-Kendal ve Sen's Slope trend analizi verileri, Göksu-Rüstemköy ve Göksu-Boğazköy AGİ'lerinde en yüksek negatif yönlü azalmanın olduğu, Karadere-Akıncılar AGİ verisinde ise düşük düzeyde pozitif yönlü artışın olduğu tespit edilmiştir. AGİ zamansal verileri üzerinden yapılan trend analizleri, son yıllarda akarsulara çeşitli antropojenik müdahalelerin olduğu, mesken, sanayi ve tarım odaklı kullanımların arttığı, İnegöl ve Yenişehir ovalarını havzası içerisine alan yerlerde hidrometrik değerlerde azalmanın olduğunu göstermektedir. Bu durum, İnegöl Havzası'nın çıkışı ve Boğazköy Barajı'nın su tutmasının etkisinin görüldüğü Göksu-Boğazköy AGİ'si ile Yenişehir Havzası'nın hidrografik çıkışı olan Göksu-Rüstemköy

AGİ'sinde saptanmıştır. Nüfus artış hızı, endüstriyel yoğunluk ve tarımda su kullanımın artma eğilimi, havzanın 50-70 yıllık sonraki periyodunda su sarfiyatı problemlerini yaşayacağını göstermektedir.

7. Göksu Çayı Havzası'ndaki AGİ verilerine göre pik akımların, akarsu ortalama akım verilerinin 20-60 katı arasında değerlerde ölçüldüğü tespit edilmiştir. Göksu Çayı üzerinde 18.10.1989 tarihinde 500 m^3/sn'lik, 26.10.1997 tarihinde 394 m^3/sn'lik maksimum akım değerleri, kayıtlara en yüksek akım değerleri olarak geçmiştir (ortalama akım olan 17,39 m^3/sn değerinin 28 katı). Akarsuların rejimlerine bakıldığında, ortalama akımın Mart, Nisan ve Mayıs aylarında en yüksek seviyeye çıktığı tespit edilmiştir. Havzadaki AGİ verilerinin bütün yıllar içerisindeki en yüksek akım değerleri aylık bazda oranlandığında Mart ayı % 21,4 ve Nisan ayı % 14,3'lük taşkın sıklık frekansına sahiptir. Bu veriler özellikle havzanın güney kesimden gelen akarsuların ova tabanlarına deşarjı sırasında sel-taşkın oluşturma potansiyelini ve zamanını göstermektedir. Akarsuların AGİ verileri temel alınarak yapılan taşkın projeksiyonlarında Q500 debisi Göksu-Rüstemköy'de 546,9 m^3/sn, Göksu-Boğazköy'de 694,1 m^3/sn, Aksu Dere'de 290,5 m^3/sn, Cerrah Dere'de 168,2 m^3/sn, Akçasu Dere'de 95 m^3/sn, Bedresu Dere'de 67,3 m^3/sn, Boğazdere'de 85,5 m^3/sn, Karadere'de 66 m^3/sn ve Hocaköy Dere'de 47,2 olarak hesaplanmıştır. Bu miktarlar, klimatik şartlar ve özellikle yağış miktarı ve gün sayısı olarak değerlendirildiğinde oluşma ihtimali uzun zaman aralığında yer alır. Ancak havzanın özellikle güney kesimindeki Uludağ ve Domaniç Dağları'nda kar erimeleri ile yüzeysel akışa geçen su varlığı Nisan-Mayıs aylarındaki ani yağışlarla birleştiğinde akım miktarının pik yapacağı ve daha önce AGİ verilerinde de gözlemlenen taşkınların oluşacağı sonucu ortaya çıkabilir. Meydana gelmiş sağanak yağış verileri üzerinden yapılan incelemede havzanın güneyinde belirtilen yağışların taşkına dönüşmesi 16-24 saat aralığında iken havzanın kuzeyinde 20-28 saat aralığındadır. Bu noktada sel-taşkınların nerede meydana geleceği de önemli bir noktadır. Bu durum havzanın kuzey, doğu özellikle güney kesimden hızla akışa geçebilecek akarsu varlığına sahip olması ve ova tabanına geldiğinde yataklarından taşma ihtimalini arttırmakta ve dolayısıyla riskli alanlarında Yenişehir Ovası (Göksu Çayı yatağı ve drenajı) ve özellikle İnegöl Ovası (Karadere, Kalburt Dere, Akçasu Dere ve Koca Dere yatakları) olduğunu göstermektedir.

8. Göksu Çayı Havzası'nda, İnegöl ve Yenişehir ovalarının tamamı, alüvyal toprak, derinliği yüksek ve arazi kabiliyeti açısından tarım için elverişli toprak sınıfı içerisinde yer alır. Bu sahaların % 75'inin tarımsal faaliyetler için kullanılması sürdürülebilirlik açısından uygundur. Ancak yerleşim ve sanayi alanlarının özellikle İnegöl Ovası'nda yayılması gelecek açısından riskleri barındırmaktadır. Ayrıca tarımsal faaliyetin havzanın kırsal kesimlerinde temel ekonomik faaliyeti oluşturması yeni tarım alanların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu bakımdan havza tabanlarını oluşturan ovalardan plato

sahalarına geçişte dağılış gösteren V. ve VI. sınıf toprakların bir kısmı tarım amaçlı kullanılmaktadır. Ancak bu toprakların büyük düzenlenmelerle tarımsal faaliyete açılması ve verimin düşmesi sürdürülebilirlik ve yönetimsel açıdan uygun değildir. Belirtilen alanlarda tarımsal faaliyetlerin sürdürüleceği düşünülürse modern tarım tekniklerinin kullanılması verimi arttırabilecek temel önlemdir. Ayrıca bu alanların daha çok çayır-mera sahası olarak kullanılması ve hayvancılık faaliyetinin yaygınlaşması daha uygun ve sürdürülebilir kullanım olacaktır.

9. Havzanın 2020 AKAÖ verisine göre % 36,7'sini ormanlar meydana getirmektedir. Bu veriye tarım alanında ve çayır-mera alanında yer alan ağaç formasyonları eklendiğinde havzanın % 42'sini orman formasyonu oluşturmaktadır. Belirtilen dağılış verisi havzanın alansal olarak yarısını kaplayan sahada ekolojik dengenin korunduğu, ekosistemin işleyiş döngüsüne müdahalenin az olduğunu göstermektedir. Havzanın NDVI analizi (maksimum 0,691–minimum -0,238) değerleri ve dağılışından Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı, Avdan Dağları ile muhtelif yükseltilerde bitki formasyonlarının kuşak halinde mevcut olduğu görülmektedir. Havzanın doğal dinamik işleyişine katkı sağlayan bitki örtüsü varlığının korunması havza yönetimi ve planlaması açısından önemlidir.

10. Göksu Çayı Havzası'nda doğal ortam koşullarının elverişliliği yerleşim, sanayi, tarım, orman ve çayır-mera alanları için farklı olanaklar sunmakta, dağılış açısından havzanın farklı uygunluk verilerini ortaya koymaktadır. Farklı parametrelerin ağırlıklı bindirme yönetimi ile analizi, havzanın % 5,1'inin yerleşim alanı için çok uygun olduğunu, bu sahaların İnegöl ve Yenişehir ovaları, havza ortası eşik sahası (Şehitler-Hamzabey-Akçapınar arası) ile Barçın-Terziler-Çelebi arasındaki alanlardan oluştuğunu göstermektedir. Sanayi alanı uygunluk analizinde havzanın % 2,1'inin çok uygun koşullar sunduğu, havza ortası eşik sahasının doğu ve batısının en uygun alanlar olduğu tespit edilmiştir. Tarım faaliyetleri açısından havzanın % 12'sinin çok uygun, % 20,1'inin uygun koşullar sunduğu, İnegöl ve Yenişehir ova tabanları ile eğim oranı düşük alüvyal düzlüklerin tarıma uygun sahaları oluşturduğu saptanmıştır. Orman alanı uygunluk analizinde havzanın % 53,9'unun uygun ve çok uygun koşullar sağladığı, havzanın çerçevesini oluşturan dağlık alanların en uygun sahalar olduğu analiz edilmiştir. Çayır-mera alanı uygunluk analizinde havzanın % 1,7'sinin çok uygun, % 37,7'sinin uygun koşullar sunduğu ve platodan yüksek alanlara geçişte (Uludağ ve Domaniç Dağları) bu sahaların olduğu tespit edilmiştir.

11. Göksu Çayı Havzası'nda geleceğe dönük değişimleri ve muhtemel mekansal kullanımlarını ortaya koymak için yapay sinir ağları (YSA) yönteminin kullanılması ile havzanın 2030, 2045 ve 2070 yıllarına ait arazi kullanımı/arazi örtüsü modelleri oluşturulmuştur. 2030 yılı simülasyon modeline göre havza nüfusunun 394.025 kişi ile 411.499 kişi arasında olacağı, yerleşim ve sanayi alanlarının % 12,3 daha fazla

genişleyeceği, tarım ve orman alanlarındaki değişimin dar alanlı olacağı, çayır-mera alanları ile diğer arazi kullanım sahalarında negatif yönlü azalma olacağı tespit edilmiştir. Havzanın 2045 yılı modelinde nüfusun 471.117 ile 514.803 kişi arasında olacağı, yerleşme ve sanayi alanlarının % 27'lik oranla genişleyeceği saptanmıştır. Havzanın 50 yıl sonraki (2070) arazi kullanımını ortaya koyan modelde nüfusun 599.604 kişi ile 686.975 kişi arasında olacağı, yerleşim-sanayi alanları ile açık yüzeylerin genişleyeceği, tarım, çayır-mera ve diğer kullanım alanlarının daralacağı öngörülmüştür. 10, 25 ve 50 yıllık geleceği ortaya koyan modeller havzanın özellikle İnegöl Ovası, Yenişehir ilçe merkezi çevresi ve diğer düzlük alanlarında yoğun değişimlerin yaşanacağını ve beşeri baskının bu sahalarda artacağını göstermektedir. Ovalarda artan beşeri baskı tarım alanlarını III. IV. ve V. sınıf arazilere yönlendirecek, verimin azalması, afet risklerine karşı direnç düzeyi düşük alüvyal sahalarda mühendislik yapılarının artması, su sarfiyatı, akarsu kirlilik düzeyi artışı ve ekosistemin risk altına girmesi meydana gelmesi muhtemel sorunları oluşturabilecektir. Bu noktada alt-üst ölçekli planlamalarda yerleşim ve sanayi alanları için uygunluk analizleri ile ortaya konan sahaların kullanılması havzanın doğal dinamik işleyişi ve bütüncül yönetimi açısından oldukça önemlidir.

12. Göksu Çayı Havzası'nın 53 alt havzası, 30 farklı morfometrik indisinin kategorik sınıflandırması üzerinden havza koruma kapsamında önceliklendirilmiştir. Çalışma sahasının morfometrik analizlere dayalı alt havza önceliklendirme verilerine göre 10 havza birinci, 10 havza ikinci, 21 havza üçüncü, 7 havza dördüncü ve 5 havza beşinci öncelik sıralamasına sahiptir. Birinci öncelik kapsamında yer alan alt havzalar kendi aralarında; İ-7 havzası, Bıçkı Dere, Çandır Oylat Dere, İ-4 havzası, Bahçecik Dere, Karapınar Dere, Kara Dere, Borucak Dere, Akçasu Dere ve İ-8 havzaları şeklinde sıralanmaktadır. Engebeli topografik yapıya sahip, irtifa farkı fazla, eğim farkından dolayı hızla akışa geçebilen, daha çok uzunlamasına geometrik şekil sunan havzaların erozyon başta olmak üzere sel-taşkın, toprak ve su sorunlarını oluşturabileceği, beşeri faaliyetleri etkileyerek havzanın sosyo-ekonomik yapısına da zarar verebileceği saptanmıştır. Havza yönetimi açısından morfometrik analizlere dayalı olarak ortaya konan öncelik sıralaması kapsamında alt havzalar planlanmalı ve daha sonra üst ölçekli planlamalar tümevarım ile oluşturulmalıdır.

