



**KÜÇÜK MENDERES HAVZASI'NDA TOPRAK
EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ VE İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK EROZYONUNA
OLASI ETKİLERİ**

**2024
DOKTORA TEZİ
COĞRAFYA**

Özlem DÜNDAR TEMUR

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mücahit COŞKUN**

**KÜÇÜK MENDERES HAVZASI'NDA TOPRAK EROZYON RİSKİNİN
BELİRLENMESİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK EROZYONUNA
OLASI ETKİLERİ**

Özlem DÜNDAR TEMUR

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mücahit COŞKUN**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Coğrafya Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Temmuz 2024**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
TEZ ONAY SAYFASI.....	7
DOĞRULUK BEYANI	8
ÖNSÖZ	9
ÖZ.....	11
ABSTRACT.....	13
ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ.....	15
ATCHIVE RECORD INFORMATIN.....	16
KISALTMALAR	17
GİRİŞ	19
ARAŞTIRMANIN KAPSAMI.....	21
ARAŞTIRMANIN AMACI VE ALT AMAÇLARI	24
ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI	24
ARAŞTIRMANIN MATERYALLERİ VE YÖNTEMLERİ.....	25
1.Kartografik Malzemelerin Hazırlanması	28
2.Arazi Çalışmaları ve Toprak Örnek Alımı.....	44
3.Laboratuvar Çalışmaları (Toprak Analizleri)	48
KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE.....	49
1.Kavramsal Çerçeve.....	49
2.Kuramsal Çerçeve.....	51
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	53
1.Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar	53
2.Araştırma Alanı ile İlgili Çalışmalar	59
1. BÖLÜM.....	63

ARAŞTIRMA ALANINDA TOPRAK EROZYONUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER	63
1.1. Jeolojik Özellikler	63
1.1.1. Prekambriyen- Paleozoyik	63
1.1.2. Mezozoyik	65
1.1.3. Tersiyer	66
1.1.4. Kuvaterner	66
1.2. Jeomorfolojik Özellikler	69
1.2.1. Dağlık Alanlar	71
1.2.2. Ovalık Alanlar	72
1.2.3. Vadiler.....	79
1.2.4. Birikinti Konileri ve Yelpazeleri	79
1.3. Topografya Özellikleri	82
1.3.1. Yükselti	82
1.3.2. Eğim	87
1.3.3. Bakı	91
1.3.4. Dağların Uzunluk Yönü	94
1.3.5. Arazinin Yarılma Derecesi.....	95
1.4. Havzanın Morfometrik Analizleri	95
1.4.1. Çizgisel Morfometrik Analizler	95
1.4.1.1. Havza Uzunluğu.....	96
1.4.1.2. Maksimum Havza Genişliği.....	96
1.4.1.3. Ana Akarsu Uzunluğu	96
1.4.1.4. Akarsu Uzunluk Oranı.....	97
1.4.1.5. Çatallanma Evresi ve Oranı.....	97
1.4.2. Alansal Morfometrik Analizler	101
1.4.2.1. Havza Alanı	101
1.4.2.2. Havza Çevresi.....	102
1.4.2.3. Havza Uzunluk Oranı.....	102
1.4.2.4. Form Faktörü / Havza şekli	103
1.4.2.5. Havza Şekil Faktörü	104
1.4.2.6. Vadi Yoğunluğu (Drenaj Yoğunluğu).....	104
1.4.2.7. Akarsu Sıklığı.....	105

1.4.2.8.	Engebelilik Değeri.....	106
1.4.2.9.	Tekstür Oranı.....	106
1.4.3.	Yüzeysel Morfometrik Analizler (Rölyef Özellikleri)	107
1.4.3.1.	Havza Rölyefi	107
1.4.3.2.	Hipsometrik Eğri	108
1.4.3.3.	Gravelius Katsayısı.....	110
1.5.	İklim Özellikleri	111
1.5.1.	İklim Üzerinde Etkili Faktörler.....	111
1.5.1.1.	Planeter Faktörler.....	111
1.5.1.2.	Coğrafi Faktörler	113
1.5.2.	İklim Elemanları.....	114
1.5.2.1.	Sıcaklık.....	114
1.5.2.2.	Nem	122
1.5.2.3.	Yağış	124
1.5.2.4.	Basınç	127
1.5.2.5.	Rüzgâr	128
1.5.3.	İklim Sınıflandırmaları	130
1.5.3.1.	Erinç İklim Sınıflandırması	131
1.5.3.2.	Emberger İklim Sınıflandırması	133
1.5.3.3.	Thorntwaite İklim Sınıflandırması	134
1.6.	Hidrografik Özellikleri	145
1.7.	Vejetasyon Özellikleri.....	150
1.7.1.	Orman Formasyonu	150
1.7.2.	Çalı (Maki ve Garig) Formasyonu	151
1.7.3.	Ot Formasyonu	151
1.8.	Araziden Yararlanma Durumu	157
1.9.	Arazinin Nitelik ve Verimlilik Sınıflandırması	160
2.	BÖLÜM.....	164
ARAŞTIRMA ALANI TOPRAK ANALİZLERİ VE TOPRAK COğRAFYASI		164
2.1.	Araştırma Alanı Topraklarının Laboratuvar Analizleri	164
2.1.1.	Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel Analizleri.....	164
2.1.1.1.	Tekstür Analizleri.....	164

2.1.1.1.a. Kil Analizi	164
2.1.1.1.b. Kum Analizi.....	165
2.1.1.1.c. Silt Analizi.....	166
2.1.2. Araştırma Alanı Topraklarının Kimyasal Analizleri.....	166
2.1.2.1. Toplam Tuz Analizi	166
2.1.2.2. Kireç Analizi.....	167
2.1.2.3. Toprak Organik Madde Analizi.....	167
2.1.2.4. Saturasyon Analizi.....	168
2.1.2.5. pH Analizi.....	169
2.2. Araştırma Alanı Topraklarının Uzaktan Algılama (Google Earth Engine Makine Öğrenme Algoritması) ile Analizleri	172
2.2.1. . Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel Analizleri.....	173
2.2.1.1. Tekstür Analizi.....	173
2.2.1.1.a. Kil Analizi	173
2.2.1.1.b. Kum Analizi.....	173
2.2.1.1.c. Silt Analizi.....	174
2.2.2. Araştırma Alanı Topraklarının Kimyasal Analizleri.....	175
2.2.2.1. Hacim Ağırlığı.....	175
2.2.2.2. pH Analizi.....	176
2.2.2.3. Toprak Organik Madde Analizi.....	177
2.3. Araştırma Alanında Topraklarının Eski Amerikan Toprak Taksonomisine Göre Sınıflandırılması	178
2.3.1. Zonal Topraklar.....	178
2.3.2. İntrazonal Topraklar.....	183
2.3.3. Azonal Topraklar.....	183
3. BÖLÜM.....	188
ARAŞTIRMA ALANINDA TOPRAK EROZYONU RİSKİNİN BELİRLENMESİ	188
3.1. Araştırma Alanında Görülen Toprak Erozyonu Tipleri.....	189
3.1.1. Yağmur Damlası Erozyonu.....	191
3.1.2. Yüzeysel Erozyon	192
3.1.3. Çizgisel Erozyon.....	192
3.1.4. Akarsu Erozyonu	195
3.1.5. Yarıntı (Oyuntu) Erozyonu.....	196

3.2. RUSLE Yöntemi ile Araştırma alanında Toprak Erozyonu Modellenmesi..	198
.....	
3.2.1. Küçük Menderes Havzası Yağışların Erozyon Yaratma Faktörü (R)	198
.....	
3.2.2. Küçük Menderes Havzası Toprağın Erozyona Duyarlılık Derecesi Faktörü (K)	199
.....	
3.2.3. Küçük Menderes Havzası Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)	200
.....	
3.2.4. Küçük Menderes Havzası C Faktör Haritaları	201
3.2.5. Küçük Menderes Havzası P Faktör Haritaları	202
3.2.6. Küçük Menderes Havzası Potansiyel Toprak Kayıp Dağılımı (A)	203
3.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Araştırma alanında Toprak Erozyonu Modellenmesi	205
.....	
3.3.1. Litoloji	206
3.3.2. Eğim	208
3.3.3. Bakı	210
3.3.4. NDVI	210
3.3.5. Yağış	212
3.3.6. Topografik Nemlilik İndeksi	213
3.3.7. Yamaç Şekli	214
3.3.8. Drenaj Yoğunluğu	216
3.3.9. Drenaj Hatlarına Uzaklık	218
3.3.10. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminde Elde Edilen Sonuçların Analizi	220
.....	
3.4. ICONA Metodu ile Araştırma alanında Toprak Erozyon Riskinin Modellenmesi	221
.....	
3.4.1. Koruma Düzeyi	221
3.4.2. Aşınabilirlik	224
4. BÖLÜM	228
.....	
ARAŞTIRMA ALANINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK EROZYONUNA OLASI ETKİLERİ	228
.....	
4.1. İklim Özelliklerindeki Farklılaşma	228
4.2. Trend Analizleri	229
4.3. SSP 2.6 ve SSP 8.5 Küresel İklim Senaryolarına Göre Yağış ve Sıcaklık Projeksiyonları	234

4.3.1. Yıllık Ortalama Sıcaklık	234
4.3.2. Yıllık Toplam Yağış	235
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	244
ÖNERİLER	254
KAYNAKÇA	257
TABLolar LİSTESİ	275
GRAFİKLER LİSTESİ	278
HARİTALAR LİSTESİ	280
ŞEKİLLER LİSTESİ	282
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ	283
ÖZGEÇMİŞ	285

TEZ ONAY SAYFASI

Özlem DÜNDAR TEMUR tarafından hazırlanan “KÜÇÜK MENDERES HAVZASI’NDA TOPRAK EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK EROZYONUNA OLASI ETKİLERİ ” başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mücahit COŞKUN

Tez Danışmanı, Coğrafya Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Coğrafya Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. Savunma sınavı tarihi 19.07.2024

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Duran AYDINÖZÜ (KÜ)

Prof. Dr. Ülkü ESER ÜNALDI (GÜ)

Prof. Dr. Mücahit COŞKUN (KBÜ)

Doç. Dr. Öznur YAZICI (KBÜ)

Doç. Dr. Sevda COŞKUN (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Doktora Tezi derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı herhangi bir yola tevessül etmeden yazdığımı, araştırmamı yaparken hangi tür alıntılarım intihal kusuru sayılacağını bildiğimi, intihal kusuru sayılabilecek herhangi bir bölüme araştırmamda yer vermediğimi, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserlere metin içerisinde uygun şekilde atıf yapıldığını beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak ahlaki ve hukuki tüm sonuçlara katlanmayı kabul ederim.

Adı Soyadı : Özlem DÜNDAR TEMUR

İmza :

ÖNSÖZ

Araştırmanın alan kapsamını Ege Bölgesi'nde bulunan Küçük Menderes Havzası oluşturmaktadır. Küçük Menderes Havzasında toprak erozyon riskinin belirlenmesi ve iklim değişikliğinin toprak erozyonuna olası etkileri çalışmanın amacı olarak belirlenmiştir. Tezin bir havza ölçeğinde çalışılmasının nedeni ise havza çalışmalarına bilgi üretmek ve katkı sağlamaktır.

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimim süresince desteklerini esirgemeyen, bilgi, birikim ve tecrübelerini paylaşarak gelişmeye katkıda bulunan, değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mücahit COŞKUN'a çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışması boyunca kıymetli zamanlarını ayırarak, fikirleri ve yönlendirmeleriyle tezimin gelişmesine katkı sunan tez izleme komite üyelerim Sayın Prof. Dr. Duran AYDINÖZÜ ve Doç. Dr. Sevda COŞKUN'a şükranlarımı sunuyorum. Yapıcı eleştiri ve önerileriyle tez çalışmamda katkı sunan Prof. Dr. Ülkü ESER ÜNALDI ve Doç. Dr. Öznur YAZICI hocalarıma teşekkür ederim. Bu süreçte gerek ekipman gerekse doküman konusunda desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Fatih AYDIN hocama teşekkür ediyorum.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca engin bilgilerinden yararlandığım merhum Dr. Öğrt. Üyesi Ersin GÜNGÖRDÜ'yü saygıyla yâd ediyorum. Lisans, yüksek lisans ve doktora öğrenimim boyunca emeği geçen Karabük Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nün tüm değerli hocalarına ayrıca teşekkürü borç bilirim.

Çalışmanın en zor kısımlarından biri olan arazi çalışmalarında yardım eden bölümümüz yüksek lisans öğrencileri Esmanur AÇMALI ve Nagihan ELİUSTA'ya ve kardeşim Üsteğmen Ercan ERDİNLER'e çok teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında konaklamada yardımcı olan İbrahim Ali'ye teşekkür ederim.

Toprak analizleri için yardımcı olan Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez sürecinde teknik konularda destek olan Nesrin SARSICI, Selime MUT, Dr. Muhammet ÖZTEKİNCİ, Dr. Ahmet ÖZTÜRK, Nigâr CANBULAT, Dr. Onur

CANBULAT ve Dr. Sıracettin GÖZALAN hocalarıma teşekkür ederim. Moral kaynağı Afife KIRMIZI ve Safiye Yüksel ÖZTEKİNCİ'ye teşekkür ederim.

Ayrıca çeşitli konularda danışmanlık sağlayan ve yazışmaları hızlandıran KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Eğitimimin tüm aşamalarında maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili ablalarım, canım kardeşlerim, kıymetli eşleri ve biricik arkadaşım Merve'ye, ihtiyacım olduğu her an işimi kolaylaştıran Dilek ERHİN'e teşekkür ederim.

İlgisi, anlayışı ve desteğinden dolayı kıymetli eşim Ertaç TEMUR ve değerli ailesine teşekkür ederim.

Hayatımın renkleri canım yeğenlerim, hayatıma kattığımız renk için teşekkür ederim.

Çalışmayı yürüten Özlem DÜNDAR TEMUR, 28.02.2020 tarihinden itibaren 100/2000 öncelikli alanlar iklim değişikliği YÖK doktora bursiyeri olarak desteklenmiştir. Bu projenin fikir sahipleri, yürütücüleri ve YÖK'e teşekkür ederim.

Bu çalışmada kullanılan toprak analiz sonuçları Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen KBÜBAP-23DS-021 ve KBÜBAP-23DS-042 numaralı projeler kapsamında hazırlanmıştır.

ÖZ

Toprak, yaşamın sürdürülebilirliği ve ekosistemlerin dengesi için temel bir bileşendir. Toprağın önemi, ekosistem fonksiyonlarından insan sağlığına, ekonomik kalkınmadan iklim değişikliği ile mücadeleye kadar geniş bir yelpazede kendini göstermektedir. Toprağın sağlığını korumak ve sürdürülebilir kullanımı sağlamak hem çevresel hem de ekonomik açıdan son derece önemlidir. Bilinçli tarım uygulamaları, toprak koruma stratejileri ve sürdürülebilir yönetim, toprak kaynaklarının gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılmasını sağlayacaktır. Bu düşünceden hareketle toprağı tehdit eden önemli sorunlardan biri olan erozyon, araştırmanın konusunu oluşturmuştur.

Küçük Menderes Havzasında toprak erozyon riskinin belirlenmesi ve iklim değişikliğinin toprak erozyonuna olası etkileri çalışmanın amacını oluşturmuştur. Çalışmanın kapsamını Batı Anadolu Bölgesi (Ege)'inde yer alan ve hidrografik havza olan "Küçük Menderes Havzası" oluşturmaktadır. Bu havza aynı zamanda "Batı Anadolu Grabenleri" olarak tanımlanan çöküntü havzalarından bir tanesidir. Küçük Menderes Havzası, kuzeyden Salihli-Turgutlu-Alaşehir arasında yer alan Gediz ve güneyden Bafa Gölü-Aydın-Denizli arasında yer alan Büyük Menderes çöküntüleri ile sınırlıdır. Tamamıyla İzmir İli sınırları içinde kalan havzanın yüzölçümü 3489 km² dir.

Çalışmada öncelikle Küçük Menderes Havzasında toprak erozyonunu etkileyen jeoloji, jeomorfoloji, topografya, havza morfometrisi, hidrografik ve vejetasyon özelliklerine değinilmiştir. Daha sonra alanın detaylı toprak özellikleri araştırılmış, alandan toprak örnekleri alınmış, bunların laboratuvar ortamında analizleri yaptırılmıştır. Aynı zamanda Soilgrid verilerini Google Earth Engine (GEE) yardımı ile toprakların fiziksel ve kimyasal analizleri uzaktan algılama verilerine dayanarak yapılab laboratuvar sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Her iki farklı yöntemle elde edilen sonuçlar değerlendirilmeleri yapılab haritalandırılmış ve havzadaki toprak erozyonu ile ilişkisi ortaya konulmuştur. Havzadaki toprak erozyon riskini ortaya koymak için Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE), Çok Kriterli Karar Verme-ÇKKV (Multi-Criteria Decision Making- MCDM) ve Ulusal Doğa Koruma Enstitüsü (Institut National pour la Conservation de la Nature, ICONA)

yöntemleri havzaya uygulanmıştır. RUSLE yönteminde R, K, LS, C ve P faktörleri ele alınarak havzanın toprak erozyon sonucu kayıp toprak miktarı belirlenmiş, ÇKKV ve ICONA yöntemi ile alandaki toprak erozyonu açısından en riskli alanların modellenmesi yapılmıştır. ÇKKV yönteminde litoloji, eğim, bakı, yağış, bitki örtüsü yoğunluğu (NDVI), topografik nemlilik indeksi (TWD), yamaç şekli, drenaj hatlarına uzaklık ve drenaj yoğunluğu parametreleri kullanılırken ICONA yönteminde ise aşınabilirlik ve koruma düzeyi parametreleri kullanılmıştır.

Havzada yıllık tahmini toprak kaybı 613.385,13 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Her üç yöntemde de elde edilen sonuçlara göre havza erozyon açısından yüksek risk grubuna girmektedir. Özellikle erozyon riskinin en fazla olduğu alanlar araştırma alanının kuzeyinde yer alan Bozdağlar'ın güney etekleri olarak ortaya çıkmıştır. Bu alanlar arazi çalışmalarında çekilmiş fotoğraflarla da desteklenmiştir. Havzada yüzey erozyonu ile başlayıp oyuntu erozyonuna kadar ilerleyen erozyon çeşitleri tespit edilmiştir. Erozyon riskinin en az olduğu alanlar ise havza tabanında birikimlerin olduğu taban düzlüğünde olduğu görülmüştür. Havzada iklim değişikliğinin alandaki toprak erozyonuna olası etkilerini belirlemek için trend analizi yapılmış, ÇKKV yönteminde kullanılan günümüz yağış verilerinin yerine 2100 yılına ait yağış verileri kullanılarak olası etkileri haritalandırılmış ve değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda 2100 yılında erozyon riskinin daha fazla artacağı yönünde bir model ortaya çıkmıştır. Havzada toprak varlığını korumak, var olan toprak kalitesini artırmak ve erozyonu önlemek için özellikle eğimin fazla olduğu alanlarda teraslama uygulaması yapılmadığı görülmüştür. İklim değişikliğine bağlı olarak toprak erozyonunun artması olası bir durumdur. İklim değişikliğine bağlı olarak ani sağanak yağış alan yerlerde toprak erozyonunun artması kaçınılmazdır ancak bunun en az zararlı atlatılmasında bölgedeki insan faaliyetleri, insanların erozyon konusunda bilinçlendirilmesi ve orman tahribinin önüne geçilmesi etkili olacaktır.

Anahtar kelimeler: Küçük Menderes Havzası; Toprak Erozyonu; RUSLE; ÇKKV; ICONA; İklim Değişikliği

ABSTRACT

Soil is an essential component for the sustainability of life and the balance of ecosystems. The importance of soil manifests itself in a wide range of areas, from ecosystem functions to human health, from economic development to the fight against climate change. Protecting the health of the soil and ensuring its sustainable use is extremely important both environmentally and economically. Conscious agricultural practices, soil conservation strategies and sustainable management will ensure the healthy transfer of soil resources to future generations. Based on this idea, erosion, one of the important problems threatening the soil, has been the main subject of the research.

The aim of the study was to determine the risk of soil erosion in the Küçük Menderes Basin and the possible effects of climate change on soil erosion. The scope of the study is the Küçük Menderes Basin, which is a hydrographic basin located in the Western Anatolia Region (Aegean) and is also one of the depression basins defined as "Western Anatolian Grabens". The Küçük Menderes Basin is limited by the Gediz depressions located between Salihli-Turgutlu-Alaşehir from the north and the Büyük Menderes depressions located between Bafa Lake-Aydın-Denizli from the south. The surface area of the basin, which is entirely within the borders of Izmir Province, is 3489 km².

In the study, first of all, the geology, geomorphology, topography, basin morphometry, hydrographic and vegetation characteristics of the soil members in the Küçük Menderes Basin were mentioned. Later, detailed soil properties in the area were investigated, soil samples were taken from the areas and they were analyzed in a laboratory environment. At the same time, Soilgrid isolation and physical and chemical analysis of soils based on remote sensing were compared with laboratory results with the help of Google Earth Engine (GEE). The results obtained with both different methods were evaluated and mapped, and their relationship with soil erosion in the basin was revealed. Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), multi-criteria decision making (MCDM) and Institut National pour la Conservation de la Nature (ICONA) methods were applied to the basin to reveal the soil erosion risk in the basin. In the

RUSLE method, the amount of soil lost as a result of soil erosion in the basin was determined by considering the R, K, LS, C and P factors, and the most risky areas in terms of soil erosion were modeled with the ÇKKV and ICONA method. While lithology, slope, aspect, precipitation, vegetation density (NDVI), topographic humidity index (TWI), slope shape, distance to drainage lines and drainage density parameters are used in the MCDM method, erodibility and protection level parameters are used in the ICONA method. Annual estimated soil loss in the basin is calculated as 613,385.13 tons/ha/year. In all three methods, the areas with the highest erosion risk were the southern foothills of Bozdağlar, located in the north of the research area. These areas are also supported by photographs taken during field studies. Erosion types starting with surface erosion and progressing to gully erosion have been identified in the basin. It has been observed that the areas with the lowest risk of erosion are in the bottom plain where there are accumulations on the basin floor. Trend analysis was performed to determine the possible effects of climate change on soil erosion in the basin, and its possible effects were mapped and evaluated by using rainfall data for the year 2100 instead of today's rainfall data used in the MCDM method. In order to preserve the soil in the basin, improve the existing soil quality and prevent erosion, terracing should be applied, especially in areas with high slope. As a result of field observations, it was seen that this method was applied in some areas in the basin, but it was not sufficient. It is possible that soil erosion will increase due to climate change. It is inevitable that soil erosion will increase in places that receive sudden heavy rainfall due to climate change, but human activities in the region, raising people's awareness about erosion and preventing forest destruction will be effective in overcoming this with the least damage.

Keywords: Küçük Menderes Basin; Soil Erosion; RUSLE; MCDM; ICONA; Climate Change

ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ

Tezin Adı	Küçük Menderes Havzasında Toprak Erozyon Riskinin Belirlenmesi ve İklim Değişikliğinin Toprak Erozyonuna Olası Etkileri
Tezin Yazarı	Özlem DÜNDAR TEMUR
Tezin Danışmanı	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
Tezin Derecesi	Doktora
Tezin Tarihi	19/07/2024
Tezin Alanı	Fiziki Coğrafya
Tezin Yeri	KBÜ/LEE
Tezin Sayfa Sayısı	286
Anahtar Kelimeler	Küçük Menderes Havzası, Toprak Erozyonu, RUSLE, ÇKKV, ICONA, İklim Değişikliği.

ATCHIVE RECORD INFORMATIN

Tezin Adı	Determination of Soil Erosion Risk in Küçük Menderes Basin and Possible Effects of Climate Change on Soil Erosion
Tezin Yazarı	Özlem DÜNDAR TEMUR
Tezin Danışmanı	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
Tezin Derecesi	Doktora
Tezin Tarihi	09/07/2024
Tezin Alanı	Fiziki Coğrafya
Tezin Yeri	KBÜ/LEE
Tezin Sayfa Sayısı	286
Anahtar Kelimeler	Küçük Menderes Basin, Soil Erosion, RUSLE, ICONA, MCDM, Climate Change.

KISALTMALAR

CORINE	: Coordination of Information on the Environment
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEM	: Dijital Elevation Model
ETP	: Yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon
G	: Güney
GB	: Güneybatı
GEE	: Google Earth Engine
GIS	: Geographical Information Systems
ICONA	: Institut National pour la Conservation de la Nature (Ulusal Doğa Koruma Enstitüsü)
Im	: Yağış Etkinliği İndisi
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
K	: Kuzey
KB	: Kuzeybatı
KDK	: Katyon Değişme Kapasitesi
KD	: Kuzeydoğu
Km	: Kilometre
km²	: Kilometrekare
m	: metre
m/sn	: metre/saniye
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MTA	: Maden Tetkik Arama
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü

PE	: Potansiyel Evapotranspirasyon
SSP	: Shared Socio-Economic Pathways
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
RCP	: Representative Concentration Pathways=Temsili Konsantrasyon Rotaları)
RUSLE	: Revised Universal Soil Loss Equation (Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği)
UA	: Uzaktan Algılama
vd.	: ve diğerleri
vb.	: ve benzeri
bkz.	: bakınız

GİRİŞ

İnsanın toprakla ilişkisi yeni olan bir durum değildir. Bu süreç esasen insanın yeryüzünde yerleşik hayata geçmesi ve tarımla ilgilinmesiyle başlamıştır. Bu yüzden insanlığın geçirdiği her evre temel olarak bir toprak parçası üzerinde meydana gelmiştir. Toprak besin maddesi üretmek için yaklaşık 10.000 yıl önce neolitik devirde işlenmiştir. Ancak bu ilkel yöntemlere dayanmaktadır. Toprak ilk bilimsel faydalanma Eski Mısırlılarda görülmüştür. Eski Mısırlılar topraktan en iyi şekilde faydalanmak için arazilerini ekilen ve ekilemeyen olarak ayırmıştır. Romalılarda ise basit yöntemlerle örneğin toprak bir kaptaki suya konulup tatmış veya elle kontrol etmişlerdir. Bunun sonucunda toprağın yağlı, yağsız, sert veya gevrek olup olmadığına karar vermişler. Böylelikle toprakların özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. 1800'lu yıllardan sonra bu basit yöntemlerin yerini bilimsel çalışmalar almıştır (Akalan, 1988; Çepel, 1988; Kantarcı, 2000; Atalay, 2016).

Dünyada toprak bilimi alanında bilimsel olarak Justus von Lieberg toprak bilimi için ilk düşüncelerini ileri sürmüş olsada Vasily Vasili'evich Dokuchaev 1870'lerde temel toprak biliminin babası olarak bilinmektedir. Toprakların coğrafi olarak dağılımı üzerinde çalışan belki de ilk kişi olarak geçmektedir. Toprakları belli bir geçmişi olan ve içindeki pek çok olaylarıyla doğal varlıklar olarak gören Dokuchaev'in 1883'te Rusya'da yaygın çernozemler (kara topraklar) üzerinde yazdığı eser dünyada o zaman büyük bir yankı uyandırmıştır. Dokuchaev'in öğrencisi Sibirtsev (1860-1900) toprakları iklimi, yaşayan canlılar, arazi şekli ve zaman faktörlerinin birlikte etkileri sonucunda ortaya çıkan bağımsız birer doğal ve kendine özel varlık düşüncesini öne sürdü. Başka bir öğrencisi olan Konstantin Dimitrievich Glinka (1867-1927), 1914 yılında yazdığı eserleri ile toprak alanında önemli adımlar atmıştır. Rusların çalışmalarından yararlanarak Curtis Fletcher Marbut (1863-1935) Amerika'da toprak biliminin gelişmesine katkıda bulunmuştur. İsviçreli Hans Jenny (1899-1992), 1941 yılında toprak oluşum faktörleri anlayışı ile sayısal toprak biliminin temellerini atmış, Donald Smith (1907-1981) ve Roy Walter Simonson (1908-2008) toprak sınıflandırması konusunda büyük katkılarda bulunmuştur. Türkiye'de ise toprak konusunda bilgi edinmek Avrupa'ya ilk gönderilen Prof. Dr. Kerim Ömer Çağlar, ilk toprak bilimi hocası olarak geçmektedir. 1930'da Ankara Ziraat Yüksek Mektebi açıldığı zaman Prof. Dr. Kerim Ömer Çağlar iktisat vekaleti toprak ve toprak bakteriyolojisi laboratuvar şefi

olarak modern Toprak biliminin Türkiye'de kurucusu olmuştur. Kurulduğu ilk yıllarda Türkiye Toprak ilmi Kurumu olarak açılan kurum 1964 yılı haziran ayının üçüncü haftasında Prof. Dr. Kerim Ömer Çağlar'ın gayretiyle resmen çalışmalarına başlamıştır. Bugünkü adıyla Türkiye Toprak ilmi Derneği ulusal ve uluslararası toplantılar organize ederek kuruluş amacına hizmet etmeye çalışmaktadır (Mermut, 2021).

Toprağın besin maddesi sağlamasının yanı sıra biyokütle ve biyoyakıt üretimi, karbon depolama, toprak biyoçeşitliliği, suyun filtrelenmesi ve ham maddelerin sağlanması açısından da son derece önemli olması, bu doğal kaynağın korunmasını ve devamlılığını sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle son yıllarda artan sel, taşkın, erozyon ve heyelan gibi doğal afetler ile büyük orman yangınları, küresel ve bölgesel ölçekte ekosistemi ve dolayısıyla insan yaşamını olumsuz etkilemektedir. Dünya nüfusu Sanayi Devrimi ile hızla artmaya başlamıştır. Bununla birlikte tarım ürünlerine olan ihtiyaç artmıştır (Tanrıkulu, 2017). Araziden yanlış yararlanma ile birlikte insan kaynaklı küresel çevre sorunları artmaktadır.

Nüfusunun artışı, temel ihtiyaçların karşılanmasında etkili olan tarıma yoğunlaştırmış. Bu durum toprak kalitesini, verimliliğini ve arazi miktarını olumsuz yönde etkileyerek farklı sorunları beraberinde getirmektedir. Topraklar sorunları arasında organik maddede azalma, kirlenme, erozyon, sıkışma, tuzlanma, sel ve toprak kaymaları sayılmaktadır. Bu sorunların başında erozyon gelmektedir (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017). Erozyon, toprağın aşınmasını önleyen bitki örtüsünün yok edilmesi ile koruyucu örtüden yoksun kalan toprağın su ve rüzgârın etkisiyle aşınması ve taşınması olayı olarak ifade edilmektedir (Poesen, 2018). Erozyon, toprağın kendini yenilemesi adına doğal bir olay iken gelinen noktada insan faaliyetleri sonucu hızı ve şiddeti artan, hızlandırılmış erozyon olarak nitelendirilen erozyon hem dünya çapında hem de Türkiye açısından büyük bir sorun haline gelmiş durumdadır (Aytıp, 2021).

Toprak erozyonu nedeniyle arazi yüzeylerinden toprak kaybı dünya çapında yaygındır. Her yıl bu kayıp olumsuz yönde giderek artmaktadır. Bu durum tarım alanlarını, orman ve mera alanlarının yanı sıra tüm doğal ekosistemlerin verimliliğini de düşürmektedir. Artan insan nüfusuyla birlikte toprak erozyonu, temiz suya erişim, enerji ve biyoçeşitliliğin kaybı dünya çapında başlıca çevre sorunları arasında yer almaktadır (Pimentel, 2006). Gelecekte de nüfusun artacağı hesaba katılırsa bu sorunların giderek

artması muhtemel görünmektedir. Temel gıda ve çevre sorunlarından biri olan toprak erozyonunu önlemek için toprak erozyonunun ölçülmesi ve bunun iklim ve arazi örtüsü değişikliklerine verilen tepkilerin, bölgesel ekolojik güvenlik değerlendirmesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Rao vd., 2023). Küresel ısınma, insan faaliyetlerinin hızla gelişmesi ve arazi kullanımındaki yapısal değişim toprak erozyonu riskini artırmakta, dolayısıyla toprak kaynaklarına zarar vermektedir (Li vd., 2023). Aşınma ve taşınma olaylarından meydana gelen toprak erozyonu aşınan ortamda toprak kaybına neden olurken taşınan yerlerde ise su kirliliğine, barajların ömürlerinin kısa olmasına, göllerin siltasyon yoluyla kapanmasına vb. başka çevre sorunlarına da yol açmaktadır (Tian vd., 2023).

Sürdürülebilir bir tarım alanı için mevcut toprağın özelliklerinin yanı sıra çevresel faktörlerin de etkisi büyüktür (İlay ve Kavdır, 2018). Havzalar, farklı arazi yararlanma biçimlerini, farklı topografik ve toprak özellikleri bir arada bulundurabilen sahalar olarak; araziden yararlanma planlamasının uygulanabilirliği açısından en uygun alanlardır (Aytıp, 2021). Havza, doğal kaynakların yönetiminde, planlanmasında ve analizinde en ideal çalışma birimi olarak bilinmektedir (Coşkun ve Öztürk, 2022). Bir doğal kaynağın probleminin tespiti, çözümün planlanması, alınacak önlemlerin belirlenmesi, planların uygulanması ve sürdürülmesi havza yönetiminin başlıca konularını oluşturmaktadır (Ribaud, 1987). Bu nedenlerden dolayı, bu tez çalışmasının havza ölçeğinde yapılması düşünülmüş ve araştırma alanı olarak Küçük Menderes Havzası seçilmiş; havzadaki erozyon riskinin belirlenmesi ve iklim değişikliğinin havzadaki toprak erozyonu riskine olası etkilerinin neler olabileceği ve bu etkilere karşı alınacak önlemleri kapsayan bir çalışma olarak planlanmıştır.

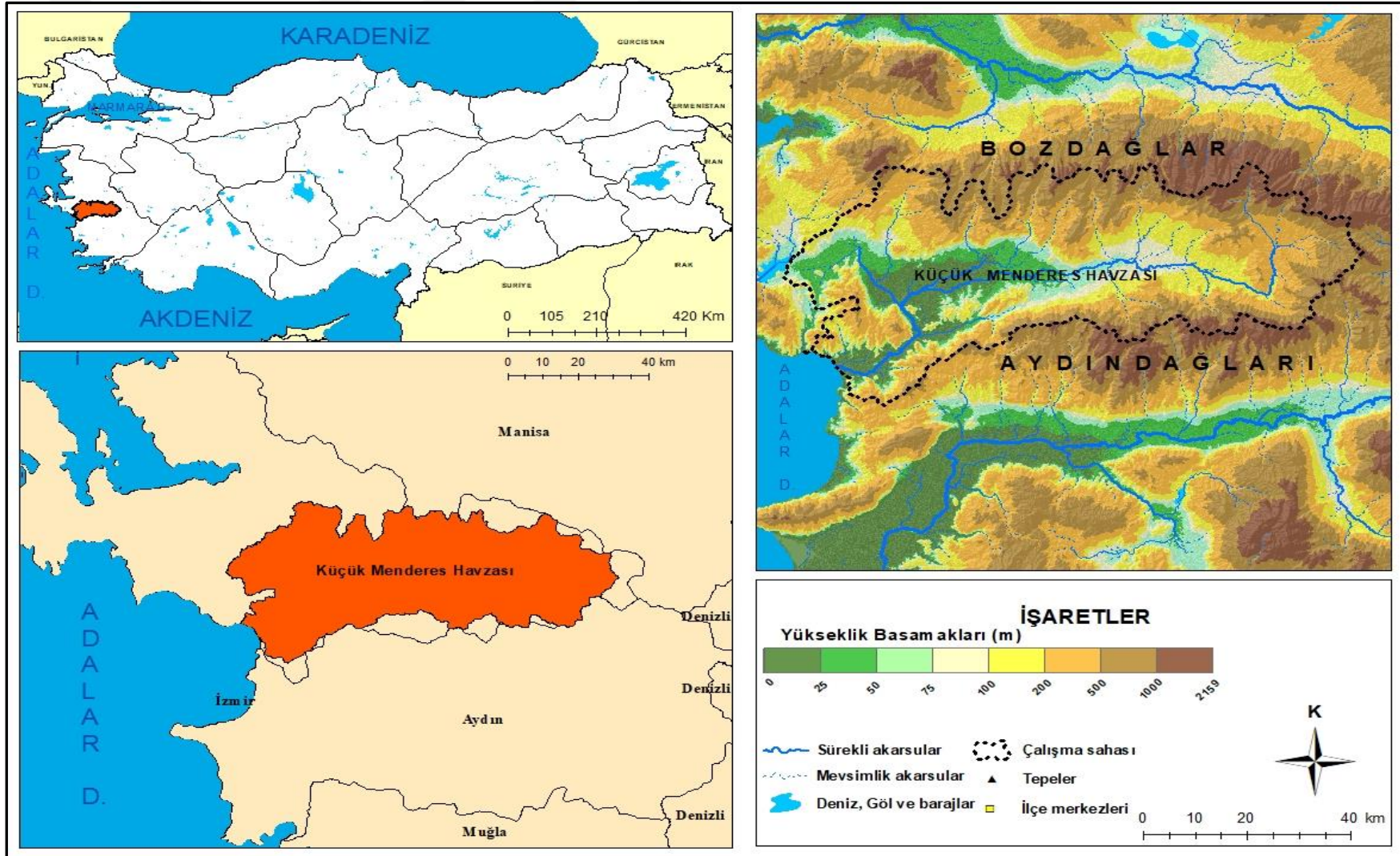
ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Hazırlanan doktora düzeyindeki bu çalışmada konu kapsamını Toprak Erozyon Riskinin Belirlenmesi ve İklim Değişikliğinin bu alanda Toprak Erozyonuna Olası Etkileri oluşturmaktadır. Çalışmanın alan kapsamını ise Batı Anadolu Bölgesi (Ege) yer alan ve hidrografik havza olan Küçük Menderes Havzası Batı Anadolu Grabenleri olarak tanımlanan çöküntü havzalarından bir tanesi oluşturmaktadır (Harita 1). Tamamıyla İzmir İli sınırları içinde kalan havzanın yüzölçümü 3489 km² dir.

Bozdağlar (2159 m) ve Aydınadağları (1831 m) arasında uzanan Küçük Menderes Havzası, kuzeyinde uzanan Bozdağlar kütleli ve güneydeki Aydınadağları, havzanın doğusunda birbirine yaklaşarak birleşmekte ve havzayı çevrelemektedir. Böylelikle havza, kuzeyindeki Bozdağlar ve güneyindeki Aydınadağları arasında Doğu-Batı doğrultusunda uzanan yapısal bir depresyon içinde gelişmiştir.

Havza, Selçuk, Kiraz, Ödemiş, Bayındır ve Dağkızılca-Torbalı olmak üzere beş alt havzadan meydana gelmektedir. Bu havzalar aynı zamanda havza içindeki ilçeleri ve ovaları da oluşturmaktadır. Selçuk alt havzası batıda Adalar Denizi kıyısında bir delta ovası olma özelliğine sahiptir.





Haritalar 1: Küçük Menderes Havzası Lokasyon Haritası

ARAŞTIRMANIN AMACI VE ALT AMAÇLARI

Çalışma kapsamına göre hem dünyada hem de Türkiye’de son yıllarda büyük sorun haline gelen toprak erozyonu ele alınarak alandaki toprak erozyonunun belirlenmesi, modellenmesi ve iklim değişikliğinin toprak erozyonuna olası etkileri hazırlanan çalışmanın amacını oluşturmuştur. Bu doğrultuda aşağıdaki alt amaçlar belirlenmiştir.

Alt Amaçlar:

- Araştırma alanının doğal ortam koşulları, toprak erozyonunu nasıl etkilemektedir?
- Araştırma alanı toprak özelliklerinin laboratuvar ve uzaktan algılama verilerine göre toprak erozyonuna etkisi nedir?
- Araştırma alanında yıllık tahmini toprak kaybı ne kadardır?
- Araştırma alanında toprak erozyonu açısından en riskli alanlar nerelerdir?
- İklim değişikliğinin toprak erozyonu üzerinde olası olumlu/olumsuz etkileri nelerdir?

ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI

Küçük ölçekli havzalarda toprak bozulmasının, özellikle erozyonun olumsuz etkilerinin belirlenmesi için son teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Potansiyel olarak yer değiştiren toprak miktarı RUSLE ile hesaplanmıştır. Bu modelde, ortalama erozyon tahmini sürecinde altı faktör dikkate alınmakta ve belirli formüller ile hesaplama yapılmaktadır (Danacıoğlu ve Tağıl, 2017; Guan vd., 2022; Abdelsamie vd., 2022; Kanito vd., 2023; Singh vd., 2023).

Erozyon sonucu yaşanan toprak kayıpları her yıl artmaktadır. Bu kayıpları azaltmak için dünyada ve Türkiye’de toprak erozyonunu çalışmaları yapılmaktadır. Toprak kaybının tespiti ve bu kayıpların önlenmesi için bölgenin toprak özellikleri, bitki örtüsü ve araziden yararlanma durumu gibi temel özelliklerin bilinmesi gerekmektedir.

Yapılan literatür taramasında araştırma havzda arazi yetenek sınıflaması yapılmış; Gözeç’in (1978), Küçük Menderes Havzası’nı doğal ortam özellikleri bakımından değerlendirmiştir. Gülersoy (2014) ise, Küçük Menderes Havzası’nı mekânsal potansiyel ile arazi kullanımı bakımından ele almıştır. Gülersoy vd. (2015),

havzayı arazi kullanımı ve arazi kabiliyet sınıfları arasındaki ilişki bakımından ele alırken Yoldaş'ın (2011), havzayı sebze tarımı açısından incelemiştir. Gökçe Gündüzoğlu (2019) ise sahada sürdürülebilir bir arazi kullanım planlamasını içeren bir çalışma yapmıştır. Tüm bunlar incelendiğinde araştırma alanında tüm havzayı kapsayacak bir erozyon çalışmasının yapılmadığı görülmektedir. Alandaki eksiklere dayanarak çalışmanın, toprak kaybının temel sorunlarından biri olan erozyonu ele alması açısından ve bilime sağlayacağı katkıdan dolayı önemli görülmektedir.

Hazırlanan çalışmanın sahanın tamamını kapsamı, sahadan karelej ağ yöntemi ile alınan toprak numuneleri ile toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve teknoloji ürünü olan verilerle kıyaslayıp değerlendirilmesi açısından son derece önemlidir. Havza ölçekli çalışmalar yapılacak veya yapılanması planlanan uygulamaların sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Çalışma bu yönden de alana ve alanda yapılacak uygulamalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmada kullanılan yöntem, girdi parametrelerinin kalitesi ve bu parametreler hakkında ayrıntılı verinin kısıtlı olması, planlanan modellemede bazı sınırlılıklara neden olmaktadır. Çalışma sahasında ve yakın çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarının bazı dönemler kapalı olması ve yer değişiklikleri nedeniyle dönemsel olarak farklı periyotlarda ölçümlere başlanması gibi olumsuzluklar araştırmayı sınırlandıran koşullar arasındadır.

ARAŞTIRMANIN MATERYALLERİ VE YÖNTEMLERİ

Çalışma hazırlanırken iyi bir literatür taraması çalışmayı güçlendirmektedir. Bu yüzden yerli-yabancı literatür detaylı olarak taranarak toprak erozyonuna neden olan unsurlar tespit edilmiştir. Tespit edilen faktörler doğrultusunda aşağıda anlatılan materyaller ve yöntemler kullanılmıştır.

Meteorolojik veriler için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Kiraz, Beydağ, Ödemiş, Tire, Tire, Bayındır, Torbalı ve Selçuk meteoroloji istasyonlarına ait günlük, aylık ve yıllık ortalamalar alınmıştır. Bunlar düzenlenerek kullanılmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Ödemiş, Tire, Kiraz, Beydağ, Bayındır, Torbalı ve Selçuk yersel meteoroloji istasyonu verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden ulaşılan Küresel İklim Modeli SSP 2.6 ve SSP 8.5 Senaryosuna göre

modellenmiş olan gelecek dönem tahmini iklim verileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından paylaşılan jeoloji paftaları, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan büyük toprak grupları verileri, Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan sayısallaştırılmış meşcere verileri araştırmanın ikincil veri kaynaklarını oluşturmaktadır.

Araştırma alanında 250 toprak örneği alınmış bunlar havuzlama yöntemi ile toplam 40 adet numune için organik madde, kireç tekstür ve tekstür sınıfı, saturasyon, pH ve toplam tuz özellikleri laboratuvar ortamında analizleri sonucu elde edilen veriler birincil kaynakları oluştururken kum, kil, silt, toprak pH'ı, organik madde, hacim ağırlığı miktarına yönelik üretilen haritalar için <https://earthengine.google.com/> sitesinden elde edilen veriler ise ikincil kaynakları oluşturmaktadır.

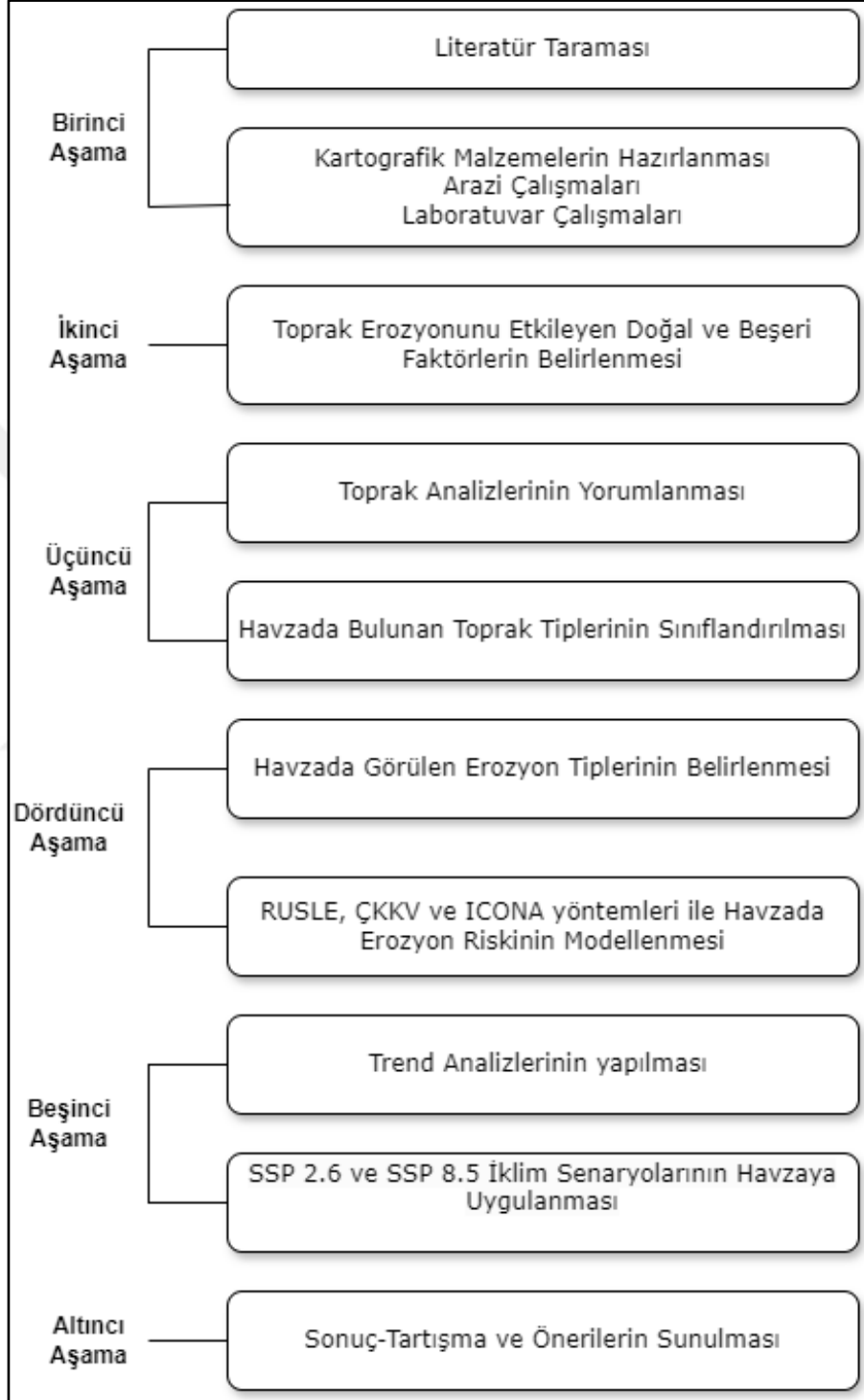
İklim tiplerinin belirlenmesinde Erinç, Emberger ve Thornthwaite yönteminden yararlanılmıştır. Yağış ve sıcaklık eğilimlerinin tespiti için Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho trend analizi yöntemine başvurulmuştur.

Kartografik malzemelerin hazırlanması için ArcGIS 10.8 GIS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yazılım paketi kullanılmıştır. Verileri düzenlemek ve tablo, grafik ve çizelgeler oluşturmak için Microsoft Word ve Excel 2016 programları tercih edilmiştir. Araştırma alanına gidilerek, gözlemler yapılmıştır. Tezin görsel unsurlarından biri olan fotoğraflar arazi çalışmaları esnasında çekilmiştir. Fotoğraf çekimlerinde yüksek çözünürlüklü telefon kameralarından yararlanılmıştır. Tezde kullanılan tüm fotoğraflar tezi hazırlayan Özlem Dünder Temur tarafından çekilmiştir.

Çalışmada faydalanmak üzere, saha gözlemi ve toprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Bu veriler araştırmanın birincil veri kaynaklarını oluştururken kurumlardan alınan veri setleri ve datalar ise ikincil veri kaynaklarını meydana getirmiştir. İkincil veri kaynakları için harita üretiminde jeoistatistik, tablo ve şekiller oluşturmak için hesaplamalı yöntemlerde tanımlayıcı tarama modellerinden yararlanılmıştır. Bu tür araştırmalar çalışmaya ilişkin sistematik ve düzenli bilgiler elde edilerek gerçekleştirilmektedir (Coşkun, 2017).

Betimsel araştırmalarda bir durumun varlığı ya da yokluğu ortaya çıkarılmaya çalışılır. Bu araştırmaların sonuçları, grafikler, tablolar açıklanmaktadır. Özetle birincil veri kaynaklarına ulaşmak için nitel araştırma yöntemleri kullanmış ikincil veri kaynaklarının değerlendirilmesi için ise nicel araştırma yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Böylelikle bir yöntemden ziyade birçok yöntemi iç içe geçirerek uygulayan bir model haline gelmiştir. Haritaları elde etmek için yararlanılan yöntemlerde dahil edildiğinde tezin araştırma deseni **karma araştırma modeli** olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışmaya ait iş-akış diyagramı

1. Kartografik Malzemelerin Hazırlanması

Çalışmanın kartografik malzemelerinin hazırlanması için ArcGIS 10.8 GIS paket programı kullanılmıştır. Kullanılacak verilerin düzenlenmesinde, tablo, grafik, şekiller oluşturmak için Microsoft Word ve Excel 2016 programlarından istifade edilmiştir.

İklim verileri Microsoft Excel 2016 programı yardımıyla düzenli hale getirişmiş; stasyonlara ait yağış, basınç sıcaklık, nem değerleri ve hâkim rüzgâr yönleri belirlenmiştir. Sıcaklık verilerinden uzun dönem sıcaklık ortalamaları, aylık ve uzun dönem nem ve yağış ortalamaları hesaplandı. Derlenen verilerden sıcaklık, nem, yağış, basınç ve rüzgar yönüne ilişkin tablolar ve grafikler elde edilmiştir.

Meteoroloji istasyonlarına ait hâkim rüzgâr yönleri ve frekansları, Rubinstein formülünden yararlanarak Microsoft Excel 2016 programında hesaplanmıştır.

Sıcaklık haritalarını oluşturmak için, rasatlara ait sıcaklık veri setinden yıllık ortalama, Ocak ve Temmuz ayı ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmış ve hesaplanan sıcaklık değerlerine göre, yıllık, Ocak ve Temmuz ayı ortalama sıcaklık dağılış haritaları hazırlanmıştır.

Yağış haritasını oluşturmak için uzun yıllar boyunca kaydedilen ortalama yağış verileri tercih edilmiştir. Sıcaklık ve yağış haritaları, elde edilen bu verilerle birlikte ArcGIS 10.8 programı kullanılarak haritalandırılmıştır.

İklim sınıflandırmaları için yağış etkinliğini belirlemede Erinç (Erinç, 1996), su bilançosunda Thornthwaite iklim sınıflandırması (Dönmez, 1984) ve Akdeniz ikliminin belirgin olduğu alanları belirleme ve Akdeniz ikliminin hangi sınıfı içerisinde yer aldığını tespit etmek amacıyla Emberger yöntemi kullanılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlarla tablo ve grafikler elde edilmiştir.

Jeoloji Araştırma alanının jeoloji verileri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından paylaşılan 1/25.000 ölçekli jeoloji paftalarına dayanmaktadır. Araştırma alanına giren 1/25.000 ölçekli jeoloji paftaları kullanılarak, çalışma sahasının jeolojik yaşı ve litolojisi dikkate alınarak amaca uygun olarak gruplandırılmış ve sadeleştirilerek araştırmanın jeoloji haritası oluşturulmuştur.

Araştırmanın toprak özellikleri başlığı altında hazırlanan büyük toprak grupları haritası Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan verilerden yararlanılarak üretilmiştir.

Jeomorfoloji haritası, alanın jeoloji, toprak ve topografya haritaları referans alınarak hazırlanmıştır.

Bitki örtüsü haritasının oluşturulmasında Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan sayısallaştırılmış meşcere verilerinden yararlanılmıştır. Araştırma alanında sayısallaştırılmış olan meşcere tipleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımının ArcMap ara yüzünde meşcere tiplerinin öznitelik tablosundan aynı ve benzer tiplerin birleştirilmesi yoluyla sadeleştirilerek amaca uygun olarak haritalandırılmıştır.

Araştırma alanında vejetasyon verimliliğini gösteren NDVI zaman serisi oluşturulmuştur. Oluşturulan zaman serisi <https://earthengine.google.com/> sitesinde 2023 Landsat 7 uydu görüntüleri için yazılım kodu kullanılarak üretilmiştir.

Araziden yararlanma durumu haritası (arazi kullanım) için CORINE 2018 verileri kullanılmıştır. Literatürde yaygın olarak arazi kullanım olarak geçen ifadenin amacını tam olarak yansıtmadığı düşünülerek danışman hoca öncülüğünde arazi kullanım yerine araziden yararlanma ifadesinin kullanılması çalışmada tercih edilmiştir. Aynı durum arazi kabiliyet sınıfları içinde geçerli olup arazi kabiliyet ve yetenek sınıfları ifadesi yerine arazinin nitelik ve verimlilik sınıfları şeklinde kullanım tercih edilmiştir.

Morfometrik Analizler

Erozyona etkileme durumuna göre çizgisel, alansal ve yüzeysel morfometrik parametrelerden bazıları ele alınmıştır. Bunlar Küçük Menderes Havzasının geneli için uygulanmıştır. Morfometrik analizler için kullanılan formüller metin içerisinde açıklanmıştır. Morfometrik analiz çalışmalarında bu yöntem yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışmada da bu şekilde tercih edilmiştir.

RUSLE Erozyon Tahmin Modeli

Çalışmada Küçük Menderes havzasında yıllık toprak kaybını tespit etmek ve toprak erozyonu açısından en riskli alanları tespit etmek için RUSLE tahmin modeli uygulanmıştır. 'RUSLE' terimi, RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) olarak bilinen ve toprak erozyonunu tahmin etmek için kullanılan bir modelin kısaltmasıdır. Bu

model, toprak erozyonunun çeşitli faktörlerini dikkate alarak toprak kaybını tahmin etmeye yönelik bir matematiksel modele dayanmaktadır. RUSLE modeli, yağış, toprak tipi, eğim, bitki örtüsü ve toprak erozyonu kontrol yöntemleri gibi faktörleri hesaba katarak toprak erozyonu riskini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir araçtır. USLE modeli, Wischmeier ve ekibi tarafından ilk başta tarım alanlarında uygulanmak üzere tasarlanmış olup, yönteme sonradan 1972 yılında inşaat alanları, otlaklar ve ormanlık bölgeler için de kullanımlar eklenmiştir. 1987 yılında ise, gözden geçirilerek revize edilen USLE modeli, RUSLE adıyla anılmaya başlanmıştır.

RUSLE modelinde kullanılan parametreler; R (Yağışın Erozyon Oluşturma Faktörü (ton/ha/yıl), K (Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (ton/ha/yıl), LS (Eğim Uzunluğu- Topografya), C (Arazi Kullanım ve Bitki Örtüsü) Faktörü ve P (Toprak Koruma Önlemleri) faktörü'dür (Şekil 2). $A=R*K*LS*C*P$ eşitliğinde yıllık tahmini toprak kaybı hesaplanmaktadır. A: birim alanda gerçekleşen ortalama toprak kaybı (ton/ha/yıl) ifade etmektedir. Her bir parametrenin formülü açıklanmıştır.

R parametresi için

$$MFI : \sum_{i=1}^{12} \frac{Pi^2}{p}$$

Formülde geçen pi işareti aylık yağışları (mm), p ise yıllık yağışların ortalamasını temsil etmektedir. Daha sonra R : (4,17 MFI) – 152 sabit değeri kullanılarak yağış erozif parametresi belirlenmektedir.

K parametresi

$$K= [2,8*10^{-7}*M^{1,14*(12-a)}]+[4,3*10^{-3*(b-2)}]+[3,3*(c-3)]$$

Formülde; K: Toprak erozibilite değeri, M: Partikül boyutu, {silt(%)+ iyi gelişmiş kum (%)} * {(100- kil (%))} a: organik madde içeriği (%) b: toprak strüktür kodu c: toprak geçirgenliği temsil etmektedir.

LS parametresi

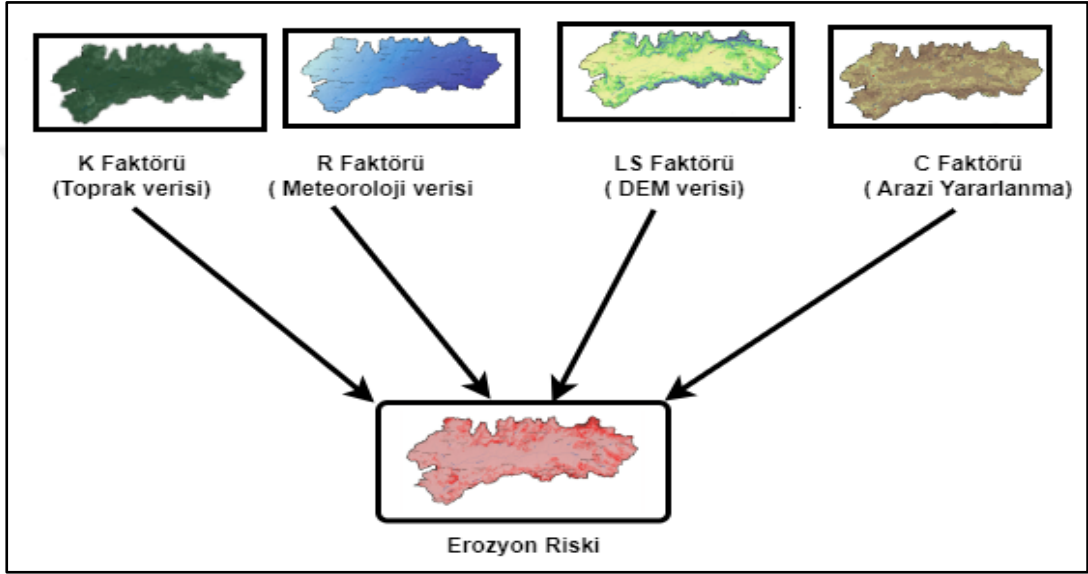
Bu parametre Moore ve Burch (1986) tarafından geliştirilen metot kullanılarak CBS ortamında elde edilen sayısal arazi modeli (DEM) yardımıyla hücresel olarak ortaya konulmaktadır.

C parametresi

Bu çalışmada C parametresi CORİNE verileri, arazideki gözlemlerle ve Google Earth görüntüleri yardımıyla belirlenmiştir.

P parametresi

Tüm Türkiye’de olduğu gibi havzda da erozyonu önleyici çalışmalar oldukça kısıtlı olduğu için P parametresi için 1 değeri kullanılmıştır.



Şekil 2: RUSLE akış şeması

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilen ve literatürde erozyon için yaygın olarak kullanılan yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin tercih edilmesinin nedeni, parametrelerin havzanın özelliklerine göre seçilmesidir. Farklı havzalar için farklı parametreler seçilmektedir (Turan ve Uzun, 2021). Bu yöntemdeki avantajlardan biri doğruluğunun test edilebilmesidir.

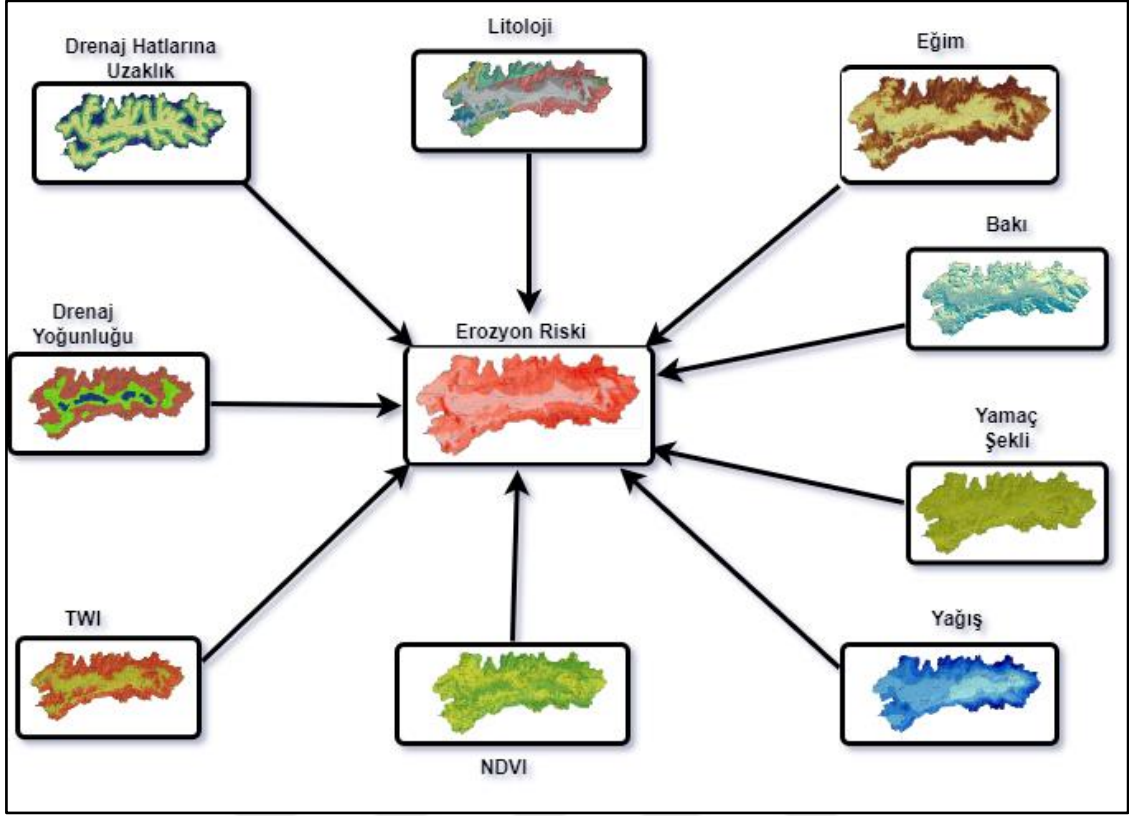
Problemin, hiyerarşi yapısı oluşturulduktan sonra ölçütlerin ağırlıkları belirlenmektedir (Öztürk ve Batuk, 2010). Ölçütlerin, hiyerarşik yapıda bir üst düzeydeki ölçütler açısından değerlendirilmesi için, Saaty'nin (1980) önerdiği tercih ölçeği kullanılmaktadır. Daha sonra puanlama yapılmakta ve bu şekilde ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır.

Kriterlerin birbirinden ne kadar önemli olduğu, üst kademedeki elemana göre belirlenirken, karar vericinin yargısına dayanarak ikili karşılaştırmalar ortaya konulmaktadır. Bir karar matrisi oluşturulur ve bu matris, kriterlerin önceliklerinin hesaplanmasında faydalanılmaktadır. Değerlendirmede ise, Saaty'nin (1987) sayısal değerlere karşılık gelen sözel değerlendirme ölçeği tercih edilmektedir (Tablo 1).

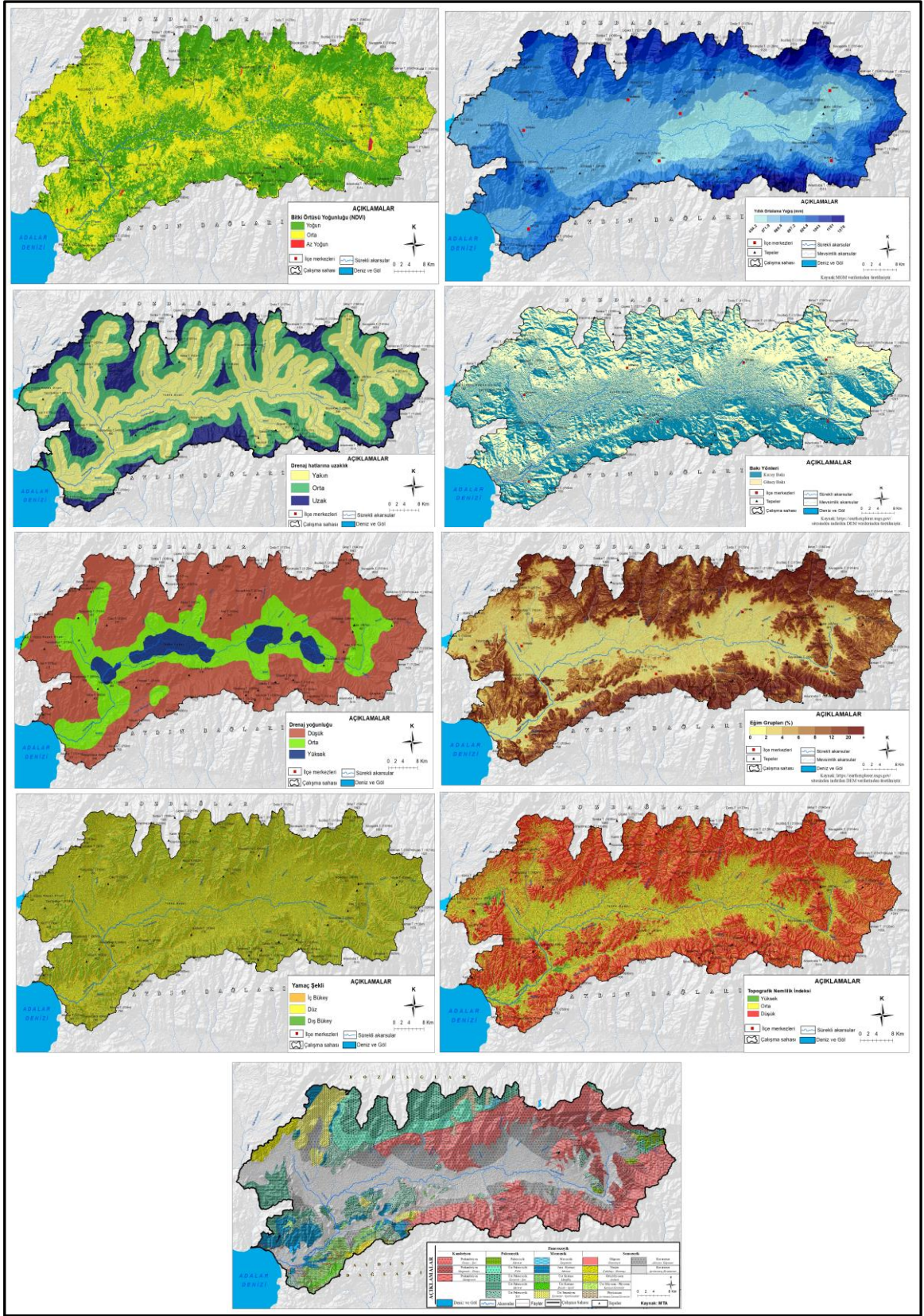
Tablo 1: İkili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 1987)

Önem Yoğunluğu	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki kriter de amaca eşit katkıda bulunur.
3	Birinin diğerine karşı daha hafif önem	Tecrübe ve değerlendirme bir kriteri diğerine karşı şiddetle destekler
5	Önemli veya güçlü önem	Tecrübe ve değerlendirme bir kriteri diğerine karşı şiddetle destekler
7	Çok güçlü önem	Bir kriter şiddetle tercih edilir ve egemenliği uygulamadan gösterilir
9	Aşırı önem	Bir kriter diğerine tercih edilirken, kanıtlar mümkün olan en yüksek düzeye sahiptir
2, 4, 6, 8	İki yakın karar arasındaki ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılır.

ÇKKV yönteminde kullanılmak üzere, literatür taraması, arazi gözlemleri ve danışman hoca görüşleri doğrultusunda sahada erozyonda etkili olan litoloji eğim, bakı, yamaç şekli yağış, drenaj yoğunluğu, drenaj hatlarına uzaklık, topografik nemlilik indeksi, bitki örtüsü yoğunluğundan oluşan dokuz parametre ele alınıp incelenmiştir (Şekil 3, Harita 2).



Şekil 3: ÇKKV yöntemi akış şeması

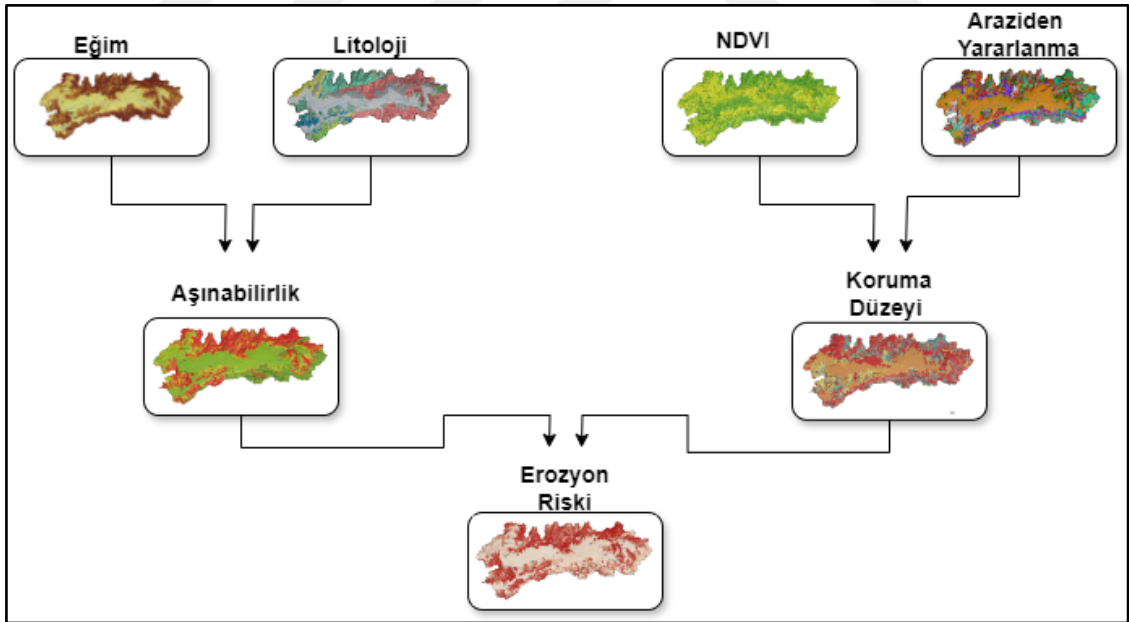


Haritalar 2: ÇKKV yöntemi için kullanılan alt kriterlerin haritalanması

ICONA Metodu

Son yıllarda CBS ve UA teknolojilerinin yaygınlaşmaya başlanması ile bu yöntemlerle yapılan çalışmaların sayısı da artmıştır. Niteliksel erozyon risk belirleme yöntemlerin en önemlilerinden biri İCONA metodu. ICONA metodunun bu denli önemli yapan geniş alanlarda erozyon riskinin belirlenmesi için oldukça kullanışlı olmasıdır. Akdeniz ve Avrupa ülkeleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modelde litoloji/jeoloji, araziden yararlanma durumu ve eğim faktörleri kullanılmaktadır. Burada dört katman bir araya getirilerek yedi aşama halinde ilerlemektedir (Tombuş, 2005; Okou vd., 2016; Gündüzoğlu, 2019; Mahboub Kheirkhah, 2022), (Şekil 4).

Bu dört değişkenden faydalanılarak; araziden yararlanma ve bitki örtüsü yoğunluğundan toprak koruma düzeyi, eğim ve jeolojik özelliklerinden de aşınabilirlik durumunu belirtilen haritalar ortaya konulmaktadır. Daha sonraki aşamada ise, elde edilen bu iki harita karşılaştırılarak, erozyon risk durumu belirlenmektedir. ICONA metodunda değişkenler arasındaki ilişkiler ve değerlendirmeler, karar matrisleri yardımıyla yapılmaktadır.



Şekil 4: ICONA akış şeması (ICONA, 2007)

Araziden Yararlanma Durumu

Araziden yararlanma durumundan, toprak koruma düzeyi için faydalanmaktadır. Araziden yararlanma durumu CORINE 2018 verilerinden temin edilmiştir. Bu yöntemde araziden yararlanma durumu 6 kategoride incelenmiştir. Sulu tarım, ormanlık, çalılık ve maki, mera, kuru tarım, bağlık, meyvelik, bahçelik, seyrek çalılık ve diğer alanlar şeklinde gruplanmıştır.

Bitki Örtüsü Yoğunluğu (NDVI)

Bu yöntem için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) yani normalize edilmiş bitki farkındalık indeksiinden yararlanılmıştır. NDVI değerleri Tablo 2'de belirtilen dört kategoride belirtilmiştir.

Tablo 2: NDVI kod tanımı ve değerleri

Kod	Kod Tanımı	Değer
1	Az yoğun	%0 - %25
2	Orta Yoğun	%25 - %50
3	Yoğun	%50 - %75
4	Çok Yoğun	%75 - %100

Toprak Koruma Düzeyi

Toprağın erozyona karşı korunma düzeyine, NDVI ve araziden yararlanma durumu etkili olduğu için Tablo 3'te verilen karar matrisi ile belirlenebilmektedir. Tablo 4'te Toprak koruma düzeyleri (Simgeler ve anlamları) verilmiştir.

Tablo 3: Toprak koruma düzeyi karar matrisi

Arazi Kullanımı	Toprak Koruma Düzeyleri			
	Bitki Örtüsü Yoğunlukları			
	1 (%0 - %25)	2 (%25 - %50)	3 (%50 - %75)	4 (%75 - %100)

1	5 (MB)	5 (MB)	4 (B)	4 (B)
2	5 (MB)	5 (MB)	4 (B)	3 (M)
3	3 (M)	2 (A)	1 (MA)	1 (MA)
4	4 (B)	3 (M)	2 (A)	1 (MA)
5	5 (MB)	4 (B)	3 (M)	2 (A)
6	5 (MB)	4 (B)	3 (M)	2 (A)

Tablo 4: Toprak koruma düzeyleri (Simgeler ve anlamları)

Kod	Toprak Koruma Düzeyi	Kod Tanımı
1	MA	Çok Az
2	A	Az
3	M	Orta
4	B	Yüksek
5	MB	Çok Yüksek

Eğim (Topografya)

Bu yöntemde eğim değerleri aşınabilirlik derecesinin belirlenmesinde, jeolojik özellikleri birlikte işlenmektedir. Eğim sınıfları ve değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Eğim sınıflandırması

Kod	Eğim Sınıflandırılması
1	Düz-Çok Az Eğim (%0-%3)
2	Orta Eğim (%3-%12)
3	Dik Eğim (%12-%20)
4	Çok Dik Eğim (%20-%35)
5	Sarp (>%35)

Jeoloji

Bu parametrede çalışma alanının jeolojik durumu sınıflandırılmıştır. Jeolojik sınıflandırma Tablo 6’da belirtilmiştir.

Tablo 6: Jeoloji sınıflandırması

Kod	Jeolojik Sınıflandırma
A	Çok sert kayalar
B	İyi kaynaşmış, kalker kayalar
C	Kompakt silisli kayalar
D	Gevşek yapıda, az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar
E	Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait yığılmalar

Aşınabilirlik Durumu

Aşınabilirliğin ortaya konulmasında, topografya (eğim) ve jeoloji-litoloji haritaları karşılaştırılmıştır. Bu iki değişken arasındaki çözümlene Tablo 7’de verilen karar matrisi ile belirlenmiştir. Tablo 8’de Aşınabilirlik durumu (Simgeler ve Anlamları) verilmiştir.

Tablo 7: Aşınabilirlik karar matrisi

Aşınabilirlik durumu					
Eğim	Jeoloji Sınıflandırılması				
Kod	A	B	C	D	E
1	1 (EN)	1 (EN)	1 (EN)	1 (EN)	2 (EB)
2	1 (EN)	1 (EN)	2 (EB)	3 (EM)	3 (EM)
3	2 (EB)	2 (EB)	3 (EM)	4 (EA)	4 (EA)
4	3 (EM)	3 (EM)	3 (EM)	4 (EA)	5 (EX)
5	4 (EA)	4 (EA)	5 (EX)	5 (EX)	5 (EX)

Tablo 8: Aşınabilirlik durumu (simgeler ve anlamları)

Kod	Aşınabilirlik	Kod Tanımı
1	EN	Çok Az Aşınabilirlik
2	EB	Az Aşınabilirlik
3	EM	Orta Aşınabilirlik
4	EA	Şiddetli Aşınabilirlik
5	EX	Çok Şiddetli Aşınabilirlik

Son aşamada, aşınabilirlik ve toprak koruma düzeyi parametreleri Tablo 9'daki erozyon risk durum karar matrisi ile değerlendirilip erozyon risk sonucu ortaya çıkmaktadır. Tablo 10'da Erozyon risk durumu karar matrisi anlamları verilmiştir.

Tablo 9: Erozyon risk durumu karar matrisi

		Erozyon Risk Durumu				
		Toprak Koruma Düzeyi				
		1 (MB)	2 (B)	3 (M)	4 (A)	5 (MA)
Aşınabilirlik	1	1	1	1	2	2
	2	1	1	2	3	4
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	3	5	5
	5	2	3	4	5	5

Tablo 10: Erozyon risk durumu karar matrisi anlamları

Erozyon Risk Durumu	
1	Çok Az
2	Az
3	Orta
4	Şiddetli
5	Çok Şiddetli

Trend Analizi

Küçük Menderes Havzasındaki Kiraz, Beydağ, Ödemiş, Tire, Bayındır, Torbalı ve Selçuk istasyonları belirlenip araştırmanın veri altlığı oluşturuldu (Tablo 11). Araştırmada adı geçen istasyonların ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri kullanıldı. Verileri paylaşan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'dür. Trend istatistik işlemlerinin uygulanmasında *Trend Analysis Windows* isimli yazılım programından yararlanıldı. Meteorolojik veri setlerinin kullanımında en az 30 yıl kayıt tutmuş olması ve kayıt süresinin kesintisiz olmasına özen gösterilir fakat araştırma alanında bulunan istasyonların tamamı bu şartı karşılayamamaktadır. Genel gidişatın görülmesi adına var olan veriyle devam edilmiş olup çalışmanın veri altlığı konusundaki sınırlılıkları bu eksiklik oluşturmaktadır.

Tablo 11: Küçük Menderes Havzasında bulunan bazı meteorolojik istasyonlar

İstasyon Adı	Yükselti	Enlem	Boylam	Rasat Yılı
Kiraz	310	38.2192	28.2028	2014-2021
Beydağ	215	38.0872	28.2233	2014-2021
Ödemiş	111	38,2157	27,9642	1960-2021
Tire	70	38.133	27.8165	2013-2021
Bayındır	70	38.1975	27.6719	2013-2021
Torbalı	60	38.1743	27.3623	2013-2021
Selçuk	18	37.942	27.3669	1964-2021

Araştırmada istatistiki işlem olarak homojenlik testi uygulanmamıştır. Çünkü iklim parametrelerine ait veriler kısa zaman serileri içerisinde hızlı değişimler göstermekte dolayısı ile sabit kalmamaktadır. Bahsi geçen özellik ile iklim parametrelerinin homojen dağılışa sahip olmadığını bize göstermektedir. Parametrik olmayan metotlarla verilerin analiz edilmesi daha gerçekçi ve tutarlı sonuçlar ortaya koymaktadır. Hazırlanan bu araştırmada belirtilen nedenlerden dolayı homojenlik testine ihtiyaç duyulmamıştır. Non-parametrik metotlar çeşitlilik göstermektedir. Ancak dünyada pek çok araştırmada kullanılan metotlar arasında Mann-Kendall ve

Spearman'ın Rho Trend testleri gelmektedir. Belirtilen metotların tutarlılığı yüksek olması nedeniyle Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) de tavsiye etmektedir. Bu testlerin analiz sonuçlarında Z kritik değer +/- 1,96 güven aralığında kaldığında trend yokken, bu değer altı ya da üstü bir değer olursa trendin varlığı anlaşılmaktadır (Coşkun, 2020a).

İstatistiksel olarak trend, belirlenen bir parametrenin ölçülmesinde ya da değerinde zaman serisi içerisinde artış veya azalış olarak değişimin görülmesidir. Araştırmalarda trendi belirleyebilmek için parametrik ya da nonparametrik (parametrik olmayan) testler uygulanır. Karakuş (2017), parametrik olmayan testler, hidro-meteorolojik gibi çoğunlukla normal olarak dağılmamış ve eksik verilerin sıklıkla bulunduğu hidrolojik zaman serilerinin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Parametrik olmayan testlerde problem, veri setinin istatistiksel dağılımından bağımsız hale geleceğinden, bu testler parametrik testlere göre avantajlıdır. Neyran (2007), verilerde kesikli, kısa süreli, çarpık ve düzensiz gibi olumsuz durumların var olması durumunda, bu olumsuzlukları bertaraf eden parametrik olmayan testler kullanılır. Hazırlanan bu çalışmada trend analizini belirlemek için uygulanan testler aşağıda verilmiştir:

Mann-Kendall Testi

Mann-Kendall test analiz yöntemi, hidroklimatolojik non-parametrik verilerde kullanılan basit ve hızlı bir yöntemdir. Zaman periyodunda ölçülen parametrelerde varsa bir eğilim hangi yönde olduğunu belirlemede kullanılmaktadır (Burn vd., 2002). Kullanışlı ve hızlı olmasından dolayı en çok tercih edilen yöntemlerden bir tanesidir.

H_1 hipotezine göre ise ($k \neq j$) ve $n \geq k, j$ olmak üzere seride X_k ve X_j ardışık olarak dizilen parametreler birbiri ile benzerlik göstermeyip heterojen olduğu anlamına gelmektedir. Aşağıdaki formül 1'de hesaplanmaktadır (Özfidaner, 2007).

Formül 1

$$sgn(X_j - X_i) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } X_j - X_i > 0 \\ 0 & \text{eğer } X_j - X_i = 0 \\ -1 & \text{eğer } X_j - X_i < 0 \end{cases}$$

Mann-Kendall testindeki S değeri formül 2'de ki gibi hesaplanmaktadır.

Formül 2

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i)$$

Normal dağılım sergileyen parametreler ve ortalaması sıfır olan test istatistiği S 'in varyansı, denklem 3'te ki gibi hesaplanmaktadır.

Formül 3

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Eğer ölçümlenen periyotlarda benzerlik varsa, verilerin hesaplanması için formül 4 ile hesaplanmaktadır.

Formül 4

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18}$$

Parametreler hesaplanıp elde edilen değerler, trend analizi için önem arz eden kritik Z değeri ile karşılaştırılır.

Formül 5

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eğer } S > 0 \\ 0 & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eğer } S < 0 \end{cases}$$

Mann-Kendall testin elde edilen sonuçlar eğer pozitif ise artan, negatif ise azalan yönde bir eğilim var anlamına gelmektedir.

Spearman'ın Rho Testi

Ölçümlenen parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Spearman Rho test analizi kullanılmaktadır. Bu yöntem non-parametrik verilerin analiz edilmesinde tercih edilmektedir. Yöntem son derece hızlı ve kullanışlıdır.

İşlem basamaklarında sıra istatistiği olan R_{xi} verileri sıralamaya tabi tutulur büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe doğru olacak şekilde sıralanır. Gözlem serisi $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile belirtilen H_0 hipotezine göre x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır ve H_1 hipotezine göre ise x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) sayısal değerleri zaman serisinde artış yada azalışlar göstermektedir. Spearman'ın Rho Testi istatistiği (r_s), formül (6)'da ki gibi hesaplanmaktadır (Gümüş ve Yenigün, 2006).

Formül 6

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_{i=1}^n (R_{x_i} - i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

İki parametrede aynı değerlere sahip olması durumunda, bu iki verinin ortalaması alınmaktadır. Eğer aynı değere sahip üç gözlem varsa gözlem değerleri sıralamaları 6, 7, 8 olan 3 gözlem, $(6+7+8= 21)$ ve 21 sayısının 3 gözleme bölümünden elde edilen 7 değeri, bu 3 gözlemin sırası kabul edilmektedir. Bir sonraki gözlem değerinin sırası 9 olur ve bu şekilde gözlem değerleri sıralanabilir.

$n > 30$ olması durumunda r_s dağılımı normale yaklaşacağından dolayı normal dağılım tablosu kullanılmaktadır. Bunun için için r_s 'nin test istatistiği (Z), formül (7)'de görüldüğü gibi hesaplanır.

Formül 7

$$Z = r_s \sqrt{n-1}$$

Eğer z değeri, α anlamlılık düzeyinde elde edilen sayılar veri $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük ise H_0 hipotezi reddedilir ve belirli eğilimin olmadığı sonucuna varılmaktadır. (Çeribaşı vd., 2014).

İklim modellemeleri

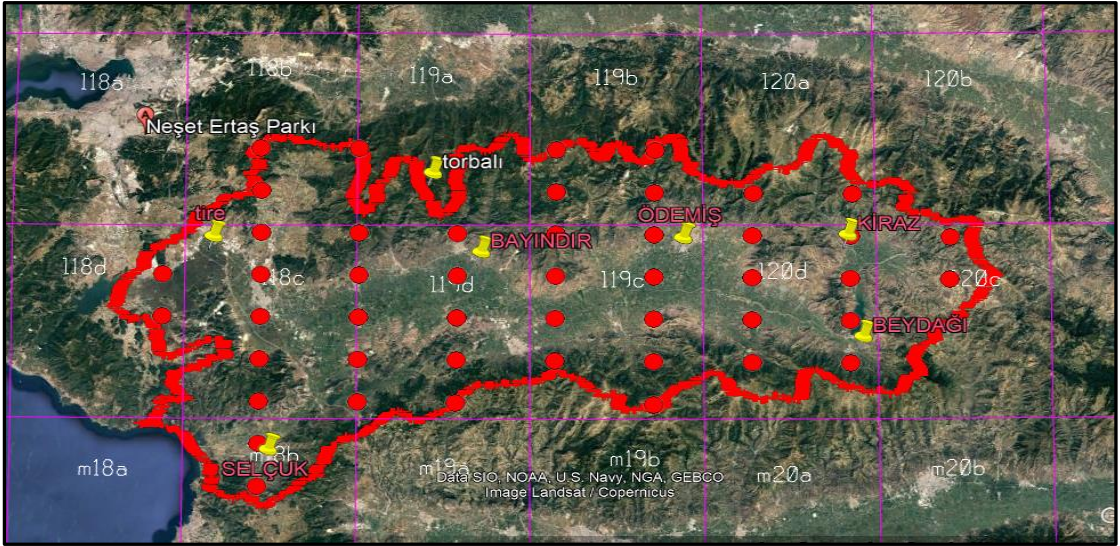
IPCC AR6'ya kadar olan süreçte, enerji modelleme topluluğu, farklı sosyoekonomik varsayımlar tarafından yönlendirilen yeni bir dizi emisyon senaryosu geliştirilmiştir. Bunlar "Ortak Sosyoekonomik Yollar'dır (SSP'ler). Bu SSP senaryolarının bir kısmı, CMIP6 için iklim modellerini yönlendirmek üzere çeşitli senaryolar üretilmiştir.

