

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ  
İLE EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ: BOĞAÇAY ÖRNEĞİ**

**Yasin Can ŞAHİN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ARALIK 2024**

**ANTALYA**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ  
İLE EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ: BOĞAÇAY ÖRNEĞİ**

**Yasin Can ŞAHİN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ARALIK 2024**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ  
İLE EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ: BOĞAÇAY ÖRNEĞİ

Yasin Can ŞAHİN  
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2024

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ  
İLE EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ: BOĞAÇAY ÖRNEĞİ

Yasin Can ŞAHİN

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 24/12/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ (Danışman)

Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT

Doç. Dr. Sevda ALTUNBAŞ

## ÖZET

### COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ: BOĞAÇAY ÖRNEĞİ

Yasin Can ŞAHİN

Yüksek Lisans, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. NAMIK KEMAL SÖNMEZ

Aralık 2024; 65 sayfa

Çağımızın en önemli sorunlarından biri olan erozyon, arazi kullanımı ve insan tahribatından dolayı, eğimli arazilerdeki materyallerin aşındırılarak bulundukları yerden su ve rüzgar gibi doğal kuvvetler sonucu başka bir alana taşınması olayıdır. Dünya çapında her yıl 75 milyar ton, Türkiye'de ise 500 milyon ton toprağın erozyon nedeniyle kaybolduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle Dünya'da ve Türkiye'de toprak erozyonunu tespit etmek ve önlemek amacı ile farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanı ise, Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) modelidir. Bu çalışmada, Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) ile Antalya ili-Boğaçay Havzasının erozyon risk saharlarının belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, gerek Uzaktan Algılama verileri ve gerekse Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı veri setleri oluşturulmuş, RUSLE yöntem içeriği doğrultusunda söz konusu bu veri setleri ile alana ait erozyon duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, Akdeniz Bölgesi, Antalya-Konyaaltı sınırları içerisinde bulunan Boğaçay havzasıdır. Havzanın güney ve alçak kesimlerinde yerleşim alanları önemli bir yer kaplamakta olup, bu alanlar verimli tarım arazileri ve orman alanları ile içi içe geçmiş durumdadır. Havzanın güney kesimlerinde önemli oranda kentsel baskının olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan literatür çalışmalarında bölgede havza bazında erozyon ile ilgili kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma sonucunda, bölgenin erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuş ve yedi sınıf üzerinde kategorize edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre havzanın %80,72'sinin düşük ve çok düşük erozyon riski taşıdığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, havzanın %11,92'sinin yüksek erozyon riski taşıdığı ve bu bölgelerin tehdit altında olduğu da ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda bölgedeki arazi yönetimi ve arazi kullanımının son derece dikkatli izlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma, Boğaçay'ın toprak erozyonunun tespit edilmesi ve geleceğine yönelik tahminler yapılabilmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Boğaçay Havzası, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Erozyon, RUSLE, Uzaktan Algılama

**JÜRİ:** Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

Doç. Dr. Sevda ALTUNBAŞ

## **ABSTRACT**

### **EROSION SENSITIVITY ANALYSIS WITH GIS AND REMOTE SENSING TECHNIQUES: BOGACAY EXAMPLE**

**Yasin Can ŞAHİN**

**MSc Thesis in Department of Remote Sensing and Geographic Information  
Systems**

**Supervisor: Prof. Dr. NAMIK KEMAL SÖNMEZ**

**December 2024; 65 pages**

Erosion, one of the most important problems of our age, is the event of materials being eroded and transported from their current location to another area due to natural forces such as water and wind on sloped lands due to land use and human destruction. It is estimated that 75 billion tons of soil is lost due to erosion every year worldwide and 500 million tons in Turkey. For this reason, different methods have been developed in order to detect and prevent soil erosion in the world and in Turkey. The most widely used of these methods is the Modified Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model. In this study, it is aimed to determine and map the erosion risk areas of Antalya province-Boğaçay Basin with the Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Method. For this purpose, both Remote Sensing data and Geographic Information Systems based data sets were created and erosion sensitivity analyses of the area were performed with these data sets in line with the content of the RUSLE method. The study area is the Boğaçay basin located within the borders of Antalya-Konyaaltı, Mediterranean Region. In the southern and low-lying parts of the basin, settlement areas occupy a significant place, and these areas are intertwined with fertile agricultural lands and forest areas. It is observed that there is a significant urban pressure in the southern parts of the basin. In addition, no comprehensive study on erosion in the basin has been found in the literature studies conducted. As a result of the study, the erosion susceptibility map of the region was created and categorized into seven classes. According to the results obtained, it was determined that 80.72% of the basin has low and very low erosion risk. However, it was also revealed that 11.92% of the basin has erosion risk and these areas are under threat. In this context, it was concluded that land management and land use in the region should be monitored very carefully. This study provides important information in terms of determining soil erosion in Boğaçay and making predictions about its future.

**KEYWORDS:** Bogacay Basin, Erosion, Geographical Information Systems, Remote Sensing, RUSLE

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

Assoc. Dr. Sevda ALTUNBAŞ

## ÖNSÖZ

Yüksek Lisansımın en başından tezimin son aşamasına kadar, benden yardım ve desteğini esirgemeyen, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. NAMIK KEMAL SÖNMEZ’e, Eğitim sürecimde değerli bilgileri ile bana ışık tutan, CBS ve Uzaktan Algılama alanında bana çok şeyler katan bir diğer değerli hocam Mesut ÇOŞLU’ya ve arkadaşlarım Yusuf ÖZGÜREL ile İsmail YILMAZ’a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak; Desteği ile her zaman ve her anlamda yanımda olan benim ilk öğretmenim, ebedi destekçim, can’ım annem Emine ŞAHİN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                   | i    |
| ABSTRACT.....                                               | ii   |
| ÖNSÖZ .....                                                 | iii  |
| AKADEMİK BEYAN .....                                        | vi   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                        | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                     | ix   |
| 1. GİRİŞ .....                                              | 1    |
| 2. KAYNAK TARAMASI .....                                    | 3    |
| 2.1. Erozyon Tespitine Yönelik Çalışmalar .....             | 6    |
| 2.2. RUSLE Modeli ile İlgili Çalışmalar .....               | 8    |
| 2.3. Çalışma Alanı ile İlgili Yapılmış Çalışmalar .....     | 11   |
| 3. MATERYAL VE METOT .....                                  | 13   |
| 3.1. Materyal .....                                         | 13   |
| 3.1.1. Araştırma Alanının Genel Fiziki Özellikleri.....     | 13   |
| 3.1.1.1. Çalışma Alanı Coğrafi Konumu .....                 | 13   |
| 3.1.1.2. Çalışma Alanı Litolojik Özellikleri.....           | 15   |
| 3.1.1.3. Çalışma Alanı Jeomorfolojik Özellikleri .....      | 15   |
| 3.1.1.4. Çalışma Alanı İklim Özellikleri .....              | 16   |
| 3.1.1.5. Çalışma Alanı Toprak Özellikleri .....             | 18   |
| 3.1.1.6. Çalışma Alanı Bitki Örtüsü .....                   | 21   |
| 3.1.1.7. Arazi Sınıfları ve Arazi Kullanımı .....           | 21   |
| 3.1.1.8. Çalışma Alanının Hidrolojik Özellikleri .....      | 23   |
| 3.1.2. Çalışma Alanının Beşeri ve Ekonomik Özellikleri..... | 25   |
| 3.2. Metot .....                                            | 26   |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                               | 28   |
| 4.1. Yağış Erozyonu Faktörü (R) .....                       | 29   |
| 4.2. Yağış Erozyonu Faktörü (R) Dağılımı .....              | 32   |
| 4.3. Toprak Erodibilite Faktörü (K) .....                   | 35   |
| 4.4. Toprak Erodibilite Faktörü (K) Dağılımı .....          | 36   |
| 4.5. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS) .....            | 39   |
| 4.6. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS) Dağılımı .....   | 40   |
| 4.7. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C) .....             | 42   |
| 4.8. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C) Dağılımı .....    | 44   |
| 4.9. Toprak Koruma Uygulamaları (P) .....                   | 46   |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 4.10. Toprak Koruma Uygulamaları (P) Dağılımı .....          | 48 |
| 4.11. Toprak Kaybı ve Risk Haritasının Belirlenmesi (A)..... | 50 |
| 5. SONUÇLAR .....                                            | 53 |
| 6. KAYNAKLAR .....                                           | 56 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                     |    |



## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ: BOĞAÇAY ÖRNEĞİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

...../...../2024

Öğrencinin Adı Soyadı

İmzası

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### **Simgeler**

Kg : Kilogram

Km<sup>2</sup> : Kilometrekare

### **Kisaltmalar**

AB : Avrupa Birliği

BTG : Büyük Toprak Grupları

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

CORINE: Coordination of Information on the Environment (Avrupa Çevre Enformasyon Koordinasyonu)

DEM : Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)

DPT : Devlet Planlama Teşkilatı

DSİ : Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

EEA : European Economic Area (Avrupa Ekonomik Alanı)

HRU : Hidrolojik Müdahale Birimi

IDW : Inverse Distance Weighted (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi)

MGM : Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu

OMGİ : Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu

RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation

SYM : Sayısal Yükseklik Modeli

TWI : Topographic Wetness Index

UA : Uzaktan Algılama

USLE : Universal Soil Loss Equation (Evrensel Toprak Kaybı Denklemi)

UTM : Universal Transverse Merkator (Evrensel Enine Merkator)

WEPP : The Water Erosion Prediction Project (Su Erozyonu Tahmin Projesi)

WWF : World Wildlife Fund (Dünya Doğayı Koruma Vakfı)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Çalışma alanı sınırları ve Türkiye’deki konumu .....             | 13 |
| Şekil 3.2. Çalışma alanının kapsadığı ilçeler. ....                         | 14 |
| Şekil 3.3. Boğaçay Havzası eğim haritası (%).....                           | 16 |
| Şekil 3.4. Boğaçay Havzası yükseklik haritası (m) .....                     | 17 |
| Şekil 3.5. Boğaçay Havzası toprak haritası .....                            | 20 |
| Şekil 3.6. Boğaçay Havzası arazi kullanım haritası (CORINE, 2018) .....     | 22 |
| Şekil 3.7. Boğaçay ve onu oluşturan akarsu kolları (Karagül, 2013). ....    | 24 |
| Şekil 4.1. Alanda oluşturulan sanal istasyonlar .....                       | 33 |
| Şekil 4.2. RUSLE modeli R faktör haritası .....                             | 34 |
| Şekil 4.3. RUSLE modeli K faktör haritası .....                             | 38 |
| Şekil 4.4. RUSLE modeli LS faktör haritası .....                            | 41 |
| Şekil 4.5. RUSLE modeli C faktör haritası .....                             | 46 |
| Şekil 4.6. RUSLE modeli P faktör haritası .....                             | 49 |
| Şekil 4.7. Boğaçay Havzası potansiyel erozyon risk sınıfları haritası ..... | 52 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 1.1.</b> Su erozyonuna etki eden parametreler (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022) .....               | 2  |
| <b>Çizelge 2.1.</b> En çok kullanılan erozyon tahmin modelleri (Hajigholizadeh ve Melesse, 2018) .....                                | 4  |
| <b>Çizelge 3.1.</b> Havzada görülen toprak tipleri miktarı (%).....                                                                   | 18 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Havzada görülen toprak gruplarının kapladıkları alan (ha) .....                                                   | 19 |
| <b>Çizelge 3.3.</b> RUSLE Modeli akış şeması.....                                                                                     | 26 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> Analizlerde kullanılan meteoroloji istasyonları, yıllık ortalama yağış miktarları, MFI ve R Faktör değerleri..... | 31 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> K faktör değerleri ve kapladıkları alan (ha).....                                                                 | 36 |
| <b>Çizelge 4.3.</b> K değerleri ve alansal dağılışı (ha) .....                                                                        | 37 |
| <b>Çizelge 4.4.</b> LS değerleri ve kapladıkları alan (ha) .....                                                                      | 40 |
| <b>Çizelge 4.5.</b> CORINE arazi örtüsü haritasına atanan C faktörü değerleri (EEA, 2000).43                                          |    |
| <b>Çizelge 4.6.</b> C Faktör ve kapladıkları alan (ha) .....                                                                          | 44 |
| <b>Çizelge 4.7.</b> Arazi Kullanım ve P faktör değerleri.....                                                                         | 47 |
| <b>Çizelge 4.8.</b> P Faktör ve kapladıkları alan (ha).....                                                                           | 48 |
| <b>Çizelge 4.9.</b> Boğaçay Havzası potansiyel erozyon riski sınıflarının alansal dağılımı ....                                       | 50 |
| <b>Çizelge 4.10.</b> Boğaçay Havzası potansiyel erozyon riski sınıflarının alansal dağılım grafiği. ....                              | 51 |

## 1. GİRİŞ

Yerkabuğunun yüzeyini oluşturan toprak ve kaya materyallerini aşındırarak bulundukları yerden su, rüzgâr veya buz gibi doğal kuvvetler tarafından başka bir alana taşınması işlemine erozyon adı verilmektedir. Taşınan bu malzeme ise tortu yani sediment olarak adlandırılmaktadır. Aşınmış materyal birkaç milimetre uzağa olabileceği gibi binlerce kilometre uzağa da taşınabilmektedir (Johnson 2015). Erozyon doğal süreçlerle veya insan etkinliklerine bağlı olarak ortaya çıkabilir. Bu süreç, milyonlarca yıldır devam etmektedir ancak insan faaliyetleri nedeniyle zaman zaman hızlanmış erozyon olarakta ortaya çıkabilmektedir (Montgomery 2007). Erozyonun başlıca nedeni, toprağı koruyan bitki örtüsünün yok olmasıdır. Toprak erozyonu, toprak özelliklerine, zemin eğimine, bitki örtüsüne, yağış miktarına ve yoğunluğuna, ana kayanın özelliklerine bağlı olan karmaşık bir süreçtir. (Selby 1982) Arazi kullanımındaki değişikliklerin, toprak ve bitkiye yapılan müdahalelerin toprak erozyonunu büyük ölçüde hızlandırabileceği yaygın olarak kabul edilmektedir (Ursic 1965). Erozyonun ana nedenleri arasında tarım faaliyetleri, ormansızlaşma, inşaat çalışmaları, madencilik ve iklim değişiklikleri bulunmaktadır. Bu etkenler, toprağın doğal yapısını bozarak suyun yüzey akışını artırır ve toprağın taşınmasına neden olur. Küresel ölçekte büyük bir çevresel sorun olan erozyon, tarımsal verimliliğini azaltma, su kaynaklarını kirlenme ve ekosisteme ciddi zarar verme potansiyeline sahiptir (Pimentel 2006).

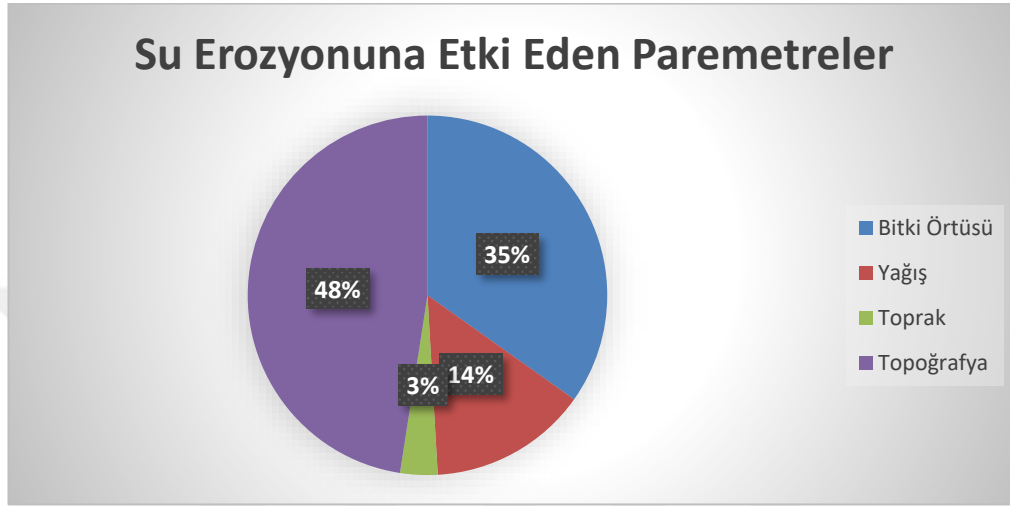
Erozyon, ortaya çıkış nedenlerine göre iki başlık altında incelenir. Bunlardan ilki normal veya jeolojik erozyon, diğeri ise hızlandırılmış veya anormal erozyondur (Uslu 1968) Literatürde Erozyon çeşitleri 4 ana başlıkta toplanır bunlar önem sırasına göre; Su erozyonu, rüzgâr erozyonu, kar erozyonu ve buzul erozyonu olarak sıralanmaktadır. Su erozyonu; Dünya yüzeyinin yağmur damlaları, akarsu, yer altı suları tarafından aşındırıldıktan sonraki taşınımını kapsar. Bu açıdan Su erozyonu, denizel ve karasal erozyon olmak üzere iki gruba ayrılabilir (Zachar 2011). Su erozyonunda en büyük tahribat, denizlerde meydana gelen aşındırmadır. Su erozyonu, diğer erozyon çeşitleri içerisinde en yaygın ve en etkili olanıdır (Tombuş vd. 2012).

Toprak, sayısız canlıyı içinde barındıran dinamik bir ekosistemden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra verimli topraklar ve temiz su, insanlar için en değerli kaynaklar arasındadır. Toprak erozyonu her ikisi için de ciddi birer tehdit oluşturmaktadır. Erozyona uğramış araziler suyu tutma kapasitelerini kaybederek yağışın yüzey akışına geçmesini kolaylaştırmaktadır ki bu da sel felaketi ile çevreye verdiği zararlarını arttırabilmektedir. Sürdürülebilir arazi kullanımı ile erozyonun, tarım ve hayvancılığın üzerindeki olumsuz etkileri hafifletilmeye çalışılmaktadır (WWF 2020). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, erozyonun ekonomik ve sosyal zararları oldukça fazladır. Toprağın kaybı, tarım üretimini olumsuz etkileyerek gıda güvenliğini tehdit ederken, su kalitesinin düşmesi içme suyu kaynaklarının kirlenmesine yol açarak geleceğimizi tehdit etmektedir.

Türkiye, coğrafi yapısı ve iklim özellikleri nedeniyle erozyona karşı oldukça hassas bir ülkedir. Ülkenin büyük bir kısmı eğimli arazilere sahiptir ve bu arazilerde, bitki örtüsünün yetersiz olduğu durumlarda ciddi erozyonlar meydana gelmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın verilerine göre, Türkiye topraklarının önemli bir kısmı erozyon riski altındadır ve bu durum, sürdürülebilir arazi yönetimi ile çevre koruma politikalarının önemini artırmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı 2019). Türkiye'de erozyonla mücadele

için çeşitli geleneksel ve modern yöntemler kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemler arasında teraslama, ağaçlandırma ve su yapıları inşası gibi fiziksel önlemler yer alırken, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama teknikleri gibi modern teknolojiler ile de erozyon zararlarının önceden tespiti ve gerekli planlamaların düzenlenmesine yönelik çalışmalar yapılabilmektedir (Şen 2004).

**Çizelge 1.1.** Su erozyonuna etki eden parametreler (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2022)



Erozyonla mücadele, sadece bir bölge veya ülkenin sorunu değil, küresel düzeyde ele alınması gereken bir konudur. Her bireyin, toplumun ve kurumun bu konuda sorumluluk alması önemlidir. Topraklarımızın sürdürülebilirliğini korumak için bilinçli tarım uygulamaları, ağaçlandırma projeleri, erozyon önleyici yapıların inşası ve teknolojik yeniliklerin kullanımı gibi önlemler alınmalıdır. Uzaktan algılama teknolojisi, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanarak geniş alanlardaki erozyon süreçlerinin izlenmesini ve analiz edilmesini sağlar. CBS ve UA teknolojisi, arazi kullanım değişikliklerini, toprağın nem içeriğini ve bitki örtüsünün durumunu belirlemek için kritik veriler sunar (Jensen 2007). Uzaktan algılama ile elde edilen veriler, CBS yazılımları aracılığıyla analiz edilerek, erozyon risk haritalarının oluşturulmasına ve bu haritalar sayesinde erozyonun mekânsal dağılımının anlaşılmasına olanak tanır. CBS, farklı veri setlerinin bütünleştirilmesini ve detaylı analizlerin yapılmasını sağlayarak, erozyon duyarlılık analizlerinde etkili bir araç olarak kullanılır (Burrough ve McDonnell 1998).

Bu çalışmanın odaklandığı Boğaçay Havzası, Antalya ili sınırları içinde yer almakta olup önemli doğal ve beşerî kaynaklara ev sahipliği yapmaktadır. Boğaçay Havzası, bölgede zengin bitki örtüsü, su kaynakları ve biyolojik çeşitliliği ile karakterize edilir. Ancak, bölgenin topografik yapısı ve insan faaliyetleri nedeniyle ciddi erozyon riski altındadır. Boğaçay Havzası'nda yapılacak erozyon duyarlılık analizi, bölgenin doğal yapısını koruma, sürdürülebilir arazi kullanımı ve su kaynaklarının verimli yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır (DPT 2001). Bu tez çalışmasının ana amacı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, Boğaçay Havzası'nda erozyon duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesidir. Çalışma kapsamında, bölgedeki erozyon risk faktörleri belirlenmiş, risk haritaları oluşturulmuş ve bu verilere dayanılarak erozyon kontrol stratejileri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, uzaktan algılama ve CBS teknolojilerinin bölgedeki erozyon analizlerindeki etkinliği ve uygulanabilirliği de değerlendirilmiştir.

## 2. KAYNAK TARAMASI

Tüm canlıların yaşamında çok önemli bir yer tutan toprak, İnsanlar içinde bir o kadar önemlidir. Ekonomik ve kültürel faaliyetlerin üzerinde gerçekleştirildiği toprak örtüsü en temel doğal kaynaklarımızın başında gelmektedir. Toprağın yanlış kullanımı veya doğal unsurlara karşı toprağı korumaya yönelik önlemlerin alınmaması verimli toprakların zamanla aşınmasına ve yok olmasına neden olmaktadır (İmamoğlu ve Dengiz 2016). Dünyada artan nüfus oranları, tarımın ve diğer toprağı dayalı ekonomik faaliyetlerin insanların ihtiyaçlarını karşılanmasında yetersiz kalmasına yol açmaktadır. Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla gıda ve enerji üretiminin yanı sıra elimizde bulunan doğal kaynakların doğru ve sürdürülebilir kullanımı büyük önem arz etmektedir (Mueller vd. 2012). Bu bağlamda en temel doğal kaynaklarımızın başında gelen toprakların korunması ve erozyonun önlenmesi dünya için en temel sorumluluk alanlarından biridir. Mevcut çalışmalar dünyadaki erozyon oranlarının, doğal toprak oluşumu oranlarından çok daha yüksek olduğunu ve bunun gıda güvenliği için ciddi risk teşkil ettiğini gözler önüne sererken Hükümetler bu tehdidi bertaraf etmenin yollarını aramaktadır (Wuepper vd. 2016).

Erozyon, Dünyada olduğu kadar ülkemizde de en önemli çevre sorunlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Erozyon ülkemizde yılda ortalama 743 milyon ton verimli toprak kaybına neden olurken, yaklaşık 9 milyon ton bitki besin maddesi de erozyonla birlikte kaybedilmektedir (Doğan 2011). Türkiye genelinde erozyonun dağılımı %14 hafif düzeyde, %20 orta derecede ve %63 şiddetli ve çok şiddetli derecede olduğu saptanmıştır. Dünya genelinde kişi başına düşen erozyonla kaybedilen toprak miktarı yılda 4 ton iken, ülkemizde maalesef 10 ton olarak gerçekleşmektedir (Doğan 2011). Dünya devletlerinin alarm seviyesinde incelediği erozyon tehdidinin ülkemizdeki boyutları göz önünde bulundurulduğunda Türkiye için bu sorun bir hayli önem arz etmektedir. Erozyonun tespiti ve korunma yollarına yönelik gerekli çalışmaların yapılmadığını taktirde geri-dönüşü olmayan yollara gelinmesi kaçınılmazdır.

İnsanın çevreye ve doğal kaynaklara olan etkisinin daha da artmasıyla gelecekte doğuracağı sonuçlarını kestirmeye yönelik tahminlerin ihtiyacı da arttırmıştır (Shougang vd. 2014). Erozyon tahmin modellerinin hedefi erozyona duyarlı alanların tespit edilip toprağın uğradığı veya uğrayabileceği erozyon miktarlarının hesaplanmasıdır (Alevkayalı ve Abi 2023). Araziye en uygun erozyon modelinin seçimi, yıllara göre toprak kaybı eğilimini ve azaltılmasına ve/veya engellemesine yönelik hükümet politika ve stratejilerine rehberlik edebilir. Dolayısıyla erozyon tahmin modelleri çevreyi anlamamıza ve gelecekte toprağın muhtemel değişimini şimdiden kestirmemizde önemli bir rol oynamaktadır (Igwe vd. 2017)

Toprak erozyonu tespitine yönelik birçok model ve eşitlik üretilmiştir. İlk çalışmalara 70 yıl önce başlansa da en önemli ilerleme 1965 yılında Wischmeier ve Smith tarafından geliştirilen USLE (Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği) modeli ile katedilmiştir, USLE modeli bu alandaki ilk ve en kapsamlı çok kriterli model olmuştur (Lafren ve Flanagan 2013). Erozyon modelleri arasında kusursuz bir model olmamakla birlikte, her modelin kendine göre artıları ve eksileri bulunmaktadır. Erozyon modellerinde değerlendirilen kriterler çalışmanın amacına ve çalışma alanının özelliklerine yönelik değişiklik gösterebilmektedir, bu yüzden en uygun model uzman tarafından belirlenmeli ve buna göre uygulanmalıdır (Merritt, Letcher, ve Jakeman 2003). Erozyon modelleri,

literatürde modelde değerlendirilen fiziksel süreçlere, süreci açıklayan algoritmalarına ve kullanılan verilere bağlı olarak 3 ana başlıkta incelenmektedir bunlar: Deneye dayalı (Ampirik veya istatistiksel) model, fiziki tabanlı model ve kavramsal modeldir (Igwe vd 2017). Bunlar dışında bazı literatür çalışmalarında birden fazla metodu içeren Hybrid (Karışık) modeller 4. Bir başlık altında incelenebilmektedir.

Kavramsal modellerde, yağmur ve sel olayı gibi toprağın aşınmasına sebep olan faktörler girdi olarak ele alınır ve bu faktörlerin etkisiyle ortaya çıkan sediment miktarı çıktı olarak kabul edilerek erozyon oranlarının hesaplanması amaçlanmaktadır (Chandramohan vd. 2015).

Fiziksel temelli erozyon modellerinde, enerji ve kütlenin korunum yasalarıyla birlikte matematiksel eşitlikler kullanılarak erozyon oranları hesaplanmaktadır. Bu modeller sedimentin sürüklenme, taşınma, birikme süreçlerini mekânsal ve zamansal değişimlerini inceler (Morgan 2005). Bunların içinde kısıtlı verinin ve girdinin olduğu durumlarda rahatlıkla uygulanabilen Deneysel (Ampirik) modeller ise en basit olanıdır. Bu tür modeller için hesaplama ve veri gereksinimleri diğer modellere göre daha azdır (Jakeman vd. 1999). Bu model sınıfının özelliği, yüksek düzeyde mekânsal ve zamansal verilerin kullanılmasıdır.

Birçok deneysel model, yazılımsal teknikler kullanılarak havza verilerinin analizine dayanmaktadır bu nedenle havza bazlı erozyon çalışmaları için en ideal araçlardır. Smith'e (1999) göre en yaygın olarak uygulanan deneysel toprak kaybı modelleri USLE, onun geliştirilmiş versiyonu olan Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) ve Güney Afrika Toprak Kaybı Tahmin (SLEMSA) modelidir (Igwe vd 2017).

**Çizelge 2.1.** En çok kullanılan erozyon tahmin modelleri (Hajigholizadeh ve Melesse, 2018)

| Grup                             | Model   | Modelin Tanımı                                                             | Geliştirici           |
|----------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Deneysel Modeller</b>         | USLE    | Evrensel Toprak Kaybı Denklemi                                             | Wischmeier, vd., 1965 |
|                                  | RUSLE   | Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi                                  | Renard, vd., 1991     |
|                                  | MUSLE   | Değiştirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi                               | Scott, vd., 1977      |
|                                  | PSIAC   | Pasifik Güneybatı Kuruluşlar Arası Komite Yöntemi                          | Ferro, vd., 1968      |
|                                  | SLEMS A | Güney Afrika İçin Toprak Kaybı Tahmin Modeli                               | Elwell, vd., 1978     |
|                                  | EPM     | Erozyon Potansiyeli Yöntemi                                                | Dragičević, vd., 2017 |
|                                  | SEDD    | Sediman Dağıtımı Dağıtıldı                                                 | Ferro, vd., 2000      |
|                                  | TCRP    | Toprak İşleme Kontrollü Akış Modeli Modeli                                 | Takken, vd., 2001     |
|                                  | MOSES   | Modüler Toprak Erozyon Sistemi Projesi                                     | Charles, vd. (2001)   |
|                                  | TMDL    | Toplam Maksimum Günlük Sediment                                            | USA EPA (1991)        |
| <b>Fiziksel Tabanlı Modeller</b> | ANSWERS | Alansal Noktasal Olmayan Kaynak Havza Çevre Müdahale Simülasyonu           | Williams, vd., 1985   |
|                                  | CREAMS  | Tarımsal Yönetim Sistemlerinden Kaynaklanan Kimyasallar, Akıntı Ve Erozyon | Knisel, vd., 1982     |

**Çizelge 2.1.** arka sayfada devam etmektedir.

Çizelge 2.1'in devamı

|                    | TOPOG         | Arazi Analizi Hidrolojik Modeli                                          | Vertessy, vd., 1993  |
|--------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                    | WESP          | Havza Erozyonu Tahmin Projesi                                            | Lopes, vd., 1987     |
|                    | EUROSEM       | Avrupa Toprak Erozyonu Ve Tortu Taşıma Modeli                            | Morgan, vd., 1998    |
|                    | SHESED        | SHE-Sedimentasyon                                                        | Abbott, vd., 1986    |
|                    | ARMSED        | Ordu Çoklu Havza Yağmur Suyu Ve Tortu Akıntısı                           |                      |
|                    | RUNOFF        |                                                                          | Borah, 1989          |
|                    | KINEROS       | Kinematik Akış Ve Erozyon Modeli                                         | Woolhiser, vd., 1990 |
|                    | WEPP          | Havza Erozyonu Tahmin Projesi                                            | Laflen, vd., 1991    |
|                    | PERFECT       | Verimlilik, Erozyon Ve Akış, Koruma Tekniklerini Değerlendirme İşlevleri | Littleboy, vd., 1989 |
|                    | GLEAMS        | Tarımsal Yönetim Sistemlerinin Yeraltı Suyu Yükleme Etkileri             | Leonard, vd., 1987   |
|                    | PEPP          | Süreç Odaklı Erozyon Tahmin Programı                                     | Schramm, vd., 1994   |
|                    | CSEP          | Toprak Erozyonu Potansiyeli İçin İklim İndeksi                           |                      |
|                    | EROSION-3D    | Erozyon-3d                                                               | Schmidt, vd., 1999   |
|                    | RHEM          | Rangeland Hidroloji ve Erozyonu Modeli                                   | Nearing, vd., 2011   |
|                    | LISEM         | Limburg Toprak Erozyonu Modeli                                           | Wesseling, vd., 1996 |
|                    | SHETRAN       | Avrupa Dağıtık Havza Akışı Ve Taşıma Modelleme Sistemi                   | Ewen, vd., 2000      |
|                    | GUEST         | Griffiths Üniversitesi Erozyon Sistemi Şablonu                           | Hairsine, vd., 1991  |
|                    | SIMWE         | Su Erozyonunun Simülasyonu                                               | Thaxton, vd., 2004   |
|                    | SEMMED        | Akdeniz Bölgeleri İçin Toprak Erozyonu Modeli                            | De Jong, vd., 1999   |
|                    | WATEM         | Su Ve Toprak İşleme Erozyon Modeli                                       | Van, vd., 2000       |
|                    | HSPF          | Hidrolojik Simülasyon Programı, Fortran                                  | Laroche, vd., 1996   |
| Kavramsal Modeller | SWRRB         | Kırsal Havzalarda Su Kaynakları Simülatörü                               | Williams, vd., 1985  |
|                    | AGNPS         | Tarımsal Noktasal Olmayan Kaynak Kirliliği Modeli                        | Ribauda, vd., 1989   |
|                    | MEDRUSH       | Medalus Çölleşme Müdahale Birimi                                         | Kirkby, 1999         |
|                    | LASCAM        | Büyük Ölçekli Havza Modeli                                               | Sivapalan, vd., 2002 |
|                    | AGNPS-UM EMSS | Tarımsal Noktasal Olmayan Kaynak Kirliliği Modeli, Değiştirildi          | Grunwald, vd., 1999  |
|                    | SEDNET        | Avrupa Sediment AĞI                                                      |                      |
|                    | STREAM        | Sızdırmazlık, Transfer, Akıntı, Erozyon, Tarımsal Modifikasyon Modeli    | King, vd., 2005      |
|                    | CAESAR        | CAESAR Peyzaj Evrim Modeli                                               | Murray, vd., 1994    |
|                    | INCA          | Entegre Havza Modeli                                                     | Wade, vd., 2002      |
|                    | SWAT          | Toprak Ve Su Değerlendirme Aracı                                         | Arnold, vd., 1998    |
|                    | SWIM          | Toprak Ve Su Entegre Modeli                                              | Krysanova, vd., 1998 |
|                    | IQQM          | Bütünleşik Miktar Ve Kalite Modeli                                       | Simons, vd., 1996    |
|                    | SERAE         | Avrupa Modelinde Toprak Erozyonu Risk Değerlendirmesi                    | Knijff, vd., 2000    |
|                    | EPIC          | Erozyon-Verimlilik Etkisi Hesaplayıcı                                    | Williams, vd., 1989  |
|                    | APSIM         | Tarımsal Üretim Simülatörü                                               | McCown, vd., 1996    |
|                    | WILSIM        | Toprak Ve Su Entegre Modeli                                              | Luo, vd., 2006       |

Çalışmaya yönelik yürütülen kaynak taraması üç başlık altında detaylandırılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak, Erozyon tespitine yönelik geliştirilmiş yaygın kullanılan modellere ait çalışmalar incelenmiş, ikinci olarak çalışmada uygulanacak olan RUSLE erozyon modelinin ülkemizde ve dünyada kullanıldığı bilimsel çalışmaların tespit edilip yorumlanması yapılmış ve son olarak çalışmaya konu olan Boğaçay Havzasına yönelik daha önce yapılmış araştırmaların incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

## 2.1. Erozyon Tespitine Yönelik Çalışmalar

Tiwari, vd. (2000) tarafından yürütülen çalışmada WEPP erozyon modelinin değerlendirilmesi ile RUSLE ve USLE modelleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Araştırmacılara göre WEPP erozyon modeli, hidroloji, bitki bilimleri, toprak fizik ve erozyon mekaniği gibi çeşitli bilimlerin hesaba katıldığı bir erozyon modelidir. WEPP, ortalama net toprak kaybı yerine toprak kaybını ve birikmesini tahmin eder. WEPP erozyon denklemi  $dG/dx = Df + Di$  şeklindedir burada  $x$  eğim aşağı mesafeyi,  $G$  sediment yükünü temsil ederken,  $D$  i, yarıklar arası erozyon oranıdır ve  $Df$ , çay yatağı genişliğindeki erozyon oranını temsil eder. WEPP ile diğer çoğu modellerin arasındaki fark, denkleminin düzgün akış alanındaki erozyonu ölçmek yerine dereler ve yarıklar bazında sediment sürekliliğini hesaplamasıdır. WEPP modelini test etmek için Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan farklı koşullar altındaki 20 lokasyonun doğal akış alanlarından elde edilen yağış, akış ve toprak kaybı verileri kullanılarak 3 farklı erozyon modeliyle testler yapılmıştır. USLE'nin dokuz bölgede toprak kaybını daha iyi tahmin ettiği ve RUSLE ve WEPP'in sırasıyla altı ve beş saha için en iyi tahminleri yaptığı tespit edilmiştir.

