

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SÖĞÜTLÜ DERESİ HAVZASINDA EROZYON-SEL RİSK HARİTALARININ OLUŞTURULMASI
VE TOPRAK EROZYONUNUN SU KALİTESİNE ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

Orm. Yük. Müh. Necla KORALAY

**EKİM 2022
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SÖĞÜTLÜ DERESİ HAVZASINDA EROZYON-SEL RİSK HARİTALARININ
OLUŞTURULMASI VE TOPRAK EROZYONUNUN SU KALİTESİNE ETKİLERİ**

Orm. Yük. Müh. Necla KORALAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02/09/2022

Tezin Savunma Tarihi : 26/10/2022

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer KARA

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

“Söğütlü Deresi Havzasında Erozyon-Sel Risk Haritalarının Oluşturulması ve Toprak Erozyonunun Su Kalitesine Etkileri” adlı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi FDK-2020-8486 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

Doktora tezimin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, gerek konunun seçiminde gerekse hazırlanması sırasında desteğini gördüğüm, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Ömer KARA’ya teşekkür ederim.

Çalışma esnasında YSI Professional Plus cihazını kullanma imkanı sunan ve her türlü kolaylığı sağlayan Sayın Prof. Dr. Mehmet KOCABAŞ’a teşekkür ederim.

Arazi çalışması süresince desteğini ve yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyen abim Ömer KORALAY’a teşekkür ederim.

Arazi ve büro çalışması süresince desteğini ve yardımlarını esirgemeyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümü 2019-2020 eğitim-öğretim yılı 4. Sınıf öğrencileri Ertuğrul HANÇER, Muhammed Raşit KARABÜYÜK, Ercan ÇARDAK, Emin DUMAN ve değerli meslektaşım Arş. Gör. Kamil ÇAKIROĞLU’na teşekkür ederim.

Tez çalışmama katkı sağlayan ve emeği geçen jüri üyeleri Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU, Prof. Dr. İbrahim TURNA, Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ ve Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL’e teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütülmesi esnasında yardımlarını esirgemeyen ve gerekli kolaylığı sağlayan Ankara Maden Teknik Arama Müdürlüğü, Trabzon 11. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Entegre İdare ve Kontrol Sistemi Daire Başkanlığı ve Trabzon DSİ 22. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına ve bu çalışmada emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babama, anneme ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Necla KORALAY
Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Söğütlü Deresi Havzasında Erozyon-Sel Risk Haritalarının Oluşturulması ve Toprak Erozyonunun Su Kalitesine Etkileri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer KARA’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 26/10/2022

Necla KORALAY

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	XII
SUMMARY	XIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
TABLolar DİZİNİ	XVIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XXII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Literatür Özeti	10
1.3. Çalışmanın Amacı	41
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	43
2.1. Materyal	43
2.1.1. Araştırma Alanı Yeri ve Genel Mevki Özellikleri	43
2.1.2. İklim Özellikleri	49
2.1.2.1. Yağış	55
2.1.2.2. Sıcaklık	55
2.1.2.3. Buharlaşma	57
2.1.2.4. Söğütlü Deresi Yağış Havzasının İklim Özellikleri	59
2.1.3. Su Kaynakları	61
2.1.4. Bitki Örtüsü	62
2.1.5. Genel Jeoloji ve Toprak Özellikleri	67
2.1.5.1. Araştırma Alanının Kayaç Yapısı	67
2.1.5.2. Araştırma Alanının Toprak Yapısı	70
2.1.5.2.1. Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar	70
2.1.5.2.2. Kahverengi Orman Toprakları	70
2.1.5.2.3. Sarı-Kırmızı Podzolik Topraklar	70
2.1.5.2.4. Yüksek Dağ-Çayır Toprakları	71

2.2.	Yöntem.....	73
2.2.1.	Toprak Kaybı, Sediment İletim Oranının Belirlenmesi ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması.....	73
2.2.1.1.	Toprak Kaybının Hesaplanması.....	74
2.2.1.1.1.	Yağış Erosivite (R) Faktörünün Belirlenmesi.....	75
2.2.1.1.2.	Toprak Erodibilite (K) Faktörünün Belirlenmesi	77
2.2.1.1.3.	Arazi Eğimi ve Uzunluğu (LS) Faktörünün Belirlenmesi	83
2.2.1.1.4.	Bitki Örtüsü (C) Faktörü	85
2.2.1.1.5.	Toprak Koruma (P) Faktörü.....	89
2.2.1.2.	Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması	89
2.2.1.3.	Sediment İletim Oranının Hesaplanması	90
2.2.2.	Su Örneklerinin Alınması ve Su kalite Parametrelerinin Ölçülmesi	92
2.2.2.1.	Arazi Çalışmaları	93
2.2.2.2.	Su Kalitesi Örnekleme Noktaları	94
2.2.2.3.	Ölçümü Yapılan Su Kalite Özellikleri.....	97
2.2.2.3.1.	Sıcaklık	97
2.2.2.3.2.	Elektriksel İletkenlik (EI)	97
2.2.2.3.3.	pH.....	97
2.2.2.3.4.	Çözülmüş Oksijen (ÇO).....	98
2.2.2.3.5.	Tuzluluk	99
2.2.2.3.6.	Toplam Çözülmüş Katı Madde (TDS).....	99
2.2.2.3.7.	Askıda Katı Madde (AKM)	100
2.2.2.4.	Arazi Çalışmalarında Ölçülen Su Kalite Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri.....	101
2.2.2.4.1.	YSI Professional Plus Cihazı Kalibrasyon.....	102
2.2.2.4.2.	Su Kalitesi Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri	102
2.2.2.5.	Su Örneklerinin Alınması	104
2.2.3.	Laboratuvar Çalışmaları.....	105
2.2.3.1.	Askıda Katı Madde Tayini.....	105
2.2.3.2.	Askıda Katı Madde İçerisinde Bulunan C ve N Tayini	107
2.2.4.	Erozyon Risk Haritası (Arazi kullanımı) ile Su Kalite Parametreleri Arasındaki Uyum.....	109
2.2.5.	Sel Risk Haritasının Oluşturulması.....	110
2.2.5.1.	Çok Kriterli Karar Verme Analizi (MCDA).....	110

2.2.5.2. Analitik hiyerarşi yöntemi (AHP).....	112
2.2.5.3. Sel Risk Haritası Faktörleri.....	113
2.2.5.3.1. Yağış	114
2.2.5.3.2. Yükselti	115
2.2.5.3.3. Arazi Kullanım.....	115
2.2.5.3.4. Eğim	115
2.2.5.3.5. Toprak Türü	116
2.2.5.3.6. Bakı	116
2.2.5.3.7. Derelere Uzaklık	117
2.2.6. Söğütlü Deresi Havzası Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi.....	119
2.2.6.1. Topoğrafik Karakteristikler	119
2.2.6.1.1. Şekil Karakteristikleri	119
2.2.6.1.2. Reliyef-Eğim Karakteristikleri.....	121
2.2.6.2. Hidrolojik Karakteristikler.....	122
2.2.6.2.1. Ana Dere Eğimi	123
2.2.6.2.2. Dere Sayısı	123
2.2.6.2.3. Dere Sıklığı	124
2.2.6.2.4. Drenaj Yoğunluğu.....	124
2.2.6.2.5. Konsantrasyon Zamanı	125
2.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi	126
2.2.7.1. Su Kalitesi Standartları	126
2.2.7.2. İstatiksel Analiz.....	127
3. BULGULAR.....	129
3.1. Toprak Erozyon Miktarı, Sediment İletim Oranının Hesaplanması ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulmasına İlişkin Bulgular	130
3.1.1. Toprak Kaybı Miktarının Hesaplanması.....	130
3.1.1.1. Yağış Erozivite Faktörü (RUSLE-R).....	130
3.1.1.2. Toprak Erozyon Duyarlılığı (RUSLE-K)	134
3.1.1.3. Yamaç Uzunluğu ve Dikliği Değişkeni (RUSLE-LS).....	138
3.1.1.4. Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi (RUSLE-C)	141
3.1.1.5. Toprak Koruma Yöntemleri (RUSLE-P).....	145
3.1.1.6. Söğütlü Deresi Yağış Havzası Toprak Kaybı (RUSLE-RKLSC).....	146
3.1.2. Sediment İletim Oranı (SİO).....	150

3.1.3.	RUSLE Parametreleri İstatistik Analizler	154
3.1.3.1.	RUSLE Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Betimleyici İstatistik.....	154
3.1.3.2.	RUSLE Parametreleri Korelasyon Analizi	155
3.1.3.3.	RUSLE Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Varyans Analizi	156
3.1.3.4.	Arazi Kullanım Durumuna Göre Duncan Testi	157
3.1.3.4.1.	RUSLE-R.....	157
3.1.3.4.2.	RUSLE-K.....	157
3.1.3.4.3.	RUSLE-LS.....	158
3.1.3.4.4.	RUSLE-C	158
3.1.3.4.5.	Toprak Kaybı	159
3.2.	Söğütlü Deresi Havzası Su Kalite Parametre Değerlerine İlişkin Bulgular	159
3.2.1.	Su Kalite Parametrelerine İlişkin Bulgular	159
3.2.1.1.	Sıcaklık	159
3.2.1.2.	pH.....	161
3.2.1.3.	Elektriksel İletkenlik	163
3.2.1.4.	Çözünmüş Oksijen	165
3.2.1.5.	Toplam Çözünmüş Katı Madde	166
3.2.1.6.	Tuzluluk	168
3.2.1.7.	Askıda Katı Madde	170
3.2.2.	Su Kalite Parametreleri İstatistiksel Analiz	172
3.2.2.1.	Su Kalite Parametreleri Korelasyon Analizi	173
3.2.2.2.	Su Kalite Parametreleri Mevsimlere Göre Betimleyici İstatistik	173
3.2.2.3.	Su Kalite Parametreleri Mevsimlere Göre Varyans Analizi	174
3.2.2.4.	Su Kalite Parametreleri Mevsimlere Göre Duncan Testi	175
3.2.2.4.1.	Sıcaklık.....	175
3.2.2.4.2.	pH.....	176
3.2.2.4.3.	Elektriksel İletkenlik	176
3.2.2.4.4.	Çözünmüş Oksijen	177
3.2.2.4.5.	Toplam Çözünmüş Katı Madde	177
3.2.2.4.6.	Tuzluluk	178
3.2.2.4.7.	Askıda Katı Madde	178
3.2.2.5.	Su Kalite Parametreleri Aylara Göre Varyans Analizi	179

3.2.3.	IDW Yöntemi Kullanılarak Su Kalite Parametreleri Sınıflandırılması	180
3.2.3.1.	Su Kalitesinin Sıcaklık Parametresine İlişkin Tematik Haritalar	180
3.2.3.2.	Su Kalitesinin pH Parametresine İlişkin Tematik Haritalar	180
3.2.3.3.	Su Kalitesinin Elektriksel İletkenlik Parametresine İlişkin Tematik Haritalar	180
3.2.3.4.	Su Kalitesinin Çözünmüş Oksijen Parametresine İlişkin Tematik Haritalar	188
3.2.3.5.	Su Kalitesinin Toplam Çözünmüş Katı Madde Parametresine İlişkin Tematik Haritalar	188
3.2.3.6.	Su Kalitesinin Tuzluluk Parametresine İlişkin Tematik Haritalar	188
3.2.3.7.	Su Kalitesinin Askıda Katı Madde Parametresine İlişkin Tematik Haritalar	195
3.2.4.	Su Örnekleme Noktalarına Göre Havzanın Arazi Kullanım Durumuna İlişkin Bulgular	198
3.2.4.1.	Noktalara Göre Arazi Kullanım Durumları	198
3.2.4.2.	Ölçülen Bazı Su Kalite Parametrelerinin Örnekleme Noktaları Arazi Kullanım Durumuna Göre İstatiksel Analizleri.....	200
3.2.4.2.1.	Su Kalite Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Betimleyici İstatistik.....	200
3.2.4.2.2.	Korelasyon Analizi Sonuçları	202
3.2.4.2.3.	Su Kalite Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Varyans Analizi.....	203
3.2.4.2.4.	Örnekleme Noktaları Arazi Kullanım Durumuna Göre Duncan Testi	204
3.2.5.	Söğütlü Deresi Su Örneklerindeki Askıda Katı Madde İçerisinde Bulunan Karbon ve Azot Değerlerine İlişkin Bulgular	208
3.2.5.1.	Karbon ve Azot Değerlerine İlişkin Bulgular	208
3.2.5.2.	Karbon ve Azot Değerlerine İlişkin İstatiksel Analiz	210
3.3.	Söğütlü Deresi Havzası Sel Risk Haritasının Oluşturulması	211
3.3.1.	Sel Risk Parametrelerine İlişkin Bulgular	211
3.3.1.1.	Yağış	211
3.3.1.2.	Yükselti	211
3.3.1.3.	Arazi Kullanım	212
3.3.1.4.	Eğim	212
3.3.1.5.	Toprak Türü	212
3.3.1.6.	Bakı	212
3.3.1.7.	Derelere Uzaklık	213
3.3.2.	Sel Risk Haritasına İlişkin Bulgular	221

3.3.2.1.	Analitik Hiyerarşi Sürecine İlişkin Bulgular	221
3.3.2.2.	Sel Risk Haritasına İlişkin Bulgular	223
3.3.3.	Sel Risk Parametreleri ve Sel Risk Haritasına İlişkin İstatistiksel Analizler	225
3.3.3.1.	Sel Risk Parametreleri Betimleyici İstatistik	225
3.3.3.2.	Sel Risk Parametreleri Korelasyon Analizi	226
3.3.3.3.	Sel Risk Parametreleri Sel Risk Sınıfına Göre Varyans Analizi.....	227
3.3.3.4.	Sel Risk Sınıfına Göre Duncan Testi	228
3.3.3.4.1.	Yağış	228
3.3.3.4.2.	Yükselti	229
3.3.3.4.3.	Arazi Kullanım.....	229
3.3.3.4.4.	Eğim	230
3.3.3.4.5.	Toprak Türü	230
3.3.3.4.6.	Erozyon	231
3.4.	Havzanın Topoğrafik ve Hidrolojik Karakteristiklerine İlişkin Bulgular..	231
3.4.1.	Havzanın Topoğrafik Karakteristikleri	231
3.4.1.1.	Şekil Karakteristikleri	231
3.4.1.1.1	Form Faktörü	231
3.4.1.1.2	Dairesellik Oranı	231
3.4.1.1.3.	Uzaman Oranı	232
3.4.1.2.	Reliyef-Eğim Karakteristikleri.....	232
3.4.1.2.1.	Ortalama Eğim	232
3.4.1.2.2.	Ortalama Yüksekliği	232
3.4.2.	Havzanın Hidrolojik Karakteristikleri	237
3.4.2.1.	Ana Dere Eğimi	237
3.4.2.2.	Dere Sayısı	237
3.4.2.3.	Dere Sıklığı	237
3.4.2.4.	Drenaj Yoğunluğu.....	237
3.4.2.5.	Konsantrasyon Zamanı	239
4.	TARTIŞMA VE SONUÇ	240
4.1.	RUSLE Parametreleri ve Erozyon Risk Haritası	241
4.1.1.	Yağış Erozivite Faktörü (RUSLE-R).....	241
4.1.2.	Toprak Erozyon Duyarlılığı (RUSLE-K)	243

4.1.3.	Yamaç Uzunluğu ve Dikliği Değişkeni (RUSLE-LS).....	246
4.1.4.	Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi (RUSLE-C)	249
4.1.5.	Toprak Koruma Yöntemleri (RUSLE-P).....	253
4.1.6.	Söğütlü Deresi Havzası Toprak Kaybı (RUSLE-RKLSC).....	253
4.1.7.	Sediment İletim Oranı (SİO).....	260
4.2.	Su Kalite Parametreleri	263
4.2.1.	Sıcaklık	263
4.2.2.	pH.....	268
4.2.3.	Elektriksel İletkenlik	272
4.2.4.	Çözünmüş Oksijen	277
4.2.5.	Toplam Çözünmüş Katı Madde	282
4.2.6.	Tuzluluk	286
4.2.7.	Askıda Katı Madde	289
4.2.8.	Askıda Katı Madde İçerisinde Bulunan C ve N.....	297
4.3.	Sel Risk Parametreleri ve Sel Risk Haritası.....	303
4.3.1.	Sel Risk Parametreleri.....	303
4.3.1.1.	Yağış	303
4.3.1.2.	Yükselti	306
4.3.1.3.	Arazi kullanımı	308
4.3.1.4.	Eğim	312
4.3.1.5.	Toprak Türü	314
4.3.1.6.	Bakı	317
4.3.1.7.	Derele Uzaklık	319
4.3.2.	Söğütlü Deresi Havzası Sel Risk Haritası.....	320
4.4.	Söğütlü Deresi Havzası Toprak Erozyonu, Su Kalitesi ve Sel İlişkisi	325
5.	ÖNERİLER.....	331
6.	KAYNAKLAR	341
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

SÖĞÜTLÜ DERESİ HAVZASINDA EROZYON-SEL RİSK HARİTALARININ
OLUŞTURULMASI VE TOPRAK EROZYONUNUN SU KALİTESİNE ETKİLERİ

Necla KORALAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer KARA
2022, 372 Sayfa

Küresel ölçekte en fazla arazi bozulumuna neden olan erozyon, yağış havzasında su kalitesini ve sucul ekosistemi etkiler. Sel olaylarının meydana gelmesiyle de yüksek miktarda toprak kaybı yaşanarak su kalitesi olumsuz etkilenir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi Söğütlü deresi havzasında meydana gelen toprak kaybı ve bunun su kalitesine etkileri belirlenmiş ve erozyon-sel risk haritaları oluşturulmuştur. Sunulan çalışmada ArcGIS programı kullanılarak RUSLE yöntemine göre taşınan toprak miktarı ve sediment iletim oranı (SİO) belirlenmiştir. Söğütlü deresinin su kalitesini belirlemek için bazı su kalite parametreleri Ağustos 2019 - Aralık 2020 tarihleri arasında 12 ay süreyle 9 noktada incelenmiştir. Örneklem noktalarında; sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik (mS/cm), çözünmüş oksijen (mg/l), toplam çözünmüş katı madde (mg/l), tuzluluk (ppt) ve askıda katı madde (AKM, mg/l) parametreleri ölçülmüştür. AKM içerisinde karbon(C) ve azot(N) değerlerini bulmak için bir noktadan su örneği alınmıştır. Sel risk haritasını oluşturmak için ArcGIS ortamında AHP ve Weighted Overlay araçları kullanılmıştır. Elde edilen veriler, su kalite kriterlerine ve istatistiksel analizlere göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda Söğütlü deresi havzasında tahmin edilen ortalama toprak kaybı, yıllık toprak kaybı, SİO ve sediment verimi sırasıyla 1,91 ton ha⁻¹ yıl⁻¹, 52209.0063 ton yıl⁻¹, 0.43, 0.82 olarak bulundu. Derelere ulaşan tahmin edilen sediment miktarı, tahmini sediment içinde C ve N miktarı sırasıyla 22449.87 ton yıl⁻¹, 312.95 ton yıl⁻¹, 41.936 ton yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. Arazide ölçülen AKM miktarı, AKM içinde C ve N miktarı sırasıyla 12549,82 ton yıl⁻¹, 174.96 ton yıl⁻¹, 23.44 ton yıl⁻¹ olarak ölçülmüştür. Söğütlü havzası sel risk haritasında düşük ve orta riskli ile yüksek ve çok yüksek riskli alanlar sırasıyla havzanın %95,98'ini ve %4.02'sini kaplamaktadır. Yapılan çalışma sonucunda havza ölçeğinde erozyon ve sel riski ile su kalite parametrelerinin bütüncül olarak ele almanın havza planlanmasında önemli olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Havza Yönetimi, RUSLE, Sel, Su Kalitesi, Toprak erozyonu

PhD. Thesis

SUMMARY

EFFECTS OF SOIL EROSION ON WATER QUALITY AND CREATING EROSION-FLOOD RISK MAPS IN SÖĞÜTLÜ STREAM WATERSHED

Necla KORALAY

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Ömer KARA
2022, 372 Pages

Erosion, which causes the most land degradation on a global scale, affects the water quality and aquatic ecosystem in watershed. With the occurrence of flood events, a high amount of soil loss is occurred and the water quality is adversely affected. In this study, soil loss of Söğütlü stream watershed in the Eastern Black Sea Region and its effects on water quality were determined and erosion-flood risk maps were created. The amount of soil loss and sediment delivery ratio (SDR) were determined according to RUSLE method using ArcGIS program. In order to determine the water quality of Söğütlü stream, some water quality parameters were examined at 9 points for 12 months between August 2019 and December 2020. At sampling points; temperature (°C), pH, electrical conductivity (mS/cm), dissolved oxygen (mg/l), total dissolved solids (mg/l), salinity (ppt) and suspended solids (SS, mg/l) parameters measured. A sample was taken from the one point to find the carbon(C) and nitrogen(N) values in the SS. AHP and Weighted Overlay tools were used in the ArcGIS to create the flood risk map. The obtained data were evaluated according to water quality criteria and statistical analysis. As a result of the study, the estimated average soil loss, annual soil loss, SDR and sediment yield in the Söğütlü stream watershed were found 1.91 tons ha⁻¹ year⁻¹, 52209.0063 tons year⁻¹, 0.43, 0.82, respectively. The estimated amount of sediment reaching the streams, the amount of C and N in the estimated sediment were found 22449.87 tons year⁻¹, 312.95 tons year⁻¹, 41.936 tons year⁻¹, respectively. The amount of AKM, the amount of C and N in the SS were measured as 12549.82 tons year⁻¹, 174.96 tons year⁻¹, 23.44 tons year⁻¹, respectively. In the flood risk map of the Söğütlü watershed, low and medium risk areas and high and very high risk areas cover 95.98%, 4.02% of the watershed, respectively. As a result of the study, it was revealed that it is important to consider the erosion and flood risk with water quality parameters in integrated at the watershed planning.

Keywords: Watershed Management, RUSLE, Flood, Water Quality, Soil erosion

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye büyük akarsu havzaları ve Söğütlü Deresi havzası (Araştırma alanının yeri).....	43
Şekil 2. Araştırma alanının uydu görüntüsü	44
Şekil 3. Araştırma alanının topoğrafik haritası	45
Şekil 4. Söğütlü Deresi havzası nüfus dağılımı.	50
Şekil 5. Söğütlü Deresi havzasında bulunan dağlar.....	51
Şekil 6. Söğütlü Deresi havzası yükselti grupları haritası	52
Şekil 7. Söğütlü Deresi havzası yüzde eğim grupları haritası	53
Şekil 8. Söğütlü Deresi havzası bakı grupları haritası	54
Şekil 9. Söğütlü Deresi havzası yağış dağılım haritası	56
Şekil 10. Söğütlü Deresi havzası sıcaklık dağılımı haritası.....	58
Şekil 11. Akçaabat Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu.....	60
Şekil 12. Düzköy Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu	61
Şekil 13. Söğütlü Deresi havzası drenaj deseni uydu görüntüsü	62
Şekil 14. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım ve orman alanı dağılım haritası.....	64
Şekil 15. Söğütlü Deresi havzası arazi kabiliyet sınıfı haritası.....	65
Şekil 16. Söğütlü Havzası toprak derinliği haritası	66
Şekil 17. Araştırma alanının jeoloji haritası	69
Şekil 18. Araştırma alanının büyük toprak grupları haritası.....	72
Şekil 19. Yöntem sıralaması	73
Şekil 20. Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi	78
Şekil 21. Bouyoucos Hidrometre metodu	79
Şekil 22. Toprakların organik madde içerikleri Walkley-Black yaş yakma metoduna göre belirlenmiştir.....	79
Şekil 23. Toprak örnekleme noktalarının arazi kullanım durumuna göre Söğütlü Deresi Havzasındaki dağılımı.....	80
Şekil 24. Ormanlık alanlardan toprak örneklerinin alınması	82
Şekil 25. Tarım alanlarından toprak örneklerinin alınması	82
Şekil 26. Mera alanından toprak örneklerinin alınması	82
Şekil 27. LS faktörü akış şeması.....	84

Şekil 28. Söğütlü Deresi havzası CORINE C değerleri.....	88
Şekil 29. Erozyon risk haritası akış şeması.....	90
Şekil 30. Söğütlü Deresi havzasında su örneği alım noktaları.....	93
Şekil 31. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım durumuna göre örnekleme noktaları	95
Şekil 32. Söğütlü deresi su örnekleme noktaları; a) S1 noktası, b) S2 noktası, c) S3 noktası, d) S4 noktası, e) S5 noktası, f) S6 noktası, g) S7 noktası, h) S8 noktası, ı) S9 noktası	96
Şekil 33. YSI Professional Plus marka cihaz	101
Şekil 34. YSI Professional Plus marka cihaz, proplar ve kalibrasyon çözeltileri.....	102
Şekil 35. YSI Professional Plus marka cihazın kalibrasyon çözeltileri	102
Şekil 36. Pet şişelerin temizlenmesi.....	104
Şekil 37. Arazide su numunesinin alınması	105
Şekil 38. Numunelerin filtre kağıdından geçirilip tartılması işlemleri	106
Şekil 39. Askıda katı madde karbon ve azot tayini.....	108
Şekil 40. Numuneler içerisinde toprak parçacığı dışında maddelerden ayırt edilmesi.....	109
Şekil 41. ArcGIS tematik harita oluşum şeması	110
Şekil 42. ArcGIS sel risk haritası oluşum şeması	118
Şekil 43. Ana dere eğiminin bulunması	123
Şekil 44. Söğütlü Deresi havzasında R değerlerinin alansal dağılımı	132
Şekil 45. Söğütlü Deresi havzasında R ($\text{MJha}^{-1}\text{yıl}^{-1}\text{mm saat}^{-1}$) değerlerinin dağılımı.....	133
Şekil 46. Söğütlü Deresi havzasında K değerlerinin noktasal olarak değişimi	134
Şekil 47. Söğütlü Deresi havzasında K değerlerinin alansal dağılımı	136
Şekil 48. Söğütlü Deresi havzasının RUSLE-K haritası.....	137
Şekil 49. Söğütlü deresi havzasının RUSLE-LS haritası.....	140
Şekil 50. Söğütlü deresi havzasında LS değerlerinin alansal dağılımı	141
Şekil 51. Söğütlü Deresi havzası CORINE haritası.....	142
Şekil 52. Söğütlü Deresi havzası RUSLE-C haritası	143
Şekil 53. Söğütlü Deresi havzasında C değerlerinin alansal dağılımı	145
Şekil 54. Söğütlü Deresi havzası erozyon risk haritası.....	148
Şekil 55. Söğütlü Deresi havzası toprak kaybı haritası.....	149
Şekil 56. Söğütlü Deresi havzasında toprak kaybı sınıflarının alansal dağılımı.....	150
Şekil 57. Söğütlü Deresi havzasında SİO sınıflarının alansal dağılımı	151

Şekil 58. Söğütlü Deresi havzasında SİO sınıflarının dağılımı	153
Şekil 59. Örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri	161
Şekil 60. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri	161
Şekil 61. Örnekleme noktalarına ait pH değerleri	162
Şekil 62. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama pH değerleri	163
Şekil 63. Örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm).....	164
Şekil 64. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)	164
Şekil 65. Örnekleme noktalarına ait çözülmüş oksijen değerleri.....	166
Şekil 66. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama çözülmüş oksijen değerleri.....	166
Şekil 67. Örnekleme noktalarına ait toplam çözülmüş katı madde değerleri.....	167
Şekil 68. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama toplam çözülmüş katı madde değerleri	168
Şekil 69. Örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri	169
Şekil 70. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama tuzluluk değerleri	169
Şekil 71. Örnekleme noktalarına ait askıda katı madde değerleri.....	171
Şekil 72. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama askıda katı madde değerleri	171
Şekil 73. Mansaptan memba kısmına doğru örnekleme noktalarında yıllık ortalama su kalite parametrelerinde değişim	172
Şekil 74. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanımı ve sıcaklık değerleri tematik haritası	182
Şekil 75. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve sıcaklık değerleri tematik haritası.....	183
Şekil 76. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanımı ve pH değerleri tematik haritası..	184
Şekil 77. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve pH değerleri tematik haritası	185
Şekil 78. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanımı ve Eİ değerleri tematik haritası...	186
Şekil 79. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve Eİ değerleri tematik haritası	187
Şekil 80. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanımı ve ÇO değerleri tematik haritası .	189
Şekil 81. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve ÇO değerleri tematik haritası	190
Şekil 82. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım ve TDS değerleri tematik haritası	191
Şekil 83. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve TDS değerleri tematik haritası	192
Şekil 84. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım ve tuzluluk değerleri tematik haritası	193
Şekil 85. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve tuzluluk değerleri tematik haritası.....	194
Şekil 86. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım ve AKM değerleri tematik haritası	196

Şekil 87. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve AKM değerleri tematik haritası.....	197
Şekil 88. Söğütlü Deresi havzası örnekleme noktalarına göre arazi kullanım durumu.....	200
Şekil 89. Su örneklerindeki askıda katı madde içerisinde karbon ve azot değerleri (%).....	209
Şekil 90. Su örneklerindeki askıda katı madde içerisinde askıda katı madde ve debi değerleri	210
Şekil 91. Söğütlü Deresi havzası yağış verilerine göre sel risk haritası	214
Şekil 92. Söğütlü Deresi havzası yükselti verilerine göre sel risk haritası	215
Şekil 93. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım verilerine göre sel risk haritası.....	216
Şekil 94. Söğütlü Deresi havzası eğim verilerine göre sel risk haritası.....	217
Şekil 95. Söğütlü Deresi havzası toprak türü verilerine göre sel risk haritası	218
Şekil 96. Söğütlü Deresi havzası bakı verilerine göre sel risk haritası.....	219
Şekil 97. Söğütlü Deresi havzası dereye uzaklık verilerine göre sel risk haritası	220
Şekil 98. Sel risk parametreleri raster verilerinin ArcGIS ortamında çakıştırılması .	223
Şekil 99. Söğütlü Deresi havzası sel risk haritası	224
Şekil 100. Söğütlü Deresi yağış havzasının hipsometrik eğrisi (100'lük sisteme göre).....	233
Şekil 101. Söğütlü Deresi yağış havzasının hipsometrik eğrisi (1'lik sisteme göre).....	234
Şekil 102. Söğütlü Deresi yağış havzasının hipsometrik eğri alanı haritası	236
Şekil 103. Söğütlü Deresi yağış havzasının dere sırası.....	238
Şekil 104. S6-S5 örnek noktaları arasında bulunan kum ocağı ve tünel çalışması....	275
Şekil 105. S3-S4 örnek noktaları arasında bulunan hafriyatın döküldüğü yer ve yol yapım çalışması	276
Şekil 106. Söğütlü deresi havzası S5 noktası askıda katı maddenin akarsuda meydana getirdiği bulanıklık	297

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Söğütlü deresi havzası Düzköy nüfus dağılımı	46
Tablo 2. Söğütlü deresi havzası Akçaabat nüfus dağılımı	47
Tablo 3. Akçaabat, Düzköy, Trabzon ve Ortahisar Meteoroloji İstasyonları 2015-2019 aylık ve yıllık toplam yağış değerleri (mm)	55
Tablo 4. Akçaabat, Düzköy, Trabzon ve Ortahisar Meteoroloji İstasyonları 2015-2019 aylık ve ortalama sıcaklık değerleri (°C).....	57
Tablo 5. Trabzon Meteoroloji İstasyonu 2016-2019 aylık ve yıllık toplam buharlaştırma değerleri (mm).....	57
Tablo 6. Thornthwaite Yöntemine göre Akçaabat ilçesinin iklimi (Enlem: 41, Boylam: 40)	59
Tablo 7. Thornthwaite Yöntemine göre Düzköy ilçesinin iklimi (Enlem: 40, Boylam : 40)	60
Tablo 8. Toprak örnekleri koordinat listesi.....	81
Tablo 9. Toprak erodibilite faktörü K değerleri sınıflandırılması	83
Tablo 10. Arazi örtü sınıflarına göre CORINE C faktör değerleri.	87
Tablo 11. Su örnekleme noktaları koordinat bilgileri.	94
Tablo 12. Tuzluluk değerlerine göre su sınıflandırılması	99
Tablo 13. Toplam çözünmüş katı madde miktarına göre su sınıflandırılması	100
Tablo 14. Su kalite özellikleri ölçüm sonuçları kayıt tablosu.....	104
Tablo 15. AHP ikili karşılaştırma ölçeği	113
Tablo 16. Nehirden uzaklığa göre sel risk durumları.....	117
Tablo 17. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	127
Tablo 18. Örnekleme noktalarına göre R ($\text{MJha}^{-1}\text{yıl}^{-1}\text{mm saat}^{-1}$) değerlerinin dağılımı	131
Tablo 19. RUSLE-R değişkeninin Söğütlü deresi yağış havzasındaki oransal değişimi.....	132
Tablo 20. Örnekleme noktalarına göre K ($\text{tha saat ha}^{-1}\text{MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$) değerlerinin dağılımı	135
Tablo 21. RUSLE-K değişkeninin Söğütlü deresi havzasındaki oransal değişimi	136
Tablo 22. Örnekleme noktalarına göre LS değerlerinin dağılımı	138
Tablo 23. RUSLE-LS değişkeninin Söğütlü deresi havzasındaki oransal değişimi ..	139
Tablo 24. Örnekleme noktalarına göre C değerlerinin dağılımı	144

Tablo 25. RUSLE-C değişkeninin Söğütlü deresi yağış havzasındaki oransal değişimi.....	145
Tablo 26. Söğütlü deresi yağış havzasındaki toprak kaybının oransal değişimi	146
Tablo 27. Örnekleme noktalarına göre erozyon (tonha ⁻¹ yıl ⁻¹) miktarlarının dağılımı	147
Tablo 28. Örnekleme noktalarında arazi örtüsüne göre birim alana düşen toprak kayıp miktarları.....	150
Tablo 29. SİO değişkeninin Söğütlü deresi yağış havzasındaki oransal değişimi.....	151
Tablo 30. Söğütlü deresi havzasına ait toprak kaybı ve sediment miktarı.....	152
Tablo 31. RUSLE parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin örnekleme noktalarına göre betimleyici istatistikleri	154
Tablo 32. RUSLE parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin arazi kullanım durumuna göre betimleyici istatistik	155
Tablo 33. Söğütlü deresi RUSLE parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin korelasyon matrisi.....	156
Tablo 34. RUSLE parametreleri ve toprak kaybı miktarının arazi kullanım durumuna göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi.....	156
Tablo 35. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-R değerleri duncan testi.....	157
Tablo 36. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-K değerleri duncan testi.....	157
Tablo 37. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-LS değerleri duncan testi.....	158
Tablo 38. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-C değerleri duncan testi.....	158
Tablo 39. Arazi kullanım durumuna göre toprak kaybı değerleri duncan testi	159
Tablo 40. Su örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri (°C).....	160
Tablo 41. Su örnekleme noktalarına ait pH değerleri	162
Tablo 42. Su örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (µS/cm)	164
Tablo 43. Su örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri (mg/l)	165
Tablo 44. Su örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri (mg/l)	167
Tablo 45. Su örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri (ppt)	169
Tablo 46. Su örnekleme noktalarına ait AKM değerleri (mg/l)	170
Tablo 47. Söğütlü deresi su kalite parametreleri örnekleme noktalarına göre korelasyon matrisi.....	173
Tablo 48. Söğütlü deresi havzası mevsime göre betimleyici istatistik	174
Tablo 49. Su kalite parametreleri mevsime göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi.....	175
Tablo 50. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre sıcaklık değerleri duncan testi...	176
Tablo 51. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre pH değerleri duncan testi	176

Tablo 52. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre elektriksel iletkenlik değerleri duncan testi	177
Tablo 53. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre çözünmüş oksijen değerleri duncan testi	177
Tablo 54. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre toplam çözünmüş katı madde değerleri duncan testi.....	178
Tablo 55. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre tuzluluk değerleri duncan testi .	178
Tablo 56 . Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre askıda katı madde duncan testi	179
Tablo 57. Su kalite parametreleri aylara göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi.....	179
Tablo 58. Su örnekleme noktalarına göre oluşturulan alt havzaların arazi kullanım değerleri	199
Tablo 59. Su kalite parametreleri örnekleme noktaları arazi kullanım durumuna göre betimleyici istatistik.....	201
Tablo 60. Söğütlü deresi su kalite parametreleri örnekleme noktaları arazi kullanım durumuna göre korelasyon matrisi	202
Tablo 61. Arazi kullanım durumuna göre varyans analizi.....	203
Tablo 62. Arazi kullanım durumuna göre sıcaklık değerleri duncan testi	204
Tablo 63. Arazi kullanım durumuna göre pH değerleri duncan testi.....	205
Tablo 64. Arazi kullanım durumuna göre Eİ değerleri duncan testi.....	205
Tablo 65. Arazi kullanım durumuna göre ÇO değerleri duncan testi.....	206
Tablo 66. Arazi kullanım durumuna göre TDS değerleri duncan testi	207
Tablo 67. Arazi kullanım durumuna göre tuzluluk değerleri duncan testi	207
Tablo 68. Arazi kullanım durumuna göre askıda katı madde değerleri duncan testi.	208
Tablo 69. Su örneklerindeki askıda katı madde içerisinde karbon ve azot değerleri (%)	209
Tablo 70. Örnekleme noktasına ait karbon, azot, debi ve AKM korelasyon analizi .	210
Tablo 71. Söğütlü deresi havzasına ait tahmin edilen ve ölçülen sediment miktarları.....	211
Tablo 72. AHP yönteminde önem derecesine göre ikili karşılaştırma	221
Tablo 73. Parametreler için elde edilen ağırlıklar	222
Tablo 74. Karşılaştırma Matrisi	222
Tablo 75. Sütun toplamaları 1 olan karşılaştırma matrisi.....	222
Tablo 76. Bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin örnekleme noktalarına göre betimleyici istatistik.....	225
Tablo 77. Bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin sel risk sınıflarına göre betimleyici istatistik.....	226

Tablo 78. Söğütlü deresi bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin korelasyon matrisi.....	227
Tablo 79. Söğütlü deresi bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybına ilişkin sel risk varyans analizi sonuçları.....	228
Tablo 80. Sel risk sınıflarına göre yağış değerleri duncan testi	228
Tablo 81. Sel risk sınıflarına göre yükselti değerleri duncan testi.....	229
Tablo 82. Sel risk sınıflarına göre arazi kullanım değerleri duncan testi	229
Tablo 83. Sel risk sınıflarına göre eğim değerleri duncan testi.....	230
Tablo 84. Sel risk sınıflarına göre toprak türü değerleri duncan testi.....	230
Tablo 85. Sel risk sınıflarına göre toprak kaybı değerleri duncan testi	231
Tablo 86. Söğütlü deresi yağış havzası hipsometrik eğri tablosu (100'lük sisteme göre).....	233
Tablo 87. Söğütlü deresi yağış havzası hipsometrik eğri tablosu (1'lik sisteme göre).....	234
Tablo 88. Söğütlü deresi yağış havzasının dere sırası ve dere sayısı	237
Tablo 89. Bir atmosferik basınçta, saf sudaki oksijenin sıcaklığa bağlı çözünürlüğü	280
Tablo 90. Saf sudaki oksijenin yükseltiye bağlı çözünürlüğü	281

SEMBOLLER DİZİNİ

AGNPS	: Tarımsal Noktasal Olmayan Kaynaklı Kirlilik Modeli
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
AKM	: Askıda Katı Madde
ANSWERS	: Alansal Noktasal Olmayan Kaynak Havza Çevresi Müdahale Simülasyonu
C	: Karbon
Ca ²⁺	: Kalsiyum
Cl ⁻	: Klorür İyonu
CO ₃ ²⁻	: Karbonat İyonu
CORINE	: Arazi örtüsü/kullanımı verisi
Cu	: Bakır
Cr	: Krom
ÇEM	: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
ÇO	: Çözülmüş Oksijen
DEM / SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
DOKAP	: Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EEA	: European Environment Agency.
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
ELECTRE	: Uyum Yöntemi
EPA	: United States Environmental Protection Agency
EUROSEM	: Avrupa Toprak Erozyon Modeli
FAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
GIS / CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
H ⁺	: Hidrojen iyonu
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat İyonu
HES	: Hidroelektrik Santral
IDW	: Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği
K ⁺	: Potasyum

LISEM	: Limburg Toprak Erozyon Modeli
N	: Azot
Na ⁺	: Sodyum
MCE / MCDA	: Çok Kriterli Değerlendirme
Mg ₂ ⁺	: Magnezyum
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MUSLE	: Modifiye Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OH ⁻	: Hidroksit iyonu
OWA	: Sıralı Ağırlıklı Ortalama
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
RUSLE / YETKE	: Revize Evrensel Toprak Kaybı Denklemi
SAW	: Basit Ağırlıklı Toplam Yöntemi
SEMMED	: Akdeniz Bölgeleri için Toprak Erozyon Modeli
SI	: Uluslararası Birim Sistemi
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SO ₄ ⁻²	: Sülfat İyonu
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İstatistik programı)
SWAT	: Toprak ve Su Değerlendirme Aracı
SWRRB	: Kırsal Havzalarda Su Kaynakları Simülatörü
TİÇDR	: Trabzon İl Çevre Durum Raporu
TDS	: Toplam Çözülmüş Katı Madde
TGM	: Toprak Genel Müdürlüğü
TİR	: Trabzon İl Raporu
TN	: Toplam Azot
TP	: Toplam Fosfor
TOBM	: Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü
TOPSIS	: İdeal Nokta Yöntemi
TUBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UNCCD	: Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi

UNDRR	: Human cost of disasters: An overview of the last 20 years 2000-2019
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
USLE / ETKE	: Evrensel Toprak Kaybı Denklemi
SDR / SİO	: Sediment İletim Oranı
WEPP	: Su Erozyonu Tahmin Projesi
WPM	: Ağırlıklı Çarpım Yöntemi
Zn	: Çinko



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Toprak, yeryüzünde önemli ve gerekli doğal kaynaklardan bir tanesidir. Toprak, canlılar için yaşam ortamıdır. Toprağın insanların yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamasının yanında ekonomik, sosyal ve çevresel değerler içermektedir. Yerkürede yaşamın devamlılığı toprağın varlığı, kalitesi ve sürekliliğinin sağlanmasına bağlıdır (Çepel, 1988; Balcı, 1996; Özdemir ve Tatar, 2016).

Tarih boyunca yerkürede bulunan kayaçlar fiziksel ve kimyasal etmenlerle parçalanmış ve günümüzdeki toprak yapısını oluşturmuşlardır. Toprak oluşumu günümüzde de devam etmekte ve sürdürülebilirliğini sağlamaktadır (Çepel, 1988; Balcı, 1996; Özdemir ve Tatar, 2016). Ancak toprağın yapısını ve sürekliliği tehdit eden bir takım etmenler bulunmaktadır. Bu etmenlerin başında toprak erozyonu gelmektedir (Prasannakumar vd., 2011; Özşahin, 2016). Toprak erozyonu rüzgar, buzul, su, yerçekimi gibi eroziv etmenlerin etkisiyle toprak parçacıklarını bulundukları ortamdan (on-site) alınıp, taşınıp başka bir yere biriktirilmesi (off-site) olayına denilmektedir. (Özdemir ve Tatar, 2016; Khassaf ve Rammahi, 2018; Nijimbere ve Lizana, 2019; Fayas vd. 2019). Toprak erozyonu hem olduğu (on-site) hem de biriktiği yerlerde (off-site) çevresel bozulmalara sebep olmaktadır. Bu nedenle toprak erozyonu, dünya çapında toprağın bozulmasına, suyun kalitesine, tarımsal üretime ve canlıların devamlılığı için çevreye çok ciddi zararlar veren küresel bir problem olarak ortaya çıkmaktadır (Tosic vd., 2011; Zhang vd., 2011; Tosic vd., 2013; Prasannakumar vd., 2011; Kumar vd., 2019).

Toprak erozyonu doğal faktör olan su, rüzgar, buzul gibi eroziv etmenler tarafından toprak parçalarının taşınmasını sağlayan doğal bir süreçtir (Fayas vd., 2019). Bu erozyonun oluşumuyla verimli delta ovalarımız oluşmaktadır. Fakat bu erozyona antropojenik faktör olan orman ve mera alanlarının tarımsal alanlara dönüştürülmesi, eğimli arazilerde tarlaları eğim doğrultusunda sürülmesi, ürünleri nöbetleşe ekmek, anız örtüsünü yakmak gibi yanlış arazi kullanımı faaliyetleri, bilinçsiz otlatma veya yanlış mera kullanımı, madencilik faaliyetleri, sanayileşme gibi insan faaliyetlerinden sonra arazide olması gereken erozyon miktarından fazla erozyon meydana gelmektedir (İbrahim vd., 2012; Ganasri ve Ramesh, 2015; Mir vd., 2015; Özdemir ve Tatar, 2016; Nijimbere ve Lizana, 2019; Karamage vd.,

2016). Bu nedenle doğal bir süreç olan toprak erozyonu, insan faaliyetleriyle büyük ölçüde hızlandırılmaktadır (Tosic vd., 2013; Özşahin, 2016; Nijimbere ve Lizana, 2019).

Yirminci yüzyılın başlarından itibaren insanların doğal kaynaklara baskısının artmasıyla erozyon miktarı artmış ve yaşamsal ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden olmuştur (Lu et al., 2001). En önemli nedenlerinden bir tanesi insan popülasyonu artmış ve arazilerden aşırı kullanımı gündeme gelmiştir (Ahmadi, 1999). Nüfusun hızla artması ve ekonomik gelişmeyle birlikte toprak erozyonu daha da şiddetli hale gelmektedir (Zhang vd., 2011). Bunlara ek olarak, iklim değişikliği yağış yoğunluğunda ve yağışlarda meydana gelen değişimler de erozyon potansiyeline katkıda bulunmaktadır (Fayas vd., 2019). Toprak erozyonu, sosyo-ekonomik, doğal kaynaklar ve çevrenin sürdürülebilir gelişimini ciddi şekilde tehdit eden dünya çapındaki çevresel felaketlerden biri olmuştur. Toprak erozyonu nedeniyle toprak kalitesinin düşmesi doğal, tarımsal ve orman ekosistemlerinin üretkenliğini oldukça etkilemektedir (Zhang vd., 2011).

Toprak erozyonu eğim, yamaç uzunluğu, bakı, yağış, toprak türü, toprağın organik madde yüzdesi, toprak parçacıklarının boyut bileşimi, toprak geçirgenliği gibi toprak özelliklerine, suyun aşındırma gücüne, toprak üzerini kaplayan bitki örtüsü gibi toprak yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır (Ganasri ve Ramesh, 2015; Mir vd., 2015). Rüzgar, su ve yerçekimi gibi eroziv etmenlerden kaynaklanan erozyonun şiddeti bu faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Mir vd., 2015; Karamage vd., 2016). Toprak erozyonu özellikle yüksek eğimli, uzun kurak periyotlardan sonra yüksek miktarda yağışın yağması gibi iklim etkenleri, uygun olmayan arazi kullanımı ve toprak üstünde koruyucu bir tabakanın olmadığı alanlarda artmaktadır (Ganasri ve Ramesh, 2015; Özşahin, 2016; Karamage vd., 2016; Özdemir ve Tatar, 2016). Bitki örtüsünün değiştirilmesi, toprak erozyonunun yoğunluğunu etkileyen ana faktörlerden bir tanesidir (Jamshidi vd., 2012; Mir vd., 2015; Özşahin, 2016). Arazi yüzeyinin bitki örtüsü bakımından yoğunluğu toprak yüzeyinin erozyona uğramasını önlemede büyük önem taşımaktadır. Özellikle bitki örtüsünün orman ve mera olduğu alanlarda bitkilerin kökleriyle toprağı tutması toprağın yağmur damlalarının etkisiyle parçalanıp yüzeysel akışla taşınmasını büyük ölçüde engellemektedir (Özdemir ve Tatar, 2016; Özşahin, 2016). İnsan faaliyetleriyle, özellikle dik yamaçlarda toprak erozyon sürecini daha da kötüleştirir. Orman ve mera alanları genellikle eğimin yüksek olduğu alanlarda bulunmaktadır. Orman ve mera alanları, tarım ve diğer faaliyetler için dönüştürüldüklerinde, toprak erozyonu ve besin maddesi bozulumu açısından yüksek risklerle karşı karşıyadır (Mir vd., 2015; Karamage vd., 2016).

Toprak erozyonunun arazi üzerinde iki türlü olumsuz etkisinden söz edebiliriz. İlk olanı saha içi etkisi olan toprağın parçalandığı yere verdiği etkidir. Bu etkide, toprak erozyonu ile birlikte besin elementi açısından zengin olan kil, toz gibi ince boyutlu materyalleri barındıran üst topraklar taşınır (Mir vd., 2015; Kumar vd., 2019). Geçirimsiz, toprak derinliği az, organik madde içeriği düşük, bitki besin elementinden yoksun alt toprak tabakası ortaya çıkar (Prasannakumar vd., 2011; Fayas vd., 2019). Toprak erozyonu ile birlikte toprak agregatlarında bulunan çeşitli mineraller ve organik madde de taşınmakta, toprakların verimliliği azalmaktadır (Mir vd., 2015; ÇEM, 2021). Bulunduğu yerde başka bir etkisi ise üst toprağın taşınması alanın su tutma kapasitesini de azaltarak bitkilerin faydalanabilir su kapasitesini azaltır (Ganasri ve Ramesh, 2015; Mir vd., 2015). Toprağın su tutma kapasitesinin azalmasıyla yağın yağışın toprak tarafından tutulamayıp yüzeysel akışa geçmesine neden olur. Yüzeysel akışa geçen su ince bir üst kara akışı ile olukları oluşturur (Foster ve Meyer 1977; Görcelioglu, E., 2003). Bu oluklar da birleşerek toprağa zarar veren geri dönüşü çok zor olan büyük kanallar şeklinde oyuntu erozyonuna dönüşürler (Khassaf ve Rammahi, 2018). Arazi yapısının bozulmasına neden olur. Ayrıca toprak erozyonunun tarım arazileri üzerinde, özellikle toprak besinleri ile verimli toprak kaybı üzerinde olumsuz etkileri vardır (Kumar ve Das, 2010; Conforti vd., 2011; Lopez-vicente vd., 2011). Çalışma alanındaki insanların sosyo-ekonomik durumunu etkiler (Kumar vd., 2019). Toprak erozyonunun verdiği ikinci etkisi ise saha dışı etkisidir. Yani toprağın taşındığı ve biriktiği yerdeki etkidir. Toprak partikülünün ayrılması ve nehir kanalına taşınması, toprak erozyonunun başlıca zorlu saha dışı etkileridir. Erozyonun temel sorunları toprak erozyonu nedeniyle yeraltı ve yüzey suyu kirliliğidir (Kumar vd., 2019). Yüzeysel akışla derelere giden toprak parçacıkları dereleri kirletir ve taşınan sediment ile birlikte barajlar ekonomik ömürlerinden önce dolar, sel ve taşkınların meydana gelmesiyle can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır (Khassaf ve Rammahi, 2018). Erozyon süreçleri ile toprak parçacıkları göletlerin ve nehrin depolama kapasitesini azaltır (Yueqing vd., 2011; Shinde vd.2011; Prasannakumar vd., 2011). Derelerin daha sık olmasına etki eder. Bu nedenle erozyon arazi bozunumu ve doğal kaynak yönetiminde büyük bir sorundur (Fangmeier, vd., 2006).

Toprakların bozulmasının engellenmesi, doğal kaynakların gelecek nesillere aktararak sürdürülebilirliğin ve gıda güvenliğinin sağlanması için toprak erozyonu ile mücadele edilmesi gerekmektedir (TEMA, 2021).

Dünya İzleme Enstitüsü'nün öngörülerine göre, anakaralar her yıl 24 milyar ton verimli üst toprak kaybetmektedir. Dakikada 10 hektar alan arazi bozunumuna uğramaktadır. Toprak bozunumuna etki eden ana etmenlerin başında su ve rüzgar erozyonu gelmektedir (TEMA, 2021). Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) verilerine göre Dünya genelinde her yıl 1,5 milyar insan toprak bozunumundan etkilenmektedir (TEMA, 2021).

Ülkemizde doğal bir süreç olan toprak erozyonu doğal kaynaklar üzerindeki artan insan etkisi ve yanlış arazi kullanımı sonucunda tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Balcı, 1996; Çepel, 1996).

Türkiye’de yılda erozyonla taşınan toprak miktarı 500 milyon ton iken 2018 yılında 154 milyon tona indirilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre 154 milyon ton toprak akarsularımız tarafından taşınmaktadır. Bu da hektarda yılda yaklaşık 2 ton toprağın akarsular tarafından taşınması anlamına gelmektedir (ÇEM, 2022). Türkiye’de 1946 yılından itibaren 2017 yılı sonuna kadar 9.360.000 ha alanda ağaçlandırma, erozyon kontrolü, bozuk orman alanlarının rehabilitasyonu, mera ıslahı, enerji ormanı tesisi, suni gençleştirme ve özel ağaçlandırma çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların 1.450.000 ha erozyon kontrolü çalışmasıdır ve yapılan diğer çalışmalar dolaylı olarak erozyonu önlemeye katkı sağlamıştır. Böylece 2023 yılında toprak kayıplarının 130 milyon ton/yıla indirilmesi hedeflenmektedir (ÇEM, 2022).

Türkiye erozyonla mücadelede dünya liderleri arasında yer alan, orman alanını artıran ender ülkelerden biridir. 2008-2012 yıllarını kapsayan “Milli Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı” hazırlanmış, beş yılda 2 milyon 429 bin hektar alanda ağaçlandırma, erozyonla mücadele ve ormanların iyileştirilmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde meydana gelen toprak kayıplarının değişiklik göstermesinde %14,26 yağış, %3,36 toprak, %47,55 topografya, %34,82 bitki örtüsü etkili olmaktadır. Ülkemizde erozyonu en çok etkileyen etmenler arasında insan faaliyetlerinden dolayı bitki örtüsü tahribi ile doğal dengenin bozulması ve topoğrafik etkenlerden eğim gelmektedir. Ülkemizin %59’u %12’den fazla eğimli alanlardan oluşmaktadır. Bu alanların %11,5’inde şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülmektedir. Ülkemiz yüzölçümünün %60,28’sinde çok hafif, %19,13’ünde hafif, %7,93’ünde orta, %5,97’sinde şiddetli ve %6,7’sinde çok şiddetli olarak dağılım göstermektedir. Arazi kullanımı açısından değerlendirdiğimizde ülkemizde yer değiştiren toprağın %38,71’i tarım

alanlarında, %4,17'si orman alanlarında ve %53,66'sı mera alanlarında meydana gelmektedir (ÇEM, 2022). Ülkemizde erozyonun asıl kaynağı tarım ve mera alanları olarak görülmektedir.

Dünyanın çeşitli yerlerinde ve ülkemizde toprak erozyonuna neden olan en büyük etken yağış yani sudur (Khassaf ve Rammahi, 2018; Fayas vd., 2019; Kumar, vd., 2019). Ülkemizde her yıl maksimum 642 milyon ton toprak su erozyonu sonucu harekete geçmektedir. Ortalama hektarda 8,24 ton toprak her yıl su erozyonu sonucu yer değiştirmektedir. Bu miktarı ülkemiz yüzölçümüne göre sınıflandıracak olursak sırasıyla %60,28'sinde çok hafif, %19,13'ünde hafif, %7,93'ünde orta, %5,97'sinde şiddetli ve %6,7'sinde çok şiddetli olarak dağılım göstermektedir (ÇEM, 2022).

Çeşitli insan faaliyetleriyle bitki örtüsünün kaldırıldığı veya zayıflatıldığı alanlarda zemin yüzeyinin doğrudan yağmur suyuna maruz kalmasına ve erozyon sürecinin daha da kötüleşmesine neden olur (İbrahim vd., 2012). Aşınmış toprak ile yağmur suyu nehir suyuna girerek sularda bulanıklık meydana getirecektir. Uygun önlemler alınmazsa ve yüzeysel akış ve toprak erozyonu devam ederse askıda katı madde derelerde çökerek dereleri sığlaştırmaktadır (Kumar vd., 2019). Ayrıca, nehirde askıdaki katı madde miktarı arttıkça havza alanında nehir suyu kalitesinin de bozulmasına neden olacaktır (Prasannakumar vd., 2011; İbrahim vd., 2012).

Suyun kalitesi suyun fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Su kalitesi, insan sağlığı, yaban hayatı ekolojisi, orman ekolojisi, sularda yaşayan balık faunası veya mikro ve makro fauna için önemli bir parametredir. Su kalitesinin iyi ya da kötü oluşu türlerin bileşimini, popülasyonunu, üremelerini ve sucul türlerin fizyolojik durumlarını etkilemektedir (Li ve Migliaccio, 2011; Atasoy, 2012).

Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1 652 m³, 2009 yılında 1 544 m³, 2020 yılında ise 1 346 m³ olmuştur. Türkiye, kişi başına kullanılabilir su potansiyeline bakıldığında, su baskısı yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır (DSİ, 2022). Ülkemiz su azlığı çeken bir ülke olmasına rağmen aynı zamanda suyun kalitesi de önemlidir. Su kirliliğini başlıca nedenlerinden bir tanesi artan insan nüfusu ile ilişkili uygun olmayan arazi kullanımından kaynaklanmaktadır (Issaka ve Ashraf 2017; Bossio vd., 2010). Bir yağış havzasında su kalitesi üzerinde arazi kullanım durumu (tarım, orman, mera vb.), toprak özellikleri, sanayileşme, kanalizasyon ve deterjan atıkları, dereler üzerine yapılan çeşitli tesisler (Hidroelektrik santralleri vb.), madencilik faaliyetleri etkili olmaktadır (Mir vd., 2015; Tahiru vd., 2020). Bu faaliyetlerin olduğu alanlarda bitki

örtüsü kaldırılarak toprağın çevreden gelen etkenlere karşı dayanıklılığı azalır ve toprak daha çabuk erozyona uğrar (Tahiru vd., 2020). Bunun sonucunda derelerde sediment miktarı artar ve su kalitesinin bozulmasına sebep olur. Derelere ulaşan su kalitesinin önemli fiziksel parametrelerinden olan toprak parçacıklarından kaynaklı genel olarak kil, toz gibi ince boyutlu materyalleri barındıran askıdaki katı madde miktarında önemli değişimler meydana gelmektedir (Lee ve Lee, 2010; Tahiru vd., 2020). Sediment parçacıkları su kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır (Lopez vd., 1996). Yüzeysel akışla derelere giden erozyondan kaynaklı toprak parçacıkları derelerde bulanıklığı artırırlar. Bu parçacıklar aynı zamanda bünyelerinde karbon, azot, fosfor gibi besin elementlerini de bulundurmaktadır. Bu besinler toprakla birlikte derelere ulaştıklarında algler gibi su organizmalarının büyümesini ve çoğalmasını artırır. Tarımsal faaliyetlerde uygunsuz olarak kullanılan kimyasalların, pestisitlerin ve gübreler, dere kenarlarında yakılan çalılar göl, nehir vb. alanlardaki su ve sedimentteki azot ve fosfor gibi besin elementlerinin içeriğini artırmaktadır (Mir vd., 2015). Yapılan bu uygulamalar göl, dere, baraj ve denizlerde ötrofikasyona ve yüksek besin yüküne neden olarak su kalitesini etkilemektedir (Prasannakumar vd., 2011; Mir vd., 2015, Karamage vd., 2016, Tahiru vd., 2020). Yaşanan bu durum, göl, nehir, baraj ve deniz sisteminin ekolojik, biyolojik ve hidrolojik işlevlerini önemli ölçüde etkilemektedir (Mir vd., 2015). Su kalitesinin düşmesi ve besin zenginleştirilmesi ile bağlantılı olarak sucul canlılar ve ekosistem zarar görerek biyolojik bütünlük kaybına neden olacaktır (Sigua ve Tweedale, 2003; Demirak vd., 2012).