SSP 2.6 hafif iklim değişikliği, SSP 4,5 orta düzey emisyon, SSP 7.0 yüksek sera gazları emisyonu senaryosu ve SSP5 8.5 şiddetli iklim değişikliğini ifade etmektedir. SSP 2.6 bu senaryoya göre 2041-2060 yıllarında 1,7 °C ve 2081-2100 yıllarında ise 1,8 °C sıcaklık artış olacağı tahmin edilmektedir. SSP 7.0 iklim değişikliği senaryolarına göre yüksek sera gazı emisyonu baz almaktadır. Fosil yakıtların yakılması sonucunda 2021-2040 yıllarında 1.2 ile 1,8°C ve 2040-2060 1.8 ile 2,6 °C ve 2080-2100 yıllarında ise 2.8 ile 4,6 arasında sıcaklık artış olacağı tahmin edilmektedir. SSP 8.5 senaryosuna göre ise çok yüksek sera gazı emisyonu olacağı ve karbon emisyon 2075'e kadar üçe katlanacağı öngörülmektedir. Bu senaryo ise 2041-2060 yıllarında 2,4 °C ve 2081- 2100 yıllarında ise 4,4 °C sıcaklık artış olacağı tahmin etmektedir (Özdemir, vd. 2020).

2. Arazi Çalışmaları ve Toprak Örnek Alımı

Çalışmada faydalanmak için Küçük Menderes Havzasında toprak numunelerini almak için noktalar belirlenmiştir. Sahadan alınacak noktaların yer tespiti için kareler ağ metodu tercih edilmiştir. Bu metot ile sahaya birbirine eşit mesafede nokta atışı yapılmaktadır (Şekil 5). Her bir nokta arasındaki mesafe sahadan sahaya değişme göstermektedir. Noktalar belirlendikten sonra Küçük Menderes Havzasına ait bakı, toprak grupları, jeoloji, eğim ve araziden yararlanma haritaları ile çakıştırılmıştır.

Böylelikle numunelerin alınabileceği en uygun yerler seçilmiştir. Seçilen tüm yerlerden toprak örneği alınmıştır. Çalışma yapılacak geniş alanlar için bütçeyi düşürmek için toprak numunesi için havuzlama yönteminden faydalanılmaktadır. Bu yöntem, benzer ve yakın özelliklere sahip noktalardan alınan numunelerin birleştirilip bir numune haline getirilmektedir.. Araştırma alanı olarak seçilen Küçük Menderes Havzasında numune almak için 250 nokta seçilmiş ancak diğer tematik haritalar ile karşılaştırmalar yapılması sonucunda benzer özelliklere sahip olan noktalardan alınan numuneler havuzlama yöntemi ile karıştırılıp bir numune haline getirilmiş ve neticede 40 numune olacak şekilde numune haline getirilmiştir.



Şekil 5: Küçük Menderes Havzasında Toprak numunesi alınan noktalar

Erozyon sonucu toprak kayıplarının belirlenmesi için kullanılan yöntemlerde genellikle toprağın 0-20 cm derinlikten numune alınmaktadır. Alınan numuneler kuruduktan sonra kaybedeceği ağırlık hesaba katılarak en az 2 kilogram olacak şekilde alınmaktadır. Arazi çalışması sırasında izlenen her adım fotoğraflanmış ve arazi çalışması tamamlanmıştır (Fotoğraf 1).



Fotoğraf 1: Küçük Menderes Havzasında toprak numunelerinin alınması

Sahadan toprak numunelerin alınması için gerekli olan araç gereç temin edilip arazi çalışması yapılmıştır. Sahadan numune almak için; metre, GPS aracı, numuneleri koymak için kilitli poşet, numunelere ait bilgilerin (konum, yükselti, toprak türü vb.) yazmak için etiket, kalem ve varsa toprak burgusu yoksa kürek vb. araç gereçler hazırladıktan sonra araziye gidilmiş ve numuneler toplanmıştır. Laboratuvara göndermek için toplanan numuneler güneş ışığı görmeyecek şekilde kurutulmuş daha sonra analizleri yapılmak üzere laboratuvara verilmiştir (Fotoğraf 2, 3).



Fotoğraf 2: Alınan her bir numunenin birbirine karışmaması için lokasyon bilgilerinin girilmesi



Fotoğraf 3: Alınan toprak numunelerin nemli olması durumunda herhangi bir bozulmaya maruz kalmaması için paketlerin kapalı olmamasına dikkat edilmelidir

3. Laboratuvar Çalışmaları (Toprak Analizleri)

Tekstür analizi, topraktaki kum, silt ve kil gibi inorganik bileşenlerin birbirine oranını ifade eder. Bu bileşenlerden kumun çapı 2-0,05 mm, siltin çapı 0,05-0,002 mm, kilin çapı ise 0,002 mm'den küçüktür. Araştırma alanından alınan numunelerin tekstür analizi Bouyoucos yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Analiz öncesinde numuneler havalandırılarak kurutulmuş, ardından iyice ezilip ince bir elekten geçirilerek toz haline getirilmiştir. 50 gram olarak tartılan numuneler silindire konularak ölçüm yapılmıştır.

Kil analizinde, Stokes kanunu kullanılarak kil partiküllerinin boyut dağılımı ve çökme hızı belirlenmektedir. Kil mineralleri genellikle çok küçük boyutlardadır ve bu nedenle çökme hızları çok düşüktür. Stokes kanunu, bu küçük parçacıkların davranışını anlamak için kullanılmaktadır (Stokes, 1851). Daha sonra XRF cihazından okuması yapılmıştır.

pH analizi, toprakta bulunan hidrojen iyonlarının yoğunluğunu ifade eder. Bu yoğunluğun miktarı, toprağın bazik, asidik veya nötr bir reaksiyon göstermesini belirler. pH değeri 4,5 ile 6,5 arasında olan topraklar asidik, 7,4 ile 8,5 arasında olanlar ise bazik özellik taşır. Toprağın pH değerini anakaya ve iklim koşulları etkiler. Araştırma alanından alınan numunelerin pH analizi için öncelikle 20 gramlık numune bir erlenmayere konulmuş, üzerine 30 ml su eklenerek çamur kıvamına getirilmiştir. Ardından, pH metre cihazı bu çamurun üzerindeki suya batırılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Toprakta organik madde analizi Walkley-Black yöntemi veya Loss-on-Ignition (LOI) yöntemi ile yapılmaktadır. Bu yöntemler topraktaki organik karbonun miktarını ölçer ve bu verilerden organik madde miktarı tahmin edilmektedir. Buna göre 0-1 çok az, 1-2 az, 2-3 orta, 3-6 fazla ve >6 ise çok fazla olarak kategorilere ayrılmaktadır.

Toprakta kireç (kalsiyum karbonat, CaCO_3) analizi Scheibler yöntemi veya volumetrik titrasyon yöntemi ile yapılmaktadır. Bu analiz, topraktaki kireç miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. Kirecin asitle reaksiyona girerek karbondioksit gazı açığa çıkarması prensibine dayanmaktadır.

Toprakta tuz (elektriksel iletkenlik, EC) analizi, topraktaki çözünmüş tuzların miktarını ölçmek için tercih edilen bir analizdir. Bu analiz genellikle toprakta tuzluluk problemlerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

1. Kavramsal Çerçeve

Adalar Denizi, Osmanlı Devleti zamanında, Mora ve Teselya'nın doğu kıyıları ile Anadolu'nun batı kıyıları arasında kalan bölge Adalar Denizi olarak adlandırılmış ve 600 yıldan fazla bir süre boyunca kullanıldığı görülmektedir. 1809 tarihli bir İngiliz haritasında Archipelago Sea- Adalar Denizi, 1863 tarihli bir Fransız haritasında ise Archipel-Adalar Denizi olarak geçmiştir. Ancak Yunanistan'ın ısrarları neticesinde, bazı devletler 1940 yılı ve bundan sonra yaptıkları haritalarda Adalar Denizi yerine Ege Denizi olarak yazmışlar. 1941'Ankara Dil ve Coğrafya Fakültesi'nde düzenlenen 1. Coğrafya Kurultayı'nda ise Türkiye'de Ege Denizi olarak karar vermişlerdir. Türk Tarih Kurumu ve Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından 2017 yılında ortaklaşa düzenlenen Uluslararası Ege Adaları Sempozyumu'nda, ise Ege yerine Adalar Denizi adının kullanılması gerektiği yönünde karar çıkartılmıştır. Yaklaşık 80 yıldır süregelen Yunanistan'ın baskısıyla Ege Denizi ismi kullanılmış olsa dahi tarihte uzun yıllar boyunca geçen Adalar Denizi isminin yeniden kullanılmasına dikkat çekilmektedir. (Yalın 2019; Özakıncı, 2021). 1940 yılına kadar Adalar Denizi, Lozan Antlaşması'nda bile Adalar Denizi diye ifadeler kullanılmıştır. Dolayısıyla bu Adalar Denizi ismi atalarımızın ve Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün kullandığı, Lozan Antlaşması'nda geçmektedir (Url 1, 2). Bu çalışmada da danışman hocanın görüşüyle Ege denizi ifadesi yerine "Adalar Denizi" tercih edilmiştir.

Morfometri, yeryüzü şekillerinin ölçülmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır (Sahu vd., 2017). Esasen akımların çeşitli özelliklerinin ölçülmesini ve değerlendirilmesini içeren bir yöntemdir. Morfometrik analizler araştırmacılara, saha çalışmaları hakkında alanın topografyası, jeolojik durumu ve hidrolojisi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Görür ve Karadeniz, 2018).

Erozyon, toprak tanelerinin su, rüzgâr ve buzullar gibi doğal veya insan yapımı faktörlerin neden olduğu yüzeylerin aşındırılması veya tahrip edilmesi sürecidir (Tağıl, 2009; Fıçıcı, 2021). Süreç, toprak, kaya, kum, çakıl vb. malzemelerin yüzeylerinin aşınmasını veya parçalanmasını ifade etmektedir.

Toprak Erozyonu, çeşitli faktörlerin (su, rüzgâr, buzullar, insan faaliyetleri vb.) neden olduğu toprak parçacıklarının bir alandan diğerine hareketi için kullanılan

ortak bir terimdir. Olayın boyutu, darbenin toprağa ne kadar derinden nüfuz ettiğine ve etkilenen alanın büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017).

Doğal/Normal/ Jeolojik Erozyon, insan faaliyetleri sonucu bozulmaya uğramamış arazinin doğal çevre koşulları altında yıllardan beri devam eden ve vadilerin, kanyonları, deltaların, sahil düzlüklerinin, ovaların, platoların oluşmasına sebep olan jeolojik bir olaydır (Balcı, 1996). Normal, doğal veya jeolojik erozyon olarak tanımlanan bu olay toprağın kendini yenilemesi açısından önemlidir.

Hızlandırılmış Erozyon, hızlandırılmış erozyon; insan faaliyetleri sonucunda iklim, toprak ve vejetasyon birlikteliğinden doğan dengenin bozulması sonucunda ekosistemde meydana gelen toprak erozyonunu ifade etmektedir (Yurtcan, 2009; Alparslan, 2021).

Google Earth Engine(GEE), büyük ölçekli coğrafi veri analizi için bulut tabanlı bir platformdur. GEE, geniş bir uydu görüntüleri ve coğrafi veri setleri kataloğunu güçlü işlem yetenekleri ile entegre etmektedir. Bu platform, bilim insanları, araştırmacılar ve geliştiriciler tarafından çevresel izleme, arazi kullanımı planlaması ve iklim araştırmaları gibi çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır (Görellick vd., 2017). GEE, JavaScript ve Python ile programlamayı destekler ve büyük veri setleri üzerinde karmaşık analizler yapmayı mümkün kılmaktadır. Çok sayıda veri setinin (kum, kil, silt, KDK, pH vb.) ön işlemleri yapılmış uydu görüntülerinin bulut ortamında barındıran, makine öğrenme algoritmaları fonksiyonlarının kullanılabilceği bir yazılım programlama ara yüzü olan bir platformdur (Atabay ve Coşkun, 2023; Coşkun vd., 2024).

RUSLE, toprak kayıpları değerlerini aylık ve yıllık olarak verebilen bir erozyon modelidir. Bu modelde, eğim uzunluğu (L parametresi), eğim dikliği (S parametresi), bitkisel örtüsü (C parametresi), yağışların erozyon oluşturma gücü (R parametresi), toprakların erozyona karşı duyarlılığı (K parametresi), ve toprak koruma yöntemleri (P parametresi) altı parametrenin birleşmesiyle ortaya çıkmaktadır. Başka bir ifadeyle denklemi meydana getiren parametreler iklim, toprak, topografya ve bitki örtüsüne bağlı olarak farklılık arz etmektedir. CBS ve UA teknikleri ile erozyon kayıplarını belirlemek için bu model hem ülke hem de bölgesel olarak çok fazla tercih edilmektedir (Özcan, 2016).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV), en iyi seçeneğin seçilmesine yardımcı olmak için her biri birkaç kritere sahip birden çok alternatifi karşılaştıran bir karar verme yöntemidir). ÇKKV yöntemi, araştırma alanında toprak erozyon riskini belirlemede kullanılan bir başka yöntem olup en yüksek ve en düşük olduğu alanların belirlenmesi için tercih edilmiştir (Çoruhlu ve Akıncı, 2021; Kum vd., 2022; Yılmaz, 2022; Pacci vd., 2023).

ICONA, Niteliksel erozyon risk belirleme yöntemler en önemlilerinden biri de ICONA yöntemidir. ICONA modeli geniş alanlarda toprak erozyon riskinin belirlenmesi için son derecede etkili bir yöntemdir. Akdeniz ve Avrupa ülkeleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Dengiz vd., 2014; Gündüzoğlu, 2019; Asadi ve Zandi., 2022; Jokar Sarhangi ve Denghan Chachkami, 2022; Özvan vd., 2022).

Trend Analizleri, daha çok parametrik olmayan testler tercih edildiği bir yöntemdir. Bu testler arasında Spearman'ın Rho ve Mann-Kendall Trend testlerinin oldukça yaygın bir kullanımı bulunmaktadır (Coşkun vd., 2020; Öztekin, 2023). Mann- Kendall testi parametrik olmayan bir test olup, Kendall'ın Tau olarak bilinen testinin özel bir uygulamasıdır. Bu yöntem verilerin büyüklüğünden çok sıraları üzerine esastır. İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan Spearman'ın Rho Testi, lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir test olup sıra istatistiklerine dayanmaktadır (İlker ve Terzi, 2021).

İklim Modellemesi, IPCC AR6'ya kadar olan süreçte, enerji modelleme topluluğu, farklı sosyoekonomik varsayımlar tarafından yönlendirilen yeni bir dizi emisyon senaryosu geliştirdi, bunlar "Ortak Sosyoekonomik Yollar"dır (SSP'ler). Bu SSP senaryolarının bir kısmı, CMIP6 için iklim modellerini yönlendirmek üzere çeşitli senaryolar üretilmiştir.

SSP 2.6 hafif iklim değişikliği, SSP 4,5 orta düzey emisyon, SSP 7.0 yüksek sera gazları emisyon senaryosu ve SSP5 8.5 şiddetli iklim değişikliğini ifade etmektedir. (Demircan vd., 2016; Coşkun vd., 2022; Gözalan, 2023).

2. Kuramsal Çerçeve

Türkiye'nin sanayileşme sürecinin Batı'ya göre geç başlaması, uzun yıllar boyunca insanoğlunun toprak üzerindeki baskısı, ormanların yok edilmesiyle kendini göstermiştir. Anadolu halkının henüz yerleşik hayata geçmemiş olması ve hayvancılık

üzerine yoğunlaşmış olması yine orman tahribatının yüksek olmasının bir başka nedenini meydana getirmektedir. Holosen devresinde Anadolu'da var olan pek çok uygarlığın toprak bozulmasında oynadığı rol yadsınamaz. 16. yüzyılda Anadolu'da kırsal ekosistemlerin bozulması süreci Celali isyanlarıyla başlamış ve göçebelerin plansız yerleşimi nedeniyle 18. ve 19. yüzyıllar arasında devam etmiştir. Biyolojik çeşitliliğin giderek azaldığı, doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği, Türkiye'de artan nüfus kaynak talebini artıştırmıştır. Bu durum makineli tarım vasıtasıyla doğal alanlardaki baskıyı yoğunlaştırmıştır. Doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi, toprakların amacı doğrultusunda kullanılmaması ve dengesiz-aşırı otlatmanın yapılması toprak kayıplarını giderek artırmıştır. Yasal düzenlemelerin yetersiz oluşu, sürdürülebilir ve yerinde tarım politikasının eksik olması, tarım tekniklerinin amaca hizmet etmemesi, nüfus artışı ve bu nüfusun dengesiz dağılması toprak sorunlarının başlamasında önemli nedenler arasındadır (Efe vd., 2008).

Toprak, yeryüzündeki tüm canlılara her açıdan fayda sağlayan dinamik bir yapıdır. Ancak günümüzün yüksek teknolojik seviyeleriyle dahi üretilmeyen ve yenilenmesi binlerce yıl alan toprak insanların tarım arazilerini işlemeye başlamasından itibaren toprak kaybı süreci başlamış ve bu kayıp giderek hızlanmıştır. Erozyon, toprak kütlelerinden tek tek parçacıkların uzaklaştırılması ve bu parçacıkların akan su ve rüzgâr gibi araçlarla taşınmasını içeren iki aşamadan ve yeterli enerji mevcut olduğunda sedimentasyon tükenmesinin meydana geldiği üçüncü aşamadan oluşan bir olgudur. Erozyona neden olan pek çok faktörden biri de insandır. İnsan, doğa tarafından kontrol edilen ve olumlu erozyonu kontrolsüz/olumsuz hale getiren, halihazırda var olan bir güçtür. (Artun ve Dinç, 2016).

Coğrafi konumu, iklim, topografya ve toprak şartları gibi nedenlerden dolayı erozyon ve doğal ortam bozulmasına karşı hassas olan Türkiye, tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin uygun olmayan arazi üzerinde yapılması da bu sorunlarının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerin sayısı ve çeşidi artıkça toprağın verimli olan üst katmanı aşındırılıp uzaklaştırılmaktadır.

Yeni tarım ve yerleşim alanı açmak, ormanların kesilmesi, planlamalardaki yetersizlikler, arazi ve iklim şartlarının erozyon süreçlerine açık olması, ülkede erozyonun hızı ve şiddeti üzerinde etkili olup toprak-tarım verimliliklerinin azalmasına veya yok olmasına yol açmaktadır.

Toprak erozyonu dünyanın pek çok alanında verimli üst kısımda bulunan organik madde ve diğer önemli besin maddelerinin aşınıp taşınmasına neden olmaktadır. Toprak yavaş yavaş sığlaşmakta ve önemini kaybetmektedir. Bu sorunların önüne geçmek için son yıllarda özellikle erozyon çalışmaları önem kazanmaktadır. Erozyonun fazla olduğu alanları belirlemek için arazi ve laboratuvar çalışmaları ile yapılabildiği gibi, artık geliştirilen modeller aracılığıyla özellikle geniş alanlar için risk tahminleri de yapılabilmektedir (Kantar ve Dengiz, 2015). Türkiye’de geliştirilen bu modellerden fazlaca yararlanılmaktadır. Bu modellerden biri de RUSLE modelidir. Pek çok araştırmacı da çalışmalarında bu modeli tercih etmişlerdir (Tağıl, 2009; Karabulut ve Kızılelma 2014; İmamoğlu, 2015; Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016; Ghosal ve Bhattacharya, 2020; Negese vd., 2021; Li vd., 2022; Senanayake vd., 2022; Li vd., 2023; Serbaji vd., 2023). Orman ve Su İşleri Bakanlığı (2013), (günümüzde Tarım ve Orman Bakanlığı) RUSLE modelini kullanmış ve Türkiye akarsularına ulaşan toprak kayıplarının miktarı belirlemiş ve sınıflandırılmalarını yapmıştır. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak çalışmada; Küçük Menderes Havzasında, havza bazında hem yıllık tahmini toprak kayıp miktarı hem de toprak erozyonu açısından en riskli alanlar ortaya koymak istenmektedir. Çalışma sürecince; havzanın hidrolojik, topografik ve jeolojik durumunu ortaya koymak için havzanın morfometrik analizleri yapılmış, havzada toprak erozyonunu etkileyen tüm unsurlar ele alınıp değerlendirilmiştir. Rusle yöntemi ile toplam toprak kaybının ne kadar olduğu; Çok kriterli karar verme ve ICONA ile Küçük Menderes Havzası’nda toprak erozyon riskinin en fazla olduğu alanların nereler olabileceği tespit edilmiştir. Aynı zamanda iklim değişikliğinin alandaki toprak erozyonuna olası etkilerini değerlendirmek suretiyle trend analizleri yapılmış ve iklim modelleri uygulanmıştır. İklim değişikliğinin olası etkilerini tespit etmek için çok kriterli karar verme analizinde kullanılan günümüz yağış verileri yerine 2100 yılı için uygulanan veriler kullanılıp toprak erozyonuna olan olası etkileri ortaya konulmuştur.

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1. Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar

Bir yerden bir yere değişiklik gösteren, her biri kendine özgü karakteristiklere sahip, toprakları sınıflandırmanın amacı toprakların önemli karakteristiklerini hatırlamaya, topraklar hakkındaki bilgileri birleştirmeye, toprakların birbiri ve çevre ile

ilişkilerini görmeye, özellik ve kullanmaya uygunlukları ile ilgili bilgileri geliştirmeye yardımcı olmak amacıyla yapılmaktadır. Toprak sınıflamasında topraklar seçilmiş karakteristik özelliklerine göre gruplara ayrılır, bu gruplamalar tarım ile ilgili olabildiği gibi yerleşme, sanayi, peyzaj alanlarını belirlemede de kullanılmaktadır. Sınıflamada morfolojik ve genetik yaklaşımlar tercih edilmektedir. Bunlar toprağı, profil özelliklerine ve toprak oluşturuvcu ve çevresel etkenlere göre kategorize etmektedir.

Türkiye'de toprak çalışmaları genel olarak fiziki coğrafya alt dalı olarak görülse de insanla anlam bulan ve tarım, yerleşme daha pek çok konuya altlık yapması sebebiyle beşerî coğrafya içinde çok önem arz etmektedir. Bereketli hilal kavramının doğum noktası tam olarak topraktan gelmektedir. Hal böyle iken tarım olarak sığlaştırılan ve araştırma alanı daraltılmış, sadece tarıma elverişli mi değil mi diye tasvir edilmiş, tarıma elverişli değilse nedenine çok fazla değinilmemiş olan toprağın, bu yüzdendir Türkiye’de çalışmaları gereken önemi görmemiştir.

İlk olarak ziraat alanında araştırma yapan bilim insanları tarafından ortaya konan toprak çalışmaları oldukça sınırlı ve yüzeysel bilgiler vermekteydi (Şahin, 2012). Türkiye’deki toprak çalışmaları ilk olarak genellikle yabancılar tarafından çalışılmıştır. Bunun en önemli örnekleri Harvey Oakes ve Giesecke tarafından yapılan çalışmalardır. 1938 yılına gelindiğinde ise merhum Ord. Prof. Dr. Asaf Irmak (1905 – 1996) Türkiye toprakları ile ilgili “Belgrat Ormanı Toprak Münasebetleri” adlı çalışmasıyla Türkiye topraklarını kapsamlı bir şekilde irdeleyen ilk yerli araştırmacı olmuştur. Coğrafyacılar tarafından ortaya konan çalışmalara bakıldığında en eski çalışma 1951 yılında merhum Prof. Dr. Necdet Tunçdilek tarafından ortaya konan “Türkiye’de Toprak Erozyonuna Ait Gözlemler ve Düşünceler” adlı eser olduğu görülmektedir. Sırrı Erinç, 1965 yılına gelindiğinde Türkiye’de toprak araştırmalarını ve toprak coğrafyasının doğuşunu ele aldığı “Türkiye’de Toprak Çalışmaları ve Türkiye Toprak Coğrafyasının Ana Çizgileri” başlıklı makalesi bir döneme ışık tutmuştur.

Atalay (1980), ‘Gediz Nehri Havzasında Toprak Erozyonu Problemleri Üzerine Bir Araştırma’ isimli makalesinde kısaca araştırma alanının fiziki özelliklerine değinmiş, erozyona neden olan faktörleri belirtmiştir. Bu alanda görülen erozyonu; normal, orta şiddette, şiddetli, oyuntu, heyelan, kayalık ve rusubat şeklinde yedi sınıfa ayırmıştır. Araştırma alanında %44’lük alan ile en fazla orta şiddette erozyon, Bozdağlar

üzerindeki hafif meyilli yamaçlarda, iyi mera örtüsüne sahip satıh ile dejenere olmuş bozuk baltalık orman sahalarında geliştiğini ifade etmiştir.

Akalan (1988), ‘Toprak Bilgisi’ isimli kitabında ilk toprak sınıflandırmaların milattan öncelere dayandığını ve bu bilgilerin Çin kaynaklarından temin edildiğini ifade etmiştir. Bu kaynaklara göre, ilk toprak sınıflandırması İmparator Yao zamanında (MÖ. 2357- 2261) tahmini olarak vergilendirme için yapıldığı düşünülmekte olup bu sisteme göre topraklar 9 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırma toprakların bazı fiziksel özellikleri göz önüne alınarak mühendis Yu tarafından yapıldığını belirtmiştir.

Dinç vd. (1987), ‘Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması’ isimli çalışmada, toprak sınıflandırma sistemleri, ele alınan özelliklere göre morfometrik ve pedojenik yaklaşımlar olmak üzere ikiye ayrılmakta olduğunu ifade etmektedir. Pedojenik süreçlerin Rus bilim adamı Dokuchaev ve Sibirtsev’in başlattığını belirtmektedir. Bu sistemin en fazla Ruslar, Fransızlar ve Almanlar tarafından kullanıldığını şimdiki sınıflama sisteminde morfometrik yaklaşımın esas alındığını belirtmektedirler.

Kantarci (2000), ‘Toprak İlimi’ isimli çalışmasında toprakların amaca uygun olacak şekilde toprak sınıflandırmasını ve sistemleştirilmesi olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlamada tarım alanlarındaki, orman alanlarındaki ve otlak alanlarındaki topraklar için yapılmış kullanım amaçları ile sınıflandırma ölçütlerinin olduğunu ifade etmektedir.

Tombuş (2005), ‘Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği’ isimli çalışmasında ICONA ve CORINE modellerini ele almıştır. AHS ile yeni bir değerlendirmeye gitmiştir. Elde ettiği sonuçlar incelendiğinde Çorum ilinin % 33’ünde çok yüksek düzeyde erozyon riskinin olduğunu ifade etmiştir.

Atalay (2007), ‘Toprak ve Bitki Atlası Küresel Isınma’ isimli çalışmasında, toprak tipleri ve bunların coğrafi dağılımı ile ilgili kendilerinin de çoğu zaman iştirakleriyle gerçekleşen arazi çalışmalarının sonucunda ortaya çıkmış kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Atalay hem hazırladığı bu atlasta hem de “Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası” adlı eserinde detaylı bir haritaya da yer vermiştir.

Şahin (2012), ‘Geçmişten Günümüze Türkiye’de Toprak Araştırmaları’ isimli makalesinde Türkiye’de toprak araştırmalarına temel teşkil eden ilk önemli çalışmaları

1930’larda Giesecke ortaya koyduğunu ve çalışmasında 2011 yılına kadar toprak coğrafyasıyla ilgili toplam 93 çalışmanın bibliyografik künyelerini vermiştir.

Çilek vd. (2014), ‘Pesera ve Rusle Erozyon Modellerinin Akdeniz ve Ege Havzalarındaki Sonuçlarının Karşılaştırılması’ isimli makale çalışmalarında Akdeniz ve Ege Bölgesinde bulunan Kuzey Ege, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Batı Akdeniz, Antalya, Burdur Göller, Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Ası Havzalarını Pesera ve Rusle erozyon modeli kullanılarak her iki model sonucu ortaya çıkan sonuçlar kıyaslanmış, araştırma alanındaki RUSLE Erozyon modeli sonuçlarına göre ortalama erozyon miktarı en yüksek Antalya Havzası olduğu en düşük ise Kuzey Ege havzası olduğu, PESERA erozyon modeli sonuçlarına göre ise ortalama erozyon miktarı en yüksek Doğu Akdeniz Havzası olduğu en düşük ise Kuzey Menderes havzası olduğunu ifade etmiştir.

Şenol vd. (2015), ‘Toprak Etüd Haritalama El Kitabı’ isimli kitabında Türkiye topraklarının araştırmacılar tarafından 1958 yılından itibaren Eski Amerikan Toprak Sınıflandırma Sistemine göre sınıflandırıldığını ancak son yirmi yıldır çok fazla miktarda olmasa da bazı topraklar Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmaya başladığını ifade etmiştir; fakat yeni toprak sınıflandırma sistemine göre tanımlanan alanlar eski toprak sınıflandırma sistemine göre tanımlanan alanlara göre çok az olduğunu belirtmiştir.

Tanrıkulu (2017), ‘Türkiye’de Toprak Etüt-Haritalama Çalışmaları ve Harvey Oakes’ isimli makalesini tarihsel bir yöntemle ele alıp Türkiye’de toprak etüt ve haritalama çalışmalarının tarihsel sürecine değinmiş bu süreçte yaşanan değişimleri kısaca anlatmıştır. Çalışmasında Türkiye’deki etüt ve haritalama çalışmalarını 1950 öncesi, 1950 Harvey Oakes dönemi ve 1960 ile günümüze kadar olarak üç bölümde incelemiştir. Bu alanda yapılmış en önemli çalışmaların Toprak Uzmanı Harvey Oakes tarafından gerçekleştirildiğini ifade etmiş. Harvey Oakes, Ziraat Vekâleti (Tarım Bakanlığı) tarafından topraklarımızın tetkik ve haritasını yapmak, bu çalışmalara devam edecek elemanları yetiştirmek üzere ülkemize davet edildiğini belirtmiştir. Araştırmacı çalışmasında; Oakes’in, ülke düzeyinde ilk geniş çaplı toprak etütlerini 1952–1954 yılları arasında tamamladığı, ülkenin doğusundan batısına, kuzeyinden güneyine bizzat gezerek yaptığını, arazi çalışmalarının ardından 1954 yılında 1/800000 ölçekli Türkiye Umumi Toprak Haritası yayınladığını vurgulamıştır. Günümüze kadar yapılmış tüm

çalışmalara rağmen Türkiye topraklarının bir bütün olarak modern yöntemlerle etüt ve haritalama çalışmaları hala tamamlanamamış Oakes'in eseri gibi rehber nitelikli eserler ortaya konulmadığını belirtmiştir.

Gündüzoğlu (2019), 'Kıyı Ege Bölümü'nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım' isimli doktora tezinde, doğal ortam özelliklerinin erozyona etkilerini belirlenmek için Analitik Hiyerarşi Yöntemini kullanmış ve oluşturdukları modelde; jeolojik/litolojik özelliklerin, bitki örtüsü yoğunluğunu, arazi kullanımının, eğimin, Fournier indisinin, Bagnouls-Gaussen indeksinin, bakı özelliklerinin ve yamaç şeklinin parametrelerini tercih etmiştir. Çalışmasında bu ağırlıkları kullanarak erozyon riskinin tespiti ve haritalanması için CBS ve UA tekniklerinden de yararlanmıştır.

Aytop (2021), 'Toprak Koruma Amaçlı Yeni Bir Arazi Kullanım Planlaması Modelinin Mikail Çayı Mikro Havzası Örneğinde Araştırılması' isimli doktora tezinde İLSEN Arazi Değerlendirme Sistemi'ni kullanarak bu sahada 8 senaryo oluşturmuştur. Birinci senaryo en yüksek haritalama birimi endeks değerlerine göre, ikinci senaryo en yüksek fiziksel haritalama endeks değerlerine göre, üçüncü senaryo tek yıllık bitkilere öncelik verilmiş, dördüncü senaryo toprak korumalı arazi kullanım türlerine öncelik verilmiş, beşinci senaryo kuru tarım içeren arazi kullanım türlerine öncelik verilmiş, altıncı senaryo tarım dışı arazi kullanımları azaltılarak, yedinci senaryo havzanın mevcut arazi kullanımında bulunan orman ve mera alanları tarıma açılmadan oluşturmuştur. Havzanın mevcut arazi kullanımında sekizinci senaryo olarak belirlemiş ve hazırlanan arazi kullanım planlaması senaryolarının tahmini toprak kayıp miktarlarını RUSLE metodunu kullanarak hesaplamıştır. Çalışma konusu ve araştırma alanı ile ilgili yazılmış diğer eserler Tablo 12 ve 13'te verilmiştir.

Tablo 12: Araştırma konusu ile ilgili yazılmış kitaplar listesi.

Kitaplar		
Yazar Adı	Yıl	Çalışma Adı
Oakes, Harvey	1958	Türkiye Toprakları
Atalay, İ., Dinç, U., Kapur, S., Şenol, S., Cangir, C.,	1997	Türkiye Toprakları
Mater, B.,	1998	Toprak Coğrafyası

Atalay, İ.,	2016	Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası
Aydın, A. ve Taşcıoğlu, S.,	2017	Tüm Yönleriyle Toprak Bilimi ve Toprak Kirlenmesi
Mermut, A.R.,	2021	Toprak Bilimi
Okur, N.,	2021	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Tablo 13: Toprak ve erozyon ile ilgili yazılmış makaleler ve diğer yayınlar listesi

Toprak ve Erozyon ile İlgili Makaleler ve Diğer Yayınlar		
Yazar Adı	Yıl	Çalışma Adı
Atalay, İ.,	1974	Gediz Nehri Havzasında Toprak Erozyonu Problemleri Üzerine Bir Araştırma
Atalay, İ.,	1983	Erzurum Ovası ve Çevresinin Toprakları
Atalay, İ., Sezer, L. İ., Temuçin, E., Işık, Ş., Mutluer, M.,	1990	Ege Bölümü'nde Toprak Oluşumunu Etkileyen Faktörler
Zeybek, H. İ.,	2002	Turhal Ovası ve Yakın Çevresinde Toprak Erozyonu
Cerdan, O.,	2003	Long-term soil erosion plot data to evaluate the PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) approach
Bahtiyar, M.,	2003	Toprak erozyonu, oluşumu ve nedenleri-Erozyonla mücadele (Tema Eğitim Semineri Notları),
Hacıyakupoğlu, S. vd.	2003	Büyükçekmece Gölü Yakın Çevresi Toprak Kesitlerinde Sezyum-137 Dağılımı ve Erozyonla İlişkisi- Bildiri
Zeybek, H. İ.,	2003	Turhal Ovası ve Yakın Çevresi Toprakları
Irvine, B.,	2003	Pan-european Soil Erosion Risk Assessment
Ekinci, D.,	2004	Soil Erosion Risk Assessment Between Alaplı and Akacakoca-Bildiri
Ekinci, D.,	2005	CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzasında Erozyon Analizi
Govers, G., Gobin, A., Cerdan, O.,	2005	Pan-European Soil Erosion Risk Assessment for Europe: the PESERA Map
Ekinci, D., Cürebal, İ.,	2006	Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Erozyon Analizi

İçel, G., Ataoğlu, M.,	2011	Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprak ve Hava Sıcaklıklarında Eğilimler ve Korelasyon (1975 – 2009)- Bildiri
Karaoğlu, M.,	2012	Iğdır Yöresi Topraklarının Erozyon Açısından Değerlendirilmesi
Çilek, A., Berberoğlu, S.,	2013	Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model
Kanar, E., Dengiz, O.,	2015	Madendere Havzasında Potansiyel Erozyon Risk Durumunun İki Farklı Parametrik Model Kullanarak Belirlenmesi ve Risk Haritalarının Oluşturulması
Erdem, M.,	2017	Erozyon Tahmin Modelleri ile Toprak Kaybının Hesaplanması- Yayınlanmamış yüksek lisans tezi

2. Araştırma Alanı ile İlgili Çalışmalar

Bozbay vd. (1986), “Küçük Menderes havzasının (batı ve orta bölümü) jeomorfolojisi” isimli çalışmalarında Küçük Menderes havzasının batı ve orta bölümündeki jeomorfolojik birliklerde gözlenen aşınım yüzeylerini, boğazları, vadileri, sekileri, birikinti yelpazeleri ve konileri ile karstik oluşumları incelemişlerdir. Araştırmacılar, havzanın büyük bölümünün karstik ayrışma ile meydana gelmiş bir depresyon olabileceği görüşünü benimsemişlerdir.

Koçman (1989), “Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir-Bozdağlar Yöresi Üzerine Araştırmalar” adlı kitabında, araştırma sahasını doğal ortam özelliklerini anlatmıştır. Çalışmasında yöredeki insan-çevre ilişkilerini ele almış bu durumun sonuçlarını açıklamıştır. Ayrıca, çalışma alanındaki önemli jeomorfolojik yapılar olan horst-graben sistemi ve bölgenin kuzeyinde yer alan Bozdağ kütlesi hakkında da detaylı açıklamalarda bulunmuştur.

Saatçi ve Altınbaş (1975), “Küçük Menderes havzasındaki alüvyal toprakların organik madde miktarı ile suya dayanıklı agregatlar arasındaki ilişkileri” isimli çalışmasında havza topraklarının içindeki organik madde miktarının %0,71-%1,97 arasında değiştiği ve bunun agregatlaşma üzerinde etkili olmadığı görüşünü savunmuşlardır.

Gözenç (1978), “Küçük Menderes Havzasında Arazinin Kullanılış ve Sınıflandırılması” isimli kitabında Küçük Menderes havzasında, arazinin

sınıflandırılması, tarımsal faaliyetler açısından araziden yüksek düzeyde fayda sağlamak için önemli bilgilere değinmiş ayrıca doğal ortam özellikleri ve arazi kullanımı arasındaki ilişkileri ortaya koymuştur.

Muslu (2005), “Küçük Menderes Havzası'nın Beşeri ve İktisadi Coğrafyası” isimli çalışmasında İzmir'in Bayındır, Beydağ, Ödemiş, Tire, Torbalı, Selçuk, Kiraz ilçeleri ile 260 köyü kapsayan bir çalışma ile havzanın verimli tarım alanları, uygun iklim şartları Küçük Menderes nehri gibi önemli bir akarsuyun varlığı Küçük Menderes Havzası'nda beşeri ve iktisadi hayatının geçmişten günümüze kadar gelişimini incelemiş, son yıllarda havzada, yeraltı sularının aşırı kullanımı sonucu yeraltı su seviyesi düşmüş olup, gelecekte beşeri ve iktisadi hayatı olumsuz yönde etkileyecek bir sorun olarak gördüğünü ifade etmiştir. Havza'da tarımın, önemini koruyan ekonomik bir faaliyet olmakla beraber şehir nüfusunun kır nüfusunu geride bıraktığını, sanayi, ticaret ve turizm faaliyetlerinde giderek önemini arttırdığını tespit etmiştir.

Rojay vd. (2005), “Plio-quaternary evolution of the Küçük Menderes graben southwestern Anatolia” isimli çalışmalarında Küçük Menderes grabeninin jeolojisi ve yapısal özelliklerini incelemişler, tektoniğin etkisini araştırmışlar ve fayları belirleyerek harita üzerinde göstermişlerdir. Aynı harita üzerinde ovanın alüvyon kalınlığı hakkında da bilgiler vermişler ve Küçük Menderes havzası tabanındaki dolguların Pliyo-Kuvaterner gelişimi ile ilgili genel değerlendirmeler yapmışlardır.

Sütgibi (2009), “Küçük Menderes Nehri Delta Ovası ve Degradasyonel Etkiler” adlı çalışmasında havzanın doğal ortam özelliklerini açıklamıştır. Bu alanın ilk çağdan itibaren yoğun yerleşim ve tarımsal alanlara sahip olduğunu belirtmiştir. Bu duruma bağlı olarak gelişen degradasyonel etkilerin üzerinde durmuştur.

Güngördü (2010), “Türkiye'nin Coğrafyası” isimli kitabında Bozdağlar ve Aydın dağlarının yamaç dikliğinden ve Tire'den Selçuk'a kadar uzanan faydan ötürü bu sahanın bir graben olduğunu, Bozdağlarının kuzey Aydın dağlarının ise güney yamaçlarının aşınım sonucu oluşturduğu karasal depoların burada bulunmamasından dolayı havzanın, Büyük Menderes Havzası ve Gediz'den sonra oluştuğunu ifade etmiş, tarihteki yerine de kısaca değinmiş, iç kesimlerle bağlantı yollarından mahrum olduğu için büyük yerleşme merkezlerinin çok gelişmediğini de eklemiştir.

Gülersoy (2014), “Küçük Menderes Havzası'nda Mekânsal Potansiyel ile Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler” isimli kitabında Küçük Menderes Havzası'nda doğal ve

beşerî-ekonomik mekânsal potansiyel etkileşiminin göstergesi olan arazi kullanım faaliyetleri, yatay ve düşey mesafelerde farklılıklar gösterdiğini ifade etmiş Jeolojik-litolojik yapı, toprak, eğim, yükselti ve hidrografik şartlar havzada, arazi kullanımı açısından farklı mekânların oluşturduğunu belirtmiştir. Havza yerleşimlerinin % 83'ü (246 yerleşim) ve nüfusunun %56'sı (268 080 kişi) etek düzlüklerinde yer aldığını, havza tabanından yüksek alanlara doğru arazi kullanım türü ve ürün deseni çeşitliliğinin azaldığını, alüvyal tabanda 102 adet tarımsal ürün yetiştirilirken, iç kesimlere ve havzanın doğusuna doğru bu rakam 30-40'lara kadar indiğini belirtmiştir.

Gülersoy ve Çelik (2014), "Küçük Menderes Havzası'nda Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi (1984-2012)" adlı araştırmasında Küçük Menderes Havzası'nın 1984 ve 2012 yıllarına ait uydu görüntülerini analiz etmiştir. Uzun yılları arasındaki değişimi ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmada saha Arazi Yetenek Sınıflarına göre gruplandırılmış, düşükten çok yüksek riske kadar 5 grup halinde incelemiştir. Sonuç olarak ise göre saha genel olarak erozyon açısından yüksek risk grubunda olduğunu belirtmiştir.

Vardar (2015), "Küçük Menderes Havzası Doğu Bölümünde Paleocoğrafya Araştırmaları" isimli doktora tezinde havzayı iki bölümde araştırmıştır. Çalışmasının birinci bölümünde havzanın doğal ortam özelliklerini açıklamış ikinci bölümde Ödemiş Ovasının paleocoğrafyası ve yerleşim tarihini kaleme almıştır. Bu yönden havzada bulunan ve önemli bir tarım alanı olan Ödemiş ovası hakkında bilgi edinmek için yararlı olmuştur.

Kurt ve Haybat (2015), "Küçük Menderes Nehri Deltasının Çevresel Jeomorfolojisi" isimli makalesinde, çevresel jeomorfoloji kaynaklı sorunlar, Ekolojik Risk Değerlendirmesi (ERD) metodu ile değerlendirilmiş ve analiz edilmiş çalışmada farklı ölçeklerdeki haritalardan, 2014 yılına ait Landsat uydu görüntüsü ve CBS ile UA yöntem ve tekniklerini tercih etmişlerdir. İncelemeleri sonucunda jeomorfolojik çevre üzerinde en fazla etkinin kıyı kuşağında olmasından dolayı, öncelikli olarak kıyı bölgesinde sürdürülebilir bir planlama yapılması gerektiğini, bu plan kapsamında delta alanındaki yerleşme ve yapılaşmanın kıyı kanununa uygun olması, delta ve kıyı planlama sisteminin geliştirilmesi yönünde fikir sunmuşlardır.

Judy (2018), "Küresel İklim Değişikliğine Duyarlı Su Yönetiminin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Modellenmesi Küçük Menderes Havzası Örneği" isimli

çalışmasında değişen iklim koşullarının getireceği zorlu şartlar göz önünde bulundurularak paydaşlara su dağıtım yöntemi önerilmiştir. Senaryolara göre, havzanın gittikçe azalma gösteren miktarlarda; 643 mm/yıl, 600 mm/yıl, 500 mm/yıl ve 400 mm/yıl yağış alabileceği varsayılmıştır. İlçe su harcamaları hesaba katıldığında, 500mm suyu talep eden paydaşlara en az düzeyde verildiği 400mm/yıl yağış alınması durumunda ise toplam taleplerin karşılamadığını ifade etmiştir. Araştırmada sektörlerin su ihtiyacı eşik değerleri sektörler düzeyinde ayrı ayrı belirlenmiştir.

Akyüz ve Atış (2018), “Küçük Menderes Havzasında İklim Değişikliğinin Olası Etkileri ve Üreticilerin Konuya İlişkin Farkındalıkları” isimli çalışmalarında Küçük Menderes Havzası’nda tarımı doğrudan etkileyen iklim değişikliğinin, mevcut senaryolar ışığında ne gibi etkileri olacağını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Araştırma sonucunda gelecekte, sıcaklığın dönemde ortalama 3-5 °C artacağı, yağışların ise %10-20 aralığında azalacağı belirtilmiştir. Çiftçilerle görüşmeler yapıp bu görüşler incelenmiştir. Havzadaki üreticilerin iklim değişikliği hakkında fikir sahibi oldukları ancak bilgi düzeyi olarak yeterli olmadığını ifade etmişlerdir.

Gökçe Gündüzoğlu (2019), “Küçük Menderes Havzası’nda Sürdürülebilir Arazi Planlaması” isimli çalışmasında yerleşim alanlarının tarımsal potansiyeli graben tabanında yüksek, tarımsal potansiyeli düşük arazilerden oluşan havzanın eğimli alanlarında yapılan tarım faaliyetlerinin yanlış arazi kullanımına sebep olduğunu ifade etmiştir. Havzada mısır tarımının arttığı tespit edilip bu alanda sürdürülebilir bir tarım uygulaması için ürün deseninin yapılandırılması gerektiğini vurgulamıştır.

1. BÖLÜM

ARAŞTIRMA ALANINDA TOPRAK EROZYONUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1.1. Jeolojik Özellikler

Küçük Menderes Havzası Batı Anadolu Grabenleri olarak tanımlanmaktadır. Havzanın kuzeyinde 2159 m yüksekliği ile Ege Bölgesi'nin 3. en yüksek tepesi olan Bozdağlar metamorfizma geçirerek meydana gelmiştir. Havza güneyde 1831 m yüksekliğinde Ege kıyılarında horst-graben sisteminin bir parçası olan tektonik kökenli Aydın dağları, batıda 771 m yüksekliğinde Alaman dağları ile çevrilidir. Bu dağ kütlelerinin yamaçları boyunca sedimentler taşınmaktadır. Graben tabanında bu sedimentlerin birikmesi sonucu doğu-batı yönünde alüvyal düzlüklerin meydana gelmesini sağlamıştır (Aslan, 2020).

Jeolojik özellikleri bakımından farklı ünitelere sahip olan Küçük Menderes Havzasının temelini Menderes Masifi oluşturmaktadır. Havza genel olarak doğudan batıya doğru uzanmaktadır. Bir graben özelliği taşıyan havza tabanını Aydın ve Bozdağlar horstu çevrelemektedir. Jeolojik-litolojik özellikler havzanın bugünkü şeklini almasını sağlamıştır. Paleotektonik ve Neotektonik olaylar bunlar arasındadır (Gözenç, 1978; Gülersoy, 2014; Gökçe Gündüzoğlu, 2019). Paleozoyikten Kuvaternere kadar farklı jeolojik zamanlara ait unsurların bulunması havzayı jeolojik açıdan çeşitlendirmektedir. Havzadaki kayaçları başlıca magmatik ve metamorfik kayalar oluşturmaktadır (Gözenç, 1978).

1.1.1. Prekambriyen- Paleozoyik

Havzanın kuzeyindeki dağlık alan (Bozdağlar) Menderes eski masifine ait kristalen kayaların varlığı ile havzadaki en yaşlı kütleyi Menderes masifi oluşturmaktadır. Bu masif Prekambriyen ve Paleozoyik ve Alt Mesozoyik yaşlı kayaçlardan oluşmaktadır (Taşköprü, 2014). Bu kütle metamorfik kayalar ardalanması ile kuşatılmıştır. Paleozoyikten Alt Tersiyere kadar ardalanmış bu kadar kayalar Alp Orojeneziyle metamorfizmaya uğramıştır (Gökçe Gündüzoğlu, 2019).

Havzadaki en fazla yükseltiye sahip olan Bozdağlar kütlesi gnayslardan oluşmaktadır. Menderes masifine bağlı olarak, Bozdağlar kütlesi birkaç metamorfizma dönemi geçirmiş; gnays ve şist serisi ile kristalize kalkerlerde rekristalizasyon nedeniyle hiçbir fosil izine rastlanmamıştır (Koçman, 1985). Net bir şekilde tabakalanma gösteren bu gnayslar çevresinde ince bir kuvarsit kuşağı da bulunmaktadır. Bu durum güneyde Birgi, Kiraz ve Bayındır doğrultusunda devam ederken doğuya doğru gnaysların kuvarsitler üzerinde olduğu ancak bu gnaysların Kiraz civarında kalker tabakalarının altına girdiği görülmektedir (Fotoğraf 4). Yine Ödemiş güneyinde, Adagide çevresi gözlü olarak nitelendirilen gnayslar bulunmaktadır. Çeşitli derecede metamorfizmaya uğramış gözlü gnaysların yaşlarının Prekambriyen'e, kuvarsitlerin ise Alt Paleozoyik'e kadar gittiği ileri sürülmüştür (Gözenç,1978; Çukur, 1998). Bozdağların yüksek kesimlerinde şist, fillit, kuvarsit, kuvarsitşist, lokal olarak mermerler almaktadır (Atalay, 1987).



Fotoğraf 4: Prekambriyen dönemine ait Birgi, Kiraz ve Bayındır tarafından doğuya doğru tabaka halinde bulunan gnayslar

Havzanın güney kesiminde yine doğu-batı hattı boyunca uzanan Aydın dağlarında da aynı şekilde Prekambriyen dönemine ait mermer, gnays ve şist

kayaçlarının olduğu görülmektedir. Ayrıca mermer yataklarına yer yer havzanın batısında rastlanılmaktadır (Harita 3).

1.1.2. Mezozoyik

Havzada bulunan Mezozoyik yaşlı kalkerler mavi renkli olup bunlar Menderes Masifinde yer yer kristalize olmuştur. Tetis jeosneklinalinin fliş ve karbonatlı çökeller ile dolması sonucu bu alandaki Mezozoyik yaşlı alanlar karbonatlı çökeller, fliş ve ofiyolitik kayaçlardan meydana gelmektedir. Bu tür kayaçlara havzada Selçuk'un kuzey-güneyinde ve ayrıca havzanın güneybatısında bulunan dağlık kesimlerde bulunmaktadır (Harita 3). Ultramafik ve volkanikler deniz tabanı yayılmasıyla yine jesosenklinal alanda birikmiştir (Gönenç, 1978; Atalay, 1987; Çukur, 1998; Gökçe Gündüzoğlu, 2019).

Araştırma alanında Kretase yaşlı formasyonlar fliş ve kompakt kalkerler ile temsil edilmektedir. Karmaşık bir yapıya sahip olan flişler tektonizmadan dolayı düzgün bir tabakalanma göstermemektedir (Muslu, 2005). Bu dönemde olan mermer Selçuk'un kuzeyinde yaygın iken bazalt, metafliş, neritik kireçtaşları ve karbonatlar güneyinde bulunmaktadır (Fotoğraf 5) (Harita 3).



Fotoğraf 5: Torbalı ovasının kuzeyinde, Bozdağların eteklerinde Mezozoyik dönemine ait karbonatlı çökeller

1.1.3. Tersiyer

Neojen formasyonu ile temsil edilen bu araziler Torbalı, Selçuk Ovası çevresi, Tire ve Belevi Boğazı'nda dar bir alanda görülmektedir. Bu formasyon Menderes masifine ait kristalen kalkerlerin üzerine gelmekte ve bunlar alttan üste doğru çakıllar, kumtaşları ve marnlı kalkerlerden meydana gelmektedir. Bazen tüflerle bazen de lavlarla sahada kendini gösteren Miyosen araziler konglomera, gre, marn, kil, volkanik tuf, kalker, marn, kil, volkanik tuf gibi kayalardan oluşmaktadır (Gönenç, 1978; Muslu, 2005).

Andezit, granitoid, karasal kırıntılılar ve gölsel kireçtaşlarından ibaret olan Neojen birimlere rastlanmaktadır. Andezitler Kiraz'ın doğusunda bulunurken granitoidlere Kiraz'ın kuzeyinde, Bozdağlar'ın yüksek kesimlerinde dar bir alanda görülmektedir (Harita 3). Neojen formasyonları yer yer linyit oluşumları içermekte ancak Tire-Akçaşehir arasında beliren bu linyit yataklarının ekonomik değerleri bulunmamaktadır (Buldan, 1996).

1.1.4. Kuvaterner

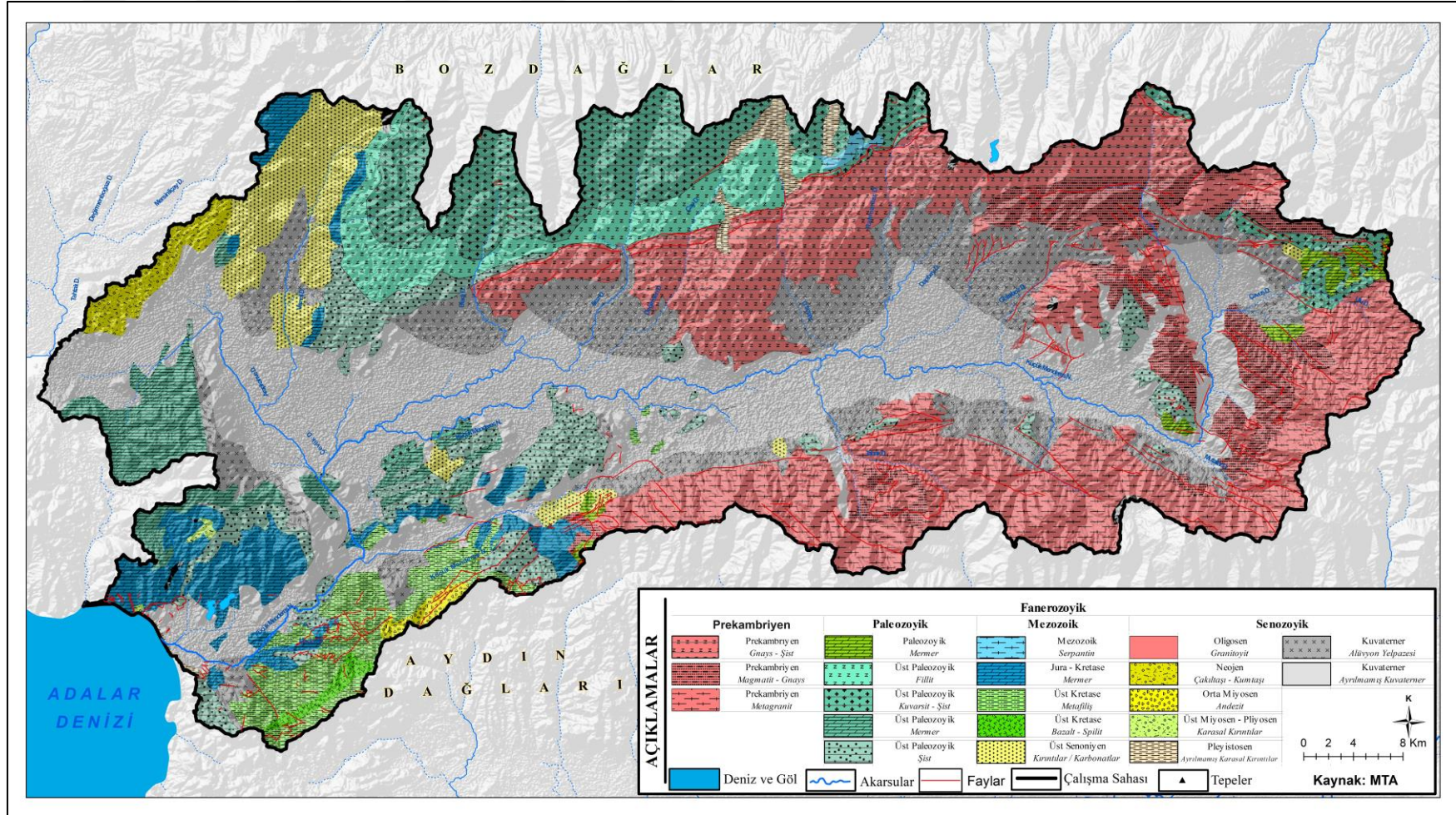
Küçük Menderes Grabeni geç Pliyosen ve Pleistosen boyunca çukurlaşmış ve günümüzdeki Küçük Menderes havzası ortaya çıkmıştır (Gökçe Gündüzoğlu, 2019). Araştırma sahasındaki tektonik havza tabanı ve Bozdağların yüksek kesimlerinde bulunan oluk şeklindeki düzlükler, birikinti koni ve yelpazeleri Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan meydana gelmiştir.

Küçük Menderes grabeninde ise, Küçük Menderes nehri ve Bozdağlar'dan inen akarsuların taşıdığı alüvyonların kalınlığı ve litolojisi oldukça değişiklik göstermektedir. Bozdağlar'dan ovaya açılan vadilerin ağızlarında oluşan birikinti konilerinin yakınlarında ve ana akarsuya doğru alüvyon kalınlığı oldukça fazladır (Koçman, 1985).

Alüvyonlar ve birikinti konileri Bozdağlar'dan kaynaklanan malzemedен ibaret olup ovanın kenar kısımlarında genellikle çakıl, iri kum ve yer yer killerden, Küçük Menderes nehrine yakın alanlarda ise ince kum, silt ve killerden meydana gelmiştir (Fotoğraf 6). Daha batıda bulunan Torbalı-Cumaovası ve Seydiköy çevresinde alüvyon örtüsü 20-30m kalınlıkta olup altında Neojen-Pliokuvaterner sedimentler yer almaktadır (Harita 3).



Fotoğraf 6: Bozdağlar'ın güney eteklerinde Küçük Menderes Nehrine doğru bir görünüm



Haritalar 3: Küçük Menderes Havzası jeoloji haritası

1.2. Jeomorfolojik Özellikler

Küçük Menderes Havzası, Menderes Masifinin Neojen ve Kuvaterner döneminde genç tektoniğin eseri olarak bir kısmının çökmesi ve bir kısmının ise yüksekte kalmasıyla oluşmuş tektonik kökenli havza olma özelliği taşımaktadır (Ardos,1985).

Havza, kuzey-güney ve doğu-batı yönünde sıra halinde uzanan dağ kütlesi ve bu iki dağ kütlesi arasında kalan grabenin alüvyonlarla dolması sonucu oluşan tektonik/alüvyal bir oviden ibarettir.

Batıda Cumaovası doğuda ise Kiraz ovası arasında 100 km uzunluğunda; kuzeyden Ödemiş güneyde Gökçen arası 20 km genişliğe sahiptir. Yine bu dağ kütlelerinin aşınması sonucu dağ eteklerinde oluşan birikinti koni ve yelpazeleri havzanın sahip olduğu karakteristik yer şekillerinden birini oluşturmaktadır. Doğudan batıya doğru azalan yükselti Kiraz ovasında 370 m iken batıda Selçuk ovasında 8 m'dir (Harita 4).

Havza, jeomorfolojik olarak iki bölümden ele alınmaktadır. Bunlardan biri havzayı çevreleyen dağlık kesim bir diğeri ise akarsuyun içinde aktığı alüvyal taban meydana getirmektedir (Gözenç, 1978).

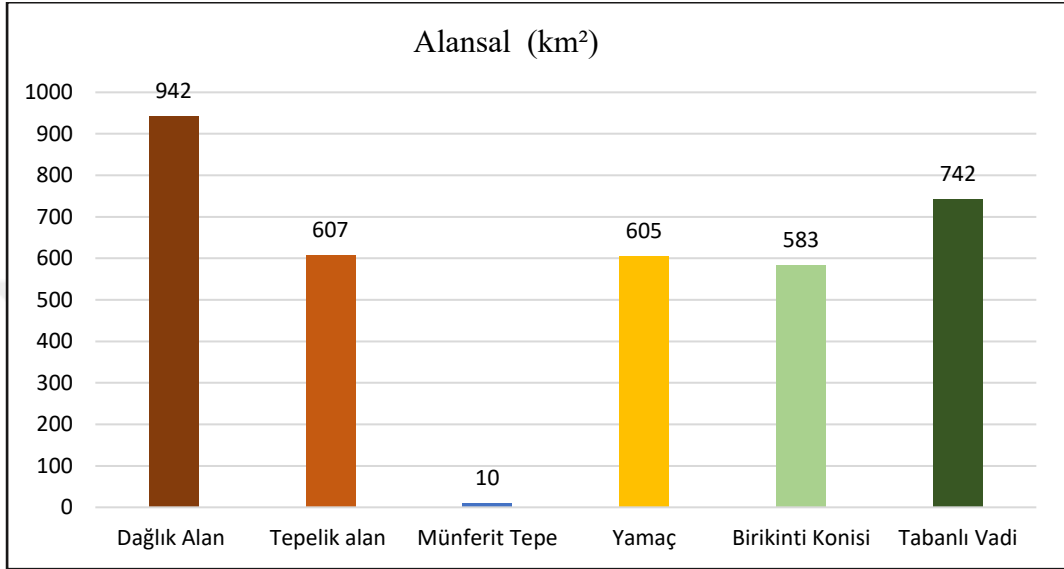
Araştırma alanının jeomorfolojik birimlerini tabanlı vadi, dağlık alanlar, tepelik alanlar, münferit tepeler, yamaç ve birikinti konisi oluşturmaktadır. Tabanlı vadi 742 km²'lik alan ile havzanın %21'ni kaplamaktadır.

Dağlık alan 942 km²'lik alan ile havzanın %27'si; tepelik alan 607 km²'lik alan ile havzanın %18'ni; yamaçlar 605 km²'lik alan ile havzanın %17'ni; birikinti konisi 583 km²'lik alan ile havzanın %17'ni kaplarken en az alan kaplayan birimi münferit tepeler oluşturmaktadır (Tablo 14, Grafik 1,2).

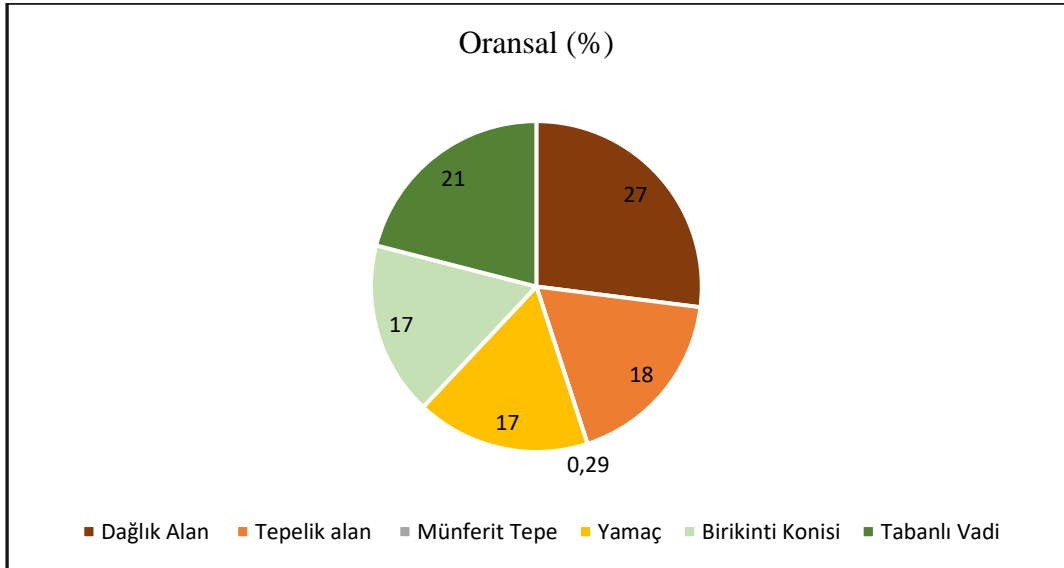
Tablo 14: Araştırma alanında jeomorfolojik birimlerin alansal ve oransal dağılımı

Jeomorfolojik Birimler	Alansal (km ²)	Oransal (%)
Dağlık Alan	942	27
Tepelik alan	607	18
Münferit Tepe	10	0,29

Yamaç	605	17
Birikinti Konisi	583	17
Tabanlı Vadi	742	21
Toplam	3489	100



Grafik 1: Araştırma alanında jeomorfolojik birimlerin alansal dağılımı



Grafik 2: Araştırma alanında jeomorfolojik birimlerin oransal dağılımı

1.2.1. Dağlık Alanlar

Bozdağlar

Tektonik hareketlerle yükselmiş olan Bozdağlar havzanın kuzeyinde, doğu-batı yönünde sıra halinde uzanmaktadır. Bu sıradağ yaklaşık 170 km uzunluğa ve Bozdağ doruğunda 2159 m yüksekliğe ulaşmaktadır (Vardar, 2018).

Yer yer derin vadilerle parçalanmış (Gözenç, 1978), fayların hareketi sonucu Bozdağlar kütlesi bütünüyle yükselmiş ve üzerindeki düzlüklerle plato karakterini kazanmıştır.

Batıda Nif dağı (1506 m) ile başlayan kütle, Murat dağı 1382 m ye, Çaldağı 1402 m ye, Keldağ 1372 m'ye, Kumpınarı 2079 m ye ve Hacıali Karlığı 1839 m'ye kadar yükselmektedir.

Bozdağlar'ın kuzey yamaçlarında eğimin nispeten daha az iken faylanmalardan dolayı dağın Küçük Menderes grabenine bakan güney yamaçlarının daha dik olduğu görülmektedir (Vardar, 2013).

Küçük Menderes Havzasını Gediz havzasından ayıran Bozdağların zirvelerinden geçen su bölümü çizgisidir. Eğim şartları yönünden Bozdağların güney ve kuzey yamaçları birbirinden ayrılmaktadır (Harita 4).

Eğim değerleri güney yamaçlarda daha fazladır. Bu kesimde eğim değerlerinin fazla olması hem morfolojik olarak hem de dağın güney yamaçlarında farklı durumların ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Kaynaklarını Bozdağlardan alan Rahmanlar, Ilıca, Vişneli ve Değirmen gibi pek çok akarsu bu dağın güney yamaçlarında vadilerin oluşumuna zemin hazırlamıştır (Gökçe Gündüzoğlu, 2019).

Aydın Dağları

Aydın Dağları havzanın güney kesiminde bulunmaktadır. Bu dağ kütlesi Paleozoyik'ten Miyosen ortalarına kadar süren bir süreçte aşınarak bugünkü halini almıştır (Atalay vd., 2022). Önemli bir kısmı gnays ve şistlerden oluşan bu dağ, Menderes masifinin bir parçasıdır. Ayrıca litolojik olarak bazı alanlarda mermerler de bulunmaktadır.

Küçük Menderes Nehri'nin yan kollarının bulunduğu bu kütlelerin kuzey yamaçlarında, eğim etkisiyle büyük parçalı kütleler aşındırma ve taşınma süreçlerine maruz kalmıştır (Harita 4).

Bu süreçlere maruz kalan yamaçlar boyunca dar ve derin vadiler meydana gelmiştir. Ancak eğimin az olduğu taban düzlüklerinde ise birikme faaliyetleri öne çıkmıştır. Birikinti koni ve yelpazeleri bu durumun bir sonucudur. Bu özellikler havzanın doğu kısımlarında net bir şekilde görülmektedir (Çukur, 1998; Gökçe Gündüzoğlu, 2019).

1.2.2. Ovalık Alanlar

Küçük Menderes Havzasında ovalarının yüksekliği doğudan batıya doğru olarak azalmaktadır. Kiraz Ovası'nda yükseklik 300 m'nin üzerine çıkarken Selçuk dolaylarında yükseklik 8-10 m dolaylarına düşmektedir. Havza'da yer alan ovalar doğudan batıya doğru; Kiraz Ovası, Ödemiş Ovası, Bayındır-Tire Ovası, Torbalı Ovası, Küçük Menderes (Selçuk) Delta Ovası'dır (Gözenç, 1978; Ardos, 1985).

Kiraz Ovası

Havzanın doğu bölümünde bulunan Kiraz ovasındaki alüvyal dolgunun kalınlığı 130 m'yi bulmaktadır (Vardar, 2015). Kadın ve Uluçay akarsularının getirdiği malzemeler bu ovanın tabanında birikmiştir. Ovada litolojik birim olarak gnaysların yaygın görülmesi, burada kuvars kumu ve kumlu malzemelerin fazla olmasına neden olmuştur. Çiftçiler ovada tarımsal ürün olarak arpa, buğday, mısır ve tütün yetiştirmektedir (Fotoğraf 7), (Vardar, 2015; Gökçe Gündüzoğlu, 2019).



Fotoğraf 7: Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Kiraz ovasından bir görünüm

Ödemiş Ovası

Ödemiş ovası da yine havzanın doğu kesiminde bulunmaktadır. Kiraz ovasına oldukça yakın olan bu iki ovayı Beydağ boğazı bölmektedir. Kiraz ovası Ödemiş ovasının doğusunda yer almaktadır (Fotoğraf 8).

Küçük Menderes çayı ve ona bağlı kollarının dağların yüksek kesimlerinde getirdikleri sedimanlardan meydana gelmiştir. Bu kollar, Aktaş, Rahmanlar, Birgi, Eğri, Taban, Gavur ve Değirmenlik dereleridir. Bu alandaki alüvyal dolgular 270 m kadar derinliktedir (Fotoğraf 8).

Ödemiş ovası aynı zamanda bir alt havzayı da meydana getirmektedir. Tarım alanlarında yapılan faaliyetlerden dolayı bu yan kolların ova içinde yataklarının bozulmasına neden olmaktadır (Gülersoy, 2014; Vardar, 2015; Gökçe Gündüzoğlu, 2019).

Ödemiş ovasında eğimin fazla olduğu alanlarda toprak kaybını önlemek için teraslama yöntemi yapılmaktadır (Fotoğraf 9). Çiftçiler tarımsal ürün olarak patates ve mısır yetiştirmektedir. Aynı zamanda zeytin bahçeleri de ovada önemli yer tutmaktadır (Fotoğraf 10).



Fotoğraf 8: Bozdağların eteklerinde Hacıhasan Köyünden Ödemiş ovasına bir bakış



Fotoğraf 9: Ödemiş ovasında Bozdağların eteklerinde erozyon önleme için yapılmış teraslama yöntemi



Fotoğraf 10: Bozdağların etek düzlüklerinde yer alan Ödemiş ovasında zeytin bahçeleri

Bayındır ve Tire Ovaları

Bayındır-Tire Ovası havzanın hemen hemen orta bölümünde yer almaktadır. Bayındır ovası daha kuzeyde bulunurken Tire ovası ise güneyde bulunmaktadır. Havzanın graben hattına denk gelmektedir. Ovaların kuzey ve güney kesimleri dağlık alanlarla çevrelenirken doğu-batı kesimleri ise taban düzlükleri sınırlanmaktadır. (Fotoğraf 11,12) (Buldan, 1996). Ovanın kuzey yamacında yer alan Bozdağlar kütlesi oldukça dik yamaçlar ile ovaya inmektedir. Bu dik yamaçların önünde Ilıca dere, Uladı dere, Değirmendere, Ilıca dere, Uladı dere ve Çay deresi derelerin getirdiği malzemelerin birikmesi ile birikinti koni ve yelpazelerden oluşan etek ovası uzanmaktadır. Ovanın güneyinde Aydın Dağları eteklerinde yer alan birikinti koni ve yelpazelerinde yarılımlar daha azdır. Tire kenti bu alüvyal yelpaze üzerinde kurulmuştur. Ovanın güneyinde, Tire dolaylarında ova görünümü yerini tepeliklere bırakmaktadır. Buralarda yer yer toprak erozyonun olduğu görülmektedir (Fotoğraf 13). Bu alanda yer alan; Delikli Tepe (125 m), Maltepe (112 m), Memiş Tepe (110 m),

Sülerim Tepe (81 m), Sivrikireç Tepe (104 m), Kireç Tepe (99 m), Bekirağa Tepe (93 m)'dir. Tepelerin yamaçlarında eğim oldukça düşüktür. Bu yamaçlarda geniş tabanlı olgun vadiler gözlenmekte, vadilerin önünde de küçük boyutlu yelpazeler yer almaktadır (Fotoğraf 12,13), (Gülersoy, 201; Vardar, 2015). Ovada mısır ve buğday tarımı ön plandadır. Bu ürünleri ise Tire dolaylarında domates, fiğ ve karpuz; Bayındır dolaylarında ise arpa, yonca ve domates takip etmektedir.



Fotoğraf 11: Bayındır ovasında buğday tarımı



Fotoğraf 12: Bayındır ovasında vadilerin önünde görülen yelpazeler



Fotoğraf 13: Tire ovasında yüksek kesimlerinde görülen parmak erozyonu.

Torbalı Ovası

Torbalı ovası havzanın güneyinde yer almaktadır. Bu ovada diğer ovalar gibi dağ eteklerinden gelen akarsular tarafından bugünkü görünümünü kazanmıştır. Genç alüvyal ovalardan biri olan Torbalı ovası Vişne, Çevlik ve Arapkahve akarsularının taşıdığı sedimanlarla oluşmuştur (Jabbarov, 2016). Bu alandaki alüvyal gelişim, ovanın

kuzeyinde ve güneyinde bulunan farklı akarsuların ve yapısal birimlerin etkisiyle meydana gelmiştir (Aybek ve Arslan, 2022).

Tarımsal verimlilikte etkili olan alüvyal dolgular yer yer 20-25 m'ye kadar ulaşmaktadır (Gökçe Gündüzoğlu, 2019). Çiftçiler tarımsal ürün olarak buğday, domates ve mısır yetiştirmektedir (Fotoğraf 14).



Fotoğraf 14: Torbalı Ovasında yapılan mısır tarımı

Selçuk Ovası

Küçük Menderes havzasının batısında yer alan Selçuk Delta ovasının kuzey ve güneyi yüksek dağlarla çevrelenmiştir. Eğimi oldukça az olan Küçük Menderes delta ovası, Kuzeyde Bozdağlar (2159 m) ve güneyde Aydın dağları (1831 m) arasında meydana gelen tektonik çöküntü oluğuna yüksek yamaçlardan gelen akarsuların getirdikleri alüvyonların birikmesiyle oluşmuştur (Fotoğraf 15). Kıyıdağ itibaren Belevi boğazına kadar yükseltisi yaklaşık 5 metre civarındadır.

Büyük bir bölümü tarım alanı olarak kullanılan saha, kumullar, sazlıklar, Elaman ve Akgöl gibi geniş bataklıklarla kaplı durumdadır (Kurt ve Haybat, 2015). Küçük Menderes ovası Bozdağlar ve Aydın dağları önünde geniş ve kalın bir şekilde alüvyal yelpazelerle örtülüdür. Ovanın kenar çerçevesini adeta bu birikinti yelpazeleri oluşturmaktadır. Kapalı bir havza karakterinde olan saha yakın zamanda açılan Selçuk yarma boğazı ile dış drenaja bağlanmıştır (Muslu, 2005).



Fotoğraf 15: Aydın Dağlarından Selçuk Ovasına bir bakış.

1.2.3. Vadiler

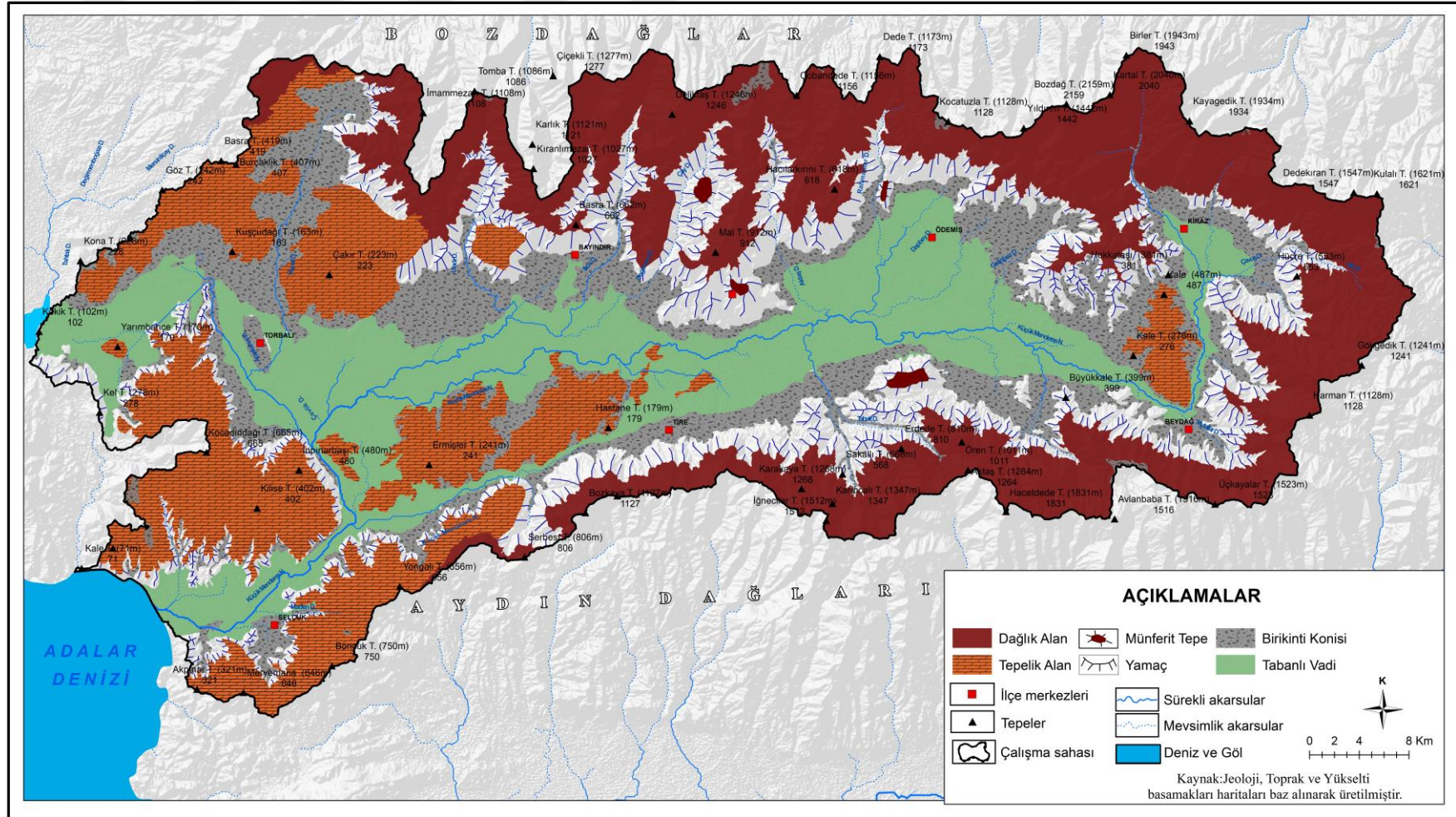
Faylanmalar sonucu oluşmuş olan bu blok genel olarak kuzeye doğru çarpılmıştır. Çarpılma doğuda batıya nazaran daha fazla olmuştur. Faylarla kırılarak yükselmiş aynı zamanda kuzeye doğru meyillenmiş bu blok üzerinde mevcut olan 21 akarsu şebekesi de yataklarını derince yarararak gömülmüşlerdir. Cevizlik deresi, Paşasuyu deresi, Aktaş deresi, Kadın deresi ve bunlar gibi pek çok dere bu şekilde yer yer blok sathını çok derin yarararak gömülmüşlerdir (Muslu, 2005)

1.2.4. Birikinti Konileri ve Yelpazeleri

Birikinti konileri, eğimli arazilerde akarsuların taşıdığı malzemelerin birikmesi sonucu meydana gelmektedir. Bu yapılar, özellikle dağ yamaçlarından inen akarsuların eğimin azaldığı alanlara, genellikle vadi çıkışlarına veya ova kenarlarına taşıklarını malzemeleri biriktirmeleriyle oluşmaktadır.

Akarsu, yüksek eğimli bir yamaçtan aşağı inerken büyük miktarda çakıl, kum, kil gibi alüvyon taşımaktadır. Akarsu, eğimin azaldığı bir bölgeye ulaştığında, taşıma gücü düşmekte ve taşıdığı malzemelerin büyük bir kısmını bu noktada bırakmaktadır. Bu birikim süreci, zamanla birikinti konisinin oluşmasını sağlamaktadır (Erinç vd., 2000).

Bu tip birimlere havzada Bozdağların güney yamaçlarında ve Aydın dağlarının kuzey yamaçlarında görülmektedir. Bunların meydana gelmesinde aynı zamanda tektonik hareketlerde etkili olmuştur (Gülersoy, 2014; Gökçe Gündüzoğlu, 2019). Bu jeomorfolojik ünitelerin erozyon üzerinde de etkileri bulunmaktadır. Havzada erozyon riskinin fazla olduğu alanlar bu birimlere tekabül etmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasından eğim değerlerinin (%20-25) fazla olması neden olmaktadır.



Haritalar 4: Küçük Menderes Havzası jeomorfoloji haritası

1.3. Topografya Özellikleri

1.3.1. Yükselti

Belirli bir yerin ortalama deniz seviyesinden ne kadar yüksekte olduğunu gösteren yükselti, toprak erozyonu üzerinde son derece etkili olmaktadır. Yağış ve sıcaklığı etkileyerek sıcaklık ve buharlaşma şartlarının yağış miktarı ve biçiminin farklı olmasında rol oynamaktadır.

Havzadaki yükselti basamaklarındaki farklılıklar erozyonun hızı ve şiddetini doğrudan etkilemektedir. Yükseltinin artmasıyla yağışın artması erozyon riskini artırmaktadır. Havza özellikle kolay aşınan kayalardan meydana gelen alanlarda bu durum kendini göstermektedir.

Havzanın kuzeyinde uzanan Bozdağlar kütlesi ve güneydeki Aydındağları, havzanın doğusunda birbirine yaklaşarak birleşmekte ve havzayı çevrelemektedir. Böylelikle havza, kuzeyindeki Bozdağlar ve güneyindeki Aydındağları arasında Doğu-Batı doğrultusunda uzanan yapısal bir depresyon içinde gelişmiştir (Harita 5).

Havzanın kuzeyde (batıdan doğuya doğru) İmammezari (1108 m), Çiçekli dağı (1277 m), Çobandere (1156 m), Kocatuzla (1228 m), Kartal (2040 m), Bozdağ (2158 m en yüksek yeri) yükseltiye sahip alanları oluşturmaktadır.

Doğuda (kuzeyden güneye doğru) Kulalı (1621 m), Gökgedik tepesi (1244 m), Harman (1128 m) ve Üç Kayalar (1523 m) dağları sıralanmaktadır.

Güneyde (doğudan batıya doğru) Avlanbaba (1516 m), Hacet dede dağı (1831 m), Karakaya (1268 m), Bozkaya dağı (1127m), Yongalı (656 m), Boncuk tepesi (750 m) dağıyla havza kuşatılmıştır.

Batıda (güneyden kuzeye doğru) Akpınar (321 m), Kale (71 m), Kel tepe (278 m), Basra tepesi (419 m) yükselti az olan tepelik alanlarla çevrelenmiştir (Harita 5).

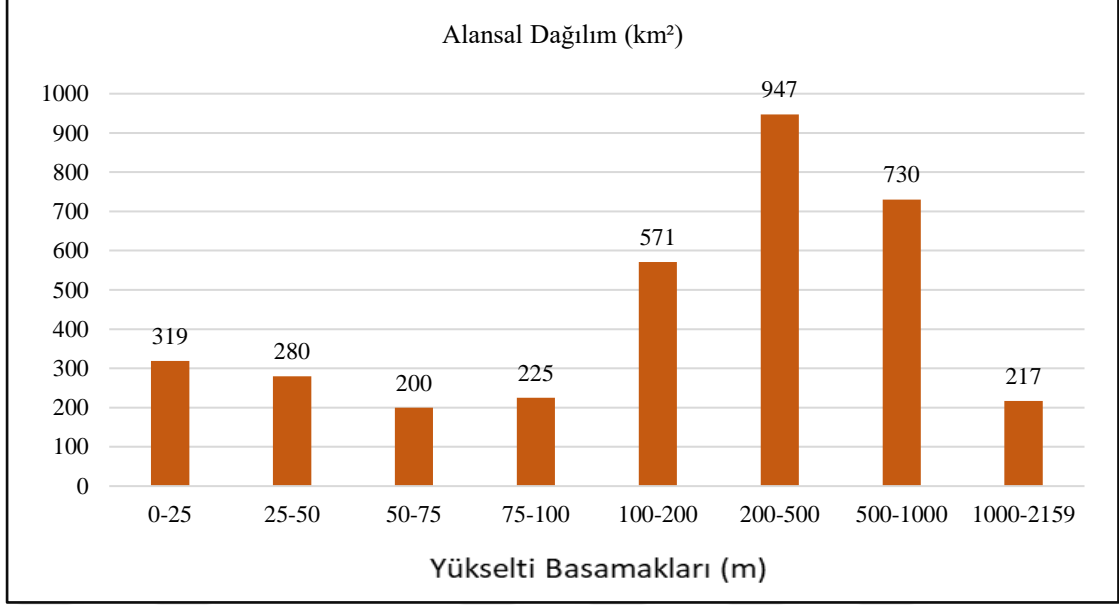
Küçük Menderes Havzasının ortalama yükseltisi 834 m'dir. En fazla 2159 m ile kuzeyde Bozdağ'da; en az yükselti değeri ise 0 m'dir. Bu değer Selçuk delta ovasında vadi tabanında görülmektedir. Havzanın yükselti kademeleri 25 m aralıklar ile başlayıp daha sonra artırılarak 9 ayrı gruba ayırarak değerlendirilmiştir.

Yükselti değerleri arasında en geniş alanı 947 km² ile 100-500 m'dir. Bu değer havzanın %27'sini oluşturmaktadır. İkinci sırada ise 730 km² ile 500-1000 m aralığıdır. Bu değer havzada %20,9 oranında yayılış göstermektedir.

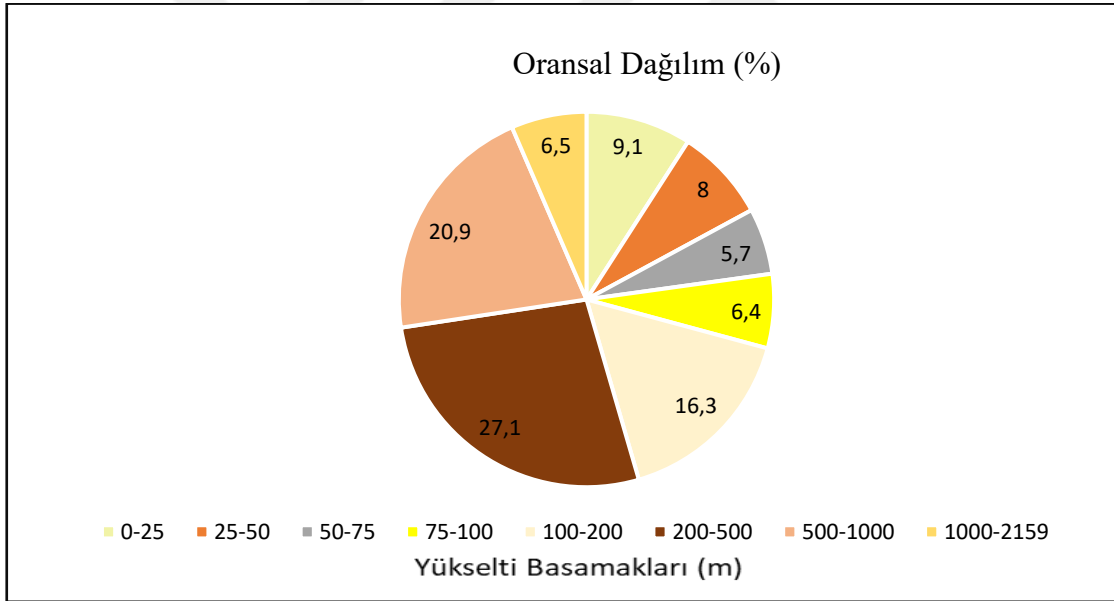
En dar alanlı yükselti ler ise 200 km²lik alan ile %5,7'ni karşılamaktadır. Bu bölüm havzanın %9,1'ni kapsamaktadır. Havzada 25-50 m bulunan alanlar 280 km² olup %8 oranını; 75-100 m aralığındaki alanlar 225 km² ile %6,4 oranını; 100-200 m arasında bulunan alanlar 571 km² ile %16,3 oranını; 1000-2159 m kuşağında ise Aydın ve Bozdağların yüksek kesimleri denk gelmekte ve 217 km²'lik alan ile havzanın %6,5 oranını karşılamaktadır (Tablo 15, Grafik 3-4, Harita 5).