Arnold, vd. (1998), SWAT modelinin kullanımını, kalibrasyonuna ve doğrulamasına yönelik kullanıcılara yol gösterici olması adına bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmacılara göre SWAT (Toprak ve Su Değerlendirme Aracı) modeli, yarı dağıtılmış<sup>1</sup> havza bazlı belli bir zaman aralığı zarfında topraktaki erozyonu ve akarsuyun su içeriğini değerlendiren bir modelidir. SWAT'ta, analizi yapılacak havza bir dizi alt havzaya bölünür ve bunlar arazi kullanımı ve yönetimi, topografik ve toprak özelliklerine dayalı "Hidrolojik Müdahale Birimlerine" (HRU'lar) bölünür. HRU'lar, her bir alt havzanın oransal bir temsilini sağlar ve bir SWAT modelinin içinde bitişik veya mekânsal olarak tanımlanamayabilirler. Alternatif bir yaklaşım olarak, bir havza sadece belirgin arazi kullanımı, toprak tipi ve yönetim özellikleriyle tanımlanan alt havzalara bölünebilir. SWAT'ın başlıca model bileşenleri arasında, hidroloji, hava durumu, toprak sıcaklığı ve özellikleri, bitki büyümesi, besinler, pestisitler, bakteriler ve patojenler ve arazi yönetimi gibi çok sayıda girdi parametresi gerektirmektedir.

Sadeghi vd. (2017), Toprak erozyonunun hakkında küresel ölçekte verimlilik, gelir dağılımı ve çevre üzerinde zararlı etkileri bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, kanallar ve nehirler nedeniyle ortaya çıkan erozyon olaylarının ve tortu

<sup>1</sup> Meteorolojik koşullar (yağış, sıcaklık vb.) ve fiziksel parametreler (arazi kullanımı, toprak, yükseklik vb.) dahil olmak üzere girdi değişkenlerinin mekansal dağılımının havzanın alt havzalarına göre değişkenlik gösterdiği modeller

taşınımının bir havzadaki en karmaşık konulardan biri olduğunu savunmaktadır. MUSLE'nin (Modifiye Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) erozyon modeli dünya çapında yaygın olarak uygulandığını, ancak başarısı konusunda farklı performansların olduğunu rapor etmişlerdir. Bundan dolayı araştırmacılar yaptıkları çalışmayla MUSLE modelini hangi koşullar altında uygulandığını ve nasıl sonuçlar tespit edildiğini değerlendirmek amacı ile modele yönelik literatür incelemesi gerçekleştirmişlerdir. Toplam 49 makalenin incelendiği çalışmada, nelerin doğru nelerin yanlış yapıldığı tartışılmıştır. Literatür incelemesi sonucunda, araştırmacılar tarafından verilerin doğru kullanılmasında ve modelin uygulama deneyimlerinde farklılıklar tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, doğru sonuçlara ulaşmak için modelin geliştiricileri tarafından yapılan orijinal uygulamasına sadık kalınmasının gerektiği belirtilmiştir.

Borrelli vd (2011), İtalya'da bulunan Yukarı Turano havzasında USPED erozyon tahmin modeliyle gerçekleştirdikleri analizlerde, yoğun ağaç kesimi gibi insan kaynaklı etkiler ile hızlandırılmış erozyona arasındaki ilişkiyi tespit etmeye çalışmışlardır. Söz konusu USPED modeli, Avrupa kıtasının yapısına uygun olarak geliştirilmiş, toprak erozyon oranlarını tahmin etmek için çeşitli girdi parametreleri kullanılan erozyon tahmin modelidir. Bu parametreler, yüksek çözünürlüklü dijital yükseklik modeli (DEM) ile birlikte RUSLE modelinin R, K, C ve P faktörlerini içermektedir. Çalışmada gerçekleştirilen erozyon araştırmaları, Mart 2001'den Şubat 2012'ye kadar olan dönem için aylık ve yıllık ortalama toprak erozyonu oranları hakkında bilgi sağlamıştır. Araştırma sonuçları, orman alanlarında gerçekleştirilen ağaç kesim faaliyetlerinin erozyon oranlarında belirgin bir artışa yol açtığını göstermiştir. Çalışma Ormanlarda kesim yapılan alanlarda yapılmayan alanlara göre %74.2 daha yüksek erozyon oranları görüldüğünü ortaya koymuştur.

Kirkby vd. (2008), Avrupa için geliştirdikleri erozyon modeline PESERA adını vermişlerdir. PESERA; topografya, iklim, bitki örtüsü, toprak yapısı gibi parametreleri hesaba katıldığı erozyon tahmin modelidir. Alışılmış erozyon modellerinden toprak kaybı oranlarını tespit etmeye yönelik girdilerin yetersiz olduğu ve mevcut modellerin genellikle tortu taşınımını tahmin etmek için tasarlandığını belirten araştırmacılar, akış süreçlerini ve özellikle yamaçlardaki tortu taşınımının daha iyi tanımlayan PESERA modelini geliştirmeyi gerekli görmüşlerdir.

Feng vd. (2010), Çin Loess Platosu'da toprak erozyonunu tespit etmek amacı ile WATEM/SEDEM modellerini kullanmışlardır. WATEM/SEDEM modeli piksel tabanlı olup, toprak erozyon miktarını ölçmek ve tortu taşıma kapasitesini hesaplamak amacı ile kullanılmaktadır. Araştırmacılara göre her piksel için ortalama yıllık toprak kaybı (E) RUSLE modeli kullanılarak,  $E = RKLSCP$  eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu formülde, R yağışın aşındırıcılık faktörünü, K toprağın aşınabilirlik faktörünü, L eğim uzunluğu faktörünü, S topografik eğim faktörünü, C mahsul ve yönetim faktörünü ve P erozyon kontrolü uygulama faktörünü temsil eder. Çalışmada, modeli kalibre etmek için araziden alınan örnekler ile 137Cs ölçümleri yapılmış elde edilen toprak erozyon oranları WATEM/SEDEM sonucu elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar modelin, hücre bazında erozyon miktarını tahmin etmede kötü performans verdiğini, genel çerçevede havzanın ortalama erozyon miktarını tahmin etmede ise daha etkili olduğunu göstermiştir.

Merriit, vd. (2003)'ne göre, Erozyon tahmin modelleri genellikle yıllık ortalama erozyonu dolayısıyla kaybolan toprak miktarını tahmin etmek amacı ile geliştirilmiştir. Niteliksel modellerde gözleme dayalı erozyon tespiti yapılırken, niceliksel yöntemlerde; fiziksel ölçümler, deneysel ölçümler ve istatistiksel hesaplamalar sonucu tespit edilirler. Niteliksel modeller genel olarak CORINE, ICONA, FAO gibi modeller öne çıkarken, Niceliksel yöntemlerde ise EPIC, USLE, MUSLE, RUSLE gibi eşitlikler en çok kullanılan modeller arasındadır.

## 2.2. RUSLE Modeli ile İlgili Çalışmalar

Tağıl (2007) Çalışma Biga Yarımadasında bulunan Tuzla Çayı havzasına RUSLE modeli kullanılarak erozyon riski belirlemek ve arazi kullanımın ve arazi örtüsünün erozyon üzerine etkisini incelemek amacı ile bir çalışma yürütmüştür. Bu kapsamda Landsat TM 1987 ve Landsat ETM+ 2000 uydularında elde edilen veriler kullanılarak analizler yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre, Tuzla Çayı havzasında erozyonun artış gösterdiği belirlenmiştir.

Erdem (2017)'e göre erozyon tespit çalışmaları arazide, laboratuvar ortamında, deneysel olarak yapılabileceği gibi belli kriterlere ve parametrelere göre uyarlanmış erozyon modelleri vasıtasıyla da tespit edilebilmektedir. Araştırmacı çalışmada, Ordu ili Gülyalı ilçesi Turna suyu bölgesindeki arazileri CORINE, LEAM, RUSLE ve ICONA gibi çok farklı niceliksel yöntemler vasıtasıyla incelemiş ve bölgedeki erozyon alanlarını tespit etmiş, sayısal haritaları oluşturularak bu modelleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, CORINE modeline göre alanın %27.8'i yüksek, LEAM'a göre alanın %72.6'sı çok yüksek, ICONA modeline göre alanın %54.8'i çok şiddetli derecede ve son olarak RUSLE modeline göre ise toplam alanın %48.7'sinin şiddetli ve çok şiddetli erozyon riskine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda bölgenin erozyon için çok Riskli bir alan olduğu belirlenmiştir.

Özşahin (2014) Tekirdağ bölgesinde yaptığı çalışmada, RUSLE modelini kullanarak bölgedeki erozyonu belirlemeye çalışılmıştır. Araştırmaya göre, bölgedeki erozyon daha çok eğimin fazla olduğu, bitki örtüsünden yoksun, vadi topografyalarında ve toprak özellikleri ince karakterli olan bölgelerde ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak Tekirdağ İl'inin geneli %61,9 çok hafif erozyon riskinin olduğu ortaya konmuştur. Araştırmacıya göre, ildeki yıllık ortalama toprak kaybı 5.26 hektar olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç Türkiye geneli için düşünüldüğünde oldukça önemlidir.

Ganasri ve H Ramesh (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Hindistan'ın güneybatı kesiminde yer alan Nethravathi havzasındaki toprak kaybını tahmin etmek için CBS ile entegre edilmiş Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) toprak kaybı modeli kullanılmıştır. RUSLE modelinin parametreleri uzaktan algılama verileri kullanılarak tahmin edilmiş ve erozyon olasılık bölgeleri CBS kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarının, Nethravathi havzasındaki toprak erozyonunu azaltmak için toprak yönetimi ve koruma uygulamalarının uygulanmasına kesinlikle yardımcı olacağı belirtilmiştir.

Pektezel (2015) tarafından yürütülen bir çalışmada ise, Coğrafi Bilgi Sistemleri vasıtasıyla düzenlenmiş olan evrensel toprak kaybı denklemini kullanılarak, Gelibolu yarımadası'nda erozyon nedeniyle kaybedilen toprak miktarının belirlenmesi ve

haritalanması amaçlanmıştır. Çalışmada çeşitli sağlayıcılardan elde edilen veriler CBS ortamına aktarılmış ve 10x10 metre çözünürlüğünde raster haritalara dönüştürüldükten sonra, raster calculator kullanılarak RUSLE modeli hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, 6 risk sınıfının belirlendiği çalışma alanının %75,8'inin çok hafif erozyon riski altında olduğu ortaya çıkarılmıştır. Alanın % 86,2'lik kısmı gibi geniş bir bölümünde yıllık ortalama 0-12 ha arası toprak kayıp miktarı olduğu belirlenmiştir. Gelibolu Yarımadası'nda yaşanan yıllık ortalama toprak kaybı ise 4.79 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Araştırmada erozyon riski yüksek olan yerlerde eğimin kısmen fazla olduğu, bitki örtüsünün az olduğu, vadi yoğunluğunun fazla olduğu ve toprağın kolay aşınabilir karakterde (ince karakterli) olduğu belirlenmiştir.

Tiruwa vd. (2016) Nepal'de RUSLE ile yaptığı çalışmalarında en yüksek erozyonun tepelerde bulunan ormandan yoksun alanlarda (13.374,3 t yıl<sup>-1</sup>) ve en düşük erozyonun ise çayırarda (2,9 t yıl<sup>-1</sup>) meydana geldiğini belirlemişlerdir. Araştırma sonucuna göre, tepe ormanları, tepelerin dikliği, açık orman türleri ve koruma uygulamalarının minimum düzeyde kullanılması nedeniyle yüksek ila çok şiddetli erozyonun meydana geldiği ifade edilmiştir. Ayrıca, yüksek erozyon noktaları (Yıllık 15 hektar ile) havzanın yalnızca %4,2'sinde görülmüştür olup özellikle de dik yamaçlarda meydana gelmiştir.

Danacıoğlu ve Tağıl (2017) Çalışmada Bakırçay Havzası'nda su kaynaklı meydana gelen erozyon miktarını ve erozyon risk durumu ortaya koymak amacı ile RUSLE modelini kullanmıştır. Çalışmada RUSLE yöntemi için gerekli olan toprak verilerini temin etmek amacı ile bölgede karelej yöntemine göre 108 örnek alınmıştır, Arazi Kullanım verisi için LANDSAT Operational Land Imager OLI 30m çözünürlüklü data seti kullanılmış olup yağış verileri ve DEM verileri vasıtasıyla CBS'de gerekli analizler yapılarak sayısal haritalar üretilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Bakırçay havzasında ortaya çıkan erozyon miktarının, eğimi yüksek ve ormanlardan yoksun havza tabanını çevreleyen dağ yamaçlarında en yüksek oranlara ulaştığı tespit edilmiştir.

Ölgen vd. (2018)'e göre günümüzde erozyon tespiti için çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu modeller çok çeşitli şekillerde, farklı başlıklar altında sınıflandırılabilir. Bunlardan bir kısmı doğal erozyonu tespit etmek için kullanırken diğer kısmı ise hızlandırılmış yani antropojenik etki ile ortaya çıkan erozyonu incelemektedir. Kimi modeller istatistiksel-fiziksel kimi modeller niteliksel-niceliksel olarak incelenebilmektedir.

Koirala vd. (2019) Ekonomisinin %36 tarıma dayalı olan Nepal'de, toprak erozyonunun tarıma olan etkisini hafifletmek amacı ile bir dizi erozyon kontrol planı yapmışlardır. Araştırmacılar Bölgesel bazda ve havza bazında olmak üzere RUSLE modelini kullanarak erozyonu tahmin etmişlerdir. Bölgesel bazlı yapılan analizlerde Karnali, Gandaki, Yüksek Himal, Chure ve Terai'nin ortalama erozyon oranlarının sırasıyla yılda 38,0, 32,0, 28,0, 7,0 ve 0,1 hektar olduğunu göstermiştir. Havza bazlı yapılan erozyon analizlerinde ise Karnali, Gandaki, Koshi ve Mahakali Akarsu havzalarının yıllık erozyonlarının sırasıyla 135, 96, 79 ve 15 hektar olduğu belirlenmiştir. Araştırmada ortalama toprak erozyonu oranının dik eğimlerde daha fazla olduğu tespit edilirken (yılda ortalama 34 hektar), hafif eğimlerde (%5'den daha düşük eğimler) daha az erozyon oranları belirlenmiştir (yılda ortalama 3 hektar).

Fang vd. (2019) Çin Yangtze nehri havzasında yaptıkları çalışmada, yağış miktarı verileri, toprak verileri, dijital yükseklik modeli (DEM) ve uzaktan algılama (RS) görüntü verileri gibi faktörler kullanarak, Coğrafi bilgi sistemi (GIS) ve Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Modeli (RUSLE) yöntemi ile erozyon risk çalışmaları yapmışlardır. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, en fazla erozyon oranı %49,1 ile tarım alanlarında görülürken, %27.1 ile yerleşim bölgeleri takip etmiştir.

Kebede vd. (2021) Etiyopya'daki Mavi Nil Havzasında RUSLE modeli için gerekli olan yağış erozyonu (R) faktörünü belirlemek amacı ile üç farklı tarımsal bölgedeki (Guder (yayla), Aba Gerima (orta yükseklikteki bölge) ve Dibatie (ova)) C ve P faktörlerini belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılara göre, genel olarak ortalama P değerleri, ekili araziler için orta bölge> yayla> ova şeklinde belirlenmiş iken, ekili olmayan araziler için Yayla> ova> orta bölge şeklinde ortaya çıkmıştır. Araştırmacılara göre yerel koşullarda C- ve P- faktör değerlerinin doğruluğunun yüksek belirlenmesi ile havzada toprak kaybı tahmininin büyük ölçüde iyileştirilmesine yardımcı olacağını ifade etmişlerdir.

Türkmen ve Erdem (2020), Ordu ili Gülyalı ilçesinde bulunan Çırçıp deresi su toplama havzasındaki toprakların RUSLE modeli kullanılarak erozyon durumlarını tespit etmeye yönelik bir çalışılma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonucunda bölgenin %48.7 ile çok yüksek ve aşırı yüksek erozyona sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Chafai vd. (2020) Tunus'ta Ayda Nehri Havzasında yaptıkları çalışmada RUSLE modelini kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen erozyon risk haritalarında, erozyon oranı en az Ayda nehrinin aşağı kısımlarında (yılda ortalama 9 hektar), en yüksek erozyon oranı ise bitkiden yoksun arazilerde ve özellikle yüksek eğim değerlerine sahip alanlarda (havzanın güneybatı kesimleri) görülmüştür (Yıllık ortalama 330 hektar). Çalışmada su erozyonuna karşı en savunmasız olan bölgeler ise Djebel Barbrou ve Kef Guedouara alt havzaları olduğu tespit edilmiştir.

İkiel vd. (2020) Trakya bölgesinin erozyon duyarlılık oranlarını RUSLE yöntemi ile tespit etmeye çalışmışlardır. Bu kapsamda önce Yağış Eroziyon (R), Toprak Erozyon (K), Eğim Uzunluğu ve Eğim Dikliği (LS), Zemin Örtüsü (C) ve Erozyon Kontrol (P), Arazi kullanım faktörü için Landsat 8 OLI uydu verileri kullanılarak CBS ortamında analizleri yapılmış daha sonra sayısal harita çıktıları elde edilmiştir. Elde edilen sayısal harita çok hafif, hafif, orta, güçlü ve şiddetli olarak 5 sınıfa ayrılmıştır. Analizler sonucu çalışma alanının % 67.6'sında çok hafif erozyon tespit edilmiştir.

Saketa vd. (2021) Etiyopya'nın Beles bölgesinde yürüttükleri araştırmada, yağış erozyonu, toprak erozyonu, topografik, örtü yönetimi ve koruma uygulamaları gibi faktörleri GIS platformlarında katmanlar haline getirerek erozyon nedeniyle ortaya çıkan toprak kaybının çıplak alanlarda ve su yollarında sifıra yakın olduğunu fakat eğimli ve dik dağlık yamaçlarda yılda 50 hektardan fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmada genel olarak ortaya çıkan yıllık ortalama toprak kaybının ise yılda 13,2 ton/ha olduğu belirlenmiştir. Toprak erozyon riskinin mekânsal dağılımında ise, havzanın %58,2'sinde yılda 5 ha'dan daha az toprak kaybı yaşanmıştır. Araştırma sonuçları dik yamaçlarda, dağlık alanlarda, bitki örtüsünün bulunmadığı ve yoğun tarım yapılan alanlarda yüksek toprak erozyonunun hâkim olduğunu göstermiştir. Çalışmada RUSLE'nin GIS ile birlikte kullanımı, özellikle Bölgede inşa edilecek Büyük Etiyopya

Renesance Barajı'nın (GERD) sürdürülebilirliği ve toprak erozyonunu azaltmak amacıyla sürdürülebilir toprak yönetimi uygulamalarının etkili bir şekilde planlanmasında önemi vurgulanmıştır.

Li vd. (2023) yaptıkları çalışmada Pakistan'ın Chakwal Bölgesi'ndeki yıllık toprak kaybı oranını tahmin etmek amacı ile RUSLE modeli ve Coğrafi Bilgi Sistemini (GIS) birlikte kullanmışlardır. RUSLE modeli parametreleri Uzaktan algılama verileri kullanılarak elde edilmiş, erozyon bölgeleri ise bu verilerin GIS yazılımlarındaki işlemler sonucunda tespit edilmiştir. Sonuçlar bölgede yıllık yaklaşık 4,67 hektar toprak kaybı olduğunu göstermiştir. Tarım alanlarındaki artışa bağlı olarak tahmin edilen toprak erozyonunun yıllık yaklaşık 164 hektar artış görülmüştür. Ayrıca çalışmada hızlıca güncel arazi kullanım verileri elde etmek için Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Araştırma sonucu olarak bölgenin %38,13'ü çok yüksek toprak erozyonu tehdidi altında ve toprak erozyonu miktarı yılda 365,35 hektar olduğu tespit edilmiştir.

Okacha vd. (2023) Havza bazlı yaptıkları bir çalışmada, RUSLE modeli kullanılarak Fas'ta bulunan Nekor dağlık havzasında yıllık ortalama 37,8 t/ha toprak kaybı oranı tespit etmişlerdir. Araştırmacılara göre bu bulgu alanda yıllık 3,8 kg toprak kaybının olduğunu göstermiştir. Çalışmadan elde edilen bulguya göre en yüksek erozyon oranları havzanın yüksek yerlerinde yani tepelerde ve yüksek dağlardaki eğimli yamaçlarda görülmüştür. Çalışma sonucunda engebeli topografya ve şiddetli yağışın, erozyon süreçlerini etkileyen en önemli iki faktör olduğu tespit edilmiştir.

### 2.3. Çalışma Alanı ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Pekcan (1993) Çakırlar (Boğaçay) Ovasına yönelik yaptıkları bir çalışmada bölgenin Jeomorfolojik etüdünü gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacıya göre, ova'nın kıyı ovası olduğu Kuaterner'den önce çöküğü Flandriyen transgresyonu esnasında dolduğu tespit edilmiştir. Ovanın Merkezi Alüvyon arazilerden oluşurken, batı kısımlarında alt bölümlerinde fliş, üst kısımlarda kalker yoğunlukta üst Kretase formasyonları bulunmaktadır, Ova'nın doğusu Traverten formasyonu kaplamaktadır, Pliyosen ve Kuaterner'e tarihlenmektedir. Eğim batıdan doğuya doğru binde 6-7 olarak tespit edilmiş, kuzeyde daha fazla güneyde daha düşüktür. Ovada başlıca 2 akarsu bulunmaktadır bunlardan biri Çandır diğeri ise Göksu deresidir. Göksu Deresi, yukarı çıkırında Karaman çayı, aşağı çıkırında Boğaçay adını almaktadır. Bölgede tipik Akdeniz iklimi görülmektedir.

Parlak ve Atik (2023) Antalya Konyaaltı ilçesinin mavi altyapı durumunu irdeledikleri çalışmada, ilçenin Boğaçay'ın Toroslardan getirdiği alüvyonlar üzerine kurulu olduğunu, ilçede mavi altyapı çalışmalarının yetersizliği ve dere yataklarına konutlaşma gibi uygunsuz şehirleşme nedeniyle aşırı yağışlarla sel ve taşkınlara maruz kaldığını tespit etmişlerdir. Boğaçay dere yatağının, Kentselleşmenin ortasında kaldığını vurgulayan araştırmacılara göre, Boğaçay ve Sarısu nehir yataklarında kentleşme nedeniyle 461.42 ha'lık alan kaybı saptanmıştır. Çalışmada ilçedeki kentleşmenin hızla devam ettiği ve Boğaçay'ın kuzey kesimlerindeki kırsal ve tarımsal alanlara yönelildiği vurgulanmıştır.

Çıplak ve Atik (2022) yaptıkları bir çalışmada, bölgede yapılan projenin Boğaçay'ına etkisi ve yıllara göre değişimi tespit edilmeye çalışılmıştır. Proje alanı 53,67

ha alanı kaplamış olup proje sonunda yapılaşmanın arttığı gözlenmiştir, ayrıca Boğaçay'ın batı kolunda değişim tespit edilmiştir. Proje sonunda havzasın ekolojik olarak değiştiği çevresindeki makilik alanların tahrip edildiği belirtilmiştir.

Dipova (2010) çalışmasında Boğaçay Kıyı Ovası'na yönelik değerlendirmelerde bulunmuştur. Ovanın lagünel çökellerden oluştuğunu belirten araştırmacı bölgedeki yerleşimde zemin kaynaklı sorunlar ortaya çıktığını ayrıca bölgenin üç diri fay kuşağı arasında yer aldığını vurgulamıştır. Araştırmacıya göre, alanın çevresindeki engebeli ve yüksek topoğrafyası nedeniyle anlık yüksek yağışla birlikte çanak görevi görerek ovanın sellenmesine neden olabilmektedir. Ovanın batı topografyasında Jura-Kretase kireçtaşları, diğer yönlerde ise Geç Kretase yaşlı ofiyolitik birim ve Pliyo-Kuvaterner tufadan oluşmaktadır. Araştırmacı, bölgedeki taş ve çeşitli maden ocaklarının çevre sorunlarına yol açtığını, plajdan kullanılmak üzere alınan sedimanların kıyı erozyonuna sebep olduğunu ifade etmiştir.

Özçelik (2022) makalesinde Boğaçay havzasında bulunan maden ocaklarının havzaya ve akarsuya etkilerini irdelemiştir. Konyaaltı plajındaki kumların Boğaçay tarafından taşındığını belirten araştırmacı maden ocaklarının bu kumları kullanarak alüvyon malzemesini azalttığını ve kıyı erozyonuna neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca araştırmacı, Boğaçay yatağının kumuldan oluşması nedeniyle akarsu yatağında erozyon ve çökelmeler meydana gelerek mendereslenmeyi arttırdığını, daha yavaş ilerlemesine neden olduğunu öne sürmüştür.

Apaydın vd. (2019) Antalya-Boğaçay projesinin bölgenin yeraltı sularına ve Konyaaltı Plajına etkilerini irdeleyerek bunlara ilişkin çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Boğaçay havzasına ve akarsularına yönelik değerli bilgiler sunan araştırmacılar, Boğaçay'ın kurak mevsimde akış göstermediğini yağışlarla akışa geçip taşkınlara sebebiyet verdiği vurgulanmıştır.

### 3. MATERYAL VE METOT

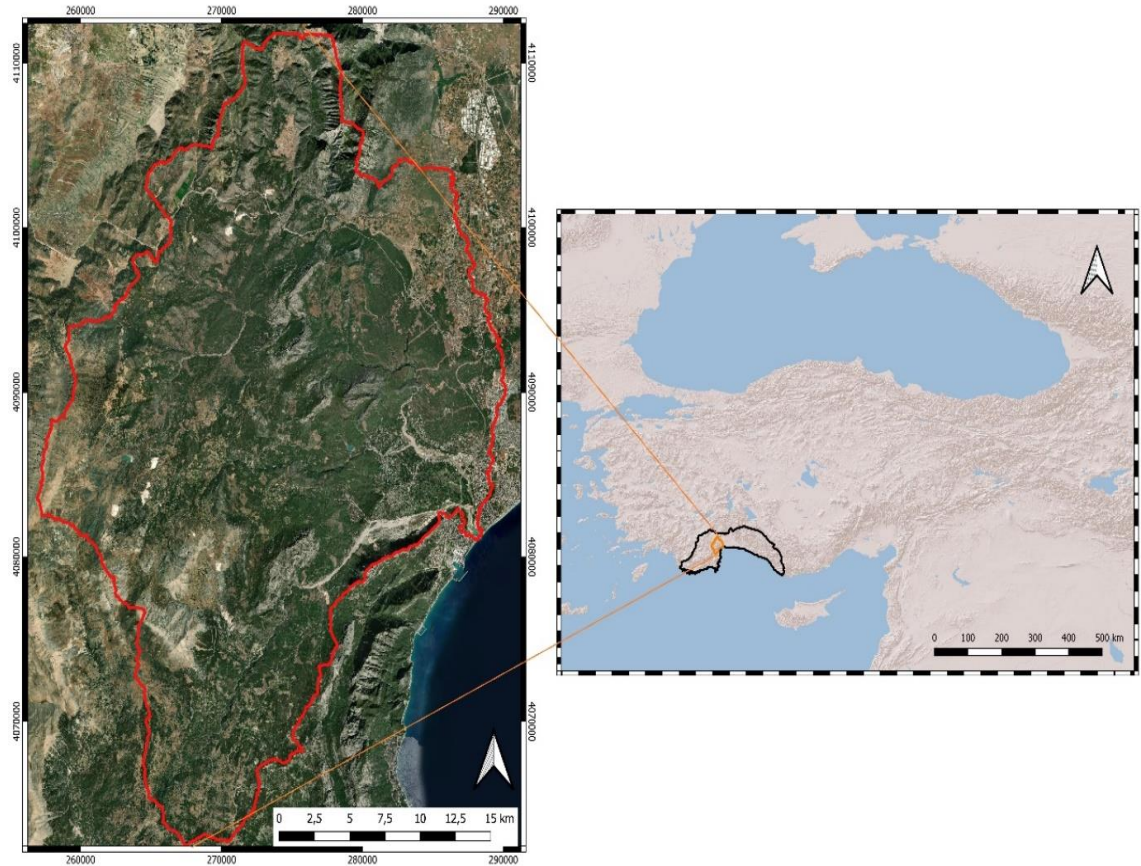
#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Alanının Genel Fiziki Özellikleri

Antalya'nın doğusunda yer alan Boğaçay Havzası, hem yerel ekosistem hem de insan yaşamı için kritik bir öneme sahiptir. Antalya'nın önemli su kaynaklarından biri olan havza, hem yerel ekonomiye hem de ekosisteme önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu bölümde, Boğaçay Havzası'nın genel fiziki özellikleri incelenmiş ve havzanın ekolojik yapısı açıklanmış ve havzanın coğrafi konumu, topografyası, iklimi, hidrolojik özellikleri ve bitki örtüsü gibi genel fiziki özellikleri başlıklar halinde tanımlanmıştır.

