



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN HAVZA
PLANLAMAYA UYARLANMASI**

Betül UYGUR
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Havza Yönetimi Programı

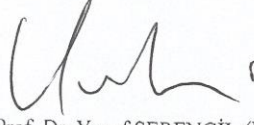
Danışman
Prof. Dr. Yusuf SERENGİL

Mart, 2016

İSTANBUL

Bu çalışma 25/03/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliğı Anabilim Dalı Havza Yönetimi programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

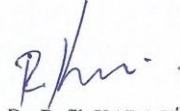
Tez Jürisi:



Prof. Dr. Yusuf SERENGİL (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Refik KARAGÜL
Düzce Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Ferhat GÖKBULAK
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Doç. Dr. Ceyhan GÖL
Çankırı Karatekin Üniversitesi
Orman Fakültesi

ÖNSÖZ

“**Hidrolojik Ekosistem Hizmetlerinin Havza Planlamaya Uyarlanması**” adlı bu araştırma İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Havza Yönetimi programında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçiminde, planlanmasında ve yürütülmesinde bilgi birikimi ve tecrübeleriyle her zaman bana yol gösteren, ayrıca araştırmanın TÜBİTAK 112Y096 No’lu “Sürdürülebilir arazi planlama çalışmalarını destekleyecek bir iklim değişikliği-ekosistem hizmetleri yazılımının geliştirilmesi” projesinden destek alınarak hazırlanmasına imkan sunan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yusuf SERENGİL’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Sadece bilimsel anlamda değil insan ilişkileri anlamında da çok şey öğrendiğim bu süre zarfında bana tecrübeleriyle tavsiyeler verip manevi anlamda desteğini gördüğüm hocam Sayın Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL’e içtenlikle teşekkür ederim.

Araştırma süresi boyunca katkıları ve görüşleriyle beni yönlendiren ve desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ferhat GÖKBULAK’a teşekkürü borç bilirim.

Araştırmanın çeşitli aşamalarında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocalarım Sayın Doç. Dr. Ceyhun GÖL’e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Muhittin İNAN’a, Yrd. Doç. Dr. H. Tezcan YILDIRIM’a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar aşamalarında beni hiç yalnız bırakmayan ve olumlu bakış açısı ile beni hep motive eden değerli çalışma arkadaşım Araş. Gör. Mehmet Said Özçelik’e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu süreçte bana destek olan Araş. Gör. Gizem Şahin ve Araş. Gör. Simay Kırca’ya içten arkadaşlıkları için teşekkür ederim.

Araştırma yöntemlerinden hidrolojik yazılım desteği için Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) Ankara ekibine teşekkür ederim.

Her zaman olduğu gibi bu süreçte de beni hiç yalnız bırakmayan, daima beni destekleyen sevgili aileme yanımda oldukları için minnettarım.

Beni hep desteklediği ve bu süreçte gösterdiği sabır için sevgili eşime teşekkür ederim.

Mart, 2016

Betül UYGUR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. EKOSİSTEM HİZMETİ KAVRAMI VE SINIFLANDIRMASI.....	4
2.1.1. Hidrolojik Ekosistem Hizmetleri	11
2.1.2. Ekosistem Hizmetleri ve Toplum Refahı Arasındaki İlişki ve Etkileşimler..	16
2.2. EKOSİSTEM HİZMETİNİN HAVZA PLANLAMASI VE YÖNETİMİ İLE İLİŞKİSİ	22
3. MALZEME VE YÖNTEM	28
3.1. MALZEME.....	28
3.1.1. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı	28
3.1.1.1. Coğrafi Konum	28
3.1.1.2. Topografik Yapı	30
3.1.1.3. Jeolojik Yapı ve Toprak Yapısı	35
3.1.1.4. Hidrolojik Yapı	36
3.1.1.5. İklim	38
3.1.1.6. Bitki Örtüsü.....	42
3.2. YÖNTEM	45
3.2.1. Alt Havzaların ve Karakteristiklerinin Belirlenmesi.....	47
3.2.2. Arazi Yöntemleri.....	50
3.2.2.1. Toprak ve Ölü Örtü Örnekleme.....	51
3.2.2.2. Dere Sistemlerinde Su Kalitesi Örnekleme.....	54

3.2.3. Laboratuvar Yöntemleri	55
3.2.3.1. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Bazı Kimyasal Analizleri	55
3.2.3.2. Ölü Örtü Analizleri	59
3.2.3.3. Su Kalitesi için Bazı Parametrelerin Analizi	59
3.2.4. Büro Yöntemleri.....	59
3.2.4.1. Hidrolojik Ekosistem Hizmetlerinin Sayısallaştırılma Yöntemleri.....	60
3.2.4.2. Havza Planlamaya Uyarlama Yöntemleri	78
3.2.4.3. İklim Değişikliği Etkilerinin Değerlendirilme Yöntemleri.....	80
4. BULGULAR	83
4.1. SEÇİLEN ÇALIŞMA HAVZALARI VE ÖZELLİKLERİ.....	83
4.1.1. Havza Karakteristikleri	84
4.1.2. Hidrolojik Karakteristikler	87
4.1.3. Arazi Kullanım Şekilleri ve Yoğunlukları	89
4.2. TOPRAK VE ÖLÜ ÖRTÜ ÖZELLİKLERİ	93
4.2.1. Toprak Özellikleri	93
4.2.1.1. Tekstür	93
4.2.1.2. Dispersiyon Oranı.....	94
4.2.1.3. Permeabilite, Hacim Ağırlığı, Maksimum Su Tutma Kapasitesi, Kompaktlaşma	95
4.2.1.4. pH, Elektriki İletkenlik, Organik Madde	95
4.2.2. Ölü Örtü Özellikleri	96
4.3. SU KALİTESİ PARAMETRELERİ	97
4.4. HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİ İÇİN BELİRLENEN SAYISAL İFADELER	99
4.4.1. Toprak Koruma ve Erozyon Önleme Hizmeti	99
4.4.2. Su Kalitesini İyileştirme Hizmeti.....	106
4.4.3. Sel-Taşkın Önleme Hizmeti.....	129
4.4.4. Su Verimini Düzenleme Hizmeti	146
4.5. HAVZA PLANLAMAYA UYARLAMA: BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ.....	151
4.5.1. Büyükçekmece Gölü Havzası ve Hidrolojik Ekosistem Hizmetleri	151
4.5.2. Büyükçekmece Gölü Havzası için Arazi Kullanım Projeksiyonları.....	153
4.6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ.....	157
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	163
5.1. HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ....	164

5.2. HAVZA PLANLAMAYA UYARLAMA ÖRNEĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	173
5.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	176
5.4. HAVZA YÖNEMTİMİNDE HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİ YAKLAŞIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	178
KAYNAKLAR	180
ÖZGEÇMİŞ.....	190



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Ekosistem hizmetlerinin sınıflandırılması (MEA, 2003; 2005).	8
Şekil 2.2: Hidrolojik döngü ve elemanları.....	14
Şekil 2.3: Ekosistem hizmetleri ve toplum refahı arasındaki ilişki (MA, 2003; 2005).	17
Şekil 2.4: Ekosistem hizmetleri ve toplum refahındaki değişimlerin etkileşimi (MAE, 2005)...18	
Şekil 3.1: Çalışma havzalarının konumu.	29
Şekil 3.2: Çalışma alanına ait yükseklik grupları.	31
Şekil 3.3: Çalışma alanına ait eğim grupları.....	32
Şekil 3.4: Çalışma alanına ait bakı grupları.....	34
Şekil 3.5: Çalışma alanına ait Büyük Toprak Grupları.....	36
Şekil 3.6: Çalışma alanının drenaj yapısı.	37
Şekil 3.7: Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu' nun yıllara göre sıcaklık değerleri.....	38
Şekil 3.8: Kumköy Meteoroloji İstasyonu'nun yıllara göre sıcaklık değerleri.....	39
Şekil 3.9: Florya Meteoroloji İstasyonu' nun yıllara göre sıcaklık değerleri.	39
Şekil 3.10: Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu' nun 1951-2005 yılları arasındaki yıllık yağış değerleri.	40
Şekil 3.11: Kumköy Meteoroloji İstasyonu'nun 1951-2011 yılları arasındaki yıllık yağış değerleri.	41
Şekil 3.12: Florya Meteoroloji İstasyonu' nun 1951-2011 yılları arasındaki yıllık yağış değerleri.	42
Şekil 3.13: Çalışma alanının doğal bitki örtüsü.....	44
Şekil 3.14: Çalışma yöntemine ait akış şeması.....	46
Şekil 3.15: Strahler dere sıralaması yöntemi.	48
Şekil 3.16: Arazide yapılan örneklemenin şematik görünüşü.	51
Şekil 3.17: Kuadrat yöntemi ile ölü örtü örnekleme.	52
Şekil 3.18: Doğal yapısı bozulmuş (torba) ve doğal yapısı bozulmamış (silindir) toprak örneklerinin alınması.	52
Şekil 3.19: Penetrometre ile toprak kompaktlaşmasının ölçülmesi.....	53
Şekil 3.20: Toprak örnekleme noktalarının arazideki dağılımı.	54
Şekil 3.21: Su kalitesi örnekleme noktalarının arazideki dağılımı.	55
Şekil 4.1: Çalışma alanı olarak belirlenen alt havzalar.....	83
Şekil 4.2: En küçük ve en büyük alana sahip alt havzalar.....	85

Şekil 4.3: Ortalama yüksekliği minimum ve maksimum olan alt havzalar.	86
Şekil 4.4: Ortalama eğimi minimum ve maksimum olan alt havzalar.	87
Şekil 4.5: Çalışma alanı arazi kullanım türleri ve mevcut ekosistemler.	91
Şekil 4.6: Tek bir ekosisteme ve farklı ekosistemlere sahip olan alt havza örnekleri.	92
Şekil 4.7: Çalışma alanına ait yağış erozivite faktörünün dağılımı.	99
Şekil 4.8: Çalışma alanına ait toprak direnç faktörünün dağılımı.	100
Şekil 4.9: Çalışma alanına ait yamaç uzunluğu ve eğim faktörünün dağılımı.	100
Şekil 4.10: Çalışma alanına ait arazi örtüsü ve bitki yönetim faktörünün dağılımı.	101
Şekil 4.11: RUSLE ile alt havza bazında hesaplanan yıllık ortalama toprak kaybı sınıflandırması.	102
Şekil 4.12: Tarım alanlarının fazla olduğu alt havzalardaki yıllık ortalama toprak kaybı miktarı.	103
Şekil 4.13: Orman alanlarının fazla olduğu alt havzalardaki yıllık ortalama toprak kaybı miktarı.	104
Şekil 4.14: Alt havza bazında toprak koruma ve erozyon önleme hizmeti kapasitesi.	105
Şekil 4.15: Orman alanı ile pH değerleri arasındaki ilişki.	106
Şekil 4.16: Orman alanı ile bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.	107
Şekil 4.17: Orman alanı ile toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.	107
Şekil 4.18: Orman alanı ile elektriksel iletkenlik arasındaki ilişki.	108
Şekil 4.19: Orman alanı ile çözünmüş oksijen arasındaki ilişki.	108
Şekil 4.20: Tarım alanı ile pH değerleri arasındaki ilişki.	109
Şekil 4.21: Tarım alanı ile çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki.	109
Şekil 4.22: Tarım alanı ile elektriki iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.	110
Şekil 4.23: Tarım alanı ile bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.	110
Şekil 4.24: Tarım alanı ile toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.	111
Şekil 4.25: Mera alanı ile pH arasındaki ilişki.	111
Şekil 4.26: Mera alanı ile elektriki iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.	112
Şekil 4.27: Mera alanı ile bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.	112
Şekil 4.28: Mera alanı ile çözünmüş oksijen değerleri arasındaki ilişki.	113
Şekil 4.29: Mera alanı ile toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.	113
Şekil 4.30: Yerleşim alanı ile bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.	114
Şekil 4.31: Yerleşim alanı ile toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.	114
Şekil 4.32: Yerleşim alanı çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki.	115
Şekil 4.33: Yerleşim alanı ile pH değerleri arasındaki ilişki.	115
Şekil 4.34: Yerleşim alanı ile elektriki iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.	116
Şekil 4.35: Orman ve yerleşim alanlarının aynı parametre üzerindeki etkisi.	116
Şekil 4.36: Denklem doğrulaması için çalışma alanında seçilen farklı alt havzaların dağılımı.	117
Şekil 4.37: Ölçülen ve hesaplanan pH değerleri arasındaki ilişki.	120

Şekil 4.38: Ölçülen ve hesaplanan elektrik iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.	120
Şekil 4.39: Ölçülen ve hesaplanan bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.	121
Şekil 4.40: Ölçülen ve hesaplanan çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki.	121
Şekil 4.41: Ölçülen ve hesaplanan toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.	122
Şekil 4.42: Su kalitesinin alt havza bazında puanlanması.	125
Şekil 4.43: Su kalitesinin alt havza bazında sınıflandırılması.	126
Şekil 4.44: Alt havza bazında su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesi.	127
Şekil 4.45: Su kalitesini iyileştirme hizmeti için örnek iki havzanın kapasitesi ve bu havzaların arazi kullanım şekilleri.	128
Şekil 4.46: Alt havzalardaki orman alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.	132
Şekil 4.47: Alt havzalardaki mera alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.	133
Şekil 4.48: Alt havzalardaki tarım alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.	133
Şekil 4.49: Alt havzalardaki yerleşim alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.	134
Şekil 4.50: Alt havzalarda görülen tüm arazi kullanım şekillerinin (ekosistemlerin) tutulan yağış miktarı üzerindeki etkisi.	134
Şekil 4.51: Orman alanları (ekosistemleri) ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.	135
Şekil 4.52: Mera alanları ile tutulan yağış arasındaki ilişki.	135
Şekil 4.53: Tarım alanları ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.	136
Şekil 4.54: Yerleşim alanlarının (kentsel ekosistemlerin) tutulan yağış miktarı ile ilişkisi.	136
Şekil 4.55: Alt havzalardaki arazi kullanım şekilleri (ekosistemler) ve tutulan yağış miktarı arasındaki ilişkinin istatistiksel anlamlılıkları.	137
Şekil 4.56: Kompaktlaşma ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.	138
Şekil 4.57: Maksimum su tutma kapasitesi ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.	139
Şekil 4.58: Hektardaki ölü örtü ağırlığı ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.	139
Şekil 4.59: Hacim ağırlığı ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.	140
Şekil 4.60: Permeabilite ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.	140
Şekil 4.61: Kompaktlaşmanın alt havzalar bazında dağılımı ve tutulan yağış miktarının değişimi.	141
Şekil 4.62: Su tutma kapasitesinin alt havzalar bazında dağılımı ve tutulan yağış miktarının değişimi.	141
Şekil 4.63: Hektarda ölü örtü ağırlığının alt havzalar bazında dağılımı ve tutulan yağış miktarının değişimi.	142
Şekil 4.64: Alt havzalardaki arazi kullanım şekilleri (ekosistemlerin) ve tutulan yağış miktarlarının değişimi.	143
Şekil 4.65: Alt havza bazında sel-taşkın önleme hizmeti kapasitesi.	144

Şekil 4.66: Sel-taşkın önleme hizmeti için örnek iki havzanın kapasitesi ve bu havzaların arazi kullanım şekilleri.	145
Şekil 4.67: Kalibrasyon sonucu akış değerleri ile ölçülmüş akış değerleri arasındaki ilişki.	146
Şekil 4.68: Model doğrulaması için belirlenen akış katsayıları arasındaki ilişki.	147
Şekil 4.69: Alt havzaların arazi kullanım şekilleri (ekosistemlerin) ve su veriminin değişimi.	149
Şekil 4.70: Alt havza bazında su verimini düzenleme hizmeti kapasitesi.	150
Şekil 4.71: Büyükçekmece Gölü Havzası arazi kullanım şekilleri.	151
Şekil 4.72: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 1990, 2000 ve 2006 yıllarına ait arazi kullanım şekilleri.	154
Şekil 4.73: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın arazi kullanım şeklinin yıllara göre değişimi ve regresyon denklemleri.	155
Şekil 4.74: Yıllık ortalama sıcaklık değerinin mevcut durumu ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) sonuçları ile karşılaştırılması.	157
Şekil 4.75: Yıllık ortalama yağış miktarının mevcut durumu ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) sonuçları ile karşılaştırılması.	159
Şekil 4.76: 2050 yılı için Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına ait sıcaklık verilerinin alandaki dağılımı.	160
Şekil 4.77: 2070 yılı için Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına ait sıcaklık verilerinin alandaki dağılımı.	161
Şekil 4.78: 2050 ve 2070 yılı için Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına ait yıllık ortalama yağış miktarının alandaki dağılımı.	162
Şekil 5.1: Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin çok yüksek ve yüksek kapasitede sunulduğu alt havza örnekleri.	173

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Ekosistemde gerçekleşen tüm ekohidrolojik süreçlerin hidrolojik özellikler ve sunulan hizmetler üzerindeki etkileri (Brauman ve diğ., 2007).....	13
Tablo 2.2: Havza ekosistemlerinin yerine getirdiği hidrolojik ve ekolojik işlevler.	24
Tablo 3.1: Çalışma alanına ait yükseklik grupları ve alansal dağılımları.	30
Tablo 3.2: Çalışma alanına ait eğim grupları ve alansal dağılımları.....	33
Tablo 3.3: Çalışma alanına ait bakı grupları ve alansal dağılımları.	34
Tablo 3.4: Dispersiyon oranı sınıflandırması.....	57
Tablo 3.5: Model parametrelerinin alt ve üst sınır değerleri.....	75
Tablo 3.6: Model parametrelerinin başlangıç ve kalibrasyon sonrası değerleri.....	77
Tablo 3.7: Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) Türleri (IPCC, 2007).	81
Tablo 4.1: Alt havza karakteristikleri.....	84
Tablo 4.2: Alt havzalara ait hidrolojik karakteristikler.	88
Tablo 4.3 (a): Alt havzalardaki mevcut ekosistemler ve alanları.	89
Tablo 4.4: Alt havzalardan alınan toprak örneklerinin tekstür sınıfları.	93
Tablo 4.5: Alt havzalara ait toprakların dispersiyon oranları ve sınıfları.	94
Tablo 4.6: Alt havzalara ait toprakların permeabilite, hacim ağırlığı, maksimum su tutma kapasitesi ve kompaktlaşma değerleri.	95
Tablo 4.7: Alt havzalara ait toprakların pH, elektriksel iletkenlik değerleri ve organik madde miktarları.	96
Tablo 4.8: Kuadrat yöntemi ile örneklenen ölü örtünün alt havzalarda hektardaki ağırlıkları. ..	97
Tablo 4.9: Alt havzalarda yapılan su kalitesi örneklemelerine ait bazı parametrelerin değerleri.	98
Tablo 4.10: Farklı arazi kullanım şekilleri için su kalitesi parametreleri katsayıları.	117
Tablo 4.11: Denklem doğrulaması için seçilen havzalara ait denklem ile tahmin edilen ve arazide ölçülen su kalitesi parametrelerinin değerleri.	119
Tablo 4.12: Her bir alt havzaya ait hesaplanan su kalitesi parametre değeri.	123
Tablo 4.13: Su kalitesi parametreleri için kullanılan puanlama sistemi.....	124
Tablo 4.14: Alt havzalara ait hidrolojik toprak grupları ve yüzey akışı eğri numarası yöntemi ile hesaplanan ağırlıklandırılmış eğri değerleri.	130
Tablo 4.15: Sel-taşkın önleme hizmeti için geliştirilen matematiksel modelde kullanılan ve model sonucunda elde edilen veriler.	131
Tablo 4.16: Çalışma alanı için 50 mm’ den büyük 24 saatlik günlük maksimum yağışlı günler ve yağış miktarları.	132

Tablo 4.17: Arazi kullanım şekillerine göre hesaplanan akış katsayıları.	147
Tablo 4.18: Modelin doğrulanması için hesaplanan akış katsayıları.	148
Tablo 4.19: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın mevcut arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları.	152
Tablo 4.20: Büyükçekmece Gölü Havzası için su kalitesi parametrelerinin hesaplanan değerleri.	152
Tablo 4.21: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 1990, 2000 ve 2006 yıllarına ait arazi kullanım şekilleri.	153
Tablo 4.22: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 2050 yılı için üretilen arazi kullanım şekli projeksiyonu.	156
Tablo 4.23: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 2050 yılı için üretilen arazi kullanım şekli projeksiyonu ve senaryolarına göre su kalitesi parametrelerinin hesaplanan değerleri.	156
Tablo 4.24: Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) ile belirlenen sıcaklık ve yağış parametrelerine ait bazı değerler.	158
Tablo 5.1: Alt havzaların hidrolojik ekosistem hizmetleri kapasiteleri.	164
Tablo 5.2: Büyükçekmece Gölü Havzası su kalitesini iyileştirme hizmeti için elde edilen sonuçlar ve karşılaştırılan DSI/İSKİ ölçümleri.	174
Tablo 5.3: Su veriminin düzenlenmesi hizmetinin istasyon verileri ile değerlendirilmesi.	175
Tablo 5.4: Çalışma alanına ait gelecek dönem için belirlenen sıcaklık ve yağış değişimleri.	177

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
CKBF	: Tabansuyu zaman sabitesi
CK_{1,2}	: Yüzey altı akış ve yüzeysel akış için hidrograf zaman sabiteleri
CKIF	: Yüzey altı akış için zaman sabitesi
CQOF	: Yüzeysel akış katsayısı
C_{snow}	: Derece – gün katsayısı
DO	: Dispersiyon oranı
E_p	: Potansiyel evapotranspirasyon
L_{max}	: Köklenme zonu depolamasındaki maksimum su miktarı
QOF	: Yüzeysel akış miktarı
QIF	: Yüzey altı akış miktarı
P_s	: Kar eriyiği
P₂₄	: 24 saatlik toplam maksimum yağış
S	: Ekosistemin yüzeysel akışa geçmeden önce tuttuğu yağmur suyu miktarı
TG	: Tabansuyunun zenginleştirmesi için kök zonu eşik değeri
TIF	: Yüzey altı akış için köklenme zonu eşik değeri
TOF	: Yüzeysel akış için köklenme zonu eşik değeri
U_{max}	: Yüzeysel depolamadaki maksimum su miktarı

Kısaltmalar	Açıklama
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CN	: Akış Eğri Numarası (Curve Number)
CORINE	: Coordination of Information on the Earth
DHI	: Danimarka Hidrolik Enstitüsü (Danish Hydraulic Institute)
DSİ	: Devlet Su İşleri
EPA	: Avrupa Çevre Ajansı (Environmental Protection Agency)
HadGEM2-ES	: Hadley Centre Global Environment Model version 2 – Earth System
HTG	: Hidrolojik Toprak Grupları
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KP	: Kyoto Protokolü
MEA	: Binyıl Ekosistem Değerlendirme Raporu (Millennium Ecosystem Assessment)
NTU	: Nefelometrik Bulanıklık Birimi (Nephelometric Turbidity Units)
RCPs	: Temsili Konsantrasyon Rotalar (Representative Concentration Pathways)

RUSLE	: Revize edilmiş Üniversal Toprak Kaybı Denklemi (Revised Universal Soil Loss Equation)
SCS	: Toprak Koruma Servisi (Soil Conservation Service)
SYM	: Sayısal Yükseklik Haritası
TAKM	: Toplam Askıda Katı Madde
TEEB	: The Economics of Ecosystem and Biodiversity
UNFCCC	: Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)
USLE	: Üniversal Toprak Kaybı Denklemi (Universal Soil Loss Equation)
UHYS	: Ulusal Havza Yönetim Stratejisi



ÖZET

DOKTORA TEZİ HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN HAVZA PLANLAMAYA UYARLANMASI

Betül UYGUR

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf SERENGİL

İnsanların doğal kaynaklardan faydalanmaları farklı süreçleri içermektedir. Dolaylı yoldan ya da doğrudan gerçekleşen bu süreç aslında ekosistem - insan ilişkisinin ve etkileşiminin de temelini oluşturmaktadır. Sorunların da küreselleştiği günümüzde insanların ya da toplumların taleplerine ekosistemlerin karşılık vermekte yetersiz kalmaları aslında sürdürülebilirlikten uzak bir kullanıma maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Bunun nedenlerine bakıldığında ise nüfusun hızla artması ve beraberinde ekosistemler ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırmasıdır. Dolayısıyla arz-talep noktasına gelindiğinde ekosistemlerin sunduğu hizmetlerin devamlılığını sağlayabilmek önemli bir amaç haline gelmiştir. Bu amaca ulaşılabilmesi ekosistem hizmetlerinin planlamaya (kentsel planlama, havza planlama vb.) dahil edilmesi ile mümkündür. Bu çalışmada da İstanbul için önemli üç havzanın (Kağıthane, Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları) alt havzalarında farklı ekosistemlerin (orman, mera, tarımsal ve kentsel ekosistemler) sunduğu hidrolojik ekosistem hizmetleri ortaya koyulmaya çalışılmış ve bu hizmetlerin sayısal olarak ifade edilebilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle planlamada karar vericiler için hidrolojik ekosistem hizmetlerinin nasıl ifade edilebileceğinin bir örneği oluşturulmaya çalışılmıştır.

Tez çalışması, hidrolojik ekosistem hizmetlerinden su kalitesini iyileştirme, su verimini düzenleme, sel-taşkın önleme, toprak koruma ve erozyon önleme hizmetleri ile sınırlandırılmıştır. Her bir hidrolojik ekosistem hizmeti için uygun yöntem seçilerek arazi verileri ve büro çalışmalarının sağladığı altlıklar ile hizmetlerin havza bazında sayısallaştırılması gerçekleştirilmiştir.

Tezin amaçlarından biri olan hizmetlerin planlamaya uyarlanması için ise elde edilen sayısal değerler farklı bir havzanın planlama sürecinde kullanılmıştır. Bu uygulama için

Büyükçekmece Havzası seçilmiş ve havzada sunulan hidrolojik ekosistem hizmetlerinden su kalitesini iyileştirme ve su verimini düzenleme hizmetleri belirlenmiştir. Sonuçların doğrulanması çeşitli kaynaklar ile sağlanmıştır.

Tez kapsamında yer alan iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesi ise Dünya İklim Veritabanı'ndan sağlanan verilerin çalışma alanı sınırlarına indirgenerek değerlendirilmesi ile yapılmıştır. Çalışmada Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 5. Değerlendirme Raporu için hazırlanmış HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli için üretilen Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) senaryolarından RCP 4.5 ve RCP 6.0 için Bölgesel İklim Modeli (RegCM4.3.4) kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemi ile çalışma alanı için projeksiyonlar üretilmiştir.

Tez çalışmasının sonuçları incelendiğinde; sunulan hidrolojik ekosistem hizmetlerinin ekosistemlerden dolayı farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Su kalitesini iyileştirme hizmeti orman ekosisteminde en iyi düzeyde görülürken; su veriminin en düşük düzeyde görüldüğü ekosistem de orman ekosistemi olmuştur. Sel-taşkın önleme hizmetinde de orman ekosistemi en yüksek miktarda yağmur suyunu tutarak hizmeti en yüksek düzeyde sunmaktadır. Fakat kentsel ekosistemlerde durum tam tersi olarak görülmekte ve geçirimsiz yüzeylerden dolayı kentleşmiş havzalarda yağın yağmurun büyük bir bölümü yüzeysel akışa geçmekte ve bu da sel-taşkın hizmetinin en düşük düzeyde sunulduğunu göstermiştir. Toprak koruma ve erozyon önleme hizmetinin en iyi düzeyde sunulduğu ekosistemler sırasıyla orman ve mera ekosistemleri olarak belirlenmiştir. Orman ekosistemi sahip olduğu ölü örtü ile toprağın yağmur damlalarından etkilenmesini minimuma indirerek bu hizmeti en iyi şekilde sunmaktadır. Diğer taraftan mera bitkilerinin de toprağı örtme durumuna bağlı olarak toprak koruma ve erozyon önleme hizmetini sundukları belirlenmiştir.

Günümüzde doğal afetlerin aslında ekosistemler üzerindeki antropojenik etkilerden kaynaklandığı ve bu nedenle ekosistem hizmetlerinin toplum ile ilişkilerinin öneminin anlaşılmasının gerektiği vurgulanmaktadır. Ekosistemlerin son kullanıcı olarak insanlara sunduğu hizmetlerin ekolojik yaklaşımla yani sürdürülebilirlik ilkesi ile planlanması gelecek için düşünülmesi gereken bir konu durumundadır ve bu noktada çalışma sonuçlarından da görülebildiği gibi orman ekosistemlerinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Mart 2016, 209 Sayfa.

Anahtar kelimeler: Ekosistem hizmetleri, hidrolojik ekosistem hizmetleri, havza planlama, iklim değişikliği.

SUMMARY

Ph.D. THESIS

APPLYING HYDROLOGICAL ECOSYSTEM SERVICES TO WATERSHED PLANNING

Betül UYGUR

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Forestry Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf SERENGİL

As people utilize natural resources, various processes occur. Indeed, such processes, whether they occur directly or indirectly, form the basis of the relation and interaction between ecosystems and humans. Nowadays, globally, ecosystems cannot meet the demand by humans (and thus, societies), and this is largely because they are not utilized in a sustainable manner. It appears that main factors that contribute to this problem are the rapid population growth and its pressure on the ecosystems. Therefore, ensuring the sustainability of ecosystem services has become an important goal. Achieving this goal is only possible with an early consideration of ecosystem services at the planning stage (urban planning, watershed planning etc.). In this study, the goal was to assess and quantify the ecosystem services provided by different ecosystems (forest, rangeland, agricultural and urban ecosystems) in the subbasins of three important watersheds for Istanbul (Kağıthane, Sazlıdere and Alibeyköy). Therefore, this study establishes an example of how hydrological ecosystem services can be presented to the decision makers in planning.

Specifically, this thesis focuses on services that are concerned with hydrological ecosystem services: improving water quality, regulating water yield, mitigation of torrent and flood, prevention of erosion. For each hydrological ecosystem service, appropriateness of the methodology has been carefully considered; and the quantitative information about the watershed basins have been obtained both by analyzing and digitizing existing materials in the office, and conducting measurements in the field.

To achieve the research goal to bring the quantified values into planning process, a fourth case study has been conducted at a different watershed. Specifically, Büyükçekmece watershed was chosen for this application, where two of the studied

hydrological services were identified as most relevant: improving water quality and regulating water yield services. Verification of results has been achieved by consulting a variety of sources.

Another goal in this thesis is to identify of the effects of climate change in the studied cases. This goal has been primarily tackled using data extracted from the World Climate Data Base regarding the study area. In the study, RCP 4.5 and RCP 6.0 were chosen from the scenarios of Representing Concentration Routes generated for HadGEM2-ES Global Climate Model prepared for the 5.evaluation Report of IPCC. Projections are made by using Local Climate Model (RegCM4.3.4) with dynamical minimization method.

The results of the research demonstrate that the provided hydrological ecosystem services are most effected by the ecosystems themselves. Importantly, the results demonstrate that the forest ecosystems are the best for improving water quality service, however, they are also the ecosystems that water yield is the least. Forest ecosystems also provide the best service in mitigating torrents and floods by holding huge amounts of rain-water. The situation is completely the opposite in urban watersheds: Most of the rainfall goes to runoff because of the non-porous substrate (asphalts, concretes etc), therefore the service of mitigating torrents and floods at the lowest level in urban watersheds. The ecosystems providing the service of mitigating torrents and floods at high levels have been identified as forest and rangeland ecosystems respectively. Forest ecosystems provide this service at the highest level via minimizing the effect of rain fall on soil by its litter formation. On the other hand, the results suggest that the range land vegetation can also provide the service of preventing the soil from erosion depending on vegetation cover.

Today; it has been widely acknowledged that the main cause of natural disasters is anthropogenic impacts on ecosystems, therefore understanding their relationship with society is very important. Planning ecosystem services (and providing them to the end-users --that is, the humans--) in a sustainable, ecologically-aware manner is definitely a worthy subject matter to consider for our future. And in this process, based on the results of this thesis, the forest ecosystems appear to play a very important role, and thus should be taken into consideration for planning future ecosystem services.

March 2016, 209 Pages.

Keywords: Ecosystem services, hydrological ecosystem services, watershed planning, climate change.

1. GİRİŞ

İnsan ve ekosistem arasındaki ilişki uzun süreli bir etkileşim olarak kabul edilmektedir. Başka bir ifadeyle insanlar ekosistemden dolayı ya da dolaysız olarak faydalanmaktadır. Hızla gelişen teknoloji, toplumlara refahı sunarken insanları daha fazla talepkar hale getirmektedir. Bunun sonucunda ise ekosistem üzerindeki baskının her geçen gün arttığı ve ekosistemde bazı bozulmaların, hatta kayıpların yaşandığı görülmektedir. Ekosistemlere ve doğal kaynaklara geri dönüşü olmayan zararlar verilen bu süreçte insan en önemli rolü oynamaktadır. Nitekim faydanın zarara dönüşmesi sonucunda ekosistem ne kadar etkilenmekteyse insan faktörü de bir o kadar etkilenmektedir ve bu etkinin en fazla görüldüğü yer kentsel alanlar olmaktadır. Çünkü hızlı nüfus artışı, kentleşme olgusunun plansız ve çarpık bir şekilde gerçekleşmesine yol açmaktadır. Yeşil dokunun zarar gördüğü, geçirimsiz yüzeylerin arttığı, hava kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaştığı, su kaynaklarının kirletildiği ve doğal afetlerin daha sık yaşandığı kentlerle karşılaşmaktadır.

Kentsel sorunlara çözüm üretebilmek için ekosistemi daha iyi algılamak ve anlamak öncelikli amaçları oluşturmaktadır. Bu nedenle ekosistemin insanlara sağladığı faydaların farkına varılması, korunması ve devamlılığının sağlanması önemli bir süreç olarak görülmektedir. Başka bir ifadeyle, ekosistemlerin insanlara “sağladığı fayda ve sunduğu hizmetler” olarak ifade edilen ekosistem hizmetlerinin (MEA, 2005) tanımlanması, değerlendirilmesi ve planlama sürecine dahil edilmesi, sunulan hizmetlerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Kentsel alanlarda büyük ölçüde sürdürülebilirliğini kaybeden ekosistem hizmetlerinin yerine çeşitli yapay sistemlerin (kat bahçeleri vb.) alternatif olarak sunulması maalesef talep edilen hizmetleri karşılayamamaktadır. Oysaki kentsel planlama sürecinde ekolojik yaklaşımın göz önünde bulundurulmasının, mevcut ekosistem hizmetlerinden faydalanılmasına ve bu hizmetlerin korunmasına olanak sağladığı bilinmektedir.

Doğal dengenin korunamadığı günümüz şartlarında ise insanların en temel ihtiyaçlarından sayılabilecek temiz hava ve içme suyu talepleri bile güçlükle yerine getirilebilmektedir. Bu sorunun kaynağı irdelendiğinde karşımıza çıkan sonuç, kentleşme sürecinde tahrip edilen yeşil doku olmaktadır. Çünkü talep edilen ya da ihtiyaç duyulan bu ekosistem hizmetlerinin karşılanabilme kriterinin aslında yeşil alanların yani ormanların varlığı olduğu bilinen bir gerçektir.

Kara ekosistemleri içerisinde yer alan ve dünyanın toplam kara alanına oranı %31 olan ormanlar (FRA, 2010), insanlar için sadece odunundan yararlandıkları ağaç topluluğu değil; aynı zamanda toprağı koruyarak erozyon ve sedimentasyonu önleyen, havanın temizlenmesine yardımcı olan, su kaynaklarını koruyan, rekreasyon olanakları sağlayan, estetik görüntüsüyle insanlar üzerinde olumlu etkiler bırakan bir ekosistemdir. Bu nedenle günümüzde ormanların sadece ürün anlamında değil, sunduğu hizmetler açısından değerlendirilmesi gerektiği (gerekliliği) araştırma konuları içerisinde önemli bir yere sahiptir.

Özellikle kentsel alanlarda orman ekosistemi üzerindeki baskının olumsuz etkilerinin yalnızca alansal kayıplar olmadığı, sunulan hizmetlerin de zarar görmesine hatta kaybolmasına neden olduğu görülmektedir. Nitekim bunun en güzel örneği İstanbul'da yaşanmaktadır; kentleşmenin ormanlık havzalara yaptığı baskının sonuçları can ve mal kayıplarına neden olan sel – taşkın olayları, erozyon ve toprak kayıpları, su kalitesindeki bozulmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna rağmen günümüzde orman ekosisteminin kentleşme sürecinde betonlaştırılmış sistemler içerisinde çatı veya kat bahçeleri olarak insanlara sunulması da önemli bir çelişkidir.

Bu nedenle, İstanbul İli için önemli üç su toplama havzasında (Alibeyköy, Kağıthane ve Sazlıdere havzalarında) yapılan bu çalışmada mevcut yeşil alanların sunduğu ekosistem hizmetlerinin hidrolojik bakımdan irdelenmesi, sayısal olarak ifade edilebilmesi ve planlamaya dahil edilebilmesi için pratik bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Havza bazlı çalışılmış olmasıyla ise yeşil alanların havza içerisindeki dağılımının belirlenmesi ve sunulan hidrolojik ekosistem hizmetlerinin vejetasyon türüne göre

değerlendirilmesi hedeflenmiştir ve böylece kentsel ve yarı-kentsel havzalarda yeşil alanların sunduğu hidrolojik ekosistem hizmetlerinin nasıl bir değişim gösterdiğini ifade edebilmenin mümkün olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca çalışmada ekosistem hizmetleri üzerinde etkilere neden olan iklim değişikliği etkilerinin, Dünya İklim Veritabanı'ndan sağlanan verilerin çalışma alanı sınırlarına indirgenerek değerlendirilmesi ile yapılmıştır. Çalışmada Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 5. Değerlendirme Raporu için hazırlanmış HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli için üretilen Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) senaryolarından RCP 4.5 ve RCP 6.0 için Bölgesel İklim Modeli (RegCM4.3.4) kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemi ile çalışma alanı için projeksiyonlar üretilmiştir.

Bu çalışma ile mevcut planlarda alansal olarak yer alan yeşil alanların, buna ek olarak sunduğu ekosistem hizmetlerinin planlama bileşeni olarak sürece dahil edilme metodolojisinin uygulanması önemli bir adım olarak görülmektedir.

2. GENEL KISIMLAR

İnsanların yaşadıkları çevreyi tam anlamıyla algılayabilmeleri ve doğanın insanlara sağladığı yaşam alanlarının farkına varabilmeleri henüz tam anlamıyla gerçekleşmemiş olsa da, yapılan çalışmalarda insan ve doğa arasındaki ilişkinin temelini “fayda ve hizmet” kavramının oluşturduğu görülebilmektedir. İki ana başlığa ayrılan bu bölümde ilk olarak bu temel kavramın yani ekosistem hizmetlerinin tanımlanması, sınıflandırılması ile ilgili çalışmalar özetlenmeye çalışılmıştır. İkinci başlık altında ise çalışma ölçeği olarak seçilen havza birimini, havza planlama kavramı içerisinde ele alarak ekosistem hizmetlerinin bu planlama esaslarıyla ilişkisini değerlendiren çeşitli çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. EKOSİSTEM HİZMETİ KAVRAMI VE SINIFLANDIRMASI

Doğadaki canlı ve cansız varlıkların karşılıklı etkileşimleri sonucu oluşturdukları, kendine özgü bir fiziksel yaşam alanına, canlı toplumuna ve fonksiyonlara sahip olan karmaşık sistemlerdir/birimlerdir ekosistemler (Çepel, 1983). Bir başka ifadeyle ekosistemler, canlı yaşamı için önemli mekân, fayda, ürün ve hizmetler sağlayan birimlerdir.

Okyanuslar, denizler, dereler, göller sucul ekosistemler; ormanlar, stepler, çöller, tundralar, yerleşim alanları ise karasal ekosistemler olarak sınıflandırılmaktadır (Çepel, 1983). Dünya üzerindeki canlılar için önemli olan bu ekosistemlerin aslında yaşamın çeşitli sorunlarına çözümler ürettiği bilinmektedir (World Resources Institute, 2002). Nitekim bu doğal ünitelerin ayrılmaz bir parçası olan insan faktörünün, sistemin sürdürülebilirliği noktasındaki rolü olumsuz olmuştur. Günümüzde karşılaştığımız insan kaynaklı ormansızlaşma, erozyon, çölleşme, biyoçeşitliliğin azalması gibi sorunların antik çağlarda da görüldüğü; fakat bugün yaşadığımız modernleşmenin ekosistem üzerinde daha hızlı, büyük ölçekli ve uzun süreli değişimlere neden olması en önemli fark olarak vurgulanmaktadır (World Resources Institute, 2002). Özellikle nüfusun

engellenemeyen hızlı artışı, ekosistem üzerindeki baskının geri dönüşü olmayan etkilerle sonuçlanmasının nedenlerinden biri olarak görülmektedir. Bu nedenle ekosistemdeki insan kaynaklı bozulmaların veya kayıpların ancak çevre koruma bilincinin oluşturulması ile azaltılabileceği öngörülmüştür (Ehrlich, 1968).

Toplumsal hayat standardını etkileyen bu değişimlerle ilgili farkındalık 1960'lı ve 1970'li yıllarda çevre kirliliği ve doğal kaynak sorunları temel alınarak geliştirilen politikalarla sağlanmaya çalışılmıştır (Gomez- Baggeththum ve diğ., 2010; Braat ve De Groot, 2012). Daha sonraki yıllarda ekonomik gelişim sürecinin yönetimi sürdürülebilir kalkınma prensipleriyle gerçekleştirilmeye çalışılmış ve bunun sonucunda doğa bilimleri ve sosyal bilimlerin ortak bir çerçevede yer alması "ekosistem hizmetleri" kavramını ortaya çıkarmıştır (Ehrlich ve Ehrlich, 1981). Sürecin devamında disiplinlerarası çalışmaların sonucu ekolojik yaklaşım ve ekonomik kapsamın bir araya getirilmesi ile ekosistemin değerlerinin "ekolojik-ekonomik" tanımlanması gerçekleştirilmiştir (Costanza, 1991). 2003 yılında Bin Yıl Ekosistem Değerlendirme Raporu' nun yayınlanmasıyla ekosistem hizmetlerinin çevre politikalarında yer alması hedeflenmiştir (MEA, 2003). Günümüzde ise ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlendirme kriterlerinin bir pazar oluşturularak belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Ekosistem hizmetleri kavramının tarihsel süreçteki bu gelişimi bazı tanımlamalarla literatürde yer almıştır:

- Ekosistem hizmetleri, varlıklarının sebebi olan doğal ekosistemlerin ve türlerin sağladığı ve insan hayatına dahil ettiği koşullar ve süreçlerdir (Daily, 1997).
- Ekosistem hizmetleri, insanların ekosistemlerin fonksiyonlarından elde ettikleri doğrudan ve dolaylı faydalardır (Costanza ve diğ., 1997).
- Ekosistem hizmetleri, ekosistemlerin insanlara sağladığı fayda ve hizmetlerdir (Bouland ve diğ., 1999).
- Ekosistem hizmetleri, ekosistemlerin insanlara sunduğu fayda ve toplum refahını yükselten hizmetlerdir (De Groot ve diğ., 2002).
- Ekosistem hizmetleri, insanların ekosistemlerden elde ettiği faydaların tümüdür (MEA, 2003).

- Ekosistem hizmetleri, insanlar tarafından direkt kullanılabilen, tüketilebilen veya toplum refahı için kullanılan doğanın bileşenleri; doğanın son ürünleridir (Boyd ve Banzhaf, 2007).
- Ekosistem hizmetleri, toplum refahını oluşturabilmek için aktif veya pasif olarak kullanılan ekosistem halleridir (Fisher ve diğ., 2009).
- Ekosistem hizmetleri, ekosistemin toplum refahına dolaylı ve doğrudan yaptığı katkılardır (TEEB, 2010).

Ekosistem hizmetlerinin tanımlanmasında kullanılan “fayda, hizmet ve ekosistem fonksiyonu” terimlerinin bazı çelişkilere neden olduğu düşünülerek farklı çalışmalarda basit bir şekilde açıklandığı görülmüştür (De Groot, 1992, 2002; Braat ve De Groot, 2012). İnsanların ihtiyaçlarını doğrudan ya da dolaylı olarak karşılayan fayda ve hizmetleri sağlayan ekosistem bileşenleri ve ekolojik süreçlerinin kapasitesi ekosistem fonksiyonu olarak tanımlanırken (De Groot, 1992); insani değerlerin ifade edilebilmesi için ekosistem fonksiyonları fayda ve hizmet olarak tekrar kavramsallaştırılmıştır. Buradaki insan merkezli yaklaşımın amacı, temel ekolojik süreçlerin ve bileşenlerin değer yüklü birimler/varlıklar haline dönüştürülmesini sağlamaktır (De Groot, 2002).

Ekosistem hizmetlerinin sınıflandırılması için yapılan tanımlamaların temelde aynı olup birkaç farklı gruplandırma ile karşımıza çıkmaktadır:

- Fonksiyonel gruplandırma; sağlama, taşıma, habitat, üretim ve bilgilendirme hizmetleri (Lobo, 2001; De Groot ve diğ., 2002),
- Tanımlayıcı gruplandırma; yenilenebilir kaynaklar ve yenilenemez kaynakların faydaları, fiziksel hizmetler, biyotik hizmetler, biyojeokimyasal hizmetler, bilgilendirme ve sosyo-kültürel hizmetler (Moberg ve Folke, 1999),
- Bireysel değerlere göre gruplandırma; yeterli kaynak sağlama, çeşitli zararlılardan, hastalıklardan koruma, fiziksel ve kimyasal çevre koşullarının elverişli olmasını sağlama, sosyo-kültürel ihtiyaçları karşılama gibi insani değerleri sunan hizmetler (Wallace, 2007),
- Mekânsal özelliklere göre gruplandırma; küresel ve yerel etkilere neden olan hizmetler, ürünün üretiminden kullanıma sunulmasındaki akışı sağlayan

hizmetler, doğal durumundaki hizmetler, doğa özelliklerinin insanlara sunulduğu hizmetler (Costanza, 2008).

Ekosistem hizmetlerinin sınıflandırılması için yapılan bu tanımlamalardan da, yapılan çalışmanın amacına göre sınıflamaların temel hizmetler üzerinde durarak farklılık gösterebildiği anlaşılmaktadır. Ekosistemin karmaşık yapısı düşünüldüğünde birçok sınıflandırmanın kullanılabilirliği söz konusu olmaktadır (Costanza, 2008). Örnek olarak Costanza (1997), ekosistem hizmetlerini sınıflandırırken fayda ve hizmet kavramlarını birleştirmiş ve çalışmasında sadece ekosistem hizmeti olarak yer vermiştir. Bir başka sınıflandırma ise ekosistemdeki süreçlerin ve bileşenlerin sonucu ortaya çıkan ekosistem hizmetlerini düzenleme fonksiyonu, habitat fonksiyonu, üretim fonksiyonu ve bilgilendirme (referans) fonksiyonu başlıkları altında toplamak üzere yapılmıştır (De Groot ve diğ., 2002).

Diğer bir sınıflandırma da Daily (1997) ve Costanza (1997) sınıflandırmalarını birleştiren yaklaşımla Bin Yıl Ekosistem Değerlendirme Raporu'nda yapılmıştır. Genel olarak kabul edilen bu raporda ekosistem hizmetleri sağlama, düzenleme, destekleme ve kültürel olmak üzere dört grup altında fonksiyonel olarak sınıflandırılmıştır (MEA, 2003; 2005) (Şekil 2.1).

Sağlama Hizmeti <i>Ekosistemden elde edilen ürünler</i> - Gıda - Temiz su - Yakacak odun - Biyokimyasallar - Genetik kaynaklar	Düzenleme Hizmeti <i>Ekosistemin düzenleme sürecinden elde edilen faydalar</i> - İklim koşullarının düzenlenmesi - Hastalık nedenlerinin düzenlenmesi - Suyun düzenlenmesi - Suyun arıtılma işleminin düzenlenmesi - Polenleşmenin (polinasyonun) düzenlenmesi	Kültürel Hizmet <i>Ekosistemden elde edilen maddesel olmayan - manevi faydalar</i> - Maneviyat ve inanç - Rekreasyon ve eko-turizm - Estetik - İlham vericilik - Eğitici - Farkındalık - Kültür mirası
Destekleme Hizmeti <i>Diğer tüm ekosistem hizmetlerinin oluşması için gerekli hizmetler</i> - Toprak oluşumu - Besin döngüsü - Birincil üretim		

Şekil 2.1: Ekosistem hizmetlerinin sınıflandırılması (MEA, 2003; 2005).

Ekosistem hizmetleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde yukarıda sıralanan sınıflandırmaları ve amaca göre belirlenen sınıflandırmaları temel alan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır:

Bouland ve Hunhammar (1999), yaptıkları çalışmada Stockholm’ da yedi adet kentsel ekosistem (caddedeki ağaçlar, parklar, kent ormanları, tarım alanları, sulak alanlar, göller/deniz, dereler) tanımlayarak kent için sundukları hizmetleri irdelemişlerdir. Bu hizmetleri yerel olarak sunulan havayı süzme, mikroklimayı düzenleme, gürültü kirliliğini önleme, yağmur suyu uzaklaştırılması, kanalizasyon arıtımı, rekreasyonel ve kültürel değerler sağlama olarak sınırlandırmışlardır. Vejetasyon örtüsünün hava partiküllerini süzerek Stockholm şehrinin hava kalitesini iyileştirdiği ve bunu da toplam alanının %10’ u kaplayan ormanlık alandan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Caddedeki

ağaçların terleme; su alanlarının ise evaporasyon ile atmosfere su buharını geri verirken kullandıkları ısı enerjisinden dolayı sıcaklıklarda düşüşler sağladıklarını ve caddedeki ağaçların yazın binaları gölgeleriyle ısınmadan, kışın ise rüzgârdan koruyan yapılarından dolayı kentte kullanılan ısınma ve soğutma için enerji tasarrufu sağladığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada gürültü kirliliğinde ise yine etkin rolün vejetasyon olduğu ve her dem yeşil türlerin perdeleme için kullanımı tavsiye edilmiştir. Geçirimli bir yüzey sağlayan vejetasyon örtüsünün, yağışın yüzeysel akışa geçmesini önleyerek yağmur suyunun uzaklaştırılmasında önemli bir rol üstlendiğini vurgulamışlardır. 150 milyon m³ evsel atık suyunun arıtma işleminin sulak alanlardaki bitkisel arıtma sistemleriyle gerçekleştirildiği, buradaki bitkilerin kirleticileri bitki besin maddesi olarak kullanmalarından dolayı suyun arıtıldığı ve bu nedenle sulak alan restorasyonu önerisinde bulunmuşlardır. Ayrıca Stockholm şehrinde yaşayanlar için rekreasyonel faaliyetlere imkân sunan yeşil alanların çok değerli olduğunu; şehri yaşanabilir bir yer haline getiren özelliğin bu yeşil örtü olarak görüldüğünün altı çizilmiştir.

Dale ve Polasky (2007) tarımsal faaliyetlerin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Tarımsal faaliyetlerin su kalitesi, besin döngüsü, toprak koruması, karbon tutumu, tozlaşma ve biyoçeşitlilik gibi ekosistem hizmetlerini etkilediğini belirtmiş ve bu ilişkinin karşılıklı olduğunu, ekosistem hizmetlerinin de tarımsal üretimi etkilediğini vurgulamışlardır. Tarımsal faaliyetler süresince gelişen arazi örtüsündeki değişimin, erozyon oluşumunun ve kimyasal madde kullanımının su kalitesini ve verimini, toprak özelliklerini, toprak ve bitkiler tarafından tutulan karbon miktarını, hava kalitesini olumsuz etkilediği belirtilmiştir ve bu sorunun çözümünde; etkin tarımsal faaliyetlerin planlanması ve izlenebilmesi için ekolojik indikatörlerin kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Ekolojik indikatörlerin seçiminde ise ölçülebilirlik en önemli kısıtlayıcı olmuştur.

Lara ve diğ. (2009), Şili' nin güneyinde doğal iki orman ekosisteminde yaptıkları çalışmalarıyla su sağlama ve hobi balıkçılığının yapılabilme olanaklarını belirlemişlerdir. Şili' deki orman alanlarının zarar görmesi ve yok edilmesi sonucunda bazı ekosistem hizmetlerinin de yok olmaya başlaması, ekosistem hizmetlerinin korunması için orman ekosistemlerinin rolünün belirlenmesi araştırmanın çıkış noktası olmuştur. Dere akışını orman örtüsü ile ilişkilendirerek 6 havzada, ormancılık

faaliyetlerinin dere akışı üzerindeki etkilerini 2 havzada ve balık bolluğunu orman örtüsünün bir fonksiyonu olarak kabul ederek 17 havzada incelemiştir. Kurulan doğrusal denklemlerle su sağlama hizmeti için indikatörler geliştirilmiştir. Ani akış ve yaz dönemi dere akışındaki artım olarak ifade edilen indikatörlerin, doğal orman örtüsünün %10 artımı ile sırasıyla %5,8 ve %14,1 oranında artış gösterdiği bulunmuştur. Fakat aynı artış oranı plantasyon alanında sağlandığında yaz dönemi dere akışında %20,4 oranında azalma görülmüştür. Ormancılık faaliyetlerinin dere akışı üzerindeki etkileri eş havza yöntemiyle belirlenirken bir havzada toplam alanın %35' i tıraşlanmış, diğeri kontrol havzası olarak seçilmiştir. Tıraşlama kesim yapılan havzadaki yüzeysel akış kontrol havzasına göre daha yüksek; fakat su kalitesi taşınan sedimentten dolayı daha düşük bulunmuştur. Ayrıca dere kıyısının orman örtüsü %10 oranında artırıldığında indikatörler balık miktarının %14,6 arttığını göstermiştir.

Jim ve Chen (2009), çalışmalarında Çin' deki kent ormanlarının sunduğu ekosistem hizmetleri ile ilgili yapılmış çalışmaları değerlendirmişlerdir. Özellikle mikroklimanın düzenlenmesi, CO₂ konsantrasyonunun azalımı, çeşitli gaz ve kirletici partiküllerin havadan uzaklaştırılması, oksijen üretimi, rekreasyon ve rahatlık sağlayan hizmetler üzerinde durmuşlardır. Kent ormanlarının hava kalitesini iyileştirme hizmeti, bitkilerin kirletici partikülleri uzaklaştırma kapasitelerinin değişik bitki topluluklarında sülfür ölçümleriyle hesaplanmış ve 2192,41 t/yıl sülfür/kükürt dioksitin kent ormanları tarafından uzaklaştırıldığı belirtilmiştir. Karbon monoksit (CO), azot oksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂) gibi diğer hava kirleticilerinin miktarı ise kent ormanlarının vejetasyonlarının ve değerlendirme yöntemlerinin farklılık göstermesinden dolayı 9,7 - 19,4 kg/ha aralığında değiştiği bulunmuştur. Mikroklimanın düzenlenmesi ise çalışmada kentlerdeki evapotranspirasyon etkisi ile ortaya koyulmuş ve 16,577 ha' lık bir kent ormanının transpirasyon yoluyla atmosfere 3,42x10⁶ t/gün nem vererek 84,1x10⁶ kJ/gün ısı enerjisini tükettiği bulunmuştur. Kültürel hizmetler için yapılan anket sonuçları, kentlerde yaşayan insanların yarısının kent ormanlarını rekreasyon, rahatlama, huzur bulma ve sosyalleşme mekanları olarak kullandıklarını göstermiştir.

Hinojosa ve Hennermann (2012) Bolivia' da yaptıkları çalışmalarında endüstrinin çevresel değişikliklerdeki rolünü ve insanların bu durumu nasıl algıladıklarını araştırmışlardır. Kırsal bölgelerin kalkınma stratejilerinin sürdürülebilirlik

potansiyelinin madencilik endüstrisinin gelişmesi ile ilişkilendirilmesini doğal sermaye ve ekosistem hizmetleri üzerindeki etkinin yayılmasını değerlendirerek ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışma kapsamında inceledikleri ekosistem hizmetleri su sağlama, erozyon kontrolü, biyoçeşitlilik ve kültürel hizmetler olmuştur.

Casado-Arzuaga ve diğ. (2013) çalışmalarında Bilbao metropolünün yeşil alanlarında sunulan kültürel ekosistem hizmetlerinden rekreasyon hizmetini ve estetik değerleri belirlemiş ve mekânsal dağılımlarını ekolojik ve sosyal değerlendirme yaklaşımıyla ortaya koymuşlardır. Her iki hizmet, alana özgü indikatörler seçilerek coğrafi bilgi sistemi ile haritalandırılmıştır. Rekreasyon hizmeti için potansiyel ve uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Arazinin estetik değeri için insanların algıladıkları alanları, arazi biyoçeşitliliğini ve bakı özelliklerini değerlendirmişlerdir. Ayrıca, sosyal değerlendirme yaklaşımları insanlara resimler göstererek numaralandırmaları istenerek yapılmış ve elde edilen veriler için Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Sonuç olarak rekreasyon hizmetini sağlama, estetik değer haritası ve bu iki haritanın çakıştırılmasıyla elde edilen uygunluk haritası üretilmiştir. Alanın sadece %7,2' si her iki hizmet için uygun olarak bulunmuştur. Ayrıca karar vericilerle yapılan görüşmede çalışma sonuçlarının arazi ıslahının ve rekreasyon hizmeti için işletilebilecek alanların belirlenmesinde dikkate alınabileceği öngörülmüştür.

Toprak oluşumu, gıda ve temiz su sağlama, iklim koşullarını düzenleme ve manevi değerler olmak üzere çok geniş bir yelpazeye sahip ekosistem hizmetleri, görüldüğü üzere çok farklı çalışmalara konu olmuş ve çalışma amacına göre hizmetler bazen tek tek bazen de sınıflandırmalar esas alınarak incelenmiştir. Bu tez çalışmasında da öncelikle çalışma alanındaki yeşil alanların sunduğu hidrolojik ekosistem hizmetlerinin tanımlanması ve iklim koşullarını düzenleme hizmetinin irdelenmesi amaçlanmıştır.

2.1.1. Hidrolojik Ekosistem Hizmetleri

Hidrolojik ekosistem hizmetleri, sulak ekosistemlerin (göller, dereler, bataklıklar ve kıyı bölgeleri) toplumun yararına sunduğu ekosistem hizmetlerinin bütünüdür (MEA, 2005). Evsel kullanım için su ihtiyacının karşılanmasından sel-taşkın zararlarının azaltılmasına kadar sıralanabilen hidrolojik ekosistem hizmetleri aslında insanların su ile ilgili ihtiyaçlarını ekosistemden karşılama şeklidir. Başka bir ifadeyle hidrolojik ekosistem

hizmetleri, karasal ekosistemlerin tatlı su kaynakları üzerindeki etkilerinin bir sonucu olarak insanlara sağlanan faydaları kapsamaktadır (Brauman ve diğ., 2007).

İnsanlar ve diğer canlılar için değeri tartışmasız çok önemli olan suyun temini, sağlama hizmeti; su kalitesinin iyileştirilmesi ve sel-taşkın zararlarının azaltılması düzenleme hizmeti (Pert ve diğ., 2010; Brauman ve diğ., 2007; MEA, 2005; Jujnovsky ve diğ., 2010); estetik ve rekreasyonel olarak suyun kullanılması ise kültürel hidrolojik ekosistem hizmeti olarak karşımıza çıkmaktadır (MEA, 2005; Brauman ve diğ., 2007).

Fonksiyonel sınıflandırmanın dışında hidrolojik ekosistem hizmetleri beş ayrı kategori altında toplanmıştır (Brauman ve diğ., 2007). Bunlar;

- Doğal kaynak suyunun yönlendirilerek temininin geliştirilmesi (kentsel, tarımsal, ticari, endüstriyel, termoelektrik güç kullanımı),
- Doğal durumundaki suyun temininin geliştirilmesi (hidroelektrik güç üretimi, su sporları, tatlı su balıkçılığı),
- Su hasarlarının/zararlarının azaltılması,
- Su ile ilgili kültürel hizmetlerin sağlanması,
- Su ile ilgili hizmetlerin desteklenmesi.

Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin temelinde de diğer hizmetlerde olduğu gibi ekosistemin gerçekleştirdiği süreçler yer almaktadır. Ekosistemde gerçekleşen tüm ekohidrolojik süreçlerin hidrolojik özellikleri etkilemesi, sunulan hizmetlerin de olumlu veya olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle ekosistem-hidrolojik özellikler-hidrolojik hizmetler ilişkisinin iyi anlaşılması gerekmektedir ve bu ilişki her bir hidrolojik hizmet için önemli olan dört özellik ile tanımlanmıştır (Brauman ve diğ., 2007) (Tablo 2.1):

1. Miktar
2. Kalite
3. Konum/yer
4. Zamanlama

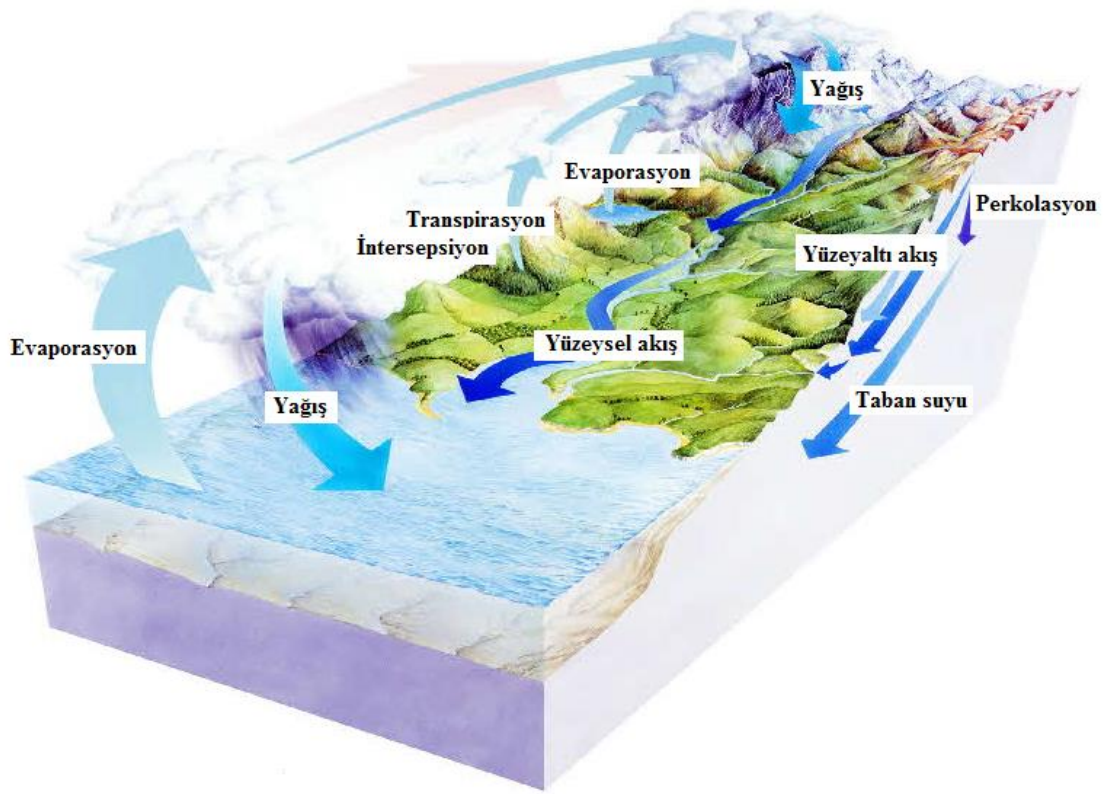
Tablo 2.1: Ekosistemde gerçekleşen tüm ekohidrolojik süreçlerin hidrolojik özellikler ve sunulan hizmetler üzerindeki etkileri (Brauman ve diğ., 2007).

Ekohidrolojik süreçler	Hidrolojik nitelikler	Hidrolojik hizmetler
Yerel iklim etkileşimleri Bitki su kullanımı	Miktar (yüzey ve yeraltı su depolanması ve akış)	Su verimini düzenleyici kentsel, tarımsal, ticari, endüstriyel, termoelektrik güç için sağlanan su
Çevresel filtreleme Toprak stabilizasyonu Kimyasal ve biyolojik ekleme/çıkarma	Kalite (patojen, besin maddesi, tuzluluk, sediment)	Su kalitesini iyileştirici rekreasyon, balık ve tatlı su ürünlerinin temini için sağlanan su
Toprak oluşumu Zemin yüzey değişimi Yüzeysel akış yollarının değişimi Dere kıyısı gelişimi	Konum (yeraltı/yüzeysel, yukarı/aşağı havza, kanal içi/dışı)	Su zararlarının azaltımı sel-taşkın zararlarının, kurak alan probleminin, yeraltı suyuna tuzlu su karışmasının ve sedimentasyonun azaltılması
Akış hızının kontrolü Kısa ve uzun dönemli su depolanması Mevsimsel su kullanımı	Zamanlama (pik akımlar, sürekli akım, hızı)	Manevi ve estetik değerler dini, eğitimsel ve turizm değerlerinin sağlanması Destekleme önemli yaşam alanlarının oluşması için gerekli su ve besin maddelerinin sağlanma ve korunması

Örneğin sunulan hizmet kent için su sağlama hizmeti ise toplum refahı için suyun belirli bir kalite ve miktarda; doğru yer ve zamanda olması beklenmektedir. Balıkçılık ya da rekreasyon hizmeti düşünüldüğünde ise farklı istekler sıralanabilmektedir. Kısacası kullanıcıların her bir hidrolojik ekosistem hizmeti için farklı standartlar beklemesinin yanında ortak beklentilerinin kalite, miktar, yer ve zaman olduğu söylenebilir.

Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin belirtildiği niteliklerde sunulabilmesi öncelikle ekosistemdeki hidrolojik döngüye ve bu döngüyü etkileyen arazi kullanımı, bitki örtüsü ve iklim koşulları gibi diğer etmenlere bağlıdır. Atmosferde bulunan su buharının

yoğunlaşarak yağışa dönüşmesi ve yağışın yeryüzüne ulaşması ile başlayan süreçte, yüzeysel akışa veya yüzey altı akışa geçen yağış, sunulacak hidrolojik ekosistem hizmetini hem belirlemekte hem de etkilemektedir. Şöyle ki akışa geçen suyun miktarının artması su sağlama hizmeti için olumlu görülürken, sel-taşkın riski için olumsuz olarak görülmektedir. Bu nedenle hidrolojik ekosistem hizmetlerinin ortaya konabilmesi için hidrolojik döngünün ve elemanlarının belirlenmesi, diğer etmenlerle aralarındaki ilişkinin tanımlanabilmesi için önemlidir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Hidrolojik döngü ve elemanları.

Hidrolojik döngünün sürekli devam eden bir süreç olması atmosferde bulunan su buharının yoğunlaşarak yağışa dönüşmesi ve bu yağışın bir kısmının daha yeryüzüne ulaşmadan tekrar atmosfere buharlaşması, yeryüzüne ulaşan kısmın ise su kütlelerine (dere, göl, deniz) ulaşarak buradan buharlaşması ve karaya ulaşan kısmının çok farklı aşamalardan (transpirasyon, intersepsiyon, yüzeysel akış, yüzeyaltı akış ve taban suyu akışı) geçerek atmosfere geri buharlaşması ile sağlanmaktadır (Özhan, 2004).

Hidrolojik döngü iki önemli bölüm olarak incelendiğinde birincisi yağışın yeryüzüne ulaşmayan kısmı, ikincisi ise yeryüzüne ulaşan kısmı olmaktadır. Yağışın bir kısmı daha yeryüzüne ulaşmadan atmosferde buharlaşıp geri dönmektedir. Bir kısmı ise yine yeryüzüne ulaşmadan bitkilerin dal, gövde, yaprak ve toprak üstü kısımlarında tutularak atmosfere geri buharlaşmaktadır ve intersepsiyon olarak adlandırılan bu süreç hidrolojik döngünün önemli öğelerinden biridir. Yeryüzüne ulaşan yağış ise ortam şartlarına bağlı olarak farklı miktarlarda ve yerlerde depolanmakta ve daha sonra da buharlaşmaktadır. Ölü örtü olarak tanımlanan dal, yaprak, ibre gibi bitki artıklarının bulunduğu yerde yağışın bir kısmı depolanmakta ve daha sonra buharlaşma ile atmosfere dönmektedir. Bir kısmı ise alttaki toprak katmanına sızmakta ve bu süreç infiltrasyon olarak adlandırılmaktadır. Kalan kısmı da yağışın şiddet ve miktarına bağlı olarak yüzeysel akışa geçerek yüzeydeki çukurlarda depolanıp, derelere, nehirlerle, göl ve denizlere ulaşmaktadır. Bu su yüzeylerinden de buharlaşmaya uğrayarak atmosfere geri döner ve bu süreç de evaporasyon olarak adlandırılmaktadır. İnfiltrasyon ile toprak içerisine sızan suyun bir bölümü toprak nemine bağlı olarak toprakta depolanır, bir bölümü toprak içerisinden sızarak yüzey altı akışa geçerek kaynaklardan veya yamaçlardan yüzeye ulaşarak yüzeysel akışa dönüşür. Bir bölümü de yer çekimi nedeniyle taban suyuna katılarak dere, göl ve denizlere ulaşarak buradan buharlaşıp atmosfere geri döner. Ayrıca toprakta depolanan suyun bir bölümü bitkiler tarafından doku yapımında kullanılırken büyük bir kısmı ise terleme (transpirasyon) yoluyla buharlaşarak atmosfere geri dönmektedir (Özhan, 2004).

Yukarıda tanımlanan hidrolojik döngünün öğelerinin her birinin hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sunulmasında rolü önemlidir. Örneğin; yağışın ancak belirli bir kısmının toprak yüzeyine ulaşmasına neden olan intersepsiyon, yağmurun aşındırıcı çarpma etkisini zayıflatmakta ve böylece erozyon riskini de azaltmaktadır. Bunun yanında yüzeysel akışa geçen su miktarını azalttığı için intersepsiyon, su verimi açısından olumsuz bir etki göstermektedir (Özhan, 2004). Yağışın infiltrasyon ile toprak yüzeyinden toprak içerisine sızması, özellikle ölü örtü tabakasının bulunduğu yerlerde hem yüzeysel akışa geçen su miktarını azaltarak taşınan sedimentasyonu azalttığı hem de su kalitesi açısından olumlu etkiler gösterdiği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Kaynak).