Tablo 15: Araştırma alanı yükselti basamakların alansal (km²) ve oransal (%) dağılım

Yükselti Basamakları (m)	Alansal Dağılım (km ²)	Oransal Dağılım (%)
0-25	319	9,1
25-50	280	8
50-75	200	5,7
75-100	225	6,4
100-200	571	16,3
200-500	947	27,1
500-1000	730	20,9
1000-2159	217	6,5
Toplam	3489	100



Grafik 3: Araştırma alanına ait yükselti basamaklarının alansal (km²) dağılımı



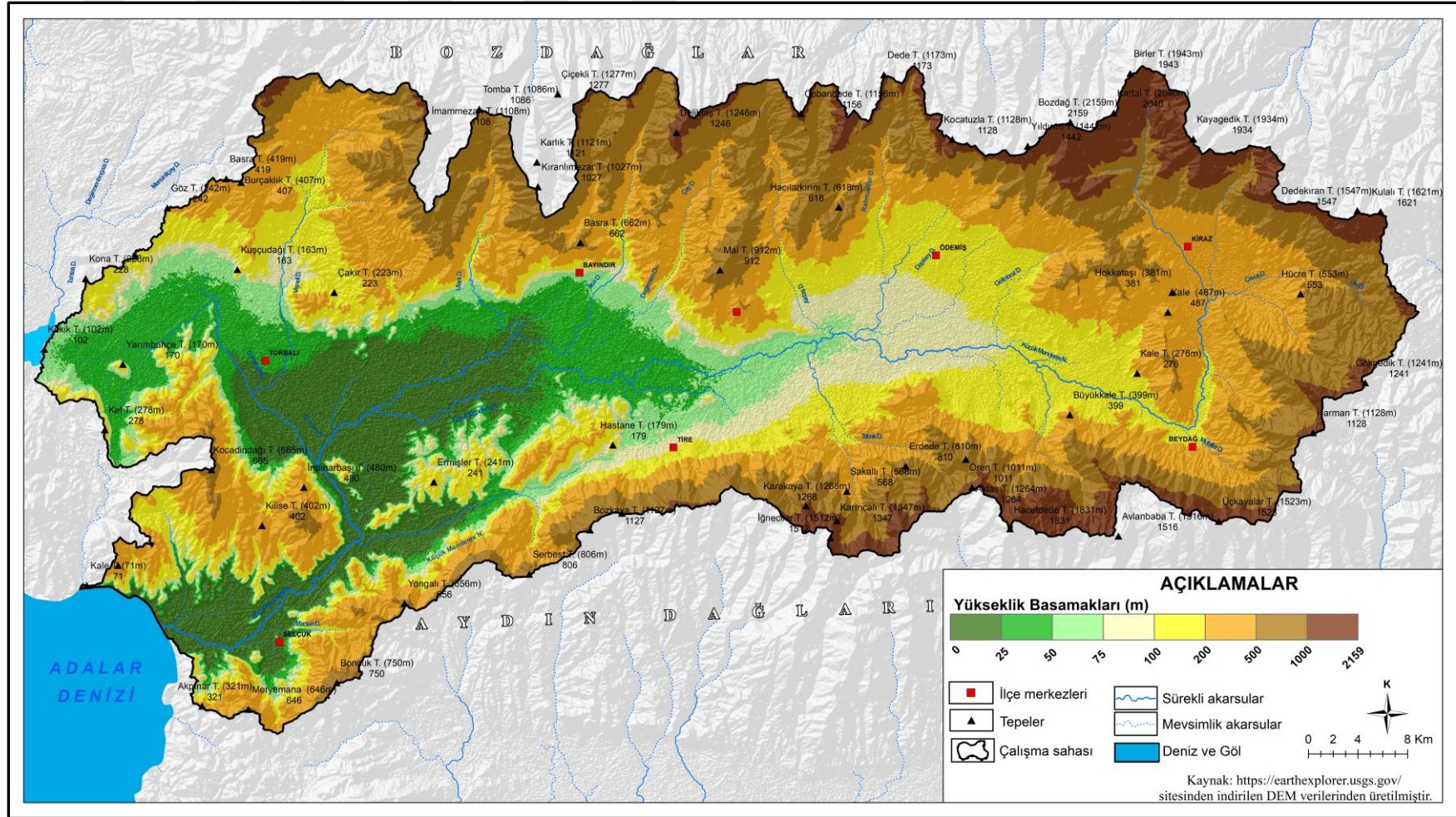
Grafik 4: Araştırma alanına ait yükselti basamaklarının oransal (%) dağılımı

Havzadaki yükselti farklarının fazla çıkması (0-2159 m), havzanın kısa mesafelerde yükseltisi değişen bir topografya özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Tektonik hareketler sonucu oluşmuş horst ve graben sisteminin bulunması bu durumu kanıtlar niteliktedir. Vadi derinlikleri ve vadi yamaç eğimlerinin artışı, farklı morfolojik birimlerdeki yükseltinin fazla olması sonucu ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda bitki örtüsündeki çeşitlilik, farklı toprak tiplerinin bulunması da yükselti farklarından

kaynaklanmaktadır. Havzanın morfometrik analizlerinde akarsuların birinci dizindeki kolları fazla çıkması yine yükseltinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun ortaya çıkmasında yağış miktarının yükseltiye paralel olarak artması, akarsuyun debisi üzerinde etkili olmaktadır. Böylelikle akarsu kuruluşunu hem kolay olmasını sağlamakta hem de hızlandırmaktadır (Fotoğraf 16).



Fotoğraf 16: Bozdağların kuzeyinde yükseltinin arttığı yerlerde toprak koruma amaçlı teraslama yöntemi



Haritalar 5: Küçük Menderes Havzası yükselti basamakları haritası

1.3.2. Eğim

Toprak erozyonunun hızı ve şiddetini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu hızı ve şiddeti etkileyen olan ana faktörlerden biri de eğimdir. Eğim arttıkça, su ve rüzgârın toprağı taşıma ve aşındırma gücü artmaktadır. Eğimin arttığı yerlerde, yağmur suyu ve rüzgâr daha hızlı hareket etmekte ve toprak erozyonunu daha belirgin bir sorun haline getirmektedir.

Eğimin artmasıyla toprak kalınlığı genellikle azalmaktadır. Bunun nedeni unsurların aşağı doğru akma eğiliminde olmasındandır. Bu durum, toprak oluşum ve toprağın biriktirilmesi süreçlerini yavaşlatmaktadır. Eğimin artmasıyla aynı zamanda bitkilerin tutunması da zorlaşır: dik eğimlerde, bitkilerin köklerinin toprağı tutunması zorlaşır. Bu nedenle, erozyonun etkilerini azaltmak için bitki örtüsünün korunması ve devamlılığının sağlanması daha zor hale gelmektedir. Daha dik eğimlerde, ayrışma süreçleri daha hızlı gerçekleşir ve yamaçlarda kolüvyal depolar ve kumlu ve çakıllı döküntüler oluşabilmektedir. Bu, yamaçlarda daha fazla gevşek malzeme birikmesine ve erozyon riskinin artmasına neden olabilir. Sonuç olarak, eğim arttıkça, toprak erozyonu ve diğer doğal süreçler üzerindeki olumsuz etkiler artmaktadır (Fotoğraf 17). Bu nedenle, erozyon kontrolü ve toprak koruma stratejileri, özellikle dik eğimli alanlarda önem kazanmaktadır.



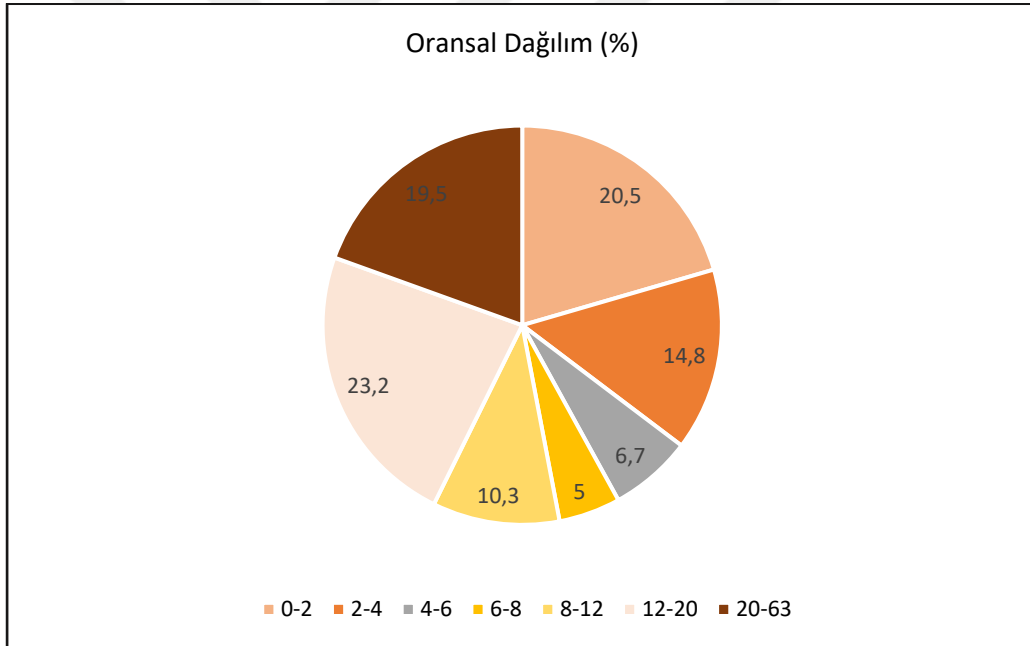
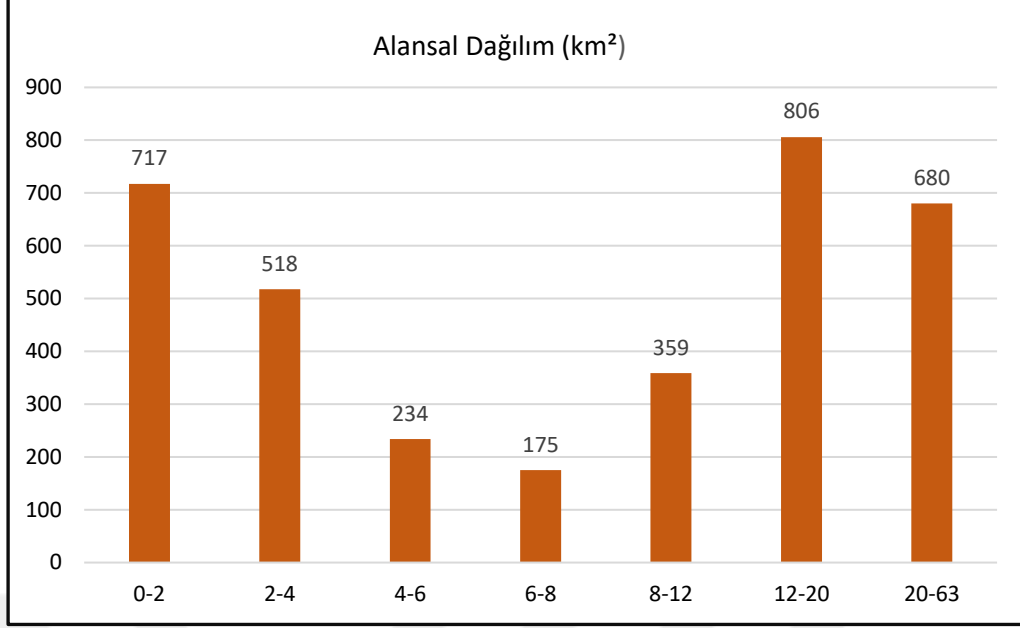
Fotoğraf 17: Eğimin azaldığı yerlerde kolüvyal depolar ve kumlu-çakıllı yamaç döküntüleri

Eğim, erozyon modellemelerinde sıkça kullanılan önemli bir parametredir. Eğimin fazla olduğu sahalarda suyun yüzeyden hızla akmasına neden olmaktadır. Yer çekiminin de etkisiyle erozyon riski artmaktadır. Toprak üst katmanının süpürülmesi, yüzey akışının fazla olması, taşınan malzeme miktarının artması gibi olaylar sonucunda erozyonla kaybolan toprak miktarını artırmaktadır. Eğim ve yamaçlardaki sediment yoğunluğu arasında zıtlık bulunmaktadır. Eğimin az olduğu yaklaşık %5-9 değerlerindeki yamaçlarda sediment yoğunluğu durağandır. Eğimin 0%15 civarında olduğu kesimlerde ise sediment yavaşça artmaktadır. %20-25 gibi daha yamaçlara gelindiğinde sediment yoğunluğu en üst seviyede olmakta ve taşıma sınırını aşmaktadır (Assouline ve Ben-Hur, 2006).

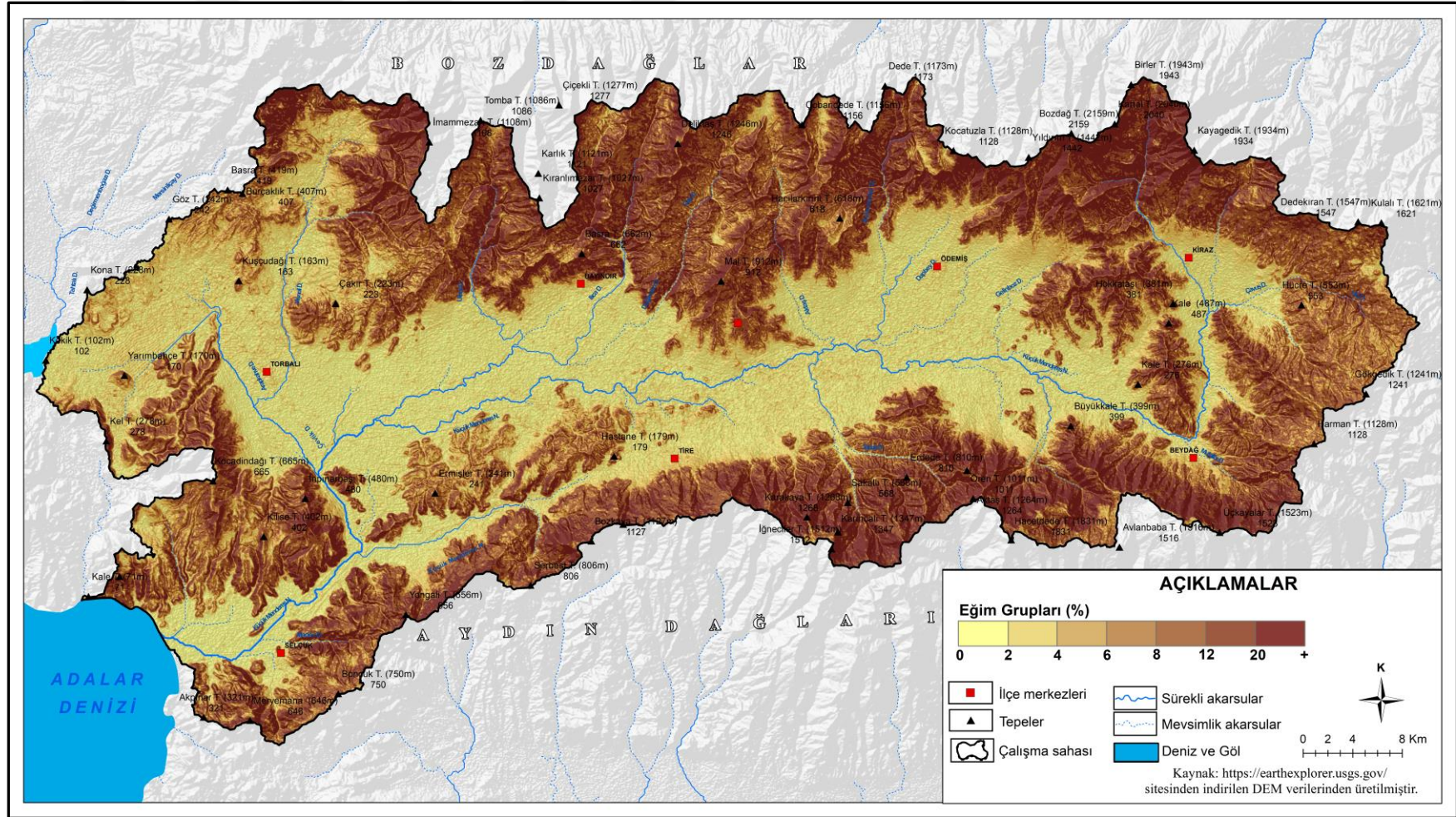
Yapılan analizler sonucunda havza içerisinde eğim değerleri birbirinden farklıdır. Çalışmada, eğim değerlerini kademeli olarak artırılıp 7 ayrı eğim grubuna ayırarak incelenmiştir. Bu gruplar 0-63° aralığında değişmektedir. Eğim grupları içinde en fazla alan kaplayan 806 km² ile 12°-20°'dir. En az olan alanlar 175 km²'lik değer ile %5'lik alanı kaplamaktadır. Bunu %6,7'lik oranına sahip 4-6° arasındaki eğimli alanlar takip etmektedir (Tablo 16, Grafik 5, Harita 6).

Tablo 16: Araştırma alanına ait eğim gruplarının alansal (km²) ve oransal (%) dağılımı

Eğim Sınıfları (%)	Alansal (km ²)	Oransal (%)
0-2	717	20,5
2-4	518	14,8
4-6	234	6,7
6-8	175	5
8-12	359	10,3
12-20	806	23,2
20-63	680	19,5
Toplam	3489	100



Grafik 5: Araştırma alanına ait eğitim gruplarının alansal (km²) ve oransal (%) dağılımı



1.3.3. Bakı

Yükselti ve eğim gibi rölyef özelliklerinden bir diğeri de bakıdır. Bakı, arazinin topografik yapısına bağı olarak yönlene bir unsurdur.

Coğrafi konumundan dolayı Türkiye’de, güneş ışınlarının güney yamaçlara daha dik açılarla ulaşması, bakının etkisini daha ayırt edici hale getirmektedir.

Güneş ışığını alma durumu, sıcaklık, yağış, kar erimeleri, su kaynakları, tarımsal faaliyetler, toprak oluşumu (ayrışma olayları), bitki örtüsü, yerleşim alanlarının planlanması gibi çevresel koşulları ve insan faaliyetlerini etkileyen önemli bir faktördür ((Güney, 2017; Singh, 2018).

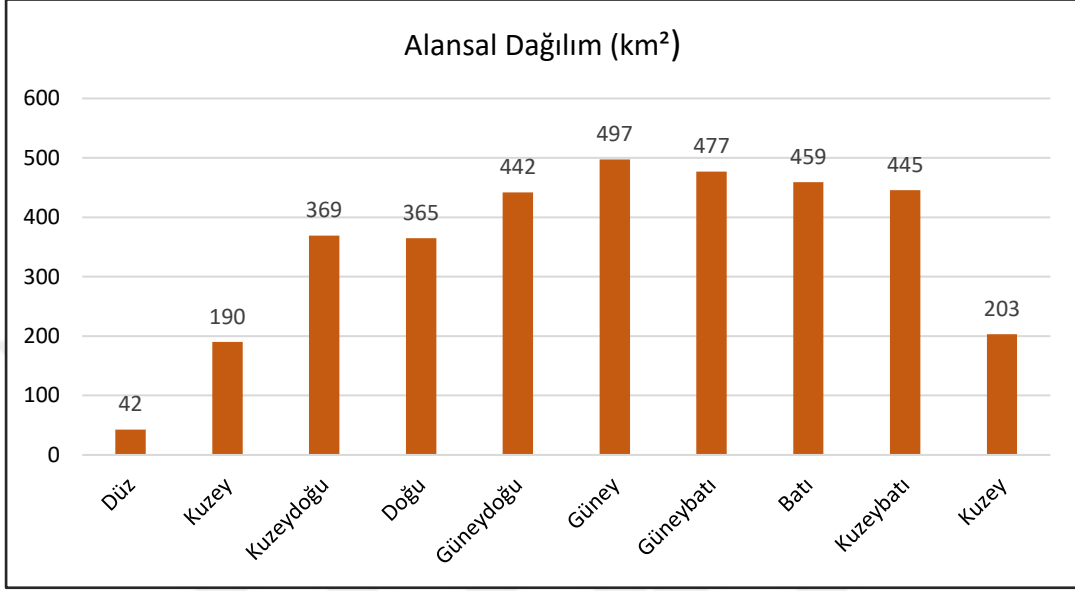
Bakı tüm bu parametreleri etkilediği için erozyonun hızı ve şiddetini de doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir.

Küçük Menderes Havzası’nın bakı özellikleri ana yönler (4) ara yönler (4) ve düz alanlar şekilde 9 grupta incelenmiştir. Güneyli yönler 497 km²; %14’lük orana karşılık gelmektedir. Doğu yönlü alanlar 365 km²; %10 oranını kapsamaktadır. Diğer alanlar ise %6’sı Kuzey’e, %11’i Kuzeydoğu’ya, %13’ü Kuzeybatı’ya, %13’ü Güneydoğu’ya, %14 Güneybatı’ya ve %13’ü ise batıda kalmaktadır. Sahadaki düz alanlar ise havzada %1’lik kısmı oluşturmaktadır (Tablo 17, Grafik 6-7, Harita 7).

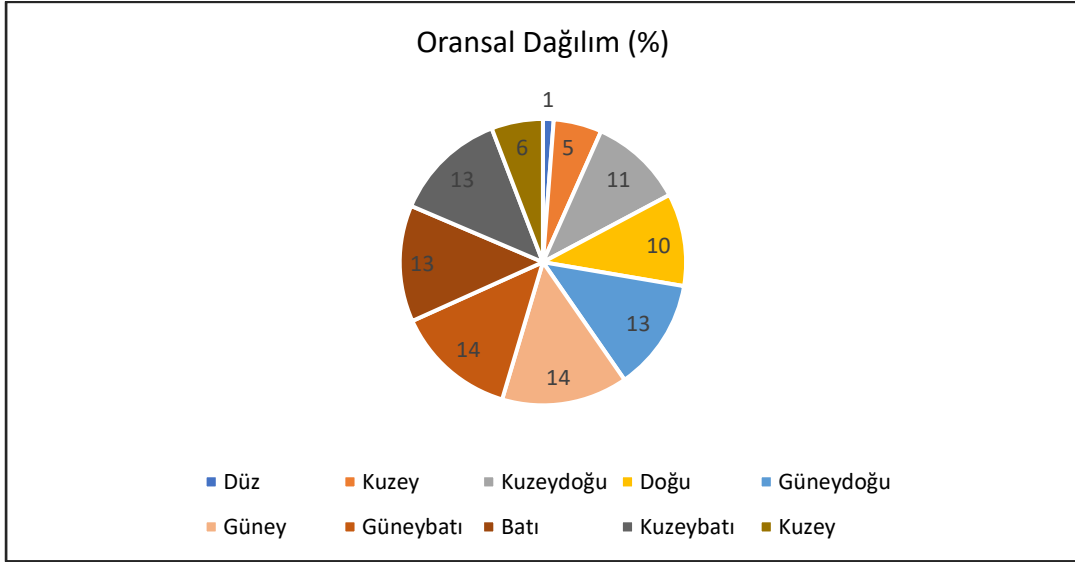
Tablo 17: Araştırma alanı bakı değerlerinin alansal (km²) ve oransal (%) dağılımı

Yönler	Alan	
	Alansal Dağılım (km ²)	Oransal Dağılım (%)
Düz	42	1
Kuzey	190	5
Kuzeydoğu	369	11
Doğu	365	10
Güneydoğu	442	13
Güney	497	14
Güneybatı	477	14
Batı	459	13

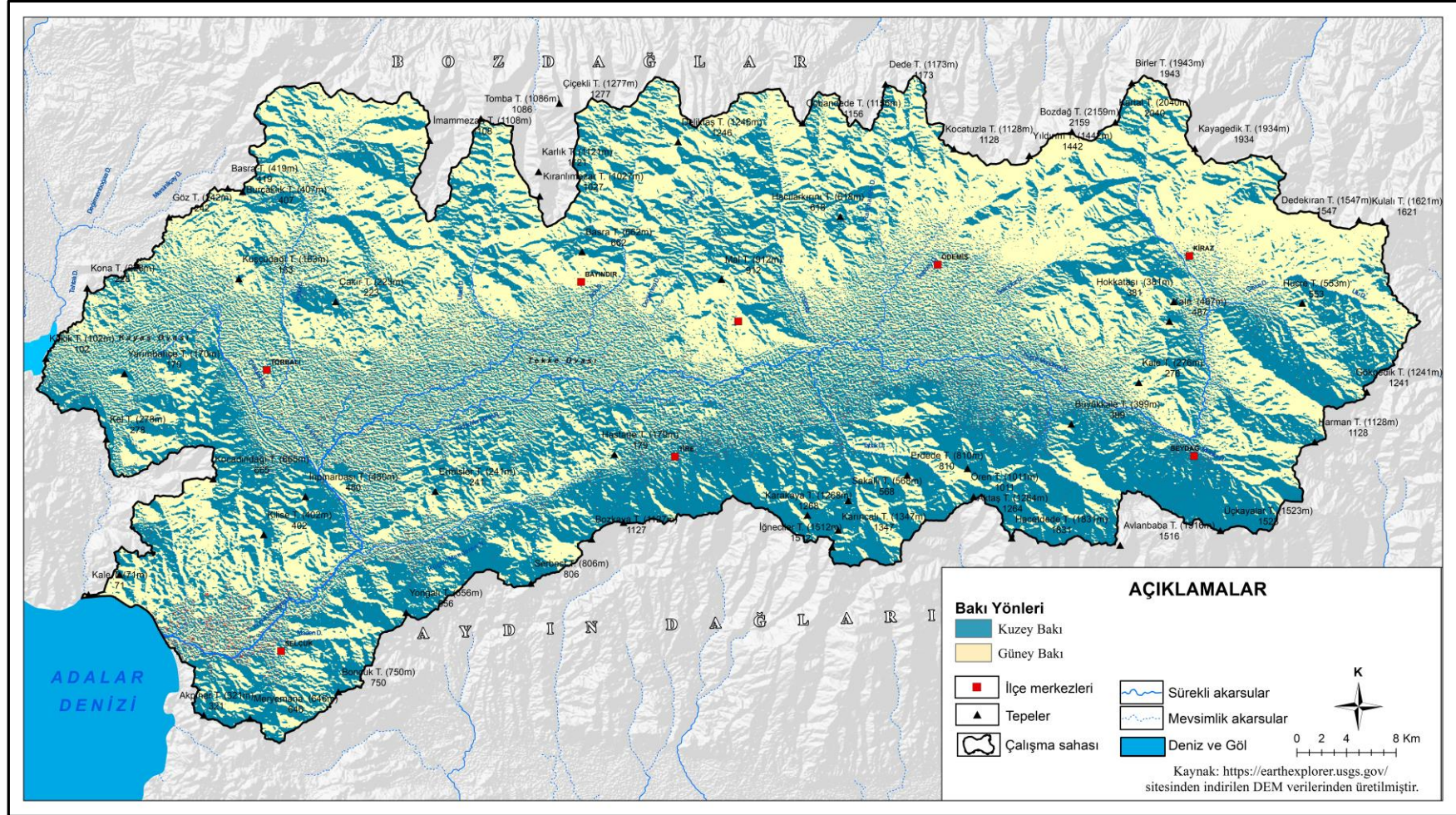
Kuzeybatı	445	13
Kuzey	203	6
Toplam	3489	100



Grafik 6: Araştırma alanına ait baki değerlerinin alansal (km²) dağılımı



Grafik 7: Araştırma alanına ait baki değerlerinin oransal (%) dağılımı



Haritalar 7: Küçük Menderes Havzası bakı haritası

1.3.4. Dağların Uzanış Yönü

Hava kütleleri ve cephelerin ilerleyişi üzerinde etkili olduğundan dağların uzanış yönü son derece önemlidir. Dağların uzanış doğrultusu; herhangi bir bölgenin hava kütleleri, iklimi, bitki örtüsü, ormanlık alanları, toprak özellikleri ve hidrografik özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır (Coşkun, 2017).

Dağların uzanış yönü yağış miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Hava kütlelerinin hareket yönüne dik konumlanan dağlar, çevrelerindeki alanlara göre daha fazla yağış almaktadır. Bu yağış miktarının fazla olması bitki ve toprak gibi unsuların gelişiminde önemli katkılar sağlamaktadır. Tersine durumda ise doğal çevre unsurları yeterince gelişme gösterememektedir (Atalay, 2013). Türkiye’de dağların yönü genellikle doğu-batı şeklinde uzanmaktadır. Bu uzanma şekli Ege bölgesinde hava kütlelerinin (nemli ve yağışlı) iç kesimlere doğru gelmesine olanak tanımaktadır. Ege Bölgesi’nde dağlar akarsular tarafından derince doğu-batı yönlü yarıldığından dolayı denizel hava iç kesimlere kadar rahat şekilde sokulabilmektedir. Sahil kesiminden iç kesimlere kadar vejetasyon çok büyük farklılık göstermeden devam etmektedir.

Dağların uzanış doğrultusu, iklim koşullarını, su akışını, bitki örtüsünü ve rüzgâr hareketleri gibi faktörleri doğrudan etkilemektedir. Bu faktörler ise toprak oluşum ve gelişimini kontrol etmekte ve dolayısıyla erozyonun hızı ve şiddetini belirlemektedir. Küçük Menderes havzasında dağların uzanış doğrultusu havzayı pek çok yönde olumlu olarak etkilemiş durumdadır. Dağların hem kuzey hem de güneyde kıyıya ya da kıyı çizgisine dik olarak uzanması ılıman havanın havzaya sokulmasını sağlamaktadır. Bu durum havzada toprak oluşum-gelişimini ve tarımsal faaliyetlerini etkilemektedir. Hava kütlelerinin geliş yönüne dik olarak uzanan dağlar çevresine göre daha fazla yağış almaktadır. Küçük Menderes havzasında durum tam olarak böyledir. Havzanın kuzeyinde Bozdağlar, güneyinde ise Aydın Dağları kıyıya dik uzanmaktadır. Bu durum sayesinde hava kütleleri (nemli ve yağışlı) iç kesimlere doğru gelmektedir. Sokulan nemli hava havzada özellikle tarımsal faaliyetler olmak üzere sayılan pek çok faktör üzerinde önemli rol oynamaktadır.

1.3.5. Arazinin Yarılma Derecesi

Arazinin yarılma derecesi; belirli bir arazi parçasının ne kadar yarıldığını veya bölündüğünü ifade etmektedir. Bu yarılma derecesi, arazinin fiziksel özelliklerine, topoğrafyaya, iklim koşullarına, hidrografik özelliklerine ve üzerinde bulunan bitki örtüsüne göre değişiklik göstermektedir. Arazinin yarılma derecesi faktörlerden hem etkilenmekte hem bu faktörleri etkilemektedir.

Toprak erozyon ile topografya arasındaki işlevsel ilişki, hem sediment akışı üzerindeki kontrolleri hem de topografyayı şekillendirmede tektonik, iklim ve erozyon arasındaki dönüşümü anlamak için önemli bir yere sahiptir (Montgomery ve Brandon, 2002). Arazinin eğimi, yüksekliği ve yüzey şekilleri, yarılma derecesini belirleyen faktörlerdendir. Dik yamaçlar ve vadiler, yüksek yarılma derecesine sahip olabilirken, düzlükler ve alçak alanlar daha az yarılmış olabilir.

Ege Bölgesi'nde dağlar akarsular tarafından derince doğu-batı yönlü yarıldığından dolayı denizel hava iç kesimlere kadar rahat şekilde sokulabilmektedir. Sahil kesiminden iç kesimlere kadar vejetasyon çok büyük farklılık göstermeden devam etmektedir (Gözalan, 2023). Dağların ve çevresinin akarsular tarafından aşındırılıp yarılması toprak ve erozyon açısından önem taşımaktadır. Küçük Menderes havzasında doğu batı yönünde uzanan dağlar, irili ufaklı pek çok akarsu tarafından yarılmıştır.

1.4. Havzanın Morfometrik Analizleri

1.4.1. Çizgisel Morfometrik Analizler

Yeryüzü şekillerinin doğrusal özelliklerini analiz eden çizgisel morfometri, arazi morfolojisini anlamak için uzunluk, genişlik ve yükseklik gibi çizgisel ölçümleri kullanarak vadi, nehir ve fay hatları gibi yeryüzü birimlerini incelemektedir. B özelliklerin ölçülmesi ve analiz edilmesiyle jeolojik süreçlerin, su havzalarının ve topoğrafik değişikliklerin kolay ve detaylı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır (Smith ve Mark, 2003). Küçük Menderes Havzası için analizi yapılan çizgisel morfometrik parametrelerin başlıcaları; akarsu uzunluk oranı (RI), ana akarsu uzunluğu (Lm), maksimum havza genişliği (W), çatallanma evresi-oranı (Rb) ve havza uzunluğu (L), indisleri kullanılmıştır (Tablo 18).

Tablo 18: Küçük Menderes Havzasının çizgisel morfolometrik indislere ait değerleri

Çizgisel Morfolometrik Analizler	
Havza Uzunluğu (L) km	104,17
Maksimum Havza Genişliği (W) km	2136
Ana Akarsu Uzunluğu (Lm) km	157,23
Akarsu Uzunluk Oranı (R1)	0,76
Çatallanma Evresi ve Oranı (Rb)	4,2

1.4.1.1. Havza Uzunluğu

Havza uzunluğu, bir drenaj havzasının en uzun eksenini boyunca, kaynaktan çıkış noktasına (akarsuyun havzayı terk ettiği nokta) kadar olan mesafeyi temsil etmektedir. Elde edilen ölçümle havzanın şekli, akarsu sistemlerinin gelişimi ve su toplama kapasitesi hakkında bilgiler sunmaktadır (Chorley, 1969) Havzanın en uzun doğrultusu boyunca yapılan bu ölçüm, havzanın toplam uzunluğunu ifade etmektedir (Strahler, 1957). Belirtilen ölçüm yöntemine göre Küçük Menderes Havzasının havza uzunluk değeri, 104,173 olarak belirlenmiştir (Tablo 18).

1.4.1.2. Maksimum Havza Genişliği

Bu parametre, havzanın uzun eksenini dikine ölçülen en büyük genişlik değerini ifade etmektedir. Havzanın biçim faktörü ve havza görünüm oranının hesaplanmasında bu ölçümden yararlanılmaktadır. Ayrıca, bu değer, havzanın yapısının ve flüviyal aşındırmanın etkinliğinin yorumlanmasında da önemli bir faktördür (Karataş, 2014). Küçük Menderes Havzasında maksimum havza genişliği 2136 km'dir (Tablo 18). Bu ölçüm havzada kuzey ve güney yönünde en geniş kesimini belirtmektedir.

1.4.1.3. Ana Akarsu Uzunluğu

Havzadaki ana akarsu uzunluğu bir drenaj havzasının ana akarsu kolunun kaynağından başlayarak, havzanın çıkış noktasına kadar olan toplam mesafe olarak bilinmekte ve kaynak alanında en uzun 1. dizinden başlanıp, en büyük dizindeki akarsu

ağız kısmına kadar olan vadi mesafesi ölçülmektedir. Yapılan analizler sonucunda Küçük Menderes havzasında ana akarsu uzunluğu 157,233 km'dir (Tablo 18).

1.4.1.4. Akarsu Uzunluk Oranı

Akarsu uzunluk oranı bir drenaj havzasındaki ana akarsuyun uzunluğunun, havzanın uzunluğuna oranını ifade etmektedir. Bu özellik havzanın şekli, litolojik özellikleri, hidrolojik özellikleri, sel-taşkın olayları ve akarsu sisteminin gelişimi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Ana akarsu uzunluk oranı, hidrolojik modellemelerde araştırmacılar tarafından sıkça tercih edilmektedir (Horton, 1945).

$$R_1 = Lu / Lu+1$$

Formül

Lu : Belirli bir dizindeki ortalama akarsu uzunluğu (km),

Lu+1 : Bir üst dizideki ortalama akarsu uzunluğudur (km).

Küçük Menderes Havzası akarsu uzunluk oranı 0,76'dır (Tablo 18).

1.4.1.5. Çatallanma Evresi ve Çatallama Oranı

Morfometride çatallanma evresi, bir drenaj havzasında akarsu kollarının sayısal olarak gelişim süreci ve düzeni olarak belirtilmektedir. Çatallanma oranı ise, bir drenaj havzasındaki belirli bir akarsu düzeyindeki akarsu kollarının sayısının, bir sonraki daha yüksek düzeydeki akarsu kollarının sayısına oranını ifade etmektedir. Çatallanma oranından akarsu ağlarını çözmek ve gelişimini görmek için yararlanılmaktadır. Çatallanma oranı, erozyon süreçlerini ve drenaj havzasının morfolojik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Yüksek çatallanma oranları, yoğun akarsu ağlarını ve çoğunlukla ileri erozyon süreçlerini temsil ederken düşük oranlar ise düzenli ve az dallanmış akarsu sistemlerini göstermektedir (Strahler, 1957). Horton, Shreeve ve Strahler vb. pek çok araştırmacı akarsu kollarının dizin sayısını, çatallanma evresini ve çatallanma oranlarını ortaya koymaya çalışmışlardır (Polat, 2019) Bu çalışmada literatürdeki metotlardan biri olan Strahler çatallanma metodu akarsulara uygulanmak için tercih edilmiştir.

Strahler metoduna göre çatallanma evresi, bir drenaj havzasında akarsu sisteminin hiyerarşik dizilişi prensibine dayanmaktadır. Havzanın kaynak bölgesinde bulunan en küçük akarsu kolları 1. sırayı oluşturmaktadır. İki adet 1. sıra akarsu birleştiğinde 2. dizinin akarsu meydana gelmektedir. Benzer şekilde, iki 2. sıra akarsuyun birleşmesiyle 3. dizinin akarsu oluşmaktadır. Bu birleşme ana akarsuya kadar devam etmektedir. Ana akarsu, havzanın en büyük ve en son sıradaki kolu olarak en yüksek numaralı sırayı temsil etmektedir (Atalay, 1986 ve Turoğlu,1997). Küçük Menderes Havzası'ndaki çatallanma evreleri ve bu evrelere ait akarsu kol sayısı ve oranlarının hesaplanmak amacıyla 1/25.000 ölçekli topografya haritaları üzerinde bulunan sürekli ve geçici akarsu kolları, ArcGIS programı kullanılmıştır. Bunlar sayısallaştırılmış ve işlem sonucunda, Strahler metodundan yararlanılarak havzadaki akarsu kollarının hiyerarşik düzeni belirlenmiş ve 7 farklı evre tespit edilmiştir. Havza genelinde çatallanma evresinin 7. sıraya kadar çıkması, havzanın geniş bir alanı kapsadığına, geçirgenliğin düşük olduğuna ve eğimin fazla olduğunu göstermektedir (Polat, 2019; S.Y. Öztekin ve Coşkun 2021). Bunun ortaya çıkmasında sahanın litolojik-, jeomorfolojik özellikleri, iklimik özellikleri, tektonik faaliyetler, havzanın şekli ve alan büyüklüğü etkili olmaktadır. Aynı zamanda beşerî faktörlerin etkisi de bulunmaktadır.

Çalışma alanı için elde edilen çatallanma evrelerine ait kol sayıları; 1. dizine ait kolların sayısı 5064'dur. 1. dizindeki kol sayısı ve toplam kol uzunluğu diğer dizinelere ait kol sayılarına ve uzunluklarına göre yüksektir. Bunun fazla çıkması yağışa ve eğime bağlı olarak küçük kanal-kanalçıklardan meydana gelmesinden dolayı olmaktadır. 2. dizinin çatallanma kol sayısı 1162'dir. 3. dizinin çatallanma kol sayısı 267 tane olup; toplam uzunluğu 856 km'dir. 4. dizinin çatallanma kol sayısı 64, uzunluğu ise 367,80 km'dir. 5. dizine ait kol sayısı 16, toplam uzunluğu 177 km'ye tekabül etmektedir. 6. evre çatallanma kol sayısı 3 kola inmiştir. Uzunluk değeri 96,31 km'dir. Yatak uzunluğu 36,61 km olarak ölçülmüştür (Tablo 19, Harita 8).

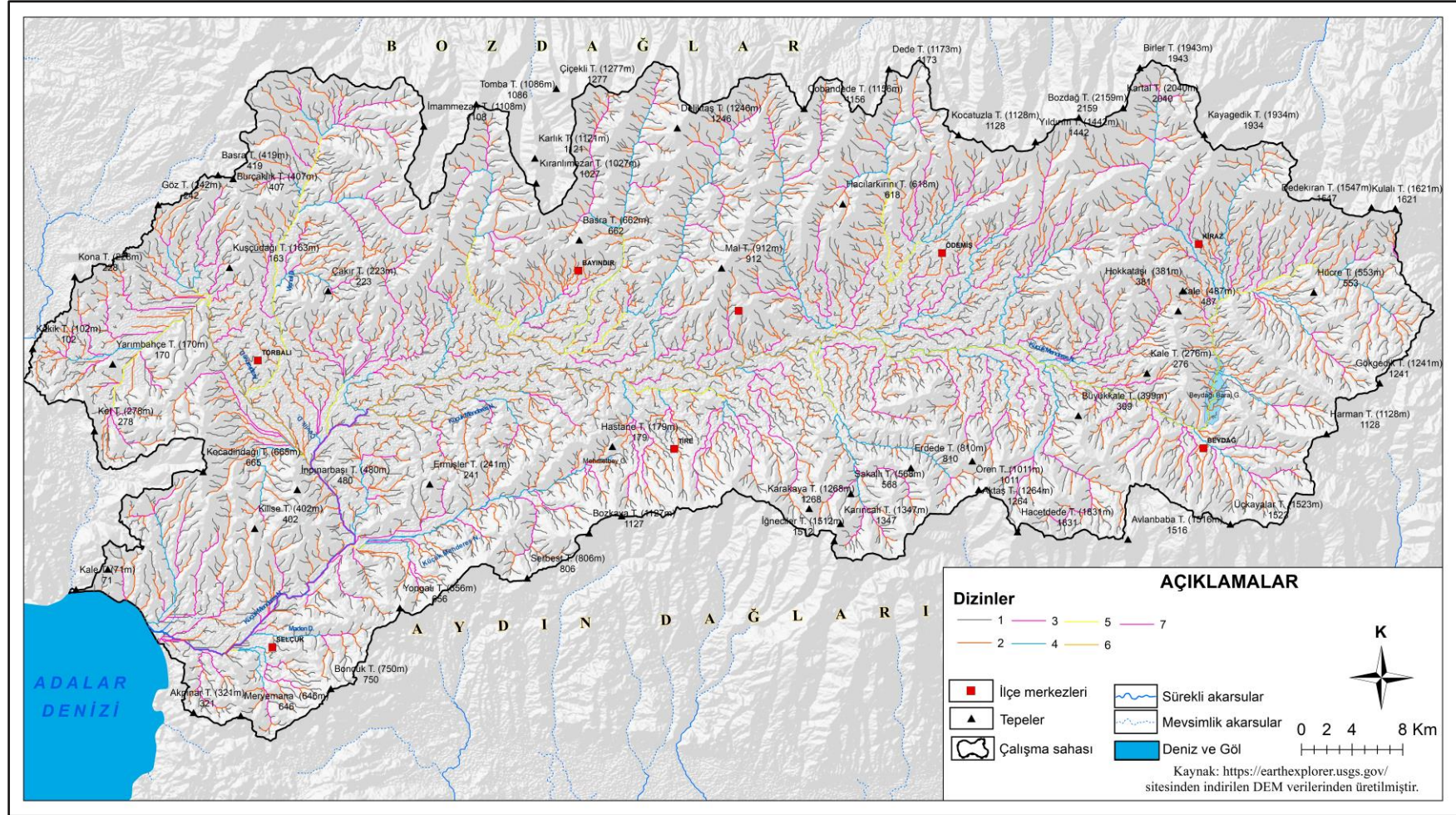
Birinci ve ikinci dizinler arasındaki farkın büyük olması, havza içinde gully (oyuk ve oyuntu) ve dar-derin vadilerin artışına neden olmaktadır (İmamoğlu, 2015). Araştırma sahasında yapılan arazi gezilerinde bu duruma rastlanılmıştır. Havzada birinci dizinlerin bulunduğu alanlarda erozyon şekillerinin yaygın olduğu gözlemlenmiştir. (Fotoğraf 18).

Tablo 19: Araştırma alanına ait dizin değerleri

	Akarsu Dizinleri (Nu)	Sayı	Oran	Ort.
Çatallanma Oranı	D1	5064	4,36	4,2
	D2	1162	4,35	
	D3	267	4,17	
	D4	64	4,00	
	D5	16	5,33	
	D6	3	3,00	
	D7	1		



Fotoğraf 18: Bozdağların eteklerinde akışa bağlı olarak meydana gelen oluk ve oyuntulardan bir görünüm.



Haritalar 8: Küçük Menderes Havzası çatallanma oranı ve değerleri

1.4.2. Alansal Morfometrik Analizler

Morfometrik parametreler içinde bulunan alansal morfometrik özellikler, havzaya düşen toplam yağış ve yüzeysel akışın birikimi hakkında bilgi vermektedir (Polat, 2019). Çalışma için hazırlanan alansal morfometrik analizler; havza alanı (A), havza çevresi (P), havza uzunluk oranı (Re), form faktörü/havza şekli (Rf), havza şekil faktörü (Rs), vadi yoğunluğu (Dd), akarsu sıklığı (Fs), engebellik oranı (Rn) ve tekstür oranı (Rt) gibi parametreler incelenmiştir (Tablo 20).

Tablo 20: Küçük Menderes Havzasının alansal morfometrik indislere ait değerleri

Alansal Morfometrik Analizler	
Havza Alanı (A) km	5631,99
Havza Çevresi (P)	438,02
Havza Uzunluk Oranı (Re)	0,76
Form Faktörü (Rf)	0,45
Şekil Faktörü (Rs)	4,39
Vadi Yoğunluğu (Dd)	1,12
Tekstür Oranı (Rt)	11,56
Akarsu Sıklığı (Fs)	1,17
Engelibellik Değeri (Rn)	2,38

1.4.2.1. Havza Alanı

Morfometride havza alanı, bir drenaj havzasının hidrolojik ve jeomorfolojik özelliklerinin anlaşılmasında çok önemli role sahiptir. Su toplama kapasitesini, akarsu akış hacmini ve taşkın potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Daha büyük havza alanları çoğunlukla fazla su biriktirme kapasitesine sahiptir. Bu tür havzalar yağış, su akışı ve erozyon gibi süreçlerde etkili olmaktadır (Horton, 1945). Küçük Menderes Havzasının havza alanı, 5631,992 km²'dir (Tablo 20).

1.4.2.2. Havza Çevresi

Havza çevresi, havzanın topografik yapısını, su toplama etkinliğini ve akarsu sistemlerinin gelişimini belirlemektedir. Bu ölçüm, havzanın şekli hakkında bilgi vermektedir. Uzun bir çevreye sahip olan havzalar genellikle düzensiz ve yoğun bir şekilde görülmektedir. Havza çevresi aynı zamanda suyun akış yönü, havzanın su tutma kapasitesi ve erozyon faaliyetlerini de etkilemektedir. Havza çevresinin doğru bir yöntemle belirlenip güvenilir sonuçlar elde edilmesi hidrolojik modelleme ve su kaynakları yönetimi açısından oldukça önem arz etmektedir (Strahler, 1957). Bu görüşten hareketle Küçük Menderes Havzası için havza çevre uzunluğu hesaplaması yapılmış ve değer 438,019 km olarak çıkmıştır (Tablo 20).

1.4.2.3. Havza Uzunluk Oranı

Havza uzunluk oranı, havzanın su akış özelliklerini, taşkın riskini ve erozyon süreçlerini anlamada önemli rol oynamaktadır. Yüksek bir uzunluk oranına sahip bir havzada, havzanın uzun ve dar bir yapıya sahip olduğunu, bu durumun suyun daha uzun bir yol kat etmesine ve potansiyel olarak düşük akış hızına yol açabileceğini göstermektedir. Bu morfometri parametresi su kaynakları yönetimi, taşkın planlaması ve çevresel analizlerde temel bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Strahler, 1957). Schumm (1956) tarafından tanımlanan havza uzunluk oranı, havzanın maksimum uzunluğu ile aynı alana sahip bir dairenin çapı arasındaki oran olarak ifade edilir. Bu oran, havzanın ne kadar dairesel olduğunu belirtir. Hesaplama sonucunda elde edilen değer 1'e yaklaşması durumunda havza dairesel; değer sifıra yaklaştıkça havza uzun bir yapı göstermektedir (Polat,2019; S.Y. Öztekin ve Coşkun 2021). Strahler (1964), bu oranı çeşitli faktörleri göz önünde bulundurarak kategorilere ayırmıştır. Rölyef değeri düşük ise 1'; rölyef değerinin yüksek ve eğimin fazla olduğu alanlarda için bu oran 0,6 ile 0,8 arasındadır. Küçük Menderes Havzası havza uzunluk oranı için Babar (2005) formülü kullanılmıştır.

$$Re = DC Lb = A \pi 2 Lb$$

Formül

Dc : Havza ile aynı alana sahip dairenin çapı,

Lb : Havzanın maksimum uzunluğudur.

Havzanın maksimum uzunluğu 111,690 km'dir (Tablo 20). Buna göre uzunluk oranı 0,76 olarak hesaplanmıştır. Dolayısı ile belirtilen değere göre havza, uzunlama formundadır. Buna göre elde edilen sonuç 0,6 ile 0,8 arasına denk gelmektedir. Bu durumda havzada rölyef değeri yüksek ve eğimin fazla olduğu sonucu çıkmaktadır. Bu da erozyon süreçleri üzerinde etkili olmaktadır. Yapılan analizlerde de sahada erozyonu en fazla etkileyen unsurlardan biri eğim olarak belirlenmiştir. Bu sonuçta yapılan analizleri desteklemektedir.

1.4.2.4. Form Faktörü / Havza şekli

Morfometride havza form faktörü, bir drenaj havzasının şeklini karakterize etmek için kullanılan önemli bir ölçüttür. Havzanın alanının, havzanın uzunluğunun karesine oranlanmasıyla hesaplanan form faktörü, havzanın geometrik yapısını değerlendirerek, suyun akış şeklini (yönünü) ve taşkın riskini önlemede kullanılmaktadır (Horton, 1932).

$$Rf = A L^2$$

Formül

A : Havza alanı (km²),

L : Havzanın maksimum uzunluğudur (km).

Küçük Menderes Havzası Horton formülündeki hesaplama neticesinde 0,45 gibi bir değere sahiptir (Tablo 20). Form faktöründe sıfıra yakınsa uzunlama özellik gösterirken 1'e yakın olması havzanın yuvarlak olduğunu göstermektedir. Düşük (sıfıra yakın) form faktörüne sahip uzun ve dar havzalar, daha uzun süreli ve düşük debili akışlar üretme eğilimindeyken, yüksek (1'e yakın) form faktörüne sahip daha yuvarlak havzalar, kısa sürede yüksek debili akışlar oluşturabilmektedir. Uzunlama özellik gösteren havzalarda genellikle tektonik faaliyetler belirleyici olmaktadır. Flüviyal süreçler daha sonra etkili olmuştur. Bu tür uzunlamasına olan havzalarda erozyon süreçlerinin yüzeysel olmaktan ziyade daha çok çizgisel olarak kendini göstermektedir. Nitekim arazi çalışmalarında Küçük Menderes Havzasında bu durum belirgin bir şekilde görülmüştür. Parmak erozyonu ve oyuntu erozyonu gibi çizgisel erozyon çeşitleri sahada yaygın olarak görülmektedir.

1.4.2.5. Havza Şekil Faktörü

Havzanın geometrisini ortaya koymak için kullanılan bu ölçüt gerçek alan verilerine dayanmaktadır. Bu durumun temel sebebi ise ana akarsu uzunluğunun kullanılmasıdır. Diğer parametrelerle karşılaştırıldığında, bu ölçüt, bölgenin topografik ve litolojik özelliklerinin akarsu yataklarının oluşumu ve gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir alansal gösterge olarak kabul edilmektedir (Sabancı, 2016). Bu ölçüt havzanın uzunluğunun havza alanına oranlanarak bulunmaktadır.

$$Rs = Lm A \pi \times 2$$

Formül

Lm : Ana akarsu yatak uzunluğu (km),

A : Havza alanıdır (km²).

Formüle göre Küçük Menderes Havzasının *Rs* değeri 4,39 olarak bulunmuştur (Tablo 20). *Rs* değeri düşük ise dairesel, *Rs* değeri yüksek ise uzun havza görünümüne sahiptir. Burada önemli olan unsur insan etkisinin olup olmamasıdır. Çünkü insan müdahaleleri sonucu vadi yatağında meydana gelen değişiklikler, havzanın uzunluğuna olumlu veya olumsuz etki edebilir. Bu da *Rs* değerini değiştirebilmektedir.

1.4.2.6. Vadi Yoğunluğu (Drenaj Yoğunluğu)

Drenaj yoğunluğu veya vadi yoğunluğu morfometride bir drenaj havzasındaki toplam drenaj uzunluğunun havza alanına oranı olarak tanımlanmaktadır (Cürebal, 2006). Bu ölçüt, bir havzanın drenaj yapısının ne kadar gelişmiş olduğunu ve suyun havza boyunca nasıl dağıldığını göstermede oldukça önemlidir. Vadi yoğunluğu, havzanın topografik eğimi, jeolojik yapısı, toprak geçirgenliği ve yağış özellikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir (Strahler, 1957).

$$Dd = L / A$$

Formül

L : Toplam drenaj uzunluğu (km),

A : Havza alanıdır (km²)

Küçük Menderes Çayı drenaj yoğunluk değeri 1,12'dir (Tablo 20). Bu durum havzada ortalama her km² başına 1,12 km uzunlukta bir vadinin olduğu sonucunu doğurmaktadır.

Drenaj yoğunluğunu belirleyen faktörler arasında zeminin geçirgenlik kapasitesi, infiltrasyon hızı, topografik özellikler, bitki örtüsünün yoğunluğu-seyrekliği ve iklimsel faktörler yer almaktadır (S.Y. Öztekin ve Coşkun, 2021). Sözü edilen bu faktörler toprak erozyonu süreçlerinde de rol oynamaktadır. Vadi yoğunluğu yüksek olan alanlarda suyun akış hızı artmaktadır. Bu durum, suyun taşıma kapasitesini ve dolayısıyla erozyon gücünü artırmaktadır. Akış hızının artması, toprağın daha hızlı aşındırılmasına ve taşınmasına neden olmaktadır. Vadiler, erozyonla taşınan toprak ve sedimentin biriktiği ana yolları oluşturmaktadır. Vadi yoğunluğu arttıkça, bu yolların sayısı ve etkinliği de artacağından, taşınan sediment miktarının artması, su kirliliği ve barajların dolması gibi sorunlara yol açabilmektedir.

1.4.2.7. Akarsu Sıklığı

Akarsu sıklığı, erozyon risk durumlarını belirlemede, hidrolojik modelleme ve su kaynakları yönetiminde önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır. Morfometride akarsu sıklığı, bir drenaj havzasında bulunan akarsu kollarının sayısının havza alanına oranı şeklinde ifade edilmektedir (Horton, 1945; Özdemir, 2011). Akarsu sıklığı, havzanın topografik yapısı, jeolojik özellikleri, toprak özellikleri ve iklim koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yüksek akarsu sıklığı, genellikle daha yoğun yağış alan, düşük toprak geçirgenliğine sahip veya dik eğimli bölgelerde gözlenir ve bu, erozyonun artmasına ve yüzey akışının hızlanmasına yol açabilmektedir. Bir alandaki *F_s* değerinin yüksek olması eğimin fazla, cılız bitki örtüsüne sahip ve infiltrasyonun az olduğu göstermektedir. *F_s* değerlerinin düşük olması tersi durumların ortaya çıkmasını sağlamaktadır (S.Y. Öztekin ve Coşkun, 2021).

$$F_s = N / A$$

Formül

N : Toplam akarsu dizinler sayısı,

A : Havza alanıdır (km²).

Küçük Menderes çayı için akarsu sıklığı 1,17'dir (Tablo 20). Bu durumda havzada km²'ye düşen ortalama akarsu sayısı 1,10'dan fazla olmaktadır. Akarsu sıklığı, topografya, yağış miktarı, toprak tipi, bitki örtüsü ve jeolojik yapı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Akarsu sıklığı arttıkça, bölgedeki su akışı yoğunlaşmaktadır. Artan akarsu sayısı, suyun toprak yüzeyinde daha fazla hareket etmesine ve erozyon gücünün artmasına neden olmaktadır. Daha yoğun su akışı, toprağı daha hızlı aşındırmakta ve taşımaktadır.

1.4.2.8. Engebelilik Değeri

Engebelilik değeri (R_n), havzadaki su akış hızı, sızma kapasitesi, yüzeysel akış koşulları ve erozyon süreçleri hakkında bilgiler sağlamaktadır. Yüksek engebelilik değerine sahip bölgeler, su kaybının düşük olduğu ve yüzeysel akışın kolaylıkla gerçekleşebileceği alanları göstermektedir. Yüksek engebelilik değerine sahip olan havzalar, sel riski yüksek olan bölgeleri temsil etmektedir (İmamoğlu, 2015)). Yapılan analiz sonucunda havza genelinde engebelilik değeri 2,38'dir (Tablo 20). Arazi gözlemlerinde bu durum kolaylıkla görülmektedir. Engebeğe bağlı, havzanın kuzey bölümde aşınma faaliyetleri oldukça güçlü şekilde kendini göstermiştir. Elbette bu durumun ortaya çıkmasında sadece engebe etkili değil, tüm faktörlerin birleşmesiyle olmuştur.

1.4.2.9. Tekstür Oranı

Morfometrik analizlerde tekstür oranı, bir drenaj havzasında akarsu kollarının yoğunluğunu belirlemede kullanılmaktadır. Eğer bu oran yüksek ise eğim fazla, infiltrasyon az olduğunu göstermektedir. Yüksek tekstür oranı, yoğun bir akarsu ağına işaret eder ve genellikle yüksek erozyon riski, düşük zemin geçirgenliği ve hızlı yüzey akışı ile bağlantılı olmaktadır. Bunun düşük olması halinde ise tam tersi durumlar ortaya çıkmaktadır (Özdemir, 2011; Karataş, 2014)

$$R_t = Nu_1 P$$

Formül

Nu1 : 1. dizilerin toplam sayısı,

P : Havzanın çevre uzunluğudur (km).

Strahler metodu uygulanarak Küçük Menderes Havzası için ortalama tekstür oranı 11,56 bulunmuştur (Tablo 20). Metoda göre bu değer yüksektir. Çalışma alanının doğal özellikleri bu değer için yüksek çıkmasında etkili olmuştur (Polat, 2019).

1.4.3. Yüzeysel Morfometrik Analizler (Rölyef Özellikleri)

Küçük Menderes Havzası rölyef özellikleri de ele alınmıştır. Bunun için özellikle eğim, bakı ve yükselti özellikleri son derecede önemlidir. Ancak bu parametreler topografik özelliklerde anlatıldığı için bu kısımda tekrar değinilmemiştir. Bu bölümde Küçük Menderes Havzasının yüzeysel parametrelerine ait analiz çalışmalarının başlıcalarını; havza rölyefi (*B*), rölyef oranı (*Rr*), nispi alan (*Ar*), hipsometrik eğri (*Hc*), gravelius katsayısı (*Kg*), gibi indisler oluşturmaktadır.

1.4.3.1. Havza Rölyefi

Morfometride havza rölyefi, bir drenaj havzasının en yüksek ve en düşük noktaları arasındaki yükselti farkını temsil etmektedir (Strahler, 1957). Havzanın eğim ve engebe özellikleri, toprak yapısı, flüviyal süreçlerin işleyişi, bitki örtüsünün türü-yoğunluğu-seyrekliği, erozyon faaliyetlerinin etkinliği, iklim değişkenleri, yağış miktarı-çeşidi, akım miktarı ve hızı gibi birçok faktör, yerel alanlarda havza rölyefinin etkisiyle oluşmaktadır (S.Y. Öztekinçi Coşkun, 2021).

$$Bh = Hmax - Hmin$$

Formül

Hmax : Havzada maksimum yüksek noktası (m),

Hmin : Havzada minimum yüksek noktasıdır (m).

Küçük Menderes Havzası, havza rölyefi 2136 m olarak belirlenmiştir. Bu sonuç yüksek bir değerdir. Ortaya çıkan *Bh* değeri, havzadaki doğal ortamı etkilemektedir. Havzada Selçuk ovasından (0 m), en yüksek noktayı temsil eden zirve Bozdağ'a (2159 m) kadar yukarıda belirtilen coğrafi unsurların tamamında değişiklikler meydana getirdiği çalışmanın pek çok kısmında dile getirilmiştir. Dursun ve Babalık, (2023)

yaptıkları çalışmalarında benzer durumundan söz ederek rölyefin yüksek olduğu alanlarda aynı zamanda erozyon riskinin de yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Dik yamaçlar ortaya çıkaran yüksek rölyef değeri bile beraber eğim artmaktadır. Böylelikle akarsularında yatak eğimlerinde artış olmaktadır. Bunun sonucunda çizgisel akışa sahip akarsular çoğalmaktadır. Bu durum havzada kuzey kesimlerde yüksek değerler oluşmasına neden olmaktadır. Bundan dolayıdır ki havza kuzeyinde toprak erozyon riskinin daha fazla olduğu görülmektedir.

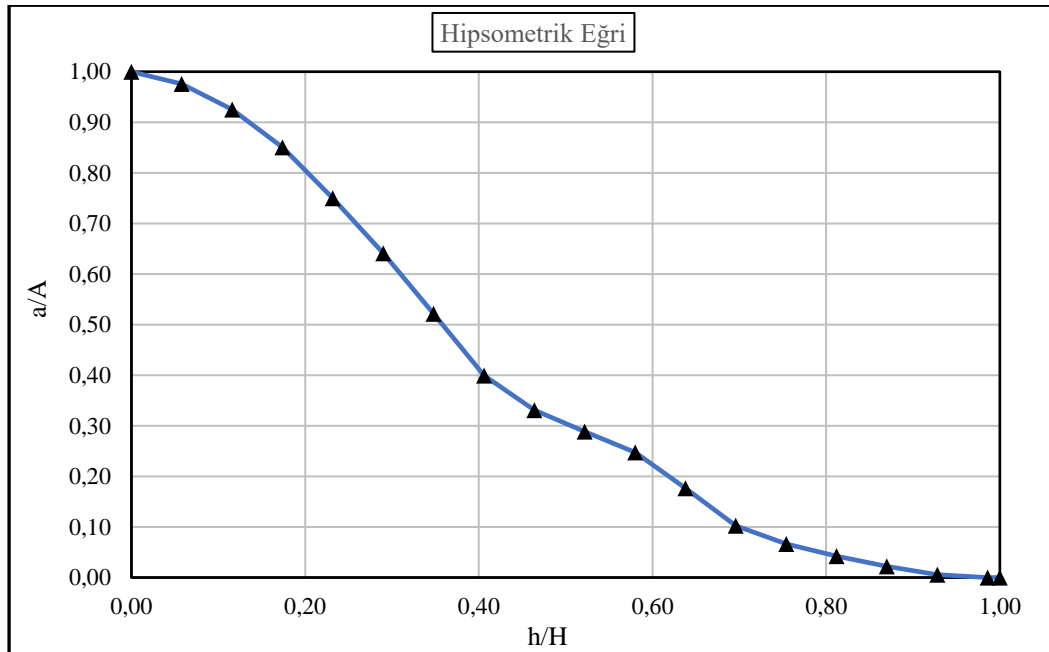
1.4.3.2. Hipsometrik Eğri

Morfometride hipsometrik eğri, bir drenaj havzasının yüzey alanının yükseklik dağılımını görselleştiren bir grafik şeklinde tanımlanmaktadır. Bu eğri, bir havzadaki arazi yüzeyinin farklı yükselti aralıklarında ne kadar alan kapladığını göstermektedir. Havzanın gelişim evresi, erozyon durumu ve topoğrafik özellikleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Eğrinin şekli, havzanın jeolojik yapısını, aşınma süreçlerini ve erozyon direncini belirtmek için katkı sağlamaktadır. Genç ve az aşınmış havzalar genellikle daha dik eğrilerle gösterilirken, olgun ve aşınmış havzalarda eğri daha düz bir profil sahiptir. Bu eğriyi bulmak için yüzey alanları, toplam havza alanına oranlanır daha sonra karşılık gelen yükseklikler toplam yükseltiye oranlanarak bulunur. Bu oranlardan faydalanarak grafik üzerinde bir eğri çizilmektedir. Grafikte yatay eksen yüzey alanını, dikey eksen ise yükseklikleri temsil etmektedir (Strahler, 1952a).

Araştırmacılar çalıştıkları alanın genç, olgun ve yaşlı olduğunu anlamak için hipsometrik eğriden yararlanmaktadır. Eğer eğri içbükey (konkav) bir özellik gösteriyorsa bu durum alanda aşınmaların az, birikmelerin fazla olduğuna kanıttır. Bu tür şekiller olgun havzaları temsil etmektedir. Eğri dışbükey (konveks) şekilli bir özellik gösteriyorsa aşındırmalar demektir. Bu tür şekiller ise genç bir rölyefe sahip havzaları meydana getirmektedir. Hipsometrik integral değeri 0,60'dan büyük olan konveks şeklindeki hipsometrik eğriler genç havzaları; hipsometrik integral değeri 0,35 ve 0,60 arasındaki içbükey şeklindeki eğriler olgun evreye sahip topografyayı oluşturmaktadır. (Tablo 21, Grafik 8) (Strahler, 1952a; Strahler, 1964; Weissel vd., 1994).

Tablo 21: Araştırma alanın hipsometrik eğri değerleri

Hipsometrik Eğri Tablosu					
Yükseklik (h)	Max. Yükseklik (H)	Alan km ² (a)	Havza Alanı YüzeY Alanı (A) km ²	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	2136	3489,12	3489,12	0,00	1,00
213,6	2136	1840,54	3489,12	0,10	0,53
427,2	2136	1122,21	3489,12	0,20	0,32
640,8	2136	672,66	3489,12	0,30	0,19
854,4	2136	366,05	3489,12	0,40	0,10
1068	2136	166,25	3489,12	0,50	0,05
1281,6	2136	71,42	3489,12	0,60	0,02
1495,2	2136	28,67	3489,12	0,70	0,01
1708,8	2136	10,70	3489,12	0,80	0,00
1922,4	2136	2,25	3489,12	0,90	0,00
2136	2136	0	3489,12	1,00	0,00



Grafik 8: Araştırma alanın Hipsometrik Eğri değerleri

Araştırma alanına ait hipsometrik eğrinin dışbükey olduğu görülmektedir (Grafik 8). Küçük Menderes havzası tektonik etkide, eğim fazla ve yamaçların çoğu dışbükey (yapılan yamaç şekli analiz sonucunda; kapladığı 3401,10 km² alan ile havzanın %97'si konveks) görünümündedir. Bu alanlarda erozyon riskinde fazla olduğu görülmüştür. Bu durum erozyonal süreçlerin topoğrafyanın kontrolünde olduğunu kanıtlamaktadır.

1.4.3.3. Gravelius Katsayısı

Gravelius indeksi havzanın şekil karakteri ve rölyef özellikleri hakkında bilgiler sunmaktadır. Aynı zamanda topoğrafyanın havzaya olan etkisi ve akarsu süreçlerini hakkında da fikir sağlayıcı bilgiler vermektedir. Bu çalışmada yüzeysel parametrelerin arasında ele alınmış olan gravelius katsayısı, havzanın çevre uzunluğunun (P) havzayla aynı alana sahip dairenin çevre uzunluğuna oranlaması sonucu bulunmaktadır.

$$Gg = P/2 \times A \pi \times \pi$$

Formül

Havza çevre uzunluğu (km)

Havza alanı (km²)

Küçük Menderes çayı için gravelius katsayısı, 1,65'tir. Bu değer havzanın çevre uzunluğunun yaklaşık 2 katı kıvrımlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Buradan anlaşılıyor ki çalışma alanı topoğrafyanın kontrolündedir. Havza çevresinde engebeli bir topoğrafyanın varlığı, çevre uzunluğunun yüksek değere sahip olmasına neden olmaktadır. Bu durumda arızalı topoğrafik yapıdan erozyon faaliyetlerini kolaylaştırmaktadır. Yüksek çıkan (1,65) gravelius katsayısı yükselti basamakları ve eğim haritalarında; aynı zamanda yapılan arazi gözlemlerinden erozyon faaliyetlerinin topoğrafyanın kontrolünde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.

Küçük Menderes Havzası gravelius indeksi sonucuna göre uzunlamasına bir görünüm arz etmektedir. Bu durumun toprak erozyonu üzerindeki etkisinden söz edilmiştir. Havzada çizgisel erozyonun yoğun olması bundan kaynaklanmakta ve alanda çizgisel erozyon oldukça fazladır.

1.5. İklim Özellikleri

1.5.1. İklim Üzerinde Etkili Faktörler

Dünyadaki iklim tipleri, hava sirkülasyonu ve bulunduğu konuma göre genel bir karakter kazanmaktadır. Konum itibari ile tropikal bölgelerde sıcak iklimler, orta enlemlerde ılıman iklimler, yüksek enlemlerde ise soğuk iklimlerin hakim olduğu bilinmektedir (Koçman, 1984; Atalay, 2010; Erol, 2014). Bir alanın genel iklim karakteri araştırılırken planeter ve coğrafi faktörlerin etkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Araştırma alanı, subtropikal iklim kuşağında sınırlarında bulunmaktadır. Türkiye'nin Ege Coğrafi Bölgesi içerisinde görülen araştırma alanında öncelikle iklim özellikleri üzerinde etkili olan planeter ve coğrafi faktörler ele alınacaktır.

Araştırma alanında doğal ortam şartlarının belirlenmesinde en önemli faktörlerden birisi de iklimdir. İklim elemanlarının fiziki ortam üzerindeki etkisi çeşitlidir. İklim elemanlarının frekansları, etki süreleri, miktarı ya da derecesi; genel sirkülasyon şartları ile coğrafi konum ve yer şekillerine bağlıdır.

Planeter faktörlerin etkisi, yaz ve kış aylarında farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, yaz ve kış dönemindeki; hava kütlelerinin genel durumu ele alınıp incelenecektir.

1.5.1.1. Planeter Faktörler

Ege Bölümü'nde sıcaklık, yağış ve basınç gibi iklim elemanlarının şiddet, süre ve frekansları; hava kütlelerinin özellikleri belirlemektedir. Hava kütlelerinin etki alanları, yıl boyunca meydana gelen basınç merkezlerine, genel hava sirkülasyonuna bağlı olarak kış ve yaz döneminde değişiklik göstermektedir.

Kıyı Ege Bölümü matematik konumu itibariyle, 30°- 40° N paralelleri arasında etkili olan "Batı Rüzgârları Sistemi" içerisinde bulunmaktadır. Ege Bölgesi'nin iklim koşullarının jenetik şartları. Karadeniz ve Doğu Akdeniz havzalarında gelişen aksiyon merkezlerine bağlı sirkülasyon özellikleriyle ilgilidir.

Değinilen özelliklere bağlı olarak bölge yıl içerisinde farklı bölgelerden kaynaklanan değişik hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır. Bu hava kütleleri fiziki coğrafya özelliklerine yani yükselti; dağların uzanış doğrultuları, kara ve deniz üzerinde

takip ettiği güzergáha bağlı olarak termik ve dinamik modifikasyonlara uğramaktadır. Yaz aylarında, Batı Anadolu üzerinde kış boyunca etkili olan hava kütleleri ve cephe sistemleri ilkbahar aylarında da etkisini aralıklarla sürdürmektedir. Geçiş dönemini yansıtan bu koşullar, sıcak mevsim içine sokulmuş kış mevsimi koşullarını andırmaktadır. Bu kısa süren geçiş döneminden sonra **yaz mevsimine** geçilir.

Mayıstan itibaren Avrupa kıtasının ısınmasıyla ve "Batı Rüzgarları" sistemine bağlı yüksek basınç merkezlerinin etki sahasının güneye doğru genişlemesi sonucu, bölge tropikal hava kütlesi (T)'nin etki alanına girer. Bölge üzerinde frontal faaliyetler önemli ölçüde azalır. Aynı dönemde Basra alçak basıncı giderek derinleşip etki alanını genişletir (Erinç, 1957; Atalay, 2010).

Bu tropikal hava kütleleri zaman zaman siklonik hareketlerle Ege Bölgesinin iç kesimlerine kadar ilerlemektedir. Bazen sıcak kökenli karasal tropikal hava kütleleri, kuzey Ege ve Balkanlardan bölgeye sokulan hava akımlarıyla karışır. Ancak bu hava kütleleri de kuzeyden güneye indiklerinden ısınarak kuru hava karakterine bürünmektedir.

Bu özelliklere bağlı olarak nisbi nem azalmakta ve havanın yoğuşma seviyesi de yükselmektedir. Bütün bu özellikler birleşince, bölgede genel olarak kurak koşullar hakim olmaktadır. Ayrıca tek bir hava kütesinin etkili olması, frontal (cephe) faaliyetlerin oluşmasını engellediğinden yaz dönemi yağışsız geçer.

Bölgede Eylül'e kadar bu hava kütlesi etkili olmaktadır. Ekimden itibaren soğumaya başlayan Doğu ve Orta Avrupa'da genişleyen antisiklon merkezlerinden gelen hava kütleleri bölgeyi etkilemeye başlamasıyla kış mevsimine geçilir.

Kış aylarında, bölge üzerindeki hava akımları, Karadeniz ve Doğu Akdeniz havzalarında gelişen cephe sistemlerince kontrol edilmektedir. **Kış aylarında** bölgeye kuzey ve batıdan gelen nemli-soğuk hava akımlar (maritim polar hava kütleleri mP) sokulmaya başlar. Aynı dönemde, güneyden gelen sıcak karakterli hava kütleleri sokulur. Farklı özelliklere sahip bu hava kütlelerinin etkili olmasıyla Kasımdan Mayıs'a kadar süren dönemde frontal (cephesel) yağışlar gerçekleşir. Sıcak ve soğuk cephelerin mevcudiyetine bağlı olarak ılık ve soğuk hava kütleleri döne döne hareket ederek sık sık yer değiştirir. Bulutlu ve yağışlı gün sayılarında artışlar olur.

Kuzeydeki yüksek plâto ve dağlardan (Karpatlar ve Balkanlar gibi) güneye Akdeniz havzasına inen hava kütleleri burada bir süre beklemesiyle yeni özellikler kazanmaktadır. Hava kütlelerinin sıcaklığı yükselirken alabileceği nem miktarının da artmasıyla kararsız duruma geçmektedir. Bu yeni özellikler kazanan hava kütlesi "Akdeniz Hava Kütlesi" olarak anılmakta olup Ege bölümünde ve özellikle kıyı kesiminde zaman zaman şiddetli yağışlara neden olmaktadır.

Bölgemizi kış aylarında etkisi altına alan bir başka hava kütlesi de, Orta ve Doğu Avrupa üzerindeki yüksek basınç merkezlerinden Adriyatik ve Ege kıyılarına ulaşan kontinental polar (cP) hava külesidir. Bu hava kütleleri kuzeyli ve kuzeydoğulu hava akımlarıyla bölgede etkili oldukları zaman çok düşük sıcaklıklara, "donlu günlere" neden olmaktadır. Yine aynı hava kütleleri Doğu Akdeniz üzerinden kuzeydoğuya ilerleyen Akdeniz depresyonlarının sıcak cephesiyle karşılaştığında şiddetli yağışlara neden olmaktadır. Kış aylarında farklı özelliklere sahip hava kütlelerinin bölge üzerindeki hareketlerine bağlı olarak ılık-soğuk, orajlı ve sağanak yağışlı hava tipleri görülür (Türkeş, 2010).

Ege Bölgesini etkileyen bir başka cP hava kütlesi de Hazar Denizi kaynaklıdır. Kış aylarında genel olarak Anadolu'nun iç kısımlarını etkisi altına alan hava kütlesi. İç Batı Anadolu eşiğini geçerek Ege kıyılarına kadar zaman zaman ulaşmaktadır. Kışın doğu sektörlü hava akımlarının frekansında artış kaydedilmesi, yağışsız açık günler ve düşük sıcaklıkların yaşanmasının nedeni, cP hava külesidir. Batı Anadolu'da, Kuzey Afrika üzerinden Akdeniz'e ve Güney Ege'ye kadar ulaşan cT (kontinental tropikal hava kütlesi) Akdeniz üzerinden geçerken bünyesine nem alarak kararsız duruma geçmektedir. Akdeniz depresyonları (siklonları)'yla karşılaşınca sıcak cephe oluşarak şiddetli yağışlara neden olmaktadır (Türkeş, 2010).

1.5.1.2. Coğrafi Faktörler

Yerküre ikliminin oluşmasında sadece küresel faktörler etkili olması durumunda aynı enlem üzerinde bulunan alanların iklim karakterinin aynı olması beklenilir. Ülkemizde ise Karadeniz Bölgesi'nden Akdeniz Bölgesi'ne gidilmesi durumunda havanın düzenli ısınacağı düşünülür. Fakat bu durum hem yerküre üzerinde hem de ülkemizde belirtilen şekilde olmamaktadır. Küresel faktörlerin yanında bölgesel ve yerel faktörlerde iklim üzerinde son derece etkilidir. Araştırma alanındaki yükselti, eğim,

bakı, dağların uzanış doğrultusu ve arazinin yarılma derecesi gibi topografya şartları yerel alandaki iklimin farklılaşmasında etkili olan önemli faktörler arasındadır. Ege Bölgesi'nin Adalar denizine çok girintili-çıkıntılı bir kıyı ile açılan Ege Bölüm Bababurnu'ndan başlar; güneyde Dalaman Çayı yakınlarına kadar uzanır. Bölümün yerçekimleri ana hatlarıyla dislokasyonların neden olduğu doğu-batı doğrultulu horst-graben sistemleridir. Bu sistem, kıyıya dik inen yüksek relief ile arada kalan geniş alüvyon tabanlı oluk biçimindeki vadileri meydana getirmektedir. Tektonik hareketlerin eseri olan yüksek dağlık kütle ile grabenler arasında önemli ölçüde yükselti farkı vardır. Örneğin Bozdağlar silsilesindeki Bozdağ Tepe (2159 m), Babadağ (2308 m) ve Honaz dağı (2571 m) kütlelerinde yükselti 2000 m'nin üzerindedir. Bunların dışında Ege bölgesindeki plâtolar; Uşak, Demirci ve Denizli yörelerinde ortalama 1000 m yükseltiye sahipken batıya doğru Kula, Gördes, Buldan, Kiraz ve Kozak çevresinde 600- 700 m dolayındadır. Kenarları tektonik oluklarla sınırlanmış bu plâtolar pek çok yerde akarsular tarafından derin bir şekilde yarılmıştır.

1.5.2. İklim Elemanları

1.5.2.1. Sıcaklık

Ortalama Sıcaklık

Çalışma sahasının aylık ve yıllık ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında; yıllık ortalama sıcaklık değerleri 10,7 °C ile 18,3°C arasında değişmektedir (Harita 9).

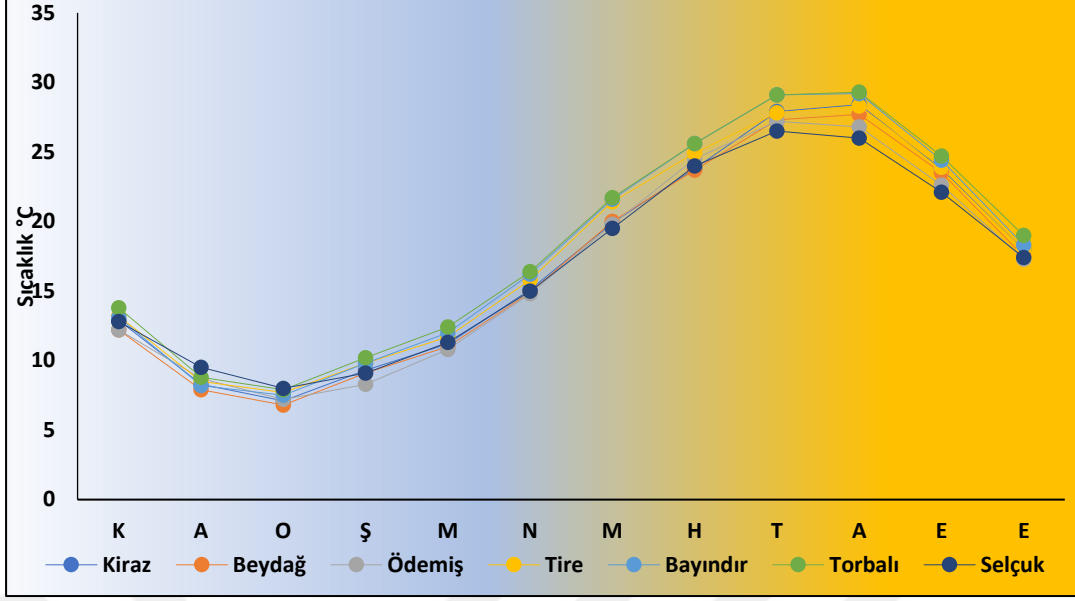
Yılın en sıcak dönemi yaz mevsimidir. Bölge tropikal hava kütlesi (T)'nin etki alanına girer. Bu dönemde Basra alçak basıncı giderek derinleşip etki alanını genişletmesinden dolayı çalışma sahasında sıcaklıklar yaz aylarında artmaktadır. Adı geçen tropikal hava kütleleri zaman zaman siklonik hareketlerle Ege Bölgesi'ne kadar sokulur. Bazen sıcak kökenli karasal tropikal hava kütleleri, kuzey Ege ve Balkanlardan bölgeye sokulan hava akımlarıyla karışır. Ancak bu hava kütleleri de kuzeyden güneye indiklerinden ısınarak kuru hava karakterine bürünmektedir. Bu sebepten dolayı yaz aylarında sıcaklıkların ortalaması artmaktadır.

Torbalı istasyonunda en yüksek sıcaklık ortalaması 29,3 °C ile Ağustos ayında kaydedilmiştir (Harita 10). Kış aylarında ise en düşük sıcaklık görülmektedir. Kış

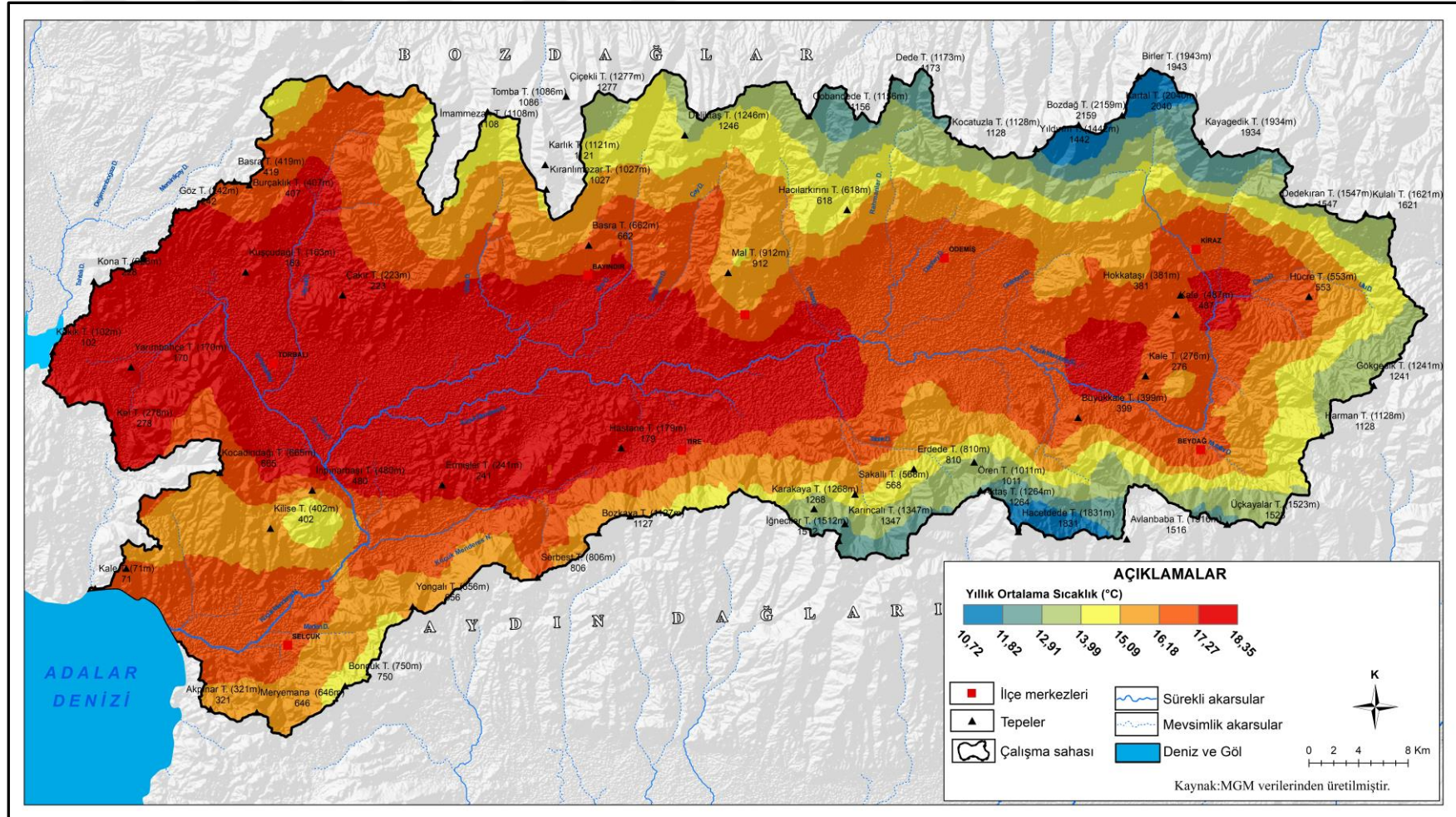
aylarında araştırma alanında en düşük sıcaklıkları Ocak ayında Beydağ istasyonunda 6,8°C olarak yaşanmıştır (Tablo 22, Grafik 9, Harita 11).