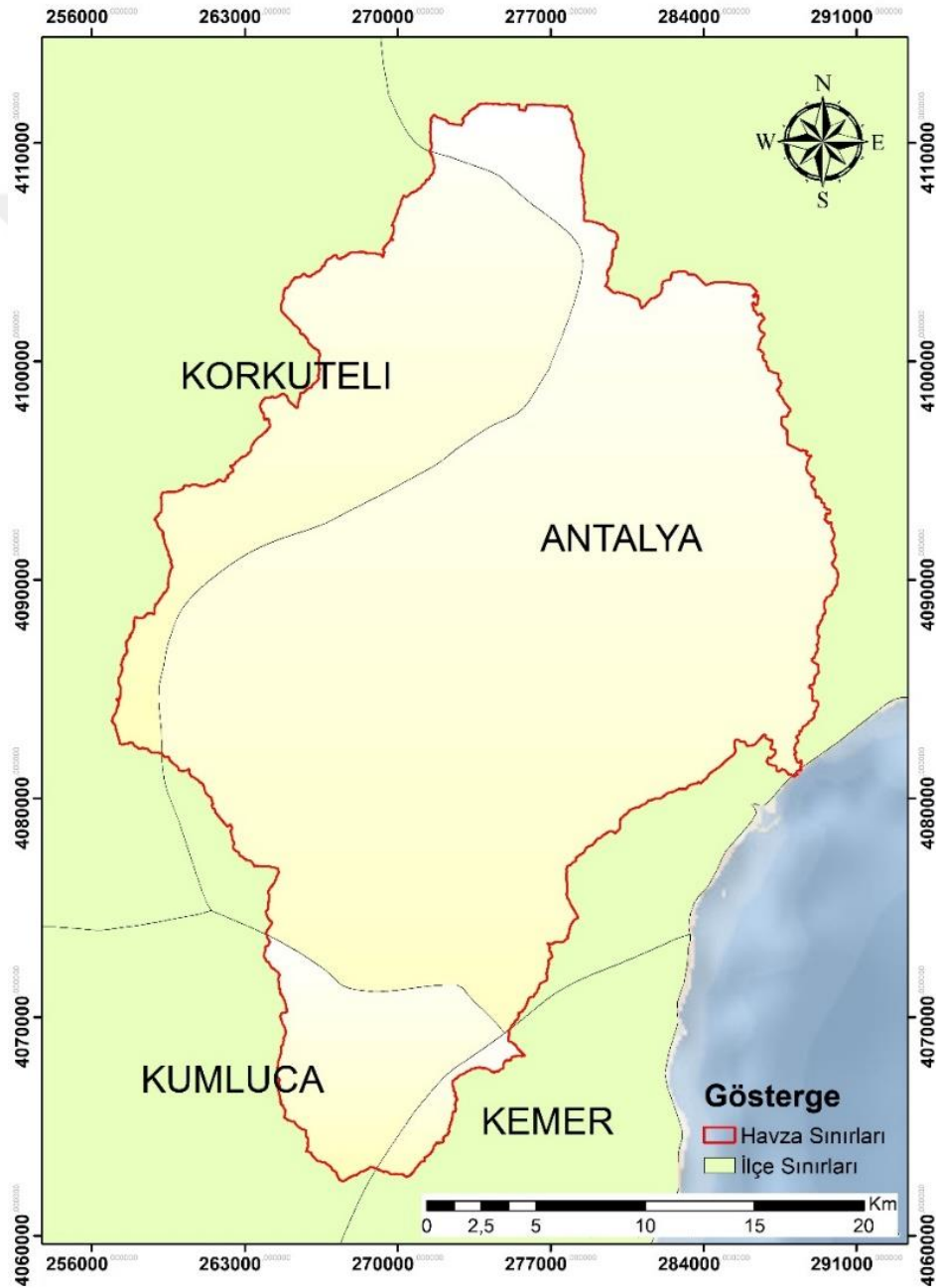
##### 3.1.1.1. Çalışma Alanı Coğrafi Konumu

Boğaçay havzası  $36^{\circ}40'56''$  ve  $37^{\circ}36'42''$  Kuzey enlemleri ile  $30.24'41''$  ve  $30^{\circ}27'11''$  Doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Türkiye'nin güneyinde olan Akdeniz Bölgesinde ve Antalya ilinin batı kesiminde yer almaktadır. Havza hem doğal hem de beşerî etkileşimlerin yoğun olduğu oldukça karmaşık bir etkileşim ağına sahiptir. Söz konusu bu durum, havzadaki coğrafi ve ekolojik süreçleri önemli ölçüde etkilemektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı sınırları ve Türkiye'deki konumu

Bölge 866 km<sup>2</sup> 'lik yağış alanına sahip olup, kuzeybatısında Göldağı, Kozandağı, güneybatısında Aladağ, Sarıçınar Dağı, Karadağ ve Çatma dağı batısında Bekirlidağ, Ziyaret Dağı, Çalbalı Dağı bulunmaktadır (Çınar 2011). Havzanın, Kuzeyin batı torosları ve Güneybatısında Akdeniz konumlanırken doğusu ise geniş düzlüklerle çevrilidir. Havza, 1126 km<sup>2</sup> 'lik bir alana sahip olup kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmaktadır, en yüksek noktası 2639 m' dir. Türkiye'nin yüzölçümünün %0,14' ünü oluşturan Boğaçay Havzası Korkuteli, Kumluca, Kemer ilçelerinin bir kısmını ve genel olarak Antalya ile merkezine bağlı Konyaaltı ilçesinin Hurma, Liman, Altınkum, Siteler, Gürsu, Uncalı ve Pınarbaşı mahalleleri kapsamaktadır (DSİ 2017).



Şekil 3.2. Çalışma alanının kapsadığı ilçeler.

### 3.1.1.2. Çalışma Alanı Litolojik Özellikleri

Boğaçay Havzası'nın litolojik özellikleri genellikle bölgenin jeolojik yapısına ve yer altı oluşumlarına dayanır. Antalya bölgesi genel olarak kireçtaşı, kumtaşı, marn, kilitaşı gibi tortul kayalardan oluşan bir yapıya sahiptir. Bu nedenle Boğaçay Havzası'nın litolojik özellikleri de çoğunlukla bu tür kayalardan oluşmaktadır. Ayrıca, bölgede volkanik kökenli bazalt, andezit gibi kayaların da varlığına rastlanabilir. Havzanın oluşumunda nehirlerin erozyon etkisiyle taşınan tortul birikintilerin ve yer altı sularının hareketleri gibi faktörler etkili olmuştur.

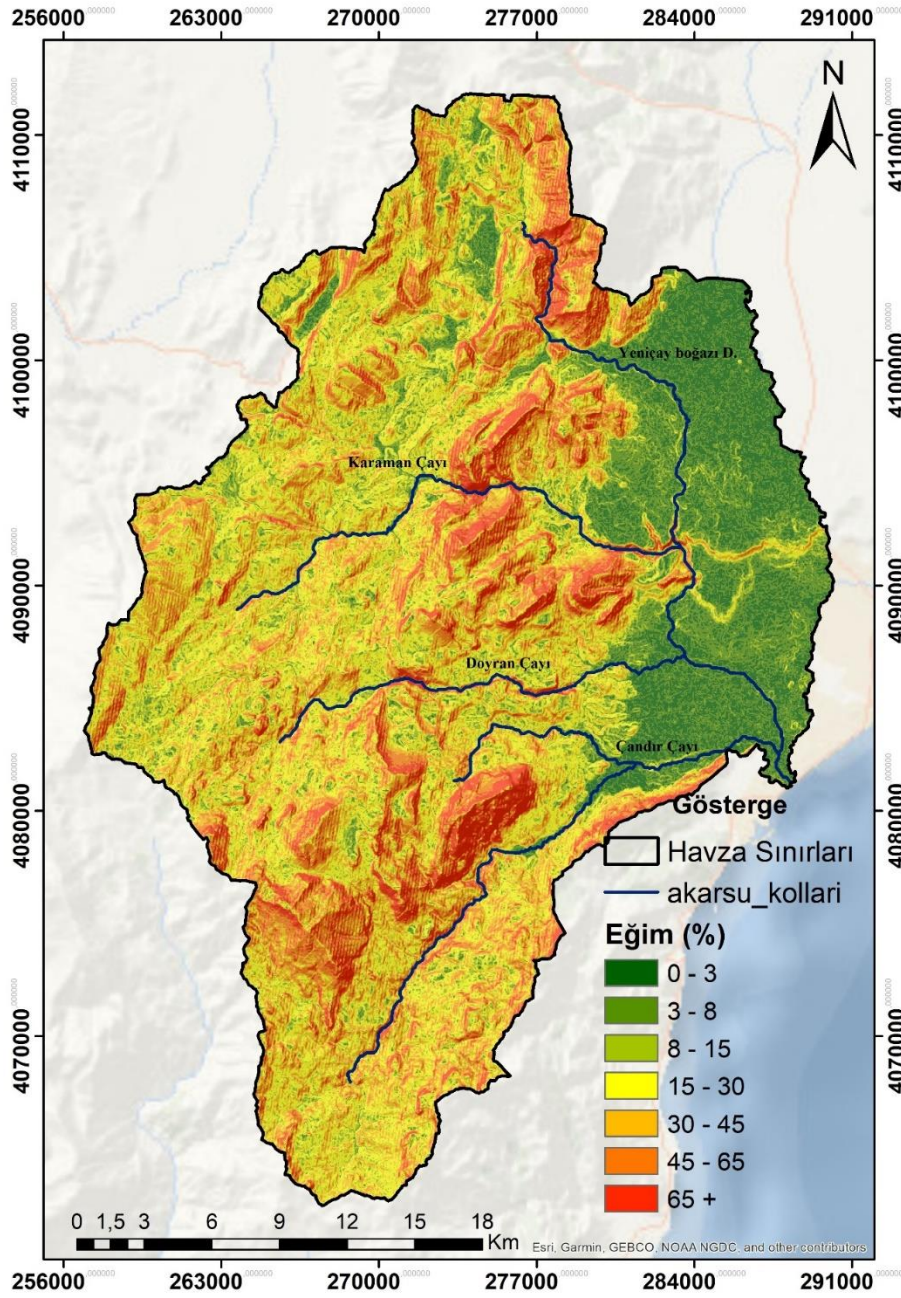
Havzada ofiyolit tipli geçirimsiz kayalar yaygın olmakla birlikte bunların geneli kireçtaşlarından oluşmaktadır (Dipova 2020). Çalışma alanında Paleozoyik dönemden günümüze kadar çok çeşitli jeolojik zamanlara ve devirlere ait jeolojik formasyonlar bulunmaktadır (Atalay 1987). Bu formasyonların bir kısmı allokon, bir kısmı ise otokon konumundadır. Havzanın litolojisi genel olarak Beydağları Otokonu, Antalya napları ve çökeltmelerle oluşmuş örtü birimlerinden oluşmaktadır (Dipova ve diğ. 2018). Örtü birimler traverten, alüvyon ve yamaç molozlarından oluşmaktadır (Akay ve diğ. 1985). Bölgede Alüvyon birikimler çok geniş yayılım göstermektedir, bunlar Boğaçay ve kollarının getirdiği sedimentler tarafından oluşmuşlardır.

Havzanın doğu bölgesi travertenlerden oluşmaktadır; Traverten morfolojisi güneyde Akdeniz'e, batı ve kuzeybatıda Beydağlarına, doğuda Aksu çayıyla sınırlanmaktadır (Çınar 2011). Havzanın batısı ve kuzeybatısında Toros orojenik kuşağına ait beydağları otokonu yer almaktadır. Bu otokonun üzerinde Paleojen dönemine ait yer yer sığ denize ait yer yer derin deniz ortamına ait çökeller bulunmaktadır. Sığ deniz alanlarına ait çökeller karbonatlarla, derin deniz çökeltme alanlarında ise kumtaşı, kilitaşı ve kireçtaşı gibi jeolojik formasyonlar görülmektedir. Ayrıca Mezozoikte havzanın Toros orojenik kuşağında alçalma görülmüş ve Tetis deniziyle kaplanmıştır. Tersiyer sonlarında bölgede sıkışmalar görülmüş bundan dolayı kaya birimleri kuzeydoğu-güneybatı yönüne hareket itilmiştir (Özmen 2007).

### 3.1.1.3. Çalışma Alanı Jeomorfolojik Özellikleri

Boğaçay havzası genel olarak düz ve hafif eğimli bir topografyaya sahiptir. Eğim, ortalama binde 6-7 kadardır. Bu kuzeyde daha fazla, güneyde çok düşüktür. Eğim, batı kesimde, doğuya doğrudur (Pekcan 2014).

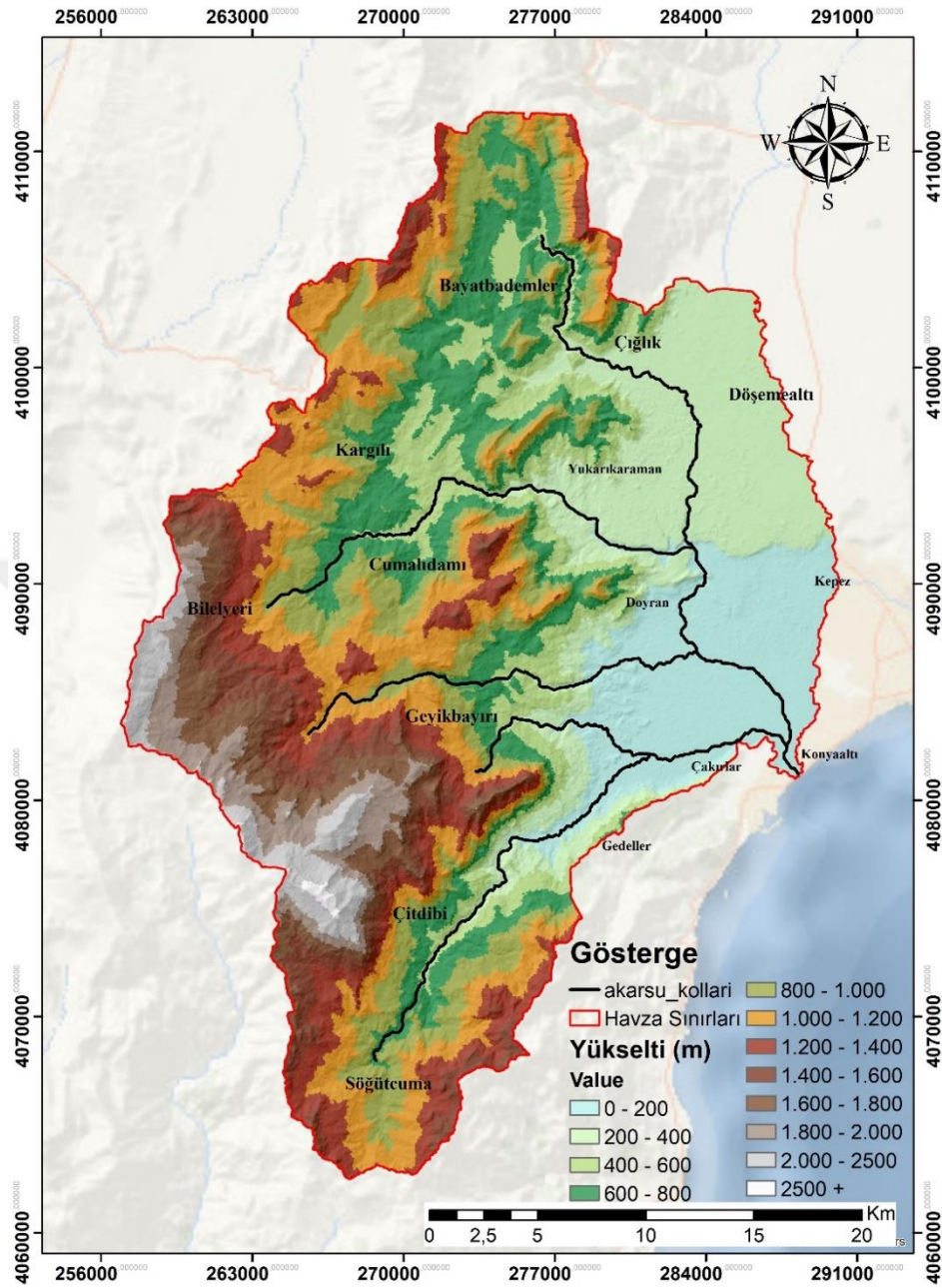
Boğaçay ve kollarının aşındırma ve biriktirme faaliyetleri sonucu bölgede alüvyal ve kolüvyal kökenli çeşitli jeomorfolojik yapılar ortaya çıkmıştır (Çınar 2011). Havzanın Akdeniz'e döküldüğü alanda Boğaçay tarafından oluşturulan Boğaçay ovası bulunmaktadır. Ova Beydağlarının, yani teke yöresinin doğu kısmında bulunur ve yaklaşık 50 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplar ve ortalama 30 m yüksekliğindedir. Sahanın batı ve kuzeybatı bölümleri dağlık ve engebeli jeomorfolojik özellikte olup, doğu bölümleri geniş düzlükler bulunmaktadır (Pekcan 2014). Yükseklik güneyden kuzeye, doğudan batıya doğru gidildikçe artmaktadır. Uzaktan Algılama Çalışmaları sonucu sahanın en yüksek noktası 2639 m olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Boğaçay Havzası eğim haritası (%)

#### 3.1.1.4. Çalışma Alanı İklim Özellikleri

Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir, ayrıca bu yağış kış aylarında bölgenin yüksek kotlarında kar şeklinde görülebilmektedir. Bölgede tipik Akdeniz iklimi hakim olup yıllık ortalama sıcaklık 16,5°C' dir. Sıcaklık doğudan batıya gidildikçe yüksekliğe bağlı olarak azalış göstermektedir. Bölgede en soğuk ay, Ocak ayında ortalama 6,7 °C, ortalama en sıcak ise Temmuz ayında 30 °C civarında olmaktadır. Boğaçayı havzası, 1126 kilometrekarelik bir yağış havzasına sahiptir. Havzanın yağış alanının %14'ü 1500 metre kotunun üzerindedir. Havzanın yıllık ortalama yağış miktarı ise 1133 milimetre olarak kaydedilmiştir (Çınar 2011).



Şekil 3.4. Boğaçay Havzası yükseklik haritası (m)

Boğaçay havzası, orta kuşakta Batı rüzgârlarından etkilenmektedir, yıllık ortalama rüzgâr hızı 2,4 metre/saniye olarak ölçülmüştür. Havzanın Akdeniz kıyılarında meltem rüzgârları etkindir. Kış aylarında, topografik faktörlerin etkisiyle kuzey ve güney yönlerindeki rüzgârlar sıklıkla yönünü değiştirebilmektedir. Yaz mevsiminde ise, güney yönlerinden esen rüzgarlar daha baskındır. Bu rüzgârların esmesiyle birlikte, bağıl nem düşmekte ve sıcaklık artmaktadır (Karagül 2014).

Havza alanında, kış aylarında kuzeyden gelen polar hava kütlelerinin güney yönünde hareket ederek Akdeniz'in tropikal hava kütleleriyle etkileşime girmesi sonucunda, güneyde bulunan Akdeniz cephe sistemi oluşur. Bu nedenle bölgede, kış

aylarında, Akdeniz cephesi ve bu cephe boyunca meydana gelen siklon-antisiklon sistemlerinin etkisi görülmektedir. Bu dönemde ortaya çıkan siklon-antisiklon sistemleri, genellikle bölgeyi etkileyerek kış aylarının çoğunlukla bulutlu, kapalı ve yağışlı hava koşullarına sahip olmasına neden olur. Sonbaharın ilerleyen aylarında, kuzeybatıdan gelen soğuk hava kütlelerinin güneyden gelen sıcak ve nemli tropikal hava kütleleriyle karşılaşması, Akdeniz Bölgesi'nde çeşitli hava cephelerinin oluşumuna sebep olur. Bu durum, Akdeniz Bölgesi'nin kış aylarında yağışlı bir dönem geçirmesine neden olur. Akdeniz üzerinden gelen bu hava cepheleri, Toros Dağları'nın güney eteklerine bol yağış bırakmaktadır (Atalay 2010).

### 3.1.1.5. Çalışma Alanı Toprak Özellikleri

Boğaçay havzasının baskın büyük toprak grubu, Kırmızı Akdeniz Toprağı olarak bilinen Terra Rosa'lardır. Bu topraklar, özellikle Antalya civarındaki kireçtaşları ve diğer oluşumlar üzerinde gelişmiştir. Çalışma alanında, Terra Rosaların yanı sıra kırmızımsı kahverengi orman toprakları da gözlemlenmektedir (Çınar 2011). Havzanın kuzey ve batı bölümlerini çevreleyen dağlık bölgelerin eteklerinde, kolüvyal depolar mevcuttur. Bu materyaller üzerinde, kireçtaşı, traverten ve marn-miltaşı gibi ana materyallerin oluşturduğu topraklardan farklı özelliklere sahip olan kolüvyal topraklar da bulunmaktadır. Ayrıca, alandaki bir diğer toprak grubunu oluşturan alüvyal topraklar, Boğaçay'ın özellikle Holosen dönemindeki taşkınları sonucunda biriktirdiği materyallerin üzerinde gelişmiştir (Çınar 2011).

**Çizelge 3.1.** Havzada görülen toprak tipleri miktarı (%)



Çalışma alanını için temin edilen sayısal toprak haritası incelendiğinde, bölgede 5 farklı toprak tipinin dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Bunlar çizelge 3.2'den de görüleceği üzere Alüvyal Topraklar, Hidromorfik Alüvyal Topraklar, Kolüvyal Topraklar, Kahverengi Orman Toprakları ve Kırmızı Akdeniz Topraklarıdır. Ayrıca alanda Çıplak Kaya ve Molozlar, Irmak Taşkın Yatakları ve Kıyı Kumulları gibi arazi örtüleri de görülmektedir.

**Çizelge 3.2.** Havzada görülen toprak gruplarının kapladıkları alan (ha)

| <b>Toprak Grubu Kodu</b> | <b>Toprak Grubu</b>           | <b>Alan(ha)</b> |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------|
| <b>A</b>                 | Alüvyal Topraklar             | 2494,16         |
| <b>H</b>                 | Hidromorfik Alüvyal Topraklar | 33,90           |
| <b>K</b>                 | Kolüvyal Topraklar            | 2255,47         |
| <b>M</b>                 | Kahverengi Orman Toprakları   | 4485,87         |
| <b>T</b>                 | Kırmızı Akdeniz Toprakları    | 62842,86        |

Çizelge'den de görüleceği üzere, araştırma alanının çoğunluğunu Miyosen yaşlı denizel kireçtaşlarından oluşan ve karstik jeomorfolojik üniteler üzerinde yayılım gösteren tipik Kırmızı Akdeniz toprakları oluşturmaktadır. Bu topraklar havzanın en geniş yayılım alanına sahip olan topraklarıdır. Bölgenin engebeleri ve karstik alanlarında, kireçtaşı, marn, konglomera, ultrabazik-ultramafik (peridotit-serpantin, gabro), metamorfik şistler ve eski alüvyonlarda gelişmiştir (Atalay 1987).

Boğaçay havzasında yer alan Kahverengi Orman Toprakları ise, havzanın biyoçeşitliliği ve tarımsal potansiyeli açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu topraklar genellikle havzanın orta kısımları ile yukarı kısımlarında dağılım gösterirler ve genellikle zeytin, meşe, pırnal çalılıkları ve ardıç gibi yerel ağaç türleriyle karakterize edilmiş ibrelili ormanlar altında gelişirler. Yüksek kireç içeriğine sahip olan bu topraklar, genellikle marn ve kalkerli-killi ana materyaller ile şistler üzerinde oluşmuştur.

Araştırma sahasının genellikle düz veya düze yakın topografyasıyla birlikte, hafiften dik ve çok dik eğimli arazilerde de yaygın olarak bulunur. Özellikle sahanın güney kesiminde, Kahverengi Orman Topraklarının önemli bir yayılım alanı görülmektedir. Bu topraklar, tarımsal üretim için uygun bir zemin sunar ve bitki yetiştiriciliği için ideal koşulları sağlar. Ancak, dik eğimli arazilerde erozyon riski taşıdıkları için, erozyon kontrol önlemlerinin alınması önemlidir. Ayrıca, iyi drenaj özellikleri sayesinde su birikimini önler ve bitkilerin sağlıklı büyümesini destekler.

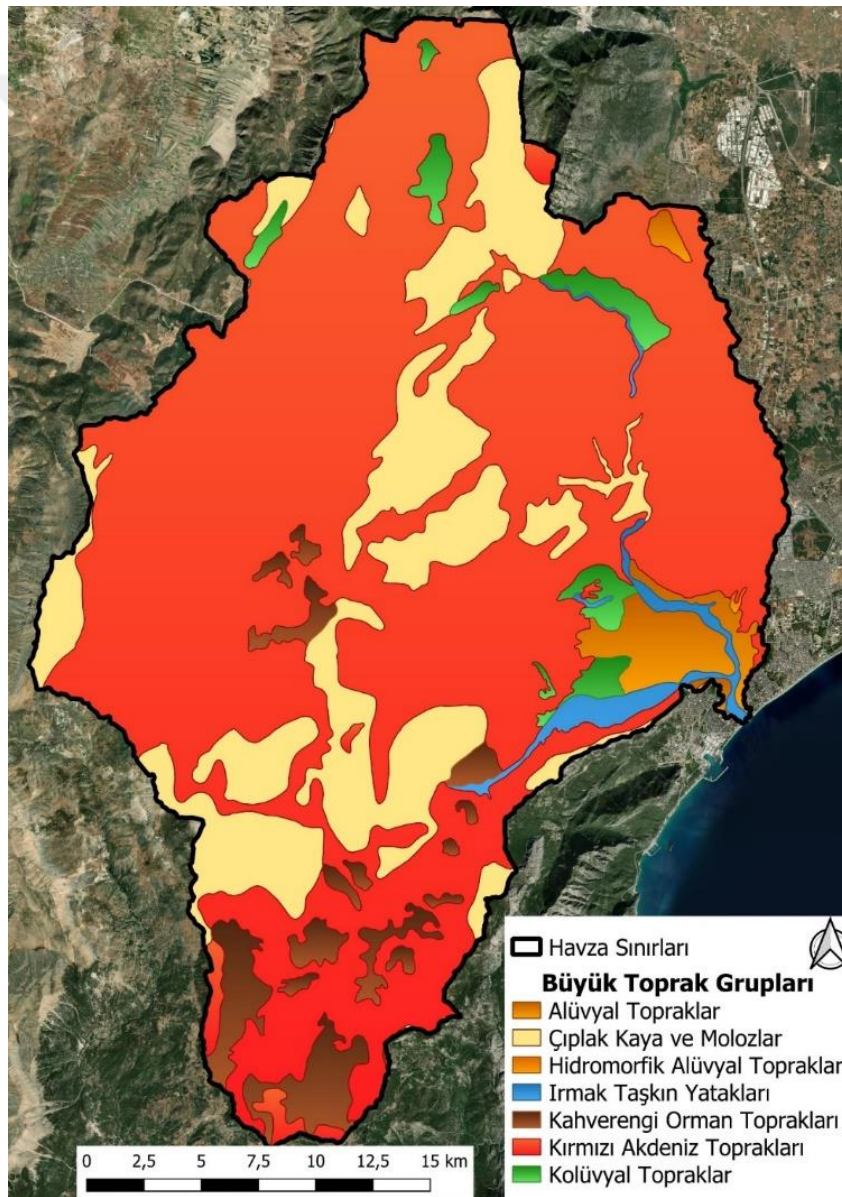
Sonuç olarak, Kahverengi Orman Toprakları, Boğaçay havzasının ekolojik sağlığı ve tarımsal üretim kapasitesi açısından önemli bir bileşendir ve sürdürülebilir kullanımı için korunması gerekmektedir (Çınar 2011)

Boğaçay havzasında dağılım gösteren Alüvyal topraklar ise, önemli bir jeolojik ve tarımsal bileşeni oluşturur. Havzada yer alan Boğaçay, Çandır, Doyran ve Karaman çaylarının taşıdığı alüvyonlar, alüvyal taşkın düzlüklerinde birikerek Alüvyal toprakları oluşturur. Bu akarsuların kaynağı Toros-Beydağlarıdır ve alüvyal toprakların çoğu genellikle düz veya düze yakın eğimlere sahip arazilerde bulunur.

Kuvaterner döneminde oluşan bu toprakların profilleri genellikle sığ bir A horizonu ve onun altında yer alan C horizonu ile karakterizedir. Alüvyal topraklar, bölgedeki tarım sektörü için hayati bir öneme sahiptir. Zengin besin maddeleri içermeleri

ve iyi drenaj özelliklerine sahip olmaları nedeniyle tarım alanlarında verimli bir zemin sağlarlar (Çınar 2011).

Ayrıca, bu topraklar sulama olanaklarıyla birleştiğinde, tarım ürünlerinin yüksek verimliliğine katkıda bulunurlar. Dolayısıyla, Alüvyal topraklar, Boğaçayı havzasının tarımsal üretim potansiyelini destekleyen önemli bir kaynaktır. Alandaki Kolüvyal topraklar, Jeomorfolojik oluşumları açısından alüvyal topraklara benzemektedirler. Genellikle Araştırma alanında Boğaçayı ve Karaman çayı tarafından oluşturulan alüvyal taşkın düzlükleri ile Antalya traverten platosunun kesişim noktalarında yaygın bir şekilde dağılmıştır. Ayrıca, bu topraklar, alüvyal topraklar ile yüksek arazi toprakları arasındaki geçiş bölgelerinde ve Beydağları olarak bilinen yüksek arazilerin eteklerindeki düzlüklerde de bulunabilirler. Genç ürünler olan bu toprakların profillerinde, alüvyal topraklara benzer şekilde zayıf bir A horizonu gözlemlenebilir (Çınar 2011)



Şekil 3.5. Boğaçay Havzası toprak haritası

### 3.1.1.6. Çalışma Alanı Bitki Örtüsü

Akdeniz İklim Bölgesinin alt bölümünde bulunan çalışma alanı, Akdeniz iklimine ait olan pek çok vejetasyon topluluğuna ev sahipliği yapmaktadır bunlar; orman örtüsü, orman altı çalı formasyonu (maki-garig) ve ot formasyonlarından oluşmaktadır (Atalay 2008). Havzanın kuzey bölümü verimli tarım alanlarından oluşurken, doğu ve batı bölümleri büyük ölçüde yerleşim yerleri görülmektedir. Kuzeyde görülen tarım alanları genellikle turuncgiller (portakal, limon, greyfurt, mandalina, turunç), zeytin, yenidünya, nar ve elma bahçelerinden oluşmaktadır (Dipova ve diğ. 2018). Havzanın alçak yerlerinde ılık ve sıcaklık isteği yüksek, kuraklığa dayanıklı bitki popülasyonları görülürken, yüksek kodlarında Akdeniz vejetasyonuna paralel olarak maki ve çoğunlukla iğne yapraklı ormanlar görülmektedir.

Toros Dağları'nın batı yamaçlarında, özellikle kızılçamın yanı sıra yukarı kesimlerde karaçam, sedir ve göknar gibi orman ağaçları hakimdir. Bölgedeki dominant türler genellikle ağaçlardan ve her mevsim yeşil kalan çalılardan oluşur (Çınar 2011).