13. Göksu Çayı Havzası'nın AHS ile ortaya konan 10 farklı risk verisi üzerinden bulanık mantık yöntemi ile multirisk dağılışı oluşturulmuştur. Havzanın çoklu afet ya da multirisk verisine göre % 46'sı çok az riskli, % 25'i az riskli, % 18'i orta derecede riskli, % 8'i yüksek riskli ve % 3'ü çok yüksek riskli alanları ihtiva eder. Havzanın multirisk açısından en riskli alanlarını İnegöl Ovası'nın güney, güneybatı ve kuzedoğudan çevreleyen plato sahası ile Yenişehir Ovası'nın kuzeyi, Bahçecik-Koyanlık Dere havzası, Göksu Çayı-Sakarya Nehri birleşim alanı ve kuzeyi oluşturur. Yüksek riskli alanlardaki irtifa farkı ve

eğim değeri, bitki örtüsünün olmayışı, litolojik birimlerin etkisi ve yoğun beşeri kullanım muhtemel risklerin oluşmasının temel faktörleridir. Özellikle erozyon, heyelen, sel-taşkın kaya düşmesi ve deprem gibi risklerin bu alanlardaki etkileri geçmişte büyük boyutlarda olmuş gelecekte de olma ihtimali yüksektir. Bu nedenle belirtilen sahalarda mutlak suretle önlem alınması gerekmektedir.

14. Göksu Çayı Havzası'nın risk verileri oluşum kökeni, meydana gelme ihtimali ve frekansı olarak 3 farklı senaryo üzerinden analiz edilmiştir. Her üç senaryoda da Karadere yukarı çığırı, Kalburt-Cerrah Dere Paşaören kesimi, Düzmeşe çevresi, Kozdere-Alaylı arasındaki sahalar yüksek derecede risk ihtiva etmektedir. Birinci senaryoya göre havzanın erozyon ve heyelan açısından en büyük riski barındırdığı ve İnegöl ilçe merkezi güneyi ile Yenişehir kuzeyindeki plato sahalarının yüksek riskli alanlar olduğu tespit edilmiştir. İkinci senaryoda jeolojik-jeomorfolojik kökenli afetler ve kütle hareketlerinin oluşma frekansı yüksek tespit edilmiş ve riskli alanları Uludağ-Domaniç Dağları'ndan İnegöl Ovası'na geçiş alanının oluşturduğu saptanmıştır. Üçüncü senaryoda hidro-meteorolojik kökenli afetlerin sıklığı ve oluşumu temel alınmış, ovalar ve birikinti konilerinde tehlikenin yüksek olduğu analiz edilmiştir.

15. Havzanın MTA heyelan envaterine göre eski ve aktif heyelan sahalarının etki alanında 44 kırsal yerleşim birimi bulunmaktadır. Bu yerleşim birimlerinin 5'i Yenişehir, 39'u İnegöl ilçe sınırları içerisinde yer alır. Yerleşim birimlerinin 19'u eski heyelan sahası etki alanında, 25'i aktif heyelan sahası etki alanında bulunur. Belirtilen kırsal yerleşmelerinin 2020 yılı nüfusu 17.993 kişidir. Heyelanların geçmişten günümüze etkisi düşünüldüğünde etki alanlarının genişleyeceği, frekans dağılımı ile orantılı olarak tekrarlanmalarının artacağı ve havzada 25.000-30.000 arasında nüfusu etkileyebileceği hesaplanmıştır. Özellikle İnegöl Ovası güneyinde yer alan geçirimli litolojik birimlerin olduğu KB-GD doğrultusundaki (Esenköy-Mezit arası) sahada, yüksek eğim-irtifa farkı ile ani ve aşırı yağışların birleşmesi gelecekte de heyelan oluşumlarının meydana gelmesine neden olabilecektir. Heyelan sahalarındaki nüfusun dışında bu alanların % 72,8'inin tarım, % 3'ünün ulaşım vb., ile % 1'nin yerleşim amacıyla kullanılması risk boyutunun her zaman yüksek olmasına neden olacaktır. Belirtilen nedenlerde havza planlamasında yüksek risk altındaki kırsal yerleşmelerin öncelikli olarak yer değiştirimesi, bazılarında ise heyelan önlemlerin alınması önerilmiştir.

16. Göksu Çayı Havzası'nın ana akarsu ağı üzerine kurulan Boğazköy Barajı enerji üretimi ve su kullanıma büyük katkı sağlamaktadır. Ancak AGİ verilerinden alınan değerler üzerinden havzanın taşkın riski barındırdığı tespit edilmiş ve bu bakımdan taşkın modeli oluşturulmuştur. Boğazköy Barajı'nın taşkın modeli ile 60 dakikada kuzey-kuzeydoğu yönelimli taşkının 40,83 km^2'lik alana ulaşacağı hesaplanmıştır. Kuzey-kuzeydoğu yönelimli olarak Göksu Çayı'nı takip eden akış 15,5 km uzağa, doğuda vadi sınırında

kalıp batıda Yenişehir Ovası'na doğru 4,3 km'lik mesafeye yayılacaktır. Baraj taşkının ilk 10 dakikada Boğazköy yerleşmesine ve kuzeye doğru yayılacağı bu alandaki taşkın yatağında birikeceği ve daha sonra derinlik ile hızını kaybederek Göksu Çayı vadisinde devam edeceği modellenmiştir. Ancak vadiden devam ederken çok az bir yükseltide bulunan Göksu Çayı-Yenişehir Ovası eşiğini aşarak eğimin batıya doğru azalmasından dolayı geniş bir alana yayılacağı öngörülmüştür. Taşkının ortalama zamanı 52 dakika hesaplanmış, Boğazköy'den itibaren yayılım hızının azalacağı modellenmiştir. Maksimum hızının 15 m/s, ortalama hızın 3,19 m/s olduğu, maksimum derinliğin Boğazköy vadisi çıkışında 15 m olduğu, ortalama derinliğin ise 1,79 m olduğu hesaplanmıştır. Ancak derinliğin daima Göksu Çayı vadisinde pik yaptığı, Yenişehir Ovası'nda maksimum derinliği 0,5-1 m arasında olabileceği öngörülmüştür. Taşkın pikinin 60 dakikalık zamanda yayılım alanına toplam 7.308.570 m^3'lük suyun deşarj olacağı hesaplanmıştır. Baraj taşkını modeli ile Boğazköy, Ayaz, Söylemiş, Karasıl, Çeltikçi ve Yolören kırsal yerleşmelerinin bazı alanları ile D-595 karayolu ve taşkın sahasındaki 7 köprünün büyük risk altında olduğu ve mutlaka önlem alınması gerektiği öngörülmektedir.

17. Araştırma sahasının 53 alt havzası üzerinden doğal koşulların beşeri faaliyet ilişkisine dayalı olarak üretilen kümeleme analizinde alt havzalardan 1. kümede 7, 2. kümede 14, 3. kümede 8, 4. kümede 10 ve 5. kümede 14 alt havzanın bulunduğu tespit edilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nda muhtelif sorun ve risk potansiyeli yüksek alt havza sayısı 24 tanedir. Doğal ortam koşullarının antropojenik faaliyetler açısından sürdürülebilir ve uygum kullanımın olduğu alt havzalar ise 21 tanedir. Alt havzalardan 8 tanesi sorun risk potansiyeli ve uygun kullanım durumu açısından ortalama değerdedir. Havzanın güneyinde konsekant ana akarsu varlığının oluşturduğu Karadere, Kalburt Dere, Bıçkı Dere, Bedresu Dere, Akçasu Dere, Çandır Dere ve Aksu Dere havzaları yakın bir kümelenme göstermektedir. Bu alt havzalar ile Göksu Çayı Havzası'nın kuzeydoğusundaki küçük alanlı alt havzalar sorun-risk potansiyeli yüksek veriler sunmakta ve bu alanda mekansal kümelenmektedir. Yenişehir Havzası bölümünde Büyükazmak Dere havzası ile Kavaklı Dere havzası ve bu alandaki Göksu Çayı'na bağlanan kısa boylu akarsu havzaları sürdürülebilir-uygun kullanım potansiyelinin yüksek olduğu mekansal kümelenme sahalarını oluşturur. Alt havza verilerinin dağılışı ve mekansal kümelenmesi, havzanın jeomorfolojik koşullarının antropojenik kullanım ve risk potansiyeli açısından yönetim ve planlamanın esas yönlendirici etki unsurunu oluşturacağını göstermektedir.

18. Göksu Çayı Havzası'nda hücresel tabanlı kümeleme analizinde; 1. küme 1048,03 km^2, 2. küme 368,9 km^2, 3. küme 359,3 km^2, 4. küme 373,1 km^2 ve 5. küme 241,4 km^2'lik alan kapladığı hesaplanmıştır. 1. Kümede yer alan sahalar havzanın yüksek kesimleri ve

ormanlık alanlarına tekabül ederken, 2. kümedeki alanlar tarım alanları, çayır-mera sahaları ve platolardaki muhtelif alanlara denk gelmektedir. 3. kümede yer alan sahalar ova tabanları ile alçak plato yüzeylerine denk gelir. 4. kümedeki sahalar platolardan İnegöl ve Yenişehir ova tabanlarına geçiş sahalarında iken 5. kümede yer alan sahalar İnegöl ova tabanı ve batı kesimi, Yenişehir Ovası'nın kuzeyindeki plato sahaları ile uzun boylu akarsu kenarlarında yoğunlaşmıştır. Kümelenme analizinin detayı hiyerarşik olarak birleştirilerek değerlendirilirse İnegöl ova tabanı, Yenişehir kuzeyindeki plato sahasında 4. ve 5. kümeler yer alırken, yüksek dağlık alanlar ve yüksek plato sahalarında 1. ve 2. kümelerin yoğunlaştığı dikkat çeker. Bu durum arazi kullanımı, jeomorfolojik veriler, uygunluk analizleri, klimatik şartlar ile tehlike duyarlılık verileri arasındaki ilişkinin belli alanlarda düzenli mekansal kümelenmeleri ortaya koyduğunu göstermektedir. Özellikle İnegöl Ovası ile Yenişehir Havzası'nın plato kesimlerinde sorun-risk potansiyelinin yüksek olduğu, Uludağ, Domaniç Dağları ve Ahı Dağı'nda korunmuş bitki kuşağı ve ekolojik yapının sürdürülebilir alanları meydana getirdiği tespit edilmiştir. Kümelenme analizlerine uygulanan Lokal Moran's I testi ve Getis Ord Gİ istatistiği verileri havzanın tabanlarında sorun-risk odaklı kümelenmelerinin varlığını, yüksek çerçevede ise sürdürülebilir kullanımın olduğunu dağılış ve kantitatif veri olarak ortaya koymuştur.

19. Göksu Çayı Havzası yönetim ve planlama modelindeki bütün verilerin değerlendirilmesi ile ortaya konan SWOT analizi tablosunun dağılış açısından yansımasını ortaya koymak amacıyla farklı ana ve alt kriterlerin etkileşiminde analizler yapılmıştır. İlk analizde, havzanın fiziki coğrafya koşullarının beşeri faaliyet uygunluğu verileri, % 9'u çok uygun, % 31'i uygun, % 45'i düzenlemelerle uygun, % 4'ü uygun değil ve % 11'i kullanılamaz alan olarak tespit edilmiştir. Havzanın tabanlarını oluşturan ovalar aynı zamanda havzanın güçlü yanlarını oluşturmakta, yüksek rölyef, eğim ve engebeli çerçeve ise havzanın zayıf yanları ve tehdit sahalarını barındırmaktadır. Doğal ortam koşulları üzerindeki antropojenik baskı yoğunluğunu ortaya koymak, havzanın güçlü-zayıf yanları ile fırsat ve tehdit sahalarının dağılışını yapmak amacı ile de analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda havzanın % 1'inde beşeri faaliyet baskısı çok yüksek, % 7'sinde yüksek olarak tespit edilmiştir. Havzanın 190 km^2'lik alanında yoğun bir beşeri faaliyet baskısı mevcuttur. Göksu Çayı Havzası'nın % 37'sinde orta, % 33'ünde az ve % 22'sinde çok az beşeri faaliyet baskısı oluşmuştur. İnegöl ve Yenişehir ilçe merkezi ile çevresi baskının en yüksek olduğu alanlardır. Elde edilen iki dağılış verisinin pozitif yönlü korelasyonu ile Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşullarındaki muhtemel antropojenik etki yoğunluğu derecesi elde edilmiştir. İnegöl ve Yenişehir ovaları ile Göksu Çayı vadisi, kurutma kanalı çevresi, Şehitler, Kurşunlu çevresindeki alanlar, havzanın kuzeyindeki az eğimli plato sahası ve havza ortası eşiği yüksek yoğunluklu antropojenik etkiye maruz kalacağı öngörülmüştür. İlk iki verinin negatif yönlü korelasyonu ile havzanın doğal

ortam koşullarındaki beşeri faaliyetlerle kullanım derecesi ve sorun-risk potansiyeli dağılışı ortaya konmuştur. Dağılış verisi incelendiğinde Uludağ ve Domaniç Dağları'ndaki bitki örtüsü kuşağı, Ahı Dağı ve bu alandaki plato sahası, Avdan Dağları, kuzeybatıdaki dağlık saha, Yenişehir Ovası, İnegöl Ovası'nın doğusu, Çelebi-Terziler-Düzmeşe arasındaki plato sahası doğal ortamın doğru şekilde kullanıldığı alanları ortaya koyar. Kuzey zirvelerdeki tarım alanları, doğudaki maden-taş ocakları ve tarım arazileri, Yenişehir ve İnegöl OSB alanlarının ova ve akarsulara yakın sahalarda bulunması, Babasultan-Mezit arası KB-GD uzanımlı sahadaki kırsal yerleşim alanları heyelan riski altında olması, Şehitler-Karalar arasındaki maden sahası havzanın yanlış kullanım alanları olup tehditleri içeren sahaları meydana getirmektedir.