Toprak erozyonu ve besin kayıpları, özellikle kentleşme ve tarımsal faaliyetler de dahil olmak üzere kalkınma için yoğun arazi kullanımının yapıldığı bölgelerde dünyada ve Türkiye’de son yıllarda önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Gelişimin çevreye duyarlı alanları tahrip etmesi, hızlanan toprak erozyonu, su kirliliği ile su kalitesinin bozulması, sedimentasyon ve bunlara bağlı olarak bir havzada sel riskini arttırmaktadır (Mir vd., 2015; Karamage vd., 2016; Tahiru vd., 2020). Çeşitli arazi faaliyetleriyle toprak erozyonuyla yok olan verimli üst toprak yapısı kaybolmaktadır. Geriye sadece verimsiz su tutma kapasitesi düşük toprak yapısı kalmaktadır. Havza da bitki örtüsünün olmadığı su tutma kapasitesinin yüksek üst toprak yapısının kaybolduğu alanlarda yoğun yağışlardan sonra arazi bünyesinde suyu tutamaz ve yağışın çok yüksek bir miktarı yüzeysel akışa geçer. Yüzeysel akışla birlikte derelerde birleşerek yoğun dere akımını meydana getirirler ve dere yatağına sığmayarak sel ve taşkın olaylarını oluştururlar.

Sel, dünyada sıklıkla meydana gelen en baskın doğal tehlikelerden biridir (Nijoku vd., 2018). Bu doğal hidrolojik olay sosyo-ekonomik yapıya zarar vermekte can ve mal kaybına neden olmaktadır. Su baskını olaylarının sayısının ve sosyal ve ekonomik zararlarının artması nedeniyle seller doğal afetler arasında önemli bir role sahiptir (Papaioannou vd., 2015). Sel felaketinin toplum üzerindeki etkileri ve sürdürülebilir kalkınma üzerine etkisi son zamanlarda çok büyüktür. Aşırı yağışlarla birlikte artan iklim değişikliği ile yıkıcı etkisi insanlara ve çevreye geri dönüşü zor olan zararlar vermektedir (Nijoku vd., 2018).

Nehir havzalarında şiddetli yağış, bahar mevsiminde eriyen kar, yetersiz drenaj ağları, ana drenaj kanallarından taşan su, orman ve mera gibi doğal bitki örtüsünün, sulak alanların yerleşim yerlerine ve tarım arazilerine dönüşümü, baraj yapılarında meydana gelen arızalar sellerin, temel nedenleridir. Bunlara ek olarak son zamanlarda iklim değişikliği durumu daha da kötüleştirmiş ve sellerin sıklığını artırmıştır (Moazzam vd., 2018; Ahmad vd., 2020). Hızlı kentleşme sürecinde arazi kullanım değişiklikleri, yollar ve evler gibi geçirimsiz alanlarda artışlara ve kentsel doğal bitki örtüsü ve nehir ağlarında azalmalara neden olmaktadır. Kentleşme süreci, kentsel drenaj kapasitesinde bir düşüşe yol açar. Yoğun yağışlardan sonra, toprak tabakasının infiltrasyonu ve perkolasyonu azalırken konsantrasyon süresi kısalarak yüzeysel akış artar (Zhang ve Chen, 2019). Aynı anda aynı dereye gelen su nehir yatağına sığmayarak selleri meydana getirir. Bu da çevreye geri dönüşü olmayan can ve mal kaybına neden olmaktadır. Böylece İnsan yaşamına ve ekonomiye ağır zararlar verir (Moazzam vd., 2018).

Sel, ekonomik can kaybına neden olan en yaygın doğal afetlerden biridir. Sel, dünyada ve Türkiye’de evrensel bir sorundur (Oğuz vd., 2016). Sel, küresel ısınmayla birlikte artış göstermiştir. İnsan aktivitelerinden dolayı karbondioksit gibi sera gazları yaymaya devam ederek dünya ısınmaya devam etmektedir. Isınma, atmosferde, okyanuslarda, yükselen su seviyeleri ve eriyen buzlarla birlikte görülmektedir (Nijoku vd., 2018).

Seller, çok geniş bir alanı etkileyen en yaygın ve yıkıcı doğal afetlerdir (Dilley, 2005). Dünya topraklarının 1/3’ünün (nüfusun %82’si) sele eğilimli olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada 90’dan fazla ülke felaketli sellere karşı savunmasız durumdadır. Dünya genelinde 1.65 milyar insan 2000-2019 yılları arasında sel felaketlerinden etkilenmiş ve 104 bin 614 insan sel nedeniyle hayatını kaybetmiştir (UNDRR, 2019). Uzun süreli şiddetli yağışlar, karların erimesi, iklim değişikliği, drenajların tıkanması ve özellikle

kentsel alanlarda nüfus artışı sel felaketinin en önemli tetikleyici etmenlerdir (Adeoye vd., 2009).

Türkiye’de sellere genellikle bitki örtüsünden yoksun toprak bozulumu olan yerlerde şiddetli yağışlar neden olmaktadır. Bu da bazen kar erimesiyle birleşerek ülkenin büyük nehirlerinde yüksek sellere neden olur (Görcelioglu, 2003; Avcı, ve Sunkar, 2018; Ahmad vd., 2020).

Ülkemizde 574 mm olan yıllık yağış ortalaması Doğu Karadeniz Bölgesinde 1009,19 mm’dir (Coşkun vd, 2017; MGM, 2021). Türkiye ortalamasının oldukça üzerindeki bu yağış değerleri, bölgemizde yüksek eğimli topografya, vadi yamaçlarında ve dere yataklarındaki plansız yapılaşma, yetersiz altyapı çalışmaları ve hatalı tarımsal uygulamalar ile sel, taşkın ve heyelan şeklindeki afetler yaşanmaktadır. Doğal afetlerin yaşanmasıyla çok büyük maddi kayıplar meydana gelir ve yerel halkın can kayıplarına sebebiyet verir. Ülkemizde son otuz beş yılda yaşanan taşkınlarda 606 can kaybı meydana gelmiştir. Bu can kayıplarının 224’ü ise Trabzon, Gümüşhane, Rize, Bayburt ve Giresun sınırları içerisinde yaşanmıştır (ÇOB, 2008). 1990 yılında yaşanan sel felaketi, Trabzon’da bugüne kadar meydana gelen en büyük felaket olarak ifade edilmiştir. Sel felaketi Trabzon Merkez, Maçka, Akçaabat, Vakfikebir, Çarşıbaşı ve Tonya ilçeleri ile bu ilçelere bağlı 12’si kasaba, 266’sı köy, toplam 278 yerleşim alanını etkilemiştir (URL-1). Ülkemizde sellerde can ve mal kaybının artıran en önemli etkenler insanların sahil şeridi, nehir vadileri veya taşkın yatakları gibi sele karşı savunmasız alanlarına yerleşme istekleridir. Sel yatağı olan alanlarda arazi ve konut edinmenin daha ucuz olması, dolayısıyla bu tür yüksek riskli alanlarda arazi ve konut alınmasını daha da kolaylaştırmaktadır (Görcelioglu, 2003; Dölek ve Avcı, 2017; Nijoku vd., 2018).

Toprak erozyonuna bağlı olarak arazi yapısını ve su kalitesinin bozulması, sel riskinin artması dünyada ve Türkiye’de oldukça önemli mekânsal-zamansal olaylardır. Toprak erozyonu ile birlikte toprak verimliliği düşmekte, yüzeysel akışla toprak parçaları sediment olarak derelere taşınmakta ve su kalitesi bozulmaktadır. Bu durum sucul ekosisteme önemli zararlar vermektedir. Aynı zamanda derelerde eğimin azaldığı yerlerde birikerek dere yatağının sığlaşmasına sebep olur ve bu alanlarda sel riski artar. Toprağın su tutma kapasitesinin azaldığı alanlarda yoğun yağışlardan sonra yağmur suyu yüzeysel akışa geçer. Yüzeysel akışa geçen ve bünyesinde yüklü miktarda askıda katı madde taşıyan su bitki örtüsünden yoksun eğimin yüksek olduğu alanlarda kanallar şeklinde derelere ulaşır. Derelerde dere yatağına sığmayan su selleri meydana getirerek yüksek miktarda can ve mal

kaybına sebep olur. Toprak erozyonu, dünya çapında toprak bozulmasına, su kirliliğine ve buna bağlı olarak sellerin artmasına neden olan ciddi bir evre sorunudur. Bir yağış havzasında toprak erozyon miktarının, sel riskinin ve toprak erozyonunun su kalitesi üzerine nasıl bir etkisinin olduğunun belirlenmesi, toprak yapısının sürdürebilirliği, arazi yapısının devamlılığı, su kalitesinin sağlanması ve doğal afetlere engel olunarak can ve mal kaybının önlenmesi bakımından önem arz etmektedir. Buna göre gerekli önlemlerin alınıp toprak yapısının, insanların can ve mal kaybının korunması ve toprağın srdrebilirliğin sağlanması gerekmektedir.



1.2. Literatür Özeti

Toprak, organik ve mineral materyallerden oluşan ve üzerinde karasal bitkilerin yetiştiği, yerkürenin yüzeyinde yer alan doğal bir ortamdır (Balcı, 1996). Toprak canlılar için yaşam kaynağıdır. Toprak canlılar ve yerküre için önemli ve gerekli bir doğal kaynaktır. Canlı yaşamın devamlılığı toprağın gelecek yıllara aktarılmasına bağlıdır. Toprak oluşumunu yağış, sıcaklık gibi iklim elemanları, eğim ve yükseklik gibi topoğrafya elemanları, organizma, ana materyal ve zaman gibi çevre koşulları etkilemektedir. 10-15cm kalınlığındaki bir toprağın oluşabilmesi için yaklaşık olarak 8-10 bin yılın geçmesi gerekmektedir (Balcı, 1996). Zor koşullar altında uzun yıllar sonucunda oluşan toprağın korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir. Ancak toprağın yapısını ve sürekliliği tehdit eden bir takım etmenler bulunmaktadır. Bu etmenlerin başında da toprak erozyonu gelmektedir (Prasannakumar vd., 2011; Özşahin, 2016).

Toprak erozyonu rüzgar, buzul, su, yerçekimi gibi eroziv etmenlerin etkisiyle toprak parçacıklarını bulundukları ortamda parçalayıp, taşınıp başka bir yere biriktirilmesi olayına denilmektedir (Özdemir ve Tatar, 2016; Khassaf ve Rammahi, 2018; Nijimbere vd. 2019; Fayas vd. 2019). Toprak erozyonunu oluşum sürecine ve eroziv etmenlere göre oluşan toprak erozyon çeşitleri şeklinde iki bölüme ayırabiliriz. Oluşum sürecine göre toprak erozyonu normal erozyon ve hızlandırılmış erozyon olmak üzere ikiye ayrılır. Normal erozyon, arazinin insan aktiviteleri ile bozulmamış doğal çevre koşulları altında deltaların, platoların, vadilerin, ovaların, kanyonların ve sahil düzlüklerin oluşmasına neden olan jeolojik bir olaydır. Bu nedenle normal veya jeolojik erozyon, insan etkisinin olmadığı, doğal etmenlerin hakim olduğu koşullar altında meydana gelen bir erozyon tipidir. Bu erozyon tipinde bitki örtüsünün veya toprağı koruyucu bir örtünün olduğu alanlarda alt katmandaki ana materyalden oluşan yeni toprak oluşum miktarı ve hızı, yağış, rüzgar, yerçekimi gibi doğal etmenlerden dolayı taşınan toprak miktarı ve hızından fazladır (Balcı, 1996). Altta oluşan toprak miktarının, erozyonla taşınan miktardan fazla olması gerekmektedir. Doğada olması gereken bir erozyon tipidir. Bu erozyonun oluşmasında doğaya zarar verilmez. Ayrıca bu erozyon tipinde eğer toprak yüzeyinde koruyucu bir üst tabaka bulunmazsa bu gibi alanlarda toprak erozyon miktarı insan etkisiyle oluşan hızlandırılmış erozyon miktardan daha fazla olabilmektedir. Hızlandırılmış erozyon ise iklim, toprak ve vejetasyon arasında kurulmuş olan doğal dengenin insan müdahaleleri ile bozularak

ekosistemde normal hızının çok üstünde bir hızla başlayan toprak erozyonunun oluşmasına denir. Böylece insan etkisiyle özellikle toprak yüzeyinde bulunan koruyucu vejetasyon örtüsünün tahrip edilmesi veya kaldırılması ile binlerce yıl boyunca oluşmuş toprak parçası doğal eroziv kuvvetlerin etkisiyle altta yeni oluşmuş toprak hızından çok daha fazla bir hızla aşınır ve taşınır. Bu erozyon tipinde eğer gerekli önlemler alınmazsa doğaya geri dönüşü olmayan zararlar verilir. Bu nedenlerden dolayı küresel bir sorun olan toprak erozyonu toprağın devamlılığı için toprak koruma açısından önem arz etmektedir.

Toprak korumanın temel amacı tarımsal üretimin, orman alanlarının, mera alanlarının, otlatmanın, insanların refah düzeyinin iyileştirmesi için rekreasyonel aktivitenin bulunduğu alanların toprağa zarar vermeyecek şekilde maksimum seviyede kullanılması ve buralarda oluşan erozyonun toprağın sürdürülebilirliğini koruyacak şekilde miktarının azaltılmasını sağlamaktır. Çünkü erozyon doğal bir süreçtir ve önlenemez. Fakat erozyon kabul edilebilir seviyelerde azaltılabilir. Kabul edilebilir seviye yani toprak kaybı toleransı, 20-25 yıl veya daha uzun yıllar boyunca toprağın verimliliğinin ve sürdürülebilirliğin sağlanması için erozyona izin verilen maksimum miktarı olarak tanımlanır. Genellikle yıllık ortalama toprak kaybı 11 t ha^{-1} olarak kabul edilebilir fakat duyarlı alanlarda örneğin toprağın zayıf veya erodobilitenin yüksek olduğu yerlerde bu değer 2 t ha^{-1} dan düşük olmalıdır (Hudson, 1981). Toprak derinliğinin 2m'den daha derin olduğu yerlerde, alt topraklarda iyileştirme yeteneğine sahip ve ekim veriminde azalmalar önümüzdeki 50 yıl veya daha fazlası boyunca azalması olası olmayan durumlarda bazı bilim adamları tolerans miktarını $15\text{--}20 \text{ t ha}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir (Schertz, 1983).

Eroziv etmenlere göre oluşan toprak erozyonu ise su erozyonu, rüzgar erozyonu ve diğer erozyon tipleri olmak üzere üç kısma ayırabiliriz. Bu erozyon tiplerinden su erozyonu dünyada ve Türkiye'de en yaygın ve yoğun bir şekilde görülen ve en büyük arazi tahribatına neden olan doğa olayıdır. Su erozyonunu etkileyen iki temel unsur bulunmaktadır. Bunlardan ilki toprağın parçalanmasına, taşınmasına neden olan yağmur damlası, yüzeysel akış, dere akımı gibi eroziv su kuvvetleridir. İkincisi ise bu eroziv kuvvetlere karşı direnç gösteren toprağın kohezyon kuvveti, toprak gözenek hacmi, infiltrasyon, permeabilite gibi toprak özellikleridir. Bu özellikler bir alanda oluşacak toprak erozyon hızını belirler.

Su erozyonu arazide yüzey, oluk ve oyuntu erozyonu şeklinde meydana gelmektedir. Yüzey erozyonu, arazide fark edilmeyecek şekilde meydana gelir. Bu erozyona sinsi erozyon da denilmektedir. Yüzey erozyonu yeni bitki ekilmiş çıplak alanlarda veya nadas

alanlarında sık sık düzensiz dağınık bir şekilde küçük olukların oluşmasına eşlik eder. Buna oluk erozyonu denir. Oluklar, toprak işlemesiyle kaybedilebilir ama toprak kaybı meydana gelmiş ve toprak zarara uğramıştır. Yüzeysel akış oranının oldukça yüksek olduğu alanlarda, aşağı doğru oyulmayla geniş kanal şekilleri veya oyuntular oluşur. Bunlara oyuntu erozyonu denir. Oyuntular, toprak işlemesiyle engel olunamaz ve sıradan toprak işlemesi metodlarıyla uzaklaştırılmaz. Bütün erozyon tipleri ciddi olabilirken, yüzey ve oluk erozyonundaki kayıplar, çok az göze çarpmasına rağmen, arazi toprak bozunmasına en etken sebeplerden biridir.

Hızlı nüfus artışı dünyada ve ülkemizde doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı her geçen gün artırmaktadır. Doğal kaynaklar üzerindeki artan tarım, sanayileşme gibi insan faaliyetleriyle toprak, bitki örtüsü ve iklim arasındaki doğal dengenin bozulmasına sebep olur. Bunun sonucunda toprak kaybı kabul edilebilir seviyesinden çok üstünde meydana gelir (Balcı, 1996; Çepel, 1996). Bu etmenlerden dolayı meydana gelen erozyon normal erozyon oranından çok daha yüksek bir oranda ortaya çıkan hızlandırılmış erozyonu oluşturur (Kijowska - Strugala vd., 2017).

Şiddetli erozyon oranları, özellikle aşınmış ve verimsiz tarım arazilerinin yerini almak üzere ormandan tarıma dönüştürülen ve sarp arazilerde meydana gelmektedir (Karamage vd., 2016). Su erozyonunun oluşmasını önleyen önemli etkenlerden bir tanesi toprak yüzeyinde bitki örtüsü gibi koruyucu bir örtünün bulunmasıdır. Bitki örtüsünün kaldırılması veya değiştirilmesi, madencilik, ormanın tahrip edilmesi, insan kaynaklı yangınlar ve otlayan evcil hayvanlardan kaynaklanan toprağın sıkışması, toprak erozyon riskini önemli ölçüde artırır. Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu şiddetli yağış ve dik topografya gibi doğal faktörlerle birlikte, toprak erozyon oranlarını artırmaktadır (Karamage vd., 2016). Orman yangınları nedeniyle kontrolsüz ormansızlaşma, otlatma, yanlış toprak işleme yöntemleri ve bilimsel olmayan tarım uygulamaları, toprak erozyonunu hızlandıran ve akarsulara sediment akışında büyük artışlara neden olan zayıf arazi yönetimi uygulamalarından bazılarıdır (David Pimentel, 1998; Zhou ve Wu, 2008).

Hızlandırılmış erozyon yaşanması sonucunda oluşan toprak erozyonunun meydana geldiği ve biriktiği yerde çeşitli etkilere sahiptir. Bitki beslenmesi, toprak organizmaları açısından önemli olan ve organik madde içeriği yüksek olan toprak kısmının ince kesimi erozyon işlemi sırasında üst topraktan taşınır. Düşük su tutma kapasitesi ve düşük organik madde içeriği, infiltrasyon ve zayıf süzülme kapasitesine sahip verimsiz toprak yapısı ortaya çıkarır (Welde ve Gebremariam, 2017; Koralay vd., 2018; Kumar vd., 2019).

Toprak erozyonu, tarım arazilerinin verimliliğini azaltır. Verimli toprağın kaybı mahsul verimini düşürür ve sonuçta tarımsal ürünün yüksek üretim maliyetini içerir (Kumar vd., 2019).

Erozyon ile toprağın taşındığı yerlerde içme suyu kaynaklarını ve genel tarımsal verimlilik gibi çevresel hizmetleri ve ekosistemleri etkilemekte ve sosyo-ekonomik kalkınmaya olumsuz katkıda bulunmaktadır (Fayas vd., 2019). Yüksek arazi erozyonu yüzey suyunu kirletir ve çökeltme meydana geldiğinde genellikle ciddi sorunlara neden olur (Frenette ve Julien 1987; Lee ve Lee, 2010). Derelere taşınan sedimentin ana nedeni su ve toprak kaybıdır ve bu süreç potansiyel olarak su kalitesini düşürür (Fayas vd., 2019). Toprak erozyonu, aşağı havzada, dera kenarında ve nehir yatağında sedimentlerin birikmesine neden olur (Kumar vd., 2019).

Toprak erozyonu, gıda güvenliğini, toprak geçirgenliğini, su depolama alanını, yüzey suyu kalitesini, doğal güzelliği ve doğal ekolojik dengeyi tehlikeye atmaktadır (Nijimbere, ve Lizana, 2019).

20. yüzyıl boyunca toprak erozyonu miktarında artış gözlemlenmiştir (Stanley ve Pierre, 2000, Angima vd., 2003). Nüfusun hızla artması ve ekonomik gelişmeyle birlikte toprak erozyonu daha da şiddetli hale gelmektedir. Toprak erozyonu, sosyo-ekonomik, doğal kaynaklar ve çevrenin sürdürülebilir gelişimini ciddi şekilde tehdit eden dünya çapındaki çevresel felaketlerden biri olmuştur ve ciddi bir çevre sorunu haline gelmiştir. Toprak erozyonu nedeniyle toprak kalitesinin düşmesi doğal, tarımsal ve orman ekosistemlerinin üretkenliğini oldukça etkilemektedir (Zhang vd., 2011). Toprak erozyonu mekanizmasını anlamak ve toprak kaybını tahmin etmek için çok çaba sarf edilmiş ve dünya çapında birkaç deneysel (ampirik) veya sürece dayalı model inşa edilmiştir (Merritt vd., 2003; Fu vd., 2005; Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2002; Zhou ve Wu, 2008; Tosic vd., 2011; Zhang vd., 2011; Khassaf ve Rammahi, 2018). Ampirik modeller, sınırlı veri ve parametre girdilerinin olduğu durumlarda uygulanabilen karmaşık fiziksel tabanlı modellere göre sıklıkla tercih edilmektedir (Tosic vd., 2013).

Toprak erozyon modellerinin ortaya çıkışı, özellikle koruma amaçları için, etkili ve kabul edilebilir doğruluk düzeyinde toprak erozyonunun incelenmesini sağlamıştır. Toprak erozyonunu tahmin etmek ve optimum toprak erozyon yönetimi planları geliştirmek için, Evrensel Toprak Kaybı Denklemi / Revize Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (USLE / RUSLE), Su Erozyonu Tahmin Projesi (WEPP), Akdeniz Bölgeleri için Toprak Erozyon Modeli (SEMMED), Alansal Noktasal Olmayan Kaynak Havza Çevresi Müdahale

Simülasyonu (ANSWERS), Limburg Toprak Erozyon Modeli (LISEM), Avrupa Toprak Erozyon Modeli (EUROSEM), Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT), Kırsal Havzalarda Su Kaynakları Simülatörü (SWRRB), Tarımsal Noktasal Olmayan Kaynaklı kirlilik modeli (AGNPS), vb. bölgesel ölçekte değerlendirilmede kullanılmıştır. Her modelin kendi özellikleri ve uygulama kapsamı vardır (Boggs vd., 2001; Dabral, vd., 2008; Tian vd., 2009; Prasannakumar vd., 2011; Zhang vd., 2011)

Bu modellerden dünya da yaygın olarak kullanılanı yüzey ve oluk erozyonunun uzun vadeli ortalamalarını değerlendiren ampirik bir model olan Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (USLE)'dir (Wischmeier ve Smith, 1958; Wischmeier, 1959; Wischmeier ve Smith, 1978; Wischmeier, 1984; Zhang vd., 2011; Kumar vd., 2019; Fayas vd., 2019; Nijimbere ve Lizana, 2019). Model, ilk olarak 1960' larda Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'ndan Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilmiştir ve tarım alanları için uzun vadeli yıllık erozyon oranlarını tahmin etmek üzere tasarlanmıştır (Zhang, vd, 2011). İlerleyen dönemlerde araştırmacılar bu eşitliğin eksikliklerini fark ederek Güncellenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE)'ı ortaya çıkarmışlardır (Renard vd., 1991; Renard vd., 1997; Tosic vd., 2011). RUSLE denklemi, USLE modelinin yükseltilmiş versiyonudur (Renard vd. 1997), bu model yeni verilere dayalı faktörlerde iyileştirmeler içerir, ancak eski model USLE denkleminin temelini korur (Tosic vd., 2013; Khassaf ve Rammahi, 2018).

RUSLE yöntemi dünya çapında uzun süreli zamanlarda farklı yönetim şekli uygulanan arazilerde meydana gelen yüzey ve oluk erozyonunun miktarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir (Ganasri ve Ramesh, 2015). Parçacıkların suyla parçalanması ve taşınması olayına dayanmaktadır. RUSLE modeli hem tarım hem de orman havzalarında ortalama yıllık toprak kaybı miktarını tahmin edilmesini sağlar (Prasannakumar vd., 2011; Tosic vd., 2013; Kumar vd., 2019). Doğru sonuçlar verdiği için bu modeller içerisinde en fazla tercih edilen yöntemdir (İrvem vd. 2007; Efe vd., 2008).

RUSLE modelinde toprak kaybı miktarı yağmur damlası etkisi, arazi örtüsü, yüzeysel akış, toprak tekstürü ve topografya parametrelerinden oluşan denklem ile tahmin edilir (Wischmeier ve Smith 1978; Renard vd. 1997; Kumar vd., 2019) (Eşitlik 1).

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (\text{ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}) \quad (1)$$

Burada;

A = Ortalama yıllık toprak kaybı (t ha⁻¹ y⁻¹),

R = Yağış aşındırma enerjisi ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ y}^{-1} \times \text{mm h}^{-1}$),

K = Toprak erozyon duyarlılığı faktörü ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^{-1} \times \text{h mm}^{-1}$),

LS = Yamaç uzunluğu ve eğim dikliği faktörü,

C = Arazi örtüsü ve yönetimi faktörü,

P = Toprak-su koruma önlemleri faktörü

Son zamanlarda RUSLE yöntemi ulusal, bölgesel ve havza bazında başarılı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Tosic vd., 2011). RUSLE, farklı arazi kullanım koşulları altında erozyonu kontrol çalışmalarında toprak kaybını tahmin etmek, toprak erozyon potansiyelini değerlendirmek, geliştirme ve koruma uygulamalarına rehberlik etmek için kapsamlı bir şekilde kullanılmaktadır (Prasannakumar vd., 2011; Tosic vd., 2013).

RUSLE modeli, USLE modeline göre etkinliği kanıtlanmıştır (Renard vd.,1997; Wischmeier ve Smith, 1978; Ganasri ve Ramesh, 2015; Fayas vd., 2019).

RUSLE modeli, parametreleştirmesi kolay olduğundan daha az veri ve çalışma süresi gerektiren istatistiksel ve nispeten basit bir toprak erozyon modelidir (Fu vd., 2005). Denklemin birçok dezavantajı ve sınırlaması olmasına rağmen, göreceli basitliği ve sağlamlığı nedeniyle farklı ölçeklerde yaygın olarak uygulanmaktadır (Lee ve Lee, 2010; Nijimbere ve Lizana, 2019). Aynı zamanda standart bir yaklaşımdır (van der Knijff ve diğerleri, 2000; Zhou ve Wu, 2008). RUSLE bölgesel ve yerel olarak en iyi erozyon tahmin yöntemlerinden biridir (Nijimbere ve Lizana, 2019). RUSLE'nin en iyi avantajlarından bir tanesi o bölgeye ait eğim, bakı, arazi kullanım gibi verilerin çok kolay bir şekilde zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlayarak sayısal yükseklik modeli (DEM) verileri şeklinde hesaplayabilmesidir (Ganasri ve Ramesh, 2015). Model, koşulları ve parametreleri değiştirme yeteneği açısından toprak erozyonunu modellemede esnektir ve mekansal analiz için CBS ile entegrasyonu kolaydır (Ganasri ve Ramesh, 2015; Fayas vd., 2019).

Pek çok bölgede yaşanan kontrolsüz toprak erozyonu ve buna bağlı arazi bozulması, geniş alanları ekonomik olarak verimsiz hale getirir. Etkili yönetim stratejilerine başvurulabilmesi için genellikle toprak erozyonu sorunlarının kapsamını ve büyüklüğünü anlamak için nicel bir değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Ancak değişkenlerin karmaşıklığı, erozyonun kesin tahminini zorlaştırır (Prasannakumar vd., 2011). Mekansal bilgi teknolojisindeki en son gelişmeler, mevcut yöntemleri artırmış ve yer kaynaklarının

izlenmesi, analizi ve yönetimi için verimli yöntemler sağlamıştır. Uzaktan algılama verileri ve GIS ile birlikte dijital yükseklik modeli (DEM), erozyon tehlikelerinin hızlı ve ayrıntılı değerlendirmesini sağlamak için başarıyla kullanılabilir (Srinivas vd., 2002; Kouli vd., 2009; Prasannakumar vd., 2011).

Toprak erozyonunun kapsamlı ölçümü pahalı olduğundan ve zaman alıcı olduğundan, bir coğrafi bilgi sisteminde (GIS) bulunan ikincil verileri kullanan erozyon modelleri faydalı olmaktadır (Karamage vd., 2016). RUSLE modeli ve GIS, mevcut jeo-uzamsal verilerle toprak erozyonu modellemesi için önemli araçlardır (Karamage vd., 2016). Bu birleşik yaklaşım, yönetme, analiz etme ve uygulama amaçları için en uygun olan tüm sonuçları görüntüleme kolaylığı dahil olmak üzere çeşitli avantajlarını bildiren çok sayıda çalışmada kullanılmıştır. RUSLE'nin coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilerek kullanılması ile koruma uygulamalarının tasarımını, erozyon kontrol önlemleri, tarımsal kaynakların yönetimi ve arazi kullanım planlamasını destekleme potansiyeline sahiptir (Tosic vd., 2013). Veri gerektirmeyen ve daha ucuz bir erozyon modelidir. Bu nedenle, düşük veya orta mekansal çözünürlüklü uydu görüntüleri ve sınırlı yağış verileri gibi genellikle kurumsal veri tabanlarında bulunan veriler kullanılır (Prasannakumar vd., 2011; Tosic vd., 2013).

RUSLE modeli, çok büyük ölçekte havza bazında ortalama yıllık toprak kaybını tahmin etmek için ArcGIS ile birleştirilmiştir. RUSLE Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birlikte arazi ve havza ölçeklerine uyarlanır (Fayas vd., 2019). GIS teknolojisinin kullanılması zaman ve iş gücü bakımından tasarruf sağlar. Çok büyük havzalarda ve bölgelerde çok kısa sürede erozyon miktarlarının tahmin edilir (Tosic vd., 2011). RUSLE ve ArcGIS'in entegrasyonu, daha kolay ve verimli bir toprak erozyon tahmin eder ve toprak erozyonunun mekansal dağılımının belirlenmesine yardımcı olur (Tosic vd., 2013). CBS, yağış miktarı, toprak tipi, eğim, arazi kullanımı gibi mekansal bir tematik harita oluşturmak için kullanılan bir tekniktir. CBS tabanlı RUSLE, karmaşık ancak farklı veri seti türlerini analiz etmek için uyumludur ve toprak kaybını hesaplama kapasitesine sahiptir (Shinde vd., 2010; Prasannakumar vd., 2011). GIS teknolojisinde erozyon miktarını tahmin ederken havzaya ait raster verilerinden yararlanılarak girid hücre hesapları katılarak tahmin yapar. Böylece havzaya ait eğim, toprak erodibilitesi vb. bireysel özelliklerin kullanılarak çok etkili bir faktördür (Tosic vd., 2011).

GIS uygulamaları ile toprak erozyonunun modellenmesinde en çok kullanılan veri girdisi sayısal yükseklik modelidir (DEM). RUSLE modeli arcGIS uygulamasında DEM

verileri kullanılarak hücre boyutuna göre hesaplama yapmaktadır (Shinde vd., 2010; Ganasri ve Ramesh, 2015). RUSLE modelindeki yağış erozivitesi (R), toprak aşınabilirliği (K), eğim uzunluğu (L) ve dikliği (S), ürün yönetimi (C) ve destek uygulamaları (P) faktörlerinin her biri bağımsız olarak analiz edilir ve tarama hücresinde belirlenir (Prasannakumar vd., 2011). Hücre boyutu ne kadar küçük alınırsa hassasiyeti ona göre değişmektedir. DEM veri setinin çözünürlüğü genellikle 15*15m, 20*20 m veya 30*30m alınmaktadır. RUSLE modelindeki altı faktörü ArcGIS ortamında karşılaştırılarak havzadaki toprak erozyon miktarı hesaplanır (Tosic vd., 2013).

Toprak erozyonu modellerinin varlığı, arazi bulguları uzaktan algılama ile GIS uygulamalarının entegre edilmesiyle toprak erozyon miktarı kolaylıkla hesaplanmaktadır. Günümüzde bir havzada toprak miktarının bulunması ve erozyon risk haritasının oluşturulmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda RUSLE ile ArcGIS programı kullanılarak erozyon risk haritası belirlenmiştir. Bununla ilgili dünyada ve Türkiye’de çok fazla örnek çalışma yapılmıştır (Karagül, 1999; Karabulut ve Küçükönder, 2008; Yıldırım ve Erkal, 2009; Prasannakumar vd., 2011).

Shallow (1956), Malezya’daki doğal ormanlar altındaki alanlarda erozyon miktarının az olduğunu ve Chini Gölü havzasının ormanlık alanlarının çoğunun çok düşük erozyon riski kategorisinde (% 71.54) olduğunu bildirmiştir.

Fu vd. (2005) yaptıkları çalışmada R, K, LS ve C değerlerini sırasıyla 970.209 $\text{MJkm}^{-2}\text{h}^{-1}\text{a}^{-1}$, 0.01195 $\text{MghMJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$, 10.27, 0.33359 ve 0.2135 olarak bulmuşlardır. Yıllık ortalama toprak kaybı $14458\text{Mgkm}^{-2}\text{yıl}$. LS faktörü için en düşük değerler, düşük eğimden dolayı dere kenarları boyunca meydana gelmiştir. Yüksek LS değerleri havzaya heterojen şekilde dağıldığı belirtmişlerdir. Yanhe havzasında orta kısımdaki geniş ekili arazi alanı nedeniyle, daha yüksek C faktörü o bölgede olduğunu vurgulamışlardır.

Zhou ve Wu 2008 yılında Miyun Rezervuarı’nın üst havzasında yaptıkları çalışmalarında ihmal edilebilecek erozyon alanının $8,202.76\text{ km}^2$, düşük erozyon alanının $3,269.59\text{ km}^2$, orta erozyon alanının $3,400.97\text{ km}^2$, yüksek erozyon alanının 436.89 km^2 , çok yüksek erozyon alanının 52.19 km^2 ve şiddetli erozyon alanının 3.13 km^2 olduğunu bulmuşlardır. En yüksek toprak kaybı, 2001 yılında Fengning ilçesinde $70,353\text{ t / km}^2\text{yıl}$ iken, bunu $64,418\text{ t / km}^2\text{ yıl}$ ile Chicheng ilçesinde olduğunu belirtmişlerdir. Bunlara ek olarak 2002 yılındaki sediment iletim oranı değeri 2001 yılındakinden daha düşük olduğunu ve bunun da sebebinin yağışın ve toplam akışın azalmasına bağlamışlardır.

Prasannakumar vd. (2011) Hindistan'ın Kerala kentindeki ormanlık alanlarda toprak erozyonu risk haritasını ortaya koymak için Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) modelini ve Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) tekniklerini entegre eden kapsamlı bir metodoloji kullanmışlardır. Yıllık ortalama toprak erozyon kaybı $10-45 \text{ t h}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olduğu belirtilmiştir. Erozyon risk haritası sonucuna göre en fazla toprak kaybı dik yamaçlarda (yüksek LS ile) çayırılık arazi alanları, bozulmuş orman alanları ve yaprak döken ormanlık alanlarda bulunmuştur. Sonuçlar, önerilen yöntemin çalışma alanında doğrulanması ve uygulanabilirliğinin sağlanması için Batı Ghats'ın farklı bölgelerinde yürütülen benzer çalışmalarla (CWRDM, 1997; Matsuura, 2000; Prasannakumar vd., 2011a, b) ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmalarda hesaplanan toprak erozyon miktarlarıyla uyumlu bulunduğu bildirilmiştir.

Tosic vd. 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında, yağış erozivite faktörü (R) değerlerini 1288.01–1431.02 aralığında, ortalama $1353.34 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$ bulmuşlardır. Toprak aşınabilirlik faktörü (K) değerlerini, 0.0041-0.0674 aralığında, ortalama $0.0357 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Bu değerlerin toprak dokusundan veya topraklardaki kum yüzdesinden kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır. Çalışma alanında LS faktörü 0-40.4692 aralığında ve ortalama 4.6359 değerinde bulunmuştur. Bölgenin dağlık kesimlerinde LS faktörü yüksek ve yamaçların az olduğu ve düzlük alanlarda LS faktörü düşük çıkmıştır. Mahsul yönetimi faktörünün (C) değerleri 0–0.45 arasındadır. C faktörünün konumsal dağılımı oldukça heterojen olduğunu belirtmişlerdir. Orman, mera ve çayırarda düşük değerler ölçmüşlerdir.

Ortalama yıllık toprak kaybı (A) $9.88 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ bulunmuştur. Çalışma alanının % 47.44' ünden fazlasının çok düşük erozyon ve % 22.92' sinin düşük erozyon altında olduğunu göstermektedir. Çalışma alanının yaklaşık % 11.39' unda orta düzeyde erozyon tahmin edilmiştir. Yüksek erozyon 20 ila $40 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}$ aralığında ve alanın % 12.35'inde görülür. İncelenen alanın% 5.88' inde çok yüksek erozyon ($40 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'den fazla) meydana gelmiştir. Yüksek erozyon ve çok yüksek erozyon çoğunlukla çalışma alanının orta kısmında, ancak aynı zamanda tarımsal üretime uygun çok yumuşak yamaçlarda bulunmuştur. Alanın bu bölümündeki topraklar genellikle daha derindir ve kil içeriği daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Tosic vd., 2013).

Mir vd. (2015) yaptıkları çalışmada yıllık ortalama toprak kaybını tahmin etmek için Revize Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) kullanılmışlardır. Ortalama toprak erodobilite faktörlerini $0.03 \text{ ile } 0.30 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ arasında değişmiştir. Çok düşük

erozyon verimleri ($<10 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ile ormanlık alanlarda yer aldığını belirtmişlerdir. Çok yüksek toprak kaybının ($> 150 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) palmye ağacı ağaçlandırmalarında, ağaç kesme alanlarında ve yeniden aktif hale getirilmiş maden alanlarında meydana geldiğini göstermiştir.

Panagos vd. (2015) Güney İspanya'da çok yüksek toprak kaybı oranlarının ($40.16 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) esas olarak dağınık bitki örtüsüne sahip yüksek yükseltilerde var olduğunu vurgulamışlardır.

Afrika Kivu Gölü havzasında yapılan çalışmada yıllık ortalama $30 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ oranında toprak erozyonu riskine maruz kaldığını ve toplam sulanmayan alanların yalnızca % 33'ünün tolere edilebilir bir toprak kaybı ($<10 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Hem doğal faktörler (bol tropikal yağış ve dik yamaçlar) hem de önceden uygun koruma uygulamaları olmaksızın antropojenik faaliyetler nedeniyle, ekim alanları, ormanlık alanlar ve otlak alanlarda sırasıyla $41 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, $31 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, $28 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ciddi bir erozyon meydana gelmektedir. 2015 yılında %74'ü sulanmayan alanlardan oluşan ekili alanlarda Kivu Gölü havzasındaki toplam yıllık toprak kaybının %75'ini oluşturmuştur. Bu çalışma, ekili alanlarda koruma uygulamalarının olduğu teraslama, şerit ekim ve eşyükselti eğrilerine göre ekim yöntemi için sırasıyla $7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, $18 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve $35 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ortalama erozyon meydana geldiğini bildirmişlerdir (Karamage vd., 2016).

Topografik faktör, Kivu Gölü havzasındaki toprak erozyonu olasılığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Havzada arazi az eğimli ($<5\%$), orta eğimli ($5\% - 15\%$), dik ($15\% - 30\%$) ve çok dik ($>30\%$) eğim grubuna ayrılmıştır. $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ yıllık tolere edilebilir ortalama toprak erozyon hızı ile ilişkili az eğimli ve orta eğimli yalnızca küçük bir bölümünü (% 8) içermiştir. Yıllık $44 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ en yüksek ortalama erozyon oranı bölgedeki toplam sulanmayan alanların % 39'unu kaplayan çok dik eğimlerde ($>30\%$) meydana gelmiştir. Kivu Gölü havzasının yerleşik bir bölgesinde tahmin edilen 41 ton ile en yüksek toprak erozyon oranı, bitki örtüsü olmaksızın arazi yüzeyinin bozulması nedeniyle 20 ila 500 ton arasında değişebilen inşaat sahalarında meydana gelmiştir (Karamage vd., 2016).

Thomas vd. (2018) Hindistan'ın güneyindeki Batı Ghats'taki Muthirapuzha nehir havzasındaki toprak kaybını Revize Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) kullanılarak ve sediment iletim oranı (SDR) birleştirilerek tahmin etmişlerdir. Ayrıca çalışma, analitik hiyerarşi süreci (AHP) tekniğini kullanarak toprak erozyonu potansiyel

indeksine dayalı toprak erozyonu risk bölgelerine de ayrılmıştır. Havzanın ortalama toprak kaybı $14.36 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ iken, ortalama sediment iletim oranı $3.65 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Muthirapuzha nehri havzasında R faktörü, yüksek yağış nedeniyle 337 ve $1320 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değişmekte olduğu belirtilmiştir. K faktörü ortalama $0.041 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak bulunmuştur. LS değeri 0.07-58.59 arasında değişim göstermiş ve ortalama 9.87 olarak bulunmuştur. C değeri 0-1.12 arasında değişim göstermiştir. P faktörü 0.25-1 arasında değişim göstermiştir.

Almagro vd. 2019'da yaptığı çalışmada R faktörünü 8932 ile 9112 arasında değiştiğini, ortalama $9042 \pm 30.29 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulmuştur. Tahmin edilen K faktörü, ortik Kuvarsarenik Neosoller ve hidromorfik Kuvarsarenik Neosoller için $0.039 \pm 0.017 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ve distrofik Kırmızı Latosol için $0.028 \pm 0.017 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ 'dir. Ortalama LS faktörü 0.29'dur ve en yüksek değerler su kıyılarının yakınında bulunduğunu ve topografik faktördeki artmasıyla yüzeysel akış ve erozyonun da artacağını bildirmişlerdir. P faktörü ortalama 0.69 ± 0.39 'dur. C_{rA} ve C_{VK} kullanan toprak kaybının ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla 2.02 ± 5.70 ve $10.07 \pm 36.58 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'dir. Williams ve Berndt (1972) denklemi kullanılarak hesaplanan sediment iletim oranı (SDR) % 10.54 olup, bu da havzada meydana gelen toprak kaybının yaklaşık % 11'inin ölçüm yapılan yere ulaştığını vurgulamışlardır.

Kumar vd., 2019'da yaptıkları çalışmada K faktörü değerleri, 0.29 ile 0.85 arasında, LS faktörü 0 ile 2858.53, R faktörünü $541.27\text{-}570.44 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değiştiğini bulmuşlardır. Uzaktan algılama ve CBS tekniği kapsamında arazi örtüsü haritası ve C faktör değeri kullanılarak C faktör haritası hazırlamışlardır. Arazi örtüsü, on dört sınıfa ayrılmıştır. $4.35 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'dan daha düşük ve çok düşük erozyon, çalışma alanının% 55.23 alanı etkilemekte, ardından% 9.70 alanlarda $8.34\text{-}12.54 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ orta düzeyde toprak kaybı, $12.54\text{-}15.78$ 'lik yüksek toprak kaybı %8.64 alanı, 3.55 alanlarda çok yüksek toprak kaybı $15.78\text{-}18.34 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, % 3.02 alanlarda $18.34\text{-}21.76$ şiddetli toprak kaybı, % 2.34 alanlarda $21.76\text{-}24.34 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ çok şiddetli toprak kaybı görülmektedir. Yapılan kontroller ile toprak erozyonu için RUSLE modelinin en güvenilir olduğu sonucunu bulmuşlardır.

Nijimbere ve Lizana 2019 yılında yaptıkları çalışmada R değeri için 20 yıllık yağış verilerini kullanmışlardır. Burundi R değerinin 938.35 ile $435.65 \text{ MJ hamm}^{-1} \text{ h}^{-1}$ arasında değiştiğini göstermiştir. Çalışma alanında elde edilen K değerleri 0 ile 0,00158 arasında değişmektedir. LS Faktörü, L değeri 0.9-49.6, S değeri 0.03-14.3 arasında değişmektedir.

Arazi kullanımı/örtüsü için C faktörünü 0 ile 0.5 aralığında bulmuşlardır. Ulusal toprakların % 64'ünden fazlasının çok şiddetli erozyona maruz kaldığını vurgulamışlardır.

Fayas vd., 2019'da Kelani Nehir havzasındaki erozyon riskini belirlemek için 15x15 m çözünürlükte Dijital Yükseklik ve RUSLE modelini kullanmışlardır. Kelani nehri havzasındaki tahmini ortalama yıllık toprak kaybı $0-103.7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değişmekte olup, ortalama yıllık toprak kaybı $10.9 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak tahmin etmişlerdir. Nehir havzası alanının yaklaşık% 70'i, düşük ile orta derecede erozyon şiddeti ($<12 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ile tanımlanmıştır, bu da Kelani nehri havzasında sürdürülebilir bir ekosistem sağlamak için erozyon kontrol önlemlerine acil olarak ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır (Fayas vd., 2020).

Kelani nehri havzasında R faktörünün 232.37 ile 431.20 MJ mm $\text{ha}^{-1} \text{ saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değiştiğini ve ortalama 325.72 MJ mm $\text{ha}^{-1} \text{ saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olduğunu göstermektedir. K değeri 0.22 ile 0.10 arasında değişmektedir. C değeri 0.4-0.5 arasında değişim göstermiştir. LS değerleri 0 ile 111.41 arasında değişirken ortalama değer 0.107'dir. Bu nedenle, LS faktörü açısından havzanın diğer bölgelere oranla yukarı ve orta alanlarında yüksek toprak erozyonunun meydana geleceğini ve yukarı havzada yoğun orman örtüsünün varlığı ve düşük ortalama yıllık yağış, nispeten daha düşük erozyon oranlarına katkıda bulunabileceğini vurgulamışlardır. Çalışmada Kelani nehri havzasını beş erozyon şiddeti kategorisine ayrılmıştır. Düşük ($0-5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), orta ($5-12 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), yüksek ($12-25 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), çok yüksek ($25-60 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ve aşırı yüksek ($>60 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$). RUSLE parametrelerindeki münferit haritalarla birlikte bu sınıflandırma, Kelani nehri havzasındaki erozyonu ele almak için hedeflenen koruma uygulamalarını ve yatırımları tanıtmak için kullanılabileceğini vurgulamışlardır (Fayas vd., 2019).

Doğan (1982), kahverengi büyük toprak grublarında yaptığı çalışmada L faktörünü 22 m için 1.18, 44 m için 0.52, 66 m için 0.79, 88 m için 0.90 S faktörünü % 8 eğim için 0.6, R faktörünü 28.32, K faktörünü 0.214 ve C faktörünü buğday-nadas için 0.26 olarak bulmuştur.

Doğan ve Küçükkanar (1994) Ankara'da kahverengi toprak grubunda yaptığı çalışmada L faktörünü 22 m için 1.1, 44 m için 1.2, 66 m için 1.5, 88 m için 0.7, S faktörünü % 8 eğim için 0.80, R faktörünü 37.10, K faktörünü 0.19 ve C faktörünü buğday-nadas ekim deseni için 0.24, P faktörünü ise 0.49 olarak tespit etmişlerdir.

“Trabzon-Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması” isimli çalışmada

Trabzon-Söğütlüdere havzasında farklı arazi kullanım durumlarının bazı toprak özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Alanda toprak örnekleri orman, mera ve işlemeli tarım olacak şekilde alınmıştır. Toprak özelliklerinde arazi kullanım durumuna göre anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Erozyon eğilim indekslerine göre (dispersiyon oranı, kolloid/nem ekivalan oranı, erozyon oranı) toprakları erozyona duyarlı olduğu belirtilmiştir. Arazi kullanım şekillerine göre en düşük dispersiyon oranı orman topraklarında, ikinci olarak mera topraklarında ve en yüksek dispersiyon oranı değerleri tarım topraklarında olduğu belirtilmiştir. Orman alanlarının mera ve tarım alanlarına dönüştürülmesi erozyon eğilimini arttıracığı rapor edilmiştir (Karagül, 1999).

İrvem ve Tülücü (2004) yaptığı çalışmada USLE denkleminin C ve K parametrelerini hesaplamıştır.

Bayramın vd. (2008) Çankırı İndağ'da 5 farklı alanda 2 farklı toprak derinliğinde (0-10 cm, 10-20 cm) toplamda 578 adet toprak örneği almışlardır. Bu topraklarda erodibilite, organik madde ve hidrolojik iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonucunda K faktörü 0-10 cm toprak derinliği için 0.015 ile 0.026, 10-20 cm derinlik için 0.017 ile 0.027 arasında bulunmuştur.

Karabulut ve Küçükönder (2008) Kahramanmaraş ovası ve çevresinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak İrvem ve Tülücü'nün 2004 yılında hesapladığı USLE denkleminin C ve K değerlerinin erozyon alanlarının tespiti işlemleri için kullanmışlardır.

Yıldırım ve Erkal (2008), RUSLE modelini Sincanlı ve Şuhut havzalarında uygulayarak erozyon riskini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucuna göre taşınan toprak miktarının Sincanlı Havzası için 14 t/ha/yıl Şuhut Havzası için 24 t/ha/yıl olduğunu belirlemişlerdir.

Kaya (2008) tarafından Türkiye'de uzun dönem yağış verileri kullanılarak ulusal ölçekte RUSLE-R faktörü belirlenmiştir.

Erpul vd., 2009'da RUSLE Teknolojisi ile Eldivan Sarayköy Göleti Su Toplama Havzasında yaptığı çalışmada, sırasıyla ortalama ETKE/YETKE-R, ETKE/YETKE-K ve ETKE/YETKE-LS değişken değerleri $1245.91 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, $0.02 \text{ t ha saat ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ve 18.06 olarak belirlenmiştir. Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında ETKE/YETKE-C değeri ise 0,08 olmuştur. ETKE/YETKE-A değeri ise $32.23 \text{ tonha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'dir. Yıllık toprak kaybı miktarı $8418.48 \text{ ton yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Yıldırım ve Erkal (2009), Afyon Ovası'nın batı kısmında CBS ve UA teknikleri kullanılarak RUSLE yöntemi ile erozyon risk bölgelerini tahmin etmişlerdir. Araştırma bölgesine ait toprak kaybı miktarını $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Yılman (2009) yaptığı tez çalışmasında USLE ve RUSLE ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemini kullanarak Eldivan Sarayköy-II Sulama Göleti su toplama havzasında toprak erozyon haritasını oluşturmuştur. Sonuç olarak, USLE/RUSLE yönteminin R, K, LS, C, P değişkenlerini hesaplayarak, su toplama havzasından tahmini ortalama toprak kaybı miktarını $32.23 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak belirlemiştir.

Saygın vd. (2014) yaptığı çalışmada Türkiye genelindeki 252 meteoroloji istasyonun 1993-2007 yılları arası yağış verilerini kullanarak R faktörünü hesaplamıştır.

Saygın vd. (2014) yaptığı çalışmada Sarayköy II Sulama Barajı havzasında toplam 311 adet toprak örneği almışlardır. Bu örneklerde toprak tekstürü ve organik madde analizleri yapılarak K faktörünü hesaplanmışlardır.

Saygın vd. (2014) bitki örtüsü faktörünü Lafren vd. (1985) tarafından öne sürülen toprak kaybı-oranı (SLR) kullanılarak hesaplamışlardır. P faktörü ile ilgili herhangi bir koruma çalışması olmadığından P faktörünü "1" olarak almışlardır.

Özcan vd. (2015) Kayseri Alidağı'nda yaptıkları çalışmada USLE/RUSLE metodunu kullanmışlardır. R, K, ve LS parametrelerini sırasıyla $290.60 \text{ MJ/ha/mm saat/yıl}$, 0.244 ve 22.26 olarak hesaplamışlardır. C faktörü değerlerini 0.016 ile 0.057 arasında bulmuşlardır. Alidağı bölgesi için yıllık ortalama toprak kaybını 9.42 t/ha/yıl olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmalarda uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak bitki örtüsü faktörü hesaplanıp CBS ortamına aktarılmıştır. Yapılan çalışmalar ölçüme dayalı olmayıp araziye ait genel haritalar kullanılarak değerler belirlenmiştir.

Özdemir ve Tatar'ın 2016 yılında Işıklı Gölünde yaptıkları çalışmada erozyonla taşınan sediment miktarı hesaplanmış ve erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Erozyon risk haritası çok hafif, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli olmak üzere beş risk sınıfına ayrılmıştır. Buna göre erozyonla taşınan sediment miktarı 6 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. Yapılan arazi çalışmalarında yüksek risk grubunda bulunan alanlarda hızlandırılmış erozyonun şiddetli bir şekilde görüldüğü tespit edilmiş ve erozyon risk haritasıyla uyumlu bulunmuştur. Yüksek erozyon riskinin olduğu bölgelerin daha çok engebeli ve bitki örtüsünün olmadığı alanlar olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durumda Işıklı Gölü havzasında CBS tabanlı RUSLE yöntemiyle oluşturulan erozyon risk haritasının doğru olduğu ve

yöntemin erozyon riski taşıyan alanların tespitinde kullanılabilir olduğunu vurgulamışlardır.

Kara vd. (2018) Foldere Yağış Havzasında RUSLE Yöntemine Göre Toprak Erozyonunun Belirlenmesi isimli çalışmada toprak erozyonu miktarının hesaplanmasında RUSLE ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, sırasıyla ortalama R, K, LS ve C değişken değerleri $422.0 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, $0.0182 \text{ t ha saat ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, 10.7 ve 0.026 olarak belirlenmiştir. Fol Deresi Havzasında yıllık ortalama toprak kaybını 3,76 ton/ha olarak bulmuşlardır.

“Çoruh Nehri Havzası’nda Bulunan Veliköy Alt Havzası’nın Yüzey Erozyon Riskinin Belirlenmesi ve Haritalandırılması” isimli çalışmada RUSLE denklemi kullanılarak toprak kaybını tahmin etmek için kullanılmıştır. Sonuçlar, alt havzadan kaynaklanan ortalama yüzey toprak erozyonunun yaklaşık $3.9 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olduğunu göstermiştir. Toplam çalışma alanının %8,2’sinin potansiyel yüzey toprak erozyonu açısından yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olduğu tahmin edilmiştir ve bu aynı zamanda erozyon koruma önlemlerinin uygulanmasına yönelik önceliklendirmeyi de gösterdiğini vurgulamışlardır (Tüfekçioğlu vd., 2018).

Yavuz ve Tüfekçioğlu (2019) Erzurum Uzundere’de yaptıkları çalışmada toprak aşınabilirliği (K-faktörü) için 35 örnekleme alanında ($20 \times 20 \text{ m}$) toprak örneği almışlardır. Uzundere alt havzasından her yıl hektar başına 25.38 ton toprağın yıkandığı tespit edilmiştir. Ayrıca toplam çalışma alanının %44.5’i çok düşük ($0-5 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), %10.3’ü düşük (5-10), %13.6’sı orta (10-20), %17.2’si yüksek (20-50) ve %14.5 çok yüksek (> 50) risk olarak kategorize edilmiştir. Düşük ortalama yıllık yağışa (585 mm yıl^{-1}) rağmen, çok dik bir topografya ve bitki örtüsü yetersizliği ile yüksek eğim uzunluğunun, çalışma alanındaki yüksek yüzey toprak kayıplarının ana katkıları olduğu sonucuna varmışlardır.

Bir havzada yağış meydana geldiğinde, yüzeysel akışa geçen su kanallar şeklinde derelere, göllere ve denizlere taşınır. Toprak erozyonu, alandaki bitki örtüsünün sıklığı ve türü, alttaki toprak yapısıyla kontrol edilen doymuş üst toprak ve yüzeysel akış ile ilgilidir (Lee ve Lee, 2010).

Yağmur damlası etkisiyle parçalanıp, yüzeysel akışla harekete geçen toprak parçacıkları, eğimin ve su hızının azaldığı yerlerde su toprak parçalarını taşıyamaz hale gelir ve bulunduğu ortamda biriktirilir (Lee and Kang, 2013). Böylelikle toprak parçacıkları kısa bir mesafe için hareket eder ve yağış havzasındaki aşağı çıkış noktasına taşınmaz (Kumar vd., 2019). Bu nedenle, aşınmış toprağın sadece bir kısmı havza çıkışına

yönlendirilir. Havza çıkışına iletilen bu sediment miktarı ile havza üzerindeki toprak erozyonu arasındaki orana sediment iletim oranı (SDR/SİO) adı verilir (Zhou ve Wu, 2008; Lee ve Lee, 2010; Lee and Kang, 2013). Sediment iletim oranıyla havzanın çıkış noktasından ne kadar sediment taşındığı tahmini bir şekilde ortaya konabilir. Evrensel toprak kaybı denklemi USLE veya revize edilmiş evrensel toprak kaybı denklemi RUSLE gibi toprak erozyon modelleri, bir yağıştan kaynaklanan toprak kaybını hesaplar, ancak sediment iletim oranını hesaba katmaz. RUSLE modeli aşağı havzalara ulaşan sediment miktarını tahmin etmek için doğrudan kullanılamaz (Zhou ve Wu, 2008). Çıkışta sediment verimini etkili bir şekilde oluşturmak için SİO'nin belirlenmesi gerekir (Vanoni 1975; ; Wolman 1977; Boyce 1975; Walling 1983; Lee ve Lee, 2010).

SDR sürecinde yüzeysel akış ile havzanın çıkışına taşınan toplam sediman yükü hesaplanır (Kumar vd., 2019). Havzada oluşan erozyondan yüzde olarak ifade edilir.

Havzadaki yıllık sediment iletim oranı tahmini, toprak kaybı haritası ve alana ait drenaj deseninin DEM verileri kullanılarak sediment iletim oranı formülü ile oluşturulur (Kumar vd., 2019). Analizde kullanılacak faktörler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) araçları kullanılarak hesaplanır ve haritalanır. Piksel tabanlı hesaplama yoluyla, hidrolojik birim başına çökelti verimleri ve hidrolojik birim başına sediment iletim oranı (SDR) hesaplanır (Zhou ve Wu, 2008). Büyük havzalarda CBS yönteminin kullanılmasıyla daha doğru, hızlı bir şekilde toprak kaybı ve sediment verimi tahmin edilir (İrvem ve Tülücü, 2004; Özşahin, 2016).

Lee ve Kang 2013 yılında yaptıkları çalışmasında Dört Nehir havzasında havza bazında ortalama toprak kaybı $515-869 \text{ t km}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ ve ortalama özgül sediment verimi (SSY) $20-208 \text{ t km}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. SDR, altı nehirde farklı havza alanı büyüklüğüne göre 0.03 ile 0.33 arasında değişmiştir. Çoğu sediment muson döneminde Haziran'dan Eylül'e kadar devam etmektedir (ortalama maksimum >% 97; ortalama minimum >% 84). Altı nehrin düşük ve yüksek hesaplanan SDR değerleri, Temmuz'dan Eylül'e kadar muson döneminde maksimum akıntıları yoğunlaştıran topografik özellikler ve hidrolojik rejimlerden kaynaklanıyor olabileceğini vurgulamışlardır.

Mallawatantri (2016) tarafından ölçülen bulanıklık ve akış verileri kullanılarak tahmin edilen ana Kelani Nehri'ndeki ortalama tortu miktarı, yaklaşık% 75'i drene edildikten sonra 175.000 hektarlık bir drenaj alanına karşılık gelen bir nehir konumunda yaklaşık toplam havza alanı, nehirde yılda yaklaşık 0.134 ton tortu verimine işaret etmektedir. RUSLE kullanan erozyon tahminleri ve tortu yükü tahmini doğrudan

ilişkilendirilemeyeceğini ancak sediment oluşumu, birikimi ve iletilmesi ile ilgili çevresel süreçler hakkında bir fikir sağladığını vurgulamışlardır.

Hindistan’da yapılan bir çalışmada havza için RUSLE yöntemi ile tahmini ortalama yıllık toprak kaybını $18.81 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Sediment İletim Oranı (SDR) 0.01-0.627 arasında değişim göstermiştir. Uygulanan model kıyı havzalarının afet yönetimi planlamasında yardımcı olacağını belirtmişlerdir (Chougule vd., 2021).

Erpul vd.’nin 2009 yılında yaptığı çalışmada Eldivan Sarayköy-II Göleti su toplama havzasında sediment iletim oranını 0.75 olarak bulmuşlardır.

Kara vd, 2018 yılında Foldere havzasında yaptıkları çalışmada sediment iletim oranını Vanoni (1975)’ye göre $17189.9 \text{ ton yıl}^{-1}$, Boyce (1975)’ye göre $7507.4 \text{ ton yıl}^{-1}$ ve USDA (1972)’ya göre $22311.8 \text{ ton yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Havza amenajmanının iki tane önemli amacı vardır. Bir havzada erozyon, sel, taşkın ve heyelan gibi afetleri sosyo-ekonomik yapıyı dikkate alarak önlemek ve havzadan en yüksek miktarda ve kalitede su üretiminin sağlamaktır (Özhan, 2004). Bu iki ana amaca hizmet etmek için havzada araştırılması gereken en önemli parametrelerden birisi de su kalitesinin ölçülmesidir.