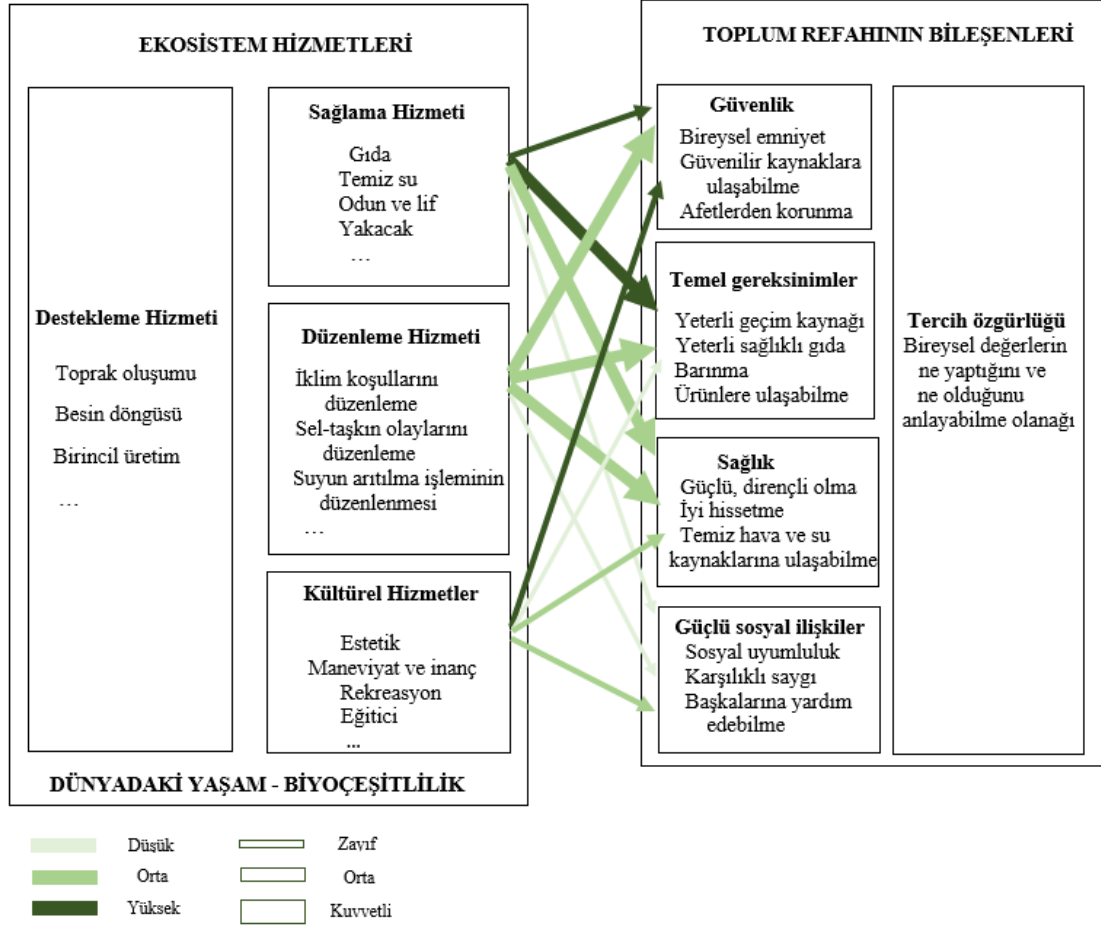
Hidrolojik döngünün başlıca öğelerinden bir diğeri olan bitki su tüketimi olarak da ifade edilen evapotranspirasyon; Özhan (1982) tarafından, “bitkiler tarafından terleme yoluyla kaybedilen, dokuların yapımında kullanılan ve çevresindeki topraktan buharlaşan suyun toplamı” olarak tanımlanmıştır. Evapotranspirasyonun hidrolojik döngüdeki önemi su bütçesinde kayıp olarak ifade edilmesidir. Başka bir anlatımla, evapotranspirasyon yeryüzüne ulaşan yağışın akışa geçebilen miktarını belirleyen en önemli öğelerden biridir. Postel ve Carpenter (1997), yeryüzüne ulaşan yağışı iki sürece ayırmış ve bunları evapotranspirasyon ile yüzeysel akış olarak ifade etmişlerdir. Ayrıca bu iki sürecin hidrolojik döngüdeki rolleri sayesinde derelerin, göllerin ve akiferlerin yenilenebilir tatlı su kaynakları olarak insanlara hizmet sunduğunu vurgulamışlardır. Buradan hareketle hidrolojik ekosistem hizmetleri düşünüldüğünde en önemli sürecin akışa geçen su miktarı ile başladığı kabul edilebilir. Dolayısıyla bu süreci etkileyen en önemli etmenlerin hidrolojik ekosistem hizmetlerini de etkilediği açıktır ve üzerinde durulması gereken noktanın ekosistemdeki hidrolojik tepkilerin iklim, coğrafi koşullar, bitki örtüsü ve ekosistem türüne göre değişmesidir. Yani hidrolojik ekosistem hizmetlerini tüm ekosistemlerin sunabilmesi mümkün ise de her birinin bunu farklı derecelerde gerçekleştirebilmesinin bu faktörlerden kaynaklandığı ve en önemli faktörün bitki örtüsü olduğu kabul görmüştür (Brauman ve diğ., 2007).

Bu çalışmada da hidrolojik ekosistem hizmetlerinden su verimi sağlama hizmeti, su kalitesini iyileştirme, sel-taşkın zararlarını azaltma, erozyon-sedimentasyonu önleme düzenleme hizmetleri olarak belirlenmiş, aynı zamanda iklim değişikliğinin etkilerinin çalışma alanındaki etkileri sıcaklık ve yağıştaki değişimler ele alınarak analiz edilmiş ve bu hizmetlerin farklı bitki örtüsüne veya farklı arazi kullanım türlerine sahip alanlarda nasıl değiştiğini sayısal olarak ifade edilmesi amaçlanmıştır.

2.1.2. Ekosistem Hizmetleri ve Toplum Refahı Arasındaki İlişki ve Etkileşimler

Ekosistemin insanlara sağladığı fayda ve hizmetler bütünü olarak tanımlanan ekosistem hizmetlerinin temel gereksinimler, sağlık, güvenlik, güçlü sosyal ilişkiler ve tercih özgürlüğü gibi toplum refahının yapıtaşları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Toplum refahının yükselmesi gıda, geçimini sağlama, barınma gibi temel gereksinimlerin karşılanabilmesine; güçlü ve dirençli bireylerin oluşturduğu sağlıklı toplumların gelişebilmesine; bireysel ve toplumsal güvenliğin, karşılıklı saygının ve

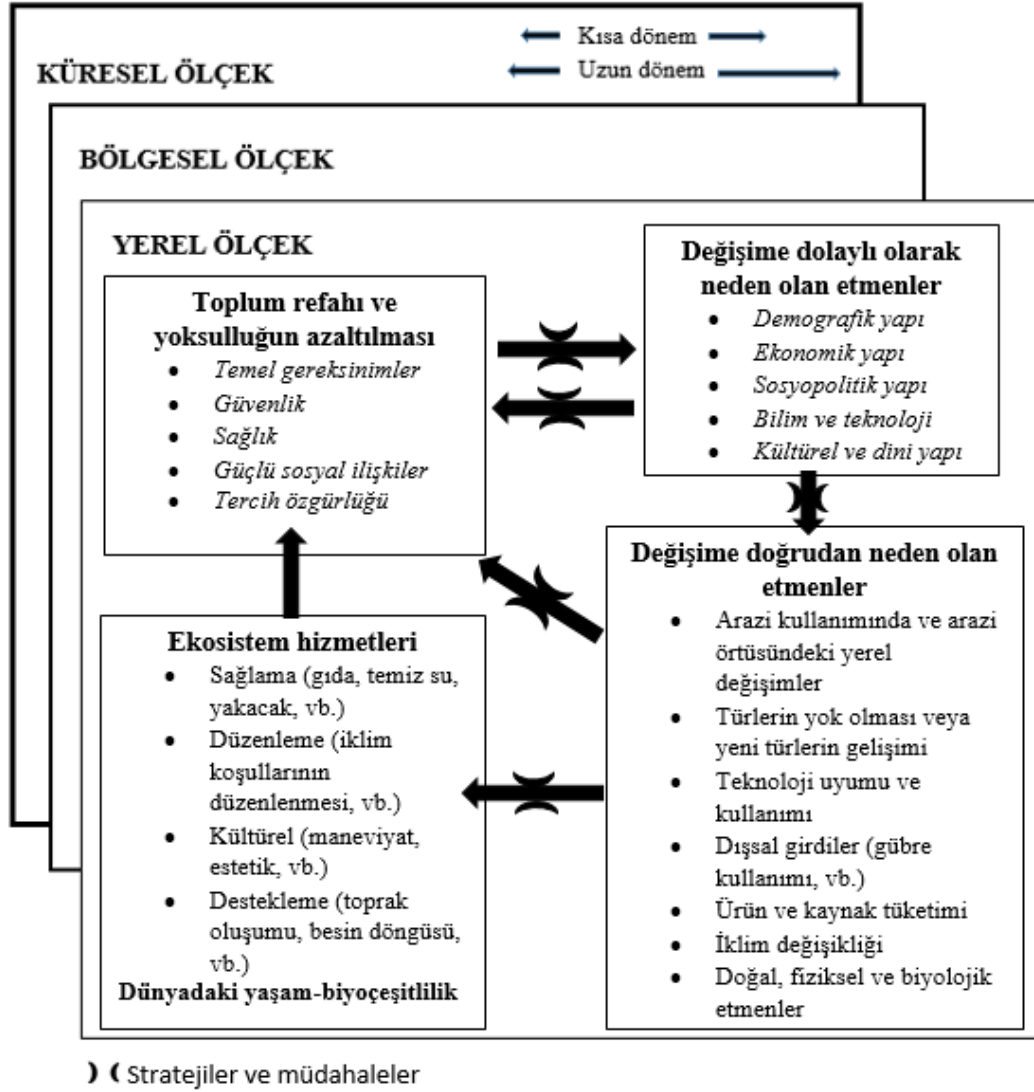
sosyal uyumluluğun yüksek olabilmesine; aynı zamanda bireysel özgürlüklerin yaşanabilmesine bağlıdır. Nitekim her bir ekosistem hizmetinin bu süreçteki etkisi sosyo-ekonomik faktörlerden dolayı farklı şiddette olmaktadır (MAE, 2003; 2005) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Ekosistem hizmetleri ve toplum refahı arasındaki ilişki (MA, 2003; 2005).

Ekosistem hizmetleri ve toplum refahı arasındaki bağın şiddetinin gösterildiği Şekil 2.3'te sosyo-ekonomik faktörlerin etkisi tanımlanmaktadır. Kullanılan okların rengi sosyo-ekonomik faktörlere bağlı olma potansiyelini, okların genişliği ise ekosistem hizmetleri ve toplum refahı arasındaki ilişkinin şiddetini vurgulanmaktadır. Ekosistem hizmetleri ve toplum refahı arasındaki ilişki ve sosyo-ekonomik faktörlere bağlı olma potansiyeli her ekosistemde veya bölgede değişmekte ve farklı şiddette ortaya çıkmaktadır. Ekosistem hizmetlerinin toplum refahı üzerindeki etkilerinin, burada gösterilen sosyal ve ekonomik faktörlere ek olarak teknolojik ve kültürel faktörler gibi diğer çevresel

faktörlerle de ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu etkileşim toplum refahını etkilemekte, dolayısıyla ekosistem hizmetleri de toplum refahındaki değişimlerden etkilenmektedir (MAE, 2005) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Ekosistem hizmetleri ve toplum refahındaki değişimlerin etkileşimi (MAE, 2005).

Nüfus, teknoloji ve yaşam tarzı gibi biyoçeşitliliği dolaylı olarak etkileyen etmenlerdeki değişimler; balık avı veya gübre kullanımı gibi biyoçeşitliliği doğrudan etkileyen etmenlerde değişimlere neden olabilmektedir. Başka bir ifadeyle bu etmenler hem ekosistemlerde hem de ekosistemlerin sunduğu hizmetlerde değişikliklere yol açmakta ve dolayısıyla toplum refahını etkilemektedirler. Örneğin; yerel olarak dere kıyısı boyunca taşkın boyutunu arttıran uluslararası kereste talebi, orman alanlarında bölgesel

kayıplara neden olabilmektedir. Bu etkileşimler bazen kısa dönem bazen ise uzun dönem olmak üzere farklı zaman ölçeklerinde karşımıza çıkabilmektedir. Toplum refahını iyileştirmek ve ekosistemi korumak için bu etkileşimlere farklı stratejiler ve müdahaleler uygulanabilmelidir.

Toplum refahı ve ekosistem hizmetleri arasındaki bu ilişki insanlık tarihinin en hızlı değişimini son 50 yılda yaşamıştır. Öyle ki dünyadaki ekosistem hizmetlerinin yaklaşık olarak % 60' ı bozulmakta ya da sürdürülebilir şekilde kullanılmamaktadır (MEA, 2005).

Ekosistem hizmetleri üzerindeki bu olumsuz etkilere, ülkelerin gelişmesi ve endüstrileşmesi ile birlikte hızlı kentleşmenin neden olduğu ve bu sürecin günümüzde de devam ettiği bilinmektedir. Avrupa'da nüfusun %75'i, ülkemizde ise nüfusun %76'sı il ve ilçe merkezlerinde yaşamakta ve bu kentleşme yüzdeleri sürekli artmaktadır. İstanbul ilinin nüfusu 2007 yılında 12,573 bin iken 2013 yılında 14,160 bine çıkmıştır. Bu artışın 2 milyona yakını göçle gerçekleşmiştir (TÜİK, 2014). Artan nüfus, kentleşmenin yoğunlaşmasını ve yayılmasını beraberinde getirirken yeni kaynak ihtiyacına da neden olmaktadır. Başka bir ifadeyle, ekosistem hizmetlerinin bozulmasına ya da yok olmasına neden olan baskı, aslında insanların artan taleplerinin karşılanmaya çalışılmasından kaynaklanmaktadır. Bunun sonucunda ise doğal kaynaklar ve hizmetler üzerindeki insan kaynaklı (antropojenik) etkiler artmaktadır. Bu hizmetler arasında gıda, temiz içme suyu, yakacak ve yapacak odun en önemlileri olarak sayılabilir ve bu baskının dünyadaki biyoçeşitlilik üzerinde önemli ve geri dönüşü olmayan kayıplara neden olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun en önemli örneklerinden biri de ormansızlaşmadır. Nitekim bu noktada kayıp sadece orman alanlarının azalması değil, bu ormanların sunduğu ekosistem hizmetlerinin de yok olmasıdır (Jujnovsky ve diğ., 2010; Seabrook ve diğ., 2011).

Yeşil alanları tehdit eden faktörler, hem kentleşme sürecinde hem de iklim değişikliğinde önemli bir rol oynayan arazi kullanımındaki değişikliklerin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Nitekim iklim değişikliği sürecinde, kentsel ve yarı-kentsel havzalardaki yeşil dokuya olan ihtiyaç, insanların hayat kalitesi ve ihtiyaçları (ekosistem hizmetleri; kaliteli içme suyu, biyoçeşitlilik, rekreasyonel alan, vb.)

bakımından daha da önem kazanmaktadır (Zhao ve diğ., 2011). Ayrıca kentleşmenin sonuçlarından biri olan “kentsel ısı adası” kavramında yeşil alanlar fonksiyonları bakımından önemli bir rol üstlenmektedir (Karaca ve diğ., 2007); farklı arazi kullanımlarına sahip çalışma alanında termal çevreyi en çok etkileyen kentsel planlama indikatörü yeşil örtü oranı olarak tanımlanmıştır (Zhao ve diğ., 2011).

Günümüzde arazi kullanımındaki değişimler; daha çok betonarme yapı ve daha az bitki örtüsü olarak ortaya çıkmaktadır. Arazi planlamasında kentsel ekosistem hizmetlerinin korunabilmesi için kent karakteristiğinin ortaya konulması; arazi kullanımı ve yüzey örtü durumunu analiz ederek gerçekleştirilebilir. Kentleşmeyle artan geçirimsiz yüzeyler ve iklim değişikliği sonucu daha da tehlikeli bir durum oluşturması beklenen yüzeysel akışın, kent içindeki yeşil alanların fonksiyonelliği (evapotranspirasyon) ile olumsuz etkilerinin azaltılabileceği ve dolayısıyla planlama sürecinde kent içinde yer alan özel bahçelerin ya da caddedeki ağaçların yeşil altyapı olarak önemli bir rol üstlendikleri belirlenmiştir (Gill ve diğ., 2008).

Arazi kullanımındaki değişimlerin, dünyada iklim değişikliğine uyum sürecinde geliştirilen senaryolarla ilişkilendirilmesi belirli bir etkinlik kazanmaktadır. Kentsel planlama sürecinde iklim değişikliğine ve kentleşmenin gelişimine bağlı olarak gelecekteki risklerin senaryolarla (2025 kentleşme-2100 deniz seviyesi artışı) ortaya konması amacıyla mevcut durum ve gelecek için sel-taşkın riski, arazi kullanımı (klimatik olmayan faktör)-kentleşmenin gelişmesi ve deniz seviyesinin artışı (klimatik faktör) için öngörülen senaryolarla değerlendirilmiştir; kentleşmenin yayılmasının sel-taşkına yatkın alanları oluşturacak olması nedeniyle gelecekteki sel-taşkın riskinin en güçlü etkeni kentleşme olarak belirlenmiştir. Ayrıca kentleşmenin hızla artış göstermesinin iklim değişikliğine uyum sürecinde engel teşkil ettiği de belirtilmiştir (Storch ve Downes, 2011).

İklim değişikliğine adaptasyon sürecinde geliştirilecek olan modeller için ülkeler bazında hazırlanan senaryolarda dikkate alınan parametrelerden biri de yağıştır. Ülkemiz için hazırlanan senaryolarda da yağışın azalması veya artması durumundaki olasılıklardan söz edilmektedir. Dolayısıyla yönetim planlarında yağışın artması veya azalması sonucu oluşacak tepkileri dikkate almak gerekmektedir. Yağışta gerçekleşecek

olan değişimlerin (artış, azalış ve şiddeti) senaryolaştırılarak farklı arazi kullanımlarında taşkın suyu yönetimini irdeleyen Pyke ve diğ., (2011), betonlaştırılan çevredeki duyarlılıkların betimlenmesi ve tehlikeli etkilerin zayıflatması için uyum stratejilerinin geliştirilmesi üzerinde durmuşlardır. Başka bir ifade ile arazi kullanımı değişikliğine bağlı olarak taşkın suyunun yağışa karşı gösterdiği hassasiyeti irdelemişlerdir. Bunun için simülasyonda dikkate alınan arazi kullanımları %25 geçirimsiz alana sahip bir bölgeyle, yenileme sonrası geçirimsiz alan yüzdesi 16 olan bir bölge ve %0 geçirimsiz alana sahip açık alandır. Simülasyon sonucunda yağıştaki değişikliklere bağlı taşkın suyunun etkisinin azaltılmasında, taşkın suyunun en hassas olduğu faktörü geçirimsiz yüzey, daha sonrasında yağış miktarı ve şiddeti olarak ifade etmişlerdir. Çalışmanın diğer önemli çıktısı ise taşkın suyu ile taşınan kirletici yükün miktar bakımından en az taşındığı bölgenin açık alan (%0 geçirimsiz alan, %75' ten fazla çalılık) olarak belirtilmesidir. Bu noktada da yeşil alanların hem taşkını hem de sedimentasyonu önlemede etkin bir fonksiyonu olduğu ortadadır.

İklim değişikliğine her bölgenin aynı tepkiyi göstermeyeceği ya da iklim değişikliği sürecinde her bölgede aynı etkinin görülmeyeceği dşnldğnde bölgesel analizlerin (Schwarz ve diğ., 2011) ve buna bağlı planlamanın uygulanması uyum sürecini hızlandırmanın bir yolu olarak görülebilir. Rannow ve diğ., (2010), iklim değişikliğine adaptasyon sürecinde önemli bir rol üstlenen planlamanın bölgesel veya lokal olarak yapılabilmesi araştırmacılara iklim değişikliğinden en çok etkilenecek sıcak noktaların neresi olacağını, neden ve nasıl etkileneceğini açıklamalarında yardımcı olacağını savunmuşlardır. İklim değişikliği etkilerinin indikatörler (nemsiz, orta derecede önemli ve önemli) olarak; bölgenin duyarlılığının (düşük, orta derecede ve yüksek) sınıflandırılarak yapıldığı bu çalışmada önemli bir ayrıntı olarak karşımıza çıkan nokta; iklim değişikliği etkilerinin zamansal olarak uzun ve kısa vadede görülecek etkiler olarak sınıflandırılmasıdır. Bunun kentsel planlamadaki önemi ise zonlama sisteminin uygulanarak etkilere karşı duyarlılığı yüksek olan bölgelerin önceliklendirilmesi olarak açıklanmıştır.

Örneğin; orman yönetiminde l zonlama sisteminin geliştirilmesi için (retim zonu, çok amaçlı kullanım zonu ve ekolojik zon) alanın yangın potansiyeline, yangın rejimlerine olan duyarlılığı ile iklim değişikliğine bağlı tür değişimine ve biyoçeşitliliğe

duyarlılığı modellenerek altlıklar oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, alanın %93' ünün çok daha uzun ve şiddetli bir yangın dönemi riski taşıdığı, iklim değişikliğine bağlı olarak alanın %77' sinde en az bir ağaç türünün kaybolma riski altında olduğu ve kuraklığın ekosistem üzerinde etkili olacağı açıklanmıştır (Nitschke ve Innes, 2008).

Görüldüğü üzere kentsel planlama ve iklim değişikliği hakkındaki çalışmalarda yeşil alanların önemli bir faktör olduğu vurgulanmaktadır (Gill ve diğ.,2008; Groot ve diğ., 2010; Pyke ve diğ., 2011; Zhao ve diğ., 2011, Schwarz ve diğ., 2011). İklim değişikliği sonucunda kentleşmede öne çıkan yeşil alanlar ve bunların ekosistem hizmetleri planlama sürecine de dahil edilmeye çalışılmaktadır. Dolayısıyla planlama sürecinde ve uygulamada iklim değişikliğinin etkilerini azaltma fonksiyonu ve sürdürülebilirlik amacı olan ekolojik yaklaşımlara yer verilmelidir (Seabrook ve diğ., 2011).

Pert ve diğ., (2010), çalışmalarında hidrolojik ekosistem hizmetlerini haritalamak için dere kıyısı habitatını kullanan havza bazlı bir yaklaşım kullanmışlardır. Özellikle hidrolojik döngüde önemli olan su verimini düzenleme hizmeti detaylandırılmış ve bitki örtüsünün durumu değerlendirilmiştir.

2.2. EKOSİSTEM HİZMETİNİN HAVZA PLANLAMASI VE YÖNETİMİ İLE İLİŞKİSİ

Ekosistem hizmeti kavramının tanımlaması, konunun ekosistemin tam da kendisi ile ilgili olduğunu ortaya koymuştur. Bu noktada çalışmanın “havza bazlı” yapılması aslında hem kavramsal hem de yönetsel bir birim olarak havza kavramının da tanımlanmasını gerekli kılmıştır. Bu bölümde havza kavramı, havza planlaması ve yönetimi ortaya koyulmaya ve ayrıca ekosistem hizmeti ile ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

Birçok tanımı olan *havza* kavramı için ilk akla gelen tanım nehir ya da dere havzasıdır. Fakat bunun yanında “bir akarsuyun bütün kolları ile birlikte beslendiği alan” veya “yağış sularının belirli bir çıkışa doğru sürekli olarak aksanını sağlayan arazi parçası” veya “dağ ve tepelerle sınırlandırılmış, suları denize, göle veya ırmağa akan bölge” olarak coğrafi bir kavramdır (www.cografya.gen.tr). Yine farklı bilim dalları için

tanımlar da değişiklik göstermektedir. Şöyle ki, maden sahası için de “maden havzası” kavramı kullanılabilmektedir (Balcı, 1978).

Özhan (2004)’ e göre havza; “üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu havzalardan, sırtlardan geçen bir su ayırım çizgisiyle ayrılan alan, hidrolojik, topografik bir ünite”, Brooks ve diğ., (1996)’ ne göre ise “bir dere sistemiyle suları boşaltılan ve topografik olarak sınırlandırılmış bir alan, dere veya nehir üzerindeki hidrolojik bir birim, akarsu kesitine sularının boşaltıldığı tüm alan” dır. Havza için yapılan bir diğ er tanımlama ise Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından yapılmış ve havza, akışı bir göle, dereye, sulak alan veya koya ulaştıran alan olarak tanımlanmıştır (EPA, 2008).

Hidrolojik birim olarak tanımlanan havza kavramının sadece akarsu ve onun kollarının drenaj alanlarının oluşturduğu alan olmadığı; bu alan içerisindeki tüm kaynaklara bağı lı bir sistem ve fiziksel bir birim olarak da doğal sınırları içinde iklimi, jeolojisi, toprak yapısı, bitki örtüsü ve faunası ile bütünlük gösteren bir ekosistem oluşturduğu vurgulanmıştır (Teclaff, 1996). Bir diğ er ekosistem tanımlaması, Randhir (2007)’ in havzayı akarsu ağı larıyla birbirine bağı lanan, boylamsal ve dönemsel olarak etkileşimde bulunan habitatlardan oluşan ekosistemler olarak ifade etmesidir. Ayrıca yaşayan bir sistem olması nedeniyle havzalar hidrolojik, fiziksel ve biyolojik birimler olmalarının yanında doğal kaynakların yönetilmesi için sosyo-ekonomik ve politik birer birim olarak da kullanılmaktadır (Özhan, 2004). Bir başka ifade ile havza, içerisindeki tüm unsurları (insanları, kentsel ve kırsal yerleşimleri, tarım ve orman alanlarını, çeşitli endüstrileri, çeşitli hizmet sektörlerini ve rekreasyon alanlarını) içine alan sosyal, ekonomik ve biyofiziksel aynı zamanda dinamik bir sistemdir (UN, 1997). Tanımlamalardan anlaşı ldığı üzere sadece su kaynakları değı l sahip olduğu tüm doğal kaynakları ve kullanıcıları ile bir bütün olarak düşünöldüğünde bir havza, sosyo-ekonomik-politik yapıyı da dikkate alarak hem hidrolojik hem de ekolojik işlevler yerine getirmektedir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Havza ekosistemlerinin yerine getirdiği hidrolojik ve ekolojik işlevler.

Havzaların hidrolojik ve ekolojik işlevleri	
Munsuz ve diğ.(1999) ve Özhan (2004)' a göre; • Taşkından koruma • Erozyon kontrolü, toprak ve suyun korunması • Hidroelektrik potansiyel • Sulama suyu sağlanması • İçme, kullanma ve endüstriyel su gereksiniminin karşılanması • Su ürünleri elde edilmesi • Bataklıkların kurutulması • Kanalizasyon işleri • Dinlenme ve eğlenme yeri tesisi	Amerika Birleşik Devletleri Orman Servisi (US Forest Service)' ne göre (EPA, 2008); • Yağışları tutmak ve depolamak • Yer altı suyu rezervini beslemek • Toprak kaybını ve erozyonu engellemek • Akarsu akışını düzenlemek • Besin tutmak ve dönüştürmek • Kıyı alanları ve subasar alanlarda gerçekleşen doğal süreçleri desteklemek • Sucul türlerin doğal yaşam ihtiyaçlarına cevap vermek

Havzaların hidrolojik ve ekolojik işlevleri aslında birçok ekosistem hizmetini sağlamaktadır. Havza ekosistemindeki doğal kaynak tahribatı ekosistem hizmetlerindeki bozulmaların göstergesi olarak görülmektedir. Dolayısıyla karşılıklı etkileşim içerisinde olan bu iki kavram, hem ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği hem de havzaların planlanması ve yönetimi bakımından önemli görülmektedir.

Havza planlaması ve yönetiminin temelinde havzadaki sorunlar yer almaktadır. Başka bir ifade ile havza planlama ve yönetim uygulamaları sorunlara göre seçilmeli ve çözüm odaklı olmalıdır. Havzadaki sorunlar genellikle su kaynakları ve bu kaynakların diğer kaynaklarla etkileşiminden kaynaklanmaktadır (Özhan, 2004). Su kaynaklarının toplumun yaşam kalitesi üzerindeki etkileri düşünüldüğünde yaşanan sorunların çözümünde, ekosistem hizmetlerinin korunmasında ve sürdürülebilirlik ilkesi ile kullanılmasında havzaların etkin bir şekilde planlanması ve yönetilmesi gerektiği belirtilmektedir (Uluçay, 2006; Albayrak, 2012).

Etkin bir havza planlaması ve yönetiminin nasıl olması gerektiği noktasında havza yönetimi için yapılmış olan tanımlamaların yol gösterici olduğu düşünülebilir. Balcı ve Özyuvacı (1974) havza yönetimini kısaca bir yağış havzasındaki doğal kaynakların, sosyo-ekonomik koşullar ile arazi ve su kaynaklarının estetik değerleri de dikkate alınarak düzenlenmesi ve idaresi olarak tanımlamışlardır. Havza yönetimi için tekrar bir tanımlama yapan Balcı (1978), temel amaçların (erozyon ve taşkınları kontrol altına almak, kaliteli ve istenen miktarda su üretmek gibi havza özelliklerine göre belirleyip sosyo-ekonomik koşullar da göz önünde bulundurularak doğal kaynakların idaresi) aynen yer aldığı tanımına “bunlardan faydalanmanın düzenlenmesi” ifadesini eklemiştir. Görüldüğü üzere havza yönetimi, havzadaki toprak ve su kaynakları ile ilgili sorunları temel alarak aslında mevcut tüm doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını ve korunmasını hedefleyen bir idare sürecidir. Bunu destekleyen bir tanımlama da Brooks ve diğ. (1996) tarafından yapılmış ve elde edilmek istenen ürün veya hizmetin sağlanabilmesi için bir havzadaki araziye ve diğer kaynakları toprak ve su kaynaklarını tahrip etmeden organize edebilmek olarak tanımlamışlardır havza yönetimini. Burada dikkat çeken durum, bir havzadan elde edilmesi düşünülen *ürün ve hizmetler, bunlardan faydalanılması* günümüzde birçok tanımlamada *ekosistem hizmetleri* için kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu kavramlar arasındaki benzerlik ve ilişki, temelde aynı amacı hedeflemiş olmalarından kaynaklanmaktadır.

Havza yönetiminin amaçları ise Özhan (2004) tarafından “havzadaki sorunu veya sorunları çözerek doğal kaynakların havza içerisindeki ve/veya dışında yaşayan toplumların isteklerine bütünüyle cevap verecek ve refahını sürekli kılacak şekilde işletilmesini sağlamak” olarak ifade edilmiştir. Fakat havza içerisinde yaşayan toplumların farklı ihtiyaçlarının olması, yönetim uygulamalarının da farklı olmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla havza karakteristikleri de dikkate alınarak tüm talepleri karşılamak amacıyla bu tanımlama beraberinde “çok yönlü kullanım” kavramını getirmiştir. Çok yönlü kullanım kısaca, bir havzada birden çok ürün elde edilmesi için havzadaki kaynakların yönetimi olarak ifade edilmekte ve bir havzada uygulanabilirliği şöyle açıklanmaktadır (Özhan, 2004):

- Havzada talep edilen birçok ürün ve hizmetten elde edilebilir doğal kaynak ürünlerinin devamlılığını sağlamak,
- Havzadaki farklı doğal kaynak ürünlerinin dönüşümlü olarak kullanımını sağlamak,
- Havzayı kendi içerisinde coğrafik birimlere ayırıp arazisinin en uygun şekilde kullanımını sağlayarak her birimde tek ürün elde etmek.

Havzadaki kaynakların çok yönlü kullanım ilkesine göre yönetilmesini zorunlu kılan bir havza yönetimi yaklaşımı mevcut olup bütünleşik havza yönetimi olarak adlandırılmıştır. Bu yaklaşımda havzanın fiziksel nitelikleri ile havzada uygulanmakta olan politik gerçeklerin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Özhan, 2004). Bütünleşik havza yönetimi yaklaşımında önem verilen bir nokta da toplum refahı olmaktadır (Baycan Levent, 1999). Sürdürülebilir bir bütünleşik havza yönetimi yaklaşımı ile hem toplum refahının yükseltilmesi hem de havza kaynaklarının çok yönlü kullanımıyla her talebe cevap verebilmesi sağlanabilir. Bu bağlamda ekosistemler için bütüncül bir yaklaşımın ancak havza ölçeğinde planlama ve yönetimi ile gerçekleştirilebilmesi mümkündür (Baycan Levent, 1999).

Havza yönetiminde planlama esasları incelendiğinde, karşılıklı etkileşim içerisinde olan bu karmaşık yapının dikkate alınması vurgulanmaktadır (Özhan, 2004). Bunun nedeni ise havzanın bir bölümünde uygulanan faaliyetin diğer bölümdeki insanları ve de kaynakları etkilemesidir. Havza planlama konusunda bir diğer önemli nokta ise her havzanın kendine özgü niteliklerinin olması ve farklı planlama ve yönetim stratejilerine gerek duyulmasıdır. Ancak havzalar için planlama sürecinde birlikte ele alınması gereken konular şöyle sıralanmıştır (Brooks ve diğ., 1996):

- Havzadaki sorunların analizini gerçekleştirebilecek amaçlar ve yöneticilerin kararları,
- Havzanın özel niteliklerine göre ortaya çıkan kısıtlamalar-bütçe durumu-fiziksel, biyolojik, sosyal, kültürel, politik kısıtlamalar,
- Alternatif havza yönetimi faaliyetlerinin uygulanabilmesine yönelik teknikler.

Bu konulardan da anlaşıldığı üzere havza planlamadaki temel nokta, havzanın kullanım amacının belirlenerek buna dair sorunların çözümünü aramak, tüm kısıtlamaları bu çerçevede değerlendirmek ve katılımcı bir yaklaşımla ele almaktır.

Bu yaklaşım ülkemiz su havzaları için hazırlanmış olan Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (UHYS)'nde de yer almaktadır. Şöyle ki, UHYS ile havzaların ve doğal kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanım için orta ve uzun dönemli çalışmalara yol gösterici olmak amaçlanmaktadır. Ayrıca toplumların havzanın ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel tüm fayda ve hizmetleri ile ilgili ihtiyaçlarının yeterli düzeyde ve sürdürülebilir bir şekilde sağlanması için hedefler ortaya koyulmuş ve bu hedeflere ulaşabilmek için izlenecek stratejiler belirlenmiştir. Havzalarda yaşanan doğal kaynak tahribatını önlemek, toprak ve su kaynaklarının verimliliğini ve kalitesini koruyarak arttırmak, fauna ve flora çeşitliliğini korumak, kullanıcılara sunulan havza hizmetlerini havza ekosistem bütünlüğünü bozmadan sağlamak ve kırsaldaki toplumların refahını yükseltmek UHYS' nin temel öncelikleri olarak sıralanmıştır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014). Bu önceliklerle birlikte birer ekosistem olarak görülen ve sunduğu hizmetlerin varlığından söz edilen havzaların yönetimi ve planlanma sürecinde ekosistem hizmetlerine dayalı bir havza yönetim yaklaşımının amaçlanması düşünülmelidir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

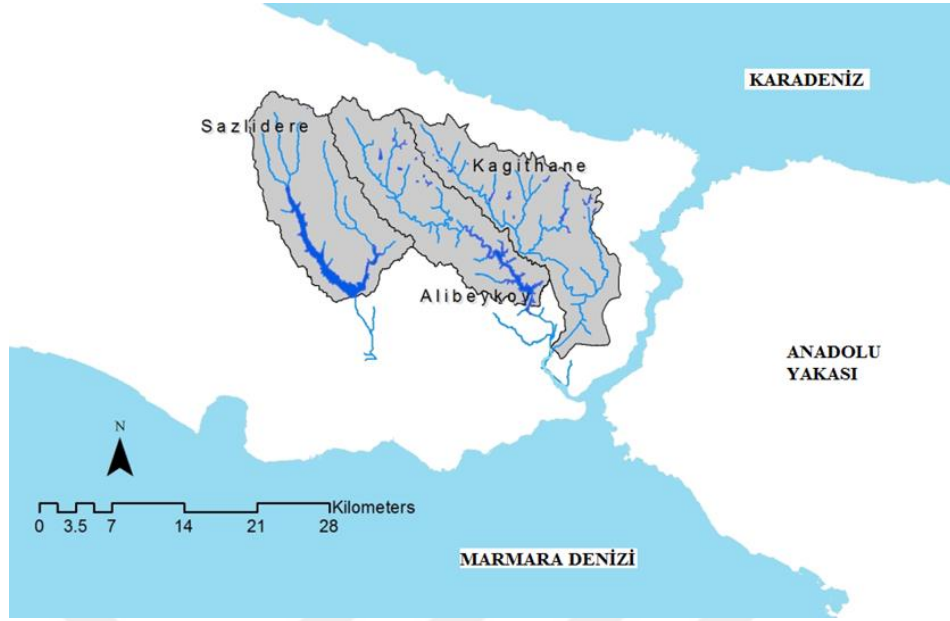
3.1. MALZEME

3.1.1. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

İstanbul İli Avrupa yakasında yer alan Kağıthane, Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları'nın toplam alanı bu çalışmanın araştırma alanını temsil etmektedir ve yaklaşık 581 km² alana sahiptir. Araştırma havzaları olarak seçilmelerinin nedeni ise bu havzalardan ikisinin (Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları) İstanbul İli' ne su sağlayan rezervuar havzaları olmaları, diğer havzanın (Kağıthane Havzası) ise kuzey bölümünün orman alanlarıyla kaplı olmasıdır. Ayrıca tez çalışmasının kapsamında yer alan nüfus artışının beraberinde getirdiği kentleşme olgusunun doğal süreçler ve ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerinin örneklenebileceği alanlar olması diğer bir nedendir.

3.1.1.1. Coğrafi Konum

Kağıthane, Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları, Marmara Bölgesi Çatalca – Kocaeli Bölümü' nde, Çatalca Yarımadası üzerinde bulunmaktadırlar. Karadeniz, İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi ile çevrelenmiş olan havzalar, 41° 28' ve 41° 04' kuzey enlemleri ile 29° 59' ve 29° 01' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Haliç'in kuzeybatısında yer alan bu üç havzanın batı-doğu yönündeki sıralaması ise Sazlıdere, Alibeyköy, Kağıthane Havzası olmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Çalışma havzalarının konumu.

Alibeyköy ve Kağıthane Havzaları, aynı isimli derelerin (Alibey ve Kağıthane dereleri) su toplama havzalarıdır. Alibey ve Kağıthane derelerinden Alibey Deresi Alibeyköy Barajı'nda son bulurken, Kağıthane Deresi Haliç'e dökülmektedir. Sazlıdere Havzası ise yine aynı isimli derenin (Sazlıdere) su toplama havzasıdır ve bu dere de Alibey Deresi gibi bir barajda (Sazlıdere Barajı) son bulmaktadır.

Alibeyköy Havzası'nın sınırı havzanın kuzeyinde bulunan yerleşim alanlarından Tayakadın' dan başlayarak güneyde Arnavutköy' e ulaşır TEM bağlantı yolu ile birleşerek havzanın güney sınırını; yine kuzeyde Tayakadın yerleşim alanından başlayan kuzey sınırı, güneydoğu yönünde ilerleyerek Kağıthane Havzası ile arasındaki su ayırım çizgisini de oluşturarak havzanın sınırını belirlemektedir. Bu sınırlar dâhilinde Alibeyköy Havzası' nın alanı 158 km²' dir.

Kağıthane Havzası' nın doğu sınırı kuzeyde yer alan Söğütlügöl mevkiinden başlayarak Kısırkaya yerleşim alanından aşağı doğru ilerlemekte ve Belgrad Ormanı' nın kuzeyinden geçen su ayırım çizgisini takip ederek Bahçeköy üzerinden Büyükdere – Hacıosman yoluna ulaşmaktadır. Şişli' ye kadar devam eden bu yol havzanın doğu sınırını; Kağıthane Deresi'nin Haliç'e döküldüğü yere kadar uzanan sınır ise havzanın güney sınırını oluşturmaktadır. Kağıthane Havzası' nın alanı ise 179 km²' dir.

Sazlıdere Havzası ise Durusu (Terkos) Gölü' nün güneydoğusunda ve Küçükçekmece Gölü' nün kuzeyinde yer alan baraj havzasıdır. Havza 194 km² alana sahiptir.

3.1.1.2. Topografik Yapı

Çalışma alanının topografik özellikleri eğim, yükseklik ve bakı grupları açısından incelenmiştir.

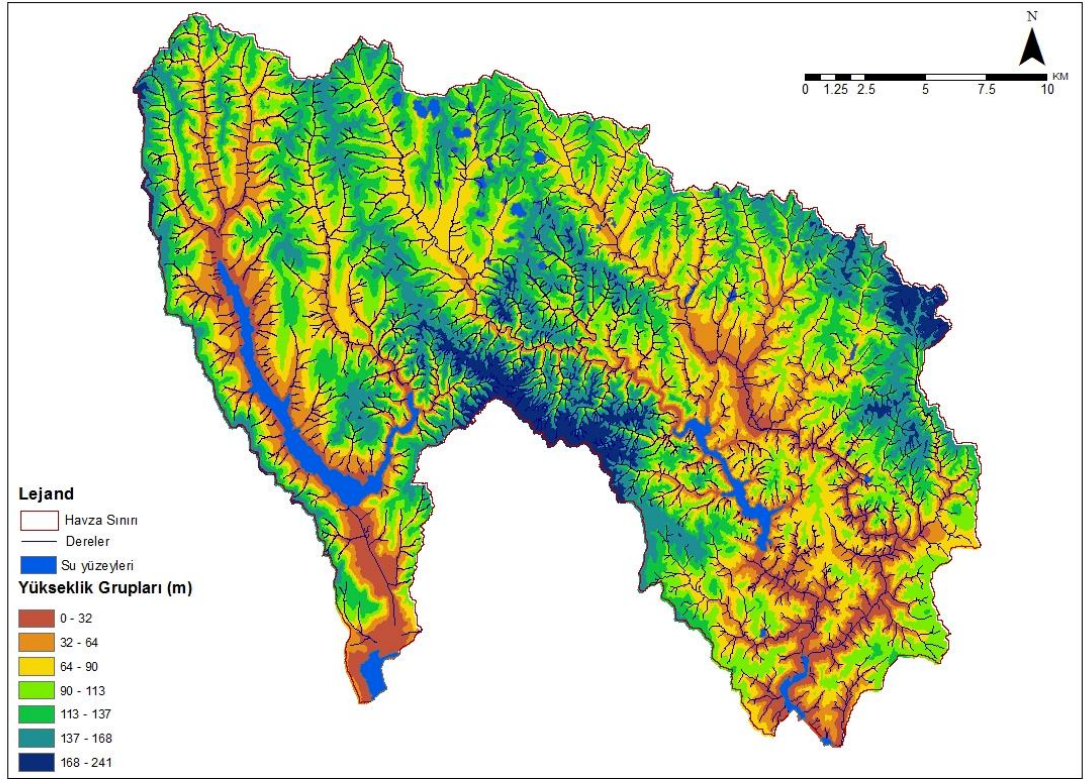
- **Yükseklik**

Yükseklik sıcaklığın ve yağışın dağılışında, toprağın oluşumunda önemli bir topografik etkindir. Bir başka ifadeyle sıcaklık dağılışı üzerinde en önemli rolü oynayan yükseklik, aynı zamanda bitki örtüsünün ve toprağın farklılık göstermesine de neden olmaktadır (Özyuvacı, 1999).

Çalışma alanının yükseltisi 0 m ile 241 m arasında değişmektedir ve yükseklik gruplarına göre alansal dağılımları Tablo 3.1' de verilmiştir. Şekil 3.2' de verilen harita ise çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli olup, 1/25000 ölçekli haritadan elde edilmiştir.

Tablo 3.1: Çalışma alanına ait yükseklik grupları ve alansal dağılımları.

Yükseklik Grupları (m)	Alan (ha)	Alana oranı (%)
0-32	5349,58	9,21
32-64	8094,37	13,93
64-90	13035,5	22,44
90-113	12933,5	22,26
113-137	10229	17,61
137-168	6512,85	11,21
168-241	1946,33	3,35
Toplam	58101,13	100



Şekil 3.2: Çalışma alanına ait yükseklik grupları.

Alandaki yükseklik dağılımına bakıldığında ana derelerin en düşük yükseklik grubunda (0-32 m) yer aldığı ve tüm alanın % 9,22' lik kısmını temsil ettiği görülmektedir. Yerleşim alanlarının yükseklik grupları farklılık göstermektedir. Bunun yanında çalışma alanının %22,44' lük kısmını 64-90 m arasında yüksekliğe sahip alanlar temsil ederken, % 3,35' lik kısmını ise 168-241 m arasındaki en yüksek alanlar temsil etmektedir.

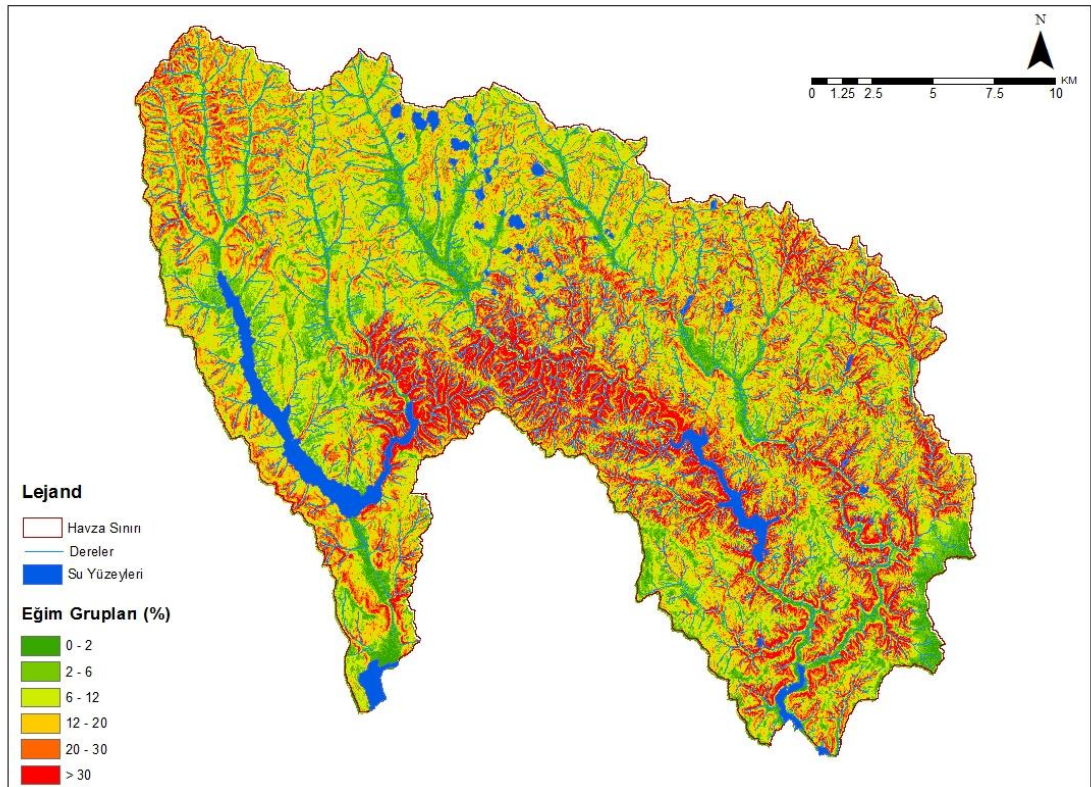
• Eğim

Topografik yapının bir diğer önemli ögesi olan eğim, toprağın oluşumunda, toprağın korunmasında ve devamında bitki örtüsünün oluşmasında etkilidir. Çalışma alanına ait eğim grupları belirlenirken Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan eğim grupları sınıflandırması esas alınmıştır:

- ❖ % 0-2 arası eğimler hemen hemen düz,
- ❖ % 2-6 arası eğimler hafif meyilli,
- ❖ % 6-12 arası eğimler orta meyilli, drenaj kolaylığı sağlamaktadır. Bu alanlar yerleşim alanları için uygun olup önlem alındığı takdirde tarım alanları için de uygundur,

- ❖ % 12-20 arası eğimler dik meyilli, konut için sorun yaratmayan alanlardır,
- ❖ % 20-30 arası eğimler çok dik meyilli, eğimin mühendislik açısından sorun oluşturmaya başladığı alanlardır,
- ❖ > %30 eğime sahip alanlar ise arızalı meyilli yani sarp arazilerdir.

Çalışma alanının eğim durumu bu sınıflandırma ile % 0-2, % 2-6, % 6-12, % 12-20, % 20-30 ve > % 30 olmak üzere altı gruba ayrılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Çalışma alanına ait eğim grupları.

Alanın eğim grupları incelendiğinde hemen hemen düz alanların (% 0-2 eğimli alanlar) ana derelerin bulunduğu alanlar olduğu görülmektedir. Ayrıca % 6,61 oranla en az alana (3838,43 ha) sahip olan bu eğim grubudur. Alanın % 14,62'lik kısmı ise hafif eğime (% 2-6) sahiptir. Alanda % 15,12 oran ile 8777,23 ha alana sahip olan % 20-30 eğimli yani çok dik meyilli alanlardır. En büyük alanı ise % 25,68 oranla (14908,10 ha), % 6-12 eğime sahip yani orta meyilli alanlar kaplamaktadır. Bu oranı % 25,27 (14669,20 ha) ile % 12-20 eğime sahip yani dik meyilli alanlar izlemektedir. Alanda % 12,71 oran ile 7376,40 ha alana sahip > % 30 eğim sınıfı görülmektedir (Tablo 3.2). Ayrıca eğimin

dikleştiği yerler çalışma alanı olarak belirlenen havzanın yüksek kesimleri olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.2: Çalışma alanına ait eğim grupları ve alansal dağılımları.

Eğim Grupları (%)	Alan (ha)	Alana göre oran (%)
0-2 (Hemen hemen düz)	3838,43	6,61
2-6 (Hafif eğimli)	8487,03	14,62
6-12 (Orta eğimli)	14908,10	25,68
12-20 (Dik eğimli)	14669,20	25,27
20-30 (Çok dik eğimli)	8777,23	15,12
> 30 (Sarp)	7376,40	12,71
Toplam	58101,13	100

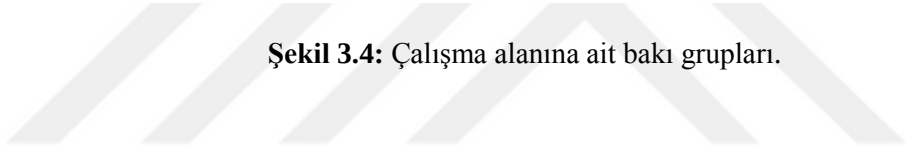
- **Bakı**

Bir diğer topografik öge olan bakı, yamaçların güneş ışınlarını alışı yönünü tanımlayan faktördür. Bir diğer ifadeyle arazinin yönelişinin dört ana ve dört ara yönden hangisine baktığını ifade etmektedir.

Arazinin bakısı, güneşlenme üzerindeki etkileri nedeniyle sıcaklık koşullarını belirleyen topografik faktörlerden biridir (Özyuvacı, 1999). Sıcaklık dışında yağış, güneşlenme süresi, evapotranspirasyon, daimi kar sınırının yüksekliği, tarım ürünlerinin olgunlaşma süresi ve ormanların yükselti sınırı üzerinde de etkilidir.

Ülkemizin de bulunduğu Kuzey Yarımküre’ de güney bakılar yıl boyunca güneş ışınlarını daha geniş açıyla aldıklarından daha sıcak olmaktadır. Bu nedenle ülkemizde “güney, güneydoğu, güneybatı ve batı” bakıları güneşli bakılar; “kuzey, kuzeybatı, kuzeydoğu ve doğu” bakıları ise gölgeli bakılar olarak ifade edilmektedir (Çepel, 1994).

Çalışma alanına ait bakılar, dört ana ve dört ara yön olmak üzere toplam sekiz yönü ve düz alanları temsil edecek şekilde gruplandırılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Çalışma alanına ait bakı grupları.

Çalışma alanına ait bakı gruplarının ve düz alanların, alansal ve oransal dağılımı ile her bir bakının gördüğü açılar Tablo 3.3’te verilmiştir.

Tablo 3.3: Çalışma alanına ait bakı grupları ve alansal dağılımları.

Bakı Grupları	Bakı gruplarının gördüğü açı dereceleri (°)	Alan (ha)	Alana göre oran (%)
Düz Alanlar	-	1119,67	2,01
Kuzey Bakı	337,5° - 360° ve 0° - 22,5°	3734,72	6,72
Kuzeydoğu Bakı	22,5° - 67,5°	7607,24	13,68
Doğu Bakı	67,5° - 112,5°	8106,63	14,58
Güneydoğu Bakı	112,5° - 157,5°	7402,75	13,31
Güney Bakı	157,5° - 202,5°	5244,29	9,43
Güneybatı Bakı	202,5° - 247,5°	7741,63	13,92
Batı Bakı	247,5° - 292,5°	7891,99	14,19
Kuzeybatı Bakı	292,5° - 337,5°	6759,34	12,16
Toplam		58101,13	100

Alanın % 6,72' sini kuzey, % 14,58' ini doğu, % 9,43' ünü güney ve %14,19' unu batı bakıları oluşturmaktadır. Burada da görüldüğü gibi alanda en çok doğu ve batı bakıları bulunmaktadır. En az oranda bulunanlar ise % 2,01'lik kısmı oluşturan düz alanlardır.

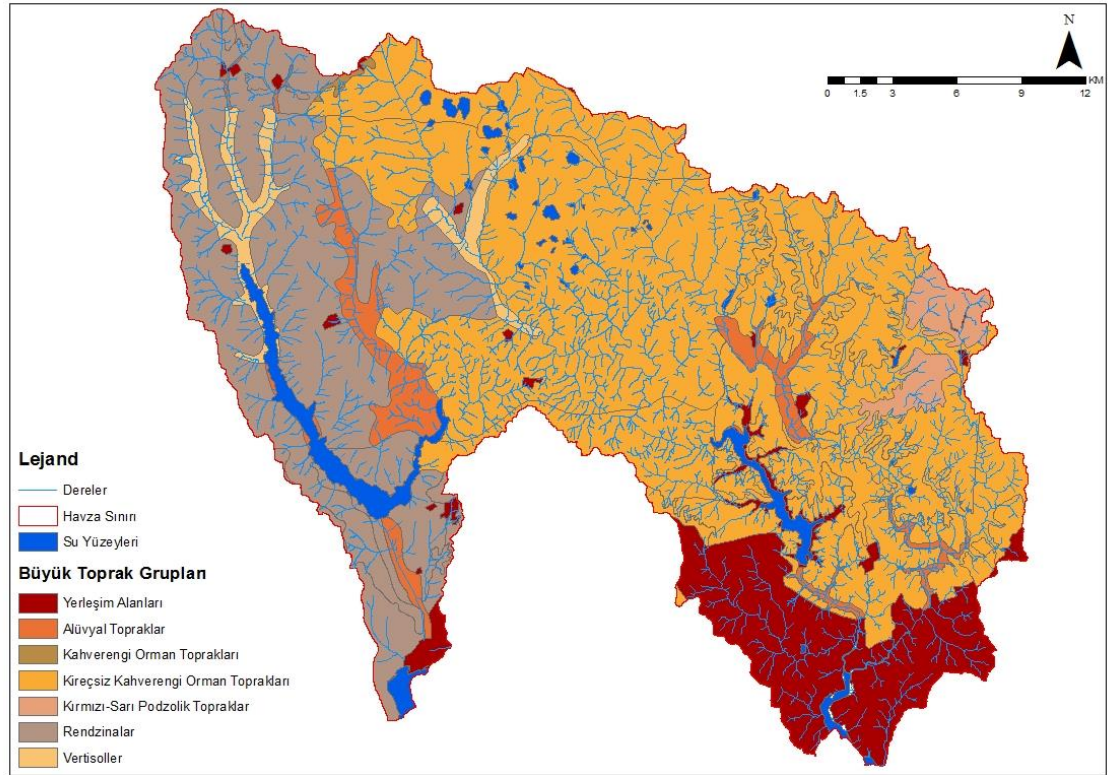
3.1.1.3. Jeolojik Yapı ve Toprak Yapısı

Toprakların oluşumu ana kaya ve organik maddelerin ayrışma ürünlerinden oluşmaktadır (Çepel, 1988). Bu nedenle herhangi bir alanın toprakları incelenmek istendiğinde ana kaya özellikleri ve oluşum süreçleri en önemli faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma alanındaki jeolojik yapı incelendiğinde Neojen Belgrad ve Karbonifer formasyonların hakim olduğu görülmektedir. Alibeyköy havzasında bulunan karbonifer formasyonu içerisinde yer yer kalker yapılarına rastlanmakta (Kireç ocakları yöresi), Pirinççi Köyü ile Küçükköy arasında da killi şist grovak ana kayalar yer almaktadır, Çavuşköy ile Küçükköy arasında ise kumlu killi grovak şistleri (konglomera-gre-grovak) bulunmaktadır. Havzaların Kuzey kısımlarında Neojen Belgrad Formasyonu ve Karbonifer dönemine ait killi grovak şistler bulunmaktadır. Arnavutköy'ün doğusunda yani Sazlıdere Havzasının kuzeydoğu kesimlerinde kısmen Andezit ve yer yer alüvyal sahalara rastlanmaktadır (Çokoyoğlu, 2008).

Çalışma alanına ait Büyük Toprak Grupları haritası T.C. Gıda, Tarım ve Ormancılık Bakanlığı'ndan alınan haritalar kullanılarak hazırlanmıştır. Alana ait Büyük Toprak Grupları haritası incelendiğinde alanda Kahverengi Orman Toprağı, Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı, Alüvyal Topraklar, Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar, Rendzinalar ve Vertisoller görülmektedir (Şekil 3.5).

Yerleşim alanları hariç tutulduğunda çalışma alanının Kağıthane ve Alibeyköy Havzaları'nda yoğunlukla Kahverengi Orman Toprağı ve Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı görülürken; Sazlıdere Havzası'nın hemen hemen her yerinde Rendzinalar görülmektedir.



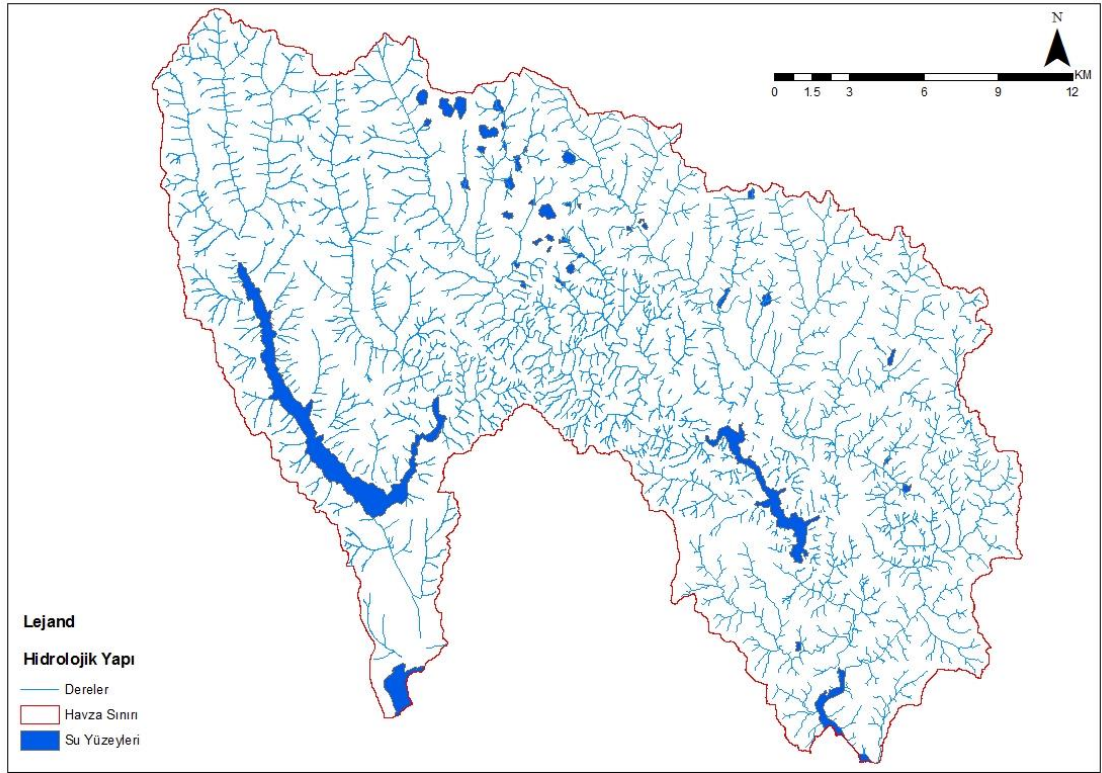
Şekil 3.5: Çalışma alanına ait Büyük Toprak Grupları¹.

3.1.1.4. Hidrolojik Yapı

Bir akarsu ağının oluşumunda ana kayanın özellikleri ve tabakalaşma durumu, zayıf direnç alanları ve yerkabuğunun hareketleri etkin rol oynamaktadır. Bu faktörlere bağlı olarak çeşitli drenaj tipleri gelişmektedir (Özhan, 2004). Kısacası drenaj tipinin oluşumunda da arazinin topografyası ve ana kayası en önemli faktörlerdir.

Çalışma alanının, Erinç (1958)' in “homojen, yatay tabakalaşmanın olduğu alanlarda ve zayıf direnç hatlarının görülmediği masif katılaşım kayaları üzerinde görülen drenaj tipi” olarak tanımladığı Dendritik drenaj tipine sahip olduğu ifade edilebilir (Şekil 3.6). Bir ağacın dalları ile görüntüsünü anımsatan bu drenaj dağılım tipi İstanbul çevresinde yaygın halde görülmektedir.

¹ T.C. Gıda, Tarım ve Ormancılık Bakanlığı'ndan alınan haritalar kullanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 3.6: Çalışma alanının drenaj yapısı.

Çalışma alanındaki ana dereler (Kâğıthane Deresi, Alibey Deresi ve Sazlıdere) devamlı dereler olup; bunlara bağlanan yan kolların devamlı olanlar dışında bir kısmı mevsimsel bir kısmı ise kuru derelerdir.

Alibey Deresine bağlı dereler; Cebeci Deresi, Boğazköy Deresi, Bolluca Deresi, Kocaman Dere ve Çıplak Dere’ dir. Kâğıthane Deresine bağlı dereler; Ayazağa Deresi, Şeytan Deresi, Paşa Deresi, Kuru Dere, Karasu Deresi, Odayeri Deresi, Topçu Deresi, Ayvat Deresi, Orta Dere ve Bakraç Deresi’ dir. Sazlıdere’ ye bağlanan dereler ise Kanlıgil Deresi, Derbent Deresi, Baklalı Deresi, Boyalık Deresi, Dursunköy Deresi, Mandıra Deresi, Kaldırım Çoban Deresi ve Türkköse Deresi’ dir.

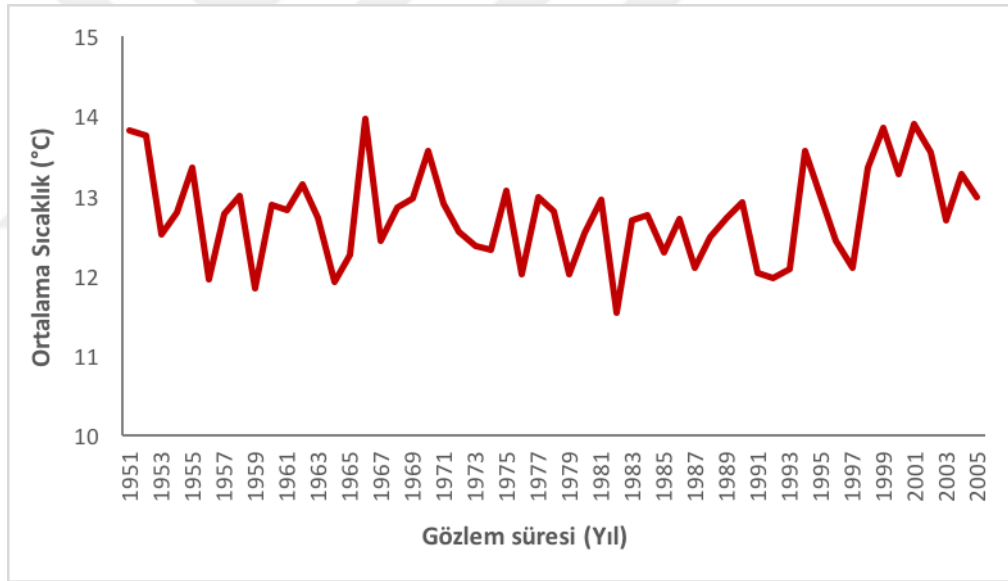
Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları’ nda ana dere ve yan kolları son olarak barajı beslemektedir ve İstanbul İli için içme suyu sağlama miktarları bakımından önemli olup; sırasıyla %3 ve %7 olarak ifade edilmektedir (Gülbaz, 2010).

3.1.1.5. İklim

Çalışma alanının iklim özelliklerini belirlemek amacıyla, alanın en iyi şekilde temsil edilebilmesi açısından alana en yakın meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Bu istasyonlar Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu, Kumköy Meteoroloji İstasyonu ve Florya Meteoroloji İstasyonu olarak seçilmiştir. Bu istasyonların uzun yıllara ait ölçüm verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden talep edilmiş ve kullanılmıştır.

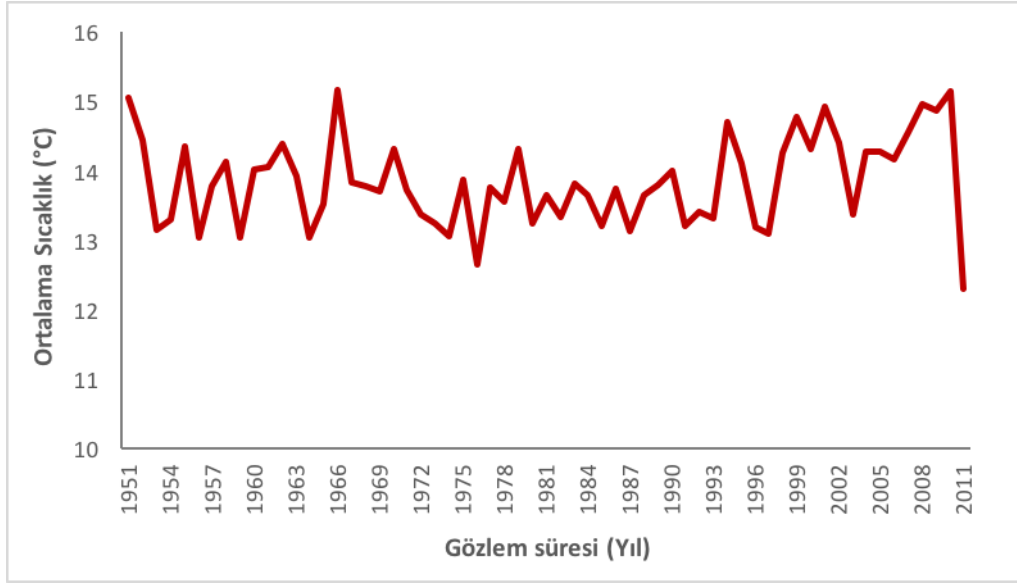
- **Sıcaklık**

Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu' nun 1951-2005 yılları arasındaki gözlemlerine göre yıllık ortalama sıcaklık $12,8^{\circ}\text{C}$ ' dir. Gözlem süresince günlük maksimum sıcaklık değeri $40,7^{\circ}\text{C}$ ve günlük minimum sıcaklık değeri ise $-11,4^{\circ}\text{C}$ ölçülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri $12 - 14^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermektedir (Şekil 3.7).



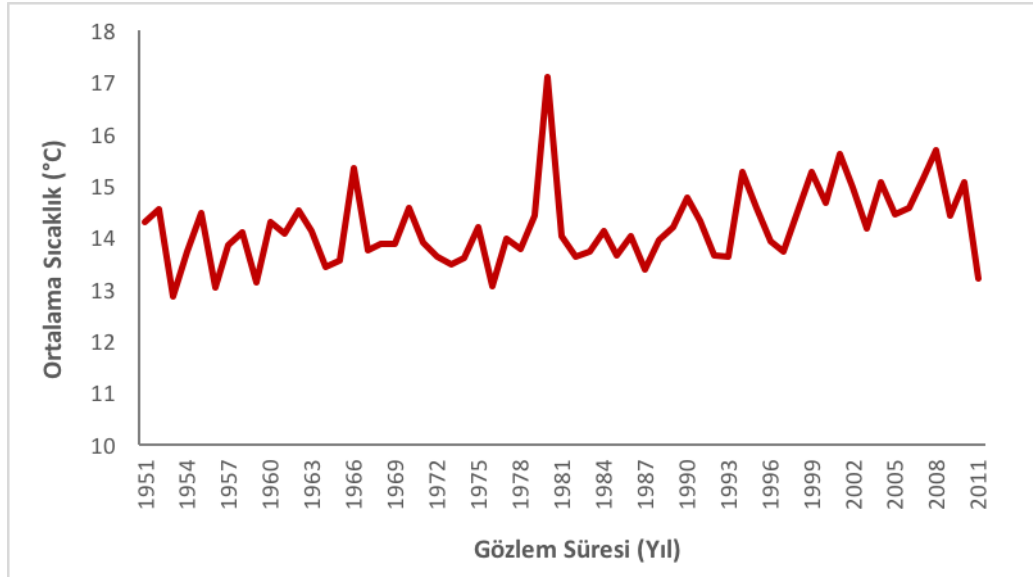
Şekil 3.7: Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu' nun yıllara göre sıcaklık değerleri.

Kumköy Meteoroloji İstasyonu'nun 1951-2011 yılları arasındaki gözlemlerine göre yıllık ortalama sıcaklık $13,8^{\circ}\text{C}$ ' dir. Gözlem süresince günlük maksimum sıcaklık değeri $41,4^{\circ}\text{C}$ ve günlük minimum sıcaklık değeri $-10,4^{\circ}\text{C}$ ' dir. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri $12 - 15,2^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Kumköy Meteoroloji İstasyonu’nun yıllara göre sıcaklık değerleri.

Florya Meteoroloji İstasyonu’ nun 1951-2011 yılları arasındaki gözlemlerine göre yıllık ortalama sıcaklık $14,2^{\circ}\text{C}$ ’ dir. Gözlem süresince günlük maksimum sıcaklık değeri $38,5^{\circ}\text{C}$ ve günlük minimum sıcaklık değeri $-10,0^{\circ}\text{C}$ ’ dir. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri $12,9 - 17,1^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermektedir (Şekil 3.9).

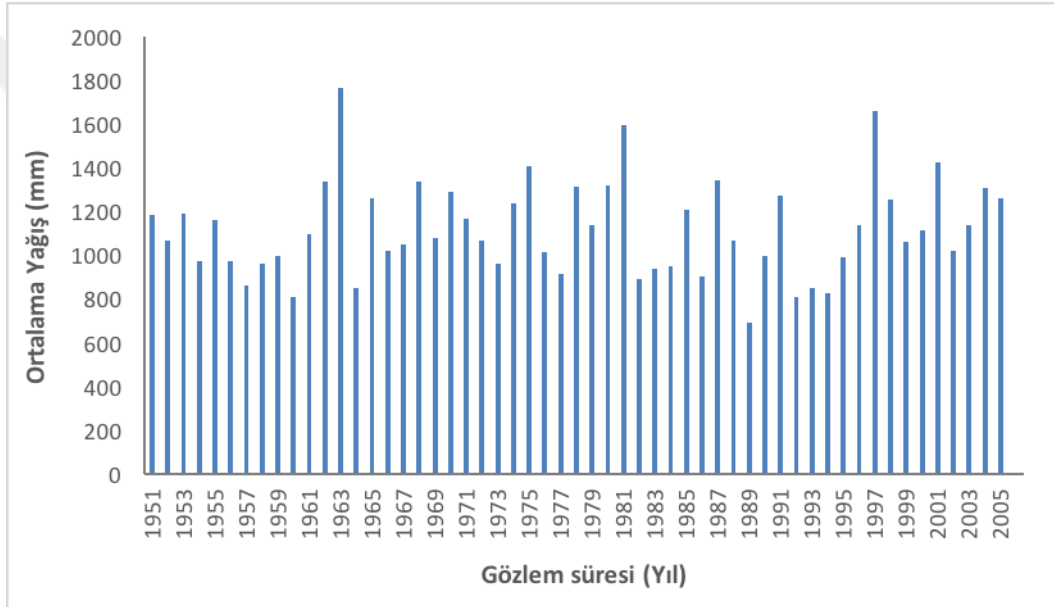


Şekil 3.9: Florya Meteoroloji İstasyonu’ nun yıllara göre sıcaklık değerleri.