Göksu Çayı Havzası'nın yönetim modellerinde ortaya konan ve analiz edilen veriler neticesinde havzanın planlaması yapılmıştır. Göksu Çayı Havzası planlaması, birçok faktörü ele alan, bütüncül, coğrafi bakış açısı ile CBS ve UA'nın etkin kullanıldığı, sürdürülebilirliliği ve ekolojik korumayı temel alan ve sorunlara çözüm-öneriler sunan yapıda ortaya konmuştur Bu kapsamda havzanın sürdürülebilir planlaması ve yönetim odaklı öneriler sunan havza planlaması şeklinde iki dağılışı ortaya koyan planlama verileri oluşturulmuştur.

Göksu Çayı Havzası'nın sürdürülebilir planlaması, geleceğe dönük koruma-kullanma dengesini sağlamak, havzanın doğal-beşeri ortam ilişkisi kökeninde mekansal kullanım tasvirini ortaya koymak, risk, tehlike, tehdit alanlarının dağılışı ile sürdürülebilir kullanım sahaların varlığını uygulanabilirlik açısından açıklamak ve öneriler sunmak amacıyla havza yönetimi alt modellerinden alınan verilerle oluşturulmuştur. Aynı zamanda havzanın sürdürülebilir mekan kullanım dağılışı sürdürülebilir yönetim derecesi kapsamında sınıflandırılmış, öncelikli doğal afet kapsamındaki önlem alanları da belirtilmiştir. Yapılan planlama verileri günümüzde havzanın sadece % 3'ünde sürdürülebilirlik açısından sorunların olduğunu göstermektedir. Ancak bütüncül havza yönetimlerinin temelinde olan, noktasal sorunların havzanın tamamını etkilediği varsayımı ile sorun, risk, tehlike ihtiva eden alanların sürdürülebilir, ekolojik dengeyi koruyan ve havza doğal dinamik işleyişini bozmayacak şekilde planlaması ile öneriler sunulmuştur.

Havzanın doğal ve beşeri özellikleri ile etkileşimi, morfometrik verileri, risk analiz sonuçları ve dağılışı, yedi farklı yönetim verilerinin temelinde, havzanın planlaması ve bu kapsamda sunulan önerileri içeren haritası ortaya konmuştur. Göksu Çayı Havzası'nda mevcut olan noktasal, çizgisel, alansal ve yüzeysel kullanımlar ile önerilen uygulamalar, kullanımlar, değiştirilmesi ya da önlem alınması gereken hususlar havza planlamasında detaylıca açıklanmış ve karar vericilerin üst-alt ölçekli planlamalarda bu verilerden faydalanması önerilmiştir. Planlamada havzanın jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik ve edafik özellikleri

etkeninde şekillenen ekonomik faaliyetlerin dağılış açısından uygunluğu önerilerle birlikte açıklanmıştır. Aynı zamanda çevresel risk alanları, uygun yerleşim, sanayi alanları, korunması gereken alanlar ve düzenleme yapılması gereken alanlar lokasyon olarak belirtilmiştir. Muhtemel risk alanları ile antropojenik baskı sahasında kalabilecek alanlar planlamada sınırları ile ortaya konmuş ve yapılması gereken adımlar açıklanmıştır. Ayrıca havzanın hidrografik açıdan temel problemlerinden olan taşkın sorununa, noktasal, alansal ve çizgisel olarak öneriler getirilmiştir. Havzada kentsel ve endüstriyel atıkların mevcut durumu, deşarj alanları, geleceği ve performansı analiz edilmiş, önerilen yeni AAT lokasyonları, hidrografik kirliliğin önlenmesi amacıyla yapılacak işlemler, uygulanacak sistematik belirtilmiştir. Havzanın enerji kaynağı açısından sürdürülebilir kapsamda geliştirilebilmesi amacıyla RES, GES ve HES alanları ile potansiyel durumları planlanmıştır. Havzanın heyelan, deprem, sel-taşkın ve erozyon riski altında olan sahalarda yapılacak uygulamalar, insan, mekan ve sosyo-ekonomik yapının risklerden etkilenmemesi için alınacak önlemler alansal dağılışı ve işleyişi açısından açıklanmış, gerekli öneriler belirtilmiştir. Göksu Çayı Havzası'nın yönetim ve planlaması aynı zamanda güncellenebilen verileri, çeşitli stratejik önerileri ve değiştirilebilir sistematiği barındırmakta bu nedenle gelecekteki planlamalara da katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Havza yönetim ve planlama modeli kapsamında yapılacak uygulamalarla, havzanın doğal dinamik yapısı korunmuş, hidrografik bütçesi modellenmiş, sürdürülebilirliği doğal-beşeri etkileşim ile sosyo-ekonomik temelde sağlanmış, birçok doğal ortam koşulu ile beşeri faaliyetin ele alınarak karşılıklı ilişki prensibinde planlandığı, ekosistemin korunduğu ve tehlikelere karşı gerekli önlemlerin alınmış olduğu yapıyı sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Abbaspour K.C, Yang J. Maximov I, Siber R, Bogner K, Mieleitner J, Zobrist J,Srinivasan R. (2007), "Modelling Hydrology and Water Quality in the Pre-alpine/Alpine Thur Watershed Using SWAT", *Journal of Hydrology,* 333:413-430.

Abdeta, G. C., Tesemme A. B. Tura, A. L., Atlabahcew, G. H. (2020), "Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia", *Applied Water Science,* 10 (158): 1-15.

Adams, W. M. (1985), "River basin planning in Nigeria", *Applied Geography,* 5: 297–308.

Adeli, Z., Khorshiddoust, A. (2011), "Application of geomorphology in urban planning: Case study in landfill site selection", *Procedia -Social and Behavioral Sciences* 19:662-667.

Ahmed, F., Rao, K. S. (2015), "Prioritization of Sub-watersheds based on Morphometric Analysis using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques", *International Journal of Remote Sensing and GIS,* 4 (2): 51-65.

Akbulak, C. (2010). "Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın Arazi Kullanımı Uygunluk Analizi", *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(2), 557-576.

Akçakaya A., Sümer U., Demircan M., Demir Ö., Atay H., Eskioğlu O., Gürkan H., Yazıcı B., Kocatürk A., Şensoy S., Bölük E., Arabacı H., Açar Y., Ekici M., Yağan S., Çukuçayır F., (2015) *Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği,* T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.

Akçay, Y., Çıtıroğlu, H., Çakır, A., Bacak, K. (2014), "İnegöl-Oylat Jeotermal Kaynağının Termal Turizm Açısından Değerlendirilmesi", *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi / Karaelmas Science and Engineering Journal* 4 (2): 27-37.

Akın, M., Akın, G. (2007), "Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği". *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi,* 47 (2): 105-118.

Akkaya, C., (2002), "Su ve Toprak Kaynakları Yönetiminde Havza Yönetim Modelinin Önemi", *Türkiye Mühendislik Haberleri,* 4-5-6: 20-23.

Akkaya, C., Efeoğlu, A., Yeşil, N. (2008), "Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye'de Uygulanabilirliği", *TMMOB Su politikaları Kongresi*, 195-204.

Akkaya, Y., (2019), Melen Çayı Havzası'nın Coğrafi Potansiyeli ve Sürdürülebilirlik Açısından Havza Yönetimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Akram J., Khanday M. Y. Rais S. (2011), "Watershed prioritization using morphometric and landuse/ landcover parameters: a remote sensing and GIS approach". *Jorunal Geological Social India* 78: 63–75

Albayrak, İ., (2012) Ekosistem Servislerine Dayalı Havza Yönetim Modelinin İstanbul-Ömerli Havzası Örneğinde Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Altınlı, İ. E. (1965a), "İnegöl Havzasının Jeolojisi ve Hidrolojisi", *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası,* 30(1-2): 173-199.

Altınlı, İ. E. (1965b), "Yenişehir Havzasının Jeolojisi ve Hidrolojisi", *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası,* 28(3-4): 31-51.

Ambraseys, N.N., Finkel, C.F. (2006), *Türkiye'de ve Komşu Bölgelerde Sismik Etkinlikler - Bir Tarihsel İnceleme, 1500-1800,* TÜBİTAK Yayınları Akademik Dizi 4, Ankara.

Anderberg, M. R. (1973), *Cluster Analysis for Applications*, Academic Press, New York.

Anselin, L. (1995), "Local indicators of spatial association LISA" *Geographical Analysis,* 27(2): 93-115.

Anselin, L. (2019), "A local indicator of multivariate spatial association: extending Geary's C". *Geographical Analysis*, 51(2): 133-150.

Ardel, A. (1943), "Marmara Bölgesi Güneydoğu Havzalarının Morfolojik Karakterleri", *Türk Coğrafya Dergisi,* 2: 160-173.

Ardel, A. (1944), "Uludağ, Morfolojik Etüt", *Türk Coğrafya Dergisi,* 5-6: 35-60.

Ardel, A. (1947), "İnegöl Ovası ve Çevresi", *Türk Coğrafya Dergisi,* 9-10: 64-95.

Ardel, A. (1951), "Yenişehir Ovası ve Çerçevesi", *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi,* 1(1): 87-124.

Ardel, A. (1960), "Marmara Bölgesinin Yapı ve Reliefi", *Türk Coğrafya Dergisi,* 20: 1-22.

Ardos, M. (1985), "Jeomorfoloji Açısından Türkiye Ovalarının Oluşumları ve Gelişimleri", *Coğrafya Dergisi,* 1: 111-126.

Ardos, M. (1995), *Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi Cilt 1*, Çantay Kitabevi, İstanbul.

Arefin, R., Mohir, M., Alam, J. (2020), "Watershed prioritization for soil and water conservation aspect using GIS and remote sensing: PCA-based approach at northern elevated tract Bangladesh, *Applied Water Science,* 10(91): 1-19.

Atabey, E., Nazik, L., Törk, T. (2002), "Oylat Mağarası Çökel Kayalarının Sedimantolojisi, (İnegöl/Bursa)", *Maden Tetkik ve Arama Dergisi,* 123-124: 91-93.

Atalay, İ. (1982), *Oltu Çayı Havzasının Fiziki Coğrafyası ve Amenajmanı,* Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları No:11, İzmir.

Atalay, İ. (2006), *Toprak Oluşumu, Sınıflandırması ve Coğrafyası*, (3. Baskı) Meta Basım ve Matbaacılık.

Ataol, M., (2010), Burdur Gölü Havzası İçin Yeni Bir Su Yönetimi Modeli Önerisi, Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Atasoy, F. Sarış, F. (2021), "Kümeleme Analizi ile Türkiye'nin Biyoiklim Bölgelerinin Sınıflandırılması". *Türk Coğrafya Dergisi,* (77): 67-76.

Ateş, Ş., Aktimur, H. T. (2009), Arazi Kullanım Planlaması Yerbilim Verileri ve Araştırma Yöntemleri: Bursa Örneği, MTA Proje, No 11163, Ankara.