Su yeryüzündeki tüm canlılar için önemli ve gerekli bir doğal kaynaktır. Su kirliliği, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde dünyanın karşı karşıya olduğu küresel bir sorundur (Chaudhry ve Malik 2017). Dünyada nüfus artışına bağlı olarak doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı ve artan çevre kirliliği su kalitesi ve miktarı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Su havzasındaki suyun kalitesi, karasal ve sucul ekosistemlerin yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için önemlidir.

Su kalitesi suyun kimyasal (oksijen vb.), fiziksel (renk, koku vb.) ve biyolojik özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Li ve Migliaccio, 2011). Su kalitesi ölçümü derelerde, nehir ağızlarında, akarsularda, kıyı suları, göl ve yer altı sularında yapılır. Su kalitesi ölçümleri ile suların içme, sulama, yüzme ve yaban hayatı, derelerdeki mikro ve makro fauna gibi ekosistem hizmetleri için özel kullanımlarda su kalitesi standartlarının bu kullanımlar için uygun olup olmadığı hakkında bilgi veren bir uygulamadır.

Tatlı su kaynaklarının kirlenmesi, artan tatlı su kıtlığı nedeniyle küresel ölçekte önemli hale gelmektedir. Dünyanın dört bir yanındaki yüzey suyu kaynakları, özellikle nehirler artan kirlilik tehdidi altındadır (Mul vd., 2015). Yüzey suyunun kalitesi, evsel,

endüstriyel, tarımsal kullanımlar (Nagaraju vd., 2014) ve hastalıkların önlenmesi (Nabeela vd., 2014) gibi çeşitli amaçlar için önemlidir (Tahiru vd., 2020).

Su sosyo-ekonomik kalkınma ve dönüşüm için önemli olmasına rağmen insanların bir havzada bilinçsiz bir şekilde uygulama yapmasıyla suyun nitelik ve niceliğinin bozulmasına sebep olmaktadır (Tahiru vd., 2020). Su kaynaklarının kalitesi, doğal ve insan kaynaklı faaliyetlerden (Matshakeni 2016) etkilenir (Tahiru vd., 2020). Bir havzadaki suyun kalitesi ve miktarı üzerine havzanın jeolojisi, topoğrafyası, arazi kullanım durumu (orman, mera, tarım, yerleşim yerler vb.), madencilik faaliyetleri, bitki örtüsü (ibrelili veya yapraklı ağaç türleri, çayır vb.), iklimi, toprak özellikleri, meydana gelen seller, dereler üzerine yapılan çeşitli tesisler, havzanın topoğrafik ve hidrolojik karakteristikleri vb. etkilidir (Jung vd., 2008; Koralay vd., 2016; Koralay ve Kara, 2021). Bu faaliyetler, su kaynaklarının kalitesini tek başına veya birlikte etkiler (Tahiru vd., 2020). Deredeki suyun kirlenmesinin başlıca sebeplerinden bir tanesi ekonomik faaliyetlerin ve insan baskısının artmasıyla alt havzalarda arazi örtüsünün değişmesiyle meydana gelmektedir (Lee ve Bastemeijer, 1991). Özellikle orman ve mera alanlarının tarıma dönüştürüldüğü yerlerde, sosyal yapılaşmanın hakim olduğu kısımlarda (sanayileşme, evsel atıklar vb.), sellerin meydana geldiği, dereler üzerine hidroelektrik santrali ve kum ocaklarının inşa edilmesi, dere kenarı riparian zonların tahrip edildiği alanlarda toprak özellikleri, su kalitesi ve miktarı olumsuz etkilenmektedir (Johnson vd., 1997; Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007; Koralay vd., 2018; Tahiru vd., 2020). İnsanların araziyi kullanmaları doğrudan intersepsiyon, infiltrasyon, perkolasyon ve evapotranspirasyon gibi hidrolojik yüzeysel akışı etkileyen arazi yüzeyi özellikleri ile ilişkilidir (LeBlanc vd., 1997; Marsh 1997). Bir havzadaki insanların arazi kullanımları arazi yüzeyindeki hidrolojik döngü gibi toprağın su tutması üzerinde etkisi olan kimyasal ve biyolojik özelliklerini doğrudan etkiler (Jung vd., 2008). Bu olumsuzlukların yaşanmasıyla suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri değişmektedir.

Yağış havzasının su kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri de toprak erozyonudur (Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007). Toprak erozyonu tarımsal üretime, içme suyunun kalitesine, kara ve su ortamlarında ekosistem sağlığına ve arazinin estetik değerine olumsuz katkıda bulunur (Fayas vd., 2019).

Toprak erozyonu, toprak verimliliğinde düşüşe neden olmakta, çevre sorunlarının bir dizi olumsuz etkisini beraberinde getirmekte ve bölgede sürdürülebilir tarımsal üretim ve su kalitesi için bir tehdit haline gelmektedir (Prasannakumar vd., 2011). Toprak erozyonu

sadece yüksek arazilerin toprak verimliliğini değil, havza bölgelerindeki akarsuların su kalitesini de etkilemektedir. Hızlı nüfus artışı ve çalışma havzasında artan insani faaliyetleri, arazi kullanımında büyük değişikliklere neden olur. Tarım alanları orman veya mera alanlarına kayar, dere kenarlarında suyun kalitesini iyileştiren bitki örtüsü tahrip edilir. Bu değişimlerdeki artış su kaynakları üzerinde baskı yaratır. Özellikle bitki örtüsünün kaldırılmasıyla derelere daha fazla toprak parçaları ulaşır bu da nehirlerin kirlenmesine neden olur (Tahiru vd., 2020).

Ormanlık ve çayırılık alanlar yüzeysel akış sırasında kirlilik etmenlerini bünyesine alır ve derelerdeki su kalitesinin korunmasına yardımcı olur (Jung vd., 2008). Su havzasındaki artan şehirleşme, sanayileşme ve tarımsal genişlemeden kaynaklanan ani besin ve diğer kirlenici akışlarına duyarlı hale getirir ve su kalitesini olumsuz etkiler (Sigua ve Tweedale, 2003). Su toplama havzasındaki insan faaliyetleri ile toprak erozyonu meydana geldiğinde toprak parçacıkları yüzeysel akışla birlikte derelere, göllere, rezervuarlara ve denizlere taşınır. Deredeki suda erozyonla taşınan kil gibi ince boyutlu materyallerin artmasına neden olur (Tahiru vd., 2020). Bu da derede askıda katı madde miktarını arttırır. Askıda katı madde nedeniyle yüzey suyu sıcaklığı artabilir (MacDonald vd., 1991). Derede sediment içeriğinin artması, balık ve omurgasızların yoğunluğunu azaltır (Koralay vd., 2018). Townsend vd. (2009), özellikle sulama suyundan elde edilen yüksek askıda katı madde miktarının, bentik organizma üzerinde zehir etkisine sahip olduğunu bildirmiştir. Bulanıklık sudaki sediment arttıkça artar (Tessier, 1992). Bu da ışık iletimini azaltır ve akarsulardaki omurgasızları olumsuz etkiler (Chang, 2003). Ayrıca toprak parçacıklarından oluşan sediment bünyesinde azot, fosfor, karbon gibi derelerde ötrofikasyona sebep olan besinleri barındırarak derelerde besin içeriğini arttırır (Sthiannopkao vd., 2006; Owens ve Walling 2001). Bu besin elementlerinin nehirlerde, göllerde, barajlarda, kanallarda veya denizlerde birikmesiyle bu alanlarda şiddetli ötrofikasyon meydana gelir (Mir vd., 2015). Yüksek miktarda besin girişi ötrofikasyonla birlikte alg popülasyonunda bir artışa neden olur ve yüksek alg popülasyonları sudaki çözünmüş oksijeni azaltır (Owens ve Walling 2001). Bu da suyun kalitesinin azalmasına sebep olur. Arazi kullanım düzenindeki değişiklikler, toprak tipi, yıllık yağış miktarı ve havzanın topografik koşulları ile toprak erozyonu ve besin kayıpları hızlanmaktadır (Mir vd., 2015). Havzada arazi kullanımının değişmesiyle dereye ulaşan askıda katı madde içerisinde bulunan besin içeriği ve miktarı da değişmektedir (Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007; Ballantine vd., 2009). Aynı zamanda yağışlı zamanlarda taşınan

askıda katı madde içerisinde kurak dönemlere oranla daha fazla besin elementi taşımaktadır (Duarte ve Gioda, 2014).

Havza içerisinde orman ve mera gibi güncel arazi kullanımının tarıma dönüştürüldüğü alanlarda toprak yüzeyinde koruyucu bitkisi örtüsü uzaklaştırılmaktadır. Böylece toprağın dış çevreden gelen etkenlere karşı dayanıklılığı azalmakta erozyona uğrama eğilimi artmaktadır. Bunun sonucunda derelere ulaşan sediment miktarında önemli artışlar meydana gelmektedir. Ayrıca toprak ve bitki örtüsünün zarar gördüğü alanlarda sel riski de artmaktadır. Sanayileşme ve yerleşim yerlerinin hakim olduğu bölgelerde evsel atıklar, kimyasal atıklar ve kanalizasyon atıkları yüzeysel akıyla birlikte derelere ulaşmakta ve derelerdeki su kalitesini önemli ölçüde bozmaktadır. Tarım alanlarında kullanılan gübreler, pestisitler, herbisitler gibi çeşitli kimyasal maddeler toprak parçacıkları tarafından emilip erozyonla birlikte derelere taşınmaktadır. Buda su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Tahiru vd., 2020). Bu nedenle havza içerisinde yapılacak herhangi bir müdahale havzanın bütün hepsine yansarak havzanın ürettiği suyun kalitesini ve toprak erozyonunu etkileyecektir. Böylece akarsularda suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı bozulacaktır. Bu da sucul organizmaları, akarsuyun çevresinde bulunan bitki örtüsünü, yaban hayatını, yerleşim alanlarını olumsuz yönde etkileyecektir (Li ve Migliaccio, 2011).

Bu nedenle, bir havza içindeki arazi kullanımı, jeolojisi, bitki örtüsü, toprak özellikleri, havzada meydana gelen seller, toprak erozyonu nehirlerin su kalitesi ve miktarı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Johnson vd., 1997; Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007; Li vd., 2014). Nehirlerin arazi kullanımı ile su kalitesi arasındaki ilişkinin bilgisi, su kalitesine yönelik tehditlerin belirlenmesine yardımcı olur. Bu ilişkinin belirlenmesi, özellikle su kütlesindeki kirletici yüklerin en aza indirilmesinde etkili ve sürdürülebilir yüzey suyu kalitesi yönetimi ile ilgilidir (Ding vd., 2015).

Tatlı su kaynaklarının kirlenmesi, artan tatlı su kıtlığı nedeniyle küresel ölçekte önemli hale gelmektedir (Jung vd., 2008). Büyük miktarlarda besin ve askıda katı madde girdileri, su kalitesinin düşmesi nedeniyle su habitatlarının bozulmasına yol açmaktadır (Mir vd., 2015). Tatlı su ekosistemlerine yönelik en büyük sorunlardan biri, habitat değişikliklerine (yani kıyı şeridi erozyonu, kıyı habitatlarının boğulması, nehrin tıkanması veya taşkın yatağı agredasyonu) neden olan yüzey akışı ve nehir sediment yüklerini arttıran ormanın yok edilmesi gibi havza içinde yapılan değişikliklerdir (Karamage vd., 2016). Bu nedenle su kalitesi parametrelerinin ve toprak erozyonuyla derelere ulaşan askıda katı

madde miktarı ve askıda katı madde içerisinde derelerde, göllerde vb. yerlerde ötrofikasyona neden olan azot, karbon, fosfor gibi besin elementlerinin belirlenmesi sucul ekosistem ve su kalitesi açısından önem arz etmektedir.

CBS ve uzaktan algılama araçları, su kalitesi değerlendirmesi, su mevcudiyetini belirleme ve yerel veya bölgesel ölçekte su kaynaklarını yönetme gibi birçok çevresel kaynak yönetimi problemini araştırmak için kullanılabilen güçlü ve etkili teknolojilerdir (Shabbir ve Ahmad 2015; Tahiru vd., 2020). Son zamanlarda bir havzada meydana gelen su kalitesi değişimlerini etkili bir şekilde belirlemek için coğrafi bilgi sistemleri kullanılmaya başlanmıştır (Karagüllü, 2015). Su kalitesinde GIS kullanımı mekansal olarak dağıtılmış modelleme yöntemidir (Lee ve Kang, 2013). Bu yöntemin kullanılması ile bir yağış havzasında havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmı yani çıkış noktasına kadar uzanan boyuna dere profili boyunca su kalitesinin değişimi hem göreceli hem de basit bir şekilde görülebilmektedir. Sediment ve besin yüklerinin tahmini, su kirliliğinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi için çok önemlidir (Quilbe vd., 2006). Ülkemizde ve dünyada su kalitesi ile CBS'nin birleştirilmesiyle ilgili çalışmalar bulunmaktadır.

Lambert ve Walling (1988), dere yatağından aldıkları ve askıda katı madde içerisinde bulunan C, N, toplam P, Zn, Pb, Cu ve Cr değerlerini araştırmışlardır. Askıda katı madde içerisinde N, Cr ve C' nun yüksek olduğunu, Zn ve Cu içeriğinin az olduğunu, Pb ve toplam P içeriğinin hemen hemen aynı olduğunu vurgulamışlardır.

Johnson vd. (1997), yaptıkları çalışmada orta batı ekosistemlerinde arazi kullanımının su kimyası üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmayı Michigan'ın Saginaw havzasına bağlı 62 alt havzada yürütmüşlerdir. Çalışmada alkaliniteyi, toplam çözünmüş katı maddeyi, nitrat ve nitrit parametrelerini ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda, çapa bitkilerin kullanıldığı tarımsal arazi kullanımındaki alkalinite, toplam çözünmüş katı madde, nitrat ve nitrit değerleri diğer arazi kullanımlarına (orman, mera, kentsel vb.) oranla dere akışında daha fazla bulunmuştur.

Owens ve Walling (2001) kırsal ve endüstrinin hakim olduğu havzada deredeki yatak yükünde ve askıda katı madde içerisinde fosfor miktarını incelemişlerdir. Sedimentteki toplam fosfor miktarı $500-1500 \mu\text{g}^{-1}$ arasında olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca havzada kırsal ve sanayi alanlarının artmasıyla toplam fosfor miktarının artmasına eğilimli olduğunu vurgulamışlardır.

“HES’lerin Namde Nehrinde Su Kalitesi Üzerine Etkisi (Güney Kore)” adlı çalışmada hidroelektrik santrallerin su kalitesini etkilediği belirtilmektedir. Havzada gerçekleştirilen hayvancılık faaliyetleri HES bölgesinde tutulan suyun kirletici unsurlarını oluşturmaktadır. HES bölgesinde toplanan bu kirleticiler sudaki çözünmüş oksijen, toplam azot, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen talebi ve alg konsantrasyonu gibi su kalite parametreleri bozucu bir şekilde etkilediği belirlenmiştir (Cho, 2001).

Florida’da yapılan çalışmada deredeki besin kaynağının yağış, gübreler, atmosfer, sulama, tarımsal ve kentsel yüzey akışı, toprak ana materyalinin ayrışması ve askıdaki katı maddenin içindeki besin döngüsünden olabileceğini belirtmişlerdir. IRL havzasındaki TN yüklemesinin % 79’u tarımsal/kentsel yüzeysel yüzey akışından kaynaklandığını, % 8 yeraltı suyu, % 6 atık su arıtma tesisinden, atmosferden gelen %3, askıdaki katı maddenin içindeki besin döngüsünden genel TN’un yaklaşık % 4’ünü oluşturmaktadır. IRL havzasındaki TP yüklemesinin % 74’ü tarımsal/kentsel yüzeysel yüzey akışından kaynaklanmaktadır, bunu yeraltı suyu (% 19) ve atık su arıtma tesisi (% 6) takip etmektedir. Sediment döngüsünden kaynaklanan fosfor yüklemesi, TP yüklemesinin % 1’inden daha az iken, atmosferik birikimden kaynaklanan TP yükü neredeyse ihmal edilebilir düzeyde (% 0.7) olduğunu vurgulamışlardır (Sigua ve Tweedale, 2003).

Sthiannopkao vd. (2006) farklı arazi kullanım şartları altında en fazla erozyonun çeltik tarlalarında ve ormanlık alanlarda da en az erozyonun meydana geldiğini bulmuşlardır. Aynı zamanda toprak erozyonunun toprak verimliliğini azalttığı ve sedimentin bünyesinde besin ve tarımsal kimyasallar bulundurduğunu ve bunun su kalitesini olumsuz etkilediğini vurgulamışlardır.

Quilbe vd., (2006) Kanada’da Beaurivage Nehri’nden yaptıkları çalışmada yıllık ve mevsimsel sediment ve besin yüklerini (N ve P) tahmin etmek istemişler. Toplam çözünmüş N ve toplam P için sırasıyla ortalama 8.1 ve 1.1 kg ha⁻¹ yıl⁻¹ ve erozyon oranını 0.23 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulmuşlardır. Ayrıca akış yoluyla besin ve sediment taşınmasının bu bölgede esasen bir ilkbahar süreci olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, bu bölgede, su erozyonunun ilkbahar süreci olduğunu göstermektedir. Çünkü bahar mevsimi için hesaplanan sediment yükü, her yıl yıllık yükün % 65’inden fazlasını oluşturmaktadır ve 1991’de ortalama % 81 ile % 96’ya ulaştığını göstermektedir. Bunun başlıca sebebinin bu aylarda meydana gelen deredeki debinin yükselmesinden kaynaklandığını vurgulamışlardır.

1996'da Simoneau vd. (1998), Beaurivage Nehri'nin su kalitesinin güçlü bir şekilde ötrofike olduğunu, sınırlayıcı faktörün P olduğunu ve bu katkının% 86'sının tarımsal kaynaklara atfedildiğini bildirmişlerdir.

Gangbazo ve Babin (2000), Beale'in oran tahmin yöntemini kullanarak Quebec'teki dokuz tarım havzası için sediment ve besin yüklerini hesapladı. Sedimentlerde toplam çözünmüş N ve toplam P için, ortalama yıllık yükler ve medyan değerleri, sırasıyla 0.15, 8.5 ve 1.0 t ha⁻¹ yr⁻¹ bir havzadan diğerine büyük ölçüde değişmiştir.

Gildea (2000), daha fazla tarım alanına sahip havzaların, gübre formülasyonunda anahtar bileşenler olan fosfor ve azot birikiminin arttığını ortaya çıkarmıştır.

Karikari ve Ansa-Asare (2006) tarafından yapılan çalışmada şiddetli yağışlardan sonra, erozyona neden olan yanlış tarım faaliyetleri gibi insan arazisi kullanım faaliyetleri nedeniyle nehirlerle büyük miktarlarda üst toprak taşındığını belirtmişlerdir. Havzanın etrafındaki çiftçiler mahsullerine gübre uyguladıkları ve ayrıca geniş getiren hayvanlar gibi hayvanları yetiştirmektedir. Bu tür tarım faaliyetleri, su kütlesine ulaşabilen ve dolayısıyla su içerisinde amonyak seviyelerini artırabilen amonyak oluşumuna yol açmaktadır. Bir havzada çıplak arazi miktarının artması su içerisinde amonyak seviyesini artırır. Su kalitesindeki azalmanın nedeni, yanlış çiftçilik uygulamaları ve kum madencilik faaliyetleri nedeniyle su içerisinde bulanıklığın artmasıdır.

Sthiannopkao vd. (2007)'nin Taylant'ta toprak erozyonunun su kalitesi üzerine etkisini incelediği çalışmasında, ormanlık alanların tarım alanlarına dönüştürüldüğü yerlerde toprak erozyonunun arttığı, toprak erozyonunun da su içerisinde bulanıklılığı artırarak su kalitesini bozduğu ve barajlara çok yüksek miktarda sediment ulaştığını böylece kullanım ömrünü kısıtladığını bildirmişlerdir.

Ballantine vd. (2009), düşük eğimli tarımsal alanları kapsayan derelerdeki yatak yükündeki sediment içeriğinde toplam fosfor miktarını ölçmek için jeolojisi farklı üç havza seçmişlerdir. Toplam fosfor miktarı farklı arazi yönetim biçiminden ve jeolojik yapıdan dolayı farklı miktarlarda çıkmıştır. En yüksek fosfor miktarı yazın, en düşük fosfor miktarı ise kışın çıktığını vurgulamışlardır.

Poff vd. (2010) yaptıkları çalışmalarında suyun hızının, derinliğinin ve miktarındaki değişikliklerin sucul ekosistemin yaşam şartlarını belirlediğini ve bu parametrelerdeki en ufak değişikliğin sucul canlıların yaşamlarını etkilediğini vurgulamaktadır.

Gyawali vd. (2013) yaptıkları araştırmada nehir kıyısı zonlarının ve arazi kullanımının su kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada su kalite

parametrelerinden sıcaklık, çözünmüş oksijen, askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı ve fekal koliform bakteri ölçümleri yapılmış ve arazi kullanımı bakımından tarım, mera ve kentsel alan olarak ayrılmıştır. Çalışma sonucunda nehir kıyısı zonların da arazi kullanımı su kalitesi ile yakından ilgili ve akarsuyun ekosistem açısından çok önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Olubukola vd. (2013) arazi kullanım durumuna göre dereye bulunan yatak yükü içerisinde ağır metal ve besin elementlerini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda tarım alanlarından ve kentsel alanlardan alınan yatak yükü içerisinde yüksek miktarda besin elementi ve ağır metaller ortaya çıkmıştır.

Duarte ve Gioda (2014) askıda katı maddenin kimyasal ve minerolojik bileşimini belirlemek için yaptıkları çalışmada askıda katı madde içerisinde K, P, Zn vb. elementleri araştırmışlar. Askıda katı madde miktarının yağışlı dönemlerde kurak dönemlere nazaran daha fazla çıktığını ve askıda katı madde içerisinde fosfor (P) değerlerinin yağışlı dönemde daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca sedimentin kimyasal bileşiminin ve yoğunluğunun kayaç yapıları, kil mineralleri ve toprak yapısının, ormanların tahribatının ve tarımsal alanların etkilediğini vurgulamışlardır.

Malazya'da Chini gölü havzasında toprak ve besin kayıpları araştırılmıştır. Yapılan çalışmada fosfor, potasyum ve magnezyum kayıpları araştırılmıştır. Fosfor kaybının tahmin edilen değeri 0.003 ile $3.23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değişmekte olup, ortalama $0.73 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'dir. Çalışma, 3. ve 5. istasyonlarda yüksek besin kayıplarının meydana geldiğini ve bu kaybın, yüksek fosfor konsantrasyonları nedeniyle yüzey suyunun kalitesini düşüreceğini ve bu da yosunların ve diğer suda yaşayan yabani otların büyümesini teşvik ettiğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Potasyum kayıplarının değeri 0.01 ile $8.38 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değişmekte olup, ortalama $2.08 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'dir. Magnezyum kayıplarının değeri 0.003 ile $2.83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değişmekte olup, ortalama $0.76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'dir. Maden, yerleşim ve tarım alanlarında kaybedilen fosfor, potasyum ve magnezyum miktarı ormanlık alanlardakinden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Yüksek akışlar sırasında taşınan besin miktarı, düşük akışın olduğu zamanlara göre daha yüksekti. Chini Gölü havzasında hızlanan toprak erozyonu, üst topraktan önemli miktarda besin kaybına neden olmuştur. Potansiyel toprak kaybı oranı özellikle madencilik, değişen ekim ve tarım alanlarında çok şiddetli olduğu ortaya çıkmıştır (Mir vd., 2015).

Wang vd., 2015 yılında Yangtze Nehri'nde besin kirleticileri ile asılı katı madde (AKM) arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Laboratuvarında partikül boyutu 0,02 mm'den küçük AKM konsantrasyonu içerisinde Fosfor (P), nitrojen (N) ve permanganat indeksi (CODMn) konsantrasyonları eşzamanlı olarak izlemişlerdir. Partikül boyutu 0,02 mm'den daha küçük olan toprak parçacıkların askıda katı madde içerisinde yüksek oranını (>%60) oluşturduğu ve su kalitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Yağışlı mevsimde, AKM konsantrasyonu kurak mevsimdekinden 8-29 kat daha yüksek olduğu, ancak kurak mevsimde AKM'deki kirlilik seviyesi daha yüksek bulmuşlardır. Bu nedenle, kurak mevsimde P, N ve CODMn'per birim kitlesinin adsorpsiyon miktarları, yağışlı mevsimdekilere göre 3-9 kat daha yüksek bulunmuştur. Yangtze Nehri'nin üst menzillerindeki toprak kaybindan kaynaklanan sediment parçacıklarının yılda 40 milyon ton aştığı tahmin edilmektedir (Shi vd., 1992). Sediment parçacıkları su kalitesinde önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Karamage vd.'nin 2016 yılında Kivu Gölü havzasında yaptıkları çalışmada Kivu Gölü bölgesinde 1988 ile 2011 arasında yaklaşık 346.000 hektarlık orman örtüsü kaybolduğunu bulmuşlardır. 1960'lardan beri, besin akışı ve toprak mineral girdileri önemli ölçüde artmış ve diatom toplulukları Kivu göl suyunu değiştirmiştir. Kivu Gölü'nün su kalitesinin bozulması toprak erozyonunu artıran, toprak kaymalarına neden olan, mineral ve besin maddelerinin akışını artıran yoğun tarım arazileri genişlemesi, ormansızlaşma ve kentleşme ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür.

Issaka ve Ashraf (2017) toprak erozyonunun ve bozulmasının su kalitesi üzerine etkisi adı altında yaptığı çalışmada toprak erozyonunun su kalitesini olumsuz etkilediğini ve sediment kontrolünün havza planlamasında gerekliliğinin çok önemli olduğunu vurgulamışlardır. Erozyonla taşınan toprak bünyesinde karbon, azot ve fosfor besin elementlerini taşımaktadır. Buda suyu kirlleterek ötröfikasyona sebep olmaktadır. Bu nedenle sediment içerisinde bulunan karbon, azot ve fosfor değerlerinin hesaplanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Tahiru vd., 2020 yılında Beyaz Volta Havzası'nın Nawuni Havzasındaki arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerini ve değişikliğin bölgedeki su kalitesini nasıl etkilediğini değerlendirmişlerdir. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin bulanıklık, amonyak ve toplam koliform sayıları gibi su kalitesi parametreleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma dönemi boyunca bulanıklık ve amonyak seviyelerinde bir artış ve toplam koliformlarda bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Çalışma ayrıca arazi kullanım

durumları ile bölgedeki su kalitesini değiştirdiğini göstermiştir. Tarım arazisinin artmasıyla bulanıklık artmış azalmasıyla da bulanıklık azalmıştır. Periyodik yüksek bulanıklık seviyesinin nedeni alt havzadaki yıllık sellerin neden olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca nehir sınırları boyunca çiftçilik ve kum madenciliği gibi faaliyetler bölgede yaygın olduğunu ve yüzey akışından dolayı havzadaki yüksek bulanıklığa katkıda bulunmuş olabildiğini ileri sürmüşlerdir. Yüksek bulanıklık, sucul yaşamın hayatta kalması için mevcut güneş ışığı ve oksijen miktarını ve dolayısıyla bölgedeki biyolojik verimliliği sınırlar. Tarım arazilerinin fazla olmasından dolayı amonyaklı gübrenin sudaki yüksek amonyak konsantrasyonu, suda yaşayan hayvanlarda amonyak toksisitesine neden olabileceğini vurgulamışlardır.

McMahon vd. (2020) bitki örtüsünün nehir kıyısındaki erozyonu azaltabileceğini ve dolayısıyla bulanıklığın azaltılmasına katkıda bulunabileceğini ileri sürmüştür.

Karagüllü (2015) Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanarak Trabzon İli Söğütlü (Kalanima) Deresi su kalitesi parametrelerini değerlendirmiştir. Söğütlü Deresinde çözünmüş oksijen değerleri 2.76-11.24 mg/L, sertlik 50.75-218 mg/L, pH 6.63-7.5, elektriksel iletkenlik 61-258 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve toplam çözünmüş katı madde 58-223 mg/L arasında değişmektedir. Söğütlü Deresi yüzey suyu demir ve mangan açısından II ve III. Sınıf, alüminyum açısından IV. Sınıf, nitrit açısından bazı ölçüm noktalarında IV. Sınıf, nitrat açısından II ve III. Sınıf sular sınıfında bulunmaktadır. Alüminyum, mangan, demir, kurşun, nitrat ve nitrit parametrelerinin çevre şartlarından olumsuz etkilenerek sınır değerlerinin üzerlerine çıktığını vurgulamışlardır.

Turgut vd. (2015), Artvinde bulunan Borçka barajında biriken sedimentin fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada 0-10cm ve 10-20cm olan iki derinlik kademesinde karelay yöntemine göre örnekler almışlardır. Örneklerde tekstür, nem, organik madde, pH vb. analizleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda üst katmandaki sedimentin balçıklı yapıda alt kısımdaki sedimentin tozlu yapıda olduğu, dayanıklılığın, su tutma kapasitesinin ve kum içeriğinin üst katmandaki sedimentte istatistiksel olarak daha fazla çıktığı, alt katmandaki sedimentte kil, toz, nem, pH ve organik madde içeriğinin önemli derecede üst kademededen daha yüksek çıktığı ortaya konulmuştur.

Kalkınma için yoğun arazi kullanımının özellikle kentleşme ve tarımsal faaliyetlerin dahil olduğu bölgelerde toprak erozyonu ve besin kayıplarının yaşanması ve buna bağlı olarak su kalitesinin bozulması dünyada ve Türkiye’de son yıllarda önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Arazi üzerinde bitki örtüsünün tahrip edilmesi ile duyarlı alanlar

zarar görmektedir. Bu alanlarda toprak erozyonu hızlanır, su kirliliği ile su kalitesinin bozulur, sedimantasyon ve bunlara bağlı olarak bir havzada sel riski artar (Mir vd., 2015; Karamage vd., 2016; Tahiru vd., 2020).

Sel, dünyada sıklıkla meydana gelen doğal afetlerden biridir. Bu doğal hidrolojik tehlike sosyo-ekonomik zararlar verir ve can ve mal kaybına sebep olur. Son yıllarda küresel ısınmayla birlikte şiddetli ve yoğun yağışlar yaşanmaya başlanmış ve sel olayları artmıştır (Ahmad vd., 2020). Sel meydana geldiği alanlarda insanlara ve çevreye geri dönüşü olmayan çok büyük zararlar vermektedir (Nijoku vd., 2018).

Sel, dere yatağına sığmayıp taşıdığı zaman meydana gelir. Buna doğal ve antropojenik faktörler etkilidir (Nijoku vd., 2018). Sel oluşumunun başlıca nedenleri arasında akarsu havzasında şiddetli yağış, bahar mevsiminde eriyen kar, çatlamış barajlar, yetersiz drenaj ağları, ana drenaj kanallarından taşan su, doğal bitki örtüsünün, sulak alanların yerleşim yerlerine ve tarım arazilerine dönüşümü sellerin temel nedenleridir. Özellikle kentsel alanlarda nüfus artışı sel felaketinin en önemli tetikleyicileridir (Adeoye vd., 2009; Moazzam vd., 2018).

Hızlı kentleşme sürecinde arazi kullanım değişiklikleri, bitki örtüsünün tahrip edilmesine, yollar ve evler gibi geçirimsiz alanlarda artışlara, kentsel ve doğal nehir ağlarında azalmalara neden olmaktadır. Havzanın üst kesiminde şiddetli yağışlarla özellikle bitki örtüsünün olmadığı alanlarda yağışın büyük çoğunluğu yüzeysel akışla derelere ulaşır. Kentleşme süreci ile şehirlerde yağmur suyunu tahliye eden drenaj ağları azalır. Şehirleşmenin olduğu bölgelerde de drenaj alanlarının azalmasıyla su tahliye edilemez. Aniden başlayan şiddetli ve yoğun yağmurdan sonra, havzanın bitki örtüsünün olmadığı alanlardan gelen yüzeysel akış ve kentleşmeden kaynaklı meydana gelen yüzey suları birleşir ve konsantrasyon süresi kısaldığından dolayı derelere aynı anda yüksek miktarda su girişi meydana gelir. Bundan dolayı su dere yatağına sığmayıp taşkın ve sel olaylarını meydana getirir (Moazzam vd., 2018). Bir havzada genellikle seller havzanın orta ve mansap kısmında yer almaktadır. İnsanların yaşadığı yerleşim yerleri de bu alanların içerisinde bulunmaktadır. Bu alanlar oldukça şehirleşmiş ve nüfusu yüksek alanlardır. Seller özellikle bu alanlarda can ve mal kaybına neden olmaktadır (Moazzam vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019). Selin insanlara verdiği zarar, insanların sahil kenarları, nehir vadileri veya taşkın yatakları, sulak alanlar gibi sele karşı savunmasız alanlara yerleşmesi ile artar. Ayrıca sel ve taşkın yatağı olan alanlarda arazi ve konut edinmenin

daha ucuz olması nedeniyle de bu tür yüksek riskli alanlarda yerleşme imkanı sunar (Nijoku vd., 2018).

Toprak erozyonu ve besin kayıpları, özellikle kentleşme ve tarımsal faaliyetler de dahil olmak üzere kalkınma için yoğun arazi kullanımının yapıldığı bölgelerde son yıllarda önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Gelişimin çevreye duyarlı alanları tahrip etmesi, hızlanan toprak erozyonu, su kirliliği, sedimentasyon ve sonuç olarak aşağı havza alanlarında su baskını oluşmasına neden olur (Mir vd., 2015). Aşırı sel baskınlarının meydana gelmesi her zaman insan toplumu için bir tehdit olmuştur. Su baskını olaylarının sayısının artması ve sosyal ve ekonomik zararlarının artması nedeniyle seller doğal afetler arasında önemli bir role sahip (Papaioannou vd., 2015).

Seller, çok geniş bir alanı etkileyen en yaygın ve yıkıcı doğal afetlerdir (Dilley, 2005). Son on yılda, her yıl milyonlarca can ve mal doğrudan veya dolaylı olarak selden kaybedilmiştir (Nijoku vd., 2018). Dünya topraklarının 1/3'ünün nüfusun %82'sini etkileyen sele eğilimli olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada 90'dan fazla ülke sel felaketine karşı savunmasız durumdadır (Moazzam vd., 2018).

Seller, dünyada 1980 ile 2019 yılları arasında 4463 olay ile % 40.16 afet türüne göre en yüksek doğal afet yüzdesini oluşturmuştur. Bunu fırtına 3500 olay ile % 30.28, ardından deprem 997 olay ile % 8.62, heyelan 630 olay ile % 5.45, kuraklık 601 olay ile % 5.2, aşırı sıcaklık 562 olay ile % 4.89, yangın 401 olay ile % 3.47, volkanik aktivite 186 olay ile % 1.61 ve en az 111 olay ile moloz düşmeleri % 0.5'ini oluşturmaktadır. Rapor son 20 yılda yaşanan sel felaketlerinde 104,614 kişinin öldüğünü ve 1.65 milyar kişinin selden etkilendiğini ortaya koymuştur. Ayrıca 2000-2019 yılları arasında sel felaketlerden dolayı 651 milyar dolar ekonomik kaybın yaşandığını bildirmiştir (Nijoku vd., 2018; UNDRR, 2019).

Ülkemizde sellere genellikle şiddetli yağışlar neden olur, bu da bazen kar erimesiyle birleşerek ülkenin büyük nehirlerinde yüksek sellere neden olur. Seller ülkemizde çok sayıda can ve mal kaybına sebep olmuştur. Ülkemizde en çok yaşanan doğal afetler arasında yerini almaktadır. Ülkemizde 2020 yılında toplam 905 doğal afet meydana gelmiştir. Bunun 177 tanesini sel ve su baskını oluşturmaktadır (AFAD, 2021).

Dünyada ve Türkiye'de sellerin yıkıcı etkisini azaltmak, can ve mal kaybını önlemek için çeşitli stratejiler geliştirilmektedir. Sellere karşı duyarlı bölgelerde etkili bir sel hafifletme stratejisi geliştirmek için sel olan bölgelerde riskli alanlara ilişkin kapsamlı bir bilgi gerekmektedir. Sellerin sağlık ve sosyo-ekonomik etkilerini, tekrarlayan sel riski

yüksek olan bölgelerde maliyet azaltma önlemlerine öncelik verilebilmesi, can ve mal kaybını azaltmak için sel olabilecek bölgelerin önceden tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle son zamanlarda iklim değişikliği de dikkate alınarak risk altında olduğu düşünülen alanlar için kapsamlı sel risk haritası yapılması için sele duyarlı alanların modellenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır (Nijoku vd., 2018).

Doğal afet çalışmaları uzun bir geçmişe sahiptir. Doğal afet risk değerlendirme yöntemlerine ilişkin ilk çalışmalar esas olarak nitel değerlendirme yöntemlerine odaklanmıştır, ancak afet değerlendirmesinin belirsizliği nedeniyle nitel değerlendirme araştırma ihtiyaçlarını karşılayamamıştır. Bu nedenle araştırmalar, aşamalı olarak nitel yöntemlerden nitel ve nicel yöntemlerin bir kombinasyonuna veya tamamen nicel yöntemlere geçmiştir (Zhang ve Chen, 2019).

Sele eğilimli alanları belirlemek için sel duyarlılık haritasının oluşturulması gerekmektedir. Günümüzde sel sorunuyla mücadele etmek için çeşitli stratejiler ve teknolojiler tasarlanmıştır. Sele maruz kalan alanı haritalamak ve gelecekteki sel hasarlarını azaltmak için GIS teknikleri kullanılmaktadır (Khan vd., 2013; Moazzam vd., 2018). Sel riski bölgesini ve selin neden olduğu potansiyel hasarları değerlendirmede GIS teknolojisinin kullanılması planlamacıların sel olaylarını en düşük maliyetle ve gerçek zamanlı şekilde yönetmesine yardımcı olmaktadır (Nijoku vd., 2018). Bu haritalar sel ve taşkın izleme, acil durum yönetimi ve hızlı müdahale için kullanılabilir (Azaz, 2010; Moazzam vd., 2018).

Sel tehlikesi yıkıcı ve sıklıkla meydana gelen olaydır ve insan yaşamına ve ekonomiye ağır zararlar vermektedir. GIS yöntemi çok hızlı ve uygulanması kolay bir yöntemdir. Etkili afet yönetimi stratejileri benimsenirse, sellerinin neden olduğu büyük kayıplar önlenabilir veya azaltılabilir. Bu nedenle, taşkın ve sellerden kaynaklanan felaket kayıplarını azaltmak için sel felaketlerinin risk analizi ve risk haritası derlemesini gerçekleştirmek büyük pratik öneme sahiptir (Zhang ve Chen, 2019).

Bir havzaya ait sel risk haritasının oluşturulurken GIS yazılımı, sel için önemli olan eğim, yükseklik, drenaj alanı, toprak tekstürü, bitki örtüsü türü gibi parametrelerinin sayısal yükseklik modeli (DEM) verilerini kullanır. DEM ve DEM'den türetilen jeomorfolojik ve hidrolojik özellikler (eğim, akarsular, drenaj ve havza alanları) sele eğilimli alanların belirlenmesi için kullanılan standart bir araç haline gelmiştir (Papaioannou vd., 2015; Dölek ve Avcı, 2017). Elde edilen verilerin doğruluğu sayısal yükseklik modelinin nitelik ve çözünürlüğüne bağlıdır. Çözünürlük verilerin hassaslığının

bir göstergesidir. Sel risk haritaları oluşturulurken bunlara dikkat edilmesi gerekmektedir (Aslan vd., 2004).

Yapılan çalışmalarda, sel eğilimli alanların haritalanması, DEM ve DEM'den türetilen özelliklerin GIS ortamında çok kriterli analiz yöntemleriyle entegrasyonuna dayanmaktadır (Papaioannou vd., 2015). Çok kriterli değerlendirme (MCE) metodolojisinden olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), olası sel riskli bölgelerin tahmin edilmesinde birçok kriterin tanımlandığı ve yan yana karşılaştırıldığı durumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Nijoku vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019). AHP, faktörleri hiyerarşik bir çerçeve içinde yapılandıran çok kriterli analiz (MCA) yöntemlerinden biridir (Papaioannou vd., 2015).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile coğrafik bilgi sistemi (GIS) karmaşık problemleri çözmek için parametreleri hiyerarşik bir yapıda organize eder ve uygun kararı alabilmek için bileşenler arasındaki ilişkiyi de inceler (Papaioannou vd., 2015; Moazzam vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019). Bu uygulamada sel riskini belirleyen parametrelerin DEM verileri CBS ortamında analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak verilerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır. Daha sonra bu veriler karşılaştırılarak alana ait sel risk haritası elde edilir (Moazzam vd., 2018). Sel risk haritası oluşturulurken, ikili karşılaştırma tabloları kullanarak çeşitli öğelerin göreceli önemi değerlendirilebilir. AHP, değerlendirmelerin sayısal değerlere (ağırlık veya önceliklere) dönüştürülmesi ile her parametrenin önem düzeyi belirlenebilir (Saaty, 1980).

Aynı zamanda AHP 'nin CBS uygulamaları arazi kullanımına uygunluk (değerlendirme, sınıflandırma ve planlama), kentsel gelişim (Chandio vd. 2013), eko-çevre kalitesi için farklı bilimsel disiplinlerde, heyelan haritalamada (Yalçın ve Bulut 2007), depremler, sağlık, kuraklık, sel (Özkan ve Tarhan, 2012), su kaynakları yönetimi ve kirlilik alanlarında da kullanılmaktadır (Papaioannou vd., 2015).

Shaban vd. (2006)'da yaptıkları çalışmada ArcGIS ağırlıklı karşılaştırma yöntemi kullanarak verimli drenaj alanlarını belirlemişlerdir.

Kourgialas ve Karatzas (2011) ArcGIS çok yönlü karar verme aracını kullanarak sel risk haritası oluşturmuşlardır. Sel risk alanları belirleyebilmek için jeoloji, akış birikimi, arazi kullanım (bitki örtüsü), eğim, yükselti ve yağış yoğunluğu haritalarını kullanmışlardır. Elde edilen bu haritalar ArcGIS ağırlıklı karşılaştırma yöntemiyle birleştirilerek sel risk haritasını oluşturmuşlardır.

Lee ve Kang (2013), ortalama toprak erozyon değerleri 515-869 t / ha arasında değiştiğini bulmuşlardır. Sediment verimi haziran ayından eylül ayına kadar muson döneminde ve bazı tek sel olaylarında yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Altı nehir havzasında sediment taşınmasını etkileyen başlıca çevresel faktörlerin yağış özellikleri ile ilişkili yüzeysel akış, toprak özellikleri ve çeltik tarlaları gibi ekim modellerinden kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Arianpour ve Jamalı (2015) ArcGIS çok yönlü karar verme aracını ve ILWIS programını kullanarak sel risk haritası oluşturmuşlardır. Sel risk alanları belirleyebilmek için jeoloji, toprak tekstürü, erozyon, arazi kullanım (bitki örtüsü), eğim, yağış ve drenaj yoğunluğu haritalarını kullanmışlardır. Elde edilen bu haritalar ArcGIS ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle (AHP) birleştirilerek sek risk haritasını oluşturmuşlardır.

Papaioannou vd., 2015’de yaptıkları çalışmada havzalarda sele eğilimli potansiyel alanların belirlenmesi için havza ölçeğinde objektif bir CBS tabanlı mekansal çok kriterli değerlendirme çerçevesi geliştirmeye çalışmışlardır. Potansiyel sel eğilimli alanlar, CBS üzerinden AHP ve FAHP olmak üzere iki MCDA yöntemi gibi teknikler kullanılarak belirlenmiştir. Fazla yağışların sel oluşturduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Moazzam 2018’de yaptığı çalışmada, sel duyarlılık analizi sırasında, yükseklik, eğim, bakı, eğrilik, plan eğriliği, profil eğriliği, yollara yakınlık, nehirlere yakınlık, derelere yakınlık ve arazi kullanımı / arazi örtüsü parametrelerini seçmişlerdir. Sel duyarlılık değerleri çok düşük (% 27.64), düşük (% 39.88), orta derecede duyarlı (% 22.25), yüksek duyarlı (% 7.78), çok yüksek (% 2.46) olmak üzere beş bölge olarak sınıflandırılmıştır. Sellerin daha çok 274-317 m kotlarında sıklıkla meydana geldiğini, çalışma alanının yüksek rakımlarında taşkın olamayacağını belirtmişlerdir. Analizler sellerin nehir kıyısına yakın yerlerde olabileceğini, çok nadir uzakta olabileceğini vurgulamışlardır. Nehrin kıyıları ve dere çevresinde çok yüksek sel duyarlılığı bölgesi olduğu ortaya çıkmıştır.

Nijoku vd. (2018) yaptıkları çalışmada sel riski haritasını oluşturmak için GIS MCE tekniklerini kullanmışlardır. Sellerin çoğunlukla yağmurlu mevsimde nehirlerin kenarındaki alçak bölgelerde meydana geldiğini ve insanların alçak topraklar, özellikle nehre daha yakın bu bölgelere yerleşme eğiliminde olduğunu vurgulamışlardır. Bu nedenle sel risk haritası yapılırken alınması gereken en uygun parametrelerin nehirlerden, topografyadan (yükseklik ve eğim) ve yağış olarak belirtmişlerdir. Önceki çalışmalara bakarak nehre uzaklık için en yüksek ağırlık (25), bunu topografya (yükseklik-22, eğim-

22) ve yağış (16) izlemiştir. Toprak tipine 10 ağırlık ve arazi kullanımı en az (5) olarak değerler vermişlerdir.

Ahmad vd. 2020'de yaptıkları çalışmada, sellerin ekonomik can kaybına neden olan en yaygın doğal afetlerden biri olduğunu ve Pakistan'da sellere genellikle şiddetli yağışlar neden olduğunu, bu da bazen kar erimesiyle birleşerek ülkenin büyük nehirlerinde yüksek sellere neden olduğunu belirtmişlerdir.

Çin'in Guangdong Eyaletinde Tayfun Fırtınasının Neden Olduğu Sellerin Etkisinin Değerlendirilmesi adlı çalışmada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve coğrafi bilgi sistemi (GIS) aracılığıyla çok faktörlü analiz ve kapsamlı ağırlıklı değerlendirme, tayfun sel felaketi riski dört şekilde değerlendirmiştir. Sonuçlar, Guangdong eyaletinin kıyı bölgelerindeki sel felaketi riskinin kuzeydeki dağlık bölgelerden açıkça daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kaoshan ovası ve Zhanjiang şehri, en yüksek tayfun sel riskine sahip olduğu ve Kuzey dağlık bölgelerde bulunan Shaoguan ve Qingyuan şehirleri en düşük riske sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Sel risklerinin mekânsal dağılımı, kıyı ve nehirler boyunca belirli düzenlemelere sahip olduğunu ancak ekonomik ve beşeri faaliyetlerden etkilenebileceğini vurgulamışlardır (Zhang ve Chen,2019).

Özkan ve Tarhan (2012) sayısal yükseklik modeli ve CBS tekniklerini kullanarak İzmir sel risk haritasını hazırlamışlardır. Sel risk alanları belirleyebilmek için akış birikimi, arazi kullanım, eğim, yağış yoğunluğu ve yükseklik haritalarını kullanmışlardır. Elde edilen bu haritalar ArcGIS ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle birleştirilerek sek risk haritasını oluşturmuşlardır.

Dölek ve Avcı (2017) ArcGIS ağırlıklı çakıştırma yöntemini kullanarak Muş ilinin sel ve taşkın haritasını oluşturmuşlardır. Bunun için eğim, bakı, yükselti, bitki örtüsü ve toprak katmanlarını kullanmışlardır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Ülkemizde görülen en önemli arazi bozulumu toprak erozyonudur. Erozyon sadece toprak kaybına neden olmaz. Aynı zamanda su kalitesini olumsuz etkiler, sedimentle birlikte besin maddelerinin kaybına yol açar ve sel oluşumunu tetikler.

Trabzon yöresinde bulunan akarsu havzaları için erozyon ve sel risk haritalarının oluşturulması ve toprak erozyonunun su kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Doğu Karadeniz bölgesinin fazla yağış alması ve eğimli

dağlık yapıya sahip olması çok fazla erozyon, sel, heyelan ve taşkın gibi doğal afetler yaşanmaktadır. Trabzon yöresinde bulunan akarsu havzaları rekreasyon, turizm, biyoçeşitlilik ve ekolojik yönden önemli alanlardır. Aynı zamanda Türkiye’de en çok Nehir Tipi Hidroelektrik Santralleri yapımının planlandığı havzalardır.

Çalışma alanı olarak farklı arazi kullanımlarını barındırması, geniş bir havza olması, heyelan ve yaşanan sellerin can ve mal kaybına neden olmasından dolayı Trabzon ilinde bulunan Söğütlü Deresi Havzası seçilmiştir.

Ülkemizde erozyonla ilgili çalışmalar daha çok toprak kaybına odaklanmıştır. Bu çalışmada toprak kaybı yanında Trabzon İli Söğütlü deresi havzasında erozyon-sel risk haritasının oluşturulması ve toprak erozyonunun su kalitesinin etkilerinin de belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, Söğütlü Deresi havzasının toprak erozyonu, sediment iletim oranı, erozyon ve sel risk haritalarının oluşturulması, toprak erozyonunun bazı su kalite parametrelerine olan etkileri ve askıda katı madde ile taşınan C ve N miktarları belirlenmiştir.

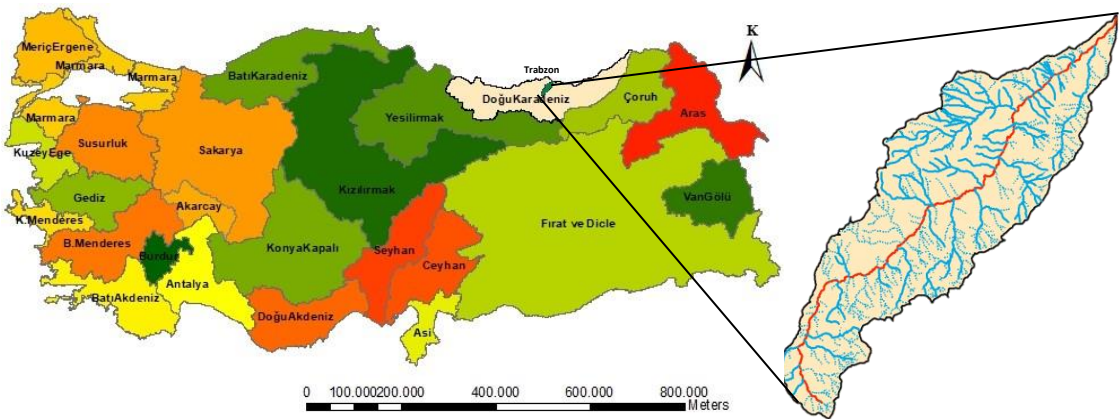
Çalışma sonuçları yağış havzası ölçeğindeki toprak erozyonu, su kalitesi ve sel olaylarıyla ilişkin mekansal ve nicel bilgiler, toprak ve su koruma, erozyon kontrolü ve havza ortamının yönetimi için karar vericiler ve planlamacılar için faydalı bilgiler sağlayacaktır. Ayrıca bir havzaya ait erozyon-sel risk haritaları ve su kalite değerleri hep birlikte bir bütün olarak değerlendirilip havzada ne gibi önlemlerin alınacağı ortaya konacaktır. Bu yönüyle, yapılan çalışma gelecekte havza bazında uygulanan çalışmalara ışık tutacak niteliktedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma Alanı Yeri ve Genel Mevki Özellikleri

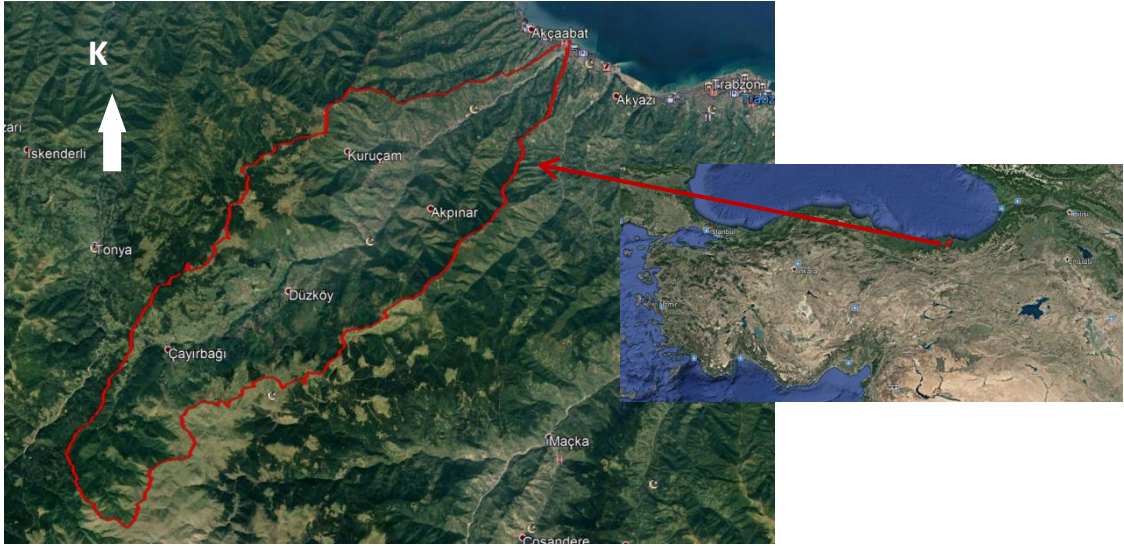
Araştırma alanı, ülkemizin Doğu Karadeniz bölgesinde Trabzon ili Akçaabat ve Düzköy ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Türkiye’de Doğu Karadeniz Bölgesinde bölgede düzenli bir yağış sistemi görülmesinden dolayı bu alanlarda bulunan akarsuların debileri yüksektir. Bu alanlarda sürekli ve şiddetli yağışlar görülmektedir. Bu tip yağışlar bu alanlarda heyelan, taşkın ve sel gibi afetlerin can ve mal kaybının yaşanmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı da bu alanlar taşkın, heyelan ve sel bakımından önemli alanlardır. Ayrıca yüksek biyolojik çeşitliliğe sahip ve ekolojik yönden de önemli alanlardır. Bunlara ek olarak Doğu Karadeniz Bölgesi Türkiye’de en çok Nehir Tipi Hidroelektrik Santralleri yapımının planlandığı akarsu havzalarımız arasında yer almaktadır. Bu nedenle araştırma alanı olarak geçmişte heyelan, sel ve buna bağlı olarak can kayıplarının yaşandığı, tarım alanı oranının diğer havzalara oranla daha fazla olduğu, biyoçeşitlilik açısından önemli olan Söğütlü Deresi havzası seçilmiştir.



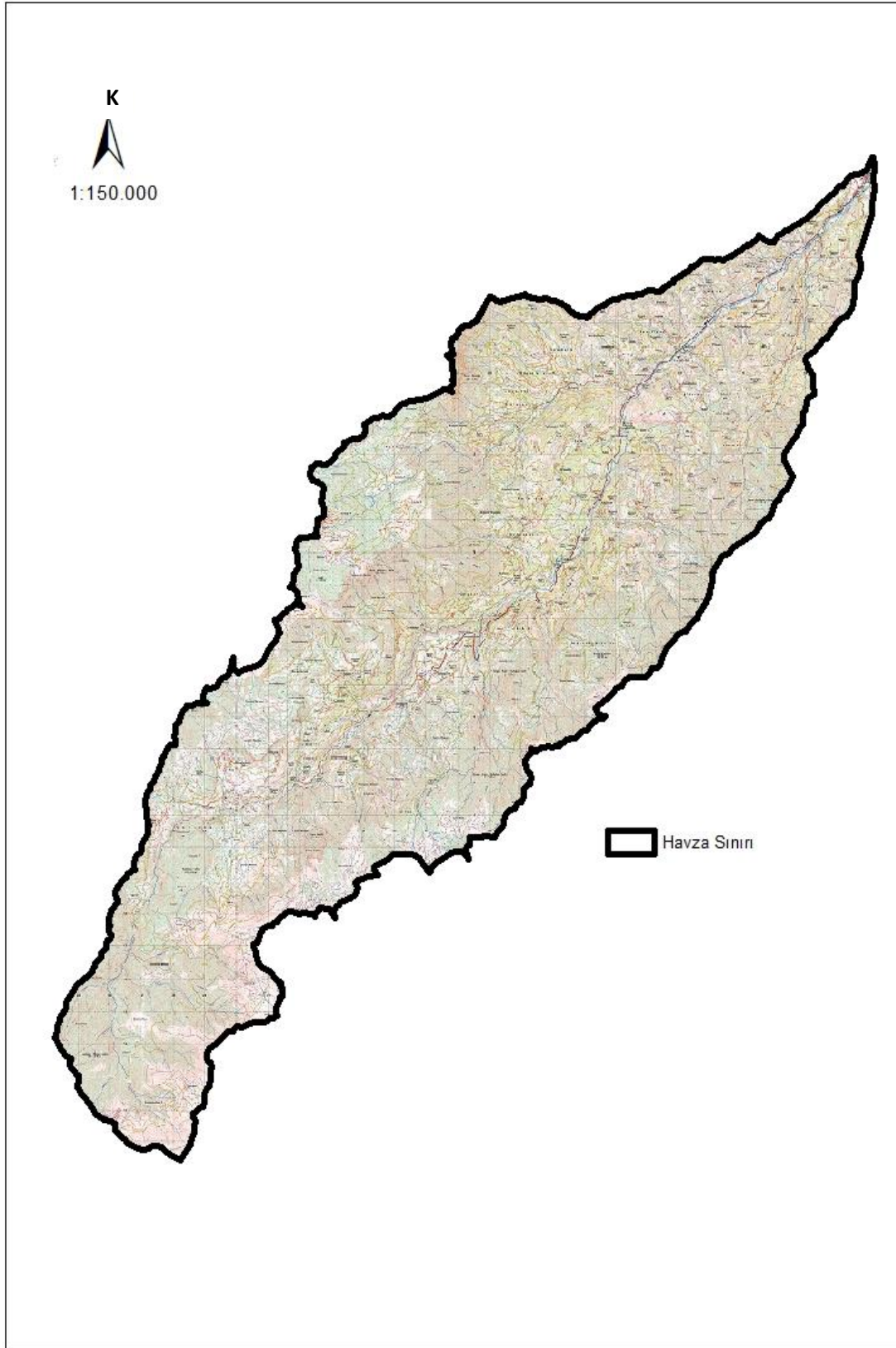
Şekil 1. Türkiye büyük akarsu havzaları ve Söğütlü Deresi havzası (Araştırma alanının yeri)

Trabzon, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölümünde $38^{\circ} 30' - 40^{\circ} 30'$ doğu meridyenleri ile $40^{\circ} 30' - 41^{\circ} 30'$ kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Trabzon ilinin kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Gümüşhane, doğusunda Rize, güneydoğusunda Bayburt ve batısında Giresun illeri bulunmaktadır (TİR, 2013). Yüzölçümü 4.685 km^2 'dir (TUBİTAK, 2009). Trabzon topraklarının %30'u dağlık %60'ı eğimli ve %10'u düzlük alanlardan oluşur. Trabzon genel olarak engebeli arazi yapısına sahiptir (TUBİTAK, 2009). İlde iklim kıyı kesiminde denizin etkisiyle ılıman iklim görülmektedir. Dolayısıyla yazlar orta sıcaklıkta kışlar ılık geçmektedir (TİR, 2013). Trabzon bölgesinde bulunan en önemli deltalar arasında Değirmendere, Fol Deresi (Vakfikebir), Sera Deresi (Yıldızlı), Söğütlü Deresi (Söğütlü), Yomra Deresi (Yomra), Yanbolu Deresi (Yalıboyu) vb. yer almaktadır (TİR, 2013).

Çalışma alanı, ülkemizin kuzeyinde, Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon ilinde bulunan Söğütlü Deresi (Kalanıma deresi) Havzasını kapsamaktadır (Şekil 2). Söğütlü Deresi Havzasının toplam alanı 274.809 km^2 ve çevresi 101.174 km 'dir. Söğütlü deresi havzası 1/25000'lik G42b1, G42b2, G42b3, G42b4, G42c1, G43a1, G43a4 ve F43d4 isimli topoğrafik paftalar arasında yer almakta ve 8 paftayı içermektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Araştırma alanının uydu görüntüsü (Google Maps, 2020).