İncelenen bu üç istasyonun verilerine bakıldığında çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklık değerinin 12,8°C ile 14,2°C arasında değiştiği görülmektedir.

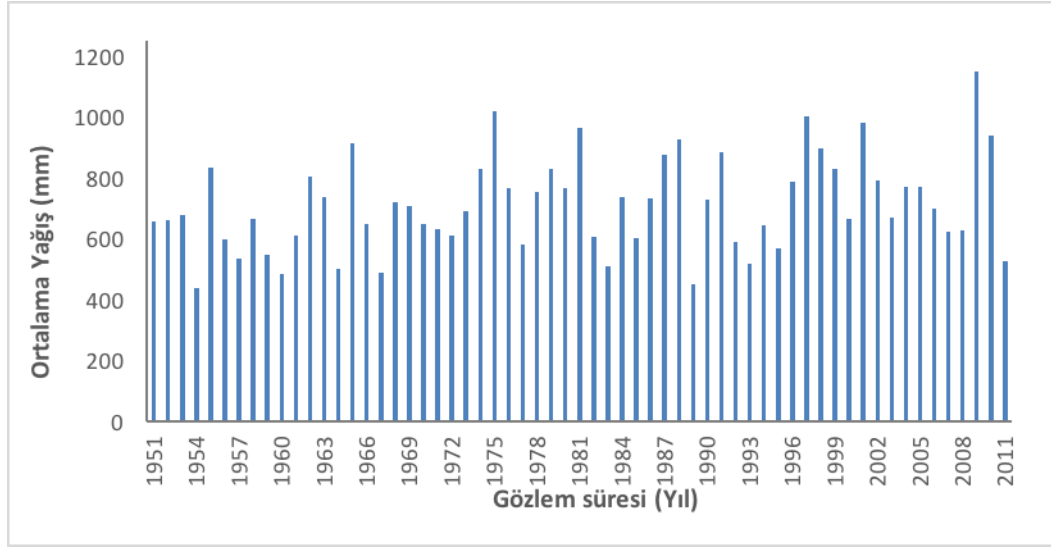
• Yağış

Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu' nun 1951-2005 yılları arasındaki gözlemlerine göre yıllık ortalama yağış 1121,6 mm' dir. Yıllık en düşük yağış 1989 yılında (694,0 mm), en yüksek yağış ise 1963 yılında (1764,0 mm) görülmüştür (Şekil 3.10). Yağışın yıl içerisindeki dağılımı incelendiğinde en yağışlı ay 176,5 mm ile Aralık ayı; en az yağışlı ay ise 38,2 mm ile Temmuz ayı olarak görülmektedir.



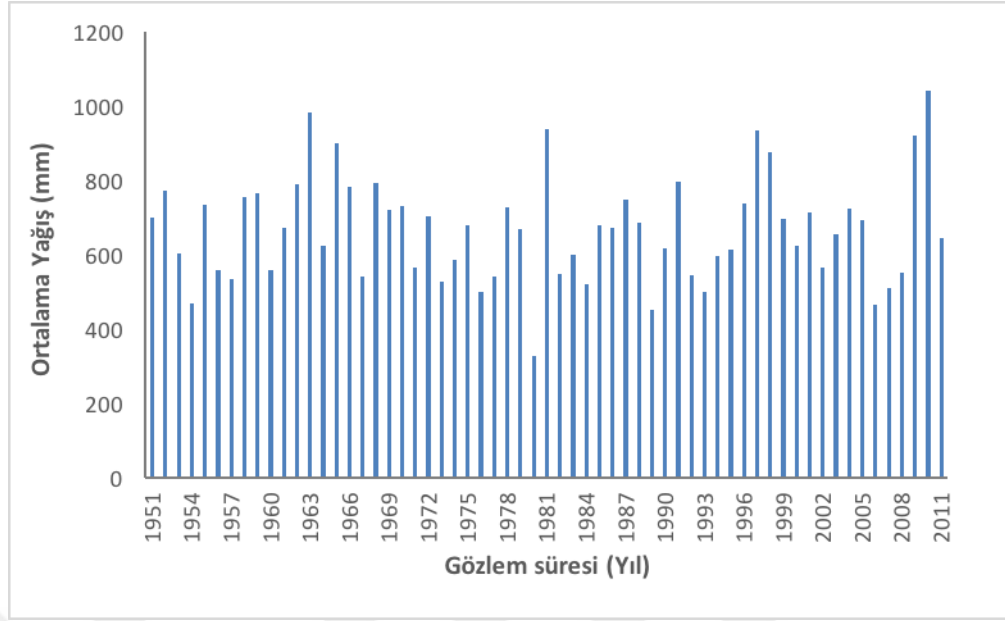
Şekil 3.10: Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu' nun 1951-2005 yılları arasındaki yıllık yağış değerleri.

Kumköy Meteoroloji İstasyonu'nun 1951-2011 yılları arasındaki gözlemlerine göre yıllık ortalama yağış 709,9 mm' dir. Yıllık en düşük yağış 1954 yılında (435,9 mm), en yüksek yağış ise 2009 yılında (1148,5 mm) görülmüştür (Şekil 3.11). Yağışın yıl içerisindeki dağılımı incelendiğinde en yağışlı ay 122,3 mm ile Aralık ayı; en az yağışlı ay ise 25,5 mm ile Temmuz ayı olarak görülmektedir.



Şekil 3.11: Kumköy Meteoroloji İstasyonu'nun 1951-2011 yılları arasındaki yıllık yağış değerleri.

Florya Meteoroloji İstasyonu' nun 1951-2011 yılları arasındaki gözlemlerine göre yıllık ortalama yağış 666,1 mm' dir. Yıllık en düşük yağış 1980 yılında (327,2 mm), en yüksek yağış ise 2010 yılında (1041,0 mm) görülmüştür (Şekil 3.12). Yağışın yıl içerisindeki dağılımı incelendiğinde en yağışlı ay 93,5 mm ile Aralık ayı; en az yağışlı ay ise 21,9 mm ile Temmuz ayı olarak görülmektedir.



Şekil 3.12: Florya Meteoroloji İstasyonu' nun 1951-2011 yılları arasındaki yıllık yağış değerleri.

İncelenen bu üç istasyonun verilerine bakıldığında çalışma alanının yıllık ortalama yağış miktarı 666-1121 mm arasında değiştiği görülmektedir.

- **Bağıl Nem**

Bahçeköy, Kumköy ve Florya Meteoroloji İstasyonları' nın gözlemlerine göre çalışma alanının yıllık ortalama bağıl nemi % 73 – 79 arasında değişmektedir. Üç istasyona ait veriler incelendiğinde yıl içerisinde bağıl nemin en yüksek olduğu aylar Kasım, Aralık ve Ocak; en düşük olduğu aylar ise Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları olarak görülmektedir.

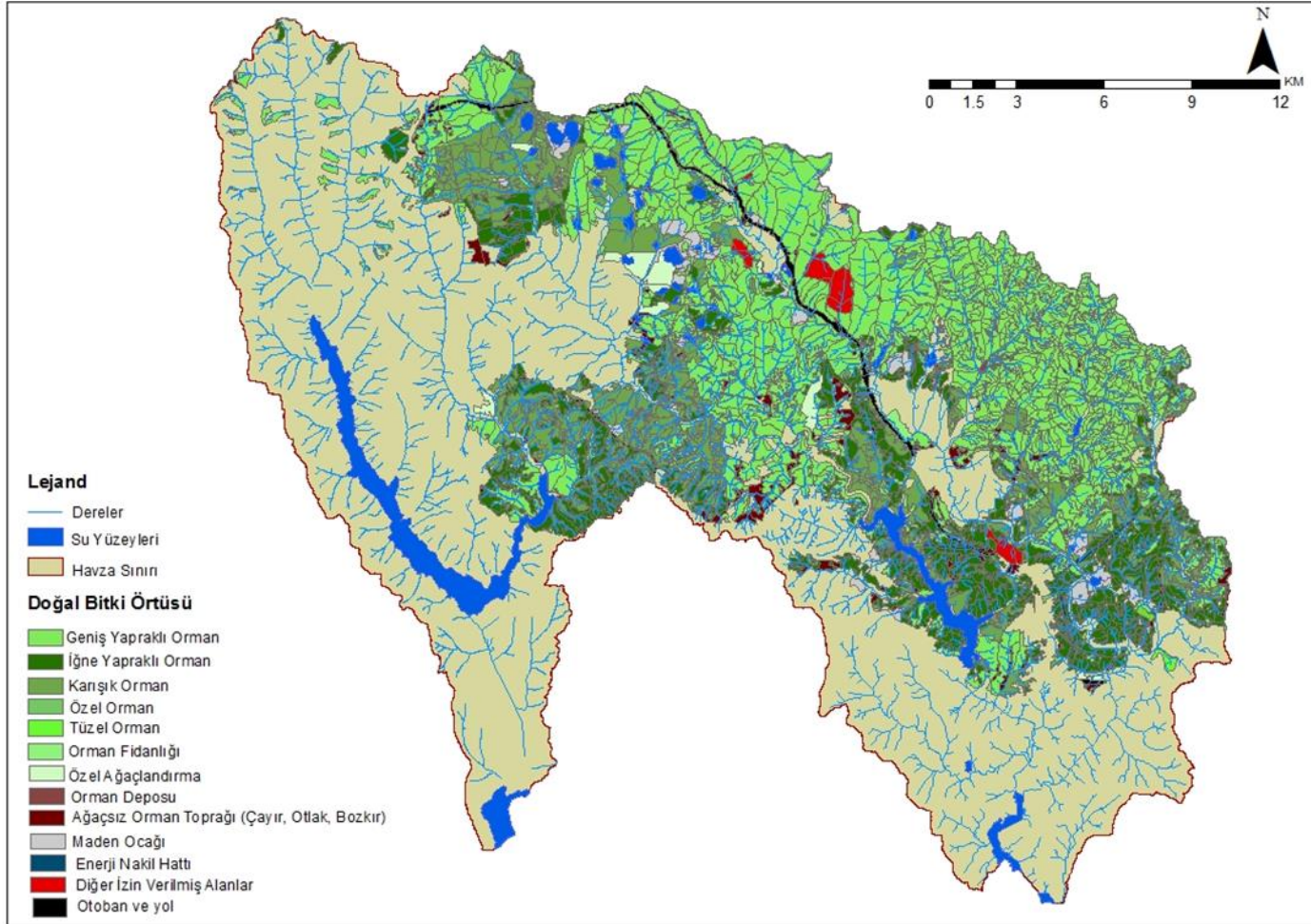
- **İklim Tipi**

Erinç' in Yağış Etkenliği İndisi' ne göre Bahçeköy, Kumköy ve Florya Meteoroloji İstasyonları' nın temsil ettiği çalışma alanının iklim tipi (Im: 50; 46,5 ve 36,5) nemli ve yarı nemli olarak belirlenmiştir.

3.1.1.6. Bitki Örtüsü

Çalışma alanında geniş yapraklı, iğne yapraklı ve karışık ormanlar yer almaktadır (Şekil 3.13). Kağıthane Havzası'nda orman formasyonunda hakim olan yapraklı meşcerelerden özellikle üst tabakayı oluşturan Meşeler (*Quercus sp.*) büyük bir yayılım

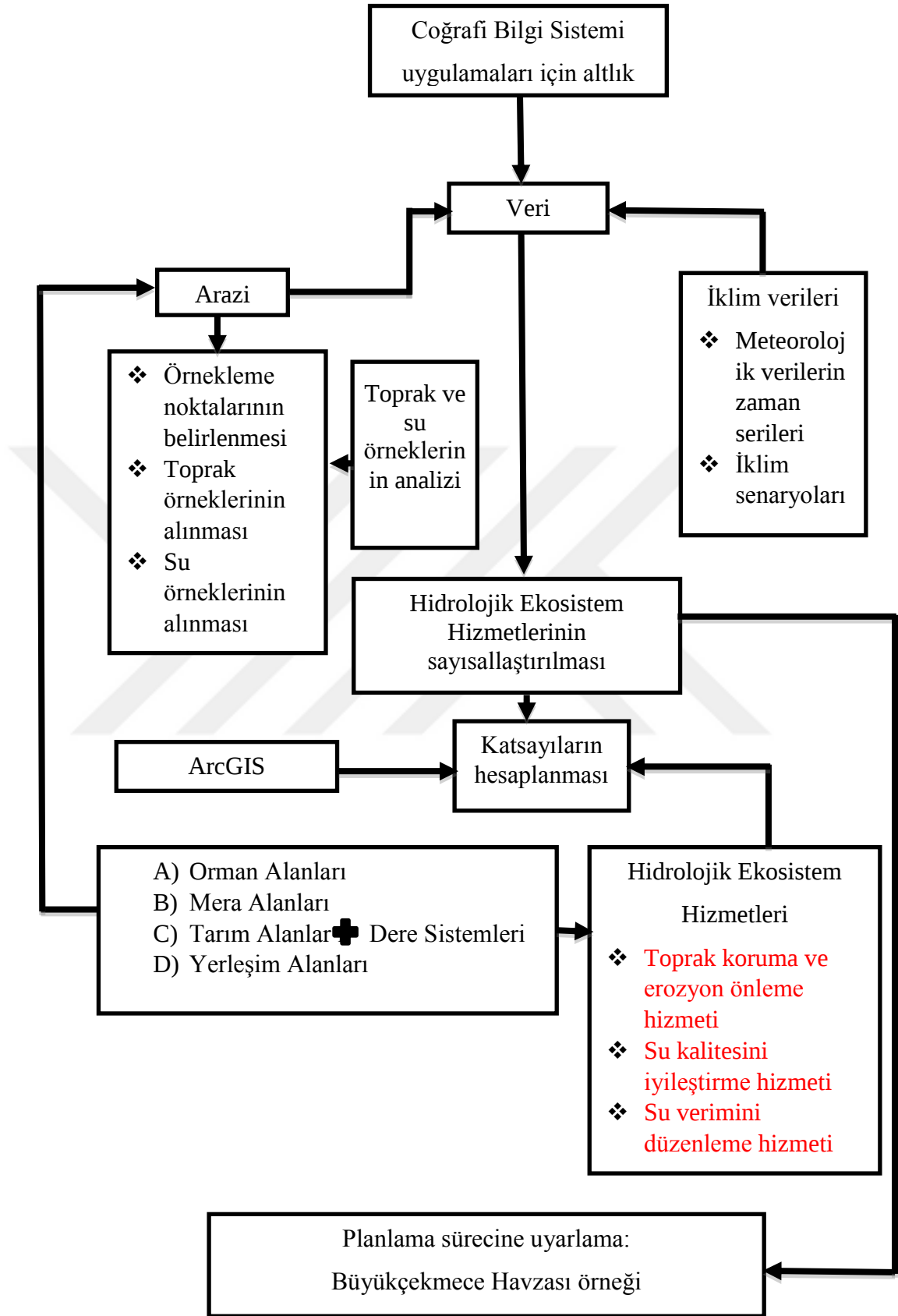
göstermektedir. Sonrasında Kayın (*Fagus sp.*), Kestane (*Castanea sp.*), Gürgen (*Carpinus sp.*) kuru ormanlarında, maki formasyonu olan Kocayemiş (*Arbutus unedo*) baltalık ormanlarında sık görülmektedir. Dişbudak (*Fraxinus*), Akçağaç (*Acer sp.*), Kızılağaç (*Alnus sp.*), Karağaç (*Ulmus sp.*), Söğüt (*Salix sp.*), İhlamur (*Tilia sp.*) ve Kavak (*Populus sp.*) gibi türler de dere kıyısı vejetasyonunda yer almaktadır. Her iki havzanın da güney kısımları, özellikle Alibeyköy Havzası'nda baraj etrafında sonradan ağaçlandırmalarla getirilmiş saf iğne yapraklı Karaçam (*Pinus nigra*) meşcerelerinin yanı sıra, Kızılçam (*Pinus brutia*), Sahil çamı (*Pinus pinaster*) ve Gökmar (*Abies sp.*) gibi türlere de rastlanmaktadır. Meşe-Karaçam ana türlerinden meydana gelen ibrelili-yapraklı karışık meşcereler de her iki havzada da sıkça görülmektedir. Sazlıdere Havzası'nda ise üst kısımlarda bozuk meşe meşcereleri yer alırken, baraj etrafında yer yer meşe ağırlıklı yapraklı ormanlar yer yer de Karaçam meşcereleri görülmektedir.



Şekil 3.13: Çalışma alanının doğal bitki örtüsü.

3.2. YÖNTEM

Ekosistem tarafından insanlara sağlanan fayda veya hizmetlerin tümü olarak tanımlanan ekosistem hizmetlerinin somut olarak ifade edilebilmesi her geçen gün önem kazanmaktadır. Bu bağlamda yapılan her bir çalışmada ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi (ekolojik veya ekonomik) farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmada da öncelikli amaç ekolojik yaklaşım ile hidrolojik ekosistem hizmetlerinin havza bazında değerlendirilerek sayısallaştırılmasıdır. Bu sürecin havza planlamaya uyarlanması ise çalışmanın ikincil amacını oluşturmaktadır, Ayrıca iklim değişikliğinin, çalışma alanı dâhilinde hidrolojik ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi de çalışma kapsamında yer almaktadır. Dolayısıyla bu amaçlara ulaşılabilmesi için çalışmada izlenen yöntem; arazi yöntemleri, laboratuvar yöntemleri ve büro yöntemleri olmak üzere üç başlık altında toplanmış ve bu doğrultuda Şekil 3.14' teki akış şeması izlenmiştir.



Şekil 3.14: Çalışma yöntemine ait akış şeması.

3.2.1. Alt Havzaların ve Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Arazi etüdlerinden önce çalışılacak alt havzalar belirlenmiştir. Burada ArcGIS programının ArcHidro modülü kullanılmıştır. 1/25000 ölçekli topografik haritalardan oluşturulan alt havza sınırları kontrol edilerek düzeltmeler yapılmıştır. Alt havzaların seçiminde arazi kullanım şekli belirleyici olmuştur ve çalışma kapsamında örneklemenin bu doğrultuda yapılabilmesi açısından 2006 CORINE arazi kullanım haritası altlık olarak kullanılmış; orman, mera, tarım ve yerleşim alanlarından birini ya da birkaçını kapsayan 27 adet alt havza seçilmiştir.

Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin havza karakteristikleri ile ilişkisinin ortaya koyulması amacıyla yine ArcGIS programı ile seçilen 27 alt havzanın aşağıdaki özellikleri belirlenmiştir:

- Alan (ha)
- Çevre (m)
- Ortalama yükseklik (m)
- Ortalama eğim (%)

Alt havzaların hidrolojik karakteristiklerinin belirlenebilmesi için ise drenaj ağı ile ilgili şu özellikler belirlenmiştir:

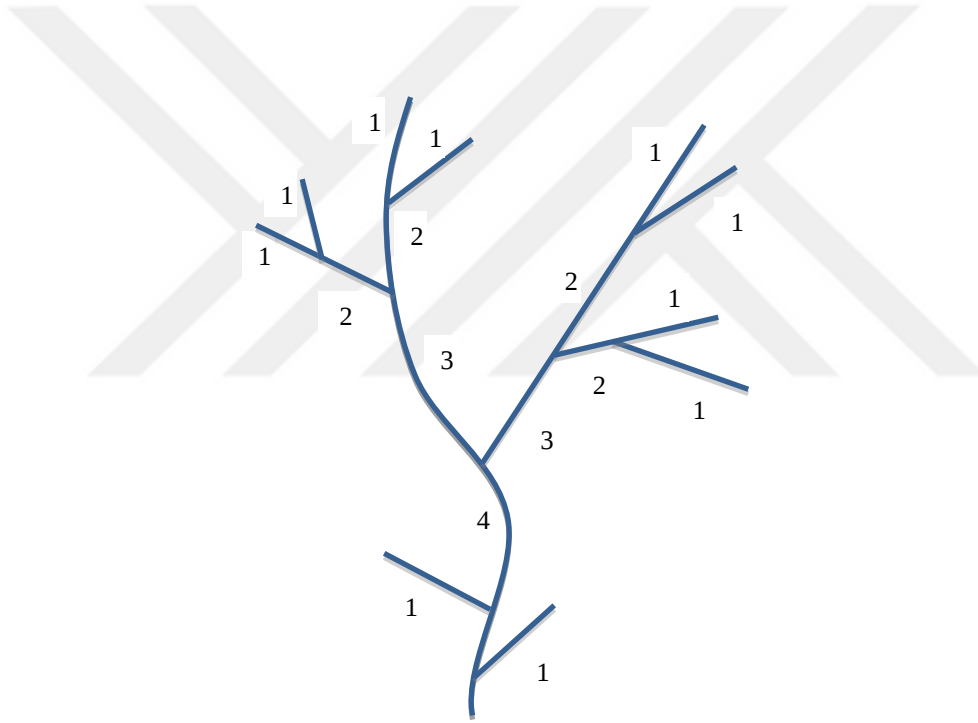
- Ana dere uzunlukları (m)
- Toplam dere sayısı (1., 2., 3. ve 4. dereceden derelerin toplam sayısı)
- Ana dereye bağlanan yan kolların uzunlukları (m)
- Drenaj yoğunluğu (km/km^2)
- Drenaj sıklığı
- Çatallanma oranı
- Yüzeysel akış mesafesi (m)
- Konsantrasyon zamanı (sa)

Alt havzaların ana dere uzunlukları ve ana dereye bağlanan tüm yan kolların uzunlukları sayısallaştırılmış topografik haritada ArcGIS programı ile hesaplanmıştır, Diğer özellikler ise belirli formüllerle hesaplanmıştır.

Toplam dere sayısının hesaplanması:

Dere sayısının hesaplanmasında öncelikle dere sırası (N_s) belirlenmiştir. Derelerin hiyerarşik bir düzen içerisinde sıralandığı varsayımını kabul eden çeşitli dere sıralama yöntemleri geliştirilmiştir (Gregory ve Walling (1976)' e atfen Özhan, 2004). Bu çalışmada Strahler dere sıralaması kullanılmıştır.

Strahler dere sıralama yönteminde daha küçük kolu olmayan dereler birinci derece, iki adet aynı derece derenin birleşmesinden bir üst derecedeki dere olarak sıralanmaktadır ve ana dere en yüksek dereceyi almaktadır (Şekil 3.15). Çalışmanın dere sıralaması ArcGIS programı ile yapılmıştır.



Şekil 3.15: Strahler dere sıralaması yöntemi.

Drenaj yoğunluğunun hesaplanması:

Drenaj yoğunluğu havzaların drenaj sistemleri hakkında bilgi veren önemli bir havza karakteristiğidir. Drenaj yoğunluğu, birim alana düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır (Bayazıt, 2001; Özhan, 2004). Yüksek drenaj yoğunluğu, o havzanın iyi gelişmiş bir drenaj sistemine sahip olduğunu ve bu havzada yüzeysel akışın hızlı gerçekleştiğini ifade etmektedir (Özhan, 2004).

Drenaj yoğunluğu, havzadaki derelerin (tüm kollar dahil) uzunluklarının, havzanın alanına bölünmesi ile elde edilmiştir:

$$D_d = \Sigma L / A \quad (3.1)$$

Bu ifadede;

D_d : Drenaj yoğunluğu (km/km²)

ΣL : Devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunlukları (km)

A : Havza alanı (km²)' dir.

Dere sıklığının (frekansının) hesaplanması:

Dere sıklığı (frekansı), toplam dere sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilmiştir, Kuru ve devamlı dereler birlikte ele alınmıştır.

$$D_s = N_s / A \quad (3.2)$$

Burada;

D_s : Dere sıklığı (frekansı)

N_s : Havzadaki toplam dere sayısı (adet)

A : Havza alanı (km²)' dir,

Çatallanma oranının hesaplanması:

Çatallanma oranı; derecelendirme sistemi (sıra sistemi) ile tanımlanan akarsu ağının büyüklüğünü ifade eden en önemli faktördür.

$$R_B = N_n / N_{n+1} \quad (3.3)$$

Burada;

R_B : Çatallanma oranı

N_n : n derecedeki derelerin sayısı

N_{n+1} : n+1, derecedeki derelerin sayısıdır.

Konsantrasyon zamanının hesaplanması:

Toplanma zamanı ya da geçiş süresi olarak da ifade edilen konsantrasyon zamanı, havzaya düşen yağışın yüzeysel akışa geçerek havzanın en uzak noktasından çıkışına ulaşana kadar geçen süredir.

Konsantrasyon zamanının hesaplanması için farklı denklemler mevcuttur ve bu çalışmada, bunlardan biri olan Kinematik eşitlik kullanılarak her alt havza için konsantrasyon zamanı hesaplanmıştır.

$$T_C = 0,93 \left(\frac{L^{0,6} n^{0,6}}{i^{0,4} S^{0,3}} \right) \quad (3.4)$$

Burada;

T_C : Konsantrasyon zamanı (sa)

L : Yüzeysel akış mesafesi (m)

n : Manning katsayısı

i : Yağış şiddeti (mm/sa)

S : Eğim (m/m)' dir.

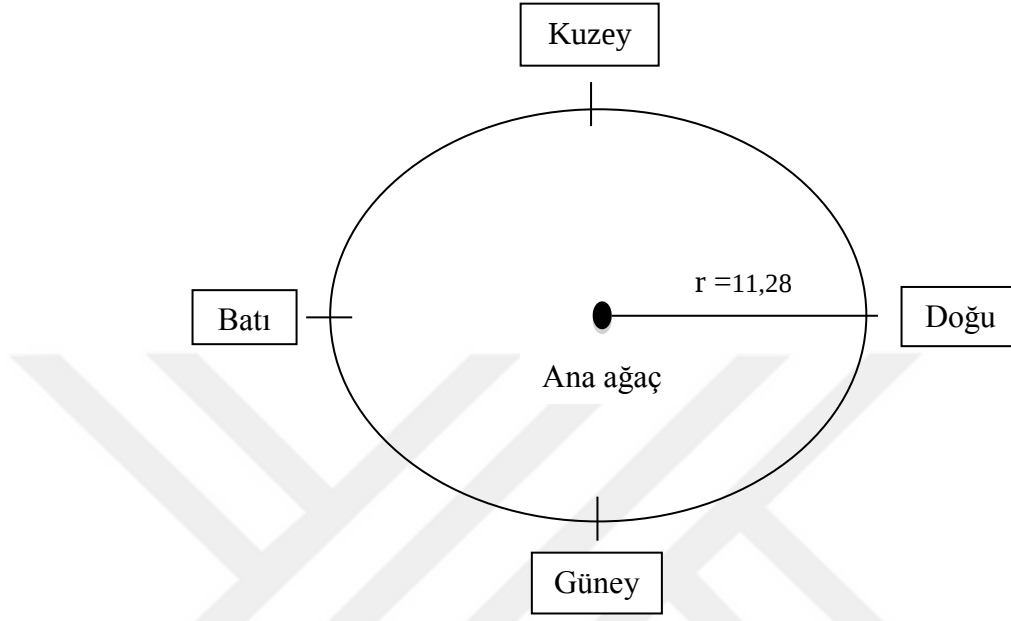
Havza karakteristiğini ve drenaj sistemlerini tanımlayan bu özelliklere ek olarak hidrolojik ekosistem hizmetleri irdelenen alt havzaların arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları belirlenmiştir. Arazi kullanım haritası kullanılarak orman (iğne yapraklı orman ve geniş yapraklı orman), mera, tarım ve yerleşim alanlarının yoğunlukları alt havzaların alanlarına oranlanarak bulunmuştur.

3.2.2. Arazi Yöntemleri

Çalışma alanında belirlenen 27 alt havzada, çalışmanın birincil amacı olan hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması için altlık oluşturacak verilerin elde edilmesi doğrultusunda arazi etüdları yapılmıştır. Bu etüdların ilk aşamasında toprak ve ölü örtü örnekleme; ikinci aşamasında dere sistemlerinde su kalitesi örnekleme gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1. Toprak ve Ölü Örtü Örnekleme

Örnekleme yapılırken örnek alan büyüklüğü 400m^2 alınarak ölçümler dört ana yönde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Arazide yapılan örnekleme şematik görünüşü.

Öncelikle örnekleme alanına giren ağaçlar belirlenmiş ve işaretlenmiştir. Daha sonrasında bu ağaçların her birinin çapları ölçülmüştür. Çalışma kapsamında sayısallaştırılması amaçlanan toprak koruma ve erozyon önleme, sel-taşkın önleme, erozyon-sedimentasyon önleme ve su verimini düzenleme hizmetleri bakımından önemli parametrelerden ölü örtü ve toprak özelliklerinin belirlenebilmesi için ana ağaca göre birbirine dik dört ana yönden örnekleme yapılmıştır. Dört ana yönde yapılan örnekleme sadece tarım alanları için tek bir örneklemeyle sınırlandırılmıştır.

Alanda ölü örtü örnekleme kuadrat yöntemi ile yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan kuadrat boyutu $0,5 \times 0,5$ m olarak seçilmiştir (Şekil 3.17). Kuadrat içerisinde kalan ölü örtünün öncelikle kalınlığı ölçülmüş daha sonra tümü poşetlere toplanarak laboratuvara götürülmüştür.



Şekil 3.17: Kuadrat yöntemi ile ölü örtü örnekleme.

Alanda toprak örnekleme ölü örtü temizlendikten sonra üst topraktan yapılmıştır (Şekil 3.18). Örnekler; doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleri (silindir örnekleri; silindir hacmi $326,56 \text{ cm}^3$) ve doğal yapısı bozulmuş toprak örnekleri (torba örnekleri) olmak üzere iki şekilde alınmıştır. Bu örnekler laboratuvara götürülerek permeabilite, maksimum su tutma kapasitesi, pH, elektriksel iletkenlik, organik madde miktarı, hacim ağırlığı, dispersiyon oranı, tekstür analizleri yapılmıştır.



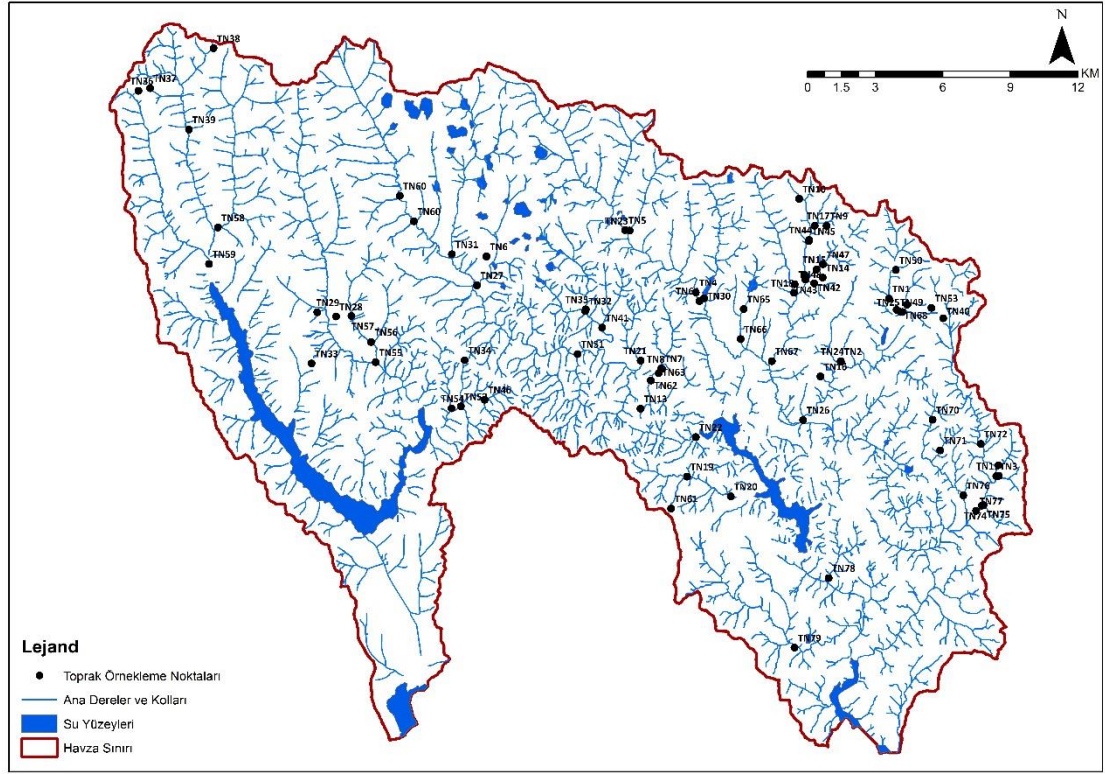
Şekil 3.18: Doğal yapısı bozulmuş (torba) ve doğal yapısı bozulmamış (silindir) toprak örneklerinin alınması.

Arazide ölçülen bir diğer parametre toprakların infiltrasyon kapasitesini etkileyen faktörlerden biri olan toprak sıkışması olmuştur. Dört ana yönde yapılan toprak sıkışması (kompaktlaşma) ölçümleri penetrometre (kg/cm^2) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Penetrometre ile toprak kompaktlaşmasının ölçülmesi.

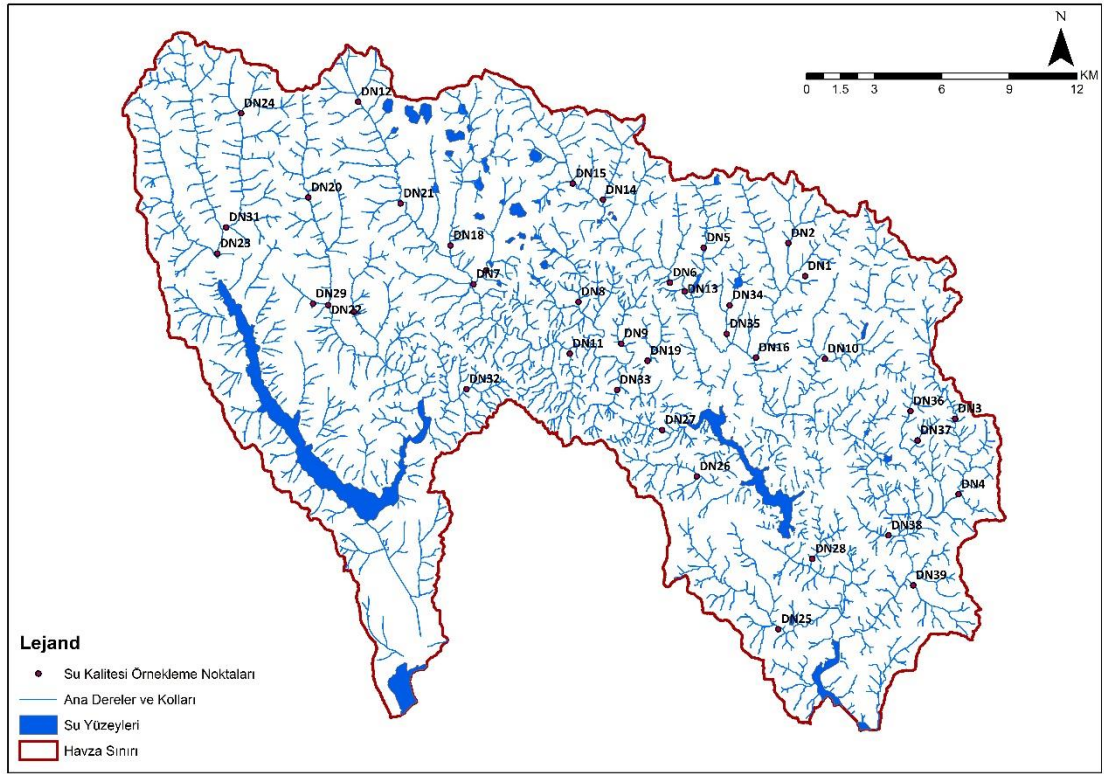
Arazi kullanma şekillerinin toprak özelliklerini etkileyen en önemli faktör olması nedeniyle çalışmada da bunu ortaya koyabilmek amacıyla alt havzalardaki farklı arazi kullanım türlerini temsil edecek örneklemeler yapılmasına dikkat edilerek toplam 79 noktadan toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: Toprak örnekleme noktalarının arazideki dağılımı.

3.2.2.2. Dere Sistemlerinde Su Kalitesi Örneklemesi

Çalışmada dere sistemlerinde yapılan örneklemler bazı su kalitesi parametrelerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Burada amaç su kalitesini ve değişimini izlemek olmadığından periyodik bir ölçüm yerine tek ölçüm yeterli görülmüştür. Su örnekleri devamlı dereler üzerinden alınmaya çalışılmıştır. Her alt havzayı temsil edecek en az bir dereye ölçüm gerçekleştirilmiş olup toplamda 39 dereye su kalitesi için örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21: Su kalitesi örnekleme noktalarının arazideki dağılımı.

Çalışmada su kalitesi parametrelerinden pH, elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ve çözünmüş oksijen (mg/lt) WTW Multiline cihazı kullanılarak; bulanıklık (NTU) portatif WTW TURB 355 IR cihazı kullanılarak arazide anlık olarak ölçülmüştür. Toplam askıda katı madde miktarı (mg/lt) ise araziden alınan örneklerin laboratuvarda analizi ile elde edilmiştir.

3.2.3. Laboratuvar Yöntemleri

Araziden alınan toprak örneklerinin tekstür, permeabilite, pH, elektrik iletkenliği, organik madde analizleri yapılmış ve maksimum su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, dispersiyon oranı değerleri de hesaplanmıştır.

3.2.3.1. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Bazı Kimyasal Analizleri

Tekstür Analizi (Mekanik Analiz – Bouyoucos Hidrometre Metodu):

Tekstür analizi, hava kurusu hale getirilmiş ve daha sonra 2 mm' lik elekten geçirilmiş topraklardan, toprak nemi de dikkate alınarak kumlu topraklar için 100 gr; ağır bünyeli topraklar için 50 gr alınarak yapılmıştır (Gökbulak, 1993). Organik madde tahribatı için

% 6' lık hidrojen peroksit kullanılmıştır (Gülçur, 1974). Sonrasında örneklere % 5' lik 10 ml NaOH eklenmiş ve bir gün bekletilmiştir. Bir gün bekletilen örnekler karıştırıcıda dispersleştirilmiş ve hidrometre silindrine aktarılarak saf su ile 1000 ml' ye tamamlanmıştır. Hidrometre silindirinin ağzı lastik kapak ile kapatılarak silindir 20 kez alt üst edilerek çalkalanmış; çalkalama bitince kronometre çalıştırılmış ve ilk okuma 4'48'', ikinci okuma 120 dakikada yapılmıştır (Gökbulak, 1993). Okumalara başlamadan önce hidrometre silindirlerine termometre yerleştirilmiş ve çözeltinin sıcaklık okumaları da 4'48'' ve 120 dakika sonra yapılmıştır. Okunan hidrometre değerleri üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılmış (Gökbulak, 1993), ilk okumada kil + toz; ikinci okumada kil miktarları belirlenmiştir. Toprak örneğinin toplam ağırlığından geri kalan kısmı ise kum fraksiyonu olarak hesaplanmıştır. Kum, toz ve kil fraksiyonları hesaplandıktan sonra tekstür üçgeni kullanılarak örnekleme noktalarındaki toprak tekstür sınıfları belirlenmiştir.

Dispersiyon oranı:

Toprakların erozyona karşı duyarlı ya da dayanıklı olup olmadıklarını belirlemek için toprak özelliklerine bağlı olarak basit erozyon indeksleri geliştirilmiştir. Bu indekslerden biri olan dispersiyon oranı, toprakların erozyona eğilimini toprak tekstürü ve taneciklerin dispersleşme özellikleri ile ortaya koymaktadır.

Dispersiyon oranı, mekanik analizde olduğu gibi 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri üzerinde yapılmıştır. Nem içeriklerine göre kumlu topraklardan 100 gr, ağır topraklardan 50 gr alınan örnekler beherlere koyulmuş ve üzerini örtecek şekilde saf su eklenmiştir ve bir gece bekletilmiştir. Sonraki gün beher içindeki örneğin tamamı hidrometre silindrine aktarılmış ve yine saf su ile 1000 ml' ye tamamlanmıştır. Bouyoucos Hidrometre metodunda olduğu 4'48'' ve 120 dakikada okunan değerlerin sıcaklık düzeltmeleri yapılarak kum, toz ve kil fraksiyonları hesaplanmıştır. Dispersiyon oranı, elde edilen bu değerlerden toz ve kil fraksiyonu toplamının mekanik analiz sonucu elde edilen toz ve kil fraksiyonu toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir ve şu denklem ile ifade edilmektedir:

$$DO = \frac{\% \text{ Toz} + \% \text{ Kil (dispersleştirilmemiş)}}{\% \text{ Toz} + \% \text{ Kil (dispersleştirilmiş)}} \times 100 \quad (3.5)$$

Elde edilen dispersiyon oranının değerlendirilmesi ise 15' ten büyük bulunursa toprak erozyona duyarlı; 15' ten küçük bulunursa erozyona dayanıklı şeklindedir (Özhan, 2004) (Tablo 3.4).

Tablo 3.4: Dispersiyon oranı sınıflandırması.

Dispersiyon Oranı	Erozyona duyarlı topraklar	Erozyona duyarlı olmayan topraklar
	> 15	< 15

Permeabilite:

Permeabilite, toprağın gözenekli bir ortam olarak suyu geçirme özelliğini ifade etmektedir. Belirli bir kesit alanına ve yüksekliğe sahip bir toprak kütlesinin birim zamanda geçirdiği su miktarı olarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada toprak türlerinin su geçirme özellikleri farklılıklar gösterdiği için genel bir kabul yapılmış ve topraklar doymun haldeyken analiz yapılır.

Permeabilite hesaplanırken Darcy kanunu, laboratuvarında toprak sütunu üzerinde sabit bir su yükü oluşturularak uygulanmakta ve denklemi şu şekilde kullanılmaktadır:

$$K = \frac{Q}{A} \times \frac{L}{H+L} \quad (3.6)$$

Burada;

K: Permeabilite (cm/dak)

Q: Sütundan geçen su miktarı (cm³/dak)

A: Sütunun kesit alanı (cm²)

L: Sütunun yüksekliği (cm)

H: Sütun üzerindeki etkili su yüksekliği (cm)' dir.

Çalışmada da alınan toprak örnekleri (silindir örnekleri) öncelikle doymun hale getirilmek üzere su dolu bir kabın içerisinde bir gün bekletilmiştir (Marvin ve diğ., 1954). Sonraki gün doymun haldeki silindir örnekleri 10 dakika serbest drenaja bırakılarak yerçekimi suyu uzaklaştırılmıştır. Daha sonrasında toprak örnekleri üzerinde 3 cm' lik su sütunu oluşturabilmek için silindir başlıkları takılmıştır ve hazırlanan

örnekler permeabilite cihazına yerleştirilmiştir. Önce toprak örneklerinin geçirgenliklerinin dengeye gelmesi beklenmiş sonrasında 50 cm³ suyun birikmesi için geçen süre kronometre ile belirlenmiştir. Bu ölçüm 4 kez tekrarlanarak her bir toprak örneği için ortalama değer elde edilmiştir. 50 cm³' den az su geçiren örnekler için ölçüm iki saat devam etmiş ve bu sürede geçirdikleri su miktarı dikkate alınmıştır. Elde edilen değerler denklemde yerine koyularak her toprak örnekleme noktası için permeabilite hesaplanmıştır.

Maksimum Su Tutma Kapasitesi:

Permeabilite ölçümleri tamamlanan toprak örnekleri 10 dakikalık serbest drenaja bırakılmış ve doygun haldeki ağırlıkları ölçülmüştür. Sonrasında 105°C'de kurutularak fırın kurusu ağırlıkları ölçülmüştür. Elde edilen bu iki ağırlık değerinin farkı ile ağırlık yüzdesi olarak maksimum su tutma kapasitesi hesaplanmıştır.

Hacim Ağırlığı:

Doğal yapısı bozulmamış silindir örnekleri üzerinde yapılması gerekli ölçümler bittikten sonra silindir içerisindeki toprak boşaltılarak 105°C fırın kurusu ağırlığı belirlenmiş ve toprağın boşaltıldığı silindirin hacmi de hesaplanmıştır. Örneğin fırın kurusu ağırlığının silindirin hacmine bölünmesiyle hacim ağırlığı hesaplanmıştır:

$$P_a = \frac{M}{V} \quad (3.7)$$

Burada;

P_a: Hacim ağırlığı (gr/cm³)

M: Örneğin 105°C'deki fırın kurusu ağırlığı (gr)

V: Silindir hacmi (cm³)' dir.

pH :

2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri 1/5 oranında saf su ile karıştırılarak hazırlanan çözeltiler üzerinde yapılmıştır (Gülçur, 1974) ve ölçümler yapılırken WTW Multiline cihazının pH probu kullanılmıştır.

Elektriki İletkenlik:

0,5 mm' lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinden 1/1 oranında saf su ile karıştırılarak hazırlanan çözeltiler üzerinde yapılmıştır (Gülçur, 1974) ve ölçümler yapılırken WTW Multiline cihazının elektriksel iletkenlik probu kullanılmış ve $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür.

Organik Madde:

0,5 mm' lik elekten geçirilmiş topraklardan 0,5 gr örnek alınmış ve bunlar üzerinde Walkley-Black' in kromik asit yöntemi ile belirlenmiştir (Gülçur, 1974).

3.2.3.2. Ölü Örtü Analizleri

Araziden alınan ölü örtü örnekleri laboratuvara getirilmiş ve naylon torbalardan beherlere aktarılmıştır. Sonra 75°C' deki fırında kurutulmuş ve ağırlıkları belirlenerek hektardaki miktarları hesaplanmıştır.

3.2.3.3. Su Kalitesi için Bazı Parametrelerin Analizi

Dere sistemlerinde gerçekleştirilen örneklemelede su kalitesi parametrelerinden pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen ve bulanıklık arazide anlık olarak ölçülmüştür. Toplam askıda katı madde miktarı ise araziden alınan örneklerin laboratuvarda analizi ile elde edilmiştir.

Toplam askıda katı madde miktarı, 103°C' de buharlaştırılarak kalıntının sabit tartıma getirilmesiyle bulunmuştur. Alınan örneklerden, her nokta için ikişer adet 100 ml örnek cam buharlaştırma kabına alınarak 103°C' de bir gece bekletilmiş ve sonuçlar mg/lt olarak elde edilmiştir.

3.2.4. Büro Yöntemleri

Çalışma kapsamını ana hatlarıyla düşündüğümüzde çalışmada öncelikle hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması ve daha sonrasında havza planlamaya uyarlanması ile iklim değişikliğinin hidrolojik ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi yer almaktadır. Bu nedenle büro yöntemleri bölümü; ana amaçlara uygun seçilen yöntemlere göre; hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılma yöntemleri, havza planlamaya uyarlama yöntemleri ve iklim değişikliği etkilerinin değerlendirme yöntemleri başlıklarına ayrılmıştır. Belirlenen bu başlıklar altında kullanılan veriler ve yöntemler tek tek anlatılmıştır.

3.2.4.1. Hidrolojik Ekosistem Hizmetlerinin Sayısallaştırılma Yöntemleri

Ekosistemlerin sunduğu hizmetlerin geniş bir yelpazesi olduğu bilinmektedir. Bunlardan insan veya toplum için en ön sırada sayılabilecek hizmetler su ile ilgili olanlardır. Örneğin, temiz içme suyu toplumların geleceği için en önemli kriter olarak görülmektedir. Gelecek planlaması için bu hizmetlerin sayısallaştırılması önem kazanmakta ve çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Literatüre bakıldığında ekolojik yaklaşımlar ve ekonomik değerlendirmeler en çok uygulanan yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada da ekosistemlerin insanlara sağladığı hidrolojik hizmetler ekolojik yaklaşım ile incelenmeye çalışılmıştır ve bu çalışma hidrolojik ekosistem hizmetlerinden toprak koruma ve erozyon önleme, su kalitesini iyileştirme, sel-taşkın önleme ve su verimini düzenleme hizmetleri ile sınırlandırılmıştır.

Toprak Koruma ve Erozyon Önleme Hizmetinin Sayısallaştırılması:

Toprak koruma ve erozyonu önleme hizmeti, çalışma alanındaki erozyon ile kaybolan toprak miktarının tahmini için yaygın olarak kullanılan Revize edilmiş Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE)' nin alana uygulanması ile sayısal olarak ifade edilmiştir.

Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi (USLE), Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım alanlarındaki toprak kaybını belirleyebilmek için geliştirilmiştir (Wischmeier ve Smith, 1978). Daha sonrasında uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile kombinasyonu sonucunda büyük havzalardaki toprak kayıplarının hesaplanabilmesine de olanak sağlamıştır (Hızal, 1984). Bu denklem erozyon ile ilgili araştırmaların artması ve teknolojinin gelişmesiyle revize edilmiş ve Revize edilmiş Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) olarak adlandırılmıştır. Denklem ise aşağıda verilmiştir:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (3.8)$$

Burada;

A: Tahmin edilen yıllık ortalama toprak kaybı (t ha⁻¹ yıl⁻¹)

R: Belirli bir alan için yağmur erozivite faktörü (MJ mm ha⁻¹ saat⁻¹yıl⁻¹)

K: Toprak erodibilite faktörü (t ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹)

LS: Eğim uzunluğu faktörü ve Eğim dikliği faktörü (birimsiz)

C: Arazi örtüsü ve bitki yönetim faktörü (birimsiz; 0-1 arasında değerler alır)

P: Toprak koruma faktörü (birimsiz)

Çalışma alanındaki toprak kaybının tahmini için kullanılan verilerin düzenlenmesi ise şöyle açıklanabilir;

Yağmur erozivite faktörü (R), yağmurun ya da yağmur damlasının kinetik enerjisinin aşındırıcı özelliğinden kaynaklanan erozyon oluşturma potansiyeli olarak kabul edilmektedir. R faktörü, bir yıl içerisinde gerçekleşen tüm fırtınalı yağışların kinetik enerjisi (E) ve maksimum 30 dakikalık yağış şiddeti (I_{30}) ile hesaplanmaktadır (Wischmeier ve Smith, 1978):

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

(3.9)

Burada;

R: Yağmur erozivite faktörü

E: Fırtınalı yağışların kinetik enerjisi,

I_{30} : Maksimum 30 dakikalık yağış şiddeti olarak ifade edilmektedir

RUSLE yönteminde bu denklemin kullanılabilmesi için çalışma alanını temsil edecek meteoroloji istasyonlarının ayrıntılı yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat ülkemizdeki her meteoroloji istasyonunun uzun süreli ve ayrıntılı ölçüm yapamamasından kaynaklanan veri sıkıntısı ortaya çıkmaktadır. Nitekim ülkemiz için belirli istasyonlara ait Yağmur erozivite faktörü (R) Türkiye genelinde 252 adet meteoroloji istasyonunun uzun yıllara ait yağış verileri kullanılarak hesaplanmıştır (Kaya, 2008). Elde edilen bu değerler hesaplamanın yapıldığı her bir meteoroloji istasyonu için noktasal değerdir. Bu çalışmada da Kaya (2008)'nin yapmış olduğu "Türkiye' de Uzun Dönemli Yağış Verileri Kullanılarak Ulusal Ölçekte Rusle-R Faktörünün Belirlenmesi" çalışmasından yararlanılmıştır. Bu çalışmada Marmara Bölgesi'ndeki Florya, Sarıyer meteoroloji istasyonları için hesaplanan yağmur erozivite faktörü (R) değerleri kullanılmıştır. Bu istasyonlar için hesaplanan R değerleri sırasıyla 683 ve 539' dur.

Çalışma alanında farklı yüksekliklerde bulunan fakat R değerleri hesaplanmamış meteoroloji istasyonları için de Toy ve Foster (1998)' in eşitliğinden faydalanılmıştır:

$$R_y = R_r * \left(\frac{P_y}{P_r} \right)^{1,75} \quad (3.10)$$

Burada;

R_y: R faktör değeri bilinmeyen istasyon için hesaplanan R değeri

R_r: Referans istasyon R faktör değeri

P_y: R faktör değeri bilinmeyen istasyonun yıllık ortalama yağışı (mm)

P_r: R faktör değeri bilinen referans istasyonun yıllık ortalama yağışı (mm)' dır.

Çalışma alanını temsil edecek şekilde seçilen meteoroloji istasyonları için hesaplanan R değerlerinden sonra konumsal R yüzeyi ArcGIS 10.1 ile oluşturulmuştur.

Denklemin bir diğer faktörü, standart olarak %9 eğim ve 22,1 m uzunluğa sahip çıplak alandan meydana gelen yıllık ortalama toprak kaybı miktarı olarak ifade edilen ve toprağın erozyona göstermiş olduğu direnç olarak da tanımlanan K faktörüdür. Diğer bir anlatımla, bu faktör toprakların bünye özelliklerinden kaynaklanan ve eroziv etmenlere karşı direncini veya erozyona duyarlılığını tanımlamaktadır. Bu noktada toprakların tekstürü ve strüktürü önemli bir etken olarak görülmektedir (Balci, 1996).

Çalışmada K faktörünün bulunmasında ve haritalanmasında Büyük Toprak Grupları Haritası kullanılmış, literatür verileri incelenmiş ve analizler sonucu elde edilen veriler ile değerlendirme yapılarak K faktörü değerleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamına aktarılmıştır.

Denklemden yer alan bir diğer faktör yamaç uzunluğu ve eğim dikliği faktörüdür. Bu faktör topoğrafik etkiyi temsil etmektedir. Bu faktör çalışmada yamaç uzunluğu ve eğim dikliğinin bir bileşkesi olarak (LS faktörü) hesaplanmıştır. LS faktörünün değeri CBS ortamında hesaplanması ile ilgili değişik denklemler önerilmiş ve bu çalışma kapsamında LS faktörü hesaplanırken öncelikle Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretilmiştir. Daha sonrasında Arcview Hidrolojik Akım Birikim modülü kullanılarak LS

faktörü elde edilmiştir. Kullanılan denklem ise Moore ve Burch (1986a)'nın geliştirdiği aşağıdaki eşitliktir;

$$LS = \left(X_{\eta} / 22,13 \right)^{0,4} * \left(\sin\theta / 0,0896 \right)^{1,3} \quad (3.11)$$

Burada;

LS: Topografik faktör

X: Yüzey akış yoğunlaşma sayısı

η : Hesaplama yapılan hücrelerin büyüklüğü

$\sin\theta$: Eğim dikliğini ifade etmektedir.

Arazi örtüsü ve bitki yönetim faktörü (C) ise arazi kullanımı, bitki örtüsünün türü, kapalılığı meşcere haritalarından kontrol edilerek ve çalışma alanı içerisinde daha önceden yapılmış çalışmalar incelenerek belirlenmiştir.

Toprak koruma faktörü (P) ise herhangi bir toprak koruma önlemi alınmadıysa 1 olarak kabul edilmektedir (Renard ve diğ., 1991). Bu faktör çalışma alanı için 1 alınarak denklemde göz ardı edilmiştir.

Çalışmada yıllık ortalama toprak kaybı tahminini veren RUSLE denklemi, hesaplanan tüm bu faktörlerin (R, K, LS, C, P) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Sonuçlar, alt havza bazında arazi kullanım yoğunlukları ile ilişkiye getirilmiş ve değerlendirilmiştir.

Su Kalitesini İyileştirme Hizmetinin Sayısallaştırması:

Su kalitesini iyileştirme hizmeti, arazide ölçümü yapılmış bazı su kalitesi parametreleri (pH, elektriksel iletkenlik, bulanıklık, çözülmüş oksijen) ve laboratuvarda analizi yapılmış toplam askıda katı madde parametresinin farklı ekosistemlerde yani arazi kullanım yoğunluklarıyla nasıl değişim gösterdiği ve bunları ifade edebilecek katsayılar hesaplanarak ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Elde edilen bu değerlerin alt havzaların arazi kullanımları ile ilişkileri belirlenerek regresyon denklemlerinin istatistiksel olarak anlamlılığına bakılmıştır. Bu ilişkiler ortaya koyulduktan sonra her bir arazi kullanım şekli için su kalitesi parametrelerini sayısal değerlerle ifade etmek amacıyla aşağıdaki matematiksel denklem kullanılarak katsayılar hesaplanmıştır;

$$Y = a*X1 + b*X2 + c*X3 + d*X4 \quad (3.12)$$

Bu matematiksel denklemde;

a, b, c, d: su kalitesi için elde edilen katsayıları,

X1: Orman alanı %,

X2: Mera alanı %,

X3: Tarım alanı %,

X4: Yerleşim alanı %

Y: ph, elektrik iletkenlik, bulanıklık, çözünmüş oksijen (DO), toplam askıda katı madde (TAKM)' yi temsil etmektedir.

Bu denklem ile ilişkiye getirilen arazi kullanım yüzdeleri ve su kalitesi parametreleri sonucunda her bir arazi kullanım şekli için katsayılar hesaplanmıştır. Sonrasında çalışma alanı içerisinde kalan farklı alt havzalar seçilerek bu havzaların arazi kullanımları belirlenerek aynı matematiksel denklemi bu katsayılar ile uygulayarak su kalitesi parametreleri değerleri hesaplanmıştır. Alt havzalara ait arazide ölçülmüş su kalitesi parametreleri, denklem ile elde edilen su kalitesi parametreleri değerleri ile karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak ilişkileri incelenmiştir. Böylece kullanılan denklemin doğruluğu test edilmiştir.

Sel-Taşkın Önleme Hizmetinin Sayısallaştırılması:

Sel-taşkın önleme hizmeti iki aşamada sayısallaştırılmıştır. İlk aşamayı, Eğri Numarası Sızma Metodu (Soil Conservation Service, Curve Number) kullanılarak yeryüzüne düşen yağışın ekosistem tarafından tutulan kısmının hesaplanması, ikinci aşamayı ise bulunan değerlerin Fu ve diğ, (2013)' nin taşkın önleme hizmeti için geliştirdikleri matematiksel modelde kullanılması oluşturmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri Toprak Koruma Servisi (Soil Conservation Service, SCS) tarafından geliştirilen “Yüzey Akışı Eğri Numarası Yöntemi” (Curve Number Method, CN) nin esas alındığı bir metottur. Yüzey akışı eğri yöntemi arazinin topografyası, toprak özellikleri (permeabilitesi, tekstürü) ve arazi kullanım şekillerine bağlı geliştirilen bir metottur (SCS, 1956; 1971; 2008). Alt havzaların yağış-akış modellemeleri için yaygın olarak kullanılan bu yöntem (Beven, 2001; Das ve Paul, 2006) aynı zamanda yağışın toprak içerisine sızma miktarının (infiltrasyon) hesaplanmasında da tercih edilmektedir (Usul, 2005). İstanbulluoğlu ve diğ., (2007)’ ne göre bu metodun en önemli noktası yüzey akışı eğri numarasının (CN) belirlenmesidir.

Amerika Birleşik Devletleri Toprak Koruma Servisi tarafından geliştirilen “Yüzey Akışı Eğri Numarası Yöntemi” ne göre yağış ve yüzey akışı arasındaki ilişki şöyle ifade edilmektedir:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P-I_a} \quad (3.13)$$

Burada;

F: Sızma miktarı (mm)

Q: Yüzeysel akış miktarı (mm)

P: Yağış miktarı (mm)

S: Tutulan potansiyel maksimum yağış miktarı (mm)

I_a: Başlangıçta tutulan yağış miktarı (mm)’ dir,

Denklemden yer alan başlangıçta tutulan yağış miktarı parametresi, çeşitli çalışmalar sonucunda aşağıdaki ampirik denklemle elde edilmeye başlanmıştır (SCS, 2008):

$$I_a = 0,2S \quad (3.14)$$

Böylece denklem yeryüzüne düşen yağış ve tutulan yağış miktarı üzerinden tekrar oluşturulmuştur:

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)} \quad (3.15)$$

Burada yer alan tutulan potansiyel maksimum yağış miktarı (S), yüzey akış eğri numarasına bağlı hesaplanmaktadır:

$$S = \frac{1000}{\text{Yüzey akışı eğri numarası (CN)}} - 10 \quad (3.16)$$

Yüzey akışı eğri numaraları havzanın toprak özellikleri ve arazi kullanma şekilleri dikkate alınarak belirlenmektedir ve 0 – 100 arasında değerler almaktadır (SCS, 2008).

Yüzey akış eğri numaralarının (CN) belirlenebilmesi için alt havzaların toprak özellikleri ve arazi kullanım şekilleri ilişkiye getirilmiştir. Alt havzalarından alınan toprak örneklerinin analiz sonucu elde edilen tekstür ve permeabilite değerleri ile her bir alt havzaya ait hidrolojik toprak grubu belirlenmiştir. Hidrolojik toprak grupları A, B, C ve D grupları olmak üzere dörde ayrılmıştır. En düşük yüzeysel akış potansiyeline sahip toprak grubu A; en yüksek yüzeysel akış potansiyeline sahip toprak grubu ise D olarak tanımlanmıştır (USDA, 1958; SCS, 2008).

Hidrolojik Toprak Grupları (HTG) belirlenen alt havzaların bu değerleri arazi kullanım yoğunlukları ile ilişkiye getirilerek her bir havzaya yüzey akışı eğri numarası atanmıştır. Havzalarda farklı arazi kullanımlarının olması atanan bu yüzey akışı eğri numaralarının tekrar hesaplanmasını gerektirmiş olup her alt havza için ağırlıklandırılmış yüzey akışı eğri numaraları hesaplanmıştır:

$$\text{Ağırlıklandırılmış yüzey akışı eğri numarası} = \frac{\sum a \cdot \text{YAEN (CN)}}{\sum A} \quad (3.17)$$

Burada;

a: Alt havalarda yer alan arazi kullanım yoğunlukları

YAEN: Yüzey akışı eğri numarası

A: Alt havzanın alanı' dır.

Hesaplanan ağırlıklandırılmış yüzey akışı eğri değerleri metodun ikinci aşamasını oluşturan matematiksel denklemde diğer parametrelerle ilişkiye getirilmiştir:

$$Sel_Taşkın\ önleme = \left(P_{24} - \frac{(P_{24} - 0,2S)^2}{P_{24} + 0,8S} \right) * Şiddetli\ yağışlı\ gün\ sayısı \quad (3.18)$$

Burada;

Sel-Taşkın önleme: Akışa geçmesi önlenen su miktarı (mm)

P_{24} : 24 saatlik toplam maksimum yağış (mm)

S: Ekosistemin yüzeysel akışa geçmeden önce tuttuğu yağış suyu miktarı (mm)

Denklemde yer alan 24 saatlik günlük toplam maksimum yağışlar, çalışma dönemini kapsayan 2013-2015 yılları arasında devamlı ölçümlere sahip meteoroloji istasyonunun verilerinden alınmıştır². Bu yağış serilerinde sel-taşkın potansiyeli yüksek olarak kabul edilen 50 mm' den büyük günlük toplam yağışların ortalaması ve sayısı dikkate alınmıştır.

Arazi kullanım yoğunlukları ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki başka bir şekilde daha ifade edilmiştir. Yüzeysel akışa geçmesi önlenen su miktarı, yağışın yüzdesi olarak hesaplanmış ve arazi kullanım yoğunlukları ile aralarındaki ilişki regresyon denklemleri ile saptanmıştır. Elde edilen veriler ile sel-taşkın önleme hizmeti için alt havza bazında harita oluşturulmuştur.

Su Verimini Düzenleme Hizmetinin Sayısallaştırılması:

27 alt havzanın Danimarka Teknik Üniversitesi Hidrodinamik ve Hidrolik Mühendislik Enstitüsü'nde geliştirilen Mike 11 hidrolojik yazılımının NAM yağış-akış modülü ile modellenmesiyle sayısallaştırılmaya çalışılmıştır. Daha sonrasında arazi kullanımını modellemeyle ilişkiye getirebilmek için matematiksel denklem kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan NAM modülü ise, Mike 11 akarsu modelleme sisteminin alt havzalardaki yağış-akış sürecinin simülasyonunu gerçekleştiren hidrolojik yazılımın yağış-akış modülünü oluşturmaktadır (Havnø ve diğ., 1995). NAM, yağış-akış-modeli

² Uzun, A. ve Ekşi, M., 2012, İstanbul İklim Koşullarında Bitkilendirilmiş Çatıların Bina ve Kent Düzeyinde Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, Normal Kapsamlı Araştırma Projesi No: 5181, 2010-2012.

anlamına gelen "Nedbør-Afstrømnings-Model" tümcesinin kısaltımıdır (Nielsen ve Hansen, 1973).

Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilen MIKE 11, akarsular ve kanal sistemleri gibi tek boyutlu serbest yüzeyli akışların modellenmesinde geniş ölçekte kullanılmaktadır (DHI, 2000). Modelde sonlu farklar yöntemi kullanılmakta ve yüzeysel akıştan taşkın tahminine kadar pek çok olayın modellenmesinde kullanılabilmektedir. MIKE 11 yazılımı hidrolik, hidrolojik, sediment, coğrafi bilgi sistemleri ve istatistiksel analiz ana modüllerinden oluşmaktadır.

Simülasyon modelinin kurulabilmesi ve sonuçlarının kalibrasyonu için NAM modelinde kullanılması gerekli temel girdiler aşağıdaki verilerden oluşmaktadır:

- Model parametreleri (yüzeysel akış katsayısı, yüzey altı akış katsayısı, vb,)
- Mevcut durum parametreleri (toprak nemi, mevcut akış, vb,)
- Meteorolojik veriler (yağış, evapotranspirasyon, sıcaklık, vb,)
- Model kalibrasyonu ve sağlaması için dere akımı verisi (ölçülmüş akış verisi)

Modelin önemi, yağışı toprak nemi içeriğine bağlı olarak yer altı suyu beslenimi, yüzeysel akış, ara katman akışı ve güncel evapotranspirasyon arasında paylaştıran toprak nemi içerikli bir modül olmasıdır. Burada çalışma alanına ait meteorolojik verilerin kullanılması ile bu ilişki başlangıç durumunda tanımlanmaktadır. Kullanılan veriler ise yağış, sıcaklık, akış ve potansiyel evapotranspirasyondur ve kapsamaları aşağıda kısaca açıklanmıştır³⁴:

Yağış (mm)

Yağış girdisinin zaman aralığı yapılan çalışmanın amacına ve havzanın tepki verdiği zaman çizelgesine bağlıdır. Birçok durumda günlük yağış verileri yeterli olmuştur; fakat tepkisi çabuk görülen havzalarda pik akımların yanlışsız gösteriminde daha hassas bir

³ DHI (2008)

⁴ Uygur (2009)

zaman aralığı ile çalışmak gerekmektedir (saatlik, on dakikada bir ölçülmüş değerler, vb.). Bu çalışmada alt havzaları temsil eden üç meteoroloji istasyonuna ait aylık yağış verileri kullanılmıştır.

Potansiyel Evapotranspirasyon (mm)

Potansiyel evapotranspirasyon için genellikle aylık değerler uygun görülmektedir. Sadece küçük ölçekli çalışmalarda aylık değerler yerine günlük veriler kullanılabilir.

Çalışmada kullanılan evapotranspirasyon değerlerinin belirlenmesinde, Özhan (1982)'ın Belgrad Ormanında farklı meçcere tiplerinde evapotranspirasyon ölçümleri gerçekleştirerek ampirik denklemlerle karşılaştırdığı çalışmasından faydalanılmıştır. Özhan (1982) bu çalışmada, ele aldığı modellerin sonuçları ile ölçüm değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak farklılık göstermediği beş modelden (buharlaşma panı, Thornthwaite, Jensen-Haise, Turc ve Penman) birinin potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanmasında yeterli olacağını vurgulamıştır. Bu çalışmada da alt havzaların evapotranspirasyon değerleri Penman yöntemiyle elde edilen günlük verilerdir.

Sıcaklık (°C)

Sıcaklık değerleri üzerinde simülasyonda en etkili faktör kar erimesi olmaktadır. Çalışmada alt havzaların simülasyonunda kar erimesi parametresi ihmal edildiğinden sıcaklık değerleri kullanılmamıştır.

Akış (m^3/sn)

Modelin kalibrasyonunu ve sağlamasının yapılabilmesi için havza çıkışında ölçülmüş akış değerlerinin simülasyon sonuçları ile karşılaştırılması gereklidir. Bu çalışmada da kalibrasyon için kullanılan deneme havzalarının akış verileri kullanılmıştır.

Meteorolojik veriler dışında modelin temel girdileri arasında yer alan parametreler, NAM modelinde yüzeysel akışın, ara katman akışının ve yer altı suyunun toplam akışa olan katkısını belirleyen dokuz havza parametresidir (yedisi yüzeysel sularla, ikisi yer altı suyu ile ilgili) (DHI, 2008):

- Yüzeysel depolama (U ; U_{max})
- Alt zon (köklenme zonu) depolaması (L ; L_{max})
- Evapotranspirasyon (E_a ; E_p)
- Yüzeysel akış (CQOF)
- Yüzey altı akış için zaman sabitesi (CKIF)
- Yüzeysel akış için köklenme zonu eşik değeri (TOF)
- Yüzey altı akış için köklenme zonu eşik değeri (TIF)
- Taban suyu zaman sabitesi (CKBF)
- Yer altı suyunun dolması için gereken köklenme zonu eşik değeri (TG)

Modelde kullanılan bu dokuz parametrenin iki grup (yüzeysel ve yer altı suyu parametreleri) altında kısaca açıklamaları yapılmış ve değer aralıkları verilmiştir.

Yüzeysel depolama ve köklenme zonu parametreleri

Yüzeysel depolamadaki maksimum su içeriği (U_{max}):

U_{max} , yüzeysel depolamadaki maksimum su içeriğini belirtmektedir. Bu depolama bitkilerde intersepsiyon depolaması, yüzeysel girintilerdeki birikmeler, toprağın birkaç cm yukarısındaki depolamanın içerdiği su miktarı ile açıklanmaktadır. Genellikle U_{max} , 10 – 20 mm arasında değerler almaktadır.

Modelin önemli özelliklerinden biri yüzeysel depolamanın maksimum kapasitede olması, bir başka ifadeyle fazla suyun, P_N oluşumundan önce $U \geq U_{max}$ olmalıdır. Kurak dönemlerde, yüzeysel akıştan önce oluşan net yağış miktarı U_{max} ' ın tahmininde kullanılabilmektedir.

Köklenme zonu depolamasındaki maksimum su içeriği (L_{max}) :

L_{max} , köklenme zonu depolamasındaki maksimum su içeriğini belirtmektedir. L_{max} , bitkinin terlemesiyle kaybedilecek olan ve kök bölgesinde mevcut olan maksimum su miktarı olarak yorumlanabilmektedir. L_{max} , en iyi şekilde mevcut toprağın solma noktası ve tarla kapasitesi arasındaki fark ile etkin kök derinliğin çarpılmasıyla bulunmaktadır.