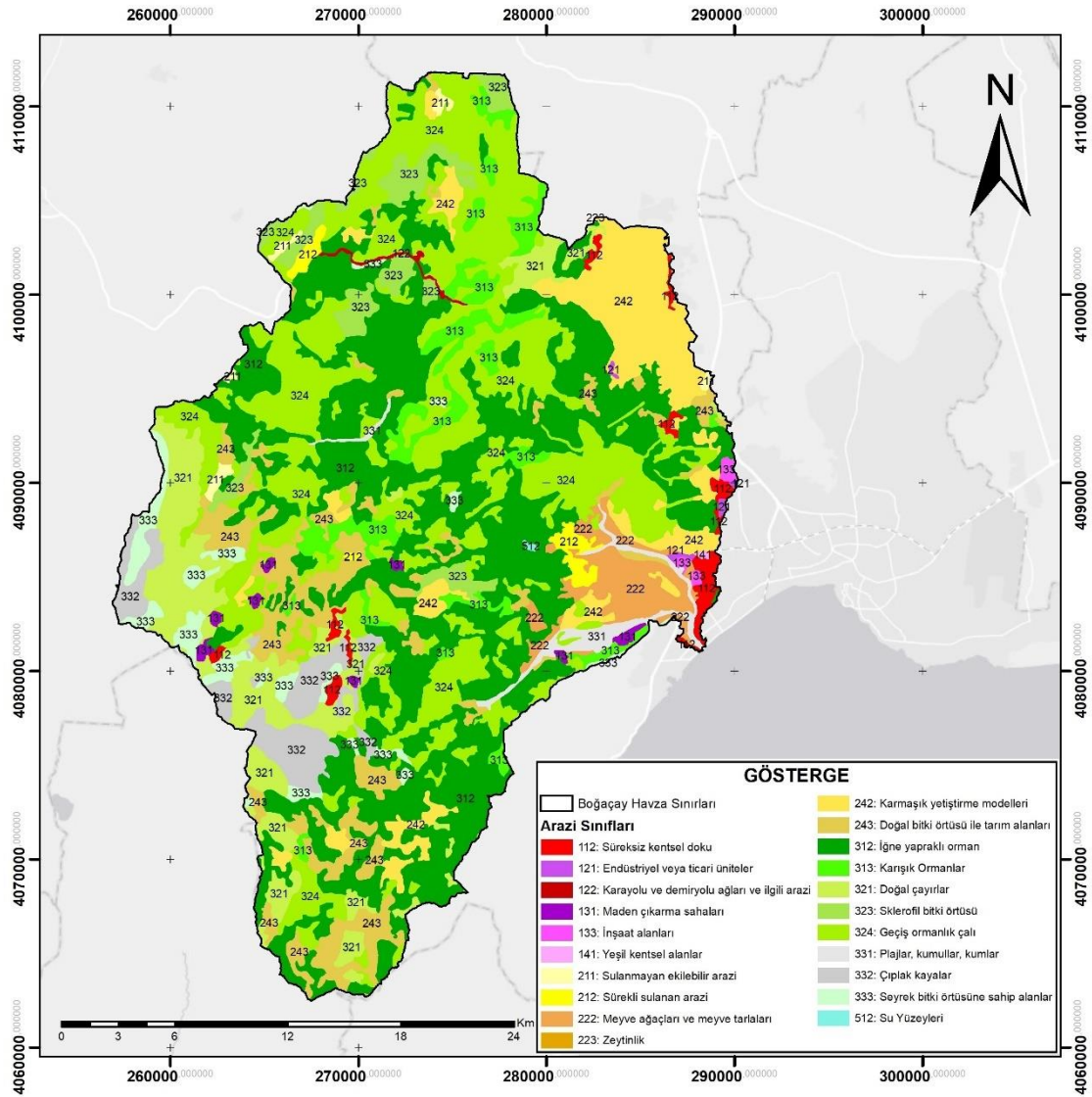
Boğaçay havzasındaki bitki toplulukları, özellikle asıl Akdeniz ve Akdeniz dağ kuşağı olmak üzere iki ana kategori altında sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma, havzanın iklimi ve coğrafi yapısıyla uyumlu olarak çeşitlilik gösteren bitki örtüsünü ifade eder. Akdeniz zonobiyomunun ana bitki topluluğu kızılçam ve makidir. Akdeniz iklim bölgesine giren Boğaçayı havzasının büyük bir kısmını kapsayan kızılçam (*Pinus brutia*), Toros dağlarının ortalama 1000 metre yüksekliğindeki kesimlerinde yer alır. Bu bölge, Türkiye'deki en verimli ve en yaygın kızılçam ormanları arasında yer almaktadır (Atalay, 2008). Akdeniz Dağ orobiyomunda ise yaygın olarak görülen ağaç türleri arasında Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Fıstıkçamı (*Pinus pinea*), Ardıç (*Juniperus*) ve Meşe (*Quercus*) yer alır. Sıklıkla karşılaşılan maki türleri ise Funda (*Erica arborea*), Zeytin (*Olea europaea*), Defne (*Laurus nobilis*) ve Kocayemiş (*Arbutus unedo*)'tir (DSİ 2017).

### 3.1.1.7. Arazi Sınıfları ve Arazi Kullanımı

Corine Arazi Kullanım haritası verilerine dayanarak yapılan değerlendirmede, Boğaçay havzasında oldukça çeşitli arazi tiplerinin dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 3.6.'te verilen Boğaçay havzası arazi kullanım haritası değerlendirildiğinde, alanın %32'sinin iğne yapraklı ormanlar, %4'ünün karışık ormanlar, %26'sının bitki değişim alanları, %8'inin karışık tarım alanları, %7'sinin doğal bitki örtüsüyle birlikte bulunan tarım alanları, %3'ünün çıplak kayalıklar ve %7'sinin ise doğal çayırliklardan oluştuğu anlaşılmaktadır.

Alandaki iğne yapraklı ormanlar, genellikle yüksek kesimlerde yoğunlaşırken, karışık ormanlar daha alçak kesimlerde dağılım göstermektedir. Bölgede çalılıklı otsu bitkiler, ağaçlılık alanlar ve doğal orman gelişim alanlarını içeren bitki değişim alanları mevcuttur. Havzadaki karışık tarım alanları ise, kalıcı ekinlerin yayılım gösterdiği karışık parseller (meyve ağaçları, taneli meyve üretimi, bağlar, zeytinlikler) ve dağınık halde evlerin bulunduğu karışık tarım desenindeki arazileri içerir. Doğal bitki örtüsüyle birlikte bulunan tarım alanları, tarım yapılan bölgelerde doğal bitki türlerinin birlikte bulunduğuna işaret etmektedir. Çıplak kayalıklar, genellikle dağlık bölgelerde ve kayalık arazilerde bulunurken, doğal çayırliklar ise, genellikle alçak kesimlerde ve

ovalarda yer almaktadır. Corine verileri, Boğaçay havzasının çeşitli arazi kullanım desenlerini ve doğal ekosistemlerini anlamak için önemli bir kaynak sağlamaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Boğaçay Havzası arazi kullanım haritası (CORINE, 2018)

Son yıllarda, Boğaçay havzasının alt kesimlerindeki doğal alanlarda, nüfus artışı nedeni ile yapılaşmada da önemli artışlar meydana gelmiş ve bunun beraberinde ormanlık arazilerde önemli tahribatlar ortaya çıkmıştır. Bölgedeki makilik ve kısmen ormanlık alanlar ile tarımsal amaçla kullanılan arazilerin, kentsel yerleşim alanlarına dönüştürüldüğü bölgede yapılan pek çok bilimsel çalışmada tespit edilmiştir.

Havza büyük ölçüde dağlık ve engebeli bir coğrafyadır. Yüksek dağlık alanlarda bulunan çıplak kayalıklar genel olarak karstik arazilerdir. Bölgede yükseltinin arttığı kuzey ve kuzeybatıda bulunan çayır alanlarının toplam arazideki payı %4 olup, batı bölgelerindeki mera alanlarının havzadaki oranı ise %3 tür. Havzanın orta kısımlarında, iklim ve toprak koşullarının uygun olduğu alanlarda kolüvyal depolar üzerinde tarım

arazileri yer almaktadır. Boğaçay alüvyal ovası üzerindeki Çandır ve Doyran çaylarının yukarı kesimlerinde, verimliliği düşük olsa da turunçgil alanları bulunmaktadır. Bu sahaların toplam sahaya oranı %5'tir. Özellikle, Aşağı Boğaçay havzasının taban arazilerinde ise yaygın olarak turunçgil bahçeleri dağılım göstermektedir (Çınar 2011).

### 3.1.1.8. Çalışma Alanın Hidrolojik Özellikleri

Boğaçay havzası, Antalya'nın hayati su ihtiyacını karşılayan ve zengin karstik kaynaklara ev sahipliği yapan önemli bir bölgedir. Havzanın temel su kaynakları, akarsular ve yer altı sularıdır. Burada yer alan su kaynakları, sadece şehrin içme suyu ihtiyacını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda tarım ve endüstriyel faaliyetler için de kritik bir role sahiptir. Boğaçay havzası, dentritik drenaj ağına sahip bir yapıya sahiptir, yani akarsu ağı dallanma ve birleşme özelliği gösterir, bu da suyun verimli bir şekilde taşınmasına ve dağıtılmasına olanak sağlar. Sahada gözlemlenen dentritik drenaj ağı, geçirimsizliği düşük olmayan, dayanıklı masif kireçtaşı alanlarında görünür. Dentritik drenaj ağı, dik eğimli sahalardan gelen yüzey sularının toplandığı ve geniş bir alanı kaplayan yapılarla kurulmuştur. Bu yapılar, topladıkları suları kollar halinde aşağı havzaya yönlendirir ve taşkın riskini artırır. Havzanın geniş ve yuvarlak şekli nedeniyle, kollardan gelen akım ana kola hızla ulaşır, bu da ani su yükselmelerine ve sağanak yağışlar sonrası hemen taşkınlara neden olur (Yazıcı ve Karagül 2014).

Boğaçay Nehri, Beydağları dağ sırasının doğusunda ve güneyinde doğar ve Antalya'nın batı kıyısında, Akdeniz'e katılmadan önce Boğaçay Havzası'nda 25 km akar. Havzanın yağış alanı 822,23 km<sup>2</sup>'dir ve 1500 m rakımın üzerinde 113,9 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsar. Boğaçay, yaklaşık 25 kilometre uzunluğundaki bir alan boyunca akış gösterir. Karaman ve Doyran çaylarının yanı sıra, travertenlerden kaynaklanan sular ve batıdan gelen Çandır Deresi ile birleşerek Akdeniz'e dökülür. Kış ve ilkbahar aylarında debisi çok yüksek seviyelere ulaşır bunda Akdeniz ikliminde yağışların kış mevsiminde yoğunlaşması ve ilkbahar döneminde dağların zirvesindeki karların eriyip akarsuya karışmasının etkisi büyüktür. Boğaçay, özellikle Ocak ve Şubat aylarında akım debisi ve dolayısıyla katı madde hacmi en yüksek seviyelere ulaşırken, Mart-Ağustos ayları boyunca akım ve katı madde debileri sürekli olarak azalmaktadır. Eylül-Kasım aylarında ise yok denecek kadar azalmaktadır (Oğuz 2001).

Yaz aylarında ise, Karaman, Doyran ve Çandır çaylarının sularındaki azalma, Boğaçay'ın debisini etkiler. Ancak, ovanın doğusundaki travertenlerden kaynaklanan sular ve yer altı su rezervlerinden beslenme, Boğaçay'ında sınırlı bir akışı sürdürmesini sağlar (Arüv 1994). Boğaçay, Antalya ilinin Konyaaltı bölgesinde, Karaman, Doyran ve Çandır Derelerinin buluşmasıyla ortaya çıkar. Bu buluşma, Boğaçay'ın oluşturur ve bölgenin önemli su kaynaklarından birini temsil eder (Özkara ve Eke 2023).



**Şekil 3.7.** Boğaçay ve onu oluşturan akarsu kolları (Karagül, 2013).

Çandır Çayı, 1360 metrelik yükseklikte Kara Osmanlar mevkisinde doğar ve kuzeye doğru ilerleyerek vadi boyunca birçok yan dereyi bir araya getirir, sonunda Yemişli Pınar çeşmesi mevkiine ulaşır. Daha sonra doğuya doğru yol alır ve Hacı Mustafalar mahallesine, ardından Hacı Sekili mahallesine ve son olarak Çakırlar yerleşim yerine varır. Konyaaltı yerleşim yerinde, Karaman Çayı ile birleşir. Yaz aylarında, buharlaşma, sızma ve sulama nedeniyle su seviyesi önemli ölçüde azalır. Çandır Çayı boyunca, kum ve çakıl ocakları bulunmaktadır. Düzensiz malzeme alımı sonucunda, kaynağın yakınında normal dere görünümünden kum ve çakıl ocaklarına doğru tamamen ortadan kaybolur (DSİ 2000).

Doyran Çayı, Koca Kız Mezarları mevkisinden kaynağını alan 2050 metrelik bir yükseklikten başlar. Kuzeye doğru ilerlerken, Boz Armut Tepe mevkisinde Teke Pınarı Deresi adını alır ve Nuhutçuk yeri mevkisinde Sinan Değirmeni Deresi olarak anılır. Daha sonra doğuya doğru yönelir ve Kara Dere olarak adlandırılır, Badırık Tepe mevkisinde ise Doyran Dere olarak Doyran yerleşim yerine ulaşır. Son olarak, doğuya akarak Karaman Çayı ile birleşir. Karaman Deresi ile birleştiği noktada, yağış alanı 126,72 km<sup>2</sup> olan bir alanı besler. Doyran Çayı'nın suları yaz aylarında sulama amaçları için kullanıldığından Haziran ile Aralık ayları arasında dere yatağında pek akış bulunmaz (DSİ 2000).

Karaman Çayı, Kanak yeri mevkinden 1850 metrelik bir yükseklikten doğar. Himmet Dede Deresi ile birleştikten sonra Yazır Deresi adını alır ve Mecine Boğazı'na ulaşır. Kapız Boğazı'ndan itibaren güneye yönelerek Aşağı Karaman ve Doyran arazilerinden geçer ve Doyran Deresi ile birleşir. Sonrasında Konyaaltı yerleşim yerinde Çandır Çayı ile birleşerek Boğaçayı adını alır ve Akdeniz'e dökülür. Havzanın yağış alanı, Kapız Boğazı'ndan başlayarak 390,95 km<sup>2</sup>'dir. Yaz aylarında, Karaman Çayı'nın suları Bahtılı ve Aşağı Karaman Köylerine ayrılmakta ayrıca tarım için kullanım ve sıcaklıktan

dolayı aşırı buharlaşma nedeniyle Boğaçayı yatağına ulaşan su miktarı önemli ölçüde azalmaktadır (DSİ 2000).

### 3.1.2. Çalışma Alanının Beşeri ve Ekonomik Özellikleri

Boğaçay Havzası, çeşitli ekonomik faaliyetlere olanak sağlayan önemli bir bölgedir. Tarım, havzanın özellikle aşağı kesimlerinde yoğun bir şekilde gerçekleşmektedir. Narenciye, sebze ve meyve gibi ürünlerin yetiştiriciliği bölgede yaygındır ve tarımsal gelirin önemli bir kaynağını oluşturur. Turizm ise ayrıca Boğaçay Havzası'nın ekonomisinde belirgin bir rol oynar. Özellikle yaz aylarında, plajlar, doğal yaşam alanları ve tarihi yerler turistlerin ilgisini çeker, bu da bölgedeki turizm sektörünün canlanmasını sağlar. Ayrıca, el sanatları, küçük ölçekli ticaret ve inşaat gibi diğer ekonomik faaliyetler de bölgede önemli bir yer tutar. Tüm bu faaliyetler, Boğaçay Havzası'nın ekonomik çeşitliliğini ve potansiyelini gösterirken, sürdürülebilirlik ve kaynakların korunması gibi konular da dikkate alınarak yönetilmelidir. Boğaçay Havzası, özellikle aşağı kesiminde tarımsal faaliyetlere dayalı kırsal yerleşimlere ev sahipliği yapmaktadır. Bu yerleşimler arasında Doyran, Karatepe, Çakırlar, Hacısekiler, Bahtılı, Geyikbayırı ve Çağlarca gibi köyler bulunmaktadır. 2011 yılı nüfus verilerine göre, bu havzada yaklaşık 9269 kişi yaşamaktadır (Yazıcı ve Karagül 2014).

Boğaçay havzası son yıllarda yoğun yapılaşma sürecine girmiştir bunda havzanın büyük kısmını Antalya şehir merkezinde bulunmasının payı büyüktür. Çalışma alanında ana ulaşım ağları sahil Konyaaltı sahil kesimlerinde sağlanmaktadır. Tarımsal ve ekonomik açıdan büyük öneme sahip olan Boğaçay Havzası, Tarım alanları genel olarak kuzey kesimlerinde yoğunlaşırken güney bölgelerinde Turistik destinasyonlar ve çeşitli ekonomik faaliyetler ile öne çıkmaktadır (Özçelik 2022). Boğaçay havzası, imar planları doğrultusunda açılarak hızlı bir yapılaşma sürecine girmiştir. Bu bölgeler, hızla artan inşaat faaliyetleriyle şekillenmiş ve değişime uğramıştır. Turizm potansiyeli ve faaliyetlerinin etkisiyle, bölgede yaşanan nüfus yoğunluğu ve kentleşme eğilimi, sadece havzanın aşağı kesiminde değil, aynı zamanda orta havzasına doğru da yayılmaktadır. Bu durum, bölgenin genel ekonomik ve sosyal dinamiklerinde belirgin bir değişikliğe işaret etmektedir. Bölgede çeşitli seracılık ve tarım faaliyetlerinin yanı sıra çok yüksek narenciye potansiyeli bulunmaktadır (Oğuz 2001).

Antalya'da turizm faaliyetlerinin başlamasıyla birlikte yani 1950 yılından beri sürekli nüfus artışı görülen bir şehir özelliği göstermektedir. 2010 yılı itibarıyla il nüfusu 1.001.318'e ulaşmıştır, Bu artış, bölgedeki yapılaşma sürecinde belirgin bir rol almıştır. Havzanın iklimi, doğal kaynakları ve ekonomik imkanları, kentin iç göçler için cazibe merkezine dönüştürerek hızla büyümesini sağlamıştır. Tarım sektörüyle birlikte turizm faaliyetlerinin de yeni iş olanaklarının açılması yeni göçleri beraberinde getirmiştir (Atalay 2011).

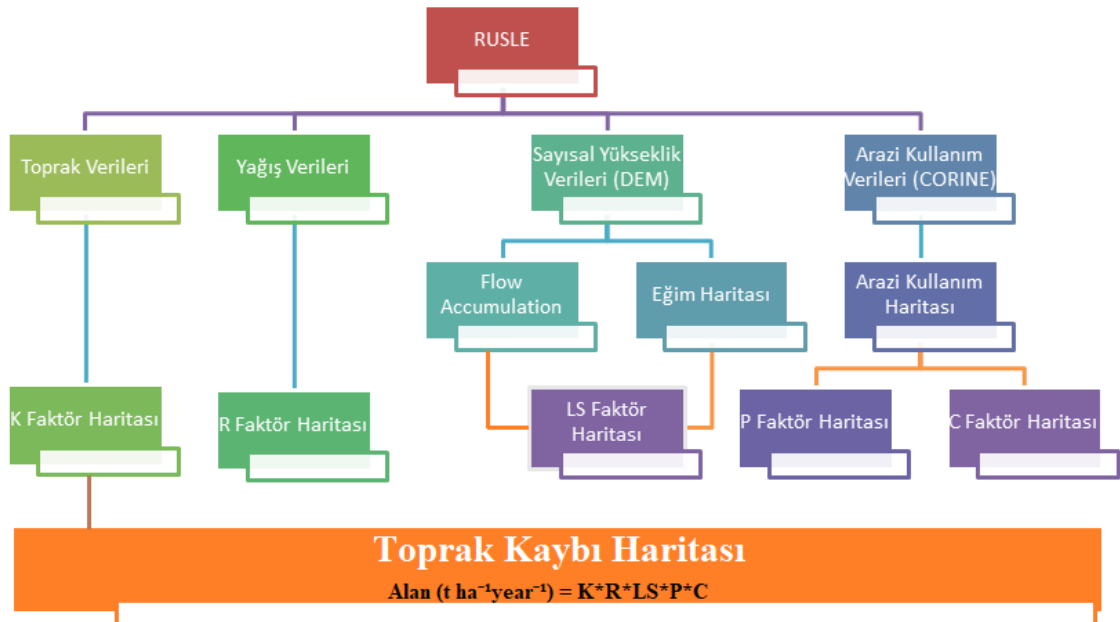
Boğaçay havzası, coğrafi konumu ve Akdeniz ikliminin getirdiği elverişli koşullar nedeniyle çok çeşitli tarım ürünlerinin yetişmesine elverişli bir ortam sağlamaktadır. Havzanın yüksek kotlarında genellikle yılda bir ürün alınmakta ve tahıl tarımı yapılmaktadır. Bununla birlikte, sahil kesimlerine yakın bölgelerde ise iklimin daha ılıman olması sebebiyle yılda iki veya üç kere ürün alınabilmektedir. Bölgenin güney kesimlerinde yarı tropikal iklim koşulları ve verimli topraklar, çeşitli narenciye, sebze ve meyve türlerinin yetiştirildiği verimli tarım arazilerine ev sahipliği yapmaktadır.

Havzanın tarımsal üretim potansiyeli, yerel ekonomiye ve istihdama da olumlu etki gösterir ve sosyo-ekonomik kalkınmaya destek sağlamaktadır. Bölgedeki kırsal yerleşimlerin sosyoekonomik yapıları, temel olarak tarımsal faaliyetlere dayanmakta birlikte son zamanlarda yayla turizmi faaliyetlerinin gelişimiyle önemli bir değişim göstermiştir. Ancak havzada gerçekleşen hızlı yapılaşmadan kırsal alanlar da paylarını almaktadır. Kırsal alanlarda hızla artmakta olan kentleşme tarıma dayalı sosyoekonomik yapıların kentsel yaşam biçimine doğru yavaş yavaş dönüşümüne neden olmaktadır. Bu durum, bölgedeki gelir kaynaklarının ve yaşam tarzlarının evrimine işaret etmektedir. Bu dönüşüm, tarımın geleneksel yapısını zayıflatırken, kırsal alanlarda yaşayan toplumların sosyoekonomik yapılarını da önemli ölçüde etkilemektedir (Atalay 2011).

### 3.2. Metot

Çalışmanın yöntem aşamasında, havza sınırları tespit edildikten sonra gerekli kaynak taraması yapılarak yerli ve yabancı yayınlar incelenmiş, çalışma alanına yönelik en uygun erozyon modelinin bulunması amaçlanmıştır. İncelemeler sonucu Boğaçay havzasının özelliklerine uygun ve literatürde kabul görmüş RUSLE yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modelini seçilmesinin ana nedeni, erozyon süreçlerini analiz etmek için geniş bir kullanım alanına sahip olmasıdır. Model; yağış, toprak, eğim, bitki örtüsü ve toprağın yönetimi gibi çeşitli faktörleri içeren çoklu değişkenleri dikkate alarak erozyonun tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır (Çizelge 3.3.). Bu modelin evrensel uygulanabilirliği sayesinde farklı coğrafi bölgelerde ve ölçeklerde kullanılabilmesi, kapsamlı değişkenlerin incelenmesi, veri erişimi ve işleme kolaylığı sağlaması, gelecek senaryolarının tahmin edilmesine olanak tanınması gibi özellikleri tercih edilme nedenlerini oluşturmuştur.

**Çizelge 3.3.** RUSLE Modeli akış şeması



Çalışmada kullanılacak erozyon modeli için gerekli olan genel veriler: toprak, iklim, arazi kullanımı, eğim, yükseklik, bitki örtüsü verileridir. Literatür taraması yapılarak Türkiye ve dünya genelindeki erozyon modellemeleri ile toprak kaybı değerlendirme modelleri üzerine mevcut bilgiler derlenmiştir. Coğrafi analizlerde veri setlerinin doğruluğu ve güvenilirliği, sonuçların sağlaması ve analizin güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Doğru veri setleri, analizlerin yapıldığı coğrafi alanın gerçek durumunu yansıtır ve sonuçların doğruluğunu artırır. Bu nedenle, veri setlerinin toplandığı, işlendiği ve temsil ettiği alanın karakteristiklerinin tam ve doğru bir şekilde anlaşılması önemlidir. Doğruluk, veri setlerinin ne kadar doğru ve hassas olduğunu ifade eder. Ölçülen veya toplanan veriler ne kadar gerçeği yansıtıyorsa, o kadar doğru olarak kabul edilirler. Örneğin, arazinin topografyasını belirlemek için kullanılan yüksek çözünürlüklü bir dijital yükseklik modeli (DEM), doğru eğim ve yükseklik değerlerini sağlayacaktır.

Çalışmada kullanılan yazılımlar; ArcGIS 10.5, QGIS ve Microsoft Office programlarıdır. Bu çalışmada elde edilen veriler CBS ortamında UTM (Universal Transverse Merkator projeksiyon sistemi WGS 84 datumuna dönüştürülmüş, gerekli haritalama ve analiz işlemleri CBS yazılımlarıyla gerçekleştirilmiştir. Alanda arazi kullanım türlerinin tespitinde LANDSAT USGS uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Ayrıca 1/25.000 sayısal toprak haritaları Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalından, İklim Verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden, Arazi kullanım ve arazi örtüsü verileri Avrupa Çevre Ajansı tarafından sağlanan CORINE verilerinden temin edilmiştir.

Alanda kullanılan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri, alanının topografik özelliklerini belirlemek amacıyla ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydusunun ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) verileri kullanılarak üretilmiştir. Bu veriler 30 metre çözünürlüğe sahiptir. Bu çözünürlük, arazi topografyasını ve yüzey özelliklerini detaylı bir şekilde incelemeye olanak tanımaktadır. Özellikle geniş alanlarda ve coğrafi analizlerde kullanılan bu veriler, çeşitli uygulamalarda güvenilir sonuçlar elde etmek için sıklıkla tercih edilir. Böylelikle, ASTER GDEM (SYM) verilerinden yararlanılarak gerek vektör ve gerekse raster formatta havzaya ait drenaj ağları ve akarsu akış yolları, havza sınırları, eğim, yükselti, kabartma haritaları gibi veri setleri üretilmiştir. Söz konusu bu veri setleri çalışma alanındaki çeşitli analizlerde girdi verisi olarak kullanılmıştır.

Ayrıca çalışma alanı içinde yer alan meteoroloji istasyonları aracılığıyla, sıcaklık, yağış ve diğer erozyonu etkileyen veriler de temin edilmiştir. Bu iklim verileri; Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan; uzun yıllar aylık, günlük yağışlar ortalamalarıdır. Bu veriler, bölgedeki 8 adet Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu (OMGİ) üzerinden Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kaydedilmiştir. Bunlar, Antalya Bölge/17302, Akdeniz Üniversitesi/18955, Döşemealtı/Karain Havacılık/18307, Döşemealtı/Nebiler Orman Sahası/18016, Korkuteli/17926, Korkuteli/Bayat Köyü/19914, Korkuteli/Saklıkent Kayak Merkezi/18840, Kemer/Ovacık Köyü/19152 istasyonlarıdır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

RUSLE yöntemi bilimsel çevrede yıllık toprak kaybını ve potansiyeline belirlemede en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem ABD Tarım Bakanlığı tarafından “Evrensel Toprak Kaybı Denklemi” USLE’nin geliştirilmiş versiyonudur (Wischmeier and Smith 1978). USLE yöntemi tarımsal arazilerdeki meydana gelen erozyonu tahmin etmeye odaklandığı için yetersiz olduğunu düşünen Renard vd. (1994) bu yöntemi yenileyerek 5 farklı parametre eklemiştir. Böylelikle çok geniş uygulama alanı bulunan RUSLE modeli, sadece tarımsal arazilere yönelik değil, aynı zamanda kentsel alanlarda, ormansızlaşma bölgelerinde, maden sahalarında ve diğer çeşitli arazi tiplerinde de erozyon riskini değerlendirmek için kullanılabilir. Modelin esnekliği ve evrensel uygulanabilirliği, çeşitli coğrafi bölgelerde ve farklı ölçeklerde erozyonla mücadele stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olur. Ayrıca, RUSLE modeli, iklim değişikliği gibi çevresel faktörlerin erozyon üzerindeki etkilerini de analiz etme yeteneğiyle önemli bir araçtır. Bu yöntem, erozyonun miktarını tahmin etmek için beş temel faktörü dikkate alır: R (yağış), K (toprak), LS (uzunluk ve eğim faktörleri), C (bitki örtüsü) ve P (toprak yönetimi). Bu faktörlerin kombinasyonu, toprak kaybı oranını tahmin etmek için bir denklem seti oluşturur (Wischm ve Smith 1978; Nearing vd. 2017). RUSLE eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$A = R * K * LS * C * P$$

- A:** Yıllık toprak kaybı miktarı (ton/hektar/yıl)  
**R:** Yağış faktörü (yağış miktarı ve yoğunluğunu temsil eder) ( $J m^2 mm/ha hr$ )  
**K:** Toprak faktörü (toprak erozyon direncini temsil eder) ( $ton hr / (ha * mm)$ )  
**LS:** Uzunluk ve eğim faktörleri (arazinin eğim ve uzunluğuna bağlı olarak erozyon etkisini temsil eder) (4.1)  
**C:** Bitki örtüsü faktörü (bitki örtüsünün erozyon kontrolünde oynadığı rolü temsil eder)  
**P:** Toprak yönetimi faktörü (toprak işleme ve muhafaza uygulamalarının erozyon üzerindeki etkisini temsil eder)

Bu modelde her faktör erozyon sürecine katkıda bulunan belirli bir değişkeni temsil etmektedir. Bu faktörlerin değerleri, alanın özelliklerine ve çevresel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Bu kapsamda RUSLE yöntemi, bu faktörlerin değerlerini hesaplayarak ve denklemleri kullanarak toprak kaybı miktarını tahmin eder ve bu tahminler, erozyonla mücadele stratejileri geliştirilirken ve toprak koruma önlemleri planlanırken kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikli olarak Uzaktan Algılama teknolojisi ile üretilen veriler ve kamu kurumlarından temin edilen veriler birlikte kullanılmış, böylelikle alan için gerekli olan beş temel faktöre ait sayısal haritalar üretilerek çıktı haritaları oluşturulmuştur. Diğer aşamada ise, üretilen her bir sayısal haritada CBS yazılımı kullanılarak bindirme (overlay) analizi gerçekleştirilmiş ve alana ait sonuç haritası elde edilmiştir. Aşağıda çalışma alanı için hesaplanan erozyon faktörleri detaylı bir şekilde verilmiştir.

#### 4.1. Yağış Erozyonu Faktörü (R)

Yağış erozyon faktörünün hesaplanması aşamasında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Antalya ili ve çevresinde yer alan 8 meteoroloji istasyonundan uzun yıllar boyunca toplanmış meteorolojik veriler elde edilmiştir. Akdeniz Üniversitesi Meteoroloji İstasyonu'ndan 7 yıllık, Konyaaltı Meteoroloji İstasyonu'ndan 19 yıllık, Döşemealtı/Karain Havacılık İstasyonundan 10 yıllık, Döşemealtı/Nebiler Meteoroloji İstasyonu'ndan 12 yıllık, Korkuteli/Bük Meteoroloji İstasyonu 19 yıllık, Korkuteli/Bayat Köyü Meteoroloji İstasyonu'ndan 4 yıllık, Saklıkent Kayak Merkezi Meteoroloji İstasyonu'ndan 8 yıllık, Kemer/Ovacık Meteoroloji İstasyonu'ndan ise 7 yıllık meteoroloji istasyonlarına ait yağış verileri kullanılmıştır. R faktörü, RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modelinin önemli bir bileşenidir ve yağış faktörünü temsil eder. R faktörü, yağışın şiddeti, yoğunluğu ve süresi gibi parametrelerle ilişkilendirilir. Bu faktör, toprak erozyonunun ana tetikleyicisi olan yağışın erozyon potansiyelini değerlendirmek için kullanılır. Özellikle, R faktörünün doğru bir şekilde hesaplanması, erozyon riskinin belirlenmesi ve erozyonla mücadele stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritiktir. Literatürde yapılan çalışmalar, R faktörünün belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin doğruluğunu ve etkinliğini değerlendirmiştir (Smith ve diğerleri 2010). Bu çalışmalar, R faktörünün doğru bir şekilde hesaplanmasının, erozyonla mücadelede etkili stratejilerin belirlenmesinde önemli bir adım olduğunu vurgulamaktadır.