Tablo 22: Araştırma alanın aylık ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri

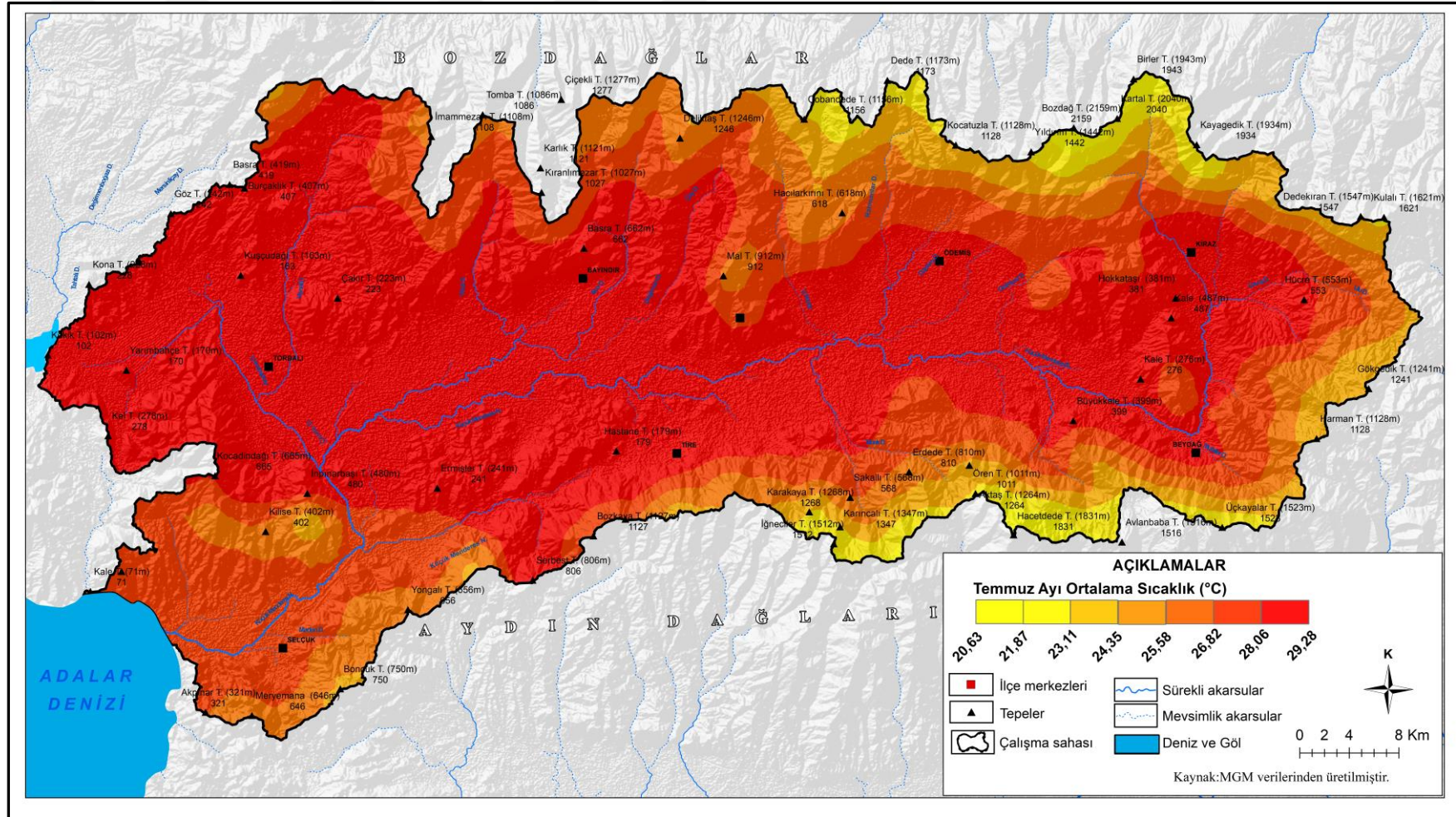
Ort. Sıcaklık (°C)	Yükselti (m)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Kiraz	310	7,1	9,3	11,2	15,1	19,9	23,8	27,9	28,4	23,8	18	12,9	8,3	17,1
Beydağ	215	6,8	9,1	11	14,9	20	23,7	27,3	27,7	23,5	17,5	12,2	7,9	16,8
Ödemiş	111	7,2	8,3	10,8	14,8	19,8	24,5	27,2	26,8	22,6	17,3	12,2	8,7	16,7
Tire	70	7,7	9,8	11,7	15,8	21,4	24,9	27,8	28,3	23,9	18	13,2	8,5	17,6
Bayındır	70	7,5	9,8	12	16,2	21,6	25,6	29,1	29,2	24,4	18,3	13,1	8,2	17,9
Torbali	60	7,9	10,2	12,4	16,4	21,7	25,6	29,1	29,3	24,7	19	13,8	8,8	18,2
Selçuk	18	8	9,1	11,3	15	19,5	24	26,5	26	22,1	17,4	12,8	9,5	16,8

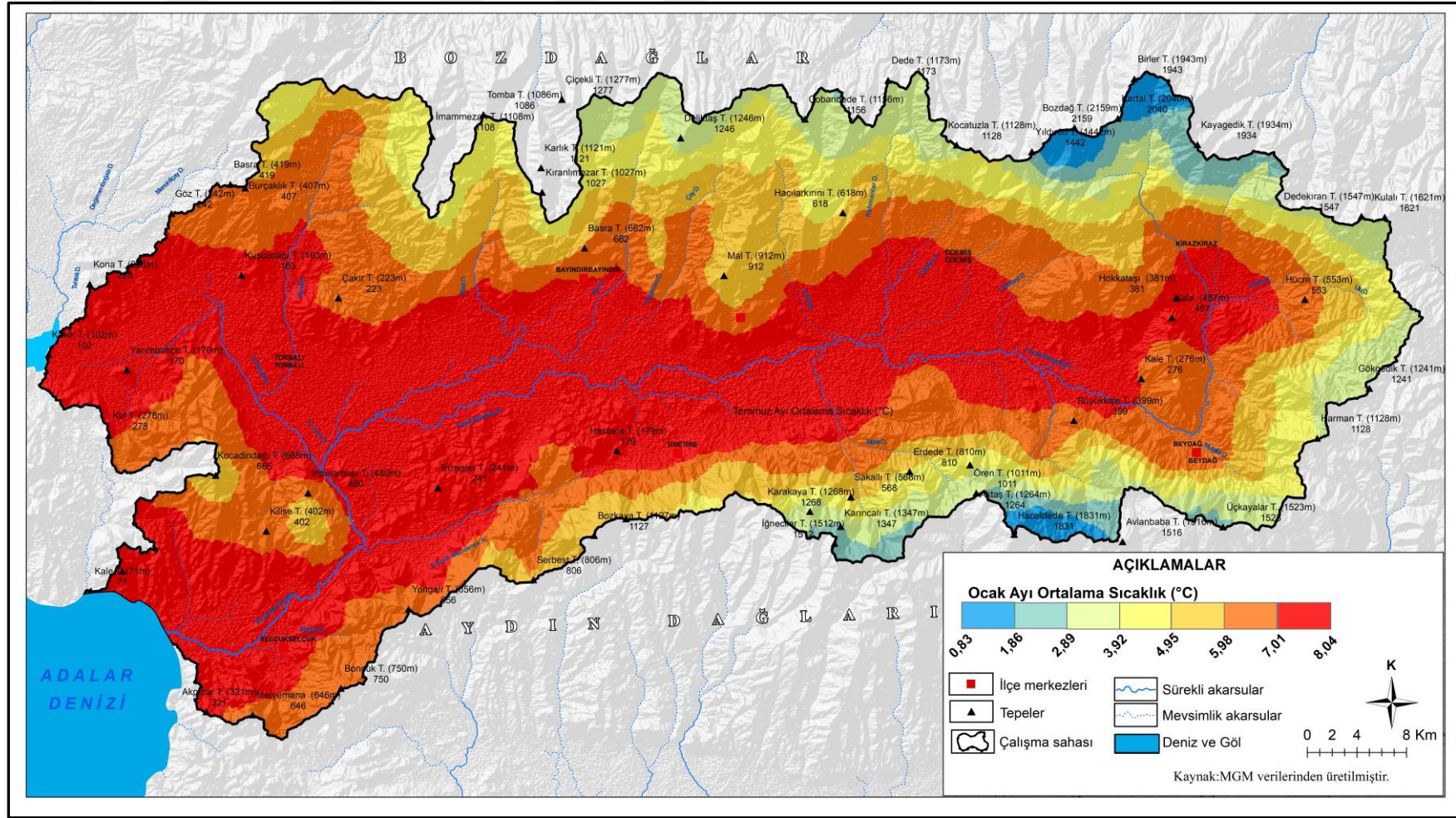


Grafik 9: Aylık ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri



Haritalar 9: Küçük Menderes Havzası yıllık ortalama sıcaklık haritası





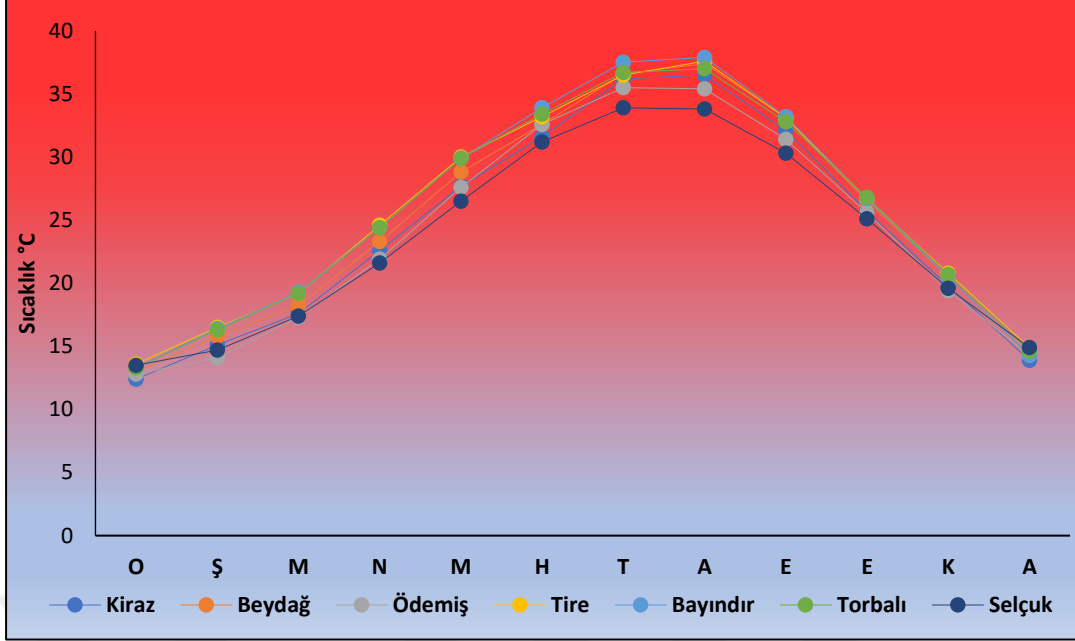
Ortalama Maksimum Sıcaklık

Araştırma alanında bulunan istasyonlardan elde edilen verilere göre sıcaklığın yıl içindeki seyrine bakıldığında, araştırma alanında maksimum sıcaklık 21,8°C ile 29,2°C arasında değişmektedir (Tablo 23).

Maksimum sıcaklığın aylara göre dağılımına bakıldığında Haziran, Temmuz ve Ağustos yaz aylarında yaşandığı görülmektedir. Ağustos ayında, Bayındır'da 37,9 °C, Tire'de 37,6°C'de olduğu saptanmıştır. Temmuz ayında ise en yüksek sıcaklık Bayındır'da 37,5°C ve Torbalı'da 36,7 olduğu görülmektedir (Grafik 10). Özellikle yaz aylarında yüksek sıcaklıkların görülmesi yüzey alanın kaplayan birçok otsu türünün kurumasına neden olup arazinin erozyona karşı dirençsiz olmasına neden olacağı düşünülmektedir.

Tablo 23: Araştırma alanının aylık ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri

Ort. Mak. Sıcaklık (°C)	Yükselti (m)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Kiraz	310	12,4	15,1	17,6	22,6	27,7	31,6	36,2	36,5	32,1	25,7	19,8	13,9	24,3
Beydağ	215	13	15,8	18,2	23,3	28,8	32,6	36,6	37,4	33,1	26,5	20,5	14,3	25,0
Ödemiş	111	12,8	14,1	17,3	21,9	27,6	32,6	35,5	35,4	31,4	25,6	19,4	14,3	24
Tire	70	13,6	16,5	19,2	24,6	30	33,2	36,5	37,6	33,1	26,7	20,8	14,9	25,6
Bayındır	70	13,3	16,4	19,3	24,4	29,9	33,9	37,5	37,9	33,2	26,7	20,5	14,3	25,6
Torbalı	60	13,3	16,3	19,2	24,4	29,9	33,4	36,7	37	32,8	26,8	20,7	14,6	25,4
Selçuk	18	13,5	14,7	17,4	21,6	26,5	31,2	33,9	33,8	30,3	25,1	19,6	14,9	23,5



Grafik 10: Aylık ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri

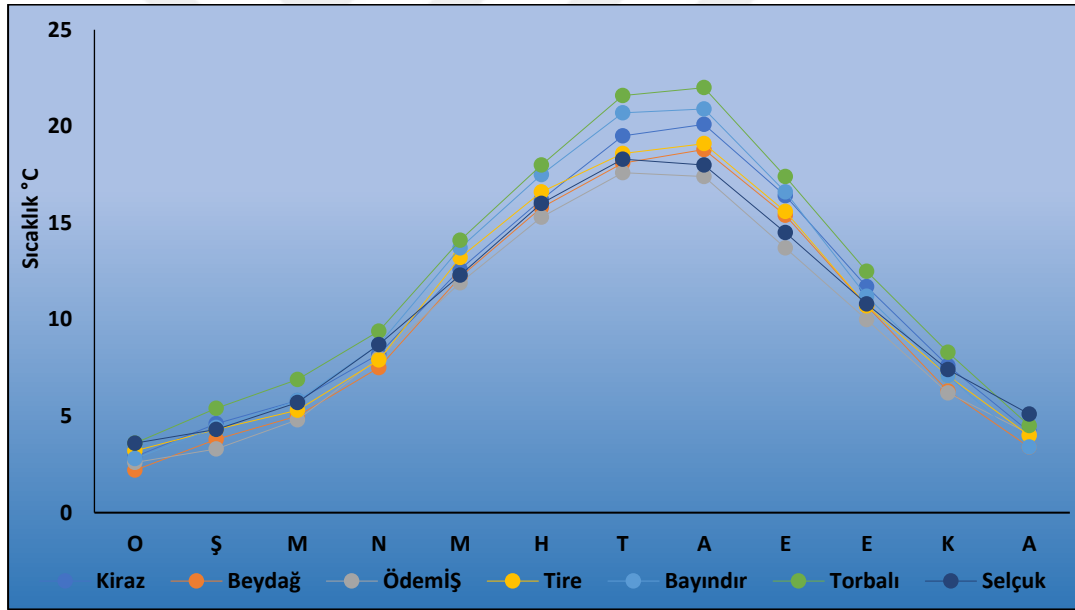
Ortalama Minimum Sıcaklık

Kış aylarında, bölge üzerindeki hava akımları, Karadeniz ve Doğu Akdeniz havzalarında gelişen cephe sistemlerince kontrol edilmektedir. **Kış aylarında** bölgeye kuzey ve batıdan gelen nemli-soğuk hava akımlar (maritim polar hava kütleleri mP) sokulmaya başlar. Bu nedenlerden dolayı bölgenin sıcaklık değerlerinde ciddi oranda azalma görülür. Araştırma alanının yıllık ortalama minimum sıcaklık değeri 9,6 ile 12 °C arasında değişmektedir. En düşük yıllık değer Ödemiş istasyonunda görülürken, en yüksek değer ise Torbalı istasyonunda olduğu saptanmıştır (Tablo 24, Grafik 11).

Alanda en düşük sıcaklıklar özellikle kış aylarında görülmektedir. Bu dönemde Aralık ayında Bayındır ve Beydağ'da Ocak ayında 3,4 °C iken en düşük sıcaklıklar ise 2,2 °C ile Beydağ istasyonunda yaşandığı görülmüştür.

Tablo 24: Araştırma alanının aylık ve yıllık ortalama minimum sıcaklık değerleri

Ort. Min. Sıcaklık (°C)	Yükselti (m)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Kiraz	310	2,9	4,6	5,8	8,2	2,6	6,2	9,5	0,1	6,4	1,7	7,6	4,2	10,8
Beydağ	215	2,2	3,8	5	7,5	12,2	15,8	18,1	18,8	15,4	10,7	6,3	3,4	9,9
Ödemiş	111	2,6	3,3	4,8	8	1,9	15,3	17,6	17,4	3,7	10	6,2	4,1	9,6
Tire	70	3,2	4,3	5,3	7,9	13,2	16,6	18,6	19,1	15,6	10,7	7,1	4	10,5
Bayındır	70	2,8	4,4	5,8	8,7	13,7	17,5	20,7	20,9	16,6	11,2	7,1	3,4	11,1
Torbali	60	3,6	5,4	6,9	9,4	14,1	18	21,6	22	7,4	12,5	8,3	4,5	12
Selçuk	18	3,6	4,3	5,7	8,7	12,3	16	18,3	18	14,5	10,8	7,4	5,1	10,4



Grafik 11: Aylık ve yıllık ortalama minimum sıcaklık değerleri

1.5.2.2. Nem

Ortalama Nem Değerleri (%)

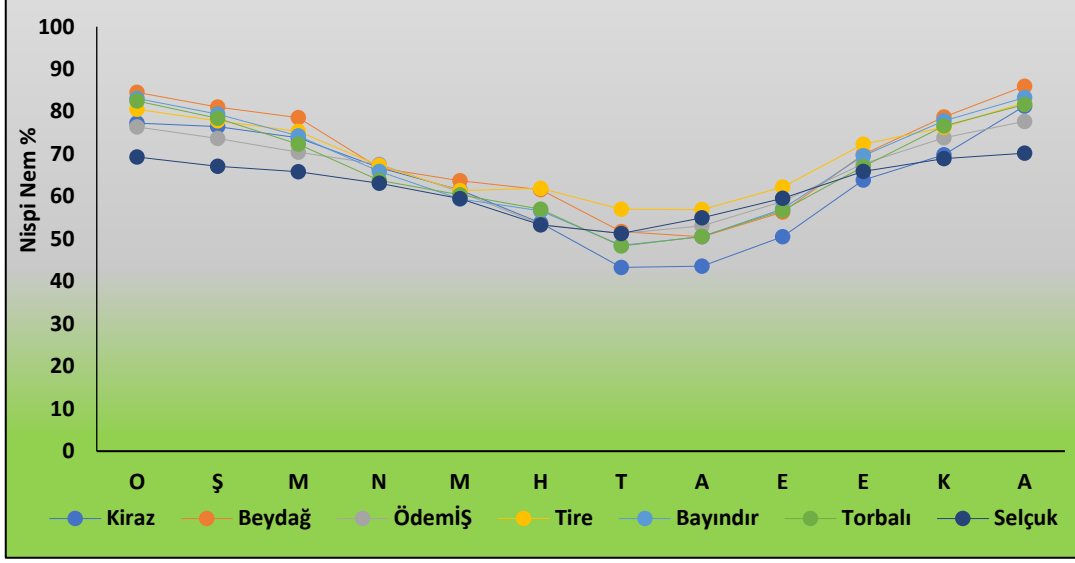
Türkiye’de buharlaşma miktarını etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Buharlaşma oranı, bölgeden bölgeye önemli ölçüde farklılıklar göstermektedir. Buharlaşmada etkili olan unsurların başında sıcaklık ve havadaki bağıl nem gelmektedir. Buharlaşmanın en yoğun olduğu zamanlar, genellikle bağıl nemin düşük ve sıcaklığın

yüksek olduğu yaz aylarıdır. Buharlaşma ile sıcaklık arasında doğrudan bir ilişki olduğu göze çarpmaktadır. Kış mevsiminde düşük olan buharlaşma, sıcaklıkların yükselmesiyle artış gösterir ve yaz aylarında en yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Havzada yıllık ortalama nispi nem % 69,3 ile % 62,4 arasında olduğu görülmektedir (Tablo 25).

Çalışma alanında kış mevsiminde ise en yüksek seviyelere çıkan ortalama nispi nem yaz mevsiminde düşük değerlere sahiptir. En yüksek değerler kış aylarında olup ortalama nispi nem değerlerinin % 75-80 civarında olurken, yaz aylarında bu oran azalarak % 50 oranlarına kadar düşmektedir (Grafik 12). Özellikle yaz aylarında bölgede nem azalmasından dolayı yüzeyi örtü gibi örtüp güneş etkisinden koruyan birçok otsu türün kurumasına neden olmaktadır. Arazinin çıplak kalması sonucunda rüzgar erozyonuna açık hale gelmesine neden olmaktadır.

Tablo 25: Araştırma alanının aylık ve yıllık ortalama bağıl nem değerleri (%)

Ort. Min. Sıcaklık (°C)	Yükselti (m)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Kiraz	310	77,3	76,5	73,8	66,8	61,5	53,8	43,3	43,6	50,5	63,9	69,8	81,3	63,5
Beydağ	215	84,5	81,1	78,6	66,7	63,7	61,6	51,7	50,5	56,3	69,9	78,7	86	69,1
Ödemiş	111	76,4	73,7	70,4	67,6	61,1	53,4	51,3	53,1	58,8	67,7	73,8	77,7	65,4
Tire	70	80,5	77,8	75,3	67,3	61,4	61,9	57	56,9	62,2	72,3	76,3	82,1	69,3
Bayındır	70	83,1	79,4	74,3	65,9	59,4	56,6	48,5	50,5	57,1	69,6	77,8	83,3	67,1
Torbali	60	82,5	78,4	72,3	63,8	60,4	57	48,3	50,6	56,7	67	76,6	81,7	66,3
Selçuk	18	69,3	67,1	65,8	63,1	59,5	53,3	51,3	55	59,6	65,9	68,9	70,2	62,4



Grafik 12: Aylık ve yıllık ortalama bağıl nem değerleri

1.5.2.3. Yağış

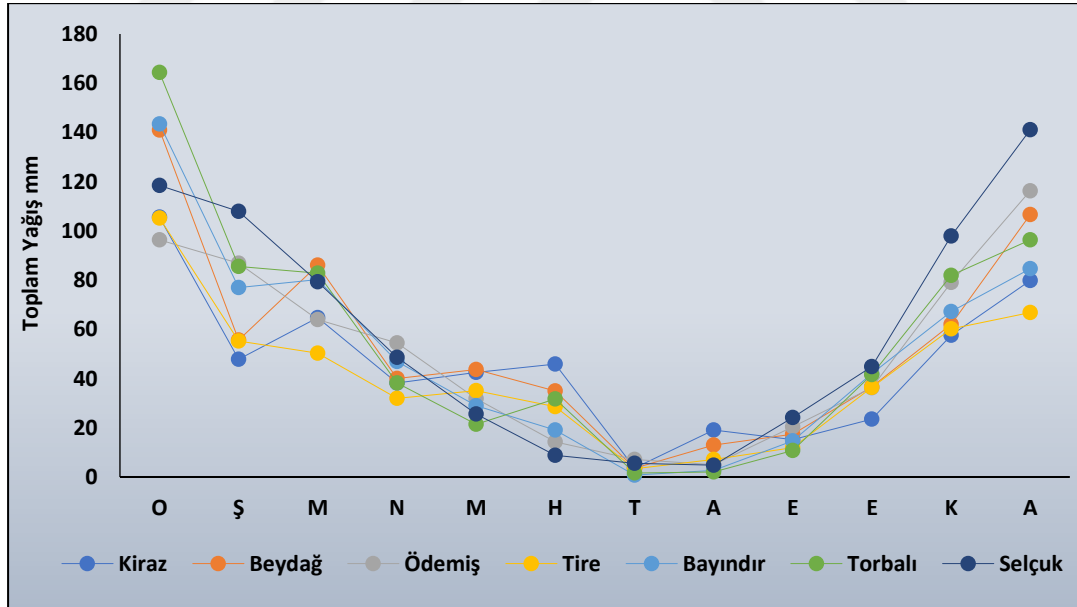
Toplam Yağış Değerleri (mm)

Havza alanı içinde bulunan meteoroloji istasyonlarının verilerine dayanarak yağış haritası oluşturulmuştur. Havza en az yağışı yaz aylarında alırken en fazla yağış ise kış aylarında almaktadır. Havzadaki fiziki coğrafya özellikleri ve planeter faktörler yağışın mevsimlere olan dağılışında önemli rol oynamaktadır. Havzada kasım ayın ilk haftalarında polar cephenin alana girmesiyle yağış başlamaktadır. Bu ilkbahar sonlarına kadar sürmektedir. Yazın aylarında ise yağış miktarında önemli bir azalma meydana gelmektedir.

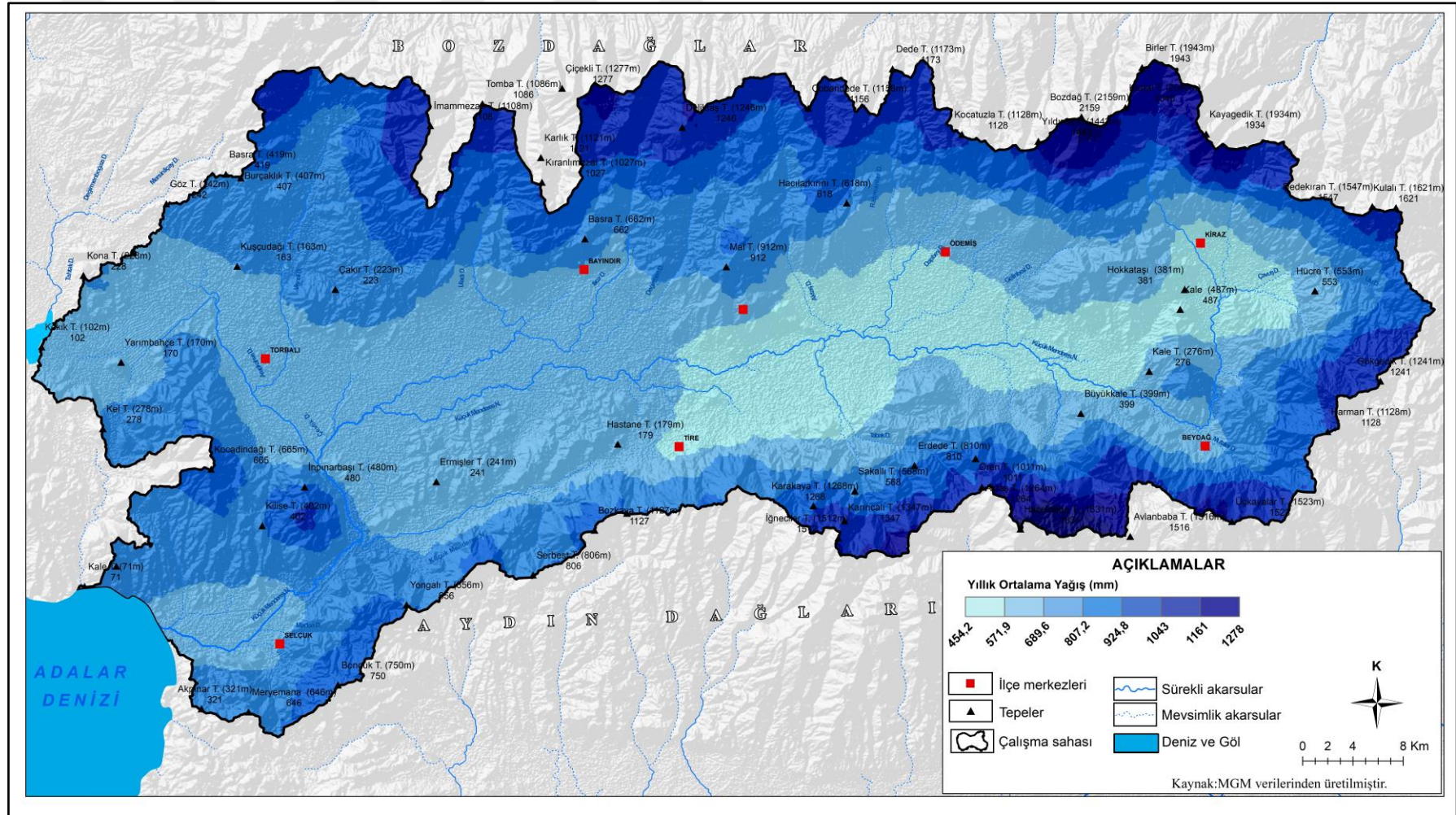
Çalışma sahası yıllık 554,2 mm ile 1,278 mm arasında yağış almaktadır (Harita 12). En yüksek yağış değerlerini denizel havaya açık olan yüksek sahaların alırken, en düşük yağış miktarını ise alçak sahaların almaktadır. Yaz ayların bölgede yağış miktarı ciddi oranda düşmektedir. Bayındır'da temmuz ayında 0,77 mm, Torbalı'da temmuz ayında 1,6 mm ile yağışın en az düştüğü istasyonlardır. En fazla yağın ise kış aylarında olduğu görülmektedir (Tablo 26, Grafik 13).

Tablo 26: Araştırma alanı aylık ve yıllık toplam yağış değerleri (mm)

Toplam Yağış (mm)	Yükselti (m)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Kiraz	310	106	47,9	64,7	38,2	42,5	45,9	3,63	19	15,1	23,5	57,6	79,8	543,4
Beydağ	215	141	55,7	86,1	40	43,6	34,9	3,58	13	17,3	36,6	62,1	107	640,5
Ödemiş	111	96,4	86,8	64	54,5	31,8	14,2	7,1	5	20,4	36,3	79,1	116	611,9
Tire	70	105	55,2	50,3	32	35,1	28,5	3,36	7,13	12	36,4	60,1	66,8	492,32
Bayındır	70	143	77	80,2	46,9	28,9	19,1	0,77	2,69	14,6	42	67,2	84,6	607,39
Torbali	60	164	85,5	82,8	38,2	21,4	31,7	1,6	1,99	10,7	41,6	81,9	96,3	658,12
Selçuk	18	119	108	79,3	48,6	25,6	8,8	5,6	4,8	24,1	44,8	97,9	141	707



Grafik 13: Aylık ve yıllık toplam yağış değerleri



Haritalar 12: Küçük Menderes Havzası toplam yağış haritası

1.5.2.4. Basınç

Türkiye, matematik konumu ve orta kuşakta bulunmasından dolayı Sibiryâ, İzlanda, Asor ve Basra basınç merkezlerinin etkisinde kalmaktadır. Bu basınç merkezleri yıl içinde etki alanlarını zaman zaman genişletip daraltmaktadır (Atalay, 2010). Ege Bölgesi'nde etkili olan basınç sistemleri, bölgenin coğrafi konumu ve iklim özelliklerine bağlı olarak değişir.

Ege Bölgesi'nde genel olarak basınç sistemleri etkili olan basınç sistemleri **Sibiryâ Yüksek Basıncı**; bu sistem, Balkanlar ve Türkiye'ye soğuk ve kuru hava kütlelerini getirmektedir. **Azor Yüksek Basıncı**; genellikle yaz aylarında etkili olur ve Akdeniz üzerinden gelen sıcak ve kuru hava kütlelerini bölgeye taşımaktadır. **İzlanda Alçak Basıncı**; özellikle kış ve ilkbahar aylarında etkili olan bu sistem, Ege Bölgesi'ne yağışlı ve serin hava getirmektedir **Akdeniz Alçak Basıncı**; bu sistem genellikle kış aylarında etkili olur ve Ege Bölgesi'ne bol miktarda yağış getirmektedir. Akdeniz üzerinde oluşan alçak basınçlar, güneyli rüzgarlarla birlikte bölgeye nemli hava taşımaktadır.

Bu basınç sistemlerinin yanı sıra yaz aylarında, gündüzleri denizden karaya doğru esen ve geceleri karadan denize doğru esen meltem rüzgarları da alanda etkili olmaktadır. Meltem rüzgarları yerel basınç farklılıklarından kaynaklanır ve bölgenin ikliminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu basınç sistemleri ve rüzgarlar, Ege Bölgesi'nin iklimini ve hava koşullarını belirlemektedir. Yaz aylarında genellikle yüksek basınç sistemleri ve meltem rüzgarları etkili olurken, kış aylarında alçak basınç sistemleri daha fazla etki göstermektedir.

Araştırma alanı ve yakın çevresinde bulunan istasyonlarda basınç ölçümü yapan Bayındır, Ödemiş, Torbalı, Tire ve Selçuk olmak üzere beş istasyon vardır (Tablo 27). Bayındır istasyonuna ait yıllık ortalama basınç değeri 1005,9 hPa olarak ölçümlenmiştir. İstasyonun aylık basınç ölçümleri değerlendirildiğinde en fazla 1011,5 hPa ile aralık ayında, en az ise 999,7 hPa ile de temmuz ayında olduğu tespit edilmiştir. Ödemiş'te ise yıllık ortalama basınç değeri 1000,4 hPa olarak ölçümlenmiştir. Aylık ortalama basınç değerlerinde ise en fazla 1004,0 hPa ile kasım ayında, 995,3 hPa ile de en az temmuz ayında olduğu görülmektedir. Torbalı istasyonunun yıllık hPa değeri ise 1007,6 hPa olarak görülmektedir. Yapılan ölçümlere aylık olarak bakıldığında en yüksek ortalama basınç 1013,2 hPa değeri ile aralık ayıdır. En düşük ortalama basınç değerleri ise 1001,5

hPa değeri ile temmuz ayında olduğu tespit edilmiştir. Tire’de yıllık ortalama basınç değeri 1005,0 hPa olarak ölçümlenmiştir. Aylık ortalama basınç değerlerinde ise en fazla 1010,6 hPa ile aralık ayında, 998,9 hPa ile de en az temmuz ayında olduğu görülmektedir. Selçuk istasyonunda yıllık ortalama basınç değeri 1012,4 hPa olarak ölçümlenmiştir. Aylık ortalama basınç değerlerinde ise en fazla 1016,6 hPa ile aralık ayında, 1006, hPa ile de en az temmuz ayında olduğu görülmektedir. Ölçümlenen tüm istasyonlarda basınç değerleri en fazla aralık ayında iken en az ise temmuz ayında olduğu görülmektedir. Basınç değerleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde en yüksek basınç değerleri kış mevsiminde en düşük basınç değerleri ise yaz mevsimindedir.

Tablo 27: Araştırma alanı ve yakın çevresinde bulunan istasyonlarda ölçümlenen ortalama basınç değerleri (hPa)

İst.	Yükselti (m)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Ödemiş	111	100 3,5	100 2,6	100 1,2	999 ,6	999, 3	997, 7	995 ,3	995, 9	999, 5	100 2,6	100 4,0	100 3,9	1000,4
Tire	70	100 8,1	100 8,3	100 5,4	100 5,2	100 3,0	100 1,5	998 ,9	999, 5	100 3,4	100 7,3	100 9,1	101 0,6	1005,0
Bayındır	70	100 9,0	100 9,1	100 6,4	100 6,2	100 4,0	100 2,3	999 ,7	100 0,3	100 4,2	100 8,1	101 0,0	101 1,5	1005,9
Torbali	60	101 0,8	101 1,1	100 7,9	100 7,9	100 5,6	100 4,0	100 1,5	100 2,1	100 6,0	100 9,9	101 1,7	101 3,2	1007,6
Selçuk	18	101 6	101 4,7	101 3,1	101 1,1	101 0	100 8,9	100 6,7	100 7,6	101 1,7	101 4,9	101 7	101 6,6	1012,4

Kaynak: MGM verileri kullanılarak üretilmiştir.

1.5.2.5. Rüzgâr

Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)

Rüzgâr, farklı alanlarda bulunan nemli havayı kurak alanlara taşıyarak bölgede bulunan canlıların nem ve su ihtiyacının karşılanmasına katkıda bulunmaktadır. Hava sirkülasyonunu düzenleyerek, bitkinin etrafındaki CO₂ oranı düşük havanın, CO₂ oranı yüksek hava ile yer değiştirmesini sağlayarak fotosentezi arttırmaktadır. Aynı zamanda bitkilerde tozlanma ve döllenmeye yardımcı olmaktadır. Bitkiler, rüzgâr sayesinde erkek

tohumların yer değiştirip dişi çiçeklere ulaşmasını sağlayarak tür devamlılığının devam etmesinde önemli rol almaktadır. Sıcak karakterli rüzgârlar, bölgede yetiştirilen bitkilerin gelişimi ve verimi üzerinde olumlu etkide bulur.

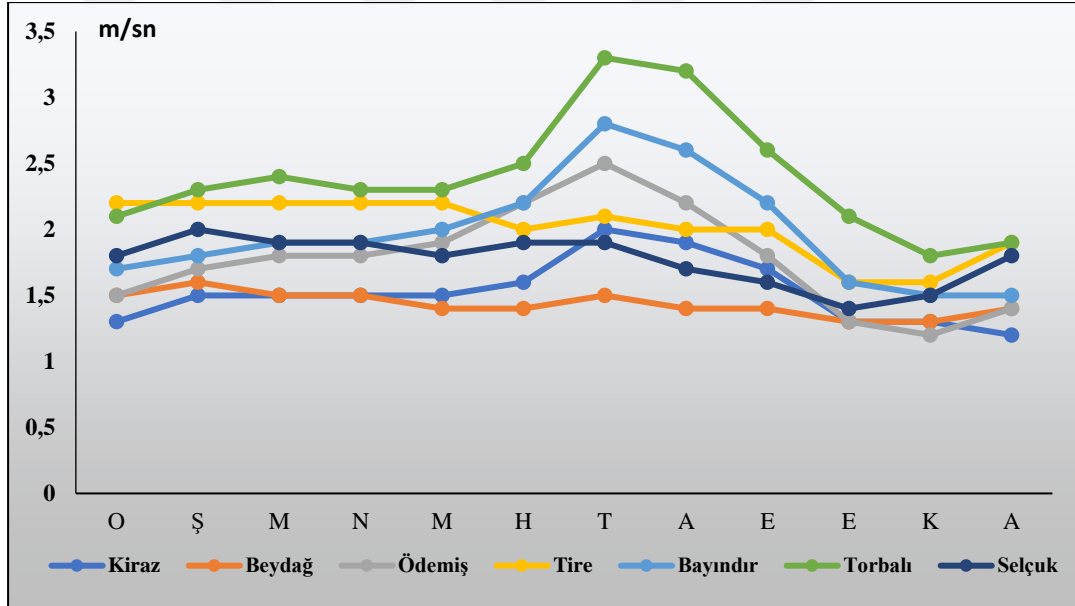
Mekanik etkileri, rüzgâr hızı arttıkça, bitkiler üzerinde mekanik olarak zararlı etkide bulunur. Örneğin rüzgâr hızı 10 m/sn olunca küçük ağaç dallarını oynatır. 20 m/sn' ye çıkınca ağaçların büyük dalları sallanır ve bu hız karşısında tarla bitkileri tamamen yere yatar, çiçek, tane ve meyveleri döker, bitki yaprakları parçalanır. 40 m/sn olunca ağaçlar devrilir, binaların damları uçmaktadır. Rüzgârın fiziksel etkileri bu şekilde olurken bitkiler üzerinde olan etkisi daha karmaşık ve hayati bir önem göstermektedir (Karaoğlu, 2018).

Fizyolojik etkileri, rüzgârın bitkilere olan en önemli zararlı etkilerinden biri kurutmadır. Rüzgâr, toprağın hemen üst katında toprak suyunun buharlaşması ve bitkilerin normal miktarda transpirasyonları sonucu çevrelerinde meydana gelen nispi nemi yüksek olan havayı götürür ve yerine nispi nemi düşük kuru havayı getirir. Bunun sonucu da bitkilerde transpirasyon artar, bir başka deyişle, artan rüzgâr hızına bağlı olarak, bitkilerde transpirasyonla kaybedilen su miktarı fazla olur. Rüzgâr hızı arttıkça bitkilerde transpirasyonla su kaybı artmakta, bitkinin ürettiği kuru madde miktarı ise azalmaktadır. Bütün bunların sonucu olarak bitki, artan transpirasyonla kaybettiği aşırı miktardaki suyu, kökleri ile topraktan karşılayamayacak duruma gelir, bitki solmaya başlar ve kurur (Eriş, 1995; Atalay, 2014).

Araştırma alanı olarak seçilen ortalama rüzgâr hızı (m/sn) incelendiğinde yıllık 2,4 ile 1,5 m/sn arasında değiştiği görülmektedir. Temmuz ve ağustos aylarında Torbalı istasyonun bulunduğu konumlarda Bofor Ölçeğine göre rüzgâr hızının 3,2 ile 3,3 m/sn civarında olduğu tespit edilmiştir. Rüzgâr varlığı ise havada bulunan dumana yön verecek kadar sakin olup ağaç yapraklarında titreşime neden olacak seyirde olduğu görülmüştür (Tablo 28, Grafik 14). Yaz aylarında ortalama rüzgar hızı 1,5 ile 2,2 arasında olduğu görülmektedir. Yaz aylarında yağışın ve nem değerlerinin az olmasından dolayı arazi yüzeyinde örtü görevi gören otsu türlerin kurummasından dolayı rüzgar erozyonun fazla olmasına neden olacaktır.

Tablo 28: Araştırma alan aylık ve yıllık rüzgâr hızının değerleri (m/sn)

Ort. Rüzgâr Hızı m/sn	Yükselti (m)	YILLIK												
		O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Kiraz	310	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	2	1,9	1,7	1,3	1,3	1,2	1,5
Beydağ	215	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4
Ödemiş	111	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	2,2	2,5	2,2	1,8	1,3	1,2	1,4	1,8
Tire	70	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2	2,1	2	2	1,6	1,6	1,9	2
Bayındır	70	1,7	1,8	1,9	1,9	2	2,2	2,8	2,6	2,2	1,6	1,5	1,5	2
Torbali	60	2,1	2,3	2,4	2,3	2,3	2,5	3,3	3,2	2,6	2,1	1,8	1,9	2,4
Selçuk	18	1,8	2	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,5	1,8	1,8



Grafik 14: Araştırma alanın aylık ve yıllık rüzgâr hızının değerleri (m/sn)

1.5.3. İklim Sınıflandırmaları

Türkiye’de iklim şartlarının genel özelliklerinin tespiti için birçok formül bulunmaktadır. Bu formüllerden Erinç, Emberger ve Thornthwaite yöntemleri iklim özelliklerinin tespiti için uygun oldukları için çok tercih edilmektedir. Araştırma alanı içerisinde bulunan tüm istasyon verilerine Erinç, Emberger ve Thornthwaite yöntemleri uygulanmıştır.

1.5.3.1. Erinç İklim Sınıflandırması

Erinç indeksinde iklim parametrelerinden yağış ve ortalama en yüksek sıcaklık değerleri kullanılmaktadır. Araştırma alanı sınırları içinde kalan bütün istasyonlara Erinç yağış etkinliği uygulanmıştır (Tablo 29).

İstasyonların yıllık indis değeri incelendiğinde Kiraz ve Tire istasyonu kurak özellik gösterirken Selçuk, Bayındır, Beydağ, Ödemiş ve Torbalı istasyonları yarı kurak özellik taşımaktadır. İstasyonların aylık indis değerlerine bakıldığında; **Ocak** ayında tüm istasyonlar çok nemli karaktere sahiptir. **Şubat** ayında Selçuk, Ödemiş ve Torbalı çok nemli; Bayındır, Beydağ ve Tire nemli; Kiraz yarı nemlidir. **Mart** ayında Beydağ çok nemli; Selçuk, Kiraz, Ödemiş ve Torbalı nemli; Bayındır ve Tire yarı nemli özelliktedir. **Nisan** ayında tüm istasyonlar yarı kuraktır. **Mayıs** ayında Selçuk, Bayındır, Tire ve Torbalı kurak; Beydağ, Kiraz ve Ödemiş yarı kurak özelliktedir. **Haziran** ayında Selçuk, Bayındır ve Ödemiş tam kurak; Kiraz yarı kurak; Beydağ, Tire ve Torbalı kurak özellik taşımaktadır. **Temmuz**, **Ağustos** ve **Eylül** ayların tüm istasyonlar tam kurak olduğu görülmektedir. **Ekim** ayı incelendiğinde Selçuk, Beydağ, Ödemiş, Tire ve Torbalı yarı kurak; Bayındır yarı nemli; Kiraz kurak olduğu görülmektedir. **Kasım** Bayındır çok nemli; Selçuk, Ödemiş ve Torbalı nemli; Beydağ ve Kiraz yarı nemli özellik taşımaktadır. **Aralık** Selçuk, Beydağ, Kiraz, Ödemiş ve Torbalı çok nemli; Tire nemli; Bayındır yarı nemli özellik göstermektedir.

Erinç indeksi değerleri mevsimsel olarak; kış mevsiminde tüm istasyonların çok nemli özellik taşıdığı görülmektedir. İlkbaharda Selçuk, Beydağ, Kiraz Ödemiş ve Torbalı yarı nemli; Bayındır ve Tire yarı kurak özelliğe sahiptir. Yaz mevsiminde tüm istasyonların tam kurak özelliktedir. Sonbahar da Bayındır yarı nemli; Selçuk, Beydağ, Ödemiş, Tire ve Torbalı yarı kurak; Kiraz kurak özelliğe sahiptir.

Araştırma alanı için yararlanılan istasyonlardan yıllık düzeyde nemlilik değerinin en düşük olduğu istasyon Tire'dir. Bu istasyonu Kiraz takip etmektedir. Bu istasyonlarda yaz mevsiminde tam kurak şartlar yaşanırken indis değerleri birbirine yakın olmakla birlikte temmuz, ağustos ve eylül ayı tam kurak özellik göstermektedir. Bu iki istasyon kurak özellik gösterirken diğer istasyonlar ise yarı kurak özellik taşımaktadır.

Tablo 29: Araştırma alanına ait istasyonların Erinç formülüne göre aylık, mevsimlik ve yıllık indis değerleri

İst.	Aylar												Mevsimler			Yıllık	
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	İlkbahar	Yaz	Sonbahar		Kış
Kiraz	102	38	44,1	20,3	18,4	17,4	1,2	6,3	5,6	11	34,9	68,9	25,7	7,9	14,9	67,6	14,89
	ÇN	YN	N	YK	YK	YK	TK	TK	TK	K	YN	ÇN	YN	TK	K	ÇN	K
Beydağ	130	42,3	56,8	20,6	18,2	12,9	1,2	4,2	6,3	16,6	36,3	89,4	29	5,8	17,4	84,4	17,13
	ÇN	N	ÇN	YK	YK	K	TK	TK	TK	YK	YN	ÇN	YN	TK	YK	ÇN	YK
Ödemiş	101	65,8	46,4	22,7	15,2	5,4	0,8	0,8	6,4	19,9	40,8	74,3	25,7	2,3	19,7	79,7	15,82
	ÇN	ÇN	N	YK	YK	TK	TK	TK	TK	YK	N	ÇN	YN	TK	YK	ÇN	YK
Tire	92,8	40,2	31,5	15,6	14,1	10,3	1,1	2,3	4,3	16,4	34,7	53,8	19,1	4,4	16,2	60,6	13,09
	ÇN	N	YN	YK	K	K	TK	TK	TK	YK	YN	N	YK	TK	YK	ÇN	K
Bayındır	105	47,9	39,4	18,8	10,2	6,1	0,2	1	6,6	24,6	56,4	39,6	21,2	2,5	24,1	59,7	16,03
	ÇN	N	YN	YK	K	TK	TK	TK	TK	YN	ÇN	YN	YK	TK	YN	ÇN	YK
Torbalı	148	62,9	51,7	18,8	8,6	11,4	0,5	0,6	3,9	18,6	47,5	79,2	23,2	4	20,1	94	17,74
	ÇN	ÇN	N	YK	K	K	TK	TK	TK	YK	N	ÇN	YN	TK	YK	ÇN	YK
Selçuk	129	90	49,3	21,4	12,6	4,2	0,6	0,2	5,6	20,1	49,5	100,2	25,2	1,6	21,9	106	19,69
	ÇN	ÇN	N	YK	K	TK	TK	TK	TK	YK	N	ÇN	YN	TK	YK	ÇN	YK
	ÇN	Çok Nemli	N	Nemli	YN	Yarı Nemli	YK	Yarı Kurak	K	Kurak	TK	Tam Kurak					

1.5.3.2. Emberger İklim Sınıflandırması

Çalışma kapsamında Erinç ve Thornthwaite iklim sınıflandırmalarıyla karşılaştırmak adına Emberger'in biyoiklim sınıflandırması da (1954) referans alınmıştır. Tek formülle birçok iklimin genel karakterinin belirlenmesinin için yeterli olunmayacağını savunan Emberger, hazırlamış olduğu sınıflandırmayı Akdeniz iklimi üzerine yapmış ve Akdeniz iklimini kendi içerisinde sınıflara ayırmıştır. Akdeniz ikliminde maksimum mevsimlik yağış, soğuk veya nispeten soğuk dönemlere toplanmıştır. Kurak mevsimi yaz olup kuraklıklar maksimum sıcaklıklarla uyumlu bir dağılım sergilemektedir. Emberger'e göre Akdeniz ikliminin en belirgin özelliği yıl içinde kurak devrenin bulunması ve yüksek sıcaklıkların yaşandığı bu kurak devrede az miktarda yaz yağışının olmasıdır (Gözalın, 2023).

Emberger iklim sınıflandırılmasında kullanılan yıllık toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık, minimum ve maksimum sıcaklık verileri Akdeniz biyoiklim katlarının ve alt tiplerinin tespiti için analizleri yapılmıştır. Araştırma alanı olarak seçilen Küçük Menderes Havzasında az sayıda istasyon bulundan dolayı istasyonların tamamını incelenmiştir. Bu istasyonlar Kiraz, Beydağı, Ödemiş, Tire, Bayındır, Torbalı ve Selçuk istasyonlarıdır.

Kiraz istasyonu çalışma sahasında İzmir ilinin doğusunda kalmaktadır. Kuraklık kat sayısı (S) 2,9 ve biyoiklim kat sayısı (Q) 55,2 olup Yarı kurak Akdeniz iklim karakterine sahip olduğu saptanmıştır. Sıcak ve soğuk dönem yağışlarına göre karasallık kat sayısı açısından yarı kurak Akdeniz olduğu belirlenmiştir. **Beydağ** istasyonu kuraklık kat sayısı (S) 1,4 ve biyoiklim kat sayısı (Q) 62,1 olup az yağışlı Akdeniz iklim karakterine sahip olduğu saptanmıştır. Sıcak ve soğuk dönem yağışları açısından karasallık kat sayısına göre az yağışlı Akdeniz olduğu belirlenmiştir. 111 m yükseltide bulunan **Ödemiş** istasyonunda S: 0,5 ve Q: 58,6 olup Yarı Kurak Akdeniz ikliminin yaşandığı görülmektedir. **Tire** istasyonu Kuraklık kat sayısı (S) 1 ve biyoiklim kat sayısı (Q) 48,7 olup Yarı kurak Akdeniz iklim karakterine sahip olduğu saptanmıştır. **Bayındır** istasyonunda az yağışlı, kışı yumuşak, **Torbalı** istasyonu Az Yağışlı Akdeniz ikliminin yaşandığı saptanmıştır. 18 m yükseltide bulunan **Selçuk** istasyonunda S: 0,4 ve Q: 74,9 olup Az Yağışlı Akdeniz ikliminin yaşandığı görülmektedir (Tablo 30).

Tablo 30: Emberger iklim sınıflandırmasına göre Küçük Menderes Havzasındaki istasyonların iklim karakteri

İstasyonlar	Yükselti (m)	S	M	m	P	Q	C	Biyoiklim
Kiraz	310	2,9	36,5	2,9	543,4	55,2	0,33	Yarı Kurak Akdeniz İklimi
Beydağ	215	1,4	37,4	2,2	640,5	62,1	0,37	Az Yağışlı Akdeniz İklimi
Ödemiş	111	0,5	35,5	2,6	563,78	58,6	0,44	Yarı Kurak Akdeniz İklimi
Tire	70	1	37,6	3,2	492,32	48,7	0,2	Yarı Kurak Akdeniz İklimi
Bayındır	70	0,6	37,9	2,8	607,4	59	0,6	Az Yağışlı Akdeniz İklimi
Torbalı	60	1	37	3,6	658,12	67,1	0,3	Az Yağışlı Akdeniz İklimi
Selçuk	18	0,4	33,9	3,6	662,34	74,9	0,2	Az Yağışlı Akdeniz İklimi

1.5.3.3. Thornthwaite İklim Sınıflandırması

Thornthwaite iklim sınıflandırması, yağış-evapotranspirasyon ve sıcaklık- evapotranspirasyon ilişkisine dayanır. Bu sınıflandırmaya göre, yağışın evapotranspirasyondan fazla olduğu bölgelerde toprak suya doymuş hale gelir ve bu da ortamda su fazlalığına yol açar. Diğer yandan, yağışın evapotranspirasyondan az olduğu yerlerde toprakta su birikimi gerçekleşmez ve su eksikliği görülür. Thornthwaite'in sınıflandırmasında iklim tipleri, bu iki uç durum arasında değerlendirilir (Dönmez, 1990).

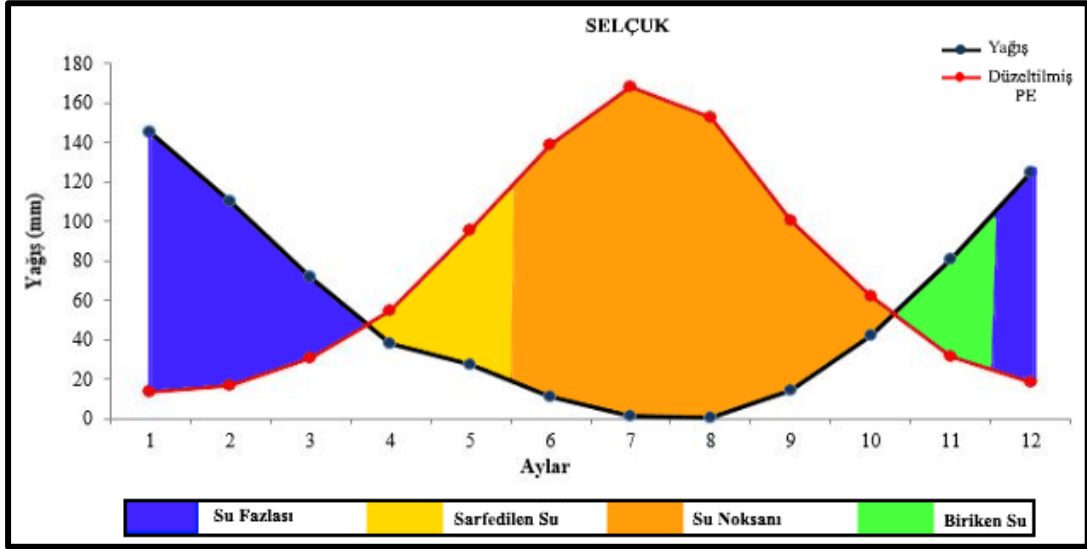
Thornthwaite iklim sınıflandırması, için Selçuk, Bayındır, Beydağ, Kiraz, Ödemiş, Tire ve Torbalı istasyonları kullanılmıştır.

Selçuk istasyonunun diyagram ve su bilançosu incelendiğinde kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu; kasım ayından itibaren ise toprakta su birikiminin başladığı görülmektedir. Aralık, ocak, şubat ve mart ayları toprağın suya tamamen doymuş, su fazlası olan aylardır. Buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu nisan, mayıs ve haziran aylarında ise topraktaki birikmiş su kullanılmaktadır. Haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları ise su noksanının olduğu aylardır. Bu aylarda toprakta birikmiş su bulunmamaktadır (Tablo 31). Bundan dolayı bu aylar kurak'tır ve kurak dönemlerde topraktaki fiziksel aşınma ve kimyasal ayrışma olayları yavaş ilerlemektedir.

Tablo 31: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Selçuk'un su bilançosu

Bilanço Elemanı	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	8	9.1	11.3	15	19.5	24	26.5	26	22.1	17.4	12.8	9.5	16.76667
Sıcaklık İndisi	2.04	2.48	3.44	5.28	7.85	10.75	12.49	12.13	9.49	6.61	4.15	2.64	79.35
Düzeltilmiş PE	16.23	20.38	29.87	49.26	78.3	112.99	134.6	130.15	97.67	64.03	37.23	21.99	
Güneşlenme K.	0.86	0.84	1.03	1.1	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83	
Düzeltilmiş PE	13.96	17.12	30.77	54.19	95.53	138.98	168.25	152.28	100.6	62.11	31.65	18.25	883.69
Yağış (mm)	144.91	110.19	71.45	38.52	27.8	11.01	1.68	0.51	14.15	42.06	80.84	124.42	667.54
Depo Değişikliği	0	0	0	-15.67	-67.73	-16.6	0	0	0	0	49.19	106.17	
Depolama	100	100	100	84.33	16.6	0	0	0	0	0	49.19	100	
GE	13.96	17.12	30.77	54.19	95.53	27.61	1.68	0.51	14.15	42.06	31.65	18.25	347.48
Su Noksanı	0	0	0	0	0	111.37	166.57	151.77	86.45	20.05	0	0	536.21
Su Fazlası	130.95	93.07	40.68	0	0	0	0	0	0	0	0	55.36	320.06
Yüzeysel Akış	65475	79.27	59.97	29.98	14.99	7.5	3.75	1.88	0.94	0.47	0.24	0	65673.99
Nemlilik Oranı	9.38	5.44	1.32	-0.29	-0.71	-0.92	-0.99	-1	-0.86	-0.32	1.55	5.82	18.42

Selçuk istasyonu sıcaklık etkinlik indisine göre B'3 simgesi ile gösterilen nemli; yağış etkinlik indisine göre C1 simgesi ile ifade edilen yarı kurak-az nemli; yağış rejimine göre ise s2 simgesi ile ifade edilen su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan tali iklim sınıfına girmektedir. Düzeltilmiş PE'nin yaz aylarına oranı % 38.29 olup a' simgesi ile ifade edilmektedir (Grafik 15).



Grafik 15: Selçuk Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Selçuk Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği

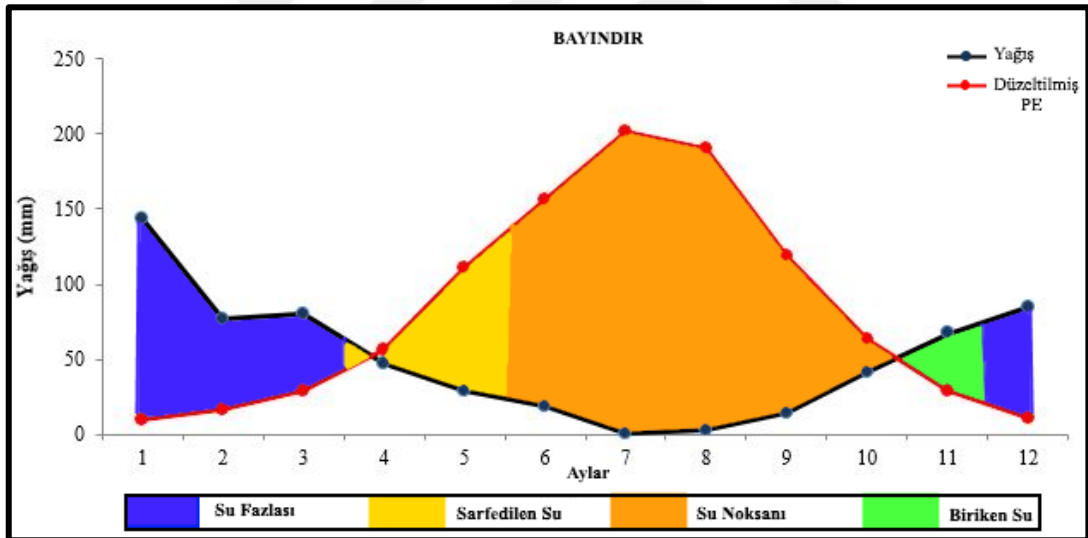
Bayındır istasyonunun diyagram ve su bilançosu incelendiğinde kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu; kasım ayından itibaren ise toprakta su birikiminin başladığı görülmektedir. Aralık, ocak, şubat ve mart ayları toprağın suya tamamen doyduğu, su fazlası olan aylardır. Buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu nisan, mayıs ve haziran aylarında ise topraktaki birikmiş su kullanılmaktadır. Haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları ise su noksanının olduğu aylardır. Bu aylarda toprakta birikmiş su bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu aylar kurak geçmektedir (Tablo 32).

Tablo 32: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Bayındır'ın su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	7.5	9.8	12	16.2	21.6	25.6	29.1	29.2	24.4	18.3	13.1	8.2	17.91667
Sıcaklık İndisi	1.85	2.77	3.76	5.93	9.16	11.85	14.39	14.47	11.02	7.13	4.3	2.11	88.74
Düzeltilmemiş PE	11.53	19.41	28.8	51.65	90.44	125.91	161.59	162.67	114.67	65.49	34.16	13.72	
Güneşlenme K.	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83	
Düzeltilmiş PE	9.8	16.3	29.66	56.82	111.24	156.13	201.99	190.32	119.26	62.87	28.69	11.39	994.47
Yağış (mm)	143.48	77	80.18	46.93	28.91	19.11	0.77	2.69	14.59	42.01	67.16	84.57	607.4
Depo Değişikliği	0	0	0	-9.89	-82.33	-7.78	0	0	0	0	38.47	73.18	

Depolama	100	100	100	90.11	7.78	0	0	0	0	0	38.47	100	
GE	9.8	16.3	29.66	56.82	111.24	26.89	0.77	2.69	14.59	42.01	28.69	11.39	350.85
Su Noksanı	0	0	0	0	0	129.24	201.22	187.63	104.67	20.86	0	0	643.62
Su Fazlası	133.68	60.7	50.52	0	0	0	0	0	0	0	0	11.65	256.55
Yüzeysel Akış	66.84	63.77	57.14	28.57	14.28	7.14	3.57	1.78	0.89	0.44	0.22	0	244.64
Nemlilik Oranı	13.64	3.72	1.7	-0.17	-0.74	-0.88	-1	-0.99	-0.88	-0.33	1.34	6.42	21.83

Bayındır istasyonu sıcaklık etkinlik indisine göre B'3 simgesi ile gösterilen nemli; yağış etkinlik indisine göre C1 simgesi ile ifade edilen yarı kurak-az nemli; yağış rejimine göre ise s2 simgesi ile ifade edilen su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan tali iklim sınıfına girmektedir. Düzeltilmiş PE'nin yaz aylarına oranı % 49.51 olup b'4 simgesi ile ifade edilmektedir ve yaz mevsimi buharlaşma oranı 48.1-51.9 arasındadır (Grafik 16).



Grafik 16: Bayındır Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre Bayındır Thornthwaite Su Bilançosu Grafığı.

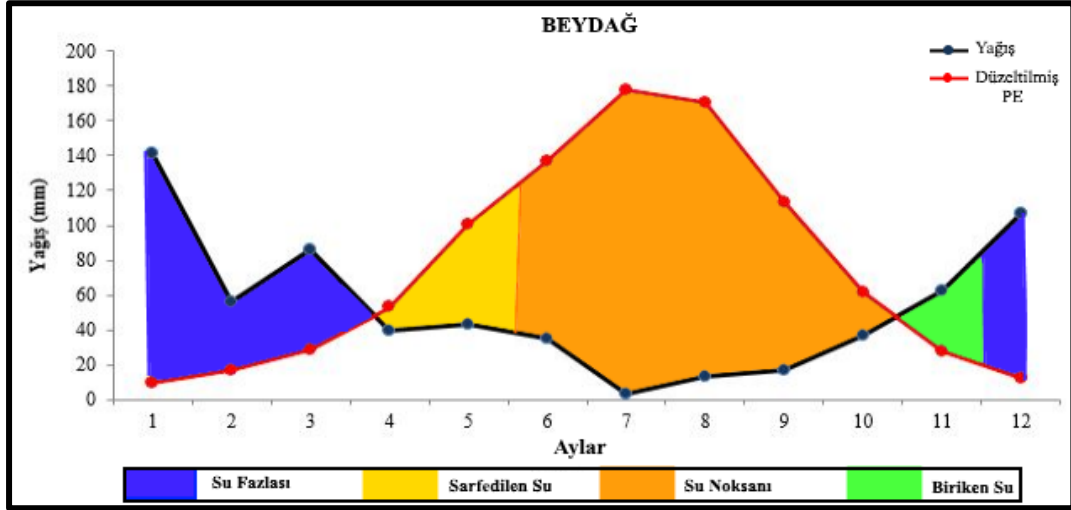
Beydağ istasyonunun diyagram ve su bilançosu incelendiğinde Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu; Kasım ayından itibaren ise toprakta su birikiminin başladığı görülmektedir. Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları toprağın suya tamamen doyduğu, su fazlası olan aylardır. Buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu nisan, mayıs ve haziran aylarında ise topraktaki birikmiş su

kullanılmaktadır. Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları ise su noksanının olduğu aylardır. Bu aylarda toprakta birikmiş su bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu aylar kurak geçmektedir (Tablo 33).

Tablo 33: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Beydağ'ın su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	6.8	9.1	11	14.9	20	23.7	27.3	27.7	23.5	17.5	12.2	7.9	16.8
Sıcaklık İndisi	1.59	2.48	3.3	5.22	8.16	10.55	13.07	13.36	10.41	6.66	3.86	2	80.66
Düzeltilmemiş PE	11.79	19.86	27.88	48.01	81.32	110.2	141.96	145.7	108.55	64.03	33.56	15.42	
Güneşlenme K.	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83	
Düzeltilmiş PE	10.02	16.68	28.72	52.81	100.02	136.65	177.45	170.47	112.89	61.47	28.19	12.8	908.17
Yağış (mm)	141.01	55.69	86.09	39.99	43.61	34.91	3.58	13.01	17.33	36.64	62.06	106.59	640.51
Depo Değişikliği	0	0	0	12.82	-56.41	-30.77	0	0	0	0	33.87	93.79	
Depolama	100	100	100	87.18	30.77	0	0	0	0	0	33.87	100	
GE	10.02	16.68	28.72	52.81	100.02	65.68	3.58	13.01	17.33	36.64	28.19	12.8	385.48
Su Noksanı	0	0	0	0	0	70.97	173.87	157.46	95.56	24.83	0	0	522.69
Su Fazlası	130.99	39.01	57.37	0	0	0	0	0	0	0	0	27.66	255.03
Yüzeysel Akış	65495	52.25	54.81	27.4	13.7	6.85	3.42	1.71	0.86	0.43	0.22	0	65656.65
Nemlilik Oranı	13.07	2.34	2	-0.24	-0.56	-0.74	-0.98	-0.92	-0.85	-0.4	1.2	7.33	21.25

Beydağ istasyonu sıcaklık etkinlik indisine göre B'3 simgesi ile gösterilen nemli; yağış etkinlik indisine göre C1 simgesi ile ifade edilen yarı kurak-az nemli; yağış rejimine göre ise s2 simgesi ile ifade edilen su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan tali iklim sınıfına girmektedir. Düzeltilmiş PE'nin yaz aylarına oranı % 40.38 olup a' simgesi ile ifade edilmektedir ve yaz mevsiminde buharlaşma oranı <48'dir (Grafik 17).



Grafik 17: Bayındır Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Bayındır Thornthwaite Su Bilançosu Grafığı

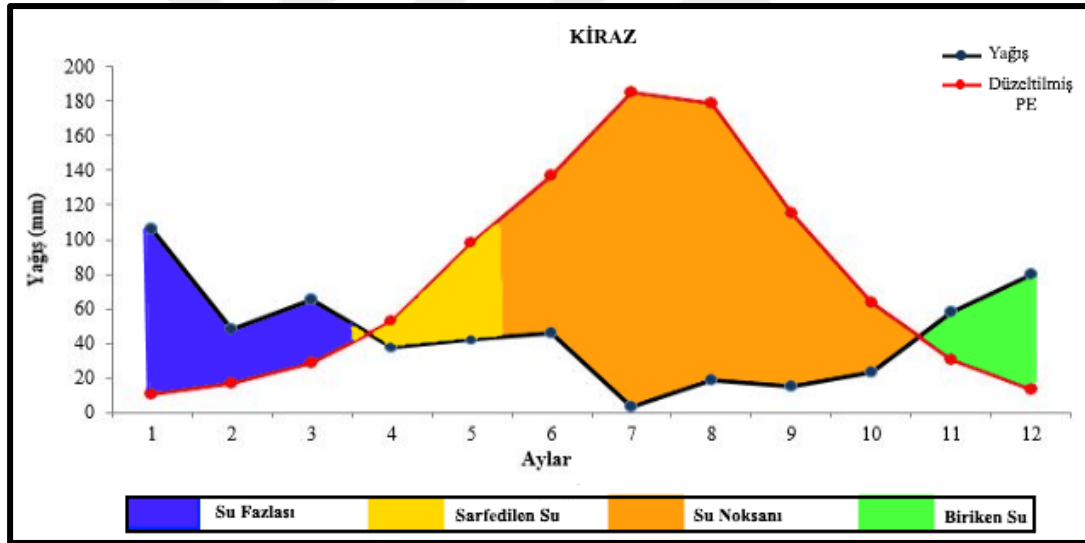
Kiraz istasyonu diyagram ve su bilançosunda Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu; Kasım ayından itibaren ise toprakta su birikiminin başladığı görülmektedir. Ocak, Şubat ve Mart ayları toprağın suya tamamen doyduğu, su fazlası olan aylardır. Buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ise toprakta depolanmış su tüketilmektedir. Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları ise su noksanının olduğu aylardır. Bu aylarda toprakta birikmiş su bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu aylar kuraktır. Kurak dönemlerde topraktaki fiziksel aşınma, kimyasal ayrışma olayları ve yıkanma burada da yavaş olarak gerçekleştiği söylenebilmektedir (Tablo 34).

Tablo 34: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Kiraz'ın su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	7,1	9,3	11,2	15,1	19,9	23,8	27,9	28,4	23,8	18	12,9	8,3	17,1417
Sıcaklık İndisi	1,7	2,6	3,39	5,33	8,1	10,61	13,5	13,87	10,61	6,95	4,2	2,15	82,97
Düzeltilmemiş PE	12,02	20	27,74	47,98	79,6	110,52	147,93	152,83	110,5	66,22	35,95	16,01	
Güneşlenme K.	0,85	0,8	1,03	1,1	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
Düzeltilmiş PE	10,22	17	28,57	52,78	97,91	137,04	184,91	178,81	114,9	63,57	30,2	13,29	928,8
Yağış (mm)	105,53	48	64,69	38,2	42,54	45,9	3,63	19,03	15,11	23,54	57,55	79,84	543,42
Depo Değişikliği	6,1	0	0	-14,58	-55,37	-30,05	0	0	0	0	27,35	66,55	

Depolama	100	100	100	85,42	30,05	0	0	0	0	0	27,35	93,9	
GE	10,22	17	28,57	52,78	97,91	75,95	3,63	19,03	15,11	23,54	30,2	13,29	386,79
Su Noksanı	0	0	0	0	0	61,09	181,28	159,78	99,83	40,03	0	0	542,01
Su Fazlası	89,21	31	36,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156,63
Yüzeysel Akış	44605	38	37,03	18,52	9,26	4,63	2,32	1,16	0,58	0,29	0,14	0	44716,9
Nemlilik Oranı	9,33	1,9	1,26	-0,28	-0,57	-0,67	-0,98	-0,89	-0,87	-0,63	0,91	5,01	13,51

Kiraz istasyonu sıcaklık etkinlik indisine göre B'3 simgesi ile gösterilen nemli; yağış etkinlik indisine göre C1 simgesi ile ifade edilen yarı kurak-az nemli; yağış rejimine göre ise s simgesi ile ifade edilen su fazlası kış mevsiminde; orta derecede olan tali iklim sınıfına girmektedir. Düzeltilmiş PE'nin yaz aylarına oranı % 41 olup a' simgesi ile ifade edilmektedir ve yaz mevsimde buharlaşma oranı <48'dir (Grafik 18).



Grafik 18: Kiraz Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Kiraz Thornthwaite Su Bilançosu Grafığı

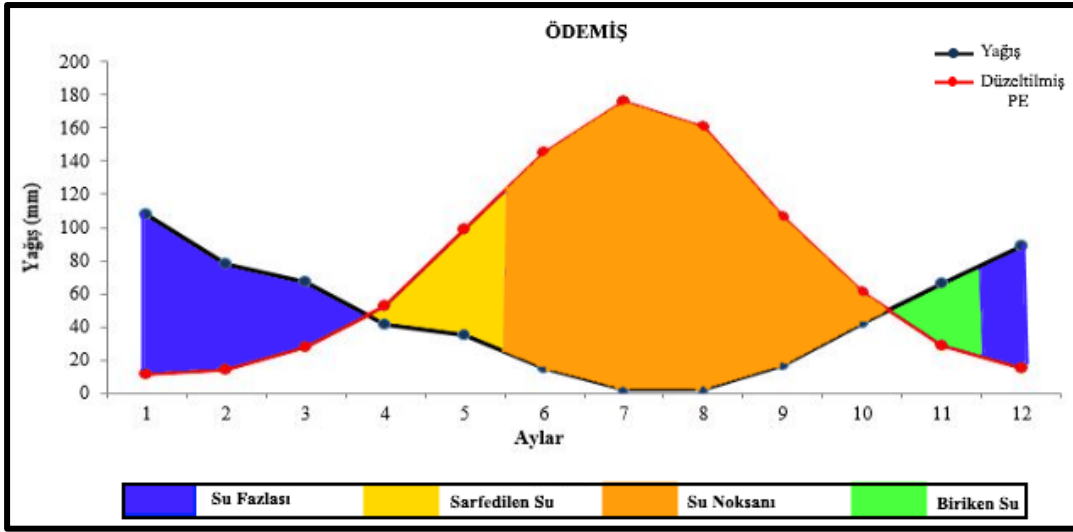
Ödemiş istasyonunun diyagram ve su bilançosu incelendiğinde kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu; kasım ayından itibaren ise toprakta su birikiminin başladığı görülmektedir. Aralık, ocak, şubat ve mart ayları toprağın suya tamamen doyduğu, su fazlası olan aylardır. Buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu nisan, mayıs ve haziran aylarında ise toprakta depolanmış su tüketilmektedir. Haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları ise su noksanının olduğu

aylardır. Bu aylarda toprakta birikmiş su bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu aylar kurak geçmektedir (Tablo 35).

Tablo 35: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Ödemiş'in su bilançosu.

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	7.2	8.3	10.8	14.8	19.8	24.5	27.2	26.8	22.6	17.3	12.2	8.7	16.68333
Sıcaklık İndisi	1.74	2.15	3.21	5.17	8.03	11.09	12.99	12.7	9.81	6.55	3.86	2.31	79.61
Düzeltilmemiş PE	13.39	17.23	27.46	47.98	80.33	117.13	140.96	137.31	101.53	63.25	34.08	18.72	
Güneşlenme K.	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83	
Düzeltilmiş PE	11.38	14.47	28.28	52.78	98.81	145.24	176.2	160.65	105.59	60.72	28.63	15.54	898.29
Yağış (mm)	107.75	77.34	66.89	41.48	34.91	14.73	2.34	2.36	16.86	42.44	65.91	88.51	561.52
Depo Değişikliği	0	0	0	-11.3	-63.9	-24.8	0	0	0	0	37.28	72.97	
Depolama	100	100	100	88.7	24.8	0	0	0	0	0	37.28	100	
GE	11.38	14.47	28.28	52.78	98.81	39.53	2.34	2.36	16.86	42.44	28.63	15.54	353.42
Su Noksanı	0	0	0	0	0	105.71	173.86	158.29	88.73	18.28	0	0	544.87
Su Fazlası	96.37	62.87	38.61	0	0	0	0	0	0	0	0	10.25	208.1
Yüzeysel Akış	48185	55.53	47.07	23.54	11.77	5.88	2.94	1.47	0.74	0.37	0.18	0	48334.49
Nemlilik Oranı	8.47	4.34	1.37	-0.21	-0.65	-0.9	-0.99	-0.99	-0.84	-0.3	1.3	4.7	15.3

Ödemiş istasyonu sıcaklık etkinlik indisine göre B'3 simgesi ile gösterilen nemli; yağış etkinlik indisine göre C1 simgesi ile ifade edilen yarı kurak-az nemli; yağış rejimine göre ise s2 simgesi ile ifade edilen su fazlası kış mevsiminde; çok kuvvetli olan tali iklim sınıfına girmektedir sınıfına girmektedir. Düzeltilmiş PE'nin yaz aylarına oranı % 40,17 olup a' simgesi ile ifade edilmektedir ve yaz mevsimde buharlaşma oranı <48'dir (Grafik 19).



Grafik 19: Ödemiş Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Ödemiş Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği

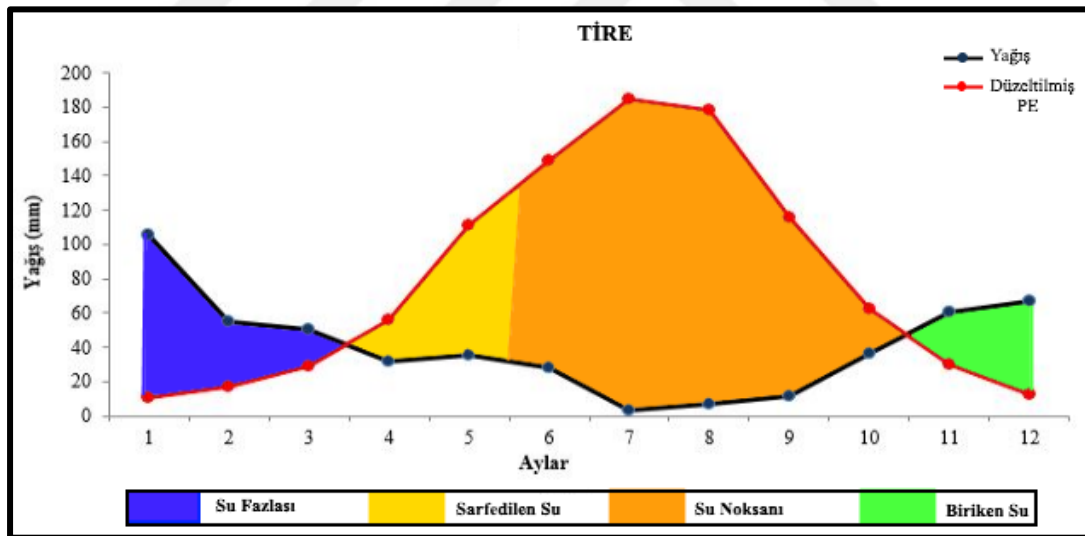
Tire istasyonunun diyagram ve su bilançosu incelendiğinde kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu; kasım ayından itibaren ise toprakta su birikiminin başladığı görülmektedir. Ocak, şubat ve mart ayları toprağın suya tamamen doyduğu, su fazlası olan aylardır. Buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu nisan, mayıs ve haziran aylarında ise toprakta depolanmış su tüketilmektedir. Haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları ise su noksanının olduğu aylardır. Bu aylarda toprakta depolanmış su bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu aylar kurak geçmektedir (Tablo 36).

Tablo 36: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Tire'nin su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	7.7	9.8	11.7	15.8	21.4	24.9	27.8	28.3	23.9	18	13.2	8.5	17.58333
Sıcaklık İndisi	1.92	2.77	3.62	5.71	9.04	11.37	13.43	13.8	10.68	6.95	4.35	2.23	85.87
Düzeltilmemiş PE	13.02	20.54	28.71	50.66	89.88	119.68	147.38	152.43	110.75	64.81	36.06	15.69	
Güneşlenme K.	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83	
Düzeltilmiş PE	11.07	17.25	29.57	55.73	110.55	148.4	184.22	178.34	115.18	62.22	30.29	13.02	955.84
Yağış (mm)	105.21	55.24	50.33	32.01	35.13	28.53	3.36	7.13	11.96	36.44	60.14	66.82	492.3

Depo Değişikliği	16.35	0	0	23.72	-75.42	0	0	0	0	0	29.85	53.8	
Depolama	100	100	100	76.28	0.86	0	0	0	0	0	29.85	83.65	
GE	11.07	17.25	29.57	55.73	110.55	28.53	3.36	7.13	11.96	36.44	30.29	13.02	354.9
Su Noksanı	0	0	0	0	0	119.01	180.86	171.21	103.22	25.78	0	0	600.08
Su Fazlası	77.79	37.99	20.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136.54
Yüzeysel Akış	38895	38.44	29.6	14.8	7.4	3.7	1.85	0.92	0.46	0.23	0.12	0	38992.52
Nemlilik Oranı	8.5	2.2	0.7	-0.43	-0.68	-0.81	-0.98	-0.96	-0.9	-0.41	0.99	4.13	11.35

Tire istasyonu sıcaklık etkinlik indisine göre B'3 simgesi ile gösterilen nemli; yağış etkinlik indisine göre D simgesi ile ifade edilen yarı kurak; yağış rejimine göre ise s2 simgesi ile ifade edilen su fazlası kış mevsiminde; çok kuvvetli olan tali iklim sınıfına girmektedir. Düzeltilmiş PE'nin yaz aylarına oranı % 42,58 olup a' simgesi ile ifade edilmektedir ve yaz mevsiminde buharlaşma oranı <48'dir (Grafik 20).



Grafik 20: Tire Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Tire Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği

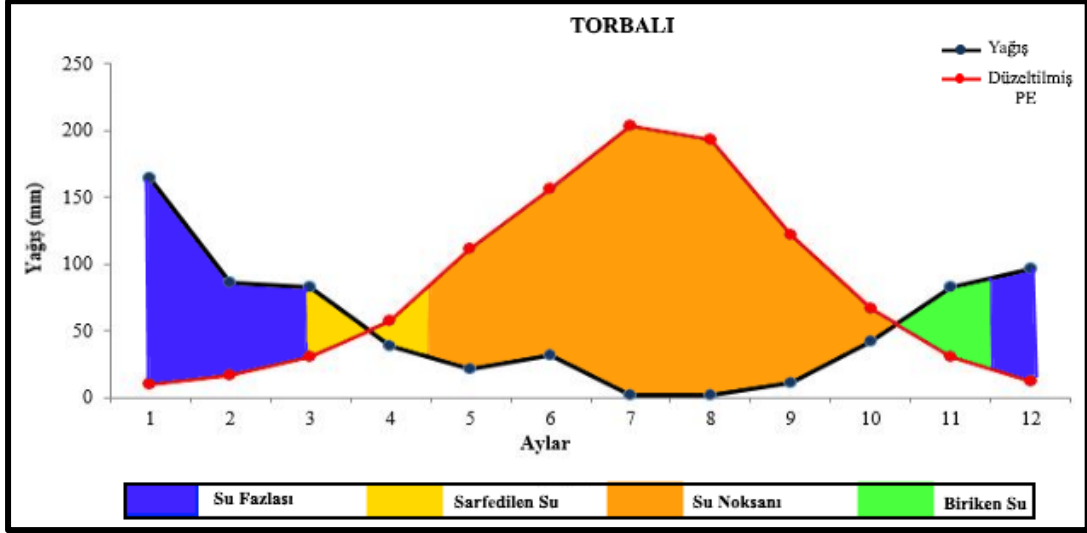
Torbalı istasyonunun diyagram ve su bilançosu incelendiğinde kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında yağışın buharlaşmadan fazla olduğu; kasım ayından itibaren ise toprakta su birikiminin başladığı görülmektedir. Aralık, ocak, şubat ve mart ayları toprağın suya tamamen doyduğu, su fazlası olan aylardır. Buharlaşmanın yağıştan

fazla olduğu nisan, mayıs ve haziran aylarında ise toprakta depolanmış su tüketilmektedir. Mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları ise su noksanının olduğu aylardır. Bu aylarda toprakta birikmiş su bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu aylar kurak geçmektedir (Tablo 37).

Tablo 37: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Torbalı'nın su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	7.9	10.2	12.4	16.4	21.7	25.6	29.1	29.3	24.7	19	13.8	8.8	18.24167
Sıcaklık İndisi	2	2.94	3.96	6.04	9.23	11.85	14.39	14.54	11.23	7.55	4.65	2.35	90.73
Düzeltilmemiş PE	12.15	20.19	29.77	51.9	90.55	125.77	162.25	164.48	117.13	69.53	36.82	15.06	
Güneşlenme K.	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83	
Düzeltilmiş PE	10.33	16.96	30.66	57.09	111.38	155.95	202.81	192.44	121.82	66.75	30.93	12.5	1009.62
Yağış (mm)	164.31	85.49	82.77	38.24	21.38	31.73	1.6	1.99	10.74	41.64	81.88	96.34	658.11
Depo Değişikliği	0	0	0	-18.85	-81.15	0	0	0	0	0	50.95	83.84	
Depolama	100	100	100	81.15	0	0	0	0	0	0	50.95	100	
GE	10.33	16.96	30.66	57.09	102.53	31.73	1.6	1.99	10.74	41.64	30.93	12.5	348.7
Su Noksanı	0	0	0	0	8.85	124.22	201.21	190.45	111.08	25.11	0	0	660.92
Su Fazlası	153.98	68.53	52.11	0	0	0	0	0	0	0	0	34.79	309.41
Yüzeysel Akış	76.99	72.76	62.44	31.22	15.61	7.8	3.9	1.95	0.98	0.49	0.24	0	274.38
Nemlilik Oranı	14.91	4.04	1.7	-0.33	-0.81	-0.8	-0.99	-0.99	-0.91	-0.38	1.65	6.71	23.8

Torbalı istasyonu sıcaklık etkinlik indisine göre B'4 simgesi ile gösterilen nemli; yağış etkinlik indisine göre C1 simgesi ile ifade edilen yarı kurak-az nemli; yağış rejimine göre ise s2 simgesi ile ifade edilen su fazlası kış mevsiminde; çok kuvvetli olan tali iklim sınıfına girmektedir sınıfına girmektedir. Düzeltilmiş PE'nin yaz aylarına oranı % 45,93 olup a' simgesi ile ifade edilmektedir ve yaz mevsimde buharlaşma oranı <48'dir (Grafik 21).



Grafik 21: Torbalı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Torbalı Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği

1.6. Hidrografik Özellikleri

Batı Anadolu'da Türkiye'nin Ege Bölgesi sınırları içerisinde yer alan Küçük Menderes Havzası, bölgedeki diğer iki önemli havza olan Gediz ve Büyük Menderes Havzaları arasında Küçük Menderes Nehri ve diğer küçük akarsuların Adalar Denizi'ne dökülen su toplama alanlarını kapsamaktadır. Havzayı oluşturan en büyük akarsuyun Küçük Menderes Nehri olması sebebiyle Küçük Menderes Havzası olarak adlandırılmıştır (Tatar, 2021). Küçük Menderes Havzası; Çeşme-Karaburun, İzmir Körfezi, TahtalıSeferihisar, Küçük Menderes Nehir Havzası, Kuşadası olmak üzere 5 adet alt havzadan oluşmaktadır. Bu alt havzalar, nehrin çeşitli kollarıyla beslenmektedir. Bu alt havzalarda çeşitli barajlar ve sulama projeleri yer almaktadır. Örneğin, Beydağ Barajı, bu havzadaki önemli su kaynaklarından birini oluşturmaktadır.

Küçük Menderes nehri, D06A048 nolu Belevi akım gözlem istasyonunun su toplama alanı 3292.70 km²'dir. Bu istasyonun akım gözlemlerinin kayıt süresince nehrin yıllık ortalama debisi 9,38 m³/sn olarak ölçülmüştür (Tablo 38).

Tablo 38: D06A048 No'lu Küçük Menderes Belevi Akım Gözlem İstasyonuna ait bilgiler

İstasyon Bilgileri		
Suyun Adı	Bölge ve Havza İsmi	
Küçük Menderes Nehri	2. Bölge Müdürlüğü İzmir Küçük Menderes Havzası	
	İşleten İdare	DSİ
	İstasyon No	D06A048
	Enlem-Boylam	27°28'8" Doğu - 38°1'12" Kuzey
	Yaklaşık Kot	22 m.
	Seviye Ölçeği	Limnograf
	Gözlem süresi	19.11.2011 - 30.09.2015
	Yağış alanı	3292.70 km ²
	Yıllık Ortalama Akım	9,38 m ³ /sn
	İstasyon Yeri	İzmir Selçuk otopan çıkışından sonra nehir üzerindeki Belevi köprüsündedir.