L_{max} ' ın bütün bir havza için ortalama bir değeri ifade ettiği unutulmamalıdır. Bir başka deyişle değişik toprak tipleri ve birbirinden farklı bitki örtüsünün kök derinlikleri için ortalama değerler olmalıdır. Dolayısıyla L_{max} pratikte arazi verilerinden tahmin edilememekte; fakat tahmini bir aralık belirlenebilmektedir.

Gerçek evapotranspirasyon yüzeysel ve köklenme zonu depolamasındaki su içeriğine çok bağlı olduğu için, U_{max} ve L_{max} simülasyon sırasında su bilançosunun düzenlenmesinde öncelikli olarak değiştirilecek parametrelerdir. Genellikle L_{max} , 50 – 300 mm arasında değerler almaktadır.

Yüzeysel akış katsayısı (CQOF):

CQOF, fazla yağışın yüzeysel akışa geçişinin ve infiltrasyonun boyutunun belirlenmesinde çok önemli bir parametredir.

CQOF, 0 – 1 arasında değerler alan boyutsuz bir parametredir. CQOF' un küçük değerleri iri taneli, kumlu ve büyük oranda doymamış topraklara sahip düz havzalar için beklenen değer olurken, CQOF' un büyük değerleri permeabilitesi düşük olan çıplak kayalara ve killi topraklara sahip havzalar için beklenen değerlerdir. Genellikle CQOF, 0,01 – 0,9 aralığındaki değerlerle denenmiştir.

Yüzey altı akış ve yüzeysel akışın iletilmesinde kullanılan zaman sabiteleri (CK_1 ve CK_2):

Yüzey altı akış ve yüzeysel akışın iletilmesinde zaman sabiteleri hidrograf piklerinin şeklini belirlemektedir. CK_1 ve CK_2 değerleri havzanın büyüklüğüne ve yağışa ne kadar hızlı tepki gösterdiğine bağlıdır. Genellikle CK_1 ve CK_2 değerleri 3 – 48 saat aralığındadır.

Zaman sabiteleri pik akımların kalibrasyon sonuçlarından yararlanılarak çıkarılabilmektedir. Simülasyon sonucu pik akışlar çok düşük değerlerde ise veya piklere çok geç ulaşıyor ise CK_1 ve CK_2 değerleri azaltılarak, tam tersi durumda ise CK_1 ve CK_2 değerleri artırılarak bu durum düzeltilebilmektedir.

Yüzey altı akış için zaman sabitesi (CKIF):

CKIF, U_{max} ile birlikte yüzey altı akış miktarını belirlemektedir. $(CKIF)^{-1}$ her zaman diliminde yüzey altı akışa geçen yüzeysel su miktarını, U' nun değeridir. $CKIF > CK_1$ ve CK_2 olduğundan yüzey altı akış için etkin bir parametredir.

Yüzey altı akışın fiziksel olarak yorumlanması zordur. Yüzey altı akış dere akışı bileşenlerinde nadiren etkin olduğu için, CKIF, genelde çok önemli bir parametre olarak görülmemektedir. Çoğunlukla CKIF değerleri 20 – 40 gün (500 – 1000 saat) aralığındadır.

Yüzeysel akış için köklenme zonu eşik değeri (TOF) :

Eğer köklenme zonu depolamasında nem içeriği, L/L_{max} , TOF' tan küçük bir değere sahip ise yüzeysel akışın oluşmadığı dönemde TOF, yüzeysel akış için eşik değeridir. Benzer şekilde yüzey altı akış için köklenme zonu eşik değeri TIF ve geri dolum TG, sırasıyla yüzey altı akış ve geri dolum üretimi için eşik değerler gibi davranmaktadır.

Fiziksel olarak, üç sınır değer havza karakteristiklerinde mekânsal değişkenliğin derecesini yansıtmaktadır. Şöyle ki küçük, homojen bir havzanın; büyük, heterojen bir havzadan daha büyük bir eşik değere sahip olması beklenmektedir.

Kurak ve yağışlı dönemli havzalar için sınır değerler, köklenme zonunun doymuş hale geldiği yerde akış bileşenlerinin başlangıcını belirlemektedir. Bu model kalibrasyonunda kullanılabilir. Yağışlı dönemlerde sınır değerlerin önemli olmadığı unutulmamalıdır. Sınır değerlerin önemi havzadan havzaya değişir ve genellikle yarı kurak bölgelerde daha büyük değerlere sahiptir. TOF için 0 – 0,99 arasında değerler denenmiştir.

Yüzey altı akış için köklenme zonu eşik değeri (TIF):

Yüzeysel akış için TOF hangi fonksiyona sahip ise köklenme zonu eşik değeri de yüzey altı akış için aynı fonksiyona sahiptir. Genellikle çok önemli bir parametre olarak görülmez ve çoğunlukla sıfır (0) değeri alınır.

Yer altı suyu parametreleri

Taban suyu zaman sabitesi (CKBF):

Taban suyu zaman sabitesi, CKBF, kurak dönem için yapılmış simülasyon sonucu hidrografın şeklini belirlemektedir. CKBF, hidrograf üzerinde yapılacak düşüş analizleriyle tahmin edilebilir. CK_{BF} , 20 – 500 gün arasında değerlerle denenmiştir.

Yer altı suyunun dolması için gereken köklenme zonu eşik değeri (TG):

TG, yağışlı dönemin başlangıcında yükselen yer altı suyu tablasının simülasyonun yapılabilmesi bakımından önemli bir parametredir. TG için 0 – 0,99 arasında değerler denenmiştir.

NAM modelinin uygulanabilmesi için yüzeysel depolama ve köklenme zonu depolamasındaki su içeriğinin simülasyonun yapılacağı zaman dilimindeki başlangıç değerleri ve bununla birlikte yüzeysel akış, yüzey altı akış ve yer altı suyunun başlangıç değerleri de gerekmektedir. Taban suyu ve eğer kar modülü kullanılacak ise kar depolaması için başlangıç değerleri de belirtilmelidir.

Mike 11/NAM modelinde parametreler ve değişkenler tüm havza için ortalama değerleri ifade etmektedir. Bazı durumlarda birkaç parametrenin değeri tahmin yöntemiyle elde edilebilirken, havzanın fizyografik, iklimik ve toprak karakteristiklerinin üzerine kurulu NAM parametrelerinin değerlerini belirlemek genelde imkânsızdır. Çoğu parametre ampirik ve de kavramsal yapıya sahip olduğundan final parametreleri hidrolojik ölçümlerle oluşturulmuş zaman serilerine karşı kalibrasyon yapılarak yerine getirilmektedir. Mike 11/NAM modelinin kalibrasyonu ister manuel ister yazılım bünyesindeki otomatik kalibrasyon prosedürleriyle yapılabilmektedir:

- Manuel Yapılan Kalibrasyon

Manuel yapılan kalibrasyon süreci, tatmin edici sonuçlar elde edilene kadar deneme yanılma yöntemleri ile parametrelerin ayarlanmasıdır. Tavsiye edilen, özellikle tecrübesiz kullanıcılar için her bir denemede sadece tek bir parametrenin değerinin değiştirilmesidir ve böylece değişimin etkisi kolayca fark edilebilecektir.

Kalibrasyon çoğunlukla sistemdeki su bütçesinin belirlenmesi ile başlar. Belli dönemlerdeki toplam evapotranspirasyon, toplam yağıştan yüzeysel akış miktarının çıkartılması ile hesaplanmaktadır. Yüzeysel depolama ve köklenme zonundaki maksimum su içeriği miktarları, sırasıyla U_{max} ve L_{max} , arttığında evapotranspirasyon miktarı da artacaktır, ya da tam tersi gerçekleşecektir. Pik akımlar büyük miktarlardaki yüzeysel akışlardan kaynaklanmaktadır. Piklerin şekli yüzeysel akış için kullanılan zaman sabitesine (CK_1 , CK_2) bağlı olduğundan pik akımlar yüzeysel akış katsayısının (CQOF) değerini değiştirerek düzeltilebilmektedir.

U_{max} , L_{max} , CQOF, CK_1 , CK_2 ve CKBF parametrelerinin değerleri en iyi sonucu verinceye kadar değiştirilirken TOF, TIF ve TG gibi köklenme zonu parametreleri başlangıçta sıfır (0) alınabilmektedir.

- Otomatik Kalibrasyon

Temel NAM modelinin kalibrasyonu dokuz model parametresi kullanılarak yapılmaktadır (Tablo 3.5). Otomatik kalibrasyon, dört farklı kalibrasyon hedefinin eş zamanlı optimizasyonunun yapılabildiği çoklu hedef optimizasyonu stratejisine dayanmaktadır.

Farklı parametrelerin değer aralıkları, dikkate alınan havza tipleri için daha önceki deneyimlerle elde edilmiş değerleri de yansıtmaktadır. Modellerde kullanılan varsayılan limit değerler tecrübelerle ortaya konmuş değerlerdir ve sınırlamalar getirmektedir.

Tablo 3.5: Model parametrelerinin alt ve üst sınır değerleri.

Model parametreleri	Birim	Alt sınır	Üst sınır
$U_{\max}$	mm	5	35
$L_{\max}$	mm	50	400
CQOF	-	0	1
CK1	saat	3	72
CK2	saat	3	72
CK_{BF}	saat	500	5000
TOF	-	0	0,99
TIF	-	0	0,99
TG	-	0	0,99

Kalibrasyon sonuçlarının doğruluğu ya da başka bir ifadeyle Mike 11/ NAM modelinin performansı istatistiksel değerlendirme kriteri “Belirleme (determinasyon) katsayısı (R^2)” kullanılarak ortaya koyulmaktadır.

Belirleme (determinasyon katsayısı) Katsayısı (R^2); determinasyon katsayısı, Pearson’ un çarpım momenti korelasyon katsayısının karesidir ve ölçülmüş değerlerdeki sapma oranını tanımlamaktadır. Değer olarak 0,0 (zayıf model) - 1,0 (mükemmel model) aralığında değişmektedir ve şöyle hesaplanmaktadır:

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{[\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2]^{0,5} [\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2]^{0,5}} \right] \quad (3.19)$$

Burada,

R^2 : Determinasyon katsayısı

P : Simülasyon çıktısı değerler

$\bar{P}$: Simülasyon çıktısı değerlerin ortalaması

O : Ölçülmüş değerler

$\bar{O}$ Ölçülmüş değerlerin ortalaması

i : Zaman dilimi

N : Veri sayısıdır.

Belirtme katsayısına dayanan korelasyon, hidrolojik ve hidroklimatik modellerde analiz sonrası elde edilen verilerle gerçek veriler arasındaki uygunluk derecesini değerlendirmede yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu çalışmanın kalibrasyon sonuçları da belirtme katsayısı (R^2) ile incelenmiştir.

Görüldüğü üzere çalışma için öncelikle modelin parametreleri ve yapısı incelenmiştir ve buradan hareketle ilk olarak yağış-akış verisi olan havzaların simülasyonunun gerçekleştirilmesi ve kalibrasyonun yapılması gerekliliği doğmuştur. Bu nedenle çalışma alanı içerisinde yer alan Belgrad Ormanı içerisindeki İ.Ü. Orman Fakültesi Havza Yönetimi Anabilim Dalı' nın çalışma sahası olan Ortadere deneme havzalarından bir tanesi kalibrasyon havzası olarak seçilmiştir. Uzun dönemli hidrolojik (yağış-akış) verinin sağlanması mümkün olduğu için bu havza seçilmiştir.

Havzanın yağış-akış simülasyonunun yapılabilmesi için 2005 – 2008 yılları arasındaki ölçülen haftalık yağış miktarları aylık olarak düzenlenerek kullanılmıştır. Aynı zaman aralığına ait akış verisi de havzada bulunan limnigraf ile ölçülmüş değerlerin aylık olarak düzenlenmiş şekliyle kullanılmıştır. Buradaki amaç yağışa karşılık gelen akışın modelde tanımlanmasıdır.

Simülasyon için gerekli model parametreleri olan dokuz havza parametresi ise daha önce aynı havza için yapılan NAM modelinde kullanılan değerler (Uygur, 2009) ile model parametreleri için hazırlanmış değer aralıkları incelenerek belirlenmiştir ve başlangıç olarak Tablo 3.6' daki değerleri almıştır. Daha sonrasında ise en uygun değerler otomatik kalibrasyon yapılarak elde edilmiştir.

Tablo 3.6: Model parametrelerinin başlangıç ve kalibrasyon sonrası değerleri.

Model parametreleri	Birim	Başlangıç değerleri	Kalibrasyon sonucu elde edilen değerler
U_{max}	mm	11,800	11,909
L_{max}	mm	300,000	299,988
CQOF	-	0,328	0,283
CKIF	saat	200,400	200,053
CK1	saat	49,600	49,849
TOF	-	0,990	0,990
TIF	-	0,000	0,000
TG	-	0,903	0,903
CK_{BF}	saat	3669,910	3647,771

Kalibrasyon sonucu elde edilen model parametreleriyle tekrar çalıştırılan model, havzaya ait simülasyon sonuçlarını vermiştir ve bu sonuçların doğruluğunun tesbiti için model kalibrasyonunda belirtilen belirtme katsayısı (R^2) kullanılarak simülasyon sonucu elde edilen akış verileri ile ölçülmüş akış değerleri arasındaki ilişki bulunarak modelin performansı değerlendirilmiştir.

Daha sonrasında Mike 11/NAM modeli çalışma alanındaki her bir alt havza için tek tek çalıştırılmıştır. Elde edilen model sonuçları ise havzaların akış katsayılarını hesaplayabilmek için aşağıdaki denklemde yerine koyulmuştur:

$$Akış\ katsayısı = \left(Akış / Yağış \right) * 100 \quad (3.20)$$

Burada;

$Akış$: Dere akışı; su verimi (mm)

$Yağış$: Havzaya düşen ortalama yağış miktarı (mm)' dir.

Hesaplanan akış katsayıları, havzaya düşen yağışın yüzeysel akışa geçen miktarını temsil etmektedir ve su üretimi açısından önemli bir göstergedir. Bu parametrenin

havzaların arazi kullanım şekilleriyle ilişkisini ortaya koyabilmek için ise aşağıdaki matematiksel denklem kullanılmıştır:

$$Y = a*X1 + b*X2 + c*X3 + d*X4 \quad (3.21)$$

Bu matematiksel denklemde;

a, b, c, d: su verimi (akış katsayısı) için elde edilen katsayıları

X1: Orman alanı %

X2: Mera alanı %

X3: Tarım alanı %

X4: Yerleşim alanı %

Y: Alt havza alanı*Akış katsayısını ifade etmektedir.

Alt havzalardan 11'inin akış katsayılarının bulunması için bu denklem kullanılmış ve diğer 16 alt havza ise bu denklemden elde edilen akış katsayılarının doğrulaması için kullanılmıştır.

3.2.4.2. Havza Planlamaya Uyarlama Yöntemleri

Çalışma kapsamında yer alan planlamaya uyarlama hedefi, çeşitli yöntemler kullanılarak elde edilmiş hidrolojik ekosistem hizmetlerinin bir havzanın planlanma aşamasına dahil edilmesiyle gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bunun için havza planlamaya uyarlama yöntemleri iki başlık altında toplanmıştır. Bunların ilki planlama için seçilmiş bir havzanın hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısal değerler olarak elde edilmiş veriler ile modellenmesi veya başka bir ifadeyle tanımlanması; ikincisi ise yine bu havzaya ait arazi kullanım şekilleri için projeksiyonlar üretilerek mevcut hidrolojik ekosistem hizmetlerinin nasıl değişim göstereceğinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak havzadaki planlama uygulamalarına yeni bir bakış açısı getirilmesidir.

İlk aşamada; hidrolojik ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi için bir havza seçilmiştir. Çalışma alanından farklı olan bu havza, İstanbul İli için su sağlayan bir diğer önemli havza olan Büyükçekmece Gölü Havzası olmuştur. Bu havzanın seçilme nedeni ise İstanbul' daki nüfus artışının, endüstrileşmenin ve bunlara bağlı arazi kullanım

şekillerinin hızla değiştiği bir bölgede yer almasıdır. Dolayısıyla havzanın sunduğu hidrolojik ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi mevcut durumun ortaya koyulması açısından önemli görülmüştür. Burada kısıtlayıcı bir faktör karşımıza çıkmaktadır; bu da modellemenin doğrulamasının yapılabilmesi için gerekli olan ölçülmüş verilerin her hizmet için mevcut olmamasıdır. Bu nedenle doğrulamanın sağlanabileceği hidrolojik ekosistem hizmetleri su kalitesini iyileştirme ve su verimini düzenleme hizmeti olarak seçilmiştir.

Büyükçekmece Gölü Havzası' nın sunduğu hidrolojik ekosistem hizmetlerinin belirlenebilmesi için öncelikle eşyüksekti haritasından faydalanılarak coğrafi bilgi sistemleri ortamında havzanın sınırları çizilmiştir. Sınırı belirlenen Büyükçekmece Gölü Havzası'nın arazi kullanım şekilleri ise 1/25000 ölçekli 2006 CORINE altlığı kullanılarak belirlenmiştir. Burada da alt havzalarda uygulanan sınıflandırma esas alınmıştır. Böylece havzadaki arazi kullanım şekillerinin alansal dağılımı elde edilmiştir. Daha sonra hidrolojik ekosistem hizmetlerinden su kalitesini iyileştirme ve su verimini düzenleme hizmeti için hesaplan katsayılar ile arazi kullanım şekilleri ilişkiye getirilmiş ve Büyükçekmece Gölü Havzası için ortalama değerler hesaplanmıştır.

Modelin doğruluğunun belirlenmesinde izlenen yol, elde edilen değerlerin Büyükçekmece Gölü Havzası' nda İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından sürekli gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarıyla ve çalışma alanı Büyükçekmece Gölü Havzası olarak hazırlanan lisansüstü tez çalışmalarının sonuçları ile karşılaştırılması olmuştur. Su kalitesi parametreleri İSKİ' nin yayınladığı bülten değerleri; su verimi ise DSİ' nin havzada ölçüm yaptığı akım gözlem istasyonları (AGİ) (İnceğiz ve İzzettin akım gözlem istasyonları) na ait ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır.

İkinci aşamada; İstanbul' un nüfus artışıındaki hızın aynı oranda doğal kaynakları üzerinde tahribata yol açtığı göz önünde bulundurularak Büyükçekmece Gölü Havzası için arazi kullanım projeksiyonları üretilmiştir. Burada havzadaki hidrolojik ekosistem hizmetlerinin arazi kullanım şekillerine bağlı olarak nasıl değişim göstereceğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Büyükçekmece Gölü Havzası için öncelikle

1990, 2000 ve 2006 yıllarına ait arazi kullanım şekillerinin alansal dağılımları hesaplanmıştır. Kullanılan altlıklar yine 1/25000 ölçekli CORINE arazi kullanım haritaları olmuştur. Arazi kullanım yoğunluklarındaki değişimden bir eğilim hesaplanmıştır. Bu eğilim ile nüfus artışının çoklu regresyon denklemi kurularak 2050 yılı için havzaya ait arazi kullanım projeksiyonları üretilmiştir. Burada iki senaryo uygulanmıştır; biri olumlu olarak görülebilecek değişime sahip (orman alanlarının arttığı); diğeri ise olumsuz olarak görülebilecek bir değişime sahip (orman alanlarının azaldığı) senaryolardır.

Arazi kullanım projeksiyonlarından elde edilen sonuçlar ile hidrolojik ekosistem hizmetlerinden su kalitesini iyileştirme ve su verimini düzenleme hizmeti tekrar hesaplanmış ve böylece değişim ortaya koyulmuştur. Ayrıca olumlu ve olumsuz senaryo sonuçları karşılaştırılarak havza planlamadaki uygulamalar hakkında da görüşler bildirilmiştir.

3.2.4.3. İklim Değişikliği Etkilerinin Değerlendirilme Yöntemleri

İklim değişikliği 19. yüzyılın en büyük çevresel, sosyal ve ekonomik tehditlerden birini temsil etmektedir. Dünya yüzey sıcaklıklarının arttığı ve yağış miktarlarında değişimler olduğu kabuller arasında yer almaktadır (IPCC, 2000; BMİDÇS, 1997). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim sistemi kesin olarak ısınmakta olduğunu vurgulamaktadır. Gözlemler, küresel ortalama hava ve okyanus sıcaklıklarının arttığını, kar ve buz erimelerinin yayıldığını ve küresel ortalama deniz seviyesinin yükseldiğini göstermektedir. Isınmanın çoğunun insan faaliyetleri sonucu artan sera gazı emisyonlarından kaynaklandığı belirtilmektedir (Avrupa Çevre Ajansı; EPA, 2011). Sera gazının artmasına neden olan faaliyetlerin başında fosil yakıtların yakılması, ormansızlaştırma, arazi kullanımındaki değişiklikler ve sanayi süreçleri sayılmaktadır (Türkeş, 2001). Dünyada insan kaynaklı bu değişime yine insanların dur demek için oluşturduğu birtakım paneller ve sözleşmeler ortaya koyulmuştur. İklim değişikliğine uyum ve azaltım süreci Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC; BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü (KP) ile sağlanmaya çalışılmaktadır.

İklim değişikliğine uyum ve azaltım sürecine dünya genelinde geliştirilen modeller ile üretilen senaryolar esas alınarak adaptasyon sağlanması düşünülmektedir ve bu

bağlamda birçok küresel iklim modeli ve farklı senaryolar (ECHO-G, 1999; FGOALS, 2004; MIROC3.2. 2004; ECHAM, 2005 vb.) üretilmiştir (IPCC, 2007). Uyum ve azaltımın yanı sıra iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesinde genel görüş iklimin duyarlı olduğu sera gazı ve kirleticilerin atmosferdeki konsantrasyonları hakkında bilgi sahibi olma gerekliliği olmuştur (IPCC, 1997; Türkeş ve diğ., 2000; IPCC, 2001; Türkeş, 2001; IPCC, 2007; Akçakaya ve diğ., 2013). Burada istenenin, emisyon senaryolarının iklim değişikliğinin etkilerini kısa zaman içerisinde değerlendirme özelliğine sahip olması olarak vurgulanmaktadır (Akçakaya ve diğ., 2013). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)' nin aldığı bir karar ile 5. Değerlendirme Raporu (AR5) için yeni emisyon senaryoları ve yeni yaklaşımlar geliştirilmesi hedeflenmiştir ve bunlar sosyo-ekonomik senaryolar olarak görülmektedir. Bu bağlamda dört adet Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) adlı yeni emisyon senaryoları oluşturulmuştur (IPCC, 2007) (Tablo 3.7).

Tablo 3.7: Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) Türleri (IPCC, 2007).

Adı (RCPs)	Işınimsal Zorlama	Zaman	Işınimsal Zorlama Değişimi	Konsantrasyonlar (CO ₂ eşdeğeri; ppm)	Emisyonlar (Kyoto Protokolü Sera Gazları)
RCP 8.5	> 8.5 W/m ²	2100' de	Yükselme	>~1370ppm (2100'de)	2100'e kadar artış devam ediyor
RCP 6.0	~ 6.0 W/m ²	2100 sonrası	Hedefi geçmeden stabilizasyon	~ 850ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğinde düşüş
RCP 4.5	~ 4.5 W/m ²	2100 öncesi	Hedefi geçmeden stabilizasyon	~ 650ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
RCP3-PD*	~ 3.0 W/m ²	2100 öncesi	~ 3.0 W/m ² ye ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~ 490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş

* Peak and Decline (Zirve ve Düşüş)

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)' nin 5. Değerlendirme Raporu için hazırlanmış HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli için üretilen Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) senaryolarından RCP3 düşük rotayı; RCP4.5 birinci orta seviye rotayı; RCP6.0 ikinci orta seviye rotayı ve RCP8.5 yüksek seviye rotayı temsil etmektedir (IPCC, 2007; Akçakaya ve diğ., 2013).

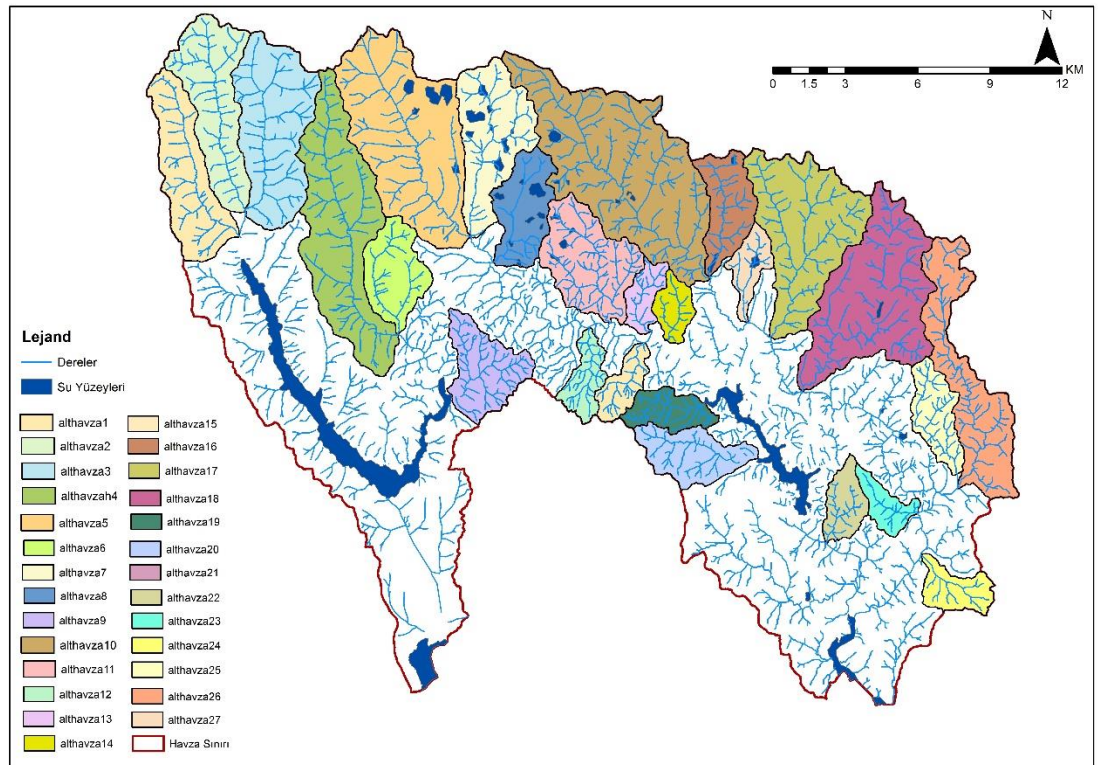
Çalışma kapsamında da HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli için üretilen Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) senaryolarından RCP4.5 ve RCP6.0 için iklim projeksiyonları üretilmiştir. Bölgesel İklim Modeli (RegCM4.3.4) kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemi ile çalışma alanını kapsayan 20 km çözünürlükte 2041-2080 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. Gelecek dönem 2050 (2041-2060) ve 2070 (2061-2080) yılları olarak ikiye ayrılmıştır. Bu Dünya İklim Veritabanı (WorldClimData)' na ait bir ayırmadır. Bu iki dönemin mevsimlik ortalama değerleri elde edilmiştir. Ayrıca mevcut durumu temsilen 1990-2010 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış değerleri bu iki gelecek dönemine ait değerlerle karşılaştırılmış, farklar analiz edilmiştir ve bu iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesinin ilk aşamasını oluşturmuştur.

Değerlendirmenin ikinci aşamasında ise iklim değişikliğinin etkileyeceği düşünülen hidrolojik ekosistem hizmetlerinden su verimini düzenleme hizmeti çalışma alanı kapsamında ele alınmıştır. İki gelecek dönemi içerisinde sıcaklık ve yağış değerlerinin değişiminin su verimini düzenleme hizmeti üzerindeki olası etkileri tartışılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. SEÇİLEN ÇALIŞMA HAVZALARI VE ÖZELLİKLERİ

Kağıthane, Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları' nın sınırları içerisinde gerçekleştirilen bu çalışmada bu üç havzanın alt havzaları arazi kullanım şekli açısından incelenerek toplam 27 alt havza çalışma için uygun havzalar olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Çalışma alanı olarak belirlenen alt havzalar.

Bu bölümde belirlenen alt havzalara ait özelliklerden ilk olarak havza karakteristikleri; ikinci olarak hidrolojik karakteristikler ve son olarak arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları verilmiştir.

4.1.1. Havza Karakteristikleri

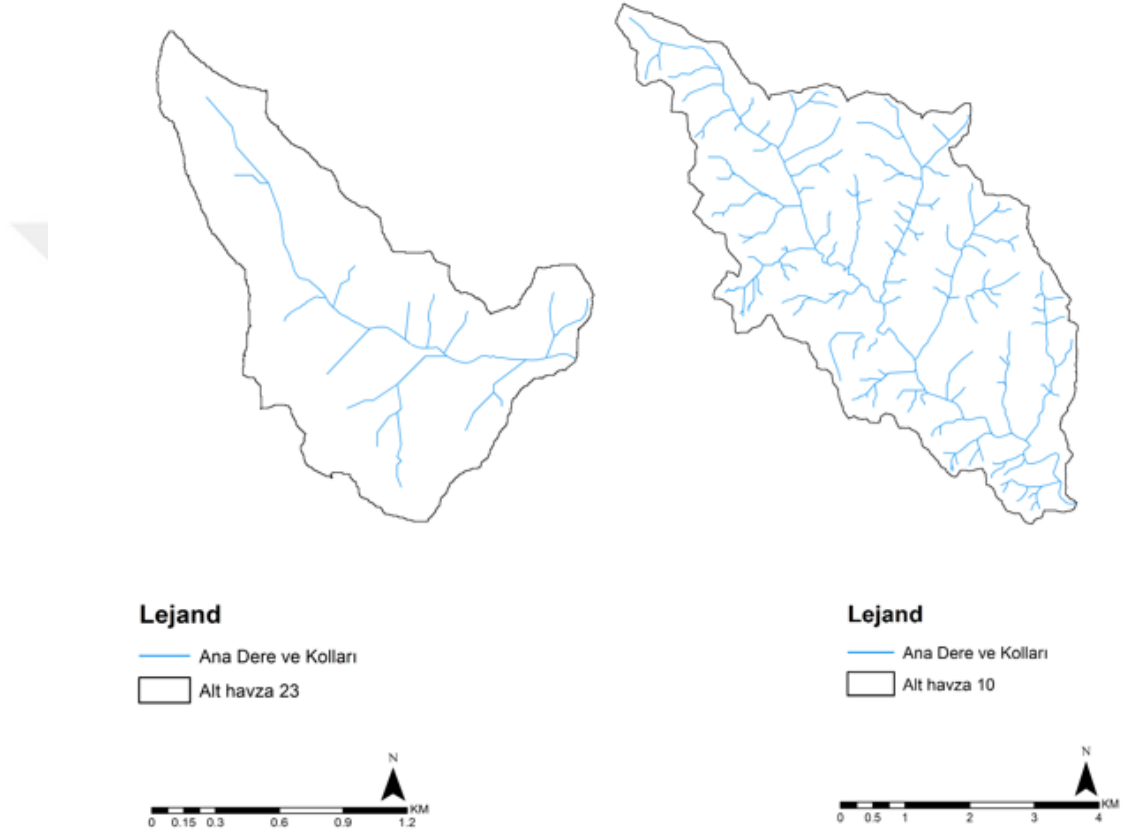
Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin havza karakteristikleri ile ilişkisinin ortaya koyulması amacıyla 27 alt havzanın alan, çevre, ortalama yükseklik ve ortalama eğimleri Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1: Alt havza karakteristikleri.

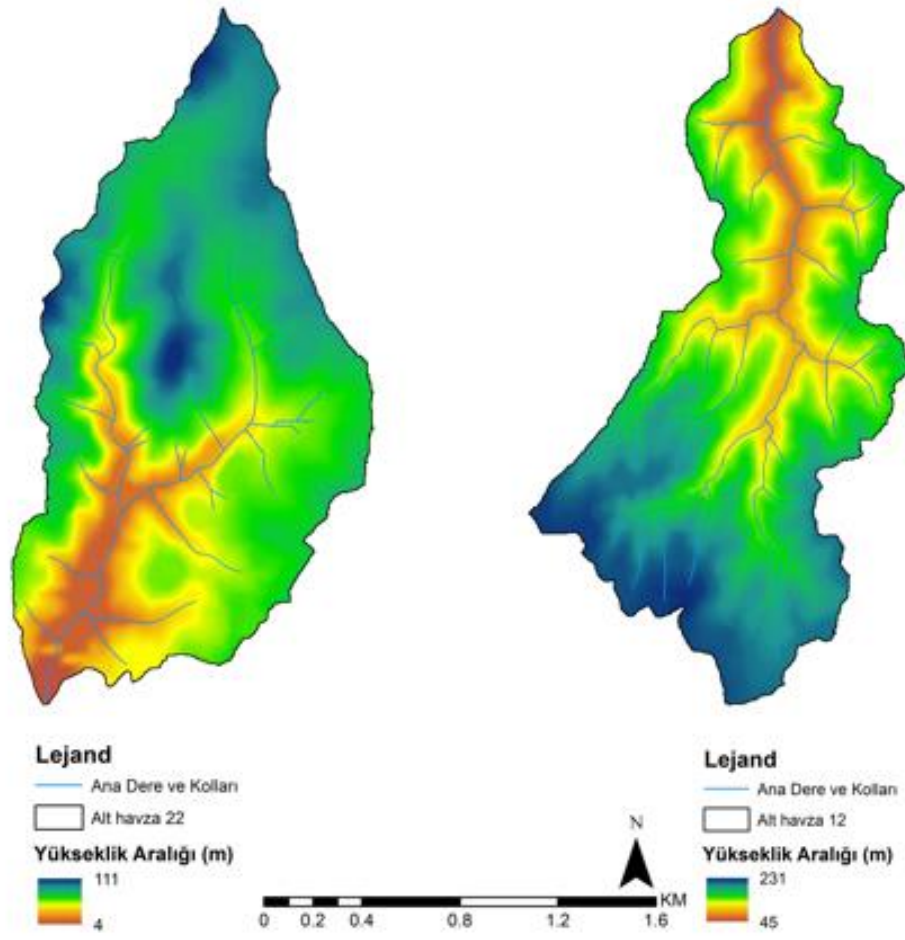
Alt havza adı	Havza Alanı (ha)	Havza Çevresi (m)	Ortalama Yükseklik (m)	Ortalama Eğim (%)
Sazlıdere-1	1428,80	26870	114,20	14,97
Sazlıdere-2	1575,09	28911	94,43	16,57
Sazlıdere-3	2022,93	28817	89,92	14,50
Sazlıdere-4	2733,86	42070	103,37	10,58
Alibeyköy-5	3176,55	35130	109,77	10,21
Sazlıdere-6	874,43	17290	103,25	13,11
Alibeyköy-7	1526,46	26730	108,96	10,68
Alibeyköy-8	917,37	20132	111,80	12,41
Sazlıdere-9	947,39	19767	137,06	29,07
Kağıthane-10	3908,05	46700	100,57	13,27
Alibeyköy-11	1398,33	23520	124,08	19,58
Alibeyköy-12	426,73	15230	157,22	27,73
Alibeyköy-13	340,39	12455	103,08	17,89
Alibeyköy-14	337,86	11540	99,55	15,26
Alibeyköy-15	387,45	13112	156,37	27,21
Kağıthane-16	810,88	19200	94,23	15,08
Kağıthane-17	2284,82	33160	106,92	16,61
Kağıthane-18	2653,41	37160	111,53	16,28
Alibeyköy-19	493,29	14553	144,25	24,60
Alibeyköy-20	810,02	18008	120,12	19,92
Kağıthane-21	2122,95	34079	99,20	12,40
Kağıthane-22	433,72	12756	66,57	14,32
Kağıthane-23	332,37	12749	68,59	13,74
Kağıthane-24	449,78	14250	90,02	12,77
Kağıthane-25	648,27	17018	120,19	18,81
Kağıthane-26	1773,47	41650	122,38	16,75
Kağıthane-27	386,40	14120	84,19	14,21

Alt havzaların alanları farklı büyüklükte olup en küçük alt havza 332,37 ha ve en büyük alt havza 3908,05 ha alana sahiptir. Bu alt havzalar sırasıyla Tablo 4.1’ de “Kağıthane-23” ve “Kağıthane-10” olarak adlandırılan alt havza 23 ve 10’dur (Şekil 4.2). Alt havzaların ortalama yükseklikleri ise 66,57 m ile 157,22 m arasında değişmektedir ve

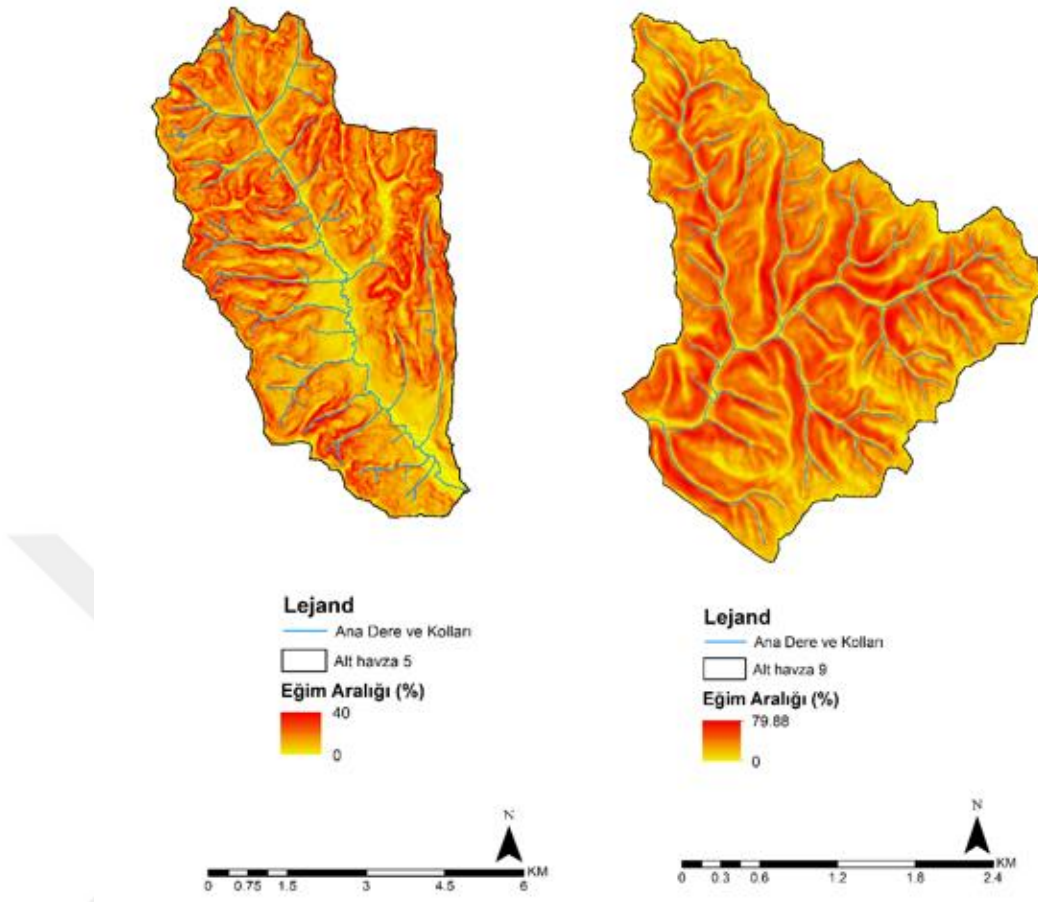
sırasıyla Tablo 4.1’ de “Kağıthane-22” ve “Alibeyköy-12” olarak adlandırılan alt havza 22 ve 12’dir (Şekil 4.3). Ortalama eğimin minimum ve maksimum değerleri alt havzalardan Tablo 4.1’ de “Alibeyköy-5” ve “Sazlıdere-9” olarak adlandırılan alt havza 5 ve 9’da sırasıyla % 10,21 ve % 29,07 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.2: En küçük ve en büyük alana sahip alt havzalar.



Şekil 4.3: Ortalama yüksekliği minimum ve maksimum olan alt havzalar.



Şekil 4.4: Ortalama eğimi minimum ve maksimum olan alt havzalar.

4.1.2. Hidrolojik Karakteristikler

Alt havzaların hidrolojik karakteristiklerinin belirlenebilmesi için ise drenaj ağı ile ilgili belirlenen ve hesaplanan özellikler Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2: Alt havzalara ait hidrolojik karakteristikler.

Alt Havza Adı	1.Derece Dere	2.Derece Dere	3.Derece Dere	4.Derece Dere	Dere Sayısı	Toplam Dere Uzunluğu (m)	Drenaj Yoğunluğu (km/km ²)	Dere Sıklığı	Çatallanma Oranı	Yüzeysel Akış Mesafesi (m)	Konsantrasyon Zamanı (Tc) (sa)
Sazlıdere-1	41	10	2	1	54	29574,00	2,07	3,78	3,05	293,94	0,077
Sazlıdere-2	51	11	2	1	65	35025,70	2,22	4,13	3,06	105,05	0,255
Sazlıdere-3	51	14	3	1	69	42729,44	2,11	3,41	3,16	251,21	0,078
Sazlıdere-4	79	16	2	1	98	56639,09	2,07	3,58	3,10	129,46	0,305
Alibeyköy-5	53	16	3	1	73	56899,48	1,79	2,30	3,17	23,97	0,309
Sazlıdere-6	31	7	2	1	41	18521,52	2,12	4,69	3,01	225,45	0,081
Alibeyköy-7	34	8	2	1	44	30039,05	1,97	2,88	3,03	230,42	0,304
Alibeyköy-8	12	4	2	1	19	13775,96	1,50	2,07	2,89	323,44	0,075
Sazlıdere-9	52	14	4	1	71	31009,33	3,27	7,49	3,21	68,26	0,204
Kağıthane-10	119	29	6	1	155	92568,89	2,37	3,97	3,32	168,32	0,279
Alibeyköy-11	76	19	5	1	102	46592,76	3,33	7,29	3,44	180,91	0,062
Alibeyköy-12	25	7	3	1	36	16235,28	3,80	8,44	3,09	123,68	0,007
Alibeyköy-13	19	4	1	0	24	11052,40	3,25	7,05	2,25	72,57	0,247
Alibeyköy-14	14	2	1	0	17	8478,01	2,51	5,03	2,10	139,07	0,263
Alibeyköy-15	20	6	2	1	29	12401,08	3,20	7,48	2,98	170,23	0,007
Kağıthane-16	27	5	2	1	35	19612,26	2,42	4,32	2,96	172,22	0,262
Kağıthane-17	63	13	4	1	81	47382,58	2,07	3,55	3,21	258,02	0,255
Kağıthane-18	76	18	5	1	100	57198,66	2,16	3,77	3,27	198,60	0,257
Alibeyköy-19	38	9	1	0	48	19601,54	3,97	9,73	2,37	208,60	0,007
Alibeyköy-20	31	9	2	1	43	19612,99	2,42	5,31	3,04	250,07	0,008
Kağıthane-21	62	14	3	1	80	45136,36	2,13	3,77	3,17	634,66	0,009
Kağıthane-22	25	6	1	0	32	11305,20	2,61	7,38	2,32	995,89	0,270
Kağıthane-23	15	4	1	0	2	9784,39	2,94	0,60	2,24	346,60	0,009
Kağıthane-24	11	5	1	0	17	9917,31	2,20	3,78	2,25	164,43	0,009
Kağıthane-25	35	8	2	1	46	21256,95	3,28	7,10	3,03	94,54	0,242
Kağıthane-26	61	12	1	0	74	44063,62	2,48	4,17	2,41	144,18	0,254
Kağıthane-27	12	4	1	0	17	9325,69	2,41	4,40	2,22	369,80	0,271

4.1.3. Arazi Kullanım Şekilleri ve Yoğunlukları

Çalışmanın temel faktörünü temsil eden hidrolojik ekosistem hizmetleri, sulak ve karasal ekosistemlerin sağladığı hizmetler olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında hizmetlerin sağlandığı karasal ekosistemler orman ekosistemleri (iğne yapraklı, geniş yapraklı ve karışık ormanlar), mera alanları, tarım alanları ve yerleşim alanları olarak belirlenmiştir; sulak ekosistemler ise sadece dere sistemleri ile sınırlandırılmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılabilmesi için öncelikle çalışma alanında mevcut olan ekosistemlerin belirlenmesi gerekmiştir. Burada her bir alt havza ayrı ayrı değerlendirilerek ekosistemler ve yoğunlukları belirlenmiştir (Tablo 4.3 (a), (b)) (Şekil 4.5).

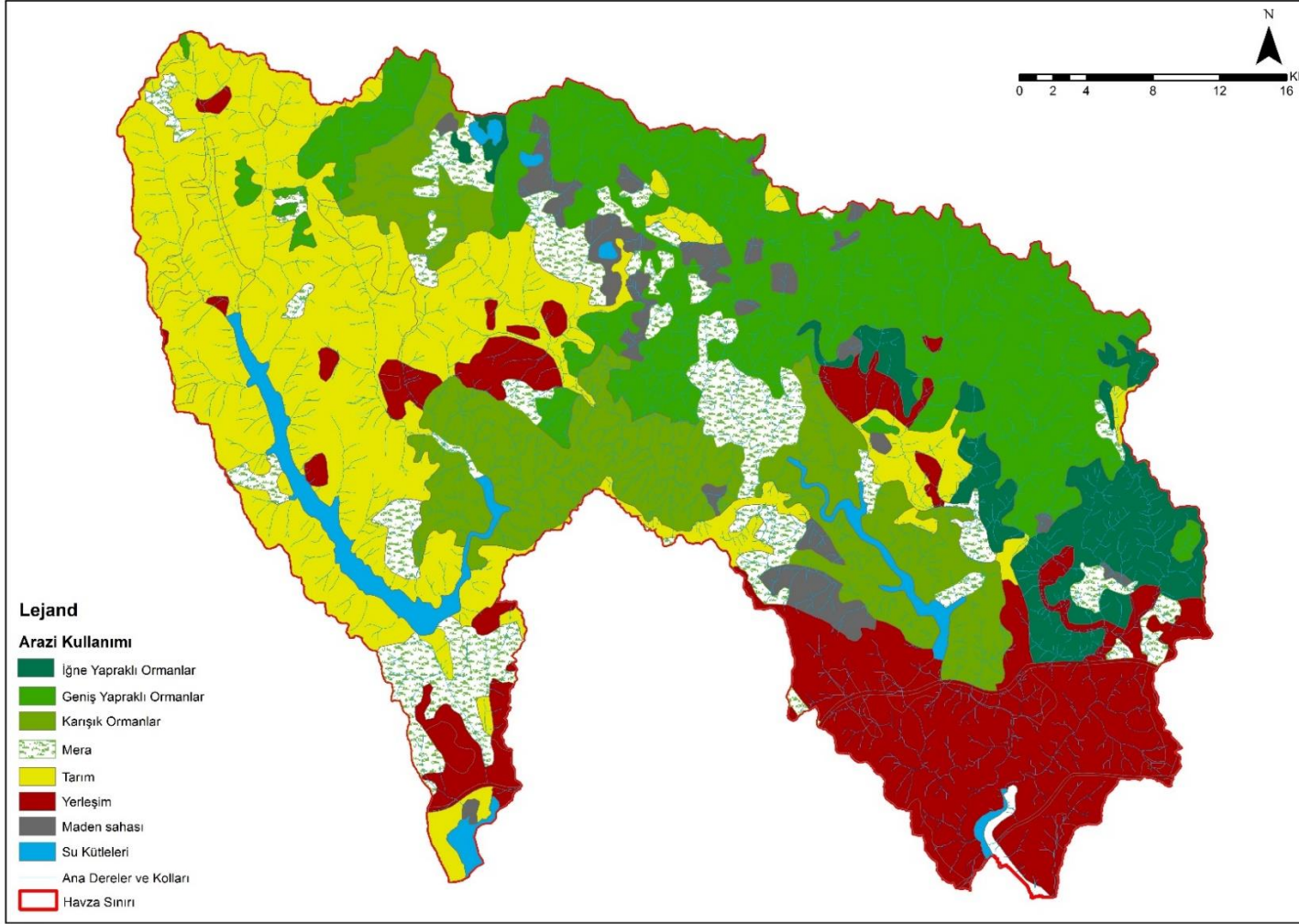
Tablo 4.3 (a): Alt havzalardaki mevcut ekosistemler ve alanları.

Alt Havza Adı	Arazi Kullanım Şekli ve Alanları (ha)							
	Orman				Mera	Tarım	Yerleşim	Alt Havza Alanı
	İğne Yapraklı	Geniş Yapraklı	Karışık	Toplam				
Sazlıdere-1	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	1395,37	33,41	1428,80
Sazlıdere-2	0,00	18,95	2,35	21,30	115,38	1378,96	59,44	1575,09
Sazlıdere-3	0,00	358,55	0,00	358,55	50,26	1612,08	2,03	2022,93
Sazlıdere-4	0,00	253,61	264,56	518,17	1,56	2091,57	122,56	2733,86
Alibeyköy-5	143,09	647,16	1139,17	1929,43	437,47	681,35	65,10	3176,55
Sazlıdere-6	0,00	0,00	118,56	118,56	2,05	552,24	201,20	874,43
Alibeyköy-7	1,09	772,63	0,00	773,71	219,25	241,81	262,60	1526,46
Alibeyköy-8	0,00	140,72	0,17	140,89	273,78	234,44	240,07	917,37
Sazlıdere-9	0,00	2,61	924,33	926,94	2,52	8,56	0,01	947,39
Kağıthane-10	36,47	2950,39	21,36	3008,23	190,95	272,63	436,22	3908,05
Alibeyköy-11	0,00	820,96	2,86	823,82	393,46	25,68	155,36	1398,33
Alibeyköy-12	0,00	0,00	366,38	366,38	8,78	51,57	0,00	426,73
Alibeyköy-13	0,00	119,53	0,00	119,53	220,86	0,00	0,00	340,39
Alibeyköy-14	0,00	63,03	6,56	69,59	268,10	0,00	0,00	337,86
Alibeyköy-15	0,00	244,47	0,00	244,47	16,15	84,68	42,14	387,45
Kağıthane-16	9,37	730,22	0,00	739,60	12,38	0,00	58,90	810,88
Kağıthane-17	52,16	2123,89	0,00	2176,05	0,00	25,17	83,58	2284,82
Kağıthane-18	241,49	2242,53	0,00	2484,02	0,14	147,13	22,12	2653,41
Alibeyköy-19	0,00	0,00	10,96	10,96	234,48	172,13	75,71	493,29
Alibeyköy-20	0,00	0,00	197,07	197,07	155,78	32,47	422,80	810,02
Kağıthane-21	0,00	0,00	0,00	0,00	30,30	0,00	2092,65	2122,95
Kağıthane-22	0,00	0,00	325,17	325,17	0,00	0,00	108,54	433,72
Kağıthane-23	165,46	0,00	0,00	165,46	0,00	0,00	166,91	332,37
Kağıthane-24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	449,78	449,78
Kağıthane-25	553,20	0,41	0,00	553,62	39,70	0,00	54,95	648,27
Kağıthane-26	952,22	420,66	0,00	1372,87	135,95	66,49	198,14	1773,47
Kağıthane-27	160,82	93,71	0,00	254,53	0,00	2,58	129,28	386,40

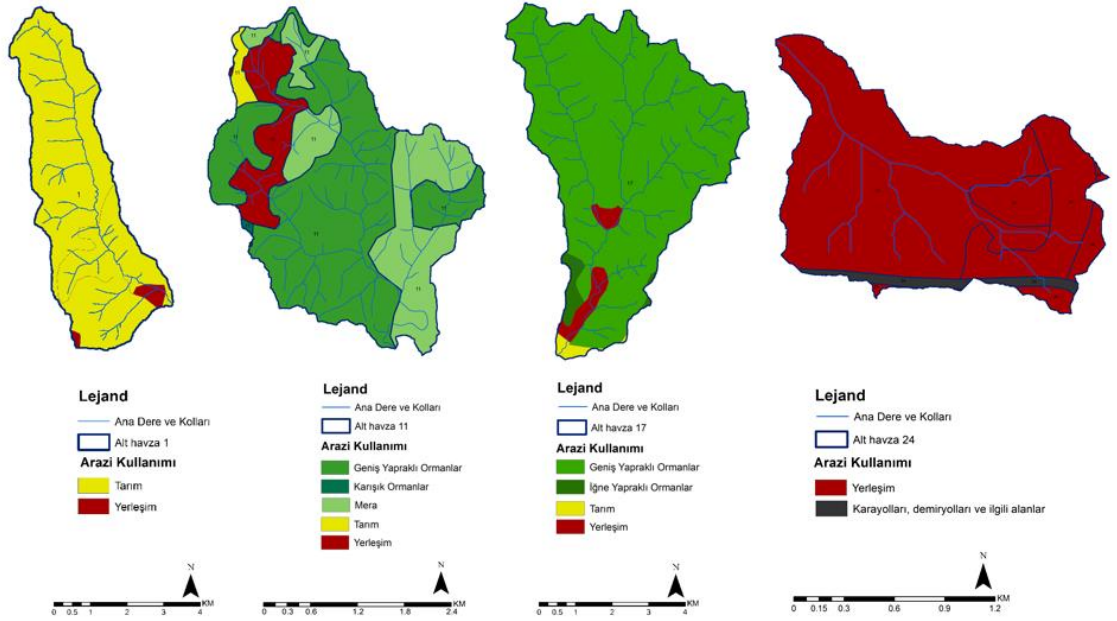
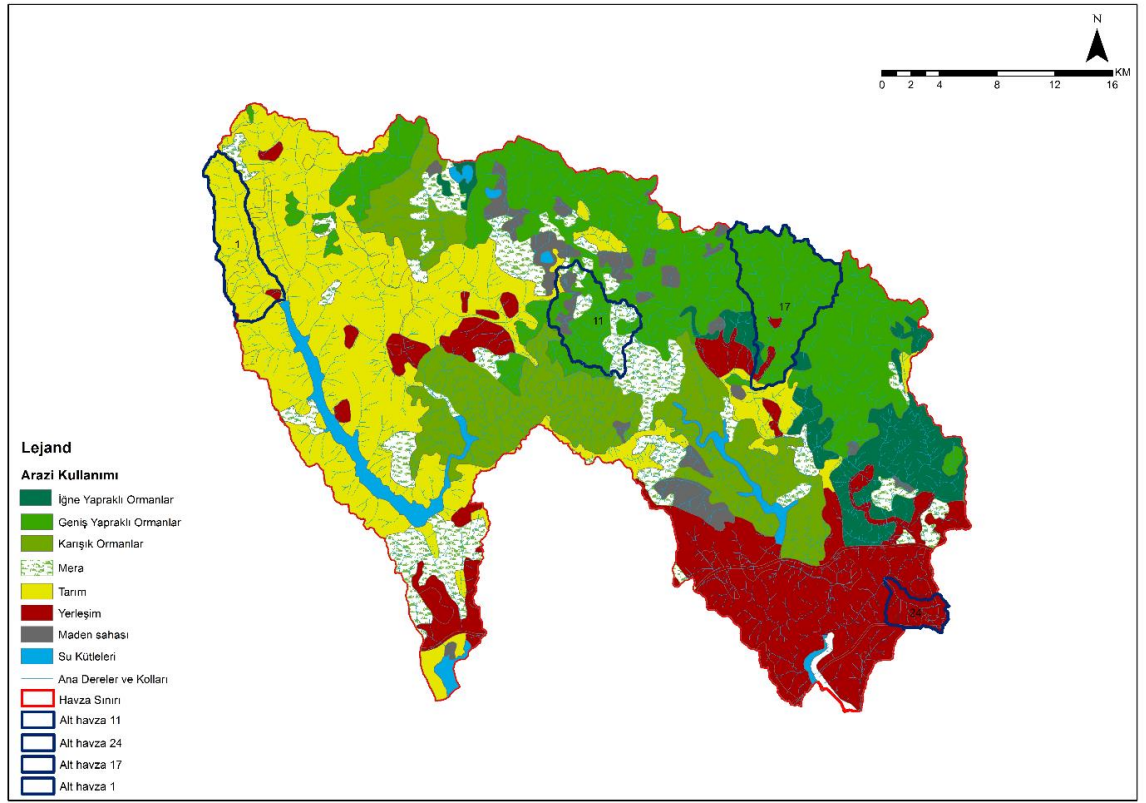
Tablo 4.3 (b): Alt havzalardaki mevcut ekosistemler ve alansal yüzdeleri.

Alt Havza Adı	Arazi Kullanım Yoğunluğu (%)							
	Orman				Mera	Tarım	Yerleşim	Alt Havza Alanı
	İğne Yapraklı	Geniş Yapraklı	Karışık	Toplam				
Sazlıdere-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,02	1428,80
Sazlıdere-2	0,00	1,20	0,15	0,01	0,07	0,88	0,04	1575,09
Sazlıdere-3	0,00	17,72	0,00	0,18	0,02	0,80	0,00	2022,93
Sazlıdere-4	0,00	9,28	9,68	0,19	0,00	0,77	0,04	2733,86
Alibeyköy-5	4,50	20,37	35,86	0,61	0,14	0,21	0,02	3176,55
Sazlıdere-6	0,00	0,00	13,56	0,14	0,00	0,63	0,23	874,43
Alibeyköy-7	0,07	50,62	0,00	0,51	0,14	0,16	0,17	1526,46
Alibeyköy-8	0,00	15,34	0,02	0,15	0,30	0,26	0,26	917,37
Sazlıdere-9	0,00	0,28	97,57	0,98	0,00	0,01	0,00	947,39
Kağıthane-10	0,93	75,50	0,55	0,77	0,05	0,07	0,11	3908,05
Alibeyköy-11	0,00	58,71	0,20	0,59	0,28	0,02	0,11	1398,33
Alibeyköy-12	0,00	0,00	85,86	0,86	0,02	0,12	0,00	426,73
Alibeyköy-13	0,00	35,12	0,00	0,35	0,65	0,00	0,00	340,39
Alibeyköy-14	0,00	18,66	1,94	0,21	0,79	0,00	0,00	337,86
Alibeyköy-15	0,00	0,00	63,10	0,63	0,04	0,22	0,11	387,45
Kağıthane-16	1,16	90,05	0,00	0,91	0,02	0,00	0,07	810,88
Kağıthane-17	2,28	92,96	0,00	0,95	0,00	0,01	0,04	2284,82
Kağıthane-18	9,10	84,52	0,00	0,94	0,00	0,06	0,01	2653,41
Alibeyköy-19	0,00	0,00	2,22	0,02	0,48	0,35	0,15	493,29
Alibeyköy-20	0,00	0,00	24,33	0,24	0,19	0,04	0,52	810,02
Kağıthane-21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,99	2122,95
Kağıthane-22	0,00	0,00	74,97	0,75	0,00	0,00	0,25	433,72
Kağıthane-23	49,78	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	332,37
Kağıthane-24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	449,78
Kağıthane-25	85,34	0,06	0,00	0,85	0,06	0,00	0,08	648,27
Kağıthane-26	53,69	23,72	0,00	0,77	0,08	0,04	0,11	1773,47
Kağıthane-27	41,62	24,25	0,00	0,66	0,00	0,01	0,33	386,40

Alt havzalara ait arazi kullanım şekillerinin belirlenmesi ve yüzdelerinin hesaplanması ile alt havzalarda bazılarının sadece orman, sadece tarım ve bazılarının ise kentsel ekosistemler olduğu ortaya koyulmuştur. Bunun yanında bazı alt havzalarda da farklı ekosistemlerin bir arada bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5: Çalışma alanı arazi kullanım türleri ve mevcut ekosistemler.



Şekil 4.6: Tek bir ekosisteme ve farklı ekosistemlere sahip olan alt havza örnekleri.

4.2. TOPRAK VE ÖLÜ ÖRTÜ ÖZELLİKLERİ

4.2.1. Toprak Özellikleri

4.2.1.1. *Tekstür*

Çalışma alanı olan 27 alt havzaya ait toprakların analizleri sonucunda tekstürleri belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında alt havzaların farklı tekstür sınıflarına sahip oldukları görülmüştür ve çalışma alanına ait topraklar ağırlıklı olarak kumlu balçıktır; yani kaba bünyeli topraklardır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Alt havzalardan alınan toprak örneklerinin tekstür sınıfları.

ALT HAVZA ADI	% KUM	% TOZ	% KİL	TEKSTÜR
Sazlıdere-1	60	37	3	KUMLU BALÇIK
Sazlıdere-2	62	33	5	KUMLU BALÇIK
Sazlıdere-3	59	31	10	KUMLU BALÇIK
Sazlıdere-4	62	27	11	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-5	60	33	7	KUMLU BALÇIK
Sazlıdere-6	71	23	6	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-7	65	28	7	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-8	57	40	3	KUMLU BALÇIK
Sazlıdere-9	59	37	4	KUMLU BALÇIK
Kağıthane-10	52	45	3	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-11	71	23	6	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-12	60	34	6	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-13	59	31	10	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-14	79	16	5	BALÇIKLI KUM
	56	35	9	KUMLU BALÇIK
Alibeyköy-15	48	50	2	TOZ BALÇIĞI
Kağıthane-16	69	26	5	KUMLU BALÇIK
Kağıthane-17	66	20	14	KUMLU BALÇIK
	78	17	5	BALÇIKLI KUM
	47	28	25	KUMLU KİLLİ BALÇIK
	50	38	13	BALÇIK
Kağıthane-18	57	38	4	KUMLU BALÇIK
	53	23	23	KUMLU KİLLİ BALÇIK
Alibeyköy-19	47	51	2	TOZ BALÇIĞI
Alibeyköy-20	71	22	7	KUMLU BALÇIK
Kağıthane-21	75	20	5	BALÇIKLI KUM
Kağıthane-22	72	21	7	KUMLU BALÇIK
Kağıthane-23	60	17	24	KUMLU KİLLİ BALÇIK
Kağıthane-24	65	22	13	KUMLU BALÇIK
Kağıthane-25	75	22	3	BALÇIKLI KUM
Kağıthane-26	52	20	27	KUMLU KİLLİ BALÇIK
	62	30	8	KUMLU BALÇIK
Kağıthane-27	56	35	9	KUMLU BALÇIK

4.2.1.2. Dispersiyon Oranı

Bir diğer taraftan araziden alınan toprak örneklerinin dispersiyon oranları yani erozyona eğilimi hesaplanmıştır. Böylece alınan örneklerin hangisinin erozyona dayanıklı hangisinin dayanıksız olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: Alt havzalara ait toprakların dispersiyon oranları ve sınıfları.

Havza adı	Dispersiyon Oranı	Açıklama
Sazlıdere-1	15,9	Erozyona dayanıksız
Sazlıdere-2	19,2	Erozyona dayanıksız
Sazlıdere-3	23,6	Erozyona dayanıksız
Sazlıdere-4	16,8	Erozyona dayanıksız
Alibeyköy-5	12,9	Erozyona dayanıklı
Sazlıdere-6	45,2	Erozyona dayanıksız
Alibeyköy-7	13,4	Erozyona dayanıklı
Alibeyköy-8	9,6	Erozyona dayanıklı
Sazlıdere-9	12,3	Erozyona dayanıklı
Kağıthane-10	9,3	Erozyona dayanıklı
Alibeyköy-11	5,2	Erozyona dayanıklı
Alibeyköy-12	14,4	Erozyona dayanıklı
Alibeyköy-13	9,2	Erozyona dayanıklı
Alibeyköy-14	6,9	Erozyona dayanıklı
Alibeyköy-15	6,7	Erozyona dayanıklı
Kağıthane-16	9,1	Erozyona dayanıklı
Kağıthane-17	6,9	Erozyona dayanıklı
	27,9	Erozyona dayanıksız
Kağıthane-18	7,5	Erozyona dayanıklı
	31,9	Erozyona dayanıksız
Alibeyköy-19	18,6	Erozyona dayanıksız
Alibeyköy-20	24,4	Erozyona dayanıksız
Kağıthane-21	39,7	Erozyona dayanıksız
Kağıthane-22	34,2	Erozyona dayanıksız
Kağıthane-23	19,8	Erozyona dayanıksız
Kağıthane-24	46,5	Erozyona dayanıksız
Kağıthane-25	11,7	Erozyona dayanıklı
Kağıthane-26	5,7	Erozyona dayanıklı
	26,5	Erozyona dayanıksız
Kağıthane-27	19,9	Erozyona dayanıksız

4.2.1.3. Permeabilite, Hacim Ağırlığı, Maksimum Su Tutma Kapasitesi, Kompaktlaşma

Çalışma alanını temsil eden 27 alt havzaya ait toprakların permeabilite sınıfları, hacim ağırlığı, maksimum su tutma kapasitesi ve kompaktlaşma değerleri Tablo 4.6' da verilmiştir.

Tablo 4.6: Alt havzalara ait toprakların permeabilite, hacim ağırlığı, maksimum su tutma kapasitesi ve kompaktlaşma değerleri.

Alt Havza Adı	Permeabilite hızı (cm/saat) ve sınıfı	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Maksimum Su tutma kapasitesi (%)	Kompaktlaşma (kg/cm ²)
Sazlıdere-1	16,37 (Hızlı)	1,10	31,08	78,40
Sazlıdere-2	16,37 (Hızlı)	1,41	37,96	55,62
Sazlıdere-3	16,37 (Hızlı)	1,41	24,19	67,01
Sazlıdere-4	16,37 (Hızlı)	1,18	33,38	35,90
Alibeyköy-5	13,53 (Orta hızlı)	1,10	46,49	44,80
Sazlıdere-6	11,60 (Orta hızlı)	1,20	42,57	53,55
Alibeyköy-7	123,95 (Hızlı)	1,02	37,7	60,95
Alibeyköy-8	5,28 (Orta hızlı)	1,33	50,93	66,25
Sazlıdere-9	103,52 (Hızlı)	0,94	57,63	60,75
Kağıthane-10	5,81 (Orta hızlı)	1,50	40,30	61,15
Alibeyköy-11	421,70 (Hızlı)	1,51	38,55	89,50
Alibeyköy-12	100,52 (Hızlı)	1,4	30,59	60,95
Alibeyköy-13	306,42 (Hızlı)	1,64	41,58	58,25
Alibeyköy-14	52,48 (Hızlı)	1,45	33,04	67,58
Alibeyköy-15	27,98 (Hızlı)	1,61	23,59	56,85
Kağıthane-16	54,72 (Hızlı)	1,53	41,00	37,58
Kağıthane-17	84,96 (Hızlı)	0,84	74,78	23,35
Kağıthane-18	24,48 (Hızlı)	1,21	43,25	45,95
Alibeyköy-19	40,23 (Hızlı)	1,55	32,00	62,91
Alibeyköy-20	8,48 (Orta hızlı)	1,43	34,08	65,03
Kağıthane-21	0,89 (Orta yavaş)	1,20	25,8	110,15
Kağıthane-22	70,74 (Hızlı)	1,04	62,68	46,30
Kağıthane-23	52,75 (Hızlı)	1,13	37,81	37,58
Kağıthane-24	7,59 (Orta hızlı)	1,32	11,43	130,60
Kağıthane-25	98,73 (Hızlı)	0,87	55,19	40,00
Kağıthane-26	57,73 (Hızlı)	1,44	70,99	27,59
Kağıthane-27	97,25 (Hızlı)	1,34	35,34	47,57

4.2.1.4. pH, Elektriki İletkenlik, Organik Madde

Çalışma alanına ait toprakların pH, elektriki iletkenlik değerleri ve organik madde miktarları Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7: Alt havzalara ait toprakların pH, elektriksel iletkenlik değerleri ve organik madde miktarları.

Alt Havza Adı	pH (1/5)	Elektriki iletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Ateşte kayıp (%)
Sazlıdere-1	8,05 (Orta derecede alkali)	173	24,23
Sazlıdere-2	7,72 (Hafif alkali)	720	13,04
Sazlıdere-3	7,88 (Orta derecede alkali)	229	18,57
Sazlıdere-4	7,92 (Orta derecede alkali)	188	6,94
Alibeyköy-5	4,48 (Çok kuvvetli asidik)	594	7,85
Sazlıdere-6	7,76 (Hafif alkali)	220	16,66
Alibeyköy-7	6,14 (Hafif asidik)	99	9
Alibeyköy-8	6,77 (Nötr)	576	13,35
Sazlıdere-9	6,57 (Nötr)	132	7,93
Kağıthane-10	7,39 (Hafif alkali)	319	8,45
Alibeyköy-11	5,96 (Orta derecede asidik)	202	9,37
Alibeyköy-12	5,43 (Kuvvetli asidik)	174	6,37
Alibeyköy-13	5,90 (Orta derecede asidik)	115	8,93
Alibeyköy-14	7,52 (Orta derecede alkali)	289	10,3
Alibeyköy-15	5,36 (Kuvvetli asidik)	105	6,37
Kağıthane-16	7,10 (Nötr)	147	12,41
Kağıthane-17	6,04 (Orta derecede asidik)	176	9,96
	5,43 (Kuvvetli asidik)	174	7,3425
	4,97 (Çok kuvvetli asidik)	192	6,425
	7,15 (Nötr)	354	8,2825
Kağıthane-18	6,48 (Hafif asidik)	241	9,475
	5,27 (Kuvvetli asidik)	238	13,0725
Alibeyköy-19	5,85 (Orta derecede asidik)	85	11,01
Alibeyköy-20	6,67 (Nötr)	124	4,18
Kağıthane-21	7,86 (Orta derecede alkali)	194	3,3
Kağıthane-22	6,61 (Hafif asidik)	123	12,55
Kağıthane-23	5,96 (Orta derecede asidik)	202	7,51
Kağıthane-24	7,86 (Orta derecede alkali)	199	4,66
Kağıthane-25	6,44 (Hafif asidik)	194	10,11
Kağıthane-26	5,69 (Orta derecede alkali)	248	9,85
	4,60 (Çok kuvvetli asidik)	203	9,9375
Kağıthane-27	6,76 (Nötr)	413	7,44

4.2.2. Ölü Örtü Özellikleri

Örnekleme noktasında ana ağaç merkez alınarak dört ana yönden alınan örneklerden biri de ölü örtü örneklemesidir. Bunun için kuadrat yöntemi kullanılmış olup ölü örtünün hektardaki fırın kurusu ağırlıkları hesaplanmıştır (Şekil 4.8).

Tablo 4.8: Kuadrat yöntemi ile örneklenen ölü örtünün alt havzalarda hektardaki ağırlıkları.