Şekil 3. Araştırma alanının topoğrafik haritası

Söğütlü Deresi Trabzon merkezine 13 km ve Akçaabat ilçesine 2.2 km mesafededir. Söğütlü deresi havzası Karadeniz Bölgesinin doğu bölümünde, Trabzon ilinin güneybatısında, Akçaabat ilçesinin doğusunda, 41.0153°- 40.7493° enlemleri ile 39.5947°- 39.3341° boylamları arasında yer alır. Havzanın doğusunda Sera Havzası, güneydoğusunda Değirmendere Havzası, güneyinde ve güney batısında Foldere Havzası ve batısında İskefiye Havzası yer almaktadır. Havza açık havza şeklindedir ve kuzeyden Karadenize dökülmektedir. Yerleşim alanları çoğunlukla havzanın orta ve mansap kısmında yoğunlaşmıştır (Şekil 4).

Söğütlü deresi havzası Trabzon'un Akçaabat ve Düzköy ilçe topraklarından meydana gelmektedir. Havzanın Mansap kısmını Akçaabat ilçesi, memba ve orta kısmını ise Düzköy ilçesi oluşturmaktadır (Şekil 4). Söğütlü deresi havzasında yaklaşık olarak 82.413 kişi yaşamaktadır. Bunun 13.315 kişisi Düzköy ve 20 mahallesinde, geri kalan 69.098 kişi ise Akçaabat ve 40 mahallesinde bulunmaktadır (Tablo 1-2).

Tablo 1. Söğütlü Deresi havzası Düzköy nüfus dağılımı (URL-2, 2020).

Sıra No	Mahalle Adı	Mahalle Nüfusu	Sıra No	Mahalle Adı	Mahalle Nüfusu
1	Çayırbağı Orta Mah.	1.403	10	Çal Orta Mah.	615
2	Çayırbağı Yusuflu Mah.	1.237	11	Düzalan Mah.	578
3	Orta Mah.	1.073	12	Yeni Mah.	524
4	Çayırbağı Zeliha Mah.	998	13	Çal Çeşmeler Mah.	451
5	Alazlı Mah.	941	14	Taşocağı Mah.	443
6	Aykut Mah.	915	15	Çal Camili Mah.	429
7	Gürgendağ Mah.	775	16	Büyük Mah.	428
8	Çayırbağı Doğankaya Mah.	769	17	Cevizlik Mah.	383
9	Gökçeler Mah.	729	18	Çiğdemli Mah.	312
10	Çal Orta Mah.	615	19	Çayırbağı Gülcana Mah.	260
11	Düzalan Mah.	578	20	Küçüktepeköy Mah.	52

Tablo 2. Söğütlü Deresi havzası Akçaabat nüfus dağılımı (URL-2, 2020).

Sıra No	Mahalle Adı	Mahalle Nüfusu	Sıra No	Mahalle Adı	Mahalle Nüfusu
1	Söğütlü Mah.	21.448	21	Yeşilyurt Mah.	455
2	Yaylacık Mah.	17.603	22	Helvacı Mah.	369
3	Orta Mah.	4.577	23	Zaferli Mah.	366
4	Yeni Mah.	3.792	24	Kayalar Mah.	356
5	Işıklar Mah.	2.174	25	Cevizlik Mah.	351
6	Dört Yol Mah.	1.979	26	Yeşiltepe Mah.	349
7	Doğanköy Mah.	1.929	27	Özdemirci Mah.	344
8	Akpınar Mah.	1.329	28	Alsancak Mah.	332
9	Osmanbaba Mah.	1.027	29	Ortaalan Mah.	327
10	Acısu Mah.	893	30	Çınarlık Mah.	305
11	Şinik Mah.	780	31	Arpacılı Mah.	304
12	Demirci Mah.	764	32	Kemaliye Mah.	286
13	Demirkapı Mah.	746	33	Özakdamar Mah.	284
14	Sertkaya Mah.	669	34	Meydankaya Mah.	282
15	Çiçeklidüz Mah.	662	35	Bozdoğan Mah.	256
16	Kirazlık Mah.	628	36	Cevizli Mah.	247
17	Gümüşlü Mah.	591	37	Akdamar Mah.	231
18	Kuruçam Mah.	587	38	Tatlısu Mah.	201
19	Ambarcık Mah.	516	39	Fıstıklı Mah.	153
20	Akören Mah.	487	40	Koçlu Mah.	119

Çalışma alanı olan Söğütlü deresi Havzasının yükselti değerleri 0 ile 2342 m arasında sıralanmaktadır (Şekil 6). Havzanın orta kısmında bulunan Düzköy ilçesi 830 m yükseltide ve havzanın mansap kısmında bulunan Akçaabat ilçesi de deniz seviyesinde bulunmaktadır. Çalışma alanının güney kesimini doğu-batı doğrultusunda uzanan Gez, Dikenli, Ardıcılık ve Karaorman tepelerinden oluşan dağlar sınırlar (Şekil 5). Havzanın en yüksek noktası 2342 m yükseklikte Gez Tepesidir ve en düşük yükseltiye sahip tepesi ise 651m yükseklikte Bestavra Tepe'sidir (Şekil 6). Havza sularını toplayan başlıca akarsu Söğütlü Deresidir. Aniden gelen ve şiddetli yağış, gevsek ve kaygan arazi yapısı ve havzanın aşağı ve orta kesimlerinde cılız bitki örtüsü havzanın çeşitli yerlerinde zaman zaman can ve mal kaybına yol açan sel ve heyelanlara neden olur (Şekil 14) (URL-1, 2022).

Arazi eğimi, arazinin engebelilik derecesini ifade eder. Arazinin eğim dereceleri, yamaç uzunluğu, eğim şekilleri ve diğer bazı morfolojik özellikleri bir havzada meydana

gelen toprak erozyonu miktarını, buna bağlı olarak su kalitesini ve havzada oluşacak sel olaylarını etkilemektedir. Eğim derecesi arttıkça ortamda toprağı koruyucu bitki örtüsü yoksa veya zayıfsa yağış sularının çoğı toprak tarafından tutulamaz ve yüzeysel akışa geçer (Balcı, 1996). Bu gibi alanlarda erozyon şiddetli olur ve toprak derinliğı azalır. Yüzeysel akış bünyesine toprak parçalarını alır ve derelere ulaştırarak su kalitesini olumsuz etkiler. Yine yüzeysel akışın artmasıyla derelere aynı anda yüksek miktar su ulaşır ve biriken su dere yatağına sığmayıp sellerin oluşmasına neden olur. Çok eğimli yamaçlar besin bakımından fakir ve su ekonomisi yönünden kurak yerlerdir (Çepel, 1995). Ayrıca arazi eğimi toprağın tekstürü, sıcaklık, nem ve yağış gibi iklim elemanları üzerine etki yapmaktadır (Çepel, 1988; Dindaroğlu ve Canpolat, 2017).

Araştırma havzası orta ve yüksek dağlık arazi yapısındadır (Karagül, 1994) (Şekil 5,6). Havzada, %0-3 eğim 1.62 km² alanı, %3-9 eğim 4 km² alanı, %9-17 eğim 14.65 km² alanı, %17-36 eğim 66.20 km² alanı, %36-58 eğim 111.201 km² alanı ve % 58-100 eğim 72.068 km² alanı ve >%100 eğim 5.07 km²'lik alanı kaplamaktadır (Şekil 7).

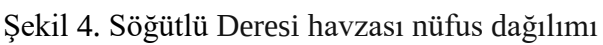
Bakı, bir arazi parçasının 8 kısımlık rüzgar gülü yönünden hangisine baktığını ifade eden bir terimdir (Çepel, 1995). Dört ana yön ve dört ara yönden oluşmaktadır. Arazinin bakışı, o yerin özellikle sıcaklık ve yağış rejimi gibi iklim parametrelerini etkiler. Bu faktörlerdeki değişim bitki örtüsündeki çeşitliliğı, dağılımı ve yoğunluğı etkilemektedir (Çepel, 1995). Bakı grupları toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de etkilemektedir (Dindaroğlu ve Canpolat, 2017). Ülkemizde genel olarak gölgeli bakılarda (kuzey, kuzeydoğı, kuzeybatı, ve doğu) toprak nemi güneşli bakılara (güneydoğı, güney, güneybatı, batı) oranla daha nemlidir. Gölgeli bakılar daha serin, güneşli bakılar ise daha sıcaktır. Gölgeli bakılarda bitki örtüsü daha fazla gelişmektedir. Güneşli bakılarda don tehlikesi gölgeli bakılardan daha fazladır. Aynı zamanda gölgeli bakılarda vejetasyon süresi daha uzundur (Çepel, 1995). Gölgeli bakılarda bitki örtüsü yoğunluğı daha fazla olduğu için güneşli bakılara oranla erozyon ve sel oluşturma ihtimali daha düşüktür. Bu bakılarda toprakta organik madde içeriğı yüksek ve kırıntıllık fazladır. Böylece toprağın su tutma kapasitesi daha yüksektir. Yağış suları toprak tarafından tutulabilir ve yüzeysel akış daha az olur. Böylelikle toprak hem erozyondan korunur hem de sel oluşma ihtimali düşer (Çepel, 1996; Dindaroğlu ve Canpolat, 2017). Aynı zamanda dere suyuna daha az miktarda toprak parçası taşınır ve su kalitesi korunmuş olur. Bakı özellikleri orman içi, ağaçlandırma sahası gibi alanlarda kullanılan bitki türünün seçiminde önemlilik arz etmektedir. Güneşli ve gölgeli bakı ayrımı yapılarak bu alanları seven bitkilerin yerlerini

tespit etmek için kullanılır. Çalışma alanının bakı özellikleri Şekil 8’de ifade edilmektedir.

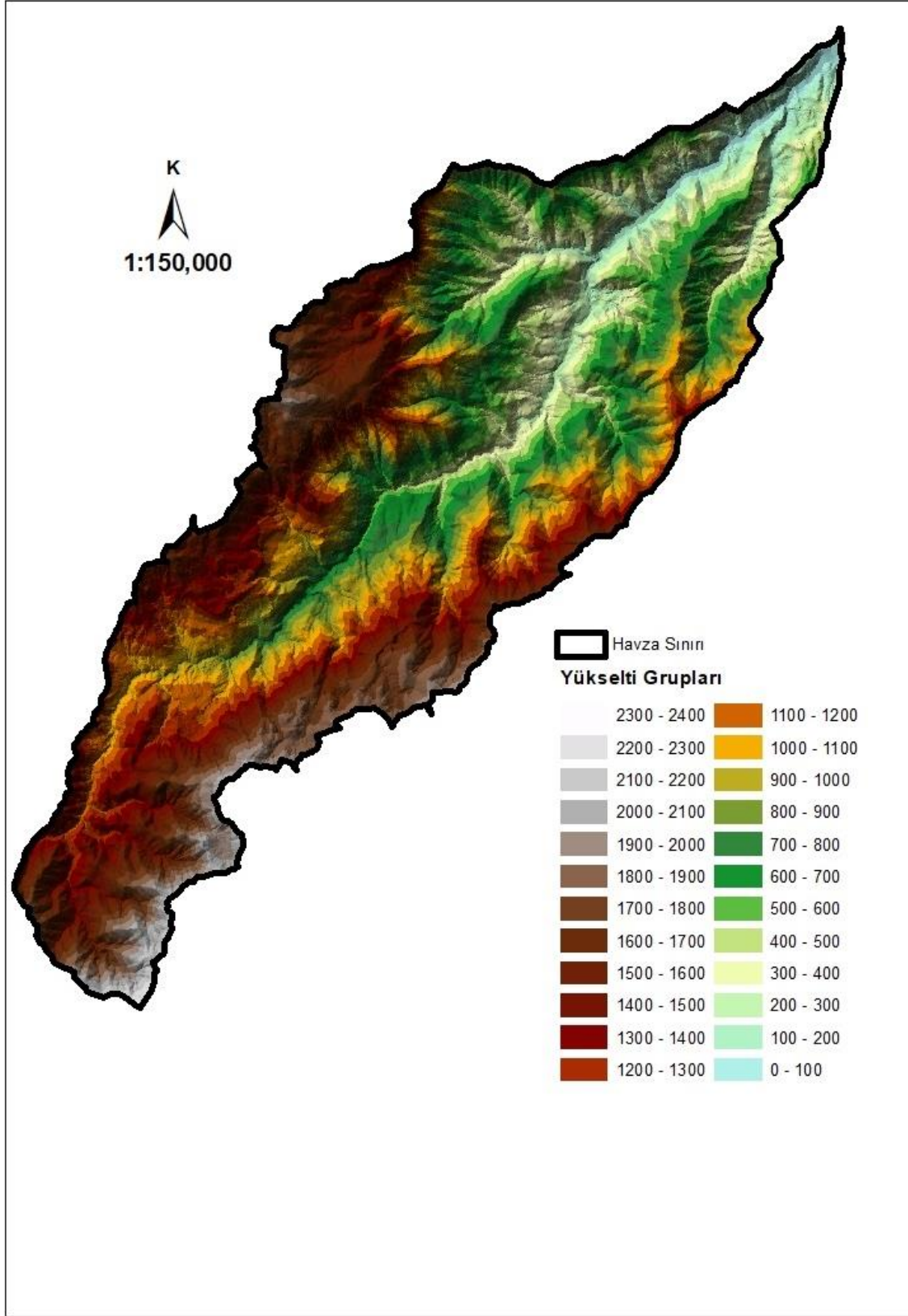
Söğütlü havzasında gölgeli ve güneşli bakılar mevcuttur. Havzada 157,135 km²’lik alan gölgeli bakılardan, 117,104 km²’lik alan güneşli bakılardan ve 0.57 km²’lik alan ise düz alanlardan oluşmaktadır (Şekil 8). Söğütlü havzasının çoğunluğunun gölgeli bakılardan oluştuğu görülmektedir.

2.1.2. İklim Özellikleri

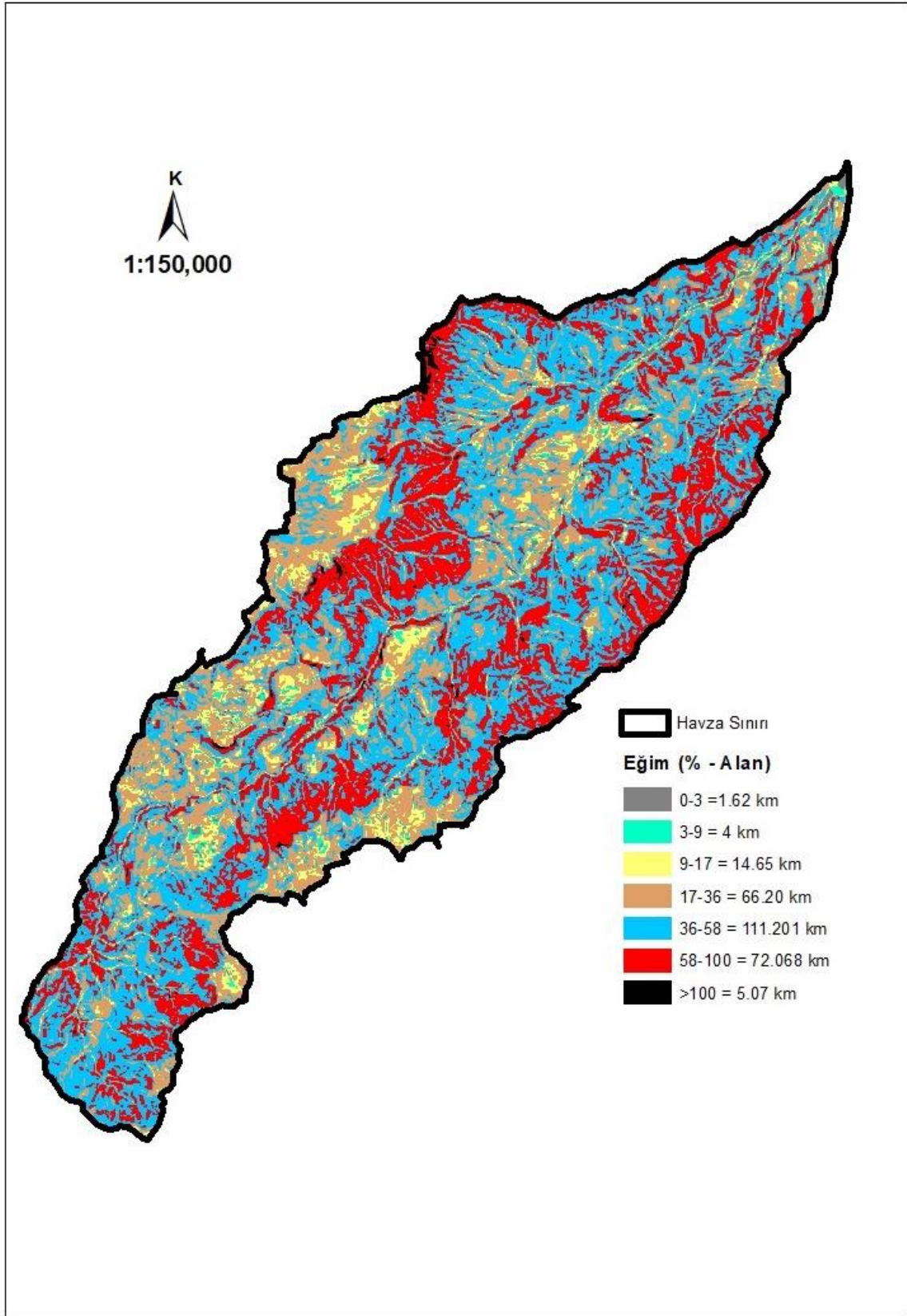
Trabzon ilinde, yumuşak bir deniz iklimi hakimdir. Trabzon ilinde yıllık yağış miktarı ve yıl içindeki durumu, alanın Karadeniz’e sınır olması, kıyıdan itibaren artan eğimle yükselen dağların olması ve sıcaklığa bağlıdır. Bu yüzden yağış şartları kısa mesafelerde değişiklik gösterir ve mikroklima alanlarını oluşturur. Bu da iklimin kıyı ve iç kesimler arasında farklılıklar göstermesine sebep olur. Yörede nisbi nem oranları yaz mevsiminde yüksektir ve özellikle iç kısımlara doğru artmaktadır (URL-3). 2015-2019 yıllarına ait verilere göre en sıcak ay ortalaması 25.34 °C (Ağustos), en soğuk ay (Ocak) ay ortalaması 8.24 °C’dir. Ortalama yağış miktarı metrekareye 905.8 mm’dir (MBM, 2020) (Tablo 3). Trabzon ilinin toplam ormanlık alanı 181842 ha’dır. Bunun 140988 ha’ı verimli, 40854 ha’ı ise boşluklu yapıda ormandır (Adıgüzel, 2020).



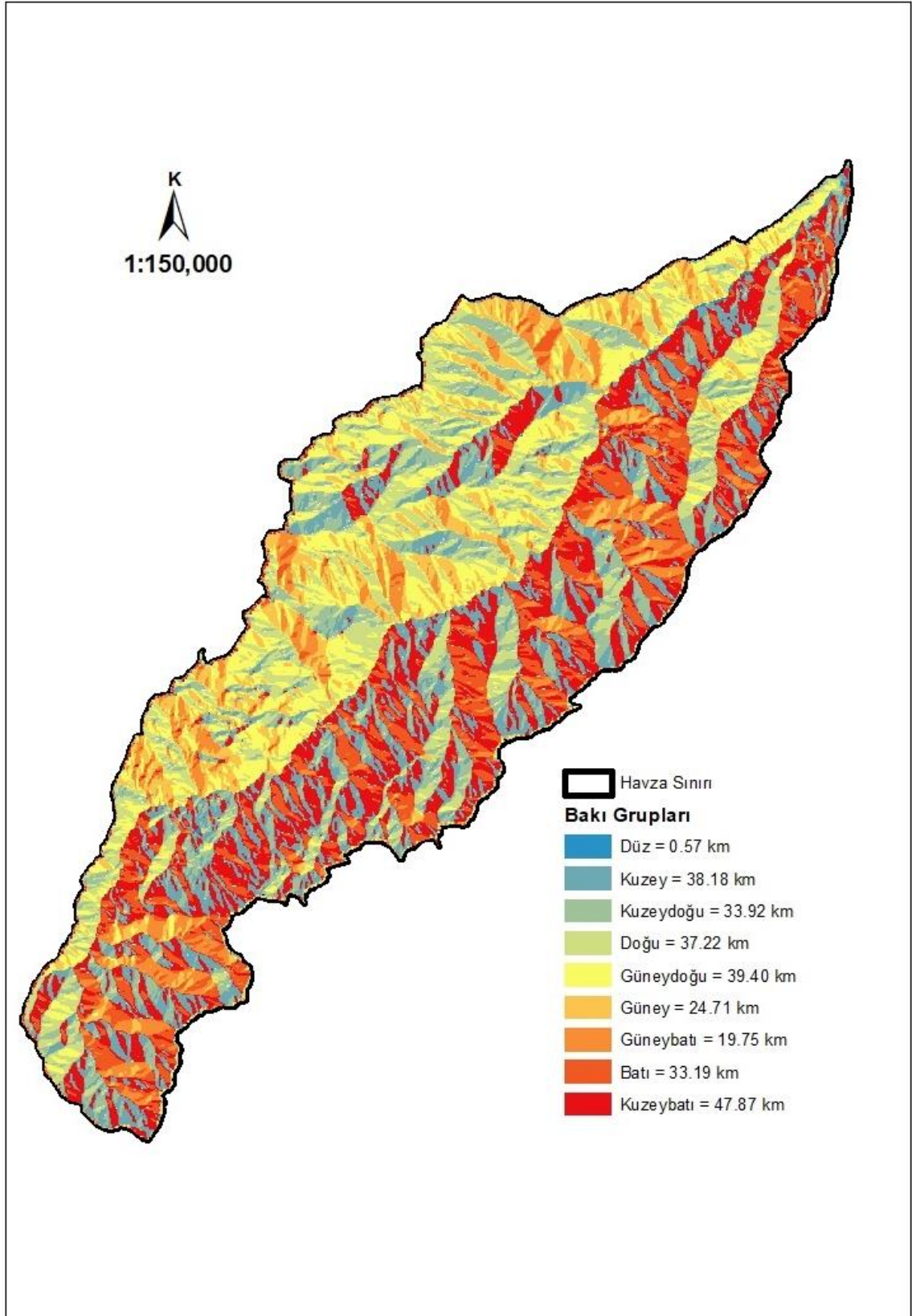
Şekil 5. Söğütlü Deresi havzasında bulunan dağlar



Şekil 6. Söğütlü Deresi havzası yükselti grupları haritası



Şekil 7. Söğütlü Deresi havzası yüzde eğim grupları haritası



Şekil 8. Söğütlü Deresi havzası bakı grupları haritası

2.1.2.1. Yağış

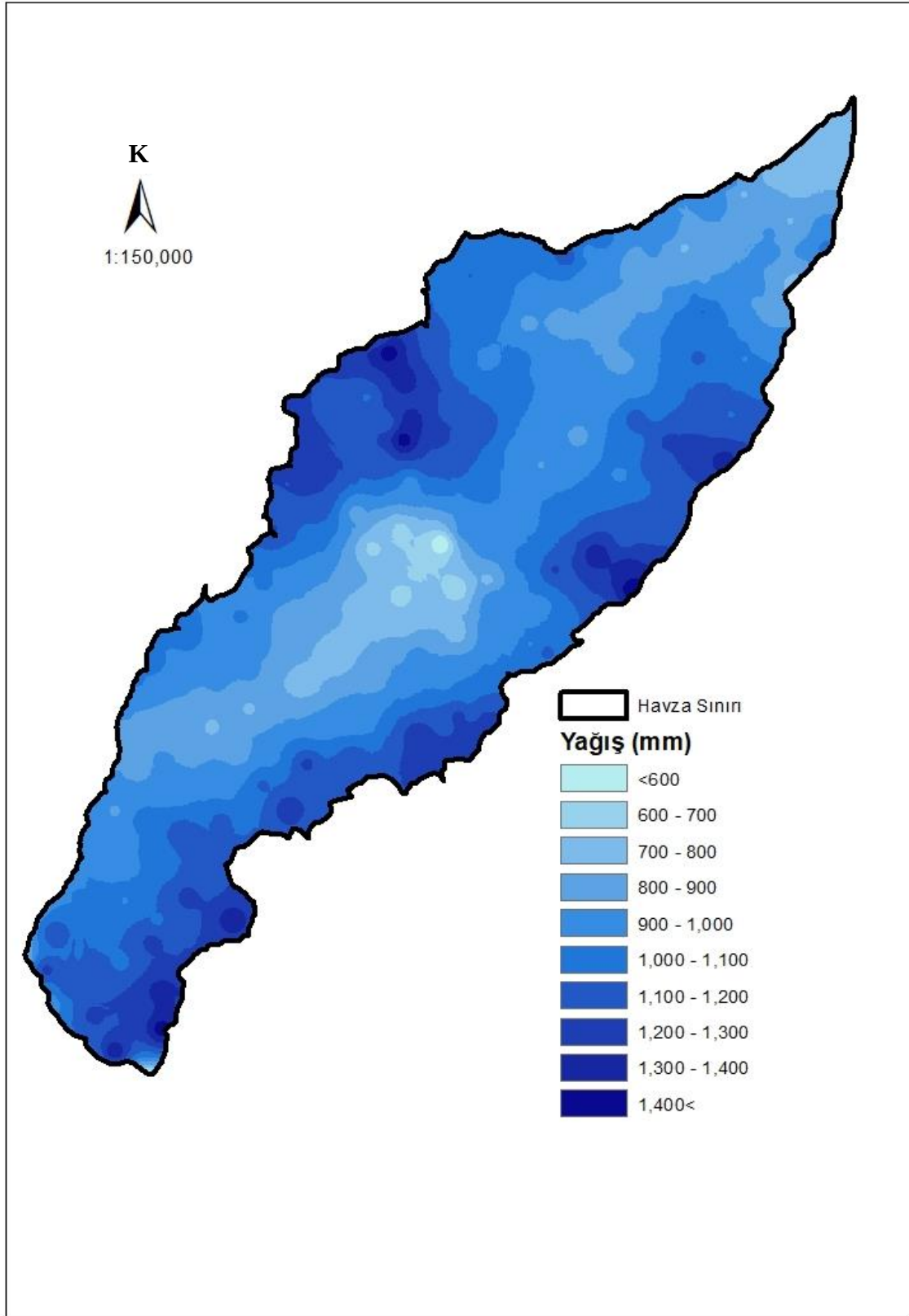
Söğütlü deresi havzası Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Denizden gelen nemli hava kütleleri yükseltiyle beraber yükselerek dağ yamaçlarıyla karşılaşır. Dağların topoğrafik etkisi ile orografik yağış adı verilen yağış şeklini oluştururlar ve bu alanlara bol miktarda yağış bırakırlar. Çalışma alanının orta kısmında yer alan Düzköy meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağışı 615.3 mm civarındadır. Havzanın mansap kısmına en yakın Akçaabat meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağış miktarı 701.32 mm civarındadır (MBM, 2020). Akçaabat, Düzköy, Düzköy/Çal, Trabzon ve Ortahisar Meteoroloji İstasyonları 2015-2019 yıllarına ait aylık ve toplam yağış değerleri Tablo 3’de verilmiştir (Şekil 9).

Tablo 3. Akçaabat, Düzköy, Trabzon ve Ortahisar Meteoroloji İstasyonları 2015-2019 aylık ve yıllık toplam yağış değerleri (mm)

İstasyon adı	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Yıllık
Akçaabat	78.64	40.80	62.72	51.60	59.80	42.20	20.36	29.20	54.32	99.36	67.84	94.48	701.32
Düzköy	52.36	24.9	44.92	45.72	81.18	78.24	29.04	39.2	46.58	57.32	54.54	61.3	615.3
Trabzon	112.32	39.76	71.08	61.8	69.64	55.08	32.4	39.44	86.04	150.28	90.24	97.72	905.8
Ortahisar	33.15	22.95	42.1	28.3	40.65	61.05	20.65	37.45	64.35	76.25	40.25	55.85	523
Düzköy/Çal	61.5	33	95.55	65.35	95.7	101.15	73.35	72.8	81.6	93.6	47.7	84.8	906.1

2.1.2.2. Sıcaklık

Çalışma alanının yer aldığı Söğütlü Deresi Havzası’nda yukarı kesimlere doğru çıkıldıkça yükseltinin artmasından ve iklim etkisinden dolayı sıcaklık azalmaktadır (Şekil 10). Genel olarak arazi şeklinden ve denizden uzaklaşarak yükseltinin artmasıyla 100 m’de bir sıcaklık 0.5°C azalmaktadır (Çepel, 1995). Havzanın mansap kısmına yakın Akçaabat meteoroloji istasyonunda yıllık ortalama sıcaklık 15.66 °C’dir. Havzanın orta kısmında bulunan Düzköy meteoroloji istasyonunun yıllık ortalama sıcaklık değeri 12.94 °C’dir.



Şekil 9. Söğütlü Deresi havzası yağış dağılım haritası

Söğütlü deresi havzasında sıcaklık ölçümü yapan meteoroloji istasyonları havza içerisinde Düzköy, Düzköy/Çal ve havza alanı dışarısında yer alan en yakın meteoroloji istasyonları Akçaabat, Ortahisar ve Trabzon meteoroloji gözlem istasyonlarının Aylık Ortalama Sıcaklıkları (°C) Tablo 4’te verilmiştir (MBM, 2020).

Tablo 4. Akçaabat, Düzköy, Trabzon ve Ortahisar Meteoroloji İstasyonları 2015-2019 aylık ve ortalama sıcaklık değerleri (°C)

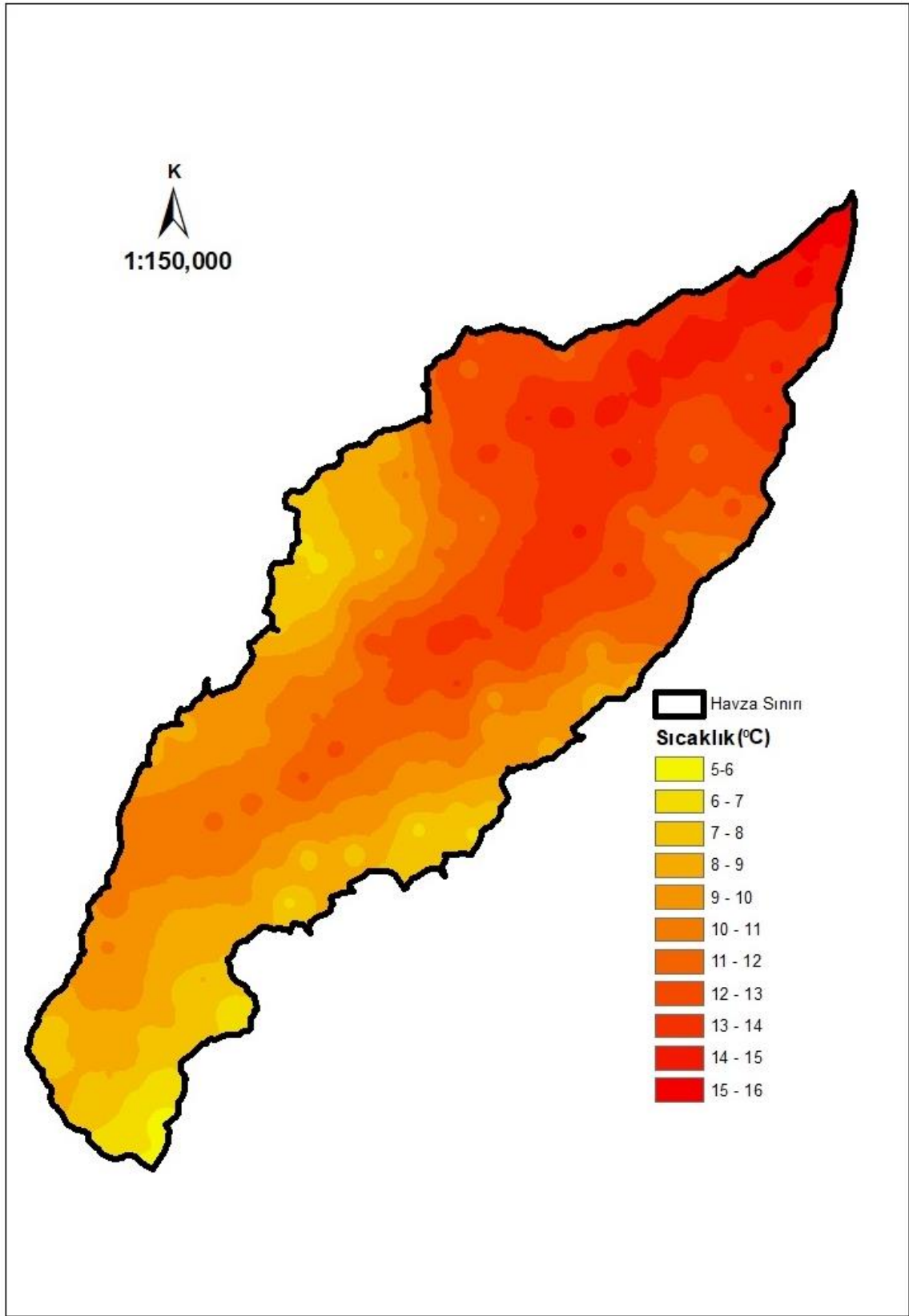
İstasyon adı	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Yıllık
Akçaabat	7.46	8.54	9.66	11.76	16.82	22.04	24.08	25.2	22.04	17.44	13.22	9.06	15.66
Düzköy	5	6.68	8.52	11.1	15.36	18.56	19.88	17.1	18.32	14.18	10.5	6.28	12.94
Trabzon	8.24	9.32	10.46	12.56	17.34	22.26	24.12	25.34	22.18	17.7	13.84	9.7	16.,1
Ortahisar	9.15	9.2	10.5	12.55	18.7	23.9	24.8	25.05	22	18.9	14.2	10.65	16.7
Düzköy/Çal	1.35	3.1	4.6	7.7	13.2	15.7	16.45	16.6	14.2	12.9	9.4	4.15	10.15

2.1.2.3. Buharlaşma

Bölge çok fazla yağış almasından dolayı buharlaşma olayı fazla yaşanmamaktadır. Söğütlü deresi havzasında buharlaşma verilerini kaydeden meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Havzada buharlaşma rasadı yapan istasyon olmadığı için en yakın istasyon olarak Trabzon meteoroloji istasyonu buharlaşma değerleri esas alınmıştır (MBM, 2020) (Tablo 5).

Tablo 5. Trabzon Meteoroloji İstasyonu 2016-2019 aylık ve yıllık toplam buharlaşma değerleri (mm)

İstasyon adı	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Trabzon	0	0	10.28	64.74	79.42	102.6	110.98	109.34	64.66	45.78	47.24	2.62	637.66



Şekil 10. Söğütlü Deresi havzası sıcaklık dağılımı haritası

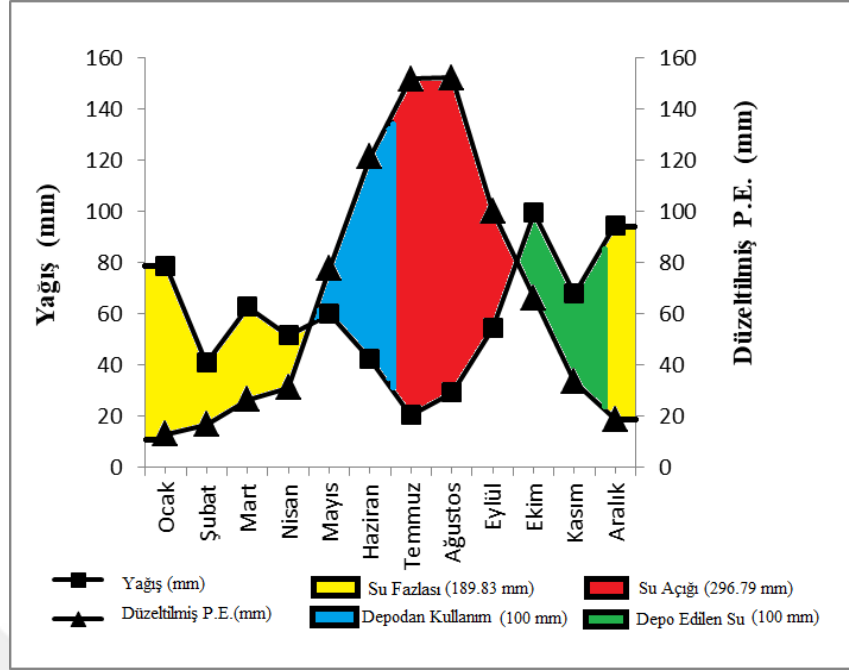
2.1.2.4. Söğütlü Deresi Yağış Havzasının İklim Özellikleri

Söğütlü deresi yağış havzasının iklim özelliklerini belirlemek için havzanın orta kısmında yer alan Düzköy ve havzanın mansap kısmına en yakın olan Akçaabat Meteoroloji istasyonlarında ölçülen veriler kullanılmıştır (Tablo 6-7). Bu meteoroloji istasyonlarında uzun yıllar boyunca ölçüm yapılmadığı için ölçüm yapılan son 5 yılın (2015, 2016, 2017, 2018, 2019) değerleri kullanılarak havzanın iklimi belirlenmeye çalışılmıştır. Havzanın iklim özellikleri belirlemek için Thornthwaite Yöntemi kullanılmıştır (Tablo 6-7). İstasyonlara ait su bilanço grafikleri Şekil 11-12’de gösterilmiştir.

Tablo 6. Thornthwaite yöntemine göre Akçaabat ilçesinin iklimi (Enlem: 41, Boylam: 39)

Aylar	Oc.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Eki.	Kas.	Aral.	Yıllık
Sıcaklık (°C)	7.5	8.5	9.7	11.8	16.8	22.0	24.1	25.2	22.0	17.4	13.2	9.1	15.66
Sıcaklık İndisi (i)	1.85	2.23	2.73	3.67	6.26	9.42	10.82	11.57	9.42	6.61	4.35	2.48	71.41
Düzeltilmemiş P.E. (mm)	15.54	20	26.42	28.09	62.12	96.21	119.44	127.77	96.21	68.93	40.83	23.57	
Enlem Düzelt. Kats. (41. enlem için)	0.83	0.83	1	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.8	
Düzeltilmiş P.E. (mm)	12.90	16.60	26.42	31.18	77.65	121.22	151.69	152.05	100.06	66.17	33.48	18.86	808.28
Yağış (mm)	78.64	40.8	62.72	51.6	59.8	42.2	20.36	29.2	54.32	99.36	67.84	94.48	701.32
Depo edilen suy. aylık değişimi (mm)	0	0	0	0	-17.85	-79.02	-3.13	0	0	33.19	34.36	75.62	
Depo edilen su (mm)	100	100	100	100	82.15	3.13	0	0	0	33.19	67.55	100	
Gerçek Buharlaşma(Evapor.)(mm)	12.9	16.6	26.42	31.18	77.65	121.22	23.49	29.2	54.32	66.17	33.48	18.86	511.49
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	128.2	122.85	45.74	0	0	0	296.79
Su Fazlası (mm)	65.74	24.2	36.3	20.42	0	0	0	0	0	0	0	43.17	189.83
Yüzeysel Akış (mm)	43.66	33.9	35.1	27.76	13.88	6.94	3.47	1.735	0.867	0.43	0	21.59	194.3
Nemlilik Oranı	5.1	1.5	1.4	0.7	-0.2	-0.7	-0.9	-0.8	-0.5	0.5	1.0	4.0	

C2B2's2b3' sembolleri ile tanımlanan “Yarı nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), yazın çok kuvvetli su açığı olan, okyanus (deniz) iklim tipi” hakimdir.

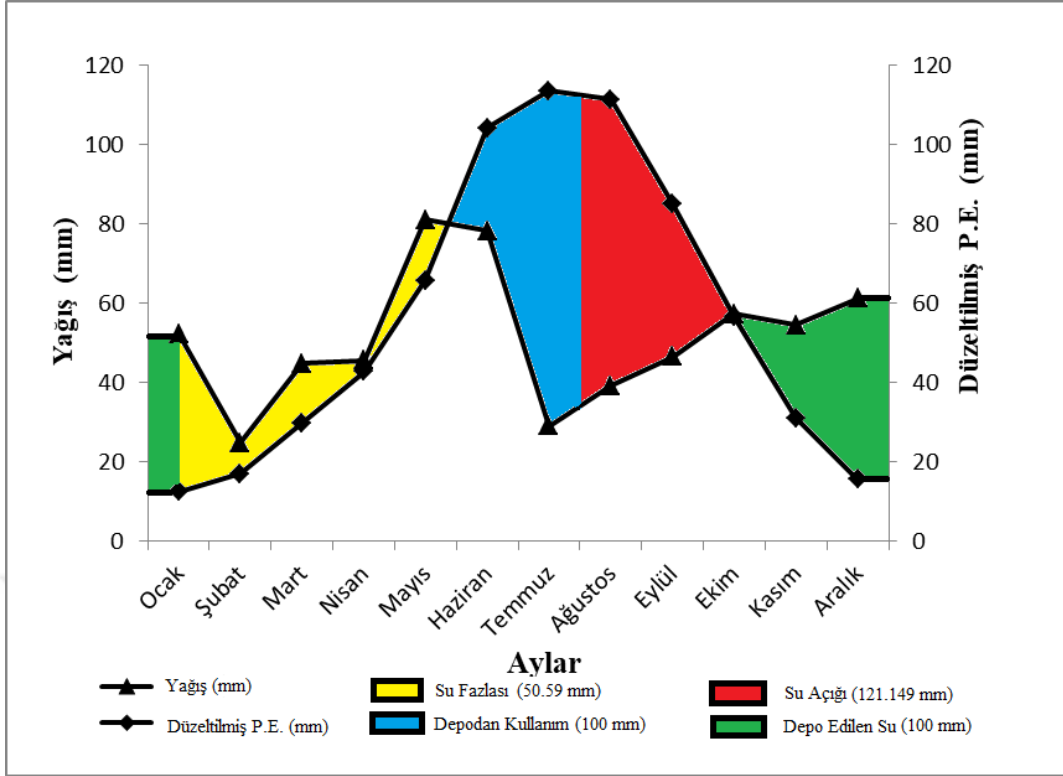


Şekil 11. Akçaabat Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu

Tablo 7. Thornthwaite yöntemine göre Düzköy ilçesinin iklimi (Enlem: 40, Boylam: 39)

Aylar	Oc.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Eki.	Kas.	Aral.	Yıllık
Sıcaklık (°C)	5.0	6.7	8.5	11.1	15.4	18.6	19.9	17.1	18.3	14.2	10.5	6.3	12.94
Sıcaklık İndisi (i)	1	1.56	2.23	3.34	5.49	7.31	8.1	6.44	7.13	4.86	3.08	1.42	52.96
Düzeltilmemiş P.E. (mm)	15	20.5	29.05	38.6	53.03	83.33	89.4	94.44	81.8	59.1	37.5	19.3	
Enlem Düzelt. Kats. (41. enlem için)	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81	
Düzeltilmiş P.E. (mm)	12.60	17.04	29.92	42.85	65.76	104.16	113.54	111.44	85.07	56.74	31.13	15.63	685.85
Yağış (mm)	52.36	24.9	44.92	45.72	81.18	78.24	29.04	39.2	46.58	57.32	54.54	61.3	615.30
Depo edilen suy. aylık değişimi (mm)	39.76	0	0	0	0	-25.92	-74.08	0	0	0.58	23.41	45.67	
Depo edilen su (mm)	100	100	100	100	100	74.08	0	0	0	0.58	23.99	69.66	
Gerçek Buharlaşma(Evapor.)(mm)	12.6	17.02	29.92	42.85	65.76	104.16	103.12	39.2	46.58	56.74	31.13	15.63	564.71
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	10.420	72.239	38.49	0	0	0	121.15
Su Fazlası (mm)	9.42	7.88	15	2.87	15.42	0	0	0	0	0	0	0	50.59
Yüzeysel Akış (mm)	4.71	6.3	10.65	6.76	8.8	4.4	2.2	1.1	0.55	0.28	0.14	0.07	
Nemlilik Oranı	3.2	0.5	0.5	0.1	0.2	-0.2	-0.7	-0.6	-0.5	0.0	0.8	2.9	

CIBI'da' sembolleri ile tanımlanan “Kurak-Az nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su fazlası yok veya pek az olan, tam okyanus (deniz) iklim tipi” hakimdir.

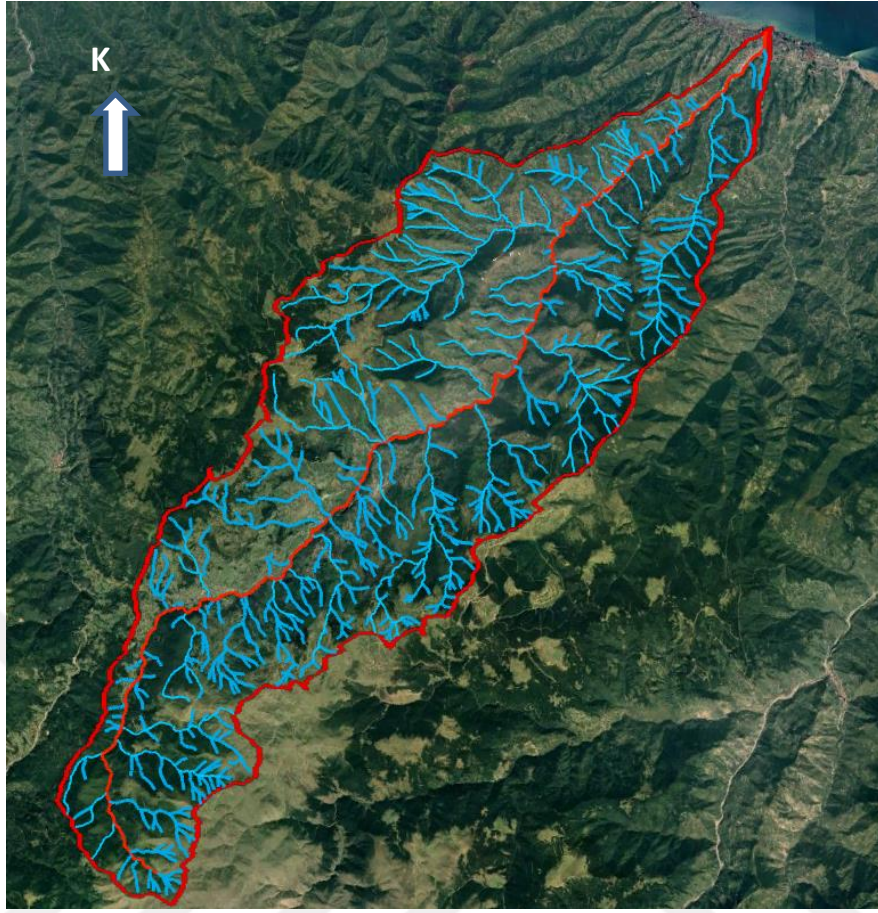


Şekil 12. Düzköy Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu

2.1.3. Su Kaynakları

Çalışma alanının su kaynağını Söğütlü Deresi ve yan kolları oluşturmaktadır (Şekil 13). Derenin beslendiği yan kollar havzanın mansap kısmında bulunan Arpacılı, Büyükdere, Karayeli ve Lahana deresidir. Havzanın orta kısmında Demirkapı, Lambara, Değirmenler, Kuzugölü, Ambarcık, Kale, Ana dere, Huni dere ve Has deresi bulunmaktadır. Memba kısmında ise Çatalkıran, Derindere, Sakalturan, Isırganlı, Akise ve Kumandan Deresi bulunmaktadır (Şekil 13).

Söğütlü deresinin kaynağını oluşturan Kumandan Dere 2342m yükseklikteki Gez tepesinden doğar. Akışını önce kuzeybatı yönünde sürdürür. 1150 m yüksekliğe geldiğinde Çatalkaya deresine dönüşür. Çatalkaya deresi akışını kuzeybatı yönünde sürdürerek Derin dere ile birleşir. Derin dere ile birleştikten sonra Düzköy İlçesi civarından itibaren Kale deresini oluşturur. Kale deresi Havzanın orta kısmında bulunan Ana dere, Huni dere, Değirmenler ve Lambara deresiyle birleşerek 250 m'den itibaren Söğütlü Deresini oluşturur. Söğütlü deresi akışını kuzey batı yönünde sürdürerek daha sonra havzanın mansap kısmında bulunan Akçaabat ilçesine ulaşarak buradan Karadeniz'e dökülür.



Şekil 13. Solaklı Deseni havzası drenaj deseni uydu görüntüsü (Google Maps, 2021).

2.1.4. Bitki Örtüsü

Karadeniz Bölgesi'ni diğer bölgelerden ayıran en önemli özellik, yağışın fazla olmasından dolayı zengin bitki türlerinden oluşmasıdır. Karadeniz Bölgesi Avrupa Sibirya bölgesinde yer almaktadır. Bu yüzden bu alanlar nemli ılıman ve nemli soğuk koşullarda yetişen bitki türlerini bulundurmaktadır (DOKAP, 2013).

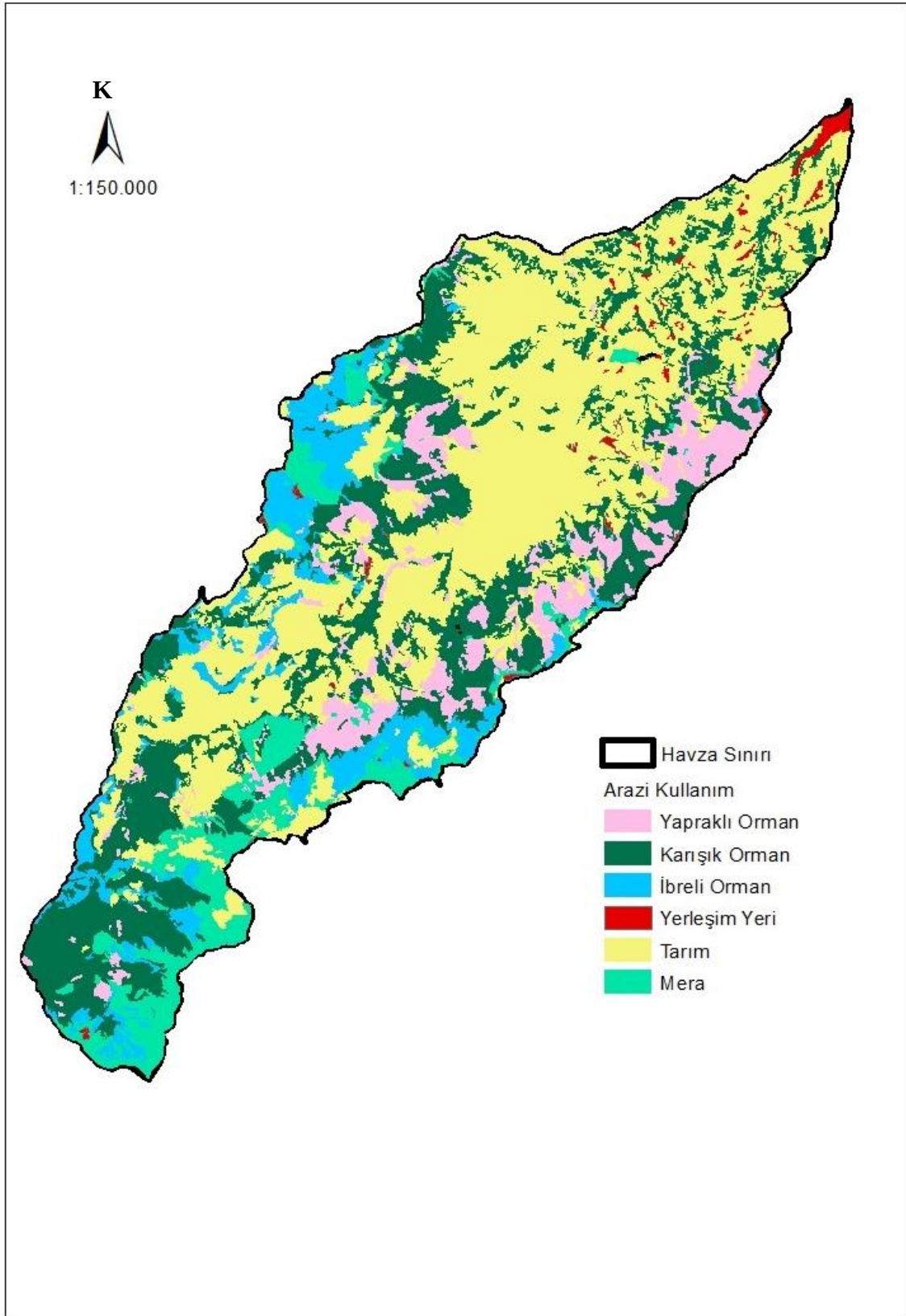
Trabzon ilinde, deniz kenarında 10 m yükseklikten başlamak üzere 2000 m. yüksekliğe kadar değişik orman ağaçları yetişmektedir. Bu yükseltilerden sonra 3.000 m. ye kadar alanda değişik tür bitkiler bulunmaktadır (DOKAP, 2013). Kuzeye bakan kesimleri bol yağış aldığı için buralarda genel olarak kızılâğaç, gürgen, kestane, kayın, göknar ve ladin ağaç türlerini barındıran saf ya da karışık meşcerelerden oluşan ormanlık alanlar bulunmaktadır. Ormanın üst sınırının geçtiği yükseklikten sonra çayırlarla kaplı yaylalar yer almaktadır (Ayaz, 2009; DOKAP, 2013). Trabzon ilinde ormanlık alan

176.055 ha'dır ve alanın %38'ini kapsamaktadır. İldeki çayır ve mera alanı toplam 111.628 ha'dır ve alanın %24'ünü oluşturmaktadır (Ayaz, 2009).

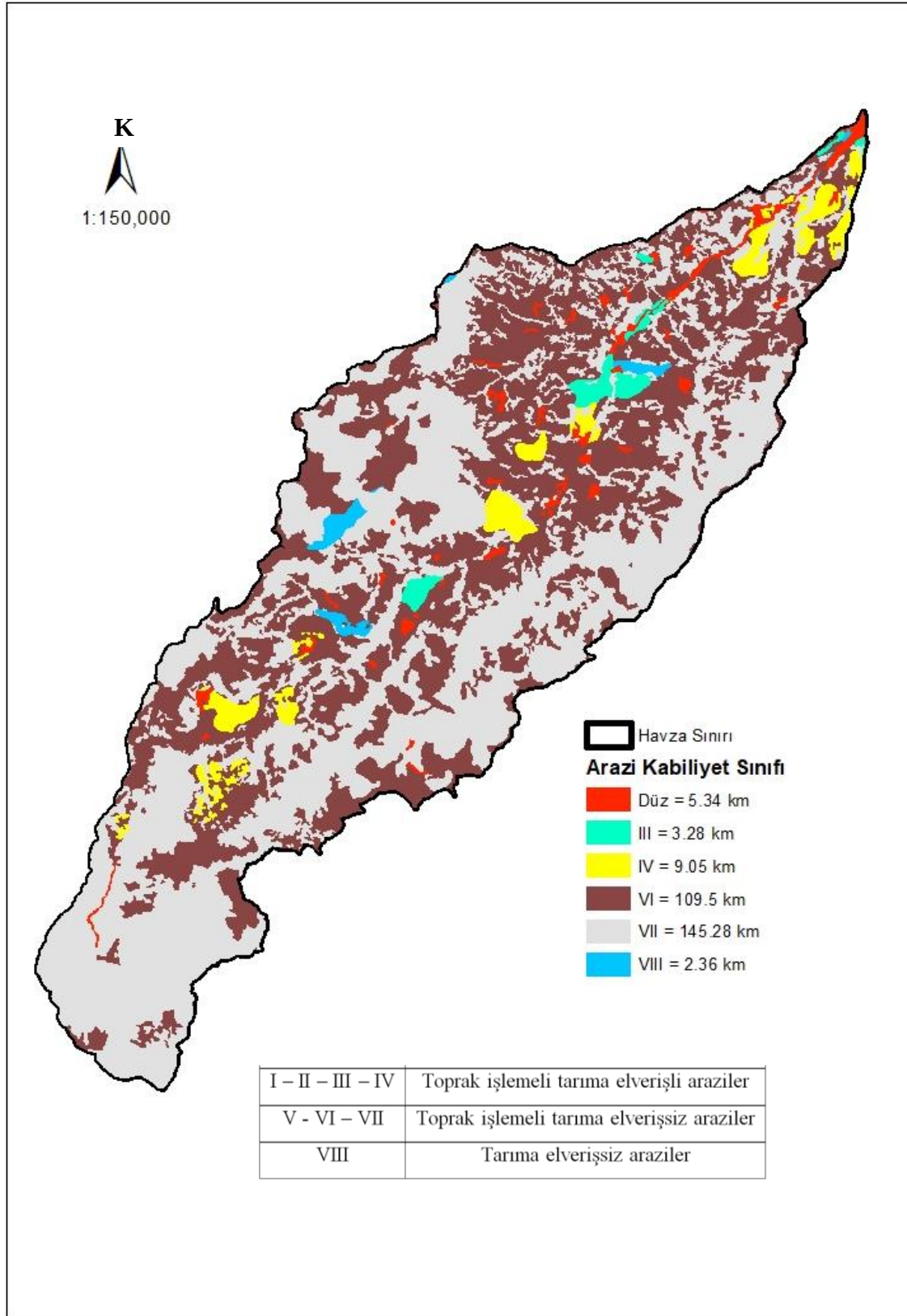
Söğütlü Deresi Havzası'nın toplam ormanlık alanı 12,596 ha, toplam mera alanı 2,430 ha, tarım alanı 12,130 ha, yerleşim yeri alanı 316 ha ve 25.154 ha alan da ocak, kayalık gibi alanları kaplamaktadır. Ormanlık alanın 2,270 ha alanı ibreli türlerden, 2,639 ha alanı yapraklı türlerden ve 7,687 ha alanı ise karışık türlerden oluşmaktadır (Şekil 14). Havzada alt kısmı olan mansap kısımlarında genellikle yapraklı türler, orta kısımlarda yapraklı-ibreli karışık türler ve havzanın memba kısımlarında yani havzanın üst kesimlerinde ibreli ağaç türleri bulunmaktadır (OGM, 2019).

Söğütlü Deresi havzasında hemen hemen bütün mevsimlerde yağış görülmektedir (Tablo 3). Havzanın ormanlık alanları gür ormanlarla kaplıdır. Havzada 900 m yüksekliğe kadar kayın, gürgen, meşe, kızılğaç, kestane ağaçlarının saf veya karışık meşcereleri bulunmaktadır. Yine 1000 m' lere kadar kızılğaç, gürgen, kayın saf ve karışık meşcereleri görülmektedir. 1300 - 1600 m arası ise iğne yapraklı ve karışık ormanlar olan Ladin-Kızılğaç, Ladin-Kayın, Ladin-Kestane karışık meşcereleri görülmektedir. 1600 m'den itibaren de saf Ladin meşcereleri görülmeye başlanmaktadır. Genel olarak havzanın ağaç türlerini değerlendirdiğimizde havzanın mansap kısmından başlayarak memba kısmına doğru kızılğaç, gürgen, meşe, kayın ve en son ladin yer almaktadır. Havza genelinde ormanın üst sınırı Gez Tepesi'nde 2200 m'ye kadar ulaşır. Havzada tarım alanları 20m yükseltiden başlayarak 2000 m yükseltilere kadar çıkmaktadır. Havzada bulunan mera alanları ise genel olarak 1400 m yükseltilerden başlayarak 2342 m yükseltilere kadar çıkmaktadır (OGM, 2019). Söğütlü deresinde III (3.28 km²), IV (9.05 km²), VI (109, 5 km²), VII (145.28 km²) ve VIII (2.36 km²) sınıf araziler bulunmaktadır (Şekil 15,16).