Yağışlar, su erozyonunun ortaya çıkmasının ana etkenidir, bundan dolayı R faktör modelde en önemli parametrelerden biridir. R faktörü yağmurun ve yüzey akışa geçmiş yağmur sularının erozyon etkisini temsil etmektedir. Yağış Erozyon faktörü Wischmeier'in erozyon indeksi (EI) baz alınarak hesaplanmaktadır. Bu indeks, yağışın şiddeti, yoğunluğu ve süresini dikkate alarak toprak erozyon potansiyelini değerlendirir. EI, yağışın hacim yoğunluğu, maksimum 30 dakikalık yağış yoğunluğu ve yağışın süresi gibi faktörlere dayanarak hesaplanır. (E) yağışın toplam kinetik enerjisini temsil ederken, (I) 30 dakika içinde düşen yağışın maksimum yoğunluğunu temsil etmektedir. Bunların çarpımının 100'e bölünmesiyle Wischmeier indeksi hesaplanmış olur. EI değeri, yağışın erozyonu tetikleme potansiyelini belirtir. Daha yüksek EI değeri, daha yüksek bir erozyon potansiyelini temsil eder (Wischmeier ve Smith, 1978). R parametresi hesaplanırken eğer çalışma alanına yönelik yağış yoğunluğu (cm) ve yağış süresi (dk) verileri biliniyorsa aşağıdaki eşitlik (4.2) uygulanır:

$$R = E \times I30 / 100$$

**R:** Yağış Erozyonu Faktörü,

**E:** Toplam şiddetli yağış enerjisi,

**I30:** Maksimum 30 dakikalık yağış şiddeti

(4.2)

Önceki çalışmalar incelendiğinde, ülkemizde kimi araştırmacıların R faktörü için Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerini kullanırken kimilerinin uydu tabanlı yağış verilerini kullanıldığı görülmektedir. Uydu tabanlı yağış verilerinin kullanılmasının nedenlerinden bazıları veriye daha kolay ulaşılması ve R faktörün hesaplanması için gerekli olan verilerin MGM istasyonlarının pek çoğunun ölçüm kapasitesinin olmamasıdır. Wischmeier erozyon indeksi için gerekli olan özellikle I30 gibi verilerin

temini kimi zaman mümkün olmamaktadır, bu gibi durumlarda R faktörü yıllık yağış verilerinden veya Modifiye Fournier İndeksi'nden (MFI) hesaplanabilir (Irvem vd. 2007). Bu çalışmada, Boğaçay havzasının yakın çevresinde yer alan meteorolojik istasyonlarından elde edilen çok yıllık yağış miktarları kullanılarak MFI indeksi hesaplamasında Eşitlik 4.3 kullanılmıştır. Arnoldus (1977) tarafından geliştirilen Modifiye Fournier İndisi (MFI) aylık yağışların toplam yağışa oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12}(pi)^2}{P}$$

**MFI:** Her bir meteoroloji istasyonuna ait MFI (4.3)

**pi:** i ayının yağış miktarı (mm)

**P:** Yıllık ortalama yağış miktarı (mm)

Bu kapsamda, Boğaçay havzasının yakın çevresinde yer alan meteorolojik istasyonlarında 130 verilerini bulunmamasından dolayı istasyonlarda bulunan çok yıllık yağış verileri kullanılarak MFI indeksi hesaplanmıştır. 8 farklı istasyondan elde edilen çok yıllık yağış miktarları kullanılarak MFI indeksi hesaplamasında Eşitlik 4.3 kullanılmıştır. Arnoldus (1977) tarafından geliştirilen Modifiye Fournier İndisi (MFI) aylık yağışların toplam yağışa oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Bu indeks, her bir meteoroloji istasyonunda aylık yağış miktarlarının yıl boyunca nasıl bir dağılım gösterdiğini analiz etmeye olanak tanımaktadır. Burada;  $pi$ , i. ayın yağış miktarını (mm), P ise yıllık toplam yağış miktarını (mm) ifade etmektedir. Bu eşitlik, aylık yağış değerlerinin yıl boyunca dağılımını istatistiksel olarak ortaya koymaktadır (Tosun 2019). Bu yaklaşım, yağışın yıl içerisindeki dağılımını sayısal olarak ifade ederken kullanılabileceği gibi yağışın hangi aylarda yoğunlaştığını tespit etmek içinde kullanılabilmektedir. Yüksek MFI değerleri, yağışın belirli aylarda yoğunlaştığını, düşük değerler ise yağışın yıl boyunca daha dengeli bir şekilde dağıldığını göstermektedir (Tosun 2019).

Formül hesaplanırken ArcGIS yazılımı Raster Calculator aracı kullanılmış ve sonuçlar nokta formatında bulunan Meteoroloji istasyonlarının öznitelik tablosuna yazdırılmıştır. İndeksi hesaplama yöntemi şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Öncelikle her bir ayın yağış miktarları ( $pi$ ) belirlenmiş ve bu değerlerin kareleri alınmıştır. Bu işlem, belirli aylarda yüksek yağış konsantrasyonunun indeks üzerinde daha fazla etkili olmasını sağlamıştır. Daha sonra, bu kare değerler toplanmış ve elde edilen toplam, yıllık toplam yağış miktarına (P) bölünerek indeks değeri elde edilmiştir. Son olarak, havzada dağılım gösteren istasyonlar için R faktörü, MFI sonuçları da kullanılarak ve Eşitlik 4.4'e göre belirlenmiştir (Karaburun vd. 2010). Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

$$R = (4,17 \times MFI) - 152 \quad (4.4)$$

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

**MFI:** Meteoroloji istasyonuna ait hesaplanan MFI.

**Çizelge 4.1.** Analizlerde kullanılan meteoroloji istasyonları, yıllık ortalama yağış miktarları, MFI ve R Faktör değerleri

| <b>İstasyonlar</b>                            | <b>Uzun<br/>Dönem<br/>Aylık<br/>Ortalama<br/>Yağış<br/>Miktarı</b> | <b>Modifiye<br/>Fournier<br/>İndeksi<br/>(MFI)</b> | <b>R<br/>Faktör</b> |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|
| Akdeniz Üniversitesi Meteoroloji İstasyonu    | 53,9                                                               | 1378,49                                            | 5596,30             |
| Konyaaltı Meteoroloji İstasyonu               | 68,76                                                              | 1494,5                                             | 6080,07             |
| Döşemealtı/Nebiler Meteoroloji İstasyonu      | 75,97                                                              | 1697,12                                            | 6924,99             |
| Korkuteli/Bük Meteoroloji İstasyonu           | 28,57                                                              | 411,04                                             | 1562,04             |
| Korkuteli/Bayat Köyü Meteoroloji İstasyonu    | 20,06                                                              | 439,25                                             | 1679,67             |
| Saklıkent Kayak Merkezi Meteoroloji İstasyonu | 54,58                                                              | 1052,33                                            | 4236,22             |
| Kemer/Ovacık Meteoroloji İstasyonu            | 79,45                                                              | 2155,35                                            | 8835,81             |
| Döşemealtı/Karain Havacılık İstasyonu         | 74,74                                                              | 1531,16                                            | 6232,94             |

Çizelge 4.1'deki meteoroloji istasyonlarına ait veriler, ölçümün yapıldığı istasyonu temsil etmektedir, bu nedenle havzanın deniz seviyesinden 2639 m'ye varan yükseltileri nedeniyle düşen yağışın miktarı farklılık göstereceği düşünüldüğü için, arazinin geri kalan kısımlarının yağış oranlarını hesaplamak amacı ile Schreiber yöntemi kullanılmıştır. Schreiber formülü, yağış miktarının yüksekliğe bağlı olarak nasıl değiştiğini belirlemek için kullanılan bir formüldür (Ardel, Kurter ve Dönmez 1969). Özellikle dağlık bölgelerde veya eğimli arazilerde yağışın yükseklikle artışı hesaplamak amacı ile kullanılan bu formül, yağışın her 100 m'de 54 mm artması prensibine dayanmaktadır. Bu durumda yağıştaki artış oranı aşağıdaki eşitliğe (Eşitlik 4.5) göre hesaplanabilmektedir.

$$k = \frac{54 \text{ mm}}{100 \text{ m}} = 0.54 \text{ mm/m} \quad (4.5)$$

Analiz işlemlerine başlamadan önce havzanın farklı kodlarında yüksekliğe bağlı olarak farklı yağış dağılımı görüleceği için havza genelinde bulunan gerekli meteoroloji istasyonlarından temin edilen uzun dönemli yağış verileri kullanılmıştır. Daha doğru sonuçlar elde edebilmek için havzanın genelinde sanal istasyonlar oluşturulmuş ve bu istasyonlardaki yağış verileri kullanılarak hesaplanmalar yapılmıştır. Bu işlem, literatürde rastgele nokta üretimi veya random sampling olarak adlandırılır. Rastgele noktalar üretmek için ArcGIS 10.5 yazılımı ile "Random Points" ve "Generate Random Points" araçları kullanılmıştır (O'Sullivan ve Unwin 2010). Bu araçlarla, belirlenen poligon ve alanlar içinde 7650 rastgele nokta oluşturulmuş daha sonra interpelasyon yöntemi gerçekleştirilmiştir. İnterpelasyon yöntemi olarak IDW (Ters Uzaklık Ağırlığı) tercih edilmiştir. Bu yöntem, Boğaçay havzasında bulunan meteoroloji istasyonlarındaki

değerler kullanılarak alandaki diğer noktaların değerlerini tahmin etmek için kullanılır. IDW, "yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla etkisi olduğu" varsayımına dayanır (Shepard 1968). "IDW" algoritması, bilinen noktalar arasındaki mesafeler ters oranlı olarak ağırlıklandırılır. Böylece değerleri bilinen noktaya yakın olan noktalar en yüksek ağırlığa sahip olurlar (Burrough ve McDonnell 1998).

Çizelge 4.1'te verilen meteoroloji istasyonu verilerinin tüm havza içerisindeki dağılımının interpolasyon ile hesaplanması işleminde, yağış miktarının (P) yükseklik (H) ile nasıl değiştiği modellenerek, eşitlik 4.6'te verilen basit doğrusal ilişki kullanılmıştır ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır (Eşitlik 4.6).

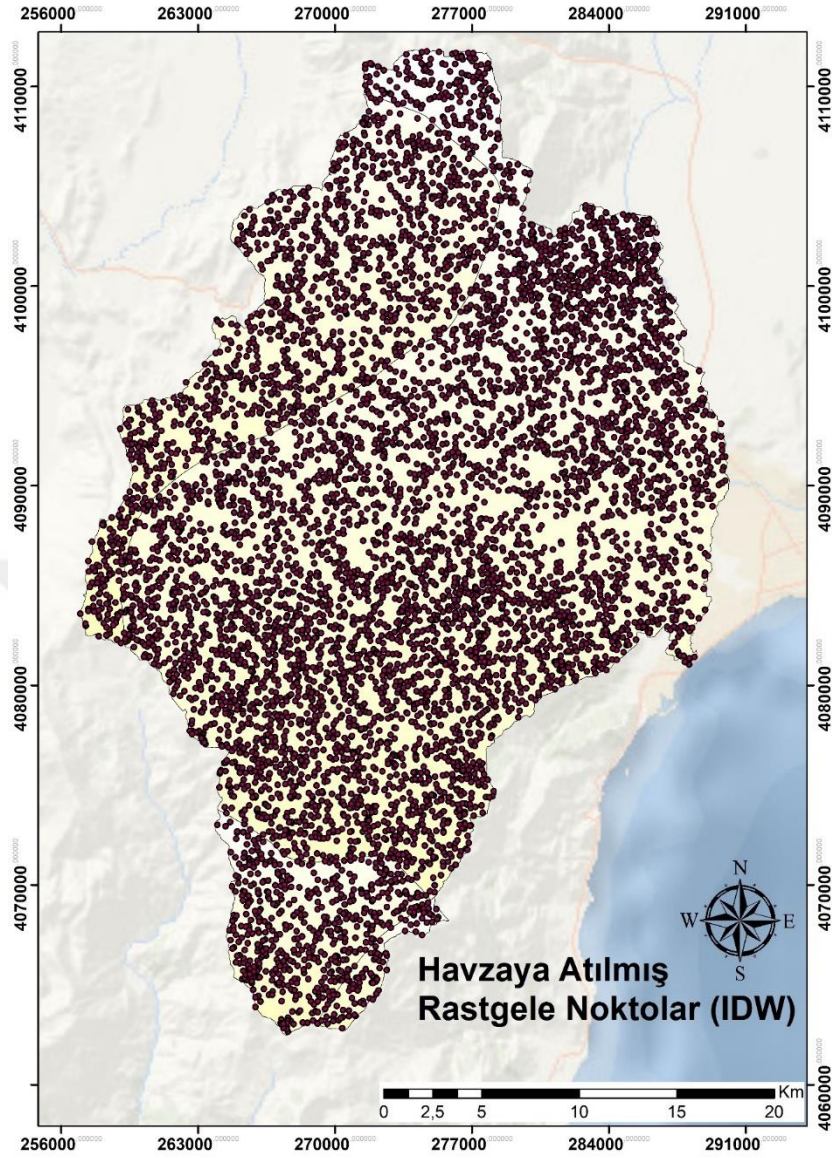
$$P = P_0 + k \cdot (H - H_0)$$

*P*: İlgili yükseklikteki yağış miktarı (mm) (4.6)  
*P<sub>0</sub>*: Referans yükseklikteki yağış miktarı (mm)  
*k*: Yağışın yüksekliğe bağlı artış oranı (mm/m)  
*H*: İlgili yükseklik (m)  
*H<sub>0</sub>*: Referans yüksekliği (m)

Daha önce oluşturulan rastgele noktalar, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları kullanılarak tek bir tabloda birleştirilmiştir. Bu tablo üzerinde Raster Calculator aracı yardımıyla hesaplama yapılmasını sağlayan yukarıdaki formül uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, ilgili öznetelik tablosuna işlenmiş ve bu veriler kullanılarak IDW yöntemiyle R faktörüne ait sayısal haritalar oluşturulmuştur. Bu hesaplamalardan yola çıkılarak RUSLE analizi için gerekli ve önemli faktörlerden birisi olan yağış erozyon faktörü (R)'ne ait havzanın yağış dağılışı ortaya konulmuştur.

#### 4.2. Yağış Erozyonu Faktörü (R) Dağılımı

Çalışmanın R faktörünün hesaplanması aşamasında da belirtildiği üzere, öncelikle istasyonlara ait MFI değerleri belirlenmiş ve sonrasında her bir istasyonun R değerleri hesaplanmıştır. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilen sonucu hesaplan MFI değerleri incelendiğinde, değerlerin 411,04 – 2155,35 arasından dağılışı gösterdiği görülmektedir. En düşük değerler Korkuteli/Bük istasyonunda gözlemlenirken, En yüksek değerler ise Kemer/Ovacık istasyonunda öne çıkmaktadır. "MFI değerleri hesaplandıktan sonra, her istasyon için R değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplanan R değerlerini temel alarak, havzanın çeşitli bölgelerine CBS yazılımları aracılığıyla noktalanarak 7650 adet sanal istasyon oluşturulmuş ve Schreiber yöntemine göre yağış değerleri tespit edilmiştir. Sonrasında, R faktörü alanındaki alansal dağılımlar, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve bu dağılımlar harita üzerinde görselleştirilmiştir.



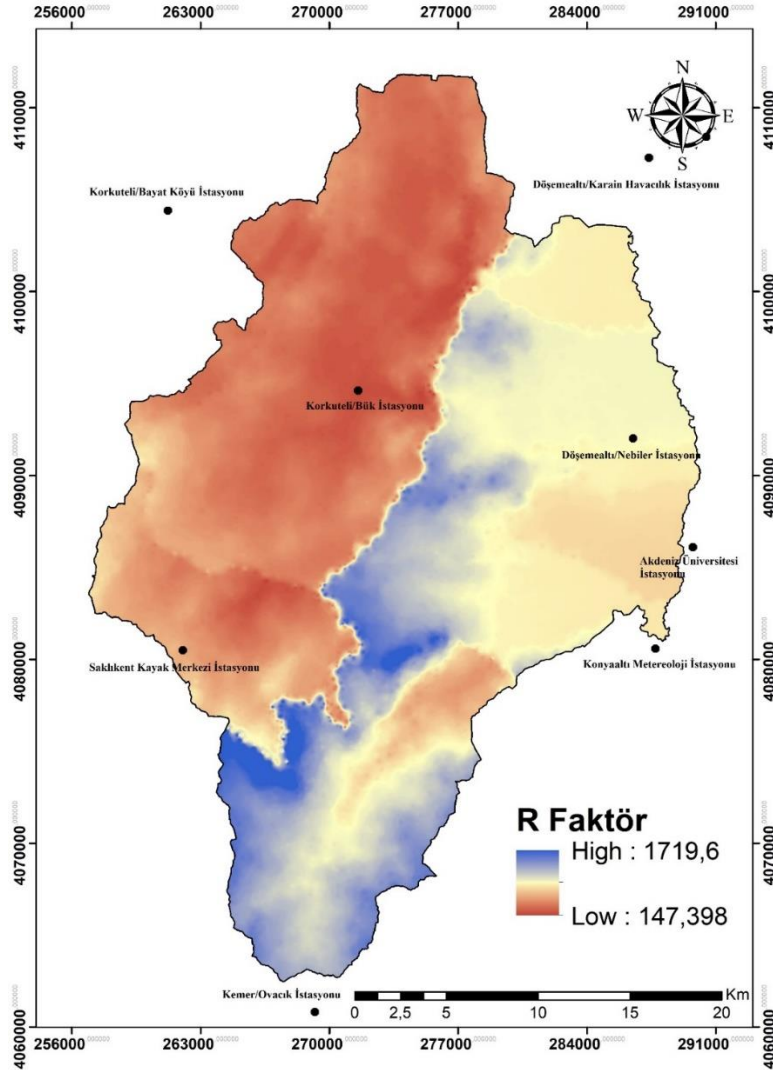
**Şekil 4.1.** Alanda oluşturulan sanal istasyonlar

Yağış erozyon faktörlerinin dağılımına bakıldığında, verilen istasyonlardaki R faktörlerinin oldukça değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Örneğin, En düşük R faktörü değerleri 111,97 ile Korkuteli/Bük Meteoroloji İstasyonu'nda, En yüksek R değerleri ise Kemer/Ovacık Meteoroloji İstasyonu'nda 587,15 olarak tespit edilmiştir. Bu istasyonlar arasındaki farklılık, bölgedeki yağış rejimi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Elde edilen bulgulara göre, en yüksek R faktörünün Kemer/Ovacık Meteoroloji İstasyonu'nda olduğu, en düşük değer ise Korkuteli/Bük Meteoroloji İstasyonu'nda gözlemlendiği görülmektedir. Bu, bölgedeki yağış miktarının ve toprak erozyon potansiyelinin farklılık gösterdiğini işaret etmektedir. Yüksek R faktörüne sahip istasyonlar genellikle daha yüksek yağış miktarına ve daha büyük su toplama kapasitesine işaret ederken, düşük R faktörüne sahip istasyonlar ise daha az yağış ve daha düşük su toplama kapasitesine sahip olabilir. Bu verilere dayanarak, bölgedeki yağış erozyon

riskinin değişkenlik gösterdiği ve bu riskin belirlenmesinde R faktörünün önemli bir gösterge olduğu sonucuna varılabilir. Özellikle yüksek R faktörüne sahip bölgelerde erozyon potansiyelinin daha yüksek olduğu ve bu bölgelerde erozyon kontrolü ve toprak yönetimi önlemlerinin daha önemli olduğu görülmektedir.

Boğaçay Havzasında Analizler sonucu elde edilen R değeri haritaları yükselti haritalarıyla birlikte incelendiğinde R değerlerinin yükseltiye bağlı olarak arttığı görülmektedir. Bulgulara göre, R değerlerinin dağların güney yamaçlarında daha yüksek olduğunu Kuzey ve batı yamaçlarında ise nispeten düz alanlarla aynı R değerlerine sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu dağılışı bölgenin iklim yapısıyla paralellik göstermektedir. En yüksek R değerleri Beydağlarının güney yamaçlarında dağılışı göstermiş olup, Döşemealtı ve Antalya merkez bölgeleri nispeten daha düşük yağış erozivite değerlerine sahipken, bu değerler dağların yamaçlarına doğru artış göstermiştir. Korkuteli ve Beydağlarının kuzey-batı yamaçları gibi bölgelerin ise daha alçakta kalması ve coğrafyanın yağış değerlerini azaltmamasından dolayı en düşük R değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. RUSLE modeli R faktör haritası

### 4.3. Toprak Erodabilite Faktörü (K)

K faktörü, toprak erozyon direncini temsil eder ve toprak kalitesi, yapısı, yaprak örtüsü ve toprak işleme uygulamaları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. K faktörünün hesaplanması karmaşık bir süreç olabilir ve genellikle laboratuvar testleri, arazi gözlemleri ve literatürden elde edilen verilere dayanır. Bu nedenle, K faktörünün belirlenmesi ve hesaplanmasıyla ilgili doğru veri toplama ve analiz yöntemlerinin kullanılması önemlidir. Örneğin, toprak kütlesi, organik madde içeriği, toprak tekstürü, toprak yapısı ve erozyon kontrol önlemleri gibi faktörler K faktörünün belirlenmesinde önemli rol oynar. Bu faktör, toprağın suyun geçirgenliği, organik madde içeriği, toprak tekstürü, toprak kütlesi, bitki örtüsü, eğim ve erozyon kontrol önlemleri gibi çeşitli faktörlerle ilişkilidir. Örneğin, organik madde içeriği yüksek olan topraklar genellikle daha iyi bir agregasyona sahiptir ve dolayısıyla daha düşük bir K faktörüne sahip olabilirler. Benzer şekilde, bitki örtüsü erozyonu azaltabilir ve bu da K faktörünün düşük olmasına neden olabilir.

Çalışmalar, K faktörünün toprak erozyonunun belirlenmesinde kritik bir değişken olduğunu göstermiştir (Smith ve diğerleri 2010; Brown ve diğerleri 2015). Bu faktör, toprak erozyonunu etkileyen çeşitli faktörlerin kompleks etkileşimlerini yansıttığından, doğru bir şekilde belirlenmesi önemlidir. Ayrıca, K faktörü toprak koruma stratejileri ve erozyonla mücadele önlemlerinin planlanması için önemli bir parametre olarak kabul edilir (Jones ve diğerleri 2012). K faktörünün doğru bir şekilde belirlenmesi, RUSLE modelinin doğruluğunu artırır ve toprak erozyonuyla ilgili etkili kararlar alınmasına yardımcı olur. Bu nedenle, K faktörünün belirlenmesi ve hesaplanmasıyla ilgili doğru veri toplama ve analiz yöntemlerinin kullanılması önemlidir. K faktörü, eğim ve eğim uzunluğu gibi faktörlerin etkisi altında değişen toprak erozyonunu hesaplamak için kullanılan bir ölçüttür. Örneğin, %9 eğime ve 22,1 metrelik bir eğim uzunluğuna sahip bir arazide, birim erozyon indisi ile ifade edilen erozyonun miktarı ton olarak ifade edilir. Bu durum, farklı toprak türlerinin ve özelliklerinin erozyon açısından farklılıklar gösterebileceğini ve diğer faktörler sabit olduğunda erozyonun derecesini etkileyebileceğini vurgular (Doğan ve Güçer 1976).

Toprak grupları, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre sınıflandırılır ve bu özellikler K faktörü üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Johnson ve Watson 2005). Kumlu topraklar genellikle düşük K faktörlerine sahiptir. İnfiltrasyon oranları yüksektir, bu da erozyona karşı daha az duyarlı oldukları anlamına gelir. Ancak, kumlu topraklar yağışlarda su kaybına daha eğilimli olduğu için erozyona karşı dikkat gerektirir (Smith 2010). Killi topraklar genellikle daha yüksek K faktörlerine sahiptir. Yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle erozyona daha duyarlı olabilirler. Ancak, kilin toprağı sıkılaştırma yeteneği, erozyona karşı direncini artırabilir (Brown 2008). Kumlu killi topraklar, kumlu ve killi toprakların özelliklerini birleştirir. Orta düzeyde K faktörlerine sahip olabilirler. İnfiltrasyon oranları kumlu topraklara kıyasla daha düşük olabilir, ancak killi topraklara kıyasla daha yüksek olabilir (Jones 2012). Tınlı topraklar genellikle orta seviyede K faktörlerine sahiptir. İyi bir su tutma kapasitesine sahiptirler, bu nedenle erozyona karşı orta seviyede bir dirence sahip olabilirler (Miller 2009). Organik topraklar genellikle yüksek K faktörlerine sahiptir. Su tutma kapasiteleri yüksektir, ancak organik madde içeriği nedeniyle erozyona karşı daha hassas olabilirler (Clark 2015). Çalışmada K Faktörünün hesaplanması için Antalya ili sayısal toprak haritaları kullanılmıştır ve değerlendirmeler Büyük Toprak Grupları (BTG) düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Bu

aşamada, dağınık halde bulunan veriler, “Dissolve” aracı kullanılarak öznetelik tablosunun “BTG” sütununda her biri kendi grubunda birleştirilmiş ve “Feature to Raster” aracı kullanılarak diğer veri katmanlarıyla aynı çözünürlükte raster formata dönüştürülmüştür. Yapılan işlemlerin ardından sınıflandırılmış topraklara “K” değerleri atanmıştır.

Toprak erozyonunu modellemek için kullanılan K faktörü, genellikle laboratuvar ve saha çalışmalarına dayalı detaylı toprak analizleriyle belirlenir. Bu analizler, toprağın su tutma kapasitesini, geçirgenliği ve erozyona karşı direnci gibi özelliklerini ortaya koyar. Ancak, bu tür analizler zaman alıcı ve maliyetli olabileceğinden çeşitli deneysel formüller geliştirilmiştir. Bu çalışmada havza alanı için üretilen K değerleri, Özşahin ve Uygur’un çalışmasında (2014) kullandıkları değerlere dayanarak elde edilmiştir. Özşahin ve Uygur K değerlerini belirlemek için Wischmeier ve Smith tarafından geliştirilen deneysel formülden yararlanılmışlardır. Wischmeier ve Smith tarafından geliştirilen bu formül literatürde en çok tercih edilen yöntemdir.

Havza için her bir büyük toprak gurubu düzeyinde Özşahin ve Uygur’un çalışmasında (2014) belirlenen K değerlerinden yola çıkılarak, söz konusu bu toprakların kapladıkları alanlar da hesaplanmış ve Çizelge’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2. K faktör değerleri ve kapladıkları alan (ha)**

| BTG | Toprak Grubu                  | K Faktör | Alan(ha) | Kapladıkları Alan (%) |
|-----|-------------------------------|----------|----------|-----------------------|
| A   | Alüvyal Topraklar             | 0,065    | 2494,16  | 2,74                  |
| H   | Hidromorfik Alüvyal Topraklar | 0,065    | 33,90    | 0,04                  |
| K   | Kolüvyal Topraklar            | 0,039    | 2255,47  | 2,48                  |
| M   | Kahverengi Orman Toprakları   | 0,048    | 4485,87  | 4,93                  |
| T   | Kırmızı Akdeniz Toprakları    | 0,033    | 62842,86 | 69,12                 |
| ck  | Çıplak Kaya ve Molozlar       | 0,001    | 17388,65 | 19,13                 |
| iy  | Irmak Taşkın Yatakları        | 0,065    | 1418,22  | 1,56                  |
| sk  | Kıyı Kumulları                | 0,065    | 1,35     | 0,00                  |

Çizelgeden de görüleceği üzere, Boğaçay havzasında Kırmızı Akdeniz Toprakları 62842,86 hektarla çok geniş bir alanı kaplamaktadır ve havzanın yaklaşık %69,12’sine tekabül etmektedir. Kahverengi Orman Toprakları %4,93, Kolüvyal Topraklar %2,48, Alüvyal Topraklar ise %2,74 alan kaplamaktadır. Havzadaki en düşük alana sahip toprak grubu ise %0,04 oranı ile Hidromorfik Alüvyal Topraklardır. Büyük Toprak Gruplarının haricinde havza genelinde %19,13 gibi yüksek miktarda Çıplak Kaya ve Molozlar olduğu belirlenmiştir.

#### 4.4. Toprak Erodibilite Faktörü (K) Dağılımı

Bilindiği üzere, K faktörü, toprak türü, tekstürü, organik madde içeriği, eğim, bitki örtüsü ve tarım uygulamaları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir. K faktörü, toprağın doğal aşınma direncini temsil eder. Bu faktör, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, bitki örtüsüne ve toprak kullanımına bağlı olarak değişir. Daha

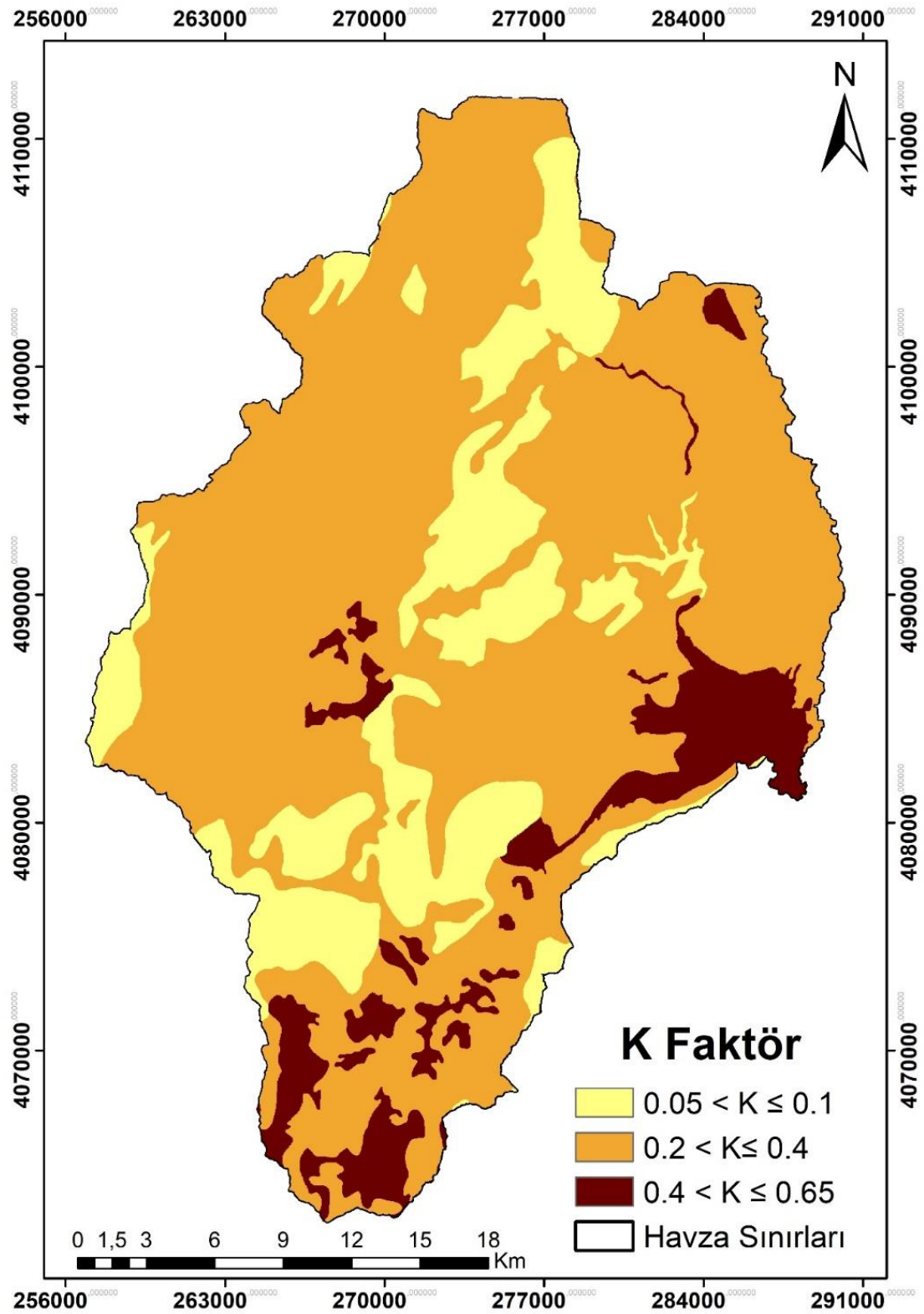
yüksek bir K değeri, toprağın daha kolay erozyona uğradığını gösterirken, daha düşük bir K değeri, toprağın daha dirençli olduğunu ve erozyona karşı daha az duyarlı olduğunu gösterir. Boğaçay havzasının K değerlerinin elde edilmesi için temin edilen sayısal toprak haritalarından, Büyük Toprak Grupları verileri erozyona uğrama seviyelerine göre değerler atanarak sınıflandırılmış, alansal dağılışı ve oransal miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda K değerlerinin 0.01 ile 0.6 arasında dağılışı gösterdiği belirlenmiştir. K değerlerini miktarlarını gösteren tablo aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 4.3. K değerleri ve alansal dağılışı (ha)**

| K SINIFI            | TANIM                            | ALANSAL DAĞILIM |                      |
|---------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------|
|                     |                                  | ALAN (ha)       | Oransal Dağılımı (%) |
| $0 < K \leq 0.05$   | Çok az aşınabilir                | ...             | ...                  |
| $0.05 < K \leq 0.1$ | Az aşınabilir                    | 17389,44        | 19,13                |
| $0.1 < K \leq 0.2$  | Orta derecede aşınabilir         | ...             | ...                  |
| $0.2 < K \leq 0.4$  | Kuvvetli derecede aşınabilir     | 65084,13        | 71,59                |
| $0.4 < K \leq 0.65$ | Çok kuvvetli derecede aşınabilir | 8435,07         | 9,28                 |
| <b>TOPLAM</b>       |                                  | <b>90908,64</b> | <b>100,00</b>        |

Çizelge 4.3'ten de görüleceği üzere, bölgedeki toprakların aşınabilirlik dereceleri farklı kategorilere ayrılmıştır. Az aşınabilirlik kategorisi, havzanın yaklaşık %19.13'ünü (17389,44 ha) kapsamaktadır ve bu alanların erozyon potansiyeli düşüktür. Ancak, büyük bir kısmı havzanın %71.59'unu (65084,13) oluşturan kuvvetli derecede aşınabilir alanlar, erozyon riskinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca Çok kuvvetli derecede aşınabilir topraklar havzanın %9,28'ünde (8435,07 ha) dağılışı göstermektedir. Özellikle, bu alanlar erozyona daha açık olduğu için erozyonla mücadele önlemlerinin bu bölgelerde öncelikli olarak uygulanması gerekebilir. Öte yandan, orta ve çok kuvvetli derecede aşınabilir alanların havzada bulunmadığı tespit edilmiştir. Ancak, bu bölgelerdeki toprak erozyonu potansiyeli oldukça yüksektir ve erozyon kontrolü için önlemler alınması gerekebilir. Özellikle, yağış rejimi, toprak özellikleri ve arazi kullanımı gibi faktörlerin bu bölgelerdeki erozyon üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Havzada dağılışı gösteren K değerlerinin en yüksek görüldüğü yerler Alüvyal Topraklar ve Hidromorfik Alüvyal topraklardır. En düşük görüldüğü yerler ise Kırmızı Akdeniz Topraklarıdır. K değerleri bölgesel olarak en yüksek Boğaçay ovasında ve Çandır Çayının Tahtalı Dağına yakın kesimlerinde akış gösteren bölümlerinde görülürken, En düşük K değerleri Beydağlarında görülür bunun nedeni bu kesimlerde Çıplak kayalık arazilerden oluşmasıdır. Genel olarak bakıldığında, K değerlerinin havzada tarım ve mera topraklarında yüksek değerler aldığı, ormanların geniş yayılışı gösterdiği alanlarda bulunan topraklarda ise bu değerlerin düştüğü ortaya çıkmıştır. Elde edilen bu bulgular, RUSLE-K faktörü verilerinin Boğaçay Havzası'ndaki toprak erozyonu potansiyelini değerlendirmede önemli bir araç olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, kuvvetli derecede aşınabilir alanlara odaklanılması ile erozyon kontrolü tedbirlerinin etkin bir şekilde uygulanması mümkün olabilecektir.