Alt Havza Adı	Kuru Ağırlık (gr)	Hektardaki ağırlık (Kg)
Sazlıdere-1	58,15	2,326
Sazlıdere-2	33,76	1,350
Sazlıdere-3	45,96	1,838
Sazlıdere-4	52,053	2,082
Alibeyköy-5	179,03	7,161
Sazlıdere-6	47,30	1,892
Alibeyköy-7	76,14	3,046
Alibeyköy-8	4,29	0,172
Sazlıdere-9	523,88	20,955
Kağıthane-10	8,49	0,339
Alibeyköy-11	124,75	4,990
Alibeyköy-12	305,81	12,232
Alibeyköy-13	45,96	1,838
Alibeyköy-14	32,93	1,317
Alibeyköy-15	232,85	9,314
Kağıthane-16	395,40	15,816
Kağıthane-17	454,24	18,169
Kağıthane-18	520,40	20,816
Alibeyköy-19	32,93	1,317
Alibeyköy-20	258,47	10,339
Kağıthane-21	4,87	0,195
Kağıthane-22	309,13	12,365
Kağıthane-23	287,38	11,495
Kağıthane-24	4,29	0,172
Kağıthane-25	336,84	13,474
Kağıthane-26	273,73	10,949
Kağıthane-27	267,17	10,687

4.3. SU KALİTESİ PARAMETRELERİ

Dere sisteminde yapılmış olan örnekleme yerlerinde arazide ölçülmüş parametreler pH, elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$), bulanıklık (NTU), çözünmüş oksijen (mg/lt) olup, toplam askıda katı madde (mg/lt) ise araziden su örneği alınıp laboratuvarında analiz edilmiştir. Örnekleme noktalarına ait ölçüm sonuçları Tablo 4.9’ da verilmiştir.

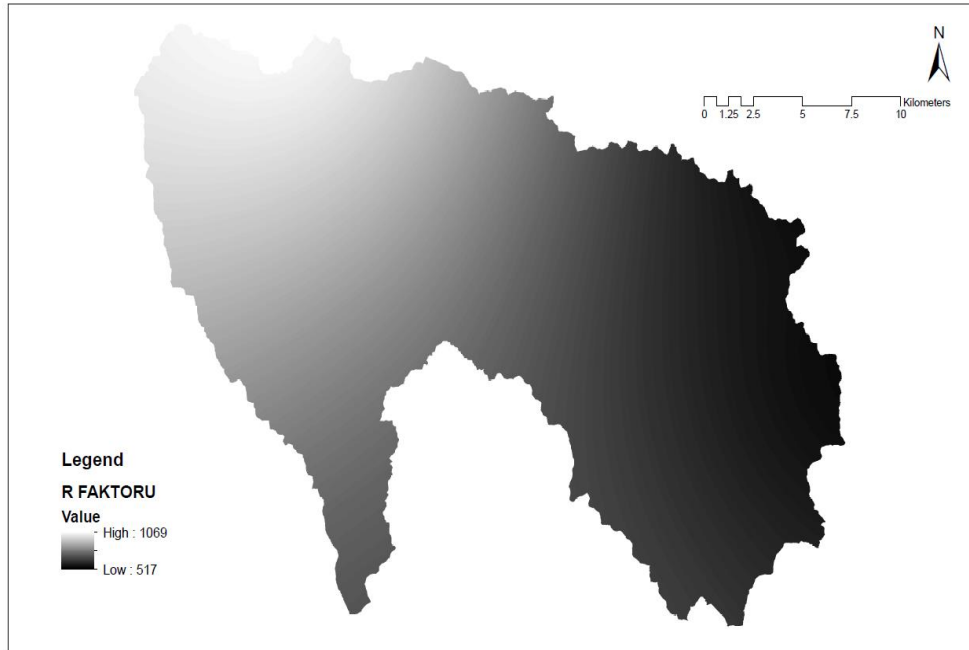
Tablo 4.9: Alt havzalarda yapılan su kalitesi örneklemelerine ait bazı parametrelerin değerleri.

Alt Havza Adı	Örnekleme Noktaları	Su Kalitesi Parametreleri				
		pH	Elektiriki İletkenlik (μ S/cm)	Bulanıklık (NTU)	Çözülmüş Oksijen (mg/l)	Toplam Askıda Katı Madde (mg/l)
Sazlıdere-1	DN23	8,30	375	2,24	13,90	0,487
Sazlıdere-2	DN31	8,59	832	2,50	18,30	0,5735
Sazlıdere-3	DN24	7,68	169	26,17	5,68	0,572
Sazlıdere-4	DN20-DN22-DN29	7,88	799	5,81	8,33	0,513
Alibeyköy-5	DN12-DN21	7,60	1291	1,78	11,42	0,997
Sazlıdere-6	DN30	8,01	1148	10,55	9,67	0,784
Alibeyköy-7	DN18	7,70	1328	5,81	9,57	0,897
Alibeyköy-8	DN7-DN17	7,09	1352	4,78	7,38	1,076
Sazlıdere-9	DN32	7,41	393	2,66	6,53	0,242
Kağıthane-10	DN6-DN13-DN14-DN15	6,95	1114	8,50	6,92	0,774
Alibeyköy-11	DN8	7,66	1119	16,10	8,64	0,841
Alibeyköy-12	DN11	6,90	335	11,04	6,23	0,239
Alibeyköy-13	DN9	7,32	1182	12,81	7,54	0,824
Alibeyköy-14	DN19	7,56	1012	20,84	7,69	0,571
Alibeyköy-15	DN33	7,63	1132	7,22	7,89	0,761
Kağıthane-16	DN5	8,10	304	5,68	12,54	0,226
Kağıthane-17	DN1-DN2-DN16	7,40	305	3,11	7,16	0,178
Kağıthane-18	DN10	7,42	480	2,20	5,90	0,307
Alibeyköy-19	DN27	7,76	922	190,00	7,14	0,771
Alibeyköy-20	DN26	7,90	220	298,90	7,79	1,958
Kağıthane-21	DN25	7,97	1746	163,80	1,68	1,612
Kağıthane-22	DN28	7,44	994	7,49	8,38	0,7305
Kağıthane-23	DN38	7,57	867	24,09	6,65	0,680
Kağıthane-24	DN39	7,94	983	231,35	4,74	1,785
Kağıthane-25	DN36-DN37	6,39	191	19,89	6,56	0,171
Kağıthane-26	DN3-DN4	7,58	777	14,07	2,70	0,388
Kağıthane-27	DN34-DN35	7,69	740	40,70	4,92	0,630

4.4. HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİ İÇİN BELİRLENEN SAYISAL İFADELER

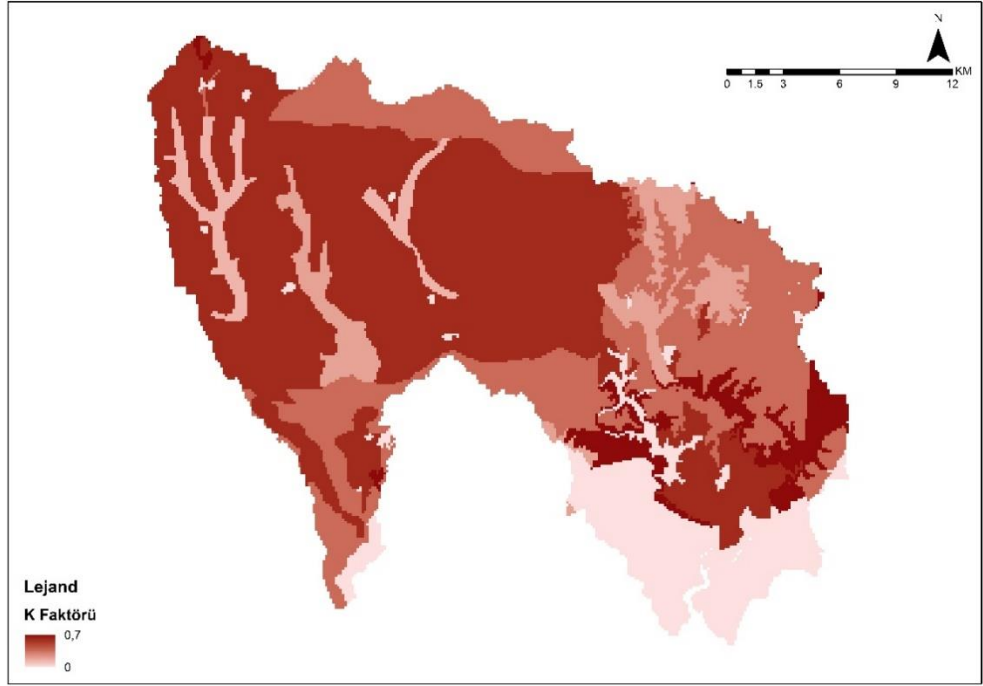
4.4.1. Toprak Koruma ve Erozyon Önleme Hizmeti

Çalışma alanı için uygulanan RUSLE metodunun her bir parametresinin dağılımı haritalanmıştır. İlk olarak yağış erozivite faktörü (R Faktörü), sonrasında toprak direnç faktörü (K Faktörü), yamaç eğim uzunluğu faktörü (LS Faktörü) ve son olarak arazi örtüsü ve bitki yönetim faktörü (C Faktörü) çalışma hazvası için belirlenmiştir (Şekil 4.7, 4.8, 4.9, 4.10).



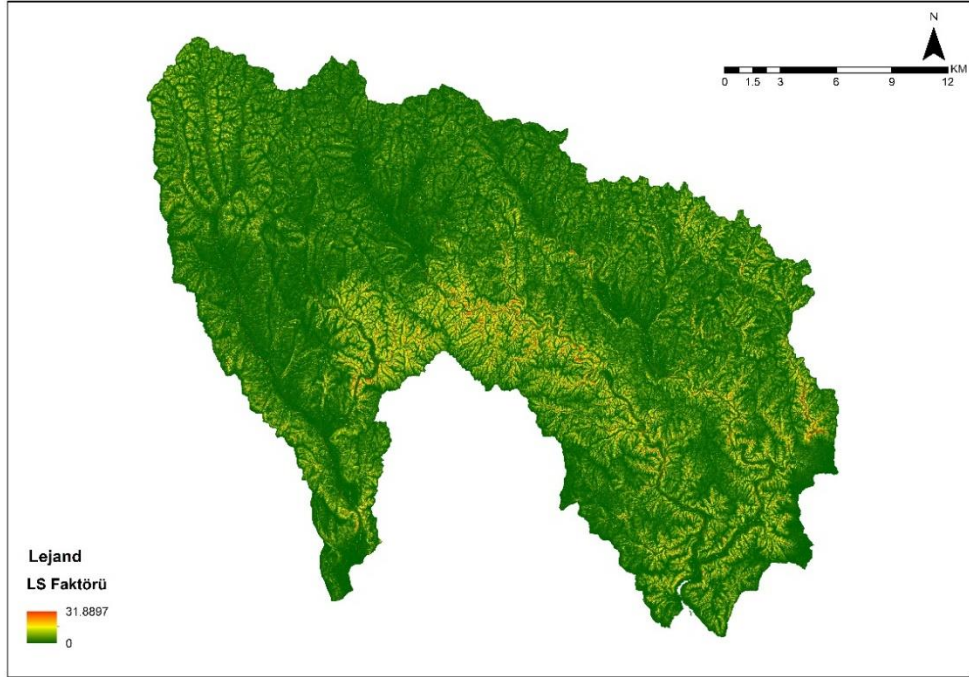
Şekil 4.7: Çalışma alanına ait yağış erozivite faktörünün dağılımı.

Çalışma alanına ait yağış erozivite faktörü (R Faktörü) 517 ile 1069 değer aralığında değişmektedir (Şekil 4.7). RUSLE' nin diğer bir bileşeni olan toprak direnç faktörü (K Faktörü) ise 0- 0,7 arasında değerler almıştır (Şekil 4.8).



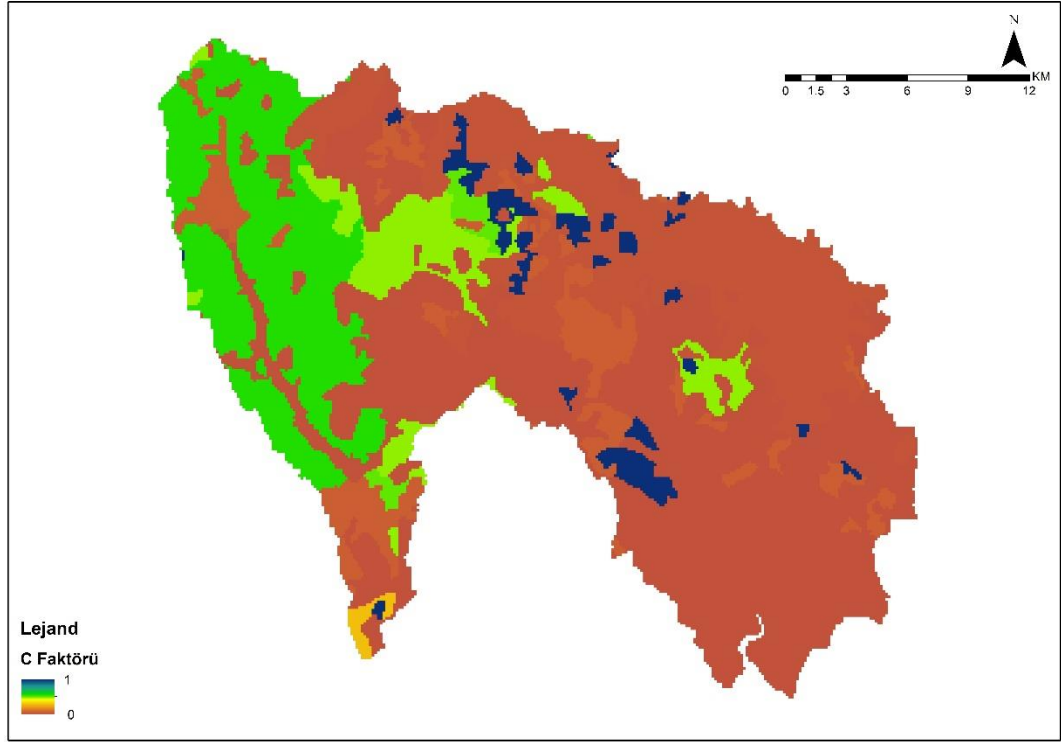
Şekil 4.8: Çalışma alanına ait toprak direnç faktörünün dağılımı.

Erozyon oluşumunda önemli faktörlerden biri olan yamaç uzunluğu (L) çalışmada eğim dikliği (S) ile birleştirilmiş (LS) ve 0-31,8 arasında değerler almıştır (Şekil 4.9).



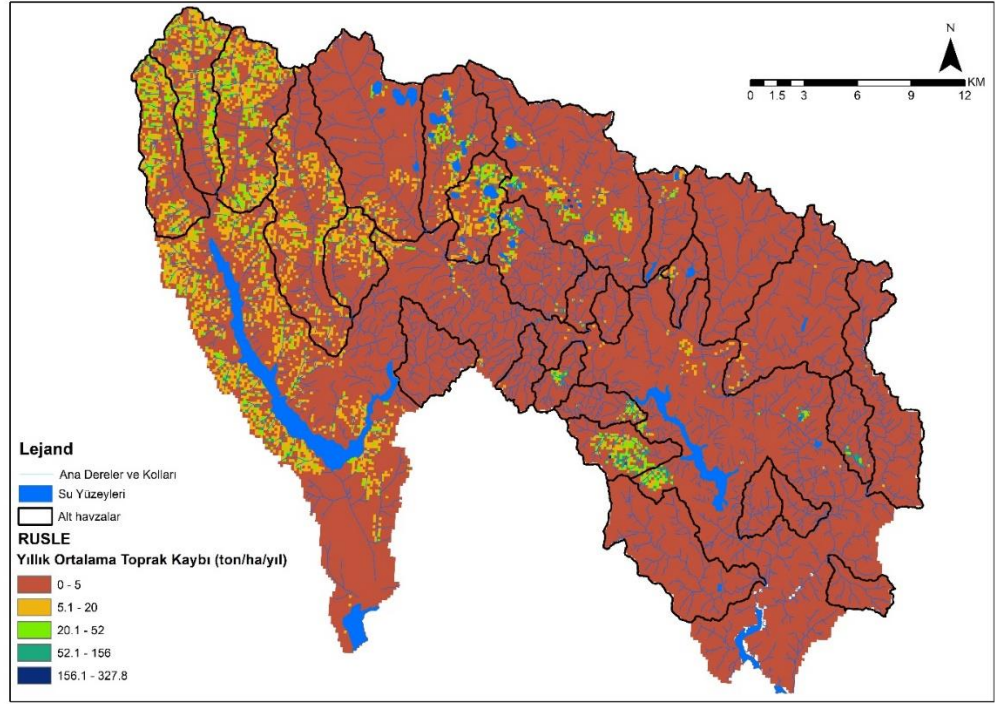
Şekil 4.9: Çalışma alanına ait yamaç uzunluğu ve eğim faktörünün dağılımı.

Erozyon oluşumunda bitki örtüsünün en etkili faktörlerden biri olduğu bilinmektedir ve RUSLE’ de bu etkinin belirlenmesinde kullanılan arazi örtüsü ve bitki yönetim faktörü çalışma alanında 0-1 aralığında değerler almıştır (Şekil 4.10).



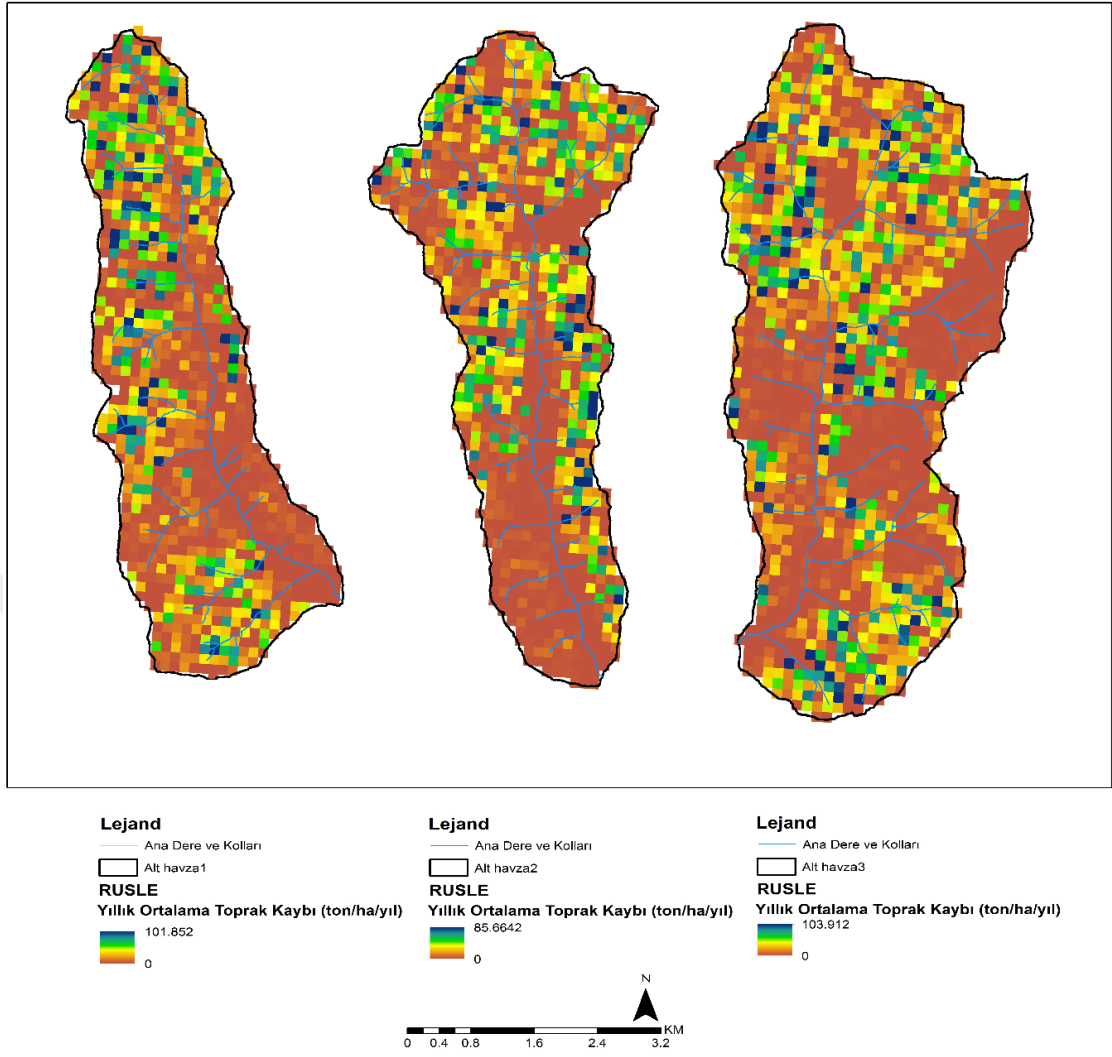
Şekil 4.10: Çalışma alanına ait arazi örtüsü ve bitki yönetim faktörünün dağılımı.

Çalışma alanına ait tüm bu faktörlerin birleştirilmesi ile elde edilen RUSLE ile yıllık ortalama toprak kaybı miktarı alt havza bazında belirlenmiştir (Şekil 4.11). Böylece alt havzaların arazi kullanım şekillerinin erozyon üzerindeki etkileri de belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir arazi kullanım şekli için hektardaki yıllık ortalama toprak kaybı miktarı belirlenmiştir.

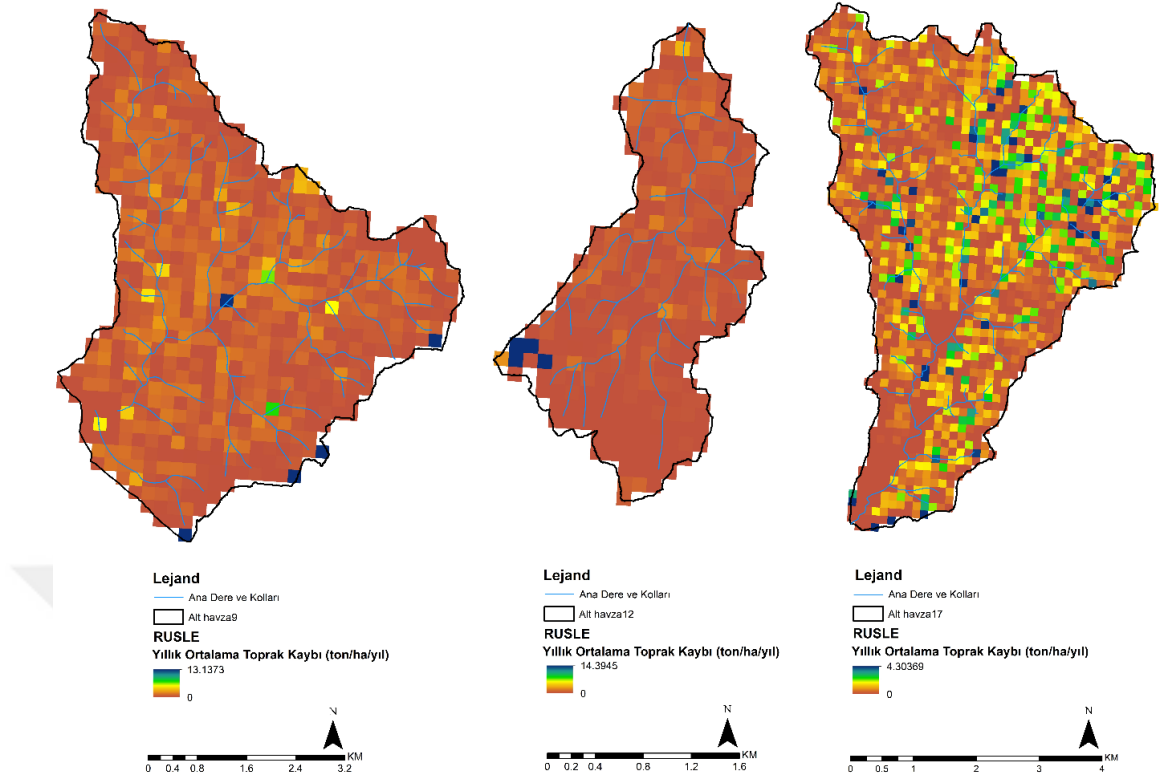


Şekil 4.11: RUSLE ile alt havza bazında hesaplanan yıllık ortalama toprak kaybı sınıflandırması.

Sonuçlar incelendiğinde tarım alanlarının fazla olduğu alt havzalarda toprak kaybı miktarının en fazla; orman alanlarının fazla olduğu alt havzalarda ise toprak kaybı miktarının en az olduğu görülmektedir (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Burada yerleşim alanlarında diğer arazi kullanımlarında olduğu gibi toprak bütünlüğü olmamasından dolayı toprak kaybı miktarının minimum olması sonucu göz ardı edilmiştir.

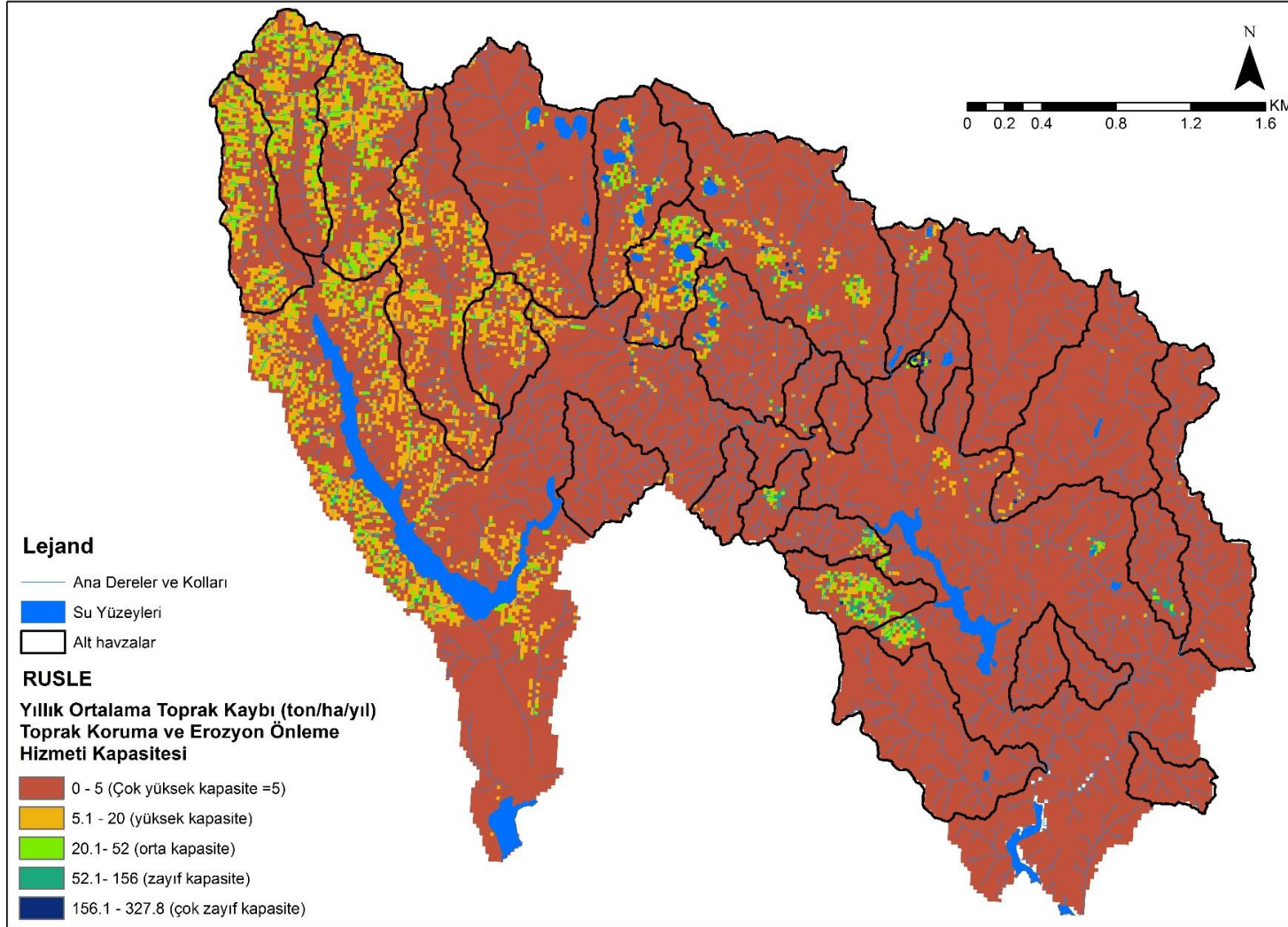


Şekil 4.12: Tarım alanlarının fazla olduğu alt havzalardaki yıllık ortalama toprak kaybı miktarı.



Şekil 4.13: Orman alanlarının fazla olduğu alt havzalardaki yıllık ortalama toprak kaybı miktarı.

Bu sonuçlar doğrultusunda alt havzaların toprak koruma ve erozyon önleme hizmeti kapasitesi Burkhard (2012) değerlendirme ölçeğine göre çok zayıf (1) ve çok yüksek kapasite (5) arasında belirlenmiştir. Toprak koruma ve erozyon önleme hizmeti kapasitesi bakımından tarım alanları çok zayıf (1); orman alanları (ekosistemleri) ise çok yüksek (5) olarak bulunmuştur (Şekil 4.14).

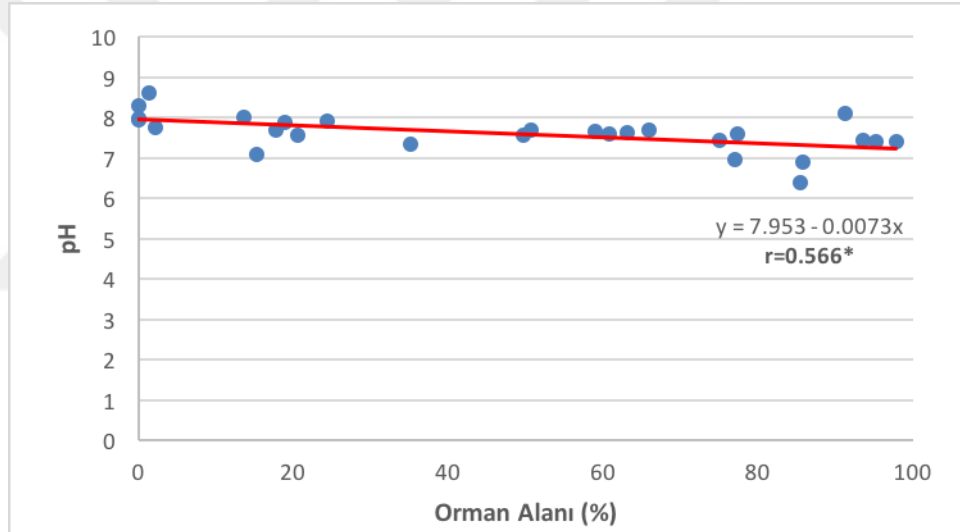


Şekil 4.14: Alt havza bazında toprak koruma ve erozyon önleme hizmeti kapasitesi.

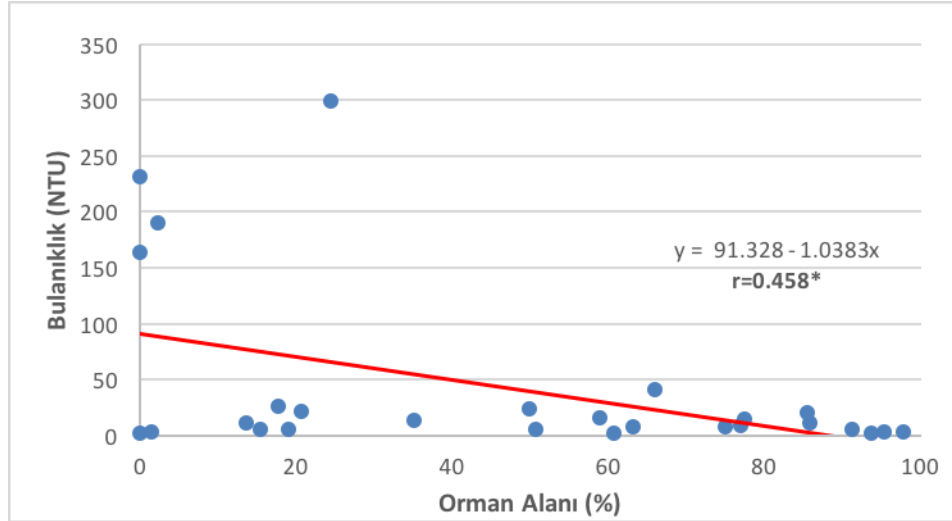
4.4.2. Su Kalitesini İyileştirme Hizmeti

Su kalitesini iyileştirme hizmeti için öncelikle arazide ölçümü yapılmış bazı su kalitesi parametreleri (pH, elektriki iletkenlik, bulanıklık, çözünmüş oksijen) ve laboratuvarında analizi yapılmış toplam askıda katı madde parametresinin farklı ekosistemlerde yani arazi kullanım yoğunlukları arasındaki ilişki belirlenmiştir.

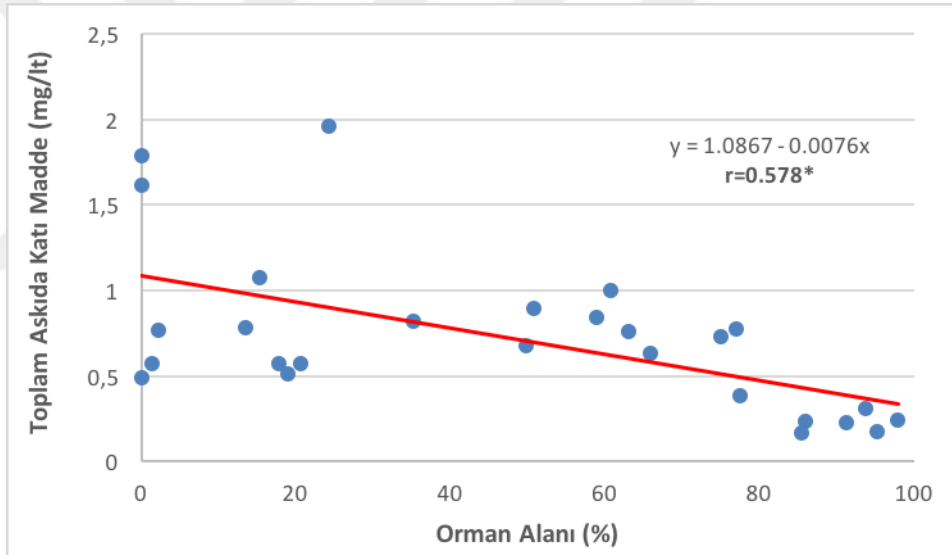
Regresyon denklemlerine ve onların korelasyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamlılıklarına bakıldığında, orman alanlarının artışı ile pH, bulanıklık ve toplam askıda katı madde miktarının azalış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.15, 4.16 ve 4.17).



Şekil 4.15: Orman alanı ile pH değerleri arasındaki ilişki.

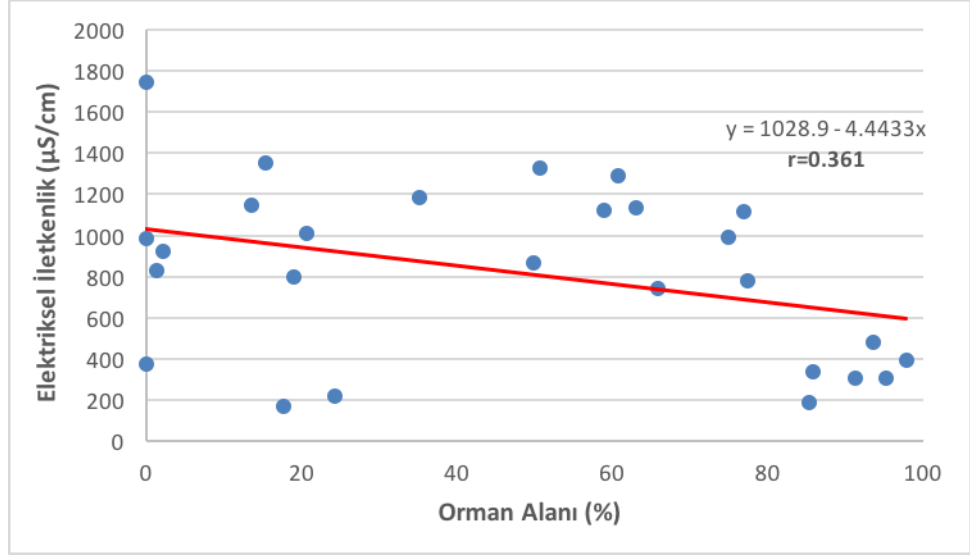


Şekil 4.16: Orman alanı ile bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.

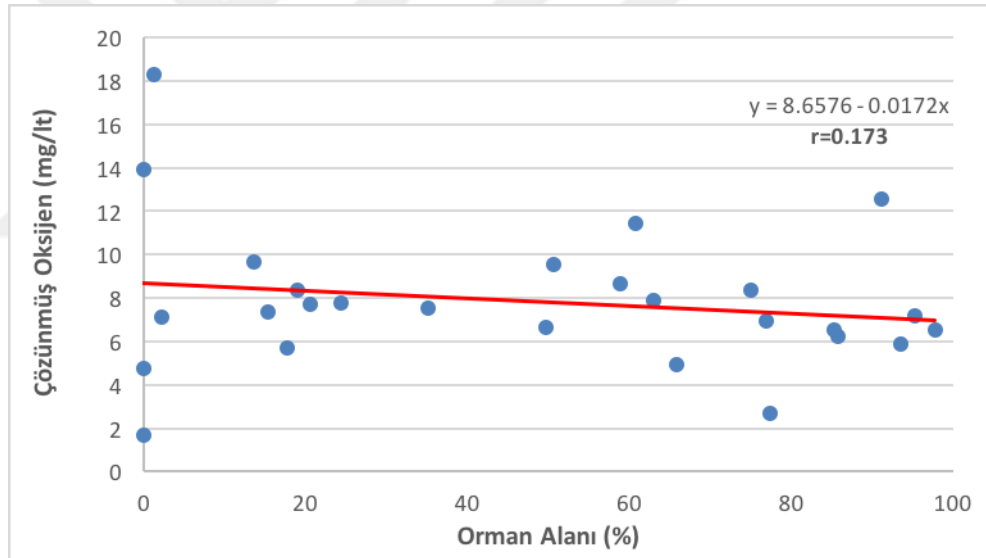


Şekil 4.17: Orman alanı ile toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.

Orman alanı ile ölçülmüş diğer iki parametre (elektriki iletkenlik ve çözünmüş oksijen) arasındaki ilişki istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır (Şekil 4.18 ve Şekil 4.19).

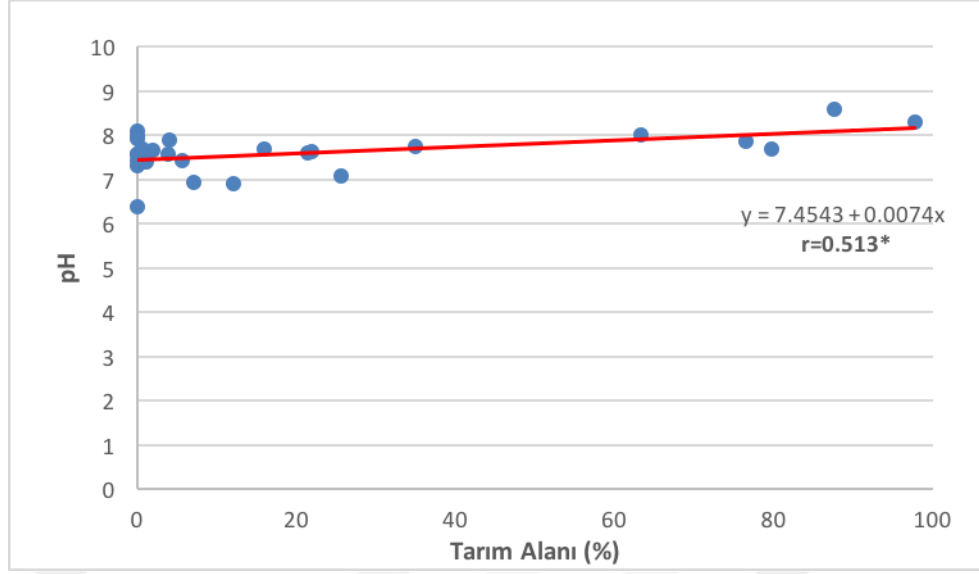


Şekil 4.18: Orman alanı ile elektriksel iletkenlik arasındaki ilişki.

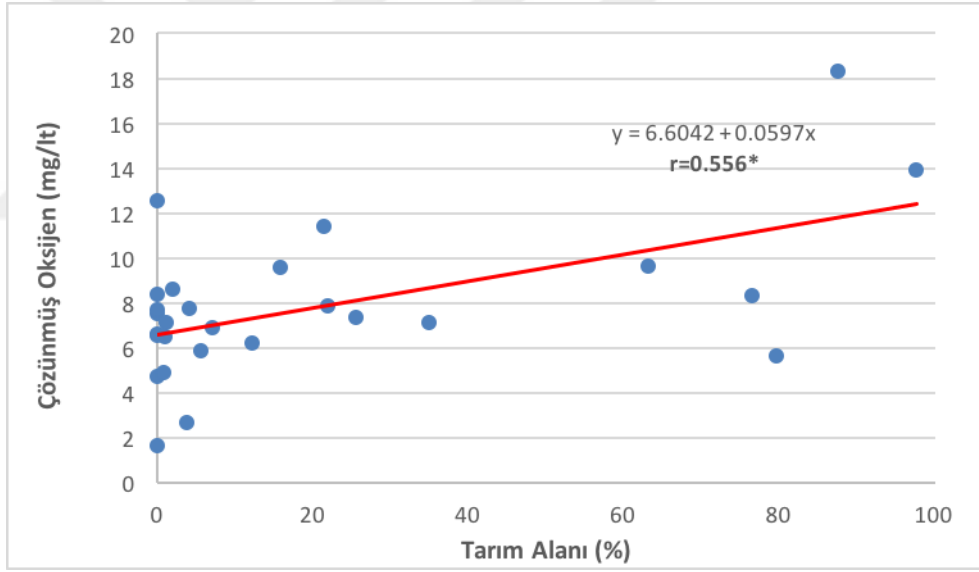


Şekil 4.19: Orman alanı ile çözünmüş oksijen arasındaki ilişki.

Aynı parametrelerin diğer arazi kullanımları ile ilişkisine bakıldığında tarım alanlarının artışı ile pH ve çözünmüş oksijen miktarında bir artış görülmüş ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P < 0,05$) (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).

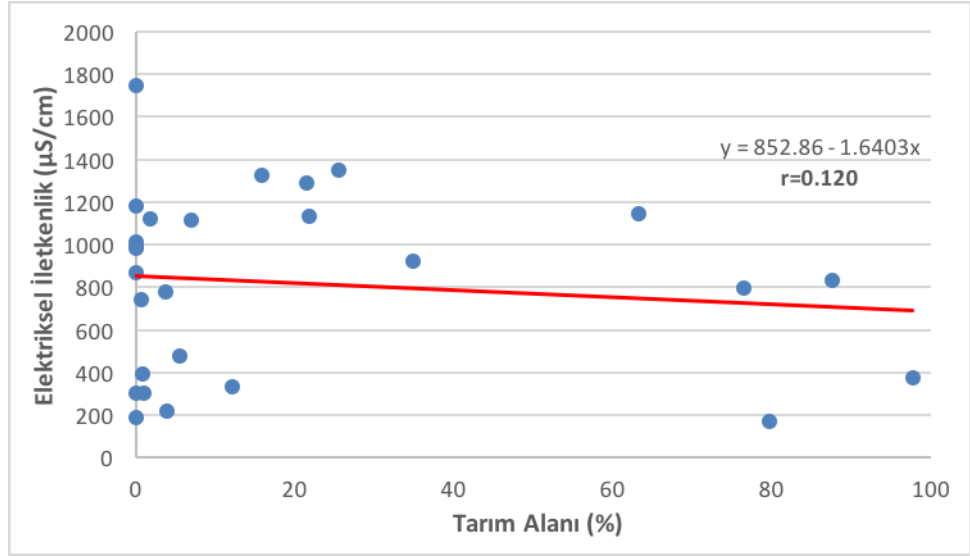


Şekil 4.20: Tarım alanı ile pH değerleri arasındaki ilişki.

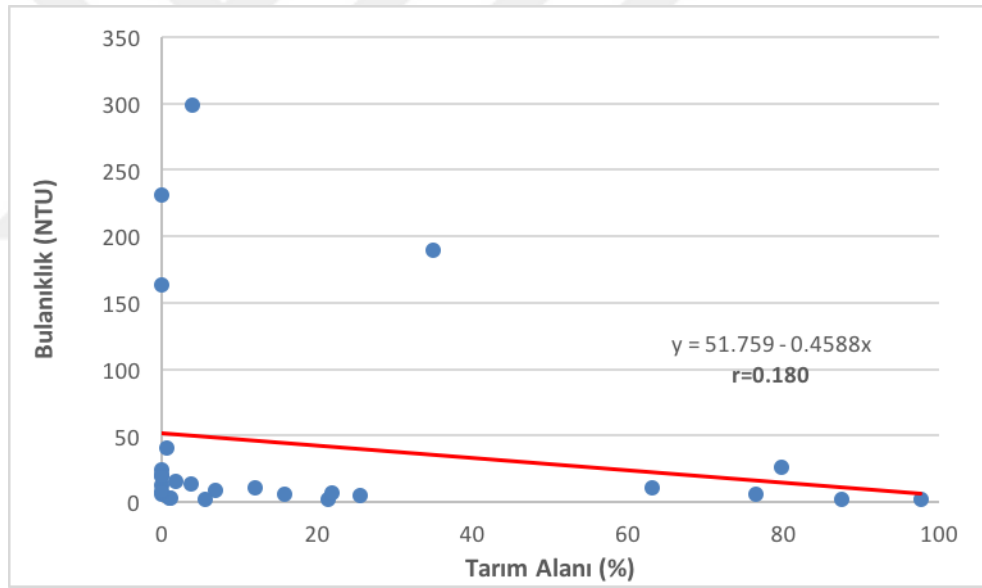


Şekil 4.21: Tarım alanı ile çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki.

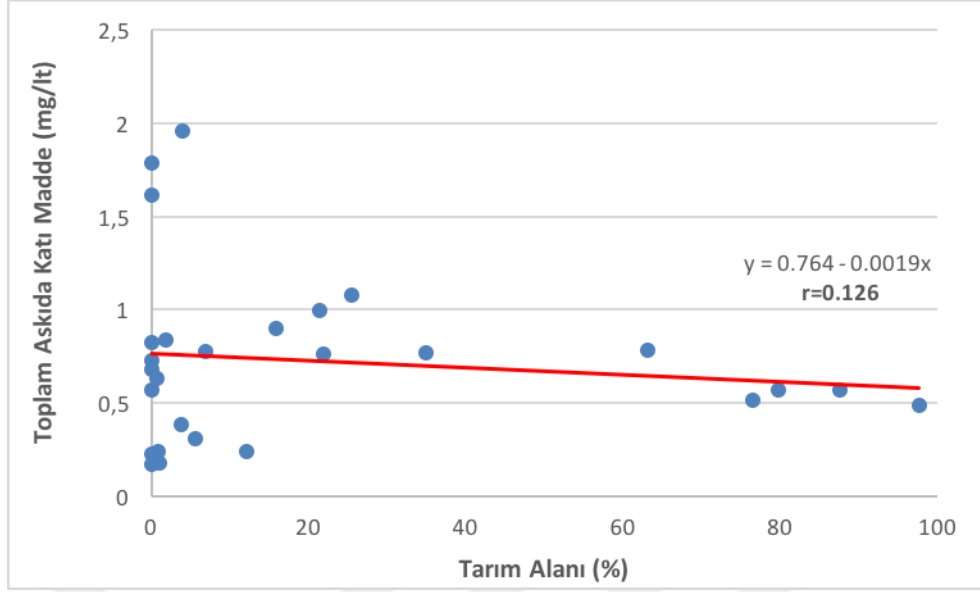
Tarım alanı ile ölçülmüş diğer parametreler (elektriki iletkenlik, bulanıklık ve toplam askıda katı madde miktarı) arasındaki ilişki istatistiksel anlamlılık göstermemiştir ($P > 0,05$) (Şekil 4.22, 4.23, 4.24).



Şekil 4.22: Tarım alanı ile elektriki iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.

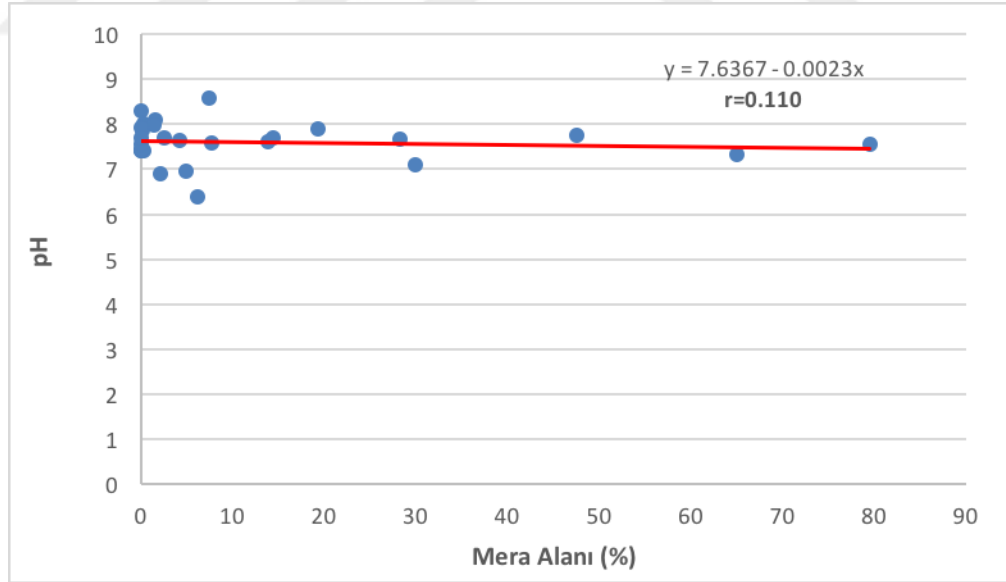


Şekil 4.23: Tarım alanı ile bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.

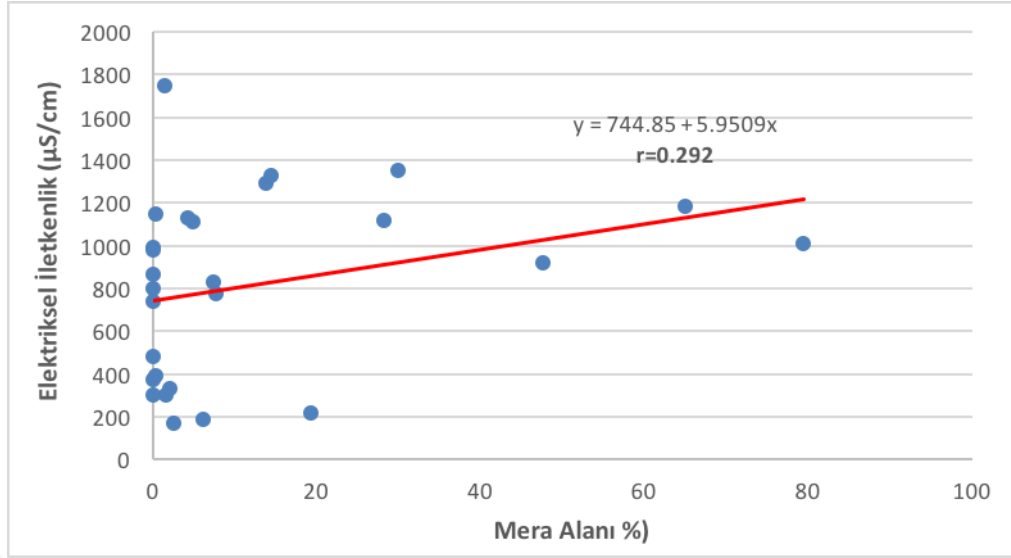


Şekil 4.24: Tarım alanı ile toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.

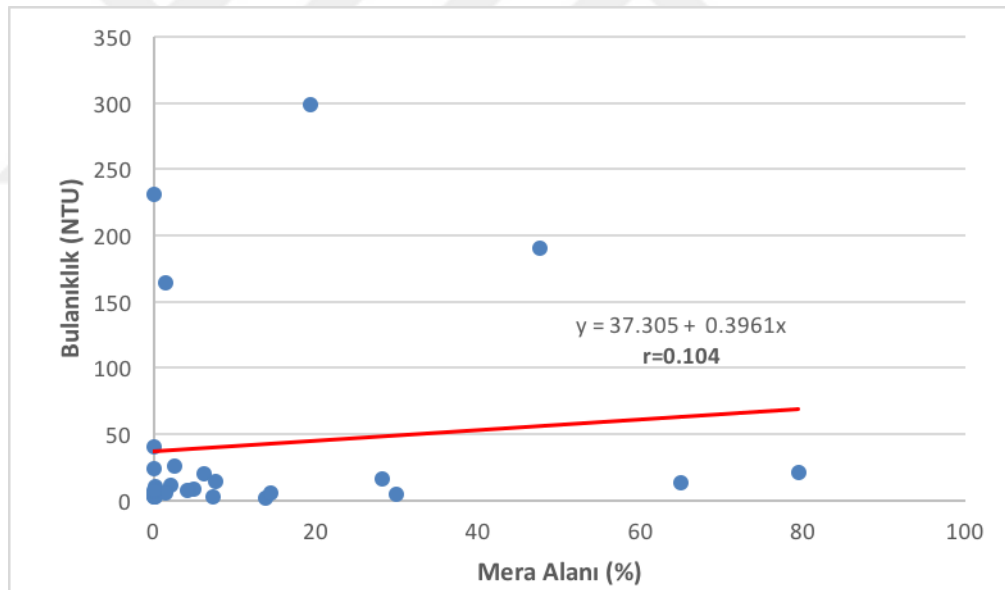
Mera alanlarının değişimi ile ölçülmüş parametrelerin hiçbirisi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.25, 4.26, 4.27, 4.28 ve 4.29).



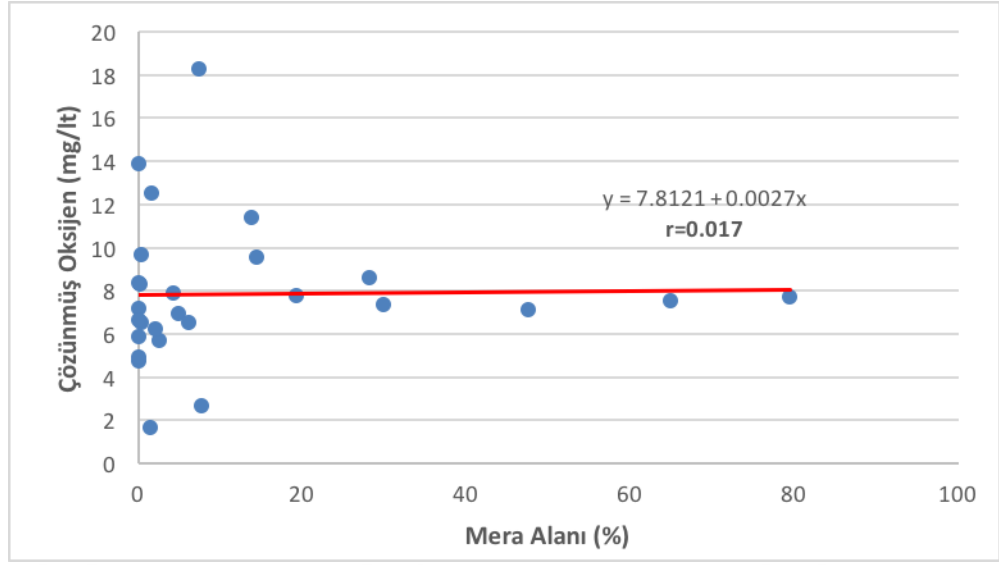
Şekil 4.25: Mera alanı ile pH arasındaki ilişki.



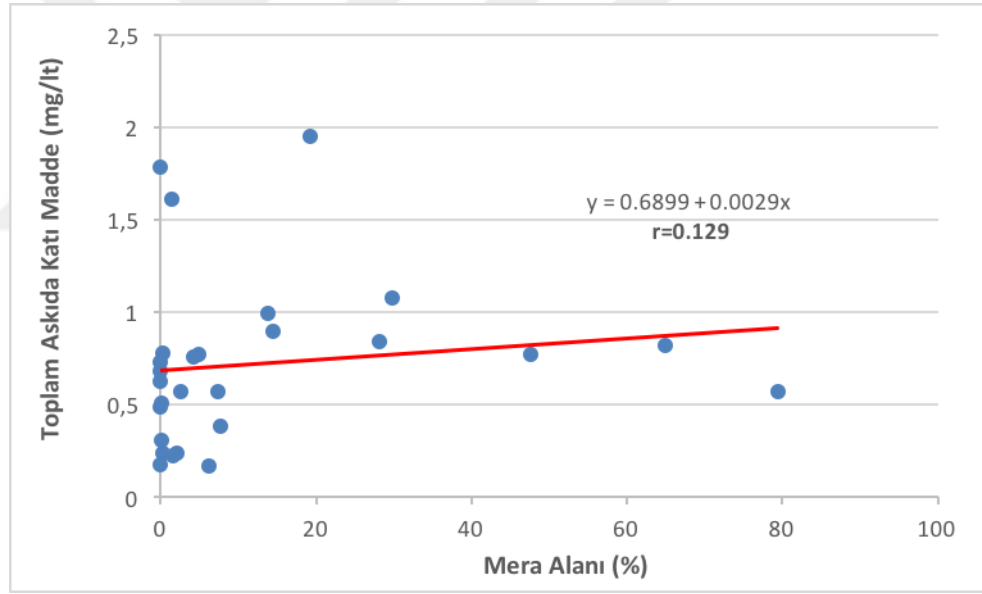
Şekil 4.26: Mera alanı ile elektriki iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.27: Mera alanı ile bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.

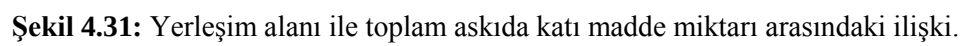
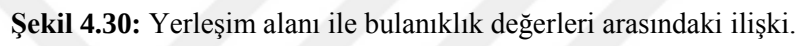


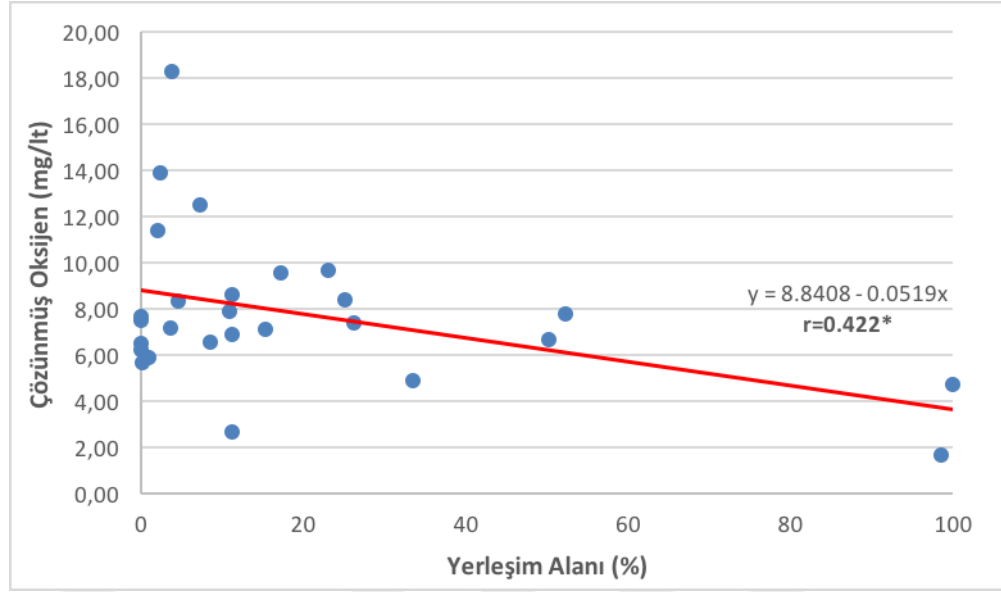
Şekil 4.28: Mera alanı ile çözülmüş oksijen değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.29: Mera alanı ile toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.

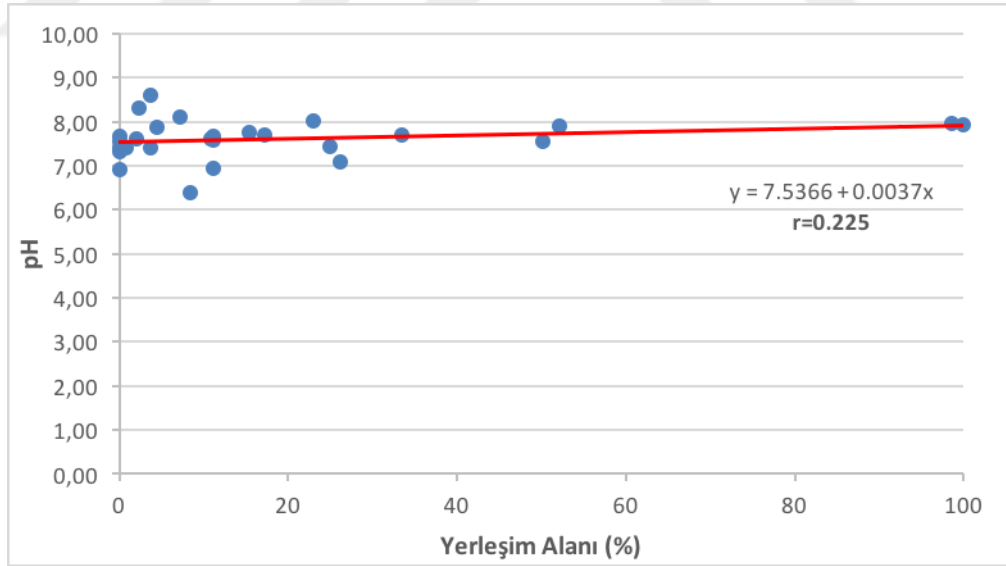
Yerleşim alanlarının değişimi ile ölçülmüş bu parametrelerin arasındaki ilişki incelendiğinde ise yerleşim alanındaki artışın bulanıklık ve askıda katı madde miktarında bir artışa; çözülmüş oksijen miktarında ise azalışa neden olduğu görülmüştür. Bu ilişki istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ($P < 0,05$) (Şekil 4.30, 4.31 ve 4.32).



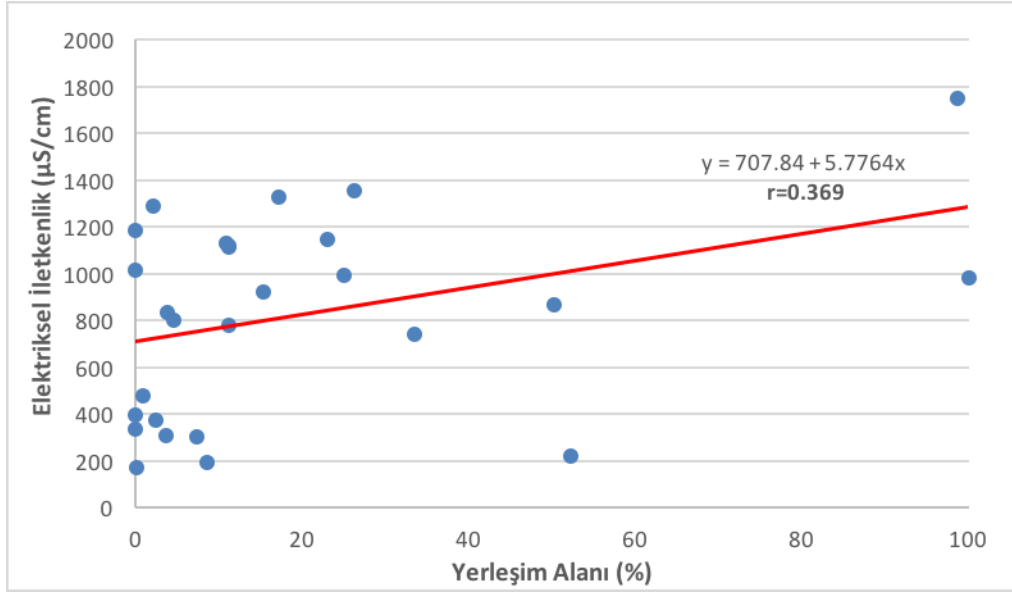


Şekil 4.32: Yerleşim alanı çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki.

Yerleşim alanı ile pH ve elektriksel iletkenlik arasındaki ilişki ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P > 0,05$) (Şekil 4.33 ve 4.34).

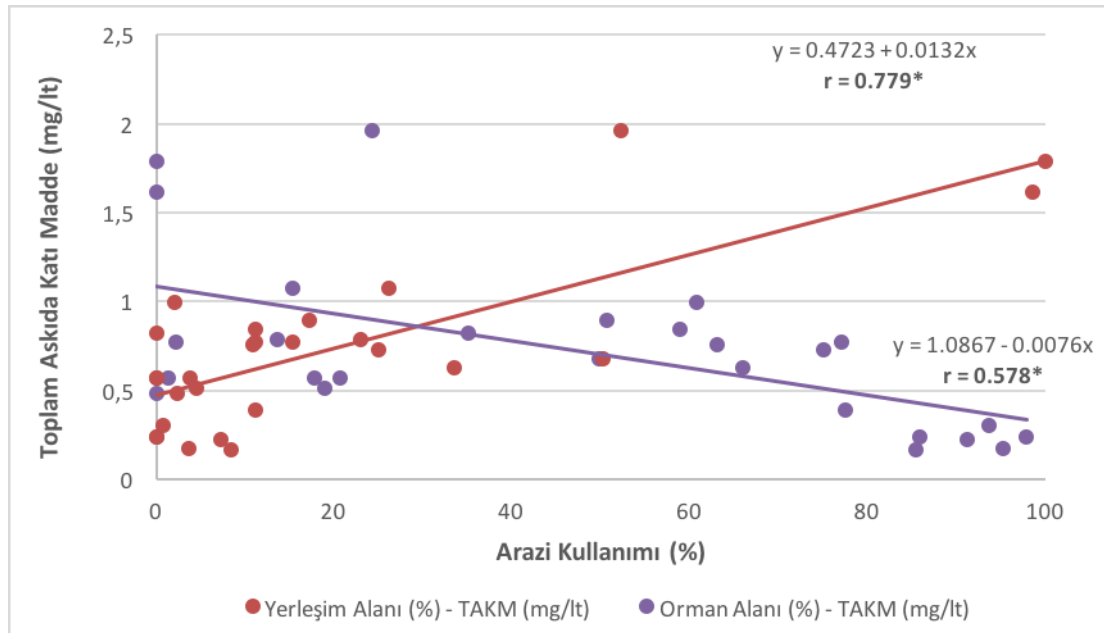


Şekil 4.33: Yerleşim alanı ile pH değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.34: Yerleşim alanı ile elektriki iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.

Elde edilen bu ilişkiler orman ve yerleşim alanlarının ölçülmüş parametreler üzerindeki etkilerinin zıt karakteristikte olduğunu da göstermiştir. Örneğin orman alanının artması toplam askıda katı madde miktarında azalışa neden olurken; yerleşim alanının artması bu parametrenin miktarında artışa neden olmaktadır (Şekil 4.35).



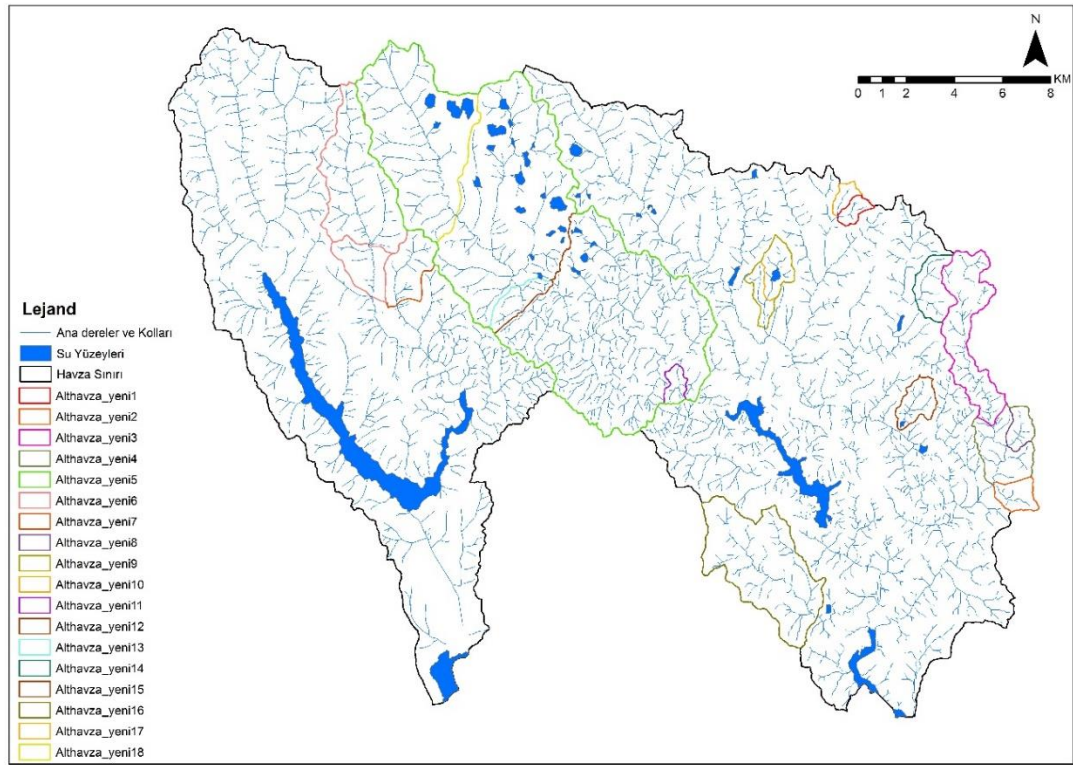
Şekil 4.35: Orman ve yerleşim alanlarının aynı parametre üzerindeki etkisi.

Bu ilişkileri doğrulayabilmek ve her bir arazi kullanım şekli (ekosistem) için su kalitesi parametrelerini sayısal değerlerle ifade edebilmek amacıyla kullanılan matematiksel denklem sonucu her bir parametre için katsayı elde edilmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Farklı arazi kullanım şekilleri için su kalitesi parametreleri katsayıları.

Arazi kullanım şekli	pH	Elektriki İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Bulanıklık (NTU)	Çözülmüş oksijen (mg/l)	Toplam Askıda Katı Madde (mg/l)
Orman	7,14	387	4,22	8,17	0,327
Mera	7,49	504	16,07	7,21	0,937
Tarım	7,50	967	13,97	6,67	0,512
Yerleşim	8,16	1305	217,90	4,76	1,843

Farklı arazi kullanımlarını temsilen su kalitesi parametreleri için bulunan katsayıların, başka bir ifadeyle kullanılan matematiksel denklemin doğruluğunun tespiti için çalışma alanı içerisinde kalan farklı alt havzalar seçilmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36: Denklemler için çalışılan alanda seçilen farklı alt havzaların dağılımı.