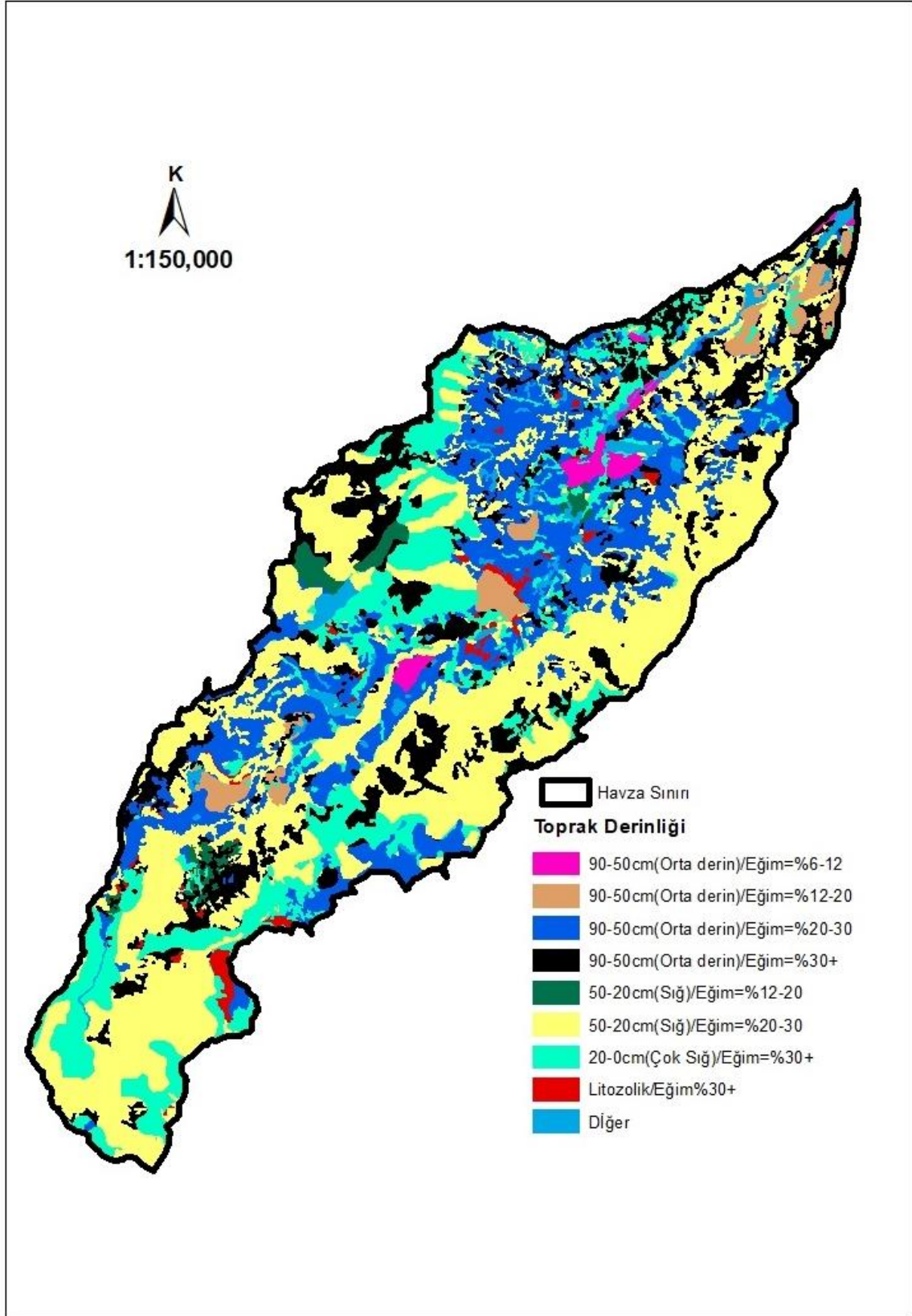
Söğütlü Deresi Havzası turizm açısından da önemli bir alanımızdır. Hıdırnebi yaylası ve Çal mağarası havzanın önemli turistik merkezlerinden biridir. Havzanın Düzköy ilçesi sınırları içerisinde yer alan Çal-Camili Tabiat Parkı 2003 Yılında Mesire Yeri olarak ayrılmış ve 2011 yılında Tabiat Parkı olarak ilan edilmiştir. 17 ha. alana sahip Tabiat Parkı, bitki örtüsü ve yaban hayatı yönünden zengin olup manzara güzelliklerine sahiptir (TİR, 2013).



Şekil 14. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım ve orman alanı dağılım haritası



Şekil 15. Söğütlü Deresi havzası arazi kabiliyet sınıfı haritası



Şekil 16. Söğütlü Havzası toprak derinliği haritası

2.1.5. Genel Jeoloji ve Toprak Özellikleri

2.1.5.1. Araştırma Alanının Kayaç Yapısı

Toprak oluşumuna ve toprak türlerinin belirlenmesine etki eden parametrelerden bir tanesi ana materyal veya ana kaya çeşitleridir. Ana kayaların kaba veya ince taneli oluşu, içerdiği mineral çeşitleri, tabakalı yapıda olup olmadığı, ayrışma hızı gibi etmenler toprağın karakteristiği üzerinde etkili olmaktadır (Çepel, 1988).

İklim koşulları ve vejetasyon karakteristikleri ana materyallerin toprak üzerine etkisini artırıcı veya azaltıcı yönde etki edebilir. Aynı iklim ve arazi koşulları altında farklı kayaçlardan fiziksel ve kimyasal özellikleri farklı olan topraklar meydana gelebilmektedir (Çepel, 1988).

Söğütlü Havzasını oluşturan kayaçların başında kaçkar granodiyoriti, bazalt, andezit, kum taşı, kil taşı, marn gibi kayaçlar gelmektedir. Şekil 17’de Söğütlü Havzasına ait jeoloji haritası verilmiştir.

Granit ana kayaları genellikle kaba taneli bir kayaç türüdür. Bu yüzden fiziksel parçalanması kolay olur. Genellikle kumlu balçık ve balçık tekstüründe topraklar oluşur. Çıplak ve çok eğimli yerlerde sığ topraklar oluştururken düz ve az eğimli yerlerde derin topraklar oluşturur (Çepel 1988; Kulubaş ve Kılıcı, 1997).

Bazalt bazik yapıda, ince ve masif bir taş türüdür. Bu yüzden genellikle bazalt ana kayasından oluşan topraklar sığ ve taşlı yapıdadır (Çepel, 1988). Bazaltlar ağır bünyeli kil gibi ince taneli topraklar meydana getirir. Bitki beslemesi derin topraklarda iyidir. Su tutma kapasitesi iyidir fakat drenajı kötü topraklardır. Sığ topraklar orman yetiştirmeye elverişsiz, mutlak derinliği fazla olanlar elverişli topraklardır (Çepel 1988; Kulubaş ve Kılıcı, 1997).

Andezit ana kayası ince taneli, ağır bünyeli, sığ ve orta derinlikte topraklar oluşturur. Bu tür toprakların su tutma kapasitesi ve bitki beslemesi iyidir ama drenajı kötüdür (Kulubaş ve Kılıcı, 1997). Genellikle killi kumlu balçık tekstüründe toprakları oluşturur (Çepel vd., 1977).

Kum taşından hafif bünyeli kaba taneli topraklar oluşur. Su tutma kapasitesi zayıf, drenajı iyi topraklardır. Orman yetiştirmeye yağışlı yerlerde uygun, kurak bölgelerde elverişli değildir (Kulubaş ve Kılıcı, 1997).

Kil taşı, kil tane boyutunun hakim olduğu bir kayaç türüdür. Kil ve killi balçık toprakları oluştururlar. Su tutma kapasitesi çok iyi, havalanması ve drenajı kötüdür (Çepel 1988; Kulubaş ve Kılıcı, 1997). Bu kayaçlardan oluşan topraklar ince kum tabakaları ile birleşirse toprağın geçirgenliği iyileşir (Çepel 1988).

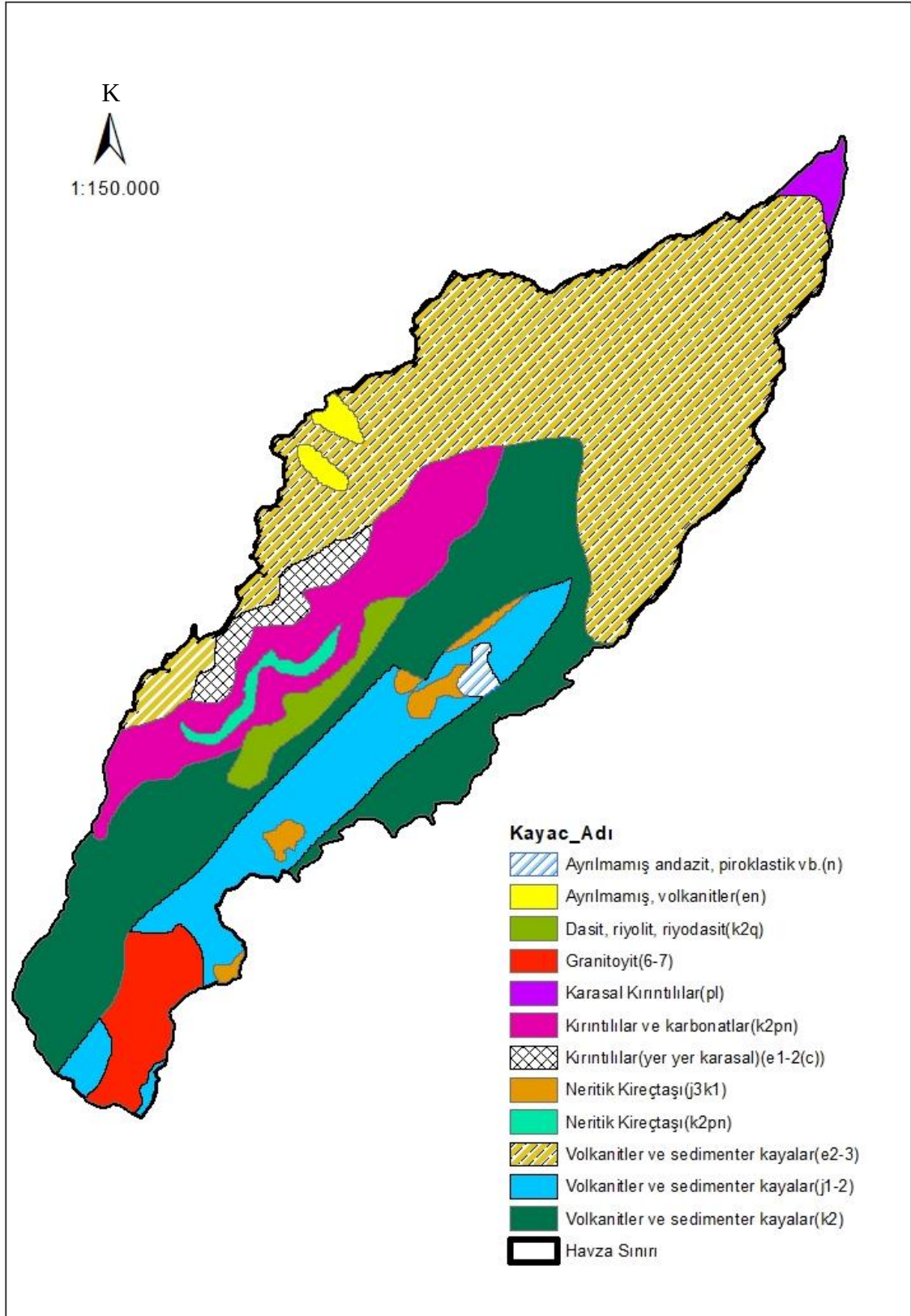
Marn ana kayaları ağır bünyeli genellikle sığ topraklar meydana getirirler. Su tutma kapasitesi iyidir ve drenajı orta seviyededir. Bitki besleme gücü genellikle orta seviyedir. İçerisindeki kil miktarı arttıkça besleme gücü artar, pH arttıkça besleme gücü düşer (Çepel 1988; Kulubaş ve Kılıcı, 1997).

Riyolit ana kayası ince taneli, ağır bünyeli ve sığ topraklar meydana getirir. Bu tür toprakların su tutma kapasitesi zayıf, drenajı iyi ve bitki besleme gücü zayıftır. Bu tür ana kayalar sığ topraklar verdiğinden genellikle fidan dikim sahaları için uygun değildir (Kulubaş ve Kılıcı, 1997).

Konglomera ana kayası genellikle kaba taneli toprak meydana getirir. Bu tür toprakların su tutma kapasitesi düşük, drenajı iyi ve besin madde yönünden fakir topraklardır (Kulubaş ve Kılıcı, 1997). İskelet bakımından zengin çakıllı kum topraklarını verirler. Bu tür topraklara kil ve kireç karışırsa balçıklı kum veya kumlu balçık topraklar oluşur (Çepel 1988).

Çamur taşları (Sheyl) taşlarından oluşan ana kayalar ağır bünyeli tozlu ve killi toprakları oluşturur. Bu toprakların su tutma kapasitesi yüksek, drenajı çok kötü, besin maddesi yönünden zengin olmalarına rağmen bitkiler bunlardan faydalanamazlar. Genellikle sığ topraklar verirler (Kulubaş ve Kılıcı, 1997).

Diyorit genellikle ince tekstürlü, killi toprakları meydana getirir. Genellikle yavaş ayrışan bir kayaç türüdür ve iskelet bakımından zengin toprakları meydana getirir. Bu tür topraklar verimli topraklardır (Çepel 1988; Kulubaş ve Kılıcı, 1997).



Şekil 17. Araştırma alanının jeoloji haritası (MTA, 2021).

2.1.5.2. Araştırma Alanının Toprak Yapısı

2.1.5.2.1. Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar

Bu topraklar havzanın mansap kısmı olan deniz seviyesinden başlayıp havzanın tamamına yayılmış şekildedir. Havzada 194.8 km²'lik alanı kapsamaktadır (Şekil 18). Sarı-kırmızı podsolik, kahverengi orman ve yüksek dağ-çayır topraklarıyla birlik oluştururlar (Terzioğlu, 1998). Bu topraklar ağır bünyeli topraklardır. Toprakların bünyesi killi toz ile kumlu toz arasında değişmektedir. Bu topraklarda yüzeyde ince bir organik kat ve bunun altında açık renkli mineral toprak bulunur. Alt toprakta kil birikmesi görülür. Toprak reaksiyonu genellikle orta asittir. Bu toprakların verimliliği ana maddeye bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir (TOB, 2005). Organik maddece zengin, baz saturasyonları ender olarak %50'nin üzerinde, azot ve fosforca yetersiz, ancak potasyum bakımından zengindirler (TGM, 1981). Bu topraklar üzerinde yaygın olarak *Picea orientalis* - *Sedum stoloniferum* birliği ile *Fagus orientalis* - *Picea orientalis* birliği yer almaktadır (Terzioğlu, 1998).

2.1.5.2.2. Kahverengi Orman Toprakları

Bu topraklar yüksek kireç içeriğine sahip ana kaya üzerinde oluşmuştur. Reaksiyonları nötr veya alkalidir. Alt toprağın aşağı kısımlarında kireç birikmesi görülür ve drenajları iyi olan topraklardır (TOB, 2005). Bu topraklar çoğunlukla andezit ve kil taşları üzerinde oluşur. Çok eğimli arazilerde oluştuklarından sığ topraklar meydana getirir (TGM, 1981). Çalışma alanındaki bu topraklar 17.82 km²'lik alanı kapsamaktadır ve bu toprakların üzerinde bulunduğu sahalar fındık ve kuru tarımın yapıldığı, dolayısıyla yerleşimin yoğun olduğu yerlerdir (Şekil 18).

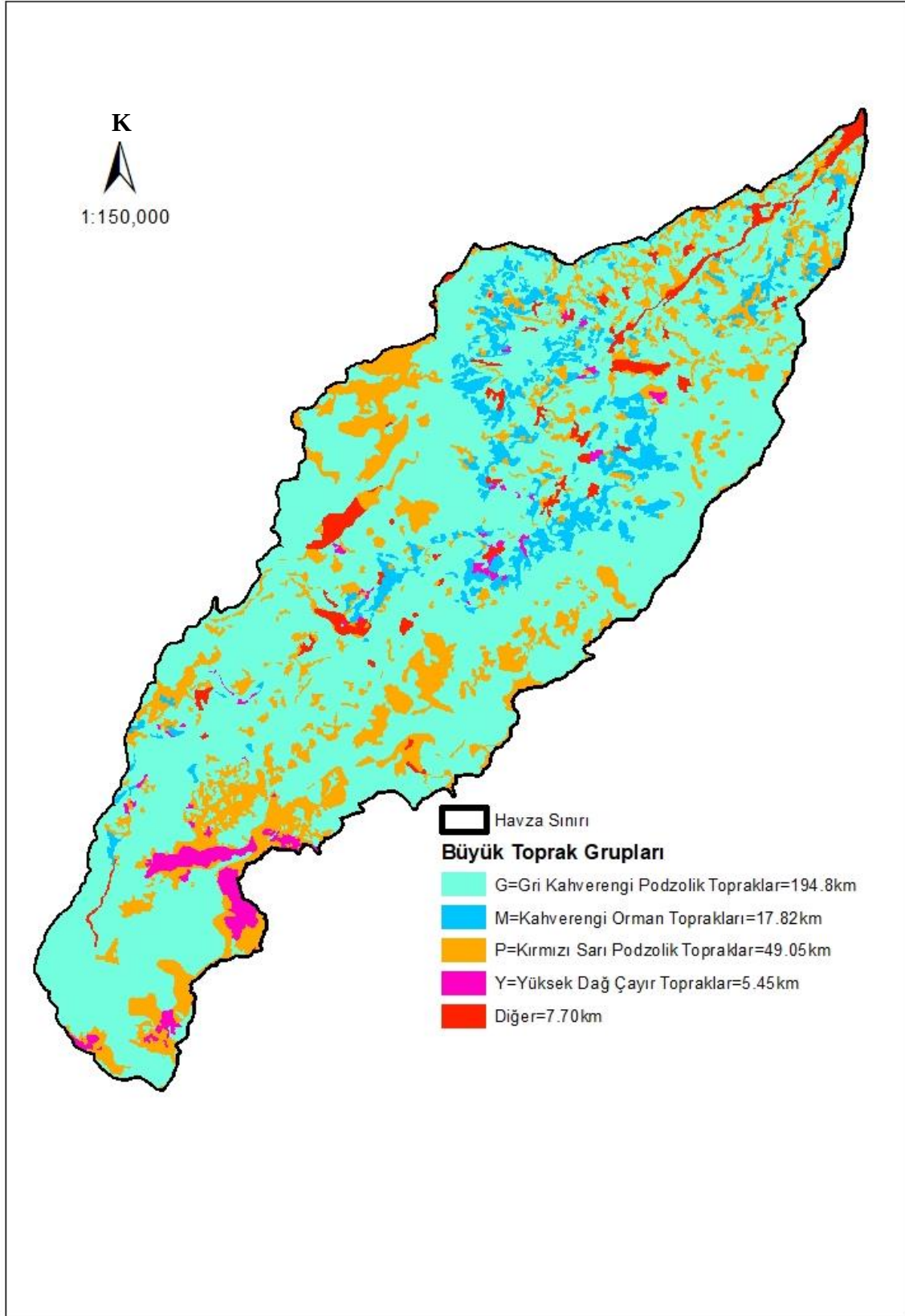
2.1.5.2.3. Sarı-Kırmızı Podzolik Topraklar

Bu toprakların drenajı iyi ve asit reaksiyonlu topraklardır. Doğal bitki örtüsü ormandır. Üstte ince bir organik tabaka, alt toprakta kil daha fazladır ve demir, alüminyum ve mangan oksitler birikmiştir (TOB, 2005). En çok gri-kahverengi topraklarla beraber

bulunurlar ve az olarak da yüksek dağ-çayır topraklarıyla karışım gösterirler. Bu tür topraklar farklı anakayalardan oluşabilmektedir (TGM, 1981). Çalışma alanımızda bu topraklar genellikle çayırılık alanlarda bulunmaktadır ve 49.05 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 18).

2.1.5.2.4. Yüksek Dağ-Çayır Toprakları

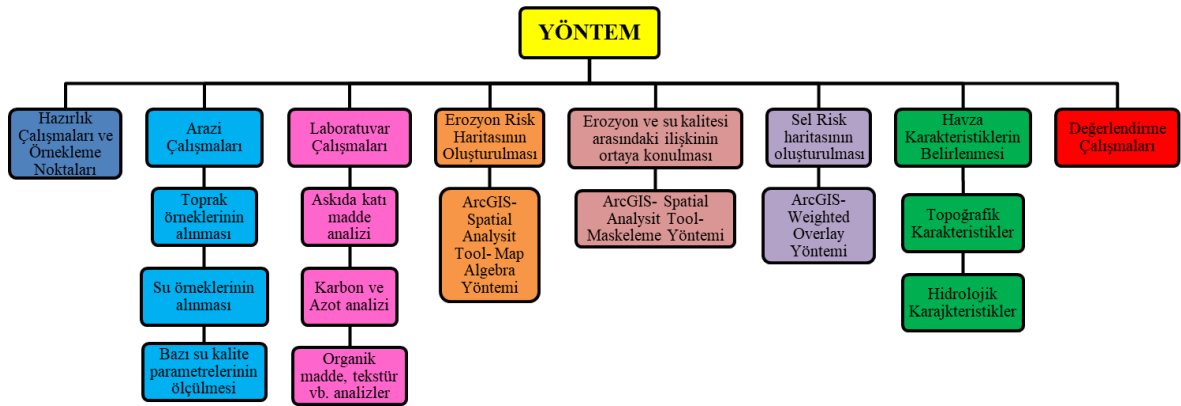
Bu topraklar genellikle ormanlık alanların bittiği yerlerde oluşmaktadır. Kötü drenaj ve soğuk iklim şartlarında meydana gelmişlerdir. Üstte koyu renkli bir katman, bunun altında gri renkli toprak yer alır. Üzerlerindeki doğal bitki örtüsü ot, saz ve çiçekli bitkiler bulunmaktadır. Soğuk iklimden dolayı verimleri sınırlıdır. Çoğunlukla yazın otlatma amaçlı kullanılmaktadır (TOB, 2005). Bünyeleri çok ince olmayıp, organik maddece zengindir (TGM, 1981). Çalışma alanında bu topraklar üzerinde genellikle çayır ve mera alanları bulunmaktadır. Havzanın 5.45 km²'lik alanını kapsamaktadır (Şekil 18).



Şekil 18. Araştırma alanının büyük toprak grupları haritası (TRGM, 2021)

2.2. Yöntem

Bu çalışmada Söğütlü Deresi havzasının toprak erozyonu miktarı, sediment iletim oranı, erozyon ve sel risk haritalarının oluşturulması, toprak erozyonunun bazı su kalite parametrelerine olan etkisinin aylık, yıllık ve mevsimlik değişiminin ve dereye ulaşan askıda katı madde miktarı içerisinde C ve N değerlerinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Çalışma, Toprak Erozyon Miktarı, Sediment İletim Oranının Hesaplanması ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması, Su Örneklerinin Alınması ve Su kalite Parametrelerinin Ölçülmesi, Erozyon Risk Haritası ile Su Kalite Parametreleri Arasındaki Uyum, Sel Risk Haritasının Oluşturulması, Havza Karakteristiklerin Belirlenmesi ve Değerlendirme Çalışmaları şeklinde kendi içerisinde 6 aşamadan oluşmaktadır. Bu bölümlerde su örneklerinin ve toprak örneklerinin ne zaman, kaç adet ve nasıl alındığı ile örnekleri alırken nelere dikkat edildiği açıklanmıştır. Aynı zamanda alınan su örneklerinin askıda katı madde ve sudaki sediment içerisinde bulunan Karbon (C) ve Azot (N) parametrelerini, havzada oluşan toprak erozyon miktarını ve havzanın erozyon-sel risk haritasını belirlemek için kullanılan yöntemler ve hesaplamalar anlatılmıştır (Şekil 19).



Şekil 19. Yöntem sıralaması

2.2.1. Toprak Kaybı, Sediment İletim Oranının Belirlenmesi ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması

Çalışma alanı olarak Trabzon ilinde bulunan Söğütlü Deresi Havzası seçilmiştir. Yapacağımız çalışmada havzaya ait erozyon miktarını belirlemek için Güncelleştirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi-RUSLE (Renard vd., 1991; Renard vd., 1997) yöntemi

kullanılmıştır. RUSLE parametrelerinden R faktörü (Yağış Erozivite), K faktörü (Toprak erodibilite), LS Faktörü (Arazi Eğimi ve Uzunluğu), C Faktörü (Ürün amenajman) ve P Faktörü (Toprak Koruma) değerleri CBS (Coğrafi Bilgi sistemleri-ArcGIS) ortamına aktarılmış ve erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Çalışmada dereye ulaşan sediment miktarı bulmak için yine coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sediment iletim oranı hesaplanmıştır.

2.2.1.1. Toprak Kaybının Hesaplanması

Sunulan tezde erozyon miktarını ölçmek için ArcGIS tabanlı RUSLE yöntemi kullanılmıştır (Renard vd., 1997) (Eşitlik 2). RUSLE yüzeysel akışla uzun süreli ortalama yıllık toprak kaybını tahmin etmek için kullanılan deneysel yani ampirik bir erozyon modelidir (Kumar vd., 2019). RUSLE yöntemi farklı arazi kullanım koşulları altında toprak ve su koruma uygulamalarının alınabilmesi için toprak erozyon miktarını tahmin etmek, alanın toprak erozyon potansiyelini değerlendirmek ve uygun koruma uygulamalarının seçilebilmesi için kullanılmaktadır (Tosic vd., 2013).

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (\text{ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}) \quad (2)$$

A = Ortalama yıllık toprak kaybı ($\text{t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$),

R = Yağış aşındırma enerjisi ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ y}^{-1} \times \text{mm s}^{-1}$),

K = Toprak erozyon duyarlılığı faktörü ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^{-1} \times \text{s mm}^{-1}$),

LS = Yamaç uzunluğu ve eğim dikliği faktörü,

C = Arazi örtüsü ve yönetimi faktörü,

P = Toprak-su koruma önlemleri faktörü

RUSLE çalışma bölgesindeki erozyon miktarını tahmin etmek için ArcGIS ile birleştirilmiştir. RUSLE ile ArcGIS'in entegrasyonu, daha kolay ve verimli bir toprak erozyon tahminine ve toprak erozyonun mekânsal olarak dağılımını sağlamaktadır (İbrahim vd., 2012). ArcGIS kullanımı zaman ve iş gücü bakımından tasarruf sağlanmaktadır. Haritaların oluşturulmasında ArcGIS 10 yazılımı kullanılmıştır. RUSLE denkleminde kullandığımız 6 faktörün her biri birbirinden bağımsız olarak analiz edilmiştir ve ArcGIS ortamında raster (tarama) verilerine dönüştürülmüştür. Veri setinin

            30x30 m olarak belirlenmiştir (Prasannakumar vd., 2011; Lee ve Kang, 2013; Ganasri ve Ramesh, 2015; Zısu ve Nasua, 2015;   şahin, 2016; Khassaf ve Rammahi, 2018; Desalegn vd., 2018). Bu haritaların çakıştırılmasıyla alandaki toprak kaybı miktarı hesap edilmiştir (Tosic vd., 2011).

2.2.1.1.1. Yağış Erosivite (R) Fakt  r  n  n Belirlenmesi

Yağış erosivite fakt  r   (R), belirli bir yağışın aşındırıcı kuvvetinin bir     s  d  r. Belirli bir b  lgede beklenen yağmur yoğunluğunun erozyon   zerindeki etkisini yani yağmur damlasının toprağı parçalama g c n   yansıtır (Prasannakumar vd., 2011; Ganasri ve Ramesh, 2015; Mir vd., 2015; Nijimbere ve Lizana, 2019). Bu nedenle R, yağmurla ilişkili olması muhtemel yüzey akışın miktarını ve oranını yansıtır (Renard vd., 1997; Ganasri ve Ramesh, 2015). Erozyona etki eden faktörlerin başında yağış özellikleri gelmektedir. Toprağı koruyan bitki örtüsü gibi yüzey örtüsünün olmadığı veya az olduğu alanlarda özellikle eğimli arazilerde yağış, toprak tarafından tutulamaz ve yüzeysel akışa geçerek toprağın parçalanmasına ve taşınmasına neden olur ( zdemir ve Tatar, 2016).

R faktörü haritasının oluşturulabilmesi için alana ait sürekli yağış verilerine ihtiyaç duyulur (Wischmeier and Smith, 1978; Prasannakumar vd., 2011; Ganasri ve Ramesh, 2015; Fayas vd., 2019). Çalışma sahasında Düzköy ve Akçaabat'ta bulunan meteoroloji istasyonu kullanılarak en az 5 yıllık yağış değerleri Trabzon Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir (Prasannakumar vd., 2011; Ganasri ve Ramesh, 2015). Söğütlü deresi havzası içinde ve yakınında yer alan meteoroloji istasyonlarda uzun yıllar     mler yapılmadığı ve alansal tutarlılığın daha fazla olması için son 5 yılın yıllık ve aylık toplam yağış miktarları değerleri yağışın eroziv etkisini hesaplamada kullanılmıştır. Ayrıca Meteoroloji Müdürlüğü'nden diğer iklim verileri de temin edilmiştir. Yükseltileri de göz önünde bulundurularak çalışma sahasına en yakın olan Düzköy ve Akçaabat meteoroloji istasyonlarına ait veriler kullanılarak ArcGIS ortamında rastgele örnekleme yapılarak havzada 250 tane referans meteoroloji istasyonları oluşturulmuştur (Cüberal ve Ekinci, 2006;  zdemir ve Tatar, 2016). Sanal meteoroloji istasyonlara ait yağış verilerini belirlemek için Schreiber tarafından önerilen yıllık her 100 m'de 54 mm (12 ay için hesaplandığında aylık olarak 4.5 mm) yağışın arttığı varsayılarak lokal meteoroloji istasyonlardaki (Düzköy ve Akçaabat) yağış verileri kullanılarak Eşitlik 3'teki formül ile

hesaplanmıştır. Eşitlik 3'teki her bir sanal meteoroloji istasyonunun aylık yağış verileri belirlenerek yıllık toplam yağış değerleri hesaplanmıştır.

$$P_h = P_o + 4.5 \times h \quad (3)$$

P_h = Yükseltisi bilinen yağışı bulunacak bir noktanın yağışı (mm)

P_o = Yağış değeri ve yükseltisi bilinen karşılaştırma istasyonun yağış tutarı (mm)

H = P_h ile P_o arasındaki yükselti farkı

R değerlerini hesaplamak için önce Modifiye edilmiş Fournier İndexs (MFI) formülü (Arnoldus, 1977) kullanılmıştır (Eşitlik 4)

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (4)$$

MFI = Modifiye edilmiş Fournier İndeks

P_i = i'nci aydaki yağışı (mm)

P = Yıllık yağışı (mm)

Sanal meteoroloji istasyonlarındaki R değerlerini hesaplamak için eşitlik 5'teki formül kullanılmıştır (Fathizad vd, 2014; Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016).

$$R = (4.17 \times MFI) - 152 \quad (\text{Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016}) \quad (5)$$

R = İstenilen yükseklikte bir lokasyon için hesaplanacak yeni RUSLE-R değeri

MFI = Modifiye edilmiş Fournier İndeks

Havza alanına ait R Faktör haritasını oluşturmak için ArcGIS yazılımı üzerinde bulunan enterpolasyon yöntemlerinden olan IDW kullanılarak veriler raster formatına dönüştürülmüştür. Raster verilerin çözünürlüğü 30x30m olarak ayarlanmıştır. R faktörü istasyon verileri, GIS aracılığıyla IDW yöntemi kullanılarak enterpolasyona tabi tutularak alana yayılması sağlanmıştır (Zhou ve Wu, 2008; Ibrahim vd., 2012; Fathizad vd, 2014). Sonuçların doğruluğu ArcGIS Geostatistical Wizard kullanılarak test edilmiştir. Daha

sonra oluşturulan R faktörleri değerleri çok düşük riskli, düşük riskli, orta riskli, yüksek riskli ve çok yüksek riskli olacak şekilde 5 sınıfa ayrılmıştır.

2.2.1.1.2. Toprak Erodibilite (K) Faktörünün Belirlenmesi

Toprak erodibilite (aşınabilirlik) faktörü K, yağış ve yüzeysel akışın aşındırıcı gücüne karşı toprağın fiziksel özelliklerine bağlı olarak uzun vadede erozyona karşı verdiği direncidir (Zhou ve Wu, 2008; Özdemir ve Tatar, 2016; Kumar vd., 2019; Fayas vd., 2019). Toprağın veya yüzey malzemesinin 22,6 m uzunluğunda ve % 9 eğimli, sürekli nadasta tutulan, tepe yamacında yukarı ve aşağı sürülmüş birim parselin erozyona duyarlılığını, sedimentin taşınabilirliğini ve standart şartlar altında ölçülen belirli bir yağış girdisi verilen akış miktarını ve oranını temsil eder (Balcı, 1996; Zhou ve Wu, 2008; Ganasri ve Ramesh, 2015; Nijimbere ve Lizana, 2019). K değerleri 0 (aşındırıcı olmayan) ile 1 (kolay aşınan) arasında değişiklik göstermektedir. Toprak erodibilite değerleri sıfıra yaklaştıkça toprak erozyona daha az yatkındır. 1'e yaklaştıkça toprak daha fazla erozyona maruz kalmaktadır (İbrahim vd., 2012; Ganasri ve Ramesh, 2015). K faktörü, toprak türü, organik madde içeriği ve toprak geçirgenlik faktörlerine göre değişir (Lee ve Lee, 2010, İbrahim vd., 2012). Genel olarak, killi toprak düşük K değeri alırlar. Çünkü bu toprak türleri parçalanmaya karşı dirençlidirler. Kumlu toprakların K değeri yüksektir (Tosic vd., 2013). Kumlu toprakların yağmur damlalarıyla parçalanması kolaydır. Kumlu topraklar yüksek infiltrasyon kapasitesine sahiptir ve yüzeysel akışın azaltıcı etkisi vardır. Bu tür topraklarda parçalanmış toprak taneleri ağır olduğu için kolaylıkla taşınamazlar. Tozlu balçıklı ve killi balçık toprakların K değerleri yüksek veya orta derecededir. Kolay bir şekilde parçalanabilirler, infiltrasyon kapasiteleri düşüktür ve daha fazla yüzeysel akışa sebep olurlar. Hafif bünyeye sahip oldukları için parçalanmış toprak parçacıkları kolaylıkla yüzeysel akış tarafından taşınabilmektedir (Ganasri ve Ramesh, 2015; Kumar vd., 2019).

K faktörünün doğrudan ölçümü, en güvenilir tahmin yöntemi olarak kabul edilir (Fayas vd., 2019). Bu çalışmada Söğütlü Deresi Havzasında K faktörünün doğrudan ölçülerek belirlenmesi amacıyla, 123 noktadan toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 23). ArcGIS 10 yazılımı üzerinde fishnet toolu kullanılarak karelej yöntemine göre 1500x1500 m aralıklarla 123 tane nokta atılmıştır. Her bir karelej arası 225 ha olarak belirlenmiştir. Noktalarımızdan orman alanına 61 nokta, tarım alanına 48 nokta ve mera alanına 14 nokta

denk gelmiştir. Her bir noktanın koordinatları ArcGIS ortamında belirlenmiştir (Tablo 8). Arazide toprak örnekleri 2019 yılının haziran ve temmuz ayında alınmıştır. Örnek noktalarından toprak örneği 0-30 cm toprak derinliğinden alınmış ve konumları GPS ile belirlenmiştir (Şekil 24, 25, 26). Eşitlik 6'daki formül kullanılarak K faktörü hesaplanmıştır (Torri vd., 1997; Borselli vd., 2012).

$$K = 0.0293 (0.65 - D_G + 0.24D_G^2) \times \exp \{-0.0021(OM/C) - 0.00037 (OM/C)^2 - 4.02C + 1.72C^2\} \quad (6)$$

$$D_{Gkil} = 0,01[(\%kil) - \log_{10}(\sqrt{0,002})]$$

$$D_{Gtoz} = 0,01[(\%toz) - \log_{10}(\sqrt{(0,05 \cdot 0,002)})]$$

$$D_{Gkum} = 0,01[(\%kum) - \log_{10}(\sqrt{(2 \cdot 0,05)})]$$

$$D_G = [-3.5(\%kil) - 2(\%toz) - 0.5(\%kum)]/100$$

OM = Organik madde

C = Topraktaki Kil Miktarı

Formülde kullanılan Kum, Toz ve Kil Oranları Bouyoucos Hidrometre metoduna göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1962). Laboratuvarında analiz yapılmadan önce toprak örnekleri analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 20, 21).



Şekil 20. Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi

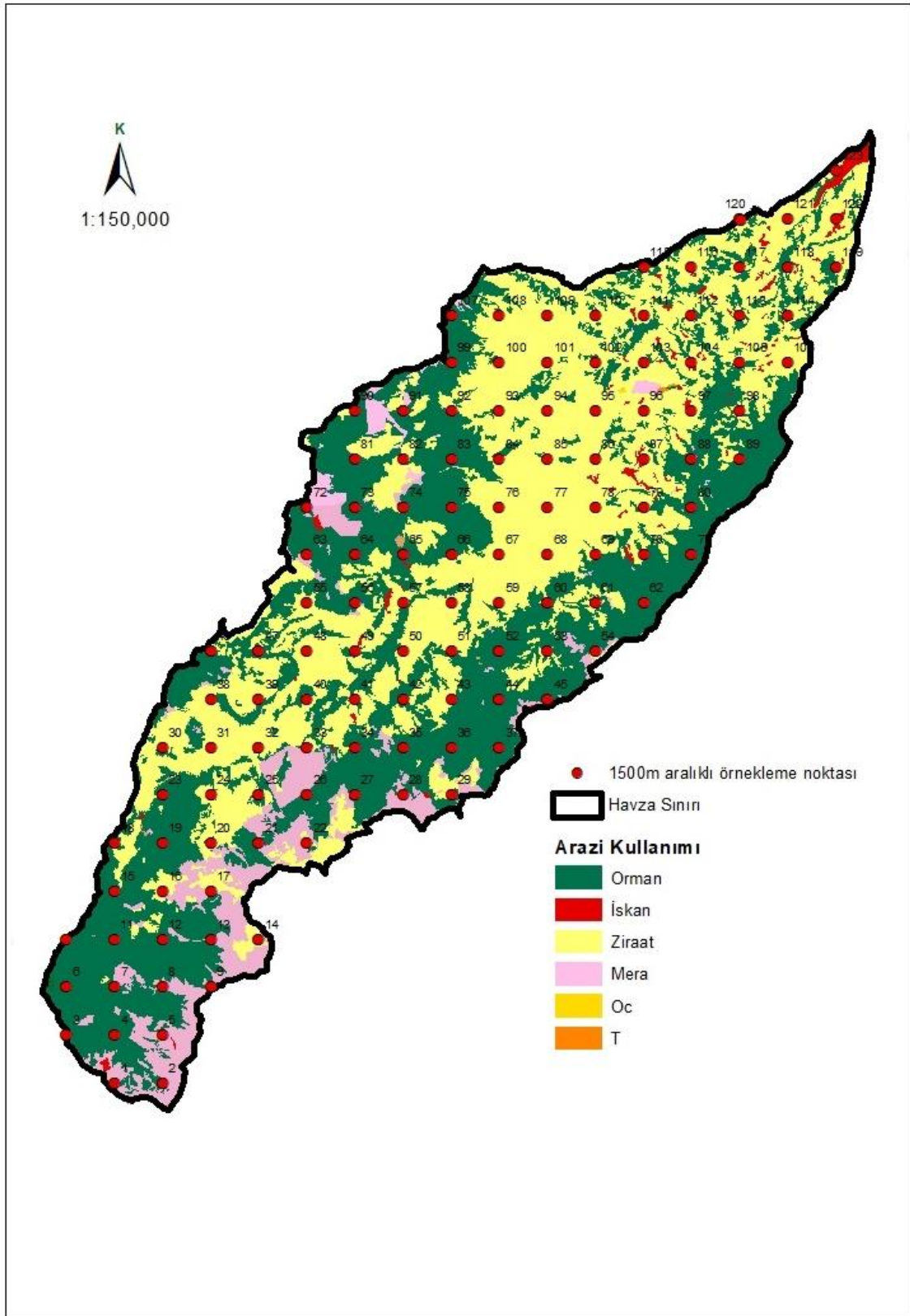


Şekil 21. Bouyoucos Hidrometre metodu

Organik Madde Yüzdesi Walkley-Black yaş yakma metoduna göre belirlenmiştir. Walkley-Black Organik karbondan gidilerek organik madde miktarı hesaplanmıştır (Walkley ve Black, 1934) (Şekil 22).



Şekil 22. Toprakların organik madde içerikleri Walkley-Black yaş yakma metoduna göre belirlenmiştir



Şekil 23. Toprak örnekleme noktalarının arazi kullanım durumuna göre Söğütlü Deresi havzasındaki dağılımı

Tablo 8. Toprak örnekleri koordinat listesi

Toprak Örnekleri Alım Noktaları (X,Y= Koordinat)								
Örnek No	X	Y	Örnek No	X	Y	Örnek No	X	Y
1	526583.86	4511391.25	42	535583.86	4523391.245	83	537083.86	4530891.245
2	528083.86	4511391.25	43	537083.86	4523391.245	84	538583.86	4530891.245
3	525083.86	4512891.25	44	538583.86	4523391.245	85	540083.86	4530891.245
4	526583.86	4512891.25	45	540083.86	4523391.245	86	541583.86	4530891.245
5	528083.86	4512891.25	46	529583.86	4524891.245	87	543083.86	4530891.245
6	525083.86	4514391.25	47	531083.86	4524891.245	88	544583.86	4530891.245
7	526583.86	4514391.25	48	532583.86	4524891.245	89	546083.86	4530891.245
8	528083.86	4514391.25	49	534083.86	4524891.245	90	534083.86	4532391.245
9	529583.86	4514391.25	50	535583.86	4524891.245	91	535583.86	4532391.245
10	525083.86	4515891.25	51	537083.86	4524891.245	92	537083.86	4532391.245
11	526583.86	4515891.25	52	538583.86	4524891.245	93	538583.86	4532391.245
12	528083.86	4515891.25	53	540083.86	4524891.245	94	540083.86	4532391.245
13	529583.86	4515891.25	54	541583.86	4524891.245	95	541583.86	4532391.245
14	531083.86	4515891.25	55	532583.86	4526391.245	96	543083.86	4532391.245
15	526583.86	4517391.25	56	534083.86	4526391.245	97	544583.86	4532391.245
16	528083.86	4517391.25	57	535583.86	4526391.245	98	546083.86	4532391.245
17	529583.86	4517391.25	58	537083.86	4526391.245	99	537083.86	4533891.245
18	526583.86	4518891.25	59	538583.86	4526391.245	100	538583.86	4533891.245
19	528083.86	4518891.25	60	540083.86	4526391.245	101	540083.86	4533891.245
20	529583.86	4518891.25	61	541583.86	4526391.245	102	541583.86	4533891.245
21	531083.86	4518891.25	62	543083.86	4526391.245	103	543083.86	4533891.245
22	532583.86	4518891.25	63	532583.86	4527891.245	104	544583.86	4533891.245
23	528083.86	4520391.25	64	534083.86	4527891.245	105	546083.86	4533891.245
24	529583.86	4520391.25	65	535583.86	4527891.245	106	547583.86	4533891.245
25	531083.86	4520391.25	66	537083.86	4527891.245	107	537083.86	4535391.245
26	532583.86	4520391.25	67	538583.86	4527891.245	108	538583.86	4535391.245
27	534083.86	4520391.25	68	540083.86	4527891.245	109	540083.86	4535391.245
28	535583.86	4520391.25	69	541583.86	4527891.245	110	541583.86	4535391.245
29	537083.86	4520391.25	70	543083.86	4527891.245	111	543083.86	4535391.245
30	528083.86	4521891.25	71	544583.86	4527891.245	112	544583.86	4535391.245
31	529583.86	4521891.25	72	532583.86	4529391.245	113	546083.86	4535391.245
32	531083.86	4521891.25	73	534083.86	4529391.245	114	547583.86	4535391.245
33	532583.86	4521891.25	74	535583.86	4529391.245	115	543083.86	4536891.245
34	534083.86	4521891.25	75	537083.86	4529391.245	116	544583.86	4536891.245
35	535583.86	4521891.25	76	538583.86	4529391.245	117	546083.86	4536891.245
36	537083.86	4521891.25	77	540083.86	4529391.245	118	547583.86	4536891.245
37	538583.86	4521891.25	78	541583.86	4529391.245	119	549083.86	4536891.245
38	529583.86	4523391.25	79	543083.86	4529391.245	120	546083.86	4538391.245
39	531083.86	4523391.25	80	544583.86	4529391.245	121	547583.86	4538391.245
40	532583.86	4523391.25	81	534083.86	4530891.245	122	549083.86	4538391.245
41	534083.86	4523391.25	82	535583.86	4530891.245	123	549083.86	4539891.245



Şekil 24. Ormanlık alanlardan toprak örneklerinin alınması



Şekil 25. Tarım alanlarından toprak örneklerinin alınması



Şekil 26. Mera alanından toprak örneklerinin alınması

Havza alanına ait K Faktör haritasını oluşturmak için yapılan incelemeler doğrultusunda en ideal istatistiksel yöntemin ArcGIS yazılımı aracılığıyla ters mesafe enterpolasyonu (IDW) yöntemi olduğuna karar verilmiştir (Zhou ve Wu, 2008; Ibrahim vd., 2012; Fathizad vd, 2014; Fayas vd., 2019). Elde edilen veriler IDW kullanılarak raster formatına dönüştürülmüş ve değerlerin alana yayılması sağlanmıştır. Raster verilerin çözünürlüğü 30x30m olarak ayarlanmıştır. Sonuçların doğruluğu ArcGIS Geostatistical Wizard kullanılarak test edilmiştir. Daha sonra oluşturulan K faktörleri değerleri 6 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 9). Aynı zamanda toprak türleri, balçık, balçıklı kum, killi, killi balçık, kumlu balçık, kumlu kil ve kumlu killi balçık gibi 7 dokusal sınıfa ayrılmıştır.

Tablo 9. Toprak erodibilite faktörü K değerleri sınıflandırılması

Erodibilite Faktörü (K)		Anlamı ve Derecesi
Amerikan sistemi (t ac saat 100ac ⁻¹ foot tonf inç ⁻¹)	Uluslararası sistem (SI) (t ha saat ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	
0 – 0.05 x 0.1317	0 – 0.007	Çok az aşınabilir
0.05 -0.10	0.007 – 0.013	Az aşınabilir
0,10 – 0.20	0.013 – 0.026	Orta derecede aşınabilir
0.20 – 0.40	0.026 – 0.052	Kolaylıkla aşınabilir
0.40 – 0.60	0.052 – 0.079	Çok kolaylıkla aşınabilir
> 0,60	> 0.079	Aşırı derecede kolay aşınabilir

2.2.1.1.3. Arazi Eğimi ve Uzunluğu (LS) Faktörünün Belirlenmesi

Topoğrafik faktör, yamaç uzunluğu (L) ve yamaç eğimini (S) içeren iki parametreden oluşur. LS faktörü, 22.6 m uzunluğunda ve % 9 eğimde olan bir parselde meydana gelen toprak kaybı oranını yansıtır. Burada L değeri 22.6 m yamaç uzunluğunu ve S değeri % 9 arazi eğimini oluşturur (Renard vd., 1997; Nijimbere ve Lizana, 2019). Bu özelliklere sahip bir arazideki LS değeri 1'dir (Özdemir ve Tatar, 2016). L değeri arazi üzerinden yüzeysel akışın başladığı yerden eğimin azaldığı çökelmenin başladığı noktaya veya yüzeysel akışın bir kanala girdiği noktaya kadar olan yatay mesafe olarak tanımlanır (Wischmeier ve Smith, 1978; Ganasri ve Ramesh, 2015; Mir vd., 2015). Eğim uzunluğu L'nin artması, eğim yönünde ilerleyen yüzeysel akış birikimi nedeniyle birim alanda oluşan toprak kaybı da artmaktadır (Ganasri ve Ramesh, 2015; Karamage vd., 2016; Khassaf ve

Rammahi, 2018). Arazi eğim derecesi eğimin erozyon oluşumu üzerine yaptığı etkiyi ifade eder. Eğim faktörünün artması, yüzeysel akış hızının artmasına neden olduğu için toprak erozyonunu artırır (Lee ve Lee, 2010; Karamage vd., 2016; Khassaf ve Rammahi, 2018). Arazi eğimi arazinin uzunluğundan daha fazla toprak kaybı üzerine etkilidir. Yüksek eğime sahip yerlerde erozyon daha fazla meydana gelir (Ganasri ve Ramesh, 2015). LS faktörü, dijital yükseklik modelinin (L) ve (S) faktörlerinin değeri toprak erozyon oranıyla doğru orantılıdır (Kumar vd., 2019).

Sunulan tezde ArcGIS yazılımı yardımıyla havza alanına ait Dijital Yükseklik Modeli (DEM)'nden üretilen LS değerleri altlık olarak kullanılmıştır (Şekil 27). ArcGIS yazılımı ESRI tarafından üretilen ve bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. ArcGIS üzerinde LS faktörünü hesaplamak için çok sayıda formüller bulunmaktadır. LS faktörünün hesaplanmasında Moore ve Burch (1986a, 1986b), tarafından önerilen denklem kullanılmıştır (Eşitlik 7).

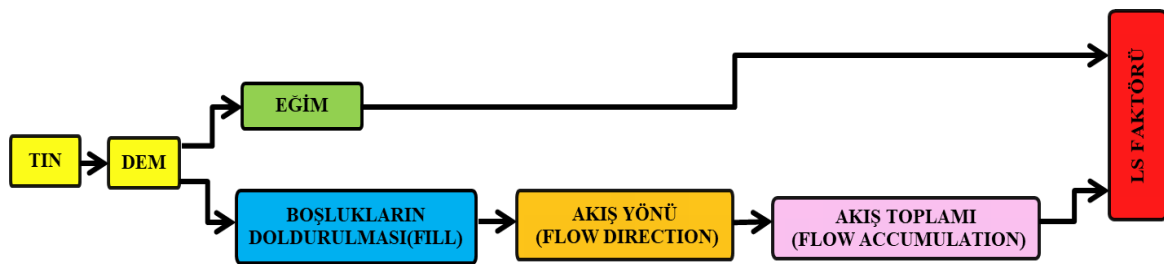
$$LS = (Akış\ Toplamı(Fac)) * Hücre\ Büyüklüğü(Cs) / 22.13^{0.4} * \sin Eğim / 0.0896^{1.3} \quad (7)$$

Akış Toplamı (Fac) = Belirli bir hücreye akışa katkıda bulunan hücre sayısı

Hücre Büyüklüğü (Cs) = Dijital yükseklik modeli çözünürlüğü (Cell size)

$\sin Eğim$ = Gradyan cinsinden eğim değeri; $\sin (II * eğim\ haritası / 180)$ (Ghosal vd., 2020)

II sayısı = 3.14



Şekil 27. LS faktörü akış şeması

Çalışma alanının LS faktörü haritasını oluşturabilmek için öncelikle çalışma alanına ait 30x30m çözünürlüğünde Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) verileri kullanılarak eğim haritası oluşturulmuştur (Karamage vd., 2016). Eğim (S), DEM verisi kullanılarak arazi tabanını betimleyen hücrelerin kullanılarak hesaplanan eğim dikliğidir (Fu vd., 2005; Tosic vd., 2013). Yamaç uzunluğu (L) değerini elde etmek için ArcGIS Hydrology tool

modülünden Flow accumulation (akış birikimi) haritası oluşturulmuştur.

LS faktörünün hesaplanması için, oluşturulan haritalar ArcGIS 10.00 yazılımının Spatial Analyst uzantısı, map algebra modülü, Harita Hesaplama (Raster calculator) komutu kullanılarak Moore ve Burch (1986a, 1986b) tarafından önerilen denklemde yerine konulmuştur. LS Haritası 0-5 (düz veya düze yakın), 6-10 (az eğimli), 11-15 (orta eğimli), 16-20 (dik eğimli) ve >20 (çok dik eğimli) olacak şekilde beş eğim derecesi şeklinde sınıflandırılmıştır.

2.2.1.1.4. Bitki Örtüsü (C) Faktörü

C Faktörü, belirli koşullar altında ekilen araziden kaynaklanan toprak kaybının, temiz, işlenmiş sürekli nadas ve çıplak arazide meydana gelen toprak kaybına oranıdır (Wischmeier ve Smith, 1978; Zhang vd., 2011). C faktörü, bitki örtüsü ve arazi örtüsünün toprak erozyonunu kontrol etmedeki etkilerini temsil eder (Jamshidi vd., 2012). Toprağı bozan faaliyetlerin, bitkilerin, mahsul dizisinin ve verimlilik seviyesinin, toprak örtüsünün ve yer altı biyo-kütlesinin toprak erozyonu üzerindeki etkisini temsil eder (Karamage vd., 2016; Fayas vd., 2019). Bitki örtüsü faktörü, su ve toprak kaybının etkilerini kontrol etmek için kolayca değiştirilebilen parametredir ve toprak erozyonu sürecinde önemli bir faktördür (Zhou ve Wu, 2008; Zhang vd., 2011; Tosic vd., 2013; Özşahin, 2016). Herhangi bir bitki örtüsü olmadan yağmur damlası doğrudan toprağa düşecek ve böylece toprak erozyonunu artıracaktır (İbrahim vd., 2012). Bitki örtüsü, toprak yüzeyine çarpmadan önce yağmur damlalarının aşındırıcı gücünün etkisini azaltır ve yüzeysel akışı engeller (Tosic vd., 2013; Mir vd., 2015; Karamage vd., 2016). Bitki örtüsünün yüzey gözeneklerini koruma, infiltrasyonu iyileştirme ve yüzey toprağında akış hızını azaltma yeteneği vardır (Jamshidi vd., 2012, Fayas vd., 2019). Bitki örtüsünün erozyonu azaltmadaki etkinliği, ağacın yüksekliğine ve sürekliliğine, zemin örtüsünün yoğunluğuna ve kök büyümesine bağlıdır (Mir vd., 2015). Bu nedenle, bitki örtüsünün ve bitki yetiştirme sistemlerinin uygun yönetimi, yüzeysel akış ve erozyon oranlarını azaltmada önemli rol oynar (Tosic vd., 2013; Karamage vd., 2016; Nijimbere ve Lizana, 2019). Genel olarak C faktörü 0 ile 1 arasında değer alır. Sıfıra yaklaştıkça arazi vejetasyon örtüsü artmakta ve erozyon miktarı azalmaktadır. Bire yaklaştıkça ise arazi yüzeyindeki vejetasyon örtüsü zayıflamakta ve çıplak hale gelmektedir. Bu da bu alanlarda erozyon miktarının artmasına sebep olmaktadır (Zhang vd., 2011; Ganasri ve Ramesh, 2015; Almagro, 2019; Kumar vd., 2019).

Bitki örtüsünün kaldırılması toprak erozyonunun yaygın bir nedeni olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, özellikle yüksek riskli alanlarda bitki örtüsünün koruyucu rolünün sürekli olarak değerlendirilmesi, havza ölçekli toprak erozyon tehlikelerinin kontrol edilmesi için son derece önemli bir göstergedir. Arazi kullanımına ilişkin bilgiler, toprak koruma çalışmaları için önem arz eden tarımsal alanların, nadas alanlarının, ormanların, boş arazilerin ve yüzey su kütlelerinin arazi kullanım yönlerinin daha iyi anlaşılmasına izin verir (Ganasri ve Ramesh, 2015).

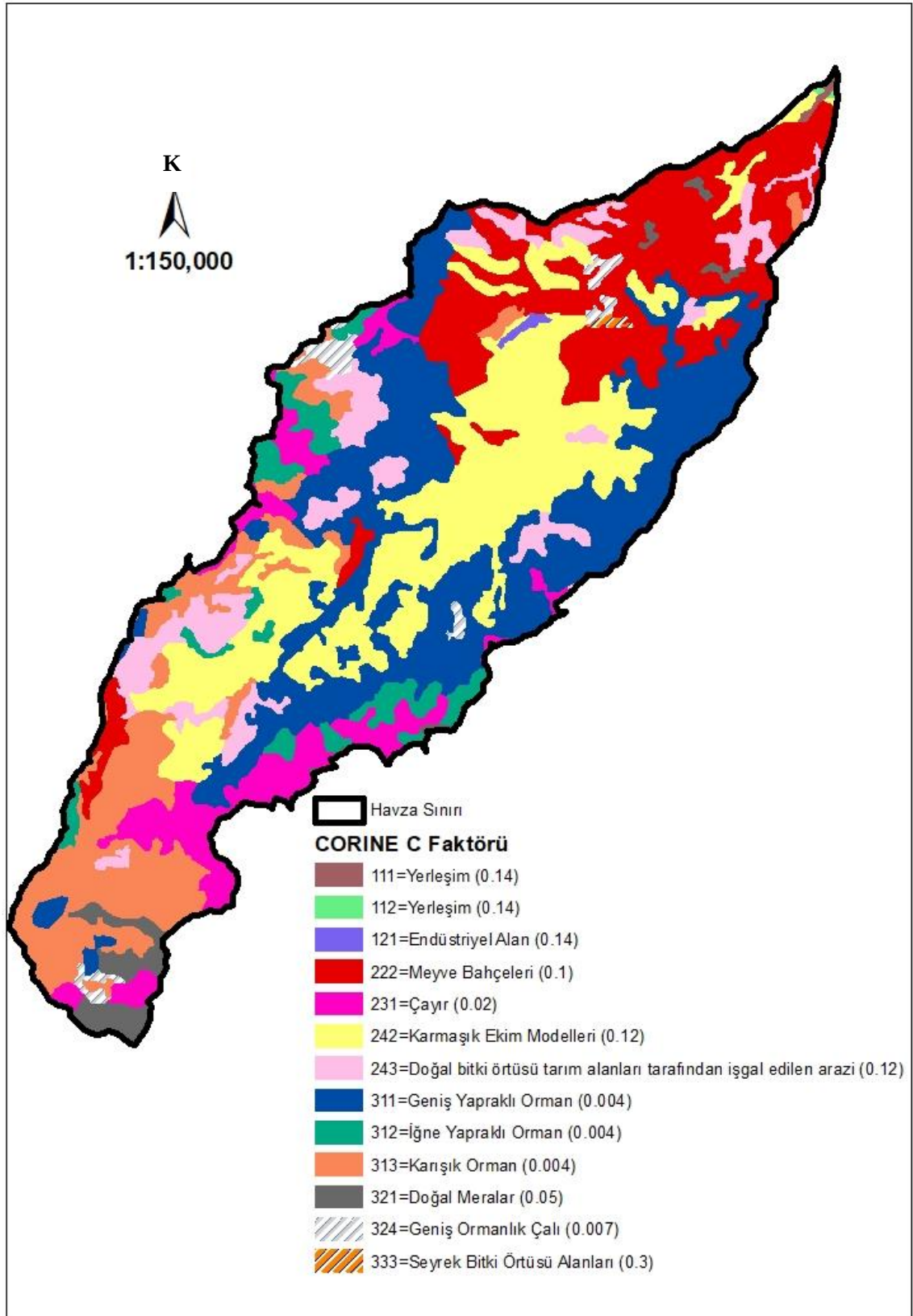
C faktörü değeri hesaplanırken yersel ölçüm, uzaktan algılama ve CORINE yöntemleri kullanılmaktadır (Zhang vd., 2011). Yersel ölçüm yöntemleri arazi örtüsü çeşitliliği ve topoğrafik etkenlerden dolayı nedeniyle çok zaman alıcı ve pahalı olduğundan C faktörünün değerlendirilmesinde son zamanlarda uzaktan algılama modelleri ve CORINE veri setleri kullanılmaktadır (Karamage vd., 2016; Almagro vd., 2019).

Yaptığımız çalışmada RUSLE-C değerlerini bulmak için, havzadaki tarım, orman ve mera alanlarının tespitinde ArcGIS 10 uygulaması ile CORINE arazi örtüsünde (CORINE land cover 2012-2018) ve amenajman planı haritalarında tanımlanan değerler kullanılmıştır (EEA, 2021).

CORINE ve amenajman planı haritalarında bulunan değerler havza alanımıza göre belirlenmiştir (Tablo 10, Şekil 28). Havza alanımıza ait C Faktör haritası oluşturulduktan sonra bu veriler ArcGIS ortamında 30x30 m çözünürlükte raster verilere dönüştürülmüştür (Zhou ve Wu, 2008; Tosic vd., 2013; Özşahin, 2016). C Faktörü sınıflaması yapılırken, ormanlık, mera, tarım, yerleşim yeri olacak şekilde 4 sınıfa ayrılmıştır (Tosic vd., 2013).