Avcı, S. (1997), "Aşağı Filyos Havzasında Planlama Sorunlarına Coğrafi Yaklaşım", *Türk Coğrafya Dergisi,* 32: 301-316.

Avcı, V., Sunkar, M. (2015), "Giresun'da Sel ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı Ve Baltama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri", *İstanbul Üniv, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi,* 30: 91-119.

Aydın Çoşkun, A. (2009), "AB Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Nehir Havza Yönetim Planlarının Hukuki Analizi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergis*i, 1: 43-55.

Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya, G., Öztürk M. Z. (2019), Erinç Yağış Etkinlik İndisi'ne Göre Belirlenen Türkiye İklim Bölgelerinin Rejim Karakteristikleri, 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı, 752-760, doi: 10.26650/PB/PS12.2019.002.074.

Bach, H., Clausen, T. J., Dang, T.T. Emerton, L. Facon, T. Hofer, T. Lazarus, K., Muziol, C., Noble, A., Schill, P. Sisouvanh, A., Wensley, C. and Whiting, L. (2011), *From local watershed management to integrated river basin management at national and transboundary levels. Mekong River* Commission, Lao PDR.

Bahadır, M. (2011), Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Acıgöl Havzasının Sürdürülebilir Kullanımı ve Yönetimi, Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Baloc, M.A. Tanık, A. (2007), "Development of an Integrated Watershed Management strategy for Resource Conservation in Balochistan Province of Pakistan", *Elsevier,* 1(3): 38-46.

Bargu, S. (1978), İznik-Yenişehir (Bursa)-Osmaneli (Bilecik) Civarının Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi.

Bargu, S. (1982), "The Geology of İznik-Yenişehir (Bursa) Osmaneli (Bilecik) Area", *İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri Dergisi,* 3(1-2): 191-234.

Barka, A.A. Kadinsky-Cade, K. (1988), "Strike-Slip Fault Geometry İn Turkey And İts İnfluence On Earthqukes Activity", *Tectonics,* 7: 663-684.

Barka, A. A. (1997), "Neotectonics of the Marmara Region, The Marmara Poly Poject: A multidisciplinary approach by Space Geodesy", *Geology, Hydrogeology, Geothermics and Seismology,*8: 55–87.

Barrow, C. J. (1998), "River Basin Development Planning and Management: A Critical Review", *World Development,* 26(1): 171-186.

Bartarya, S. K. (1991), "Watershed Management Strategies in Central Himalaya: The Gaula River Basin (India)", *Elsevier,* 8 (3): 177-184.

Bayazıt, M. (2011), *Hidroloji,* Birsen Yayınevi, İstanbul.

Bayar, R., (2020), "Ankara Şehri Kentsel Büyüme Alanlarının Arazi Uygunluk Analizi", *DTCF Dergisi,* 60(1): 39-59.

Bayer Altın, T., Altın, B. N. (2020), "Evaluation of drainage in the upper catchment of the Yeşilırmak river basin along the almus fault, northern Turkey". *Coğrafya Dergisi,* 40: 1-26

Beheim, E., Rajwar, G. S., Haigh, M., Krecek, J. (2012), *Integrated Watershed Management: Perspectives and Problems.* Springer Science & Business Media.

Bellamy, J. A., McDonald, G. T., Syme, G. J. Butterworth, J. E. (1999), "Evaluating Integrated Resource Management". *Society and Natural Resources,* 12: 337-353.

Benson D., Fritsch O., Cook H., Schmid M. (2014), "Evaluating participation in WFD river basin management in england and wales: Processes, communities, outputs and outcomes, *Land Use Policy,* 38: 213–222.

Blackmore, D.J. (1995), "Murray-Darling Basin Commission: A Case Study in Integrated Catchment Management", *Water Science and Technology,* 32(5-6): 15-26.

Blanco H., Lal R. (2008), *Principles of Soil Conservation and Management,* Springer, USA.

Blashfield, R.K., Aldenferder, M.S. (1978), "The literature on cluster analysis", *Multivariate Behavioral Research,*13: 271-295

Brooks, K. N., Pfolliott, P.F., Gregersen, H.M. DeBano, L.F., (2003), Hydrology and the *Management of Watersheds,* Third Edition, Iowa State Press, Blackwell Publishing Company, ISBN 0-8138-2985-2, USA.

Brown, A.E., Zhang, L., McMahon, T.A., Western, A.W., Vertessy, R.A., (2005), "A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation", *Journal of Hydrology,* 310: 28–61.

Bull W. B, McFadden L. D. (1977), Tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California. In: Doehring DO, editor. Geomorphology in Arid Regions: Annual Binghamton Conference. State University of New York at Binghamton; 115-136

Byun, D. H. (2001), "The AHS Approach For Selecting an Automobile Purchase Model", *Information & Management,* 38: 289-297.

Canpolat, A. F. Dağlı, D. (2020), "Change in land use in Elaziğ province (2006-2018) and the simulation of 2030". *International Journal of Geography and Geography Education* (IGGE), 42, 702-723.

Canseven, A. (2013), Avrupa Birliği'ne (AB) Uyum Süreci Kapsamında Ülkemizdeki Entegre Havza Yönetimi Çalışmaları ve Mevcut Durumun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

Cao, W., Sofia, G., & Tarolli, P. (2020), "Geomorphometric Characterisation of Natural And Anthropogenic Land Covers". *Progress in Earth and Planetary Science,* 7(2): 1-17.

Chen, T. Nıu, R. Q., Li P., X., Zhang L. P., Du B. (2010), "Regional Soil Erosion Risk Mapping Using RUSLE, GIS And Remote Sensing: A Case Study İn Miyun Watershed", *North China, Environ Earth Science,,* 63: 533-541.

Chen C-Y, Yu F-C (2011), "Morphometric analysis of debris flows and their source areas using GIS", *Geomorphology,* 129(3-4): 387–397.

Chorley, R. J. Kates, R. W. (1969), *Introduction. Introduction to Geographical Hydrology*. Methuen and Co.: London.

Clark, M. J. Gardiner, J. (1994), "Strategies for Handling Uncertainty in Integrated River Basin Planning, Integrated River Basin Development", *John Wiley & Sons,* 14: 437-445.

Clarke, J. I. (1966), Morphometry from Maps. In: Dury, G.H., Ed., Essays in Geomorphology, Elsevier Publ. Co., New York, 235-274.

Cobourn, J. (1999), "Integrated Watershed Management on the Truckee River in Nevada", *Journal of the American Water Resources Association,* 35 (3): 623-632.

Cooper, A. H. Farrant, A. R. Price S. (2011), "The use of karst geomorphology for planning, hazard avoidance and development in Great Britain", *Geomorphology, Elsevier* 134(1-2): 118-131.

Cox, C. Madramootoo C. (1998), "Aplication of Geographic Information Systems in Watershed Management in St. Lucia", *Computers and Electornics in Agriculture,* 20(3): 229-250.

Cox, R. T. (1994), "Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment", *Geol. Soc. Am. Bull.,* 106: 571-581.

Crabb, P. (1988), "Managing the Murray-Darling Basin", *Australian Geographer,* 19: 64–88.

Cürebal, İ. (2004), "Madra Çayı Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım", *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 11: 11–24.

Cürebal, İ. (2006), "Strahler Yöntemiyle Komsu Akarsu Havzalarının Karşılaştırmalı Analizi: Mıhlı ve Şahin Dereleri", *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* 8(2): 71-84.

Cürebal, İ. Erginal, A. E. (2007), "Mıhlı Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi,* 19: 126–135.

Çağlıyan A. Dağlı, D. (2014), Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları, TUCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, 233-244, Ankara

Çavuş, C, Z. Koç, T. (2015), "Çanakkale Boğazı Doğusunda Arazi Kullanım Uygunluğunun Yerleşme Açısından Analizi", *Coğrafî Bilimler Dergisi,* 13(1): 41-60.

Çepel, N. (1978), "Uludağ kütlesinin ekolojik özellikleri", *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 28 (2): 15-25

Daeghouth, S. Ward, C. Gambarelli, G. Styger, E. 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.

Dağlı, D. Çağlayan, A. (2016), "Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: Melendiz Çayı havzası örneği", *Türk Coğrafya Dergisi* 66: 83-92.

Danacıoğlu, Ş. (2017) Bakırçay Havzasında Ekolojik Risk Karakterizasyonuna Dayalı Havza Yönetimi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Danacıoğlu, Ş. (2019), Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü ve Uzaktan Algılama, Coğrafyada Uzaktan Algılama (Editörler: D. Doğu Yavaşlı ve M. Kirami Ölgen) Kriter Yayınları, 161-190, İstanbul.

Darkot, B. Tuncel, M. (1981) *Marmara Bölgesi Coğrafyası,* İstanbul. İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Das, A., Mondal, M., Das, B. Ghosh, A.R. (2012), "Analysis of Drainage Morphometry and Watershed Prioritization in Bandu Watershed, Purulia, West Bengal through Remote

Sensing and GIS technology - A Case Study", *International Journal of Geomatics and Geosciences,* 2 (4): 995-1013.

Davraz, A. Ünver, Ö. (2014), "İnegöl Havzası (Bursa) Hidrojeolojisi ve Yerlatısularının Kalite Değerlendirilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18 (2): 7-21.

Dawei, H. Jingsheng, C. (2001), "Issues, Perspectives and Need for Integrated Watershed Management in China", *Environmental Conservation*, 28 (4): 368-377.

DeBarry, A. P. (2004), *Watersheds: Proceses, Assessment, and Management,* John Wiley & Sons. Inc., New Jersey.

Delipınar, Ş. (2017), Havza Yönetiminde Kurumsal Yapı: Türkiye İçin Bir Öneri, Gebze Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

Demir, B. (2019) Yarışlı Gölü Havzası'nın Fiziki Coğrafyası ve Havza Yönetimi Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Demirağ Turan, İ., Özkan, B. Dengiz, O. (2020), "Bulanık mantık analitik hiyerarşik süreç (BAHS) ile Sinop İli erozyon duyarlılığının mekansal dağılımının belirlenmesi", *Türk Coğrafya Dergisi* (75): 57-70. DOI: 10.17211/tcd.716914.

Derinpınar, M. A. Aydınoğlu, A., Ç. (2015), Bulanık Mantık ile Coğrafi Bilgi Teknolojilerini Kullanarak Taşınmaz Değerlemesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart 2015, Ankara.

Dhakal, D. Tamang, D. K. (2013), "Analysis of Drainage Morphometry and Watershed Prioritization in Rongni Watershed, Sikkim (India) Through Remote Sensing and GIS Techniques", *NEO GEOGRAPHIA*, 1 (3): 17-32.

Di Nola, A. Sessa, S., Pedrycz, W. Sanchez, E. (1989), Fuzzy Relation Equations and Their Applications Knowledge Engineering, Klüver Academic Publishers, London, https://doi.org/10.1007/978-94-017-1650-5

Dorge, J. Windolf, J. (2010), "Implementation Of The Water Framework Directive - Can We Use Models As A Tool in Integrated River Basin Management", *International Journal of River Basin Management,* 1-2: 165-171.

Downs, P. W. Gregory, K. J. Brookes, A. (1991), "How integrated is river basin management?" *Environmental Management,* 15 (33): 299-309.

Downsand, P.W. Booth, D.B. (2011), Geomorphology in Environmental Management. IN: Gregory, J.K. & Goudie, A.S. SAGE Handbook of Geomorphology, Chapter 5, p. 81-107. London: SAGE Publications LTD.

Dönmez, Y. (1990), *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları,* İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, ISBN: 975-404-224-1, İstanbul.

Eagleson, P. S. (1970), *Dynamic Hydrology*, McGraw-Hill, California University.

Eastman, J. R. Jiang, H. (1995), Fuzzy measures in multi-criteria evaluation. In Proceedings, Second International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies, May 21-23 (Fort Collins, Colorado), pp. 527-534.

Efe, M. Sılaydın Aydın, B. (2009), "İdari Sınıra Dayalı Planlamanın Değiştirilebilirliği ve Havza Temelli İl Sınırları Önerisi", *Ege Coğrafya Dergisi,* 18(1-2): 73-84.