Şekil 4.3. RUSLE modeli K faktör haritası

#### 4.5. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS)

Eğim uzunluğu ve dikliği faktörü, toprak erozyonunu tahmin etmek için RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modelinde kullanılan başka önemli bir parametredir. Bu faktör, arazinin eğimi (S) ve uzunluğu (L) gibi topografik özelliklerini dikkate alarak erozyonun topografik etkisini değerlendirmektedir. Bilindiği üzere, daha dik eğimler ve daha uzun eğim uzunlukları, erozyon riskini artırır. LS faktörü, RUSLE modelinin bir bileşeni olarak, toprak erozyonunu tahmin etmek için kritik bir rol oynar. LS faktörü, erozyonun belirli bir alandaki potansiyel etkilerini tahmin etmek için kullanılır ve bu da toprak erozyonunu kontrol altına almak için alınacak önlemleri belirlemede yardımcı olmaktadır.

LS faktörünün hesaplanması, arazinin eğim ve uzunluğunu içeren topografik verilere dayanır. Bu faktör, genellikle coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak erozyonun belirli bir alandaki dağılımını tahmin etmek için ve haritalar oluşturmak için kullanılır. Toprak erozyonuyla mücadelede LS faktörü, erozyonla mücadele stratejileri geliştirilirken ve toprak koruma önlemleri planlanırken önemli bir rol oynar. Daha yüksek LS değerleri, erozyon riskinin daha yüksek olduğunu ve dolayısıyla korunma önlemlerinin daha acil olduğunu gösterir. Bu nedenle, LS faktörünün doğru bir şekilde hesaplanması ve analiz edilmesi, toprak erozyonunu azaltmak için etkili stratejilerin belirlenmesine yardımcı olur. LS faktörünü özellikle büyük çalışma alanlarında hesaplamaya çalışmak çok zahmetli bir iş olabilmektedir. Literatürde LS faktörünün hesaplanmasındaki ana zorluk, yamaç şeklinin çeşitliliği ve özellikle dağlık bölgelerde yamaç uzunluğunun artmasıdır (Özdemir 2018). Bu yüzden araştırmacılar, LS faktörünü hesaplamak için çok farklı denklemler ve algoritmalar geliştirmiştir. Bu denklemler Uzaktan Algılama ve CBS yazılımları vasıtasıyla kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Bu denklemlerde kullanılan sabit sayılar farklılık gösterebilmektedir fakat amaç hepsinde eğim derecesini ve akış toplamını hesaba katmaktadır. Bu çalışmada LS faktörü Cooley (2015) tarafından önerilen bir denklem kullanılarak belirlenmiştir. Cooley yöntemi, topoğrafik verilerin kullanımıyla erozyonun topografik etkisini belirlemek amacı ile kullanılmaktadır. Bu yöntem, eğim ve yamaç uzunluğunu dikkate alarak LS faktörünü tahmin etmek için genellikle CBS araçlarıyla entegre edilir. Yüksek çözünürlüklü dijital yüzey modelleri (DEM) ve CBS yazılımları kullanılarak, Cooley yöntemiyle LS faktörü, arazinin topografik özelliklerine dayalı olarak ayrıntılı bir şekilde hesaplanabilir. Bu yöntem, özellikle dağlık bölgelerde yamaç uzunluğunun fazla olduğu durumlarda etkili bir şekilde uygulanabilmektedir.

Çalışmada, LS faktörünün hesaplanmasında aşağıda verilen işlemler kullanılmıştır:

- İlk adımda çözünürlüğü 30x30 m olan Aster DEM sayısal yükseklik modeli kullanılarak, öncelikle Slope (Eğim) haritasının hazırlanması,
- İkinci adımda “fill” Analizi ile yüzeysel akışı engelleyen küçük boşlukların doldurulması ve havzanın akış yönünü belirlemeye yönelik “Flow Direction” analizinin gerçekleştirilmesi. Sonrasında “Flow Direction” çıktısından “Flow Accumulation” analizi yapılarak havzanın akış toplamının hesaplanması. Böylelikle “Flow Accumulation” çıktısıyla birlikte Cooley (2015) denklemine göre hesaplama için gerekli olan 2 temel faktörün elde edilmesi,
- Son aşamada, “raster calculator” modülü ile Cooley (2015)’e göre LS faktörünün hesaplanmasıdır. Bu kapsamda LS faktörünü hesaplama işlemlerinde ArcGIS 10.5

ortamında "Spatial Analyst Tool>Surface Slope" ve "ArcHydro Tool" araçları kullanılmıştır.

Cooley'in LS faktörü için geliştirdiği eşitlik (4.8) aşağıdaki gibidir:

$$LS = (Akış\ Toplamı \times [Hücre\ Boyutu] / 22.1)^{0.4} ((\sin(Eğim) \times 0.01745) / 0.09)^{1.4} \times 1.4 \quad (4.8)$$

*Akış Toplamı* = CBS analizlerinden elde edilmiş "flow accumulation" çıktısı  
*Hücre Boyutu* = CBS analizlerinde kullanılan DEM verisi hücre boyutu  
*Eğim* = CBS analizlerinde elde edilen derece cinsinden Eğim Haritası

#### 4.6. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS) Dağılımı

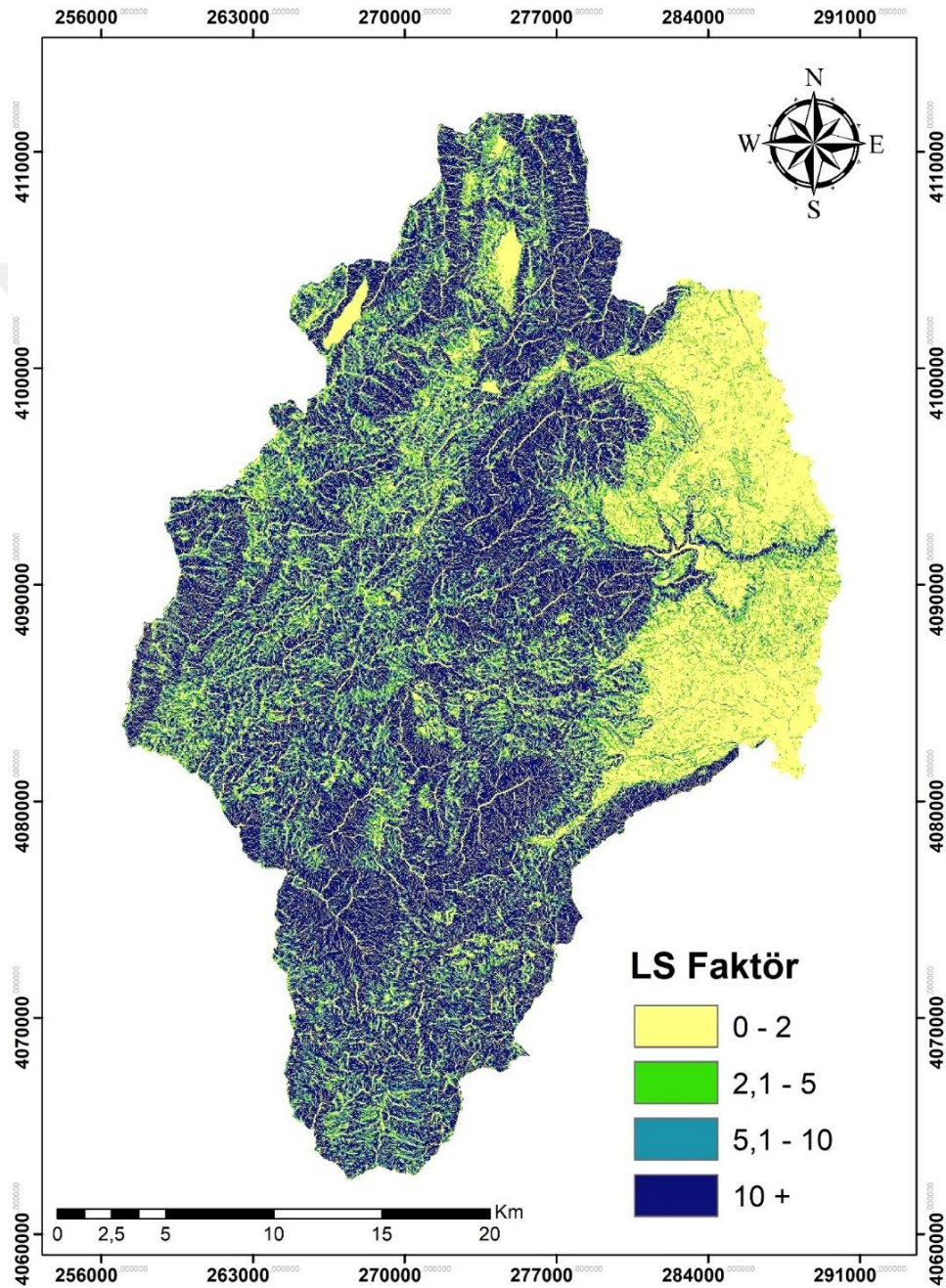
LS (Uzunluk ve Eğim) faktörü, toprak erozyonu riskini belirlemek için önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Bu faktör genellikle eğim haritası (S) ve eğim uzunluğu (L) verilerine dayanarak hesaplanabilmektedir. Çalışmada, bir önceki bölümde de belirtildiği üzere, Moore ve Burch (1986) tarafından önerilen denklem kullanılarak sahaya ilişkin LS faktörleri hesaplanmıştır. LS faktörü dağılımına ilişkin yapılan sınıflandırmalarda, alanının büyük bir kısmının düşük LS değerlerine sahip olduğu ve sadece küçük bir kısmının yüksek LS değerleri aldığı belirlenmiştir. Bu durum, erozyon riskinin genellikle belirli bölgelerde yoğunlaştığını ve bu bölgelerin erozyonla mücadele açısından öncelikli olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

**Çizelge 4.4.** LS değerleri ve kapladıkları alan (ha)

| LS SINIFI     | ALAN            |                     |
|---------------|-----------------|---------------------|
|               | (ha)            | Oransal Dağılım (%) |
| 0 - 2         | 37590,07        | 41,33               |
| 2 - 5         | 5437,66         | 5,98                |
| 5 - 10        | 9350,40         | 10,28               |
| 10 +          | 38583,09        | 42,42               |
| <b>TOPLAM</b> | <b>90961,23</b> | <b>100,00</b>       |

Çizelge 4.4'te, Boğaçay Havzası'nın LS faktörüne ilişkin veriler sunulmuştur. Bu tabloya göre alanının LS faktörü dağılımı dört sınıfta incelenmiştir. En fazla alan kaplayan LS sınıfı 0 ile 2 arasında yer almakta olup bu sınıf toplam alanın % 41,33'ünü kapsamaktadır. İkinci en büyük LS sınıfında ise 10 ve üzeri LS değerine sahip alanlar % 42,42'lik bir oranla gelmektedir. Oransal dağılıma bakıldığında, çalışma alanının büyük bir kısmının düşük LS değerlerine sahip olduğu görülmektedir, bu sonuç havza alanında erozyon riskinin genel olarak düşük olduğunu göstermektedir. Alandaki LS değerlerinin dağılımı incelendiğinde, LS faktörü haritasının eğim haritasıyla benzerlik gösterdiği ve eğimin arttığı alanlarda LS değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Havzanın eğimi, LS değerini arttıran en önemli etmenlerden biridir. Özellikle yüksek eğimli alanlarda LS faktörü değerlerinin çok yüksek olduğu ve erozyon riskinin bu alanlarda daha belirgin olduğu gözlemlenmektedir. Bölgede, genel olarak yükseltilerin arttığı alanlarda erozyon

riskinin yükseldiği ve eğimin azaldığı sahalarda ise LS değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Özellikle dağlık bölgelerde ve akarsu yataklarının bulunduğu derin vadilerde yüksek LS değerlerine rastlanılmıştır. Bu bulgulara göre Boğaçay Havzası'nda düşük LS değerlerinin hakim olduğu ve erozyon riskinin genellikle düşük olduğu sonucuna varılabilmektedir. Bununla birlikte, bazı alanlarda (10 ve üzeri LS değerine sahip olanlar) erozyon potansiyelinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Havzanın genel eğilimi, LS faktörünün çoğunlukla düşük değerlerde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4. RUSLE modeli LS faktör haritası

#### 4.7. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C)

RUSLE modelinin bir bileşeni olan C faktörü, bitki örtüsünün ve toprağın erozyona karşı direncini temsil eder. C faktörü, bitki örtüsü, toprak türü, erozyon kontrol yapısı ve toprağın yönetimi gibi faktörlere dayanarak belirlenir. Bitki örtüsünün yoğunluğu ve çeşitliliği, toprağın erozyona karşı korunmasında önemli bir rol oynar. Örneğin, sık bitki örtüsü, toprağı erozyona karşı daha dirençli hale getirirken, azalan bitki örtüsü erozyona karşı daha hassas bir ortam oluşturabilir (Montgomery 2007). Ayrıca, erozyon kontrol yapısı gibi insan müdahaleleri de C faktörünü etkileyebilir. RUSLE-C faktörünün doğru bir şekilde belirlenmesi, toprak erozyonu riskinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve uygun erozyon kontrol önlemlerinin belirlenmesi için önemlidir (Renard vd. 1997).

C faktörünün belirlenmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Örneğin, USDA tarafından geliştirilen Topographic Wetness Index (TWI), bitki örtüsünün ve toprağın erozyona karşı direncini hesaplamak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Moore ve Burch 1986). TWI, toprak ıslaklığına dayalı bir indekstir ve toprak nem içeriğini dikkate alarak bitki örtüsünün erozyona karşı direncini tahmin eder.

Ayrıca, literatürde, bitki örtüsünün tipik C faktör değerlerini belirlemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Lal (1998), farklı bitki örtüsü tipleri için tipik C faktör değerlerini belirlemek amacı ile yürüttüğü çalışmada, farklı bitki örtüsü tiplerinin erozyona karşı dirençlerini değerlendirmek ve bu değerlerin toprak erozyonu riskini tahmin etmek için nasıl kullanılabileceğini incelemiştir.

Çeşitli arazi özelliklerini içeren coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknikleri C faktörünün belirlenmesinde önemli rol oynar (McCool ve Foster 1991). Cooley vd. (2015), toprak erozyonunu etkileyen çeşitli faktörlerin belirlenmesi için CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanılabileceğini belirtmektedir. CBS, toprak özelliklerini ve bitki örtüsünü belirlemek için kullanılabilirken, uzaktan algılama teknikleri, toprak örtüsü ve toprak özellikleri hakkında bilgi sağlamak için farklı uzaklık aralıklarında algılamaları kullanır. Özellikle son yıllarda çok farklı uyduların dünya gözlemi için kullanılmaya başlaması doğru veriye hızlı ve uygun fiyatla ulaşma imkanı sağlamıştır.

Bu çalışmada, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ortamında ve UA (Uzaktan Algılama) teknikleriyle C faktörünün hesaplanması amacı ile CORINE verilerinden yararlanılmıştır. CORINE (Coordination of Information on the Environment), AB tarafından geliştirilen ve Avrupa'nın toprak kullanımını ve toprak örtüsünü sınıflandıran bir sistemdir. CORINE projesi, çevresel politika ve doğal kaynak yönetimi alanında karar vericilere, araştırmacılara ve diğer ilgili paydaşlara hizmet etmek üzere tasarlanmıştır. CORINE temel amacı, Avrupa'nın çeşitli bölgelerindeki toprak kullanımını ve toprak örtüsünü tanımlamak ve sınıflandırmaktır. Bu sistem, uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve diğer uzaktan algılama teknolojilerini kullanarak detaylı toprak örtüsü haritaları oluşturur. Bu haritalar, farklı toprak örtüsü sınıflarını tanımlamak için belirli kodlar ve semboller kullanır ve genellikle çeşitli renklerle temsil edilir. Bu yöntem, toprak örtüsü sınıflarını temel alarak C faktörünün tahmin edilmesine olanak tanır ve Avrupa'da ve diğer bölgelerde toprak erozyonu riskinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. CORINE sınıflandırması arazi örtüsünü altı ana kategoriye ayırır.

Bunlar; 1.Tarım alanları, 2.Ormanlar ve diğer doğal alanlar, 3. Açık alanlar, 4. Su alanları, 5. Yerleşim alanları ve 6. Diğer alanlardır. Ayrıca bu ana kategoriler, kendi içerisinde de kategorilere ayrılırlar. Arazi örtüsü ikinci seviyede 15, 3. Seviyede ise 44 alt sınıftan oluşmaktadır. Her ana kategori, daha spesifik alt kategorilere ayrılır ve arazi örtüsünün detaylı bir görünümünü sağlar. Bu sınıflandırma sistemi, çevresel değişiklikleri izlemek, doğal kaynakları yönetmek, kırsal kalkınma politikalarını geliştirmek ve doğal yaşamı korumak gibi çeşitli amaçlar için kullanılır (European Environment Agency 2000).

CORINE verileri, Avrupa Birliği ülkelerinin hükümetleri, çevre örgütleri, araştırma kuruluşları ve endüstriyel kuruluşlar tarafından geniş bir yelpazede kullanılır. Bu veriler, çevresel etkilerin analiz edilmesi, politika oluşturma süreçlerinde karar alma, çevresel izleme ve raporlama gibi alanlarda önemli bir kaynak teşkil eder. Genel olarak, CORINE sistemi Avrupa'daki toprak örtüsü değişikliklerini izlemek ve anlamak için kritik bir araçtır. Bu sistem, çevresel yönetim ve sürdürülebilirlik çabalarına önemli katkılar sağlar ve Avrupa'nın doğal kaynaklarını korumak ve yönetmek için önemli bir veri kaynağıdır. Boğaçay havzasının C değerlerinin belirlenmesinde CORINE 2018 yılı verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda C faktörü değerleri, İspanyol Doğa Koruma Enstitüsü (ICONA; Almorox ve diğerleri, 1994) tarafından önerilen değerlere göre her arazi kullanım sınıfına belirli değerler atanarak belirlenmiştir. Söz konusu bu değerler: su ve kentsel arazi kullanımları için 0 (yani erozyon yok); orman arazi örtüsü için 0,010–0,300; Çalılıklar için 0,080–0,200; mera için 0,045–0,150; Ekilebilir araziler için 0,100–0,400; ve çıplak kayalık arazi kategorileri için 0,166–0,800'dir. Çizelge 4.5'ten de görüleceği üzere, bu değerlerin CORINE arazi örtüsü haritası (EEA 2000) tarafından tanımlanan arazi kullanımlarına uygulanması ile CBS ortamında C-faktörü haritası oluşturulmuştur (Alatorre vd., 2010 ; EEA 2000).

**Çizelge 4.5. CORINE arazi örtüsü haritasına atanan C faktörü değerleri (EEA 2000)**

| CORINE Kod | Gösterge (Türkçe)                     | Alan(ha) | C Faktör |
|------------|---------------------------------------|----------|----------|
| 112        | Süreksiz Kentsel Yapı                 | 990,21   | 0        |
| 121        | Endüstriyel veya Ticari Birimler      | 115,84   | 0        |
| 122        | Karayolları ve Demiryolları           | 166,87   | 0        |
| 131        | Maden Çıkarım Sahaları                | 372,23   | 0,05     |
| 133        | İnşaat Sahaları                       | 179,98   | 0        |
| 141        | Yeşil Şehir Alanları                  | 25,56    | 0        |
| 211        | Sulanmayan Ekilebilir Alanlar         | 333,79   | 0,4      |
| 212        | Sürekli Sulanan Alanlar               | 667,21   | 0,2      |
| 222        | Meyve Bahçeleri                       | 2318,62  | 0,296    |
| 223        | Zeytinlikler                          | 0,53     | 0,296    |
| 242        | Karışık Tarım Alanları                | 7036,62  | 0,335    |
| 243        | Doğal Bitki Örtüsü ile Tarım Alanları | 6619,52  | 0,04     |
| 312        | İğne Yapraklı Ormanlar                | 28788,50 | 0,001    |
| 313        | Karışık Ormanlar                      | 3903,45  | 0,002    |
| 321        | Doğal Çayırlikları                    | 6675,20  | 0,005    |
| 323        | Siklerofil Bitki Örtüsü               | 2806,73  | 0,04     |
| 324        | Bitki Değişim Alanları                | 23852,80 | 0,04     |
| 331        | Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar      | 1025,73  | 0,36     |
| 332        | Çıplak Kayalıklar                     | 2982,15  | 0,36     |
| 333        | Seyrek Bitki Alanları                 | 2025,73  | 0,36     |
| 512        | Su Kütleleri                          | 25,08    | 0        |

Sonuç olarak Süreksiz Kentsel Yapı, Endüstriyel veya Ticari Birimler, Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar, Maden Çıkarım Sahaları, İnşaat Sahaları, Yeşil Şehir Alanları, Sulanmayan Ekilebilir Alanlar, Sürekli Sulanan Alanlar, Meyve Bahçeleri, Zeytinlikler, Karışık Tarım Alanları, Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları, İğne Yapraklı Ormanlar, Karışık Ormanlar, Doğal Çayırlikları, Siklerofil Bitki Örtüsü, Bitki Değişim Alanları, Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar, Çıplak Kayalıklar, Seyrek Bitki Alanları, Su Kütleleri gibi pek çok sınıfa C değerleri atanmıştır. En düşük atanan değer 0,01 ve en yüksek değer 0,4 olarak belirlenmiştir.

#### 4.8. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C) Dağılımı

Çalışma alanı için temin edilen CORINE arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritaları üzerinden, her bir sınıf için literatürde (Akgöz vd. 2016; Wischmeier ve Smith 1978; Terranova ve diğerleri 2009) tavsiye edilen sayısal değerler kullanılarak C faktörüne dönüşümler yapılmış ve çalışma alanındaki her bir piksel için C faktörü hesaplanmıştır. Bu dönüşüm, her bir sınıfın erozyon direncini temsil etmek üzere gerçekleştirilmiştir. Bu faktörlerin her biri, erozyon oluşturma potansiyeline göre belirli bir C faktörüne sahiptir. Çalışmada kullanılan C faktörü değerleri, arazi kullanımı ve bitki örtüsü sınıflarına göre gruplandırılmıştır. Bu gruplar, erozyon direnci açısından farklılık göstermektedir. Örneğin, ormanlık alanlar genellikle düşük C faktörü değerlerine sahipken, tarım arazileri daha yüksek C faktörü değerlerine sahip olabilmektedir.

Hesaplanan C faktörü değerleri, ilgili sınıfların kapladığı alanlarla çarpılarak, her bir sınıf için toplam erozyon direnci sağlayan alan miktarı belirlenmiştir. Bu adım, her bir sınıfın erozyon kontrolüne katkısını belirlemek için önemlidir. Elde edilen sonuçlar analiz edilerek, çalışma alanındaki farklı arazi örtüsü ve kullanımının erozyon direncine olan etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, erozyona duyarlı alanların belirlenmesi ve bu alanlarda potansiyel erozyon kontrol önlemlerinin alınması için çalışma alanının detaylı bir analizi yapılmıştır.

**Çizelge 4.6.** C Faktör ve kapladıkları alan (ha)

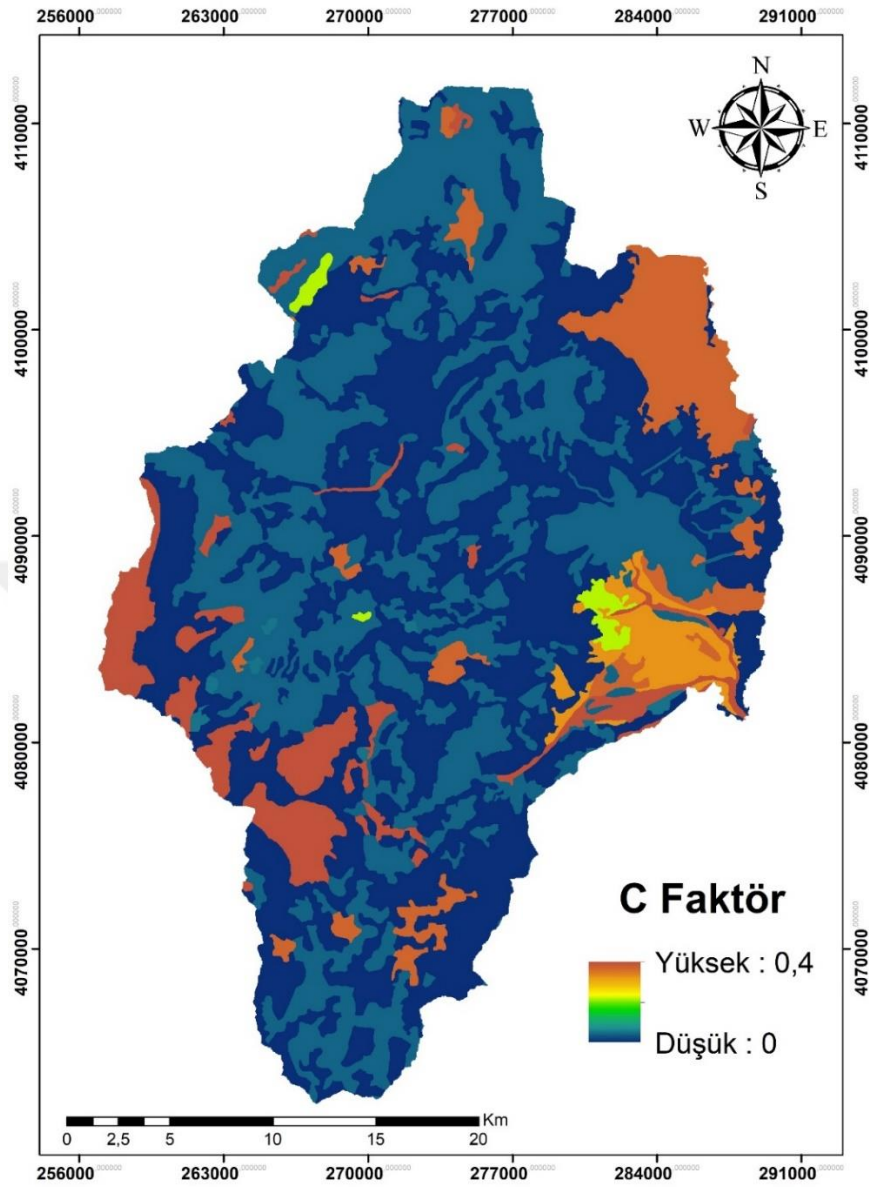
| Arazi Kullanım                              | C Faktör | Alan(ha) | Oransal Dağılım (%) |
|---------------------------------------------|----------|----------|---------------------|
| Süreksiz Kentsel Yapı                       | 0        | 990,21   | 1,09                |
| Endüstriyel veya Ticari Birimler            | 0        | 115,84   | 0,13                |
| Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar | 0        | 166,87   | 0,18                |
| Maden Çıkarım Sahaları                      | 0,05     | 372,23   | 0,41                |
| İnşaat Sahaları                             | 0        | 179,98   | 0,20                |
| Yeşil Şehir Alanları                        | 0        | 25,56    | 0,03                |
| Sulanmayan Ekilebilir Alanlar               | 0,4      | 333,79   | 0,37                |
| Sürekli Sulanan Alanlar                     | 0,2      | 667,21   | 0,73                |
| Meyve Bahçeleri                             | 0,296    | 2318,62  | 2,55                |
| Zeytinlikler                                | 0,296    | 0,53     | 0,00                |

Çizelge 4.6. arka sayfada devam etmektedir.

Çizelge 4.6'nın devamı...

|                                       |              |          |        |
|---------------------------------------|--------------|----------|--------|
| Karışık Tarım Alanları                | <b>0,335</b> | 7036,62  | 7,74   |
| Doğal Bitki Örtüsü ile Tarım Alanları | <b>0,04</b>  | 6619,52  | 7,28   |
| İğne Yapraklı Ormanlar                | <b>0,001</b> | 28788,50 | 31,67  |
| Karışık Ormanlar                      | <b>0,002</b> | 3903,45  | 4,29   |
| Doğal Çayırılıkları                   | <b>0,005</b> | 6675,20  | 7,34   |
| Siklerofil Bitki Örtüsü               | <b>0,04</b>  | 2806,73  | 3,09   |
| Bitki Değişim Alanları                | <b>0,04</b>  | 23852,80 | 26,24  |
| Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar      | <b>0,36</b>  | 1025,73  | 1,13   |
| Çıplak Kayalıklar                     | <b>0,36</b>  | 2982,15  | 3,28   |
| Seyrek Bitki Alanları                 | <b>0,36</b>  | 2025,73  | 2,23   |
| Su Kütleleri                          | <b>0</b>     | 25,08    | 0,03   |
| <b>Toplam</b>                         |              | 90912,34 | 100,00 |

Çizelgeden görüleceği üzere, çalışma alanı C değerleri 0 ile 0,36 arasında değişim göstermektedir. İğne yapraklı ormanlar, çalışma alanında en geniş alanı kapsamakta olup %31,67'lik bir oranla ilk sırayı almaktadır. Onu %26,24 ile Bitki Değişim alanları takip etmektedir. Bununla birlikte, az alan kaplasa da dağılım miktarı olarak önemli olan %7,74 ile Karışık Tarım Alanları, %7,34 ile Doğal Çayırılıklar ve %7,28 ile Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları yer almaktadır. Çalışma alanında en yüksek C değerleri, havzanın kuzey-doğu bölgesinde bulunan Döşemealtı tarım arazilerinde ve havzanın güneydoğu bölümünde bulunan Beydağlarındaki Çıplak kayalık ve Seyrek Bitki alanlarında belirlenmiştir. Bölgedeki diğer yüksek C değerleri ise, Boğaçay, çandar, doyran çayının akış gösterdiği yatakta ve akarsuyun biriktirdiği alüvyon arazideki tarım ve meyve bahçelerinde ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.5. RUSLE modeli C faktör haritası

#### 4.9. Toprak Koruma Uygulamaları (P)

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) modelinin bir bileşeni olan RUSLE-P faktörü, toprak erozyonu ve toprak kaybı arasındaki ilişkiyi anlamak ve çevresel etkileri değerlendirmek için kullanılmaktadır (Zhang vd. 2019). Bu faktör, tarım arazilerindeki toprak kaybını etkileyen çeşitli faktörleri dikkate alır (Liu vd. 2020). Bu faktörler arasında yağış rejimi, toprak özellikleri, bitki örtüsü, eğim ve tarım uygulamaları gibi değişkenler bulunmaktadır. Arazi kullanımı ve toprak yönetimi uygulamalarının, RUSLE-P faktörünün değerini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Topraklar, tarımsal faaliyetlerin bir yan ürünü olarak sıklıkla sulama veya yağışla taşınırlar. Bu nedenle, RUSLE-P faktörünün doğru bir şekilde hesaplanması, toprak kaybını azaltmaya yönelik erozyon kontrol önlemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında kritik bir öneme sahiptir.