Kaynak: DSİ verilerinden istifade edilerek üretilmiştir

Küçük Menderes çayı yaklaşık 129 km'lik bir yol alarak Adalar Denizi'ne ulaşmaktadır. Bu akarsu havzadaki dağlık alanlardan gelen irili ufaklı derelerle beslenmektedir. Bozdağdan kaynağını alarak Kiraz ovasında başlamaktadır. Akarsuyun akış yönü kuzey-güney doğrultuda uzanmaktadır. Beydağ ilçesinden (170 m) itibaren doğu-batı istikametinde ilerleyerek Ödemiş Ovası'ndan geçer ve Torbalı'nın doğusuna (20 m) kadar devam etmektedir. Buradan tekrar kuzey-güney istikametinde Belevi Boğazı'ndan Selçuk Ovası'na (5 m) kavuşur ve doğu-batı istikametinde aktıktan sonra Pamucak'ta, Adalar Denizi'ne delta oluşturarak dökülmektedir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2019; Sadiqı ve Karpuzcu 2019). Akış rejimi düzensiz olup, daha çok yağmur suları ile beslenmekte ve debisi mevsimsel olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Nehrin kışın yağışlardan dolayı debisi artmaktadır. Yoğun, sağanak yağışlar gerçekleştiğinde, özellikle delta bölgesinde akarsu yatağından taşarak geçici sulak alanlar ve bataklıklar meydana gelmektedir. Yazın ise suları çok azalırken, özellikle kendisini besleyen küçük kollar tamamen kurumaktadır. Küçük Menderes

nehri Bozdağlar ve Aydın dağlarının eteklerinden gelen akarsuların kendine bağlanması ile subparalel drenaj ağı özelliği göstermektedir.

Küçük Menderes çayı havzının en önemli akarsuyudur ve yan kolları kuzeyde; Çavuş deresi, Gelinboz, Dapbey, Rahmanlar, Aktaş, Değirmen, Ilıc, Uladı Deresi, Vişne, Çevlik ve Arapkahve çayıları; güneyde ise Maden dere, Tabak deresi, Mutalla ve Ulu çay gibi dereleri sahada bulunmaktadır (Harita 8). Gebekirse ve Çakal Gölleri havzada bulunan göllerdir. Bu göller nehrin denizle buluştuğu yerde bulunmaktadır. Havzada Adalar Denizi'ne boşalan diğer dereler ise Çevlik, Kiraz çayı, Ilıca, Maden, Rahmanlar çayı, Vakıflar deresi vb. derelerdir (Tablo 39, Harita 13) (Kermen, 2019). Devlet Su İşleri havzadaki akarsular barajlar yapmıştır. Bunlar Torbalı, Beydağ Bayındır, Kiraz, Ödemiş ve Tire ilçelerinin yakınlarında bulunmaktadır (Gökçe Gündüzoğlu, 2019).

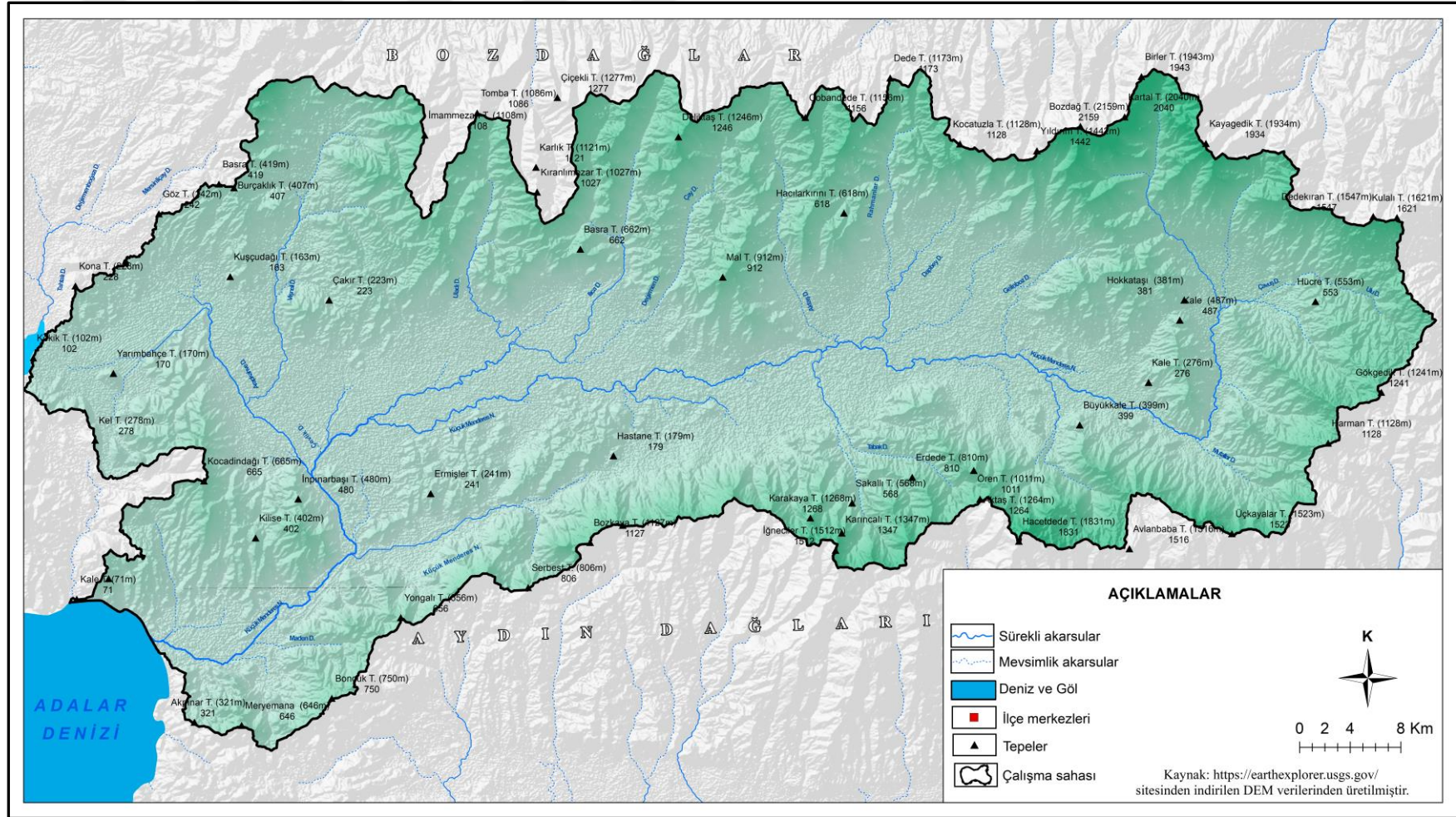
Tablo 39: Küçük Menderes Havzasında bulunan Akım Gözlem İstasyonlarına ait bilgiler

İst. No.	Suyun Adı	İstasyonun Adı	Yağış Alanı (km ²)	Ortalama Akımlar m ³ /sn
D06A011	Rahmanlar Ç.	Bebekler	37.00 km ²	0,058
D06A018	Arapastan D.	Davutlar	11,3	0.129
D06A024	Gelinalan D.	Seferihisar	14,5	0.106
D06A025	Uladı Ç.	Yakapınar	69,1	0.427
D06A028	Derince D.	Küçükbahçe	30,25	0.126
D06A033	Kiraz Ç.	Kiraz	114,4	1.144
D06A035	Ağlı D.	Vişneli	3,5	0.038
D06A038	Çamlı D.	Çamlı	62,9	0.651
D06A042	Vakıflar D.	Eğridere	21,2	0.373
D06A043	Alionbaşı D.	Narlıdere	15.90	
D06A045	Maden D.	Bahçeler	12,15	0.044
D06A046	Cevizli D.	Cumalı	10,4	0.100
D06A047	Sudegirmeli D.	Yaylaköy	42,84	0.138
D06A048	K. Menderes	Belevi	3292.70	9,38

Kaynak: DSİ verilerinden istifade edilerek üretilmiştir.

Yeraltı Suları

Havza alanında, yeraltı suyu taşıyan akiferler, havza tabanında yer alan alüvyonlar, graben periferindeki birikinti koni ve yelpazeleri, havzanın batısında yer alan mermerler ve havzanın kuzeyinde metamorfik kayalardır (100-150 m). Bunlar içerisinde rezerv açısından en değerli olanı kuşkusuz alüvyon akiferidir. Genellikle çakıl, kum, silt ve kil araldanmasından oluşan alüvyonun kalınlığı Bayındır-Torbalı ve Ödemiş-Tire ovalarında 200-250 m'ye kadar ulaşmaktadır. Etek düzlükleri ise hem alüvyon akiferinin beslenme alanını oluşturması hem de yüksek geçirgenlik değerine sahip olması nedeniyle hidrojeolojik açıdan önem taşımaktadır. Havza tabanında ve etek düzlüklerinde DSİ, İller Bankası, belediyeler, kooperatifler ve şahıslarla içme, kullanma ve tarımsal sulama amaçlı binlerce kuyu açılmıştır. Açılan kuyular, ilk olarak 1958'de içme ve araştırma, 1970'li yıllarda ise kooperatifler aracılığıyla sulama amaçlı olarak işletme kuyuları şeklindedir (Gülersoy, 2014; Muslu, 2005; Gökçe Gündüzoğlu,2019).



Haritalar 13: Küçük Menderes Havzası hidrografi haritası

1.7. Vejetasyon Özellikleri

Küçük Menderes havzası bulunduğu konum itibarıyla Akdeniz Bitki Coğrafyası Bölgesi'nin özelliklerini taşımaktadır. Bitki örtüsünün tarım, hayvancılık ve yerleşim amaçlarıyla tahrip edildiği görülmektedir. İnsan müdahalesi sonucu tahrip edilen orman alanları, tarım arazileri veya yerleşim alanlarına dönüştürülmüştür. (Muslu, 2005; Gökçe Gündüzoğlu, 2019). Araştırma alanındaki bitki örtüsü; üç (orman, çalı ve ot formasyonu) başlık altında toplanmıştır.

Küçük Menderes Nehri Havzası, Adalar Denizi üzerinden gelen hava kütlelerine açıktır. Havza, Kuzeyde Bozdağlar, Güneyde ise Aydın Dağları arasında bulunmakta olup batıdan doğuya doğru uzunlamasına bir havza özelliği taşımaktadır. Batıda Adalar Denizi'nden doğuya doğru ilerledikçe denizel etkiden uzaklaşmaktadır. Ayrıca doğuya doğru yükselti artmaktadır. Nitekim, araştırma alanında 2000 metreyi aşan yükselti farkı bulunmaktadır. Araştırma alanı Akdeniz ikliminin etkisi altında olduğundan doğuya ve yüksek rakımlı sahalara etkisi değişmekle beraber yaz kuraklığı belirgin olarak hissedilmektedir. Buna bağlı olarak Küçük Menderes Nehri Havzası'nda yayılış gösteren bitki türleri genel olarak kurakçıl karakter taşımaktadır. Kızılçam (*Pinus brutia*) ve kurakçıl meşe (*Quercus sp.*) türleri ortamda en fazla yayılışa sahip asli orman ağaçlarını meydana getirmektedir. Havzanın graben sahasında yer alan geniş düzlükler bütünüyle ziraat alanıdır. Bu nedenle ormanlar araştırma alanında graben sahasından horstlara karşılık gelen dağlara doğru gidildikçe ortaya çıkarak havzanın su bölümü hattına doğru genişlemektedir (Harita 14).

1.7.1. Orman Formasyonu

Havzada orman formasyonuna ait türler kızılçam (*Pinus brutia*), kestane (*Castanea sativa*), karaçam (*Pinus nigra*), kızılalgaç (*Alnus glutinosa*)'tır. Kızılçamlar Aydın dağlarının batı ve kuzey eteklerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Bozdağların güney eteklerinde 1000 m'ye kadar çıkmaktadır. Diğer bir tür olan kestane (*Castanea sativa*) havzada Aydın dağlarının kuzeyinde oldukça yaygındır. Bu türe Gedik yakınlarında parçalar halinde rastlanılmaktadır. Karaçamlar (*Pinus nigra*) ise havzada Bozdağlarda yaygın olarak görülmektedir. Karaçam (*Pinus nigra*) ve kestane (*Castanea*

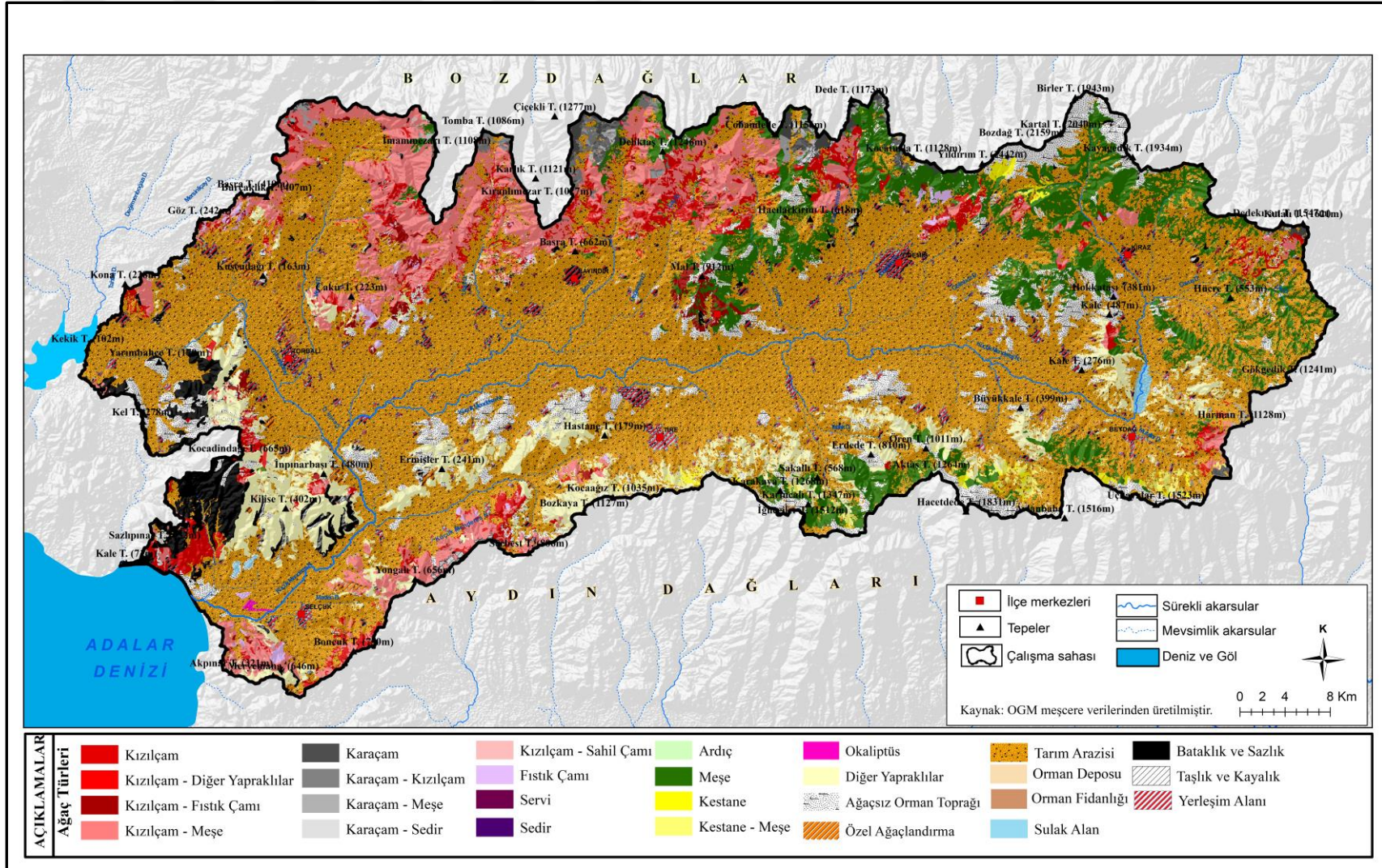
sativa) genellikle nemli dağlık alanlarda bulunmaktadır. Ayrıca havzda çok seyrek olarak Kızılçamlar arasında fıstıkçamı (*Pinus pinea*) görölmektedir (Harita 13).

1.7.2. Çalı (Maki ve Garig) Formasyonu

Kızılçam ormanlarının tahribi sonucu yayılan çalı formasyonları havzaya yerleşmiştir. Bu formasyona ait türler havzada Bozdağlarda (güney kesiminde) ve Aydın dağlarında görölmektedir. Havzada görölen türler arasında saçlı meşe (*Quercus cerris*), macar meşesi (*Quercus frainetto*), tüylü meşe (*Quercus pubescens*), mazı meşesi (*Quercus infectoria*) çiçekli kızılçık (*Cornus mas*), sandal (*Arbutus andrachne*), beyaz söğüt (*Salix alba*), kırmızı meyveli kızılçık (*Cornus sanguinea*), keçi söğütü (*Salix caprea*), böğürtlen (*Rhus fruticocus*), akçakesme (*Philyrea latifolia*), gibi türler bulunmaktadır (Gülersoy, 2014) (Harita 14).

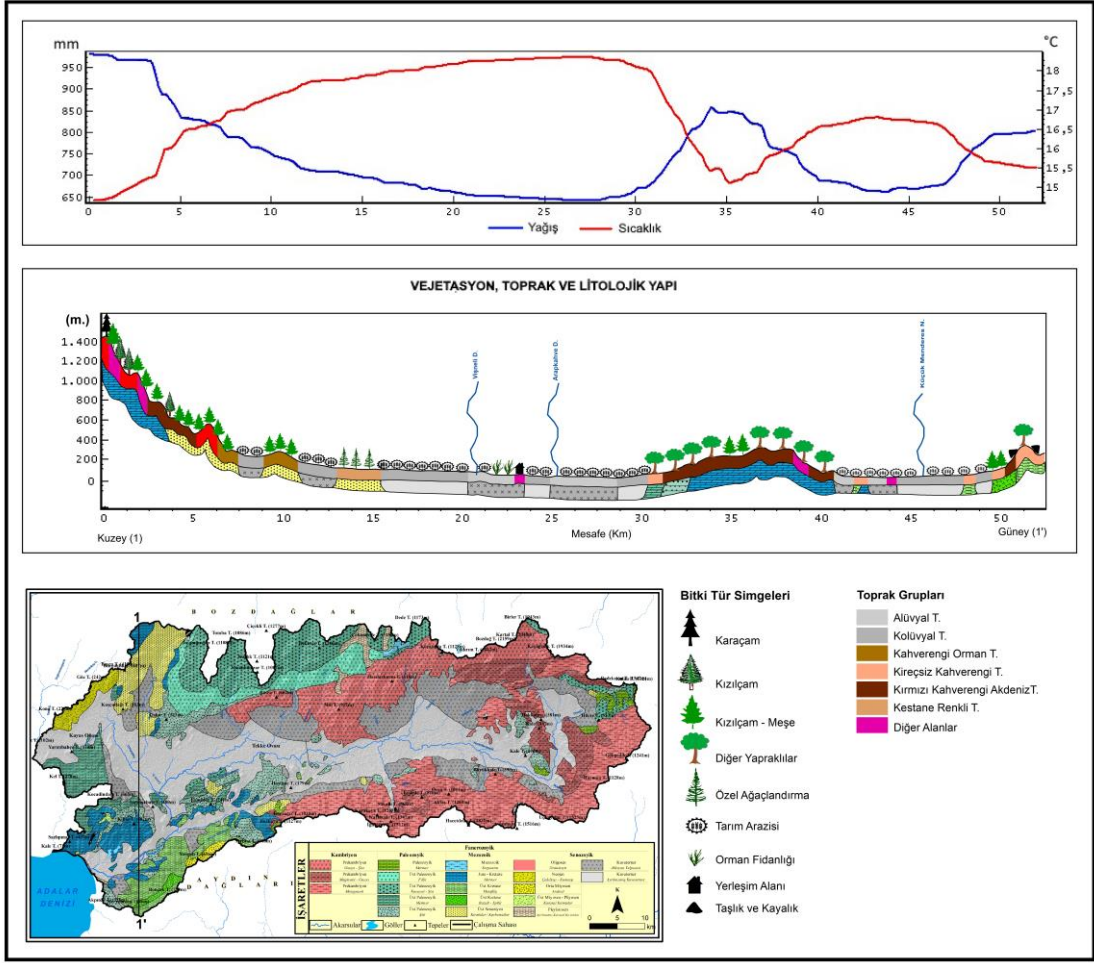
1.7.3. Ot Formasyonu

Havzadaki ot formasyonuna giren türler arasında sürüngen ardıç (*Juniperus communis sp. nana*) ve sütleğen (*Euphorbia*), ipekçayı (*Sideritis lanata*), dağ kekiği (*Thymus longicaulis*), sultan yumağı (*Festuca pinifolia*), İzmir tıstısı (*Minuartia juressi*), kurt soğanı (*Ornithogalum oligophyllum*), gül tırnakotu (*Plosella hoppeana*), peri kılcanı (*Bromus cappadocicus*) yer almaktadır. Bu türlere Bozdağların yüksek kesimlerinde rastlanılmaktadır. Ayrıca havzadaki diğer ot formasyonları olan çoban yastığı (*Acantholimon vulgare*), geven (*Astragalus*), ve eğreltilere (*Polypodium*) Aydın Dağlarında rastlanılmaktadır (Muslu, 2005; Gülersoy, 2014; Gökçe Gündüzoğlu, 2019) (Harita 14).



Haritalar 14: Küçük Menderes Havzası bitki örtüsü haritası

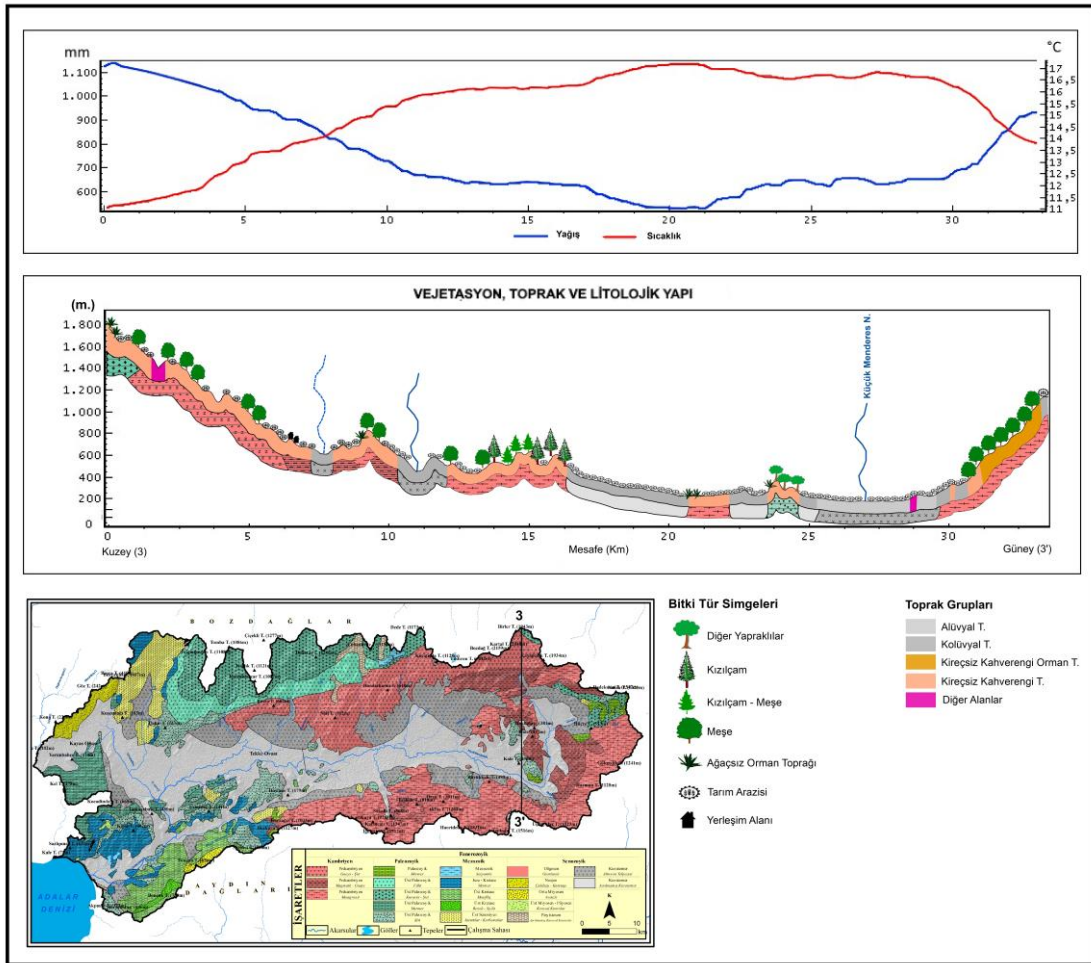
Küçük Menderes Havzası batısından alınan bu kesitte anakaya Jura-Kretase yaşlı mermerden oluşmaktadır. Mermer üzerinde kırmızı Akdeniz toprağı gelişmiştir. Bu kesimin yıllık yağış toplamı 1000 mm'nin üzerinde olup yıllık ortalama sıcaklığı 10-11 °C civarındadır. Karaçamın Küçük Menderes Nehri Havzası'nda en batıya sokulduğu saha burasıdır. Mermerden oluşan litolojik birimin güneyinde (Burçaklık Tepesi civarı) Üst Senoniyen yaşlı kırıntılı/karbonatlı kayalara geçilmektedir. Hat üzerinde yükselti azalmakta, yağış toplamı düşmekte ve sıcaklık ortalamaları yükselmektedir. Buna bağlı olarak Akdeniz ikliminin karakteristik orman ağacı olan ve karaçama göre sıcaklığa daha dayanıklı kızılçam ortamda baskın hale gelmektedir. Kızılçama çoğunlukla meşeler eşlik etmektedir. Depresyon düzlüğüne yamaç depoları ile geçilmekte ve taban düzlüğünde Kuvaterner yaşlı alüvyonlar geniş sahaları örtmektedir. Yamaç depoları üzerindeki kolüvyal topraklar ile Küçük Menderes Nehri Havzası'ndaki tektonik kökenli alüvyon dolgulu ova, alüvyal topraklar ile örtülüdür. Bu saha beşerî faaliyetlerin arttığı yoğun ziraatın yapıldığı antropojen alanlar olarak öne çıkmaktadır. Vişneli Dere ve Arapkahve Deresi bu sahada akış göstermektedir. Takip edilen hattın 30-40 km arasında (Kilise Tepe civarı) metamorfik kayaç olan mermer ve fillit üzerinde kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları büyük ölçüde kestane-meşe (*Castanea sativa-Quercus sp.*) vejetasyonu ile yer yer kızılçam-meşe (*Pinus brutia-Quercus sp.*) ormanları ile örtülmektedir. Bu sahanın güneyinde Küçük Menderes Nehri akış göstermekte olup çevresi geniş ziraat alanlarıyla kaplanmıştır. Hattın güneyinde mermer, metafilis ve bazalt kayaçları yüzeylenmektedir. Bunlar üzerinde kızılçam-meşe (*Pinus brutia-Quercus sp.*) ile kestane- meşe (*Castanea sativa-Quercus sp.*) vejetasyonu gelişmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: Araştırma alanında Bozdağlar üzerinde başlayan kesit hattının en kuzeyinden en güneyine litolojik birim.

Kesit kuzey ve güneyde litolojik birim olarak gnays ve şistlerden oluşmaktadır. Gnays ve şistler üzerinde Kireçsiz kahverengi ile kireçsiz kahverengi orman toprağı gelişmiştir. Bu kesimin yıllık yağış toplamı yüksek kesimlerde 1100 mm'nin üzerinde iken havza tabanında 600 mm'nin altında olup yıllık ortalama sıcaklığı 10-11 °C civarındadır. Kesitin en kuzeyin araştırma alanının yüksek noktası olan Bozdağ zirvesinden geçmektedir. Burada ot formasyonunda olan otsu bitkiler yer almaktadır. Küçük Menderes Nehri havzasının en yüksek sahası burasıdır. Kuzeyde gnays ve şistten oluşan litolojik birim havzanın taban düzlüğünde yerini Kuvaterner yaşlı alüvyon sahalarına ve kolüvyal depolarına bırakmaktadır. Bu kısımda yükselti azalmakta, yağış toplamı düşmekte ve sıcaklık ortalamaları yükselmektedir. Yamaç depoları üzerindeki kolüvyal topraklar ile Küçük Menderes Nehri Havzası'ndaki tektonik kökenli alüvyon dolgulu ova, alüvyal topraklar ile örtülüdür. Bu sahada da aynı şekilde beşerî

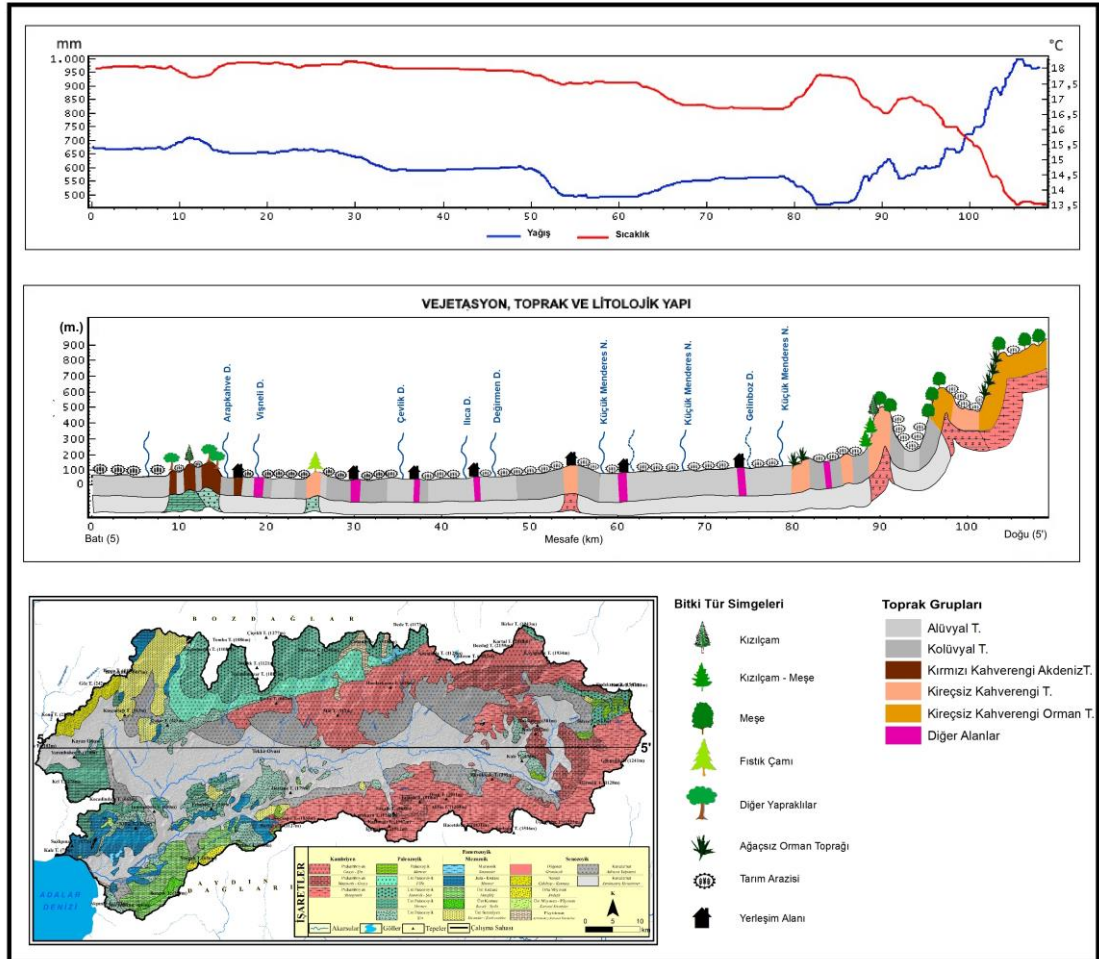
faaliyetlerin arttığı yoğun ziraatın yapıldığı antropojen alanlar olarak öne çıkmaktadır. Güneye doğru gidildikçe tekrar yükselti artmakta, sıcaklık değerleri azalmakta ve yağış miktarı artmaktadır. Bu kesitte Küçük Menderes Nehri akış göstermekte olup çevresi ziraat alanlarıyla kaplanmıştır. Hat boyunca kireçsiz kahverengi orman ve kireçsiz kireçsiz kahverengi toprakları üzerinde meşe (*Castanea sativa-Quercus sp.*) vejetasyonu ile yer yer kızılçam-meşe (*Pinus brutia-Quercus sp.*) ormanları ile örtülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7: Araştırma alanında Bozdağlar zirvede başlayan kesit hattının litolojik birim.

Batıda Kayas'tan başlayıp doğuda Gökgedik Tepede biten kesit genel olarak ovalık alanı temsil etmektedir. Bu kesimin yıllık yağış toplamı yüksek kesimlerde 1100 mm'nin üzerinde iken havza tabanında 600 mm'olup yıllık ortalama sıcaklığı 10-11 °C civarındadır. Litolojik birim olarak alüvyal ve kolüvyalden oluşmaktadır. Depresyon

düzlüğüne yamaç depoları ile geçilmekte ve taban düzlüğünde Kuvaterner yaşlı alüvyonlar geniş sahaları örtmektedir. Yamaç depoları üzerindeki kolüvyal topraklar ile Küçük Menderes Nehri Havzası'ndaki tektonik kökenli alüvyon dolgu ova, alüvyal topraklar ile örtülüdür. Küçük Menderes Ovası tamamen bitki örtüsünden arındırılmış olup, tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Bu bölgede, bitki örtüsünün kaldırıldığı alanlarda, ovalar ve ova yakınlarındaki yamaçlarda tarlalar, sebze ve meyve bahçeleri yaygındır. Ova tabanında yer alan az yüksek tepelerde garig bitkileri bulunurken, akarsu yataklarının kenarındaki kumlu ve çakıllı bölgelerde zakkum ve kermez meşesi gibi bitkiler gelişmiştir. Bu bitkiler, kızılçam ormanlarının tahribi sonucunda oluşan ve yıl boyunca yeşil kalan maki elemanlarıdır (Şekil 8).



Şekil 8: Araştırma alanında Kayas'tan başlayan kesit hattının en batısından litolojik birim.

1.8. Araziden Yararlanma Durumu

Araziden yararlanma durumu sahanın jeomorfolojisi için önem arz etmektedir. Bitki örtüsünün seyrek veya hiç olmadığı alanlar, erozyon ve kütle hareketlerine karşı ormanlık alanlardan daha fazla hassasiyet gösterdiği bilinen bir durumdur. Bitki örtüsü koruyucu özelliği ile aşındırma faaliyetlerini azaltarak erozyona karşı hassasiyeti düşürmektedir. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alanlar ile tarımın aktif olarak yapıldığı yerler arasında erozyon hassasiyeti üzerinde etkili olmaktadır. Eğim oranları fazla olan kesimlerde gerçekleştirilen tarım, erozyonal süreçleri artırıcı bir etkiye sahiptir (Güney, 2017).

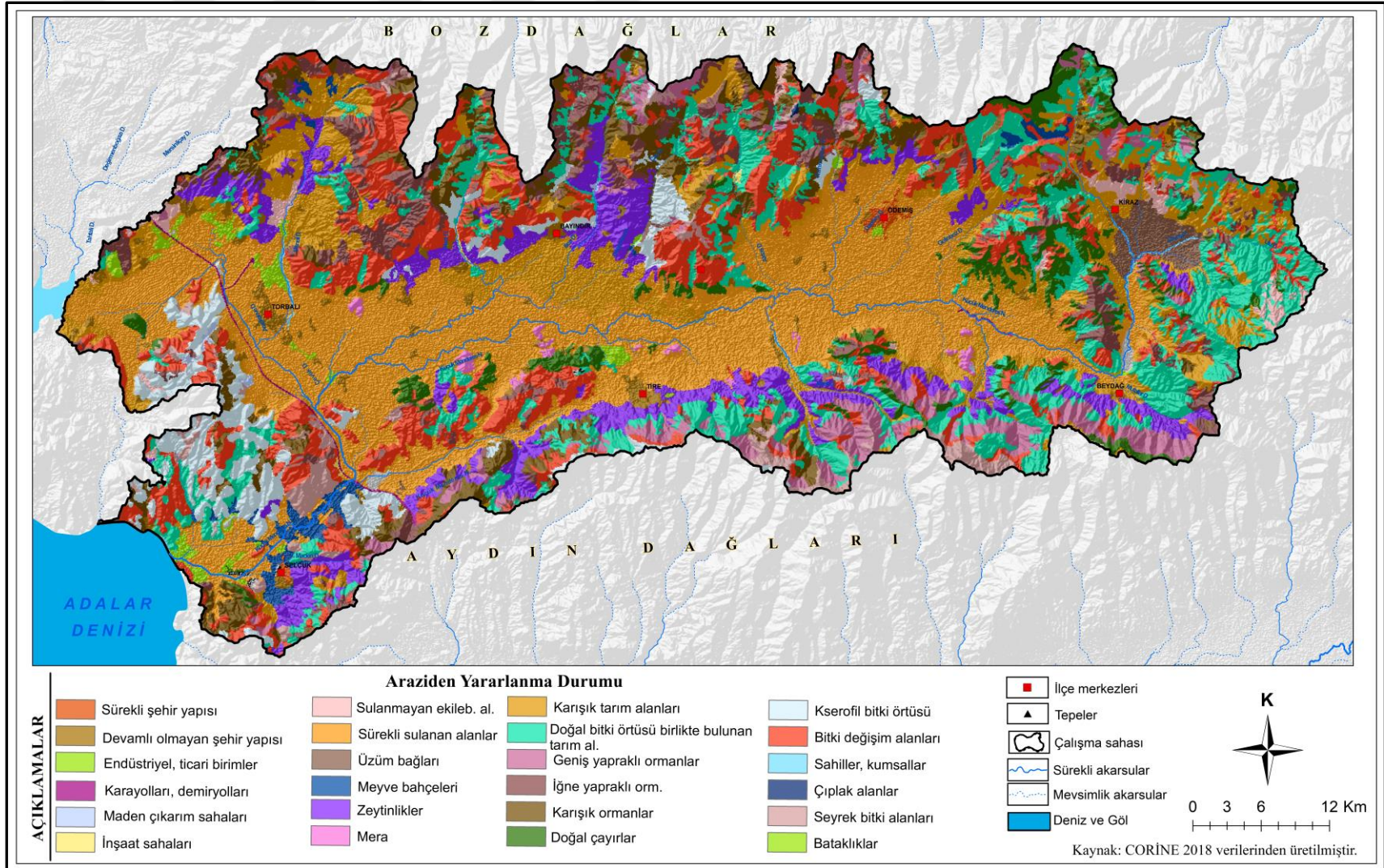
Küçük Menderes Havzasında araziden yararlanma durumu için CORINE 2018 verileri tercih edilmiştir. CORINE, arazi örtüsü ve yararlanma durumunun gösterildiği haritaların bulunduğu bir veri sistemidir. Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenmektedir. Bu sınıflandırmada, uydu görüntülerinin bilgisayar destekli görsel yorumlama yöntemiyle analiz edilmesi sonucunda arazi örtüsü ve araziden yararlanma durumu ortaya çıkmaktadır.

Havzada en geniş alan kaplayan sınıf sahanın %23,8'lik bir oran ile sürekli sulanan alanlar kaplamaktadır. Havza taban düzlüğünde tarımsal faaliyetler yoğun olarak kendini göstermektedir. Doğal bitki örtüsüyle beraber olan tarım alanları %12'9'luk alan kaplayarak ikinci sırada yer almaktadır. Karışık tarım alanları havzanın kuzeyinde ve yer yer güneyinde bulunup alanın %11,5'ni kaplamaktadır. Zeytinlikler %6,9, Meyve bahçeleri %0,9, Üzüm bağları %0,9 Küçük Menderes nehri boyunca kuzey ve güneyde hat boyunca devam etmektedir. Yerleşim alanları (devamlı olmayan şehir yapısı ve sürekli şehir yapısı) havzanın %1,7'sini kaplamakta olup Torbalı, Tire, Bayındır, Kiraz, Ödemiş, Beydağ ve Selçuk ilçelerini kapsamaktadır (Tablo 40, Harita 15).

Tablo 40: Küçük Menderes havzasında araziden yararlanma durumunun alansal ve oransal dağılımı

Araziden Yararlanma	Alan	
	Alansal Dağılım (km ²)	Oransal Dağılım (%)
Sürekli şehir yapısı	7,1	0,2
Devamlı olmayan şehir yapısı	51,9	1,5

Endüstriyel veya ticari birimler	23,4	0,7
Karayolları, demiryolları	6,3	0,2
Maden çıkarma sahaları	3,6	0,1
İnşaat sahaları	2,2	0,1
Sulanmayan ekilebilen alanlar	34,1	1,0
Sürekli sulanan alanlar	830,3	23,8
Üzüm bağları	32,2	0,9
Meyve bahçeleri	32,1	0,9
Zeytinlikler	239,3	6,9
Mera	12,1	0,3
Karışık tarım alanları	400,1	11,5
Doğal bitki örtüsü birlikte bulunan tarım alanları	449,6	12,9
Geniş yapraklı ormanlar	127,7	3,7
İğne yapraklı ormanlar	212,5	6,1
Karışık ormanlar	220,0	6,3
Doğal çayırlar	125,0	3,6
Kserofil bitki örtüsü	147,5	4,2
Bitki değişim alanları	447,0	12,8
Sahiller, kumsallar	5,6	0,2
Seyrek bitki alanları	65,0	1,9
Bataklıklar	8,1	0,2
Su kütleleri	6,0	0,2
Deniz ve okyanus	0,2	0,0
Toplam	3489,0	100,0



Haritalar 15: Küçük Menderes Havzası Araziden Yararlanma Durumu

1.9. Arazinin Nitelik ve Verimlilik Sınıflandırması

Arazinin nitelik ve verimliliğini göre sınıflandırılması, doğal ortam potansiyelinin ideal kullanımını ön görmektedir. Araziden yararlanma için altyapıyı oluşturan arazi sınıflandırma sistemi çeşitli doğal ortam özelliklerine sahip arazilerden en verimli şekilde yararlanmayı amaçlar. Buna göre arazi tarım, otlak ve orman sahası olarak belli ölçütlere göre en uygun kullanım türlerine ayrılır (Gülersoy, 2014).

Üzerinde doğal bitki örtüsü ve hiçbir tarım ürününün yetişemediği tuzlu, kayalık, kumluk, bataklık alanlar işlemeye uygun olmayan araziler olarak belirlenmektedir. 1930'lu yıllarda Amerika Toprak Koruma Teşkilatı'nın uygulamaya başladığı, ülkemizde de 1970'li ve 1999'lu yıllarda uygulanan arazi yetenek sınıflandırması metodunda arazi belirli ölçütlere göre 8 sınıfa ayrılmaktadır (Tablo 41).

Arazi yetenek sınıflandırma metodunda belli özellikte canlıların barındığı biyomların verimlilik açısından değerlendirilmesinde üç ana doğal ortam kriterine göre hareket edilir. Bunlar; a) iklim b) topoğrafya (eğim, yükselti, bakı) c) anakaya ve toprak özellikleridir (bünye, taşlılık, çakıllılık, tuzluluk, pH vb.). Bunların yanında sınıflandırmanın yapılacağı sahanın sosyo-ekonomik özellikleri de dikkate alınmalıdır.

Tablo 41: Arazinin nitelik ve verimliliklerine göre sınıflandırılma ve yararlanma biçimleri

SINIF	TARIMA UYGUN ARAZİLER (İşlenebilir Araziler)
I	Bütün türlerin yetiştiği düz, iyi drene olmuş, kolay işlenebilir, derin ve verimli araziler
II	Önem derecesi az olan toprak sorunların bulunduğu araziler (toprağın sığ oluşu, hafif tuzlanma vb.)
III	Tarım ürünlerinin yetişmesini kısıtlayacak ciddi toprak sorunların olduğu (erozyona hassasiyet, taşlık vb.) bazı toprak koruma önlemleri gerektiren araziler
IV	Toprak derinliği, taşlılık, drenaj ve eğim yönünden şiddetli sınırlayıcılar vardır. Ancak ciddi toprak koruma önlemleri uygulanabildiğinde (teraslama, kısa periyotlarla drenaj gibi) tarım yapılabilen araziler. (Sınırlı Tarım)
TARIMA UYGUN OLMAYAN ARAZİLER (İşlenmeye Uygun Olmayan Araziler)	

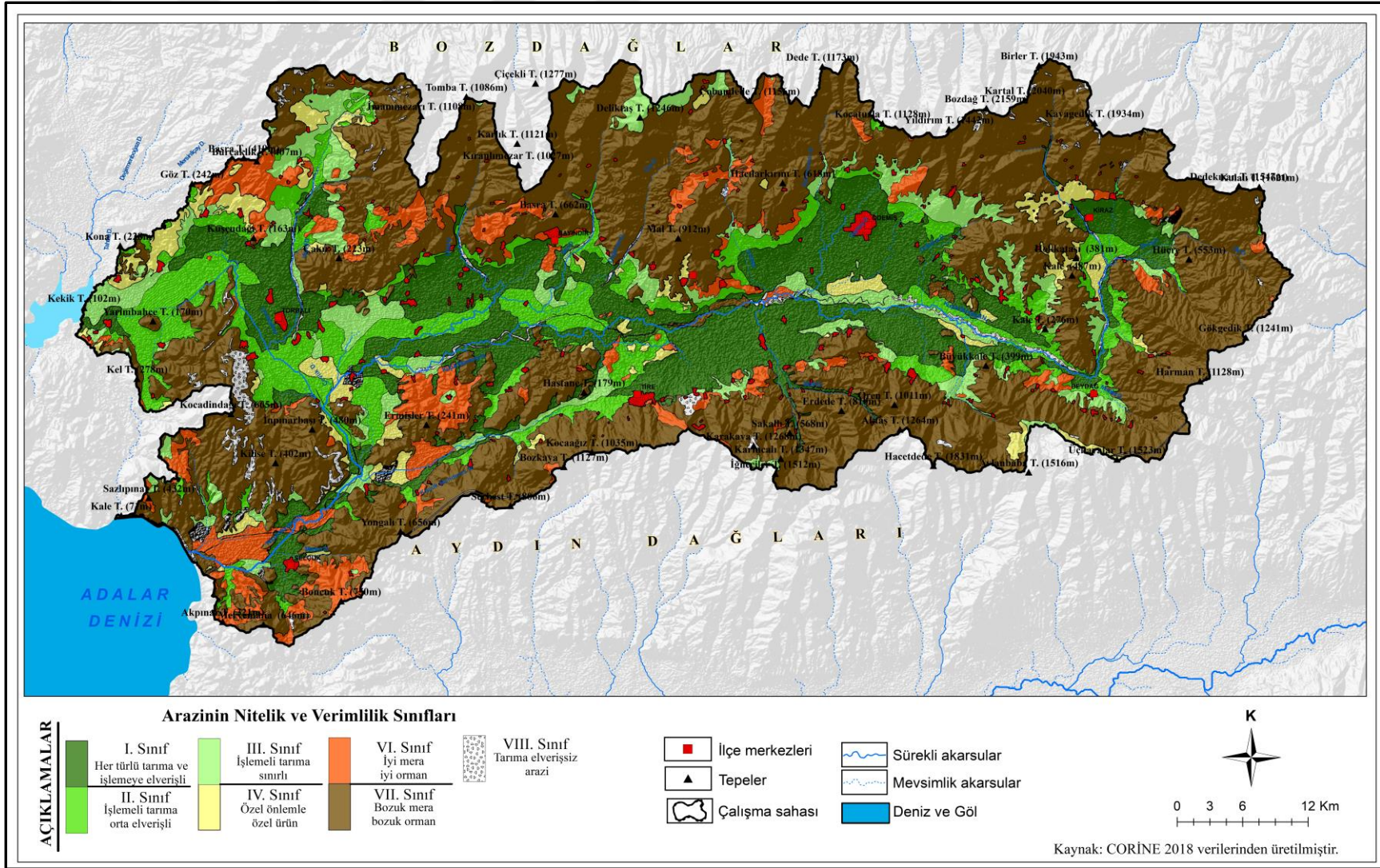
V	Taşlı araziler (birikinti konileri, zaman zaman taşkına uğrayan çakıllı, kumlu sahalar). Yerine göre ağaçlı tarım (bağ-bahçe, zeytinlik, incir), mera veya orman şeklinde opsiyonel kullanım türlerine ayrılabilir.
VI	Eğim, toprak sağlığı gibi aşırı sınırlayıcılar mevcuttur. Otlak (mera) olarak kullanıma uygun araziler
VII	Toprak sağlığı, taşlılık, eğim, erozyon gibi şiddetli sınırlayıcılar mevcuttur. Orman olarak kullanılması gereken araziler.
VIII	Kayalık, bataklık, çok tuzlu alanlar gibi tarıma, orman ve otlak olarak kullanıma uygun olmayan araziler. Rekreasyon alanları ve av hayvanları barınağı vs. olarak değerlendirilebilir.

Küçük Menderes Havzasında yer alan topraklar arazinin nitelik ve verimliliği göre dağılımlarına bakıldığında en fazla oran %53,4'lik değer ile VII. sınıf arazileri kaplamaktadır. Eğim, erozyon, toprak sağlığı, taşlılık gibi faktörler tarımsal faaliyetleri sınırlandırdığı için bu araziler genellikle ormanlık alan olarak yararlanma ya neden olmaktadır. VII. sınıfta yer alan arazilerde toprak sağlığı tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesine imkân vermemektedir. Bu arazi sınıfının en fazla alan kaplaması havzadaki erozyon riskini de ortaya çıkarmakta ve erozyonun havza için büyük tehlike oluşturduğunu göstermektedir.

Havzada I. Sınıf araziler %16,8; II. sınıf araziler %8,9; III. sınıf %7,2; IV. sınıf %3,1; V. sınıf %0,3; VI. sınıf %6,8; VII. sınıf %53,4; VIII. sınıf %1,6 alan kaplamaktadır. Havzada tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi için uygun olan I., II., III. ve IV. sınıf arazilerin oranı toplamda %36'dır. Ancak III ve IV. sınıf arazilerinde erozyon riski, taşlılık ve drenaj problemleri gibi tarımsal faaliyetleri kısıtlayan olumsuz faktörler bulunmaktadır. VII. sınıf %53,4'lik oran ve 1765,1 km²'lik alan kaplayan bu yerler havzada tarımı sınırlandırmaktadır. Bu alanların başlıca sorunları eğim ve erozyon gelmektedir. Bu alanlarda erozyonal süreçler şiddetli olarak görülmektedir. Havzada da bu araziler erozyon riskinin fazla olduğu kesimlere tekabül etmektedir. Bu arazilerde toprak kaybını önleyecek faaliyetler yapılmalı ve bu araziler ormanlık alanlar için tercih edilmelidir (Tablo 42, Harita 16).

Tablo 42: Arazinin nitelik ve verimlilik sınıflarının alansal ve oransal dağılımı.

Arazinin nitelik ve verimlilik sınıfları	Alan	
	Alansal Dağılım (km ²)	Oransal Dağılım %
I	555,4	16,8
II	294,9	8,9
III	238,9	7,2
IV	103,1	3,1
V	8,3	0,3
VI	226	6,8
VII	1765,1	53,4
VIII	52	1,6
Diğer Alanlar	54	1,6
Toplam	3849	100



Haritalar 16: Küçük Menderes Havzası arazinin nitelik ve verimlilik sınıflandırması

2. BÖLÜM

ARAŞTIRMA ALANI TOPRAK ANALİZLERİ VE TOPRAK COĞRAFYASI

Havzadan toplanan toprak numuneleri ile toprakların fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu özellikler tekstür (kil, silt, kum), pH, kireç, toplam tuz, saturasyon, toprak organik madde şeklinde belirlenmiştir. Bu analizlerin sonuçları hem havzadaki toprak yapısı hakkında fikir edinmede hem de bazı toprak özellikleri RUSLE metodunda kullanılmıştır (Tablo 43).

2.1. Araştırma Alanı Topraklarının Laboratuvar Analizleri

2.1.1. Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel Analizleri

2.1.1.1. Tekstür Analizleri

Havzada toprakların analiz sonuçlarına göre (**Tablo 43**), toprak tekstürü çoğunlukla kumlu bir bünye göstermektedir. Havzanın genelinde kumlu tekstüre sahip topraklar yaygındır. Ana materyal bu durum etkili olmaktadır. Boz dağların eteklerinden ve eteklerinden inen akarsuların havzaya getirdiği topraklarda kum oranı fazla çıkmıştır. Havza tabanında killi balçık bünyeli topraklar görülmektedir. Ancak oldukça sınırlıdır. Havzadaki kolüvyal topraklarda kumlu tınlı bünyeye sahiptir.

2.1.1.1.a. Kil Analizi

Topraktaki inorganik maddeler kum, kil ve siltten oluşmaktadır. Toprak içerisinde kum, kil ve siltin birbirine göre oranı toprağın bünyesini yani tekstürü meydana getirmektedir (Mater, 1998). Toprak içerisinde ihtiva ettiği parçacıklarına oranlarına göre kumlu, kumlu tınlı veya killi olarak tekstür sınıflarına ayrılmaktadır. Kil, toprak partikülleri arasında en küçük boyutlu olan unsurdur. Kil, toprağın yapısını stabil etmekte, suyla temas ettiğinde birbirine yapışarak agregatlaşmanın oluşmasını sağlamaktadır. Bu özellik sayesinde toprağın erozyona karşı direncini artırmaktadır. Bu parçacıkların birbirine oranları hesaba katılarak topraklar ağır bünyeli ve hafif bünyeli olarak isimlendirilmektedir. Toprağın tekstürü fiziksel ve kimyasal olayları etkileyen temel toprak özelliklerinden bir tanesini oluşturmaktadır. Hafif bünyeli topraklar

isimlendirilen topraklar içerisinde kil oldukça azdır. Ancak bu bünyedeki toprakların geçirgenlik durumları yüksektir. Bu da fazla aşınmaya maruz kalmalarına sebep olmaktadır. Ağır bünyeli toprakların aşındırılmaları daha geç olmaktadır (Okur, 2021). Dolayısıyla tekstürün aşındırmada ve doğal olarak erozyonun hızı ve şiddeti üzerinde etkisi oldukça fazladır. Havza topraklarında, kum miktarı % 33,8 - 79,1, kil miktarı % 3,4-27,4 ve silt miktarı ise % 15,64-45,64 arasında değişmekte olup, hâkim bünye sınıfı kumlu tın, tınlı ve yer yer killi tın özellik göstermektedir (Tablo 42). Böylelikle havzadaki toprakların çok büyük bir kısmı hafif bünyeli yani kumlu tekstür özelliği göstermektedir. Bu da havzadaki erozyonun hızı ve şiddeti üzerinde oldukça etkili olmaktadır.

2.1.1.1.b. Kum Analizi

Havza topraklarında, kum miktarı % 33,8- 79,1, arasında değişmekte olup, hâkim bünye sınıfı kumlu özellik göstermektedir (Tablo 43). Böylelikle havzadaki toprakların çok büyük bir kısmı hafif bünyeli yani kumlu tekstür özelliği göstermektedir. Bu da havzadaki erozyonun hızı ve şiddeti üzerinde oldukça etkili olmaktadır.

Kumlu topraklar, kabuklanmaya ve rüzgâr erozyonuna karşı çok hassastır. Çok hafif yağışlardan sonra bile kumlu topraklarda yapısal eleme kabukları gelişmektedir. Bu tür kabuk, ince parçacıkların yoğunlaştığı ince bir tabaka üzerinde yüzeyde gevşek bir kum tabakası göstermektedir (Rajot vd., 2003). Kumlu topraklar, yüksek miktarda kum partikülleri içermektedir. Kumlu topraklar küçük özgül yüzey alanına sahip ve genellikle daha az kil ve organik madde barındırmaktadır (Huang ve Hartemink, 2020). Kil ve organik maddeler, toprağın parçacıklarını bir arada tutan bağlayıcı maddelerdir. Bu bağlayıcı maddelerin eksikliği, toprağın parçalanmasını ve akarsu, rüzgâr gibi etmenlerle taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Kumlu topraklar, suyu daha hızlı drene etmektedir. Bu toprakların su tutma kapasitesi düşüktür. Bu durum, yüzeydeki bitki örtüsünün büyümesini ve korunmasını zorlaştırabilmektedir. Erozyona karşı doğal bir koruma sağlan bitki örtüsü; toprağı yerinde tutar ve suyun yüzey akışını azaltmaktadır. Böylelikle bitki örtüsünün azalması, erozyon riskini artırmaktadır.

2.1.1.1.c. Silt Analizi

Havza topraklarında, kum miktarı % 33,8- 79,1, kil miktarı % 3,4-27,4 ve silt miktarı ise % 15,64-45,64 arasında değişmektedir. Arazide kolüvyal topraklarda silt oranı yüksek çıkmıştır (Tablo 43).

Silt ve kum içeriği fazla olan topraklarda kabuk oluşumu görülmektedir. Bu kabuk yağmur damlalarının çarpması ve güneş ışınlarıyla kuruma gibi doğal süreçlerle oluşmaktadır. Kabuğu meydana getiren toprak partikülleri, bitki kök gelişimini engellemektedir. Kabuk tabakasının bir diğer olumsuz yönü ise geçirgenliği düşürmektedir. Böylelikle yüzey akışı artırmaktadır. Tüm bu durumlar toprak erozyon riskini de beraberinde getirmektedir. Kabuk oluşumu tüm topraklarda görülmekle birlikte toprak yüzeyinin çok çabuk kurduğu yağışlardan yoksun alanlar daha fazla rastlanılmaktadır (Öztürk ve Özdemir, 2006). Siltli topraklar, yoğun yağışlar veya sulama sonucu suya doymuş hale geldiğinde, sıkışma eğilimi göstermektedir. Sıkışan toprak, suyun ve bitki köklerinin hareketini zorlaştırabilmekte ve bu durum toprak erozyonunu artırmaktadır.

2.1.2. Araştırma Alanı Topraklarının Kimyasal Analizleri

2.1.2.1. Toplam Tuz Analizi

Toprakta değişebilir sodyum oranının %15'ten fazla olması alkaliliği ifade etmektedir. Çözünabilir tuz yoğunluğunun bitkilerin gelişimlerinde olumsuz şartlar oluşturması durumu ise tuzluluk olarak tanımlanmaktadır (İmamoğlu, 2015). Havzadaki topraklarının tamamı tuzsuz sınıfına girmektedir. Yağıştan yoksun ve az yağış alan sahalarda (kurak ve yarı kurak) bulunan toprakların en büyük sorunlarından biri tuzluluktur. Ancak çalışma alanı topraklarında böyle bir soruna rastlanılmamaktadır. Toprağın tuzlu olması için ana materyalin fazlaca tuz ihtiva etmesi, sahanın drenajının bozuk olması, taban suyu seviyesinin yüksek olması gibi bazı olumsuz şartlar gerekmektedir. Tuzluluğun az olması havzada bu olumsuz özelliklerin olmamasından kaynaklanmaktadır. Havzada laboratuvar analiz sonuçlarında en yüksek tuz değeri 0,019 iken en düşük değer ise 0,003 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla havzadaki topraklar tuzsuz özellik göstermektedir (Tablo 43). Yüksek tuz konsantrasyonu, toprak partikülleri arasındaki bağları zayıflatmaktadır. Toprak agregatlarının parçalanması, toprağın erozyonal süreçlere olan direncini azaltmaktadır.

2.1.2.2. Kireç Analizi

Kalsiyum ve diğer iki değerli katyonlar toprak içerisinde artıkça toprağın kireç oranı da artmaktadır. Bu durum özellikle az yağış alan kurak ve yarı kurak sahalarda sıkça görülmektedir (Mater, 1998). Toprağın kireçlenme durumu kullanılan su, ana materyal veya sahanın drenaj özelliklerine göre değişmektedir. Havza toprakları kireçlenme yönünde sadece belli alanlarda yüksektir. Kireç miktarının yüksek olduğu yerler karbonatlı anakayanın bulunduğu alanlarda görülmektedir. Kırmızımsı Akdeniz topraklarında bu durum kendini göstermektedir. Havza topraklarının kireç değerlerinde en yüksek 23 iken en düşük ise 0,4 olarak belirlenmiştir. Havza toprakları genel olarak değerlendirildiğinde kireç oranı düşüktür (Tablo 43). Havzada yağışın az olmasına rağmen kireç oranının düşük olması ana kayadan kaynaklanmaktadır.

Kireç, toprağın yapısını iyileştirmekte ve çeşitli yollarla toprağın erozyona karşı direncini artırmaktadır. Toprağa kalsiyum iyonları sağlayan kireç, toprak partiküllerinin bir araya gelmesine yardımcı olarak toprak yapısını güçlendirmektedir. Topraktaki kil ve organik madde kolloidlerinin stabilitesini artırmaktadır. Kil ve organik maddenin artmasının toprakta su tutma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Böylelikle daha iyi su tutma kapasitesi, yüzey akışını azalmaktadır. Kireç pH'nı artırarak, asidik toprakları nötralize etmekte ve bu değeri yükseltmektedir. Toprak pH'nın dengelenmesi, bitki büyümesini desteklemektedir (Bezdicek vd., 2003). Sağlıklı bitki örtüsü, toprağın yerinde kalmasını sağlayarak toprak erozyonunu engellemektedir.

2.1.2.3. Toprak Organik Madde Analizi

Toprak organik maddesi toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Tarımsal faaliyetlerde verimli ürünlerin elde edilmesi için organik madde vazgeçilmez bir unsurdur. Toprak organik maddenin sahip olduğu besin maddeleri hem ürünlerde artışı hem toprak sağlığını desteklemektedir. İyi bir toprak için organik maddesi %3-4 civarında olmalıdır. Havzadaki topraklar Walkley Black metodu ile sahip olduğu organik madde miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu metotta organik madde durumu bünyesinde barındırdığı besin maddelerine göre 0-1 çok az, 1-2 az, 2-3 orta, 3-6 fazla ve >6 çok fazla şeklinde gruplara ayrılmaktadır. Havzadaki

topraklar sahip oldukları organik madde miktarı 0,7 ile 4,4 arasındadır (Tablo 43). Organik madde miktarının 4,4 olduğu topraklar sahada çok lokal bulunmaktadır. Havzadaki toprakların organik madde yönünden çok zengin değildir. Bu durum özellikle ana kayanın türünden kaynaklanmaktadır. Organik maddenin fazla olduğu alanların toprak türü ise kireçsiz kahverengi orman toprağı olduğu görülmektedir. Yine alüvyal topraklar organik madde bakımından ikinci sırada yer almaktadır.

Toprak organik maddesi, toprak sağlığı ve erozyon kontrolü için hayati öneme sahiptir. Toprak organik maddesi ayrıca toprak organik karbonunu etkileyen önemli bir faktördür. Toprak, küresel karbon döngüsünün önemli bir unsurudur. Toprak erozyonu, toprak organik maddesinin önemli ölçüde kaybolmasına neden olmaktadır. Havza ölçeğinde, toprak kaybının toprak organik maddesinin azalmasına neden olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Polyakov ve Lal, 2004). Organik madde içeriğini artırmak, erozyon riskini azaltmaktadır. Sürdürülebilir tarım uygulamaları için temel stratejilerden biri de toprak içerisindeki organik maddenin artırılmasıdır. Toprakta organik madde; toprağın daha gevşek ve gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlamaktadır. Bu, suyun toprağa daha kolay nüfuz etmesine ve yüzey akışının azalmasına yardımcı olmaktadır. Toprakta suyun tutulmasına yardımcı olan organik madde toprağın kurummasını önlemektedir. Nemli olan toprak daha ağır olmaktadır. Bu durum toprağın aşınmasını ve taşınmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca bitkiler için gerekli besin maddelerini sağlar ve toprağın verimliliğini artırmaktadır. Böylelikle toprak üzerinde koruyucu bir bitki örtüsü oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Toprakta organik maddeyi, organik malç, kompostlama, solucan gübresi, doğal bitki örtüsünün korunması gibi önlemlerle artırarak toprak erozyonunun etkisi azaltılabilmektedir.

2.1.2.4. Saturasyon Analizi

Toprak saturasyonu, toprakta bulunan gözeneklerin tamamının su ile dolu olduğu durumu ifade eder. Başka bir deyişle, toprak gözeneklerinin tamamı suyla dolu olduğunda, toprak tamamen doymuş hale gelir. Bu toprak açısından önemli bir özelliktir. Çünkü toprağın su tutma kapasitesi, bitki köklerinin suya erişimi ve toprak suyu hareketi gibi birçok faktörü etkilemektedir. Yapılan analiz sonucunda Küçük Menderes Havzasında toprak saturasyonu ortalama %46,5 olarak çıkmıştır. (Tablo 43).

Toprakta saturasyon (doygunluk), toprak partiküllerinin tüm gözeneklerinin suyla dolu olduğu durumu ifade eder. Toprağın tamamen suya doyması, toprak erozyonu üzerinde önemli etkilere sahip olmaktadır. Toprak tamamen suya doyduğunda, toprak agregatları suyla dolarak zayıflamakta ve kolayca parçalanabilmektedir. Toprak suya tamamen doyduğunda, kalan toprak içine sızma kapasitesi azalmaktadır. Bu durum, yüzeyde su birikmesine ve yüzey akışının artmasına neden olmaktadır. Yüzey akışı, toprağı taşıyarak erozyonu hızlandırmaktadır.

2.1.2.5. pH Analizi

Toprak pH, toprağın asitlik veya alkalilik derecesini ifade etmektedir. pH (Potansiyel Hidrojen), bir çözeltinin asidik veya bazik özelliklerini belirten bir ölçü birimidir. Bu terim, bir çözeltinin hidrojen iyonlarının (H^+) aktivitesini ölçerek çözeltinin asidik, nötr veya bazik olduğunu gösterir. pH ölçeği, 0 ile 14 arasında bir skalada değerlendirilmektedir. 7 nötr, 0-6 asidik, 8-14 bazik olarak kabul edilmektedir. Havza topraklarının pH değeri 5,56-8,02 değer aralığında bulunmaktadır. Havzanın kuzeybatısında bulunan toprakların pH değeri 5-6 arasındadır. Bu değerle birlikte havzada bulunan topraklar hafif asit reaksiyonu göstermektedir. Ancak havzada yağışın az olması asit karakterde toprakların çok az olmasına neden olmuş, havzada çok dar bir alanda bu karakterde topraklara rastlanılmaktadır. Bu sahalarda çoğunlukla kahverengi orman toprağı yayılış göstermektedir. Yağış miktarının azaldığı birikmenin arttığı alanlardaki topraklar ise hafif alkalin özellik göstermektedir. Havzadaki toprakların geneli alkalin karakterdedir. Bunların pH ise 6,5-8,5 değer aralığındadır (Tablo 43).

pH seviyesi, organik maddenin parçalanma hızını ve toprakta organik madde miktarını etkiler. pH değerinin düşük olması yani toprağın asidik karakter olması toprağın yıkandığı anlamına gelmektedir. Yıkanan topraklarda ise organik madde oldukça azdır (Kisic vd., 2018). Bu tür topraklarda organik maddenin yanı sıra kireç oranı da düşük çıkmaktadır. Toprağın gelişimi, kalitesi için oldukça önemli olan bu iki unsurun az veya olmaması toprağı erozyona karşı daha hassas duruma getirmektedir.

Tablo 43: Araştırma alanına ait toprakların kimyasal ve fiziksel analizleri

Konum	Toprak Türü	Kum	Kil	Silt	Tekstür Sınıfı	Toplam Tuz	Kireç	Organik Madde	Saturasyon	pH	Rakım
381319N 28223E	Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprağı	38,6	27,4	34	CL	0,019	1,2	0,8	55	7,58	920
381112N 281218E	Kireçsiz Kahverengi orman toprağı	76,6	5,4	18	SL	0,006	0,4	0,9	50,6	7,32	514
3858N 281300E	Kireçsiz Kahverengi toprağı	58,6	11,4	30	SL	0,009	0,4	3,4	61,6	7,23	211
387545N 281200E	Alüvyal topraklar	78,6	3,4	18	LS	0,004	0,4	1,1	46,2	6,92	267
381645N 28455E	Kireçsiz Kahverengi toprağı	70,6	5,4	24	SL	0,006	0	1,2	52,8	7,54	1500
381357N 280420E	Kolüvyal topraklar	62,6	3,4	34	SL	0,005	0,4	0,7	50,6	7,75	240
380733N 280415E	Kolüvyal topraklar	70	7,4	22	SL	0,003	0	1,9	52,8	6,34	158
380420N 280420E	Kireçsiz Kahverengi toprağı	64,6	9,4	26	SL	0,008	0,4	2,1	52,8	7,53	800
380334N 275351E	Kireçsiz Kahverengi toprağı	70,6	9,4	20	SL	0,005	0,4	2,3	55	6,6	390
381119N 275508E	Alüvyal topraklar	72,6	7,4	20	SL	0,007	0,4	3,7	55	7	120
381355N 275553E	Alüvyal topraklar	70,6	5,4	24	SL	0,014	0,4	1,7	52,8	7,88	144
381747N 274737E	Kireçsiz Kahverengi Orman toprağı	73,1	8,9	18	SL	0,007	0,4	1,4	44	7,67	800
381441N 274638E	Kireçsiz kahverengi toprağı	71,1	8,9	20	SL	0,006	0,4	1,7	44	7,8	470
380642N	Alüvyal topraklar	79,1	4,9	16	LS	0,004	0,4	1,3	48,4	7,5	110

274755E												
380447N	Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprağı	63	8,9	28	SL	0,007	0	2,6	50,6	6,47	260	
274430E												
380422N	Kolüvyal topraklar	73,1	6,9	20	SL	0,007	0	1,9	52,8	7,28	140	
273942E												
381444N	Kireçsiz kahverengi orman toprağı	63,1	8,9	28	SL	0,009	4	3,7	66	7,34	470	
272834E												
380049N	Kırmızımsı Akdeniz toprağı	65,1	12,9	22	SL	0,007	6,3	2,4	52,8	7,53	340	
273707E												
381110N	Kırmızımsı Akdeniz toprağı	49,1	14,9	36	L	0,009	2	2,9	59,4	7,78	71	
273801E												
382004N	Alüvyal topraklar	73,1	6,9	20	SL	0,011	0,8	1,3	46,2	7,17	210	
272708E												
380303N	Kırmızımsı Akdeniz toprağı	47,1	14,9	38	L	0,009	4	2,4	57,2	8,1	51	
273042E												
380136N	Kolüvyal topraklar	65,1	12,9	22	SL	0,012	0,8	2,8	52,8	7,87	49	
273018E												
380748N	Kolüvyal topraklar	53,1	14,9	32	SL	0,012	0,08	1,9	52,18	7,87	50	
273014E												
381106N	Kireçsiz Kahverengi toprağı	67,1	10,9	22	SL	0,03	3,2	2,6	50,6	7,63	89	
272920E												
381354N	Kestane renkli topraklar	55,8	16,5	28	SL	0,014	23,7	2,1	48,4	7,74	166	
272124E												
381708N	Kahverengi orman toprağı	67,8	12,5	20	SL	0,013	5,5	3,6	48,4	7,71	240	
272243E												
375627N	Alüvyal topraklar	73,8	10,5	16	SL	0,012	0,4	2,8	48,4	7,08	49	
271834E												
382046N	Kırmızımsı Akdeniz toprağı	43,8	24,5	32	L	0,013	8,7	3	50,16	7,64	461	
272338E												
375418N	Kırmızımsı Akdeniz toprağı	33,8	20,5	46	L	0,016	5,9	1,8	50,6	7,71	62	
271613E												

375656N	Kırmızımsı Kahverengi Akdeniz toprağı	49,5	16,5	34	L	0,002	17,4	4,4	55	7,84	32
271843E											
375914N	Kırmızımsı Akdeniz toprağı	67,8	8,52	24	SL	0,009	1,2	1,6	50,6	8,02	20
272107E											
380502N	Kireçsiz Kahverengi toprağı	75,8	8,52	16	SL	0,012	2	1,6	37,4	7,68	61
272208E											
381441N	Kırmızımsı Kahverengi Akdeniz toprağı	61,8	12,5	26	SL	0,006	0,4	1,3	39,6	7,34	146
272330E											
381055N	Alüvyal topraklar	57,8	16	26	SL	0,011	2,4	1,8	41,8	7,88	86
272148E											
380844N	Alüvyal topraklar	45,8	18,5	36	L	0,012	0,8	1,8	44	7,78	60
272041E											
383814N	Kırmızımsı Akdeniz toprağı	49,8	18,5	32	L	0,013	8,3	2,7	46,2	7,62	95
271457E											
381055N	Kolüvyal topraklar	39,8	26,5	31	CL	0,005	0,4	0,7	52,8	5,56	100
270954E											

2.2. Araştırma Alanı Topraklarının Uzaktan Algılama (Google Earth Engine Makine Öğrenme Algoritması) ile Analizleri

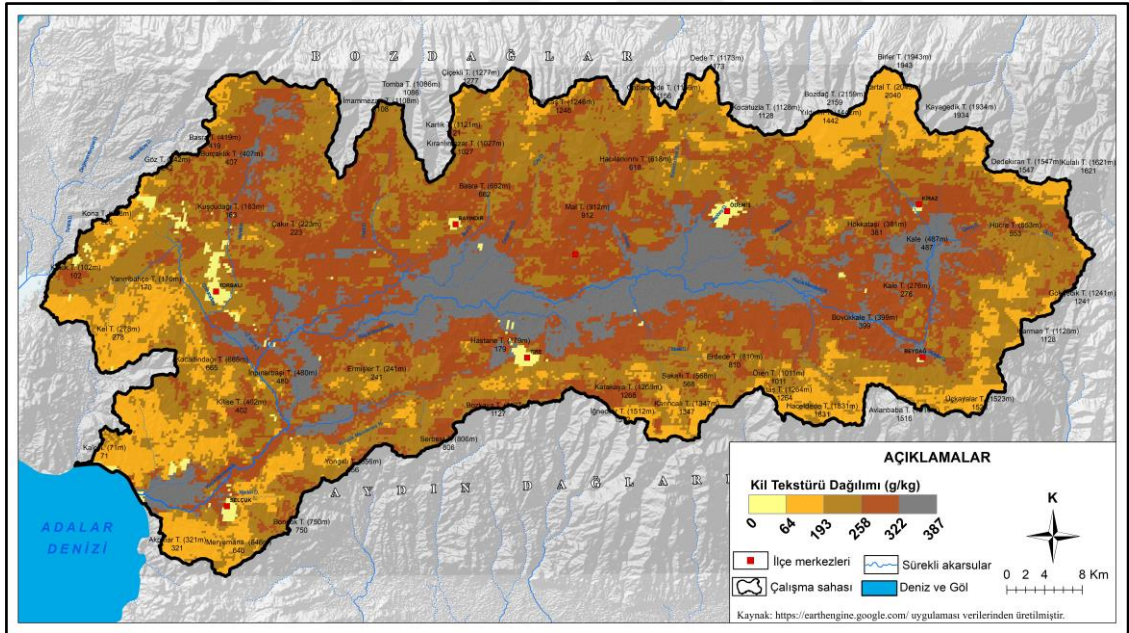
Havzadaki toprakların tekstür özellikleri (kil, silt, kum), pH, kireç, toplam tuz, saturasyon, organik madde miktarı incelenmiş ve bu örnekler aynı zamanda soilgrid veri tabanından alınan örneklerle karşılaştırılmıştır. Soilgrid veri tabanından (kil, silt, kum, kireç, toplam tuz, pH, organik madde, hacim ağırlığı) alınan parametrelerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Laboratuvar analizlerinde bulunan saturasyon analizi bu analizlerde bulunmamaktadır. Bu kısımda hacim ağırlığı parametresi de ele alınmıştır. Karşılaştırma sonucunda her iki veri setinin birbirini desteklediği görülmüştür. Laboratuvar analiz sonuçları kısmında bu parametrelerin toprak erozyonu ile ilişkisi anlatıldığı için bu kısımda tekrar ele alınmamıştır.

2.2.1. . Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel Analizleri

2.2.1.1. Tekstür Analizi

2.2.1.1.a. Kil Analizi

Kil partikülleri 2 mikrondan daha küçüktür. Bu küçük boyut, kili oldukça yumuşak ve plastik hale getirmektedir. Boyutunun küçük olmasına rağmen kil geniş yüzey alanına sahiptir. Geniş yüzey alanı, negatif yüklü olması ve plastise özelliği sayesinde suyu bünyelerinde kabiliyetleri yüksek toprak parçacığdır. Araştırma alanında killi bünyeye sahip toprakların yayılışı sahanın fiziki durumu ile doğru orantı göstermektedir. Bozdağlar ve Aydın dağların yüksek kesimlerinde ayrışan ve aşınan kil parçacıklarını akarsular tarafından taşınarak tabanda biriktirmektedir. Havzanın tabanından çevreye doğru yükselti arttıkça kil miktarında azalma görülmektedir. Bu durum hem laboratuvar ortamında hem de soilgrid verilerinden yapılan analizlerle benzer özellik göstermektedir (Harita 17).

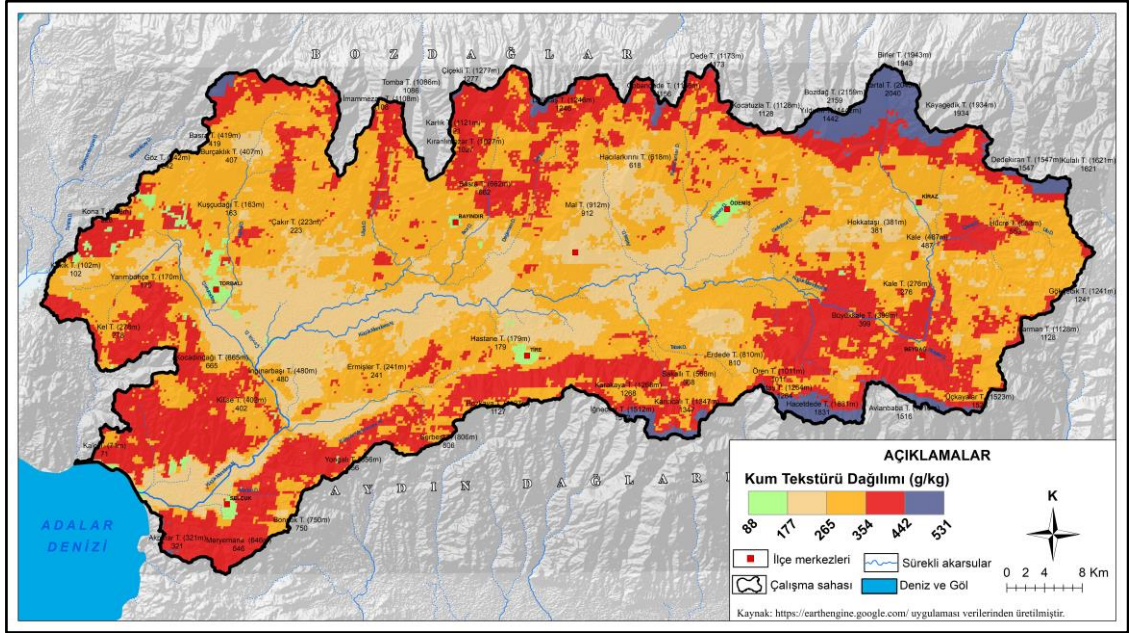


Haritalar 17: Küçük Menderes Havzası kil tekstürü dağılımı

2.2.1.1.b. Kum Analizi

Kumun çapları 0.02 – 2.0 mm'dir Kil ve silte göre daha büyük toprak parçacıklarıdır. Ancak yüzey alanı oldukça azdır. Bu durumdan dolayı kumlu topraklarda toprak partiküllerindeki boşluklar oldukça fazla olmaktadır. Havzadaki kum

yayıllığına bakıldığında hem fiziki durum hem de jeoloji ile uyumlu olduğu görülmektedir. Kil dağılışı haritası ile kıyas edildiğinde aralarında bir uyumsuzluk olduğu görülmektedir. Kum miktarı arttıkça kil miktarı azalmaktadır. Havzada kumlu topraklarının fazla olduğu yerler Bozdağların güneyinde ve Aydın dağlarının kuzeyinde yer almaktadır (Harita 18).



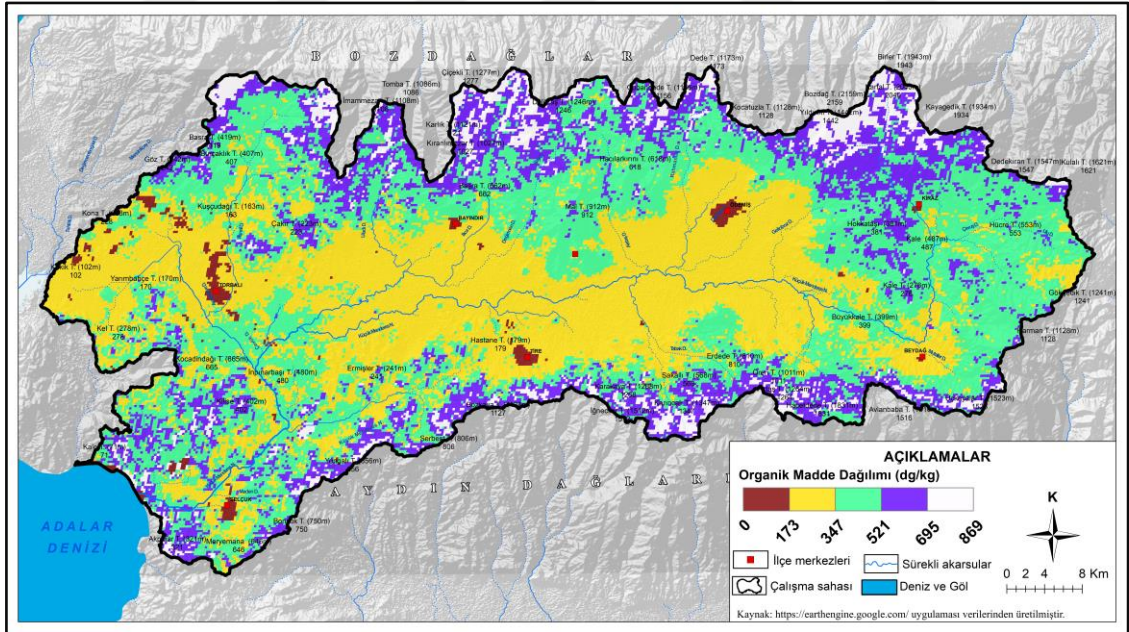
Haritalar 18: Küçük Menderes Havzası kum tekstürü dağılımı

2.2.1.1.c. Silt Analizi

Çapları 0.002 – 0.02 mm arasında olan toprak parçacıkları silt (mil, tın) olarak bilinmektedir. Siltin iri parçacıkları, kum taneleri gibi benzer özellik göstermektedir. Silt parçacıklarının plastisitesi düşük olduğu için, toprak yapısının oluşumunda belirgin bir etkisi bulunmamaktadır. Havzada toprakların, kumdan sonra en fazla tınlı tekstürlü topraklar olduğu görülmüştür. Unsur boyutu küçüldükçe dış kuvvetlerle taşınma da daha kolay hale gelmektedir. Siltin kolay taşınmasından dolayı havzada birikmelerin olduğu alanlarda tınlı topraklara daha fazla rastlanılmaktadır (Harita 19).

2.2.2.3. Toprak Organik Madde Analizi

Toprak içerisinde organik madde, biyolojik artıklar ve bu artıkların parçalanmasıyla ortaya çıkmaktadır. Organik madde toprak partiküllerinin bir araya gelmesini sağlamaktadır. Bu da toprak yapısını olumlu yönde etkilemektedir. Türkiye'nin büyük bir bölümünde topraklar (Karadeniz Bölgesi hariç), organik madde yönünden fakirdir. Kaliteli ve verimli bir toprak için, organik madde miktarı %3'ün üzerinde olması gerekmektedir. Ancak ülkemizin sahip olduğu topraklarda (%65'inde) organik madde miktarı oldukça düşük seviyelerdir (Mater, 1998; Saltalı ve Kızılkaya 2015; İmamoğlu, 2015). Çalışma alanında organik madde miktarı tüm topraklarda değişiklik göstermektedir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda organik madde miktarı artış göstermiştir. Özellikle Aydın ve Bozdağlarda bu durum görülmektedir. Havzanın taban düzlüklerinde ise bu yoğunluk azalmaktadır. Arazi çalışmaları sırasında bazı çiftçilerle yapılan görüşmelerde tarım topraklarında özellikle azot ve potasyumun eksik olduğunu ifade etmişlerdir (Harita 22).



2.3. Araştırma Alanında Topraklarının Eski Amerikan Toprak Taksonomisine Göre Sınıflandırılması

En geniş tanımıyla toprak erozyonu, toprağın üst kısmının aşındırılmasını ve taşınmasını ifade etmektedir. Bu nedendir ki herhangi bir alandaki erozyon çalışması o sahanın toprak özellikleri ile yakından ilgilidir. Erozyon sonucu, verimli toprak tabakasının kaybı ile tarım alanlarının verimsizleşmesi ve gıda üretimindeki azalma, su kaynaklarının kirlenmesi, verimli delta ovalarında aşırı sediman birikimi gibi olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuz durumların hemen hepsi sahada bulunan toprak türünün (tekstürünün) erozyona karşı gösterdiği direnç ile alakalıdır. Alanın eğim, bakı, yükselti gibi topografik özelliklerinin yanı sıra toprak tekstürünün killi veya kumlu olması da erozyonun şiddeti ve hızı üzerinde son derecede etkilidir. Killi tekstürlü topraklarda agregatlaşma yüksek olduğundan kumlu tekstürlü topraklarla kıyas edildiğinde erozyona karşı daha fazla direnç göstermektedir. Kumlu topraklarda agregatlaşma düşüktür, bu neden daha kısa sürede aşındırılıp ve taşınmaya karşı dirençleri oldukça düşüktür. Bu bilgiler doğrultusunda havzada alınan toprak örnekleriyle laboratuvar ortamında toprakların tekstür analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarında havzanın büyük bir kısmında toprakların kumlu tekstürlü olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda Google Earth Engine platformu kullanılarak havzanın kum, kil, silt özelliklerine göre tekstürü analiz edilerek her iki veri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre havzanın toprak türleri, yapılan analizler, analiz sonuçları ve bunların erozyon ile ilişkisi anlatılmıştır.

2.3.1. Zonal Topraklar

Kırmızı Akdeniz (Terra-Rossa) Toprakları

Kırmızı Akdeniz toprakları gerçekleştirilmiş olan sınıflandırmada sistemlerinde farklı farklı kategorilerde değerlendirilmiştir. Terra Rossalar 1949'da gerçekleştirilmiş olan Eski Amerikan sınıflandırmasında yerli-zonal grupta ve kurak bölgelerde drenaj sistemi iyi olmayan alt takımına dahil edilmiştir. 1960-1975'te gerçekleştirilmiş olan Yeni Amerikan sınıflandırmasında Alfisoil ve FAO/UNESCO'da ise luvisol sınıflandırma sistemine dahil edilmiştir.

Terra-Rossa topraklarına Akdeniz iklim şartlarının egemen olduğu bölgelerde karbonatlı ana materyallerin bulunduğu alanlarda rastlanılmaktadır. Bu topraklar aynı zamanda gabro, peridotit, serpantin, kil, metamorfizmaya uğramış şistler ve konglomera gibi kayalarda da gelişmektedir (Atalay vd., 2020). Genel olarak kireçtaşı üzerinde gelişme gösteren bu topraklar, çatlakların arasında oluşması toprak gelişimi olumsuz yönde etkilemektedir. Selçuk-Torbalı civarında bu topraklara rastlanılmaktadır. Bunlar mermer kayaçları üzerinde gelişim göstermiştir ve hafif alkalen özellik göstermektedir (Gözenç, 1978) (Fotoğraf 19). Havzada eğimli sahalarda görülen bu terra-rossalar hafif alkalen karakterdedir Bu topraklar havzada 60 km²) alan ile %2 oranında yer kaplamaktadır (Tablo 44, Harita 23).