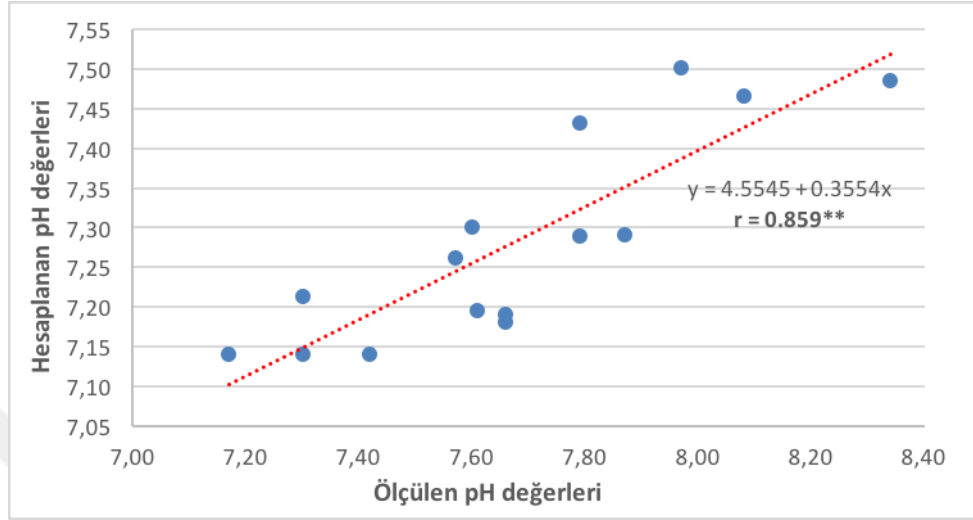
Denklem doğrulaması için seçilen bu alt havzaların arazi kullanımları da ilişkiye getirilerek aynı matematiksel denklemi, elde edilen katsayılar ile uygulayarak su kalitesi parametreleri değerleri hesaplanmıştır. Bu alt havzalara ait arazide ölçülmüş su kalitesi parametreleri, denklem ile elde edilen su kalitesi parametreleri değerleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 4.11).



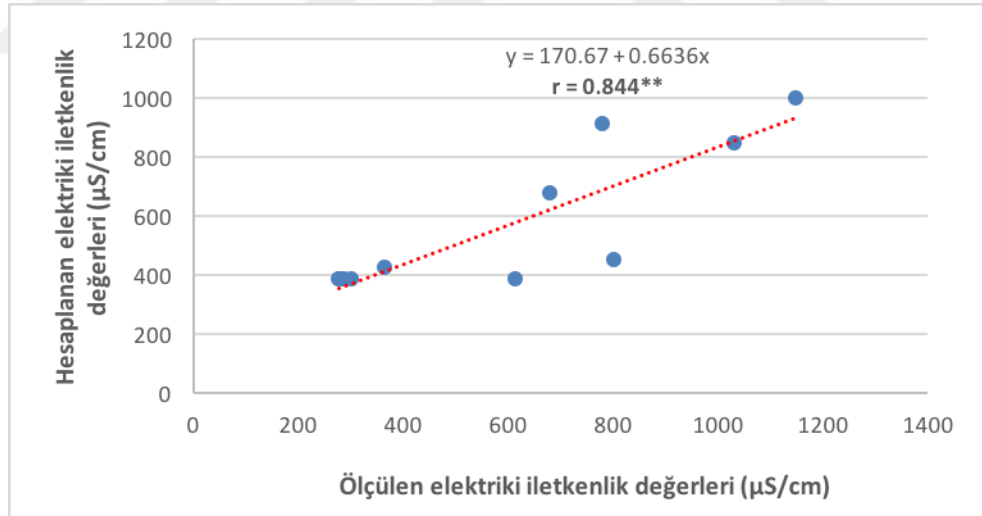
Tablo 4.11: Denklem doğrulaması için seçilen havzalara ait denklem ile tahmin edilen ve arazide ölçülen su kalitesi parametrelerinin değerleri.

pH		Elektriki İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)		Bulanıklık (NTU)		Çözünmüş oksijen (mg/lt)		Toplam Askıda Katı Madde (mg/lt)	
Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen
7,30	7,60	387	286	12,70	1,12	7,01	1,56	0,701	0,918
7,29	7,79	387	301	39,81	26,03	7,02	5,12	0,693	1,106
7,26	7,57	387	277	10,34	1,61	8,17	6,9	0,682	1,299
7,14	7,17	426	364	4,22	1,4	7,17	1,68	0,327	0,198
7,50	7,97	915	778	4,22	4,77	8,17	7,5	0,954	1,612
7,14	7,42	849	1031	4,22	6,37	8,17	9,2	0,327	0,179
7,14	7,30	1000	1148	12,12	9,22	7,98	5,59	0,327	0,196
7,19	7,61	387	613	17,12	4,35	8,03	8,9	0,398	0,690
7,18	7,66	681	678	14,47	6,96	8,07	6,9	0,384	0,285
7,29	7,87	453	801	4,22	4,10	7,42	5,01	0,630	1,184
7,49	8,34							0,537	0,467
7,43	7,79							0,490	0,674
7,19	7,66							0,650	0,784
7,47	8,08							0,383	0,632
7,21	7,30							0,436	0,652

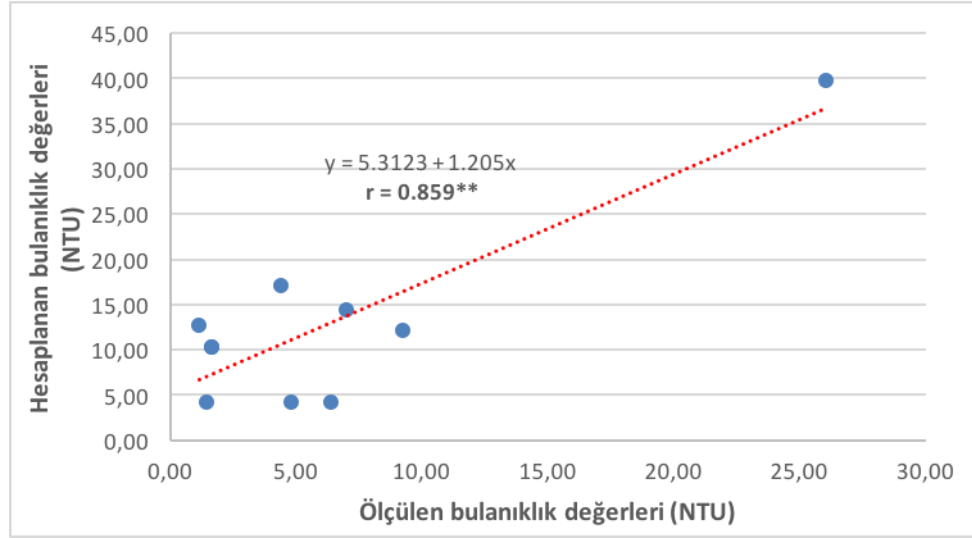
Sonuç olarak su kalitesi parametreleri için denklemden elde ettiğimiz “hesaplanan” değerleri ile “ölçülen” değerler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0,01$) (Şekil 4.37, 4.38, 4.39, 4.40 ve 4.41).



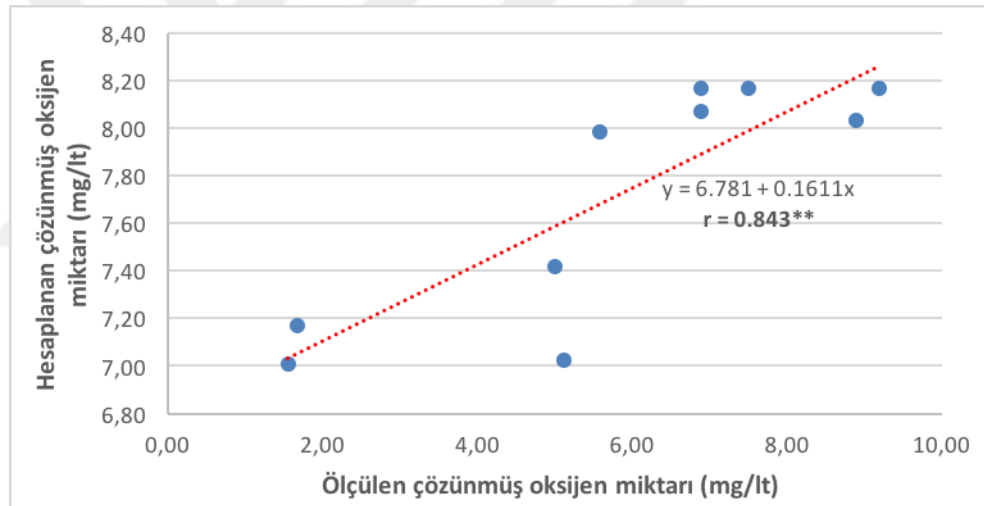
Şekil 4.37: Ölçülen ve hesaplanan pH değerleri arasındaki ilişki.



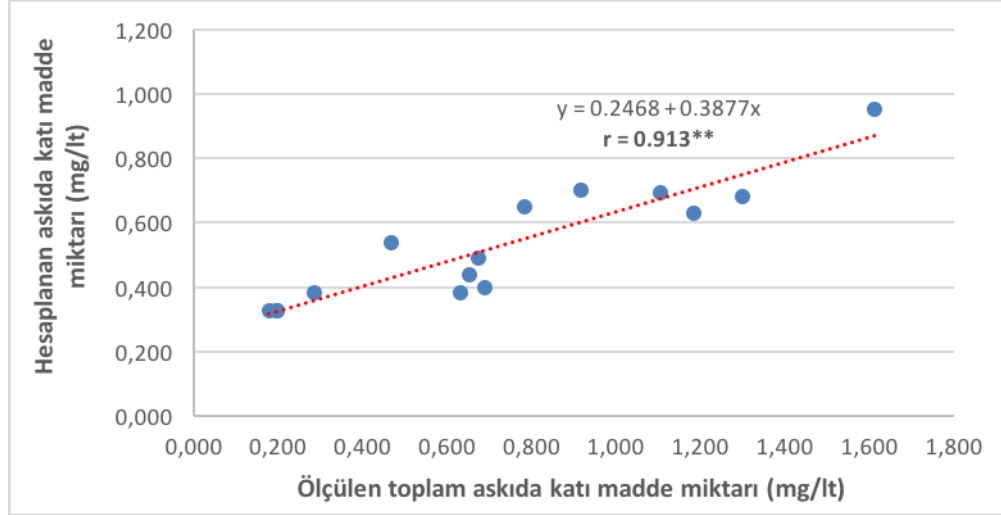
Şekil 4.38: Ölçülen ve hesaplanan elektriki iletkenlik değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.39: Ölçülen ve hesaplanan bulanıklık değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.40: Ölçülen ve hesaplanan çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki.



Şekil 4.41: Ölçülen ve hesaplanan toplam askıda katı madde miktarı arasındaki ilişki.

Sonuçlar incelendiğinde su kalitesi parametreleri için hesaplanan değerler ile ölçülen değerler arasındaki ilişkinin $p < 0,01$ düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür. Değerler arasındaki bu ilişkinin açıklanması denklem doğrulamasını da gerçekleştirmiştir. Böylece su kalitesi parametreleri için elde edilen katsayılar çalışma alt havzalarının arazi kullanım yoğunlukları ile ilişkilendirilerek her bir alt havzaya ait su kalitesi parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Her bir alt havzaya ait hesaplanan su kalitesi parametre değeri.

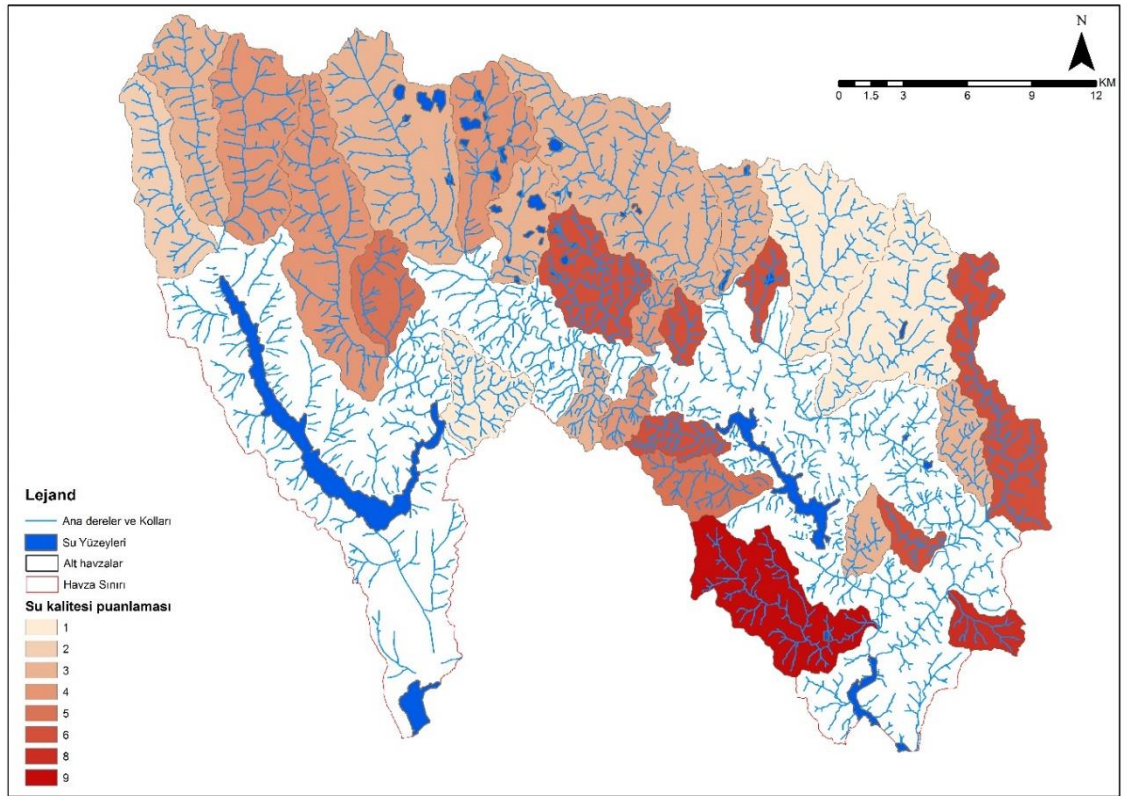
Alt Havzalar	pH	Elektriki İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Çözülmüş Oksijen (mg/l)	Toplam Askıda Katı Madde (mg/l)
Sazlıdere-1	7,52	975	18,74	6,63	0,543
Sazlıdere-2	7,79	938	21,69	6,66	0,591
Sazlıdere-3	7,44	853	12,50	6,95	0,491
Sazlıdere-4	7,46	872	21,27	6,87	0,537
Alibeyköy-5	7,14	539	12,24	7,48	0,475
Sazlıdere-6	7,60	965	59,60	6,44	0,794
Alibeyköy-7	7,29	646	44,15	7,05	0,698
Alibeyköy-8	7,38	798	66,04	6,36	0,943
Sazlıdere-9	7,07	389	4,30	8,07	0,327
Kağıthane-10	7,30	536	29,33	7,64	0,539
Alibeyköy-11	7,36	533	31,47	7,49	0,670
Alibeyköy-12	7,19	460	5,64	7,97	0,362
Alibeyköy-13	7,37	463	11,91	7,55	0,723
Alibeyköy-14	7,42	480	13,63	7,41	0,811
Alibeyköy-15	7,34	618	30,09	7,43	0,558
Kağıthane-16	7,22	455	19,92	7,91	0,446
Kağıthane-17	7,18	427	12,14	8,03	0,384
Kağıthane-18	7,17	427	6,54	8,06	0,350
Alibeyköy-19	7,59	786	46,05	6,67	0,914
Alibeyköy-20	7,74	911	118,41	6,13	1,242
Kağıthane-21	8,15	1294	215,02	4,79	1,830
Kağıthane-22	7,40	617	57,70	7,32	0,706
Kağıthane-23	7,65	848	111,52	6,46	1,088
Kağıthane-24	8,16	1305	217,90	4,76	1,843
Kağıthane-25	7,25	472	23,06	7,82	0,493
Kağıthane-26	7,29	520	29,37	7,66	0,550
Kağıthane-27	7,48	698	75,78	7,02	0,835

Havza bazlı elde edilen su kalitesi parametre değerlerinin basit bir puanlanma sistemi ile değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu puanlama sisteminde her bir parametre için değer aralıkları belirlenmiş ve bu değer aralıklarına puan atanmış ve toplamı alınmıştır. Burada yüksek puan kalitede olumsuzluğu; düşük puan ise kalitede olumluluğu temsil etmektedir (Serengil, 2010) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Su kalitesi parametreleri için kullanılan puanlama sistemi.

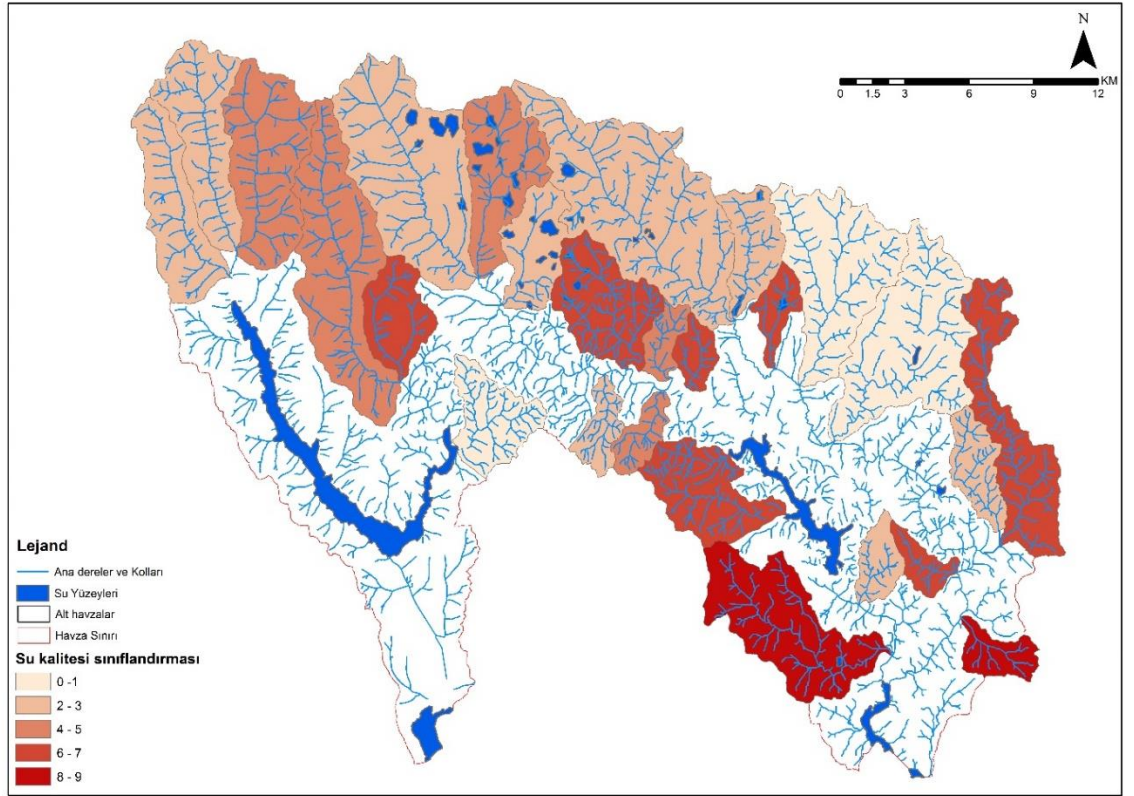
Su Kalitesi Parametreleri				
Elektriki İletkenlik				
<u>0-250</u>	<u>250-750</u>	<u>750-2000</u>	<u>2000-3000</u>	<u>3000-</u>
0	1	2	3	4
pH				
<u>5,5-7,5</u>	<u>4-5 V 7,5-</u>			
0	1			
Bulanıklık				
<u>0-5</u>	<u>5-10,0</u>	<u>10-15,0</u>	<u>15,0-</u>	
0	1	2	3	
Çözünmüş Oksijen				
<u>5<</u>	<u>2-5,0</u>	<u>2></u>		
0	1	2		
0	2	4		
Askıda Katı Madde				
<u>0-1</u>	<u>1-5,0</u>	<u>5+</u>		
0	1	2		

Bu puanlama sonucu her alt havza, parametre değerlerinin (pH, elektriki iletkenlik, bulanıklık, çözünmüş oksijen ve toplam askıda katı madde miktarı) aralığına göre toplamda bir puan almıştır (Şekil 4.42).



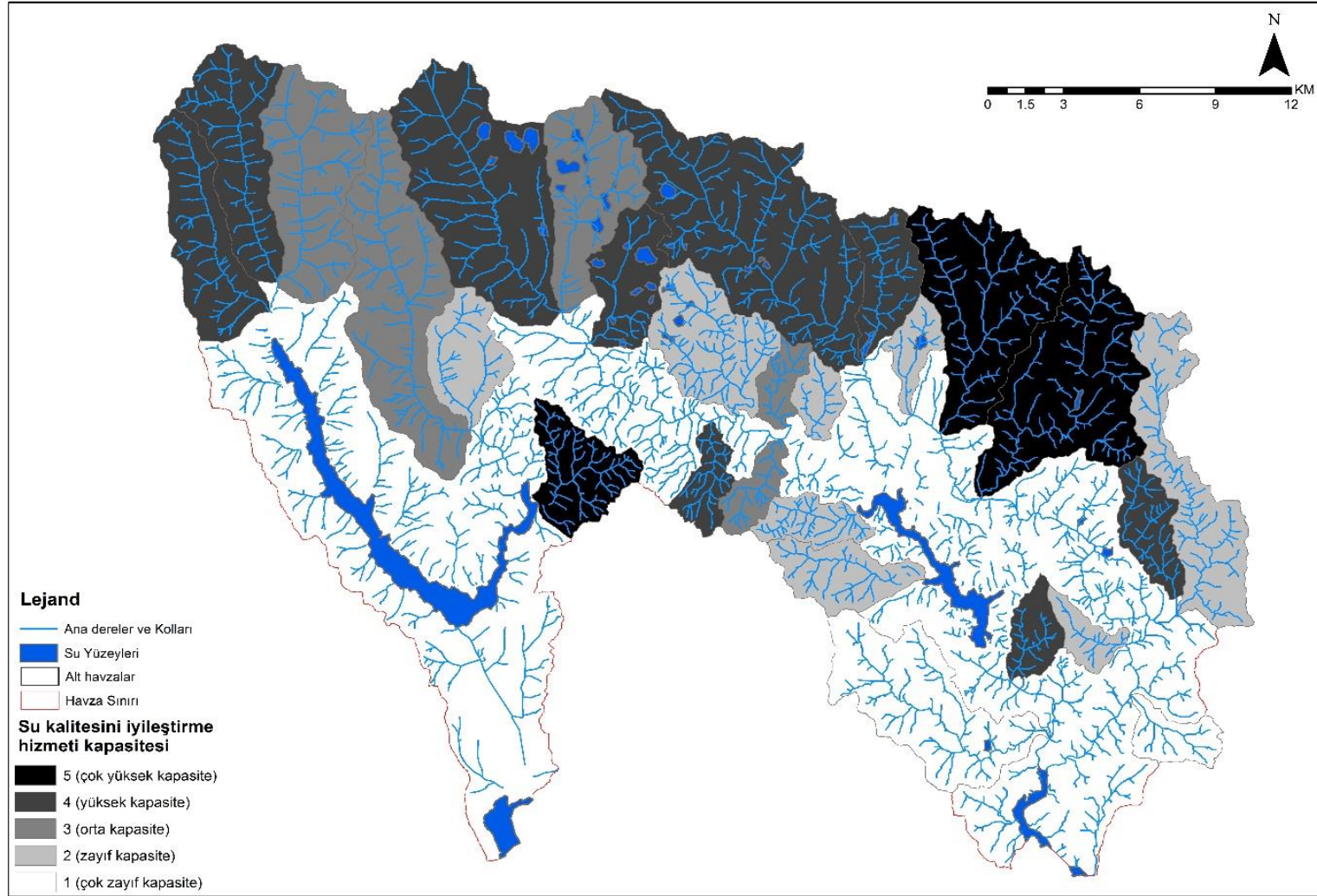
Şekil 4.42: Su kalitesinin alt havza bazında puanlanması.

Su kalitesi parametreleri temel alınarak yapılan bu puanlamanın sınıflandırmaya tabii tutulması ile alt havzalar beş su kalitesi sınıfına ayrılmıştır (Şekil 4.43).

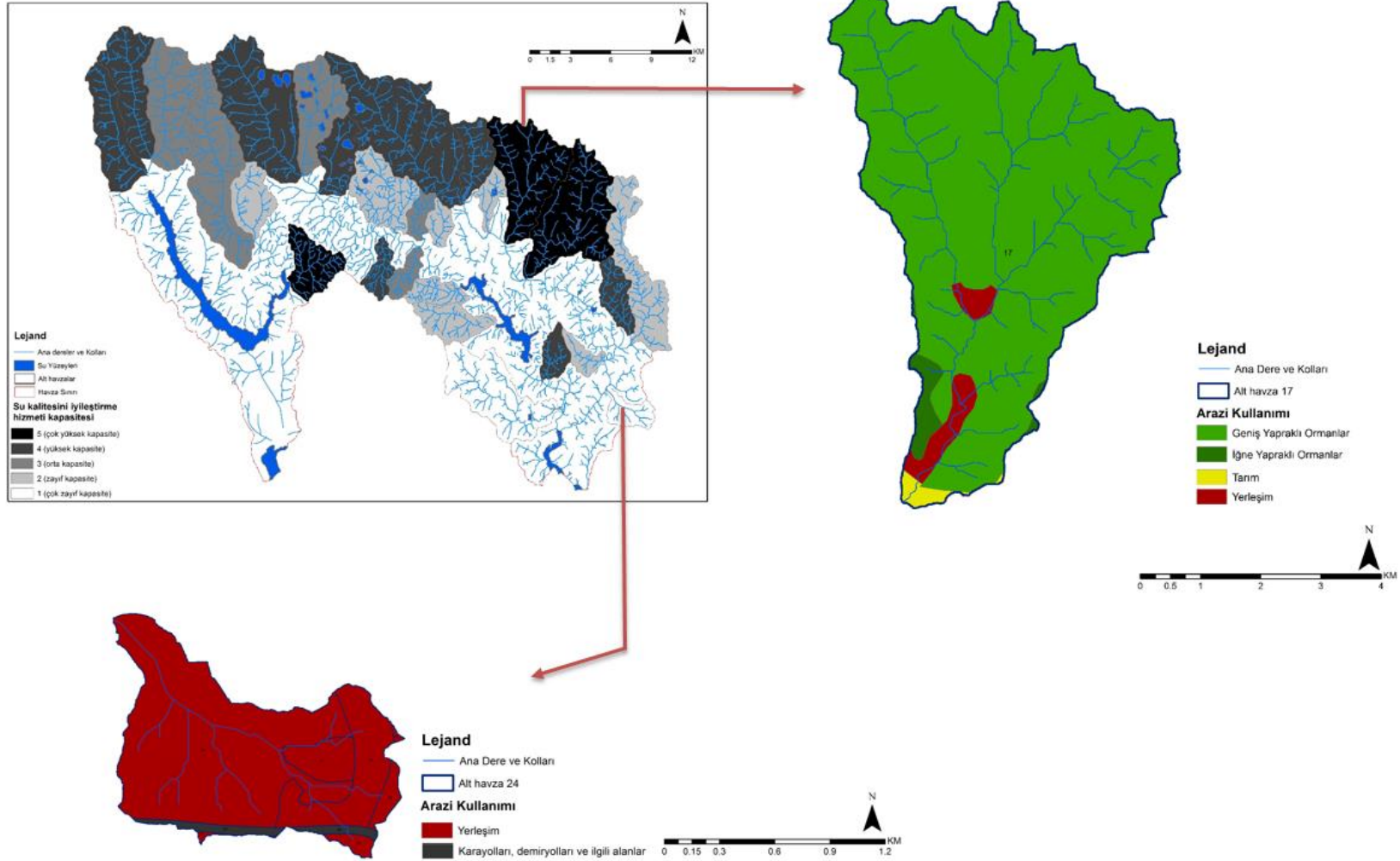


Şekil 4.43: Su kalitesinin alt havza bazında sınıflandırılması.

Bu sonuçlar doğrultusunda alt havzaların su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesi Burkhard (2012) değerlendirme ölçeğine göre çok zayıf (1) ve çok yüksek kapasite (5) arasında belirlenmiştir (Şekil 4.44). Su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesi bakımından yerleşim alanları (kentsel ekosistemler) çok zayıf (1); orman alanları (ekosistemleri) ise çok yüksek (5) olarak bulunmuştur (Şekil 4.45).



Şekil 4.44: Alt havza bazında su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesi.



Şekil 4.45: Su kalitesini iyileştirme hizmeti için örnek iki havzanın kapasitesi ve bu havzaların arazi kullanım şekilleri.

4.4.3. Sel-Taşkın Önleme Hizmeti

İki aşamada hesaplanmış olan sel-taşkın önleme hizmeti için elde edilen bulgular da iki grup olarak verilmiştir. Bunlardan ilki, Amerika Birleşik Devletleri Toprak Koruma Birimi/Servisi (Soil Conservation Service, SCS) tarafından geliştirilen “Yüzey Akışı Eğri Numarası Yöntemi” (Curve Number Method, CN) ne göre her bir alt havzanın hidrolojik toprak grubu ve bu değerlerin alt havzaların arazi kullanım yoğunlukları ile ilişkilendirilerek hesaplanan ağırlıklandırılmış eğri değerlerinden oluşmaktadır (Tablo 4.14); ikincisi ise bu verilerin de kullanıldığı Fu ve diğ., (2013)’ nin taşkın önleme hizmeti için geliştirdikleri matematiksel model sonucunda elde edilen verilerden oluşmaktadır (Tablo 4.15).

Çalışma alanına ait hidrolojik toprak grupları ise Amerika Birleşik Devletleri Doğal Kaynakları Koruma Servisi tarafından tanımlanan dört grup olarak belirlenmiştir. Bu gruplar A, B, C ve D harfleriyle ifade edilmiş ve tanımlamaları şöyle yapılmıştır (USDA, 1958; SCS, 2008):

Hidrolojik toprak grubu A; düşük yüzeysel akış potansiyeline sahip kumlu, kumlu balçık ya da balçıklı kum topraklardır. Yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip derin ve iyi drene edilmiş topraklardır.

Hidrolojik toprak grubu B; ortalama drene edilmiş, ortalama derinlikte ortalama infiltrasyon kapasitesine sahip tozlu balçık ya da balçıklı topraklardır.

Hidrolojik toprak grubu C; düşük infiltrasyon kapasitesine sahip kumlu killi balçık topraklardır. Toprak içerisinde suyun ilerlemesini engelleyen katmanların yer aldığı topraklardır.

Hidrolojik toprak grubu D; yüksek yüzeysel akış potansiyeline sahip killi, killi balçık, toz balçığı topraklardır. Çok düşük infiltrasyon kapasitesine ve yüksek şişme potansiyeline sahip topraklardır.

Tablo 4.14: Alt havzalara ait hidrolojik toprak grupları ve yüzey akışı eğri numarası yöntemi ile hesaplanan ağırlıklandırılmış eğri değerleri.

Havza Adı	Hidrolojik Toprak Grupları (HTG)	Yüzey akışı eğri numarası (CN)	Orman Alanı	Mera Alanı	Tarım Alanı	Yerleşim Alanı	Ağırlıklandırılmış eğri numarası $(\sum(\text{alan} * \text{eğri_num}) / \sum \text{alan})$
Sazlıdere-1	B	72	0,00	0,00	0,98	0,02	72
Sazlıdere-2	B	72	0,01	0,07	0,88	0,04	72
Sazlıdere-3	B	72	0,18	0,02	0,80	0,00	70
Sazlıdere-4	B	72	0,19	0,00	0,77	0,04	71
Alibeyköy-5	B	60	0,61	0,14	0,21	0,02	63
Sazlıdere-6	B	77	0,14	0,00	0,63	0,23	78
Alibeyköy-7	B	60	0,51	0,14	0,16	0,17	67
Alibeyköy-8	A	45	0,15	0,30	0,26	0,26	67
Sazlıdere-9	A	30	0,98	0,00	0,01	0,00	30
Kağıthane-10	A	30	0,77	0,05	0,07	0,11	41
Alibeyköy-11	A	36	0,59	0,28	0,02	0,11	51
Alibeyköy-12	A	30	0,86	0,02	0,12	0,00	35
Alibeyköy-13	A	49	0,35	0,65	0,00	0,00	48
Alibeyköy-14	A	39	0,21	0,79	0,00	0,00	40
Alibeyköy-15	A	36	0,63	0,04	0,22	0,11	49
Kağıthane-16	A	30	0,91	0,02	0,00	0,07	35
Kağıthane-17	A	30	0,95	0,00	0,01	0,04	32
Kağıthane-18	A	30	0,94	0,00	0,06	0,01	32
Alibeyköy-19	B	79	0,02	0,48	0,35	0,15	64
Alibeyköy-20	D	89	0,24	0,19	0,04	0,52	87
Kağıthane-21	D	95	0,00	0,01	0,00	0,99	95
Kağıthane-22	B	60	0,75	0,00	0,00	0,25	67
Kağıthane-23	C	73	0,50	0,00	0,00	0,50	84
Kağıthane-24	D	98	0,00	0,00	0,00	1,00	98
Kağıthane-25	A	30	0,85	0,06	0,00	0,08	37
Kağıthane-26	A	30	0,77	0,08	0,04	0,11	41
Kağıthane-27	B	60	0,66	0,00	0,01	0,33	70

Tablo 4.15: Sel-taşkın önleme hizmeti için geliştirilen matematiksel modelde kullanılan ve model sonucunda elde edilen veriler.

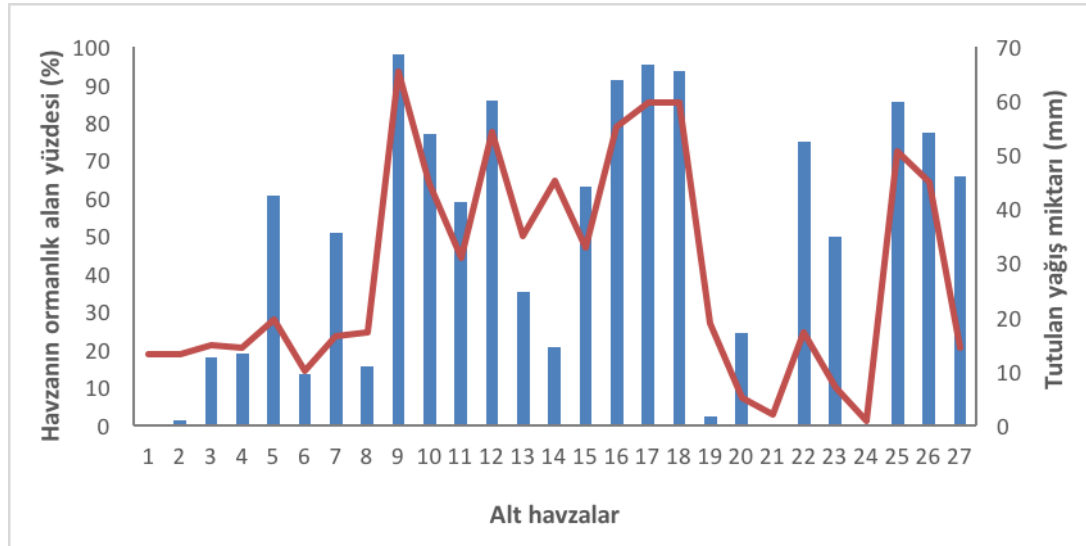
Alt havzalar	24 saatlik toplam maksimum yağış miktarı (P ₂₄)	Yüzey akışı eğri numarası (CN)	Şiddetli yağış olan gün sayısı	Sel-taşkın önleme (Akışa geçmesi önlenen su miktarı) (mm)
Sazlıdere-1	68,8	72	3	13,09
Sazlıdere-2	68,8	72	3	13,16
Sazlıdere-3	68,8	70	3	14,85
Sazlıdere-4	68,8	71	3	14,31
Alibeyköy-5	68,8	63	3	19,53
Sazlıdere-6	68,8	78	3	9,96
Alibeyköy-7	68,8	67	3	16,46
Alibeyköy-8	68,8	67	3	17,03
Sazlıdere-9	68,8	30	3	65,45
Kağıthane-10	68,8	41	3	44,66
Alibeyköy-11	68,8	51	3	30,85
Alibeyköy-12	68,8	35	3	54,23
Alibeyköy-13	68,8	48	3	34,95
Alibeyköy-14	68,8	40	3	45,27
Alibeyköy-15	68,8	49	3	32,87
Kağıthane-16	68,8	35	3	55,18
Kağıthane-17	68,8	32	3	59,74
Kağıthane-18	68,8	32	3	59,70
Alibeyköy-19	68,8	64	3	18,85
Alibeyköy-20	68,8	87	3	5,13
Kağıthane-21	68,8	95	3	1,92
Kağıthane-22	68,8	67	3	17,09
Kağıthane-23	68,8	84	3	6,92
Kağıthane-24	68,8	98	3	0,73
Kağıthane-25	68,8	37	3	50,61
Kağıthane-26	68,8	41	3	44,82
Kağıthane-27	68,8	70	3	14,35

Fu ve diğ., (2013)' nin taşkın önleme hizmeti için geliştirdikleri matematiksel modelin kabul ettiği varsayım doğrultusunda öncelikle çalışma alanı için 50 mm' den büyük 24 saatlik günlük maksimum yağışlı günler ve miktarları 2010-2015 yıllarına ait veri setinden belirlenmiş ve bu değerlerin ortalaması modelde 24 saatlik günlük maksimum yağış miktarı olarak kullanılmıştır (Tablo 4.16).

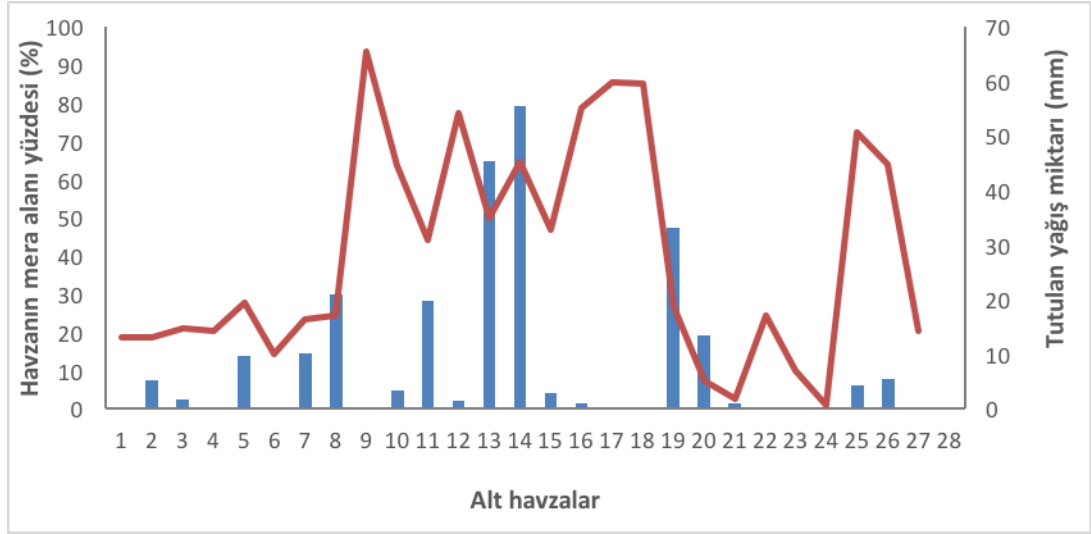
Tablo 4.16: Çalışma alanı için 50 mm' den büyük 24 saatlik günlük maksimum yağışlı günler ve yağış miktarları.

Tarih	Günlük Toplam Yağış Miktarı (mm)
10.12.2010	58,5
28.08.2012	58,1
23.10.2012	89,8

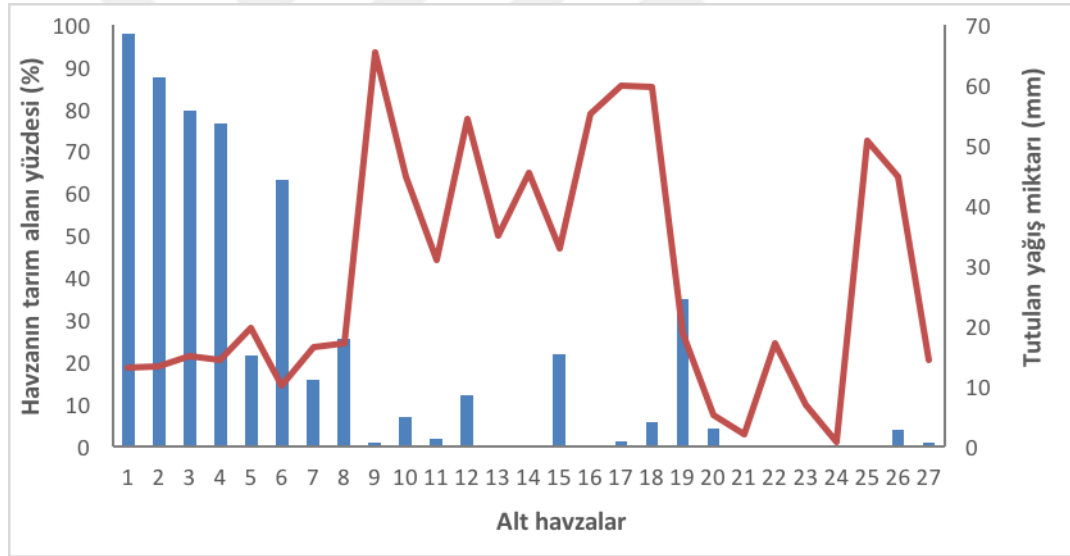
Sel-taşkın önleme hizmeti için en önemli faktörlerden biri olan akışa geçen su miktarının önlenen kısmı hesaplanmış ve alt havzaların arazi kullanım yoğunlukları ile ilişkiye getirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde alt havzalardaki farklı arazi kullanımlarına (ekosistemlere) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değiştiği görülmüştür (Şekil 4.46, 4.47, 4.48, 4.49).



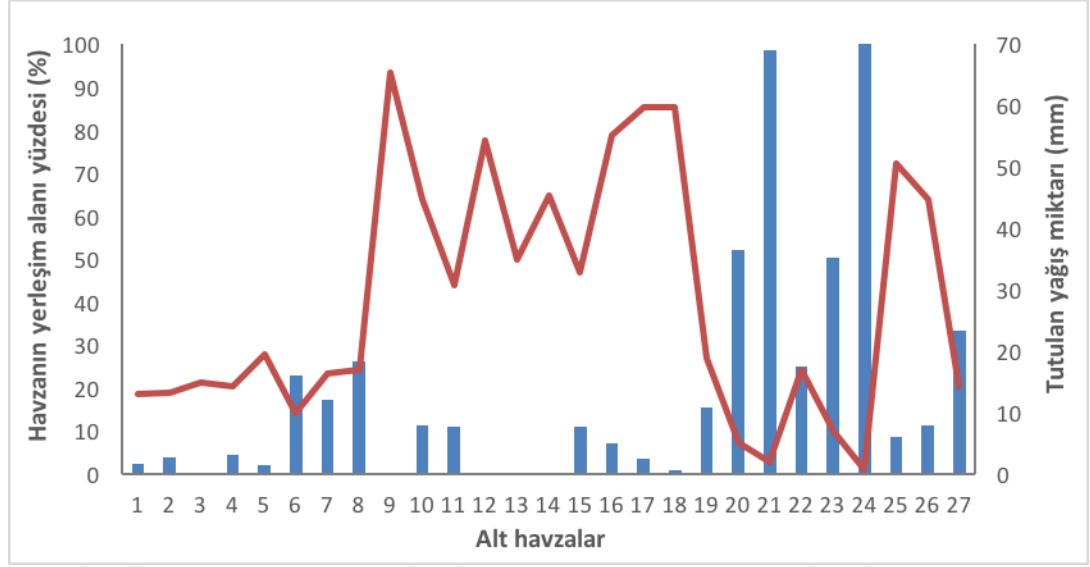
Şekil 4.46: Alt havzalardaki orman alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.



Şekil 4.47: Alt havzalardaki mera alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.

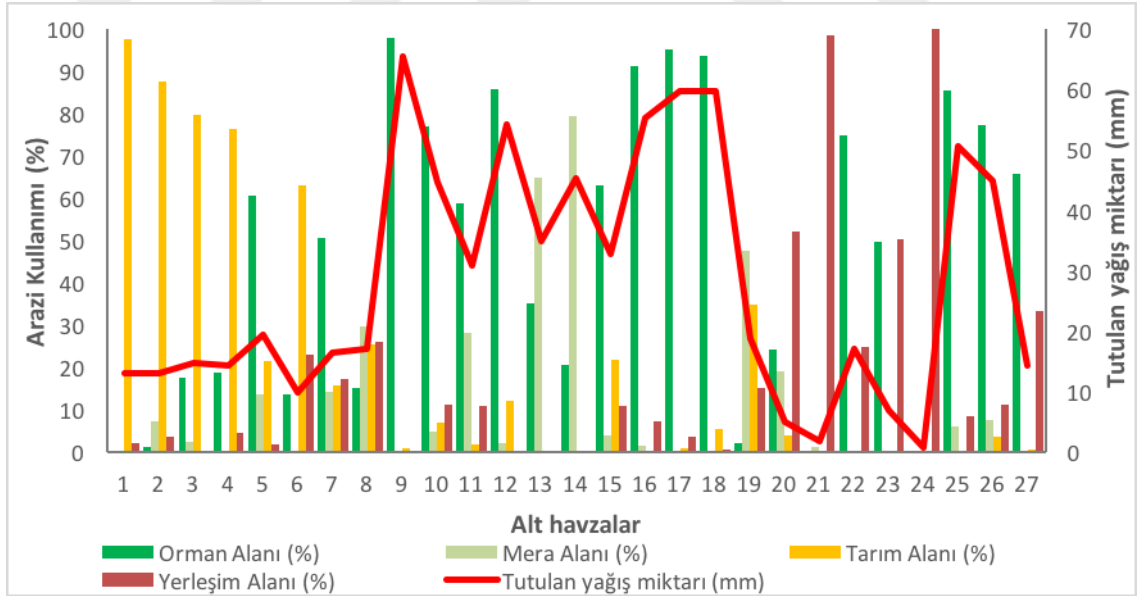


Şekil 4.48: Alt havzalardaki tarım alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.



Şekil 4.49: Alt havzalardaki yerleşim alanlarına (ekosistemlerine) ait yoğunluklar ile tutulan yağış miktarının değişimi.

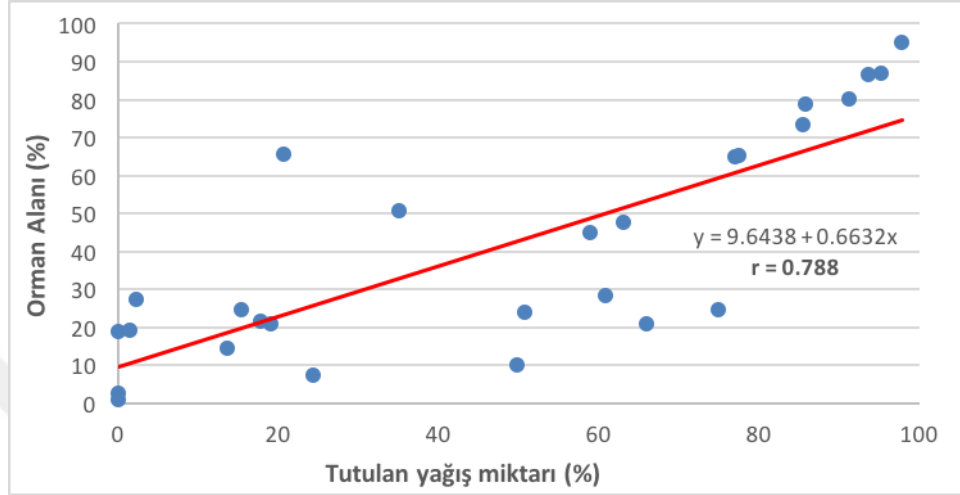
Alt havzalarda görülen tüm arazi kullanım şekillerinin (ekosistemlerin) tutulan yağış miktarı üzerindeki etkisinin her havza için farklı olduğu görülmüştür (Şekil 4.50).



Şekil 4.50: Alt havzalarda görülen tüm arazi kullanım şekillerinin (ekosistemlerin) tutulan yağış miktarı üzerindeki etkisi.

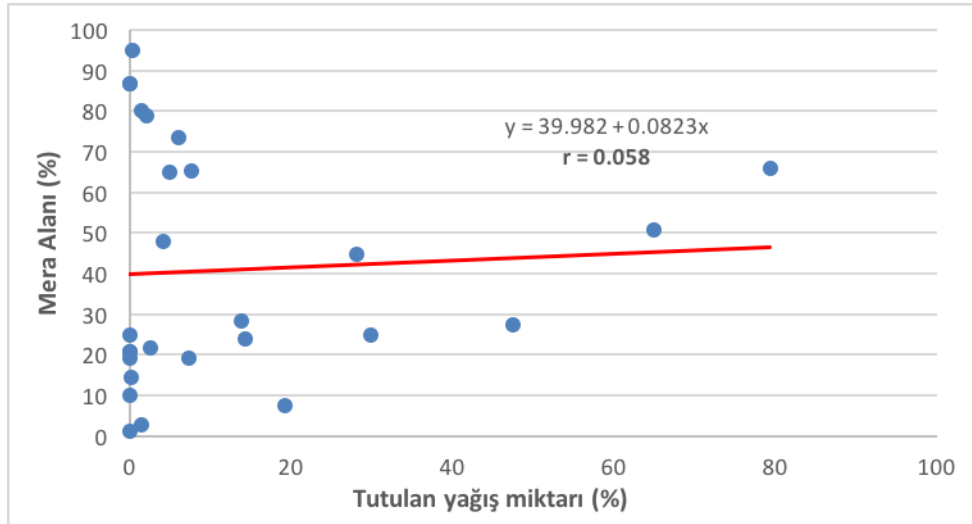
Alt havzalardaki arazi kullanım yoğunlukları ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki başka bir şekilde daha ifade edilmiştir. Burada yüzeysel akışa geçmesi önlenen su

miktarı, yağışın yüzdesi olarak hesaplanmış ve arazi kullanım yoğunlukları ile aralarındaki ilişki regresyon denklemleri ile açıklanmıştır. Orman alanları (ekosistemleri) ile tutulan yağış miktarı arasında iyi bir ilişki ($r = 0,788$) görülmüştür; orman alanı arttıkça tutulan yağış miktarında artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.51).



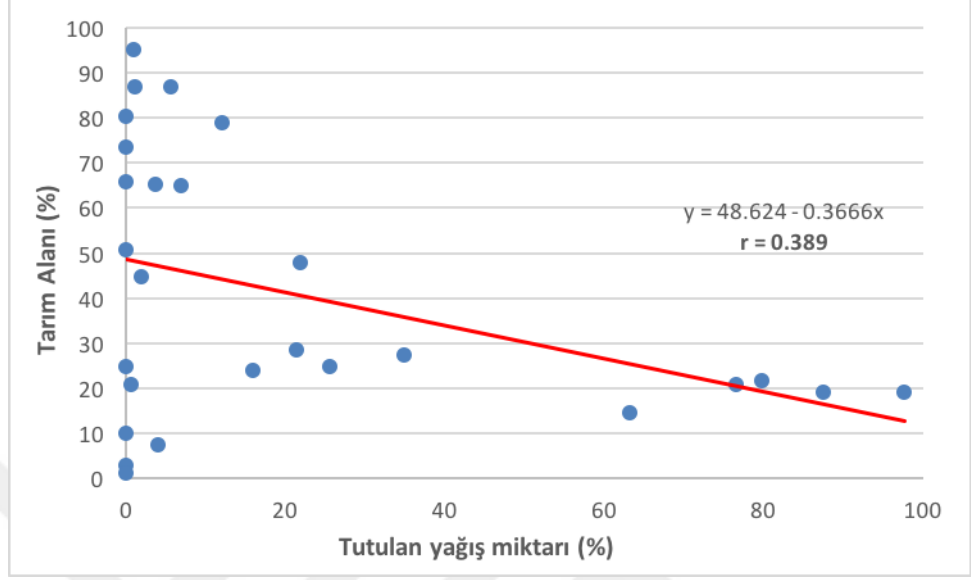
Şekil 4.51: Orman alanları (ekosistemleri) ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.

Mera alanlarının tutulan yağış miktarı ile ilişkisine bakıldığında zayıf bir ilişki ($r = 0,058$) görülmüştür (Şekil 4.52).



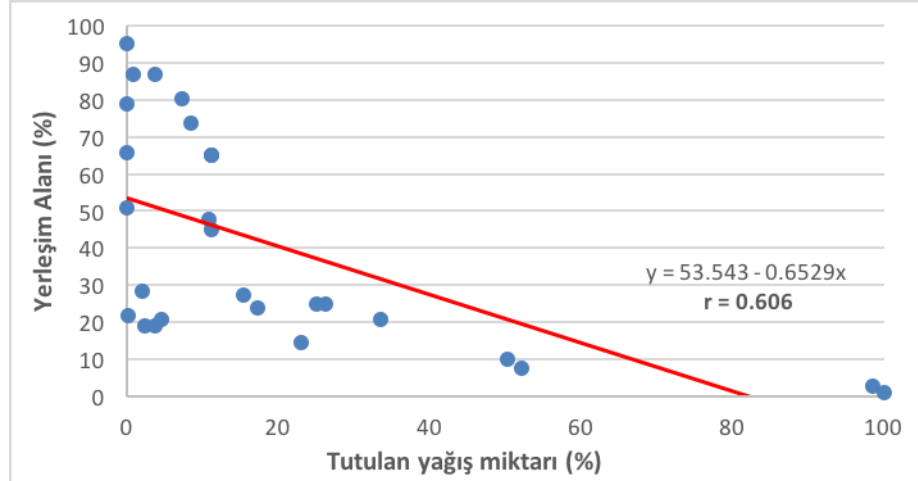
Şekil 4.52: Mera alanları ile tutulan yağış arasındaki ilişki.

Tarım alanlarının tutulan yağış ile ilişkisine bakıldığında tarım alanları arttıkça tutulan yağış miktarının azaldığı görülmüştür (Şekil 4.53).



Şekil 4.53: Tarım alanları ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.

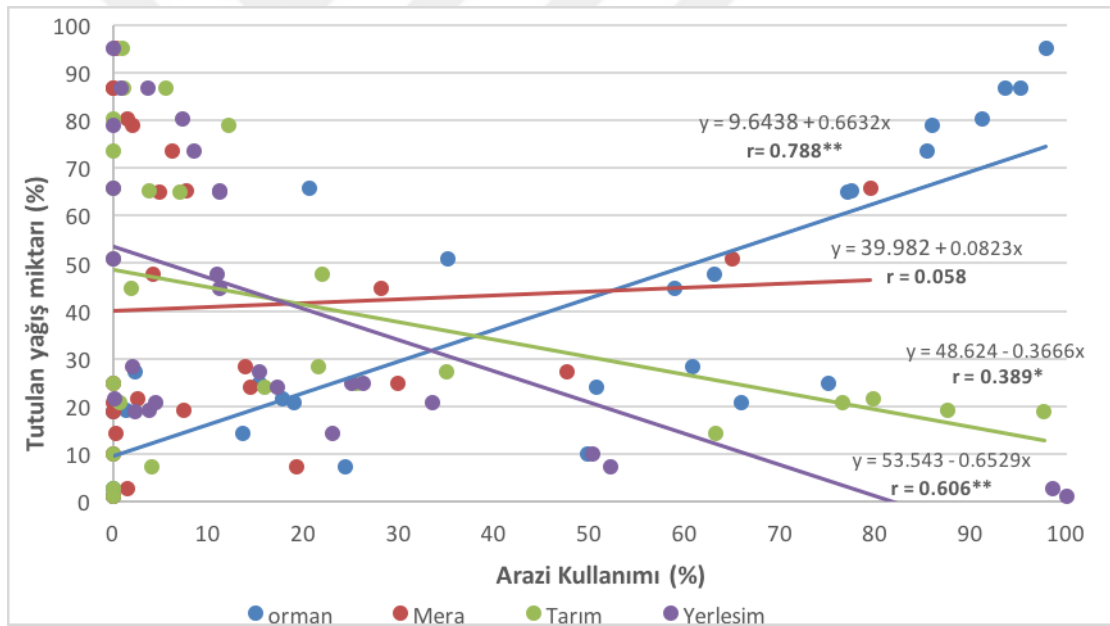
Yerleşim alanlarının (kentsel ekosistemlerin) tutulan yağış miktarı ile ilişkisi incelendiğinde ise yerleşim alanlarının artmasıyla tutulan yağış miktarının azalmasına neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.54).



Şekil 4.54: Yerleşim alanlarının (kentsel ekosistemlerin) tutulan yağış miktarı ile ilişkisi.

Alt havzalardaki arazi kullanımları (ekosistemler) ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlılıkları incelendiğinde mera alanları için anlamlı bir ilişki bulunamamış; diğer arazi kullanım şekilleri (ekosistemler) için ise anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Bunlar içerisinde en iyi ilişkiler sırasıyla orman alanları ($r = 0,788$), yerleşim alanları ($r = 0,606$) ve tarım alanları ($r = 0,389$) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.55).

Elde edilen ilişkiler incelendiğinde orman alanları ile tutulan yağış miktarı arasında pozitif bir ilişki yani orman alanı arttıkça tutulan yağış miktarının da arttığı; tarım ve yerleşim alanları için ise negatif bir ilişki yani tarım ve yerleşim alanları arttıkça tutulan yağış miktarının azaldığı görülmüştür. Bu ilişkiler $p < 0,01$ ve $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

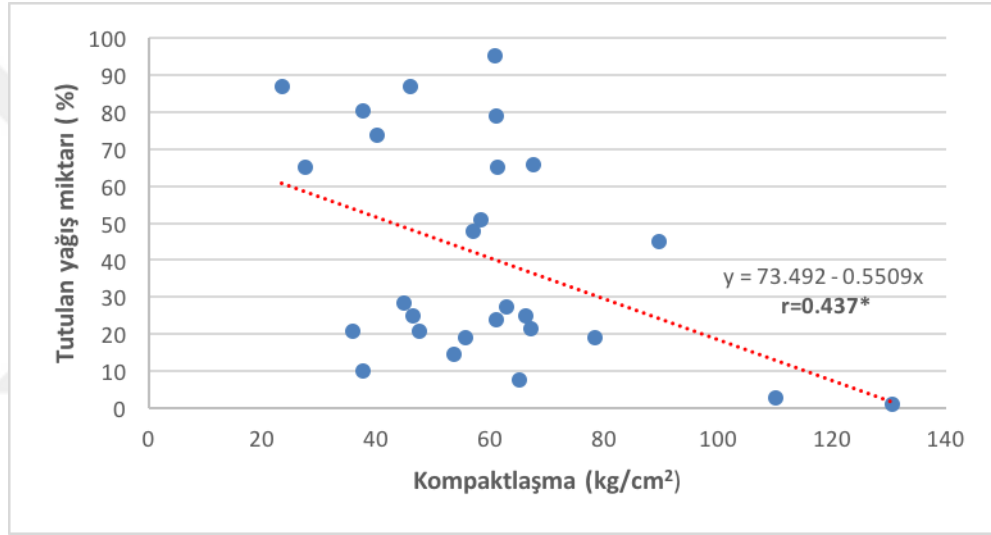


Şekil 4.55: Alt havzalardaki arazi kullanım şekilleri (ekosistemler) ve tutulan yağış miktarı arasındaki ilişkinin istatistiksel anlamlılıkları.

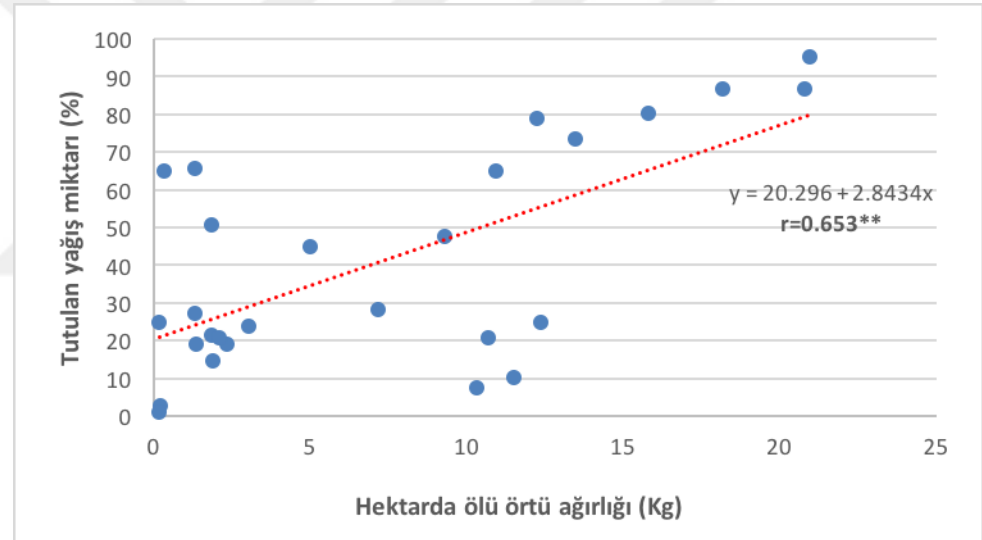
Sonuçlar, orman alanlarının (ekosistemlerinin) tutulan yağış miktarı ile arasındaki ilişkiden dolayı sel-taşkın önleme hizmeti bakımından en önemli ekosistem olduğunu göstermiştir. Burada orman alanlarının (ekosistemlerinin) farklılığının hangi özelliğinden kaynaklandığını belirleyebilmek için alt havzaların sel-taşkın önleme

hizmetini etkileyebilecek bazı toprak parametreleri incelenmiştir. Bunlar kompaktlaşma, permeabilite, maksimum su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı ve ölü örtü miktarıdır.

Alt havzaların sahip olduğu toprak özellikleri ile tutulan yağış miktarı arasında nasıl bir ilişki olduğunu belirleyebilmek için korelasyon analizi yapılmıştır. Bunun sonucunda kompaktlaşma ve tutulan yağış miktarı arasında % 95 güven düzeyinde negatif bir ilişki bulunmuşken (Şekil 4.56); maksimum su tutma kapasitesi ve hektarda ölü örtü ağırlığı ile tutulan yağış miktarı arasında % 99 güven düzeyinde pozitif bir ilişki bulunmuştur (Şekil 4.57, 4.58).

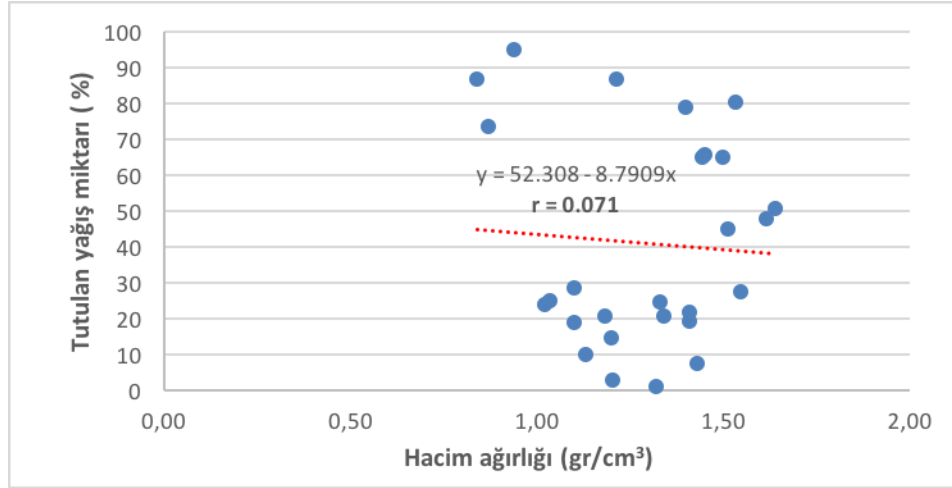


Şekil 4.56: Kompaktlaşma ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.

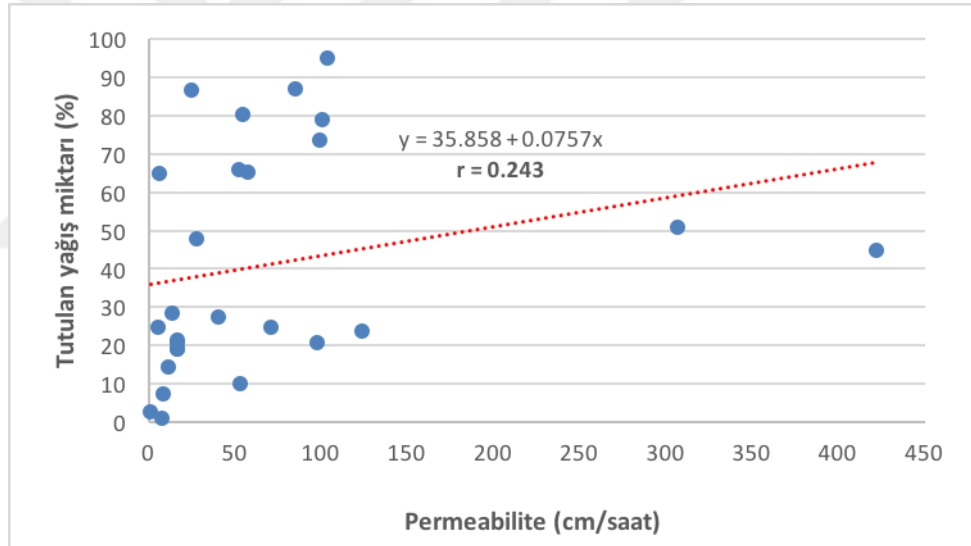


Şekil 4.58: Hektardaki ölü örtü ağırlığı ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.

Aynı topraklara ait hacim ağırlığı ve permeabilite özellikleri yapılan istatistiksel analiz sonucunda anlamlı bulunmamıştır (Şekil 4.59 ve Şekil 4.60).

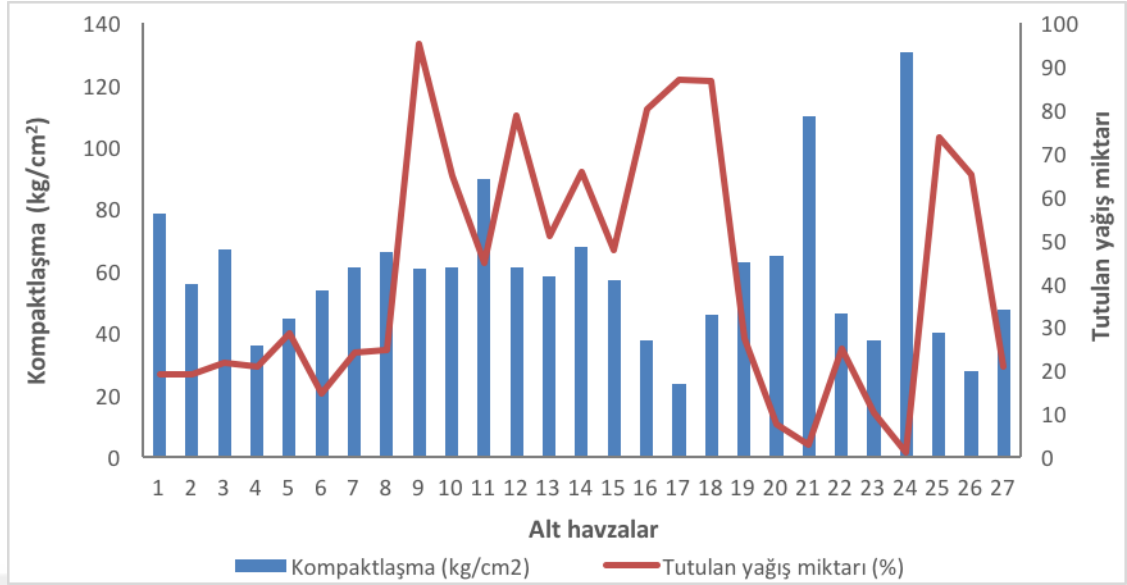


Şekil 4.59: Hacim ağırlığı ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.



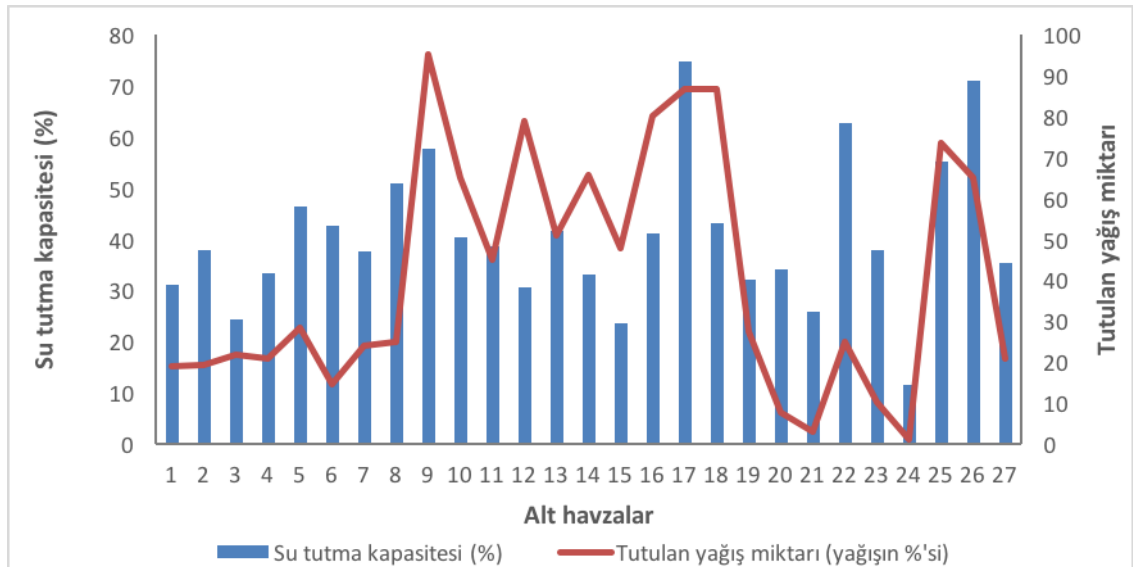
Şekil 4.60: Permeabilite ile tutulan yağış miktarı arasındaki ilişki.

İstatistiksel olarak anlamlılık gösteren toprak özelliklerinin alt havzalar bazında dağılımı ve tutulan yağış miktarının değişimi de incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kompaktlaşmanın en yüksek ($130,60 \text{ kg/cm}^2$) ölçüldüğü toprak örneğinin alındığı alt havzada tutulan yağış miktarı en az; kompaktlaşmanın en düşük ($23,35 \text{ kg/cm}^2$) ölçüldüğü toprak örneğinin alındığı alt havzada tutulan yağış miktarı en fazla olarak saptanmıştır (Şekil 4.61).