Tablo 10. Arazi örtü sınıflarına göre CORINE C faktör değerleri (Tosic vd., 2011; Tosic vd., 2013; Kılıç vd., 2018; EEA, 2021).

CORINE Kodları	Arazi Örtüsü/Kullanım Sınıfları	C Faktör
111	Yerleşim	0.14
112	Yerleşim	0.14
121	Endüstriyel Alan	0.14
122	Ulaşım	0.14
133	Yapı Alanları	0.07
211	Sulanamayan ekilebilir Arazi	0.45
212	Kalıcı Olarak Sulanan Arazi	0.165
141	Yeşil Kentsel alanlar	0.005
142	Spor ve eğlence tesisleri	0.005
221	Bağ	0.1
222	Meyve Bahçeleri	0.1
223	Zeytinlik Alanlar	0.1
231	Çayır	0.02
241	Yıllık ve devamlı bitkisel ürünler karışımı	0.12
242	Karmaşık ekim modelleri	0.12
243	Doğal bitki örtüsü tarım alanları tarafından işgal edilen arazi	0.12
311	Geniş Yapraklı Orman	0.004
312	İğne Yapraklı Orman	0.004
313	Karışık Orman	0.004
321	Doğal Meralar	0.05
322	Fundalıklar	0.05
324	Geçiş Ormanlık Çalı	0.007
331	Step	0.3
332	Çıplak Kayalar	1
333	Seyrek Bitki Örtüsü Alanları	0.3
334	Yanmış Alanlar	0.3
512	Su Yüzeyleri	0.01



Şekil 28. Söğütlü Deresi havzası CORINE C değerleri (EEA, 2021).

2.2.1.1.5. Toprak Koruma (P) Faktörü

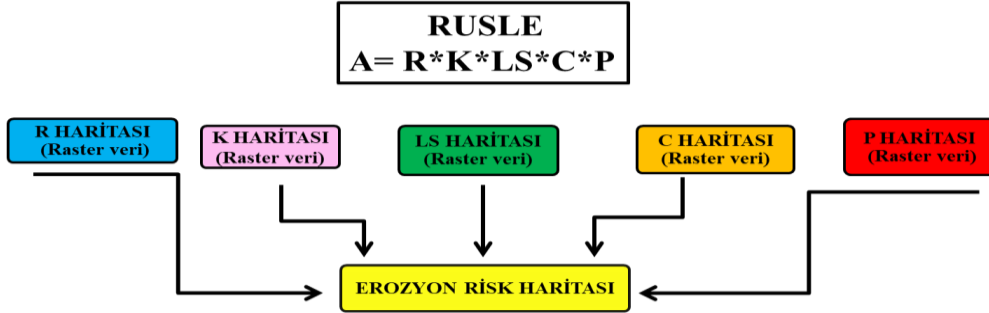
Toprak koruma faktörü (P), toprak koruma uygulamalarının yıllık erozyon miktarı üzerindeki etkisini yansıtan faktördür (Renard vd., 1997; Wischmeier ve Smith 1978). P faktörü, çalışma alanına uygulanan koruma önlemine bağlıdır (Mir vd., 2015; Karamage vd., 2016; Fayas vd., 2019). Şerit ekim yöntemi, dönüşümlü ekim, teraslama, toprağı eş yükselti eğrilerine paralel sürme veya ekimi gibi toprağı koruma uygulamalarının toprak erozyonu üzerine olumlu etkilerini hesaba katmak için kullanılır (Fu vd., 2005; Ibrahim vd., 2012; Tosic vd., 2013; Ganasri ve Ramesh, 2015; Nijimbere ve Lizana, 2019). P faktörü, arazide erozyon önleyici tedbirler uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonraki toprak kayıpları oranlanarak hesaplanır (Özdemir ve Tatar, 2016; Kumar vd., 2019). P faktörü, drenaj şekillerini, yüzeysel akış konsantrasyonunu, hızını ve yüzey akışının toprağı uyguladığı hidrolik kuvvetler üzerindeki etkileriyle yüzeysel akışın erozyon oluşturma potansiyelini azaltan kontrol uygulamalarını hesaba katar. P faktör değeri 0 ile 1 arasında değışiklik gösterir. Değer sıfıra yaklaştıkça iyi koruma önlemlerinin alındığına ve bire yaklaştıkça koruma önlemlerinin kötüleştiğini gösterir (Fu vd., 2005; Prasannakumar vd., 2011; Tosic vd., 2013; Ganasri ve Ramesh, 2015). P değeri ne kadar düşükse, koruma uygulaması toprak erozyonunu azaltmada o kadar etkili olur. Destek uygulaması yoksa, P faktörü 1.00'dir (Renard vd. 1991; Ganasri ve Ramesh, 2015; Mir vd., 2015; Özşahin, 2016; Özdemir ve Tatar, 2016; Kumar vd., 2019; Nijimbere ve Lizana, 2019).

Türkiye'de toprak koruma önlemleri sınırlı alanlarda uygulandığı için bu değeri 1 olarak alınmaktadır (Özdemir ve Tatar, 2016; Özşahin, 2016). Söğütlü deresi havzasında arazi incelemelerinde de erozyon önleyici herhangi bir tedbire rastlanmamıştır. Alanda herhangi bir erozyon kontrol uygulaması olmaması nedeniyle, P faktörü 1 olarak alınmıştır.

2.2.1.2. Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması

Söğütlü havzasına ait R, K, LS, C, P değerleri ArcGIS 10 yazılımı kullanılarak raster verilere dönüştürülmüştür (Başel vd. 2008). Raster veriler ArcGIS 10.00 yazılımının Spatial Analyst uzantısı, map algebra modülü, Harita Hesaplama (Raster calculator) komutu kullanılarak Şekil 29'da gösterilen formülde yerine konularak erozyon risk haritası

oluşturulmuştur. Yapılan analiz sonucunda erozyon miktarının birim alanda ve toplam alanda ne kadar olduğu $\text{ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 29. Erozyon risk haritası akış şeması

2.2.1.3. Sediment İletim Oranının Hesaplanması

Bir akarsu havzasında yağış meydana geldiğinde, toprağa sızamayıp yüzeysel akışa geçen su kanallarla yerel akarsulara taşınır (Lee ve Lee, 2010). Toprağı koruyucu bir örtünün olmadığı durumlarda yüzeysel akışa geçen su toprağı parçalayarak bünyesine alır ve farklı konumlara taşır. Eğimin ve yüzeysel akış hızının azaldığı durumlarda ise su bünyesinde bulundurduğu toprak parçalarını havzanın çıkış noktasına kadar taşıyamaz ve üst kesimlerde birikmesine neden olur. Bu nedenle, aşınmış toprağın sadece bir kısmı havza çıkışına taşınabilir (Lee ve Kang, 2013; Vatandaşlar ve Yavuz, 2017). Havza çıkışındaki havza sediment verimi ile havza üzerinde meydana gelen toprak erozyonu arasındaki orana sediment iletim oranı (SDR/SİO) adı verilir (Lee ve Lee, 2010; Lee ve Kang, 2013). Sediment iletim oranı sürecinde yüzeysel akış ile havzanın çıkışına taşınan toplam sediment yükü hesaplanır (Kumar vd., 2019). Genel olarak kısıtlamalar nedeniyle yatak yükü oranı ihmal edilir (Lee ve Kang, 2013). SİO havzada oluşan toplam erozyondan yüzde olarak ifade edilir. SİO değeri her zaman 1'den azdır çünkü sediment iletim oranı her zaman toprak erozyonundan daha azdır (Zhou ve Wu, 2008).

Sediment verimi, belirli bir kanal konumundan geçen sediment miktarıdır ve bir dizi jeomorfik süreçten etkilenir (Lee ve Kang, 2013). Bir havzada aşınmış malzemeleri başlangıç noktasından aşağı kısımlara kadar taşınması, yağış ve yüzeysel akış gibi hidrolojik özelliklerden, havzanın alanı, eğim derecesi, uzunluğu gibi topoğrafik özelliklerden, kanalların ve ana derenin eğimi gibi fiziksel özelliklerden, toprağın tekstürü,

arazi yüzeyinin bitki örtüsü varlığı ve şehirleşmeden etkilenmektedir (Zhou ve Wu, 2008; Lee ve Kang, 2013; Kumar vd., 2019). Ayrıca bir aşağı havzada akış istasyonunda elde edilen değer, genellikle bir yukarı havzadaki istasyonundan daha düşüktür. Alan arttığı için sediment çökelmeye daha yatkındır (Zhou ve Wu, 2008).

Evrensel toprak kaybı denklemi USLE veya revize edilmiş evrensel toprak kaybı denklemi RUSLE gibi toprak erozyon modelleri, bir yağıştan kaynaklanan toprak kaybını hesaplar, ancak sediment iletim oranını doğrudan hesaplayamaz. Havzanın çıkışına taşınan toplam sediment miktarını etkili bir şekilde tahmin etmek için SİO 'nın belirlenmesi gerekir (Lee ve Lee, 2010; Lee ve Kang, 2013).

SİO genellikle çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konan deneysel yöntemler ve ilişkiler kullanılarak hesaplanmıştır. Bir kısmı SİO'nu havza alanına, diğerleri ise çalışma alanı bölgesinin durumuna ve özelliklerine bağlı olarak alan, havza eğim ortalaması, ana su akış yolu eğimi ve diğer parametreler gibi havza parametrelerinin kombinasyonuna göre belirler (Fathizad vd., 2014).

Yapılan çalışmada Eşitlik 8'de verilen SİO formülü kullanılarak Söğütlü Deresi SİO hesaplanmıştır. Analizde kullanılacak faktörler Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak piksel tabanlı hesaplama yoluyla SİO hesaplanır ve haritalanır (Zhou ve Wu, 2008).

$$SiO = \exp\left[-\beta \frac{L}{\sqrt{St}}\right] \text{ (Yılman,2009)} \quad (8)$$

SiO = Her bir hücre için belirlenmiş sediment iletim oranı

L = Hücre su yolu uzunluğu(m)

S_t = Hücre eğimi (%)

β = Akım ve sediment taşınım süreçlerine bağlı olarak geliştirilen eşitlik katsayısıdır.

β katsayısı için Ferro ve Minacapili (1995) tarafından sunulan Eşitlik 9'da belirtilen formül kullanılmıştır.

$$\beta / \beta^* = -2.7113 + 1.12141 \ln(A_h) \quad (9)$$

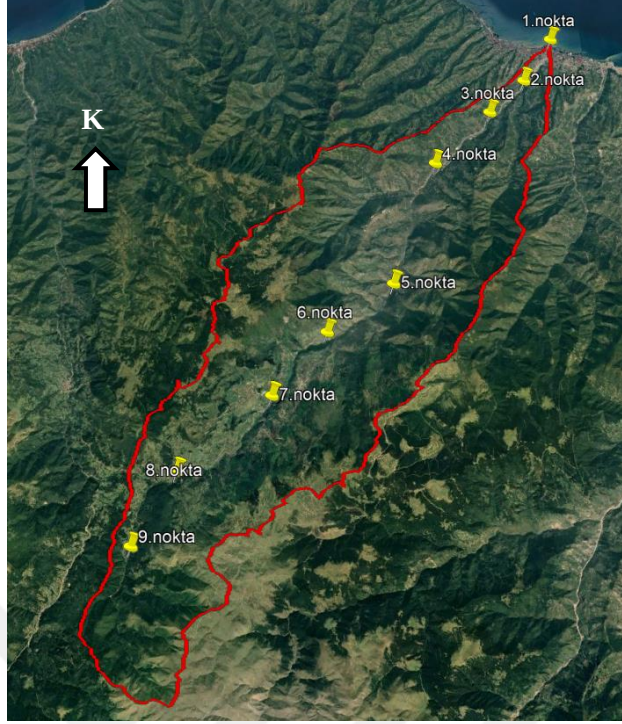
β^{*} = Havza fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişen bir katsayı ve küçük havzalar için değeri 0.62'dir.

A_h = Havza yüzey alanı (km²)

Çalışma sonucunda elde edilen erozyon risk haritası ve sediment iletim oranı haritası ArcGIS ortamında bir araya getirerek ilgili hesaplamalar yapılmıştır. Söğütlü deresine ait toplam toprak erozyonu miktarı, sediment iletim oranı tahmin edilmiştir. Ayrıca havzadaki yıllık sediment verimi tahmini, toprak kaybı haritası ve sediment iletim oranı haritası kullanılarak hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar 1. Noktadan ölçülen askıda kadı madde miktarıyla karşılaştırılmıştır.

2.2.2. Su Örneklerinin Alınması ve Su Kalite Parametrelerinin Ölçülmesi

Söğütlü Deresi Havzasının ana dere üzerinde yerinde ölçüm yapılması ve laboratuvarında analiz edilmek üzere yüzeysel ham su örnekleri alınacak örnekleme noktaları belirlenmesi amacıyla; ilki 2019 yılının haziran ayında, ikincisi 2019 yılının temmuz ayında olmak üzere iki kere çalışma sahası gezilmiştir ve ölçüm yapılacak noktalara karar verilmiştir. Havzanın mansap kısmında bulunan havzanın arazi kullanım durumu, yerleşim yerleri vb. çevre şartları dikkate alınarak S1, S2 ve S3 olmak üzere 3 tane farklı örnekleme noktası belirlenmiştir. Havzanın orta kısmından havzanın arazi kullanım durumu yerleşim yerleri vb. çevre şartları dikkate alınarak S4, S5 ve S6 olmak üzere 3 tane farklı örnekleme noktası belirlenmiştir. Yine aynı şekilde havzanın memba kısmında olacak şekilde havzanın arazi kullanım durumu, yerleşim yerleri vb. çevre şartları dikkate alınarak S7, S8 ve S9 olmak üzere 3 tane farklı örnekleme noktası belirlenmiştir. Böylece Söğütlü Deresi ana dere üzerinde toplamda 9 tane örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 30).



Şekil 30. Söğütlü Deresi havzasında su örneği alım noktaları

2.2.2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları Söğütlü Deresi üzerinde havzanın mansap, orta ve memba kısımlarının bulunduğu yerlerde belirlenen örnek noktalarda bazı su kalite parametrelerinin yerinde ölçümünü ve su örneklerinin alınmasını kapsamaktadır. Yapılan çalışmada havzada oluşan ve dereye ulaşan toprak erozyonunun su kalitesi üzerine etkisini ortaya koymak için bazı su kalite parametrelerinin 12 ay (1 yıl) boyunca aylık, mevsimlik ve yıllık değişimi araştırılmıştır. Çalışma toprak örnekleriyle alındığı zamana denk gelmesi amacıyla su örneklerinin alınması 2019 yılı Ağustos ve 2020 yılı Temmuz ayı arasında yürütülmüştür. Su örnekleri alındığı ayı temsil etmesi bakımından her ayın ortasına gelecek şekilde ölçümler ayda bir kere aylık olarak alınmıştır. Bunun için ana dere üzerinden havzanın memba, orta bölümü ve mansap bölümlerinin her birinde üçer nokta olmak üzere toplamda 9 nokta (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9) seçilmiştir (Şekil 31). Her bir noktada sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik (mS/cm), çözünmüş oksijen (mg/lt), tuzluluk (ppt), çözünmüş katı madde (mg/lt) parametreleri YSI Professional Plus cihazı ile arazide doğrudan ve askıda katı madde miktarı laboratuvar ortamında 3 tekrarlı olarak ölçülmüştür. Ayrıca dereye ulaşan toprak erozyonundan kaynaklı sedimentin su kalitesi üzerinde

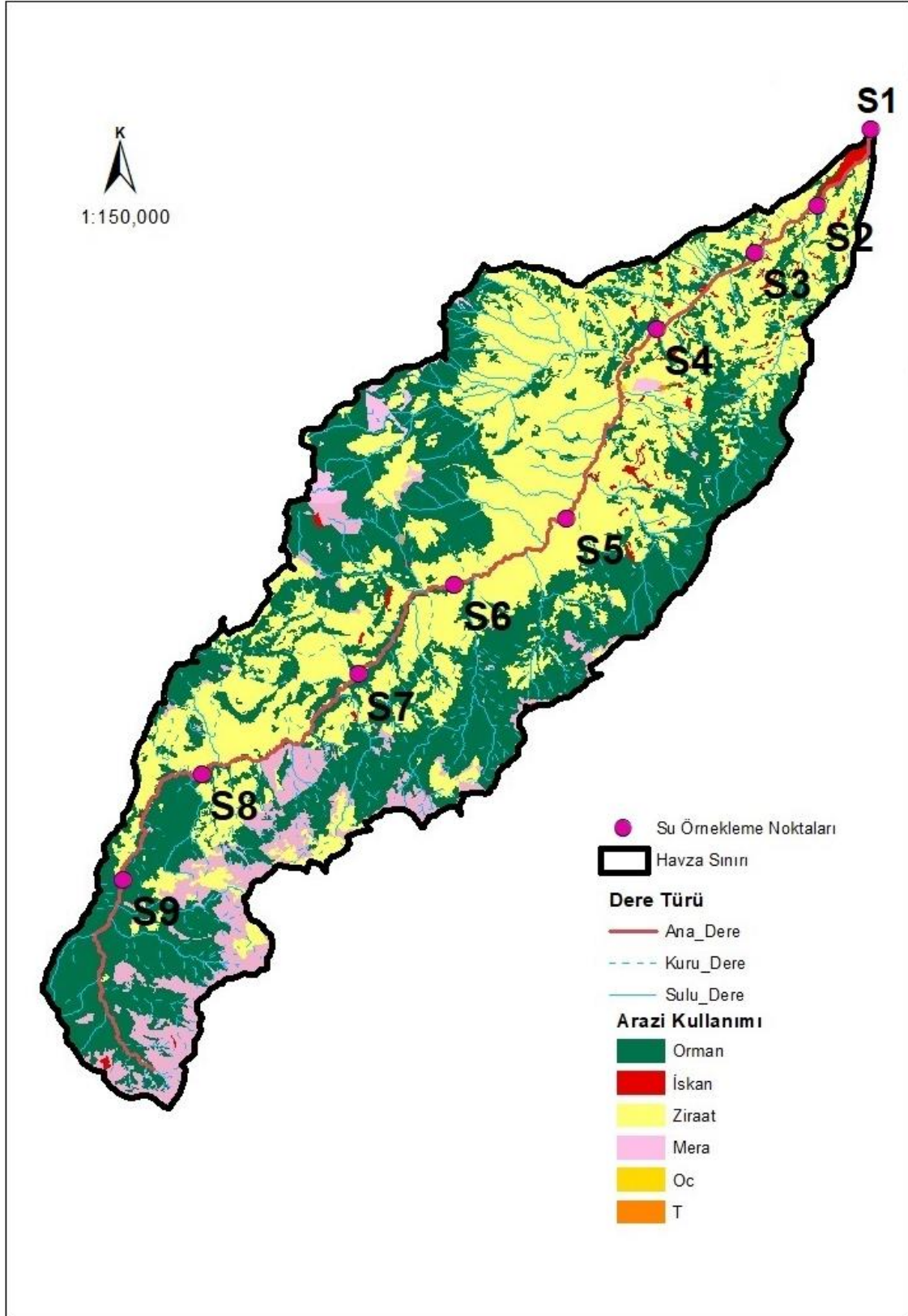
kirletici etkisini ortaya koyabilmek için deredeki suda askıda madde miktarı içerisinde karbon (C) ve azot (N) değerlerini ölçmek için toplam 1 noktadan örnekler (S1 nokta) alınmış ve laboratuvar ortamında C ve N analizleri yapılmıştır. Askıda katı madde tayini için 0.5 L, C ve N tayini için 20L hacimli polietilen pet şişeler kullanılmıştır. Askıda katı madde içerisinde bulunması planlanan C ve N değerleri bilimsel olarak ihmal edilebilir seviyelerde çıkan aylardaki ölçümler iptal edilip, diğer aylardaki veriler dikkate alınarak hesaplamalar buna göre belirlenmiştir. Çalışma sonunda her bir su kalitesi parametresi için 9 nokta ve 3 tekrarlı olmak üzere 12 ay boyunca (9 nokta*3 tekrar*12ay) toplam 324 veri elde edilmiştir. Şekil 31’de Söğütlü Deresi havzasında arazi kullanım durumuna göre seçilen örnekleme noktaları gösterilmiştir.

2.2.2.2. Su Kalitesi Örnekleme Noktaları

Söğütlü Deresi üzerinde havzanın arazi kullanım durumuna bakılarak ve havzanın bölümleri dikkate alınarak memba, mansap, orta kısmında 3’er tane olacak şekilde 9 nokta seçilmiştir (Tablo 11). Şekil 32’de su örnekleri ölçüm noktaları verilmiştir.

Tablo 11. Su örnekleme noktaları koordinat bilgileri

Su örnekleme noktaları	Koordinat bilgileri (WGS 84)		Açıklama
	X	Y	
1.nokta: S1	550081,7	4540706,6	Havzanın mansap kısmında bulunan ilk noktası.
2.nokta: S2	548436,64	4538642,53	Havzanın mansap kısmında bulunan ikinci noktası.
3.nokta: S3	546500,77	4537157,78	Havzasının mansap kısmında bulunan üçüncü noktası.
4.nokta: S4	543443,33	4534794,17	Havzanın orta kısmında bulunan birinci noktası.
5.nokta: S5	540643,68	4528852,98	Havzanın orta kısmında bulunan ikinci noktası.
6.nokta: S6	537141,44	4526811,33	Havzanın orta kısmında bulunan üçüncü noktası.
7.nokta: S7	534151,27	4524000,66	Havzanın memba kısmında bulunan birinci noktası.
8.nokta: S8	529267,69	4520881,98	Havzanın memba kısmında bulunan ikinci noktası.
9.nokta: S9	526814,44	4517583,02	Havzanın memba kısmında bulunan üçüncü noktası.



Şekil 31. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım durumuna göre su örnekleme noktaları



Şekil 32. Söğütlü deresi su örnekleme noktaları; a) S1 noktası, b) S2 noktası, c) S3 noktası, d) S4 noktası, e) S5 noktası, f) S6 noktası, g) S7 noktası, h) S8 noktası, ı) S9 noktası

2.2.2.3. Ölçümü Yapılan Su Kalite Özellikleri

2.2.2.3.1. Sıcaklık

Su sıcaklığı, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri etkileyen en önemli faktördür. Sıcaklık kimyasal tepkime hızını, gaz çözünürlüğünü, organik maddenin ayrışmasını, doymuş buhar basıncını, pH'ı, biyolojik faaliyetleri etkilemektedir (Ay, 2017; Bilgiç, 2017). Soğuk su içerisindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu, organik madde ayrışması, mikrobiyal aktivite ve kimyasal reaksiyon gibi özellikler sıcak suda bulunan değerlerden daha iyidir. Sucul canlılar için yaşam alanları su sıcaklığına bağlıdır. Her sucul canlının kendi yaşam alanı için uygun optimum sıcaklık alanı vardır. Bu optimum sıcaklık alanları sucul canlıların türünü, bileşimini, yoğunluğunu, yaşam döngüsünü değiştirmektedir. Sadece bir kaç derecelik sıcaklığın artması veya azalması canlı türlerinin üremesini, büyümesini, gelişmesini ve organizmanın hayatta kalmasını olumsuz etkileyebilmektedir (Chang, 2003). Tablo 17'de Su Kalite Kriterleri için sıcaklık değerleri verilmiştir.

2.2.2.3.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

Elektriksel iletkenlik faktörü sulu bir çözeltinin elektriği iletme kabiliyetidir (ÇMB, 2014). Suyun elektriksel iletkenliği suyun içerisinde çözünen iyon konsantrasyonuna ve suyun sıcaklığına bağlı olarak değişir. Sudaki çözünmüş iyon miktarı ve suyun sıcaklığı artarsa suyun elektriksel iletkenliği artar. Suyun tuzluluğu arttıkça da elektrik akımını iletme kapasitesi artar. İletkenlik genellikle gıda hazırlama, tarımsal sulama ve su temini gibi belirli bir amaç için su uygunluğunu belirlemek, atık su arıtma sonucu test etmek veya su kalitesini kontrol etmek için kullanılır (Chang, 2003). Tablo 17'de elektriksel iletkenlik değerleri verilmiştir.

2.2.2.3.3. pH

Su molekülleri su içerisinde ayrılmış halde bulunan hidrojen iyonu ve hidroksil iyonundan oluşur (Chang, 2003). pH suyun asit yada baz olma durumundaki şiddetini

gösteren sayısal logaritmik bir ölçüdür (SKKY, 2004). Su içerisinde fazla miktarda çözünmüş hidrojen iyonu bulunuyorsa su asitik ($\text{pH} < 7$) karakterde veya daha fazla hidroksil iyonları bulunuyorsa bazik ($\text{pH} > 7$) karakterli olmaktadır. Suda veya bir çözeltide eşit miktarda hidrojen ve hidroksil iyonları var ise bu çözelti nötr ($\text{pH} = 7$) karakterlidir. Sucul ekosistemde yaşayan canlılar pH değişikliklerine karşı çok duyarlıdır. pH, biyolojik işlemlerde organizmanın aktivitesini etkiler (ÇMB, 2014). Bu nedenle sucul canlılar için pH değeri önemli bir parametredir (Chang, 2003). Tablo 17’de Su Kalite Kriterleri için pH değerleri verilmiştir.

2.2.2.3.4. Çözünmüş Oksijen (ÇO)

Çözünmüş oksijen (ÇO), su içinde çözülmüş olarak bulunan oksijen miktarı anlamına gelir ve birimi ppm veya mg / litre olarak ifade edilir. Oksijen, su ve hava arası difüzyon yolu ile çözülerek suya geçer (Özbektaş, 2015; Atıcı, 2017). Sudaki oksijen çözünürlüğü sıcaklık ile ters, atmosfer basıncı ile doğru orantılıdır. Atmosfer basıncı arttıkça sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu da artar (Chang, 2003; Özbektaş, 2015; Günhan, 2019).

Akarsularda oksijen, sucul bitkilerin solunumu ve su içerisinde bulunan organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması için gerekli biyolojik oksijen ihtiyacı için kullanılır. Sudaki oksijen miktarı su ile hava arasındaki temas ve suyun durumuna bağlı olarak değişebilir (Özbektaş, 2015; Atıcı, 2017). Su sıcaklığının artması çözünmüş oksijen miktarının azalmasına ve biyolojik oksijen ihtiyacının artmasına neden olur. Yavaş akım gücüne sahip bir dereye havalanmanın az ve sıcaklığının yüksek olması çözünmüş oksijen seviyesi düşürür ve biyolojik oksijen ihtiyacı artırır. Derelerdeki çözünmüş oksijen miktarı sucul canlıların türünü, bileşimini, verimlilikleri ve karakterlerini etkiler. Sucul canlıların yaşaması, üremesi, büyümesi ve gelişmesi su içerisinde çözünmüş halde bulunan oksijen miktarına bağlıdır (Chang, 2003; Özbektaş, 2015; Atıcı, 2017). Tablo 17’de Su Kalite Kriterleri için çözünmüş oksijen değerleri verilmiştir.

2.2.2.3.5. Tuzluluk

Tuzluluk, su içinde tüm çözülmüş tuzların veya iyonların toplam konsantrasyonunu ifade etmek için kullanılır (Atay ve Pulatsü, 2000). Sodyum (Na^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), bikarbonat (HCO_3^-), klor (Cl^-), karbonat (CO_3^{-2}) ve sülfat (SO_4^{-2}) suda çözülmüş olarak bulunan tuzlardan bazılarıdır. Bu iyonların çoğu çok küçük miktarlarda tatlı su kaynaklarında mevcuttur ve iyonların bileşimi bulundukları çevreye bağlı olarak değişir. Derelerin, göllerin, nehirlerin iyon derişimini topraktan gelen kalsiyum, magnezyum, sodyum, karbonatlar ve klor oluşturmaktadır. Deniz suyu daha çok sodyum ve klorür konsantrasyonlarından oluşurken tatlı su, genellikle daha yüksek bikarbonat oranına sahiptir (URL-4, 2022). Tuzluluk birimi yüzde (%) veya mg/l olarak ifade edilir.

Sucul ortamın tuzluluk miktarı türlerin morfolojisinde yaşamsal aktivitelerinde ve dağılışlarında önemli etkiler yaratmaktadır. Bazı bakteri ve algler düşük tuzluluk farklarına dayanabilirken, ilkel bitki ve hayvanların çoğu büyük tuzluluk farklarına dayanabilir. Tuzluluk arttıkça suyun elektriksel iletkenliği ve osmatik basıncı artar. Balıklar ani tuz değişimlerine oldukça hassastırlar. Balık türlerinin osmotik basınç ihtiyaçları farklı olduğundan optimum tuzluluk derecesi balık türlerine göre farklılık gösterir (Atay ve Pulatsü, 2000). Tablo 12’de tuzluluk sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 12. Tuzluluk değerlerine göre su sınıflandırılması

Su Tuzluluğu	%	‰
Tatlı Su	< % 0.05	< ‰ 0.5
Acı Su	% 0.05- % 3	‰ 0.5- ‰ 30
Tuzlu Su	% 3- % 5	‰ 30-‰ 50
Salamura	% 5 <	‰ 50 <

2.2.2.3.6. Toplam Çözülmüş Katı Madde (TDS)

Katıların büyük bir kısmı, doğal sularda içinde çözülmüş halde bulunmaktadır (Maiti, 2004). Sudaki çözülmüş maddeler, suda çözülmüş az miktardaki organik madde ve inorganik tuzlardan oluşur. Çözülmüş katı maddeler karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi iyonlardan oluşmaktadır.

Çözünmüş maddeler tat, sertlik, korozyon gibi suyun özelliklerine etki eder. Toplam çözünmüş maddeler doğal kaynaklardan, lağım atıklarından, şehir drenaj sularından ve endüstriyel sulardan ileri gelmektedir. Çok çözünmüş madde içeren içme suları yavan ve lezzetsizdir (Güler, 1997). Suda toplam çözünmüş katı madde miktarı arttıkça suyun tuzluluk ve elektriksel iletkenlik değerleri de artar. Su sıcaklığı arttıkça toplam çözünmüş madde konsantrasyonu artmaktadır. Tablo 13'te çözünmüş katı madde sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 13. Toplam çözünmüş katı madde miktarına göre su sınıflandırılması (Güler, 1997).

Katı Madde Miktarı (mg/l)	Sınıf
0-1,000	Tatlı Su
1,000-10,000	Acı Su
10,000-100,000	Tuzlu Su
100,000 den fazla	Deniz Suyu

2.2.2.3.7. Askıda Katı Madde (AKM)

Toplam askıda katı madde, su numunesi içerisindeki çökebilen ve çökemeyen katı maddelerin toplamını ifade etmek için kullanılır. Genellikle askıda katı madde, toprak (Kum, toz, kil), kaya zerreleri, çamur, mikroorganizmalar, evsel ve endüstriyel kaynaklı organik veya inorganik katı madde parçaları ve planktonlardan oluşur (Akçiray, 2003; Albay, 2007). Askıda katı madde (AKM) su kalitesi özellikleri bakımından fiziksel bir kirleticidir.

Yüzeysel sularda AKM miktarının artması suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Yüksek miktarda askıda katı madde taşıyan akarsularda su kalitesi ve canlıların yaşam kalitesi azalmaktadır (Koralay vd., 2014). AKM, suyun sıcaklığının artmasına, bulanıklığının artmasıyla sucul canlılar için gerekli olan ışık geçirgenliğinin azalmasına sebep olur. Işık geçirgenliğinin azalmasıyla ortamda istenmeyen mavi-yeşil algler çoğalır ve bu da balıklar için gerekli olan oksijen miktarının azalmasına sebep olur. Sucul ekosistemde bulunan canlıların üremesini, büyümesini, gelişimi ve tür bileşimini etkilemektedir. Askıda katı maddelerin canlıları etki derecesi bu maddelerin türüne, miktarına, sucul canlıların cinsine ve büyüklüğüne göre

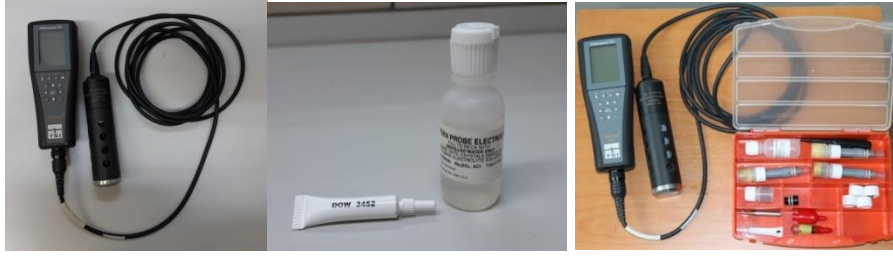
değişmektedir (URL-5, 2014). Genel olarak askıda katı madde miktarının 50 ppm olması balıklarda büyüme oranının azalmasına sebep olur. Su içerisinde 100-400 ppm aralığında olması ise balıklarda ölüm oranı artışına ve plankton kayıplarına neden olabilmektedir (Atay ve Pulatsü, 2000). Bu nedenle, organik ve inorganik maddelerden oluşan AKM'lerin içeriğinin ve miktarlarının bilinmesi, bir sucul ekosistemlerde yaşayan organizmalar üzerinde ciddi tehdit oluşturan kirlilik kaynaklarının tespitinde yol gösterici olabilir (De Madron vd.,1990).

2.2.2.4. Arazi Çalışmalarında Ölçülen Su Kalite Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri

Su kalite parametresi ölçümlerinde YSI Professional Plus marka cihaz kullanılmıştır. YSI Professional Plus cihaz ile arazide doğrudan pH, sıcaklık (°C), çözülmüş oksijen (mg/L), elektriksel iletkenlik (mS/cm), tuzluluk (ppt) ve çözülmüş katı madde (TDS) parametrelerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 33). Cihaz her ay araziye gitmeden önce kalibre edilmiş ve cihazın doğru ölçüp ölçmediği kontrol edilmiştir (Şekil 34). Çalışma sonunda cihaz saf su ile temizlenerek bir sonraki kullanıma kadar muhafaza edilmiştir. Cihazın kullanımı süresince, kullanılan standartlar ve problemleri, kullanım ömürlerine bağlı kalınarak yenileriyle değiştirilmiştir.



Şekil 33. YSI Professional Plus marka cihaz



Şekil 34. YSI Professional Plus marka cihaz, proplar ve kalibrasyon çözeltileri

2.2.2.4.1. YSI Professional Plus Cihazı Kalibrasyon

Kalibrasyon, bir cihaz için hazırlanmış değerleri belli olan çözeltileri kullanılarak cihazın doğru ölçüp ölçmediğini kontrol ederek cihazın doğru ölçmesini sağlamaktır. Bir cihaz ile doğru ölçüm yapılabilmesi yapılacak analizler için önemli bir işlemdir. YSI Professional Plus cihazın kalibrasyonu, ölçeceğimiz su kalite parametrelerine ait çözeltiler (standartlar) kullanılarak yapılmıştır. Her seferinde bir prop kalibre edilmiştir. Örneğin; pH probunu kalibre için pH 4, pH 7 ve pH 10 çözeltileri kullanılmıştır (Şekil 35). Bu şekilde cihazın doğru ölçüp ölçmediğini konsantrasyonu bilinen çözeltiden anlaşılmıştır.



Şekil 35. YSI Professional Plus marka cihazın kalibrasyon çözeltileri

2.2.2.4.2. Su Kalitesi Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri

1. Sıcaklık Ölçüm Prensipleri

Sıcaklık değeri, YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.1°C hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0-40°C'dir.

2. Elektriksel İletkenlik Ölçüm Prensibi

Elektriksel İletkenlik değeri, YSI Professional Plus marka cihaz ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.001 mS/cm hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0 - 200 mS/cm'dir.

3. pH Ölçüm Prensibi

pH değeri, YSI Professional Plus marka cihaz ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.01 pH hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0-14 pH'dır.

4. Çözünmüş Oksijen Ölçüm Prensibi

Çözünmüş Oksijen değeri, YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.01 mg/L hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0- 50 mg/L'dir.

6. Tuzluluk Ölçüm Prensibi

Tuzluluk değeri, YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.01 ppt hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0-70 ppt'dir.

7. Çözünmüş Katı Madde (TDS) Ölçüm Prensibi

Çözünmüş katı madde değeri; YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.1g/L hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0 -100 g/L'dir.

Arazide ölçülen veriler ilgili tabloya kaydedilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Su kalite özellikleri ölçüm sonuçları kayıt tablosu

Tarih:15.01.2014		I.nokta	II.nokta	III.nokta	IV.nokta	V.nokta	VI.nokta	Birim
Sıcaklık								
pH								
Eİ(elek.İlet.)								
ÇO (çözün.oks.)								
TDS(Çöz.Kat.Mad)								
Tuzluluk								
Askıda Katı Madde								
Saat								
Ölçümün yapıldığı anın hava şartları	Sıcaklık							
	Basınç							

2.2.2.5. Su Örneklerinin Alınması

Çalışma, 2019 yılının Ağustos ve 2020 yılının Temmuz (12 ay) ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Alınan su örnekleri alındığı ayı temsil etmesi bakımından her ayın ortasına gelecek şekilde ölçülen diğer su kalitesi parametrelerinde olduğu gibi ölçümler aylık olarak alınmıştır.

Örnekleme her ayın ortasında yapılarak, 0.5 L hacimli pet şişeler kullanılmıştır (Şekil 36). C ve N tayini için 20L hacimli polietilen pet şişeler kullanılmıştır (Şekil 39). Pet şişeler araziye çıkmadan önce herhangi bir kimyasal kullanmadan doğrudan saf su ile yıkanarak temizlenmiştir (Bayram, 2011) (Şekil 36).



Şekil 36. Pet şişelerin temizlenmesi

Arazide pet şişeler numune almadan önce de üç kez numune alınacak suyla çalkalanarak numune suyuyla tamamen doldurulduktan sonra hava almayacak şekilde

şişenin ağzı sıkıca kapatılmıştır. Daha sonra numuneler üzerine tarih ve örnekleme bilgileri içerecek şekilde etiketlenmiştir (Şekil 37).



Şekil 37. Arazide su numunesinin alınması

2.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Su numunesi alındıktan sonra en kısa sürede askıda katı madde tayini ve askıda katı madde içerisinde bulunan karbon ve azot tayini laboratuvar ortamında yapılmıştır.

2.2.3.1. Askıda Katı Madde Tayini

Askıda katı madde miktarının tespitinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan spektrometre yöntemi (Parsons vd., 1984) ve gravimetrik yöntem en yaygın doğrudan ölçüm yöntemleri olduğu gibi dolaylı olarak ampirik yöntemlere dayanan metodlar (Ülke vd., 2011) da mevcuttur. Bu çalışmada doğrudan ölçüm olan gravimetrik yöntem kullanılmıştır (EPA, 1989).

Askıda katı madde (AKM) tayini için Whatman no 42 filtre kağıtları kullanılmıştır. Filtre kağıtları kullanılmadan önce etüvde 1 saat süreyle 105°C’ de kurutulmuştur. Tartım işlemi yapılana kadar filtre kağıtları havadaki nemden etkilenmemesi için desikatörde muhafaza edilmiştir. Analizde kullanılacak filtre kağıtları desikatörden alınıp 0,02g hassas terazide tartılıp katlanarak (Kaçar, 2012) huni içerisine yerleştirilmiştir. Daha sonra 100ml numune alınarak filtreden süzölmüştür. Numuneler süzöldükten sonra filtre kağıtları kuru ve temiz bir pens yardımıyla alınarak kuruması için etüvde 105°C de 1 saat kurutulmuştur. Soğuması için desikatöre yerleştirilmiş ve soğuduktan sonra yine pens ile tutularak hassas terazide tartılmıştır (Şekil 38) ve askıda katı madde tayini eşitlik 10’da göre hesaplanmıştır.

$$AKM \left(\frac{mg}{lt} \right) = \frac{(A-B)}{V} \times 1000 \quad (10)$$

A = Filtre Kağıdı + Askıda Katı Madde (gr)

B = Filtre Kağıdı (gr)

V = Alınan Su Numunesinin Hacmi (100ml)

1000 = mg'a çevirme katsayısı



Şekil 38. Numunelerin filtre kağıdından geçirilip tartılması işlemleri

2.2.3.2. Askıda Katı Madde İçerisinde Bulunan C ve N Tayini

Karbon (C) ve Azot (N) tayininde numune almak için 20L hacimli pet şişeler kullanılmıştır. Örnekler S1 noktasından 12 ay boyunca alınmıştır. Su numunesi alındıktan sonra en kısa sürede C ve N değerleri laboratuvar ortamında ölçülmüştür. Numuneleri süzmek için çok amaçlı santrifüjler kullanılmış ve içerisinde bulunan askıda katı maddeler elde edilmiştir (Şekil 39). Daha sonra askıda katı maddeler hava kurusu halde kurutulmuş C ve N tayini için uygun hale getirilmiştir. Numuneler içerisinde toprak parçacığı dışındaki maddelerden ayırt edilmiştir (Şekil 40).





Şekil 39. Askıda katı madde karbon ve azot tayini

1.Karbon (C) Tayini

Organik madde tayini, Walkley-Black ıslak yakma yöntemine göre yapılmıştır. Organik karbondan gidilerek organik madde miktarı hesaplanmıştır (Walkley ve Black, 1934; Irmak, 1954; Özyuvacı, 1971). Walkley-Black ıslak yakma metodu (TS 8336, 1990)

2.Azot (N) Tayini

Azot tayini Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (Bremner, 1965). Modifiye Kjeldahl metodu (Foss Tecator, 2014).

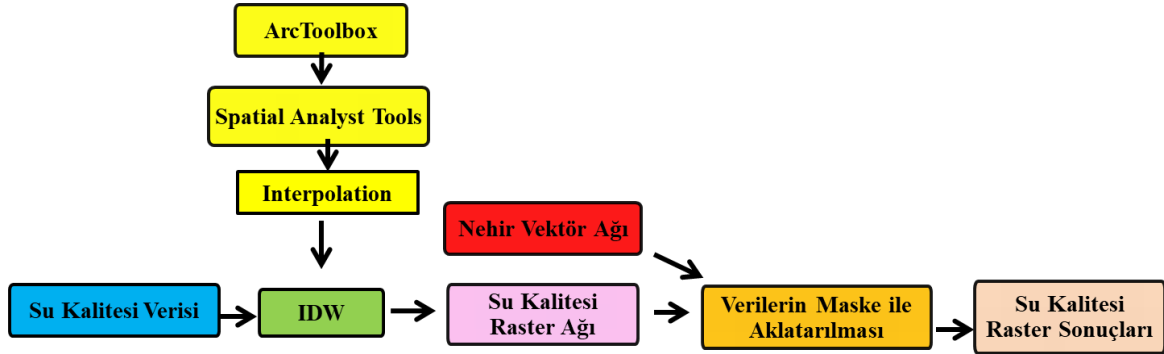


Şekil 40. Numuneler içerisinde toprak parçacığı dışında maddelerden ayırt edilmesi

2.2.4. Erozyon Risk Haritası (Arazi kullanımı) ile Su Kalite Parametreleri Arasındaki Uyum

Erozyon risk haritası ile su kalite parametreleri arasındaki ilişkinin ortaya konulmasında ArcGIS yazılımından faydalanılmıştır. Su kalitesi parametreleri için ArcGIS ortamında tematik haritalar oluşturulmuştur (Şekil 41). Oluşturulacak haritalar için bir yıl boyunca Söğütlü Deresinde belirlenen 9 ölçüm noktasından elde edilen su kalitesi verileri kullanılmıştır. Su kalitesi değişkenlerin tematik haritaların hazırlanmasında ArcGIS 10' un uzantısı olan Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW)' kullanılmıştır (Karagüllü, 2015). Ölçülen tüm su noktaları (su kalite verileri) IDW kullanılarak her bir hücrenin nehir ağını maskeleme işlemi için kullanılmıştır. Maskeleme, tanımlanan güzergâhlara karşılık gelen su kalitesi hücrelerinin oluşturulmasıdır. Nehir ağındaki hücreler, su kalitesi verilerini yorumlayabilmek için su kalitesi ağına dönüştürmüştür (Olubukola vd., 2013; Olubukola vd., 2017). Bu haritalarda ölçülen değerler ile erozyon

risk haritasında ölçülen değerler karşılaştırılıp ikisi arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır.



Şekil 41. ArcGIS tematik harita oluşum şeması

Ayrıca her bir noktayı kapsayacak şekilde havzalar oluşturulacak ve bu alanların arazi kullanım (tarım, orman, mera, yerleşim yeri vb.) durumları yüzde olarak belirlenmiştir. Çıkan değerler su kalite parametreleri ile ilişkiye getirilmiştir.

2.2.5. Sel Risk Haritasının Oluşturulması

Sel risk haritasının oluşturulması için ArcGIS 10 yazılımından faydalanılmıştır. Sel risk haritasının belirlenmesinde ArcGIS ortamında yerinde ölçüm sonuçları ile oluşturduğumuz toprak tekstürü, yağış, bitki örtüsü, eğim, bakı, yükselti, dereye uzaklık raster haritaları kullanılmıştır (Şekil 42). Raster haritaları ArcGIS ortamında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Ağırlıklandırma yöntemi (weighted overlay) aracı kullanılarak ağırlıklandırma işlemi yapılmış ve sel risk haritası oluşturulmuştur (Arianpour ve Jamali, 2015).

2.2.5.1. Çok Kriterli Karar Verme Analizi (MCDA)

Çoklu Kriter Analizi (MCDA), yapılandırılmış bir yaklaşım kullanarak en çok tercih edilenden en az tercih edilene doğru sıralamak amacıyla bir dizi alternatif veya hedefi analiz etmek için kullanılır. MCDA'nın sonuçları genellikle çeşitli hedeflerle bağlantılı bir dizi ağırlıktır (Papaioannou vd., 2015).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri'ni kullanmaktaki amaç, alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir (Öztürk, 2009).

Karmaşık karar problemleri, unsurları hiyerarşik bir yapıda organize etmek için CBS ve çok kriterli analiz yöntemlerini birleştiren bir çerçeve aracılığıyla incelenmektedir. Çok kriterli karar verme analizi araştırmanın birincil amacına uygun kararı alabilmek için problemin bileşenleri arasındaki ilişkileri de inceler (Borouhaki ve Malczewski 2010; Chen vd. 2011; Papaioannou vd., 2015) Son yıllarda, CBS tabanlı çok kriterli karar analizi (GIS-MCDA) (Malczewski 2006) birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Papaioannou vd., 2015).

Çok kriterli karar verme analizi uygulanırken problemin çözümünü oluşturacak parametrelerin ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Genel olarak ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler Sıralama (ranking), Puanlama (rating) ve İkili Karşılaştırma (pairwise comparison) yöntemleridir. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi MCDA'nın en önemli adımlarından biridir. Ağırlıklar analiz sonucunu doğrudan etkileyeceğinden ağırlık belirleme işleminde çok özen gösterilmesi gerekmektedir (Malczewski, 1999). MCDA'nın temeli bu yöntemlere dayanır (Öztürk, 2009). Çok kriterli karar verme analiz yöntemleri bu üç yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Çok kriterli karar verme analizleri arasında Basit Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Simple Additive Weighting Method:SAW), Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (Weighted Product Method:WPM), Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process:AHP), İdeal Nokta Yöntemi (Ideal Point Method)-Örn: TOPSIS, Uyum Yöntemi (Concordance Method)-Örn: ELECTRE, Bulanık Mantık işlemi (Fuzzy Aggregation Operation), Bulanık Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Fuzzy Additive Weighting Method), Sıralı Ağırlıklı Ortalama (Ordered Weighted Average:OWA) gibi yöntemler bulunmaktadır (Öztürk, 2009; Arianpour ve Jamali, 2015).

Sunulan çalışmada Söğütlü deresi havzasının sel risk haritasını oluşturmak için dünyada ve Türkiye'de en çok kullanılan temeli ikili karşılaştırma yöntemine dayanan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process: AHP) kullanılmıştır (Ersoy ve Bulut, 2009; Papaioannou vd., 2015; Kuru ve Terzi, 2018; Tokgözlü ve Özkan, 2018, Zhang ve Chen, 2019; Leal, 2020).

2.2.5.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)

AHP, bir sorunu temsil etmek için hiyerarşik yapıları kullanan ve daha sonra kullanıcının yargısına göre alternatifler için öncelikler geliştiren çok kriterli bir karar yöntemidir (Saaty, 1980). Diğer bir deyimle AHP Süreci, her bir karar alternatifini, karar vericinin kriterlerini yakalama derecesine göre sıralamak için rakamsal değerler geliştirme sürecidir (Papaioannou vd., 2015).

Analitik hiyerarşi yöntemi hiyerarşik bir çerçevede yapılandırılan çok kriterli karar verme analizlerinde en çok kullanılan yöntemlerdendir (Öztürk, 2009; Papaioannou vd., 2015). Bu ikili karşılaştırma yöntemi Saaty tarafından 1970'li yıllarda geliştirilmiş ve MCDA yöntemlerinden biri olarak kullanılmaktadır (Saaty, 1980). Bu yöntem kalitatif problemleri nicelleştirebilir ve doğal afet risk çalışmalarına başarıyla uygulanmıştır (Zhang ve Chen, 2019). AHP prosedürü altı temel adımı içerir (Lee vd., 2008): yapılandırılmamış sorunun tanımı, AHP hiyerarşisinin geliştirilmesi, ikili karşılaştırma tablosunun oluşturulması, göreceli ağırlıkların tahmini, tutarlılık değerlendirmesi ve yöntemin genel değerlendirmesi (Papaioannou vd., 2015). İkili karşılaştırmalarda iki faktör birbiriyle karşılaştırılır ve her parametrenin ağırlığını belirlenerek için bir korelasyon matrisi oluşturulur (Malczewski, 1999; Öztürk, 2009; Zhang ve Chen, 2019). İkili karşılaştırmalarda bir ölçütün diğer ölçüte göre ne kadar önemli olduğuna karar verilmesi için Saaty (1980) tarafından önerilen (1-9) puanlı tercih ölçeğinden yararlanılmaktadır (Saaty, 1980, Malczewski, 1999; Papaioannou vd., 2015; Mutlu ve Sarı, 2017; Arabameri vd., 2018; Rincon vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019; Leal, 2020). Burada 1, karşılaştırılan faktörlerin aynı öneme sahip olduğu anlamına gelirken, 9 bazı faktörlerin diğerlerinden çok daha önemli olduğu anlamına gelir (Tablo 15). Korelasyon matrisi sonucunda aynı seviyedeki iki unsur arasındaki önem belirlenir. AHP, korelasyon sonucunda değerlendirmelerin sayısal değerlere (ağırlık veya önceliklere) dönüştürülmesi ile her alternatifin yüzdesini hesaplar (Saaty, 1980).

İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını ve doğruluğunu kontrol etmek için Saaty (1980) tarafından önerilen bir tutarlılık oranı kullanılmaktadır. Bu oran için önerilen üst limit 0.10'dur. Parametreler için hesaplanan tutarlılık oranı 0.10'un altında ise değerlendirilen parametrelerin yeterli bir tutarlılık sergilediğini ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir (Saaty, 1980, Malczewski, 1999; Papaioannou vd., 2015; Mutlu ve Sarı, 2017; Arabameri vd., 2018; Rincon vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019;

Leal, 2020). Bu sonuçlara göre yeni bir model oluşturulabileceği kabul edilir. Eğer tutarlılık oranı 0.10'un üstünde ise parametreler arasındaki değerler tutarsız kabul edilmektedir ve bu durumda parametreler arasındaki ilişkilerin güçlendirilmesi gerektiği belirtilir. Tutarlılık oranı parametreler üzerindeki verilen değerlerin yeniden gözden geçirilmesiyle düşürülebilir. Ancak bu işlemde başarısız olunursa, problem tekrar gözden geçirilmeli ve daha doğru bir biçimde tekrar kurulması gerekir (Malczewski, 1999; Öztürk, 2009). Tutarlılık oranları düzeltildikten sonra plan yapıcılar ve karar vericiler, ikili karşılaştırma tabloları kullanarak çeşitli öğelerin göreceli önemini değerlendirebilirler.

Tablo 15. AHP ikili karşılaştırma ölçeği

Önem Ölçeği	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	İki seçenek eşit derecede öneme sahip.
2	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmaktadır.
4	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.
5	Güçlü Derecede Önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmaktadır.
6	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.
7	Çok Güçlü Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır.
8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.
9	Son Derece Güçlü Önemli	Bir kriterin diğer kriterden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenirliğe sahiptir.

2.2.5.3. Sel Risk Haritası Faktörleri

Söğütlü deresinde bir sel riski haritası oluşturmak için, etkili parametrelerin alan seçimi çok önemlidir. Sel risk değerlendirmelerinde uygulanacak faktörleri seçmek zor olsa da, bazı önemli değişkenler sel risk haritalamasında belirleyici bir role sahiptir. Önceki yapılan çalışmalarda zaman içinde farklı parametreleri birleştiren çok ölçütlü metodolojiyi kullanmışlardır. Çünkü MCDA çeşitli faktörlerin etkilerini değerlendirmek ve

entegre etmek için bağımlı veya bağımsız, nitel ve nicel bilgilerde sistematik bir yaklaşım sağlar (Nijoku vd., 2018).

Bu çalışma için seçilen parametreler, literatür araştırmaları yapılarak sel riski ile ilgili ilişkilerine bakılmıştır. Literatür taramasına bakıldığında sel risk haritası oluşturmak için genellikle yükselti, drenaj yoğunluğu, eğim, bakı, toprak tekstürü, nüfus yoğunluğu, akış birikimi, yağış, max. yağış gibi parametreler kullanılmıştır (Nijoku vd., 2018). Yapılan çalışmada Söğütlü deresi havzasının sel risk haritasını oluşturmak için yağış, DEM (yükseklik), dereye uzaklık, eğim haritası, arazi kullanımı, bakı haritası, toprak tekstürü ve nehre yakınlık parametreleri dikkate alınmıştır.

2.2.5.3.1. Yağış

Sel, yağış yoğunluğuyla ilgilidir. Yağışın miktarı, yoğunluğu, süresi ve alana dağılışı sel olaylarını etkiler. Şiddetli ve yoğun yağış nehirlerde fazla miktarda su birikmesine neden olur ve gelen su dere yatağına sığmayarak selleri meydana getirir (Nijoku vd., 2018) Yağışın şiddeti ne kadar büyükse, tehlike riski de o kadar yüksektir (Zhang ve Chen, 2019).

Yağış yoğunluğu bölgeleri haritasını oluşturmak için (Şekil 9) 2015-2019 yılı verilerine dayalı olarak ArcGIS IDW kullanılarak oluşturulmuştur. Bu yöntem, bilinmeyen noktaların konumunu ve özelliklerini bilinen noktalara göre çıkarmak için kullanılabilir bir yöntemdir. En yaygın kullanılan mekansal enterpolasyon yöntemleri arasında Thiessen Polygons, Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging enterpolasyonu ve Spline Fonksiyonu bulunur IDW enterpolasyonu, enterpolasyon referans noktasını seçmek için mesafe arama stratejisini kullanan bir enterpolasyon yöntemidir. Bilinmeyen nokta enterpolasyon noktasına ne kadar yakınsa, enterpolasyon sonucuna olan katkı o kadar büyük olur ve dolayısıyla ağırlık o kadar yüksek olur (Zhang ve Chen, 2019).

Söğütlü deresi Havzası yağış miktarları 279-1472 mm arasında değişmektedir. Yağış değerleri 5 sınıfa ayrılmış ve en az yağış alan sınıfa 1 değeri, en fazla yağış alan kısmına 5 değeri atanmıştır.

2.2.5.3.2. Yükselti

Denizden uzaklaştıkça yükselti değerlerinin artması selin oluşmasında önemli etkiye sahiptir. Su, yüksekte alçak rakımlara doğru akar ve yüksekliğin yeterince yüksek olduğu yerlerde sel meydana gelme olasılığı zayıftır. Yükseklik yüzey akışının yoğunluğunu etkiler. Toplamda, düşük yükseltilere sahip alanlar sele karşı daha hassastır (Nijoku vd., 2018). Yükseklik katmanı (Şekil 6), ArcGIS ortamında 1/25000 eş yükselti eğrileri kullanılarak oluşturulan DEM'den üretilmiştir. Yükselti katmanı başlangıçta alçak kotlu alanlardan (0-500 m) çok yüksek alanlara (2000-2500 m) kadar 5 sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra yükselti katmanı her sınıf için yeni değerler (1-5) ile 5 sınıfa yeniden sınıflandırılmıştır. 1 en az sel duyarlılığı olan en yüksek kotu ve yüksek duyarlılığa sahip alanlar için (en alçak kot) 5'i temsil etmektedir.

2.2.4.5.3. Arazi Kullanımı

Bir havzada yağış sularının toprak içine sızması veya yüzeysel akışla derelere ulaşması sellerin meydana gelmesinde önemli etkisi vardır. Bitki örtüsü ile kaplı alanlar, özellikle orman ve mera alanlarının yüksek infiltrasyon oranlarına sahip olması nedeniyle sele duyarlılığı düşüktür. Özellikle yerleşim yerleri gibi geçirimsiz yüzeylerde yağış suları yüzeysel akışa geçerek sel olaylarına katkıda bulunur. Bu nedenle arazi kullanımı / arazi örtüsü sel riski haritasında çok önemli bir faktördür (Nijoku vd., 2018). Söğütlü deresinin arazi kullanımı 12 sınıfa (yerleşme, yapı alanları, meyve bahçeleri, çayır, karışık ekim modeli, tarım, yapraklı orman, ibreli orman, karışık orman, doğal meralar, geçiş ormanlık çalı ve seyrek bitki örtüsü alanları) ayrılmıştır. Ayrıca arazi kullanımı sel riskine etki edecek şekilde 5 alt risk sınıfına ayrılarak yeniden sınıflandırılmıştır. En az hassas olan değer orman alanları için 1, tarım arazileri / çalılar / çıplak araziler için 2 ve en duyarlı (yerleşik alanlar) için 5 değeri verilmiştir.

2.2.5.3.4. Eğim

Eğim faktörü toprağı koruyucu yüzey örtüsünün olmadığı alanlarda toprak erozyonunu ve yüzeysel akışı hızlandırabilen bir parametredir. Daha az eğimli alanlar,

daha dik eğimli alanlara göre daha hızlı su basabilir ve bu tür dik eğimler, yükseltisi yüksek alanların özellikleridir (Nijoku vd, 2018). Eğim katmanı, ArcGIS Arctoolbox 3D aracı kullanılarak oluşturulmuştur. Çıktı haritası yüzde olarak verilmiştir. Eğim sınıfları kendi içerisinde 6 sınıfa ayrılmıştır. Eğim katmanı sel risk haritasına etki edecek şekilde 5 alt sınıfa daha ayrılmıştır. 1 değeri en az duyarlı (en dik eğim; yüzde 45-76) ve 5 değeri (en az eğimli; yüzde 0-5) en fazla duyarlılık sınıfını oluşturmuştur.

2.2.5.3.5. Toprak Türü

Topraktan suyun sızması, yüzeysel akışı üzerindeki etkisi nedeniyle sel tahmin parametresi olarak kullanılır. Su sızma oranı, toprak türüne göre değişen dış faktörlere ve toprak özelliklerine bağlıdır. Permeabilite ve infiltrasyon kapasitesi yüksek olan toprak türleri yüzeysel akışın toprak içine sızarak tabansuyuna ulaşmasını sağlar. Böylece yüzeysel akışı azaltarak sel oluşumunu engeller. Geçirimsiz toprak türlerinde ise bu durumun tam tersi meydana gelmektedir (Nijoku vd., 2018). Toprak türleri 7 sınıfa (Balçık, Balçıklı Kum, Killi, Killi Balçık, Kumlu balçık, Kumlu kil, Kumlu killi balçık) ayrılmıştır. Sadece killi topraklara 5 değeri (yüksek riskli), killi balçık ve kumlu killi topraklara 4 değeri (riskli), balçıklı topraklara 3 değeri (orta riskli), kumlu balçık ve kumlu killi balçıklı topraklara 2 değeri (düşük riskli) ve balçıklı kumlu topraklara 1 değeri (çok düşük riskli) verilmiştir.