Fotoğraf 19: Küçük Menderes Havzada Selçuk-Torbalı civarında mermer kayaçlarında gelişme gösteren kırmızı Akdeniz toprakları

Kestane Rengi Topraklar

Kestane renkli topraklar, yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde gelişen toprak tipidir. Bu topraklar genellikle yıllık yağış miktarının 300-500 mm arasında; sıcaklığın ise yıllık ortalama olarak 10-20°C arasında değiştiği bölgelerde görülmektedir. Ülkemizde İç Batı Anadolu'da görülmektedir (Atalay, 2016). Küçük Menderes havzasında Torbalı civarında bu toprak az bir yer kaplamaktadır. Bu topraklar havzada 26 km² alan ile %1 oranında yer kaplamaktadır (Tablo 44) (Harita 23).

Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları

Bu toprakları meydana gelmesinde anamateryal rol oynamaktadır. Bu topraklarda yıllık yağış miktarı 500-1000 mm; sıcaklık, yıllık ortalama olarak 15-20°C değerleri arasında değişme göstermektedir. Renginin kırmızımsı olmasını sağlayan etmen ise sıcaklıktır. Killi tekstür özelliği göstermektedir topraklardır. Küçük Menderes Havzasındaki batısında, Selçuk ve Tire civarında şist ve mermer kayaçları nda gelişme göstermektedir (Muslu, 2005) (Fotoğraf 20). Aynı zamanda bu topraklara Beydağ ve Kiraz yakınlarında da rastlanılmaktadır. Bu topraklar havzada 14 km² alan kaplamaktadır (Tablo 44, Harita 23).



Fotoğraf 20: Selçuk ve Tire dolaylarındaki dağlık kütleler üzerinde gelişmiş kırmızımsı kahverengi Akdeniz toprakları

Kireçsiz Kahverengi Topraklar

Kireçsiz kahverengi topraklar, çoğunlukla nemli iklim bölgelerinde gelişme göstermektedir. Bu topraklarda yıllık yağış miktarı 600-1000 mm arasında değişmektedir. Bu toprakların yıllık ortalama sıcaklık istekleri ise 10-15°C değerleri arasındadır. Bu topraklarda diğer topraklara (kahverengi ve kestanerengi topraklar) nazaran yıkanma fazladır. Kireçsiz olması bu durumdan kaynaklanmaktadır (Birkeland, 1999; Atalay, 2016). Bu topraklar havzada 1081 km² alan ile %31 oranında yer kaplamaktadır (Tablo 44). Küçük Menderes Havzasının duğu, kuzey ve güney

kesimlerimde, fillit, şist ve kuvarsitşist kayaları üzerinde gelişme göstermektedir (Harita 23).

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları

Kireçsiz kahverengi orman toprakları, genellikle nemli ve ılıman iklim bölgelerinde gelişme göstermektedir. Bu toprakların yıllık yağış miktarı 700-1500 mm arasında olduğu ormanlık alanlarda bulunmaktadır (Buol, 2011; Atalay, 2016). Sıcaklık istekleri ise yıllık ortalama olarak 8-15°C değerleri arasında değişmektedir. Kireç topraktan yıkanarak uzaklaşmıştır bu topraklarda. Küçük Menderes Havzasında Bayındır, Beydağ, Ödemiş, Kiraz ve Torbalı civarında bu topraklara rastlanılmaktadır. (Fotoğraf 21) (Gülersoy, 2014).



Fotoğraf 21: Küçük Menderes Havzası doğuda Kiraz ve Beydağ dolaylarında görülen kireçsiz kahverengi topraklardan numune alımı

Yıkınma olaylarının fazla olduğu topraklar havzada 430 km² alan ile %12 oranında yer kaplamaktadır (Tablo 44). Küçük Menderes Havzasında fillit, şist ve kuvarsitşist kayaları üzerinde gelişme göstermektedir. Küçük Menderes Havzasının doğu, kuzey ve güneybatı kesimlerinde bu topraklar kendini göstermektedir (Harita 23).

Kahverengi Orman Toprakları

Kahverengi orman toprakları gerçekleştirilmiş olan sınıflandırmada sistemlerinde farklı farklı kategorilerde değerlendirilmiştir. Bu topraklar 1949'da gerçekleştirilmiş olan Eski Amerikan sınıflandırmasında yerli olmayan- intrazonal grupta ve kalsimorfik alt takımına dahil edilmiştir. 1960-1975'te gerçekleştirilmiş olan Yeni Amerikan sınıflandırmasında Mollisoil ve FAO/UNESCO'da ise mollik horizonlu sınıflandırma sistemine dahil edilmiştir.

Kahverengi orman toprakları, ılıman iklim bölgelerinde bulunmaktadır. B toprakların yıllık yağış miktarı 750-1500 mm arasındadır (Brady ve Weil, 2008). Bu toprakların bulunduğu bölgelerde yıllık ortalama sıcaklık 8-12°C civarındadır. Toğrağın geliştiği alanın doğal şartlarına göre bunların fizikokimyasal durumları değişmektedir. Ana materyal, iklim ve engebe durumu da bu toprakların oluşumunu etkilemektedir. Türkiye'de bu topraklar granit, kuvarşlı diyorit, filiş, kalker, bazalt ve andezit gibi ana kayaların üzerinde gelişme göstermektedir. Bu topraklar havzada 36 km² alan ile %1 oranında yer kaplamaktadır (Tablo 44, Harita 23). Havzanın kuzeyinde Bozdağlar'ın güney yamacında görülen bu tür topraklar kalker ve andezit ana kayaların bulunduğu, eğim değerinin yüksek olduğu dar bir alanda görülmektedir (Fotoğraf 22). Engebenin fazla olması oluşan toprak katının ince olmasına neden olmaktadır Gözenç, 1978).



Fotoğraf 22: Bozdağların güney eteklerinde Ödemiş Hacıhasan köyü mevkiinde ince bir tabaka halinde oluşan kahverengi orman toprağı

2.3.2. İntrazonal Topraklar

İntrazonal topraklar, belirli bir iklim koşulunun etkisi olmadan, daha çok yerel faktörlerin (ana materyal, drenaj şartları, topografya) etkisiyle oluşmuş topraklardır. Bu topraklar, zonal topraklardan farklı olarak, bulunduğu iklimin genel özelliklerinden bağımsız olarak yerel koşullara göre şekillenmektedir. Küçük Menderes Havzasında aydın dağları ve Bozdağlarda; gnays ve metamorfik şist kayaçlarında gelişme göstermektedir. Gnays kayaçları üzerinde oluşması toprakların kumlu tekstürlü olmasına neden olmaktadır. Bu alanlarda eğim fazladır ve topraklar A-C horizonlu özellik göstermektedir. Bu toprak grubunda havzada rendzina ve organik toprak bulunmaktadır. Kapladıkları alan oldukça sınırlıdır (Harita 23)..

2.3.3. Azonal Topraklar

Azonal topraklar, belirli bir iklim kuşağının etkisi altında uzun bir süreç sonunda olgunlaşmamış, yani gelişimini tamamlamamış topraklardır. Bunlar tam bir profil özelliğı göstermemektedir. Alüvyal ve kolüvyaller bu grubun en önemli topraklarını oluşturmaktadır. Alüvyal topraklar, genellikle nehir yatakları boyunca taşkın alanlarında oluşan, taşınmış materyallerden meydana gelen genç ve verimli toprak grubudur. Bu topraklar, iklim koşullarından ziyade nehir sistemlerinin taşkın özelliklerine bağılı olarak meydana gelmektedir. Bu nedenle, alüvyal toprakların oluştuğı bölgelerdeki yağış ve sıcaklık koşulları farklılık göstermektedir. Alüvyal topraklar, Küçük Menderes

Havzası'nda akarsu hattında gelişme göstermektedir. Ana akarsuyu ve yan kollarının getirdikleri malzemeler sahada bu toprakların oluşmasını sağlamıştır. Nehrin denize döküldüğü yerde ise delta oluşumu görülmektedir (Sütgibi, 2009). Bu topraklar havzada 677 km² alan ile %19 oranında yer kaplamaktadır (Tablo 44). Havzada en fazla yer kaplayan ikinci toprak grubudur.

Kolüvyal topraklar, eğimli arazilerde, erozyonla taşınmış ve yamaç eteklerinde birikmiş materyallerden oluşan topraklardır. Bu toprakların özellikleri, buldukları bölgedeki yağış ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu topraklar genellikle topografya ve ana materyalin etkisi altında gelişmektedir. Küçük Menderes Havzasında bu topraklar üzerinde dikili tarımsal faaliyetler yapılmaktadır. Bu durum alanda bulunan bu toprakların kök derinliklerinin fazla olduğunu kanıtlamaktadır. Küçük Menderes Havzasında bu topraklara alüvyallerin çevresinde rastlanılmaktadır (Fotoğraf 23). Topografya şartları alüvyallerle arasında bir hat çizmektedir (Gökçe Gündüzoğlu, 2019). Bu topraklar havzada 557 km² alan ile %16 oranında yer kaplamaktadır. Havzada en fazla yer kaplayan üçüncü toprak grubudur (Tablo 44, Harita 23).



Fotoğraf 23: Küçük Menderes Havzasında yer yer üç metreyi geçen kolüvyal depolar ve kolüvyal depolar üzerinde gelişen kolüvyal topraklar.

Topografya şartları havzanın toprak gelişiminde oldukça önemli rol oynamaktadır. Engene artıkça toprak oluşumu ve gelişimi yavaşlamakta ve toprak ince bir katman halinde belirlemektedir. Havzdaki toprak profilinin tam gelişmediğini veya gelişme gösteren alanların çok sayıda olduğu görülmektedir. Topografya şartları toprak gelişimde etkili olduğu gibi erozyonel faaliyetleri de etkilemektedir. Havzada özellikle Bozdağlar ve Aydın Dağlarının varlığından dolayı eğim havza tabanından kuzey ve güney yönlü artmaktadır. Hem eğimin fazla olması hem de toprak tekstürünün kumlu olması havzadaki erozyonun hızını ve şiddetini artırmaktadır (Fotoğraf 24). Bu durum ciddi toprak ve verim kaybına neden olmaktadır.

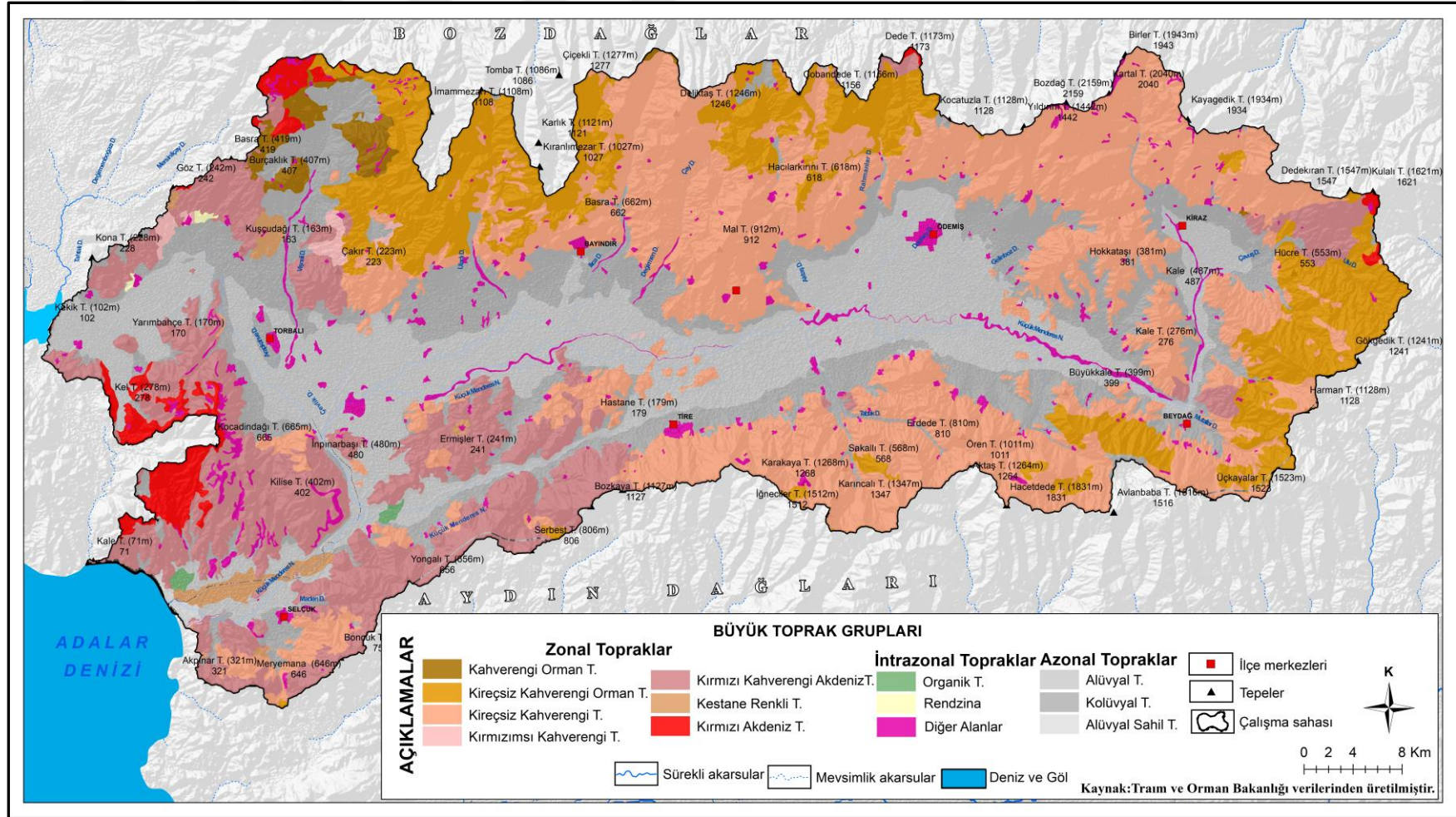


Fotoğraf 24: Küçük Menderes Havzası Ödemiş Veliler Mevkiinde gevşek yapılı kolüvyal depo üzerinde görülen çizgisel erozyon

Tablo 44: Araştırma alanına ait toprakların alansal ve oransal dağılımı

	Toprak Grupları	Alansal Dağılım (km ²)	Oransal Dağılım (%)
Zonal Topraklar	Kireçsiz Kahverengi Topraklar	1081	31
	Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	430	12
	Kestanerengi Topraklar	26	1
	Kırmızımsı Kestanerengi Topraklar	14	0

	Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	497	14
	Kahverengi Orman Toprakları	36	1
	Kırmızı Akdeniz Toprakları	60	2
Azonal Topraklar	Alüvyal Topraklar	677	19
	Kolüvyal Topraklar	557	16
	Alüvyal Sahil Topraklar	4	0
İntrazonal Topraklar	Organik Toprak	4	0
	Rendzina	3	0
	Diğer Alanlar	98	2,8
Toplam		3489	100



Haritalar 23: Küçük Menderes Havzası toprak haritası

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA ALANINDA TOPRAK EROZYONU RİSKİNİN BELİRLENMESİ

Dünya nüfusunun hızlı ve sürekli artması beraberinde temel ihtiyaçlardan biri olan gıdaya ve tarımsal faaliyetlere olan taleplerinde artmasına yol açmaktadır. Bu talep arttıkça toprağa olan baskı da artmaktadır. Yoğun tarım faaliyetleri sonucu besin maddeleri azalmakta ve toprağın fiziksel yapısı değişmektedir.

Coğrafi konumu, iklimi, topografyası ve toprak şartları nedeniyle çölleşme/arazi tahribatına, erozyona ve kuraklığa karşı son derece hassas olan Türkiye’de, iklim değişikliği ve insan etkinlikleri ile birlikte çölleşme/arazi tahribatı, erozyon ve kuraklığın etkileri giderek artmaktadır. Araziden yanlış biçimde yararlanma sonucu tarım, orman ve mera alanlarındaki Toprak erozyonu; tarım, mera arazilerindeki tahribat, verimlilik azalması veya kaybı; orman, sulak alan, bozkır gibi doğal ekosistemlerin tahribatı ve biyolojik çeşitlilik kaybı; verimli tarım ve mera alanlarının amaç dışı kullanımını ve usulsüz faydalanmalar, hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin getirdiği olumsuz etkiler gerçekleşen temel olgulardır. Arazi tahribatı sonucunda, sadece tarım arazileri ve meralar gibi üretim alanlarında değil aynı zamanda orman, sulak alan, bozkır ve maki/fundalık gibi doğal alanlarda da biyolojik/ekolojik ve ekonomik olarak verimlilik azalması veya kaybı görülmektedir (Montgomery, 2007). Bu durum, özellikle çölleşme/arazi tahribatından etkilenen alanlarda doğal kaynaklara bağımlı olarak yaşayan nüfusun kadınlar ve gençler başta olmak üzere yaşam koşulları ve geçim kaynakları üzerinde olumsuz durumlara neden olmaktadır. Toprak oluşumunun bu kadar uzun yıllar almasına karşın, dünya çapında her yıl ortalama 75 milyar ton toprak su ve rüzgâr erozyonu ile taşınmaktadır. Sürülen tarım arazilerinde veya aşırı otlatmanın yapıldığı sahalarda toprak erozyonunun doğal erozyondan 100 ila 1000 kat daha fazla olduğu bilinmektedir (Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 2023).

Toprak erozyonu sonucu, verimsizleşen ve yok olan tarım arazilerinden yeteri verim alınamaması durumunda büyük ekonomik ve toplumsal sorunlara yol açmaktadır. Meraların yok olması hayvancılığın gerilemesine neden olurken, gelirin azalması ve iş olanağının daralması sonucunu doğurmaktadır. Erozyon sonucu taşınan verimli topraklar, baraj göllerini doldurarak, ekonomik ömürlerini kısaltmaktadır (Walling ve

Webb, 1983). Yeşil örtü ve toprağın elden gitmesi ile ortaya çıkan iklim değişikliği ve bozulan ekolojik denge sonucunda, vahim boyutlarda doğal varlık kaybedilerek ekonomik zararlara ve doğal çevrenin bozulmasına neden olmaktadır (Pimentel vd., 1995). Toprak erozyon insan faaliyetleri hızlı bir şekilde cereyan ederken kaybedilen toprak örtüsünün yeniden oluşması için binlerce yılın geçmesi gerekmektedir.

3.1. Araştırma Alanında Görülen Toprak Erozyonu Tipleri

Doğal ve beşerî faktörlerin etkisiyle oluşan erozyon hem günümüz hem de geleceğin en büyük sorunlarından biri olarak görülmektedir. Bu süreç yeryüzünün dış kuvvetlerle ve insan faaliyetleri sonucu aşınması ve aşınan malzemelerin başka bir yere taşınması olarak ifade edilmektedir. Bu olay doğal ve hızlandırılmış erozyon olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2003).

Erozyon, toprak, kaya ve diğer yüzey materyallerinin rüzgâr, su, buz veya yer çekimi gibi doğal etkenlerle aşınması ve taşınması süreçlerini kapsamaktadır (Selby, 1993; Toy ve Renard, 2002; Morgan, 2005; Benn ve Evans, 2010). Ayrışma, toprakların kimyasal ve fiziksel olarak parçalanması; kimyasal ayrışma, minerallerin su ve hava ile reaksiyona girerek çözünmesi veya dönüşmesiyle gerçekleşirken, fiziksel ayrışma ise sıcaklık değişimleri, donma-çözülme döngüleri ve bitki köklerinin etkisiyle meydana gelmektedir (White, 2006). Ayrışan bu materyaller, su, rüzgâr, buz veya yer çekimi ile taşınmaktadır. Bu süreç, erozyonun ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Taşınma süreci, malzemenin yoğunluğu, büyüklüğü ve taşıyıcı etkenin gücüne bağlı olarak değişmektedir. Bu durum ise erozyonun hızı ve şiddeti üzerinde etkili olmaktadır (Hjulström, 1935). Taşınmaya maruz kalan materyaller, taşıyıcı etkenin gücünün azalmasıyla birikme alanlarında çökelmektedir. Çökelme, suyun hızının azaldığı, rüzgârın durduğu veya buzulun eridiği alanlarda gerçekleşmektedir. Bu durum aynı zamanda delta, alüvyon yelpazesi ve buzul morenleri gibi yapıların oluşmasına zemin hazırlamaktadır. (Leeder, 2011). Yeryüzünün, ideal biçimini alabilmesi için, çeşitli dış kuvvetlerin etkisi ile aşındırması, bu aşınan materyalin taşınması ve çukur ve/veya alçak yerlere biriktirmesi şeklinde olan üç halkalı olaylar zincirinin ilk iki halkası erozyon kapsamına girmekte, üçüncüsü ise bu konunun dışında kalmaktadır (Şahin, 1987).

Belli şartlar dahilinde kendiliğinden meydana gelen erozyon eski dönemlerden beri varlığını sürdürmektedir. Asıl amacı ekolojik süreçte görevini tamamlamış toprak

partiküllerini uzaklaştırıp daha verimli olan parçakçıkların gelmesini sağlamaktadır. Buna ise literatürde “doğal erozyon veya jeolojik erozyon” denilmektedir. Bu erozyon toprak oluşum mekanizmalarıyla denge içinde olmaktadır. Jeolojik erozyon, insan faaliyetleri sonucu bozulmaya uğramamış arazinin doğal çevre koşulları altında yıllardan beri devam eden ve vadilerin, kanyonları, deltaların, sahil düzlüklerinin, ovaların, platoların oluşmasına sebep olan jeolojik bir olaydır (Balcı, 1996). Özetle jeolojik erozyon, tamamen doğal faktörlerin etkisi altında ayrılmış partiküllerin yerçekimi etkisi ile taşıyıcı ajanlardan yararlanarak gelişen ve en önemlisi insan faaliyetleri ile oluşmayan erozyon tipidir.

Erozyonun toprak için tehlike oluşturması aşındırma faaliyeti yani unsurların artmasıyla doğal dengenin bozulmasıdır. Bu durum literatürde “hızlandırılmış erozyon” olarak geçmektedir (Yurtcan, 2009). Hızlandırılmış erozyon; insan faaliyetleri sonucunda iklim, toprak ve vejetasyon birlikteliğinden doğan dengenin bozulması, doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi, yamaç profilinin bozulması, arazinin yanlış kullanımı sonucu ekosistemde meydana gelen toprak erozyonunu ifade etmektedir (Balcı, 1996). Bu durumun devam etmesi halinde toprağın insanlar tarafından kullanılmayacak kadar azalması veya tamamen yok olması bir afet başlangıcı olarak belirtilmektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2002). Doğal bir olay iken bir afete dönüşen erozyon, bugün hem Türkiye için hem de tüm dünya için bir tehdit oluşturmaktadır.

Türkiye, erozyon açısından oldukça hassas bir coğrafyaya sahiptir. Özellikle doğal bitki örtüsünden yoksun veya tahrip edilmiş eğimli ve dağlık bölgelerde yoğun erozyon, tarım arazilerinin kaybına ve verimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum, tarım sektöründe ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Doğan, 2006). Türkiye’de erozyon, baraj gölleri ve nehirlerde sediment birikimine neden olarak su kalitesini düşürmektedir. Bu, içme suyu temininde ve sulama sistemlerinde sorunlara yol açmaktadır (Çelik, 2007). Türkiye’nin kıyı bölgeleri, özellikle Karadeniz ve Akdeniz kıyıları, kıyı erozyonundan etkilenmektedir. Kıyı erozyonu, turizm sektörüne ve kıyı yerleşimlerine zarar vermektedir. Ayrıca, kıyı ekosistemlerini tehdit etmekte ve biyolojik çeşitliliği azaltmaktadır (Yılmaz, 2010).

Türkiye’nin önemli sorunu haline gelen erozyon verimli tarım alanlarını da tehdit etmektedir. Ege Bölgesinde önemli bir tarım alanı olan Küçük Menderes Havzasında bu durum kendini göstermektedir. Küçük Menderes Havzası, Türkiye’nin

önemli tarım alanlarından biridir. Havzada pamuk, buğday, mısır, zeytin ve meyve ağaçları yetiştirilmektedir. Aynı zamanda seracılık ve hayvancılık da yaygın olarak yapılmaktadır. Tarım faaliyetleri, havzanın ekonomik yapısında önemli bir yer tutmakta ve yerel halkın büyük bir kısmı tarım sektöründe çalışmaktadır. Hem ülke için hem yerel halk için bu kadar önem taşıyan havza maalesef erozyon tehdidi ile karşı karşıya kalmaktadır.

Doğal/jeolojik erozyon, aşındırıcı güce göre su erozyonu (yüzeysel akan, yağmur damlası, akarsu ve çizgisel akan su), rüzgâr erozyonu, buzul erozyonu ve dalga erozyonu olarak sınıflara ayrılmaktadır. Aşındırmanın şekline göre yüzeysel aşındırma (yüzeysel akan sular, rüzgâr, örtü buzulu, yağmur damlası ve alçak kıyılarda dalga) ve çizgisel aşındırma (akarsular, çizgisel akan sular, vadi buzulu ve yüksek kıyılarda dalga) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aşınmaya uğrayan materyale göre ise anakaya ve yüzeysel deponun aşınması sonucunda ortaya çıkan yarıntı erozyonu olarak ortaya çıkmaktadır. Jeolojik erozyonun insan üzerinde en etkili olanı toprak erozyonudur. Çünkü gıda maddeleri dolaylı veya dolaysız olarak toprakla ilgilidir. Onun için çok önemli olan toprak örtüsünün korunması aşınıp gitmesinin önlenmesi gereği çok önceleri ortaya çıkmış ve bu konularda araştırmalar, yayınlar yapılagelmektedir. Eğer erozyona neden olan güç göz önüne alınırsa, toprak erozyonu; rüzgâr erozyonu ve su erozyonu olmak üzere iki bölümde incelenmektedir (Şahin, 1987). Bu sınıflandırmalar göz önüne alındığında Küçük Menderes Havzasında su erozyonu çeşitleri ele alınmıştır. Su erozyonu yağmur damlası erozyonu ve akan suyun neden olduğu erozyon şeklinde kategorilere ayrılmıştır.

3.1.1. Yağmur Damlası Erozyonu

Yağmur damlalarının sebep olduğu erozyon şu şekilde meydana gelmektedir. Süreç yağmur tanelerinin toprağa çarpmasıyla başlamaktadır. Bu süreç, toprağın yüzeyindeki agregatların parçalanması ve taşınmasıyla sonuçlanmaktadır. Yağmur tanelerinin sahip oldukları kinetik enerji, toprağa çarptıklarında ortaya çıkmaktadır. Bu enerji, toprağın yüzeyinde bulunan agregatların parçalanmasına ve yer değiştirmesine neden olmaktadır. Bu süreç, toprağın fiziksel yapısını bozmakta ve erozyon sürecini başlatmaktadır (Brown, 1987).

Yağmur damlalarının çapı ve düşüş hızı, erozyon sürecini etkileyen önemli faktörler arasındadır. Çapı 0,25 mm ile 7 mm arasında değişen yağmur damlaları, farklı hızlarla toprağa çarpmaktadır. Örneğin, sakin havada düşen 4 mm çapındaki bir yağmur damlasının hızı saatte 36 km'dir. Bu hız, toprağa çarptığında önemli miktarda enerji açığa çıkarmaktadır (Hudson, 1971).

Yağmur taneleri, eğimli yüzeylerde küçük toprak zerrecelerini sıçratarak taşımaktadır. Bu işlem sonucunda, geriye kalan iri taneler yüzeyi kaplayarak kalır. Bu durum, toprağın verimini azaltmaktadır. Yağmur damlalarının çarpmaları sonucu hareket eden toprak zerreceleri, eğim yönünde aşağı doğru hareket etmektedir. Zamanla düz alanlarda birikmektedir. Bu süreç, eğimli bölgelerdeki toprak örtüsünün aşağıya taşınmasına yol açmaktadır. Bu durum küçük Menderes Havzasında da görülmektedir. Eğimin fazla olduğu alanlarda yağmur suları ile aşınan materyaller havza taban düzlüğünde birikmektedir.

3.1.2. Yüzeysel Erozyon

Yüzeysel erozyon, yağmur sularının az eğimli yerlerde, oluşan yüzey akışının sonucu olarak ortaya çıkan toprak hareketidir. Toprağın akış ile ince bir tabaka halinde toprak yüzeyinden ayrılması olayına yüzey erozyonu denir (Morgan, 2009). Tabaka erozyonu da denilen bu erozyon çok yavaş seyrettiği için hemen fark edilmemektedir. Ancak koyu renkli verimli üst toprak süpürülüp açık renkli alt toprak açığa çıkınca fark edilmektedir.

Yüzeysel erozyonun fazla olduğu yerler başta çıplak alanlar olmak üzere orta veya az eğimli olup çok yağış alan yerlerdir. Bunun yanında geçirimsiz katmanlar üzerindeki ince toprak örtülerinden veya kili bol olan topraklarda da yüzeysel erozyon olayı şiddetli olmaktadır (Şahin, 1987). Sağanak yağışlarla birlikte bitki örtüsünün çok cılız olduğu sahalarda sıkça bu tür erozyon tipi görülmektedir.

3.1.3. Çizgisel Erozyon

Gevşek yüzeyli topraklarda ve ince taneli, gevşek yapılı anakayalarda yağın sağanak yağışlar sonrasında ortaya çıkmaktadır. Yamaç aşağı akan sular konsantre olur ve dolayısıyla aşındırma güçleri artmaktadır. Bu şekilde toprakta küçük yarıntılar

şeklinde çizgisel oyuklar açılmasına neden olmaktadır. Eğer yağmur şiddetli ve uzun süreli olursa, bu oyuklar daha da büyümektedir. Bu oyuntular başlangıçta geçici ve küçük yarıntılar olup zamanla derinleşmektedir. Bu yarıntılar, yarımanın başladığı üst kısımda küçük ve daha sıktır. Yamaç aşağı inildikçe, bu yarıntılar birleşir ve sayıları azalmaktadır (Fotoğraf 25).



Fotoğraf 25: Küçük Menderes Havzasında Karaköy mevkiinde Çizgisel erozyon sonucu yamaçtan görülen küçük yarıntılar.

Yüzeysel akıma geçen suların çizgi şeklinde doğrusal uzanış gösteren genişliği ve derinliği birkaç cm ve uzunluğu birkaç metre olan yarıntılara parmak (rill) erozyonu denilmektedir (Atalay vd., 2022). Bunlar genellikle birbirine paralel olarak uzanan çizgisel kanalcıklardır. Silt bakımından zengince olanı sürümü henüz yapılmış eğim değerleri genellikle % 4-5'ten fazla olan tarım alanlarında bu erozyon tipi fazla görülmektedir (Parlak ve Çanga, 2007). Bu erozyon tipi aynı zamanda parma erozyonu olarak da ifade edilmektedir. Parmak erozyonu yüzey erozyonunun ileri safhalarında görülmektedir. Arazi çalışmalarında Küçük Menderes havzasında yağışlardan (sağanak) dolayı bu erozyon tipine rastlanılmaktadır (Fotoğraf 26).



Fotoğraf 26: Küçük Menderes Havzası Kızılköçü mevkiinde kolüvyal depo yamacı üzerinde gelişen çizgisel erozyon.

Tarım arazilerinde oluşan yüzeysel erozyon ve çizgisel erozyon şekilleri tarımsal faaliyetler sonucu ortadan kalkmaktadır. Ancak bu şekiller yolların kenarlarında ve ormanlık-mera sahalarında bozucu etki olmadığından dolayı gelişme göstermektedir. Çizgisel erozyona sahada sıkça rastlanılabilmektedir. Aşınabilirliği yüksek olan kayalarda geniş yayılım alanlarına sahiptir. Havzada gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler toprak stabilizesini bozarak alanda toprak partiküllerinin taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Tarımın yoğun olduğu dönemler bu erozyonal süreçleri hızlandırmaktadır. Çünkü topraklar sürülmüş ve taşınmaya karşı savunmaz hale gelmiş durumdadır. Bu dönemlerde aynı zamanda şiddetli yağışlarında olması erozyon çeşitlerini artırmaktadır. Beliren erozyon şekilleri ürün alınacak alanları verimsiz hale getirmektedir. Havzada yamaç boyunca yer alan tarlaların toprak rengine bakıldığında, yükseklikten aşağıya doğru bir koyulaşma gözlemlenmiştir. Bu gözlemler, aşınmanın yoğun olduğu yüksek kesimlerde toprağın organik madde açısından fakirleştiğini, ana materyalin yüzeye çıktığını ve bu nedenle toprağın verimliliğinin azaldığını göstermektedir. (Fotoğraf 27).



Fotoğraf 27: Küçük Menderes Havzası Ödemiş İlçesi Mevkiinde yol yarmalarında görülen çizgisel erozyon

3.1.4. Akarsu Erozyonu

Akarsu erozyonu, akarsuların yatağının içinde ve kenarlarında meydana gelmektedir. Türkiye'nin hemen her yerinde görülen bu erozyon tipi diğer erozyonların aksine sürekli olarak devam etmektedir. Akarsu kenarları hem yanlardan gelen yüzey akış suları ile hem de yatağın içinden akan su tarafından da aşındırılabilir. Akarsuyun akışı sırasında nehir, dere veya gölet gibi su kütlelerinin kenarlarında bulunan toprağın aşındığı bir erozyon türüdür kenar erozyonu olarak ifade edilmektedir (Özdemir, 2013; İmamoğlu, 2015). Kenar erozyonu, akarsu yataklarının genişlemesine, toprağın taşınmasına, bitki örtüsünün tahrip edilmesine ve yer yer tarım arazilerinin, yolların veya yerleşim alanlarının zarar görmesine yol açmaktadır (Akalan, 1988; Alparslan, 2021).

Küçük Menderes Havzasında ana akarsuya katılan çok fazla sayıda mevsimlik akarsu bulunmaktadır. Bu mevsimlik akarsuların neden olduğu erozyon faaliyetlerinin yanı sıra Küçük Menderes nehri de aynı zamanda kendi yatağında ve yatak kenarlarında aşındırmalar yapmaktadır (Fotoğraf 28).



Fotoğraf 28: Küçük Menderes nehrinin yatak ve kenarlarında yaptığı aşındırmalar sonucu meydana gelen akarsu erozyonu

3.1.5. Yarıntı (Oyuntu) Erozyonu

Parmak erozyonunun derinleşip genişlemesi sonucu ortaya çıkan ve derinliği ile genişliği birkaç metreyi bulan erozyon türüne oyuntu (gully) erozyonu denir. Başlangıçta, bir yamaç boyunca yüzeysel akışa geçen sular, çizgi şeklinde yarıntılar oluşturarak suyun yatağını derinleştirmekte ve yamacını genişletmektedir. Bu süreç, bazı yerlerde birkaç metre derinliğinde ve onlarca metre uzunluğunda oyuntuların oluşmasına neden olmaktadır. Oyuntuların meydana gelmesi için özellikle yarı kurak bölgelerde, bitki örtüsü tahrip edilmiş eğimli bir yamaç, yüzeysel akışa geçen suyun taşıyabileceği kum ve mil boyutunda malzemeler ve su aldığı anda şişerek pörsüyen ana materyalin bulunması gerekmektedir (Atalay vd., 2022).

Yamaç yarıntıları veya parmak erozyonu olarak geçen süreç ile başlayan daha sonra bunların birbiriyle birleşmesi sonucu oyuntular meydana gelmektedir. Oyuntuların gelişmeleri ve birbirlerini kaplamalarıyla vadiler ve en sonunda en az binlerce yılı kapsayan uzun bir zaman sürecinde akarsu ortaya çıkmaktadır.

Oyuntular iki şekilde meydana gelmektedir. Bunlardan biri doğal yollarla, doğal dengenin bozulmadığı eğimli sahalarda, yarı kurak yerlerde yumuşak ana kaya üzerinde görülmektedir. Genellikle akarsu havzalarının yukarı kesimlerinde geriye doğru akarsu aşındırmasının olduğu yerlerde görülmektedir. Bir diğeri ise insan faaliyetleri sonucunda oluşan oyuntulardır. Bunlar eğimli yerlerde eğime paralel olarak sürülen

tarım alanlarında, bitki örtüsünün tahrip edildiği ve yeni yapılan yol yarmalarındaki oyuntular bunlara örnektir.

Yapılan literatür taramalarında oyuntu erozyonunu son yıllarda kurak ülkelerde etkili olduğu ve toprak bozulmasında belirleyici rol oynadığı belirtilmektedir. Oyuntu erozyonu alanlarında fazla miktarda sedimentin taşındığı verimli toprak tabakasının uzaklaştığı yamaçlardaki dengenin bozulduğu akiferlerdeki yeraltı suyu tablasını düşmesine neden olduğu vb. pek çok sorunlara yol açtığı ifade edilmiştir.

Oyuntu erozyonunun oluşumu konusunda Türkiye’de yapılan araştırmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Bu konuda 1971 de Kızılcahamam havza amenajmanı etüt proje grup müdürlüğü havza bazında İzmir Salihli-Turgutlu arasındaki oyuntu oluşumuna; 2018’de Atalay ve arkadaşları Bozdağların kuzey, Aydın dağlarının güney ve Burdur havzasının güneydoğu yamaçlarındaki oyuntu erozyonunun oluşumu ve rehabilitasyonu hakkında bilgiler vermiştir.

Havzadaki oyuntular, eğim değerlerinin düşük olduğu arazilerde geniş oyuntular, eğimin yüksek olduğu sahalarda ise derin oyuntulardan meydana gelmektedir. Küçük Menderes havzasının kuzey bölümünde Bozdağların güney yamaçlarında geniş ve derin oyuntu şekillerine rastlanmaktadır. Kızılkeçili köyü çevresinde oyuntu erozyonu şekilleri oldukça fazladır (Fotoğraf 29).



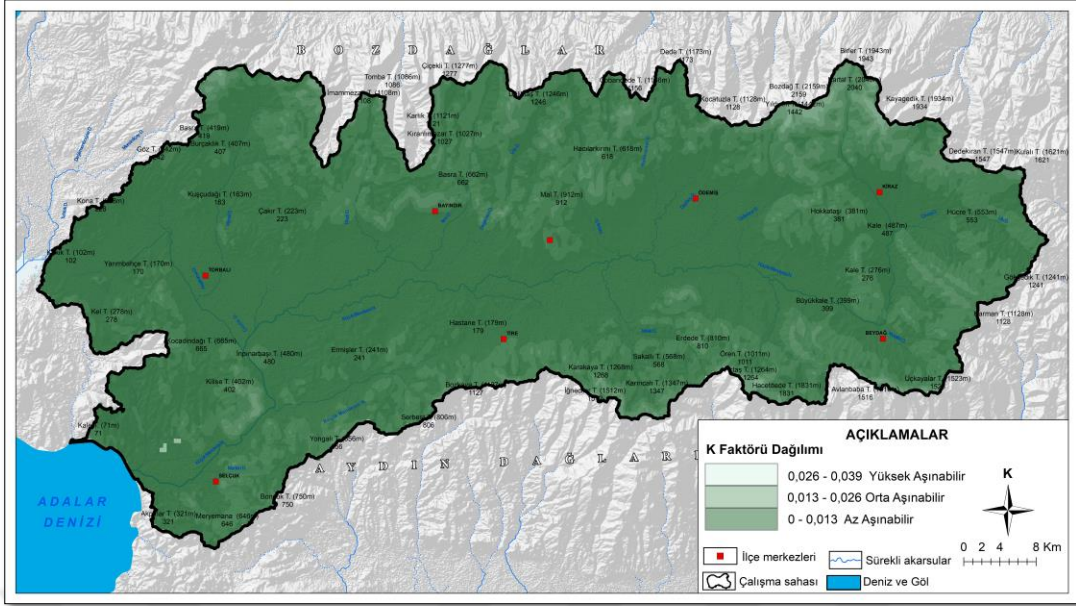
Fotoğraf 29: Küçük Menderes Havzası Kızılkeçili köyü mevkiinde görülen oyuntu erozyonu

3.2. RUSLE Yöntemi ile Araştırma alanında Toprak Erozyonu Modellenmesi

RUSLE terimi, RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) olarak bilinen ve toprak erozyonunu tahmin etmek için kullanılan bir modelin kısaltmasıdır. Bu model, toprak erozyonunun çeşitli faktörlerini dikkate alarak toprak kaybını tahmin etmeye yönelik bir matematiksel modele dayanmaktadır. RUSLE modeli, yağış, toprak tipi, eğim, bitki örtüsü ve toprak erozyonu kontrol yöntemleri gibi faktörleri hesaba katarak toprak erozyonu riskini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir araçtır. USLE modeli Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve yöntem daha sonra inşaat sahaları, 1972'de mera ve orman alanları için kullanımlar eklenmiştir. 1987 yılında ise revize edilen USLE çalışması RUSLE diye isimlendirilmiştir.

3.2.1. Küçük Menderes Havzası Yağışların Erozyon Yaratma Faktörü (R)

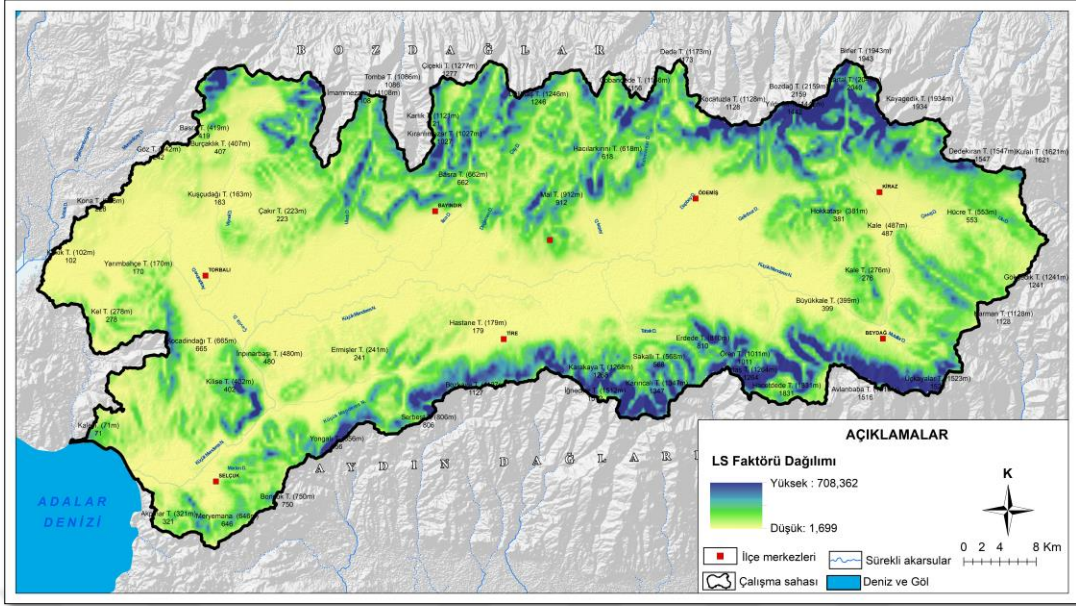
Havza alanı içinde yedi tane yağış istasyonu (Torbalı, Ödemiş Selçuk, Kiraz, Tire, Beydağ, Bayındır) olduğundan yağış verileri bu istasyonlardan temin edilmiştir. Elde edilen verilerle öncelikle Modifiye edilmiş Fournier İndisi (MFI) hesaplanmıştır. Daha sonra elde edilen MFI değeri R faktör formülünde yerine konularak yağışların erozyon yaratma gücü bulunmuştur. Yükseltinin yağış ile ilişkisi göz önünde bulundurularak her 100 m için R değeri yeniden hesaplanıp, CBS yardımıyla Havza alanına uygulanmıştır. Araştırma alanının R faktörü 628,105 ile 575,825 arasında bulunmuştur Yükselti arttıkça R faktör değerinin de arttığı görülmektedir (Harita 24).



Haritalar 25: Küçük Menderes Havzası K faktörü haritası

3.2.3. Küçük Menderes Havzası Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)

Havzanın LS haritasının oluşturulabilmesi için ArcGIS programı kullanılmıştır. Öncelikle alanın DEM haritasından eğim haritası elde edilmiştir. Sonraki aşamda akış yönü belirleme, yüzey hazırlama, akış toplamı işlemleri gerçekleştirilmiştir. En son olarak ArcGIS programının içinde yer alan raster hesaplayıcıdan LS haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan haritaya göre LS değerleri 1,69 ve 708,36 arasında bulunmuştur. LS değerinin yüksek olduğu alanlar eğimin dikleştiği yerler olarak göze çarpmaktadır. LS değerinin düşük olduğu bölgeler havzanın alüvyal topraklarının oluşturduğu düz-düze yakın eğime sahip alanlardır (Harita 26).

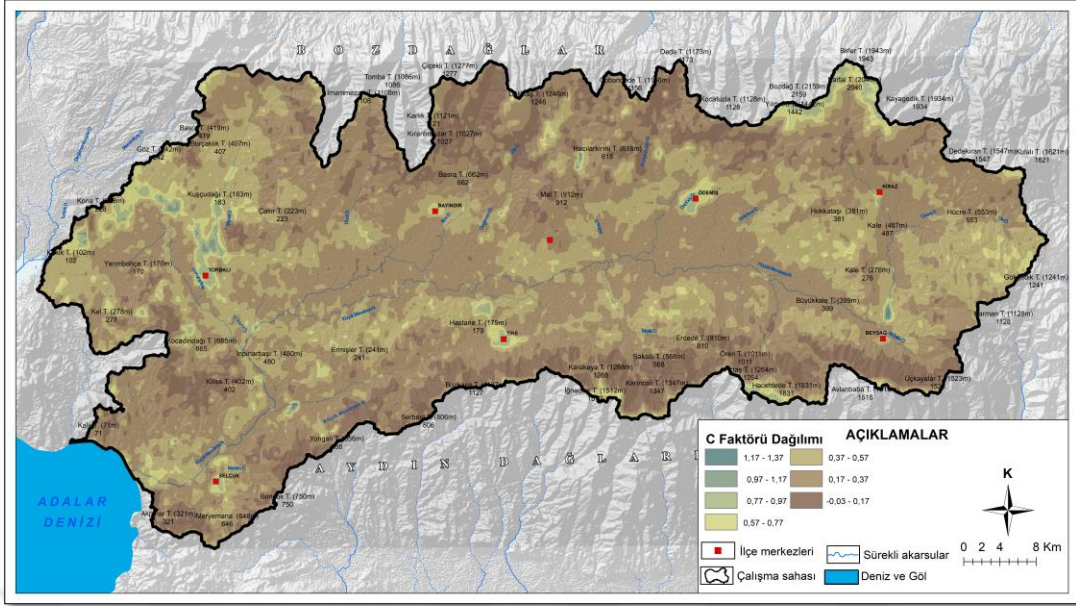


Haritalar 26: Küçük Menderes Havzası LS faktörü haritası

3.2.4. Küçük Menderes Havzası C Faktör Haritaları

C faktörü, hem tarımı yapılan bitkinin hem ürün yönetim uygulamalarının erozyon yapıcı etkisini belirlemede kullanılan bir değerdir (Renard vd., 1997). Eğim uzunluğu ve eğim dikliğiyle birlikte toprak erozyonu açısından oldukça etkili olan bir etmendir (Benkobi ve ark., 1994). Bitki örtüsü toprak yüzeyini örterek yağmur damlacıklarının toprak agregatlarına direkt olarak temas etmesini engeller ve damlacıkların parçalayıcı etkisini azaltır. Bitki yönetim faktörü değeri, yetiştirilecek bitkinin çeşidiyle (çok yıllık, tek yıllık çapa bitkisi vb.) ve bitkinin toprak yüzeyini örtme yüzdesiyle ilişkilidir.

C faktörü haritasına bakıldığında orman ve mera alanlarında C faktörünün daha yüksek olduğu, tarım alanlarına doğru ise C değerlerinin düştüğü gözlemlenmektedir. Bu durum, arazi örtüsünün erozyon oluşturan faktörlere karşı ne kadar önemli bir rol oynadığını göstermektedir. (Harita 27).



Haritalar 27: Küçük Menderes Havzası C faktörü haritası

3.2.5. Küçük Menderes Havzası P Faktör Haritaları

P faktörü, aynı zamanda uygulama faktörü olarak bilinmektedir. Bu faktör toprak erozyonunu azaltmak için kullanılan erozyon kontrol yöntemlerinin etkinliğini temsil etmektedir. Bu faktör, tarım arazilerinde uygulanan erozyon önleme uygulamalarının (örneğin, teraslama, şeritvari ekim, kontur sürme gibi) toprağın su tarafından taşınmasına karşı ne kadar etkili olduğunu gösterir (Özsoy, 2007).

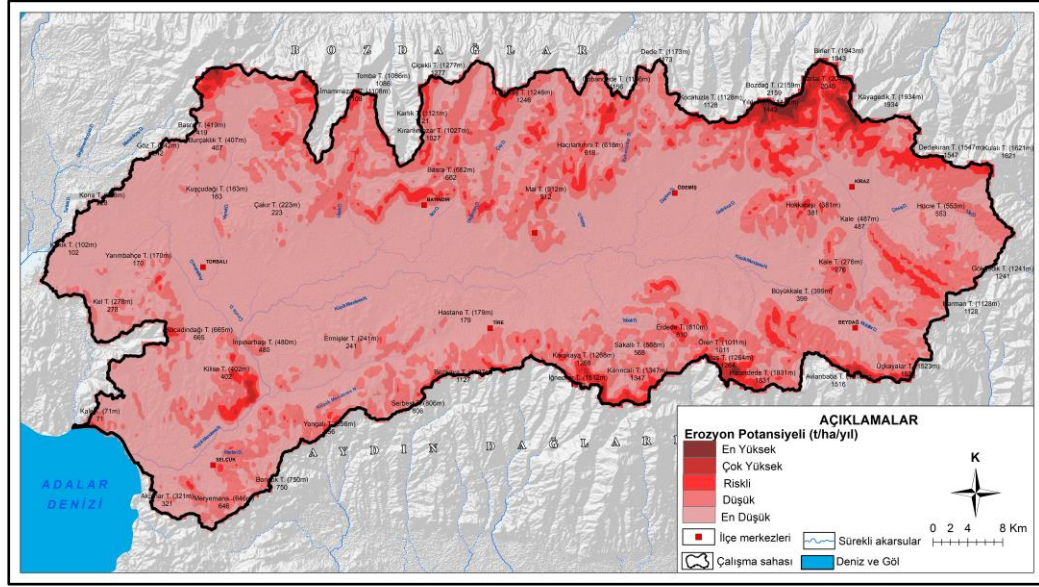
P faktörü, 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. 1 değeri, hiçbir erozyon kontrol önleminin uygulanmadığı durumlar için kullanılırken 0 değeri ise, erozyonun tamamen önlendiği bir durumu ifade etmektedir. Genellikle, iyi bir erozyon kontrolüyle P faktörü 0.1 ile 0.5 arasında olabilmektedir. Bu durum da toprağın erozyona karşı daha dirençli hale getirildiğini göstermektedir (Renard vd., 1997)

Küçük Menderes havzasında da Türkiye çapında görüldüğü gibi toprak korumaya yönelik uygulamalar sınırlı düzeydedir. Gözlemler sonucu havzanın kuzeyinde yer yer teraslanmaların yapıldığı görülmüş ancak yeterli derecede olmadığı düşünülmektedir. Bu yüzden diğer çalışmalarda göz önüne alınarak P değeri 1 olarak girilmiştir.

3.2.6. Küçük Menderes Havzası Potansiyel Toprak Kayıp Dağılımı (A)

Çalışma sonunda elde edilen tüm faktörlerin haritaları çakıştırılmıştır. Bu çakıştırılma sonucu Küçük Menderes havzası için erozyon duyarlılık haritası ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan erozyon duyarlılık haritasına bakıldığında (Harita 28) havzanın yaklaşık yarısından fazlası 1849 km² alanda çok şiddetli erozyon (>40 ton/ha/yıl) olduğu görülmektedir. Yaklaşık 1356 km²'lik alanda şiddetli erozyon (30-40 ton/ha/yıl), 269 km²'lik alanda ise orta şiddette erozyon (20 – 30 ton/ha/yıl) görülmektedir. Hafif ve çok hafif (10-20 ton/ha/yıl), erozyon görülen alanlar ise sahanın yaklaşık 16 km² ile yaklaşık % 0,4'lük kısmını kaplamaktadır (Tablo 42, Grafik 20). En şiddetli erozyon olaylarını görüldüğü sahalar Bozdağlar ve Aydın Dağları'nın bulunduğu oldukça dik ve eğimli kesimleridir. Bu alanların dışında bazı derelerin yamaçlarında artan kırmızılıklar da buralarda erozyon miktarının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

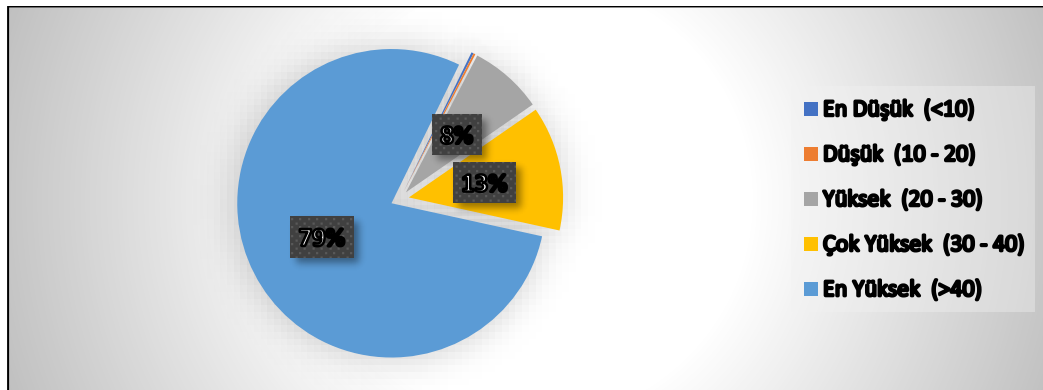
Erozyon duyarlılık haritası incelendiğinde, erozyon sahalarının eğim haritası ve LS (uzunluk ve eğim) haritası ile uyumlu olduğu dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalar da benzer sonuçlar ortaya koymuştur; özellikle eğimli arazilerde erozyon miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. R haritası incelendiğinde, R faktörünün topoğrafyayla uyumlu bir özellik göstermektedir. Yükselti arttıkça yağış miktarının da arttığı gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, yağış miktarı ve eğim değerlerinin yükselmesiyle birlikte, R ve LS faktörlerinin birbirleriyle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. R ve LS faktörlerinin aksine, C faktörünün erozyonu düşük göstermesinin nedeni, bitki örtüsünün yoğun olmasıyla açıklanabilir; yoğun bitki örtüsü, erozyonun daha az olmasına katkıda bulunmuştur. Araştırma alanı topraklarının tekstürel özelliklerinin çoğunlukla kumlu olması buralarda K değerinin daha yüksek çıkmasına sebep olmuştur (Tablo 45, Grafik 22). K faktörü tek başına değerlendirildiğinde alanın aşınabilirliğinin yüksek olduğu görülmüştür (K faktörü haritası). Erozyon risk dağılımında, LS ve R faktörlerine kıyasla daha az alanda toprak erozyonunun görülmesinin nedeni, C faktöründen kaynaklanmaktadır. Arazi kullanımının çoğunlukla ormanlık alanlardan oluşması, K değerinin daha düşük çıkmasına ve dolayısıyla erozyon riskinin daha az olmasına yol açmıştır.



Haritalar 28: Küçük Menderes Havzası erozyon duyarlılık haritası.

Tablo 45: Araştırma sahası erozyon duyarlılık sınıflarının alansal ve oransal dağılımı

Erozyon Duyarlılık Sınıfı	Erozyon Duyarlılık Sınıf Değeri (ton/ha/yıl)	Alan (Km)	Yüzde (%)
Çok Hafif	<10	8	0,3
Hafif	10 - 20	7	0,1
Orta	20 - 30	269	8
Şiddetli	30 - 40	1356	39
Çok Şiddetli	>40	1849	53
Toplam		3489	100



Grafik 22: Araştırma alanı erozyon duyarlılık alansal ve oransal dağılımı

3.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Araştırma alanında Toprak Erozyonu Modellenmesi

Erozyon duyarlılık veya risk haritalarının oluşturulmasına yönelik çalışmalarda, birden fazla kriteri değerlendirerek çalışan veya çok kriterli karar verme problemi olarak tanımlanan yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada RUSLE yöntemi ile karşılaştırılmak üzere ÇKKV yöntemini de kullanılmıştır. ÇKKV, Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş ve literatürde sıklıkla uygulanmış çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biridir. Parametrelerin havzanın özelliklerine göre tercih edilmesi bu yöntemin kullanılmasına sebep olmuştur. Farklı parametreler farklı havzalar için seçilip değerlendirilebilir (Turan ve Uzun, 2021). Yöntemin sonucunda doğruluğunun test ediliyor olması yöntemin avantajları arasındadır. ÇKKV yöntemi doğrultusunda sahada erozyonda etkili olan litoloji eğim, bakı, yamaç şekli yağış, drenaj yoğunluğu, drenaj hatlarına uzaklık, topografik nemlilik indeksi, bitki örtüsü yoğunluğundan oluşan 9 kriter ele alınmıştır. Bu kriterler alt parametrelere ayrılmış etki oranları belirlenmiştir (Tablo 46). Kriterler belirlenirken literatür çalışmaları, arazi gözlemleri ve danışman hoca görüşü dikkate alınarak belirlenmiştir.

Tablo 46: ÇKKV yönteminde kullanılan kriterler ve etki oranları

Kriterler	Etki Oranları	Doğruluk Oranı
Litoloji	%23	
Eğim	%23	
Yağış	%16	
Bakı	%14,3	
NDVI	%12,2	
TWI	%3,9	%7
Yamaç Şekli	%3,1	
Drenaj Yoğunluğu	%2,3	
Drenaj Hatlarına Uzaklık	%2,1	
Toplam	100	

3.3.1. Litoloji

Erozyon ile ana kaya ilişkisi incelendiğinde ana kayanın kolay aşınması ve taşınması erozyonun hızını ve şiddetini etkilemektedir. Havzadaki gnayslar ve özellikle mika şistler kolayca ayrışabilirken, kuvarsitler oldukça dayanıklı ve daha homojen bir yapı arz etmektedir. Araştırma alanındaki kireçtaşları ve kristalize kireçtaşları masif yapılarına karşın geçirimlidir (Gözenç, 1978; Gülersoy, 2014). Bu durum morfolojik açıdan önemli olduğu gibi toprak ve bitki örtüsü ve erozyon olayında da oldukça önemlidir.

Erozyon süreci, özellikle yağmur, akarsu ve rüzgâr gibi doğal kuvvetlerin etkisiyle, toprağı ve örtü bitkilerini süpürerek, yüzeydeki kayaçların üst tabakalarını aşındırmaktadır. Bu süreç, zamanla ana kayanın üst tabakalarını da aşındırarak, daha da derinleşmesine neden olabilmektedir. Dolayısıyla ana kayanın kolayca aşınması veya geçirimli olması erozyon hızını ve şiddetini artırmaktadır. Araştırma alanında da bu durum özellikle gnays ve şistlerin yoğun olarak bulunduğu Bozdağların güney yamaçlarında kendini göstermektedir.

Tablo 47: Kayaçların erozyona dayanıklılık indisleri (Gündüzoğlu, 2019).

Grubu	Kayaçlar	Erozyona Dayanıklılık İndisi	
Dayanıklı Kayalar	Asidik kayalar	Bazalt, serpantin, andezit	0.8-0.9
	Bazik kayalar	Granitler	0.8-0.9
	Metamorfik kayalar	Gnayslar	0.6-0.8
	Dayanımlı kalker	Mikaşist, Kristalize kireçtaşı	0.6-0.7 0.8-0.9
Çözülebilir Kayalar	Gösel Neojen		0.2-0.3
	Kolay ufalanabilen şistler		0.2-0.3
	Flişler		0.3-0.4
	Marnlar ve killer		0.1-0.2
Sedimanter Depolar	Pliokuaterner depolar		0.1-0.2
	Kuaterner Alüvyon		0.1-0.2

Küçük Menderes havzası litolojik özellikleri bakımından ele alındığında erozyon dayanıklılık indisi yüksek ve düşük olan pek çok kayaç türünün olduğu görülmektedir (Tablo 47). Erozyon dayanıklılık indisi en yüksek olan kaya grupları; bazaltlar, andezitler, serpantinler ve kristalize kireçtaşlarıdır. Bu kayaç grubunda olan bazalt ve andezitlere araştırma alanında lokal olarak Aydın dağlarının kuzey yamaçlarında görülmektedir.

Mikalar, kuvarsitler, gnayslar ve mikaşistlerin erozyona karşı dayanıklılık indisleri 0.5-0.6 ve diğer dayanıklı kayalara göre daha az direnç göstermektedir. Küçük Menderes havzasında bu grubu ait kayaçlar havzanın büyük bir kısmını kaplamaktadır. Araştırma alanının doğu kesiminde, kuzey ve güney bölgelerinde dayanıklı kaya grubuna ait gnays, mikaşist, kuvarsit şist ve mermerlerden oluşan formasyonlardan oluşmaktadır. Menderes masifinin bir parçasını oluşturan Bozdağlar'ın metamorfik kütleleri, Paleozoyik yaşlı şist serisi (şist karmaşığı) ve daha eski olarak kabul edilen kompleks gnayslardan (gnays karmaşığı) meydana gelmektedir. Sahadaki granit kayaçları dayanıklı kayaçlar kategorisinde yer almaktadır. Bu kayaçlar Aydın dağlarının kuzey kesiminin büyük bir kısmında görülmektedir. Metamorfik kayaçlardan mikaşistlerin erozyona karşı hassasiyet indisi 0.6-0.7 olarak belirlenmiştir. Bu kayaçlar, Küçük Menderes Ovası'nı çevreleyen dağ kütlelerinde bulunur. Bu dağ kütleleri, Üst Mesozoyik'te metamorfik süreçlere uğramış, granit ve yer yer parçalanmış gözlü gnayslarla başlayarak, üzerlerine mikaşistler ve kuvarsitler yerleşmiştir. (Gündüzoğlu, 2019) Kuvarsit kayaçlarını erozyona karşı hassasiyet indisi 0.5-0.6'dır.

Çözülebilir kaya grubunda bulunan hafif veya orta derece pekişmiş sedimanter kayalar ile yumuşak, az dirençli veya kohezyonu kayalardır. Bunların erozyon dayanıklılık indisleri 0.2-0.3; 0.3-0.4 ve 0.1-0.2 arasında değişmektedir. Küçük Menderes havzasında, gevrek, plastik ve çözünebilir kayaçlar fliş ve şistlerden oluşan bir grup olarak yer almaktadır. Bu grupta erozyona en az dirençli kayaçlar marn ve killi birimlerdir (indis 0.1-0.2). Şistler, genellikle az geçirimli oldukları için yağışlar sırasında yüzeysel akışa geçen su miktarını artırır, bu özellikleri de erozyonun artmasına neden olan faktörlerden biridir. Şistler, havzada Bozdağların kuzey yamaçlarında geniş alanlar kaplarken, Aydın Dağları'nda da yer yer görülmektedir (bkz. Harita 3).

Araştırma alanının batı kısmında Aydın dağlarının kuzey yamaçlarında fliş serileri ve Neojen kumtaşları görülmektedir. Bu kaya gruplarının erozyona direnç indisleri 0.1-0.2 ve 0.3-0.4'tür. Bu indis değerleri erozyon direncine karşı oldukça düşüktür. Ayırışığında kumlu malzeme veren flişler üzerinde oyuntu erozyonunu görmek mümkündür. Birikinti koni ve yelpazeleri, alüvyal sahalar sedimanter kayalar grubunda ele alınmaktadır. Çalışma sahasının yaklaşık %19'unda alüvyal alanlara rastlanmaktadır. Aynı zamanda akarsuların oluşturduğu çok sayıda birikinti konileri ve yelpazeleri bulunmaktadır (Gündüzoğlu, 2019). Bu alanlar alanların erozyona duyarlılık indisleri 0.1-0.2 ve 0.2-0.3 değerleri ile oldukça düşüktür. Bu durum erozyonun hızı ve şiddeti üzerinde etkili olmaktadır (Tablo 47).

ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında litolojik parametre erozyon riskini %23 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır. Aşınabilir kayaların fazla olması erozyon riskini artırmaktadır. Sonuç haritası incelendiğinde aşınabilir düzeyi fazla olan anakayaların bulunduğu alanda erozyon riski de çok yüksek çıkmıştır. Bu durum diğer iki analizde görülmüştür. Yapılan analizler birbirini tamamlar ve destekler niteliktedir.

3.3.2. Eğim

Eğimin fazla olması yüksek yüzeysel akış hızını desteklemekte ve bunun sonucunda rill ve gully oluşumunun başlamasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı toprak erozyonunun hızı ve şiddetini ortaya koymada eğim değeri çok önemli bir yere sahiptir (Güney, 2017).

Küçük Menderes Havzası eğim haritası 25 metre çözünürlüklü SYM'den (Sayısal Yükseklik Modeli) 9 sınıfa ayrılarak elde edilmiştir. Eğim değerleri yüzde cinsinden hesaplanmıştır. Eğim verisinin sınıf sayısı ve aralıkları çalışmanın amacına uygun düzenlendikten sonra, bu sınıfların toplam araştırma alanı içerisinde yüzde kaçlık alan kapladıkları ve sınıflara tekabül eden 100'lik oranları grafik olarak sunulmuştur.

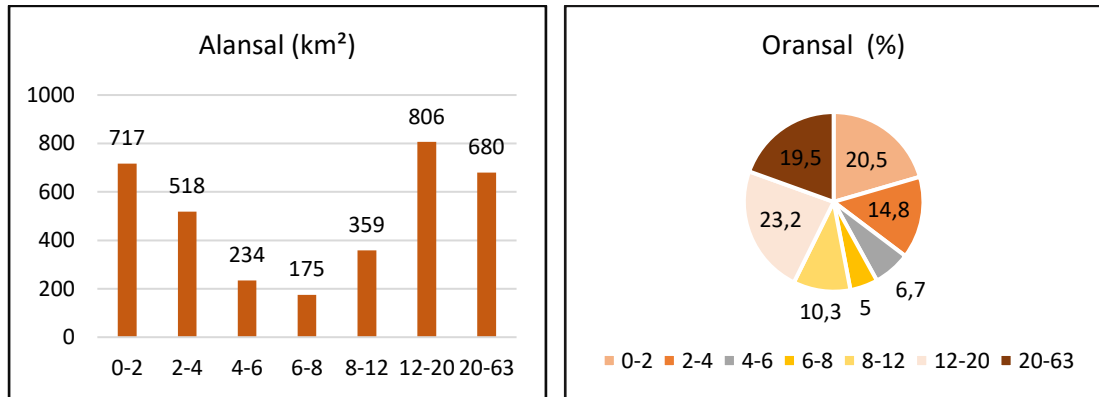
Yapılan analizler sonucunda havza içerisinde eğim değerlerinin farklılık gösterdiği alanlar mevcuttur. Bu nedenle havzanın eğimi, kademeli olarak artırılıp 7 ayrı eğim grubuna ayırarak incelenmiştir. Küçük Menderes Havzasının eğim değerleri 0-63° aralığında değişmektedir (bkz. Harita 6). Eğim değerlerinin alansal ve oransal

dağılımına bakıldığında, eğim grupları içerisinde havzanın en geniş bölümü 806 km² ile 12°-20° eğim değerleri arasında dağılış göstermektedir. En az eğimli olan kesimler 175 km² toplam havza alanının %5'lik oranını kapsamaktadır. Bunu %10,3'lük oranına sahip 8-12° arasındaki eğimli alanlar takip etmektedir (Tablo 48, Grafik 23).

ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında eğim parametresi de litolojik parametre gibi erozyon riskini %23 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır (Tablo 45). Hem arazi gözlemlerinde hem de literatür çalışmalarında bu durum doğrulanmıştır. Eğimin arttığı yerlerde erozyon riskinin de arttığı gözlemlenmiştir. Eğimin fazla olduğu dik, sarp kesimlerde erozyon riski çok yüksek iken eğimin olmadığı veya çok az olduğu havza taban düzlüğünde erozyon riskinin çok düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 48: Araştırma alanına ait eğim gruplarının alansal ve oransal dağılımı

Eğim Sınıfları	Alansal (km ²)	Oransal (%)
0-2	717	20,5
2-4	518	14,8
4-6	234	6,7
6-8	175	5
8-12	359	10,3
12-20	806	23,2
20-63	680	19,5
Toplam	3489	100



Grafik 23: Araştırma alanına ait eğim gruplarının alansal ve oransal dağılımı

3.3.3. Bakı

Bakı ve toprak erozyonu arasındaki ilişki, arazinin topografik özelliklerine bağlı olarak belirgin bir şekilde değişiklik göstermektedir. Bakı, bir yamaç ya da arazinin belirli bir yönüne doğru olan eğimini ifade etmektedir. Bu eğim yönü, güneş ışığı alma miktarı, rüzgâr etkisi ve yağışların dağılması gibi birçok faktörü etkilemektedir.

Güney bakıya sahip yamaçlar kuzey yamaca göre daha fazla güneş ışığı almakta ve daha fazla ısınmaktadır. Bu durum, bitki örtüsünün kurumasına ve toprağın daha gevşek hale gelmesine neden olabilmektedir. Kuraklık koşulları, toprak erozyonunun hızlanmasına yol açmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ÇKKV için bakı faktörü de ele alınmıştır.

ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında bakı parametresi erozyon riskini %14,3 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır. Havzadaki bakı yönlü yüzeyleri toprak erozyonu açısından değerlendirildiğinde; Havzada, bitki ve toprak özellikleri, karın yerde kalma süresi, nem, sıcaklık ve buharlaşma gibi birçok faktörde en büyük farklılıkların kuzeyli ve güneyli bakı yüzeyleri arasında ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Güney yamaçlı yüzeylerin güneş radyasyonuna daha fazla maruz kalması nedeniyle buharlaşmanın yüksek, nemlilik derecesinin ise kuzey yamaçlara kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Arazi gözlemlerinde, havzada, güney yamaçları gerek güneşlenme süresi gerek zeminin nem tutma kapasitesi gerekse vejetasyon örtüsü açısından ayrışma ve erozyona daha fazla maruz kalmaktadır. Tam tersine daha az radyasyon alan kuzey yamaçlarda güneşlenme süresinin kısa, nemin yüksek ve buharlaşmanın düşük olması, gür bir orman örtüsünün yayılmasına olanak sağlamıştır. Bu durum, Aydın Dağları'nın kuzey yamaçlarında belirgin bir şekilde gözlemlenmekte, erozyon süreci bu yüzeylerde güney yamaçlara göre daha yavaş ilerlemektedir.

3.3.4. NDVI

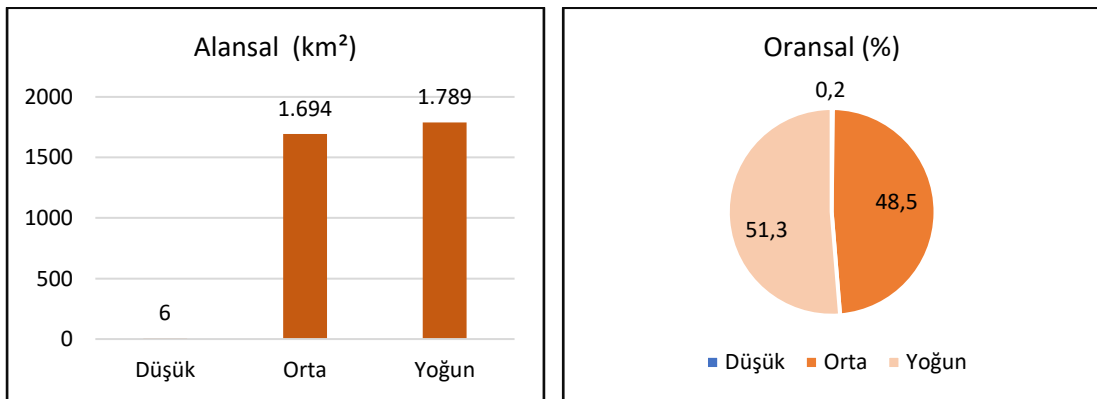
Küçük Menderes Havzasının bitki örtüsü yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla 2023 tarihli Landsat-7 görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntülere NDVI analizi uygulanarak araştırma alanına ait bitki kapalılık fonksiyonu belirlenmiştir. Havzadaki

bitki örtüsü yoğunluğu düşük, orta ve yoğun olmak üzere üç sınıflı bitki örtüsü yoğunluğu oluşturulmuştur (Harita 29).

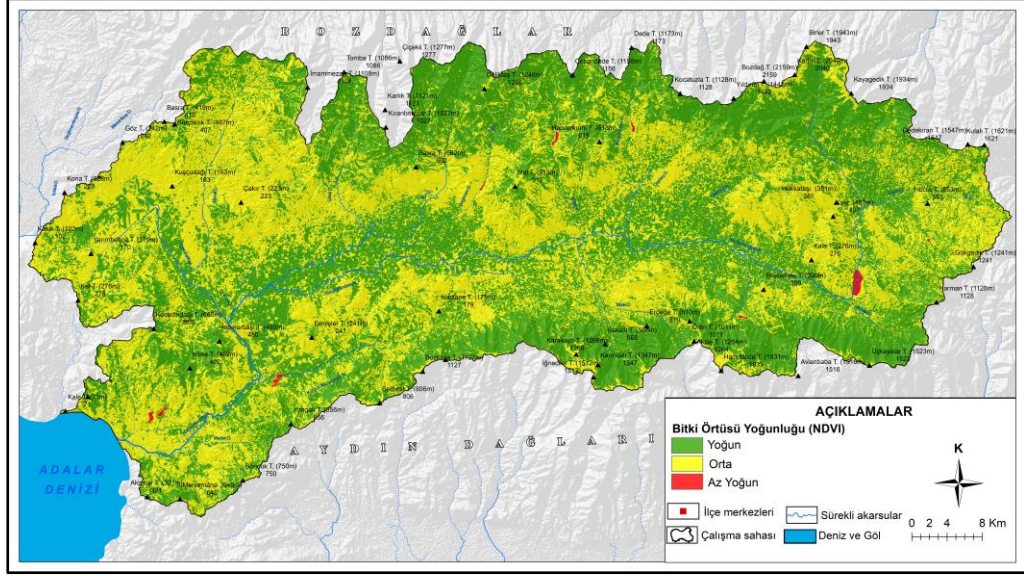
Yapılan analiz sonucunda; kapladığı 6 km² alan ile düşük bitki örtüsü yoğunluğu ve bu alanların yerleşim ve göl alanlarına tekabül etmektedir. Havzadaki orta bitki örtüsü yoğunluğu 1.694 km²'lik alan ile havzanın % 48,5'ni kaplamaktadır. Bu alanlar eğimin nispeten azaldığı dağ yamaçlarına denk gelmektedir. Kapladığı 1.789 km² alan ile havzanın 51,3'si yoğun bitki örtüsü yoğunluğu alanları ise havzanın yüksek kesimlerine denk gelmektedir (Tablo 49, Grafik 24). ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında bitki örtüsü yoğunluğu parametresi erozyon riskini %12,2 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır.

Tablo 49: Araştırma alanına ait bitki örtüsü gruplarının alansal ve oransal dağılımı

Bitki Örtüsü Yoğunluğu	Alansal (km ²)	Oransal (%)
Düşük	6	0,2
Orta	1.694	48,5
Yoğun	1.789	51,3
Toplam	3489	100



Grafik 24: Araştırma alanına ait bitki örtüsü gruplarının alansal ve oransal dağılımı



Haritalar 29: Küçük Menderes Havzası bitki örtüsü yoğunluğu haritası

3.3.5. Yağış

Yağış, erozyon sürecinin ana itici güçlerinden biridir. Yağışın şiddeti, süresi, düşen damlaların büyüklüğü, yağış türü vb. unsurlar ile yağışın düştüğü alandaki toprağın yapısı, bitki örtüsü ve arazi eğimi gibi faktörler, erozyonun hızı ve şiddetinin üzerinde son derece etkilidir. Şiddetli ve yarı yağışlar toprak yüzeyine hızla çarparak daha fazla enerji ile erozyona neden olabilmektedir. Toprak tekstürünün kumlu veya killi olması, gevşek ve kumlu topraklar, suyu daha kolay emer ve erozyona karşı daha hassas hale getirmektedir. Kil ve organik madde içeriği yüksek topraklar ise daha dayanıklıdır. Bitki örtüsünün yoğun olması yağışın bir kısmını yaprakları ile tutmaktadır. Bu durumda alanda etkili olan yağışın erozyona etkisini artırmakta veya azalmaktadır. Yine eğimli arazilerde su daha hızlı akar, bu da toprağın yüzeyinden daha fazla toprak parçası koparabilir. Düz arazilerde ise su daha yavaş hareket eder ve toprak erozyonu daha uzun vadede gerçekleşmektedir.

Bu etkiler göz önünde bulundurularak ÇKKV’de yağış faktörünün de eklenilmesi uygun görülmüştür. ÇKKV analiz sonucunda Küçük Menderes Havzasında yağış parametresi toprak erozyon riskini %16’lık oranla alanda toprak erozyonunu en fazla tetikleyen üçüncü parametre olmuştur. Küçük Menderes Havzası toplam yağış haritası (bkz. Harita 12) ile ÇKKV sonuç haritası karşılaştırıldığında bunların birbirini desteklediği görülmektedir. Yağışın fazla olduğu dağların yüksek kesimlerinde toprak erozyonunun riskinin de çok yüksek olduğu görülmektedir.

3.3.6. Topografik Nemlilik İndeksi

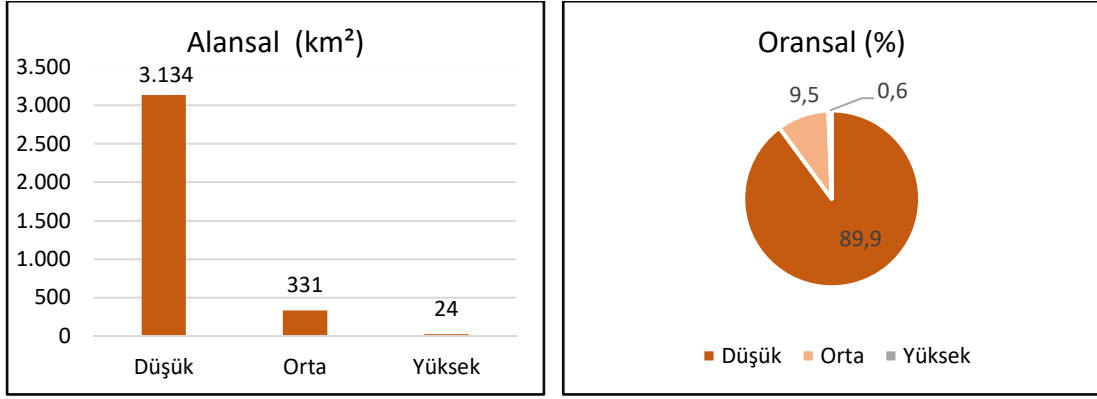
Topografik nemlilik indeksi, topografinin yüzeysel akışa geçen suyun konumu ve büyüklüğü üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Bu indeks, topografyanın zeminin suya doygunluk derecesi ve suyun zemin içerisindeki hareketi ve zeminde kalma süresi hakkında ipuçları sağlamaktadır (Güney, 2017).

Yapılan literatür çalışmalarında topografik nemlilik indeksi; zeminin nemliliği, suyun yüzeydeki akış hızını, sızmasını ve göllenmesini etkileyerek erozyon duyarlılığına katkıda bulunduğundan dolayı erozyonun hızı ve şiddeti ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenlerden dolayı bu parametrenin de kullanılması uygun görülmüştür.

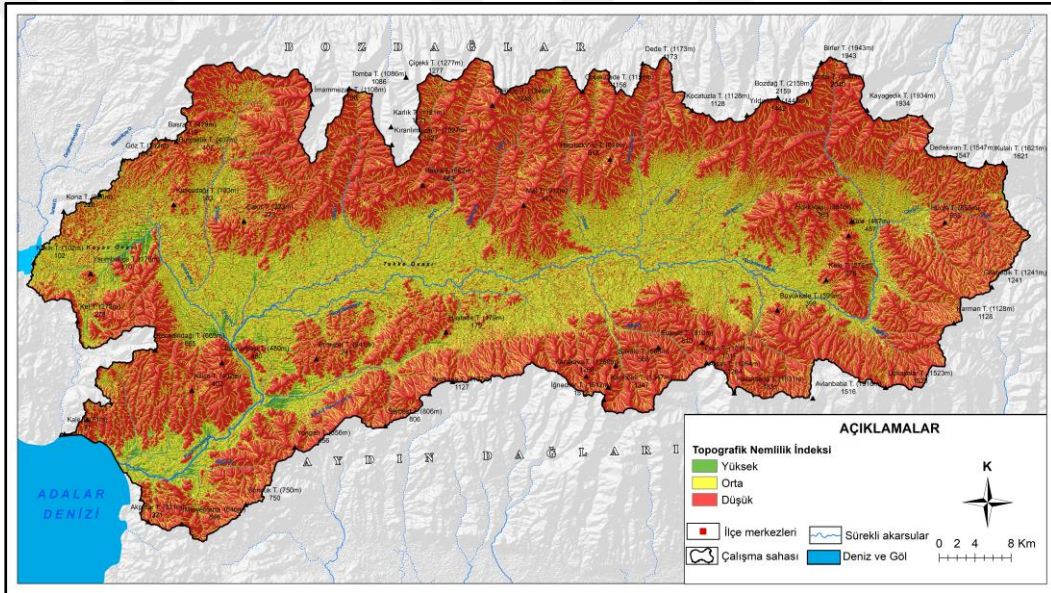
Küçük Menderes Havzasına ait topografik nemlilik indeksi, 25 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinden oluşturulup Natural Breaks (Jenks) sınıflama yöntemi ile düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Topografik nemlilik indeksi değerlerinin havzada en düşük olduğu yerler sırt, dış bükey eğimler ve dik yamaçlar (3.134 km²; %89,9) gibi suyun yüzeyde kalma süresinin az olduğu kesimleri kapsamaktadır (Tablo 50, Grafik 25). Değerlerin yüksek olduğu yerler ise daha çok havza taban düzlüğü ve eğimin az olduğu alanlara tekabül etmektedir (Harita 30). ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında topografik nemlilik indeksi parametresi erozyon riskini %3,9 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır.

Tablo 50: Araştırma alanına ait topografik nemlilik indeksi gruplarının alansal ve oransal dağılımı

Topografik Nemlilik İndeksi	Alansal (km ²)	Oransal (%)
Düşük	3.134	89,9
Orta	331	9,5
Yüksek	24	0,6
Toplam	3.489	100



Grafik 25: Araştırma alanına ait topografik nemlilik indeksi gruplarının alansal ve oransal dağılımı



Haritalar 30: Küçük Menderes Havzası topografik nemlilik indeksi haritası

3.3.7. Yamaç Şekli

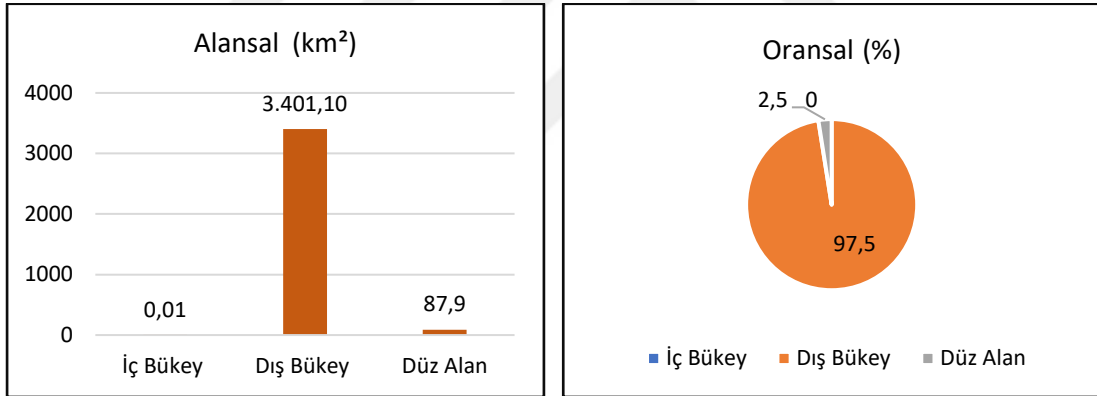
Yamaç şekli genel olarak belli bir doğrultuda eğim derecesinin değişim oranı olarak eğimin eğimi olarak tanımlanmaktadır. Küçük Menderes Havzasının yamaç şekillerinin ortaya konulması için havzaya ait arazi modeli kullanılmıştır. Arazi modeli Arc-Map yazılımı ile analiz edilerek yamaç şekilleri iç bükey, dış bükey, düz şeklinde belirlenmiştir.

Yapılan analiz sonucunda; kapladığı 3.401,10 km² alan ile havzanın % 97'i dış bükey yapıda olduğu ve bu alanların erozyon riski açısından yüksek erozyon riskinde

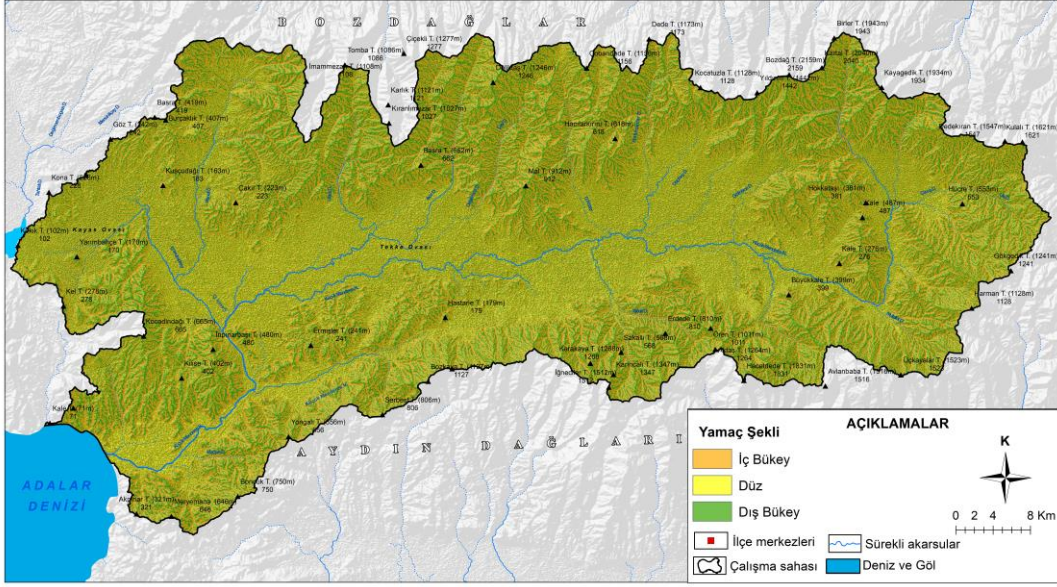
olduğu görülmektedir. Araştırma alanındaki iç bükey yamaçlar ise sahanın % 0,01'ni oluşturmaktadır. Sahanın %2,5'i oluşturan düz alanlar havzanın taban düzlüğünde bulunmaktadır (Tablo 51, Grafik 26, Harita 31). ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında yamaç şekli parametresi erozyon riskini %3,2 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır.

Tablo 51: Araştırma alanına ait yamaç şekli gruplarının alansal ve oransal dağılımı

Yamaç Şekli	Alansal (km ²)	Oransal (%)
İç Bükey	0,01	0,1
Dış Bükey	3.401,10	97,5
Düz Alan	87,9	2,5
Toplam	3489,01	100



Grafik 26: Araştırma alanına ait yamaç şekli gruplarının alansal ve oransal dağılımı



Haritalar 31: Küçük Menderes Havzası yamaç şekli haritası

3.3.8. Drenaj Yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu, yüzeysel akışı kontrol eden faktörlerin ortak bir sonucudur ve aynı zamanda infiltrasyon, toprağın suya doyması, yüzey erozyonu, yüzeysel akış ve bunların bir sonucu olan sediment üretimi ile de yakından ilişkilidir (Macka, 2001).