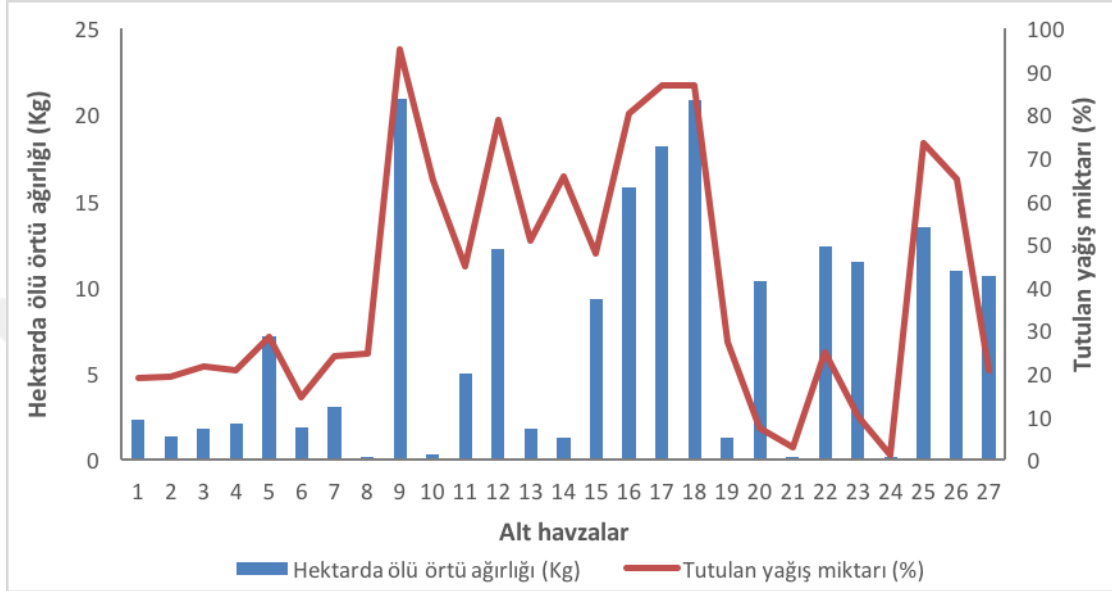
Şekil 4.61: Kompaktlaşmanın alt havzalar bazında dağılımı ve tutulan yağış miktarının değişimi.

Su tutma kapasitesi bir diğer önemli toprak özelliği olarak bulunmuştu ve bu özelliğin en düşük (% 11,43) hesaplandığı toprak örneğinin alındığı alt havzada tutulan yağış miktarı en az; su tutma kapasitesinin en yüksek (%74,78) hesaplandığı toprak örneğinin alındığı alt havzada tutulan yağış miktarı en fazla olarak belirlenmiştir (Şekil 4.62).



Şekil 4.62: Su tutma kapasitesinin alt havzalar bazında dağılımı ve tutulan yağış miktarının değişimi.

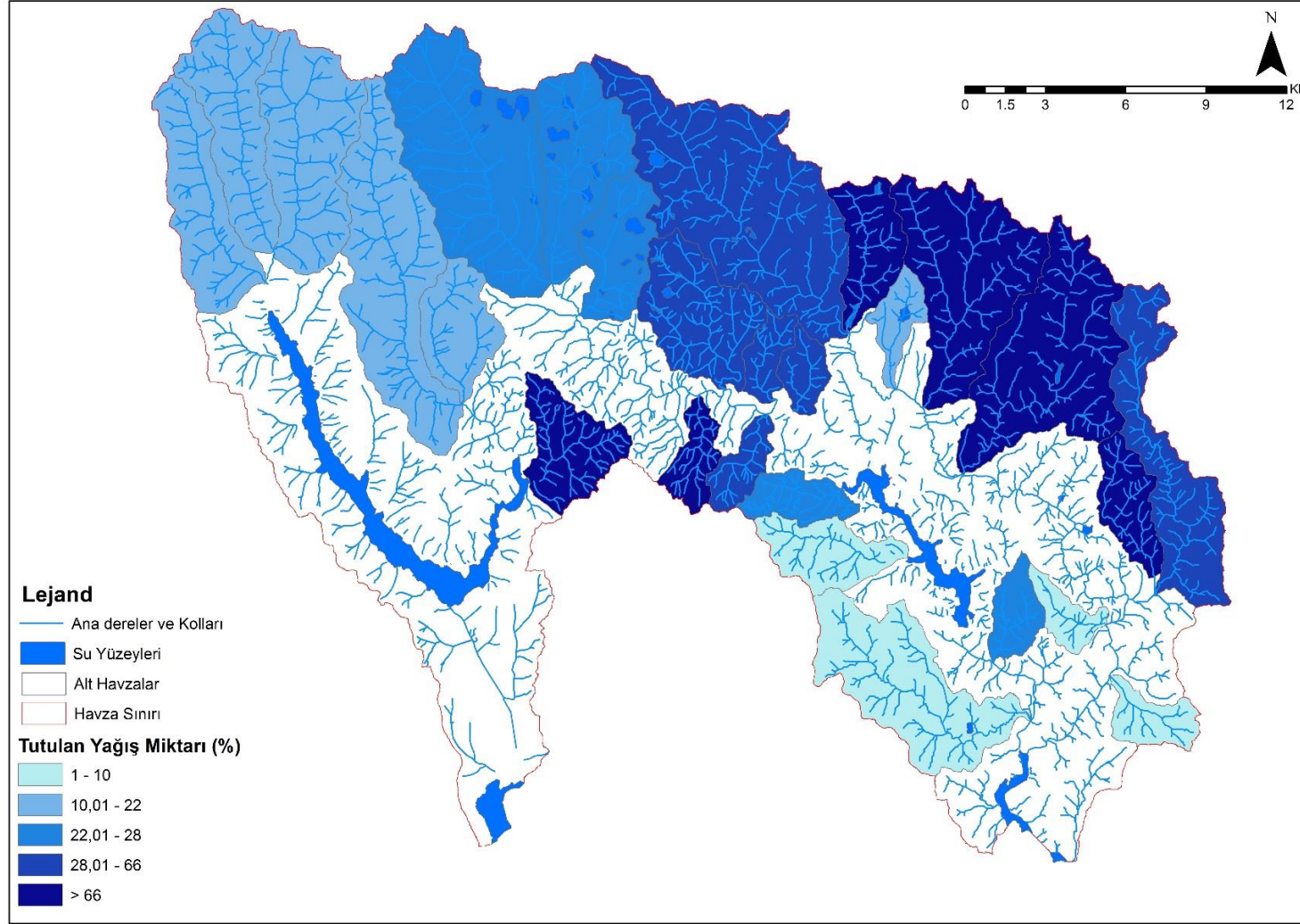
Hektardaki ölü örtü ağırlığı sel-taşkın önleme hizmeti için önemli bulunan bir parametre olmuştur ve en fazla ölü örtü miktarına (20,955 Kg) sahip alt havzada tutulan yağış miktarı en yüksek; en az ölü örtü miktarına (0,172 Kg) sahip alt havzada tutulan yağış miktarı ise en düşük değerlere sahip olmuştur (Şekil 4.63).



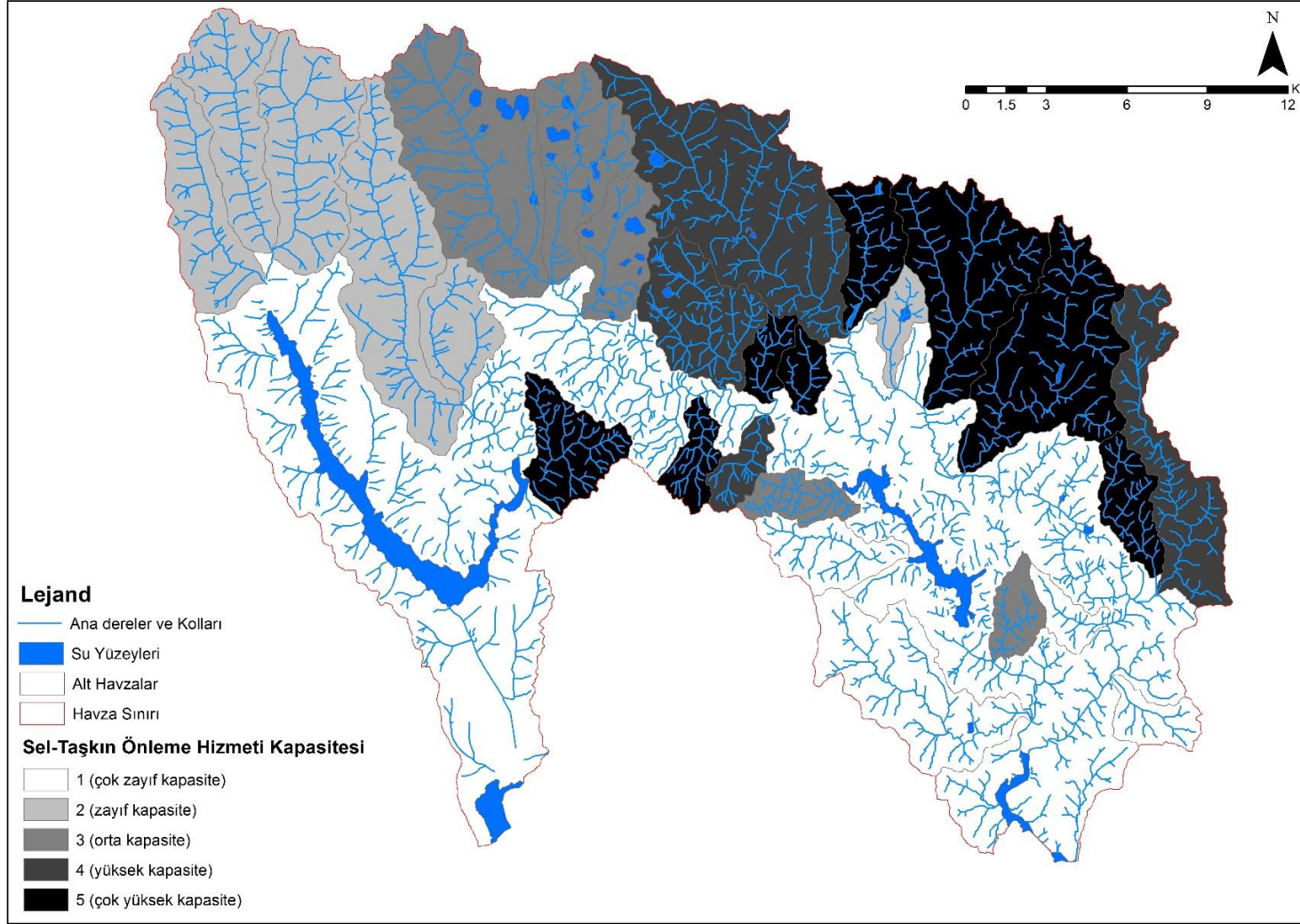
Şekil 4.63: Hektarda ölü örtü ağırlığının alt havzalar bazında dağılımı ve tutulan yağış miktarının değişimi.

Alt havzalarda görülen bu ilişkiler doğrultusunda tutulan yağış miktarı (yağışın %'si) sınıflandırılarak alt havza bazında değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında alt havzalardaki arazi kullanım şekillerinin (ekosistemler) % 1 ile > %66 oranlarında yağışı tutabildikleri görülmüştür. Yerleşim alanlarının fazla olduğu (kentsel ekosistemlerin) alt havzalarda tutulan yağış miktarı %1-%10 arasında değişmekteyken; orman alanlarının (ekosistemlerinin) fazla olduğu alt havzalarda tutulan yağış miktarı ise > %66 oranında görülmüştür (Şekil 4.64).

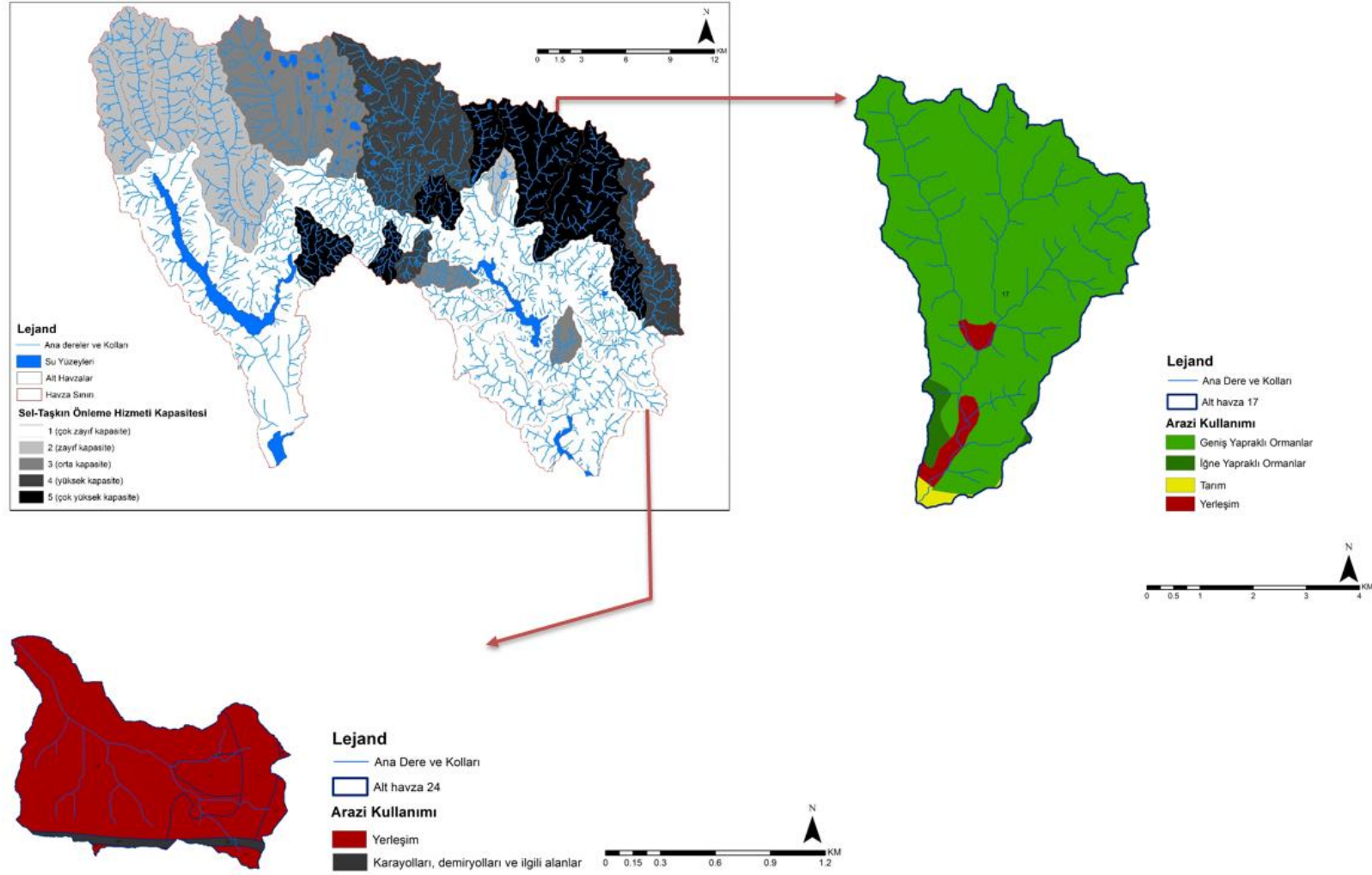
Bu sonuçlar doğrultusunda alt havzaların sel-taşkın önleme hizmeti kapasitesi Burkhard (2012) değerlendirme ölçeğine göre çok zayıf (1) ve çok yüksek kapasite (5) arasında belirlenmiştir (Şekil 4.65). Sel-taşkın önleme hizmeti kapasitesi bakımından yerleşim alanları (kentsel ekosistemler) çok zayıf (1); orman alanları (ekosistemleri) ise çok yüksek (5) olarak bulunmuştur (Şekil 4.66).



Şekil 4.64: Alt havzalardaki arazi kullanım şekilleri (ekosistemlerin) ve tutulan yağış miktarlarının değişimi.



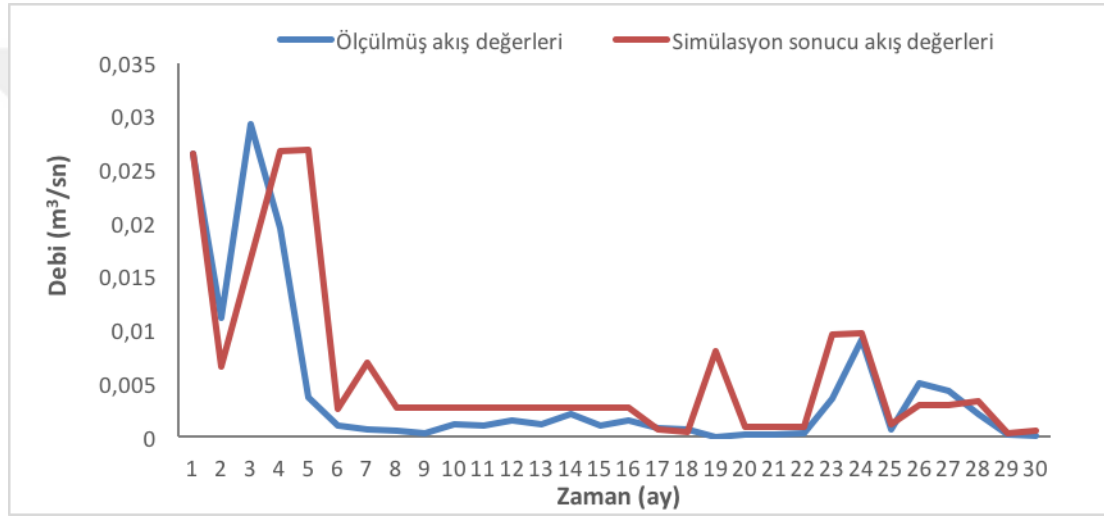
Şekil 4.65: Alt havza bazında sel-taşkın önleme hizmeti kapasitesi.



Şekil 4.66: Sel-taşkın önleme hizmeti için örnek iki havzanın kapasitesi ve bu havzaların arazi kullanım şekilleri.

4.4.4. Su Verimini Düzenleme Hizmeti

Su verimi hizmetinin sayısallaştırılmasında izlenen yöntemler sırasıyla Mike 11 hidroloji yazılımının NAM modülünün havzalara uygulanması ve daha sonrasında diğer hizmetler için de uygulanan matematiksel denklem ile arazi yoğunluklarının ilişkiye getirilerek her bir arazi kullanım şekline ait akış katsayısı hesaplanarak belirlenmesi olmuştur. Burada Mike 11 hidroloji yazılımı için gerekli olan kalibrasyon sonuçları elde edilmiş (Şekil 4.67) ve bu sonuçlar doğrultusunda 27 alt havza için model parametreleri tekrar değerlendirilerek simülasyon tekrarlanmıştır.



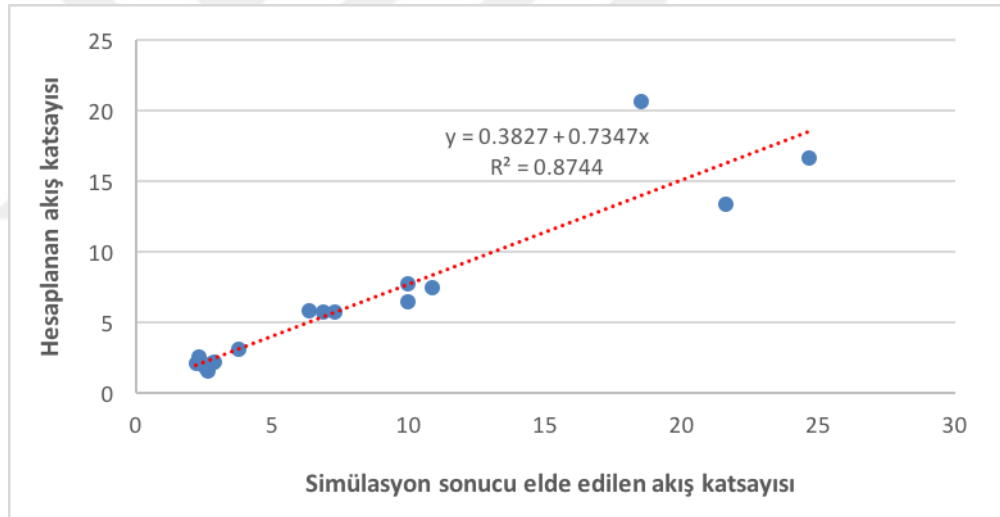
Şekil 4.67: Kalibrasyon sonucu akış değerleri ile ölçülmüş akış değerleri arasındaki ilişki.

Elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkinin veya modelin doğrulamasını sağlayan determinasyon katsayısı (R^2) 0,75 hesaplanmıştır. Alt havzaların her biri için modelin tekrarlanması sonucunda akış verileri elde edilmiş ve alansal yağış dağılımı ile arazi kullanım yoğunluklarının ilişkiye getirilmesi ile her alt havzaya ait akış katsayısı hesaplanmıştır. Bu işlem yapılırken 11 alt havza akış katsayısının hesaplanmasında; 16 alt havza ise doğrulama için kullanılmıştır. Akış katsayıları her bir arazi kullanımı şekli için hesaplanmıştır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: Arazi kullanım şekillerine göre hesaplanan akış katsayıları.

Arazi kullanım şekli	Akış katsayısı
Orman	0,32
Mera	0,55
Tarım	0,61
Yerleşim	0,98

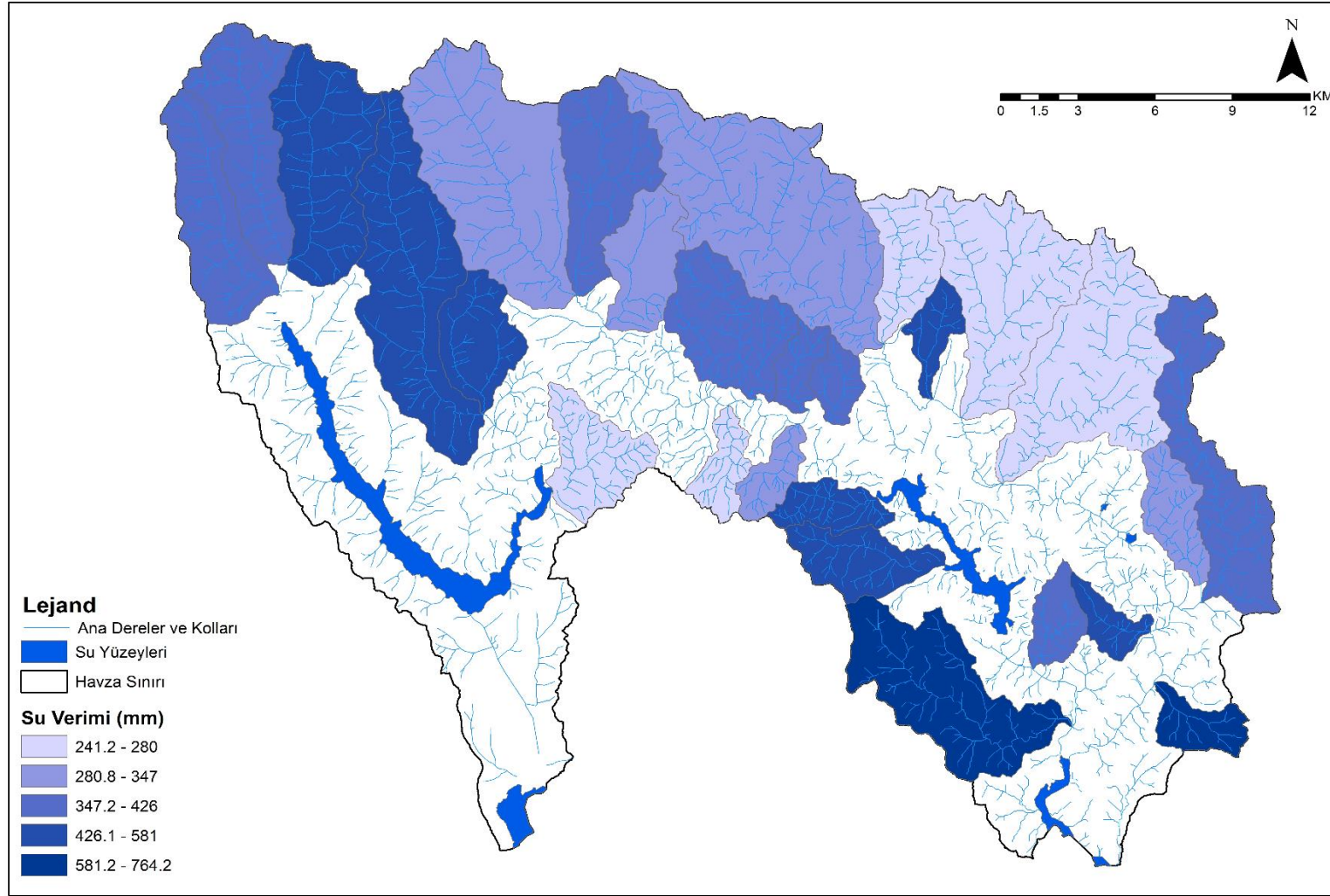
Modelin doğrulanabilmesi için elde edilen bu akış katsayıları ile 16 alt havzanın akış katsayıları tekrar hesaplanmış ve simülasyon sonucundaki katsayılar ile ilişkisi değerlendirilmiştir (Tablo 4.18) (Şekil 4. 68).

**Şekil 4.68:** Model doğrulaması için belirlenen akış katsayıları arasındaki ilişki.

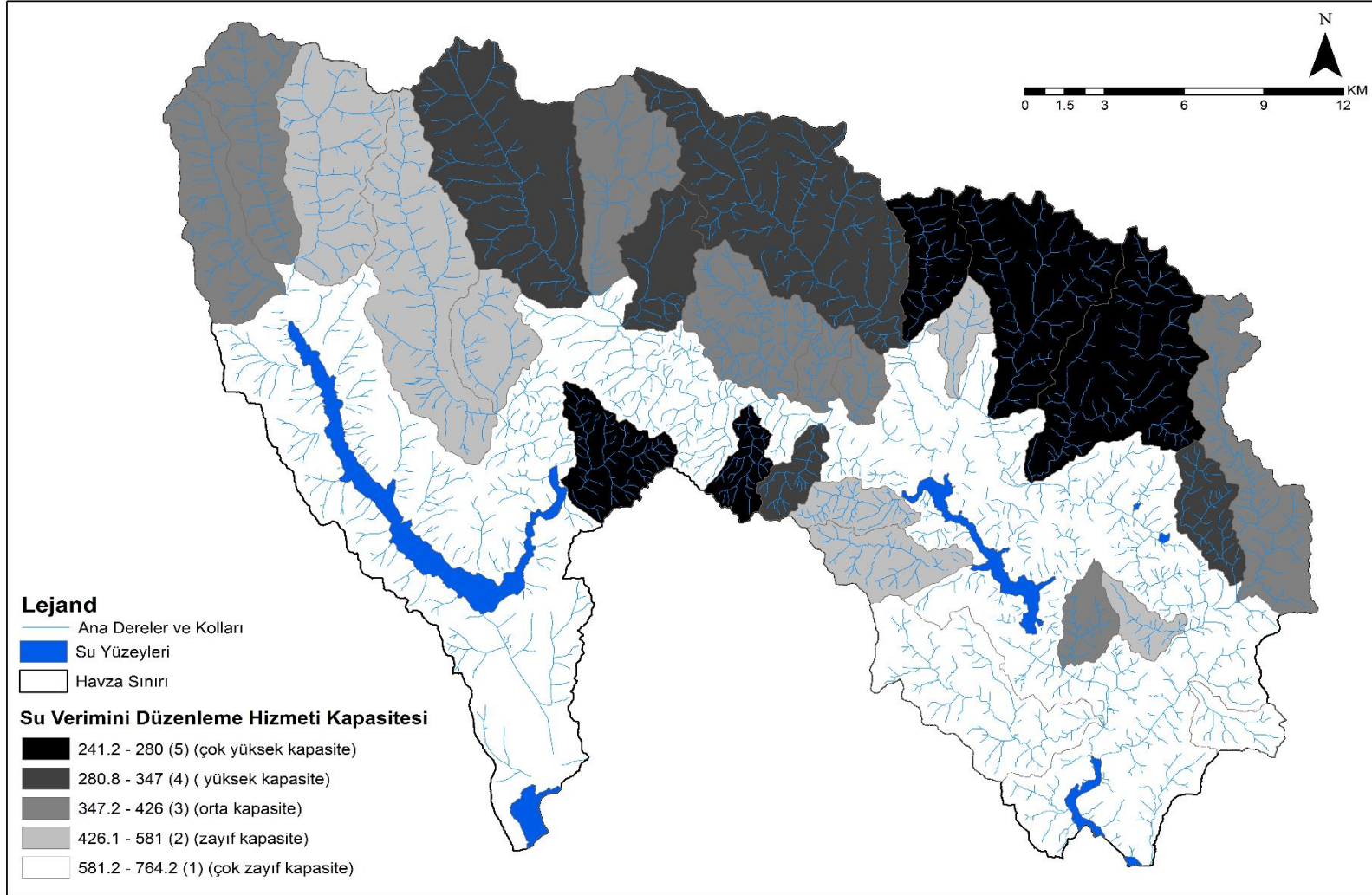
Alt havzalar için böylece su verimi hesaplaması yapılmış ve çalışma alanının alt havza bazında su verimi haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.69). Alt havzaların su verimini düzenleme hizmeti kapasitesi diğer hizmetlerin değerlendirilmesinde kullanılan Burkhard (2012) değerlendirme ölçeğine göre çok zayıf (1) ve çok yüksek kapasite (5) arasında belirlenmiş ve sonuçlar incelendiğinde su verimini düzenleme hizmeti kapasitesi bakımından yerleşim alanları (kentsel ekosistemler) çok zayıf (1); orman alanları (ekosistemleri) ise çok yüksek (5) olarak bulunmuştur (Şekil 4.70).

Tablo 4.18: Modelin doğrulanması için hesaplanan akış katsayıları.

Alt havza adı	Orman alanı	Orman yoğunluğu	Mera alanı	Mera yoğunluğu	Tarım alanı	Tarım yoğunluğu	Yerleşim alanı	Yerleşim yoğunluğu	Toplam alan	Ortalama debi (m ³ /sn)	Su verimi (m ³)	Yağış (mm)	Su verimi (mm)	Akış katsayısı
Alibeyköy-5	19,29	60,74	4,37	13,77	6,81	21,45	0,65	2,05	31,77	0,327	10312272	748,84	324,64	68
Sazlıdere-6	1,19	13,56	0,02	0,23	5,52	63,18	2,01	23,02	8,74	0,124	3910464	736,25	447,40	78
Alibeyköy-7	7,74	50,69	2,19	14,36	2,42	15,84	2,63	17,20	15,26	0,176	5550336	752,99	363,61	65
Alibeyköy-8	1,41	15,36	2,74	29,84	2,34	25,56	2,40	26,17	9,17	0,101	3185136	754,65	347,20	79
Kağıthane-10	30,08	76,98	1,91	4,89	2,73	6,98	4,36	11,16	39,08	0,384	12109824	765,32	309,87	63
Alibeyköy-11	8,24	58,91	3,93	28,14	0,26	1,84	1,55	11,11	13,98	0,163	5140368	757,55	367,61	71
Alibeyköy-13	1,20	35,12	2,21	64,88	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	0,046	1450656	760,99	426,17	77
Alibeyköy-15	2,44	63,10	0,16	4,17	0,85	21,86	0,42	10,88	3,87	0,037	1166832	746,43	301,15	65
Alibeyköy-19	0,11	2,22	2,34	47,53	1,72	34,89	0,76	15,35	4,93	0,078	2459808	749,79	498,66	76
Alibeyköy-20	1,97	24,33	1,56	19,23	0,32	4,01	4,23	52,20	8,10	0,142	4478112	747,22	552,84	78
Kağıthane-21	0,00	0,00	0,30	1,43	0,00	0,00	20,93	98,57	21,23	0,461	14538096	741,78	684,81	87
Kağıthane-22	3,25	74,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09	25,03	4,34	0,053	1671408	770,48	385,37	50
Kağıthane-23	1,65	49,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	50,22	3,32	0,055	1734480	777,87	521,85	86
Kağıthane-25	5,54	85,40	0,40	6,12	0,00	0,00	0,55	8,48	6,48	0,067	2112912	789,66	325,93	35
Kağıthane-26	13,73	77,41	1,36	7,67	0,66	3,75	1,98	11,17	17,73	0,206	6496416	791,44	366,31	61
Kağıthane-27	2,55	65,87	0,00	0,00	0,03	0,67	1,29	33,46	3,86	0,056	1766016	773,78	457,05	71



Şekil 4.69: Alt havzaların arazi kullanım şekilleri (ekosistemlerin) ve su veriminin değişimi.



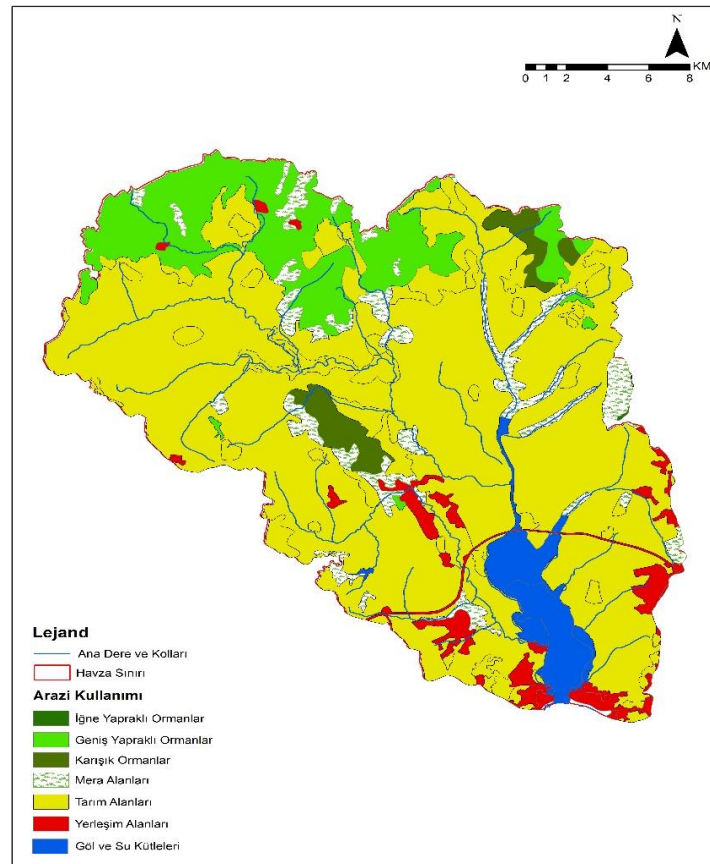
Şekil 4.70: Alt havza bazında su verimini düzenleme hizmeti kapasitesi.

4.5. HAVZA PLANLAMAYA UYARLAMA: BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ

Sayısallaştırılan hidrolojik ekosistem hizmetlerinin havza planlama sürecine dahil edilebilmesi daha önce yöntem bölümünde belirtildiği gibi iki başlık altında verilmiştir. Burada da bu başlıklara ait bulgular verilmeye çalışılmıştır.

4.5.1. Büyükçekmece Gölü Havzası ve Hidrolojik Ekosistem Hizmetleri

Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin her birinin sayısal olarak ifade edilebilmesi için belirlenen katsayılar, havzaların arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları ile ilişkilendirilerek elde edilmiştir. Dolayısıyla Büyükçekmece Gölü Havzası' nın sunduğu hidrolojik ekosistem hizmetlerinin ortaya koyulabilmesi için öncelikle havzanın arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları belirlenmiştir (Şekil 4.71).



Şekil 4.71: Büyükçekmece Gölü Havzası arazi kullanım şekilleri.

Büyükçekmece Gölü Havzası' nın mevcut arazi kullanım şekilleri belirlendiğinde havzanın % 15,71' i orman, % 6,33' ü mera, % 71,26' sı tarım ve % 4,38' i yerleşim alanı olarak görülmüştür (Tablo 4.19).

Tablo 4.19: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın mevcut arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları.

Arazi kullanımı	Alan (m ²)	Alan (%)
İğne Yapraklı Ormanlar	119464,0342	0,02
Geniş Yapraklı Ormanlar	81151815,71	13,09
Karışık Ormanlar	16156141,43	2,61
Mera Alanları	39260825,85	6,33
Tarım Alanları	441862953,8	71,26
Yerleşim	27171696,02	4,38
Su Kütleleri	14338175,11	2,31
Toplam	620061071.933	100

Sunulan hidrolojik ekosistemlerin belirlenebilmesi amacıyla bu arazi kullanım şekillerine ait veriler kullanılmış ve daha önce hesaplanan katsayılar ile ilişkiye getirilmiştir. Burada havzanın sunduğu hidrolojik ekosistemlerden su kalitesini iyileştirme ve su verimini düzenleme hizmetleri ele alınmıştır. Su kalitesini iyileştirme hizmeti değerlendirilirken su kalitesi parametreleri için elde edilen katsayılar kullanılmıştır (Tablo 4.20).

Tablo 4.20: Büyükçekmece Gölü Havzası için su kalitesi parametrelerinin hesaplanan değerleri.

pH	Elektriki İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Çözülmüş oksijen (mg/lt)	Toplam Askıda Katı Madde (mg/lt)
7,30	839	20,93	6,70	0,555

Su verimini düzenleme hizmetinin değerlendirilmesinde ise havzaya en yakın istasyon olan Hadımköy Meteoroloji İstasyonuna ait verileri (1968-2008) kullanılmıştır. Su veriminin hesaplanmasında havzaya düşen yıllık ortalama yağış miktarı 545,04 mm alınmıştır. Arazi kullanım yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiş olan akış katsayıları Büyükçekmece Gölü Havzası' nın arazi kullanımı ile tekrar ilişkilendirilerek akış katsayısı 0,56 veya başka bir ifade ile % 56 olarak hesaplanmıştır.

4.5.2. Büyükçekmece Gölü Havzası için Arazi Kullanım Projeksiyonları

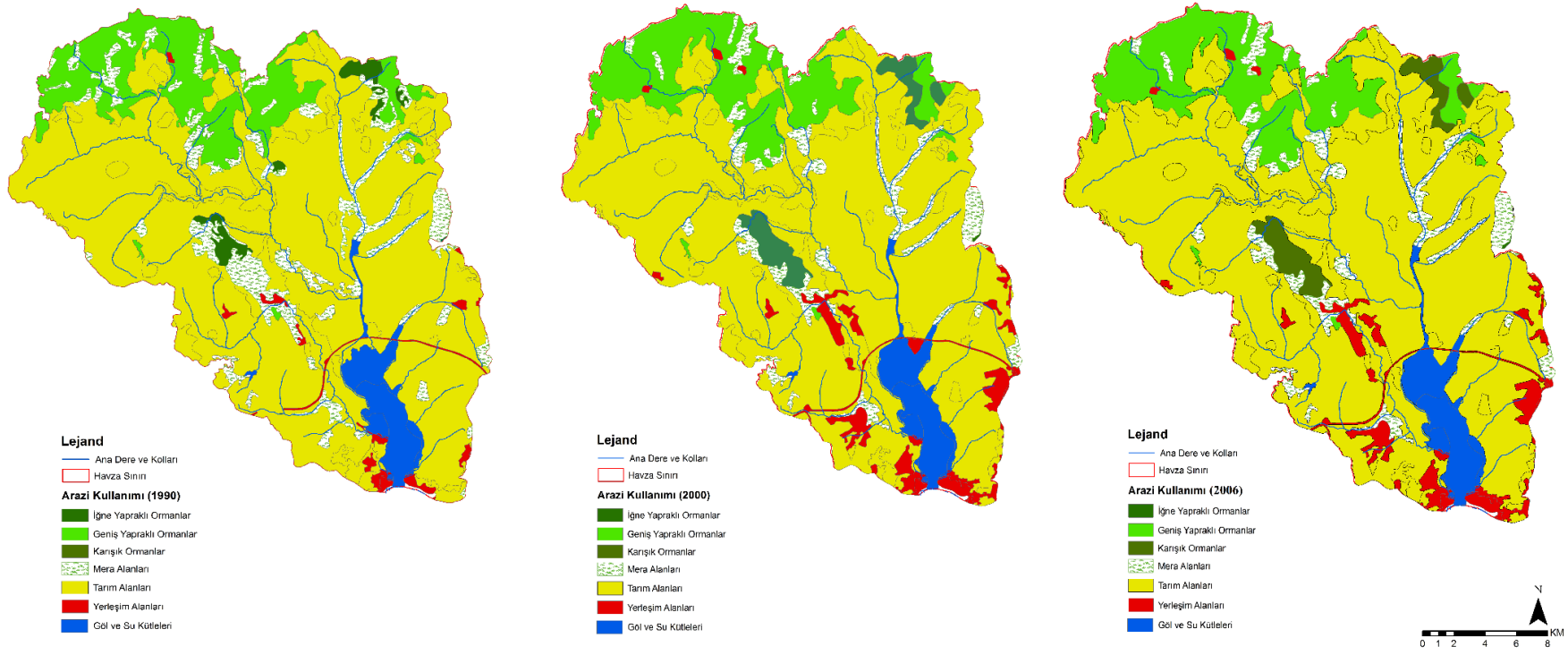
Büyükçekmece Gölü Havzası' nın sunduğu hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısal olarak ifade edilmesinden sonra İstanbul' un hızlı nüfus artışının ve buna bağlı olarak gelişen arazi kullanımındaki değişimin bu hizmetler üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Arazi kullanımındaki değişimin belirlenebilmesi için 1990, 2000 ve 2006 CORINE altlıkları kullanılmış ve aralarındaki farklar ortaya koyulmuştur (Tablo 4.21) (Şekil 4.72).

Tablo 4.21: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 1990, 2000 ve 2006 yıllarına ait arazi kullanım şekilleri.

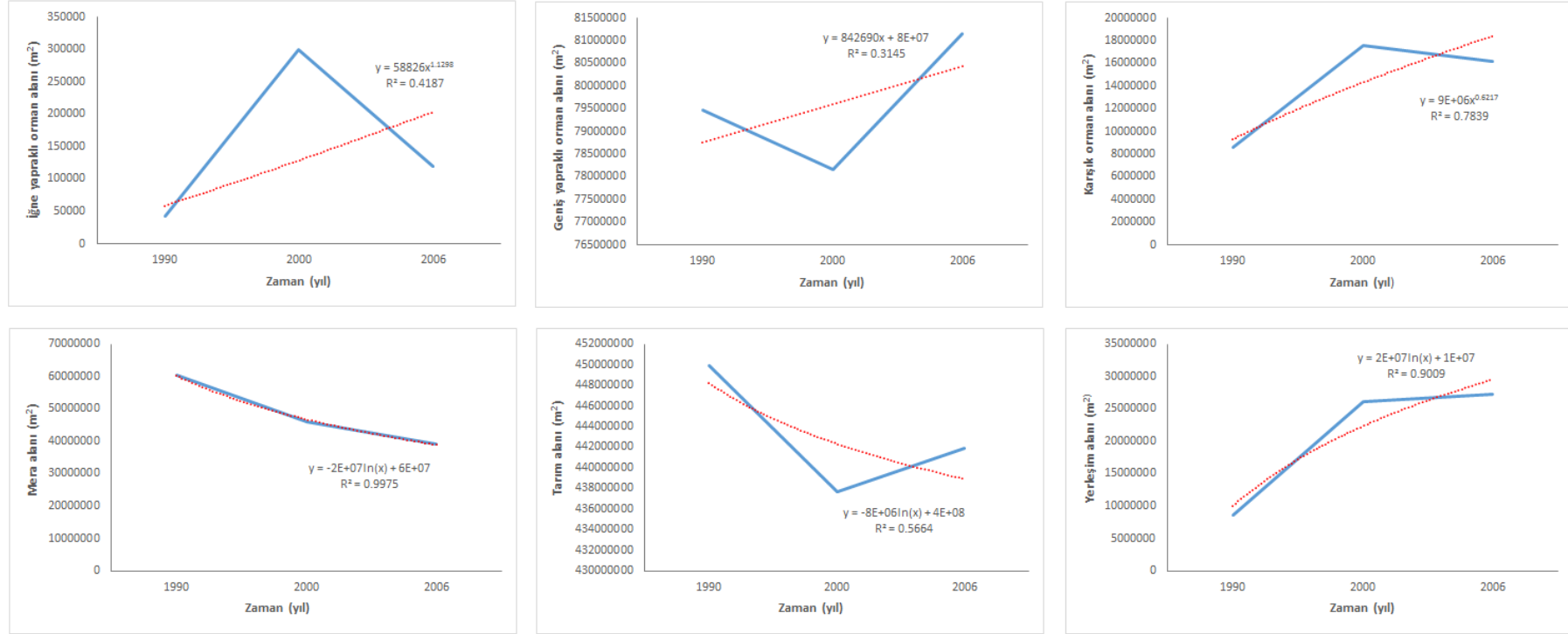
Yıl	Arazi Kullanımı (m ²)					
	İğne Yapraklı Ormanlar	Geniş Yapraklı Ormanlar	Karışık Ormanlar	Mera Alanları	Tarım Alanları	Yerleşim Alanları
1990	43074,38	79466436,42	8614892,7	60441124,49	449942878,4	8623999,05
2000	299504,15	78154446,37	17600431,49	46132043,56	437628640,2	26062475,94
2006	119464,03	81151815,71	16156141,43	39260825,85	441862953,8	27171696,02

Yıllar itibariyle arazi kullanım şeklindeki değişimler incelendiğinde, 1990-2000 yılları arasında iğne yapraklı orman alanının arttığı ve 2000-2006 yılları arasında azaldığı; geniş yapraklı orman alanının ise 1990-2000 yılları arasında azaldığı ve 2000-2006 yılları arasında arttığı; karışık orman alanının 1990-2000 yılları arasında arttığı ve 2000-2006 yılları arasında azaldığı; mera alanının her iki dönemde de azaldığı; tarım alanının 1990-2000 yılları arasında azaldığı ve 1990-2000 yılları arasında arttığı; yerleşim alanının ise sürekli arttığı görülmektedir.

Arazi kullanımındaki bu değişimin bir ilişki olarak ortaya koyulabilmesi için yıllara göre arazi kullanım şeklindeki değişim arasında basit regresyon denklemleri oluşturulmuştur. İlişkinin en yüksek görüldüğü regresyon denklemleri seçilerek önce eksik verilerden kaynaklanabilecek hataların minimuma indirilebilmesi için veri tamamlama işlemi gerçekleştirilmiş ve daha sonrasında 2050 yılı için projeksiyon üretilmiştir (Şekil 4.73).



Şekil 4.72: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 1990, 2000 ve 2006 yıllarına ait arazi kullanım şekilleri.



Şekil 4.73: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın arazi kullanım şeklinin yıllara göre değişimi ve regresyon denklemleri.

Veri tamamlama işlemi sonrasında Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 2050 yılı için üretilen arazi kullanım şekli projeksiyonu değişimi ortaya koymaktadır. İki senaryoya (orman alanlarının arttığı ve orman alanlarının azaldığı senaryo) ait sonuçlar incelendiğinde havzadaki en büyük değişim mera alanlarının tamamen yok olması veya diğer arazi kullanım şekillerine dönüştürülmesi olarak görülmektedir. Bir diğer çarpıcı değişim ise tarım alanları azalırken yerleşim alanlarının artmasıdır (Tablo 4.22).

Tablo 4.22: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 2050 yılı için üretilen arazi kullanım şekli projeksiyonu.

Arazi kullanım şekli (2050 projeksiyonu)	Alan (m ²)	Alan (%)	Alan (m ²)	Alan (%)
İğne Yapraklı Ormanlar	6118359,1	0,99	6118359,1	0,99
Geniş Yapraklı Ormanlar	131404090	21,19	11404090	1,84
Karışık Ormanlar	94796953,87	15,28	15926325	2,57
Mera Alanları	0,00	0,00	0,00	0,00
Tarım Alanları	303724896,14	48,97	363673624,6	58,64
Yerleşim Alanları	71088106,30	11,46	210010007	33,86
Su Kütleleri	13083311,29	2,11	13083311	2,11

2050 yılı için arazi kullanım şekli projeksiyonu ile elde edilen alansal dağılım verileri su kalitesi parametreleri için daha önceden belirlenen katsayılarla ilişkiye getirilerek su kalitesini iyileştirme hizmeti her iki senaryo için sayısallaştırılmıştır (Tablo 4.23).

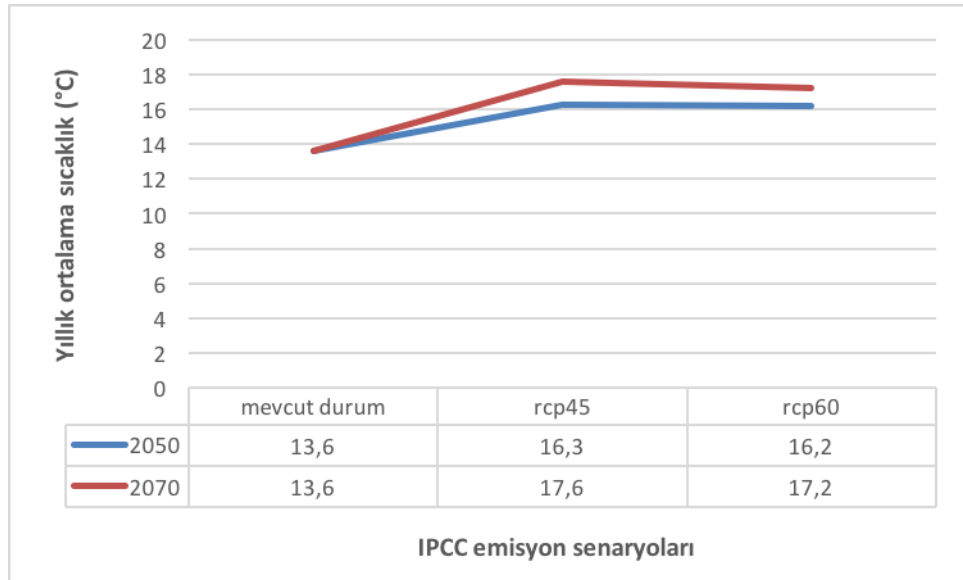
Tablo 4.23: Büyükçekmece Gölü Havzası' nın 2050 yılı için üretilen arazi kullanım şekli projeksiyonu ve senaryolarına göre su kalitesi parametrelerinin hesaplanan değerleri.

2050 yılı projeksiyonu/senaryolar	pH	Elektriki İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Çözülmüş oksijen (mg/lt)	Toplam Askıda Katı Madde (mg/lt)
Orman alanın arttığı senaryo	7,28	768	33,40	6,87	0,584
Orman alanın azaldığı senaryo	7,55	1030	82,20	5,96	0,942

4.6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ

İklim değişikliği etkileri çalışma kapsamında HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli için üretilen Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) senaryolarından RCP4.5 ve RCP6.0 için iklim projeksiyonları üretilerek belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanına ait sıcaklık ve yağış değerleri, Bölgesel İklim Modeli (RegCM4.3.4) kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemi ile elde edilmiştir. Burada öncelikle mevcut durumu temsilen 1990-2010 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verilerinden faydalanılmış ve ortalama değerler elde edilmiştir. Gelecek dönem için ise 2050 (2041-2060) ve 2070 (2061-2080) yılları olmak üzere Temsili Konsantrasyon Rotaları kullanılarak yağış ve sıcaklık için minimum, maksimum ve ortalama değerler elde edilmiştir (Tablo 4.24).

Temsili Konsantrasyon Rotalarının sonuçları ile mevcut durumun karşılaştırılması her iki gelecek dönemin (2050 ve 2070) yıllık ortalama sıcaklık ve yağış verileri için gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda yıllık ortalama sıcaklık değeri 13,6 °C iken Temsili Konsantrasyon Rotaları RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları için 2050 yılında sırasıyla 16,3 ve 16,2 °C; 2070 yılında 17,6 ve 17,2 °C olarak belirlenmiştir (Şekil 4.74).

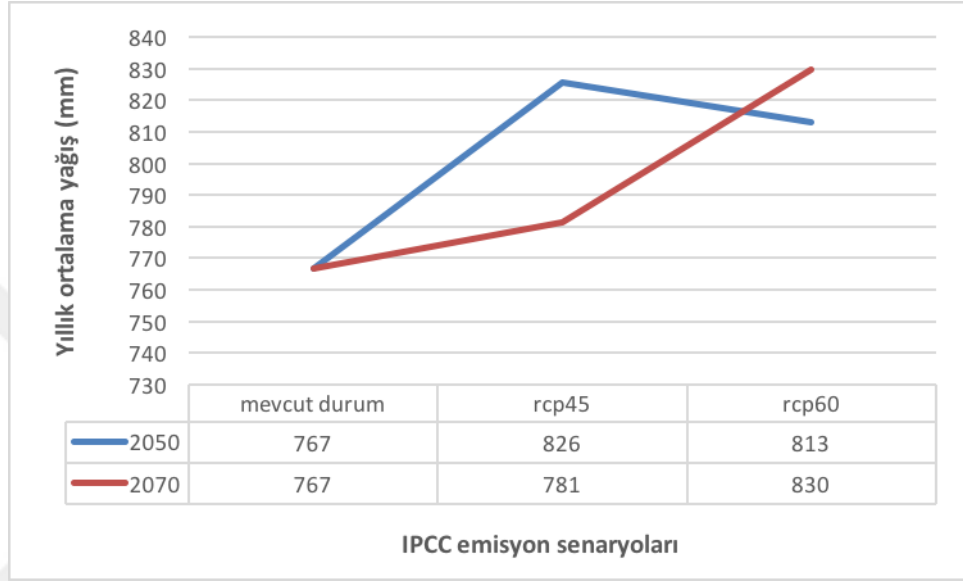


Şekil 4.74: Yıllık ortalama sıcaklık değerinin mevcut durumu ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) sonuçları ile karşılaştırılması.

Tablo 4.24: Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) ile belirlenen sıcaklık ve yağış parametrelerine ait bazı değerler.

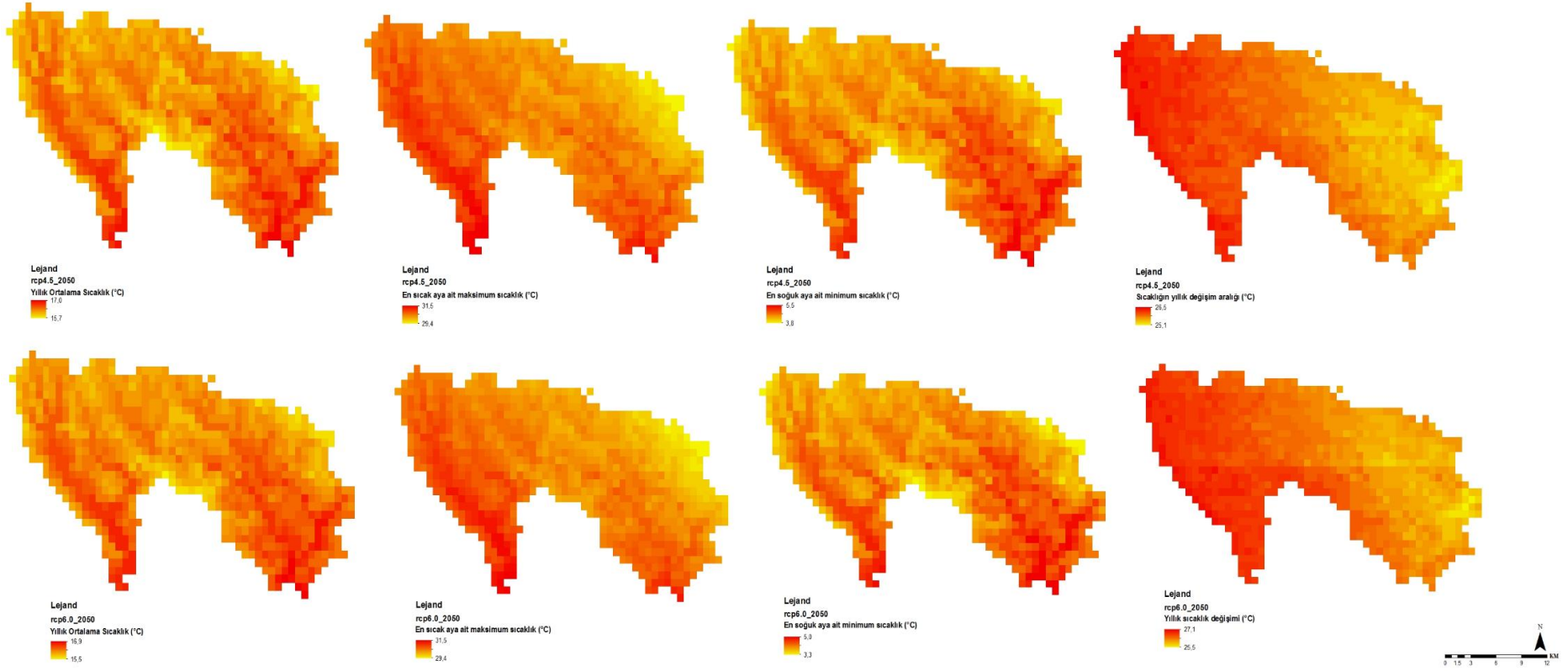
Parametreler	Mevcut Durum			Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs)											
				2050						2070					
				RCP4.5			RCP6.0			RCP4.5			RCP6.0		
	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.
Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	13,0	14,3	13,6	15,7	17,0	16,3	15,5	16,9	16,2	16,3	17,6	16,9	16,6	17,9	17,2
Yıllık ortalama yağış (mm)	674	903	767	724	975	826	714	961	813	683	925	781	724	985	830
En sıcak aya ait maksimum sıcaklık (°C)	26,0	28,0	27,0	29,4	31,5	30,4	29,4	31,5	30,4	30,1	32,3	31,1	30,4	32,6	31,4
En soğuk aya ait minimum sıcaklık (°C)	1,6	3,2	2,4	3,8	5,5	4,6	3,3	5,0	4,0	4,4	6,1	5,2	4,7	6,3	5,4
Sıcaklığın yıllık değişim aralığı (°C)	23,7	25,3	24,6	25,1	26,5	25,8	25,5	27,1	26,4	25,1	26,6	25,9	25,2	26,7	26,1

Aynı şekilde yıllık ortalama yağış miktarı da mevcut durum değerleri ve Temsili Konsantrasyon Rotaları RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları için 2050 ve 2070 yıllarına ait değerlerle karşılaştırılmıştır. Mevcut durumda alanın yıllık ortalama yağışı 767 mm iken RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları için 2050 yılında sırasıyla 826 ve 813 mm; 2070 yılında 781 ve 830 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.75).

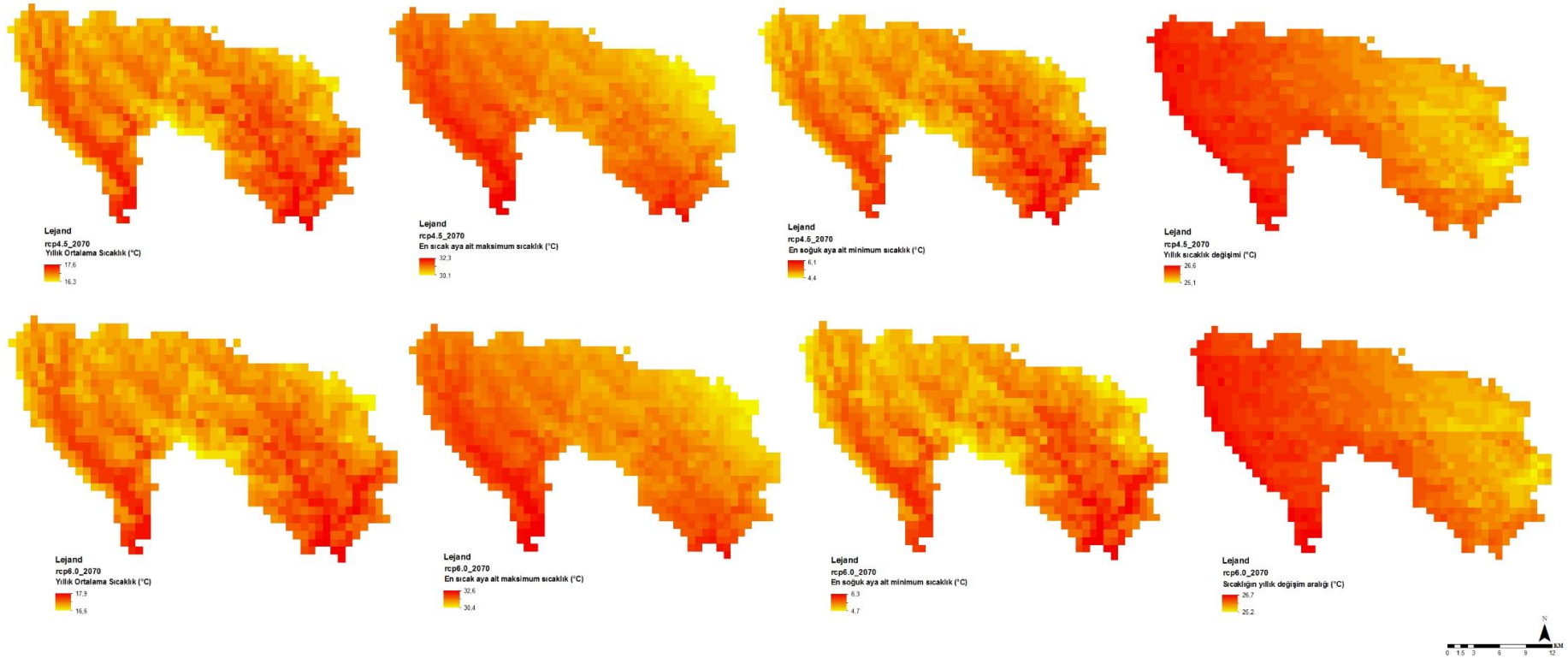


Şekil 4.75: Yıllık ortalama yağış miktarının mevcut durumu ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) sonuçları ile karşılaştırılması.

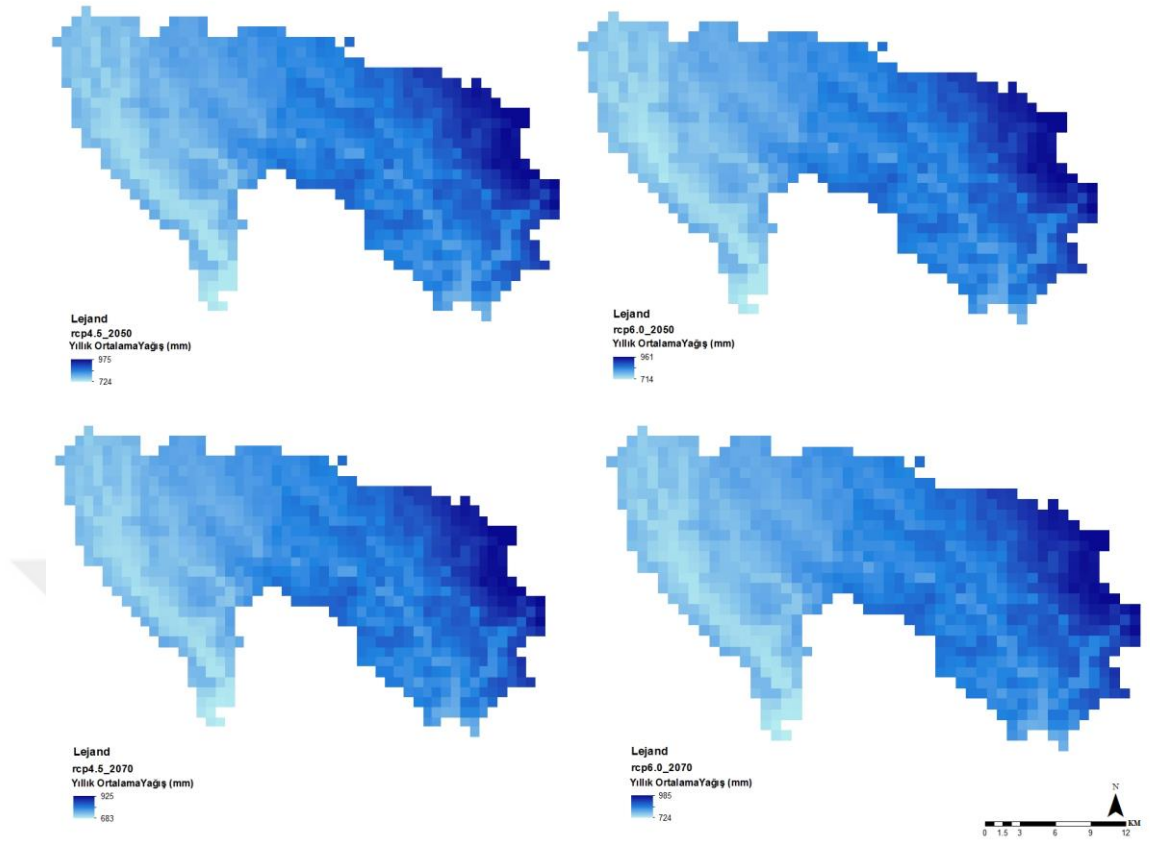
Dinamik ölçek küçültme yöntemi ile sıcaklık ve yağış değerlerinin alandaki dağılımı da belirlenmiştir. Bu yöntem iklim değişikliği açısından değerlendirilecek olan hizmeti etkileyeceği düşünülen verilerin elde edilebilmesi için kullanılmıştır. Bu nedenle Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarının her ikisi için de yıllık ortalama sıcaklık, en sıcak aya ait maksimum sıcaklık, en soğuk aya ait minimum sıcaklık, yıllık sıcaklık değişimi ile yıllık ortalama yağış miktarı değerlendirilmiştir (Şekil 4.76, 4.77, 4.78).



Şekil 4.76: 2050 yılı için Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına ait sıcaklık verilerinin alandaki dağılımı.



Şekil 4.77: 2070 yılı için Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına ait sıcaklık verilerinin alandaki dağılımı.



Şekil 4.78: 2050 ve 2070 yılı için Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına ait yıllık ortalama yağış miktarının alandaki dağılımı.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ekosistemlerin insanlara sunduğu hizmetlerin sadece bir kısmının (hidrolojik ekosistem hizmetleri) ele alındığı bu çalışmada farklı arazi kullanım şekilleri (ekosistemler) ile bu hizmetlerin nasıl değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu değişim, hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması ile gerçekleştirilmiş olup havza planlama sürecinde uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

Çalışmaya ait sonuçlar, hidrolojik ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, havza planlamaya uyarlama örneğinin değerlendirilmesi, iklim değişikliği etkilerinin değerlendirilmesi ve havza yönetiminde hidrolojik ekosistem hizmetleri yaklaşımının değerlendirilmesi şeklinde dört ana başlık altında toplanmıştır.

İlk başlık altında hidrolojik ekosistem hizmetleri tek tek ele alınmış ve elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmeye ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Her bir hidrolojik ekosistem hizmetini çalışma alanında hangi faktörlerin etkilediği belirlemeye çalışılmıştır. İkinci başlık altında, hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması ile her hizmet için elde edilen katsayıların farklı bir havzanın hizmetlerinin belirlenmesinde kullanımı gerçekleştirilmiştir. Aynı havza için arazi kullanımındaki değişikliklerin havzanın sunduğu hizmetleri nasıl etkilediği ve planlama sürecinde arazi kullanımlarının rolü üzerinde durulmuştur. Üçüncü başlık altında etkilerinin küresel anlamda hissedildiği iklim değişikliğine yer verilmiştir. Çalışma alanı için olası sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişimler belirlenmeye ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Son başlık altında ise çalışmadan elde edilen sonuçlar ile hidrolojik ekosistem hizmetleri için en uygun planlama ve yönetim şekli irdelenmeye çalışılmıştır.

5.1. HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması ile sunulan hizmetlerin alt havza bazında kapasiteleri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: Alt havzaların hidrolojik ekosistem hizmetleri kapasiteleri.

Alt havzalar	Hidrolojik ekosistem hizmetleri kapasitesi*			
	<i>Toprak koruma ve erozyon önleme hizmeti</i>	<i>Su kalitesini iyileştirme hizmeti</i>	<i>Su verimini düzenleme hizmeti</i>	<i>Sel-taşkın önleme hizmeti</i>
Sazlıdere-1	2	4	3	2
Sazlıdere-2	2	4	3	2
Sazlıdere-3	2	3	2	2
Sazlıdere-4	2	3	2	2
Alibeyköy-5	2	4	4	3
Sazlıdere-6	3	3	2	2
Alibeyköy-7	2	3	3	3
Alibeyköy-8	2	4	4	3
Sazlıdere-9	4	5	5	5
Kağıthane-10	1	4	4	4
Alibeyköy-11	2	2	3	4
Alibeyköy-12	4	4	5	5
Alibeyköy-13	3	3	3	4
Alibeyköy-14	4	2	3	4
Alibeyköy-15	4	3	4	4
Kağıthane-16	3	4	5	5
Kağıthane-17	5	5	5	5
Kağıthane-18	1	5	5	5
Alibeyköy-19	2	2	2	3
Alibeyköy-20	1	3	2	1
Kağıthane-21	5	1	1	1
Kağıthane-22	5	4	3	3
Kağıthane-23	5	2	2	1
Kağıthane-24	5	1	1	1
Kağıthane-25	2	4	4	5
Kağıthane-26	4	2	3	4
Kağıthane-27	3	2	2	2

*: Hidrolojik ekosistem hizmetleri kapasitesi:

1 (çok zayıf kapasite)	2 (zayıf kapasite)	3 (orta kapasite)	4 (yüksek kapasite)	5 (çok yüksek kapasite)
------------------------	--------------------	-------------------	---------------------	-------------------------

Alt havzaların *toprak koruma ve erozyon önleme hizmeti* kapasiteleri incelendiğinde orman alanlarının (Alt havzalar Kağıthane-17, 22 ve 23) bu hizmeti çok yüksek kapasitede (5) sunduğu ve yıllık ortalama toprak kaybı miktarının hektarda 0 – 5 ton olduğu görülmüştür. Ayrıca bu hizmeti yerleşim alanlarının (Alt havza Kağıthane-21 ve Kağıthane-24) da en yüksek kapasitede sundukları belirlenmiş olup bu durumun

sayısallaştırma sürecinde yerleşim alanlarının geçirimsiz yüzey olarak belirlenmiş olması ve dolayısıyla toprağın olmadığı kabulü ile toprak kaybının gerçekleşmeyeceği gerçeğine dayandırılmıştır. Yine alt havzalardan Sazlıdere-9, Alibeyköy-12, 14, 15 ve Kağıthane-26 toprak koruma ve erozyon önleme hizmetini yüksek kapasitede (4) sunmakta ve yıllık ortalama toprak kaybı miktarı hektarda 5,1-20 ton olmaktadır. Havzaların arazi kullanım yoğunlukları incelendiğinde ağırlıklı olarak orman alanı ile kaplı oldukları görülmüştür. Arazi kullanımı ağırlıklı olarak (% 65) mera olan alt havza Alibeyköy-13' ün yıllık ortalama toprak kaybı miktarı hektarda 20,1-52 ton ve bu hizmeti sunma kapasitesi orta (3) olarak belirlenmiştir. Tarım alanlarının olduğu alt havzalar Sazlıdere-1, 2, 3, 4 bu hizmeti zayıf kapasitede (2) sunmakta ve yıllık ortalama toprak kaybı miktarı hektarda 52,2-156 ton arasında değişmektedir. Hizmeti çok zayıf kapasitede (1) sunan havzalar incelendiğinde arazi kullanımından farklı bir faktörün etkisinden söz edilebilir. Toprak koruma ve erozyonu önleme hizmetini bu alt havzalar için farklılaştıran etmenin eğim faktörü olduğu düşünülebilir. Nitekim toprak erozyonu üzerindeki önemli topografik etkenlerden biri yamaç eğimi olarak saptanmış ve erozyon şiddeti bakımından eğim derecesinin önemi vurgulanmıştır (Özhan, 2004). Değerliyurt (2013), Arsuz Çayı havzasının erozyona duyarlılık haritasını RUSLE yöntemini kullanarak elde etmiş ve bölgede erozyonun eğimin yüksek olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Aynı çalışmada erozyon şiddetinin artması ise bitki örtüsünün bulunmaması ile ilişkilendirilmiştir. Özşahin ve Atasoy (2014)' un Asi nehri havzasında 1990-2011 yılları arasında erozyon miktarının mekânsal dağılımını inceledikleri çalışmalarında arazi kullanımı ve örtüsündeki değişimin etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. 1990 yılında erozyonun en yoğun olarak görüldüğü alanlar yüksek eğimli alanlar iken 2011 yılında aynı alan için erozyon şiddetinde farklılaşma tespit edilmiştir ve bunun nedeni arazi örtüsündeki değişim olarak ifade edilmiştir (çalılık, tarım ve orman alanlarında artış görülmüştür). Farklı çalışmalarda görüldüğü üzere eğimin artması ile erozyon şiddetinin arttığı örneklendirilebilmektedir; fakat bu ilişkide üzerinde durulması gereken önemli bir nokta her havzanın yağış rejiminin ve arazi kullanım koşullarının kendine özgü olmasından kaynaklanacak farklılıkların göz önünde bulundurulması gerekliliğidir (Özhan, 2004).