2.2.5.3.6. Bakı

Arazinin bakısı, o yerin özellikle sıcaklık ve yağış rejimi gibi iklim parametrelerini etkiler. Bu faktörlerdeki değişim bitki örtüsündeki çeşitliliği, dağılımı ve yoğunluğu, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de etkilemektedir (Çepel, 1995; Dindaroğlu ve Canpolat, 2017). Genel olarak gölgeli bakılar (kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı, ve doğu) daha serin, daha nemli, bitki örtüsü daha fazla gelişmektedir. Gölgeli bakılarda bitki örtüsü yoğunluğu daha fazla olduğu için güneşli bakılara oranla erozyon ve sel oluşturma ihtimali daha düşüktür. Bu bakılarda toprakta organik madde içeriği yüksek ve kırıntılilik fazladır. Böylece toprağın su tutma kapasitesi daha yüksektir. Yağış suları toprak tarafından tutulabilir ve yüzeysel akış daha az olur. Böylelikle toprak hem erozyondan korunur hem

de sel oluşma ihtimali dūřer (Çepel, 1996; Dindarođlu ve Canpolat, 2017). Bu nedenle sel risk haritasında olması gereken parametrelerde bir tanesidir. Bakı sınıfları kendi içerisinde 9 sınıfa ayrılmıştır. Bakı katmanı sel risk haritasına etki edecek şekilde 5 alt sınıfa daha ayrılmıştır. Gölgele bakılar için sel riskinin dūřuk olduğu değerler ve güneşli bakılar için sel riskinin yūksek olduğu değerler verilmiştir.

2.2.5.3.7. Derelere Uzaklık

Nehir taşmaları, bir sel olayının başlaması için çok önemlidir. Su baskını genellikle nehirden gelir ve çevredeki alanlara doğru genişler. Sel duyarlılığı nehir kıyılarının olduğu alanlarda en yūksektir ve mesafe arttıa azalır, dolayısıyla taşkın risk değerlendirmesinde nehirden uzaklığın önemi vurgulanır (Predick ve Turner'a, 2007; Nijoku vd., 2018). Nehirlere olan uzaklık sınıfları, en yakına 5 (en riskli) ve en uzak kısma 1 (en az riskli) değer verilmiştir (Karymbalis vd., 2021). Sınıflandırma işlemi tablo 16'ya göre yapılmıştır. Ek olarak, nehir tamponları vektör veri formatında olduğundan ve analiz tüm katmanların raster formda olmasını gerektirdiğinden, nehir uzaklığı ArcMap özelliği kullanılarak raster aracına dnūřtrlmřtir (Nijoku vd., 2018; Karymbalis vd., 2021).

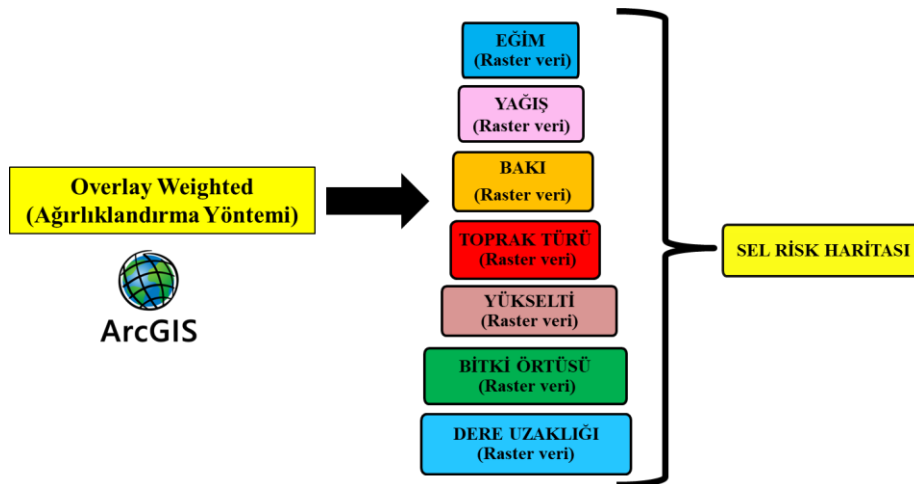
Tablo 16. Nehirden uzaklığa göre sel risk durumları (Karymbalis vd., 2021).

Nehirden Uzaklık (m)	Sel Risk Durumu
0-75	5 (ok Yūksek Riskli)
75-125	4 (Yūksek Riskli)
125-175	3 (Orta Riskli)
175-225	2 (Dūřuk Riskli)
225<	1 (ok Dūřuk Riskli)

Sunulan tezde, sele eğilimli potansiyel alanların belirlenmesi için CBS tabanlı objektif bir mekansal çok kriterli analiz ve değerlendirme erevesi geliştirilmiş ve havza ölçeğinde uygulanmıştır. Söđütlü deresi havzasının sel riskli bölgelerin bölgesel bir modelini oluşturmaya çalışılmıştır. Çalışmada yağış, DEM (yūkseklik), eđim haritası, arazi kullanımı, bakı haritası, toprak tekstürü ve dereye uzaklık parametreleri değerleri 30x30m çözünürlükte ArcGIS ortamında raster verilere dnūřtrlmřtir. Kriterlerin

ağırlıklandırılması için AHP yöntemi kullanılmıştır (Zhang ve Chen,2019). Her parametre için atanan ağırlık yüzdeleri AHP ile oluşturulmuş ve parametrelerin yüzdeleri ArcGIS weighted overlay tool kullanılarak her bir parametrenin sel risk haritası üzerine etkisi için ağırlık değerleri 1-5 (Çok düşük riskli-Çok yüksek riskli) arası olacak şekilde yeniden sınıflandırılmıştır (Papaioannou vd., 2015; Nijoku vd., 2018). ArGIS Weighted overlay (ağırlıklı değerlendirme katmanı), araştırma problemini yansıtabilecek çeşitli değerlendirme faktörlerini seçer ve her faktörün araştırma problemi üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde değerlendirir (Abdulhussein, 2017). Değerlendirme faktörlerini belirtilen yüzdelere göre ağırlıklandırır ve sonunda risk faktörünü sıralamasına göre risk haritasını oluşturur (Özkan ve Tarhan, 2012; Papaioannou vd., 2015; Dölek ve Avcı, 2017; Hu vd., 2017; Zhang ve Chen,2019). Şekil 42’de uygulanan yöntemin AHP ve GIS süreçlerinin akış şemasını göstermektedir. Kısaca metodoloji iki farklı yaklaşımla ayrılmıştır. İlk yaklaşımda, GIS AHP analizi ile gerçekleştirmek için tüm kriterler belli bir matrise göre sıralanmış ve ağırlıkları belirlenmiştir. İkinci yaklaşımda, kriterler, ArcGIS weighted overlay de yüzdelik kısımlara göre sınıflandırılıp CBS aracılığıyla sel riskine eğilimli alanların haritalanması için uygulanmıştır (Papaioannou vd., 2015; Zhang ve Chen,2019).

Sel risk haritası değerleri çok düşük riskli, düşük riskli, orta riskli, yüksek riskli ve çok yüksek riskli şeklinde beş risk bölgesine ayrılmıştır (Dölek ve Avcı, 2017; Moazzam vd., 2018). Sonuçların doğrulanması için ArcGIS zonal istatistik tool kullanılmıştır.



Şekil 42. ArcGIS sel risk haritası oluşum şeması

2.2.6. Söğütlü Deresi Havzası Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Söğütlü Havzasının havza morfometrik karakteristikleri topoğrafik ve hidrolojik karakteristikler şeklinde iki kısımda incelenmiştir.

2.2.6.1. Topoğrafik Karakteristikler

Topoğrafik karakteristiklerinden havza sınırının ve alanının belirlenmesinde 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak, ArcGIS10 programından yararlanılmıştır.

2.2.6.1.1. Şekil Karakteristikleri

Havzanın şekil karakteristiklerinin belirlenmesi, havzanın nasıl bir yapıya sahip olduğu (daireysel, uzun, ince vb.) hakkında bilgi verir.

1. Form Faktörü (F)

Form faktörü havzanın genişliği, darlığı, uzunluğu, kısalığı gibi havzanın şekliyle ilgili bilgi verir (Horton 1932; 1945; Özhan, 2004) (Eşitlik 11). Form faktörü 0-1 arasında değişmektedir. Değer 1'e yaklaştığında havzanın genişliği artar ve boyu kısalır (Özhan, 2004; Kutukcu vd., 2015, Balasubramani vd., 2019). Sıfıra yaklaştıkça da bu durumun tam tersi olur.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (11)$$

A = Havza alanı (km²)

L = Havza uzunluğu (km)

Bu değer yamaçlardan ve ana dere kanalından meydana gelen akımlar ile bu akımların süresi üzerinde etkilidir. Geniş havzalarda pik akımı daha kısa sürede meydana gelir ve hidrografın bir çan eğrisi şeklini alır (Verstappen, 1983; Özhan, 2004; Avcı ve Sunkar, 2018). Bu nedenle, küçük form faktörüne sahip havzalarda şiddetli bir yağışın sel ve taşkın oluşturma ihtimali, diğer faktörler eşit kabul edildiğinde, aynı alana sahip ancak

form faktörü büyük olan havzalara oranla daha düşüktür (Özhan, 2004; Avcı ve Sunkar, 2018).

2. Dairesellik Oranı

Dairesellik oranı havza jeolojisinin homojenliği ve heterojenliği hakkında fikir vermesi bakımından önemlidir (Özhan, 2004) (Eşitlik 12).

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (12)$$

R_c = Dairesellik oranı

P = Havza çevresi (km)

A = Havza alanı (km²)

Homojen jeolojik yapıya sahip havzalarda daireellik oranı 0.6-0.7 arasında, heterojen yapı gösteren havzalarda ise 0.4-0.5 arasında değişmektedir.

2. Uzama Oranı (E)

Bu faktör havza alanına eşit alana sahip dairenin çapının, havzanın maksimum uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir. Uzama Oranı değeri düşük olan havzalarda yüzeysel akış suyunun havzanın çıkışına ulaşması gecikir. Bu da bu tip havzalarda konsantrasyon süresinin uzun olmasına neden olmaktadır (Strahler, 1964; Özhan, 2004; Kutukçu vd., 2015) (Eşitlik 13).

$$E = \frac{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L} \quad (13)$$

E = Uzama/Uzunlaşma Oranı (birimsiz)

A = Havzanın Alanı (km²)

L = Havza uzunluğu (km)

Uzama oranı çeşitli iklim ve jeolojik yapı tiplerinde 0.6-1.0 arasında değişir. 1.0'e yakın değerler çok düşük rölyefi, 0.6-0.8 arasındaki değerler kuvvetli rölyef ve dik

yamaçları gösterir (Avcı ve Sunkar, 2018; Koralay ve Kara, 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019).

2.2.6.1.2. Reliyef-Eğim Karakteristikleri

1.Ortalama Eğim

Havzanın ortalama eğimi su erozyonu ve havzada oluşacak sel riski bakımından önem taşımaktadır. Bir havzada eğimin artmasıyla özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda erozyon ve sel riski artar. Yağmur suları toprak içine sızamaz ve yüzeysel akışa geçer. Yüzeysel akışla toprak parçalarını bünyelerine alır ve erozyonu meydana getirir. Yüzeysel akışın fazla olduğu alanlarda su kanallarda birikerek dere yatağına sığamayacak duruma gelir ve sel olaylarının meydana gelmesine neden olur. Bu da dere akımına ait hidrografın şekli ve pik akımın oluşmasında etkilidir. Ayrıca eğimin (S) yüksek olması havzanın drenaj yoğunluğunun ve dere frekansının yüksek olduğunu gösterebilmektedir. Havza eğimi, eşitlik 14'teki formül kullanılarak bulunur (Özhan, 2004).

$$S_0 = \frac{D \times L}{A} \times 100 \quad (14)$$

D = Harita ölçeğine göre birbirini izleyen iki eş yükselti eğrisi arasındaki yükselti farkıdır (km).

L = Havzayı sınırlayan alan içinde kalan eş yükselti eğrilerinin toplam uzunluğudur (km).

S₀ = Havzanın ortalama eğimi (%)

A = Havza alanı (km²)

2. Ortalama Yükselti

Bir havzanın yükseltisi havzada meydana gelen yağış ve sıcaklık gibi iklim parametrelerini etkilemektedir. Yükselti arttıkça yağış miktarının arttığı ve sıcaklık değerinin düştüğü farz edilmektedir. Yağış miktarının artmasıyla havzada meydana gelen erozyon ve sel olayları da artış gözlemlenebilir. Bu nedenle havzanın ortalama yükseltisinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bir havzanın ortalama yükseltisinin en iyi şekilde hesaplanabilmesi için değişik yükseltilerdeki alan dağılımı hakkında fikir veren hipsometrik eğri kullanılabilir. Bu eğriyi elde edebilmek için havzanın eş yükselti eğrili haritası üzerinde, eğriler arasındaki alan ve toplam alan hesaplanır ve bu hesap bir çizelgeye aktarılır. Koordinat düzlemi kullanılarak alan yüzdeleri apsise, yükselti kademeleri ordinat eksenine yerleştirilerek karşılıklı değerler eşleştirilir ve eğri elde edilir. Eşitlik 15'te değerler yerine konularak havzanın ortalama yükseltisi hesaplanır.

$$H_o = \frac{\sum axh}{A} \quad (15)$$

a = Birbirini izleyen tesviye eğrileri arasındaki alanlar (ha, km²)

h = İki tesviye eğrisi arasındaki yükselti (m)

A = Havzanın toplam alanı (ha, km²)

H_o = Havzanın ortalama yükseltisi (m)

3. Hypsometric integral

Hipsometrik integral değeri havzanın fiziksel durumu hakkında bilgi verir (Koralay ve Kara, 2019). Hipermetrik integral, toprak erozyonu, iklim koşulları, bitki örtüsü ve havza topografyası arasındaki bağlantıyı sağlar (Liyanagamage ve Hewa 2012; Zakerinejad vd., 2016) (Eşitlik 16).

$$H_i = \frac{(H_{mean} - H_{min})}{(H_{maks} - H_{min})} \quad (\text{Pike R.J. ve Wilson S.E. 1971}) \quad (16)$$

H_{mean} = Ortalama yükselti (m)

H_{min} = En düşük yükselti (m)

H_{max} = En yüksek yükselti (m)

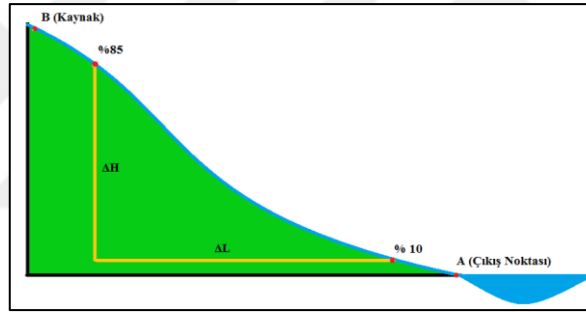
2.2.6.2. Hidrolojik Karakteristikler

Havzaların önemli karakteristiklerinden biri de akarsu ve drenaj karakteristikleri olarak da isimlendirilen hidrolojik karakteristiklerdir. Bir havzadaki doğal drenaj kanallarının birtakım özelliklerini ortaya koymak için hidrolojik karakteristikler kullanılır.

2.2.6.2.1. Ana Dere Eğimi

Akarsuların eğiminin belirlenmesinde Benson tarafından geliştirilen ana dere eğimi belirleme yöntemi kullanılmıştır (Özhan, 2004) (Eşitlik 17).

Bu yöntemde göre havzanın mansap kısmında bulunan çıkış noktasından itibaren memba kısmına doğru toplam ana dere uzunluğu belirlenir. Ana dere uzunluğunun %10'u ile % 85'i harita üzerinde işaretlenir ve bu iki nokta harita üzerinde bir çizgi ile birleştirilir (Şekil 43). Elde edilen doğrunun eğimi ana dere eğimi olarak alınır. Akarsuyun eğimi dere akış hızını doğrudan etkiler. Eğim arttıkça hız da artar (Özhan, 2004). Akarsu eğiminin artmasıyla suyun aşındırma gücü de artar ve daha fazla yatak erozyonu oluşmasına neden olur. Hızın artmasıyla birleşen su kütleleri aynı anda ve çok kısa zamanda çıkış noktasına ulaşır ve sel olaylarını meydana getirebilir.



Şekil 43. Ana dere eğiminin bulunması

$$\text{Ana Dere Eğimi} = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times 100 \quad (17)$$

ΔH = Ana dere uzunluğunun %10'u ile % 85'ine denk gelen noktaların yükseltileri farkı (m)

ΔL = Ana dere uzunluğunun %10'u ile % 85'ine denk noktalar arasındaki yatay uzunluk (m)

2.2.6.2.2. Dere Sayısı

Dere sıralaması oluşturulmasında Strahler yöntemi kullanılmıştır. Strahler yöntemine göre dere sayısı ve sırasını belirlenirken yan kolları olmayan derelere 1, 1 nolu derelerin birleşmesiyle 2, 2 nolu derelerin birleşmesiyle 3 nolu dereler oluşturulur. Bu şekilde ana

derenin son çıkış noktasına kadar sıra numaraları verilir. Dere sırası belirlendikten sonra, her sıradan dere adedi yazılıp toplanarak toplam dere sayısı bulunur. Dere sayısı hesaplanırken devamlı ve periyodik dereler dikkate alınır, kuru dereler dikkate alınmaz (Özhan, 2004).

2.2.6.2.3. Dere Sıklığı

Dere sıklığı yıl boyunca kurumayan toplam dere sayısının havza alanına bölünmesi ile hesaplanır (Özhan, 2004). Dere sıklığı bir havzadaki birim alana düşen dere sayısını ifade eder (Horton, 1945; Strahler, 1964; Özhan, 2004) (Eşitlik 18).

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad (18)$$

D_s = Dere sıklığı

N_s = Toplam dere sayısı

A = Havza alanı (km^2)

Dere sıklığı üzerinde iklim, jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü, zaman ve insan gibi çeşitli etmenlerin rolleri vardır (Elbaşı, 2015). Dere sayısının yüksek olması zeminin geçirgen olmadığını, havzanın reliefinin yüksek olduğunu ve bitki örtüsünün seyrek olabileceğini göstermektedir. Bu değer düşük olması ise jeolojik yapının veya toprak yapısının geçirgen olduğu anlamına gelmektedir. Dere sıklığının 3.5'ten büyük olması çok yüksek kabul edilmektedir (Özhan, 2004, Avcı ve Sunkar, 2015).

2.2.6.2.4. Drenaj Yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu havza içinde su taşıyan tüm doğal kolların toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle bulunur (Özhan, 2004). Bölgedeki iklim ve topoğrafik şartlarının akarsu uzunluğuna etkisini gösteren bu değer genellikle $0.5-2.5 \text{ km/km}^2$ arasında değişir (Eşitlik 19).

$$D_y = \frac{\sum L}{A} \quad (19)$$

D_y = Drenaj yoğunluğu

L = Devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunluğu (km)

A = Havza alanı (km^2)

Drenaj yoğunluğu havzanın akarsular tarafından bölünme derecesini göstermektedir (Özhan, 2004; Al-Saady vd., 2016; Avcı ve Sunkar, 2015). Dolayısıyla arazi üzerinde derelerin oluşumunda önemli bir etkiye sahip olan jeolojik, morfolojik, iklimik ve bitki örtüsü özellikleri hakkında fikir verir (Özdemir ve Bird, 2009). Aynı zamanda drenaj yoğunluğu yüzeysel akışı ve havzadaki su ve sediment üretimini etkilemektedir (Utlı ve Özdemir, 2018). Düşük drenaj yoğunluğu değeri arazinin iyi bir bitki örtüsüne sahip olduğunu ve yağışın önemli bir kısmının yüzeysel akışa geçmeden toprak tarafından tutulduğunu gösterebilir. Böylece havzalarda yüzeysel akışlar yeraltına sızar ve yeraltı akımları oluşturur. Yüksek değere sahip havzalarda yüzeysel akışlar artar ve suyun aşındırma ve parçalama gücü de artar. Böylece havzada daha fazla erozyon ve sel olaylarının meydana gelmesine sebep olabilir (Patton, 1988; Turoğlu ve Aykut, 2019). Drenaj yoğunluğunun yüksek çıktığı havzalarda sel ve taşkın olaylarının meydana gelmesinin yüksek olduğu havzalar olarak kabul edilebilir (Turoğlu ve Aykut, 2019).

Yüksek drenaj yoğunluğu değeri de geçirimsiz zemin koşullarında, vejetasyon örtüsünce zayıf alanlarda ve genellikle dağlık rölyeflerde gözlenmektedir. Toprak infiltrasyon kapasitesinin yüksek olduğu ve dayanıklı kayaların bulunduğu akanlarda dereler arasındaki mesafe artmakta ve drenaj yoğunluğu düşmektedir (Özdemir, 2018; Balasubramani vd., 2019; Bhattacharya vd., 2019).

2.2.6.2.5. Konsantrasyon Zamanı

Konsantrasyon zamanı havzada çıkış noktasına en uzak bir noktaya (genellikle havzanın memba kısmı) düşen yağış sularının, yüzeysel akış ve dere akımı halinde havzanın çıkış noktasına ulaşana kadar geçen zamandır (Verstappen, 1983; Avcı ve Sunkar, 2018; Koralay ve Kara, 2019) (Eşitlik 20).

Konsantrasyon zamanının uzunluğu ya da kısalığına havzanın büyüklüğü, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, havzanın şekli, bitki örtüsü eğim ve bakı gibi havzanın topoğrafik yapısı etki etmektedir (Özhan, 2004; Koralay ve Kara, 2019).

$$T_c = 0.01195 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad (20)$$

T_c = konsantrasyon zamanı (dak)

L = Yüzeysel akışın maksimum uzunluğu (m)

S = Havzanın eğimi

Havzada yeterli bitki örtüsüne sahip, uzun ve dar, engebeli arazi yapısına sahip alanlarda yağış sularının havzanın çıkış noktasına ulaşma zamanı uzayacaktır. Böylece konsantrasyon zamanı artacaktır (Özdemir, 2011). Yağış suları farklı zamanlarda çıkış noktasına ulaşacağından böyle havzalarda düşük pik akımlar meydana gelir. Bu da sel ve taşkın riskini azaltabilir.

2.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi

2.2.7.1. Su Kalitesi Standartları

Su kalitesi kriterleri, kullanım amaçlarına göre suda bulunan yabancı ve istenmeyen maddelerin o ortamda bulunan bütün canlılar üzerinde yapacağı etkileri ve bu istenmeyen maddelerin konsantrasyonlarının hangi seviyede ne gibi etkiler yapacağını belirleyen kriterlerdir. Su kalitesi standartları, kanun, yönetmelik ve tüzüklerle belirlenir. Belirlenen bu standartlar ülkelere göre değişiklik gösterebilir (Uzun, 2012). Ülkemizde 2004 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” yayınlanmıştır. Daha sonra bu yönetmelik 2015, 2016, 2021 yıllarında çeşitli maddelerde değişikliğe gidilmiştir. 2021 yılında yapılan değişikliğe göre Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablo 17’de verilmiştir.

Çıkan sonuçların değerlendirilmesi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıfları Su Kalite Kriterlerine göre yapılacaktır (Tablo 17).

Tablo 17. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY, 2021).

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6-9	6-9	6-9	
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	>8	6	<6	
4) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	<400	1000	>1000	> 5000
5) Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	>1000	

(a) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

I. Sınıf - Yüksek kaliteli sudur (I. sınıf su kalitesinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir). İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları, Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su, Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte sudur (SKKY, 2021).

II. Sınıf - Az kirlenmiş sudur (II. sınıf su kalitesinde olması “İyi” su durumunu ifade etmektedir). İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları, Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su, Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su, Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyudur (SKKY, 2021).

III. Sınıf - Kirlenmiş sudur (III. sınıf su kalitesinde olması “Orta” su durumunu ifade etmektedir). Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyudur (SKKY, 2021).

2.2.7.2. İstatiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 22.00 paket programı kullanılmıştır. Su kalite parametreleri ve RUSLE parametreleri ile arazi kullanım ve sel risk değerleri ile toprak kaybı miktarı arasında anlamlı farklılık olup olmadığını bulmak için de tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ve ortalama ayırımları bulmak için Duncan testi kullanılmıştır. Su kalitesi parametresi değerlerinde mevsimsel, aylık ve noktasal farklılık olup olmadığını bulmak için tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ve ortalama ayırımları bulmak için Duncan testi kullanılmıştır. Su kalitesi parametreleri,

RUSLE parametreleri ve sel risk parametreleri değişkenleri arasındaki korelasyonu bulmak için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Ayrıca su kalite özellikleri, RUSLE parametreleri ve sel risk parametreleri ile ilgili değerlendirmelerinde örnek sayısı, f tablo değerleri ile standart sapmaları ilgili tablolarda verilmiştir.



3.BULGULAR

Söğütlü deresi yağış havzasının sel-risk haritasının oluşturulması ve toprak erozyonun su kalitesi üzerine etkilerini belirlemek için yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular genel olarak 4 aşamada değerlendirilmektedir. İlk aşama, “Toprak Erozyon Miktarı, Sediment İletim Oranının Hesaplanması ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulmasına İlişkin Bulgular” kısmından oluşmaktadır. Bu aşama Toprak Erozyon Miktarı Hesaplanması, Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması, Sediment İletim Oranının Hesaplanması ve RUSLE Parametreleri İstatistik Analizler kısımlarından meydana gelmektedir. İkinci aşama “Söğütlü Deresi Su kalite Parametre Değerlerine İlişkin Bulgular” kısmını içermektedir. Bu aşamada Su kalite parametrelerine ilişkin veriler, su örnekleme noktalarına göre havzanın arazi kullanım durumuna ilişkin veriler, Söğütlü deresi akıda katı madde içerisinde bulunan karbon ve azot değerlerine ilişkin veriler ile bunlarla ilgili istatistik analizlerden oluşmaktadır. Üçüncü aşama “Sel Risk Haritasının Oluşturulmasına Ait Bulgular” başlıkları altında incelenecektir. Bu aşama sel risk parametrelerine ilişkin veriler, sel risk haritasına ilişkin veriler, sel risk parametreleri ve sel risk haritasına ilişkin istatistiksel analizler kısımlarından oluşmaktadır. İlk üç aşamadaki istatistiksel analizler her bölümün kendi içerisinde değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler kısmında elde edilen veriler arasında etkileşim ve istatistik analizleri ortaya koymak amaçlanmıştır. Su kalite parametrelerinin parametreler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi, mevsimlere ve noktalara bağlı olarak betimsel istatistik ve tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Toprak erozyonu RUSLE parametreleri betimleyici istatistik, parametreler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi ve tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Sel risk haritası parametreleri için de betimleyici istatistik, parametreler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi ve tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Dördüncü ve son aşamada ise havzanın erozyon ve sel oluşturma kapasitesine etki eden havzanın topoğrafik ve hidrolojik karakteristik yapısı ortaya konulacaktır. Yapılan bu araştırmalarla ortaya çıkan sonuçlara bağlı olarak Söğütlü deresi havzasında toprak erozyon miktarı, havzanın erozyon-sel risk haritası ve toprak erozyonunun su kalitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak belirlenmiş olacaktır.

3.1. Toprak Erozyon Miktarı, Sediment İletim Oranının Hesaplanması ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulmasına İlişkin Bulgular

3.1.1. Toprak Kaybı Miktarının Hesaplanması

3.1.1.1. Yağış Erozivite Faktörü (RUSLE-R)

R faktörünün belirlenmesi için Düzköy ve Akçaabat'ta bulunan meteoroloji istasyonu kullanılarak en az 5 yıllık yağış değerleri Trabzon Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir (Erpul vd., 2009; Prasannakumar vd., 2011; Ganasri ve Ramesh, 2015). Söğütlü deresi havzası içinde ve yakınında yer alan meteoroloji istasyonlarda uzun yıllar ölçümler yapılmadığı ve alansal tutarlılığın daha fazla olması için son 5 yılın yıllık ve aylık toplam yağış miktarları değerleri yağışın eroziv etkisini hesaplamada kullanılmıştır. Yükselti göz önünde bulundurularak proje sahasına en yakın meteoroloji istasyonlarına ait verilerden elde edilen (IDW metodu) R değerleri bu çalışmada altlık olarak kullanılmıştır. R değerlerinin örnekleme noktaları bazında dağılımları Tablo 18'de verilmiştir.

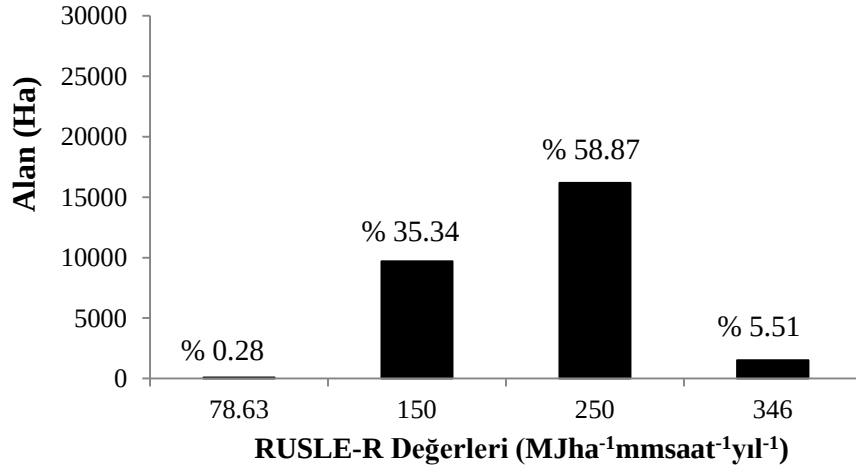
Havza alanına ait R değerleri $57.26-391.05 \text{ MJha}^{-1}\text{yıl}^{-1}\text{mmsaat}^{-1}$ arasında değişmektedir. Ortalama olarak $219.47 \text{ MJha}^{-1}\text{mmsaat}^{-1}\text{yıl}^{-1}$ değerine sahiptir. Şekil 45'ten elde edilen R değişkeninin, Söğütlü Deresi yağış havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama R değeri tablo 19'da verilmiştir. Söğütlü Deresi havzasında ağırlıklı olan R sınıfları, 100-200 ve 200-300 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla % 35.34 ve % 58.87'dir. Toplamları ise yaklaşık olarak % 94.21'dir. Diğer yandan, R değerleri 57.26-100 ve 300-391 olan sınıfların toplam alansal oranları sırasıyla % 0.28 ve % 5.51'dir. RUSLE-R sınıf değerlerine alansal dağılımları Şekil 44'te verilmiştir.

Tablo 18. Örnekleme noktalarına göre R (MJha⁻¹yıl⁻¹mm saat⁻¹) değerlerinin dağılımı

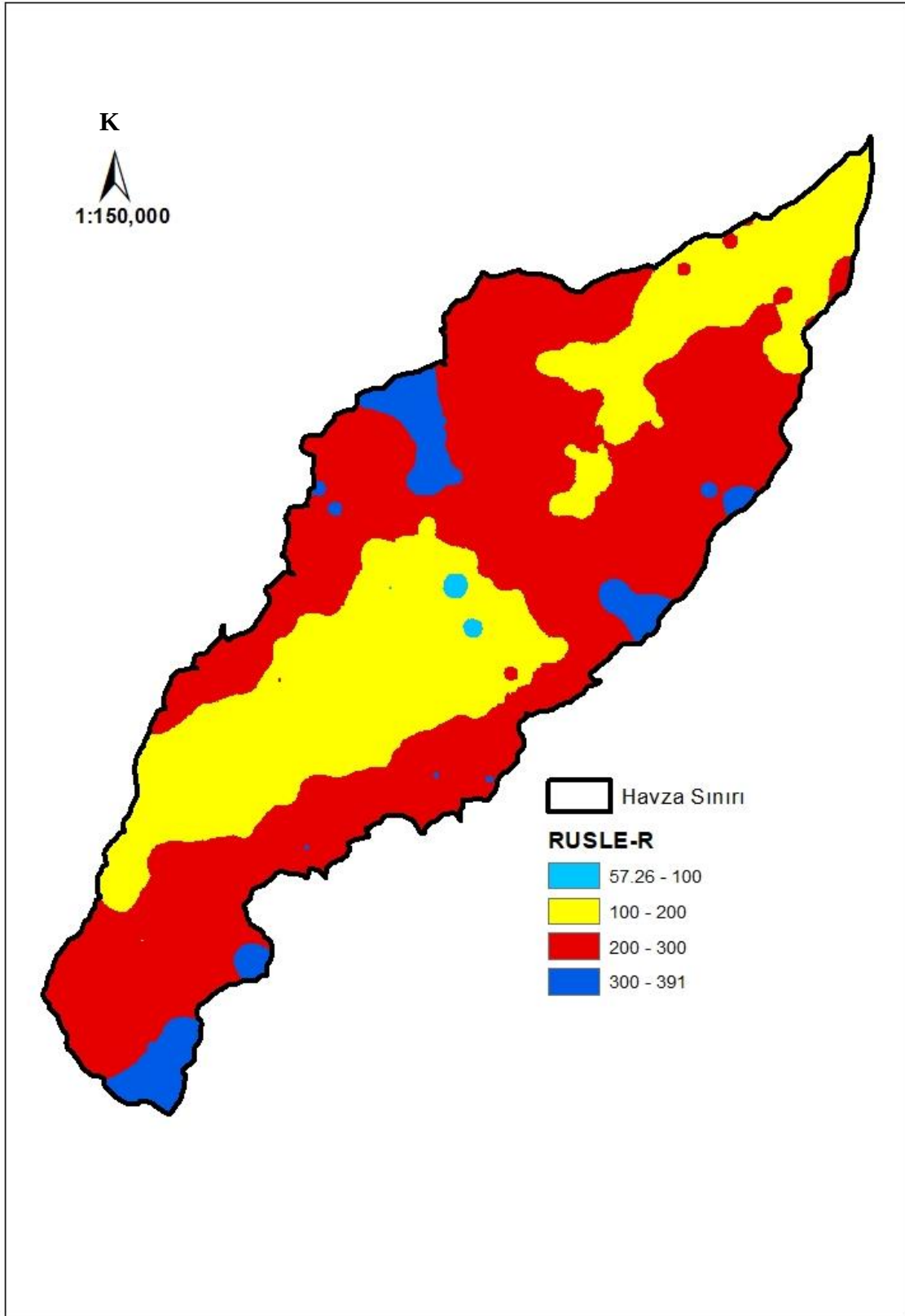
Örnek No	RUSLE-R	Örnek No	RUSLE-R	Örnek No	RUSLE-R	Örnek No	RUSLE-R
1	313.90	32	148.07	63	266.63	94	223.73
2	330.11	33	156.88	64	215.64	95	200.38
3	284.32	34	188.54	65	142.36	96	193.33
4	273.72	35	210.52	66	153.95	97	238.77
5	304.27	36	247.18	67	219.55	98	244.19
6	266.80	37	264.60	68	204.95	99	277.16
7	244.10	38	199.85	69	242.06	100	236.86
8	271.29	39	183.13	70	265.20	101	187.78
9	280.14	40	151.12	71	266.88	102	186.72
10	245.59	41	117.39	72	285.11	103	193.56
11	211.87	42	161.67	73	278.73	104	227.40
12	230.32	43	183.25	74	258.90	105	226.24
13	282.99	44	198.27	75	271.78	106	192.96
14	297.27	45	217.05	76	242.85	107	259.59
15	187.30	46	218.15	77	201.92	108	245.64
16	217.56	47	216.67	78	203.93	109	220.50
17	249.38	48	171.96	79	218.43	110	221.99
18	183.79	49	145.79	80	274.16	111	188.57
19	206.30	50	124.16	81	264.95	112	178.36
20	211.73	51	125.78	82	254.04	113	195.49
21	217.22	52	178.12	83	299.57	114	190.19
22	300.77	53	193.67	84	290.98	115	209.05
23	168.82	54	235.90	85	224.16	116	196.86
24	169.20	55	210.02	86	191.30	117	182.86
25	162.22	56	174.29	87	252.09	118	199.00
26	227.82	57	119.49	88	269.37	119	205.16
27	249.36	58	109.69	89	264.00	120	200.08
28	257.34	59	154.04	90	286.14	121	161.01
29	281.78	60	224.10	91	319.98	122	154.19
30	176.51	61	286.48	92	289.39	123	146.23
31	164.67	62	324.86	93	228.60	Ortalama	220.655

Tablo 19. RUSLE-R değişkeninin Söğütlü deresi yağış havzasındaki oransal değişimi

R Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
57.26 – 100	78.63	77.5609	0.28	6098.61
100 – 200	150	9709.83	35.34	1456474.50
200 – 300	250	16177.6	58.87	4044400.00
300 - 391	346	1513.91	5.51	523812.86
	Toplam	27478.9	100	6030785.97
			Ağırlıklı Ortalama	6030785.97 / 27478.9 = 219.47



Şekil 44. Söğütlü Deresi havzasında R değerlerinin alansal dağılımı



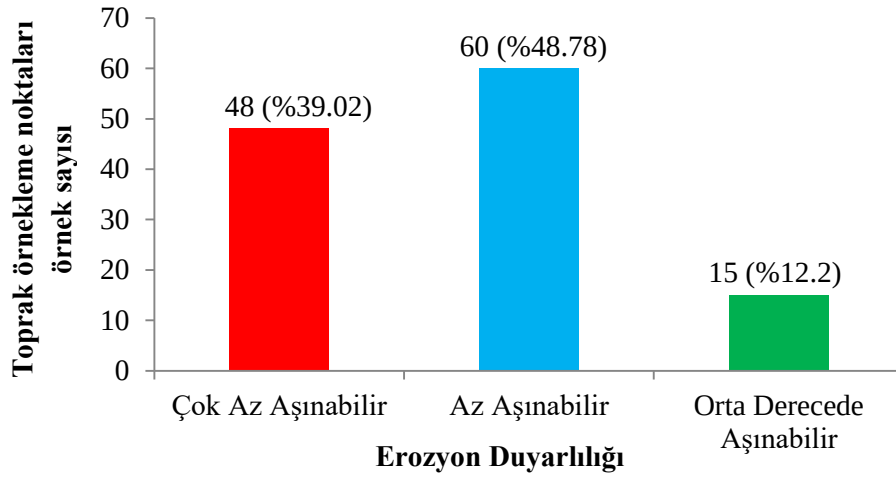
Şekil 45. Söğütlü Deresi havzasında R ($\text{MJha}^{-1}\text{yıl}^{-1}\text{mm saat}^{-1}$) değerlerinin dağılımı

3.1.1.2. Toprak Erozyon Duyarlılığı (RUSLE-K)

K faktörü, toprak örneklerinde yapılan bazı analizlere bağlı olarak belirlenmiş ve Torri vd., 1997'nin bulmuş olduğu ampirik denklemden faydalanılarak tespit edilmiştir.

Havza alanındaki toprakların RUSLE-K değerleri noktasal olarak 0.003 ile 0.018 arasında değişim göstermektedir. Havza alanında belirlenen K değerleri toprak erozyon duyarlılık sınıfları ve sayısal değerleri ile karşılaştırıldığında Çok az (%30.71), Az (%66.12) ve orta derecede (%3.17) aşınabilir sınıf değerlerinde toprakların Söğütlü Deresi havzasında hâkim olduğu görülmektedir (Tablo 20).

Söğütlü Deresi havzasında toprakların erozyona duyarlılığı noktasal olarak incelendiğinde çok az aşınabilir sınıfta %39.02 (48 nokta), az aşınabilir sınıfta yer alanlar %48.78 (60 nokta) ve orta aşınabilir sınıfta yer alanlar %12.2 (15 nokta)'dır (Şekil 46). Toprak aşınım faktörü (K) değerleri, $0.020 \text{ t ha saat ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ve daha düşük topraklardaki aşınabilirlik ihmal edilebilir seviyede olduğu kabul edilmektedir (Wischmeier ve Smith, 1978). Bu değerlendirmeye göre; Söğütlü Deresi havzasındaki toprakların aşınabilirliği 123 noktada düşük seviyede olduğu söylenebilir (Tablo 20).



Şekil 46. Söğütlü Deresi Havzasında K değerlerinin noktasal olarak değişimi

Tablo 20. Örnekleme noktalarına göre K (tha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) değerlerinin dağılımı

Örnek No	RUSLE-K	Örnek No	RUSLE-K	Örnek No	RUSLE-K	Örnek No	RUSLE-K
1	0.012	32	0.003	63	0.014	94	0.016
2	0.012	33	0.005	64	0.016	95	0.003
3	0.008	34	0.008	65	0.008	96	0.004
4	0.011	35	0.006	66	0.009	97	0.005
5	0.011	36	0.014	67	0.007	98	0.008
6	0.010	37	0.012	68	0.005	99	0.009
7	0.013	38	0.003	69	0.008	100	0.009
8	0.009	39	0.005	70	0.008	101	0.006
9	0.013	40	0.004	71	0.007	102	0.006
10	0.013	41	0.005	72	0.014	103	0.005
11	0.007	42	0.008	73	0.014	104	0.010
12	0.009	43	0.009	74	0.013	105	0.004
13	0.012	44	0.009	75	0.007	106	0.005
14	0.009	45	0.014	76	0.006	107	0.010
15	0.009	46	0.015	77	0.009	108	0.013
16	0.008	47	0.005	78	0.009	109	0.005
17	0.017	48	0.003	79	0.009	110	0.013
18	0.008	49	0.006	80	0.009	111	0.012
19	0.013	50	0.004	81	0.005	112	0.008
20	0.006	51	0.006	82	0.012	113	0.009
21	0.012	52	0.013	83	0.011	114	0.013
22	0.008	53	0.014	84	0.007	115	0.007
23	0.010	54	0.010	85	0.006	116	0.006
24	0.008	55	0.006	86	0.006	117	0.012
25	0.007	56	0.006	87	0.004	118	0.009
26	0.009	57	0.007	88	0.005	119	0.006
27	0.014	58	0.003	89	0.006	120	0.009
28	0.014	59	0.004	90	0.008	121	0.006
29	0.015	60	0.009	91	0.011	122	0.006
30	0.005	61	0.009	92	0.007	123	0.005
31	0.004	62	0.014	93	0.004	Ortalama	0.009

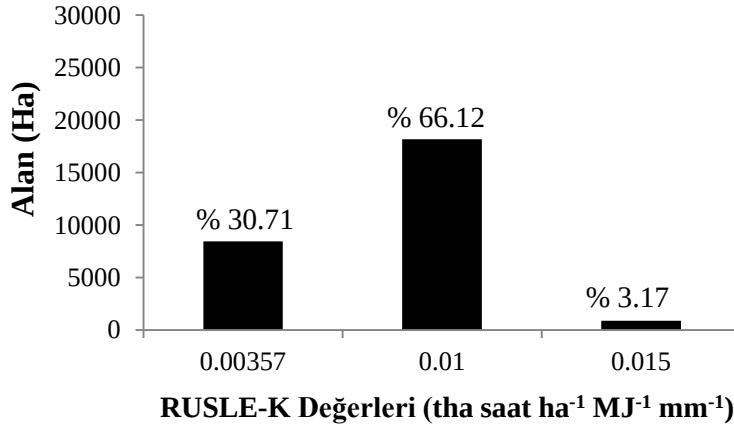
Elde edilen nokta K değerlerinin havza alanının yüzeyine yayılması için jeostatistiksel yöntem olarak IDW yöntemi kullanılmış ve alanın K faktörü haritası elde edilmiştir. Söz konusu bu katman toprakların erozyona uğrama derecelerine göre oluşturulmuş, K faktör sınıflarına göre yeniden sınıflandırılarak K faktör sınıflarının alansal ve oransal dağılımları

belirlenmiştir (Tablo 21). Söğütlü Deresi Havzası için elde edilen K faktörü dağılım haritası Şekil 48’de verilmiştir.

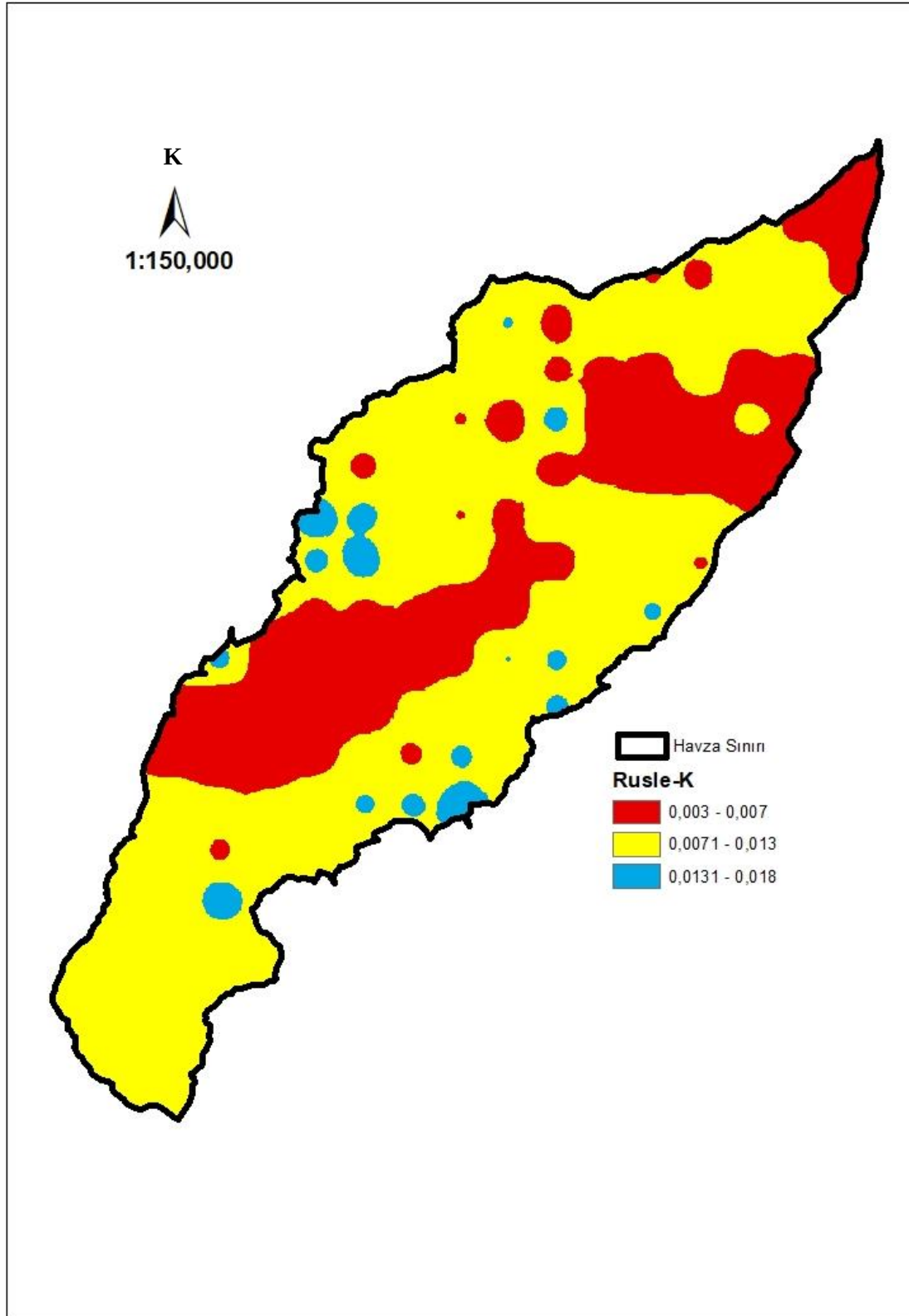
K değerleri havza alanına yayıldığında 0.0071 – 0.0130 sınıfının alansal oranı %66.12’dir (Şekil 47). Alansal olarak Söğütlü deresi havzasının topraklarının yaklaşık 2/3’lük kısmı az derecede aşınabilir sınıfta yer almaktadır. K faktörünün alansal olarak ağırlıklı ortalaması 0.0182 tha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Tablo 21).

Tablo 21. RUSLE-K değişkeninin Söğütlü deresi havzasındaki oransal değişimi

K Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0,003 – 0,0070	0.00357	8440.4	30.71	30.13
0,0071 – 0,0130	0.01	18168.3	66.12	181.68
0,0131 – 0,018	0.015	870.2	3.17	13.05
	Toplam	27478.9	100	224.87
			Ağırlıklı Ortalama	224.87 / 27478.9 = 0.0182



Şekil 47. Söğütlü Deresi havzasında K değerlerinin alansal dağılımı



Şekil 48. Söğütlü Deresi havzasının RUSLE-K haritası

3.1.1.3. Yamaç Uzunluğu ve Dikliği Değişkeni (RUSLE-LS)

Söğütlü Deresi, RUSLE-LS değişkeni, “Sayısal Yükseklik Modeli” (SYM) ve ArcGIS 10 “Hidrolojik Akım Birikimi (Flow accumulation)” hesaplama yeteneği aracılığıyla elde edilmiştir (Moore ve Burch, 1986).

Havza alanına ait LS değerleri Şekil 49’da sunulmuştur. Havza alanında en yüksek LS değeri 36.48 olarak belirlenmiştir (Tablo 22). Bununla birlikte havza alanında ağırlıklı ortalama LS değeri 11.87 olarak belirlenmiştir.

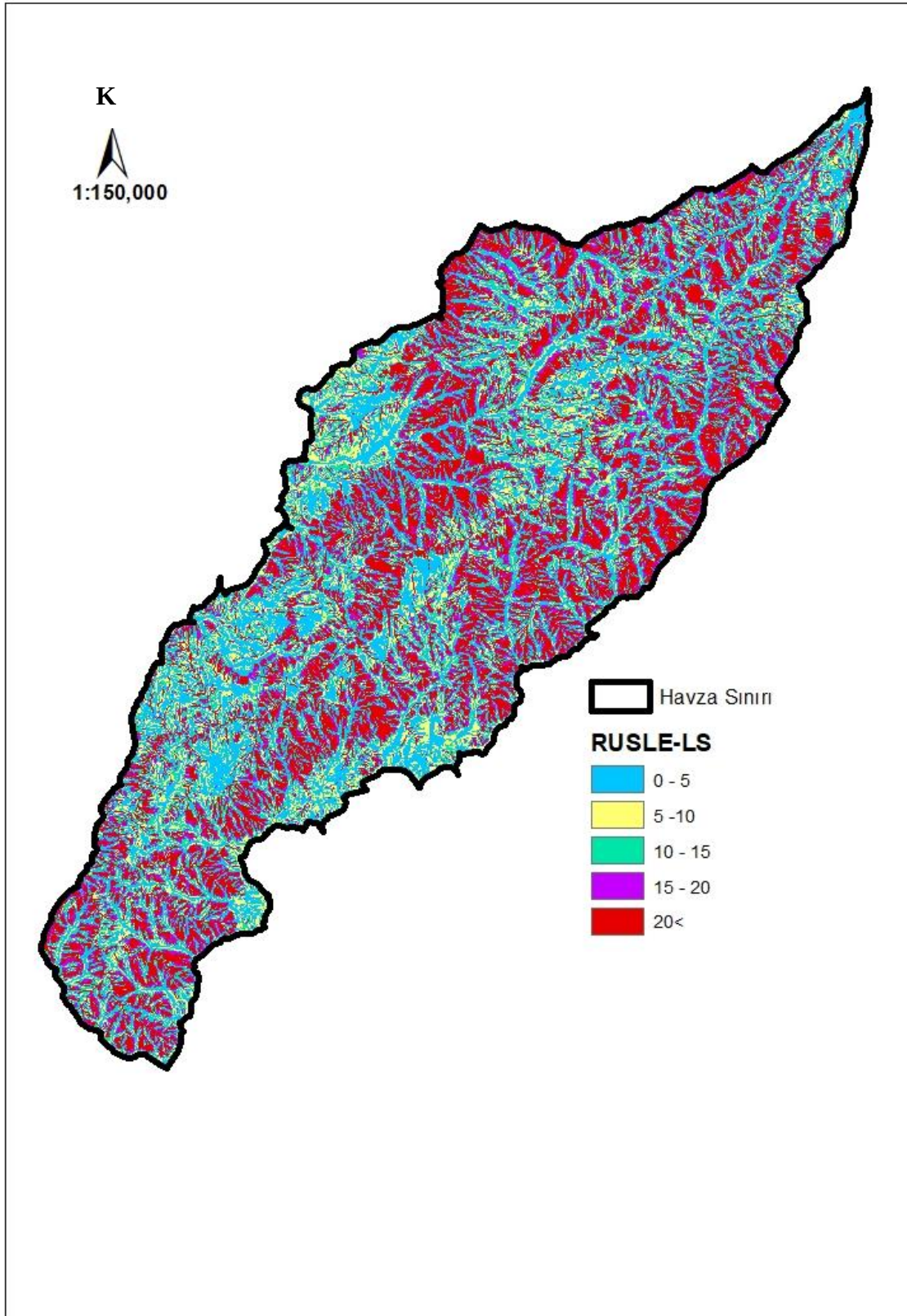
Tablo 22. Örneklemeye noktalarına göre LS değerlerinin dağılımı

Örnek No	RUSLE-LS	Örnek No	RUSLE-LS	Örnek No	RUSLE-LS	Örnek No	RUSLE-LS
1	2.39	32	8.56	63	12.26	94	20.57
2	30.43	33	24.76	64	6.13	95	3.12
3	2.59	34	16.60	65	36.44	96	3.09
4	10.70	35	21.68	66	36.42	97	12.29
5	15.89	36	14.83	67	36.24	98	36.4
6	13.57	37	36.4	68	15.66	99	16.81
7	11.69	38	0.97	69	17.76	100	13.91
8	5.96	39	15.32	70	23.48	101	36.5
9	12.49	40	2.75	71	16.84	102	13.50
10	1.93	41	21.75	72	11.34	103	23.88
11	19.98	42	0.68	73	12.47	104	0.11
12	21.25	43	16.88	74	36.48	105	2.15
13	3.47	44	35.99	75	57.96	106	6.97
14	7.27	45	31.50	76	12.43	107	27.45
15	20.29	46	4.66	77	16.75	108	8.83
16	1.95	47	5.87	78	9.01	109	5.22
17	11.76	48	0.99	79	10.25	110	14.57
18	21.25	49	19.80	80	36.11	111	0.12
19	5.45	50	7.97	81	1.08	112	32.99
20	16.78	51	13.38	82	4.06	113	25.19
21	19.80	52	33.31	83	20.24	114	10.26
22	1.42	53	16.58	84	2.32	115	16.05
23	6.01	54	18.52	85	9.19	116	27.91
24	0.44	55	18.56	86	36.20	117	36.40
25	26.01	56	3.56	87	20.04	118	13.12
26	30.87	57	31.34	88	33.24	119	0.46
27	24.78	58	8.02	89	3.34	120	0.06
28	11.39	59	5.57	90	2.52	121	13.49
29	15.87	60	30.15	91	32.55	122	0.24
30	9.49	61	20.56	92	0.10	123	11.63
31	9.86	62	1.46	93	2.11	Ortalama	15.16

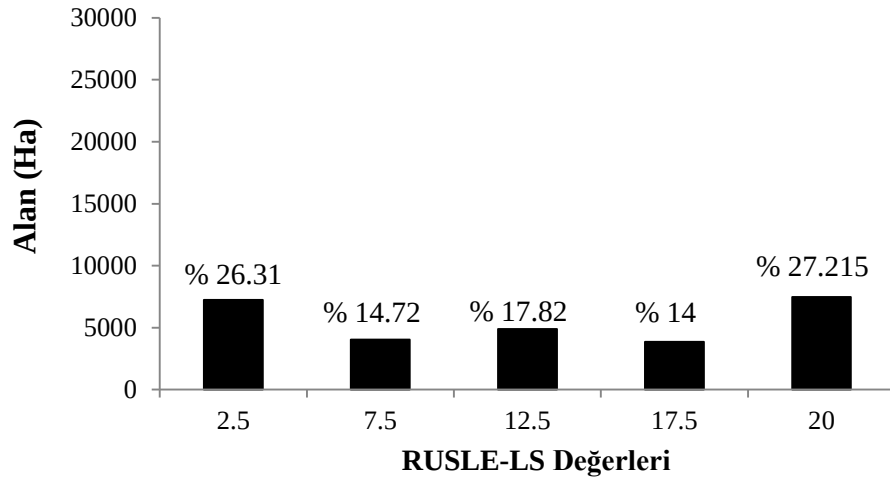
Şekil 49'dan elde edilen LS değişkeninin, Söğütlü Deresi havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama RUSLE-LS değeri Tablo 23'te verilmiştir. Su toplama havzasında baskın olan LS sınıfları, 0-5 ve > 20 (20-36.5) sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla %26.31 ve %27.15'dir. Toplamları ise %53.46'dır. LS sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 50'de verilmiştir.

Tablo 23. RUSLE-LS değişkeninin Söğütlü deresi havzasındaki oransal değişimi

LS Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0-5	2.5	7229.78	26.31	18074.45
5-10	7.5	4044.19	14.72	30331.42
10-15	12.5	4897.38	17.82	61217.25
15-20	17.5	3847.85	14.00	67337.38
20<	20	7459.72	27.15	149194.40
	Toplam	27478.9	100	326154.90
			Ağırlıklı Ortalama	326154.90/ 27478. 9 = 11.87



Şekil 49. Söğütlü deresi havzasının RUSLE-LS haritası

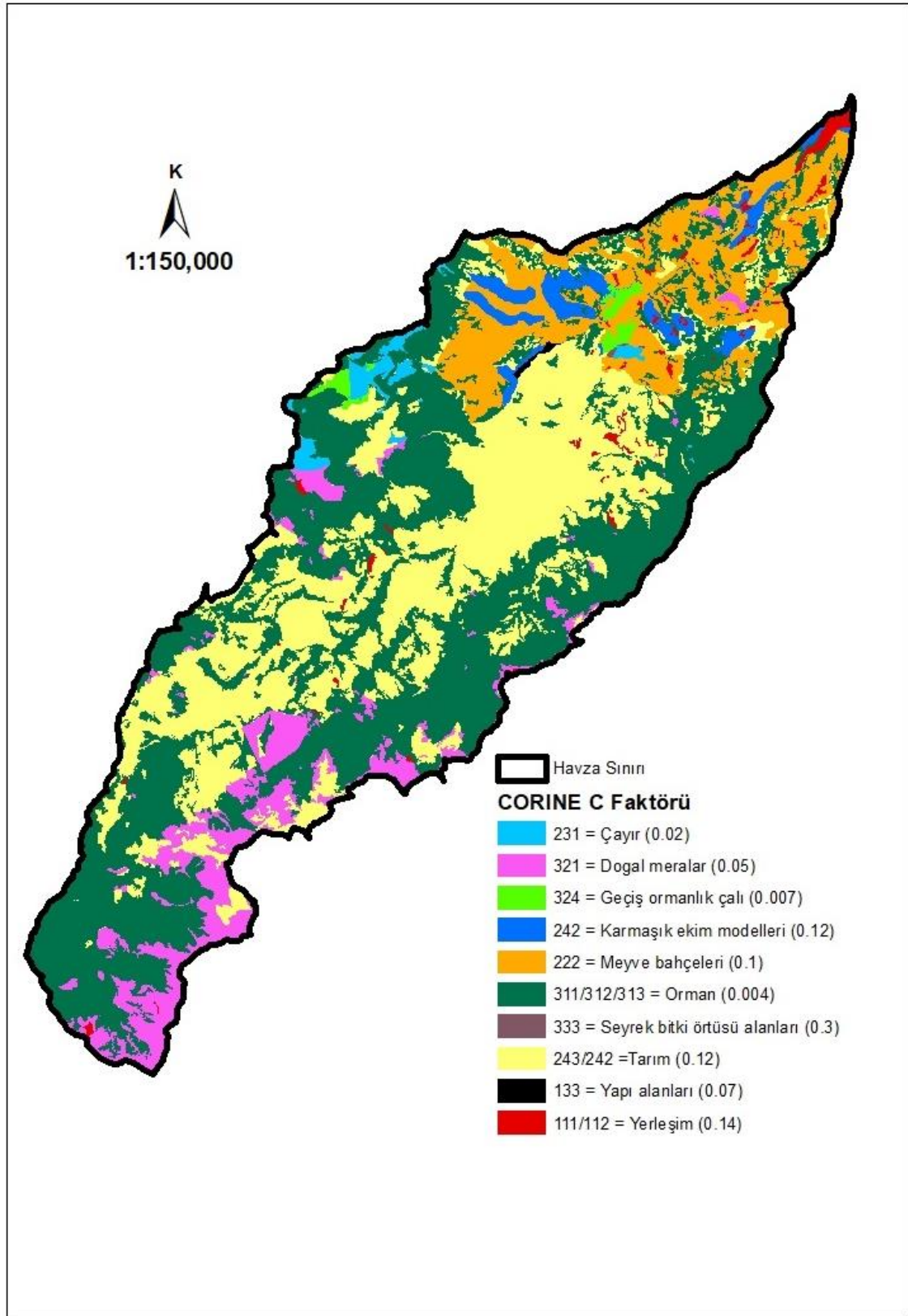


Şekil 50. Söğütlü deresi havzasında LS değerlerinin alansal dağılımı

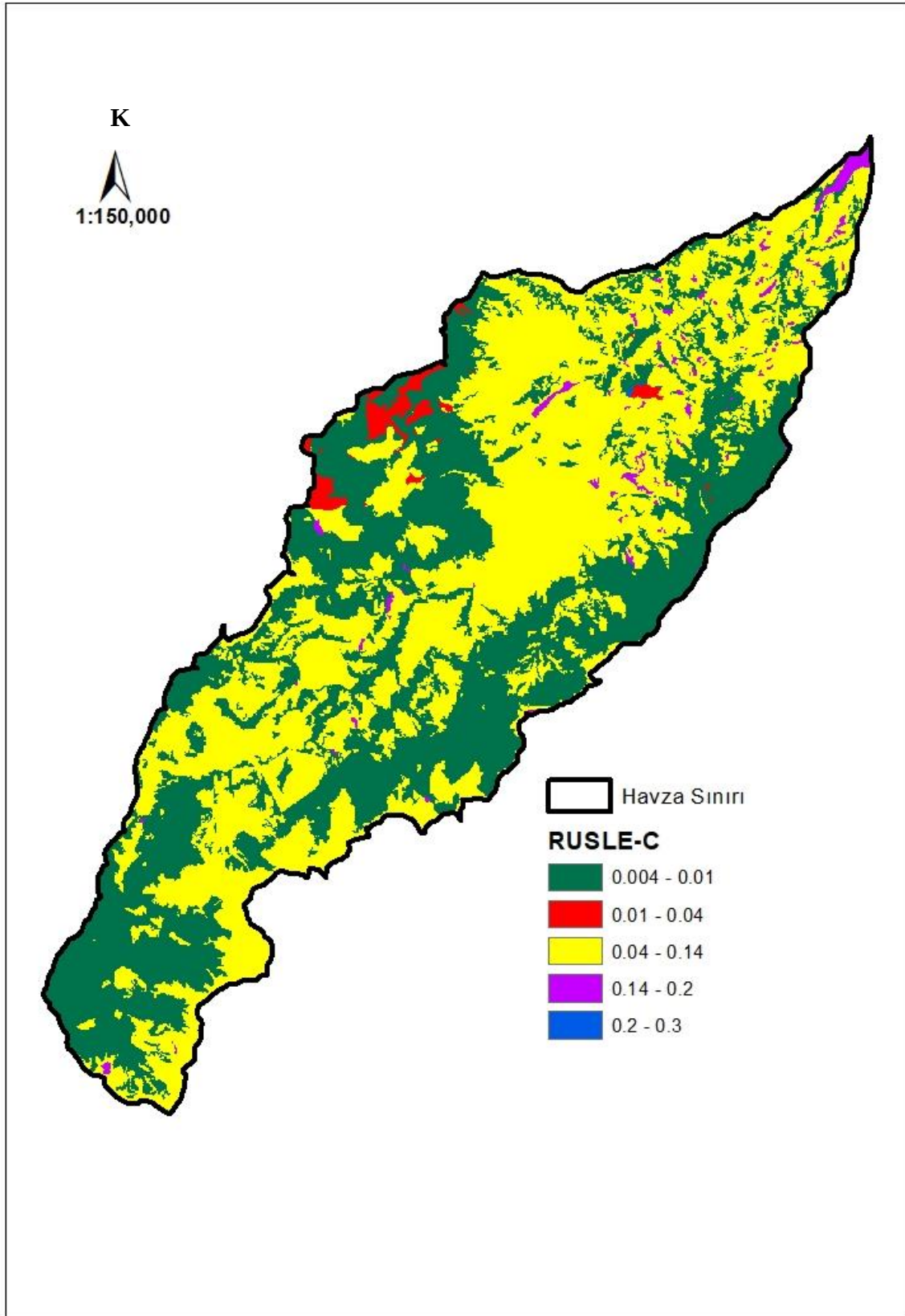
3.1.1.4. Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi (RUSLE-C)

Yaptığımız çalışmada RUSLE-C değerlerini bulmak için, havzadaki tarım, orman, mera ve yerleşim alanlarının tespitinde ArcGIS 10 uygulaması ile CORINE arazi örtüsünde (CORINE arazi örtüsü 2012-2018) tanımlanan değerler ve havzaya ait amenajman planlarında bulunan arazi kullanım haritaları kullanılmıştır (TOBM, 2019; EEA, 2021) (Şekil 51-52).