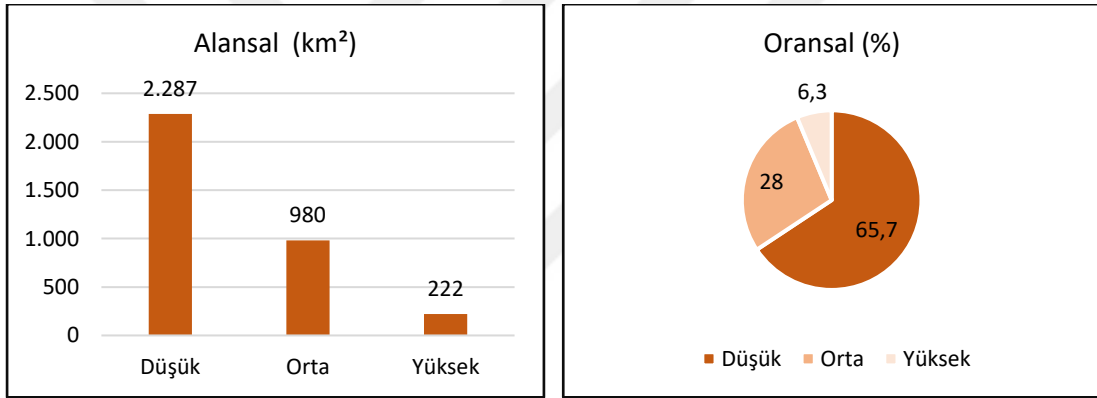
Bu yakın ilişkidenden yola çıkarak Küçük Menderes Havzasının drenaj yoğunluğu verisi üretmek için 25 metre çözünürlüklü SYM verisi kullanılmıştır. Üretilen drenaj hatları, havzada km^2 'ye düşen drenaj hattı yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Havzadaki drenaj yoğunluğu düşük, orta ve yüksek olmak üzere yeniden sınıflandırılarak üç sınıflı bir drenaj yoğunluğu oluşturulmuştur. Havzada drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu alanlar akarsu şebekesinin daha iyi geliştiği Küçük Menderes nehri ve yakın çevresinde iken drenaj yoğunluğunun düşük olduğu alanlar eğim değerlerinin fazla olduğu dik yamaçlara denk gelmektedir (Harita 32).

Yapılan analiz sonucunda; kapladığı 2.287 km^2 alan ile havzanın $65,7$ 'i dış düşük drenaj yoğunluğu ve bu alanların erozyon riski açısından yüksek erozyon riskinde olduğu görülmektedir. Havzadaki orta drenaj yoğunluğuna sahip olan alanlar Küçük Menderes nehri yakınlarına 980 km^2 'lik alan ile havzanın $\%28$ 'ni kaplamaktadır. Kapladığı 222 km^2 alan ile havzanın $6,3$ 'si yüksek drenaj yoğunluğu alanları ise havzanın taban düzlüğünde bulunmaktadır (Tablo 52, Grafik 27). ÇKKV analiz

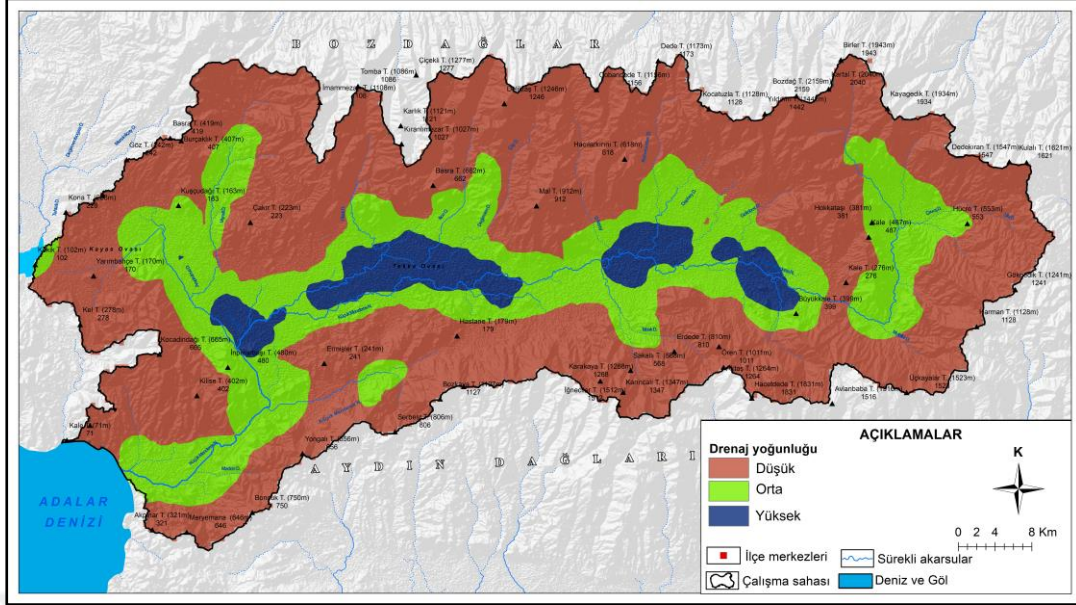
sonucunda da Küçük Menderes Havzasında drenaj yoğunluğu parametresi erozyon riskini % 2,3 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır.

Tablo 52: Araştırma alanına ait drenaj yoğunluğu gruplarının alansal ve oransal dağılımı

Drenaj Yoğunluğu	Alansal (km ²)	Oransal (%)
Düşük	2.287	65,7
Orta	980	28
Yüksek	222	6,3
Toplam	3.489	100



Grafik 27: Araştırma alanına ait drenaj yoğunluğu gruplarının alansal ve oransal dağılımı



Haritalar 32: Küçük Menderes Havzası drenaj yoğunluğu haritası

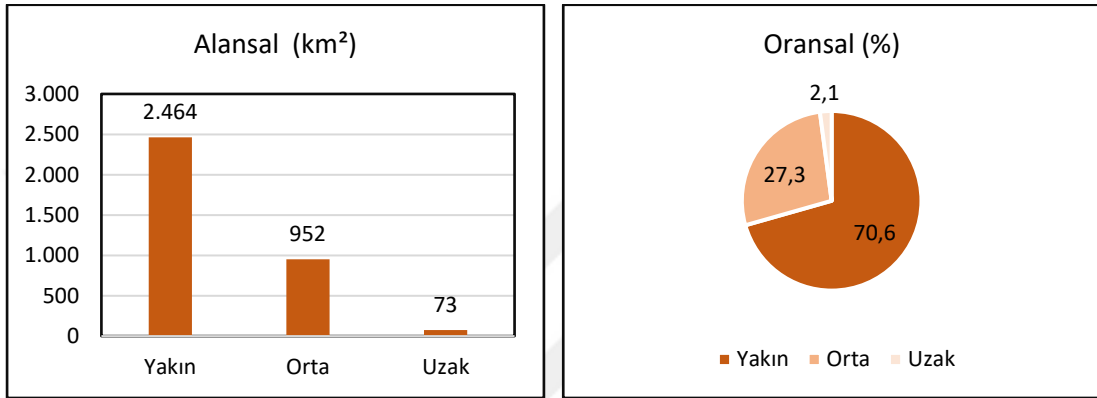
3.3.9. Drenaj Hatlarına Uzaklık

Drenaj hatlarına uzaklık verisi, yamaç-drenaj hattı ve erozyon arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla üretilmiştir. Bu veri, SYM'den üretilen akarsu ağı kullanılarak, ArcGIS yazılımındaki Spatial Analyst araçlarından “Euclidean Distance” komutuyla elde edilmiştir. Bu işlem, SYM'den üretilen drenaj hatlarına, ilgili her bir pikselin sahip olduğu mesafeyi ifade etmektedir (Akgün, 2007). Elde edilen raster harita Natural Breaks (Jenks) sınıflama yöntemi ile yakın, orta ve uzak olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır (Harita 33).

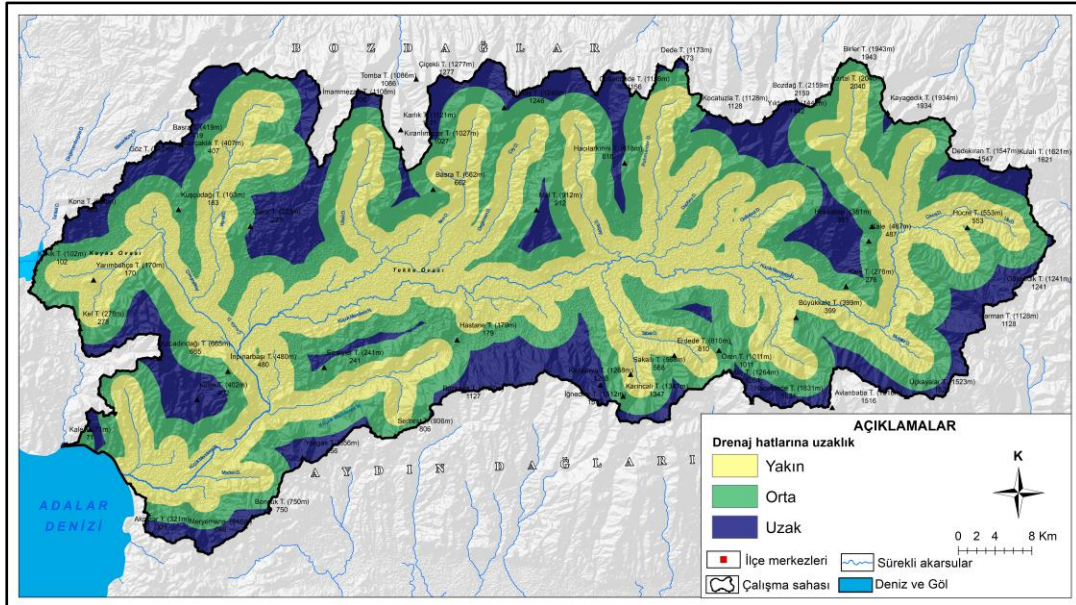
Küçük Menderes Havzasında kapladığı 2.464 km²'lik alan ile % 70,6'lık bir kısmı drenaj hatlarına uzaklık parametresinin yakın sınıfında toplanmıştır. Onu % 27,3 ile orta ve % 2,1 ile uzak sınıfı izlemektedir (Tablo 53, Grafik 28). Sonuç haritası incelendiğinde drenaj hatlarına yakın olan kesimlerin erozyon açısından daha riskli olduğu görülmektedir. ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında drenaj hatlarına uzaklık parametresi erozyon riskini % 2,1 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır.

Tablo 53: Araştırma alanına ait drenaj hatlarına uzaklık gruplarının alansal ve oransal dağılımı

Drenaj Hatlarına Uzaklık	Alansal (km ²)	Oransal (%)
Yakın	2.464	70,6
Orta	952	27,3
Uzak	73	2,1
Toplam	3.489	100



Grafik 28: Araştırma alanına ait drenaj hatlarına uzaklık gruplarının alansal ve oransal dağılımı



3.3.10. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminde Elde Edilen Sonuçların Analizi

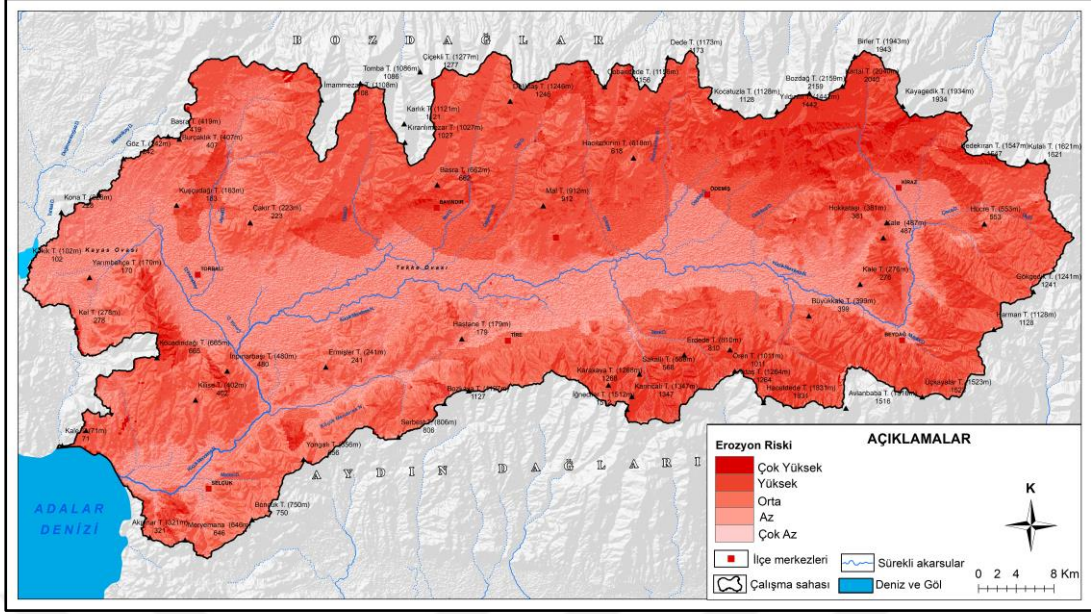
ÇKKV yöntemi doğrultusunda Küçük Menderes Havzasında toprak erozyonunda etkili olan litoloji eğim, bakı, yağış, bitki örtüsü yoğunluğu, yamaç şekli, drenaj yoğunluğu, drenaj hatlarına uzaklık, topografik nemlilik indeksinden oluşan 9 kriter ele alınmıştır. Bu kriterler alt parametrelere ayrılmıştır.

ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında litolojik parametre erozyon riskini %23; eğim parametresi de litolojik parametre gibi erozyon riskini %23; bakı parametresi erozyon riskini %14,3; yağış parametresi toprak erozyon riskini %16; yamaç şekli parametresi erozyon riskini %3,2; topografik nemlilik indeksi parametresi erozyon riskini %3,9; drenaj yoğunluğu parametresi erozyon riskini %2,3; drenaj hatlarına uzaklık parametresi erozyon riskini % 2,1 ve bitki örtüsü yoğunluğu parametresi erozyon riskini % %12,2 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır.

Tüm bu parametreler çakıştırılmış ve son olarak erozyon duyarlılık haritası elde edilmiştir. Ortaya çıkan erozyon duyarlılık haritasına göre 88 km² çok hafif erozyon olduğu görülmektedir. 854 km²'lik alanda hafif erozyon, 938 km² 'lik alanda ise orta şiddette erozyon görülmektedir. 296 km² 'lik alan şiddetli ve 1313 km²'lik alan çok şiddetli erozyon kaplamaktadır (Tablo 54, Harita 34).

Tablo 54: Araştırma alanına ait erozyon risk sınıfı gruplarının alansal ve oransal dağılımı

Erozyon Risk Sınıfı	Alan (Km ²)	Yüzde (%)
Çok Hafif	88	3
Hafif	854	8
Orta	938	24
Şiddetli	296	27
Çok Şiddetli	1313	38
Toplam	3489	100



Haritalar 34: Küçük Menderes Havzası ÇKKV erozyon risk haritası

3.4. ICONA Metodu ile Araştırma alanında Toprak Erozyon Riskinin Modellenmesi

ICONA yöntemi, araştırma alanının erozyon riskini belirlemek için durum karar matrisleri kullanılarak arazinin yapısının analiz edildiği, İspanya Doğal Kaynaklar Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen bu metotta erozyon riskine etki eden parametreler, karar durum matrisleri aracılığıyla puanlandırılarak değerlendirilmiştir. Metod iki ana parametrenin birleşiminden meydana gelmektedir. Bu parametreler aşınabilirlik ve koruma düzeyi parametreleridir. Araziden yararlanma ve NDVI Koruma düzeyi parametresini oluşturmaktadır. Aşınabilirlikte ise litolojik ve topografya (eğim) unsurları kullanılmaktadır (Gündüzoğlu, 2019).

3.4.1. Koruma Düzeyi

ICONA metodunda koruma düzeyini belirlemek için araziden yararlanma ile NDVI değerleri kullanılmaktadır (Gündüzoğlu, 2019). ICONA metodunda araziden yararlanma metot kısmında gösterildiği gibi 6 kategoriye ayrılmıştır. Ancak araştırma alanının koruma düzeyi belirlemek için CORINE tarafından hazırlanan sınıflandırma haritası kullanılmıştır (Tablo 55).

Tablo 55: ICONA yöntemine göre arazi sınıf kodlar

Arazi Kullanım Sınıfları	ICONA Sınıf
Karışık tarım alanları	1
Sulanmayan ekilebilir alanlar	1
Meyve bahçeleri	2
Uzum bağları	2
Zeytin bahçeleri	2
Pirinç tarlaları	3
Sürekli sulanan alanlar	3
Geniş yapraklı ormanlar	4
İğne yapraklı ormanlar	4
Karışık ormanlar	4
Ormanla karışık tarım alanları	4
Bitki değişim alanları	5
Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan bitki toplulukları	5
Fundalıklar	5
Meralar	5
Bataklıklar, çıplak kayalıklar, doğal çayırliklar, endüstriyel veya ticari birimler kesikli şehir yapısı limanlar, maden çıkarım sahaları, karayolları, demiryolları sahiller, kumsallar, kumluklar, inşaat sahaları hava alanları, seyrek bitkili alanlar, su kütleleri, suyolları, sürekli şehir yapısı, yanmış alanlar	6

ICONA metodunda yapılan değerlendirmede, koruma düzeyi faktörünü belirleyen bir diğer özellik, NDVI durumudur. Metodta kullanılan parametreye ait ağırlık durumları Tablo 56’da gösterilmiştir.

Tablo 56: ICONA yöntemine göre bitki kapalılık durum fonksiyonu

Kod	Kod Tanımı	Değer
1	Az Yoğun	%0 - %25
2	Orta Yoğun	%25 - %50

3	Yoğun	%50 - %75
4	Çok Yoğun	%75 - %100

NDVI ve araziden yararlanma ICONA metodunda birlikte değerlendirilerek Koruma Yüzeyi indisini oluşturmaktadır (Tablo 57-58).

Tablo 57: ICONA toprak koruma düzeyi karar matrisi

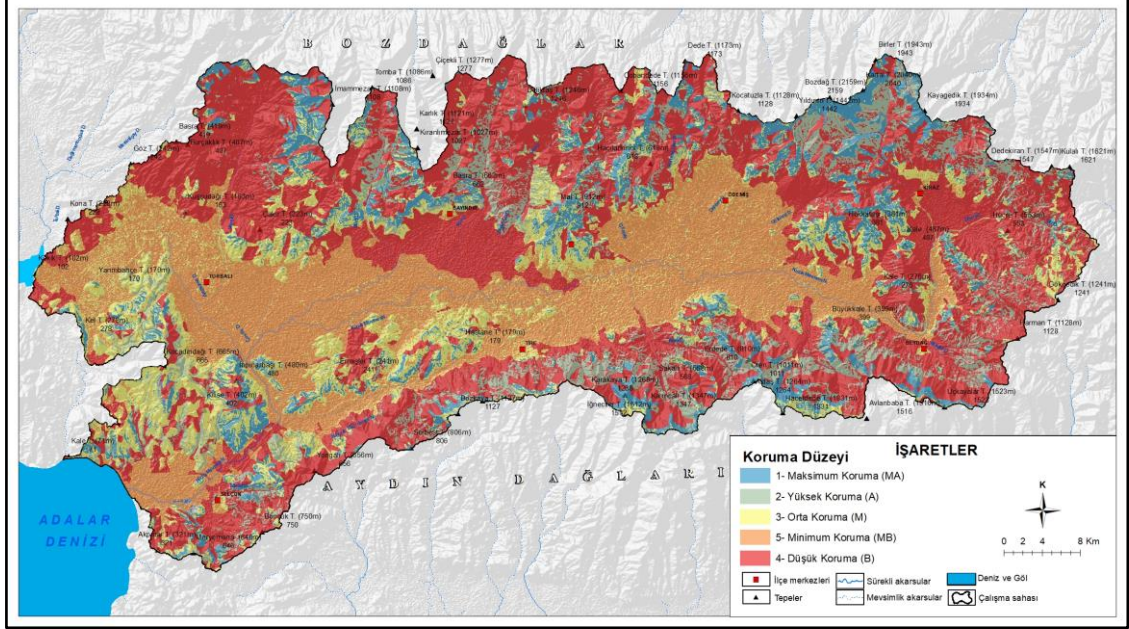
Arazi Kullanımı	Toprak Koruma Düzeyleri			
	Bitki Örtüsü Yoğunlukları			
	1 (%0 - %25)	2 (%25 - %50)	3 (%50 - %75)	4 (%75 - %100)
1	5 (MB)	5 (MB)	4 (B)	4 (B)
2	5 (MB)	5 (MB)	4 (B)	3 (M)
3	3 (M)	2 (A)	1 (MA)	1 (MA)
4	4 (B)	3 (M)	2 (A)	1 (MA)
5	5 (MB)	4 (B)	3 (M)	2 (A)
6	5 (MB)	4 (B)	3 (M)	2 (A)

Tablo 58: Toprak koruma düzeyleri (simgeler ve anlamları)

Kod	Toprak Koruma Düzeyi	Kod Tanımı
1	MA	Çok Az
2	A	Az
3	M	Orta
4	B	Yüksek
5	MB	Çok Yüksek

Araştırma alanının Koruma Düzeyi İndisinin oluşturulması için; hazırlanan NDVI ve araziden yararlanma durumları birleştirme işlemine tabi tutularak yeni bir

katman elde edilmiştir. İşlem sonucunda koruma düzeyi haritası elde edilmiştir (Harita 35).



Haritalar 35: Küçük Menderes Havzası koruma indisi haritası

3.4.2. Aşınabilirlik

ICONA metodunda aşınabilirlik; topografya (eğim) ve jeoloji-litoloji parametreleri birleştirilmesiyle elde edilmektedir. Metotta toprak yapısı jeoloji parametresi ile birlikte ele alınmıştır. ICONA metodunda kullanılan topografya (eğim) 5 kategoride toplanmıştır (Tablo 59).

Tablo 59: ICONA yönteminde eğim sınıf ve kodları

Kod	Eğim Sınıflandırılması
1	Düz-Çok Az Eğim (%0-%3)
2	Orta Eğim (%3-%12)
3	Dik Eğim (%12-%20)
4	Çok Dik Eğim (%20-%35)
5	Sarp (>%35)

ICONA metodunda yararlanılan litolojik durumla ilgili sadece çalışma bölgesinin jeolojik durumun sınıflandırılması yapılmaktadır. Bu sınıflandırma aşağıda Tablo 60’da verilmiştir.

Tablo 60: Jeoloji sınıflandırması

Kod	Jeolojik Sınıflandırma
A	Çok sert kayalar
B	İyi kaynaşmış, kalker kayalar
C	Kompakt silisli kayalar
D	Gevşek yapıda, az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar
E	Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait yığılmalar

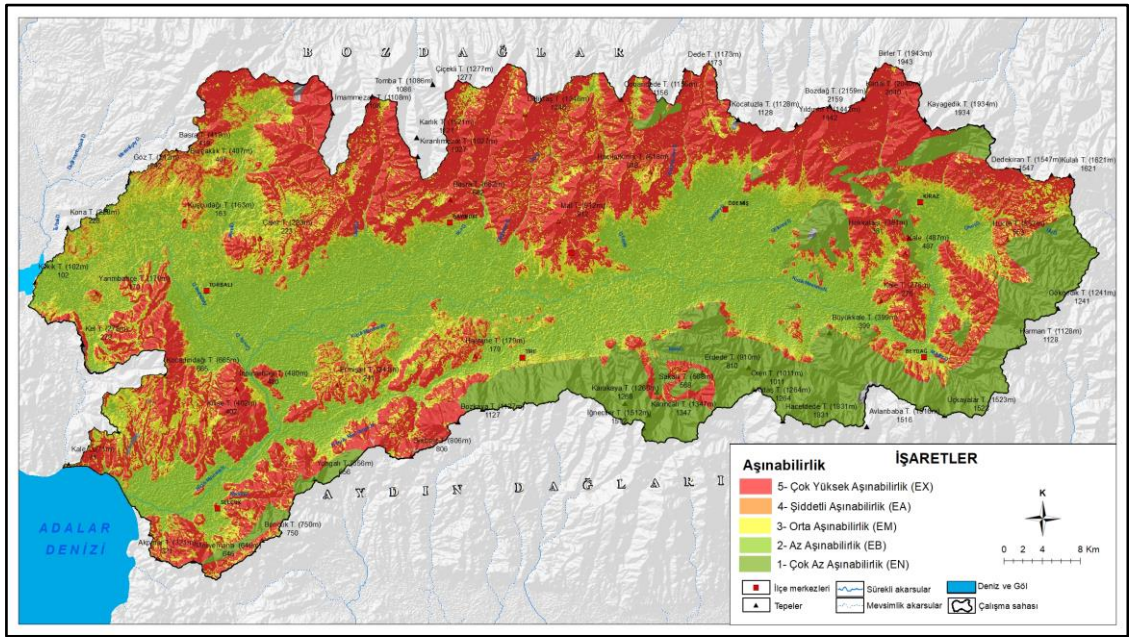
Topograf (eğim) ve jeolojik parametrelerin birleştirilmesiyle metod için aşınabilirlik değerleri elde edilmektedir (Tablo 61). Tabloda eğim parametresi litoloji parametresini geçtiği görülmektedir. Örneğin, yüksek eğimli alanlarda erozyon riski artmaktadır. Sert kayaların bulunduğu bölgelerde, eğim derecesi arttıkça erozyon riski de yükselmektedir. Bununla birlikte, eğimin sabit olduğu, özellikle düz alanlarda, ana kayanın erozyon riskine etkisi daha düşüktür (Harita 36). Tablo 62’de Aşınabilirlik düzeyinin sembolleri verilmiştir.

Tablo 61: ICONA yöntemine göre aşınabilirlik indisinin hesaplanması

Aşınabilirlik durumu					
Eğim	Jeoloji Sınıflandırılması				
Kod	A	B	C	D	E
1	1 (EN)	1 (EN)	1 (EN)	1 (EN)	2 (EB)
2	1 (EN)	1 (EN)	2 (EB)	3 (EM)	3 (EM)
3	2 (EB)	2 (EB)	3 (EM)	4 (EA)	4 (EA)
4	3 (EM)	3 (EM)	3 (EM)	4 (EA)	5 (EX)
5	4 (EA)	4 (EA)	5 (EX)	5 (EX)	5 (EX)

Tablo 62: ICONA yöntemine göre aşınabilirlik indisi risk kodları

Kod	Aşınabilirlik	Kod Tanımı
1	EN	Çok Az Aşınabilirlik
2	EB	Az Aşınabilirlik
3	EM	Orta Aşınabilirlik
4	EA	Şiddetli Aşınabilirlik
5	EX	Çok Şiddetli Aşınabilirlik



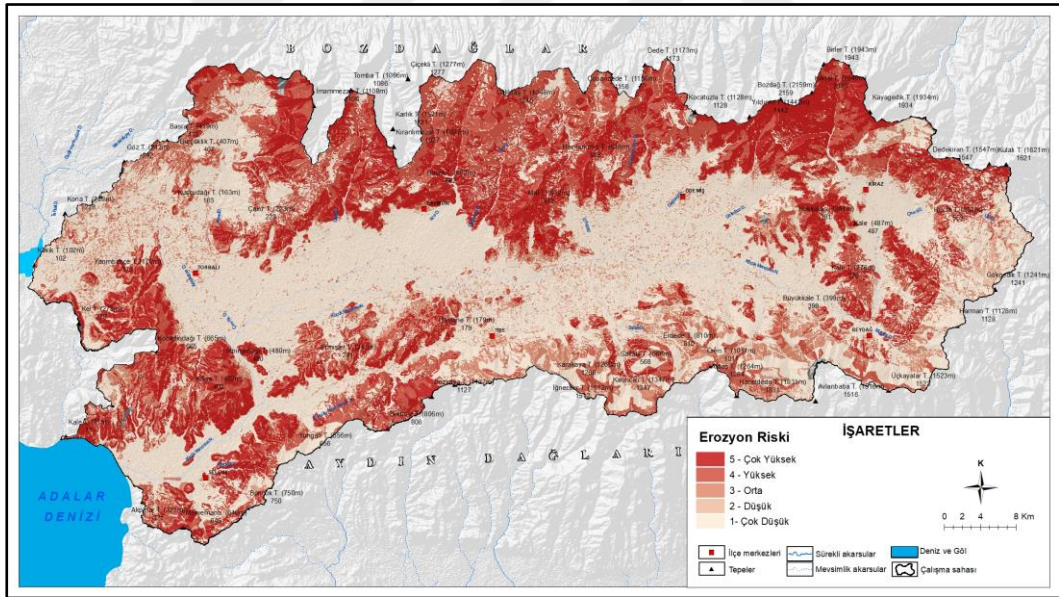
Haritalar 36: Küçük Menderes Havzası aşınabilirlik haritası

ICONA metodu ile yapılan analiz sonucunda Bozdağların kuzey kesiminde özellikle orman örtüsünün tahrip edildiği alanlarda erozyon riski çok yüksektir. Yer yer bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda ise erozyon riski yüksek olarak çıkmıştır. Eğim değeri % 12-% 20 arasında değişen alanlarda da eğim faktörüne bağlı olarak erozyon riski orta şiddetinde olduğu görülmektedir. Eğim değeri arttıkça erozyon riski de artmaktadır.

Erozyonal süreçlere karşı hassasiyeti orta derece olan gnayslardan meydana gelen Bozdağlar erozyon riski yüksek çıkmıştır. Aydın dağları ise granitlerden meydana geldiği için erozyona duyarlılığı orta çıkmıştır. Her iki dağ kütlesi, araziden yararlanma ve NDVI özellikleri nedeni ile yüksek şiddetinde erozyona karşı riskli alanları

oluşturmuştur. ICONA metodunda vejetasyon diğer parametre göre daha fazla etkili olmaktadır. Araştırma alanında aşınabilirlik oranı fazladır. Ancak NDVI değerlerinin fazla olduğu ormanlık alanlar erozyon süreçlerini yavaşlatmaktadır. Havzada kuzey ve güney yamaçlarda NDVI fazla olması erozyona karşı hassasiyeti azaltmakta ve bu durum buradaki alanların orta derecede erozyona maruz kalmasını sağlamaktadır.

Küçük Menderes Havzası taban düzlüğü, eğimin çok az olduğu birikim sahalarıdır. Hem çalışma için yapılan analizler de hem de literatür çalışmalarında eğim ile erozyon riskinin doğru orantılı olduğu görülmüştür. Bu durum ICONA metodunda belirlenmiş, eğimin fazla olduğu alanlarda erozyon riski çok yüksek ya da yüksek çıkarken eğimin azaldığı veya hiç olmadığı havzanın taban düzlüğünde erozyon riski çok düşük çıkmıştır (Harita 37). Araştırma alanı için yapılan RUSLE ve ÇKKV yöntemlerinde de aynı durum görülmüştür.



Haritalar 37: Küçük Menderes Havzası ICONA erozyon risk haritası

4. BÖLÜM

ARAŞTIRMA ALANINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK EROZYONUNA OLASI ETKİLERİ

4.1. İklim Özelliklerindeki Farklılaşma

Dünya, evrende bulunan birçok gezegenle benzer bir oluşum mekanizmasına sahip olabilir; ancak onu diğerlerinden ayıran en dikkat çekici özelliği, bir atmosfere sahip olması ve bu sayede canlı yaşamına olanak tanınmasıdır. Yaşam için en uygun koşulları sağlayan bu gezegen, hidrosfer (su küre), litosfer (taş küre), kryosfer (buz küre), biyosfer (canlı küre), antroposfer (insan küre) ve atmosfer (hava/nefes küre) bileşenlerinin oluşturduğu iklim sistemi sayesinde yaşam döngüsünü sürdürebilmektedir. İklim sistemini oluşturan bileşenler arasında, atmosfer en değişken ve kararsız olarak tanımlanmaktadır (Türkeş vd., 2000; Efe, 2004; Erlat, 2013; Kadioğlu, 2012; Coşkun, 2019).

Hava olaylarının sürmesi ve iklim parametrelerinin bir alanda karakterize olması ortamdaki biyotik ve abiyotik unsurları etkilemektedir. Doğal ortamın karakter kazanmasında sıcaklık ve yağış, en önemli iki iklim parametresidir. Bir bölgede sıcaklığın artışı ve yağışın azalması sürekli hale gelirse, bu durum su döngüsü ve su bilançosu koşullarını değiştirmeye başlamaktadır. Bu değişimin, iklim değişikliği, iklim değişkenliği veya iklim salınımı gibi olgularla ne ölçüde ilişkili olduğunu belirlemek için bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. Özellikle hidrografik havzalardaki sıcaklık ve yağış parametrelerindeki değişimler yüzey ve yer içi sularının seviyelerini değiştirmektedir. Belirtilen olası durum ise öncelikle biyotik unsurları etkisi altına alarak pek çok risk ya da sorunu beraberinde getirebilmektedir.

Hidrografik havzaları etkisi altına alması muhtemel bu tür senaryolar için havza yönetim planlarının hazırlanması ülkemizde ilgili kurumların öncelikli görevleri arasındadır. Havza içerisindeki beşerî ve doğal unsurların çeşitli faaliyetlerini sürdürmesi, olası değişimlere karşı havzanın etkin bir şekilde yönetilmesini ve sorunların önceden öngörülerek gerekli önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Türkiye, su yönetimi konusunda dikkatli olması gereken ve su kaynakları açısından zengin olmayan bir ülkedir. Tatlı su kaynaklarımızı özenle kullanmak ve kontrollü bir şekilde yararlanmak, sürdürülebilir ve kaliteli bir yaşam için öncelikler arasında bulunmalıdır.

Hidrografik havzaların planlaması yapılırken katkılar sunması için iklim parametrelerinden özellikle sıcaklık, yağış ve buharlaşma üzerinde durulmasında fayda görülmektedir. Sıcaklık, yağışla ve buharlaşma ilgili meteorolojik rasatlardan elde edilen veri setleri yerel ve küresel ölçekte iklim değişkenliklerini anlamaya önemli katkı vermektedir. Belirtilen parametreler son on yıllarda zamansal ve mekânsal ölçekte büyük değişkenlikler meydana getirmektedir. İklimi karakterize eden ve iklim değişimleriyle ilgili önemli ipuçları veren parametreler sıcaklık, yağış ve buharlaşmadır.

Literatür taramalarında iklim değişikliği konularında hazırlanan araştırmaların büyük kısmının belirtilen iklim parametreleri üzerine çalışmalar olduğu ve izlenen yol olarak ise trend analizleri yapıldığı görülmektedir. Bunlara örnek olarak; (M.Coşkun, 2020; Coşkun, 2020b; 2020c; 2020d; 2020e; 2020f; 2020g; 2020h; M.Coşkun, 2022).

Türkiye olası küresel boyutta iklim değişikliğinden konumu gereği en çok etkilenecek olan ülkelerden bir tanesi olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle iklim değişikliğinin şiddetinin belirlenmesi ve bölge üzerine olası etkisinin incelenmesi önem arz etmektedir. Çalışma konusunu oluşturan erozyon ile iklim arasında sıkı bağ bulunmaktadır. Bölgede sıcaklık ve buharlaşma miktarı artar buna paralel olarak yağışlarda azalma meydana gelirse havzada erozyon şiddetinin artacağı bilinmektedir.

4.2. Trend Analizleri

Bu bilgiler göz önünde bulundurularak iklim elemanlarından olan sıcaklık, yağış ve buharlaşma elemanlarında meydana gelen değişimleri analiz ederek Küçük Menderes havzasında toprak erozyonuna olası etkisini ön görmek için trend analizi (2021 yılı) ve geleceği ön görmek için SSP 2.6 ve 8.5 (2100 yılı) senaryolarına göre analizler yapılmıştır.

Tablo 63: Mann Kendall ve Spearman Rho'ya Göre Küçük Menderes Havzasının Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Sıcaklıkların Trend Analiz Sonuçları

Metod	Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho's																
	İstasyonlar	Periyot	İlkbahar			Yaz			Sonbahar			Kış			Yıllık		
			Sıc.	Yağ.	Buh.	Sıc.	Yağ.	Buh.	Sıc.	Yağ.	Buh.	Sıc.	Yağ.	Buh.	Sıc.	Yağ.	Buh.
Selçuk	1964-2021	3,15*	2,9*5	2,78*	2,35*	-2,12*	3,15*	1,99*	-2,14*	2,14*	2,18*	-1,15	1,9	2,15*	-1,99*	2,15*	
Ödemiş	1960-2021	1,98*	-1,98*	2,15*	4,25*	-3,15*	4,84*	2,01*	-2,78*	4,87*	1,98*	-1,99*	1,25	2,28*	-2,5*	3,15*	
Kiraz	2014-2021	1,25	-0,15	3,12	1,12	-1,32	1,14	0,99	-1,33	1,47	0,65	-0,98	0,12	1,003	-0,17	1,65	
Beydağ	2014-2021	0,87	-0,72	1,635	0,98	-1,18	1,99	1,14	-1,35	0,45	1,25	-1,92	0,99	1,06	-0,15	0,17	
Tire	2013-2021	1,78	-0,43	1,878	1,85	-0,74	1,05	1,25	-1,28	1,11	0,98	-0,87	1,98	1,465	-1,04	1,15	
Bayındır	2013-2021	1,65	-0,57	0,756	1,74	-0,99	1,14	1,86	-1,52	1,2	0,99	-1,87	1,96	1,56	-1,12	0,184	
Torbali	2013-2021	1,32	-0,5	1,817	1,23	-1,02	0,75	1,84	-0,24	1,65	1,18	-1,78	1,99	1,39	1,17	1,91	

Tablo 63 incelendiğinde özellikle Selçuk ve ödemiş istasyonlarının ölçümleme yaptığı yılların verisi setinin uzun olduğu görülmektedir. Bu iki istasyonda 30 yıldan fazla ölçüm olduğu için aha sağlıklı sonuçlar verecektir. Geriye kalan istasyonlar ise yaklaşık 7-8 yıllık ölçüm yapmıştır. Genel gidişatın görülmesi adına bu istasyonların verileri de analize tabi tutulmuştur.

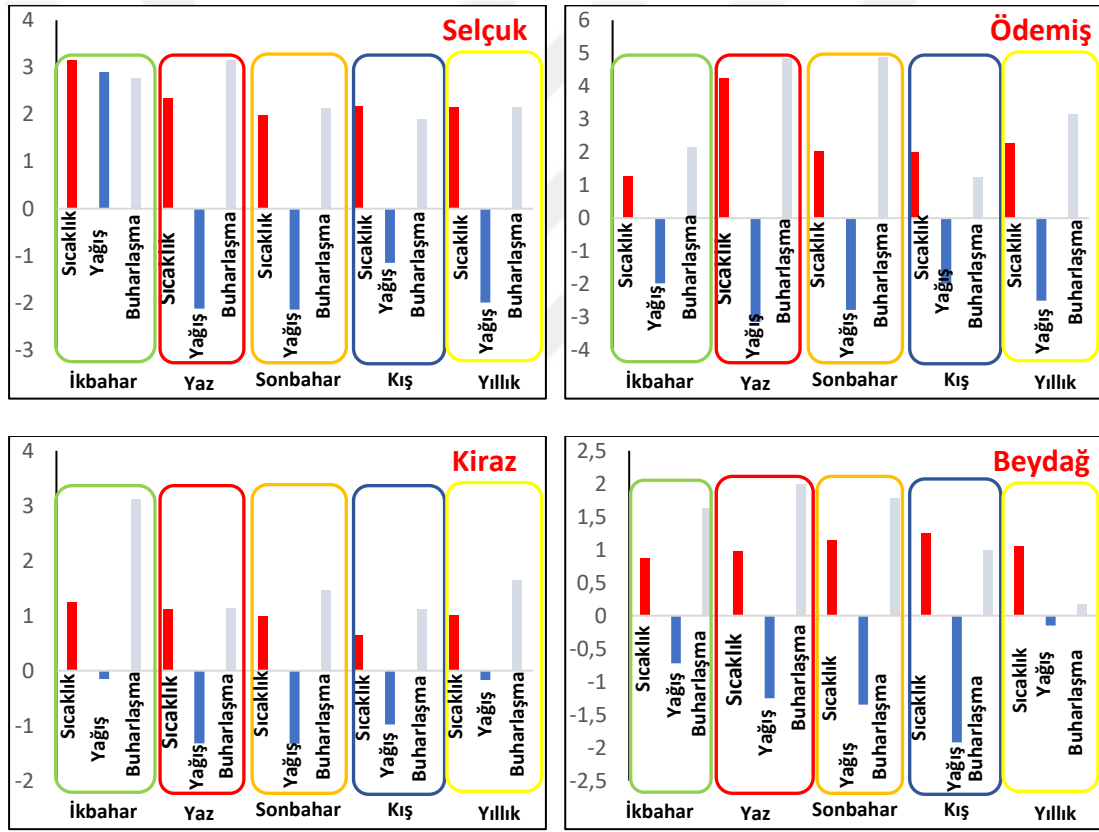
Araştırma alanı olan Küçük Menderes havzasında meydana gelmesi muhtemel erozyonun şiddet derecesini etkileyeceği düşünülen sıcaklık, yağış ve buharlaşma verilerinin bölgedeki eğilim yönlerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

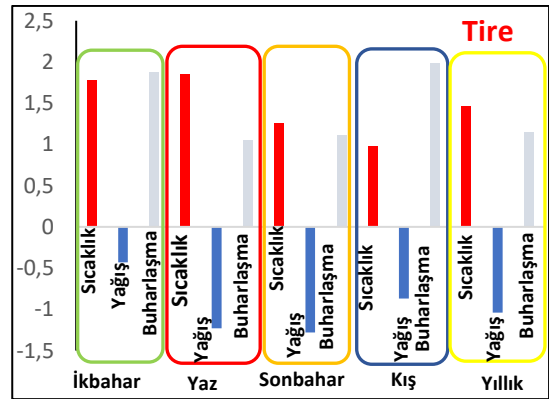
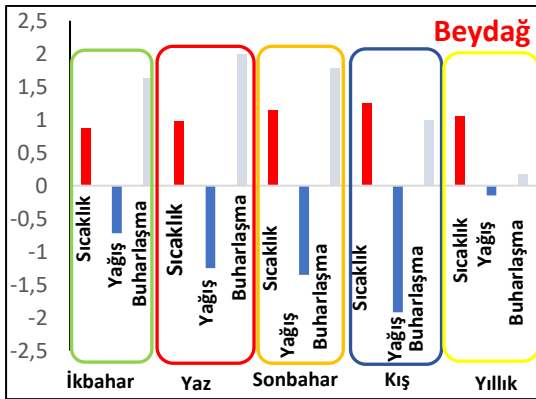
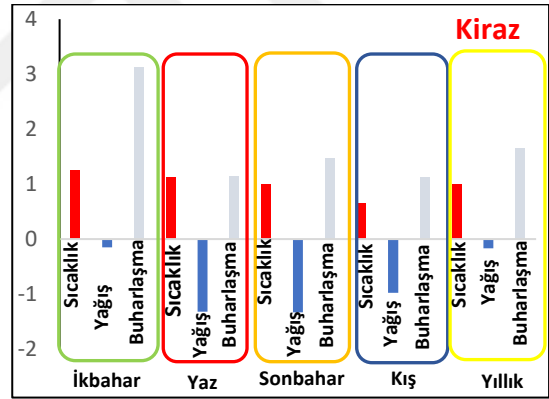
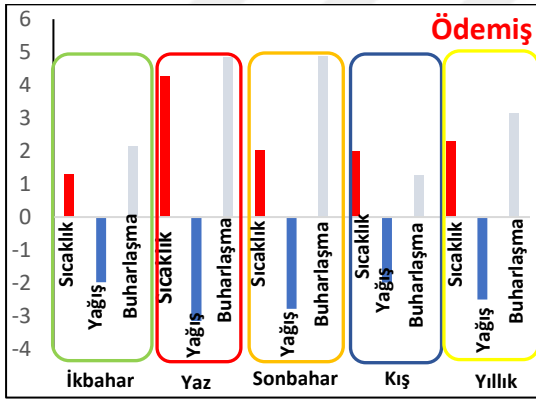
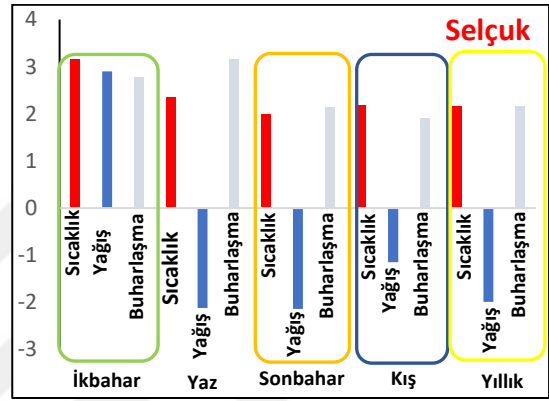
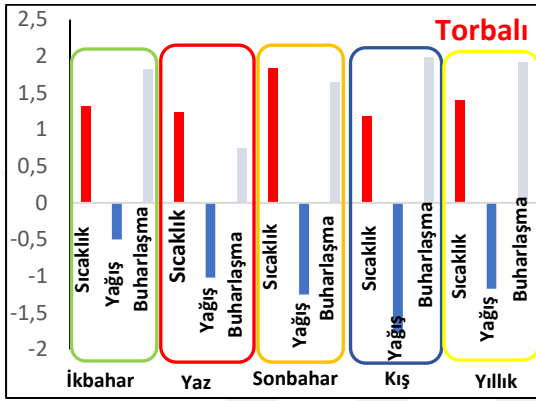
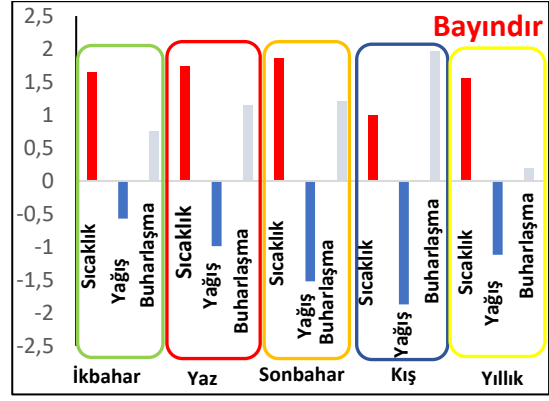
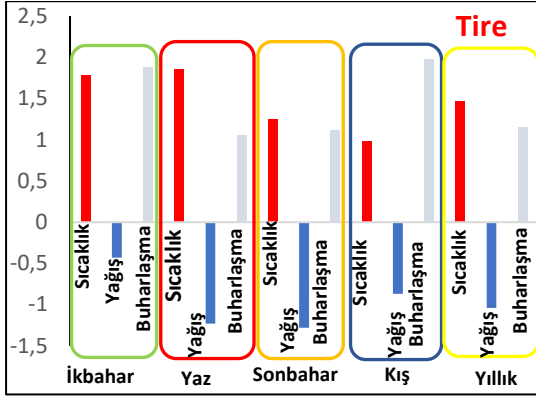
Sıcaklıkların, ilkbahar, yaz, sonbahar, kış ve yıllık periyotlarda Selçuk, Ödemiş, Kiraz, Beydağ, Tire, Bayındır ve Torbalı istasyonlarında pozitif yönü eğilimlerin olduğu görülmektedir. Bu istasyonların arasında Selçuk ve Ödemiş'te meydana gelen ısınmanın istatistiki açıdan anlamlılık kazandığı görülürken geriye kalan istasyonlardaki artışlar anlamlılık göstermemektedir.

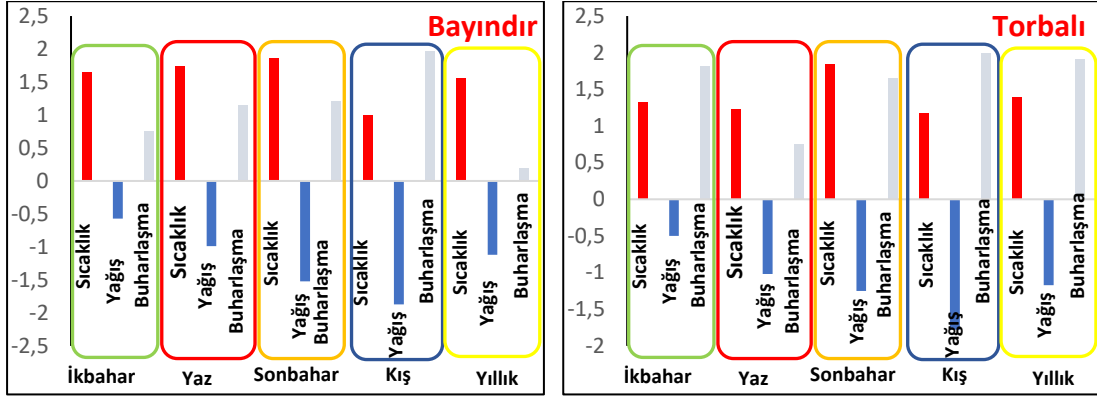
Araştırma alanında toplam yağışların ilkbahar, yaz, sonbahar, kış ve yıllık düzeyde neredeyse bütün istasyonlarda (Selçuk hariç) azaldığı saptanmıştır. Sadece Selçuk istasyonunda ise ilkbahar mevsiminde bir artış tespit edilmiştir. Buharlaşma verileri incelendiğinde ilkbaharda Selçuk, Ödemiş ve Kiraz istasyonlarında, yaz mevsiminde Selçuk, Ödemiş, Beydağ'da sonbahar ve yıllık düzeyde ise Selçuk ve

Ödemiş istasyonlarında istatistiki açıdan anlamlı pozitif artışlar görülmektedir. Havzada ölçüm yapan istasyonların eğilim yönleri ve şiddet düzeyleri Grafik 29’da verilmiştir.

Toprak erozyonu arasında karmaşık bir ilişki olduğunu; ancak iklim değişikliği sebebiyle erozyonun artacağına neredeyse kesin olduğunu belirtmişlerdir. İklim değişikliğine bağlı olarak bölgesel yağış rejimlerinin değişmesi erozyonu doğrudan etkileyecektir. Daha fazla ani yağış alan yerlerde su erozyonu artacak ancak toprağın bundan etkilenme seviyesini bölgedeki insan faaliyetleri ve ormansızlaşma net olarak belirleyecektir. Aynı zamanda iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık artışları da çeşitli bölgelerdeki bitki örtüsünü kurutacak ve toprağı rüzgâr erozyonuna açık hale gelecektir.







Grafik 29: Mann Kendall ve Spearman Rho'ya göre xxx Havzasının yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklık ve toplam yağışlardaki trend yönü ve şiddeti

Erozyon ve iklim değişikliği arasındaki ilişki birbirini karşılıklı etkilemeye dayanmaktadır. İklim değişikliği, yağış desenlerinin değişmesine, ekstrem hava olaylarının artmasına ve sıcaklıkların yükselmesine neden olmaktadır. Bu değişiklikler, erozyon süreçlerinin hızı ve şiddeti üzerinde son derece etkili olmaktadır. İklim değişikliği, yağış miktarını ve bu miktarın bölgelere göre dağılımını değiştirmektedir. Bazı bölgelerde yağışların artması, yüzey akışını artırarak su erozyonunu şiddetlendirirken, diğer bölgelerde ise kuraklık ile birlikte bitki örtüsünün azalmasına ve toprağın rüzgâr erozyonuna karşı daha savunmasız hale gelmesine yol açmaktadır (IPCC, 2014). İklim değişikliği, ani ve şiddetli hava olaylarına (örneğin, fırtınalar, sel ve kuraklık) neden olmaktadır. Bu olaylar, toprağın daha kısa sürede aşınma ve taşınmaya maruz kalarak hızla yer değiştirmesine ve erozyonun hızlanmasına yol açmaktadır. Örneğin, ani ve şiddetli yağışlar toprağı yerinden oynatarak taşkınlara ve toprak kaymalarına neden olabilmektedir (Nearing vd., 2004). Artan sıcaklıklar, buharlaşmayı artırarak toprak nemini azaltmaktadır. Kuruyan toprak, rüzgâr erozyonuna daha açık hale gelmektedir. Ayrıca, artan sıcaklıklar bitki örtüsünün kurumasına ve ölmesine neden olarak, toprağın erozyona karşı korumasız kalmasına yol açmaktadır (Wang vd., 2016). Erozyonun iklim değişikliğine bir diğer etkisi ise karbon döngüsü ve toprak verimliliği üzerinden gerçekleşmektedir. Toprak, karasal anlamda büyük miktarda organik karbon depo kaynağıdır. Erozyon, bu organik maddeyi yerinden taşıyarak karbon salınımına neden olmaktadır. Bu durum, atmosferdeki karbondioksit seviyelerini artırarak iklim değişikliğini hızlandırmaktadır (Lal, 2003).

4.3. SSP 2.6 ve SSP 8.5 Küresel İklim Senaryolarına Göre Yağış ve Sıcaklık Projeksiyonları

4.3.1. Yıllık Ortalama Sıcaklık

İşlem basamakları 4 başlık altında toplanabilir. Birinci basamak, çalışmaya başlamadan önce iklim verileri meteoroloji genel müdürlüğünden temin edildi. İkinci basamakta, veriler temin edildikten sonra bölgede meydana gelen ısınmanın belirlenmesi için trend analizi uygulanmıştır. Üçüncü basamakta, meydana gelen ısınmanın şiddeti belirlendikten sonra ısınma durumuna göre SSP senaryolarından iyi ve kötü olarak isimlendirilen SSP 2.6 ve 8.5 senaryoları tercih edilmiştir. Dördüncü basamakta, yapılacak olan analiz ve senaryo verileri araştırma alanına uyarlayarak nihai sonuca ulaşılmıştır.

IPCC AR6'ya kadar olan süreçte, enerji modelleme topluluğu, farklı sosyoekonomik varsayımlar tarafından yönlendirilen yeni bir dizi emisyon senaryosu geliştirdi, bunlar "Ortak Sosyoekonomik Yollar"dır (SSP'ler). Bu SSP senaryolarının bir kısmı, CMIP6 için iklim modellerini yönlendirmek üzere seçilmiştir. SSP 2.6 hafif iklim değişikliği, SSP 7.0 Yüksek sera gazları emisyon senaryosu ve SSP5 8.5 şiddetli iklim değişikliğini ifade etmektedir. SSP 2.6 bu senaryoya göre 2041-2060 yıllarında 1,7 °C ve 2081-2100 yıllarında ise 1,8 °C sıcaklık artış olacağı tahmin edilmektedir. SSP 7.0 senaryosudur. SSP 7.0 iklim değişikliği senaryolarına göre yüksek sera gazı emisyon baz almaktadır. Fosil yakıtların yakılması sonucunda 2021-2040 yıllarında 1.2 ile 1,8°C ve 2040-2060 1.8 ile 2,6 °C ve 2080-2100 yıllarında ise 2.8 ile 4,6 arasında sıcaklık artış olacağı tahmin edilmektedir. SSP 8.5 senaryo ise çok yüksek sera gazı emisyonu olacağı ve karbon emisyon 2075'e kadar üçe katlanacağı öngörmektedir. Bu senaryo ise 2041-2060 yıllarında 2,4 °C ve 2081- 2100 yıllarında ise 4,4 °C sıcaklık artış olacağı tahmin etmektedir (Özdemir, vd., 2020). Isınma şiddetleri göz önünde bulundurularak çalışma olan Küçük Menderes havzasında gelecek yıllarda sıcaklık ve yağışlarda olası değişimlerin belirlenmesi için SSP 2.6 ve 8.5 senaryoları haritalandırılarak aşağı verilmiştir.

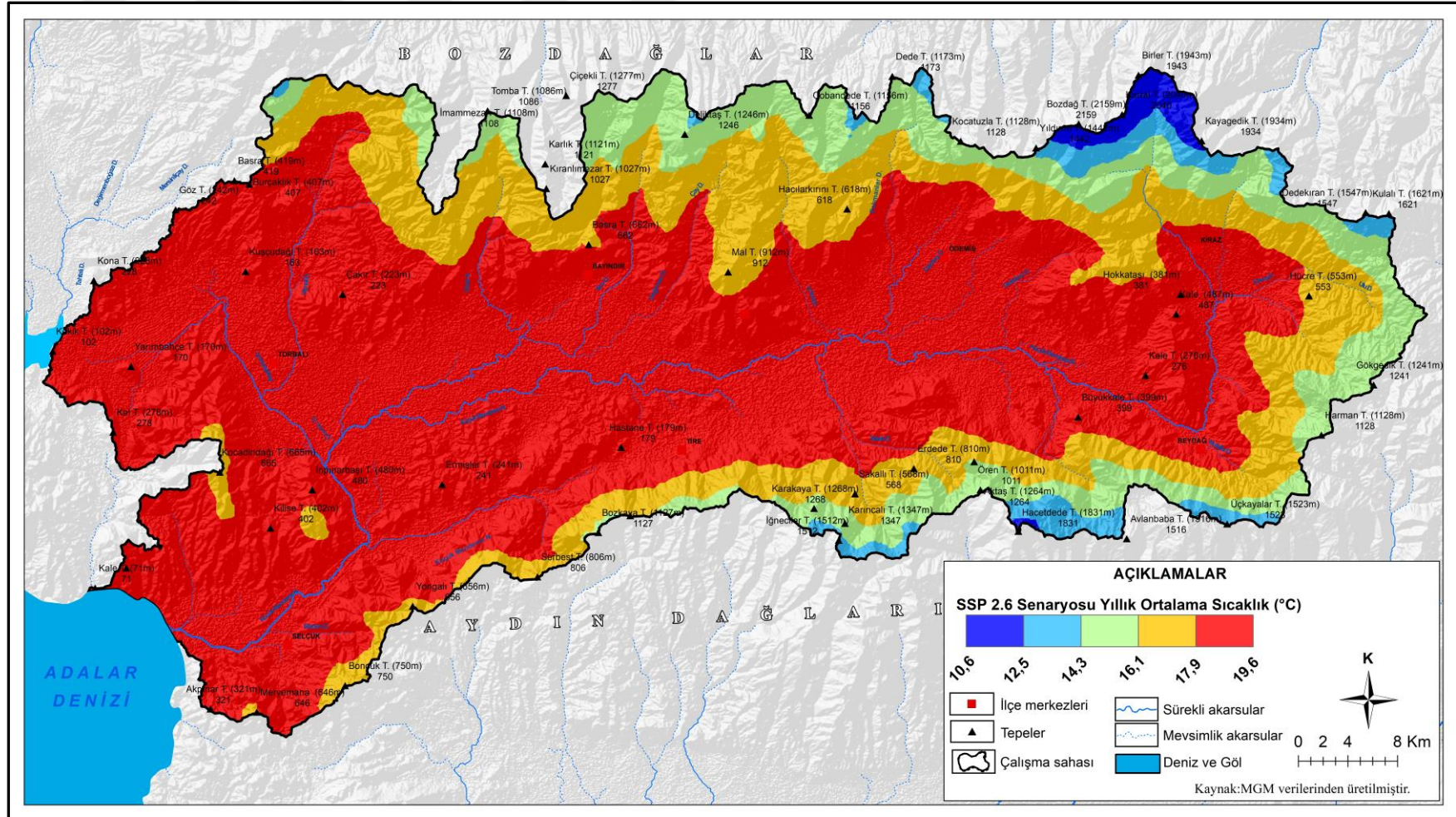
Havzada **sıcaklık 2021** yılında Torbalı (17,27- 18,35), Selçuk (15,09-16,17), Bayındır (17,27- 18,35), Tire (17,27- 18,35), Ödemiş (15,09-16,17), Kiraz (15,09-16,17) ve Beydağ (15,09-16,17) istasyonlarında sıcaklık değerleri hissedilmektedir (bkz. Harita 9).

SSP 2.6 senaryosunda göre **2100** yılına gelindiğinde **sıcaklık** değerlerinin artacağı tespit edilmiştir. Torbalı, Selçuk, Bayındır, Tire, Ödemiş, Kiraz ve Beydağ istasyonlarında sıcaklık değerleri 17,9-18,6 arasında hissedileceği ön görülmektedir (Harita 38). SSP 8.5 senaryosuna göre 2100 yılında havzada sıcaklık değerlerin daha da şiddetlenerek artıp 22,6-24,2 arasında olacağı tespit edilmiştir (Harita 39).

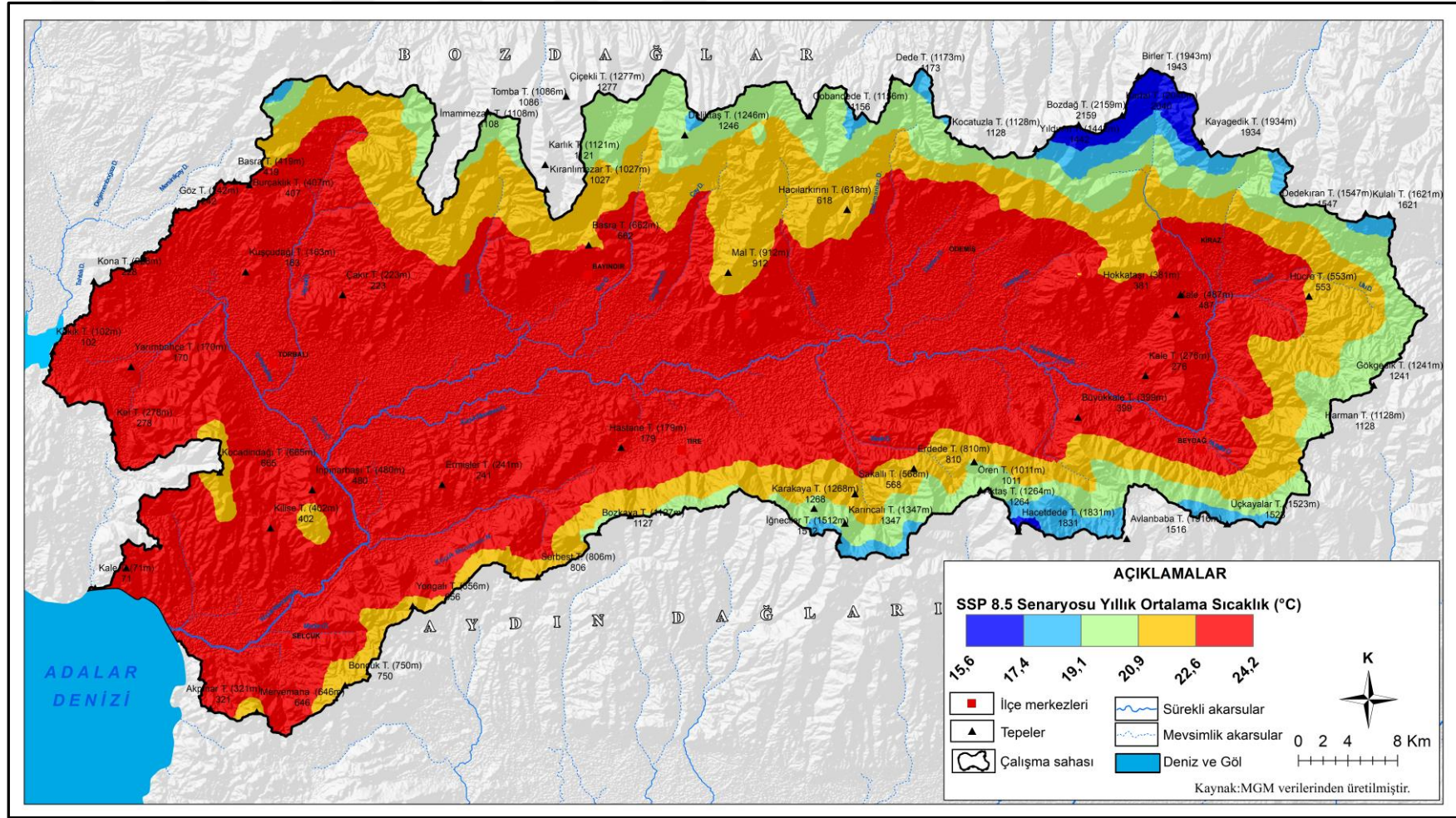
4.3.2. Yıllık Toplam Yağış

Havzada toplam **yağış 2021** yılında Torbalı, Selçuk, Bayındır, Beydağ istasyonlarında 571,9 ile 689,5 mm arasında olduğu görülürken Tire, Ödemiş ve Kiraz istasyonlarında 454,2 ile 571,8 mm arasında olduğu saptanmıştır (bkz. Harita 12).

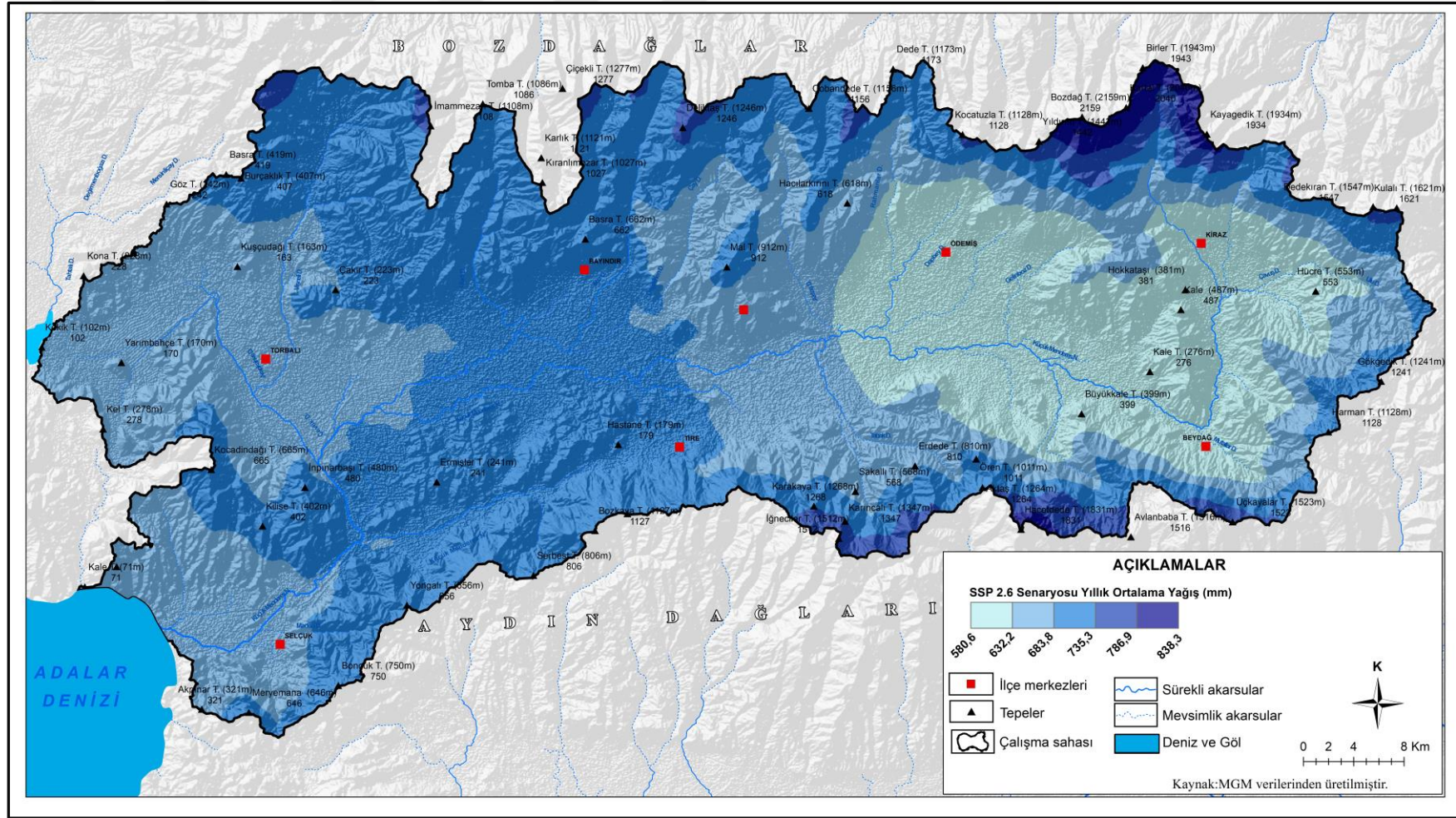
SSP 2.6 senaryosunda göre **2100** yılına gelindiğinde yağış değerlerinin azalacağı tespit edilmiştir. Ödemiş, Kiraz ve Beydağ 580,6 ile 632,1 mm, Torbalı ve Selçuk'ta 632,2 ile 683,7 mm, Bayındır ve Tire istasyonlarının bulunduğu alanlarda ise 683,8 ile 735,2 mm arasında yağış alacağı ön görülmektedir (Harita 40). SSP 8.5 senaryosuna göre bu istasyonlarda yağışlarda azalışlar olacaktır. Ödemiş, Kiraz ve Beydağ'da 451,9 ile 494,4 mm, Bayındır, Torbalı ve Selçuk'ta 494,5 ile 536,8 mm ve Tire'de ise 536,5 ile 579,3 mm arasında yağış olması ön görülmektedir (Harita 41). Havzanın doğu kesiminde bulunan Ödemiş, Kiraz ve Beydağ istasyonlarının bulunduğu alanda iki senaryoya göre yağışların en fazla azalış göstereceği alandır.



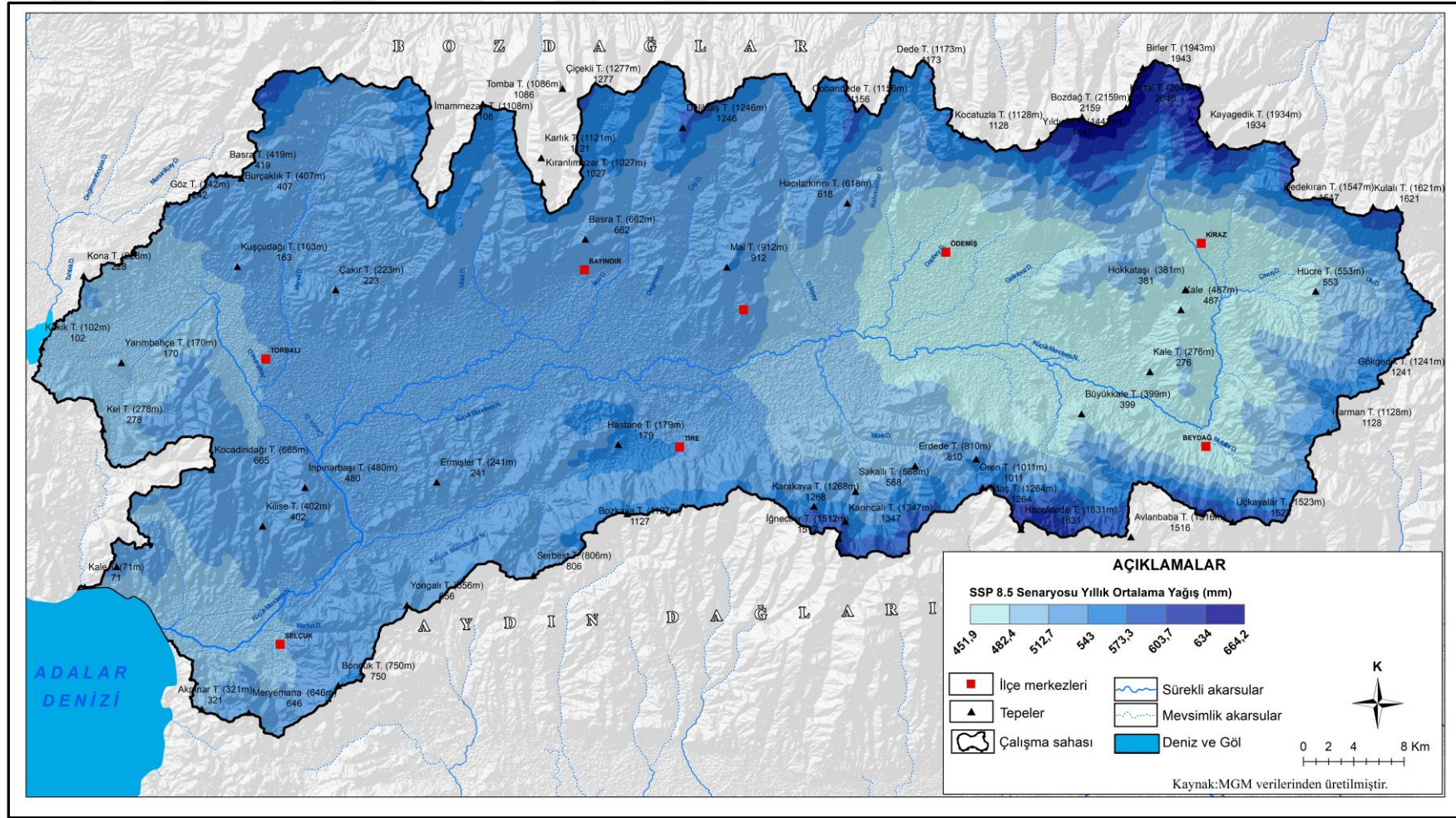
Haritalar 38: SSP 2.6 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında ortalama sıcaklık haritası



Haritalar 39: SSP 8.5 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında ortalama sıcaklık haritası



Haritalar 40: SSP 2.6 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında toplam yağış haritası



Haritalar 41: SSP 8.5 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında toplam yağış haritası

Küçük Menderes havzası için güncel erozyon risk analizi topografik nemlilik indeksi, bitki örtüsü, arazi kullanımı, yamaç şekli, drenaj hatlarına uzaklık, drenaj yoğunluğu, eğim, bakı, litoloji ve yağış parametrelerinin ÇKKV yöntemi ile analizi sonucunda erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Küçük Menderes havzasında iklim değişikliğinin toprak erozyonuna olası etkilerini belirlemek için güncel yağış verileri indeksi yerine 2100 yılı için yağış parametresi dahil edilerek gelecek dönemler için öngörülen erozyon risk modelleri yapılmıştır.

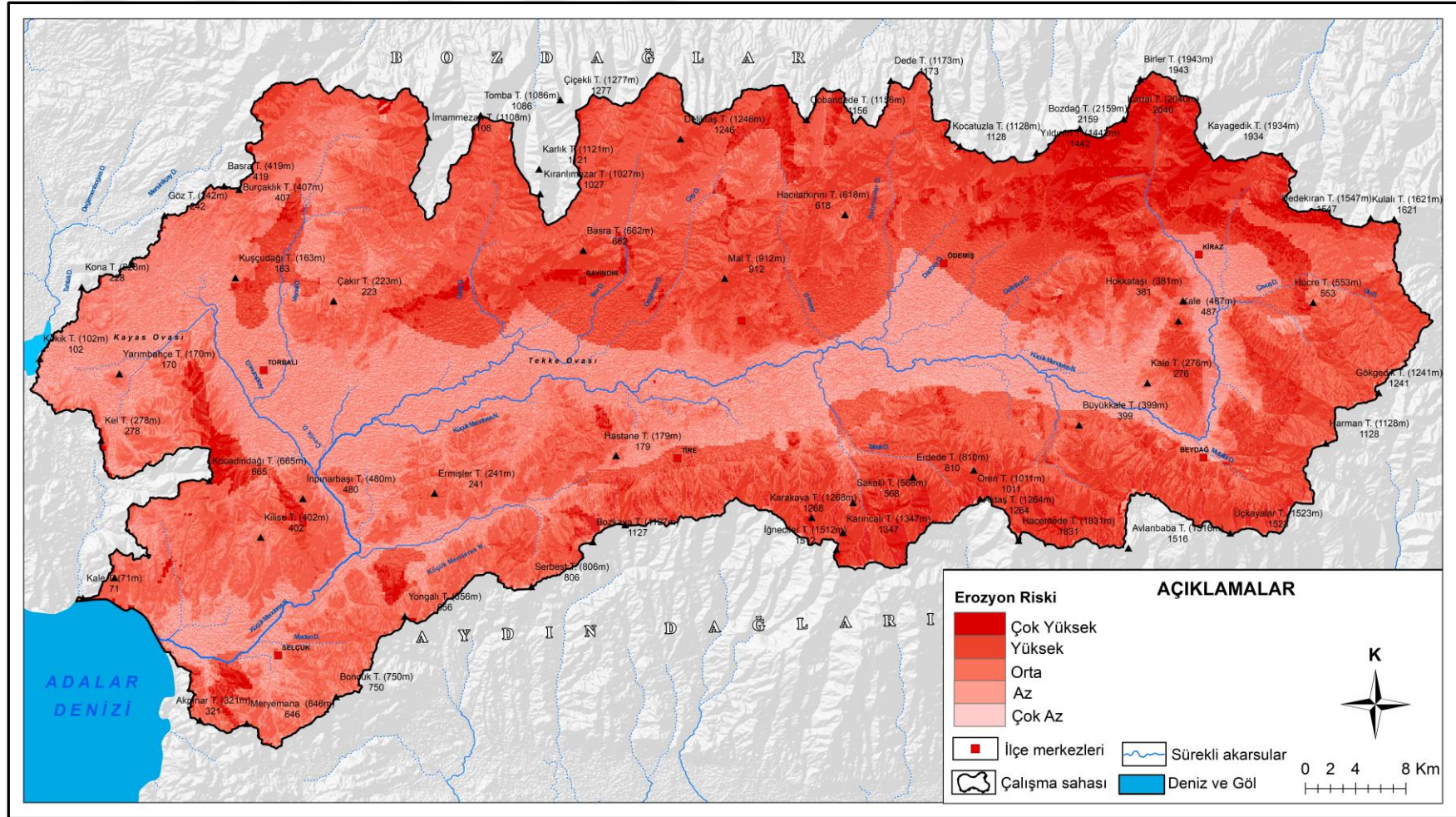
SSP 2.6 ve SSP 8.5 senaryoları için 2100 yılı Küçük Menderes havzasında erozyon riski açısından öngörülen değişimler; havzada çok hafif, hafif ve orta şiddette erozyon riski olan alanların artarken şiddetli ve çok şiddetli alanlarda ise azalma görülmektedir. Bu durum her iki senaryoda yağışın azalmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Yapılan analizler sonucunda özellikle havzada yüksek kesimlerde şiddetli ve çok şiddetli toprak erozyonunun yaşandığı alanlar havzanın günümüzde fazla yağış alan alanlarını kapsamaktadır. Gelecekte yağışın azalması buralarda erozyon riskini düşürmekte ancak diğer alanlarda kuraklıkla beraber erozyon riskinin arttığı görülmektedir (Tablo 64,65; Harita 42,43).

Tablo 64: Küçük Menderes Havzasında SSP 2.6 senaryosuna göre toprak erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımı

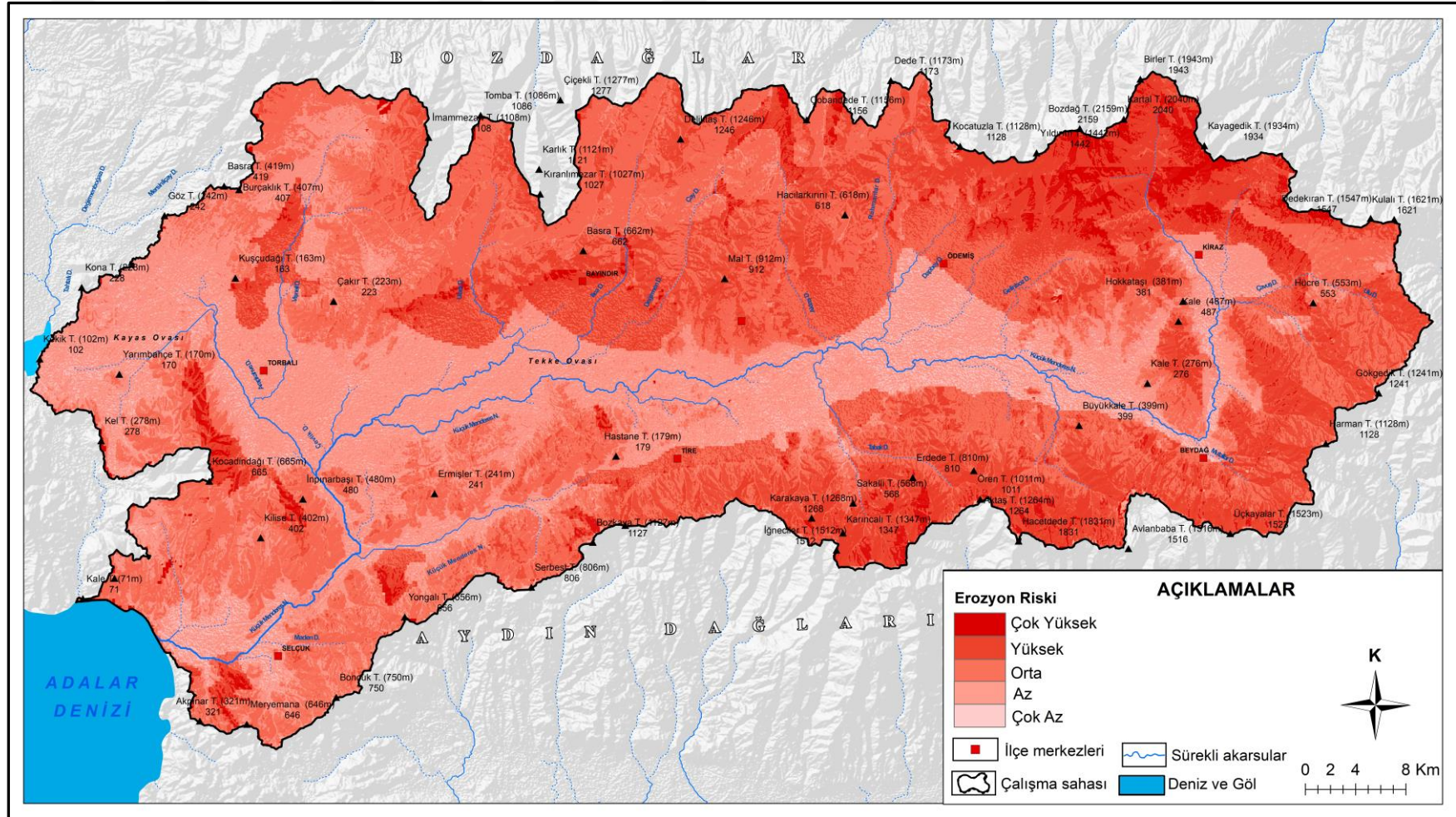
Erozyon Duyarlılık Sınıfı	Alan (Km ²)	Yüzde (%)
Çok Hafif	121	4
Hafif	922	26
Orta	969	28
Şiddetli	213	6
Çok Şiddetli	1264	36
Toplam	3489	100

Tablo 65: Küçük Menderes Havzasında SSP 8.5 senaryosuna göre toprak erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımı

Erozyon Duyarlılık Sınıfı	Alan (Km ²)	Yüzde (%)
Çok Hafif	238	7
Hafif	871	25
Orta	1071	30
Şiddetli	269	8
Çok Şiddetli	1040	30
Toplam	3489	100



Haritalar 42: SSP 2.6 senaryosuna göre erozyon risk haritası



Haritalar 43: SSP 8.5 senaryosuna göre erozyon risk haritası

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Küçük Menderes Havzası olarak seçilen araştırma alanında “Toprak Erozyon Riskinin Belirlenmesi ve İklim Değişikliğinin Toprak Erozyonuna Olası Etkileri” ortaya konulmuştur. Çalışmaya, öncelikle toprak erozyonunu etkileyen doğal ortam özellikleri ele alınarak başlanmıştır. Bu doğrultuda havzanın jeolojik, jeomorfolojik, topografik, morfometrik, iklimik, hidrografik, vejetatif ve toprak özelliklerine öncelik verilmiştir. Uygulanan yöntemlere göre elde edilen bulgular sonraki bölümlerde sunulmuş, ulaşılan sonuçlar ise aşağıda belirtilmiştir.

- Küçük Menderes havzasının toplam alanı 3489 km² 'dir. Araştırma alanı 2159 m ile 0 m arasında değişen düz, engebeli ve dağlık alanlardan oluşan farklı jeomorfolojik ünitelerden oluşmaktadır. Küçük Menderes havzasında Prekambriyen, Paleozoyik, Mesozoyik, Tersiyer, Kuvaterner yaşlı litolojik birimler bulunmaktadır. Çalışma sahası hem tektonik hem de litolojik yapı açısından farklılık göstermektedir.
- Küçük Menderes Havzasında litolojinin erozyon riskini fazla etkilediği ortaya çıkmıştır. Aşınabilir kayaların fazla olması erozyon riskini artırmaktadır. Aşınabilir düzeyi fazla olan anakayaların bulunduğu alanda erozyon riski de çok yüksek çıkmıştır.
- Havzada jeomorfolojik birim olarak dağlık, ovalık alan, birikinti koni ve yelpazeleri ile bu birimleri birbirine bağlayan vadilerden meydana gelmektedir. Küçük Menderes Havzası horst olan Bozdağlar ve bir diğer horst olan Aydın dağları arasına sıkışmış ve bir graben üzerine kurulmuş tektoniğin karakterize ettiği, flüvyal topografyanın bunun üzerine kurulduğu, akarsu şebekesinin geliştiği bir sahadır. Havzanın graben kısmında münferit birden çok verimli ova (Kiraz, Beydağ, Ödemiş, Tire, Bayındır, Torbalı ve Selçuk) bulunmaktadır. Bozdağların güneyi ve Aydın Dağlarının kuzeyinde yer yer birikinti koni ve yelpazeleri bulunmaktadır. Havzada akarsular genel olarak subparalel bir drenaj ağı göstermektedir.
- Topografya, bir arazinin genel görünümünü ve metrik özelliklerini sunar jeomorfoloji ise arazinin belirtilen özelliklerini kendi disiplinine göre detaylandırarak araziye bir anlam yükler, görünen şekillerin etkenini belirlerken aynı zamanda şeklin başladığı ve bittiği yerlerin sınırlarını ortaya koymak için

ölçütler sunar ve sınıflandırmasını yapar. Arazinin ölçüsel karakteristiğini topografya verirken jeomorfoloji sahanın özellikleri, şekil ayırımı, oluşumundaki asıl etkeni sunarak sahayı karakterize eder (Coşkun, 2023). Bu nedenle çalışmada jeomorfoloji ve topografya farklı başlıklar altında ele alınmıştır. Topografik özelliklerde yükselti, eğim, bakı, arazinin yarıлма derecesi, dağların uzanış yönü önceliklenmiştir. Yükselti, eğim ve bakı koşulları göz önünde bulundurularak morfolojik analizler değerlendirilmiş ve erozyonla ilişkisi ortaya konulmuştur. Buna göre Küçük Menderes Havzasında **yükselti**, Bozdağlarda 2159 m'ye ulaşırken Selçuk ovasında bu değer 0 m'ye indiği görülmüştür. Bu yükselti farkı havzada doğal ortam koşulları içerisinde yer alan pek çok faktörün havza içinde farklılık göstermesine neden olmuştur. Bu faktörlerin dağılışındaki farklılık, havzadaki toprak erozyon risk dağılımında da kendini göstermiştir. Özellikle yükselti arttıkça yağışın artması dağların yüksek zirvelerinde toprak erozyon riskini de artırmıştır. Fiziksel ufalanmaya maruz kalan granit ve gnaystan oluşan kum içerikli materyal yüzeysel akışla dağların eteklerine süpürülmüş birikinti konilerini meydana getirmiştir. Birikinti konileri ve üzerinde bulunan kolüvyal depolar erozyona maruz kalarak yer yer 100 m'yi aşan keskin oyuntular ortaya çıkmıştır.