Çalışma alanının toprak koruma ve erozyon önleme hizmetinin kapasitesinin arazi kullanımına göre sıralaması orman alanları > mera alanları > tarım alanları şeklinde

olmaktadır. Bu sonuç her alt havzanın tek bir arazi kullanım şekline sahip olmaması durumunda arazi kullanım yoğunlukları ile belirlenmiştir ve bu nedenledir ki toprak koruma ve erozyon önleme hizmeti için tek arazi kullanım şekline sahip havzalar (Kağıthane-17, Sazlıdere-1, Alibeyköy-14) için diğer çalışmalarla örtüşen kapasiteler elde edilmiş iken karışık kullanımlar (Kağıthane-10, 18 ve 27) için farklılıklar belirlenmiştir. Nitekim yapılan çalışmalarda arazi kullanım şekli orman olan havzalarda yıllık sediment verimi çok düşük miktarlarda iken farklı kullanımların bir arada olduğu havzalarda bu değer çok yüksek bulunmuştur (Balcı ve diğ., 1993; Brooks ve diğ., 1996; Özhan, 2004).

İkinci hizmet olarak *su kalitesini iyileştirme hizmeti* ele alınmış olup yine alt havza bazında bu hizmetin kapasitesi hesaplanmıştır. Hizmetin belirlenebilmesi için çalışma kapsamında belirlenen su kalitesi parametreleri puanlandırılarak arazi kullanım şekilleri ile ilişkiye getirilmiştir. Alt havza bazında su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasiteleri incelendiğinde orman alanlarının (Alt havzalar Sazlıdere-9, Kağıthane-17 ve 18) bu hizmeti çok yüksek kapasitede (5) sunduğu belirlenmiştir. Nitekim orman ekosistemlerinin sahip oldukları ölü örtü katmanı ile yağış sularının kimyasal özelliklerini iyileştirdikleri ve hatta her türün etkisinin farklı olduğu vurgulanmıştır (Eisaloğlu ve diğ., 2013; Fidan ve diğ., 2008). Su kalitesini iyileştirme hizmetini yüksek kapasitesinde (4) sunan alt havzalara (Alibeyköy-5 ve 12, Kağıthane-10, 16, 22 ve 25) bakıldığında yine arazi kullanım yoğunluğu olarak orman alanlarının fazla olduğu görülmektedir. Fakat bu ifadenin dışına çıkan yani havzadaki orman alanının oranı fazla olmasına karşın su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesi orta (3) ve zayıf (2) olarak belirlenmiştir. Alt havzalar Alibeyköy-7,15 ve Kağıthane-26, 27' nin arazi kullanım yoğunlukları incelendiğinde sırasıyla % 51 orman, % 49 diğer; % 63 orman, % 37 diğer ve % 77 orman, % 23 diğer; % 66 orman, % 34 diğer olarak hesaplanmıştır. Su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesinin orta seviyede çıkmasının nedeni bu çalışma için alt havzalardaki arazi kullanım yoğunlukları incelendiğinde diğer arazi kullanım şekillerinde (tarım, mera ve yerleşim) su kalitesi parametrelerini etkileyebilecek faaliyetlerin gerçekleştirilmesi olarak düşünülmektedir. Bu farklılıklar dışında çalışma alanındaki tarım alanlarının fazla olduğu alt havzalar (Sazlıdere-3,4 ve 6) su kalitesini iyileştirme hizmetini orta kapasitede (3) sunmaktadır. Mera alanlarının fazla olduğu alt havzalarda ise durum değişkenlik göstermiştir. Başka bir ifade ile alt havza Alibeyköy-

13 (% 65 mera, % 35 orman) bu hizmeti orta kapasitede (3); Alibeyköy-14 (% 79 mera, % 21 orman) ise zayıf kapasitede (2) sunmaktadır. Su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesinin mera alanları için gösterdiği farkın bu çalışma için örnekleme noktasının sayısı, yeri ve meranın otlatmaya açık olup olmadığı gibi faktörlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanındaki tamamen yerleşim alanlarından oluşan alt havzalar (Kağıthane-21 ve 24) için su kalitesini iyileştirme hizmeti kapasitesi ise çok zayıf (1) olarak belirlenmiştir. Benzer bir sonucu, Serengil ve diğ. (2010) kentsel ve yarı-kentsel havzalarda su kalitesi parametrelerinin değer aralıklarının değişiminin kötüleşme yönünde olduğunu çalışmalarında ifade etmişlerdir.

Çalışma kapsamında sayısallaştırılan bir diğer hidrolojik ekosistem hizmeti ise *su verimini düzenleme hizmeti* olmuştur. Bu hizmetin değerlendirilmesinde iki önemli nokta bulunmaktadır. Bunlardan biri su temini, bir diğeri ise su veriminin düzenlenmesidir. Her ikisinde de kalite, miktar, rejim ve zamanlama önemli nitelikler olarak belirtilmiştir (Brauman ve diğ., 2007). De Groot ve diğ. (2002), su teminini tatlı suların filtrelenmesi, tutulması ve depolanması olarak tanımlamış; suyun düzenlenmesini ise yüzeysel akışın ve dere akışının düzenlenmesinde arazi örtüsünün rolü ile ilişkilendirmiştir. Bu çalışmada su verimini düzenleme hizmeti miktar (yüzeysel akışa veya dere akışına geçen su miktarı) olarak belirlenmiş ve arazi kullanım şekillerine göre nasıl bir değişim gösterdiği değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında bu hizmetten beklenen havzadaki su veriminin (miktarının) yüzeysel akışa geçmeden depolanabilmesi ve doğal afetlere yol açmaması için düzenlenmesidir.

Alt havzaların su verimini düzenleme hizmeti kapasiteleri incelendiğinde, Sazlıdere-9, Alibeyköy- 12, Kağıthane-16, 17 ve 18 bu hizmeti çok yüksek kapasitede (5) sunmaktadır. Bu alt havzalara ait arazi kullanım yoğunlukları ise sırasıyla % 98, % 86, % 91, 95 ve % 94 oranında ormandır. Hizmet kapasitesi belirlenirken yıllık ortalama yağışın ne kadarının akışa geçtiği belirleyici faktör olmuştur. Her bir alt havza için yıllık ortalama yağışa karşılık bir akış katsayısı ve böylece su verimi hesaplanmıştır. Nitekim hizmetin çok yüksek kapasitede (5) sunulduğu alt havzalarda akış katsayıları ve su verimi düşük bulunmuştur. Örneğin Sazlıdere-9 alt havzası için yıllık ortalama yağış 730,4 mm, akış katsayısı % 35 olarak belirlenmiş ve su verimi 252,98 mm hesaplanmıştır. Diğer alt havzaların akış katsayısı ve su verimi ise sırasıyla 742,23 mm

yıllık ortalama yağışa sahip Alibeyköy-12 alt havzası için % 38 ve 280,83 mm; 773,76 mm yıllık ortalama yağışa sahip Kağıthane-16 alt havzası için % 34 ve 264,46 mm; 779,61 mm yıllık ortalama yağışa sahip Kağıthane-17 alt havzası için % 34 ve 266,39 mm; 783,71 mm yıllık ortalama yağışa sahip Kağıthane-18 alt havzası için ise % 31 ve 241,27 mm hesaplanmıştır. Buradaki matematiksel ifade orman alanları ve su verimi arasındaki ilişkiye dayanmakta olup bu ilişki hem orman alanlarının hem de ormancılık faaliyetlerinin su verimi üzerindeki etkileri olarak farklı çalışmalara konu olmuştur (Şahin ve Hall, 1996; Özyuvacı ve diğ., 2004; Brown ve diğ., 2005; Serengil ve diğ., 2007).

Orman alanlarının su verimi üzerindeki etkileri ormanın tepe örtüsü, toprak florası ve ölü örtü özellikleriyle ilişkilidir. Bu özelliklerden en önemlisi ise ağırlığının dört katı kadar su depolayabilen ölü örtü olarak görülmektedir (Özhan, 2004). Böylece yağışın belirli bir kısmının ölü örtü tarafından tutularak yüzeysel akışa geçmesi önlenmektedir. Ayrıca orman alanlarında yağışın toprağa ulaşabilen kısmı, intersepsiyon ve evapotranspirasyon nedeniyle düşük miktarlarda olmaktadır (Özhan, 1982). Dolayısıyla ormanlık havzalarda akış katsayıları düşük ve buna bağlı olarak su verimi de düşük olmaktadır. Burada önemli olan yağışın direkt yüzeysel akışa geçmesinin önlenmesi ve belirli bir döngü içerisinde dere akışına katılmasının sağlanmasıdır. Başka bir ifadeyle bu iki sürecin gerçekleşmesi, orman alanlarının su verimini düzenleme hizmetini çok yüksek kapasitede sunmasının nedenlerindendir. Diğer taraftan su verimini düzenleme hizmetini yüksek kapasitede (4) sunan alt havzaların (Alibeyköy-5, 15 ve Kağıthane-10, 25) arazi kullanımları incelendiğinde yine orman alanlarının fazla olduğu görülmektedir (% 61, 77 ve % 63, 85); fakat bu alt havzaların akış katsayıları daha yüksek hesaplanmıştır (sırasıyla % 43, 40, 40, 41). Bunun nedeni bu çalışma için alt havzalarda orman alanlarının dışında belirli oranda diğer arazi kullanım şekillerinin (mera, tarım ve yerleşim alanları) de yer alması olarak görülmektedir. Nitekim arazi kullanım şeklindeki değişimin oran olarak artması ile alt havzaların akış katsayıları üzerindeki bu etki daha net bir şekilde örneklenebilmektedir. Şöyleki, Alibeyköy-7 ve 11 alt havzalarının arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları sırasıyla % 51 orman - % 14 mera - % 16 tarım - % 17 yerleşim; % 59 orman - % 28 mera - % 2 tarım - % 11 yerleşimdir. Aynı alt havzaların akış katsayıları ise % 48 ve 49 hesaplanmış ve su verimini düzenleme hizmetini orta kapasitede (3) sundukları belirlenmiştir. Aynı değerlendirme % 2 orman -

% 48 mera - % 35 tarım ve % 15 yerleşim alanına sahip alt havza Alibeyköy-19 için yapıldığında akış katsayısının daha da yüksek (% 67) hesaplandığı ve su verimini düzenleme hizmetini zayıf kapasitede (2) sunduğu gözlemlenmiştir. Bu durumum Bosh ve Hewlett (1982)' in dünyanın farklı yerlerindeki 94 havzayı değerlendirerek, orman alanlarının azalması ile yıllık su veriminin arttığını belirttikleri çalışmaları ile örtüştüğü görülmektedir. Bu örneklerin yanında bazı alt havzalarda iki arazi kullanım şekli görülmüş ve oran olarak daha fazla görülen arazi kullanım şekli orman dışında bir kullanım ise akış katsayılarının yükseldiği ve hizmet kapasitelerinin düştüğü belirlenmiştir. Alt havza Alibeyköy-13 ve 14' ün arazi kullanım şekli ve yoğunlukları sırasıyla % 35 orman - % 65 mera ve % 21 orman - % 79 mera olup akış katsayıları ise % 56 ve 50 olarak hesaplanmıştır. Aynı alt havzalar su verimini düzenleme hizmetini ise orta kapasitede (3) sunmaktadırlar. Burada alt havzalar için hesaplanan akış katsayılarının kendi içinde farklılık göstermesi havzaların karakteristiklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu ilişkinin diğer bir arazi kullanım şekli olan tarım alanlarının daha fazla görüldüğü alt havzalardaki örnekleri ise Sazlıdere-3 ve 4 olmuştur. Alt havza Sazlıdere-3 ve 4' ün arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları sırasıyla %18 orman - % 80 tarım ve % 19 orman - % 77 tarım alanıdır. Her iki alt havzanın akış katsayısı da % 63 hesaplanmış ve su verimini düzenleme hizmeti kapasiteleri zayıf (2) olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucuna benzerlikler çeşitli çalışmalarda tarım alanlarının su verimi üzerindeki etkilerinin yüzeysel akışı arttırdığı şeklinde yer almıştır. Örneğin; Costa ve diğ. (2003) çalışmalarında Tocantis Nehri havzasının 1949-1968 (1.) ve 1979-1998 (2.) yılları olmak üzere iki dönem arazi kullanımındaki değişimi incelemiş ve tarım alanlarının % 30' dan % 49' a yükseldiğini belirterek 2. dönemde yıllık akışların 1. döneme göre % 24 daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Bewket ve Sterk (2005) de Etiyopya' da Chemoga havzasında yaptıkları çalışmada arazi kullanım şeklindeki ve arazi örtüsündeki değişimlerin dere akışı üzerinde etkili olduğunu vurgulamışlardır. Çalışma alanının 1960-1999 yılları arasındaki arazi kullanımının değişimini belirlemiş ve yüzeysel akış miktarı ile ilişkilendirerek, havzadaki tarım ve yerleşim alanlarının artması ile yüzeysel akış miktarının da arttığını gözlemlemişlerdir. Bunun dışında tarım alanlarının birçok ekosistem hizmetini etkilediği aynı zamanda da etkilendiği Bin Yıl Ekosistem Değerlendirmesi (MEA)'nde yer almaktadır (MEA, 2005).

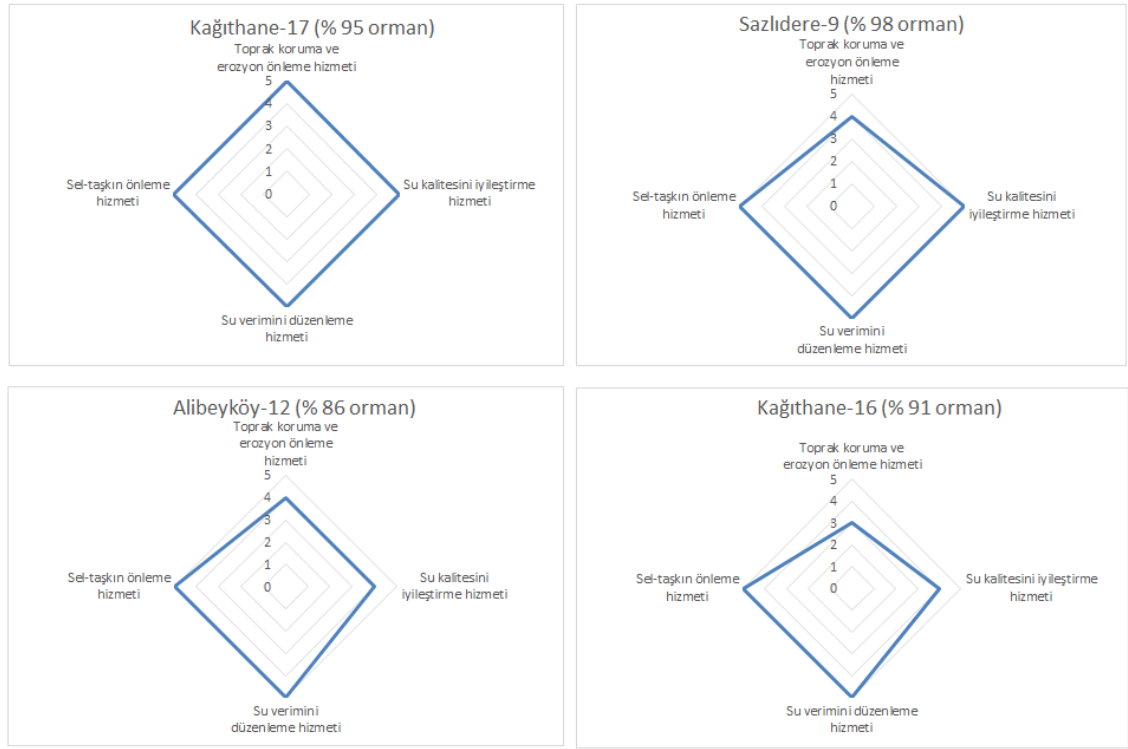
Su verimini düzenleme hizmeti Kağıthane-22 ve 26 alt havzaları için değerlendirildiğinde ise arazi kullanımları benzer olup sırasıyla % 75 orman - %25 yerleşim ve % 77 orman - % 11 yerleşim alanıdır ve hizmet kapasiteleri orta (3) olarak belirlenmiştir. Arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları bu oranlara yakın diğer iki alt havzanın Kağıthane-23 (%50 orman - % 50 yerleşim) ve Kağıthane-27 (% 66 orman - % 33 yerleşim) su verimini düzenleme hizmeti kapasiteleri ise zayıf (2) olarak belirlenmiştir. Burada her iki alt havzada da yerleşim alanlarının artması hizmet kapasitesindeki farkın nedeni olarak görülmektedir. Nitekim Bruijnzeel (2003), su veriminin arazi kullanımlarındaki dönüşümlerden (orman alanlarının tarım alanlarına) çok geçirimsiz yüzeylerle (yollar, yerleşimler) ilişkilendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Çin’ de yapılan bir çalışmada da 1991-2006 yılları arasındaki kentleşme sürecinin hidrolojik etkilerinin incelenmesi sonucunda aynı yağış koşulları altında geçirimsiz yüzeylerin atması yüzeysel akış miktarının ve derinliğinin atmasına neden olduğu saptanmıştır (Ya ve diğ., 2012). Kentleşmenin içinde bulunduğu doğal hidrolojik sistemlerde hem kalite hem de miktar anlamında birçok değişikliğe neden olduğunu belirten Jacobson (2011), kentleşmenin hidrolojik etkilerinin, kırsal alanların veya doğal alanların sahip olduğu geçirimli yüzeylerin kentleşme sürecinde kaybolmasından kaynaklandığını vurgulamıştır. Dolayısıyla arazi kullanım şekli tamamen yerleşim olan alt havzalar Kağıthane-21 (% 99 yerleşim) ve Kağıthane-24 (%100 yerleşim) için su verimini düzenleme hizmeti kapasitelerinin çok zayıf (1) olarak belirlenmesinin diğer çalışmalarla örtüştüğü görülmektedir.

Su verimini düzenleme hizmetinin göstergesi olan akış katsayısı bu çalışma için her alt havzada arazi kullanımının değerlendirilmesi sonucunda yerleşim > tarım > mera > orman şeklinde olmak üzere sırasıyla % 98 > 61 > 55 > 32 olarak elde edilmiştir. Arazi kullanımlarını belirten bu akış katsayıları yüksek bulunabilir. Fakat bunun nedeni çalışma kapsamında kullanılan CORINE arazi altlıklarının genel sınıflamaları ile çalışılmış olması görülebilir. Örneğin; ülkemize ait ek sınıflandırmada (Çivi ve diğ., 2009) yer alan “Kesikli Şehir Yapısı” ve “ Yeşil Şehir Alanları” arazi kullanım şekli belirlenirken “yerleşim alanları” na dahil edilmiştir. Dolayısıyla arazi kullanım yoğunluklarında farklılıklar yaratan bu durumun, akış katsayısının da yüksek bulunmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Sayısallaştırılan hidrolojik ekosistem hizmetlerinden sonuncusu ise *sel-taşkın önleme hizmeti* olmuştur. Bu hizmetin de bir düzenleme hizmeti olduğu daha önceki bölümlerde detaylandırılmıştır. Ayrıca çalışmada sel-taşkın önleme hizmetinin gerçekleştirmesi beklenen durumun su verimini düzenleme hizmeti ile bezerlik gösterdiği söylenebilir. Başka bir ifadeyle, alt havzaların sundukları sel-taşkın önleme hizmetinin hazvadaki yaşamı etkileyecek ekstrem olayları minimuma indirmesi beklenmektedir. Buradaki ekstrem olay şiddetli yağış ve sonrasında oluşabilecek şiddetli yüzeysel akışlar olarak ele alınmış ve arazi kullanım şekilleri ve yoğunlukları ile ilişkilendirilmiştir. Alt havzaların bu hizmeti sunma kapasiteleri incelendiğinde orman alanlarının fazla olduğu Sazlıdere-9 (% 98), Alibeyköy-12 (% 86) ve Kağıthane-16, 17, 18 ve 25 (% 91, 95, 94 ve 85) en yüksek kapasitede (5) ve Kağıthane-10, 26 (her ikisi de % 77) ve Alibeyköy-11, 15 (% 59, 63) yüksek kapasitede (4) olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonucun su verimini düzenleme hizmetinde de etkin olduğu vurgulanan orman alanlarının kendine özgü özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Şöyleki, orman tepe örtüsü, toprak özellikleri ve ölü örtü özellikleri ile yağışın bir kısmının tutulduğu bilinmektedir ve bu durum sel-taşkın oluşumunda etkili olan yüzeysel akış üzerinde de önemli rol üstlenmektedir. Özhan (2004) bu ilişkiyi orman ölü örtüsünün en şiddetli yağışları absorbe edebildiği, sonrasında toprağa yavaşça geçirdiğini ve böylece taşkına neden olabilecek yüksek yüzeysel akışları önlediği şeklinde açıklamıştır. Bruijnzeel (2004) ise ormanların hidrolojik fonksiyonları için en önemli kavramın, orman toprağının, köklerin ve ölü örtünün bir bütün halinde yarattıkları “sünger etkisi” olduğunu belirtmiştir. Fakat bu etkinin orman alanlarının diğer arazi kullanımlarına dönüşmesi ile değiştiğini de vurgulamıştır. Nitekim bu çalışmada da alt havzaların arazi kullanım şekillerinin dağılımları ile sel-taşkın önleme hizmeti kapasiteleri değişmiştir. Arazi kullanım şekli orman ve mera olan Alibeyköy-13 (% 35 orman - % 65 mera) ve Alibeyköy-14 (% 21 orman - % 79 mera) alt havzalarının sel-taşkın önleme hizmetini orta kapasitede (3) sunduğu görülmüştür. Arazi kullanım şeklinin ağırlıklı olarak tarım olduğu Sazlıdere-1, 2, 3, 4 ve 6 (sırasıyla % 98, 88, 80, 77 ve 63 tarım) alt havzalarının ise bu hizmeti zayıf kapasitede (2) sunduğu belirlenmiştir. Alibeyköy-20 ve Kağıthane-21, 23, 24 alt havzalarında ise arazi kullanım şekli yerleşim olup sel-taşkın hizmeti ise çok zayıf kapasitededir (1). Buradaki temel sorun arazi kullanım şeklinin değişiminden mevcut bitki örtüsünün ve toprak özelliklerinin etkilenmesidir. Örneğin tarım alanlarının arazi hazırlığında toprak yapısının bozulması üst toprağın su tutma kapasitesini ve

infiltrasyon kapasitesini etkileyeceği için yüzeysel akışta bir artışa neden olmaktadır (O'Connell ve diğ., 2007). Başka bir ifadeyle akışın düzenlenmesinde, suyun toprak yüzeyinden infiltrasyonu ve toprak içerisindeki perkolasyonu ne kadar suyun toprak içine gireceğini, ne kadar suyun ise yüzeysel akışa geçeceğini belirlemede önemli süreçlerdir (Hewlett and Hibbert, 1967). Bu süreçlerin doğal olarak gerçekleşmediği aşırı otlatmanın görüldüğü bir alanda ise bitki örtüsü ve toprak arasındaki etkileşim bozulmakta, toprak yapısı değişmekte ve yüzeysel akışlar artarak daha fazla ani akımlar oluşturmaktadır (Le Maitre ve diğ., 2007). Diğer taraftan kentleşmenin arttığı alanlarda da taşkın süreçlerinin değiştiği; taşkın hacminin ve pik akımların yükseldiği belirlenmiştir (Ya ve diğ., 2012). Ayrıca kentleşmenin neden olduğu geçirimsiz yüzeyler taşkınların daha kısa zamanda oluşmasına yani pik akımların daha kısa sürede gerçekleşmesine neden olmaktadır. Eğim ve drenaj alanının dışında havzadaki kentleşmenin konsantrasyon zamanını değiştirdiğini ve suyun doğal bitki örtüsüne göre cadde veya çatılardan çok daha hızlı akışa geçtiğini belirten Leopold (1968), bunun konsantrasyon zamanını kısalttığını ve pik akımları arttırdığını açıklamıştır. Kang ve diğ. (1998) Kore' de yaptıkları bir çalışmada en yoğun kentleşmenin görüldüğü yıllara (1993-1994) ait akış verileri ile 1972 yılına ait akış verilerini karşılaştırmış ve % 35,8 oranındaki kentleşme sonucunda havzanın konsantrasyon zamanının 1972 yılındaki aynı yağış miktarına karşılık 70 dakika daha kısaldığını ve pik akımların % 15 oranında arttığını belirlemişlerdir. Nitekim tüm bu çalışmalardan sel-taşkın önleme hizmeti için önemli olan faktörlerin orman alanlarının doğal yapısında bulunduğu sonucu elde edilmektedir. Farklı arazi kullanım şekillerinin değerlendirildiği bu çalışmada da benzer bir sonuç sel-taşkın önleme hizmeti kapasiteleri için orman > mera > tarım > yerleşim alanları şeklindeki sıralama ile görülmüştür.

Tüm bulgular değerlendirildiğinde ise çalışma kapsamında sayısallaştırılan hidrolojik ekosistem hizmetlerinin genel olarak orman alanlarının fazla olduğu alt havzalarda çok yüksek veya yüksek kapasitede sunulduğu görülmüştür (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin çok yüksek ve yüksek kapasitede sunulduğu alt havza örnekleri.

Genel olarak hizmetlerin yüksek kapasitede sunulduğu alt havzalarda bu durumun kendi içinde farklılıklar göstermesi ise her alt havzada farklı yapıda ve özellikte orman alanlarının yer almasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu noktada, orman alanları ile hidrolojik ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkinin çalışma sahasına bağlı olduğu, iklim ve biyofiziksel koşullara, bitki örtüsüne göre değişiklik gösterdiği göz önünde bulundurulmalıdır (Calder, 2002).

5.2. HAVZA PLANLAMAYA UYARLAMA ÖRNEĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sayısallaştırılan hidrolojik ekosistem hizmetlerinin havza planlama sürecine dahil edilebilmesi çalışmada elde edilen katsayıların Büyükçekmece Gölü Havzası'nda uygulanması ile gerçekleştirilmiş ve gelecek dönem için hazırlanan arazi kullanım projeksiyonlarının sonuçları belirlenmiştir. Büyükçekmece Gölü Havzası için verilerin değerlendirilmesi ise bu bölümde yapılmıştır.

Hidrolojik ekosistem hizmetlerinden su kalitesini iyileştirme hizmeti için elde edilen sonuçlar havzadaki DSİ ve İSKİ' nin yaptığı ölçümlerle karşılaştırılmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Büyükçekmece Gölü Havzası su kalitesini iyileştirme hizmeti için elde edilen sonuçlar ve karşılaştırılan DSİ/İSKİ ölçümleri.

Su kalitesi parametreleri	Mevcut durum	Projeksiyon sonuçları		DSİ ⁵	İSKİ ⁶
		Orman alanının arttığı senaryo	Orman alanının azaldığı senaryo		
pH	7,30	7,28	7,55	7,30	8,27
Elektriki İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	839	768	1030	Ölçülüyor	Ölçülüyor
Bulanıklık (NTU)	20,93	33,40	82,20	Ölçülüyor	Ölçülüyor
Çözünmüş oksijen (mg/l)	6,70	6,87	5,96	8,60	11,0
Toplam Askıda Katı Madde (mg/l)	0,555	0,584	0,942	Ölçülüyor	Ölçülüyor

Arazi kullanım şeklinin etkilediği en önemli hizmetlerden biri olan su kalitesini iyileştirme hizmeti için mevcut durumu temsil eden çalışma sonucunda elde edilen değerler ile DSİ'nin ölçüm değerleri karşılaştırıldığında pH' ın aynı olduğu görülürken; İSKİ'nin ölçüm sonuçlarının daha yüksek değerler olduğu görülmüştür. Diğer bir parametre olan çözünmüş oksijen miktarı incelendiğinde ise mevcut durum değerinin hem DSİ hem de İSKİ ölçüm sonuçlarından daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerdeki değer aralıklarının ölçüm zamanına, örnekleme noktalarına ve sayısına bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. Çalışma kapsamında su kalitesini iyileştirme hizmeti için belirlenen diğer parametreler DSİ ve İSKİ tarafından su kirliliği için gösterge olarak kabul edilip ölçülen parametreler arasında yer almadığından dolayı karşılaştırması yapılamamıştır.

⁵ Tekin (2010)

⁶ Moroğlu (2007)

Büyükçekmece Gölü Havzası için yapılan arazi kullanım projeksiyonları sonucunda su kalitesi parametrelerindeki değişim ise her iki senaryo için değerlendirilmiştir. Orman alanlarının arttığı senaryoda pH ve elektriki iletkenlik düşerken, çözünmüş oksijen miktarı artmıştır. Nitekim çeşitli çalışmalarda ormanların su kalitesini iyileştirdiği ortaya koyulmuştur (Kibena, 2014; De Souza, 2013). Bu ifadeyle çelişen bir durum ise bulanıklık ve toplam askıda katı madde parametreleri için görülmüştür. Fakat bu durum senaryoda orman alanının artmış olmasıyla çelişirken; aynı senaryoda tarım ve yerleşim alanlarının da artmış olması ile doğrulanmaktadır. Diğer bir anlatımla arazi kullanım şeklindeki değişimler su kalitesi parametreleri üzerinde hem olumlu hem olumsuz etkilere neden olmuştur. Ayrıca tarım ve yerleşim alanlarının su kalitesini etkileyen en önemli arazi kullanım şekilleri olduğu ve özellikle tarım alanlarının askıda katı madde miktarını arttırdığı bilinmektedir (Kibena, 2013). Orman alanının azaldığı senaryoda ise su kalitesi parametrelerinden sadece çözünmüş oksijen miktarı düşmüş; diğer tüm parametrelerin değeri yükselmiştir. Bu sonuç orman alanlarının diğer arazi kullanım şekillerine dönüştürülmesinin birçok ekosistem hizmetini etkilediği (Costanza, 1997) gibi su kalitesini de olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.

Büyükçekmece Gölü Havzası için su verimini düzenleme hizmetinin değerlendirilmesi ise havzanın hesaplanan akış katsayısının AGİ (İnceğiz ve İzzettin İstasyonları) ölçümleriyle karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.3).

Tablo 5.3: Su veriminin düzenlenmesi hizmetinin istasyon verileri ile değerlendirilmesi.

Havza / İstasyon Adı	Alan (km ²)	Su verimi (m ³ /sn)	Su verimi (mm) (Havza alanına oranlanmış)
İnceğiz İstasyonu	147,9	30243024	107,2
İzzettin İstasyonu	83,9	31536000	233,1
Büyükçekmece Gölü Havzası	620,2	348646316	306,5

Havzanın su veriminin karşılaştırılması sonucu farklılıklar olduğu görülmüştür. Fakat buradaki farkın çalışma kapsamında kurulan modelin sadece arazi kullanım şekli ile ilişkiye getirilmiş olması ve AGİ'lerdeki ölçümlerin ise devamlı debi ölçümleri ile gerçekleştiriliyor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan aynı hizmetin havza için hazırlanan arazi kullanım projeksiyonu sonucunda nasıl değiştiği

incelendiğinde mevcut durumda % 56 olarak hesaplanan akış katsayısı, 2050 yılı projeksiyonu sonucunda % 71 olarak hesaplanmıştır. Akış katsayısının artmasının başlıca nedeni 2050 yılı için hazırlanan arazi kullanım projeksiyonunda havzadaki orman alanlarının azalması veya diğer kullanımlara dönüştürülmesi olarak görülmektedir. Özellikle günlük akışların % 50 oranında arttığı belirlenen bir çalışmada en önemli etkenlerden biri orman alanlarının azalması ile transpirasyon miktarının düşmesi olarak gösterilmiştir (Le Maitre ve diğ., 2014). Bunun dışında akış katsayısındaki yükselmenin bir diğer nedeni, geçirimsiz yüzeylerin artmasına neden olan yerleşim alanlarının havzadaki akış düzenini değiştirmesi olarak düşünülmektedir.

Her iki hidrolojik ekosistem hizmeti Büyükçekmece Gölü Havzası için değerlendirildiğinde, su kalitesini iyileştirme hizmeti mevcut durumda tarım alanlarından kaynaklanan kirlilik tehditi altında olmakla beraber gelecek dönemde artması muhtemel tarım alanları ve yerleşim alanları ile bu tehditin daha büyük sorunlara neden olabileceği; su verimini düzenleme hizmeti için ise havzadaki arazi kullanım şeklinin belirleyici olduğu ve gerçekleşecek ani yüzeysel akışların buna bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle havza içerisindeki kentleşmenin kontrollü şekilde yapılması ve bunun ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini göz önünde bulunduran bir yaklaşım ile uygulamada yer alması gerekli görülmektedir.

5.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sıcaklık ve yağış rejiminde değişikliklere neden olması beklenen iklim değişikliğine karşı en duyarlı bölge ülkemizin de yer aldığı Akdeniz Havzası olarak tanımlanmıştır (Schröter ve diğ., 2005). Ayrıca iklim değişikliğinin, ekosistemleri ve sundukları hizmetleri olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir (Gosling, 2013; Bangash ve diğ., 2013). Bu bağlamda çalışma kapsamında ele alınan su verimini düzenleme hizmeti için iklim değişikliğinin etkileri değerlendirilmeye çalışılmıştır. HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli için üretilen Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) senaryolarından RCP4.5 ve RCP6.0 için üretilen iklim projeksiyonları ile çalışma alanına ait yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinin değişimleri elde edilmiştir (Tablo 5.4).

Tablo 5.4: Çalışma alanına ait gelecek dönem için belirlenen sıcaklık ve yağış değişimleri.

Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) senaryoları	Gelecek dönem zaman aralığı	Yıllık ortalama sıcaklık değişimi (°C)	Yıllık ortalama yağış değişimi (%)
RCP4.5	2041-2060	+2,7	+7,7
	2061-2080	+4,0	+1,9
RCP6.0	2041-2060	+2,6	+6,0
	2061-2080	+3,6	+8,2

Çalışma alanına ait sıcaklık ve yağış değerlerinde her iki gelecek dönemi için de artış görülmüştür. Sıcaklık değerlerindeki değişimin 2,6 ile 4,0 °C arasında arttığı görülmekte olup bu sonucun Türkiye için hazırlanan senaryoların sonuçları ile benzerlik gösterdiği söylenebilir. Şöyleki, Bozkurt ve diğ. (2008), Türkiye’ de sıcaklıkların 2 - 6 °C arasında artacağını belirtmişken, Şen ve diğ. (2013) ise Türkiye için yapılan tüm senaryolarda sıcaklığın 5 °C artış göstereceğinin saptandığını belirtmiştir. Senaryo sonuçlarına göre çalışma alanı için yağış değerlerinde de bir artış görülmüş ve bu değişimin % 1,9 ile 8,2 arasında olacağı belirlenmiştir. İklim değişikliğinin ülkemiz için yağış üzerindeki etkisinin bazı bölgelerde negatif yönünde olacağı yani yağış miktarının azalacağı; fakat bazı bölgelerde de pozitif olacağı vurgulanmıştır. Güney ve batı bölgelerde yağış miktarının % 30’ lara kadar azalması beklenirken; Doğu Karadeniz Bölgesinde yağış miktarının % 20 artması beklenmektedir (Şen ve diğ., 2013).

Sıcaklık ve yağış değerleri için tüm bu sonuçlar ele alındığında çalışma alanı için iklim değişikliği etkileri ve su verimini düzenleme hizmeti için şu öngörülerde bulunulabilir:

- Sıcaklık değerlerindeki artış kentsel ısı adalarının oluşumuna neden olabilir,
- Sıcaklığın sürekli artışı evapotranspirasyon miktarını arttıracığı için yağışın karşılayamadığı durumlarda su veriminde azalmalara neden olabilir,
- Yağış miktarındaki artış, havzadaki yerleşim alanlarının (geçirimsiz yüzeylerin) artmasından dolayı ekstrem olaylara (ani yüzeysel akışlar, sel-taşkın) neden olabilir.

5.4. HAVZA YÖNETİMİNDE HİDROLOJİK EKOSİSTEM HİZMETLERİ YAKLAŞIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hidrolojik ekosistem hizmetlerini sunan arazi kullanım şekli olarak orman alanları öne çıkmaktadır. Orman alanlarının hidrolojik ekosistem hizmetlerinin sunulabilmesindeki rolü ve üzerindeki etkileri aslında çalışma kapsamında incelenen her hidrolojik ekosistem hizmeti açısından değerlendirilmeye çalışılmıştır. Orman alanlarının sadece odun ürünü değil farklı ürünleri de sunabildiği (temiz içme suyu, temiz hava, erozyon kontrolü, taşkın kontrolü vb.) artık kabul görmüş ve dünyada planlamaların bu hizmetler göz önünde bulundurularak yapılması gerekliliği tartışılmaktadır. Bu noktada “orman arazisinin çok yönlü kullanım ilkesi” ne hidrolojik ekosistem hizmetlerinin planlanmasında yer verilmelidir. Nitekim ülkemizde orman alanlarının planlanması ve yönetimi için hazırlanan “Ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planları”, ormanları fonksiyonlarına yani hizmetlerine göre ayırarak ormanların ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarından faydalanmayı amaçlamaktadır. Hem bu amaçla hem de ekosistem hizmetlerinin toplum refahıyla olan ilişkisiyle örtüşen bir diğer amaç ise havza yönetimi amacıdır. Havza yönetimi, sorun çözme odaklı olup, havzadaki tüm doğal kaynakların toplumun talepleri doğrultusunda ve refahını sürekli sağlayacak şekilde işletilmesini amaçlamaktadır. Bu nedenle havzalar, arazi kullanımı, su kaynaklarının korunması ve diğer hizmetler için en uygun planlama birimleri olarak görülmektedir. Fakat burada havzaların sadece ekolojik birimler değil; sosyo-ekonomik-politik birimler olduğu da unutulmamalıdır. Bu hizmetleri etkileyen ve hizmetlerden faydalanan son kullanıcılar havzada yaşayan insanlardır. Dolayısıyla planlama sürecine dahil edilmesi gereken paydaşlardan biri de havzada yaşayan insanlardır. Böylece her havza için;

- Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi,
- Hizmetler ve alanları için önceliklendirme yapılması,
- Hizmetlerin durumunun belirlenmesi ve değerlendirilmesi,
- Hizmetlerle ilgili risk potansiyelinin analiz edilmesi kendi içerisinde yapılabilir.

Hidrolojik ekosistem hizmetlerinin havza yönetiminde aslında pek de yeni bir kavram olmadığı bu ilişkilerden de anlaşılmaktadır. Su kaynaklarının ve diğer doğal kaynakların

en iyi şekilde yönetilmesini amaçlayan havza yönetiminde planlama ilkeleri bu süreçleri zaten içermektedir. Dolayısıyla havzada var olan hidrolojik ekosistem hizmetlerinin planlanması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlayacak yönetim şekli havza yönetimi olarak görülebilir. Nitekim havzanın sosyo-ekonomik yapısının sunulan hizmetleri etkilediği ve bu nedenle planlamada sosyal yapının da değerlendirilmesi gerekliliği doğmaktadır. Şöyle ki çalışma alanında da görüldüğü üzere kentleşmenin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkileri olumsuz olmaktadır. Özellikle kentsel havzalarda hızla artan nüfus ekosistemler ve sundukları hizmetler üzerinde ciddi etkiler oluşturmaktadır. Bunun yanında sunulan hizmetlere olan talebin arttığı da bilinmektedir ve taleplerin karşılanabilmesinin kırsal havzaların yarı-kentsel ve kentsel havzalara dönüşümündeki planlama esasları ile gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Albayrak, İ., 2012, *Ekosistem servislerine dayalı havza yönetim modelinin İstanbul-Ömerli havzası örneğinde uygulanabilirliği*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Akçakaya, A., Atay, H., Demir Ö., 2013, İklim değişikliği senaryolarında yeni dönem: paralel yaklaşım ve temsili konsantrasyon rotaları (RCPs), *6th atmospheric science symposium – ATMOS*, 3-5 Haziran, İstanbul.
- Balcı, N., 1978, Toprak erozyonunu (Su erozyonunu) etkileyen faktörler ve havza amenajmanı, *1. Ulusal erozyon ve sedimentasyon sempozyumu tebliğleri*, 25-27 Nisan, Ankara, syf. 91-106.
- Balcı, N., Özyuvacı, N., Özhan, S., Şengönül, K., 1993, İstanbul çevresinde yer alan meşe-kayın orman ekosistemlerinde eş-havza denemeleri ile ilgili kalibrasyon dönemi sonuçları, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 43 (1), 13-32.
- Balcı, N., 1996, *Toprak Koruması*, İstanbul Üniversite Yayın no:3947, Orman Fakültesi Yayın no: 439.
- Bangash, R.F., Passuello, A., Sanchez-Canales, M., Terrado, M., Lopez, A., Elorza, F.J., Ziv, G., Acuna, V., Schuhmacher, M., 2013, Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control, *Science of the total environment*, 458-460, 246-255.
- Baycan Levent, T., 1999, *Sürdürülebilir bölgesel kalkınma: Marmara havzası için bir yöntem denemesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Beven, K., 2001, How far can we go in distributed hydrologic modelling?, *Hydrology and earth system sciences*, 5 (1), 1-12.
- Bewket, W. and Sterk, G., 2005, Dynamics in land cover and its effect on stream flow in the Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia, *Hydrological processes*, 19, 445-458.
- Bosch, J.M. and Hewlett, D., 1982, A review of catchment experiments to determine the effects of vegetation changes on water yield and evapotranspiration, *Journal of hydrology*, 55, 3-23.
- Boulard, P. and Hunhammar, S., 1999, Ecosystem services in urban areas, *Ecological economics*, 29, 293-301.

- Boyd, J. and Banzhaf, S., 2007, What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units, *Ecological economics*, 63, 616-626.
- Bozkurt, D., Şen, Ö.L., Turunçoğlu, U.U., Karaca, M., Dalfes, H.N., 2008, Regional climate change projections for Eastern Mediterranean: preliminary results, *Geophysical research abstracts*, 10, EGU2008-A-04264.
- Brauman, K.A., Daily, G.C., Ka'eo Duarte, T., Mooney, H.A., 2007, The Nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services, *The annual review of environment and resources*, 32, 67-98.
- Braat, L.C. and De Groot, R., 2012, The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy, *Ecosystem services*, 1, 4-15.
- Brooks, K.N., Folliott, P.F., Magner, J.A., 1996, *Hydrology and the management of watersheds*, Wiley-Blackwell, ISBN: 978-0-470-96305-0.
- Brown, A.E., Zhang, L., McMahon, T.A., Western, A., Veressy, 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.
- Bruijnzeel, L.A., 2003, Tropical forests and environmental services: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, ecosystems and environment*.
- Bruijnzeel, L.A., 2004, Hydrological functions of forests: not seeing the soil for the trees?, *Agriculture, Ecosystems and environment*, 104, 185-228.
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets, *Ecological indicators*, 21, 17-29.
- Calder, L.R., 2002, Forests and hydrological services: reconciling public and science perceptions, *Land use and water resources research*, 2, 1-12.
- Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., Madariaga, I., Verburg, P.H., 2013, Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning, *Landscape ecology*.
- Costa, M.H., Botta, A., Cardille, J.A., 2003, Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia, *Journal of hydrology*, 283, 206-217.
- Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Naeem, S., Limburg, K., Paruelo, J., O'Neil, R.V., Raskin, R., Sutton, P., Van Den Belt, M., 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-260.
- Costanza, R., 2008, Ecosystem services: multiple classification systems are needed, *Biological conservation*, 141, 350-352.

- Çepel, N., 1983, *Genel Ekoloji*, İstanbul Üniversite Yayın no:3155, Orman Fakültesi Yayın no: 352, İstanbul.
- Çepel, N., 1988, *Orman Ekoloji*, İstanbul Üniversite Yayın no:3518, Orman Fakültesi Yayın no: 399, İstanbul, ISBN 975-404-061-4.
- Çepel, N., 1994, *Peyzaj Ekolojisi*, İstanbul Üniversite Yayın no:3868, İstanbul.
- Çivi, A., Akgündüz, E., Kalaycı, K., İnan, Ç., Sarıca, E., Toru, E., 2009, Corine (Coordination of information on the environment) projesi, *TMMOB coğrafi bilgi sistemleri kongresi*, 02-06 Kasım, İzmir.
- Çokoyoğlu, S., 2008, *Alibey ve Kağıthane havzalarında arazi kullanımı ve sorunlarının 50 yıllık değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Daily, G.C., 1997, What are ecosystem services?, *Nature's Services, Societal Dependence on Natural Ecosystems*, In: Daily, G.C (ed.), Chapter 1, Island Press Washington DC., ISBN 1-55963-475-8, 1-6.
- Dale, V.H. and Polasky, S., 2007, Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services, *Ecological economics*, 64, 286-296.
- Danish Hydraulic Institute (DHI) Water and environment, 1999, NAM model documentation.
- Danish Hydraulic Institute (DHI) Water and environment, 2000, Mike 11- a modelling system for rivers and channels, User guide.
- Danish Hydraulic Institute (DHI) Water and resources, 2008, Mike 11- a modelling system for rivers and channels, User guide - Short introduction tutorial.
- Das, S. and Paul, P.K., 2006, Selection of site for small hydel using GIS in the Himalayan region of India, *Journal of spatial hydrology*, Vol. 6, No. 1.
- De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., 2002, A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, *Ecological economics*, 41, 393-408.
- De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010, Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making, *Ecological complexity*, 7, 260-272.
- Değerliyurt, M., 2013, Arsuz Çayı havzasının erozyon duyarlılık analizi, *The journal of academic social science studies*, 6 (7), 321-344.

- De Souza, A.L.T., Fonseca, D.G., Liborio, R.A., Tanaka, M.O., 2013, Influence of riparian vegetation and forest structure on water quality of rural low-order streams in SE Brazil, *Forest ecology and management*, 298, 12-18.
- Ehrlich, P.R., 1968, *The population bomb*, Rivercity press, New York, ISBN: 0-89190-867-7.
- Ehrlich, P.R. and Ehrlich, A.H., 1981, *Extinction: The causes and consequences of the disappearance of species*, Random House, New York.
- Eisaloğlu, H.K., Şengönül, K., Gökbülak, F., Serengil, Y., Uygur, B., 2013, Effects of forest canopy cover and floor on chemical quality of water in broad leaved and coniferous forests of İstanbul, Turkey, *Forest ecology and management*, 289, 371-377.
- EPA, 2008, *Handbook for developing watershed plans to restore and protect our waters*, United States Environmental Protection Agency, 841-B-08-002, Washington, D.C.
- Erinç, S., 1958, *Morfoloji 1*, İstanbul Üniversitesi Yayın no:789, Coğrafya Enstitü Yayın no: 23, İstanbul.
- Fidan, C., Duran, C., Kırış, R., 2008, Bitki formasyonlarının su kaynakları üzerindeki etkisi, *TMMOB 2. Su politikaları kongresi*, 20-22 Mart 2008, İMO Kongre Merkezi, Ankara, 39-47.
- Food and agriculture organization of the united nations, 2010, *The global forest resources assesstment (FRA)*, Rome, Italy, ISBN: 978-92-5-106654-6.
- Fu, B., Wang, Y.K., Xu, P., Yan, K., 2013, Mapping the flood mitigation services of ecosystems- A case study in Upper Yangtze river basin, *Ecological engineering*, 52, 238-246.
- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S., Theuray, N., Lindley, S.J., 2008, Characterising the Urban Environment of UK Cities and Towns: A Template for Landscape Planning, *Landscape and urban planning*, 87, 210-222.
- Gomez-Bagettun, E., De Groot, R., Lomas, P.L., Montes, C., 2010, The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes, *Ecological economics*, 69, 1209-1218.
- Gosling, S.N., 2013, The likelihood and potential impact of future change in the large-scale climate-earth system on ecosystem services, *Environmental science and policy*, 27, 15-31.
- Gökbülak, F., 1993, *Otlakların toprağın hidro-fiziksel özellikleri ve otlak vejetasyonu üzerine etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Gregory, K.J. and Walling, D.E., 1976, Drainage Basin form and process, A geomorphological approach, Fletcher and Son, Norwich.
- Gülbaz, S., 2010, *Sazlıdere havzası' nın hidrolojik modellemesi ve su kalitesi tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gülçur, F., 1974, Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları, İstanbul Üniversite Yayın no:1970, Orman Fakültesi Yayın no:210.
- Havnø, K., Madsen, M.N., Dørge, J., 1995, Mike 11 - a generalized river modelling package, In: Singh, V.P. (ed.), Computer models of watershed hydrology, Water resources publications, Colorado, 733-782.
- Hewlett, J.D. and Hibbert, A.R., 1967, *Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas*, Reprinted from in: Snopper, W.E., Lull, H.W. (eds.), Forest Hydrology, Pergamon press, New York, 275-290.
- Hinojosa, L., and Hennermann, K., 2012, A GIS approach to ecosystem services and rural territorial dynamics applied to the case of the gas industry in Bolivia, *Applied geography*, 34, 487-497.
- Hızal, A., 1984, Hava fotoğrafları yorumlamasının havza amenajmanı (Ova Deresi Havzası Kocaeli) çalışmalarında uygulanma olanaklarının araştırılması, İstanbul Üniversitesi Yayın no: 3144, Orman Fakültesi Yayın no: 341.
- IPCC, 2000, Special Report on Emissions Scenarios – A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press.
- IPCC, 2001, Climate Change 2001, Synthesis Report.
- IPCC, 2007, Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report, September, 2007, the Netherlands.
- İstanbuluoğlu, A., Albut, S., Konukcu, F., Sener, M. and Kocaman, I., 2007, Effects of antecedent moisture conditions on the rainfall-runoff relationship, *Türkiye ulusal fotogrametri ve uzaktan algılama birliği IV. sempozyumu*, 5–7 Haziran 2007 İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Jacobson, C.R., 2011, Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review, *Journal of environmental management*, 92, 1438-1448.
- Juvnovski, J., Almeida-Lenero, L., Bojorge-Garcia, M., Monges, Y.L., Cantoral-Uriza, E., Mazari-Hiriart, M., 2010, Hydrologic ecosystem services: water quality and quantity in the Magdalena River, Mexico City, *Hidrobiologica*, 20 (2), 113-126.

- Karaca, M., Kindap, T., Şen, Ö. L., 2007, Kentleşme ve iklim değişimi: Türkiye örneği. *Küresel iklim değişimi ve su sorunlarının çözümünde ormanlar sempozyumu*, 13-14 Aralık, İstanbul.
- Kang, I.S., Park, J.I., Singh, V.P., 1998, Effect of urbanization on runoff characteristics of the On-Cheon stream watershed in Pusan, Korea, *Hydrological processes*, 12, 351-363.
- Kaya, P., 2008, *Türkiye’ de Uzun Dönemli Yağış Verileri Kullanılarak Ulusal Ölçekte Rusle-R Faktörünün Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kibena, J., Nhapi, I., Gumindoga, W., 2014, Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in Upper Manyame River, Zimbabwe, *Physics and chemistry of the earth*, 67-69, 153-163.
- Lara, A., Little, C., Urrutia, R., Mcphee, J., Alvarez-Garretón, C., Oyarzun, C., Soto, D., Donoso, P., Nahuelhuel, L., Pino, M., Arismendi, I., 2009, Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile, *Forest ecology and management*, 258, 415-424.
- Le Maitre, D.C., Milton, S.J, Jarmain, C., Colvin, C.A., Saayman, I., Vlok, J.H.J., 2007, Linking ecosystem services and water resources: landscape-scale hydrology of the Little Karoo, *Frontiers in ecology and the environment*, 5 (5), 261-270.
- Le Maitre, D.C., Kotzee, I.M., O’Farrell, P.J., 2014, Impacts of land-cover change on the flow regulation ecosystem service: Invasive alien plants, fire and their policy implications, *Land use policy*, 36, 171-181.
- Leopold, L.B., 1968, *Hydrology for urban land planning-A guidebook on the hydrologic effects of urban land use*, United States Geological survey, Washington, D.C., 20242.
- Liu, H.L., Chen, X., Bao, A.M., Wang, L., 2007, Investigation of groundwater response to overland flow and topography using a coupled MIKE SHE/MIKE 11 modeling system for an arid watershed, *Journal of hydrology*, 347, 348-359.
- Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being, 2003, In: Sarukhan, J., Whyte, A., (ed.), Island Press, ISBN: 1-55963-402-2.
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005, Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis, world resources institute, Washington DC, ISBN 1-56973-597-2.
- Moberg, F., ve Folke, C., 1999, Ecological goods and services of coral reef ecosystems, *Ecological economics*, 29, 215-233.
- Moore, I., ve Burch, G.J., 1986a, Modeling erosion and deposition: topographic effects, *Transactions of American society of agricultural engineers*, 29 (6), 1624-1630.

- Moroğlu, M., 2007, *Avrupa Birliği Su çerçeve yönergesi ve yönergenin Türkiye’ de uygulanması: Büyükçekmece havzası örneği*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Munsuz, N., Ünver, İ., Çaycı, G., 1999, *Türkiye Suları*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın no: 1505, Ankara.
- Nielsen, S.A. and Hansen, E., 1973, Numerical simulation of the rainfall runoff process on a Daily basis, *Nordic hydrology*, 4, 171-190.
- Nitschke, C.R., Innes, J.L., 2008, Integrating Climate Change into Forest Management in South-Central British Columbia: An Assessment of Landscape Vulnerability and Development of a Climate-Smart Framework, *Forest ecology and management*, 256, 313-327.
- Norton, M.M., ve Fisher, T.R., 2000, The effects of forest on stream water quality in two coastal plain watersheds of the Chesapeake Bay, *Ecological engineering*, 14, 337-362.
- O’Connell, E., Ewen, J., O’Donnell, G., Quin, P., 2007, Is there a link between agricultural land-use management and flooding?, *Hydrology and earth system sciences*, 11 (1), 96-107.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014, Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023).
- Özcan, M., ve Gökbülak, F., 2007, Marmara Bölgesi Orman Ekosistemleri için Ünlversal Toprak Kaybı Denklemindeki Bitki Örtüsü ve Amenajman Faktörleri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 57, Sayı 1, 33-42.
- Özhan, S., 1982, Belgrad ormanındaki bazı meşcerelerde evapotranspirasyonun deneysel olarak saptanması ve sonuçların ampirik modellerle karşılaştırılması, İstanbul Üniversite Yayın no: 2906, Orman Fakültesi Yayın no: 311, İstanbul.
- Özhan, S., 2004, *Havza Amenajmanı*, İ.Ü. Rektörlük Yayın no: 4510, Orman Fakültesi Yayın no: 481, İstanbul, ISBN 975-404-739-1.
- Özşahin, E.ve Atasoy, A., 2014, Aşağı Asi nehri havzasında (Hatay) arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ) değişiminin (1990-2011) erozyon üzerindeki etkileri, *Uluslararası sosyal araştırmalar dergisi*, 7 (31), 457-468.
- Özyuvacı, N., 1999, *Meteoroloji ve Klimatoloji*, İ.Ü. Rektörlük Yayın no: 4196, Orman Fakültesi Yayın no: 460, İstanbul, ISBN 975-404-544-5.
- Özyuvacı, N., Özhan, S., Gökbülak, F., Serengil, Y., Balcı, A.N., 2004, Effect of selective cutting on streamflow in an oak-beech forest ecosystem, *Water resources management*, 18, 249-262.

- Pert, P.L., Butler, J.R.A., Brodie, J.E., Bruce, C., Honzak, M., Kroon, F.J., Metcalfe, D., Mitchell, D., Wong, G., 2010, A catchment-based approach to mapping hydrological ecosystem services using riparian habitat: a case study from the wet tropics, Australia, *Ecological complexity* 7, 378-388.
- Postel, S., and Carpenter, S.R., 1997, Freshwater ecosystem services, Nature's services, In: Daily, G.C. (ed.), Island Press, Washington D.C., 195-214.
- Pyke, C., Warren, M.P., Johnson, T., Lagro Jr. J., Scharfenberg, J., Groth, P., Freed, R., Schroeder, W., Main, E., 2011, Assessment of low impact development for managing stormwater with changing precipitation due to climate change, *Landscape and urban planning*, 103, 166-173.
- Randhir, O.T., 2007, Watershed: Definition and delineation, *Watershed management-issues and approaches*, IWA Publishing, London.
- Rannow, S., Loibl, W., Greiving, S., Gruehn, D., Meyer, B.C., 2010, Potential impacts of climate change in Germany – identifying regional priorities for adaptation activities in spatial planning, *Landscape and urban planning*, 98, 160-171.
- Refsgaard, J.C. and Storm, B., 1995, *Mike She*, In: Singh, V.P. (ed.), Computer models of watershed hydrology, Water resources publications, Englewood, USA, pp.809-846.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. ve Porter, J.P., 1991, RUSLE: revised universal soil loss equation, *Journal of soil and water conservation*, 46(1), 30-33.
- Renetzeder, C., Knoflacher, M., Loibl, W., Wrbska, T., 2010, Are habitats of Austrian agricultural landscapes sensitivity to climate change?, *Landscape and urban planning*, 98, 150-159.
- Schwarz, N., Bauer, A., Haase, D., 2011, Assessing climate impacts of planning policies – an estimation for the urban region of Leipzig (Germany), *Environmental impact assessment review*, 31, 97-111.
- Seabrook, L., McAlpine, C.A., Bowen, M.E., 2011, Restore, repair or reevent: options for sustainable landscapes in a changing climate, *Landscape and urban planning*, 100, 407-410.
- Serengil, Y., Gökbülak, F., Özhan, S., Hızal, A., Şengönül, K., Balcı, N.A., Özyuvacı, N., 2007, Hydrological impacts of a slight thinning treatment in a deciduous forest ecosystem in Turkey, *Journal of hydrology*, 333, 569-577.
- Serengil, Y., 2010, Kentsel Havzalar için GIS Tabanlı Basit bir Kanal Duyarlılığı Tahmin Modelinin Geliştirilmesi Projesi Sonuç Raporu, TÜBİTAK proje no: 107Y149.
- Soil Conservation Service (SCS), 1956; 1971, *Hydrology*, National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10, USDA, Washington D.C.

- Souza, A.L.T., Fonseca, D.G., Liborio, R.A., Tanaka, M.O., 2013, Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in South East Brazil, *Forest ecology and management*, 298, 12-18.
- Storch, H., Downes, N.K, 2011, A Scenario- Based Approach to Assess Ho Chi Minh City' s Urban Development Strategies against the Impact Of Climate Change, *Cities*, 28, 517-526.
- Şahin, V. ve Hall, M.J., 1996, The effects of afforestation and deforestation on water yield, *Journal of hydrology*, 178, 293-309.
- Şen, Ö.L., Bozkurt, D., Göktürk, O.M., Dündar, B., Altürk, B., 2013, Türkiye' de iklim değişikliği ve olası etkileri, http://ipc.sabanciuniv.edu/en/wpcontent/uploads/2012/10/Bildiri_Omer_L_Sen_v_d_2013.pdf (Ziyaret Tarihi: 08.10.2015)
- Teclaff, L.A., 1996, Evolution of the river basin concept in national and international water law, *Natural Resources journal*, 36(2), 359-391.
- TEEB, 2010, The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundation, Earthscan, Cambridge.
- Tekin, H., 2010, *Büyükçekmece Gölü Havzasında Arazi Kullanma Sorunları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Toy, T. and Foster G. R., 1998, *Guidelines for the use of the revised universal soil loss equation (RUSLE) version 1.06 on mined lands, construction sites, and reclaimed lands*, In Galetovic, J.R. (ed.), The office of technology transfer western regional coordinating center office of surface mining 1999 Broadway, Suite 3320 Denver, CO 80202-5733.
- Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Çetiner, G., 2000, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları, *Tesisat Dergisi* 52: 84-100, İstanbul.
- Türkeş, M., 2001, Küresel iklimin korunması, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye, Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın 61: 14-29.
- Uluçay, H., 2006, *Havza planlaması ve yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi.
- UN, 1997, Guidelines and manual on land- use planning and practices in watershed management and disaster reduction, Technical Report, ST/ESCAP/1971, United Nations, Economic and Social Commission for Asia and Pasific.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2011,
- Usul, N., 2005, *Engineering Hydrology*, Metu Press, Ankara, 975-7064-43-2.

- Uygur, B., 2009, *Ortadere araştırma havzalarının Mike-She hidrolojik yazılımı ile modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Wallace, K.J., 2007, Classification of ecosystem services: problems and solutions, *Biological conservation*, 139, 235-246.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1978, *Predicting rainfall erosion losses- a guide for conservation planning*, USDA, Agricultural Handbook, US Government Printing Office, Washington, DC, 537.
- World Resources Institute, 2002, *World resources 2000-2001: People and Ecosystems: Fraying web of life*, 10 G St., NE, Washington, DC, ISBN: 1-56973-443-7.
- Ya, L., Youpeng, X., Yi, S., 2012, Hydrological effects of urbanization in the Qinhuai River Basin, China, *Procedia engineering*, 28, 767-771.
- Zhao, C., Fu, G., Liu, X., Fu, F., 2011, Urban Planning Indicators, Morphology and Climate Indicators: A Case Study for A North-South Transect of Beijing, China, *Building and environment*, 46, 1174-1183.
- www.tuik.gov.tr (Ziyaret Tarihi: 04.03.2014)
- www.cografya.gen.tr/sozluk/havza (Ziyaret Tarihi: 18.05.2014)
- www.worldclim.org/download (Ziyaret Tarihi: 08.09.2015)

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Betül Uygur
Uyruğu	T.C.
Doğum tarihi, Yeri	18/03/1984, Ardahan
Telefon	05367854528
E-mail	uygurb@istanbul.edu.tr
Web adres	http://aves.istanbul.edu.tr/uygurb/

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Doktora	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü / Orman Mühendisliği / Havza Yönetimi	2010-
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü / Orman Mühendisliği / Havza Yönetimi	2007-2009
Lisans	İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği	2003-2007
Lise	Ortaca Lisesi	2002

Makaleler / Bildiriler

Serengil, Y., İnan, M., Yurtseven, İ., Kılıç, Ü., Uygur, B., 2012, Stream corridors as indicators of watershed land use: A case study in İstanbul, IUFRO Landscape Ecology Conference, Bosque, Vol,33 (3) 2012.

Gökbulak, F., Şengönül, K., Serengil, Y., Yurtseven, İ., Uygur, B., Özhan, S., Özcan, M., 2013, Bulk precipitation chemistry at the forest and forest village, Atmospheric Research, 134, 161-174.

- Eisaloğlu, H.K., Şengönül, K., Gökbülak, F., Serengil, Y., Uygur, B., 2013, Effects of forest canopy cover and floor on chemical quality of water in broad leaved and coniferous forests of Istanbul, Turkey, *Forest Ecology and Management*, 289, 371-377.
- Gökbülak, F., Şengönül, K., Serengil, Y., Yurtseven, İ., Özhan, S., Cigizoglu, H.K., Uygur, B., 2015, Comparison of rainfall-runoff relationship modeling using different methods in a forested watershed, *Water Resources Management*, 29, 4229-4239.
- Serengil, Y., İnan, M., Özcan, M., Kılıç, Ü., Yurtseven, İ., Çokoyoğlu, S., Uygur, B., 2009, Sedimentation Problems in Dams and Planning Land Use in Watersheds, with International participation, 2nd National Symposium on Dam Safety, May 13-15, Eskişehir / TURKEY.
- Serengil, Y., İnan, M., Özcan, M., Kılıç, Ü., Yurtseven, İ., Çokoyoğlu, S., Uygur, B., 2009, A Simplified Channel Survey Methodology for Human Influenced Forested Areas around Cities, XIII World Forestry Congress, 18-23 October, Buenos Aires/ ARGENTINA.
- Serengil, Y., Uygur, B., 2010, Climate Change and Ecology of Urban Watersheds, IUFRO 7,01 Conference, Adaptation of Forest Ecosystems to Air Pollution and Climate Change, 22-26 March, Antalya / TURKEY.
- Serengil, Y., İnan, M., Uygur, B., 2010, Urban Riparian Ecosystems to Mitigate Torrents and Floods COST Action FP0601, Forest Management and the Water Cycle (FORMAN), “Water related ecosystem services of forests” 24-26 March, Antalya/TURKEY.
- Serengil, Y., İnan, M., Özcan, M., Kılıç, Ü., Yurtseven, İ., Çokoyoğlu, S., Uygur, B., 2010, Development of a Stream Corridor Survey Methodology to Link with Watershed Vulnerability in Istanbul, IUFRO Landscape Ecology Working Group International Conference, 21-27 Sept., Bragança – Portekiz.
- Serengil, Y., Yurtseven, İ., Çokoyoğlu, S., Uygur, B., 2010, Estimating Biological Diversity by Watershed Analysis Tools in Forested Regions: A Case Study from Turkey, *Forest for the future: Sustaining Society and the environment XXIII World Congress, The International Forestry Review Vol, 12(5)*, 23-28 August, Seoul, Kore.
- Ediş, S., Uygur, B., Serengil, Y., 2010, Stream Ecohydrologic Surveys to Evaluate the Impacts of Watershed Land Use, Forests and Abundance of Water –

Focus on Boreal Forests and Peatlands, COST Action FP0601 FORMAN Workshop at the Finnish Environment Institute, 8-9 Sept., Helsinki and Hyytiälä Forestry Field Station, Finland.

Özhan, S., Uygur, B., 2011, Water Loss Through Interception from Different Forest Ecosystems, Managed Forests in Future Landscapes, Implications for Water and Carbon Cycles, Cost Action FP0601, 9-12 May, Santiago de Compostela (Spain).

Serengil, Y., Uygur, B., Yurtseven, İ., 2011, Urban Riparian Ecosystems in Istanbul, IALE 2011 World Congress, Book of abstracts page 474, Beijing-China.

Serengil, Y., Uygur, B., Yurtseven, İ., 2011, Degradation of Urban Riparian Ecosystems in Istanbul, IALE 2011 World Congress, Book of abstracts page 475, Beijing-China.

Serengil, Y., Şengönül, K., Uzun, A., İnan, M., Erdem, N., Yurtseven, İ., Kılıç, Ü., Uygur, B., Pamukçu, P., Özçelik, M., 2013, Quantification of Water Related Ecosystem Services in Urban and Peri Urban Watersheds: A Methodological Assessment, Vegetation response to climate change and air pollution –Unifying research and evidence across northern and southern hemisphere-International Conference, IUFRO Research group 7.01.00, 1-6 September, Ilheus, Bahia, Brazil.

Uygur, B., Serengil, Y., İnan, M., Yurtseven, İ., Kılıç, Ü., 2014. Arazi Kullanımının Hidrolojik Ekosistem Hizmetleri Üzerine Etkileri: Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Havza Yönetimi Sempozyumu, 10-12 Eylül-2014, Çankırı.

Serengil, Y., Şengönül, K., Uzun, A., Erdem, Y., İnan, M., Yurtseven, İ., Kılıç, Ü., Uygur, B., Pamukçu, P., Özçelik, M.S., 2014. Kentsel arazi planlamasında havza ve ekosistem tabanlı değerlendirme algoritması.1. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, Çankırı, 10-12 Eylül 2014.

Yurtseven, İ., Şengönül, K., Gökbülak, F., Serengil, Y., Uygur, B., Özçelik, M.S., 2014, Farklı tip zaman serisi analizlerinin meşe-kayın karışık orman ekosistemine sahip iki deneysel havzanın uzun dönemli yağış ve akış verilerine uyarlanması. 1. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, Çankırı, 10-12 Eylül 2014.

Tekin, H., Şengönül, K., Serengil, Y., İnan, M., Yurtseven, İ., Uygur, B., Pamukçu, P., 2014, Ormanların su üretimi ve toprak koruma fonksiyonları: konsept ve mekânsal analiz. 1. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, Çankırı, 10-12 Eylül 2014.

- Uygur, B., Gökbülak, F., Serengil, Y., Şengönül, K., Özhan, S., Yurtseven, İ., Özçelik, M.S., 2014, Timber harvest effect on selected physical water characteristics in a forested watershed. IUFRO XXIV World Congress: Sustaining Forests, Sustaining People, 5-11 October, 2014, Salt Lake City, USA.
- Uygur, B., Serengil, Y., 2014, Quantification of Water Related Ecosystem Services in Watershed Planning. IUFRO XXIV World Congress: Sustaining Forests, Sustaining People, 5-11 October, 2014, Salt Lake City, USA.
- Serengil, Y., Tekin, H., Şengönül, K., İnan, M., Yurtseven, İ., Uygur, B., Pamukçu, P., 2014, Improvement of forest management towards optimizing water production in Marmara region of Turkey. IUFRO XXIV World Congress: Sustaining Forests, Sustaining People, 5-11 October, 2014, Salt Lake City, USA.
- Gökbülak, F., Şengönül, K., Serengil, Y., Özhan, S., Yurtseven, İ., Uygur, B., Özçelik, M.S., 2014, Thinning effect on monthly runoff in a forested watershed. In: IUFRO XXIV World Congress: Sustaining Forests, Sustaining People: The Role of Research. Editors: John A. Parrotta, Cynthia F. Moser, Amy J. Scherzer, Nancy E. Koerth and Daryl R. Lederle. The International Forestry Review, vol:16(5), page:242. Commonwealth Forestry Association.
- Özçelik, M.S., Şengönül, K., Gökbülak, F., Uygur, B., 2014, Effect of woody and shrub plants with different patch size on selected soil chemical properties in semi-arid lands. In: IUFRO XXIV World Congress: Sustaining Forests, Sustaining People: The Role of Research. Editors: John A. Parrotta, Cynthia F. Moser, Amy J. Scherzer, Nancy E. Koerth and Daryl R. Lederle. The International Forestry Review, vol:16(5), page:242. Commonwealth Forestry Association.
- Serengil, Y., Yurtseven, İ., Pamukçu, P., Tekin, H., Uygur, B., Aytekin, M., 2015, Estimation of interception loss from forests by using LAI, The Fourth International Conference on Agro-Geoinformatics. İstanbul, Turkey, 20-24 Temmuz, 2015.