RUSLE-P faktörünün hesaplanması için öncelikle yağış rejimi ve toprak özellikleri gibi temel parametreler dikkate alınır. Yağış rejimi, özellikle yağış miktarı ve yoğunluğu, erozyon yoluyla taşınan toprak miktarını belirlemede kritik bir rol oynar. Toprak özellikleri ise, toprak erozyonunun ve dolayısıyla toprak kaybının derecesini etkiler. Bu özellikler arasında toprak tekstürü, organik madde içeriği, drenaj özellikleri ve toprak derinliği yer alır. Tarım uygulamaları, toprak işleme yöntemleri, sürüm yöntemleri ve gübreleme uygulamaları gibi faktörler aracılığıyla toprak kaybını etkileyebilir (Zhang ve ark. 2019). Bu faktörlerin birleşimi, RUSLE-P faktörünün hesaplanmasına yol açar. Hesaplama genellikle coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve matematiksel modeller kullanılarak yapılır. Sonuçlar, genellikle ton/km<sup>2</sup> veya kg/hektar cinsinden ifade edilir ve tarımsal arazilerde toprak yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde ve çevresel koruma çabalarının yönlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Toprak koruma uygulamaları (P) faktörü sadece toprağı korumaya yönelik uygulamaları içermemekte, aynı zamanda toprak erozyonu ve toprak kaybı arasındaki ilişkiyi anlamak ve çevresel etkileri değerlendirmek için de hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada P faktörü ABD ve Kanada'da yayınlanan GLOBCOVER harita ve tablolarındaki C faktörü ile aynı şekilde hazırlanmıştır, ayrıca bu faktörde yer alan değerler (Chadli 2016) ve (Golijanin, vd. 2022) gibi araştırmacılar tarafından da kullanılmıştır. Literatürde P faktör toprağı koruma durumuna göre 0 ile 1 arasında değer almaktadır. 1'e yakın değerler çalışma alanında herhangi bir toprak koruma tedbirinin olmadığını, 0'a yakın değerler ise tedbirlerin yüksek olduğunu gösterir (Renard vd. 1997; Tağıl 2007).

**Çizelge 4.7.** Arazi Kullanım ve P faktör değerleri

| Corine | Arazi Kullanım                                         | P Faktör |
|--------|--------------------------------------------------------|----------|
| 112    | Süreksiz Kentsel Yapı                                  | 1        |
| 121    | Endüstriyel veya Ticari Birimler                       | 1        |
| 122    | Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar            | 1        |
| 131    | Maden Çıkarım Sahaları                                 | 1        |
| 133    | İnşaat Sahaları                                        | 1        |
| 141    | Yeşil Şehir Alanları                                   | 1        |
| 211    | Sulanmayan Ekilebilir Alanlar                          | 0,5      |
| 212    | Sürekli Sulanan Alanlar                                | 0,5      |
| 222    | Meyve Bahçeleri                                        | 1        |
| 223    | Zeytinlikler                                           | 1        |
| 242    | Karışık Tarım Alanları                                 | 0,5      |
| 243    | Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları | 0,5      |
| 312    | İğne Yapraklı Ormanlar                                 | 1        |
| 313    | Karışık Ormanlar                                       | 1        |
| 321    | Doğal Çayırlikları                                     | 0,8      |
| 323    | Siklerofil Bitki Örtüsü                                | 1        |
| 324    | Bitki Değişim Alanları                                 | 0,8      |
| 331    | Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar                       | 1        |
| 332    | Çıplak Kayalıklar                                      | 1        |
| 333    | Seyrek Bitki Alanları                                  | 0,8      |
| 512    | Su Kütleleri                                           | 1        |

#### 4.10. Toprak Koruma Uygulamaları (P) Dağılımı

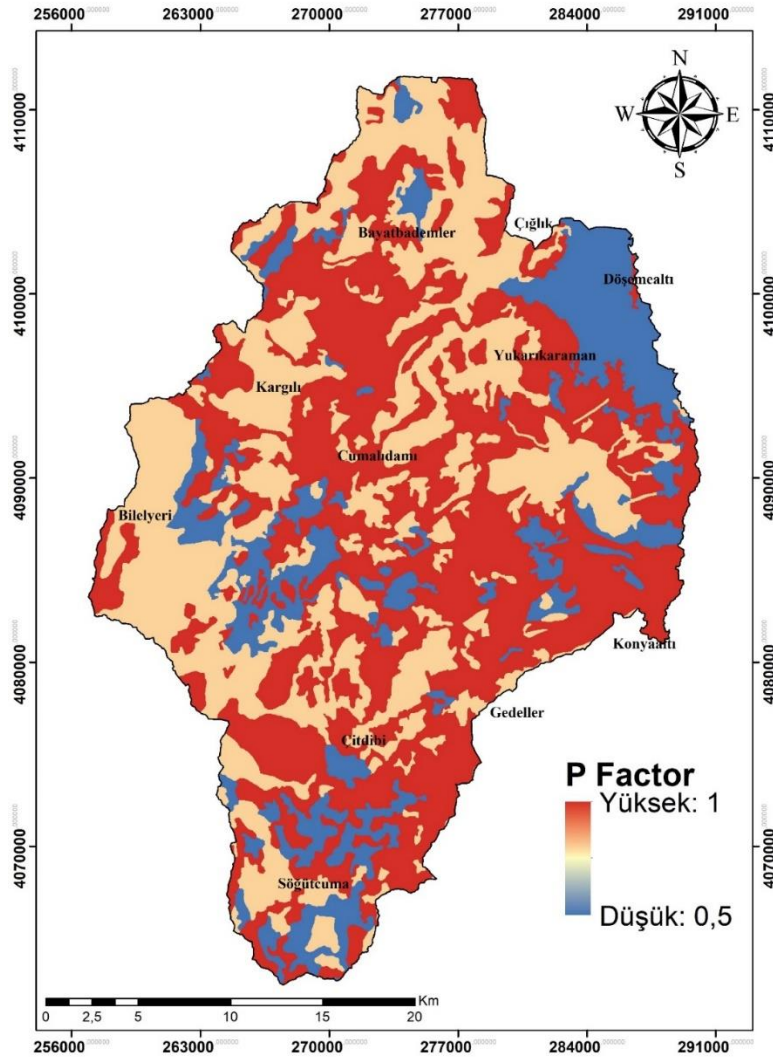
Bilindiği üzere RUSLE-P faktörü, toprak erozyonu ve toprak kaybı arasındaki ilişkiyi anlamak ve çevresel etkileri değerlendirmek amacı ile kullanılmaktadır (Zhang vd. 2019). Bu çalışmada, P faktörü belirlenirken arazi kullanımı ve alan büyüklükleri dikkate alınmıştır. CORINE kodları kullanılarak arazi kullanımı sınıflandırılmış ve her sınıf için belirli bir P faktörü değeri atanmıştır. Belirlenen bu değerler, çalışma alanındaki toprak erozyonu ve toprak kaybı potansiyelini değerlendirmek için temel oluşturmuştur.

Toprak koruma uygulamalarını tanımlayan P faktörü değerleri Drzewiecki ve Mularz (2005), Bazzoffi (2013), Goğab ve Urban (2017), Golijanin vd. (2022)'ye göre tanımlanmıştır. Bu sınıflandırmada, farklı arazi kullanım türleri Corine Land Cover (CLC)'dan temin edilmiş, her bir arazi türü için bir P Faktörü ve alan (hektar) değerleri sunulmuştur. Çalışma alanındaki arazi sınıflarında üç farklı P değeri tespit edilmiştir. Bunlar 1, 0.5 ve 0.8 değerleridir. Bu değerlerden, **1:** Erozyon riskinin en yüksek olduğu veya koruma önlemlerinin düşük olduğu arazi tiplerini (örneğin Süreksiz Kentsel Yapı, Endüstriyel veya Ticari Birimler, Ormanlar), **0.5:** Tarımsal alanlarda daha düşük erozyon riski veya daha fazla koruma sağlayan arazi türlerini (örneğin, Sulanmayan Ekilebilir Alanlar ve Karışık Tarım Alanları) ve **0.8:** Orta seviyede koruma veya risk durumunu belirten değerleri (örneğin, Doğal Çayırliklar ve Seyrek Bitki Alanları) ifade etmektedir. Çalışma alanında hesaplanan P değerleri incelendiğinde, 1 değeri alan bölgelerin 43701 hektar, 0.5 değerinin 14657 hektar ve 0,8 olan alanların 32554 hektar olduğu ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 4.8.** P Faktör ve kapladıkları alan (ha)

| Corine Kod | Gösterge (Türkçe)                           | P Factor | Alan(ha) |
|------------|---------------------------------------------|----------|----------|
| 112        | Süreksiz Kentsel Yapı                       | 1        | 990,21   |
| 121        | Endüstriyel veya Ticari Birimler            | 1        | 115,84   |
| 122        | Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar | 1        | 166,87   |
| 131        | Maden Çıkarım Sahaları                      | 1        | 372,23   |
| 133        | İnşaat Sahaları                             | 1        | 179,98   |
| 141        | Yeşil Şehir Alanları                        | 1        | 25,56    |
| 211        | Sulanmayan Ekilebilir Alanlar               | 0,5      | 333,79   |
| 212        | Sürekli Sulanan Alanlar                     | 0,5      | 667,21   |
| 222        | Meyve Bahçeleri                             | 1        | 2318,62  |
| 223        | Zeytinlikler                                | 1        | 0,53     |
| 242        | Karışık Tarım Alanları                      | 0,5      | 7036,62  |
| 243        | Doğal Bitki Örtüsü ile Tarım Alanları       | 0,5      | 6619,52  |
| 312        | İğne Yapraklı Ormanlar                      | 1        | 28788,50 |
| 313        | Karışık Ormanlar                            | 1        | 3903,45  |
| 321        | Doğal Çayırlikları                          | 0,8      | 6675,20  |
| 323        | Siklofil Bitki Örtüsü                       | 1        | 2806,73  |
| 324        | Bitki Değişim Alanları                      | 0,8      | 23852,80 |
| 331        | Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar            | 1        | 1025,73  |
| 332        | Çıplak Kayalıklar                           | 1        | 2982,15  |
| 333        | Seyrek Bitki Alanları                       | 0,8      | 2025,73  |
| 512        | Su Kütleleri                                | 1        | 25,08    |

Şekil 4.6’te kırmızı renkli alanlar erozyona açık ve korunmasız alanları gösterirken, mavi bölgeler ise daha az riskli veya iyi korunan alanları temsil etmektedir. Çalışma alanının kuzey kesiminde yer alan, Bayatbademleri ve Çıglık çevresindeki yoğun kırmızı alanlar, bu bölgelerin doğal bitki örtüsünün tahrip olması nedeniyle erozyona açık bölgeler olduğunu göstermektedir. Bu durumun, muhtemelen son yıllarda artan kentsel büyüme baskısı nedeni ile olabileceği düşünülmektedir. Alanın batı kesimindeki Bilelyeri, Kargılı ve Cumalıdamı çevresinde de yüksek erozyon riski belirlenmiştir. Bu alanlar dik eğimli arazilerden oluşan dağlık bölgelerdir. Döşemealtı bölgesindeki düşük erozyon riski ise, kentsel baskıdan ziyade arazi eğiminin düz-düze yakın olmasından ve bu bölgede yoğun maki fundalık alanların bulunmasından kaynaklandığını ortaya çıkarmıştır. Toprak Koruma Uygulamaları kapsamında erozyon riskinin ortaya çıkan bir diğer bölge ise alanın güneyinde yer alan Söğütçüma ve Çitdibi çevresindeki kırmızı alanlardır. Bu bölgelerde bitki örtüsünün azlığı ve toprak yapısının erozyona eğilimli olması elde edilen sonucu destekler niteliktedir. Yapılan değerlendirmede bölgenin güney kesimlerinde mavi alanların da yaygın olması, bölgede toprak koruma çalışmalarının yapıldığını veya doğal alanların bulunduğunu göstermektedir.



Şekil 4.6. RUSLE modeli P faktör haritası

Çalışmada, RUSLE için gerekli olan, yağış (R), toprak erozyonunu (K), eğim (S), bitki örtüsü (C) ve yönetim uygulamalarının (P) tüm faktörlerin belirlenmesinin ardından, tüm faktörlere ait 30 m x 30 m piksel değerlerine sahip raster formatında haritalar türetilmiştir. Ayrıca bu faktörlerin tamamı RUSLE formülünde belirtilen şekilde CBS ortamında “Raster Calculator” aracı kullanılarak hesaplanmış ve son olarak Boğaçay havzasının potansiyel toprak kaybı (ton/ha/yıl) belirlenmiştir. Her bir faktöre ait veriler alan bazında aşağıda ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

#### 4.11. Toprak Kaybı ve Risk Haritasının Belirlenmesi (A)

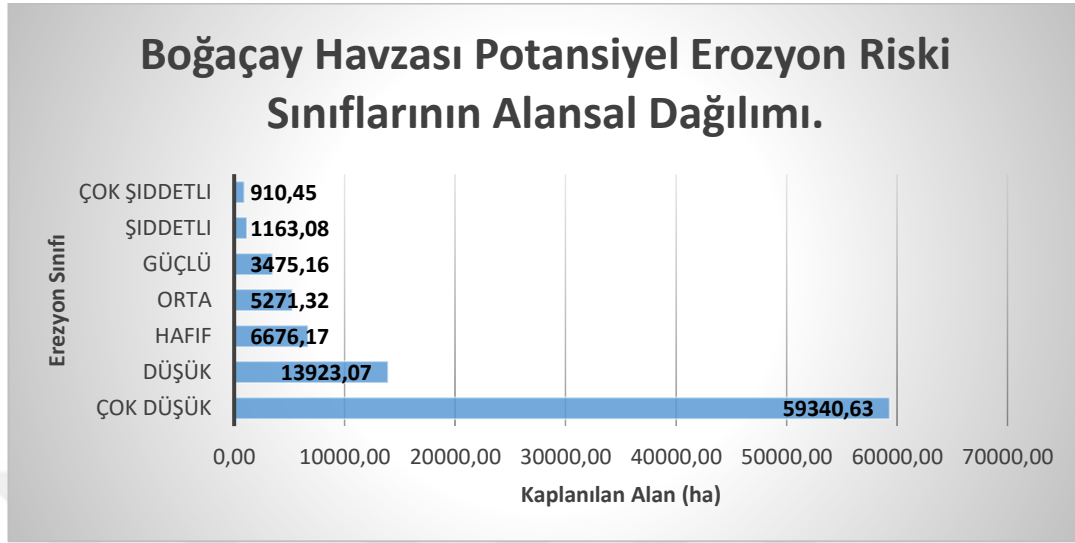
Çalışmada havza için elde edilen yağış, toprak, eğim uzunluğu ve eğim derecesi, bitki örtüsü dağılışı faktörü haritaları ile toprak koruma yönetimi raster haritaları kullanılarak CBS ortamında havzaya ait yıllık toprak kaybı (A) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, her pikselin erozyon riski seviyesi belirlenmiş, erozyon riski seviyelerine göre pikseller farklı sınıflara ayrılmış ve alana ait bir erozyon haritası oluşturulmuştur. Alan için hesaplanan erozyon değerleri Çok Düşük, Düşük, Hafif, Orta, Güçlü, Şiddetli ve Çok Şiddetli şeklinde farklı sınıflara ayrılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışmada tarımsal üretim için kabul edilebilir toprak kaybı, MORGAN (1995) tarafından 10 ton/ha/yıl olarak belirlenmiş olup, söz konusu bu tolere edilebilir limit, toprak kaybı oranlarının sınıflandırılmasında temel bir kriter olarak kullanılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre, çalışma alanında en geniş bölgeyi kaplayan erozyon sınıfı Çok Düşük sınıfıdır ve toplam alanın %65,38'ini oluşturmaktadır. Bu sınıf, genellikle erozyon açısından çok düşük risk altında olan alanları temsil etmektedir. Bölgedeki hafif bir erozyon riski altında olan alanları temsil eden Düşük erozyon sınıfı ise toplam alanın %15,34'ünü kapsamaktadır. Çalışma alanında kabul edilebilir bir erozyon riski derecesi altındaki alanları temsil eden Hafif erozyon sınıfındaki alanlar, toplam alanın %7,36'sını, Orta riskli erozyon sınıfları ise toplam alanın %5,81'ini oluşturmaktadır. Alanda yapılan hesaplamalara göre, yüksek ve çok yüksek erozyon riski altındaki alanları temsil eden ve tehlikeli erozyon sınıfına giren Güçlü, Şiddetli ve Çok Şiddetli erozyon sınıfları ise toplam alanın %6,11'ini kapladığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

**Çizelge 4.9.** Boğaçay Havzası potansiyel erozyon riski sınıflarının alansal dağılımı

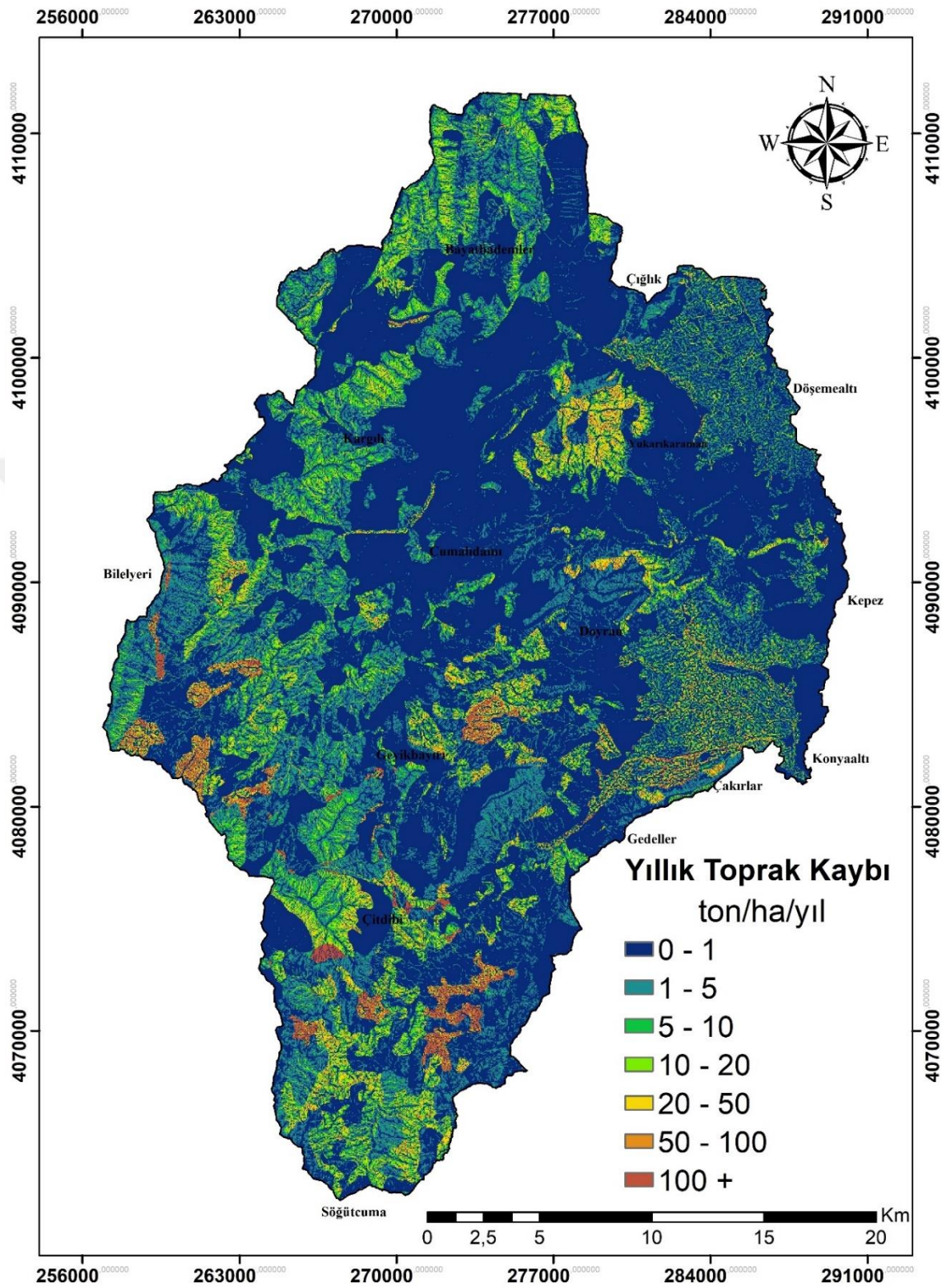
| Erozyon Değeri | Erozyon Sınıfı | Alan                   |          |
|----------------|----------------|------------------------|----------|
|                |                | Kapladıkları Alan (Ha) | Oran (%) |
| 0 - 1          | Çok Düşük      | 59340,63               | 65,38    |
| 1 - 5          | Düşük          | 13923,07               | 15,34    |
| 5 - 10         | Hafif          | 6676,17                | 7,36     |
| 10 - 20        | Orta           | 5271,32                | 5,81     |
| 20 - 50        | Güçlü          | 3475,16                | 3,83     |
| 50 - 100       | Şiddetli       | 1163,08                | 1,28     |
| 100 +          | Çok Şiddetli   | 910,45                 | 1,00     |
| <b>TOPLAM</b>  |                | 90759,89               | 100,00   |

**Çizelge 4.10.** Boğaçay Havzası potansiyel erozyon riski sınıflarının alansal dağılım grafiği.



Bu bulgulardan da anlaşılacağı üzere, çalışma alanının çoğunluğu düşük ve çok düşük erozyon riski altında olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.10). Bununla birlikte, alanın %11,92'sinin Morgan (1995) tarafından belirlenen tolere edilebilir düzeyin üstünde olduğu ve bu kapsamda erozyonla mücadele açısından gerekli önlemlerin alınmasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma alanı için oluşturulan toprak kaybı ve risk haritası incelendiğinde, alanda belirlenen tehlikeli erozyon sınıflarının havzanın güney-doğu bölümleri ile doğu kesimlerinde ve ayrıca Boğaçay akarsuyunun denize döküldüğü ağız kısmında ve onu oluşturan çandır ve doyran derelerin etrafında yoğunluk gösterdiği anlaşılmıştır (Şekil 4.7). Ayrıca yapılan değerlendirmede, Batı Torosları oluşturan Beydağlarının çıplak kayalık arazilerinin bulunduğu kesimlerde de yüksek erozyon potansiyeli olan alanlar da belirlenmiştir. Ancak bölgenin yüksek dağlık arazilerinde her ne kadar şiddetli erozyon potansiyeli olan bölgeler gözlemlenmiş olmakla birlikte, bu alanlardaki arazi örtü tipleri incelendiğinde, bu bölgelerdeki yoğun orman florasının erozyonu önlemede etkili olduğunu da ortaya koymaktadır. Toprak kaybı ve risk haritasında yıllık toprak kaybı ton/hektar/yıl cinsinden verilmiştir. Bu kapsamda harita lejantında belirtilen ve 0-1 ton/ha/yıl arası toprak kaybını temsil eden düşük erozyon riskli alanların özellikle havzanın kuzey, batı ve güneydeki dağlık ve ormanlık alanlarda dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Yeşil tonlu, 1-10 ton/ha/yıl arası toprak kaybını gösteren ve orta derecede erozyon riski taşıyan alanların ise, havzada genellikle tarım alanları veya doğal bitki örtüsüyle kaplı bölgelerde dağılım gösterdiği ortaya çıkmıştır. Çalışma alanında 10-50 ton/ha/yıl arası önemli düzeyde toprak kaybının olduğu yüksek erozyon riskine sahip olan bölgeler lejant da turuncu ve sarı renklerle belirtilmiştir. Bu alanlar arazi kullanım yoğunluğunun fazla olduğu Yukarıkaraman, Doyran ve Kepez civarında dağılım göstermiştir. Son olarak, alanın yüksek kesimleri ile sahile yakın güney kısımlarında görülen çok yüksek erozyon riskine sahip kırmızı tonlu alanlarda ise yaklaşık 50 ton/ha/yıl üzerinde toprak kaybının olduğu belirlenmiştir. Bu bölgeler genellikle ya toprağın savunmasız olduğu çok dik çıplak alanlarda veya yoğun insan faaliyetlerinin bulunduğu bölgelerde yer almaktadır.



Şekil 4.7. Boğaçay Havzası potansiyel erozyon risk sınıfları haritası

## 5. SONUÇLAR

Antalya'nın doğusunda yer alan Boğaçay Havzası'ndaki toprak erozyonu potansiyelini belirlemek amacıyla RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli kullanılarak, çeşitli çevresel faktörlerin etkileri kapsamlı bir şekilde analiz edildiği bu çalışmada, havzanın erozyon riskinin bölgesel dağılımı ortaya konulmuş ve böylelikle riskin azaltılması için gerekli stratejilerin belirlenmesine olanak sağlanmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre, toprak erozyonu riskinin belirlenmesinde önemli rol oynayan toprak faktörü (K) ve yağış faktörü (R) değerlerinin, havzanın farklı bölgelerinde büyük farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Nitekim Boğaçay havzası güney kısımlarında yüksek K değerleri tespit edilirken, bölgenin yüksek arazilerini oluşturan Beydağlarında daha düşük K değerleri belirlenmiştir. Bu bulgular, havzanın özellikle tarım yapılan yüksek arazilerinde ve çıplak alanlar ile meralık alanlarda yüksek erozyon riskinin bulunduğunu, buna karşın ormanlık alanların daha düşük risk altında olduğunu göstermiştir. Yapılan değerlendirmede havzanın yıllık ortalama yağış miktarının 1133 mm olduğu belirlenmiş olup bu yağış, erozyon potansiyelini artıran önemli bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilindiği üzere toprak erozyon riskinin belirlenmesinde eğim uzunluğu ve dikliği (LS) faktörü de kritik bir role sahiptir. Yapılan analiz sonucu, çalışma alanının büyük bir kısmının düşük LS değerlerine sahip olması, erozyon riskinin belirli bölgelerde yoğunlaştığını ve bu bölgelerin öncelikli olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Boğaçay Havzası'nın topografik analizi yapıldığında, eğim ortalamasının binde 6-7 civarında dağılım gösterdiği ve bu eğimlerin kuzeyde daha yüksek, güneyde ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bitki örtüsü faktörü (C) ve toprak koruma uygulamaları faktörü (P) de erozyon kontrolünde önemli etmenler olarak öne çıkmaktadır. Çalışmadan elde edilen bulguların havzadaki tarım arazilerinde ortaya çıkabilecek toprak kaybının RUSLE-P faktörü aracılığıyla nasıl azaltılabileceğine ve çevresel etkilerin nasıl minimize edilebileceğine ışık tutacağı düşünülmektedir. Nitekim, havzadaki Kırmızı Akdeniz toprakları ve Alüvyal araziler gibi verimli toprakların korunması, bölgenin tarımsal üretim potansiyelini artırmak için kritik öneme sahiptir.

Analiz sonuçlarından da görüleceği üzere, alanının çoğunun erozyon riski açısından düşük seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Bu kapsamda, alanın %65,38'i çok düşük erozyon sınıfına girerken, %15,34'ü düşük erozyon %7,36'sı ise hafif erozyon sınıfında yer almıştır. Tehlikeli riskin başladığı orta riskli erozyon sınıfları %5,81, yüksek risk altındaki bölgeleri gösteren güçlü, şiddetli ve çok şiddetli erozyon sınıfları ise %9,11 olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda genel olarak değerlendirme yapıldığında, alanın yaklaşık %22 sinin erozyon riski ile karşı karşıya olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma, Boğaçay Havzası'ndaki toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi ve etkili erozyon kontrol stratejilerinin belirlenmesi açısından önemli bulgular sunmaktadır. RUSLE modeli kullanılarak elde edilen bu veriler, havzanın çeşitli bölgelerinde toprak erozyon potansiyelinin belirlenmesine yardımcı olmuş ve bu veriler ışığında, erozyon kontrol önlemlerinin gerekliliği ve uygulanabilirliği tartışılmıştır. RUSLE modeli kullanılarak elde edilen veriler, bölgedeki toprak erozyon risklerini belirlemede anlamlı sonuçlar vermiştir. Nitekim çalışma sonuçları literatürdeki diğer çalışmalarla kıyaslandığında, benzer coğrafi ve iklimsel özelliklere sahip bölgelerde yapılan araştırmalarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Elde edilen bu sonuçların, havzanın ekolojik

dengeğini korumak ve sürdürülebilir toprak yönetimi yaklaşımları oluşturmak açısından temel veri oluşturacağı düşünülmektedir.

#### Bulguların Değerlendirilmesi:

Boğaçay Havzası'nda belirlenen yüksek erozyon riski alanları, özellikle tarım ve mera topraklarında yoğunlaşmıştır. Bu durum, Beydağları gibi ormanlık alanların daha düşük erozyon riski taşıdığı bulgularıyla da uyumludur. Bu bulgular, Gao ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda belirtilen benzer sonuçlarla örtüşmektedir. Çalışmanın en önemli bulgularından biri, havzanın topografik yapısının, iklim özelliklerinin, bitki örtüsünün ve toprak yapısının erozyon riski üzerinde önemli bir etkisi olduğudur. Bu faktörlerin erozyon potansiyelini belirlemedeki rolü, Li ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmalarla da doğrulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, havzanın topografik ve çevresel özelliklerinin erozyon riskini belirlemede kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, literatürde yer alan diğer çalışmalarla uyumlu olup, Boğaçay Havzası'nın toprak yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde dikkate alınması gereken önemli faktörleri vurgulamaktadır.

#### Uygulama Önerileri ve Stratejiler:

Çalışma sonuçlarına göre Boğaçay Havzası'nda uygulanması gereken çeşitli erozyon kontrol stratejileri önerilmektedir. Bu stratejiler arasında bitki örtüsünün iyileştirilmesi, eğim kontrol önlemlerinin uygulanması ve tarımsal uygulamaların ayarlanması yer almaktadır. Özellikle dik arazilerde teraslama ve bitki örtüsünün artırılması gibi önlemler erozyon riskinin azaltılmasında etkili olabilir. Bitki örtüsünün artırılması toprak yüzeyini koruyarak erozyonun şiddetini azaltabilir. Bu tür önlemlerin erozyon riskini %30 oranında azaltabileceği tahmin edilmektedir. Poesen ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda bu tür stratejilerin erozyon kontrolünde etkin olduğunu ve bölgesel özelliklerin dikkate alınmasının erozyon kontrol önlemlerinin etkinliğini artırmak için kritik bir faktör olduğu belirtilmiştir.

#### Çalışmanın Sınırlılıkları:

Çalışmanın sınırlılıkları arasında verilerin kalitesi ve doğruluğu ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda modelin uygulanmasında yüksek çözünürlüklü ve güncel verilerin kullanılması önemlidir. Van Rompaey ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmalarda, daha detaylı ve yüksek çözünürlüklü verilerin kullanımının modelin doğruluğunu artırabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, çalışmanın sınırlılıkları arasında, yerel koşulların ve insan faaliyetlerinin modelde tam olarak yansıtılamaması da yer almaktadır. Bu nedenle, yerel saha çalışmaları ve veri toplama faaliyetleri, modelin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için gereklidir.

#### Gelecekteki Çalışmalar İçin Öneriler:

Boğaçay Havzası'nda gelecekte yapılacak çalışmalar için özellikle yüksek risk taşıyan alanlarda erozyon kontrol tedbirlerinin uygulanması ve bu tedbirlerin etkinliğinin düzenli olarak izlenmesi önem arz etmektedir. Gelecekteki çalışmalar, erozyon kontrol stratejilerinin uzun vadeli etkilerini değerlendirmek ve optimize etmek için daha kapsamlı veri toplama ve analiz yöntemlerini içermelidir. Borrelli ve ark. (2020) tarafından yapılan

çalışmalarda da belirtildiği gibi, bu tür izleme ve değerlendirme çalışmaları, erozyon kontrol stratejilerinin etkinliğini artırmak için gereklidir. Borrelli ve arkadaşlarının çalışması, erozyon kontrol önlemlerinin uygulanmasının ardından toprak kalitesindeki değişikliklerin ve su kalitesinin izlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu, havzanın sürdürülebilir yönetimini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, gelecekteki araştırmalar, iklim değişikliği ve insan faaliyetlerinin erozyon dinamikleri üzerindeki etkilerini de incelemelidir. Bu, erozyon kontrol stratejilerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak ve iklim değişikliğinin olası etkilerini önceden tahmin etmek açısından önemlidir.