Küçük Menderes Havzasında **eğim** parametresi de litolojik parametre gibi erozyon riskini fazla etkilediği ortaya çıkmıştır. Hem arazi gözlemleri hem de literatür çalışmaları ile bu durum doğrulanmıştır. Eğimin arttığı yerlerde erozyon riskinin de arttığı gözlemlenmiştir. Eğimin fazla olduğu dik, sarp kesimlerde erozyon riski çok yüksek iken eğimin olmadığı veya çok az olduğu havza taban düzlüğünde erozyon riskinin çok düşük olduğu ve erozyonla taşınan materyallerin vadi tabanlarında biriktiği görülmektedir. Eğimin fazla olduğu yerlerde erozyonun en ileri safhası olan oyuntular havza akarsu yatak yüküne bol miktarda malzeme vererek yer yer alt havzalarda yatak yükünün aşırı miktarda artmasına neden olmaktadır. Küçük menderes havzasındaki oyuntu sahaları, erozyonun şiddetli olarak sürdüğü alanların başında gelmektedir. Bozdağların güney yamaçlarında yer yer bu durum saha gözlemlerinde tespit edilmiştir. Belirtilen sahalarda sellerle taşınan kum ve silt boyutundaki malzemeler ana akarsu yatak yükü (sediment kaynakları) arasında olup birikim sahalarında yaygın olarak görülmektedir. Atalay vd. (2022), oyuntuların oluşumundaki ilk sebep, eğimli sahalarda yüzeysel akışa gecen suyun kanalizasyon olması ile özellikle kum ve mil boyutundaki

malzemelerin taşınmasıdır. Oyuntu erozyonu eğimli yerlerdeki kumlu depolar üzerinde gerçekleştiğini ifade etmiştir.

Küçük Menderes Havzadaki **bakı** özelliği toprak erozyonu açısından değerlendirildiğinde havzada kuzeyli ve güneyli bakı yüzeyler arasında farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir. Havzada güney yamaçlı yüzeylerin güneş radyasyonuna daha fazla maruz kalmasından dolayı buharlaşmanın yüksek, nemlilik derecesinin ise kuzey yamaçlara nazaran daha düşük olduğu görülmektedir. Güneyli yamaçlarda erozyon riski fazla iken kuzeyli yamaçlarda bu risk daha azdır. Bu durumu Bozdağların yüksek kesimlerinde yağışın fazla olması da desteklemektedir.

- Küçük Menderes Havzasındaki morfometrik analizlerden erozyonla ilişkilendirebilecek çizgisel, alansal ve yüzeysel morfometrik parametreler dikkate alınmıştır. Küçük menderes havzasının morfometrik analizleri sonucunda, akım gücü az ve taşıdığı sediment miktarı genel olarak düşük akarsu olarak belirlenmiştir. Ancak iklim değişmesine bağlı ekstrem durumlarda ani sağanak yağışlar havzanın sediment miktarını artırarak erozyon riskli yüksek alanlardaki materyalin taşınmasına ve toprak erozyonunun şiddetlenmesi neden olması olası görülmektedir. Ana akarsudan alt havzalara doğru gidildikçe erozyonun arttığı bilinmektedir. Bu durumu çatallanma oranı da doğrulanmaktadır. Çatallanma oranı, birinci dizinlerin bulunduğu sahalarda toprak erozyonunun fazla olduğunu göstermiştir. Havza genelinde Drenaj yoğunluğu (Dd) değeri 1,12'dir. Havzasının alansal büyüklüğüne rağmen yoğunluğu düşüktür. Erozyonla Küçük Menderes Havzası için ortalama tekstür oranı 11,56 olarak hesaplanmıştır. Bu oldukça yüksek çıkan *Rt* oranı üzerinde havzanın topografik ve litolojik özellikleri önemli rol oynamaktadır. Bu oran yükseldikçe sahada yüzeysel akış ve buna bağlı olarak görülecek erozyon olayları artmaktadır. Havzanın maksimum uzunluğu 111,690 km'dir. Buna göre uzunluk oranı 0,76 olarak hesaplanmıştır. Dolayısı ile belirtilen değere göre havza, uzunlama formundadır. Belirtilen değer aralığı rölyef açısından değerlendirildiğinde 0,6 ile 0,8 aralığına isabet etmektedir. Belirtilen değere göre havzada rölyef değerinin yüksek ve eğim derecesinin fazla olduğunu söylemek mümkündür. Bu durumda erozyon riskinin fazla olduğunu desteklemektedir. Morfometrik analizlerde göstermektedir ki havza içerisinde özellikle alt

havzalara gittikçe (1,2,3, dizinler) erozyon riskinin yüksek erozyonun fazla yatak yükünün çok olduğu anlaşılmaktadır.

- Küçük Menderes Havzası iklim şartlarının belirlenmesinde havza içerisinde yer alan Kiraz, Beydağ, Ödemiş, Torbalı, Tire, Selçuk ve Bayındır istasyonlarından temin edilen rasat verileri kullanılmıştır. Araştırma alanı iklim özelliklerini ortaya çıkarmak için Erinç, Emberger ve Thornthwaite iklim sınıflandırmasına tabi tutulmuştur. Erinç' e göre yıllık olarak Kiraz istasyonu kurak iken diğer tüm istasyonlar yarı kurak özelliğe sahiptir. Emberger iklim sınıflandırmasına göre Kiraz, Tire ve Ödemiş yarı kurak Akdeniz İklimi iken diğer istasyonlar Az Yağışlı Akdeniz İklimi özelliği göstermiştir. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre; tüm istasyonların yarı kurak-az nemli özellikte olduğu belirlenmiştir. Havza genelinde genel olarak iklimin karakteri Akdeniz iklimi özelliğindedir. Havza tabanından yükseklerle çıkıldıkça ve kıyıda iç kesimlere doğru ilerledikçe Akdeniz iklimin karakterinde değişimler ve bozulmalar olduğu gözlenmiştir. Yükseklerle doğru çıkıldıkça yağışlı karakter kazanan Akdeniz iklimi iç kesimlere sokuldukça yer yer yarı kurak bir durum kazanmaktadır. Havzanın doğusunda, iç kesimlerinde ani sağanak yağışlar havzada sel karakteri kazanarak yüzeysel erozyonu tetiklemektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak olası kuraklığın artması ve öngörülemeyen ekstrem olaylardan sağanak yağışın sıklaşması durumunda havzanın bu kesiminde toprak erozyonu riski daha da büyüyecektir. Dağlık alanlara doğru çıkıldıkça yağış artışına bağlı olarak ayrışmış kum, silt içerikli litolojik yapının (granit, gnays) ve toprak örtüsünün süpürülmesi ve erozyona tabi olması bugünde yaşanan bir durumdur. İklim değişikliğine bağlı olarak olası yağış ve sağanak yağış frekansının artışı gelecekte de bu havzada erozyon riskini yüksek olacağı öngörülmektedir.
- Havza hidrografik olarak Küçük Menderes nehri su toplama havzasında bulunmaktadır. Havzayı esas olarak temsil eden en büyük akarsu 129 km uzunluğundaki Küçük Menderes Nehri ve onun kollarıdır. Küçük Menderes Havzası; Çeşme-Karaburun, İzmir Körfezi, Tahtalı-Seferihisar, Küçük Menderes Nehir Havzası, Kuşadası olmak üzere 5 adet alt havzadan oluşmaktadır. 3292.70 km² su toplama alanına sahip olan Küçük Menderes nehrin yıllık ortalama debisi 9,38 m³/sn olarak ölçülmüştür. Küçük Menderes Havzası'nda yüzeysel su kaynaklarını değerlendirmek için DSİ tarafından

barajlar kurulmuştur. Bu barajlar Bayındır, Kiraz, Ödemiş, Tire, Torbalı ve Beydağ ilçeleri dolaylarında yer almaktadır. Türkiye bulunduğu konum itibariyle olası iklim değişikliğine bağlı olarak subtropikal kuşaktan tropikal kuşağa doğru iklim karakterinin değişmesi beraberinde kuraklığı da getirmesi beklenmektedir. Bugün Türkiye su fakiri olma sınırında olan bir ülke olması nedeniyle doğal su kaynaklarının planlı ve sürdürülebilir bir şekilde yönetmek zorundadır. İklim modellemeleri göz önünde bulundurulduğunda kuraklığın şiddetlenmesi sonucunda acil önlemlere gereksinim vardır. Ülkemiz planlamalarında bu öngörüye sahip olarak uzun yıllardır pek çok havzaya baraj gölü ya da gölet yaparak suyu havza içerisinde tutmaya ve havza içerisindeki tarım ve hayvancılık, içme suyu olarak, elektrik enerjisi maksatlı belirtilen barajlardan yararlanmaktadır. Ancak alt havzalarda tutulan ve biriktirilen bu suların nehirlerin akımları üzerinde azalmalara da neden olduğu bilinmektedir. Yıllar içerisinde akım değerindeki azalma iklim değişikliği ile karıştırılmamalıdır. Küçük Menderes havzasında toprak erozyonunun yüksek olması gelecekte bu yapılan baraj göllerin ömürlerini kısaltarak su tutma kapasitelerini azaltacak ve bir süre sonra baraj göllerin işlevlerini yitireceği öngörülmektedir.

- Bulduğu konum itibariyle Akdeniz Bitki Coğrafyası Bölgesi'nin özelliklerini taşıyan Küçük Menderes havzasında hem literatür çalışmaları hem de arazi gözlemleri sonucu bitki örtüsü olarak; orman, çalı ve ot formasyonlarına ait bitki türlerinin olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu bitki örtüsünün gerek tarım, hayvancılık gerek yerleşim amaçlı tahrip edildiği görülmüştür. İnsan müdahalesi sonucu tahrip edilen orman alanları, tarım arazileri veya yerleşim alanlarına dönüştürülmüştür. Havzada amaç dışı araziden yararlanma ve araziden yararlanma biçimi değişmesi arazi degradasyonuna neden olmaktadır. Bu durum toprak erozyonunu yaygınlaştırmakta ve toprak erozyon şiddetini artırmaktadır. Örnekler verilebilir
- Havza toprak erozyon riskini belirlemek için öncelikle alanda bulunan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi, var olan toprak dağılımının ortaya konulması gerekmektedir. Bu doğrultuda karelej ağ yöntemiyle havzada uygun noktalar belirlenip 40 tane numune alınıp bu numunelerin **laboratuvar ortamında** kil, silt, kum, kireç, toplam tuz, pH, saturasyon, toprak organik madde özellikleri araştırılmıştır. Havzanın büyük bir

kısımında kireçsiz kahverengi topraklar yayılış göstermektedir. Kireçsiz kahverengi topraklar havzanın kuzeyinde ve güneyinde yaygın olarak görülmektedir. Onu havza tabanında alüvyal ve dağ eteklerinde kolüvyal topraklar takip etmektedir. Laboratuvar analizlerine göre topraklarının bazı özellikleri şu şekildedir; Havza topraklarında, kum miktarı % 33,8- 79,1, kil miktarı % 3,4-27,4 ve silt miktarı ise % 15,64-45,64 arasında değişmekte olup, hâkim bünye sınıfı kumlu ve yer yer tınlı özellik göstermektedir. Havzadaki toprakların geneli alkalin karakterdedir. Bu toprakların pH değeri ise 6,5-8,5 arasında değişmektedir. Havzada laboratuvar analiz sonuçlarında en yüksek tuz değeri 0,019 iken en düşük değer ise 0,003 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla havzadaki topraklar tuzsuz özellik göstermektedir. Havza topraklarının kireç değerlerinde en yüksek 27 iken en düşük ise 0,4 olarak belirlenmiştir.

Havza toprakları genel olarak değerlendirildiğinde kireç oranı düşüktür. Bu durum litolojik yapının karakteri ile ilgilidir. Havzadaki toprakların organik madde miktarı 0,7 ile 4,4 arasında değişmektedir. Havzadan alınan örneklerde toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini içeren 8 adet farklı parametre incelenmiş ve bu örnekler aynı zamanda **uzaktan algılama** alt yapısının sunduğu soilgrid veri tabanından alınan veri ile karşılaştırılmıştır. Google Earth Engine makine öğrenme algoritması yardımıyla üretilen özel kodlarla havzanın kil, silt, kum, kireç, toplam tuz, pH, organik madde ve hacim ağırlığı özellikleri incelenmiştir. Çıkan sonuçlar laboratuvar sonuçları ile karşılaştırıldığında her iki verinin birbirini doğruladığı ortaya çıkmıştır. Böylelikle verilerin güvenilirliği test edilmiştir. Her iki veri seti karşılaştırıldığında havza için benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Bu durum havzada yağışın toprağı alkali özelliğinin değiştirmedini göstermektedir. Havza genelinde kireç oranının az çıkması ise litolojik yapıda karbonatın fazla olmamasında kaynaklanmaktadır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre tekstürün havza genelinde kumlu karakterde olması erozyon riskini artırmaktadır.

Doğal ortam şartları değerlendirildiğinde havza genelinde toprak erozyonunu tetikleyici koşulların olduğu ve doğal şartların pek çoğunun (jeoloji, jeomorfoloji, topografya, hidrografya vd.) toprak erozyonuna ortam hazırladığı, insan müdahalesiyle jeolojik erozyonun hızlandırılmış erozyona dönüştüğü sonucuna varılmıştır. Havza genelinde fay dikliklerinin ve fay façetalarının gelişmesi, eğim şartlarının ani değişmesine, bu durumunda erozyon riskinin artmasına sebep olduğu arazi gözlemlerinde tespit edilmiştir. Havza karakteristiği tektonik müdahalenin etkin izlerini

taşımaktadır. Bozdağlar ve Aydındağları gibi iki horstun arasına hapis olmuş Küçük Menderes havzası sularını bu dağların zirvelerinden alarak graben sahasına taşımış ve graben sahasıyla birlikte büyük bir akarsu drenaj ağı meydana gelmiştir. Bir fay vadisi karakteri taşıyan Küçük Menderes havzası üzerine flüvyal topografya kurulmuş ve gelişerek yedi akarsu dizinine kadar ulaşmıştır. Bu haliyle havza olgun bir karakter göstermektedir. Bu nedenle yedi altı beş dizinlerde erozyon riski azken diğer dizinlerde eğim şartlarına bağlı olarak erozyon riskinin fazla olduğu görülmektedir. Yedi, altı ve beşinci dizinler daha çok taşınan malzemelerin biriktiği alanları oluşturmaktadır.

- Havzada mevcut erozyon çeşitleri fazladır. Arazi gözlemleri sonucu havzada akarsu erozyonu (çizgisel), yağmur damlası erozyonu, yüzey erozyonu, çizgisel erozyon ve oyuntu (yarıntı) erozyonuna ait şekiller görülmüştür. Havzada toprak erozyon riskini belirlemek için RUSLE, ÇKKV ve ICONA yöntemleri uygulanmıştır.

RUSLE yönteminde R, K, LS, C faktörleri incelenmiş ve bu faktörlerin her birinin haritaları oluşturulmuştur. Belirtilen faktörler bağlı olarak harita altlıkları çakıştırılarak duyarlılık haritası elde edilmiştir. Ortaya çıkan erozyon duyarlılık haritasına göre 8 km² çok hafif erozyonun, 7 km² hafif erozyon, 269 km² orta şiddette erozyon, 1356 km² şiddetli ve 1849 km²'lik alan ise çok şiddetli erozyona sahip alan olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu RUSLE yöntemi ile havzanın çok şiddetli erozyona tabi olduğunu göstermektedir. Yıllık toprak kaybı 613.385,13 ton/ha/yıl olarak tahmin hesaplanmıştır. Çilek ve arkadaşları (2014) Pesera ve Rusle Erozyon Modellerinin Akdeniz ve Ege Havzalarındaki Sonuçlarının Karşılaştırılması adlı çalışmalarında Küçük Menderes Havzasındaki erozyon durumuna değinmiş ve RUSLE yöntemine göre Küçük Menderes Havzasında 587221,72 ton/ha/yıl olarak tespit etmişlerdir. Ulaşılan sonuç benzerlik göstermekle birlikte aradan geçen yıllar göz önünde alındığında birbirini desteklediği söylenebilir. Bu çalışmada pesera yöntemi kullanılmadığı için o yöntemle kıyas imkânı olmamıştır.

ÇKKV analiz sonucunda da Küçük Menderes Havzasında litolojik parametre erozyon riskini %23; eğim parametresi de litolojik parametre gibi erozyon riskini %23; bakı parametresi erozyon riskini %14,3; yağış parametresi toprak erozyon riskini %16; yamaç şekli parametresi erozyon riskini %3,2; topografik nemlilik indeksi parametresi erozyon riskini %3,9; drenaj yoğunluğu parametresi erozyon riskini %2,3; drenaj hatlarına uzaklık parametresi erozyon riskini % % 2,1 ve bitki örtüsü yoğunluğu

parametresi erozyon riskini %12,2 oranında etkilediği ortaya çıkmıştır. ÇKKV sonuçlarına göre 2547 km²'lik alan erozyon riskinin yüksek olduğu alanlar olarak ortaya çıkmıştır. Bu durum tüm havzanın yaklaşık 2/3 'sinin toprak erozyon altında olduğunu göstermektedir.

ICONA yöntemi iki ana fonksiyonun bileşkesinden oluşmaktadır. Bu fonksiyonlar aşınabilirlik ve koruma düzeyidir. Koruma düzeyi arazi üzerindeki mevcut arazi kullanımı ile bitki yoğunluğunun bileşkesi; aşınabilirlik ise litolojik özellikler ve eğim özelliklerinin bileşkesidir. Analiz sonucunda eğim faktörünün litoloji faktörünün önüne geçtiği görülmüştür. Örneğin yüksek eğimli sahalarda erozyon riski artmış, çok sert kayalar sınıfında olan bölgede eğim derecesi arttıkça erozyon riski de artmıştır. Başka bir sonuç ise Bozdağların güney kesiminde özellikle orman örtüsünün tahrip edildiği alanlarda erozyon riski çok yüksek olduğu belirlenmiştir. ICONA sonucuna göre 2262 km²'lik alan erozyon riskinin yüksek olduğu alanlar olarak ortaya çıkmıştır.

Küçük Menderes Havzası taban düzlüğü, eğimin çok az olduğu birikim sahalarıdır. Hem çalışma için yapılan analizler de hem de literatür çalışmalarında eğim ile erozyon riskinin doğru orantılı olduğu görülmüştür. Bu durum ICONA yönteminde de belirlenmiş, eğimin fazla olduğu alanlarda erozyon riski çok yüksek ya da yüksek çıkarken eğimin azaldığı veya hiç olmadığı havzanın taban düzlüğünde erozyon riski çok düşük çıkmıştır. Gündüzoğlu (2019) yaptığı çalışmada Küçük Menderes Havzası için özellikle bitki örtüsünün tahrip edildiği yerlerde yüksek dereceli erozyona rastlandığını ifade etmiştir. Örneğin Bozdağlar'ın batısında metamorfik birimler üzerinde zeytin tarımı yapılan arazinin bitki örtüsü yoğunluğu NDVI analizi ile %18 olarak hesaplanmış, bu yörede ICONA yöntemine göre erozyon riski "yüksek" olduğunu belirtmiştir. Her ne kadar gnaysların neden olduğu erozyon riski "orta" şiddette olsa da özellikle eğim, vejetasyon ve arazi örtüsü yoğunluğu nedenleri ile erozyon riski "yüksek" olarak belirlemiştir. Bu çalışmada da erozyon riskinin belirlenmesinde bitki örtüsü yoğunluğu ve eğim faktörleri oldukça önemli olduğu görülmüş, Küçük Menderes Havzası ele aldığı anda benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Küçük Menderes havzasında doğal ortam koşullarının sonuçları, toprak analizlerinin sonuçları, rusle yöntemi sonuçları, ÇKKV yöntemi sonuçları ve ICONA yöntemi sonuçlarının hepsi sahanın yüksek erozyon riskinin olduğu göstermiştir. RUSLE, ÇKKV ve ICONA yöntemleri arazinin yaklaşık %60'tan fazlasının yüksek erozyon riskiyle karşı karşıya olduğunu göstermektedir.

- Havzada toprak erozyon risk modelini belirledikten sonra olası iklim değişikliğinin toprak erozyonunu nasıl etkileyeceğini tahmin etmek için trend analizi ve iklim modellemeleri yapılmıştır. İklim durumunu belirlemek için havzada ölçümlenen sıcaklık ve yağış parametrelerinin trend analizi ile sıcaklık ve yağışın sahada yıllar içerisindeki değişkenliği ve eğiliminin yönü tespit edilmiştir. Geçmişten günümüze belirtilen parametrelerdeki eğilimin sunduğu ipuçları olası iklim değişmesi konusunda bir fikir vermiştir. Havzadaki istasyonların sıcaklık eğilimleri anlamlı bir artış içerisinde olup havzanın gelecekte ciddi kuraklıkları beraberinde getireceği anlaşılmaktadır. Yağış parametresindeki anlamlı azalışlarda bu sonucu desteklemektedir. Günümüze kadarki bu eğilimler -şartlar bu biçimde sürerse- havzada gelecek öngörüsünde önüne geçilmesi zor koşulların oluşabileceği olasıdır. Bu nedenle ileri sürülen tezin doğrulanıp doğrulanmadığını görmek için iklim modellemelerinden yararlanılmıştır.

İklim modellemeleri içerisinde SSP senaryolarından iyi ve kötü olarak isimlendirilen **SSP 2.6 ve 8.5** senaryoları tercih edilmiştir. SSP 2.6 senaryosuna göre **2100** yılına gelindiğinde **sıcaklık** değerlerinin artacağı tespit edilmiştir. Torbalı, Selçuk, Bayındır, Tire, Ödemiş, Kiraz ve Beydağ istasyonlarında ortalama sıcaklık değerleri 17,9-18,6 °C arasında hissedileceği ön görülmüştür. SSP 8.5 senaryosuna göre **2100** yılında havzada ortalama sıcaklık değerlerin daha da şiddetlenerek artıp 22,6-24,2 arasında olacağı tespit edilmiştir. Belirtilen istasyonlar bugün (2021) ortalama sıcaklık 17,3; SSP 2.6 senaryosuna göre 18,2 ve SSP 8.5 senaryosuna göre 23,4 °C arasındadır. Bugün (2021) ile 2.6 senaryosunda (2100) arasındaki fark 0,95 °C'dir. Bugün (2021) ile SSP 8.5 senaryosundaki (2100) fark ise 6,1 °C'dir. SSP 2.6 senaryosunda göre **2100** yılına gelindiğinde yağış değerlerinin azalacağı ve Ödemiş, Kiraz ve Beydağ 580,6 ile 632,1 mm, Torbalı ve Selçuk'ta 632,2 ile 683,7 mm, Bayındır ve Tire istasyonlarının bulunduğu alanlarda ise 683,8 ile 735,2 mm arasında yağış alacağı ön görülmektedir. SSP 8.5 senaryosuna göre bu istasyonlarda yağışlarda azalışlar; Ödemiş, Kiraz ve Beydağ'da 451,9 ile 494,4 mm, Bayındır, Torbalı ve Selçuk'ta 494,5 ile 536,8 mm ve Tire'de ise 536,5 ile 579,3 mm arasında olacağı olması ön görülmektedir. Havzanın doğu kesiminde bulunan Ödemiş, Kiraz ve Beydağ istasyonlarının bulunduğu alanda iki senaryoya göre yağışların en fazla azalma göstereceği yerler olarak görülmüştür. Belirtilen istasyonlar bugün (2021) ortalama yağış 554,2 ile 1278 mm arasındadır.

Erozyon riski değerlendirmesi açısından sıcaklık ve yağış üzerine yapılan trend analizi ve iklim modellemeleri göstermektedir ki havza genelinde kuraklık artacak, yağış azalacak, buna bağlı olarak ekstrem olayların frekansı muhtemelen yükselecektir. Havzanın %60'tan fazlası erozyon riski altında olduğu düşünüldüğünde iklim kararsızlıkları ile sıcaklık ve yağış parametrelerinde yaşanabilecek ekstrem olayların sıklığı (frekansı) artıkça havzanın daha fazla toprak erozyonu baskısı altında olacağı öngörülmektedir. Havza genelinde özellikle ilk dört akarsu dizisinde ani sağanak yağışların sonucunda önemli doğal afetlerden biri olan toprak erozyonu artarak hem doğal yaşamı hem de insan faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyecektir. MGM (2014), iklim değerlendirmesi raporunda havzada, gelecekte ortalama 3-5 C'lik sıcaklık artışları ki bu artışın sürekli olarak gerçekleşmesi beklendiği, yağışların ise özellikle projeksiyonun ilk döneminde (2011-2040) artma eğiliminde olmakla beraber ikinci ve nc dönemde %10-20 aralığında bir azalış göstermesinin olası olduğu ifade edilmektedir. Akyüz ve Altış (2018), Küçük Menderes Havzasında iklim değişikliğinin olası etkilerini ortaya koymak için yaptıkları çalışmalarında (MGM 2014 verilerini de dikkate alarak) gelecekte ortalama 3-5 C'lik sıcaklığın artacağı, yağışların ise %10-20 aralığında azalmasının mümkün olduğunu belirtmişler. alışmalarında havzadaki çiftçilerde de görüşmeler yapmışlar. 18 ila 81 arasında ve yaş ortalamaları yaklaşık 49 olan 25 yıl tarımsal deneyimlerine sahip çiftçilere iklim değişikliği konusunda yapılması muhtemel yayın çalışmaları içerisinde en önemli ve en önemsiz olarak hangilerini gördükleri ile ilgili fikirleri sorulmuştur. Tarımsal deneyimi ortalama 25 yıl olan çiftçilere göre havzada tarımsal faaliyetlerini etkileyecek iklim değişikliğinden kaynaklanan en önemli tehlike ise kuraklık ve erozyon olduğunu ifade etmişlerdir. Güney (2024), Küçük Menderes Havzasında meteorolojik kuraklığı belirlemek için yaptığı çalışmasında, hem iyimser (RCP 4.5) hem de kötümser (RCP 8.5) senaryoya göre genel periyot (2016-2099) boyunca özellikle havzanın tarım açısından önem arz eden doğu kesimde kuraklıklarda artış beklendiğini ifade etmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre öngörülen kuraklık artışı RCP 4.5 senaryosuna göre artıştan daha fazla olduğunu belirtmiştir. Hem iyimser senaryoda hem de kötümser senaryoda 2071-2099 periyodu kuraklığın en fazla arttığı dönem olarak ortaya koymuştur.

ÖNERİLER

Havzaya uygulanan erozyon risk modellerinden ÇKKV yöntemindeki parametrelerden olan yamaç şekli ve drenaj hatlarına uzaklık parametrelerinin erozyonun belirlenmesinde fazla etkili olmadığı tespit edildiğinden model yeniden düzenlenerek bu iki faktör yöntemden kaldırılıp yeniden geliştirilmesi önerilmektedir.

ICONA yöntemi ile eğim, anakaya, arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu faktörleri kullanılarak erozyon riski belirlenmektedir. Erozyona neden olan faktörlerden biri de yağış durumudur. Fakat ICONA erozyon risk modellemesinde araştırma sahalarına ait meteorolojik verilerin kullanılmaması önemli bir eksikliktir. Bu eksiklik yeni bir erozyon risk modeli geliştirilerek yağış verilerinin de bu yöntemde eklenmesi ile giderilebilir.

Havzada erozyon riskini belirlemek için kullanılan üç yöntemde de erozyon riskinin en fazla olduğu alanların eğimin fazla olduğu alanlar olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda havzada toprak varlığını korumak, var olan toprak kalitesini artırmak ve erozyonu önlemek için özellikle eğimin fazla olduğu alanlarda teraslama uygulaması yapılmaz. Arazi gözlemleri sonucu havzada bazı alanlarda bu yöntemin uygulandığı ancak yeterli olmadığı görülmüştür.

İklim değişikliğine bağlı olarak toprak erozyonunun artması olası bir durumdur. Nearing vd. (2004), yaptığı çalışmalarında iklim değişikliğine bağlı olarak ani sağanak yağış alan yerlerde toprak erozyonunun artacağını ancak bunun en az zararlı atlatılmasında bölgedeki insan faaliyetleri ve ormansızlaşmanın etkili olacağını ifade etmektedir. Ani sağanak yağışların aynı zamanda taşkın olaylarını da beraberinde getirmektedir. Taşkın olayları sırasında da toprak örtüsü süpürülmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı (2019) tarafından Küçük Menderes Havzasında taşkın yönetim planı projesinde havzada 39 adet taşkının yaşandığı, bu taşkınların sebeplerinin ise; plansız kentleşme nedeniyle dere yataklarına yerleşim yapılması, dere yataklarından malzeme alınarak dere akış rejiminin ve dere yatağı morfolojisinin bozulması, dere yataklarına malzeme boşaltılarak derenin kapasitesinin azaltılması, **meydana gelen ani yağışlar** vb. olarak sıralanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen 232 yerleşim biriminden 175'inin değerlendirme kriterlerine göre taşkın riski taşımadığı tespit edilmiştir. Tüm havzada ön risk değerlendirme çalışmaları kapsamında 57 yerleşim yerinin taşkın riski taşıdığı sonucuna varılmıştır. Bayındır, Ödemiş, Torbalı, Tire ve Selçuk ilçelerinin ve bunlara

bağlı bazı köy ve mahallelerin ana kola yakın olması, alüvyal sahalarında bulunmaları, eski tarihli ve yakın tarihli taşkın olaylarının yaşanması gibi faktörlere bağlı olarak riskli alanlarda olduğu belirtilmiştir.

Taşkın riskini tetikleyen sadece şiddetli yağış değildir. Bunun yanında arazinin eğimi, litolojisi etkili olmaktadır. Eğimin fazla olması infiltrasyonu azaltmakta, yüzeysel akışı artırmaktadır. Bu durum seldeki akımı şiddetlendirmektedir. Litolojik yapıyı oluşturan granit ve gnays gibi kum içerikli materyaller taşkını harekete geçiren diğer bir faktördür. Granit ve gnaysın ayrışmasıyla oluşan kum ve mil ayrışmanın fazla olduğu, aşınmanın kolay ve akarsulara materyalin kolay hazırlandığı yerler olarak görülmektedir. Bu durum hem yatak yükünü artırmakta hem de bu unsurların akarsu yatağında daha fazla aşındırmaya neden olmaktadır (Coşkun ve Ortaç, 2022). Küçük Menderes Havzası'nda yüzeyleyen farklı jeolojik birimlere bağlı olarak aşınma direnci ve hızı da farklılık göstermektedir. Özellikle granit, gnays kayaçların kumtaşlarının olduğu alanlarda anakaya direncinin düşük olduğu aşınma ve taşınma süreçlerinin daha hızlı geliştiği görülmüştür. Bu bilgiler doğrultusunda özellikle eğimin fazla olduğu yerlerde Küçük menderes nehri kolları üzerinde suyun taşıyıcı etkisini azaltacak setler vadi içlerine inşa edilerek materyal taşınımı yavaşlatılabilir. Suyun hızını kesecek olan bu setler taşkın olayları sırasında vadi yamaçlarında biriken toprakların süpürülmesini de engelleyeceklerdir.

Toprak erozyonunu önlemek için riskli bölgelerde hali hazırdaki arazi yönetimi yeniden gözden geçirilmeli ve gerekirse yeniden düzenlenmelidir. Toprak agregatlaşmasını bozacak (aşırı gübreleme ve sulama) uygulamalardan kaçınılmalıdır. Tarım arazilerine ve diğer uygun alanlara organik madde (yeşil gübre, organik atıklar, hayvan gübresi vb.) eklenmelidir. Tarıma uygun olmayan arazilerde ise mevcut durumun korunması ve daha da iyileştirilmesi için çaba gösterilmelidir. Bitki örtüsünün tahribatının engellenmeli, arazilerin boş bırakılmamalıdır. Bu durum hem toprağın organik madde içeriğini artıracak hem de toprak erozyonuna bağlı kayıpların önüne geçerek toprak kalitesini olumlu yönde etkileyecektir.

Toprak erozyonu ülke gelişmesini engelleyen ve sosyo-ekonomik sorunların büyümesine sebep olan çok önemli bir çevre sorunudur. Toprak erozyonu da deprem, taşkın, heyelan gibi doğal afet kabul edilmeli, buna göre tedbirler alınmalıdır. Toprakların bilinçli kullanılması, kırsal ve kentsel yaşam arasındaki yaşam seviye

farkının en aza indirilmesi toprak bozulmaları ve toprak erozyonu ile mücadeleye önem verilmelidir.

Toprak varlığımızın korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanarak en üst düzeyde üretimde kullanılması, insan-toprak ilişkilerinin uygun ve etkin biçimde düzenlenmesi toprak varlıklarının bilinçli biçimde kullanılması ile mümkündür. Toprak korunmasında, kırsal kesim insanların çözümler bulma ve uygulama konusunda katılımcı olmalarını sağlayan mekanizmalar geliştirilmelidir, böylece erozyon sorununu havzada yaşayan ve doğal varlıkları yanlış kullanan yöre insanı ile birlikte çözmek mümkün olabilir. Bunun için radyo, televizyon ve basın yoluyla erozyon olayının önemi halka anlatılmalı ve tedbirleri uygulamalı olarak gösterilmelidir. Toprak erozyonu ile mücadele havza bazında yapılmalı, havzaya hizmet götüren tüm kuruluşların yöre halkının katılımı ile hazırladıkları gelir arttırıcı faaliyetlerle desteklenen projeler üretilmeli ve uygulanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abdelsamie, E. A., Abdellatif, M. A., Hassan, F. O., El Baroudy, A. A., Mohamed, E. S., Kucher, D. E. ve Shokr, M. S. (2022). Integration of RUSLE model, remote sensing and GIS techniques for assessing soil erosion hazards in arid zones. *Agriculture*, 13(1), 35.
- Akalan, İ. (1988). *Toprak Bilgisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Akgün, A. (2007). *Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Akyüz, Y. ve Atış, E. (2018). Küçük menderes havzasında iklim değişikliğinin olası etkileri ve üreticilerin konuya ilişkin farkındalıkları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21, 109-115.
- Alparslan, K. (2021). *Kaman Deresi Havzasının (Pütürge/Malatya) Erozyon Duyarlılık Değerlendirmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Apan, M. (2009). *Hidroloji*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 52.
- Ardos, M. (1985). Jeomorfoloji açısından Türkiye ovalarının oluşumları ve gelişimleri. *Coğrafya Dergisi*, (1), 111-126.
- Artun, O. ve Dinç, A. O. (2016). Adana-Çakıt Havzası Karaisalı Örneğinde Erozyon Riskinin Saptanması Üzerinde Araştırmalar. Adana Çukurova Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana.
- Asadi, M. Z., Naemitabar, M. ve Zandi, R. (2022). Investigating the potential of erosion-prone areas with ICONA models, support vector machine, chaid and random forest (case study: Gonabad basin). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(4), 93-112.
- Aslan, D. (2020). *Tarım politikalarının arazi kullanım şekli üzerine etkilerinin Küçük Menderes Havzası örneğinde izlenmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi) İzmir Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Assouline, S. ve Ben-Hur, M. (2006). Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. *Catena*, 66(3), 211-220.
- Atabay, O. ve Coşkun, M. (2023). Otlukbeli ve Keşiş Dağları Arasındaki Sahanın Litolojik Yapı ve Araziden Yararlanma İlişkisinin Google Earth Engine ve Xrf Analizi ile Değerlendirilmesi, (ss. 1-386). İksad Yayınevi. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10367424>
- Atalay, İ. (1980). Gediz nehri havzasında toprak erozyonu problemleri üzerinde bir araştırma. *Jeomorfoloji Dergisi*, S, 9, 61-82.
- Atalay, İ. (1986). Uygulamalı Hidrografya. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Atalay, İ. (1987). Türkiye Jeomorfolojisine Giriş, Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Yayın No: 9, İzmir.
- Atalay, İ. (1989). Toprak Coğrafyası. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayın ve Basım.
- Atalay, İ. (2007). Toprak ve Bitki Atlası Küresel Isınma. Farklı Yayıncılık, 1.
- Atalay, İ. (2010). Uygulamalı klimatoloji. META Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova/İzmir.
- Atalay, İ. (2013). Uygulamalı Klimatoloji. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 2. Basım. İzmir.
- Atalay, İ. (2014). Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Atalay, İ. (2016). Toprak Oluşumu, Sınıflandırması ve Coğrafyası, İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Atalay, İ., Altunbaş, S., Coşkun, M. ve Siler, M. (2020). Taşların Ekolojisi ile Topografyanın Toprak Oluşumu, Tarım ve Ormanlık Açısından Önemi. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Atalay, İ., Altunbaş, S. ve Siler, M. (2022). Bozdağlar'ın Kuzey, Aydın Dağları'nın Güney ve Burdur Havzası'nın Güneydoğu Yamaçlarındaki Oyuntu Erozyonunun Oluşumu ve Rehabilitasyonu. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, ISBN: 978-625-7076-31-9
- Aybek, S. ve Arslan, B. (2022). Eski Çağlardan Günümüze Torbalı Ovasında Ulaşım Ağı ve Metropolis' in Stratejik Önemi. *XVIII. Türk Tarih Kongresi (Ankara 1-5 Eylül 2018)*, Ankara, 341-359.

- Aytop, H. (2021). Toprak Koruma Amaçlı Yeni Bir Arazi Kullanım Planlaması Modelinin Mikail Çayı Mikro Havzası Örneğinde Araştırılması. Adana. Basılmamış Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Babar, M. (2005). Hydrogeomorphology: fundamentals, applications and techniques. Reader, Geology Department, Dnyanopasak College.
- Balcı, A. N. (1996). Toprak Koruması, Orman Fakültesi Yay., İstanbul, 180s.
- Benn, D. I. ve Evans, D. J. A. (2010). *Glaciers and Glaciation* (2nd ed.). Hodder Education.
- Bezdicek, D. F., Beaver, T. ve Granatstein, D. (2003). Subsoil ridge tillage and lime effects on soil microbial activity, soil pH, erosion, and wheat and pea yield in the Pacific Northwest, USA. *Soil and Tillage Research*, 74(1), 55-63.
- Birkeland, P. W. (1999). *Soils and Geomorphology* (3rd ed.). Oxford University Press.
- Bozbay, E., Kozan, A. T., Bircan, A. ve Ögdüm, F. (1986). Küçük Menderes havzasının (batı ve orta bölümü) jeomorfolojisi. MTA Rapor, (80008).
- Bridge, M. (2003). "Experimental Investigation of Scour Around Bridge Piers." Federal Highway Administration, Report No. FHWA-SC-03-12, University of South Carolina, Columbia, SC.
- Brown, L. C. ve Foster, G. R. (1987). *Storm erosivity using idealized intensity distributions*. American Society of Agricultural Engineers.
- Buldan, İ. (1996). İzmir-Bayındır Arasındaki Sahanın Jeomorfolojisi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A. (2011). *Soil Genesis and Classification* (6th ed.). Wiley-Blackwell.
- Burn, Dh. ve Elnur, Mah. (2002). Hidrolojik Eğilimlerin ve Değişkenliğin Tespiti. *Hidroloji Dergisi*, 255 (1-4), ss.107-122.
- Çepel, N. (1988). Toprak İlmi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Yayın No: 3416.
- Çeribaşı, G., Doğan, E. ve Sönmez, O. (2014). Evaluation of Meteorological and Hydrological Data of Sapanca Basin by Trend Analysis Method, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 15/2, ss.705-714.
- Coşkun, M. (2020). İklim değişimleri ve küresel ısınma (2. Baskı). *Yer bilimi* (s.271-303). Ankara: PEGEM.

- Coşkun, M., Gözalan, S., Öztekince, M. ve Dünder, Ö. (2020). Susurluk Çayı Havzasının Ortalama Sıcaklık ve Toplam Yağış Verilerinin Trend Analizi. *The Journal of Social Sciences*, (49), 24-39.
- Coşkun, M. (2022). İklim değişimleri, küresel ısınma ve Türkiye. Türkiye'nin Fiziki Coğrafyası (s.321-352). Pegem Akademi. Ankara
- Coşkun, M. ve Ortaç, G. (2022). Filyos Çayı Havzası'nın (Karabük-Gökçebeğ) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Taşkın Risklerinin Belirlenmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 27(47), 15-27.
- Coşkun, M., Gözalan, S., Öztekince, M. ve Coşkun, S. (2022). Susurluk Çayı Havzasında Tropikal Gün-Yaz Günü Sayısındaki Eğilimler ve RCP 8.5 Senaryosuna Göre Modellenmesi. *Journal of Academic Social Science Studies*, 15(89).
- Coşkun, M. ve Öztürk, A. (2022). Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi. *Turkish Journal of Forestry*, 23(1), 1-
- Coşkun, M., Coşkun, S., Dünder, Ö. ve Sarsıcı, N. (2024). Using Google Earth Engine Machine Learning Algorithms, Soil Variable Effects on Soil Organic Carbon in Karabük Province/Türkiye. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
- Coşkun, S. (2017). Karabük Çevresinin Vegetasyon Ekolojisi ve Sınıflandırılması. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karabük.
- Coşkun, S. (2020a). Akarçay Kapalı Havzasının Ortalama Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Eğilim Analizi (Afyonkarahisar-Türkiye). *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*, Sayı: 81, Sonbahar, ss.533-547.
- Coşkun, S. (2020b). Tuz Gölü-Konya Kapalı Havzaları'nda Ortalama Sıcaklık, Yağış ve Akım Verilerinin Trend Analizi, *Coğrafya Araştırmaları*, Kitap Bölümü, 1. Bölüm, sf:1-13, Akademisyen Yayınevi (AYBAK), Ankara.
- Coşkun, S. (2020c). Trend Analysis of Mean Temperatures Data in Van Lake Closed Basin, Turkey, *Current Studies in Social Sciences*, Chapter of Book, 3. Chapter, ss.43-51, Akademisyen Yayınevi (AYBAK), Ankara.
- Coşkun, S. (2020d). Tuz Gölü-Konya Kapalı Havzalarının Yaz Mevsimi Ortalama Sıcaklık, Yağış, Buharlaştırma ve Akım Verilerindeki Değişimlerin Karşılaştırmalı

Trend Analizi, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi (SOBİDER), Yıl: 7, Sayı: 46, Haziran 2020, ss. 123-138.

Coşkun, S. (2020e). Van Gölü Kapalı Havzasında Yağışların Trend Analizi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(2), ss.521-532.

Coşkun, S. (2020f). Göller Yöresi'nde Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerlerinde Meydana Gelen Eğilimler (Akdeniz Bölgesi-Türkiye), International Social Sciences Studies Journal, (e-ISSN:2587-1587) cilt:6, sayı: 66; ss:3142-3155.

Coşkun, S. (2020g). Aras-Kura Kapalı Havzasının Ortalama Sıcaklık, Yağış Ve Akım Verilerinin Trend Analizi (Türkiye), Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt:30, Sayı:2, ss:29-42, Temmuz, Elazığ.

Coşkun, S. (2020h). Akarçay Kapalı Havzası'nın Yaz Mevsiminde Buharlaşma Ve Akım Verilerinin Trend Analizi, Sosyal Bilimler Dergisi / The Journal of Social Science, Yıl: 7, Sayı: 47, Ağustos 2020, ss. 162-177.

Cürebali, İ. (2006). Strahler Yöntemiyle Komşu Akarsu Havzalarının Karşılaştırmalı Analizi: Mıhlı ve şahin Dereleri. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8(2), 71-84.

Cürebali, İ. ve Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi Havzasında cbs tabanlı RUSLE (3D) yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47, sf: 115-130.

Çelik, A. (2007). Baraj göllerinde erozyonun etkileri ve çözüm önerileri. *Türk Su Bilimleri Dergisi*, 22(3), 145-156. doi:10.1016/j.watres.2006.07.013

Chorley, R. J. (1969). Introduction to physical hydrology. Methuen & Co. Ltd.

Çilek, A., Berberoğlu, S., Erdoğan, M. A., ve Dönmez, C. (2014). Pesera ve Rusle Erozyon Modellerinin Akdeniz ve Ege Havzalarındaki Sonuçlarının Karşılaştırılması. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.

Çoruhlu, E. N., ve Akıncı, H. (2021). Godrahav Havzasının (Artvin) Erozyon Duyarlılığının Jeo-çevresel Faktörler Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 2(2), 106-119.

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, (2023). Erozyon Kontrolü Daire Başkanlığı Faaliyetleri, Türkiye'de Erozyon. Ankara: Çevre, şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Çukur H. (1998). Ege Bölümünün Ekosistemleri, (Yayımlanmamış doktora tezi) İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

- Danacıoğlu, Ő. ve Tağıl, Ő. (2017). Bakırçay Havzası'nda Rusle Modeli Kullanarak Erozyon Riskinin Değerlendirmesi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (37), sf: 1-18.
- Demircan, M., Turan, N., Arabacı, H., Coşkun, M., Türkoğlu, N. ve Çiçek, İ. (2016). Gündem belirleme modeline göre yazılı basındaki iklim değişikliği haber ve köŐe yazılarının analizi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13, 14.
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., EdiŐ, S. ve Doğan, A. (2014). İnebolu Havzası'nın Icona Modeli ile Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 136-142.
- Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H. ve Şenol, S. (1987). Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi Yayınları Ders Kitabı, 7(3).
- Doğan, M. (2006). Türkiye'de erozyon ve toprak kaybı: Nedenleri, sonuçları ve çözüm önerileri. *Tarım ve Orman Dergisi*, 15(4), 30-35.
- Dönmez, Y. (1984). Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Dönmez, Y. (1990). Umumî klimatoloji ve iklim çalışması. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi.
- Dursun, İ. ve Babalık, A. A. (2023). Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 24(1), 25-38.
- Efe, R. (2004). Biyocoğrafya: I-Genel prensipler, II-Bitki coğrafyası (Vejetasyon coğrafyası, fitocoğrafya), III-Zoocoğrafya (hayvan coğrafyası), Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Efe, R. (2004). Biyocoğrafya. Çantay Yayınevi, İstanbul.
- Efe, R., Soykan, A., Cürebal, İ. ve Sönmez, S. (2008). Türkiye'de doğal ortam bozulmasına antroposen açıısından bakış. TÜCAUM V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 317-328.
- Erinç, S. (1957). Tatbiki klimatoloji ve Türkiye'nin iklim Şartları. İstanbul: İTÜ Hidrojeoloji Enstitüsü Yayınları.
- Erinç, S. (1996). Klimatoloji ve Metodları. İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Erinç, S., Ertek, A. ve Güneysu, C. (2000). jeomorfoloji I. Der Yayınları.
- EriŐ, A. (1995). Bahçe bitkileri fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

- Erkal, T. ve Yıldırım, Ü. (2012). Akarçay Havzası Sincanlı alt havzasında (Afyonkarahisar, Türkiye) evrensel toprak kaybı denklemi (USLE) kullanılarak toprak erozyonu risk değerlendirmesi. *Ekoloji*, 21 (84), 18-29.
- Erlat, E. (2013). İklim Sistemi ve İklim Değişimleri, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Erol, O. (2014). *Genel Klimatoloji*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Fıçıcı, M. (2021). Madra Barajı Havzasında Erozyon Analizi. (Doktora Tezi) Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Ghosal, K. ve Das Bhattacharya, S. (2020). A review of RUSLE model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48, 689-707.
- Gökçe Gündüzoğlu, H.A. (2019). Küçük Menderes Havzası'nda Sürdürülebilir Arazi Planlaması. (Yayınlanmamış Doktora Tezi) İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Görellick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. ve Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Herkes için gezegen ölçeğinde jeo-uzamsal analiz. *Çevrenin Uzaktan Algılanması*, 202, 18-27.
- Görür, A. E. ve Karadeniz, C. (2018). Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 19(4), 447-454.
- Gözalın, S. (2023). Akdeniz Bölgesi'nde Avokado Ağacının Yetişebileceği Uygun Alanların Belirlenmesi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi) Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karabük.
- Gözenç S. (1978). Küçük Menderes Havzasında Arazinin Kullanılış ve Sınıflandırılması, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2396, Coğrafya Enstitüsü Yayın No:94 İstanbul.
- Gülersoy, A.E. (2014). Küçük Menderes Havzası'nda Mekansal Potansiyel ile Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler, İzmir: Dinozor Kitabevi.
- Gülersoy, A. E., ve Çelik, M. A. (2014). Küçük Menderes Havzası'nda Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi (1984-2012). *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı*, 832-838.
- Gülersoy, A.E., Gümüş, N., Sönmez, M.E. ve Gündüzoğlu G. (2015). Relations Between The Land Use and Land Capability Classification in Küçük Menderes River Basin, *Journal of Environmental Biology*, s. 17-26.
- Gümüş, V. ve Yenigün, K. (2006). Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, İstanbul.

- Gündüzoğlu, G. ve Çukur, H. (2018). Kıyı Ege Bölümünde Erozyon Riskinin Icona Yöntemi ile Belirlenmesi. *The Journal of Academic Social Science*, (79) sf. 596-614.
- Gündüzoğlu, G. (2019). Kıyı Ege Bölümü'nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım. (Doktora Tezi) İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Güney, Y. (2017). Selendi Çayı Havzası (Manisa) Erozyon Duyarlılık Analizi ve İklim Değişikliğinin Erozyon Duyarlılığına Etkilerinin Modellenmesi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi) İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Güney, Y. (2024). Küçük Menderes Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Projeksiyonları: Havza Ölçeğinde Zamansal ve Mekânsal Bir Değerlendirme. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 189-205.
- Güngördü, E. (2010). Türkiye'nin coğrafyası: Türkiye fiziki ve coğrafi bölgeler. Gazi Kitabevi.
- Hjulström, F. (1935). Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Uppsala*, 25, 221-527.
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 13(1), sf: 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydro physical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), sf: 275-370.
- Hoşgören, M. Y. (2011). Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Hoşgören, M. Y. (2015). Hidrografiya'nın Ana Çizgileri I. 9. Baskı. İstanbul: Çankaya Kitabevi.
- Huang, J. ve Hartemink, A. E. (2020). Soil and environmental issues in sandy soils. *Earth-Science Reviews*, 208, 103295.
- Hudson, N. (1971). *Rainfall simulation for erosion research. Transactions of the ASAE*, 14(1), 27-33.
- İmamoğlu, A. (2015). Alaca Havzası'nda Erozyon Risk Değerlendirmesi ve Planlaması. (Doktora Tezi) Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun.
- İlay, R. ve Kavdır, Y. (2018). Gökçeada topraklarının erozyon duyarlılığı. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, (33), sf: 68-72.

- İlker, A., ve Terzi, Ö. (2021). Sıcaklık Verilerinin Trend Analizi: Çankırı ve Kastamonu Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(4), 1339-1347.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jabbarov, R. (2016). İzmir Metropolünde Kentsel Çevre Analizi (Kent Ekolojisi) Çalışması: Torbalı Örneği. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İzmir Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Jokar Sarhangi, E. ve Dehghan Chachkami, M. (2022). Efficiency Evaluation of RUSLE and ICONA models in erosion zoning of Baladeh watershed, Mazandaran province. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 11(34), 159-178.
- Judy, F. (2018). Küresel iklim değişikliğine duyarlı su yönetiminin coğrafi bilgi sistemi kullanılarak modellenmesi: Küçük Menderes havzası örneği. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İzmir Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kadioğlu, M. (2012). Türkiye’de iklim Değişikliği Risk Yönetimi, Türkiye’nin iklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayını, Ankara.
- Kanar, E. ve Dengiz, O. (2015). Madendere havzası topraklarında arazi kullanım/arazi örtüsü ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 15-27.
- Kanito, D., Bedadi, B. ve Feyissa, S. (2023). Sediment yield estimation in GIS environment using RUSLE and SDR model in Southern Ethiopia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1), 2167614.
- Kantarcı, D. (2000). Toprak İlimi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Yayın No: 462.
- Karakuş, C. B. (2017). Hidro-Meteorolojik Parametreler İçin Trend Analizi Yöntemleri, *International Journal of Scientific and Technological Research*, vol. 3, nu 2, ss. 22-32, Ocak.
- Karaoğlu, M. (2012). Iğdır Yöresi Topraklarının Erozyon Açısından Değerlendirilmesi”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Dergisi*, 2(1), 23-30.
- Karaoğlu, M. (2018). Rüzgâr erozyonunda bitki örtüsünün önemi. *Journal Of Agriculture*, 1(2), 49-60.
- Karataş, A. (2014). Karasu Havzasının Hidrografik Planlaması. İstanbul: Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Kermen, Ç. (2019). Determination of The Relationship Between Meteorological and Hydrological Drought in Küçük Menderes Basın. Dokuz Eylul University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis, Izmir, Turkey.
- Kisic, I., Bogunovic, I., Zgorelec, Z. ve Bilandzija, D. (2018). Effects of soil erosion by water under different tillage treatments on distribution of soil chemical parameters. *Soil & Water Research*, 13(1).
- Kızılelma, Y. ve Karabulut, M. (2014). Mut Havzasında Erozyona Duyarlı Alanların Belirlenmesi. *Journal of International Social Research*, 7(31).
- Koçman, A. (1984). Bozdağlar ve çevresinin iklimi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 2(1), sf: 57-108.
- Koçman, A. (1985). İzmir-Bozadağlar Yöresinin Jeomorfolojisi ve Evrimi, *Ege Coğrafya Dergisi* S:3 s.63-86, İzmir.
- Koçman, A. (1989). Uygulamalı fiziki coğrafya çalışmaları ve İzmir-Bozdağlar Yöresi üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi.
- Kum, G., Sönmez, M.E., ve Kargın, A. (2022). Erozyon Riskini Belirlemek İçin Alternatif Bir Yöntem: Bulanık Metot. *Coğrafya Dergisi*, (44), 219-229.
- Kurt, S. ve Haybat, H. (2015). Environmental Geomorphology of the Kucuk Menderes River Delta. *Route Educational and Social Science Journal*, 2(3), 207-222
- Lal, R. (2003). Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 29(4), 437-450. doi:10.1016/S0160-4120(02)00192-7
- Leeder, M. (2011). *Sedimentology and Sedimentary Basins: From Turbulence to Tectonics* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Li, H., Guan, Q., Sun, Y., Wang, Q., Liang, L., Ma, Y. ve Du, Q. (2022). Spatiotemporal analysis of the quantitative attribution of soil water erosion in the upper reaches of the Yellow River Basin based on the RUSLE-TLSD model. *Catena*, 212, 106081.
- Li, Y., Zhang, J., Zhu, H., Zhou, Z., Jiang, S., He, S. ve Li, G. (2023). Soil erosion characteristics and scenario analysis in the Yellow River Basin based on PLUS and RUSLE models. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1222.
- Macka, Z., (2001), Determination of texture of topography from large scale contour maps, *Geografski vestnik* 73-2, p. 53-62
- Mahboub Kheirkhah, M. (2022). Prediction of water erosion and its evaluation using CORINE model and comparison with ICONA method in Talesh city. *Journal of Radar and Optical Remote Sensing and GIS*, 5(4), 89-105.

- Mater, B. (1998). Toprak coğrafyası. Çantay Kitabevi.
- Mermut, A.R. (2021). Toprak İlimi. Ankara: Meteksan Matbaacılık ve Teknik Sanayi Tic. Anonim Şirketi.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2014). İklim Projeksiyonlarına Göre Akarsu Havzalarında Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü. Şubat 2014.
- Montgomery, D. R. ve Brandon, M. T. (2002). Topographic controls on erosion rates in tectonically active mountain ranges. *Earth and Planetary Science Letters*, 201(3-4), 481-489.
- Montgomery, D. R. (2007). *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University of California Press.
- 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* (3rd ed.). Blackwell Publishing.
- Morgan, R. P. C. (2009). *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons.
- Muslu, G. (2005). Küçük Menderes Havzasının beşeri ve iktisadi coğrafyası. (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Nearing, M. A., Pruski, F. F. ve O'neal, M. R. (2004). Expected climate change impacts on soil erosion rates: a review. *Journal of soil and water conservation*, 59(1), 43-50.
- Negese, A., Fekadu, E. ve Getnet, H. (2021). Potential soil loss estimation and erosion-prone area prioritization using RUSLE, GIS, and remote sensing in Chereti Watershed, Northeastern Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, 14, 1178622120985814.
- Neyran, C. E. (2007). Türkiye akarsularında mevsimsel trend analizi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Okur, N. (2021). Toprak bilimi ve bitki besleme. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Okou, F. A., Tente, B., Bachmann, Y. ve Sinsin, B. (2016). Regional erosion risk mapping for decision support: A case study from West Africa. *Land Use Policy*, 56, 27-37.
- Özakıncı, C. (2021). Ege Denizi mi, Adalar Denizi mi ?. BD Şubat, 2021.

- Özcan, A. U. (2016). CBS ve RUSLE teknolojisi yardımıyla Çankırı-Ekinne Göleti su toplama havzasında toprak kayıplarının tahmin edilmesi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 668-674.
- Özfidaner, M. (2007). Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Özdemir, S., Özkan, K. ve Mert, A. (2020). Ekolojik bakış açısı ile iklim değişimi senaryoları. *Biological Diversity and Conservation*, 13(3), 361-371.
- Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. İstanbul: Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel. İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları.
- Özdemir, N. (2013). Toprak ve su koruma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 22, (Düzenlenmiş 3. Baskı), Samsun
- Özsoy, G. (2007). Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi. (Yayınlanmamış Doktora tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Öztekinçi, M. (2019). Yenice Sıcak Noktası: Ekolojisi ve Sürdürülebilirliği. Karabük: (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Öztekinçi, M. (2023). Küre Dağları Milli Parkının Vegetasyon Ekolojisi ve İklim Değişikliği Senaryolarına Göre Değerlendirilmesi (Doğu Kayını Örneği). (Basılmamış Doktora Tezi), Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Öztekinçi, S.Y. ve Coşkun, M. (2021). Devrek Çayı Havzasının Vegetasyonu ve Hidrografyası. İksad Yayın evi. ISBN: 978-625-8423-24-2
- Öztürk, D. ve Batuk, F. (2010). Analytic hierarchy process for spatial decision making. *Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma*, 28(2), 124-137.
- Öztürk, E. ve Özdemir, N. (2006). Topraklarda Kabuk Tabakası Oluşumu, Çeşitleri ve Önlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 275-282.
- Özvan, H., Arık, B., Şatır, O. ve Bostan, P. (2022). Bendimahi alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(3), 389-404.

- Pacci, S., Saflı, M. E. ve Dengiz, O. (2023). Yarı Humid Ekolojik Koşullar Altında Toprak Erozyon Duyarlılık Çalışmalarında Fuzzy-Analitik Hiyerarşik Süreç Yaklaşımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 148-165.
- Parlak, M. ve Çanga, R.M. (2007). Farklı debi ve eğim koşullarının parmak erozyonu ve sediment konsantrasyonu üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 59-65.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M. ve Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), 1117-1123. doi:10.1126/science.267.5201.1117
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: a food and environmental threat. *Environment, development and sustainability*, 8, 119-137.
- Poesen, J. (2018). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth surface processes and landforms*, 43(1), 64-84.
- Polat, N. (2019). Araç Çayı Havzasının Uygulamalı Hidrografyası. Karabük: Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Polyakov, V. ve Lal, R. (2004). Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. *Environment International*, 30(4), 547-556.
- Rajot, J. L., Alfaro, S. C., Gomes, L. ve Gaudichet, A. (2003). Soil crusting on sandy soils and its influence on wind erosion. *Catena*, 53(1), 1-16.
- Rao, W., Shen, Z. ve Duan, X. (2023). Spatiotemporal patterns and drivers of soil erosion in Yunnan, Southwest China: RULSE assessments for recent 30 years and future predictions based on CMIP6. *Catena*, 220, 106703.
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., Mccool, D. ve Yoder, D. (1997). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *USDA Agr. Handbook*, No: 703.
- Ribaudo, M.O. (1987). Watershed Resources Management, *American Journal of Agricultural Economics*, Aug. 87, Vol: 169, Issue:3, pp:714, US.
- Rojay, B., Toprak, V., Demirci, C. ve Süzen, L. (2005). Plio-quadernary evolution of the Küçük Menderes graben southwestern Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, 18(3-4), 317-331.
- Saatçı, F. ve Altınbaş, U. (1975). Küçük Menderes Ovası alüvyonlu topraklarda agregasyon indeksleri ile organik madde arasındaki ilişkiler. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi*, 247, sf: 15-16 Bornova-İzmir.

- Saaty, T. L. (1980). The Analytic hierarchy process: planning, Priority setting, resource allocation, McGraw-Hill Comp., New York, pp.54–55
- Saaty, T. L. ve Vargas, L. G. (1987). Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 32(1), 107-117.
- Sabancı, S. (2016). Karpuz Çayı Havzasının Hidrografik Analizi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Saddıqı, M. M. ve Karpuzcu, M. E. (2019). Küçük Menderes Alt Havzası'nın SWAT ile Modellenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(4), 55-70.
- Sahu, N., Reddy, G. O., Kumar, N., Nagaraju, M. S. S., Srivastava, R. ve Singh, S. K. (2017). Morphometric analysis using gis techniques: A case study from the basaltic terrain of central india. In *Sustainable Management of Land Resources* (pp. 301-326). Apple Academic Press.
- Saltalı, K., Dereli, N. ve Kızılkaya, R. (2015). Effects of gyttja on some soil quality parameters. *International Soil Science Congress on “Soil Science in International Year of Soils”*. 19-23 October 2015. Sochi, Russia. Book of Proceedings (ISBN 978-5-4465-0807-5). pp. 363-367.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society Of American Bulletin*, (67), 597-646.
- Selby, M. J. (1993). *Hillslope Materials and Processes* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Senanayake, S., Pradhan, B., Alamri, A. ve Park, H. J. (2022). A new application of deep neural network (LSTM) and RUSLE models in soil erosion prediction. *Science of the Total Environment*, 845, 157220.
- Serbaji, M. M., Bouaziz, M. ve Weslati, O. (2023). Soil Water erosion modeling in Tunisia using RUSLE and GIS integrated approaches and Geospatial Data. *Land*, 12(3), 548.
- Singh, S. H. I. P. R. A. (2018). Understanding the role of slope aspect in shaping the vegetation attributes and soil properties in Montane ecosystems. *Tropical Ecology*, 59(3), 417-430.
- Singh, M. C., Sur, K., Al-Ansari, N., Arya, P. K., Verma, V. K. ve Malik, A. (2023). GIS integrated RUSLE model-based soil loss estimation and watershed prioritization for land and water conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1136243.

- Smith, J. B. ve Mark, D. M. (2003). *Geomorphometry: Concepts, software, applications*. In *Geomorphological techniques* (2nd ed., pp. 71-83). Elsevier Science.
- Stokes, G. G. (1851). On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulums. *Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, 9, 8-106.
- Strahler, A. N. (1952). Dynamic Basis of Geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, (63), 923-938.
- Strahler, A. N. (1952a). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63(11), sf: 1117-1142.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions*, 38(6), sf: 913-920.
- Strahler, A. N. (1964). *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins And Channel Networks*. New York: Mcgraw Hill Book Company.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2019). Küçük Menderes Havzası Taslak Nihai Nehir Havza Yönetim Planı, Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Sütgibi, S. (2009). Küçük Menderes Nehri Delta Ovası ve Degradasyonel Etkiler. *Ege Coğrafya Dergisi*. S.18 (1-2). s. 59-72, İzmir.
- Şahin, C. (1987). Erozyon – Toprak Erozyonu – Yarıntı (Gully) Erozyonu, *Gazi Üniv. Gazi Eğitim Fak. Dergisi*, Cilt: 3, Sayı: 1, s. 189 – 223, Ankara.
- Şahin, C. ve Sipahioğlu, Ş. (2003). Doğal afetler ve Türkiye. *Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara*.
- Şahin, G. (2012). Geçmişten Günümüze Türkiye’de Toprak Araştırmaları. *Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi* (1), 120-118.
- Şenol, S., Küsek, G., Sarı, M., ve Kurucu, Y. (2015). *Toprak Etüd Haritalama El Kitabı*. Ankara. S, 1-25.
- Tağıl, Ş. (2009). Çakırdere ve Yahu Dere Havzalarında Balıkesir Toprak Kaybının Mekânsal Dağılışı ve Etkileyen Faktörler. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(22), 23-39.
- Tanrikulu, M. (2017). Türkiye’de Toprak Etüd-Haritalama Çalışmaları ve Harvey Oakes. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (64), 664-678.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2019). Küçük Menderes Havzası Taşkın Yönetim Planı, Ankara.
- Taşçıoğlu, S. ve Aydın, A. (2017). *Tüm Yönleriyle Toprak Bilmi ve Toprak Kirlenmesi*. 1. Baskı. Ankara: Çağlayan Kitabevi.

- Taşköprü, C. (2014). Küçük Menderes havzası topraklarında radon difüzyon katsayılarının belirlenmesi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İzmir Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Tatar, S. (2021). Küçük Menderes nehir havzasında kuraklık geçiş olasılıklarının belirlenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İzmir Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Tian, Q., Zhang, X., He, J., Yi, H., He, L. ve Yang, Q. (2023). Potential risk of soil erosion on the Tibetan Plateau during 1990–2020: Impact of climate change and human activities. *Ecological Indicators*, 154, 110669.
- Tombuş, E. (2005). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Anadolu Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Toy, TJ, Foster, GR, ve Renard, KG (2002). Toprak erozyonu: süreçler, tahmin, ölçüm ve kontrol . John Wiley & Sons.
- Turan, İ. D. ve Uzun, A. (2021). Analitik hiyerarşik süreç ve CBS teknikleri kullanılarak Çorum Çayı havzasında toprak erozyonu riskinin modellenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (6), sf:41-55.
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (32), 355-364.
- Tüfekçioğlu, M. ve Yavuz, M. (2016). Yusufeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk haritasının oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* (2), 188-199.
- Türkeş, M. (2010). Klimatoloji ve meteoroloji. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Vardar, S. (2010). Birgi ve Küçük Menderes Vadisinin Jeomorfolojisi, Küçük Menderes Araştırmaları, Çekül Vakfı Araştırmaları, s.6-22, İzmir.
- Vardar, S. (2013). Küçük Menderes Havzası Doğu Bölümünün Fiziki Coğrafyası. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İzmir Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Vardar, S. (2015). Küçük Menderes Havzası Doğu Bölümünde Paleocoğrafya Araştırmaları: Ödemiş Ovası'nda Jeoarkeolojik Değerlendirmeler, İzmir

Büyükşehir Belediyesi Kent Kitaplığı, Yay. No:107, ISBN 978-975-18-0186-9, İzmir.

- Vardar, S. (2018). Ödemiş Ovasında Beytepe (Karakova) Höyüğünde Paleocoğrafya–Jeoarkeoloji Araştırmaları. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(01), 151-172.
- Walling, D. E. ve Webb, B. W. (1983). Patterns of sediment yield. In T. P. Burt & D. E. Walling (Eds.), *Sediment Budgets* (pp. 2-24). IAHS Press.
- Wang, B., Li, H. ve Wu, L. (2016). Climate change and soil erosion in global drylands: A review. *Journal of Arid Environments*, 127, 17-28.
- Weissel, J.K, Pratson, L.F. ve Malinverno, A. (1994). The length-scaling properties of topography. *Journal of Geophysical Research*, 99, 1397-1402.
- White, A. F. (2006). Geochemistry of Weathering and Erosion. In W. M. White (Ed.), *Encyclopedia of Geochemistry* (pp. 176-183). Springer.
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses- a guide to conservation. agricultural handbook 537. planning. Science and Education Administration. US Dep. of Agriculture, Washington, DC,USA. p. 58
- Yılmaz, Y. (2010). Türkiye'de kıyı erozyonu: nedenleri ve alınacak önlemler. *Çevre ve Orman Bakanlığı Raporları*, 18(2), 50-59.
- Yılmaz, İ. (2022). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Eskişehir İli Potansiyel Erozyon Alanlarının Belirlenmesi.
- Yoldaş, F. (2011). Küçük Menderes Havzasında alternatif sebze ürün arayışları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 54-58.
- Yurtcan, U. E., (2009). Erozyon Tahmin Analizi Yöntemleri, Erozyon Kontrolü ve Önlenmesi Kapsamında Yapılan Çalışmalar Hakkında Kapsamlı Bir İnceleme. (Yüksek Lisans Tezi), İzmir Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Diğer Kaynaklar

<https://developers.google.com/earth-engine/datasets/> erişim tarihi: 10.10.23

<https://cem.csb.gov.tr/> erişim tarihi: 02.02.2024

<http://www.turkdevrimi.com/yazarlar/umit-yalim/> adalar-denizi-turk-kita-sahanligi-ve-munhasir-ekonomik-bolgesi/2181/ Erişim tarihi: 12.02.2024

Url 1. <https://www.youtube.com/watch?v=hCazBkaK0zU&t=979s> 02.02.2024

Url 2. [Uluslararası Hukukta Milli Doktrin ve Milli Şuur - Müstafi Amiral Doç. Dr. Cihat Yayıcı #CihatYayıcı \(youtube.com\)](#)



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Saaty'nin ikili karşılaştırma değerlendirme ölçeği.....	32
Tablo 2: Bitki örtüsü yoğunluğu	36
Tablo 3: Toprak koruma düzeyi karar matrisi	36
Tablo 4: Toprak koruma düzeyleri (Simgeler ve anlamları)	37
Tablo 5: Eğim sınıflandırması	37
Tablo 6: Jeoloji sınıflandırması	38
Tablo 7: Aşınabilirlik karar matrisi	38
Tablo 8: Aşınabilirlik durumu (simgeler ve anlamları)	38
Tablo 9: Erozyon risk durumu karar matrisi	39
Tablo 10: Erozyon risk durumu karar matrisi anlamları.....	39
Tablo 11: Küçük Menderes Havzasında bulunan bazı meteorolojik istasyonlar.....	40
Tablo 12: Araştırma konusu ile ilgili yazılmış kitaplar listesi.....	57
Tablo 13: Toprak ve erozyon ile ilgili yazılmış makaleler ve diğer yayınlar listesi....	58
Tablo 14: Araştırma alanında jeomorfolojik birimlerin alansal ve oransal dağılımı... 69	
Tablo 15: Araştırma alanına Ait Yükselti Basamaklarının Alansal (km ²) ve Oransal (%) Dağılımı	83
Tablo 16: Araştırma alanına ait eğim gruplarının alansal (km ²) ve oransal (%) dağılımı	88
Tablo 17: Araştırma alanına ait baki yönlerinin alansal (km ²) ve oransal (%) dağılımı	91
Tablo 18: Küçük Menderes Havzasının çizgisel morfometrik indislere ait değerleri .	96
Tablo 19: Araştırma alanına ait dizin değerleri	99
Tablo 20: Küçük Menderes Havzasının alansal morfometrik indislere ait değerleri	101
Tablo 21: Araştırma alanının hipsometrik eğri değerleri.....	109
Tablo 22: Araştırma alanının aylık ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri	115
Tablo 23: Araştırma alanının aylık ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri... 120	

Tablo 24: Araştırma alanının aylık ve yıllık ortalama minimum sıcaklık değerleri..	122
Tablo 25: Araştırma alanının aylık ve yıllık ortalama bağil nem değerleri (%).....	123
Tablo 26: Araştırma alanın aylık ve yıllık toplam yağış değerleri (mm).....	125
Tablo 27: Araştırma alanı ve yakın çevresinde bulunan istasyonlarda ölçümlenen ortalama basınç değerleri (hPa)	128
Tablo 28: Araştırma alan aylık ve yıllık rüzgâr hizinin değerleri (m/sn)	130
Tablo 29: Araştırma alanına ait istasyonların Erinç formülüne göre aylık, mevsimlik ve yıllık indis değerleri	132
Tablo 30: Emberger iklim sınıflandırmasına göre Küçük Menderes Havzasındaki istasyonların iklim karakteri	134
Tablo 31: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Selçuk'un su bilançosu	135
Tablo 32: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Bayındır'ın su bilançosu.....	136
Tablo 33: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Beydağ'ın su bilançosu.....	138
Tablo 34: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Kiraz'ın su bilançosu	139
Tablo 35: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre demiş'in su bilançosu.	141
Tablo 36: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Tire'nin su bilançosu	142
Tablo 37: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Torbalı'nın su bilançosu	144
Tablo 38: D06A048 No'lu Küçük Menderes Belevi Akım Gözlem İstasyonuna ait bilgiler.....	146
Tablo 39: Küçük Menderes Havzasında bulunan Akım Gözlem İstasyonlarına ait bilgiler.....	147
Tablo 40: Küçük Menderes havzasında araziden yararlanma durumunun alansal ve oransal dağılımı.....	157
Tablo 41: Arazinin nitelik ve verimliliklerine göre sınıflandırılma ve yararlanma biçimleri	160
Tablo 42: Arazinin nitelik ve verimlilik sınıflarının alansal ve oransal dağılımı.	162
Tablo 43: Araştırma alanına ait toprakların kimyasal ve fiziksel analizleri	170
Tablo 44: Araştırma alanına ait toprakların alansal ve oransal dağılımı	185
Tablo 45: Araştırma sahası erozyon duyarlılık sınıflarının alansal ve oransal dağılımı	204

Tablo 46: ÇKKV yönteminde kullanılan kriterler ve etki oranları.....	205
Tablo 47: Kayaçların erozyona dayanıklılık indisleri (Gündüzoğlu, 2019).	206
Tablo 48: Araştırma alanına ait eğim gruplarının alansal ve oransal dağılımı	209
Tablo 49: Araştırma alanına ait bitki örtüsü gruplarının alansal ve oransal dağılımı	211
Tablo 50: Araştırma alanına ait topografik nemlilik indeksi gruplarının alansal ve oransal dağılımı	213
Tablo 51: Araştırma alanına ait yamaç şekli gruplarının alansal ve oransal dağılımı	215
Tablo 52: Araştırma alanına ait drenaj yoğunluğu gruplarının alansal ve oransal dağılımı	217
Tablo 53: Araştırma alanına ait drenaj hatlarına uzaklık gruplarının alansal ve oransal dağılımı	218
Tablo 54: Araştırma alanına ait erozyon risk sınıfı gruplarının alansal ve oransal dağılımı	220
Tablo 55: ICONA yöntemine göre arazi sınıf kodlar	222
Tablo 56: ICONA yöntemine göre bitki kapallık durum fonksiyonu.....	222
Tablo 57: ICONA toprak koruma düzeyi karar matrisi	223
Tablo 58: Toprak koruma düzeyleri (simgeler ve anlamları)	223
Tablo 59: ICONA yönteminde eğim sınıf ve kodları	224
Tablo 60: Jeoloji sınıflandırması	225
Tablo 61: ICONA yöntemine göre aşınabilirlik indisinin hesaplanması.....	225
Tablo 62: ICONA yöntemine göre aşınabilirlik indisi risk kodları	226
Tablo 63: Mann Kendall ve Spearman Rho'ya Göre Küçük Menderes Havzasının Yıllık ve Mevsimlik Ortalama Sıcaklıkların Trend Analiz Sonuçları	230
Tablo 64: Küçük Menderes Havzasında SSP 2.6 senaryosuna göre toprak erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımı	240
Tablo 65: Küçük Menderes Havzasında SSP 8.5 senaryosuna göre toprak erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımı	241

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Araştırma alanında jeomorfolojik birimlerin alansal dağılımı.....	70
Grafik 2: Araştırma alanında jeomorfolojik birimlerin oransal dağılımı	70
Grafik 3: Araştırma alanına ait yükselti basamaklarının alansal (km ²) dağılımı.....	84
Grafik 4: Araştırma alanına ait yükselti basamaklarının oransal (%) dağılımı	84
Grafik 5: Araştırma alanına ait eğim gruplarının alansal (km ²) ve oransal (%) dağılımı	89
Grafik 6: Araştırma alanına ait baki yönlerinin alansal (km ²) dağılımı	92
Grafik 7: Araştırma alanına ait baki yönlerinin oransal (%) dağılımı.....	92
Grafik 8: Araştırma alanın Hipsometrik Eğri değerleri.....	109
Grafik 9: Aylık ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri.....	116
Grafik 10: Aylık ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri.....	121
Grafik 11: Aylık ve yıllık ortalama minimum sıcaklık değerleri	122
Grafik 12: Aylık ve yıllık ortalama bağıl nem değerleri	124
Grafik 13: Aylık ve yıllık toplam yağış değerleri	125
Grafik 14: Araştırma alanın aylık ve yıllık rüzgâr hızının değerleri (m/sn).....	130
Grafik 15: Selçuk Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Selçuk Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği	136
Grafik 16: Bayındır Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre Bayındır Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği.	137
Grafik 17: Bayındır Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Bayındır Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği	139
Grafik 18: Kiraz Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Kiraz Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği	140
Grafik 19: Ödemiş Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Ödemiş Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği	142

Grafik 20: Tire Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Tire Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği	143
Grafik 21: Torbalı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Torbalı Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği	145
Grafik 22: Araştırma alanı erozyon duyarlılık alansal ve oransal dağılımı.....	204
Grafik 23: Araştırma alanına ait eğim gruplarının alansal ve oransal dağılımı	209
Grafik 24: Araştırma alanına ait bitki örtüsü gruplarının alansal ve oransal dağılımı	211
Grafik 25: Araştırma alanına ait topografik nemlilik indeksi gruplarının alansal ve oransal dağılımı.....	214
Grafik 26: Araştırma alanına ait yamaç şekli gruplarının alansal ve oransal dağılımı	215
Grafik 27: Araştırma alanına ait drenaj yoğunluğu gruplarının alansal ve oransal dağılımı	217
Grafik 28: Araştırma alanına ait drenaj hatlarına uzaklık gruplarının alansal ve oransal dağılımı	219
Grafik 29: Mann Kendall ve Spearman Rho'ya göre xxx Havzasının yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklık ve toplam yağışlardaki trend yönü ve şiddeti.....	233

HARİTALAR LİSTESİ

Haritalar 1: Küçük Menderes Havzasi lokasyon haritasi	23
Haritalar 2: ÇKKV yöntemi için kullanılan alt kriterlerin haritalanması	34
Haritalar 3: Küçük Menderes Havzasi jeoloji haritasi.....	68
Haritalar 4: Küçük Menderes Havzasi jeomorfoloji haritasi	81
Haritalar 5: Küçük Menderes Havzasi yükselti basamaklari haritasi.....	86
Haritalar 6: Küçük Menderes Havzasi eğim haritasi.....	90
Haritalar 7: Küçük Menderes Havzasi baki haritasi	93
Haritalar 8: Küçük Menderes Havzasi çatallanma orani ve değerleri	100
Haritalar 9: Küçük Menderes Havzasi yıllık ortalama sicaklik haritasi	117
Haritalar 10: Küçük Menderes Havzasi temmuz ayi ortalama sicaklik haritasi.....	118
Haritalar 11: Küçük Menderes Havzasi ocak ayi ortalama sicaklik haritasi	119
Haritalar 12: Küçük Menderes Havzasi toplam yağış haritasi	126
Haritalar 13: Küçük Menderes Havzasi hidrografya haritasi	149
Haritalar 14: Küçük Menderes Havzasi bitki örtüsü haritasi	152
Haritalar 15: Küçük Menderes Havzasi araziden yararlanma durumu.....	159
Haritalar 16: Küçük Menderes Havzasi arazinin nitelik ve verimlilik sınıflandırması	163
Haritalar 17: Küçük Menderes Havzasi kil tekstürü dağılımı	173
Haritalar 18: Küçük Menderes Havzasi kum tekstürü dağılımı	174
Haritalar 19.: Küçük Menderes Havzasi silt tekstürü dağılımı	175
Haritalar 20: Küçük Menderes Havzasi toprak hacim ağırlığı dağılımı.....	176
Haritalar 21: Küçük Menderes Havzasi pH dağılımı	176
Haritalar 22: Küçük Menderes Havzasi toprak organik madde dağılımı	177
Haritalar 23: Küçük Menderes Havzasi toprak haritasi.....	187

Haritalar 24: Küçük Menderes Havzası R faktörü haritası.....	199
Haritalar 25: Küçük Menderes Havzası K faktörü haritası	200
Haritalar 26: Küçük Menderes Havzası LS faktörü haritası.....	201
Haritalar 27: Küçük Menderes Havzası C faktörü haritası.....	202
Haritalar 28: Küçük Menderes Havzası erozyon duyarlılık haritası.	204
Haritalar 29: Küçük Menderes Havzası bitki örtüsü yoğunluğu haritası	212
Haritalar 30: Küçük Menderes Havzası topografik nemlilik indeksi haritası	214
Haritalar 31: Küçük Menderes Havzası yamaç şekli haritası.....	216
Haritalar 32: Küçük Menderes Havzası drenaj yoğunluğu haritası.....	218
Haritalar 33: Küçük Menderes Havzası drenaj hatlarına uzaklık haritası	219
Haritalar 34: Küçük Menderes Havzası ÇKKV erozyon risk haritası.....	221
Haritalar 35: Küçük Menderes Havzası koruma indisi haritası.....	224
Haritalar 36: Küçük Menderes Havzası aşınabilirlik haritası.....	226
Haritalar 37: Küçük Menderes Havzası ICONA erozyon risk haritası	227
Haritalar 38: SSP 2.6 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında ortalama sıcaklık haritası	236
Haritalar 39: SSP 8.5 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında ortalama sıcaklık haritası	237
Haritalar 40: SSP 2.6 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında toplam yağış haritası	238
Haritalar 41: SSP 8.5 senaryosuna göre Küçük Menderes Havzasında toplam yağış haritası	239
Haritalar 42: SSP 2.6 senaryosuna göre erozyon risk haritası.....	242
Haritalar 43: SSP 8.5 senaryosuna göre erozyon risk haritası.....	243

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Çalışmaya ait iş-akış diyagramı	27
Şekil 2: RUSLE akış şeması.....	31
Şekil 3: ÇKKV yöntemi akış şeması.....	33
Şekil 4: ICONA yöntemi akış şeması (ICONA, 2007)	35
Şekil 5: Küçük Menderes Havzasında Toprak numunesi alınan noktalar.....	45
Şekil 6: Araştırma alanında Bozdağlar üzerinde başlayan kesit hattının en kuzeyinde litolojik birim.....	154
Şekil 7: Araştırma alanında Bozdağlar zirvede başlayan kesit hattının litolojik birim.	155
Şekil 8: Araştırma alanında Kayas'tan başlayan kesit hattının en batısından litolojik birim.....	156

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

- Fotoğraf 1:** Küçük Menderes Havzasında toprak numunelerinin alınması 46
- Fotoğraf 2:** Alınan her bir numunenin birbirine karışmaması için lokasyon bilgilerinin girilmesi 47
- Fotoğraf 3:** Alınan toprak numunelerin nemli olması durumunda herhangi bir bozulmaya maruz kalmaması için paketlerin kapalı olmamasına dikkat edilmelidir 47
- Fotoğraf 4:** Prekambriyen dönemine ait Birgi, Kiraz ve Bayındır tarafından doğuya doğru tabaka halinde bulunan gnayslar 64
- Fotoğraf 5:** Torbalı ovasının kuzeyinde, Bozdağların eteklerinde Mezosoyik dönemine ait karbonatlı çökeller 65
- Fotoğraf 6:** Bozdağlar'ın güney eteklerinde Küçük Menderes Nehrine doğru bir görünüm 67
- Fotoğraf 7:** Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Kiraz ovasından bir görünüm 73
- Fotoğraf 8:** Bozdağların eteklerinde Hacıhasan Köyünden Ödemiş ovasına bir bakış 74
- Fotoğraf 9:** Ödemiş ovasında Bozdağların eteklerinde erozyon önleme için yapılmış teraslama yöntemi 74
- Fotoğraf 10:** Bozdağların etek düzlüklerinde yer alan Ödemiş ovasında zeytin bahçeleri 75
- Fotoğraf 11:** Bayındır ovasında buğday tarımı 76
- Fotoğraf 12:** Bayındır ovasında vadilerin önünde görülen yelpazeler 77
- Fotoğraf 13:** Tire ovasında yüksek kesimlerinde görülen parmak erozyonu. 77
- Fotoğraf 14:** Torbalı Ovasında yapılan mısır tarımı 78
- Fotoğraf 15:** Aydın Dağlarından Selçuk Ovasına bir bakış 79
- Fotoğraf 16:** Bozdağların kuzeyinde yükseltinin arttığı yerlerde toprak koruma amaçlı teraslama yöntemi 85
- Fotoğraf 17:** Eğimin azaldığı yerlerde kolüvyal depolar ve kumlu-çakıllı yamaç döküntüleri 87

- Fotoğraf 18:** Bozdağların eteklerinde akışa bağlı olarak meydana gelen oluk ve oyuntulardan bir görünüm..... 99
- Fotoğraf 19:** Küçük Menderes Havzasının batısında Selçuk-Torbalı arasında Jura dönemine ait mermerler üzerinde çok dar bir alanda görülen kırmızı Akdeniz toprakları..... 179
- Fotoğraf 20:** Selçuk ve Tire dolaylarındaki dağlık kütleler üzerinde gelişmiş kırmızımsı kahverengi Akdeniz toprakları 180
- Fotoğraf 21:** Küçük Menderes Havzası doğuda Kiraz ve Beydağ dolaylarında görülen kireçsiz kahverengi topraklardan numune alımı 181
- Fotoğraf 22:** Bozdağların güney eteklerinde Ödemiş Hacıhasan köyü mevkiinde ince bir tabaka halinde oluşan kahverengi orman toprağı 183
- Fotoğraf 23:** Küçük Menderes Havzasında yer yer üç metreyi geçen kolüvyal depolar ve kolüvyal depolar üzerinde gelişen kolüvyal topraklar. 185
- Fotoğraf 24:** Küçük Menderes Havzası Ödemiş Veliler Mevkiinde gevşek yapılı kolüvyal depo üzerinde görülen çizgisel erozyon..... 185
- Fotoğraf 25:** Küçük Menderes Havzasında Karaköy mevkiinde Çizgisel erozyon sonucu yamaçtan görülen küçük yarıntılar. 193
- Fotoğraf 26:** Küçük Menderes Havzası Kızılkeçili mevkiinde kolüvyal depo yamacı üzerinde gelişen çizgisel erozyon..... 194
- Fotoğraf 27:** Küçük Menderes Havzası Ödemiş İlçesi Mevkiinde yol yarmalarında görülen çizgisel erozyon 195
- Fotoğraf 28:** Küçük Menderes nehrinin yatak ve kenarlarında yaptığı aşındırmalar sonucu meydana gelen akarsu erozyonu 196
- Fotoğraf 29:** Küçük Menderes Havzası Kızılkeçili köyü mevkiinde görülen oyuntu erozyonu..... 197

ÖZGEÇMİŞ

Özlem DÜNDAR TEMUR, Karabük Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisans eğitimini 'Karabük-Safranbolu Havzası'nda Güncel ve Paleosol Toprakların Belirlenmesi' adlı araştırmasıyla Karabük Üniversitesi'nde tamamlamış ve aynı üniversitede doktora eğitimine devam etmiştir.

Tez çalışmaları;

Dünder, Ö. (2019). Karabük-Safranbolu Havzası'nda Güncel ve Paleosol Toprakların Belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karabük.

Dünder Temur, Ö. (2024). Küçük Menderes Havzası'nda Toprak Erozyon Riskinin Belirlenmesi ve İklim Değişikliğinin Toprak Erozyonuna Olası Etkileri (Doktora tezi). Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.

Hakemli dergilerde yayınlanmış makale;

Coşkun, M., Gözalan, S., Öztekin, M. ve Dünder, Ö. (2020). Susurluk Çayı Havzasının ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerinin trend analizi. Sosyal Bilimler Dergisi, (49), 24-39,

Coşkun, M., Coşkun, S., Dünder, Ö., ve Sarsıcı, N. (2024). Using Google Earth Engine Machine Learning Algorithms, Soil Variable Effects on Soil Organic Carbon in Karabük Province/Turkiye. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.

Uluslararası kongre/konferans bildirileri;

Dünder, Ö., Atabay, O., Akoğ, E., ve Eliusta, N. (2023). Toprak Erozyonu Çalışmalarında Örneklem Yerleri Belirleme ve Toprak Numunesi Alma Yöntemi. Antalya: V. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi (UCEK-2023) Özetler Kitabı, ISBN: 978-625- 00-8276-8.

Mut, S., Sarsıcı, N., Dünder, Ö., ve Öztekin, S.Y. (2023). Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi ile Karabük İl Merkezinde Toplu Konut Yer Seçiminin Belirlenmesi. Antalya:

V. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi (UCEK-2023) Özetler Kitabı, ISBN: 978-625-00-8276-8.

Araştırmacı olarak katıldığı projeler;

KBÜBAP-17-YL-188 nolu ‘Karabük-Safranbolu Havzası'nda Güncel ve Paleosol Toprakların Belirlenmesi’ projesi

KBÜBAP-23DS-021 nolu ‘Küçük Menderes Havzasında Yeni Bir Arazi Kullanım Planlaması ve Erozyon Riskinin Belirlenmesi’ projesi

KBÜBAP-23DS-042 nolu ‘Küçük Menderes Havzasında Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi’ projesi