Elaalem, M. Comber, A. Fisher, P. (2011), "A comparison of fuzzy AHP and ideal". *Transactions in GIS,* 15(3): 329-346.

El Magd, S. A. A,. Orabi, H. H., Ali, S. A., Parvin, F., Pham, Q. B., (2021), "An integrated approach for evaluating the flash flood risk and potential erosion using the hydrologic indices and morpho‑tectonic parameters", *Environmental Earth Sciences* 80: 1-17

Engstrom W. N. (1989), "Morphometric analysis of mountain drainage basins in the Basin and Range Province, USA". *Zeitschrift für Geomorphologie* 33: 443-453

Erdoğan, H. (2019) Turizm Coğrafyası Açısından İnegöl'de (Bursa) Turizm, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Erginal, A. E. Cürebal, İ. (2007), "Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler ile Bir Uygulama", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17: 203-210.

Erinç, S. (1949), "Uludağ Üzerinde Glasyal Morfoloji Araştırmaları", *Türk Coğrafya Dergisi*, 11-12: 79-94.

Erinç, S. (1957), "Uludağ Periglasiyali Hakkında", *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi,* 8: 91–94.

Erinç, S. (1996), *Klimatoloji ve Metodları* (4. Baskı). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.

Erinç, S. (2001), *Jeomorfoloji I*, Der yayınları 3.Basım, İstanbul.

Erinç, S. (2001), *Jeomorfoloji II*, Der yayınları 3.Basım, İstanbul.

Erkal, T. Taş, B. (2013), *Jeomorfoloji ve İnsan*, Uygulamalı Jeomorfoloji, Yeditepe Yayınevi, İstanbul.

Erol, O. (2011), *Genel Klimatoloji*, Çantay Kitabevi (9. Baskı) İstanbul.

Ersoy, M. (2019), "Mermer blokların AHP destekli topsıs ve GİA yöntemleri ile sınıflandırılması" *Politeknik Dergisi,* 22(2): 303-317.

Ertek, A. (2005), Morfotektonik Kökenli Havzalara Bir Örnek: Yenişehir Havzası (Bursa), Ulusal Coğrafya Kongresi-2005 (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına) Bildiri Özetleri, s.209-212, İstanbul.

Ertek, A. (2013), Bursa İli'nin Jeomorfolojisi, Prof, Dr. İlhan Kayan'a Armağan Kitabı, (Ed. E. Öner) Ege Üniversitesi Eddebiyat Fakültesi Yayınları No:181, s.805-836, İzmir.

Evans, I. S. (1980), "An integrated system of terrain analysis and slope mapping", *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband,* 36: 274-295.

Evans, I. S. (2012), "Geomorphometry and landform mapping: What is a landform"? *Geomorphology. Elsevier,* 137 (1): 94–106.

Fell, R. Corominas, J. Bonnard, C. Cascini, L., Leroi, E. Savage, W. Z. (2008), "Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning", *Enginering. Geological,* 102: 85-98.

Fernández A. (2016), River Basins and Water Management in Spain. Tagus and Ebro River Basin Districts: an account of their current situation and main problems. Universidad Autónoma de Madrid Spain.

Fernández M. L. Nunez, M. M. (2011), "An Empirical Approach to Estimate Soil Erosion Risk in Spain", *Science of the Total Environment,* 409: 3114-3123.

Fidan, S. Görüm, T. (2020), "Türkiye'de ölümcül heyelanların dağılım karakteristikleri ve ulusal ölçekte öncelikli alanların belirlenmesi". *Türk Coğrafya Dergisi*, 74: 123-134. Doi:10.17211/tcd.731596.

Fritsch, O. Benson, D. (2013), "Integrating the principles of IWRM? River basin planning in England and Wales", *International Journal of Water Governance*, 1(3-4): 265-284.

Garcia, P. M. B. Augustin, C. H. R. R. Casagrande, P. R. (2020), "Geomorphological Index As Support To Urban Planning" *Mercator, Fortaleza*, 19: 1-25

Gardiner, V. Park. C. C. (1978), "Drainage Basin Morphometry. Review And Assessment". *Progress in Physical Geography,* 2(1): 1-35.

Gardiner, V. (1990), *Drainage Basin Morphometry,* In: Goudie AS (Ed) Geomorphological techniques. Unwin Hyman, pp 71–81. London.

Gareth, S. Wheeler, D. (1998), *Statistical Methods in Geographical Analysis,* David Fulton Publishers Ltd, London.

Garipağaoğlu, N. (2011), *Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası (Hava-Su-Toprak Ekosistemleri Açısından),* Yeditepe yayınları, İstanbul.

Garipağaoğlu, N. (2012), "Havza Planlamalarında Coğrafyanın Rolü ve Türkiye'de Havza Planlamacılığı", *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 16(2): 303-337

Garipağaoğlu, N. (2017), *Bölge Planlama ve Türkiye'de Mekânsal Planlama Yaklaşımları.* Yeditepe Yayınları. İstanbul.

Garipağaoğlu, N. Şahin, C. Çeker, A. Şenol, C. (2015), "Çayağzı (Riva) Havzası'nın Doğal Ortam Koşulları (Jeolojik-Jeomorfolojik-Hidrografik Açıdan) ve Sürdürülebilir Kullanım üzerindeki Rolü", *Marmara Coğrafya Dergisi,* 31: 48-81.

Garipağaoğlu N., Uzun, M. (2019), "İznik Gölü Havzası'nda Doğal Ortam Koşulları, Değişimler ve Muhtemel Risklerin Havza Yönetimi ve Planlamasına Etkisi", *Doğu Coğrafya Dergisi* 24(42): 1-15.

Genç, Ş. (1986), Uludağ-İznik Gölü Arasındaki Sahanın Jeolojisi, MTA Jeoloji Dairesi Rapolar Arşivi, No: 243, 1-1 Ankara.

Girgin, E. (2008), Bütüncül Havza Planlaması ve Yönetiminin Hukuki Temele Dayandırılması, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildirileri, s. 377-388, Ankara.

Gonzalez, A. C. Arias, C. (2001) *The incorporation of integrated management in European water policy.* IAHS Publication.

Gopinath, G. Nair, A. G. Ambili, G. K. Swetha T. V. (2016), "Watershed prioritization based on morphometric analysis coupled with multi criteria decision making", *Arabian Journal of Geosciences* 9 (129): 1-17.

Gönenç, İ. E. (2004a), *Havzaların Sürdürülebilir Yönetimi – Havza Ekosistemini Oluşturan Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Karakteristikler.* Igem, Ses Topluluğu Yayınları, İstanbul.

Gönenç, İ. E. (2004b), *Havzaların Sürdürülebilir Yönetimi – Havza Karar Destek Sisteminin Araçları ve Bütünsel Sürdürülebilir Havza Yönetim Planlaması*. Igem, Ses Topluluğu Yayınları, İstanbul.

Gönenç, İ. E. Wolflin, J. (2004), Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Yönetim ve Karar Verme Süreci. *Sürdürülebilir Ekosistem Topluluğu, Ses E-Bülteni,* 1(1):12-21.

Görüm, T. Fan, X. van Westen, C.J. Huang, RQ. Xu, Q. Tang, C. Wang, G. (2011), "Distribution pattern of earthquake-induced landslides triggered by the 12 May 2008 Wenchuan earthquake". *Geomorphology,* 133(3-4): 152–167.

Görüm, T. Fidan, S. (2021), "Spatiotemporal variations of fatal landslides in Turkey", *Landslides, Springer-Verlag GmbH Germany part of Springer Nature* 7: 1-15, DOI 10.1007/s10346-020-01580-7

Graf, W. L. (1985), *The Colorado River-instability and basin management*. Association American Geographers, Washington, DC.

Gregory, K.J. (1979), River channels, In K.J. Gregory and D.E. Walling (eds) Man and environmental processes. 123-143, Folkestone, Dawson &Sons.

Grigg, N.S. (1999), "Integrated Water Resources Management: Who should Lead, Who should Pay"? *Journal of the American Water Resources Association,* 35(3): 527-534.

Grontmij, G. (2003), *Su Çerçeve Direktifi'nin Türkiye'de Uygulanması: Uygulama El Kitabı,* Grontmij Advies & Techniek bv Vestiging Utrecht, Houten.

Gupta, A. (1984), Urban hydrology and sedimentation in the humid tropics. In J.E. Costa and J.P. Fleisher (eds), Developments and applications of geomorphology, 240-267, Berlin, Springer-Verlag.

Gupta, A. Ahmad, R. (1999), "Geomorphology and the urban tropics: building an interface between research and usage", *Geomorphology,* 31, 133-149.

Gupta R. (2000), "SWOT Analysis of Geographic Information: The Case of India", *Current Science,* 79(4): 489-498.

Guzzetti, F. (2000), "Landslide fatalities and evaluation of landslide risk in Italy". *Engineering Geology*, 58: 89-107.

Gümüş, V. Soydan, N. G. Şimşek, O. Aköz, M. S., Kırkgöz, M. S., (2013), "Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesinde Farklı Yapay Sinir Ağı Yöntemlerinin Karşılaştırılması", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 28(1): 37-49.

Güngördü, M. (1985), "Güney Marmara Bölümü (Doğu Kesimi) Bitki Örtüsünün Coğrafi Şartları", *İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi,* 1: 77-95.

Güngördü, M., (1992) Uludağ ve Çevresinin İklim ve Bitki Örtüsü Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, Sayı 3, s.123-151.

Güngördü, M. (1999), *Marmara Bölgesinin Bitki Coğrafyası,* İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, Yayın No 3416, İstanbul

Gürpınar, O. (1976), "Geological investigation of the Bilecik-İnegöl-Yenişehir Territories together with a study of engeenering properties of the Bilecik Limestone", *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası,* 40: 83-113.

Hack, J. T. (1957), "Studies of Longitudinal Profiles in Maryland and Virginia, U.S". *Geological Survey,* 294: 45-92.

Haque, U. Blum, P.,da Silva, P.F. (2016), "Fatal landslides in Europe. *Landslides,* 13, 1545-1554.

Hajam, R. A. Hamid A. Bhat, S. (2013), "Application of Morphometric Analysis for Geo-Hydrological Studies Using Geo-Spatial Technology-A Case Study of Vishav Drainage Basin". *Hydrol Current Res* 4: 157. doi:10.4172/2157-7587.1000157.

Han, J. Lee, J.G. Kamber, M., (2009), An Overview of Clustering Methods in Geographic Data Analysis, In Miller H.J., Han H. (Eds.) Geographic Data Mining and Knowledge Discovery, Taylor & Francis Group, LLC.

Harmancıoğlu, B. N. Gül, A. Fıstıklıoğlu, O. (2002), "Entegre Su Kaynakları Yönetimi". *Türkiye Mühendislik Haberleri,* (419):29-39.

Hare, P. W. Gardner, T. W. (1985), Geomorphic Indicators of Vertical Neotectonism along Converging Plate Margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: Morisawa, M. and Hack, J.T., Eds., Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium, Allen and Unwin, Boston, 123-134.

Heathcote, I. W. (2009), *Integrated Watershed Management, Principles And Practice,* ISBN: 978-0-470-37625-6 Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., Usa.

Heinz, I., Pulido-Velazquez, M., Lund J. R. and Andreu, J., (2007), "Hydro-economic modeling in river basin management: implications and applications for the european water framework directive", *Water Resources Management*, 21: 1103–1125.

Herath, G., Prato, T. (2006), *Role of Multi-Criteria Decision Making in Natural Resources Management In: Using Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management. Surrey,* Ashgate Publishing Limited.

Hermans, C., Erickson, J., Noordewier, T., Sheldon A. and Kline, M., (2007), "Collaborative environmental planning in river management: an application of multicriteria decision analysis in the white river watershed in Vermont", *Journal of Environmental Management,* 84: 534–546.

Hıll, T., Westbrook, R. (1997), "SWOT Analysis: It's Time for a Product Recall", *Long Range Planning,* 30 (1): 46-52.

Hooper, B. P. (2003), "Integrated Water Resources Management and River Basin Governance", *Universities Council On Water Resources Water Resources Update,* 126: 12-20.

Horton, R. E. (1932), "Drainage Basin Characteristics". *Trans. Am. Geophys. Union,* 13: 350-361.

Horton, R. E. (1945), "Erosional Development Of Streams And Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology", *Bull Geological Social Am.* 56: 275- 370.