Sonuç olarak, bu çalışma Boğaçay Havzası'ndaki toprak erozyon riskini değerlendirme ve etkili erozyon kontrol stratejileri geliştirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Çalışmanın bulguları, havzanın ekolojik dengesinin korunması ve sürdürülebilir toprak yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için temel teşkil etmektedir. Entegre havza yönetim planlarının geliştirilmesi ve uygulanması, havzanın ekolojik dengesinin korunması ve bölgenin ekonomik kalkınmasının desteklenmesi için kritik öneme sahiptir. Literatürde yer alan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu çalışmanın bulguları, benzer ekosistemlerdeki özellikle de Akdeniz bölgesi erozyon dinamiklerini anlamak ve yönetmek için değerli bilgiler sunmaktadır. Bu nedenle, çalışmanın, Boğaçay Havzası'nın sürdürülebilir yönetimi için stratejik planlamaların yapılması ve uygulanması sürecinde önemli bir rehberlik sağlayacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmasında değerlendirilen RUSLE yöntemi, her ne kadar akdeniz bölgesi ve diğer alanlarda yaygın olarak kullanılsa bile, diğer modellerin de Ülkemiz ve bölgemiz için test edilmesi önemlidir. Bilindiği üzere, erozyon modelleri arasında kusursuz bir model bulunmamakta ve her modelin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Boğaçay Havzası özelinde yapılan bu çalışmada da, RUSLE modelinin diğer çalışmalarda olduğu gibi uygun bir model yaklaşımı getirdiği anlaşılmış olmakla birlikte, söz konusu bu modelin de havza ölçeğinde bazı eksikliklerinin olduğu ve başka modeller ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'connell, P.E. And Rasmussen, J., 1986. An Introduction To The European Hydrological System—Système Hydrologique Européen, “She”, 1: History And Philosophy Of A Physically-Based, Distributed Modelling System. *Journal Of Hydrology*, 87(1-2), Pp.45-59.
- Anonim. (2022). *Su ve Erozyon Kontrolü*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/cem/icerikler/su\\_erezyon-20221228103523.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cem/icerikler/su_erezyon-20221228103523.pdf)
- Akgöz, R. ve Konukcu, F. ve Kocaman, I., 2016. Erosion And Desertification Risks Assessment For Watersheds: Ergene River Basin.
- Alatorre, L.C., Beguería, S. And García-Ruiz, J.M., 2010. Regional Scale Modeling Of Hillslope Sediment Delivery: A Case Study In The Barasona Reservoir Watershed (Spain) Using Watem/Sedem. *Journal Of Hydrology*, 391(1-2), Pp.109-123.
- Alevkayalı, Ç., Abi, B., 2023. Mekân Tabanlı Toprak Erozyonu Tahmin Modelleri: Bildiklerimiz Değişiyor Mu? Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal Of Geographical Sciences, 21 (2), 696-725, Doi: 10.33688/Aucbd.1265625
- Apaydın, A., Sargın, A., Keleş, A., Özbek, T., Karadeniz, C., 2019. Antalya Boğaçay Projesinin Yeraltı Sularına Ve Konyaaltı Plajına Olası Olumsuz Etkileri, Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara
- Ardel, A., Kurter, A. ve Dönmez, Y., 1969. *Klimatoloji Tatbikatı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, Taş Matbaası.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. And Williams, J.R., 1998. Large Area Hydrologic Modeling And Assessment Part I: Model Development 1. *Jawra Journal Of The American Water Resources Association*, 34(1), Pp.73-89.
- Arnoldus, H.M.J., 1977. Methodology Used To Determine The Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due To Sheet And Rill Erosion In Morocco.
- Arüv, C. 1994. Boğaçay Sorunu Ve Çözüm Önerileri. [Http://Www.Aruccevre.Com/Files/File/Boga%20cayı%20sorunu.Htm](http://Www.Aruccevre.Com/Files/File/Boga%20cayı%20sorunu.Htm) Erişim Tarihi: 10.09.2010
- Atalay, İ. (2011). *Türkiye Coğrafyası Ve Jeopolitiği* (7. Baskı). Meta Basım, İzmir.
- Atalay, İ., 1987, *Türkiye Jeomorfolojisine Giriş*, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, İzmir.
- Atalay, İ., 2008, *Ekosistem Ekolojisi Ve Coğrafyası*, Meta Basım Matbaacılık, İzmir.
- Atalay, İ., 2010, *Uygulamalı Klimatoloji*, Meta Basım Matbaacılık, İzmir.
- Bazzoffi, P. 2013. Usle Calculator. Excel Sheet To Calculate The Erosion Potential.
- Borah, D.K., 1989. Runoff Simulation Model For Small Watersheds. *Transactions Of The Asae*, 32(3), Pp.881-0886.
- Borrelli, P., 2011. Risk Assessment Of Human-Induced Accelerated Soil Erosion Processes In The Intermountain Watersheds Of Central Italy: A Case Study Of The Upper Turano Watershed (Latium-Abruzzi) (Doctoral Dissertation).

- Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J.E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L. And Ballabio, C., 2020. Land Use And Climate Change Impacts On Global Soil Erosion By Water (2015-2070). *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 117(36), Pp.21994-22001.
- Brown, A. M. 2008. Clay Soils And Their Erosion Resistance. *Soil Science Society Of America Journal*, 72(5), 1483–1491. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0311>
- Brown, K.R., Mcguire, K.J., Hession, W.C. And Aust, W.M., 2015. Can The Water Erosion Prediction Project Model Be Used To Estimate Best Management Practice Effectiveness From Forest Roads?. *Journal Of Forestry*, 114(1), Pp.17-26.
- Burrough, P. A., ve Mcdonnell, R. A. 1998. *Principles Of Geographical Information Systems*. Oxford Üniversitesi Yayınları.
- Chadli, K. 2016. Estimation Of Soil Loss Using Rusle Model For Sebou Watershed (Morocco). *Modeling Earth Systems And Environment*, 2, 1-10.
- Chafai, A., Brahim, N. ve Shimi, N.S. 2020. Mapping Of Water Erosion By GİS/Rusle Approach: Watershed Ayda River—Tunisia Study. *Arab J Geosci* 13, 810. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05774-0>
- Chandramohan T., Venkatesh B., Balchand A.N. 2015. Evaluation Of Three Soil Erosion Models For Small Watersheds, *International Conference On Water Resources, Coastal And Ocean Engineering (Icwrcoe 2015)*. *Aquatic Procedia*, 4, 1227–1234. Doi: 10.1016/J.Aqpro.2015.02.156
- Clark, E. R. 2015. Organic Soils: Erosion Susceptibility And Management Strategies. *Soil And Tillage Research*, 153, 278–289. <https://doi.org/10.1016/J.Still.2015.06.018>
- Cooley, S. W. 2015. Watershed Delineation Lesson.
- Çınar, A. 2011. Antalya'nın Kentsel Ekolojisi: Boğaçayı Havzası Örneği (Doktora Tezi, Deü Eğitim Bilimleri Enstitüsü).
- Çıplak, K. Ve Atik, M. 2022. Antalya, Boğaçay Projesinin Yer Altı Ve Yerüstü Suları Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *Paid- Peyzaj Uygulamaları Ve Araştırmaları Dergisi*, Sayı:1, Yaz 2022 , S. 20 – 30.
- Danacıoğlu, Ş. ve Tağıl, Ş. 2017. Bakırçay Havzası'nda Rusle Modeli Kullanarak Erozyon Riskinin Değerlendirmesi . *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , 20 (37) , 1-18 . Doi: 10.31795/Baunsobed.645168
- De Jong, S.M., Paracchini, M.L., Bertolo, F., Folving, S., Megier, J. And De Roo, A.P.J., 1999. Regional Assessment Of Soil Erosion Using The Distributed Model Semmed And Remotely Sensed Data. *Catena*, 37(3-4), Pp.291-308.
- Devlet Su İşleri Antalya Bölge Müdürlüğü, 2000. Antalya Boğaçayı, Çandır Ve Karaman Dereleri Taşkın Koruma Projesi. Antalya.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 1977. Antalya Boğaçayı Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dipova, N. 2010. Boğaçay (Antalya) Kıyı Ovası'nın Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmeleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34(2), 71-84.

- Dipova, N., 2009, Preliminary Assesments On The Modes Of İnstability Of The Antalya (Swturkey) Coastal Cliffs. *Environmental Earth Sciences*, 59 (3), 547-560.
- Dipova, N., 2010, Boğaçay (Antalya) Kıyı Ovası' Nın Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmeleri, *Jeoloji Mühendisleri Dergisi*, 34 (2), 71-84.
- Dipova, N., 2016, Antalya Konyaaltı Sahilinde Kıyı Erozyonu Tehlikesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (Ek Sayı, 1), 223-231.
- Dipova, N., Apaydın, A., Koç, T., Can, M. G., 2018, Tmmob Jeoloji Mühendisleri Odası Antalya Büyükşehir Belediyesi Boğaçay Projesi Değerlendirme Raporu, Ers Matbaa, Ankara, Isbn: 978-605-01-1238-2.
- Doğan, M. ve Güçer, İ., 1976. Soil Erosion And Its Determining Factors İn Turkey.
- Dpt 2001. Türkiye Erozyonla Mücadele Stratejisi Ve Eylem Planı. Devlet Planlama Teşkilatı.
- Dragičević, N., Karleuša, B., Ožanić, N. And Kisić, I., 2017. Effect Of Source-Varying Input Data On Erosion Potential Model Performance. *Geocarto International*, 34(10), Pp.1109-1122.
- Drzewiecki, W., And Mularz, S. 2005. The Usped Model İs A Tool For Predicting The Effects Of Erosion And Deposition Of Soil Material. *Rocz. Geomatyki* 11 (2), 45–55.
- Eea, 2000. Corine Land Cover 2000. European Environment Agency.
- Elwell, H.A., 1978. Modelling Soil Losses İn Southern Africa. *Journal Of Agricultural Engineering Research*, 23(2), Pp.117-127.
- Erdem, M., 2017. Erozyon Tahmin Modelleri İle Toprak Kaybının Hesaplanması (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Fang, G., Yuan, T., Zhang, Y. Et Al. Integrated Study On Soil Erosion Using Rusle And Gıs İn Yangtze River Basin Of Jiangsu Province (China). *Arab J Geosci* 12, 173 (2019). <https://doi.org/10.1007/S12517-019-4331-2>
- Feng, X., Wang, Y., Chen, L., Fu, B. And Bai, G., 2010. Modeling Soil Erosion And İts Response To Land-Use Change İn Hilly Catchments Of The Chinese Loess Plateau. *Geomorphology*, 118(3-4), Pp.239-248.
- Ferro, V., Bagarello, V., Di Stefano, C. ve Pampalone, V., 2000. Evaluation Of Sediment Transport Processes İn Mediterranean Areas Using Empirical Models. *Journal Of Soil And Water Conservation*, 55(2), Pp. 135-144.
- Ganasri, B.P. And Ramesh, H., 2016. Assessment Of Soil Erosion By Rusle Model Using Remote Sensing And Gıs-A Case Study Of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7(6), Pp.953-961.
- Gao, L., Bowker, M.A., Sun, H., Zhao, J. And Zhao, Y., 2020. Linkages Between Biocrust Development And Water Erosion And İmplications For Erosion Model İmplementation. *Geoderma*, 357, P.113973.
- Gołab, J., And Urban, K. 2017. Potential Erosion Of The Areas Deforested For Ski Slopes – An Example Of Mount Jaworzyna Krynicka. *Infrastructure And Ecology Of*

- Rural Areas. Polish Academy Of Sciences. Crac. Branch 4 (1), 1415–1426. Doi:10.14597/Infraeco.2017.4.1.108.
- Golijanin J, Nikolić G, Valjarević A, Ivanović R, Tunguz V, Bojić S, Grmuša M, Lukić Tanović M, Perić M, Hrelja E And Stankov S. 2022. Estimation Of Potential Soil Erosion Reduction Using GIs-Based Rusle Under Different Land Cover Management Models: A Case Study Of Pale Municipality, B&H. *Front. Environ. Sci.* 10:945789. Doi: 10.3389/Fenvs.2022.945789
- Grunwald, S. And Norton, L.D., 1999. An Agnps-Based Runoff And Sediment Yield Model For Two Smallwatersheds In Germany. *Transactions Of The Asae*, 42(6), Pp.1723-1731.
- Hairsine, P.B. And Rose, C.W., 1991. Rainfall Detachment And Deposition: Sediment Transport In The Absence Of Flow-Driven Processes. *Soil Science Society Of America Journal*, 55(2), Pp.320-324.
- Irvem, A., Topaloğlu, F. And Uygur, V., 2007. Estimating Spatial Distribution Of Soil Loss Over Seyhan River Basin In Turkey. *Journal Of Hydrology*, 336(1-2), Pp.30-37.
- İkiel, C. , Ustaoglu, B. ve Koç, D. E. 2020. Trakya'nın Erozyon Duyarlılık Analizi . *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* , (4) , 1-14 . Retrieved From <https://Dergipark.Org.Tr/Tr/Pub/Jader/Issue/53577/666287>
- İmamoğlu, A., Bahadır, M. And Dengiz, O., 2016. Çorum Alaca Havzasında Toprak Erozyon Duyarlılık Faktörünün Farklı Enterpolasyon Modeller Kullanılarak Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5(1).
- Jensen, J. R. 2007. *Remote Sensing Of The Environment: An Earth Resource Perspective* (2nd Ed.). Pearson Prentice Hall.
- Johnson, D. L., ve Watson, R. T. 2005. Soil Erosion. *Encyclopedia Of Soil Science*. <https://doi.org/10.1081/E-Ess-120018731>
- Johnson, R.M. And Warburton, J., 2015. Sediment Erosion Dynamics Of A Gullied Debris Slide: A Medium-Term Record. *Catena*, 127, Pp.152-169.
- Jones, B. L. 2012. Loamy Soils: Characteristics And Erosion Potential. *Soil Science*, 177(4), 246–255. <https://doi.org/10.1097/Ss.0b013e31823f06c2>
- Karaburun, A., 2010. Estimation Of C Factor For Soil Erosion Modeling Using Ndvı In Buyukcekmece Watershed. *Ozean Journal Of Applied Sciences*, 3(1), Pp.77-85.
- Karagül, S. 2013. Boğaçayı Havzası Sorunları Ve Bunların Çözümlemesinde Havza Yönetimi Önerileri (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kebede, Y.S., Endalamaw, N.T., Sinshaw, B.G. And Atinkut, H.B., 2021. Modeling Soil Erosion Using Rusle And Gıs At Watershed Level In The Upper Beles, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 2, P.100009.
- King, C., Baghdadi, N., Lecomte, V. And Cerdan, O., 2005. The Application Of Remote-Sensing Data To Monitoring And Modelling Of Soil Erosion. *Catena*, 62(2-3), Pp.79-93.

- Kirkby, M.J. And McMahon, M.L., 1999. Medrush And The Catsop Basin—The Lessons Learned. *Catena*, 37(3-4), Pp.495-506.
- Kirkby, M.J., Irvine, B.J., Jones, R.J., Govers, G. And Pesera Team, 2008. The Pesera Coarse Scale Erosion Model For Europe. I.—Model Rationale And Implementation. *European Journal Of Soil Science*, 59(6), Pp.1293-1306.
- Knisel, W.G., 1982. Systems For Evaluating Nonpoint Source Pollution: An Overview. *Mathematics And Computers In Simulation*, 24(2-3), Pp.173-184.
- Koirala, Pooja, Sudeep Thakuri, Subesh Joshi, And Raju Chauhan. 2019. "Estimation Of Soil Erosion In Nepal Using A Rusle Modeling And Geospatial Tool" *Geosciences* 9, No. 4: 147. <https://doi.org/10.3390/geosciences9040147>
- Krysanova, V., Müller-Wohlfeil, D.I. And Becker, A., 1998. Development And Test Of A Spatially Distributed Hydrological/Water Quality Model For Mesoscale Watersheds. *Ecological Modelling*, 106(2-3), Pp.261-289.
- Laflen, J.M., And Flanagan, D.C., 2013. The Development Of U.S Soil Erosion Prediction And Modelling. *International Soil And Water Conservation Research*, 1(2):1-1
- Laflen, J.M., Lane, L.J. And Foster, G.R., 1991. Wepp: A New Generation Of Erosion Prediction Technology. *Journal Of Soil And Water Conservation*, 46(1), Pp.34-38.
- Lal, R. 1998. Soil Erosion Impact On Agronomic Productivity And Environment Quality. *Critical Reviews In Plant Sciences*, 17(4), 319-464.
- Laroche, M., Attal, M., Dromer, C. And Midi-Pyrenees Myeloma Group, 1996. Bone Remodelling In Monoclonal Gammopathies Of Uncertain Significance, Symptomatic And Nonsymptomatic Myeloma. *Clinical Rheumatology*, 15, Pp.347-352.
- Leonard, R.A., Knisel, W.G. And Still, D.A., 1987. Gleams: Groundwater Loading Effects Of Agricultural Management Systems. *Transactions Of The Asae*, 30(5), Pp.1403-1418.
- Littleboy, M., Silburn, D.M., Freebairn, D.M., Woodruff, D.R. And Hammer, G.L., 1989. Perfect-A Computer Simulation Model Of Productivity Erosion Runoff Functions To Evaluate Conservation Techniques. *Bulletin-Queensland Department Of Primary Industries (Australia)*, (89005).
- Liu, J. And Liu, H., 2020. Soil Erosion Changes During The Last 30 Years And Contributions Of Gully Erosion To Sediment Yield In A Small Catchment, Southern China. *Geomorphology*, 368, P.107357.
- Lopes, V.L., 1987. A Numerical Model Of Watershed Erosion And Sediment Yield.
- Luo, J.L., ve Lu, B.T. 2006. Synergism Of Electrochemical And Mechanical Factors In Erosion–Corrosion. *The Journal Of Physical Chemistry B*, 110(9), Pp.4217-4231.
- Hajigholizadeh, M., A. Melesse, Erosion And Sediment Transport Modelling In Shallow Waters: A Review On Approaches, Models And Applications, *International Journal Of Environmental Research And Public Health* 15(3), 518 (2018).

- Mccool, D. K., ve Foster, G. R. 1991. Assessing Land Suitability For Agriculture With A Geographic Information System. *Journal Of Soil And Water Conservation*, 46(5), 375-378.
- Mccown, R.L., Hammer, G.L., Hargreaves, J.N.G., Holzworth, D.P. And Freebairn, D.M., 1996. Apsim: A Novel Software System For Model Development, Model Testing And Simulation In Agricultural Systems Research. *Agricultural Systems*, 50(3), Pp.255-271.
- Merritt, W.S., Letcher, R.A. And Jakeman, A.J., 2003. A Review Of Erosion And Sediment Transport Models. *Environmental Modelling ve Software*, 18(8-9), Pp.761-799.
- Miller, C. D. 2009. Silt Soils And Their Erosion Characteristics. *Geoderma*, 151(3-4), 173-183. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.023>
- Montgomery, D. R. 2007. Soil Erosion And Agricultural Sustainability. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 104(33), 13268-13272.
- Moore, I. D., ve Burch, G. J. 1986. Physical Basis Of The Length-Slope Factor In The Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society Of America Journal*, 50(5), 1294-1298.
- Morgan, R.P.C. 2005. *Soil Erosion And Conservation*. Third Edition. Blackwell Publishing, Malden, U.S.A.
- Morgan, R.P.C., 1995. *Soil Erosion And Conservation*.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Chisci, G. And Torri, D., 1998. The Eurosem Model. In *Modelling Soil Erosion By Water* (Pp. 389-398). Springer Berlin Heidelberg.
- Mueller, N. D. Et Al., 2012 Closing Yield Gaps Through Nutrient And Water Management. *Nature* 490, 254-257.
- Murray, C.J., 1994. Quantifying The Burden Of Disease: The Technical Basis For Disability-Adjusted Life Years. *Bulletin Of The World Health Organization*, 72(3), P.429.
- Nearing, M.A., Wei, H., Stone, J.J., Pierson, F.B., Spaeth, K.E., Weltz, M.A., Flanagan, D.C. And Hernandez, M., 2011. A Rangeland Hydrology And Erosion Model. *Transactions Of The Asabe*, 54(3), Pp.901-908.
- O'sullivan, D. And Unwin, D.J., 2010. Point Pattern Analysis. *Geographic Information Analysis*, Pp.121-154.
- Oğuz, H., 2001. Boğaçayı Havzasında Yapılan Faaliyetler Sonucu Antalya Körfezine Taşınan Kirlilik Yüklerinin Tespiti Ve Çözüm Önerileri. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s, Antalya
- Okacha, A., Salhi, A., Arari, K., El Badaoui, K. And Lahrichi, K., 2023. Soil Erosion Assessment Using The Rusle Model For Better Planning: A Case Study From Morocco. *Modeling Earth Systems And Environment*, 9(3), Pp.3721-3729.
- Doğan, Orhan. 2011, Türkiye’de Erozyon Sorunu Nedenleri Ve Çözüm Önerileri, *Bilim Ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, S. 134, Ss. 62-69.

- Ölgen, M. K., Filiz, F. G., Yavaşlı, D. D., Ve Tarakçı, M. 2018. Kıyı Erozyonunun Belirlenmesinde 137cs Radyonüklidinin Kullanımı: Urla Yarımadası Kıyıları Örneği. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 20(2), 195-205.
- Özcelik, M. Comparison Of The Environmental Impact And Production Cost Rates Of Aggregates Produced From Stream Deposits And Crushed Rock Quarries (Boğaçay Basın/Antalya/Turkey). Geoheritage 14, 18 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00659-y>
- Özdemir, İ. 2018. Yükseltinin Eğim Üzerine Etkisi Ve Erozyonla Mücadelede Kullanılan Yöntemler. Soil Science And Engineering, 15(2), 77-84.
- Özkara, R. Ö., ve Canel, E. K. E. 2023. Determination Of Self-Absorption Correction Factors Of Some Algae Samples: An Experimental Study. Türk Doğa Ve Fen Dergisi, 12(1), 76-81.
- Özmen, M. T. 2007. Deprem Ve Antalya'nın Depremselliği. Antalya: Tmmob İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Yayını.
- Özşahin, E. And Uygur, V., 2014. The Effects Of Land Use And Land Cover Changes (Lulcc) İn Kuseyr Plateau Of Turkey On Erosion. Turkish Journal Of Agriculture And Forestry, 38(4), Pp.478-487.
- Özşahin, E., 2014. Tekirdağ İlinde Cbs Tabanlı Rusle Modeli Kullanarak Erozyon Risk Değerlendirmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.
- Parlak, E. ve M. Atik, 2023. Antalya Kenti Konyaaltı İlçesi Mavi Altyapı Durumunun Değerlendirilmesi. Ege Univ. Ziraat Fak. Derg., 60 (4): 689-703, <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1305065>
- Pekcan (Yalçınar), N. 2014. Çakırlar (Boğaçay) Ovası Jeomorfolojik Etüdü- Antalya. Türk Coğrafya Dergisi(28), 155-163. <https://doi.org/10.17211/tcd.12799>
- Pekcan, N. 1993. Çakırlar (Boğaçay) Ovası Jeomorfolojik Etüdü-Antalya. Türk Coğrafya Dergisi, (28), 155-163.
- Pektezel, H. 2015. Erosion Sensitivity Analysis In Gallipolis Peninsula Using Gıs Based On Rusle (3d) Method . The Journal Of Academic Social Science . 2015. Doi:10.16992/asos.807
- Pimentel, D. 2006. Soil Erosion: A Food And Environmental Threat. Environment, Development And Sustainability, 8(1), 119-137.
- Li, P., Tariq, A., Li, Q., Ghaffar, B., Farhan, M., Jamil, A., ... ve Freeshah, M. (2023). Soil erosion assessment by RUSLE model using remote sensing and GIS in an arid zone. International Journal of Digital Earth, 16(1), 3105-3124.
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G. ve Valentin, C., 2003. Gully Erosion And Environmental Change: Importance And Research Needs. Catena, 50(2-4), Pp. 91-133.
- Psiaç (Pacific Southwest Inter-Agency Committee). 1968. Factors Affecting Sediment Yield İn The Pacific Southwest Area And Selection And Evaluation Of Measures For Reduction Of Erosion And Sediment Yield. Pacific Southwest Inter-Agency Committee Report.

- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., Mccool, D. K., ve Yoder, D. C. 1997. Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle). Us Department Of Agriculture, Agriculture Handbook, 703(703), 1-404.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Mccool, D.K. And Yoder, D.C., 1991. Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle). Usda Agriculture Handbook No. 703. Washington, Dc: United States Department Of Agriculture.
- Ribaudo, M.O. And Young, C.E., 1989. Estimating The Water Quality Benefits From Soil Erosion Control 1. Jawa Journal Of The American Water Resources Association, 25(1), Pp.71-78.
- Sadeghi, R., Rodriguez, R.J., Yao, Y. And Kokini, J.L., 2017. Advances In Nanotechnology As They Pertain To Food And Agriculture: Benefits And Risks. Annual Review Of Food Science And Technology, 8(1), Pp.467-492.
- Saketa, Yadeta ve Endalamaw, Nega ve Sinshaw, Berhanu ve Atinkut, Haimanot. 2021. Modeling Soil Erosion Using Rusle And GIs At Watershed Level In The Upper Beles, Ethiopia.
- Schmidt, J., Werner, M.V. And Michael, A., 1999. Application Of The Erosion 3d Model To The Catsop Watershed, The Netherlands. *Catena*, 37(3-4), Pp.449-456.
- Schramm, M. 1994. Ein Erosionsmodell Mit Zeitlich Und Räumlich Veränderlicher Rillengeometrie. Mitt. Inst. F. Wasserbau Und Kulturtechnik, Univ. Karlsruhe 190.
- Scott, Kevin M., And Rhea P. Williams. Erosion And Sediment Yields In The Transverse Ranges.1977. Southern California. Vol. 1030. Us Government Printing Office.
- Selby, M. J. 1982. Hill Slope Material And Processes (Sayfa 152-165). Oxford: Oxford Üniversitesi Yayınları.
- Shepard, D., 1968, January. A Two-Dimensional Interpolation Function For Irregularly-Spaced Data. In *Proceedings Of The 1968 23rd Acm National Conference* (Pp. 517-524).
- Shougang, Z., Na, L., And Ruishe, Q. 2014. The Application And Study Of GIs In Soil Erosion Model. *Advances In Sciences And Engineering*, 6(2):31-34.
- Simons, M., Podger, G. And Cooke, R., 1996. Iqqm—A Hydrologic Modelling Tool For Water Resource And Salinity Management. *Environmental Software*, 11(1-3), Pp.185-192.
- Sivapalan, M., Jothityangkoon, C. And Menabde, M., 2002. Linearity And Nonlinearity Of Basin Response As A Function Of Scale: Discussion Of Alternative Definitions. *Water Resources Research*, 38(2), Pp.4-1.
- Smith, J. K. 2010. The Influence Of Soil Texture On Erosion Susceptibility. *Journal Of Soil And Water Conservation*, 65(3), 123–135.
- Şen, Z. 2004. Su Ve Toprak Erozyonu. Su Vakfı Yayınları.
- Tağil, Ş., 2007. Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) Cbs-Tabanlı Rusle Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi. *Ekoloji Dergisi*, 16(65).

- Takken, W., Van Loon, J.J. And Adam, W., 2001. Inhibition Of Host-Seeking Response And Olfactory Responsiveness In Anopheles Gambiae Following Blood Feeding. *Journal Of Insect Physiology*, 47(3), Pp.303-310.
- Anonim, Tarım ve Orman Bakanlığı. 2019. Erozyonla Mücadele Raporu. Tarım Ve Orman Bakanlığı Yayınları.
- Thaxton, C.S., Mitsova, H., Mitso, L. And McLaughlin, R., 2004. Simulations Of Distributed Watershed Erosion, Deposition, And Terrain Evolution Using A Path Sampling Monte Carlo Method. In 2004 Asae Annual Meeting (P. 1). American Society Of Agricultural And Biological Engineers.
- Ewen, J., Parkin, G., ve O'Connell, P. E. (2000). SHETRAN: distributed river basin flow and transport modeling system. *Journal of hydrologic engineering*, 5(3), 250-258.
- Tiruwa, D.B., 2016. Soil Erosion Assessment Using Geographical Information System And Revised Universal Soil Loss Equation At Deurali Vdc, Nawalparasi. Rampur, Chitwan, Nepal: Agriculture And Forestry University.
- Tiwari, P.C., 2000. Land-Use Changes In Himalaya And Their Impact On The Plains Ecosystem: Need For Sustainable Land Use. *Land Use Policy*, 17(2), Pp.101-111.
- Tombuş, F. E., Yüksel, M., Şahin, M., Ozulu, M., ve Coşar, M. 2012. Assessment Of Soil Erosion Based On The Method Usle; Çorum Province Example. In Fıg Working Week (Pp. 1-11).
- Türkmen, F. ve Erdem, M. 2020. Çırçıp Deresi Havzasında Rusle Modeli İle Erozyon Riskinin Değerlendirilmesi, Turnasuyu-Ordu . *Akademik Ziraat Dergisi* , 9 (1) , 129-136 . Doi: 10.29278/Azd.646854.
- Igwe P., vd. 2017. "Soil Erosion: A Review Of Models And Applications." *International Journal Of Advanced Engineering Research And Science*, Vol. 4, No. 12.
- Ursic, Sj, Dendy, Fe. 1965. Sediment Yields From Small Watersheds Under Various Land Uses And Forest Covers. U.S. Department Of Agriculture, Miscellaneous Publication 970. P 47–52.
- Uslu, S., 1968 'Türkiye'de Erozyon Problemleri', *Journal Of The Faculty Of Forestry Istanbul University*, 18(2), Pp. 174–181. Available At: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jffiu/issue/18817/198436> (Accessed: 2 December 2024).
- Van Der Knijff, J.M., Jones, R.J.A. And Montanarella, L., 2000. Soil Erosion Risk Assessment In Europe
- Van Rompaey, A.J.J., Govers, G., Puttemans, C. ve Bazzoffi, P., 2001. Modelling Land Use Changes And Their Impact On Soil Erosion And Sediment Supply To Rivers. *Earth Surface Processes And Landforms*, 26(11), Pp. 1221–1236.
- Vertessy, R.A., Hatton, T.J., O'shaughnessy, P.J. And Jayasuriya, M.D.A., 1993. Predicting Water Yield From A Mountain Ash Forest Catchment Using A Terrain Analysis Based Catchment Model. *Journal Of Hydrology*, 150(2-4), Pp.665-700.
- Wade, A.J., Durand, P., Beaujouan, V., Wessel, W.W., Raat, K.J., Whitehead, P.G., Butterfield, D., Rankinen, K. And Lepisto, A., 2002. A Nitrogen Model For

- European Catchments: Inca, New Model Structure And Equations. *Hydrology And Earth System Sciences*, 6(3), Pp.559-582.
- Williams, J.R. And Renard, K.G., 1985. Assessments Of Soil Erosion And Crop Productivity With Process Models (Epic). *Soil Erosion And Crop Productivity*, Pp.67-103.
- Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R. And Spanel, D.A., 1989. The Epic Crop Growth Model. *Transactions Of The Asae*, 32(2), Pp.497-0511.
- Wischmeier, W. H., 1965. "Predicting Rainfall-Erosion Losses From Cropland East Of The Rocky Mountains, Guide For Selection Of Practices For Soil And Water Conservation." United States Government Printing Office.
- Wischmeier, W.H. And Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide To Conservation Planning (No. 537). Department Of Agriculture, Science And Education Administration.
- Woolhiser Da, Smith Re, Goodrich Dc. 1990. *Kineros, A Kinematic Runoff And Erosion Model: Documentation And User Manual*, Ars-77. Usda–Ars.
- Wuepper, D., ve Sauer, J. (2016). Explaining the performance of contract farming in Ghana: The role of self-efficacy and social capital. *Food Policy*, 62, 11-27.
- WWF (Dünya Doğayı Koruma Vakfı). *Yaşayan Gezegen Raporu 2020*. [https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/2020\\_Yaayan\\_Gezegen\\_Raporu\\_Ozet\\_10\\_09\\_2020.Pdf](https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/2020_Yaayan_Gezegen_Raporu_Ozet_10_09_2020.Pdf) (Erişim Tarihi: 15 Ekim 2023).
- Yazıcı, N., ve Karagül, S. 2014. Problems Of Boğaçayı Watershed And Watershed Management Recommendations İn Resolving These Problems.
- Zachar, D., 2011. *Soil Erosion*. Elsevier.
- Zhang, B.J., Zhang, G.H., Yang, H.Y. And Zhu, P.Z., 2019. Temporal Variation İn Soil Erosion Resistance Of Steep Slopes Restored With Different Vegetation

## ÖZGEÇMİŞ

**Yasin Can ŞAHİN**

### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

|               |                                                                                              |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yüksek Lisans | Akdeniz Üniversitesi                                                                         |
| 2022-2024     | Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Antalya |
| Lisans        | Ege Üniversitesi                                                                             |
| 2017-2021     | Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İzmir                                                   |

### ESERLER

#### Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Çoşlu, M., Selim, S., Sönmez, N. K., Şahin, Y. C., ve Şimşek, F., (2023). Monitoring to Spatio-Temporal Variation of Drought based on Vegetation Condition Index at the Basin Scale. Innovative Approaches in Planning and Design (pp.3-16), Ankara: İksad Yayınevi.