Hoşgören, M. Y. (1975), *İnegöl Havzasının Jeomorfolojisi,* İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Matbaası.

Hoşgören, M. Y. (1977), "İnegöl Havzasında Arazi Kaymaları İle İlgili Gözlemler", *Coğrafya Enstitüsü Dergisi,* 20-21: 223-243.

Hoşgören, M. Y. (2003), *Jeomorfolojinin Ana Çizgileri 2,* Çantay Kitabevi, İstanbul.

Hoşgören, M. Y. (2010), *Hidrografya'nın Ana Çizgileri I,* 6. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul Isbn: 975-7206-40-7

Hoşgören, M. Y. (2011), *Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü,* Çantay Kitabevi, İstanbul.

Huang, I. B., Keisler, J. Linkov, I., (2011), "Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends", *Science of the Total Environment*, 409(19): 3578–3594.

Idowu, T. O., Edan, J. D., Damuya, S. T. (2013), "Estimation of the quantity of surface runoff to determine appropriate location and size of drainage structures in jimeta metropolis, Adamawa State, Nigeria", *Journal of Geography and Earth Science* 1(1): 19–29.

IPCC, (2007), Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report", the Netherlands, September.

Ishizaka, A., Nemery, P. (2013), *Multi-Criteria Decision Analysis Methods and Software,* Wiley & Sons, Ltd., Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom.

İskan, S. (2018) Bursa İli İnegöl İlçesi Hava Kalitesinin Fiziki Ortam ile İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

İşlek, M. (2012), İnegöl (Bursa) Akiferinin Hidrojeolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı.

Jain, M.K., Mishra, S.K., Singh, V.P. (2006), *Evaluation of AMC-Dependent SCS-CN-Based Models Using Watershed Characteristics,* Water Resources Management, 20, Springer.

Jankowski, P. (1995), "Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods", *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(3), 251-273.

Jasmin, I., Mallikarjuna, P. (2012), Morphometric Analysis of Araniar River Basin Using Remote Sensing And Geographical Information System in The Assessment of Groundwater Potential, Arabian Journal of Geosciences, Saudi Society for Geosciences, Online published 1 August 2012, Springer.

Jonch-Clausen, T. Fugl, J. (2001), "Firming up the Conceptual Basis of Integrated Water Resources Management", *International Journal of Water Resources Development* 17: 501-510.

Jowett, I. G. (1997), "Instream Flow Methods: A Comparison Of Approaches", *Regulated Rıvers: Research & Management,* 13: 115–127.

Kahraman, N., (2016), İnegöl Omurgalı Fosil Yatakları, *Uluslararası İnegöl Tarihi Ve Kültürü Sempozyumu Bildiriler Kitabı* Cilt I, (291-300), 14-15-16 Ekim 2016, Bursa.

Kalafat, D. (2011), Marmara Bölgesi'nin Depremselliği ve Deprem Ağının Önemi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011, ODT, Ankara.

Kanar, F., Pehlivan, Ş., Kandemir, Ö., Tok, T., Çakır, K. (2013), 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Bursa-H22 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi No: 192, Ankara.

Kandemir, Ö., Pehlivan, Ş., Kanar, F., Tok, T., Çakır, K. (2014), 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Bursa-H23 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi No: 204, Ankara.

Karabıyıkoğlu, M. (1989), "Jeomorfolojide İstatistiksel Analiz Yönetimleri, Genel Sunu", *Jeomorfoloji Dergisi*, 17: 11-20.

Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., Kızılelma, Y. (2013), "Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Başkonuş Dağında (Kahramanmaraş) Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi", *Uluslar arası Sosyal Araştırmalar Dergisi,* 6(24): 171-179.

Karabulut, M. (2019), Vejetasyon Çalışmalarında Uzaktan Algılama, *Coğrafyada Uzaktan Algılama* (Editörler: D. Doğu Yavaşlı ve M. Kirami Ölgen) Kriter Yayınları, 109-160, İstanbul.

Karadağ, A. A. (2007) Katılımcı Havza Yönetim Modelinin Oluşturulması: Kovada Gölü Örneği, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı.

Karadağ, A. A., Barış, M. E. (2012), "Kovada Gölü Alt Havza Yönetim Planının Geliştirilmesi", *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 8(1): 118-136.

Karadeniz, E. (2020), Urla Yarımadası Güneydoğusunda (Seferihisar-Menderes) Orman Yangını Risk Modellemesi ve Yangın Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Karataş, A. (2014), Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Karataş, A. (2017), *Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması*, Çantay Kitabevi, İstanbul.

Karataş, A. (2018), *Identifying Surface Runoff Distribution and Amount in Stream Basins: Ergene River Basin, Turkish Journal of Water Science & Management*, 2(2): 40-83.

Karataş, A., Korkmaz, H. (2012), *Hatay İli'nin Su Potansiyeli ve Sürdürülebilir Yönetimi,* Mustafa Kemal Üniversitesi Yayın No 40, ISBN: 978-975-7989-35-6.

Kayacılar, C. (1999) Gemlik Körfezi, İznik Gölü, Bursa ve Yenişehir Ovaları Arasında Kalan Sahanın Jeomorfolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Keleş, R. (1986), "Kent ve Bölge Planlamasında Jeomorfoloji", *Jeomorfoloji Dergisi,* 14: 7-13.

Kendall, M.G. (1975), *Rank Correlation Methods,* 4th ed. Charles Griffin, London, U.K.

Keskenler, M. F. Keskenler E. F. (2017), "Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçes"i, *Takvim-i Vekayi*, 5(2): 8-18.

Ketin, İ. (1947), "Uludağ Masifinin Tektoniği Hakkında", *TJK Yayınları Bülteni,* 1(1): 60-68.

Khan, H. F., Yang, Y. C. E., Xie, H., Ringler, C. (2017), "A coupled modeling framework for sustainable watershed management in transboundary river basins", *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 6275–6288

Kılıç, H. (2008) Yenişehir Ovasında Nüfus ve Yerleşme, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Knight, W. (1966), "A Computer Method for Calculating Kendall's Tau with Ungrouped Data", *Journal of the American Statistical Association,* 61 (314): 436–439.

Koç, C. (2018), "Entegre Havza Yönetiminde Su Kaynaklarını Modern Yöntemler ile Ölçme, İzleme ve Değerlendirme Olanaklarının Araştırılması", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14: 222-227.

Koday, Z. (2001), Oylat Kaplıcaları, *29. Coğrafya Meslek Haftası Bildiriler Kitabı -Güney Marmara Bölümü Mekansal Sorunlar ve Çözümler-* (Editör, Suna Doğnaer), s.25-40, 17-19 Mayıs 2001 Çanakkale.

Kohonen T. (1988), "An Introduction to Neural Computing", *Neural Networks*, 1: 3-6.

Koontz, T. M., Newig, J. (2014), "From planning to implementation: Top-down and bottom-up approaches for collaborative watershed management", *Policy Studies Journal*, 42(3): 416-442.

Köle, M., M. (2016), "Devrez Çayı Vadisinin Tektonik Özelliklerinin Morfometrik İndisler ile Araştırılması", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi,* 33: 21-36

Köpük, G. (2003), Bursa Ovası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Kumar S. C., Lal M. K. (2017), "Prioritization of sub-watersheds based on morphometric analysis using geospatial technique in Piperiya watershed, India", *Applied Water Science* 7: 329-338.

Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., Kajanus, M., (2000),"Utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP) in SWOT Analysis – A Hybrid Method and its Application to a Forest-Certification Case", *Forest Policy and Economics*, 1: 41-52.

Küçükali, U. F., Atabay, S. (2013), "Havzaların Fiziki Planlamasına Ekolojik Yaklaşım", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1): 180-183.

Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., George, P. (2001), "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths", *Global Environmental Change*, 11(4): 261-269.

Lee, D. C., Dinar, A. (1996) Integrated Models Of River Basin Planning, Development, And Management, Water International, 21, 213-222.

Lee, J., Wong, D.W. (2001), *Statistical analysis with ArcView GIS.* John Wiley & Sons.

Leitao, A B., Ahern, J. (2002), "Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning". *Landscape and Urban Planning*, 59: 65-93.

Liefferink, D., Wiering, M., Uitenboogaart, Y. (2012), "The EU Water Framework Directive: a multi-dimensional analysis of implementation and domestic impact", *Land Use Policy* 28: 712–722.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W. (2018), *Remote Sensing and Image Interpretation, (Uzaktan Algılama ve Görüntü Yorumlama),* Wiley-Palme Yayınevi, (Çeviri Editörü, Kaan Şevki Kavak), 7. basım.

Lippman, R. (1987), "An Introduction to Computing with Neural Nets". *IEEE ASSP*. 4: 4-22.

Liu, Y., Guo, H., Zhang, Z., Wang, L., Dai, Y., Fan, Y. (2007), "An Optimization Method Based on Scenario Analysis for Watershed Management Under Uncertainty". *Environmental Management*, 39: 678–690.

Liu, X., Liang, X., Li, X., Xu, X., Ou, J., Chen, Y. Pei, F. (2017), "A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects". *Landscape and Urban Planning*, 168, 94-116.

Liu, Y. Wu, K. Li, X. Li, X. Cao, H. (2022), "Adaptive Management of Cultivated Land Use Zoning Based on Land Types Classification: A Case Study of Henan Province", *MDPI Land* 11, 346-369.

Magrath, W. B., Doolette, J. B. (1990), Strategic Issues in Watershed Development. *Watershed Development Strategies And Technologies*, Eds. J. B. Doolette And W. B. Magrath, World Bank Technical Paper Number 127, The Worl Bank, Washinton D. C.

Malczewski, J. (2004), "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview", *Elsevier Program Planning*, 62: 3-65.

Mamunlu, H. (2009), İstanbul Kentsel Bölgesinde Sürdürülebilir Gelişme Bağlamında Havza Planlama ve Yönetim Yaklaşımı: Küçükçekmece Göl Havzası Örneği, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı.

Mann, H. B. (1945), "Non-parametric tests against trend," *Econometrica*, 13(3), 245-259.

Mark, D. M. (1975), "Geomorphometric parameters: a review and evaluation", *Geographical Annals*, 57(1): 165-177.

Mark, D. (1988), "Network models in geomorphology". *Modeling Geomorphological Systems*, 43: 439-451.

Martin, D., Saha, S.K. (2007), "Integrated Approach of using Remote Sensing and GIS to Study Watershed Prioritization and Productivity", *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 35 (1): 212-30.

Mazahreh, S., Soul, B. Hamoor, D. A. (2019), "GIS approach for assessment of land suitability for different land use alternatives in semi arid environment in jordan: Case study (Al Gadeer Alabyad- Mafraq)", Informatıon Processıng in Agrıculture, 6(1), 91- 108.

McNab W. H. (1989), "Terrain shape index: quantifying effect of minor landforms on tree height". *Forest Science*, 35(1): 91-104.

Melton M. A. (1958), "Correlation structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents", *Journal of Geology*. 66: 442-460.

Menteşe, S. (2015), İnegöl Ovası'nda Kentsel Yayılmanın Arazi Kullanımı ve Çevre Kaynakları Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Miller, V. C.. (1953), *A Quantitative Geomorphic Study Of Drainage Basin Characteristics İn The Clinch Mountain Area*, Virginia And Tennessee, Technical Report no: 3, Department of Geology, Columbia University, New York, USA.

Mills, P. (2011), "Efficient statistical classification of satellite measurements", *International Journal of Remote Sensing*, 32 (21): 6109-6132.

Mitchell, A. (2012), *The Esri Guide to GIS Analysis*, Volume 3: Modeling Suitability, Movement, and Interaction. Esri Press

Mody, J. (2004), Achieving Accountability Through Decentralization: Lessons for Integrated River Basin Management, World Bank Policy Research Working Paper 33-46.

Montgomery, D.R., Grant, G.E., Sullivan, K. (1995), "Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management", *Water Resources Bulletin*, 31: 369-85.

Moore, I.D., Grayson, R.B.Ladson, A.R. (1991), "Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications", *Hydrological Processes*, 5: 3-30.

Morgan, P., Keane, R. E., Dillon, G. K., Jain, T. B., Hudak, A. T., Karau, E. C., Strand, E. K. (2014), "Challenges of assessing fire and burn severity using field measures, remote sensing and modelling", *International Journal of Wildland Fire*, 23(8): 1045-1060.

Mostert, E.N.W.M., Bouman, E., Savenije, H.H.G., Thissen, W.A.H. (2000), *River Basin Management and Planning, River Basin Management–Proceedings of the International* Workshop, The Hague, UNESCO, Paris.

Murtagh, F. (1984), "Counting dendrograms: a survey", *Discrete Applied Mathematics*, 7 (2): 191-199.

Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P.J. Marshak, A.L. (1995), "The interpretation of spectral vegetation indexes", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33: 481-486.

Naiman, R. J. (Ed.) (2012), *Watershed management: balancing sustainability and environmental change.* Springer Science & Business Media.

Nash, J. E. Sutcliffe, J. V. (1970), "River flow forecasting through conceptual models, i., a discussion of principles", *Journal of Hydrology*, 10: 282–290.

Neil T.H. (2002), *Applied Multivariate Analysis. Secaucus,* Springer-Verlag New York.

Neuhäuser, B., Damm, B., Terhorst, B. (2012), "GIS-based assessment of landslide susceptibility on the base of the Weights-of-Evidence model", *Landslides*, 9: 511-528.

Nir, D. (1957), "The Ratio of Relative and Absolute Altitude of Mt. Carmel", *Geographical Review*, 27: 564–569.

Nooka, R. K., Srivastava, Y. K., Venkateswara, R. V., Amminedu, E., Murthy, K. S. R. (2005), "Check Dam positioning by prioritization micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis - remote sensing and GIS perspective", *Indian Soc Remote Sens.* 33(1): 25-38.

Okay, A. İ. (2011) ,"Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun Dalma Batmaya Uğramış Kuzey Ucu", *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 142: 195-226.

Omernik, J.M., Bailey, R.G. (1997), "Distinguishing Between Watersheds and Ecoregions", *Journal of The American Water Resources Association (JAWRA)*, 33(5): 935-949

Orhan, B. (2015) Yenişehir Ovasında Tarımsal Faaliyetler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Ord, J.K., Getis, A. (1995), "Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application", *Geographical Analysis,* 27: 286-306.

Orth, D. J., Maughan O. E., (1981), "Evaluation Of The "Montana Method" For Recommending Instream Flows in Oklahoma Streams", *Proc. Okla. Academia. Science*. 61: 62-66.

Özcan, B. (1999), "Bursa Depremleri (2 Mart-12 Nisan 1855)", *Atatürk Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi,* 5: 73-118.

Özçağlar, A. (2015), *Yönetsel Coğrafya,* Nika Yayınevi, Ankara.

Özdemir, H. (2007a) Havran Çayı Havzasının CBS ve Uzaktan Algılama Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Özdemir, H. (2007b), "SCS CN Yağış-Akış Modelinin CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Havzası Örneği (Balıkesir)", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5 (2),: 1-12.

Özdemir, H. (2008), "Havran Çayı'nın (Balıkesir) Taşkın Sıklık Analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III Dağılımlarının Karşılaştırılması", *Coğrafi Bilimler Dergisi,* 6(1), 41-52.

Özdemir, H. (2011), Havza Morfometrisi ve Taşkınlar, *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel,* Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, s.457-474, İstanbul.

Özşahin, E. (2008), "Keçi Dere (Gönen Çayının Bir Kolu) Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım", *Mustafa Kemal Üniv., Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 5(10): 302-317.

Özşahin, E. (2010), "Komşu Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi: Sarıköy ve Kocakıran Dereleri Üzerine Temel Bir Çalışma (Gönen Havzası, Güney Marmara)", *Fırat Üniv. Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1): 139-154.

Özşahin, E. (2012), "Mekânın Fiziksel Planlamasına Bir Örnek Alan Yaylası (Kırıkhan / Hatay)", *Uluslar arası Sosyal Araştırmalar Dergisi,* 5(23): 373-385.

Özşahin, E. (2012), "CBS Kullanılarak Kıbrıs'ta Fırtına Riski Duyarlılık Analizi", *Turkish Studies*, 7(4): 2627-2642.

Özşahin, E. (2014), "Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kullanılarak Antakya (Hatay) Şehri'nde Kütle Hareketleri Duyarlılığının Değerlendirmesi", *Ege Coğrafya Dergisi,* 23 (2): 19-35.

Özşahin E., Kaymaz, Ç. K. (2015), "CBS ve AHS Kullanılarak Doğal Çevre Bileşenleri Açısından Kentsel Mekânın Yerleşime Uygunluk Analizine Bir Örnek: Antakya (Hatay)", *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33): 111-134.

Öztürk, B., Erginal, A., E. (2008), "Bayramdere Havzasında (Biga Yarımadası-Çanakkale) Havza Gelişiminin Morfometrik Analizler ve Jeomorfoik İndislerle İncelenmesi", *Türk Coğrafya Dergisi* 50: 61-68.

Öztürk, M. Z. (2009), Uludağ'daki Periglasiyal Süreçlerin, Periglasiyal Yerşekillerinin ve Bunları Denetleyen Etmenlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S. (2017), "Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri", *Cografya Dergisi,* 35: 17-27. do: 10.26650/JGEOG330955

Öztürk, S. (2011), Devrekani Çayı Alt Havzası Örnekleminde Havza Yönetim Planının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Parker, A. J. (1982), "The topographic relative moisture index: an approach to soil moisture assessment in mountain terrain", *Physical Geography,* 3(2): 160-168.

Patton, P. C. (1988), Drainage basin morphometry and floods. In: Baker VR, Kochel, RC, Patton, PC, editors. *Flood geomorphology.* New York: Wiley, p. 51-65.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., McMahon, T. A. (2007), "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification", *Hydrology And Earth System Sciences Discussions,* 4(2), 439-470.

Peiman, R. (2011), "Pre-classification and post-classification changedetection techniques to monitor land-cover and land-use change using multi-temporal Landsat imagery: a case study on Pisa Province in Italy", *International Journal of Remote Sensing,* 32-15, 4365-4381.

Pektezel, H. (2013), Mekece- İznik-Gemlik Fay Zonu'nun Tektonik Jeomorfoloji İncelemesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Pereira, J. Duckstein, L. (1993), "A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation", *International Journal of Geographical Information Systems,* 7(5), 407-424.

Pesonen, M., Kurttila, M., Kangas, J., Kajanus, M., Heinonen, P., (2001),"Assessing the Priorities Using A'WOT Among Resource Management Strategies at the Finnish Forest and Park Service", *Forest Science,* 47 (4): 534-541.

Petchey, O. L., Gaston, K. J. (2007), "Dendrograms and measuring functional diversity", *Oikos,* 116 (8): 1422-1426.

Petras, V. (2014), *Wildfire modeling in GRASS GIS,* Geospatial Modeling and AnalysisNorth Carolina State University.

Pike, R. J., Wilson, S. (1971), "Elevation-Relief Ratio, Hypsometric Integral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis", *Geological Socieity of America Bulletin,* 82 (4): 1079-1085.

Pike, R.J. (2000), "Geomorphometry - Diversity In Quantitative Surface Analysis", *Progress in Physical Geography* 24(1): 1–20.

Pike, R.J., Evans, I., Hengl, T. (2008), Geomorphometry: A Brief Guide. In: Hengl, T. and Reuter, H.I., Eds., *Geomorphometry—Concepts, Software, Applications, Series Developments in Soil Science*, 33: 3-33.

Pitman, W. V. (1978), "Flow generation by catchment models of differing complexity - a comparison of performance", *Journal of Hydrology*, 38: 59–70.

Pourghasemi, H. R., Yansari, Z. T., Panagos, P., Pradhan, B. (2018), Analysis and Evaluation of Landslide Susceptibility: *A Review on Articles Published During 2005–2016 (periods of 2005–2012 and 2013–2016)*. Arabian Journal of Geosciences, 1-12.

Rahmanlar, M. (2019), Watershed Modeling And Risk Assesment Of Ergene River Basin, Graduate Program in Civil Engineering Boğaziçi University Doctor Of Philosophy, İstanbul.

Randhir, O.T. (2007), *Watershed: Definition and Delineation, Watershed Management – Issues and Approaches*, IWA Publishing, London.

Reddy, G.P. O., Maji A.K., Gajbhiye K.S. (2002), "GIS For Morphometric Analysis Of Drainage Basins", *GIS India,* 4: 9 14.

Reichenbach, P., Rossi, M., Malamud, B. D., Mihir, M., ve Guzzetti, F. (2018), "A Review of Statistically-Based Landslide Susceptibility Models". *Earth-Science Reviews*, 60-91.

Renard, K.G., Yoder, D.C., Lightle, D.T. Dabney, S.M. (2011), Universal Soil Loss Equation and Revised Universal Soil Loss Equation R.P.C. Morgan, M.A. Nearing (Eds.), Handbook of Erosion Modelling, Blackwell Publishing Ltd., Chichester, UK.

Requia, W. Roig, H., (2015), "Analyzing spatial patterns of cardiorespiratory diseases in the Federal District, Brazil", *Health,* 7(10): 1283-1290.

Riley, S. J., DeGloria S. D., Elliot R. (1999), "A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity", *Intermountain Journal of Sciences,* 5: 1-4.

Rodríguez, N., Armenteras, D., Retana, J. (2012), "Land use and land cover change in the Colombian Andes: dynamics and future scenarios", *Journal of Land Use Science,* 8(2): 154-174.

Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill International Book Company.

Saaty, T. L., Kearns, K. P. (1985), *Analytical planning: The organization of system* (1. bs., C. 7). Oxford Great Britain: Pergamon Press.

Saaty, T. L. (1986), "Aximotic Foundation of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science,* 32: 841-845.

Saaty, T. L. (1990), "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operational Research*, 48: 9-26.

Saaty, T. L. (1994), "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process", *Interfaces,* 24: 19-43.

Saaty, T. L. (2004), "Decision making - the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)", *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1): 1-35.

Saaty, T.L, Vargas, L.G. (2012), *Model, Methods Concepts & Aplications of the Analytic Hierarchy Process*, Springer.

Sarıfakıoğlu, E. (2011), 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Kütahya-İ23 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi No: 157, Ankara.

Scholl, A., Manthey, L., Helm, R. ve Steiner, M. (2005), "Solving Multiattribute Design Problems with Analytic Hierarchy Process and Conjoint Analysis: An Empirical Comparison". *European Journal of Operational Research*, 164: 760-777.

Schumm, S. A. (1954), "The Relation of Drainage Basin Relief to Sediment Loss", *Int. Assoc. Science. Hydrology*, 36(1): 216-219.

Schumm, S. A. (1956), "Evolution Of Drainage Systems And Slopes İn Badlands At Perth Amboy, New Jersey". *Geol. Soc. Am. Bul.* 67: 597-646.

Selçuk Biricik, A. (2009), *Fiziki Coğrafya – Jeomorfoloji İle Hidroloji'nin Temel Prensipleri Ve Araştırma Yöntemleri,* Cilt 1. Gonca Yayınevi, İstanbul.

Selim, H. S., Tüysüz, O., Barka, A. A. (2006), "Güney Marmara Bölümünün Neotektoniği", *İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Mühendislik Dergisi* 5(1-2): 151-160.

Sen, P. K. (1968), "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau", *Journal of the American Statistical Association*, 63 (324): 1379–1389.

Seth, S. M., Ramasastri K. S., Rao, V. N. (1998), Representative Basin Studies: Morphometric Analysis of Suddagedda Basin, Andhra Pradesh, National Institute of Hydrology Jal Vıgyan Bhawan, 1-28.

Shrestha, R. K., Alavalapatı, J. R. R., Kalmbacher, R. S. (2004), "Exploring the Potential for Silvopasture Adoption in South-central Florida: an Application of SWOT-AHP Method", *Agricultural Systems*, 81: 185-199.

Shivhare, V., Gupta, C., Mallick, J., Singh, C. K., (2022), "Geospatial modelling for sub‑watershed prioritization in Western Himalayan Basin using morphometric parameters", *Natural Hazards*, 110: 545-561. doi:10.1007/s11069-021-04957-6

Singh, R. K., Prasad, V. H., Bhatt, C. M. (2004), "Remote sensing and GIS approach for assessment of the water balance of a watershed", *Hydrological Sciences Journal*, 49(1): 131–141.

Singh, P., Gupta, A., Singh, M. (2014), "Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques". *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(2): 111-121.

Singh, N., Tiwari, P., Guru, P.K. Khalkho, D. (2014), "Morphometric Analysis for Prioritization of Watershed using GIS technique". *International Journal of Agricultural Engineering*, 7(1): 69-73.

Snellen, W.B. Scherel, A. (2005), IWRM: for Sustainable Use of Water 50 Years of International Experience with the Concept of Integrated Water Resources Management, Background Document to the FAO/Netherlands Conference on Water for Food and Ecosystems, 31 January – 5 February 2005, The Hague.

Strahler, A. N. (1952a), "Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional Topography", *Geological Society of America Bulletin*, (63): 1117-1142.

Strahler, A. N. (1952b), "Dynamic Basis of Geomorphology", *Bulletin of the Geological Society of America*, 63: 923-938.

Strahler, A. N. (1957), "Quantitative analysis of watershed geomorphology", *Trans America Geophys Union,* 38: 913-920.

Strahler, A. N. (1964), Handbook of Applied Hydrology, Section 4-II Geology, part II. *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks,* (Editor V.T. CHOW) Mc Graw-Hill Company, New York.

Strahler, A. N. (1966), Quantitative Geomorphology. In: Fairbridge, R.W. (ed). The *Encyclopedia of Geomorphology*, Reinhold Book Crop. New York.

Strahler, A. N. (1973), "Akaçlama Havzalarının Jeomorfoloji İncelemelerinde Nicel Çözümlemeler (Çevirenler: Arpat, E.-Güner, Y.)", *Jeomorfoloji Dergisi,* 5: 103-118.

Szypuła B., (2015), Relief Index (RI) as a simple tool for geomorphometry. *Geomorphometry for Geosciences.* Poznań: Adam Mickiewicz University in Poznań - Institute of Geoecology and Geoinformation, International Society for Geomorphometry. pp. 127-128

Şahin, C., Sipahioğlu, Ş. (2003), *Doğal Afetler ve Türkiye,* Genişletilmiş 2. Baskı, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.

Şahin, M., Toroğlu, E. (2020), "Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak Pınarbaşı ilçesi (Kayseri) arazilerinin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi", *Türk Coğrafya Dergisi* (75): 119-130. DOI: 10.17211/tcd.798755.

Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y.,(1983), Türkiye'de Tetis'in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım, Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi No: 1, Ankara.

Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidogan, H., Görür, G., Le Pıchon, X., Rangın, C., (2005), "The North Anatolian Fault: A New Look", *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33: 37-112.

Şenkul, Ç. (2006), İscehisar Çayı Havza Yönetimi ve Doğal Ortam-İnsan İlişkileri, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Tağıl, Ş. (2006), "Kazdağı Milli Parkı'nda Arazi Örtüsü Organizasyonunu Kontrol Eden Jeomorfometrik Faktörler: Bir CBS Yaklaşımı", *Coğrafi Bilimler Dergisi,* 4(2): 37-47.

Tağıl, Ş. (2007), "Balıkesir'de hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarının mekânsal dağılışı üzerine etkisini anlamada jeo-istatistik teknikler", *Coğrafi Bilimler Dergisi,* 5(1): 37-56.

Tağıl, Ş. (2007), "Tuzla Çayı Havzası'nda (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi", *Ekoloji Dergisi,* 17(65):11-20.

Tennant D. L. (1976), "Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related" *Environmental Resources, Fisheries,* 1(4): 6-10.

Thornthwaite, C. W. (1944), "Report of the Committee on Transpiration and Evaporation", *lrans. American Geophysic Union,* 25: 686-693.

Thornthwaite, C. W. (1948), "An approach toward a rational classification of climate". *Geograph Review* 38: 55–94.

Tobler, W.R.A. (1970), "Computer Model Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography,* 46: 234-240.

Toptepe, E. (2011) Atikhisar Barajı Havzası'nın Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Tseng, C. M., Lin, C. W., Hsieh, W. D. (2015), "Landslide Susceptibility Analysis by Means of Event-Based Multi-Temporal Landslide Inventories" *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 1137-1173.

Tucker, C. J. (1979), "Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation", *Remote Sensing of Environment,* 8(2): 127-150

Turoğlu, H. (2000), "Doğal Ortam Analizi ve Düzenleme-Planlama Çalışmaları", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi,* 8: 201-212.

Turoğlu, H. (2005), Fiziksel Planlama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Ege Üniversitesi, *Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu,* 27-29 Nisan 2005, Bildiri Özetleri Kitabı, s.: 355-368, İzmir.

Turoğlu, H. (2014), "İklim Değişikliği ve Bartın ayı Havza Yönetim Muhtemel Sorunları", *Coğrafi Bilimler Dergisi,* 12 (1), 1-22.

Turoğlu, H., Özdemir, H., (2005), *Bartın'da Sel ve Taşkınlar. Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri,* ISBN 975-9060-04-3, Çantay Kitabevi, İstanbul.

Türkeş, M. (2012), "Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi,* 4(2): 1-32.

Türkeş, M. (2018), *Genel Klimatoloji: Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri*, Kriter yayınevi (3. Baskı), İstanbul.

Türkeş, M., Akgündüz A.S., Demirörs Z. (2009), "Palmer kuraklık indisi'ne göreİç Anadolu Bölgesi'nin Konya bölümündeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti" *Coğrafi Bilimler Dergisi* 7 (2): 129-144.

Türkeş, M., Tatlı, H. (2008), Aşırı kurak ve nemli koşulların belirlenmesi için yeni bir standartlaştırılmış yağış indisi (yeni-SPİ):Türkiye'ye uygulanması. *IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı,* 25-28 Mart 2008, İstanbul.

Türkeş, M., Şahin, S. (2018), "Türkiye'nin Fırtına Afeti Etkilenebilirliği ve Risk Çözümlemesi", *Kebikeç,* 46: 219-246.

Türkeş, M., Öztürk, M. Z. (2008), Uludağ'ın Periglasiyal Jeomorfolojisi, *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2008,* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 20-23 Ekim 2008, Bildiriler Kitabı, 387-395, Çanakkale.

Türkeş, M., Öztürk, M. Z. (2011), "Uludağ'da Girland ve Çember Oluşumları", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9 (2), 239-257.

Tüzün, G., (2010), Havza Planlama ve Yönetiminde Yöntem Arayışı: Meriç-Ergene Havzası Örneği, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı.

Uniyal, B., Jha, M., Verma, A. K., Anebagili, P. K., (2020), "Identification of critical areas and evaluation of best management practices using SWAT for sustainable watershed management", *Science of The Total Environment.* 744. 140737. 10.1016/j.scitotenv.2020.140737.

Utlu M., Öztürk, M. Z., Şimşek, M. (2020), "Rockfall analysis based on UAV technology in Kazıklıali Gorge, Aladağlar (Taurus Mountains, Turkey)", *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO),* 7(3): 239-251.

Utlu, M. & Ghasemlounia, R. (2021), "Flood Prioritization Watersheds of the Aras River, Based on Geomorphometric Properties: Case Study Iğdır Province", *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi,* (6): 21-40. DOI: 10.46453/jader.781152

Uzun, M. (2019), "Evaluation of fluvial processes and formation of drainage network with morphometric indices in Dilderesi Basin (Kocaeli)", *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE),* 40: 454-477,

Üçler, N. (2015) Bütünleşik Havza Yönetimi Karar Verme Mekanizmasına Oyun Teorisinin Potansiyel Katkısının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

Ünver, Ö. (2011), İnegöl (Bursa) Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.

Van Lier, H. N. (1998), "The role of land use planning in sustainable rural systems". *Landscape and Urban Planning,* 41: 83-91.

Verstappen, H. T. (1983), *Applied Geomorphology Geomorphological Surveys for Environmental Development,* Elsevier Science Publishing Company Inc., New York.

Vittek, M., Brink, A., Donnay, F., Simonetti, D., Desclée, B. (2014), "Land Cover Change Monitoring Using Landsat MSS/TM Satellite Image Data over West Africa between 1975 and 1990", *Remote Sensing*, 6(1): 658-676. doi:10.3390/rs6010658.

Vojtek, M., Vojtekova, J. (2016), "GIS-Based Approach to Estimate Surface Runoff in Small Catchments: A Case Study", *Quaestiones Geographicae* 35(3): 97-116.

Wagner, W., Gawel, J, Furumai, H., De Souza, M. P., Teixeira, D., Rios, L., Ohgaki, S., Zehnder, A., Hemond, H. F. (2002), "Sustainable Watershed Management: An International Multi-Watershed Case Study". Ambio, Springer 31(1): 2–13.

Wang, L., Meng, W., Guo, H., Zhang, Z., Liu, Y., Fan, Y., (2006), "An Interval Fuzzy Multiobjective Watershed Management Model for the Lake Qionghai Watershed", *China. Water Resources Management* 20: 701–721.

White, G. F. (1997), "The River as a System. A Geographer's View of Promising Approaches", *Water International* 22(2): 79-81.

World Water Council, (2003), Integrated Water Resources Management and the Basin Management Theme. Final Statement. Report of the Session: IWRM and Basin Management. Wrap Up Plenary. 3rd World Water Forum, Otsu, Japan. http://www.world.water-forum3.com/wwf/ IWRM-WP1_IWRM-WP.doc accessed October 1, 2003.

Xu, C. Y., Seibert, J., Halldin, S. (1996), "Regional water balance modeling in the NOPEX area: development and application of monthly water balance models" *Journal of Hydrology*, 180(1): 211-236.

Yalçınlar, İ., (1985), *Strüktüral Jeomorfoloji* 1, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 800. İstanbul.

Yaltırak, C. Sakınç, M. (2002), Marmara Bölgesinin Neojen-Kuvaterner Paleocoğrafik Evrimi, TMMOB Türkiye Jeoloji Mühendisleri Odası 55. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özeti Kitabı.*

Yamanlar, O. (1957), *Kağıthane ve Alibey Derelerinde Toprak Taşınmaları ve Haliç'in Dolmasını Önliyecek Teknik Ve Üzerinde Araştırmalar*, Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul.

Yavuz, F. (2011) Katılımcı Havza Planlaması ve Yönetimi: Beyşehir Gölü Havzası'nda Kritik Başarı Faktörlerinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı.

Yaykıran, S. (2016), Sakarya Havzası'nın Yüksek Çözünürlüklü Hidrolojik Modelinin Yapılandırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

Yılmaz, E., Çiçek, İ. (2016), "Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması", *Journal of Human Sciences,* 13(3): 3973-3994.

Yılmaz, M, Koral, H. (2007), "Yenişehir Havzasının (Bursa) Neotektonik Özellikleri ve Jeolojik Gelişimi", *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi,* 20(1): 21-32.

Youssef, A.M., Pradhan, B., Sefry, S.A. Abdullah, M. M. (2015), "Use of geological and geomorphological parameters in potential suitability assessment for urban planning development at Wadi Al-Asla basin, Jeddah", *Arab Journal Geoscience* 8: 5617-5630.

Yue, Y.S., Zou, S., Whittemore, D. (1993), "Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas", *Journal of Hydrology* 150: 61-80.

Yüceşahin, M. M. (2002), İnegöl İlçesinin Yerleşme Coğrafyası, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

Zadeh, L.A. (1965), "Fuzzy sets", *Information and Control* 8: 33-83.

Zadeh, L. A. (1988), "Fuzzy logic", *Computer*, 21(4): 83-93.

Zarghami, M. (2011), "Effective watershed management; case study of Urmia Lake, Iran". *Lake and Reservoir Management,* 27(1): 87-94.

Zavoianu, I.,(1985), *Morphometry of Drainage Basins,* Developments in Water Science, 20. Elsevier.

Zhang, C., Luo, L., Xu, W. and Ledwith, V., (2008), "Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland". *Science of the total environment*, 398(1-3): 212-221.

Zhang, H., Liu, D. (2006), *Fuzzy modeling and fuzzy control*. Boston: Springer Science & Business Media.

Zhang, M., Du, S., Wu, Y., Wen, J., Wang, C., Xu, M., Wu, SY. (2017), "Spatiotemporal changes in frequency and intensity of high-temperature events in China during 1961-2014". Journa of Geography Science, 27: 1027-1043.