Şekil 52'den elde edilen C değişkeninin, Söğütlü Deresi havzasındaki oransal dağılımı tablo 25'te verilmiştir. Söğütlü deresi havzasında RUSLE-C değişkeni baskın olarak yükseltisi 900m' den fazla olan üst havzada 0.004 – 0.01 (ibreli, yapraklı ve karışık orman alanları) ve havzanın orta ve mansap kesiminde 0.04 – 0.14 (doğal meralar, karışık ekim alanları, meyve bahçeleri, fındık bahçeleri, tarım alanları) sınıflarında görülmüştür. Bunların alansal oranları yaklaşık olarak % 45.64 ve %51.68'dir. 0.14 ve 0.2 sınıf değerleri yerleşim, ulaşım, yapı alanları ve endüstriyel alanlardan oluşmaktadır. Alansal olarak dağılımı ise %1.25'dir. 0.2 – 0.3 sınıfı ise seyrek bitki örtüsünün görüldüğü alanları kapsamaktadır. Alansal olarak dağılımı ise % 0.03'tür. C sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 53'te verilmiştir. 123 noktada elde edilen C değerleri tablo 24'te verilmiştir.



Şekil 51. Söğütlü Deresi havzası CORINE haritası



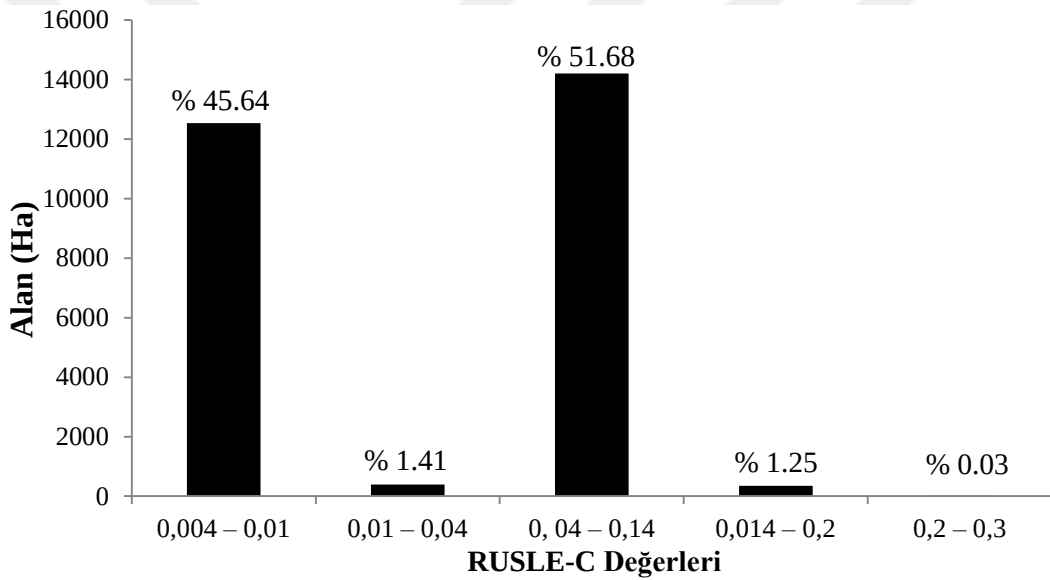
Şekil 52. Söğütlü Deresi havzası RUSLE-C Haritası

Tablo 24. Örnekleme noktalarına göre C değerlerinin dağılımı

Örnek No	RUSLE-C	Örnek No	RUSLE-C	Örnek No	RUSLE-C	Örnek No	RUSLE-C
1	0.05	32	0.12	63	0.004	94	0.12
2	0.004	33	0.004	64	0.004	95	0.12
3	0.004	34	0.05	65	0.004	96	0.12
4	0.004	35	0.004	66	0.004	97	0.1
5	0.05	36	0.004	67	0.12	98	0.12
6	0.004	37	0.004	68	0.12	99	0.004
7	0.004	38	0.12	69	0.004	100	0.1
8	0.05	39	0.12	70	0.12	101	0.1
9	0.05	40	0.004	71	0.004	102	0.1
10	0.004	41	0.004	72	0.004	103	0.007
11	0.004	42	0.004	73	0.004	104	0.12
12	0.004	43	0.12	74	0.004	105	0.004
13	0.05	44	0.004	75	0.004	106	0.12
14	0.12	45	0.004	76	0.12	107	0.004
15	0.004	46	0.004	77	0.12	108	0.12
16	0.12	47	0.004	78	0.12	109	0.1
17	0.05	48	0.12	79	0.12	110	0.12
18	0.004	49	0.004	80	0.004	111	0.1
19	0.004	50	0.12	81	0.004	112	0.004
20	0.12	51	0.004	82	0.12	113	0.1
21	0.004	52	0.004	83	0.004	114	0.1
22	0.05	53	0.12	84	0.12	115	0.004
23	0.004	54	0.05	85	0.12	116	0.1
24	0.12	55	0.12	86	0.12	117	0.1
25	0.004	56	0.004	87	0.12	118	0.004
26	0.004	57	0.12	88	0.05	119	0.004
27	0.004	58	0.12	89	0.004	120	0.004
28	0.004	59	0.12	90	0.007	121	0.1
29	0.12	60	0.004	91	0.05	122	0.1
30	0.12	61	0.004	92	0.004	123	0.12
31	0.12	62	0.004	93	0.1	Ortalama	0.055

Tablo 25. RUSLE-C değişkeninin Söğütlü deresi yağış havzasındaki oransal değişimi

C Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0,004 – 0,01	0.007	12540.22	45.64	87.78
0,01 – 0,04	0.025	387.013	1.41	9.68
0, 04 – 0,14	0.09	14199.9	51.68	1277.99
0,14 – 0,2	0.107	344.716	1.25	36.88
0,2 – 0,3	0.25	7.06011	0.03	1.77
	Toplam	27478.9	100	1414.10
			Ağırlıklı Ortalama	1414.10 / 27478.9 =0.052



şekil 53. Söğütlü deresi havzasında C değerlerinin alansal dağılımı

3.1.1.5. Toprak Koruma Yöntemleri (RUSLE-P)

Söğütlü deresi havzasında arazi incelemelerinde de erozyon önleyici herhangi bir tedbire rastlanmamıştır. Alanda herhangi bir erozyon kontrol uygulaması olmaması nedeniyle, P faktörü 1 olarak alınmış ve hesaplama işlemlerinde bu değer kullanılmıştır (Özdemir ve Tatar, 2016; Özşahin, 2016).

3.1.1.6. Söğütlü Deresi Yağış Havzası Toprak Kaybı (RUSLE-RKLSC)

Söğütlü Deresi yağış havzasının R, K, LS ve C değişkenlerinin çarpılmasıyla elde edilen Erozyon Risk Haritası Şekil 54'te ve toprak kaybı haritası Şekil 55'te verilmiştir. Söğütlü Deresi havzasında toprak kaybı 0.001 ile 20.3 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ arasında değişmektedir.

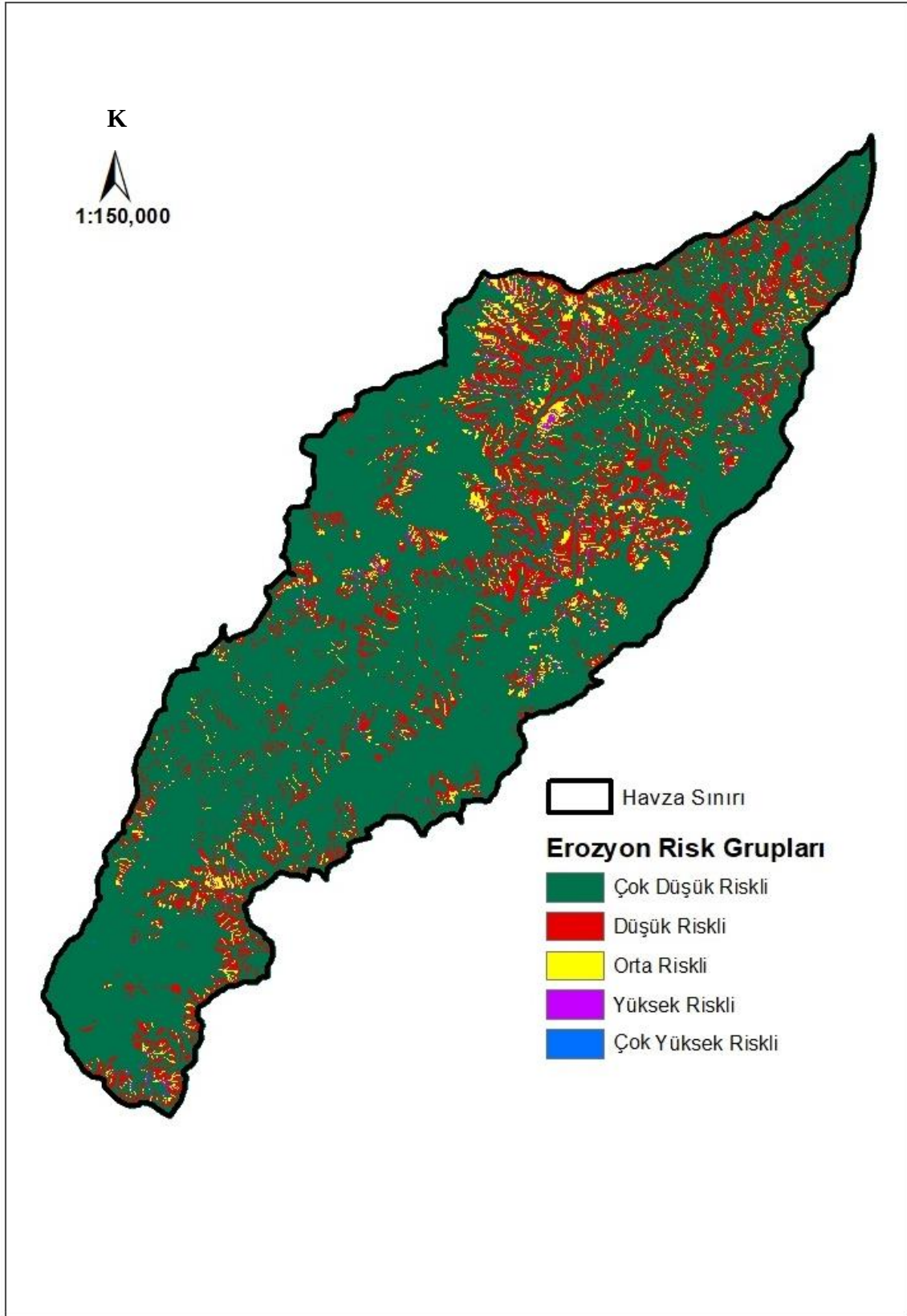
Söğütlü Deresi Havzasında toprak kaybının oransal dağılımı tablo 26'da verilmiştir. Söğütlü Deresi Havzasının alansal olarak %78.89'luk kısmında 0-2 ton/ha ve %15.50'sinde 2.1-5 ton yıl⁻¹ toprak kaybı meydana gelmektedir. 5 ton ha⁻¹'ın üzerinde yer alan diğer sınıfların alansal olarak toplamı ise %5.61'dir. Tüm havzadan meydana gelen yıllık toprak kaybı yaklaşık 52209.0063 ton yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Söğütlü Deresi Havzasında birim alandan meydana gelen toprak kaybı ise 1.91 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 26). Toprak kaybı sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 56'da verilmiştir. 123 noktada elde edilen toprak kaybı miktarları tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 26. Söğütlü deresi yağış havzasındaki toprak kaybının oransal değişimi

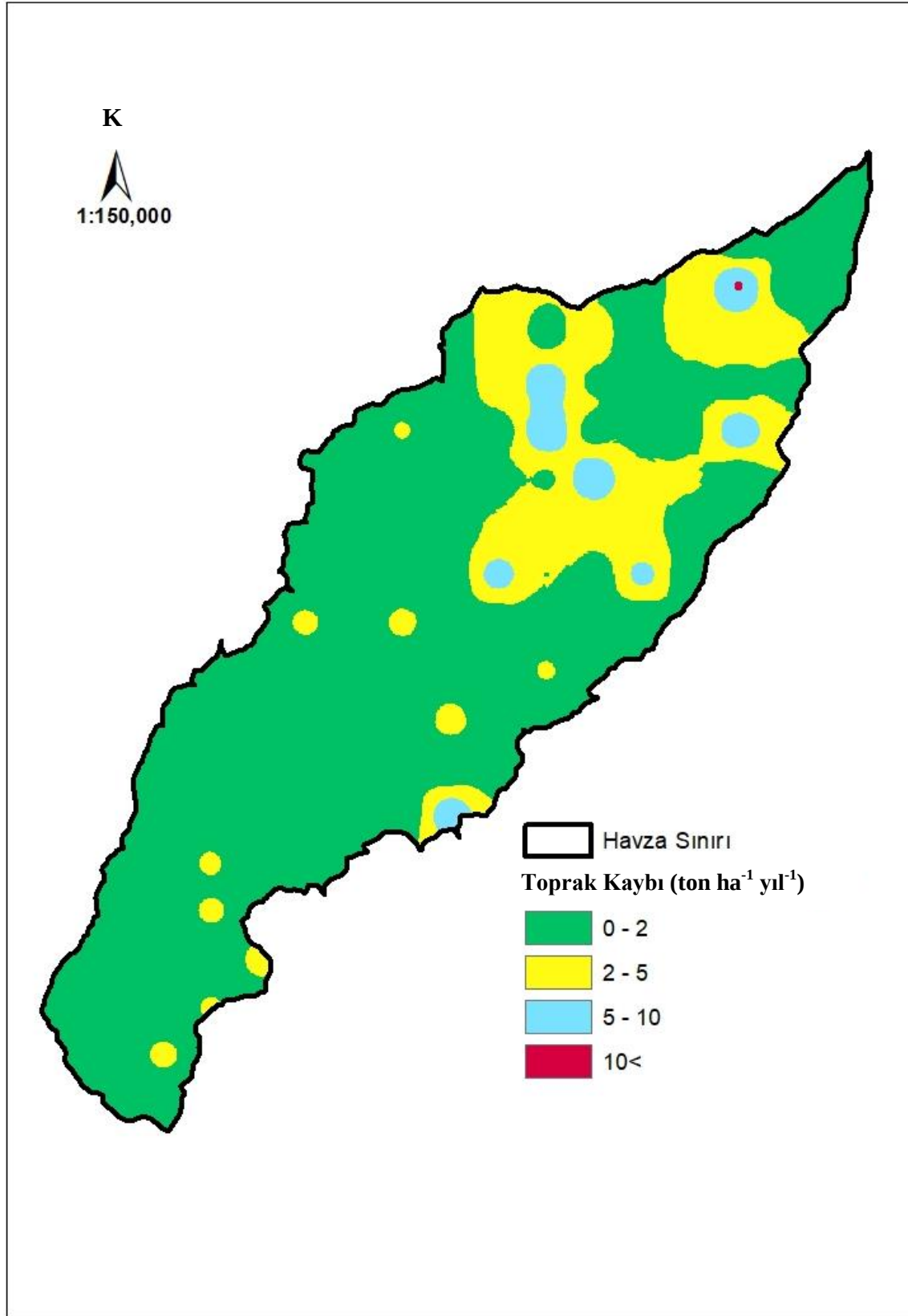
A Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0-2 (Çok Düşük Riskli)	1	21678.90	78.89	21678.90
2-5 (Düşük Riskli)	3.5	4258.47	15.50	14904.65
5-10 (Orta Riskli)	7.5	1099.57	4.00	8246.77
10-20 (Yüksek Riskli)	15	291.78	1.06	4376.68
>20 (Çok Yüksek Riskli)	20	150.10	0.55	3002.00
	Toplam	27478.9	100	52209.0063
			Ağırlıklı Ortalama	52209.0063 / 27478.9 = 1.90597 ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹

Tablo 27. Örnekleme noktalarına göre erozyon (tonha⁻¹ yıl⁻¹) miktarlarının dağılımı

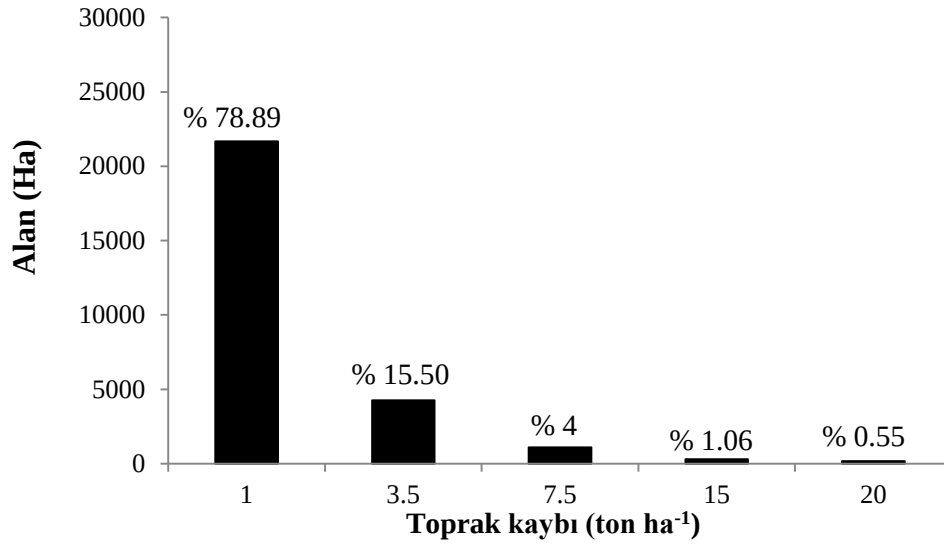
Örnek No	Erozyon	Örnek No	Erozyon	Örnek No	Erozyon	Örnek No	Erozyon
1	0.445	32	0.531	63	0.244	94	8.956
2	0.472	33	0.084	64	0.085	95	0.256
3	0.025	34	1.311	65	0.170	96	0.299
4	0.124	35	0.108	66	0.361	97	1.573
5	2.660	36	0.203	67	7.444	98	8.318
6	0.146	37	0.625	68	1.993	99	0.165
7	0.147	38	0.072	69	0.424	100	3.067
8	0.742	39	1.829	70	6.355	101	8.216
9	2.252	40	0.007	71	0.123	102	1.468
10	0.025	41	0.048	72	0.185	103	0.157
11	0.126	42	0.003	73	0.194	104	0.027
12	0.171	43	3.269	74	0.634	105	0.239
13	0.047	44	0.249	75	0.435	106	0.808
14	2.382	45	0.374	76	2.274	107	0.289
15	0.136	46	0.168	77	3.845	108	3.462
16	0.390	47	0.025	78	2.022	109	0.561
17	2.496	48	0.060	79	2.457	110	3.229
18	0.125	49	0.066	80	0.405	111	0.027
19	0.057	50	0.527	81	0.006	112	4.439
20	2.527	51	0.041	82	1.460	113	4.206
21	0.203	52	0.311	83	0.266	114	2.486
22	0.409	53	2.348	84	0.601	115	0.090
23	0.040	54	0.993	85	1.365	116	3.217
24	0.068	55	0.993	86	9.041	117	10.582
25	0.126	56	0.014	87	2.449	118	0.092
26	0.259	57	3.005	88	2.068	119	0.002
27	0.341	58	0.360	89	0.020	120	0.061
28	0.160	59	0.399	90	0.042	121	1.365
29	7.987	60	0.256	91	2.257	122	0.021
30	1.000	61	0.209	92	0.001	123	1.066
31	0.842	62	0.026	93	0,197	Ortalama	1.330



Şekil 54. Söğütlü Deresi havzası erozyon risk haritası



Şekil 55. Söğütlü Deresi havzası tahmini toplam yıllık potansiyel toprak kaybı yersel dağılım haritası



Şekil 56. Söğütlü Deresi havzasında toprak kaybı sınıflarının alansal dağılımı

Söğütlü deresi havzasında arazi kullanım durumuna göre toprak kaybı miktarı tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Örnekleme noktalarında arazi örtüsüne göre birim alana düşen toprak kayıp miktarları

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹	ton yıl ⁻¹
Ormanlık Alan	12596	1.1237	14154.1252
Mera Alanı	2430	2.034	4942.62
Tarım Alanı	12452.9	2.659	33112.2611
Ortalama	27478.9	1.9	52209.0063

3.1.2. Sediment İletim Oranı (SİO)

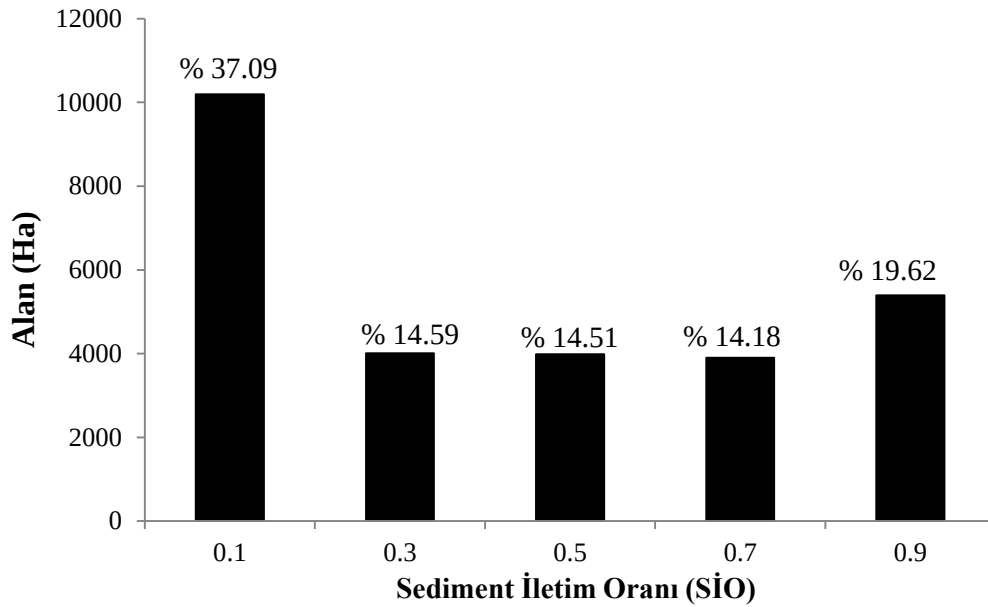
Erozyona uğrayan her malzeme genellikle birikim alanına kadar taşınmaz. Bu malzemeler yol kenarlarında, içbükey eğim kırıklıklarında, eğimin azaldığı yerlerde vb. birçok alanda birikir. Bu nedenle havza içinde yer değiştiren toprağın hesaplanması gerekmektedir. Havza içerisinde oluşan erozyon miktarının derelere ne kadar kısmının ulaştığını belirlemek için sediment iletim oranı kullanılmaktadır. SİO değeri 0-1 arasında değişim göstermektedir.

Söğütlü Deresi yağış havzasının SİO haritası Şekil 58’de verilmiştir. Söğütlü Deresi havzasında SİO değeri 0.43 olarak bulunmuştur.

Söğütlü Deresi Havzasında SİO değerleri oransal dağılımı Tablo 29’da verilmiştir. Söğütlü Deresi Havzasının baskın olan SİO sınıfları 0-0.2 ve 0.8-1’dir. Bu sınıflar sırasıyla %37.09 ve %19.62’lik oranı kapsamaktadır (Şekil 57). Diğer sınıfların alansal olarak toplamı ise %43.28’dir.

Tablo 29. SİO değişkeninin Söğütlü deresi yağış havzasındaki oransal değişimi

SİO Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0-0.2	0.1	10192.91	37.09	1076.09
0.2-0.4	0.3	4010.22	14.59	1203.07
0.4-0.6	0.5	3986.99	14.51	1993.50
0.6-0.8	0.7	3897.71	14.18	2728.40
0.8-1	0.9	5391.07	19.62	4851.96
	Toplam	27478.9	100	11853.01
			Ağırlıklı Ortalama	11853.012/ 27478.9 =0.43135



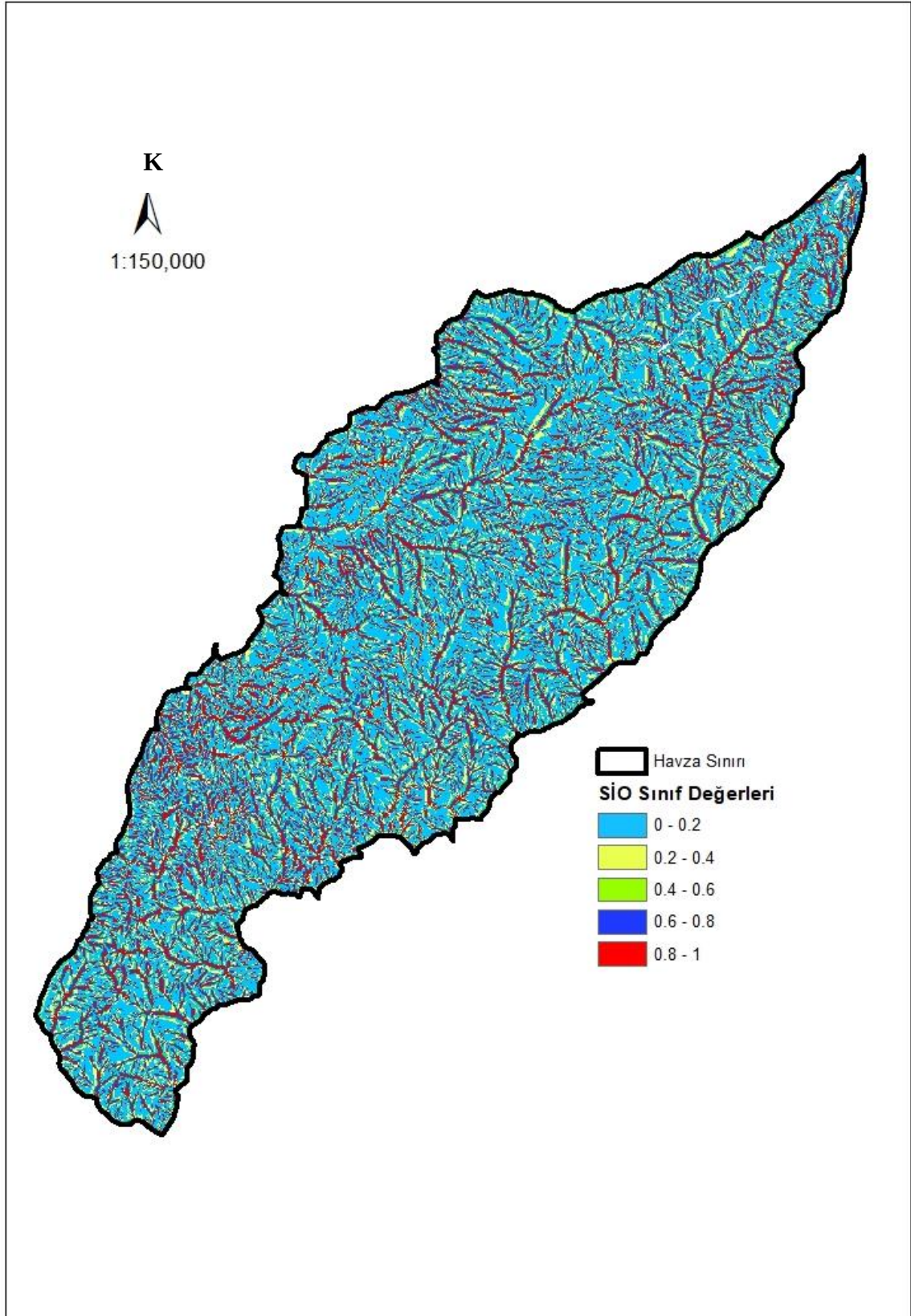
Şekil 57. Söğütlü Deresi Havzasında SİO sınıflarının alansal dağılımı

Sediment iletim oranı ve RUSLE toprak kaybının bir fonksiyonu olarak tahmin edilen sediment miktarı ve verimi sırasıyla, 22449.87 ton yıl⁻¹, 0.82 ton yıl⁻¹ ha⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 30).

Söğütlü Deresi havzasına ait tahmin edilen toprak kaybı ve sediment miktarları Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Söğütlü deresi havzasına ait toprak kaybı ve sediment miktarı

Havza Adı	Söğütlü Deresi
Alan (ha)	27478.90
Toprak Kaybı (ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	1.9
Havza Alanında Meydana Gelen Toprak Kaybı (ton yıl ⁻¹)	52209.0063
Sediment İletim Oranı	0.43
Sediment Verimi (ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	0.82
Tahmin edilen Sediment Miktarı (ton yıl ⁻¹)	22449.87



Şekil 58. Söğütlü Deresi havzasında SİO sınıflarının dağılımı

3.1.3. RUSLE Parametreleri İstatistik Analizler

Çalışmamızda RUSLE parametrelerin havzanın nokta bazında arazi kullanım durumuna göre aritmetik ortalama, en düşük ve en yüksek değerlerin gösterildiği betimleyici istatistik ve iki değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Arazi kullanım durumuna göre değerlerimizde anlamlı farklılık olup olmadığını öğrenmek için tek yönlü varyans analizi ve hangi arazi kullanım durumları arasında farklılıklar olduğunu görmek için duncan testi yapılmıştır.

3.1.3.1. RUSLE Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Betimleyici İstatistik

Söğütlü Deresi Havzası RUSLE Parametreleri ve Toprak kaybı değerleri aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistik değeri Tablo 31 ve 32’de verilmiştir.

Tablo 31. RUSLE parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin örnekleme noktalarına göre betimleyici istatistikleri

	Örnek Sayısı	Minimum	Maximum	Ortalama	Standart Sapma	Varyans
RUSLE-R	123	109.690	330.110	220.655	49.432	2443.469
RUSLE-K	123	.003	.017	.0086	.003	,000
RUSLE-LS	123	.060	36.480	15.148	11.281	127.268
RUSLE-C	123	.004	.120	.0551	.0533	.003
Toprak Kaybı	123	.001	10.582	1.330	2.162	4.675

Tablo 32. RUSLE parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin arazi kullanım durumuna göre betimleyici istatistikleri

		Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Min.	Mak.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
RUSLE-R	Orman	61	226.947	50.128	6.418	214.108	239.785	117.390	330.110
	Mera	11	269.520	42.179	12.718	241.184	297.857	188.540	319.981
	Tarım	51	202.591	41.042	5.747	191.048	214.134	109.690	297.270
	Toplam	123	220.655	49.431	4.457	211.832	229.479	109.690	330.110
RUSLE-K	Orman	61	0.009	0.003	0.000	0.008	0.010	0.004	0.016
	Mera	11	0.011	0.003	0.001	0.009	0.013	0.008	0.017
	Tarım	51	0.007	0.003	0.000	0.006	0.008	0.003	0.016
	Toplam	123	0.009	0.003	0.000	0.008	0.009	0.003	0.017
RUSLE-LS	Orman	61	17.259	11.932	1.528	14.203	20.315	0.060	36.480
	Mera	11	11.182	9.532	2.874	4.778	17.585	1.420	32.550
	Tarım	51	13.478	10.477	1.467	10.531	16.425	0.110	36.400
	Toplam	123	15.148	11.281	1.017	13.134	17.161	0.060	36.480
RUSLE-C	Orman	61	0.005	0.006	0.001	0.003	0.006	0.004	0.050
	Mera	11	0.056	0.021	0.006	0.042	0.071	0.050	0.120
	Tarım	51	0.115	0.009	0.001	0.112	0.117	0.100	0.120
	Toplam	123	0.055	0.053	0.005	0.046	0.065	0.004	0.120
Toprak Kaybı	Orman	61	0.274	0.612	0.078	0.117	0.430	0.001	4.439
	Mera	11	1.273	0.971	0.293	0.621	1.925	0.047	2.660
	Tarım	51	2.606	2.783	0.390	1.823	3.389	0.021	10.582
	Toplam	123	1.330	2.162	0.195	0.944	1.716	0.001	10.582

3.1.3.2. RUSLE Parametreleri Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü(derecesini) ve yönünü belirlemek için kullanılır. Korelasyon analizinde, korelasyon -1 ile +1 arasındaki ($-1 < r < 1$) bir değer almaktadır. Çalışmamızdaki RUSLE Parametreleri ve Toprak kaybı değerlerinin korelasyon analizleri tablo 33'te verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre arazi kullanım, C, LS ve toprak kaybı arasında pozitif yönde kuvvetli ilişki bulunmuştur. C ve LS faktörleri arttıkça meydana gelen toprak kaybı miktarı da artmaktadır. Arazi kullanım durumlarında ise havzada tarım alanları değerleri arttıkça alanda meydana gelen toprak kaybı miktarı da artmaktadır.

Tablo 33. Söğütlü deresi RUSLE parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin korelasyon matrisi

	RUSLE-R	RUSLE-K	RUSLE-LS	RUSLE-C	Toprak Kaybı	Arazi Kullanım
RUSLE-R	1					
RUSLE-K	0.452**	1				
RUSLE-LS	-0.038	0.114	1			
RUSLE-C	-0.230*	-0.293**	-0.163	1		
Toprak Kaybı	-0.002	0.117	0.412**	0.504**	1	
Arazi Kullanım***	-0.227*	-0.271**	-0.163	0.985**	0.514**	1

** . 0.01 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

* . 0.05 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

Örnek Sayısı = 123

***Tarım=3, Mera=2, Orman=1

3.1.3.3. RUSLE Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Varyans Analizi

Tablo 34'te tek yönlü varyans analizi ile Söğütlü Deresi Havzasına ait RUSLE parametreleri ve toprak kaybı miktarı değerlerinde arazi kullanım durumlarına göre anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. F büyüklüğü anlamlılık düzeyi hakkında fikir vermektedir. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-R, RUSLE-K, RUSLE-LS, RUSLE-C ve toprak kaybı miktarı değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Tablo 34).

Tablo 34. RUSLE parametreleri ve toprak kaybı miktarının arazi kullanım durumuna göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
RUSLE-R * Arazi Kullanım	Gruplar Arası	45322.08	2	22661.04	10.76	.000
	Gruplar İçi	252781.15	120	2106.51		
	Toplam	298103.23	122			
RUSLE-K * Arazi Kullanım	Gruplar Arası	.000	2	.000	7.95	.001
	Gruplar İçi	.001	120	.000		
	Toplam	.001	122			
RUSLE-LS * Arazi Kullanım	Gruplar Arası	901.812	2	450.906	3.944	.022
	Gruplar İçi	13260.829	116	114.317		
	Toplam	14162.641	118			
RUSLE-C * Arazi Kullanım	Gruplar Arası	.34	2	.17	1937.4	.000
	Gruplar İçi	.010	120	.000		
	Toplam	.35	122			
Toprak Kaybı * Arazi Kullanım	Gruplar Arası	151.15	2	75.57	21.64	.000
	Gruplar İçi	419.15	120	3.49		
	Toplam	570.3	122			

3.1.3.4. Arazi Kullanım Durumuna Göre Duncan Testi

3.1.3.4.1. RUSLE-R

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre RUSLE-R değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. Tarım ve ormanlık alanlar en düşük RUSLE-R grubunda ve mera alanları ise en yüksek RUSLE-R grubunda yer almıştır. Tarım ve orman alanlarında ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 35).

Tablo 35. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-R değerleri duncan testi

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05	
		1	2
Tarım	51	202.59	
Orman	61	226.95	
Mera	11		269.52
Sig.		.071	1.000

3.1.3.4.2. RUSLE-K

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre RUSLE-K değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. Orman ve mera alanları en yüksek RUSLE-K grubunda ve tarım alanları ise en düşük RUSLE-K grubunda yer almıştır. Orman ve mera alanlarında ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 36).

Tablo 36. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-K değerleri duncan testi

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt Küme için alfa = 0.05	
		1	2
Tarım	51	.00729	
Orman	61		.00930
Mera	11		.01082
Sig.		1.000	.112

3.1.3.4.3. RUSLE-LS

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre RUSLE-LS değerlerinde duncan testinde 1 farklı grup oluşmuştur. Orman, mera ve tarım alanlarında ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 37).

Tablo 37. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-LS değerleri duncan testi

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05
		1
Mera	11	11.18182
Tarım	47	11.90191
Orman	61	17.25869
Sig.		.068

3.1.3.4.4. RUSLE-C

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre RUSLE-C değerlerinde duncan testinde 3 farklı grup oluşmuştur. Orman alanları en düşük RUSLE-C grubunda, tarım alanları en yüksek RUSLE-C grubunda yer almıştır. Mera alanları ise ikinci RUSLE-C grubunda yer almıştır (Tablo 38).

Tablo 38. Arazi kullanım durumuna göre RUSLE-C değerleri duncan testi

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05		
		1	2	3
Orman	61	.00485		
Mera	11		.05636	
Tarım	51			.11490
Sig.		1.000	1.000	1.000

3.1.3.4.5. Toprak Kaybı

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre toprak kaybı değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. Orman ve mera alanları en düşük toprak kaybı değerleri grubunda ve tarım alanları ise en yüksek toprak kaybı değerleri grubunda yer almıştır. Orman ve mera alanlarında ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 39).

Tablo 39. Arazi kullanım durumuna göre toprak kaybı değerleri duncan testi

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05	
		1	2
Orman	61	.27372	
Mera	11	1.27291	
Tarım	51		2.60612
Sig.		.069	1.000

3.2. Söğütlü Deresi Havzası Su Kalite Parametre Değerlerine İlişkin Bulgular

Çalışmamızın ilk aşamasını Söğütlü Deresi Havzasında havzanın memba, orta ve mansap kısmı baz alınarak seçilen noktalarda su kalitesini gösteren sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenliği (mS/cm), çözünmüş oksijen (mg/l), toplam çözünmüş katı madde (mg/l), tuzluluk (ppt) ve askıda katı madde (mg/l) parametrelerin ölçülen değerleriyle ilgili bulgulara yer verilmiş ve istatistiksel analizler yapılmıştır. İkinci kısımda Söğütlü deresi havzasında su kalite parametrelerinin arcGIS ortamında tematik haritaları oluşturulmuş, su kalitesi ölçüm noktalarına göre arazi kullanım durumları belirlenmiş ve istatistiksel analizler yapılmıştır. Üçüncü aşamada askıda katı madde içerisinde bulunan karbon ve azot değerlerine ait bulgular verilmiş ve istatistiksel analizler yapılmıştır.

3.2.1. Su Kalite Parametrelerine İlişkin Bulgular

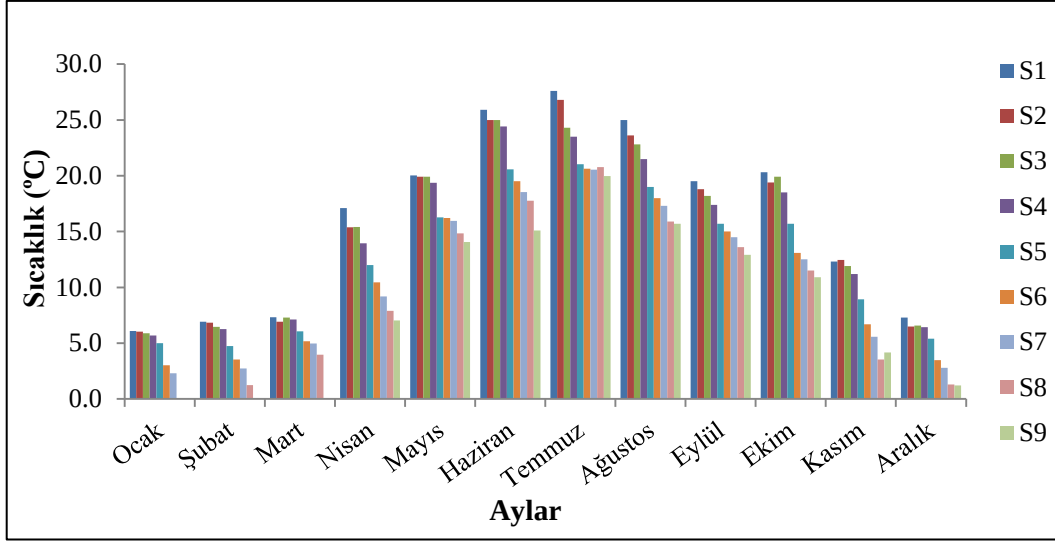
3.2.1.1. Sıcaklık

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük sıcaklık değeri aralık ayının S9 noktasında 1.2°C olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık değeri ise temmuz ayının S1 noktasında 27.6°C olarak bulunmuştur. Yıl bazında aylara göre her bir noktada sıcaklık değerleri, S1 noktasında 6.1-27.6°C arasında, S2 noktasında 6-26.8°C arasında, S3 noktasında 5.9-25°C arasında, S4 noktasında 5,7-24,4°C arasında, S5 noktasında 4.7-21°C arasında, S6 noktasında 3-20.6°C arasında, S7 noktasında 2.3-20.5°C arasında, S8 noktasında 1.2-20.8°C arasında, S9 noktasında 1.2-20°C arasında değişim göstermektedir (Tablo 40). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük sıcaklık değerleri ocak ayında ve en yüksek sıcaklık değerlerinin temmuz ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 59-60). Ortalama yıl olarak nokta bazında değerlendirildiğinde en yüksek sıcaklık değeri S1 noktasında ve en düşük sıcaklık değeri de S9 noktasında bulunmuştur.

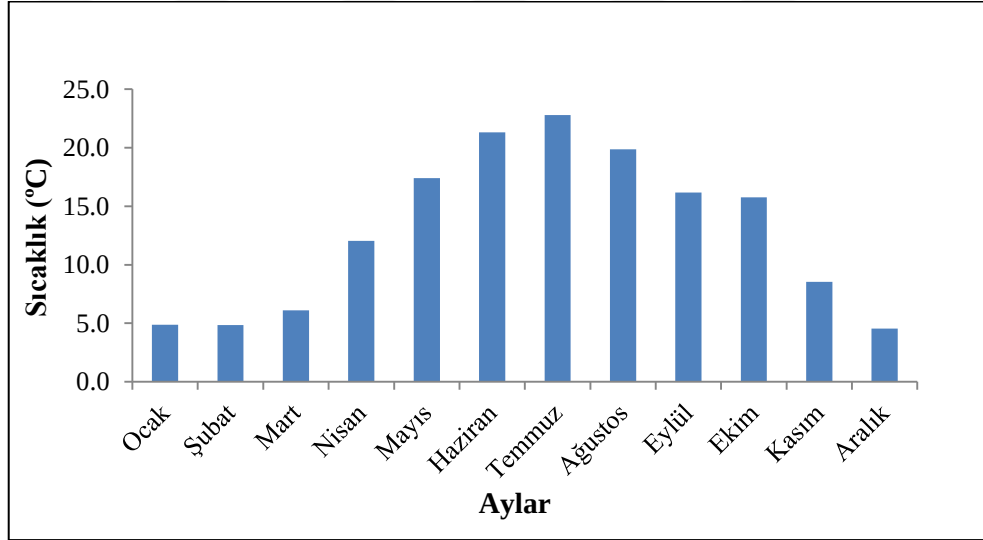
Tablo 40. Su örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri (°C)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
S1	6.1	6.9	7.3	17.1	20.0	25.9	27.6	25.0	19.5	20.3	12.3	7.3
S2	6.0	6.8	6.9	15.4	19.9	25.0	26.8	23.6	18.8	19.4	12.5	6.5
S3	5.9	6.5	7.3	15.4	19.9	25.0	24.3	22.8	18.2	19.9	11.9	6.6
S4	5.7	6.3	7.1	13.9	19.4	24.4	23.5	21.5	17.4	18.5	11.2	6.4
S5	5.0	4.7	6.1	12.0	16.3	20.6	21.0	19.0	15.7	15.7	8.9	5.4
S6	3.0	3.5	5.2	10.4	16.2	19.5	20.6	18.0	15.0	13.1	6.7	3.5
S7	2.3	2.7	5.0	9.2	16.0	18.5	20.5	17.3	14.5	12.5	5.6	2.8
S8	*	1.2	4.0	7.9	14.8	17.8	20.8	15.9	13.6	11.5	3.5	1.3
S9	*	*	*	7.0	14.1	15.1	20.0	15.7	12.9	10.9	4.2	1.2
Ortalama	4.9	4.8	6.1	12.0	17.4	21.3	22.8	19.9	16.2	15.8	8.5	4.6

*= Olumsuz hava şartlarından dolayı ölçüm yapılamayan noktalar



Şekil 59. Örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri



Şekil 60. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri

3.2.1.2. pH

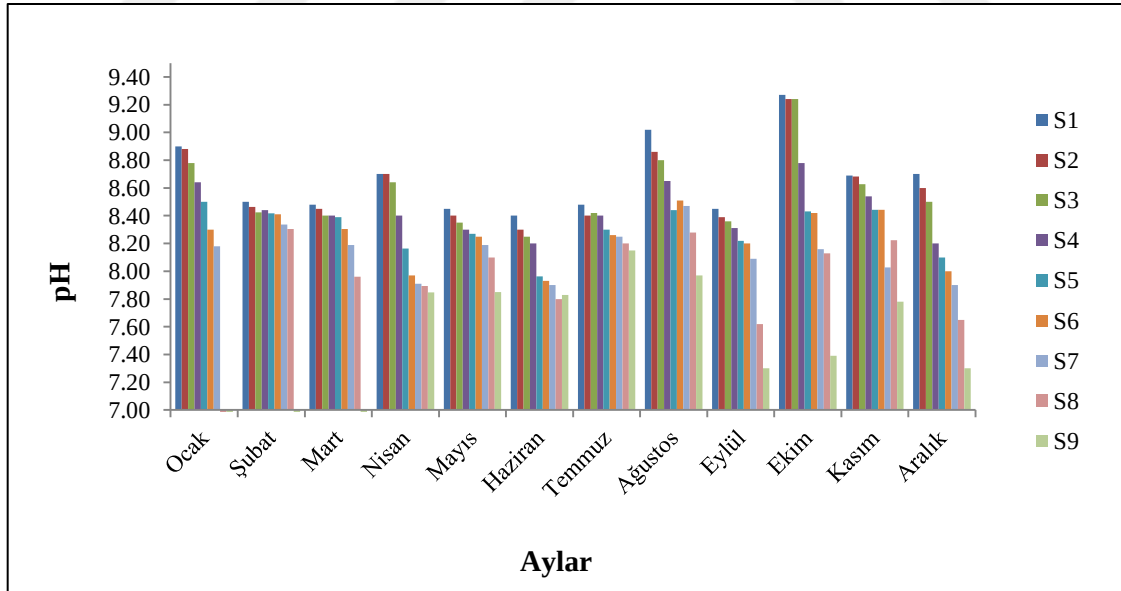
Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük pH değeri eylül ve aralık ayının S9 noktasında 7.30 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri ise ekim ayının S1 noktasında 9.27 olarak bulunmuştur. Yıl bazında aylara göre her bir noktada pH değerleri, S1 noktasında 8.40-9.27 arasında, S2 noktasında 8.39-9.24 arasında, S3 noktasında 8.25-9.24 arasında, S4 noktasında 8,20-8,78 arasında, S5 noktasında 7.90-8.50 arasında, S6 noktasında 8.51-7.80 arasında, S7 noktasında 7.90-8.47°C arasında, S8 noktasında 7.65-

8.30°C arasında, S9 noktasında 7.30-8.15°C değişim göstermektedir (Tablo 41). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük pH değeri eylül ayında ve en yüksek pH değeri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 61-62). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde en düşük pH değeri S9 noktasında, en yüksek pH değeri S1 noktasında bulunmuştur.

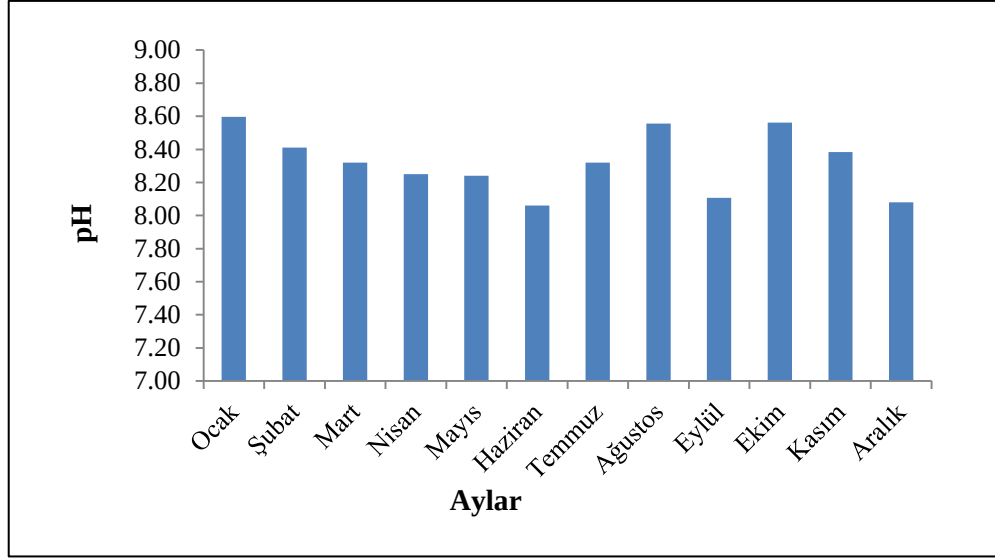
Tablo 41. Su örnekleme noktalarına ait pH değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
S1	8.90	8.50	8.48	8.70	8.45	8.40	8.48	9.02	8.45	9.27	8.69	8.70
S2	8.88	8.46	8.45	8.70	8.40	8.30	8.40	8.86	8.39	9.24	8.68	8.60
S3	8.78	8.42	8.40	8.64	8.35	8.25	8.42	8.80	8.36	9.24	8.63	8.50
S4	8.64	8.44	8.40	8.40	8.30	8.20	8.40	8.65	8.31	8.78	8.54	8.20
S5	8.50	8.42	8.39	8.16	8.27	7.96	8.30	8.44	8.22	8.43	8.44	8.10
S6	8.30	8.41	8.30	7.97	8.25	7.93	8.26	8.51	8.20	8.42	8.44	8.00
S7	8.18	8.34	8.19	7.91	8.19	7.90	8.25	8.47	8.09	8.16	8.03	7.90
S8	*	8.30	7.96	7.89	8.10	7.80	8.20	8.28	7.62	8.13	8.22	7.65
S9	*	*	*	7.85	7.85	7.83	8.15	7.97	7.30	7.39	7.78	7.30
Ortalama	8.60	8.41	8.32	8.25	8.24	8.06	8.32	8.56	8.10	8.56	8.38	8.11

*= Olumsuz hava şartlarından dolayı ölçüm yapılamayan noktalar



Şekil 61. Örnekleme noktalarına ait pH değerleri



Şekil 62. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama pH değerleri

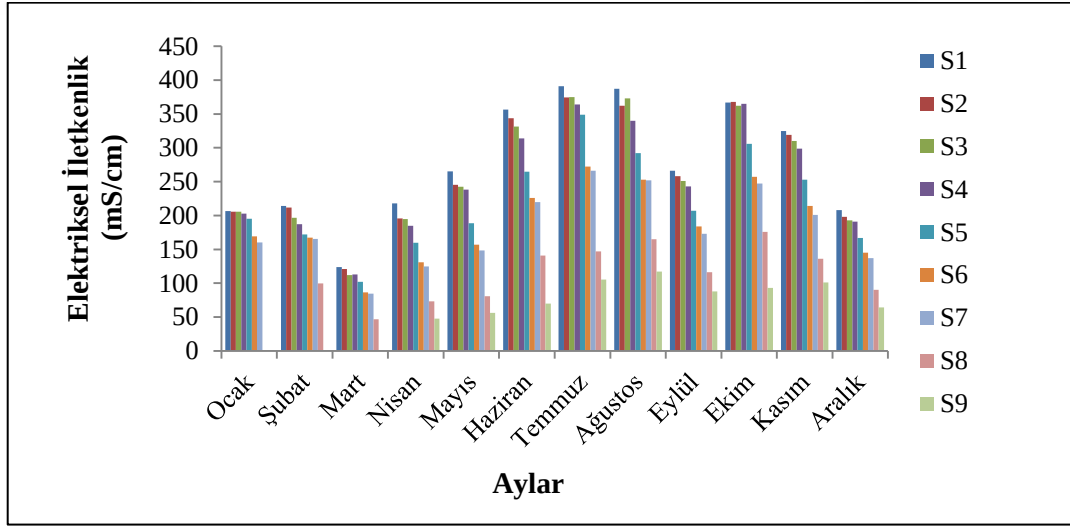
3.2.1.3. Elektriksel İletkenlik

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük elektriksel iletkenlik değeri mart ayının S8 noktasında 0.047 mS/cm olarak bulunmuştur. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise temmuz ayının S1 noktasında 0,391 mS/cm olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada elektriksel iletkenlik değeri, S1 noktasında 0.124-0.391 mS/cm arasında, S2 noktasında 0.121-0.375 mS/cm arasında, S3 noktasında 0.112-0.373 mS/cm arasında, S4 noktasında 0,113-0,364 mS/cm arasında, S5 noktasında 0.102-0.349 mS/cm arasında, S6 noktasında 0.086-0.273 mS/cm arasında, S7 noktasında 0.084-0.266 mS/cm arasında, S8 noktasında 0.047-0.176 mS/cm arasında S9 noktasında 0.047-0.117 mS/cm arasında değişim göstermektedir (Tablo 42). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük elektriksel iletkenlik değeri mart ayında ve en yüksek elektriksel iletkenlik değeri temmuz ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 63-64). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde en yüksek elektriksel iletkenlik değeri S1 noktasında ve en düşük iletkenlik değeri de S9 noktasında bulunmuştur.

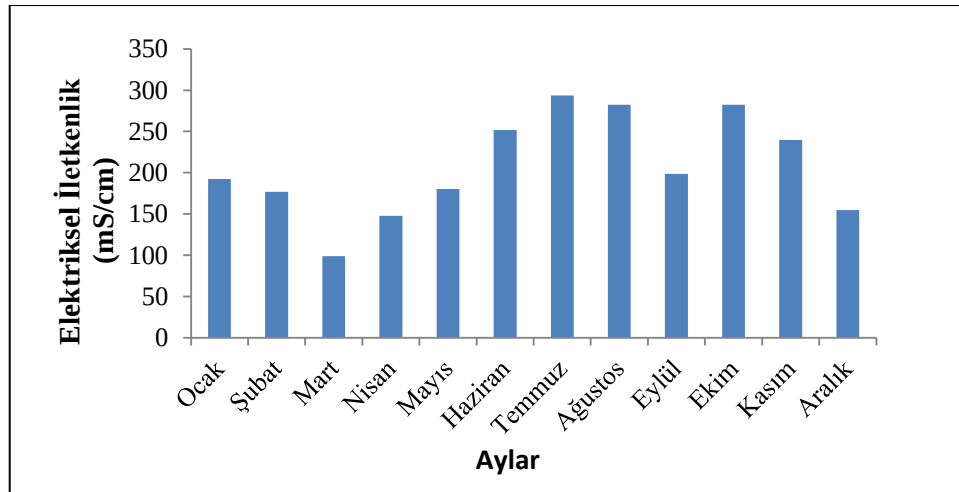
Tablo 42. Su örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
S1	206.3	213.9	123.6	218.0	265.4	356.6	391.0	387.0	266.0	367.0	325.0	208.0
S2	205.8	211.6	120.9	195.8	245.2	343.6	374.5	362.0	258.0	368.0	319.0	198.0
S3	205.8	196.8	111.8	194.5	242.3	331.4	374.8	373.0	251.0	362.0	310.0	193.0
S4	202.9	187.3	113.1	184.9	238.3	314.0	364.2	340.0	243.0	365.0	299.0	191.0
S5	195.1	172.1	102.1	159.8	188.7	264.8	348.9	292.0	207.0	306.0	253.0	167.0
S6	169.1	167.2	86.2	130.7	156.7	225.7	272.5	253.0	184.0	257.0	214.0	145.0
S7	160.4	165.4	84.4	124.6	148.2	219.6	266.1	252.0	173.0	247.0	201.0	137.0
S8	*	99.7	46.9	73.4	80.9	141.0	146.9	165.0	116.0	176.0	136.0	90.0
S9	*	*	*	47.4	56.3	69.8	105.5	117.0	88.0	93.0	101.0	64.0
Ortalama	192.2	176.7	98.6	147.7	180.2	251.8	293.8	282.3	198.4	282.3	239.8	154.8

*= Olumsuz hava şartlarından dolayı ölçüm yapılamayan noktalar



Şekil 63. Örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)



Şekil 64. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)

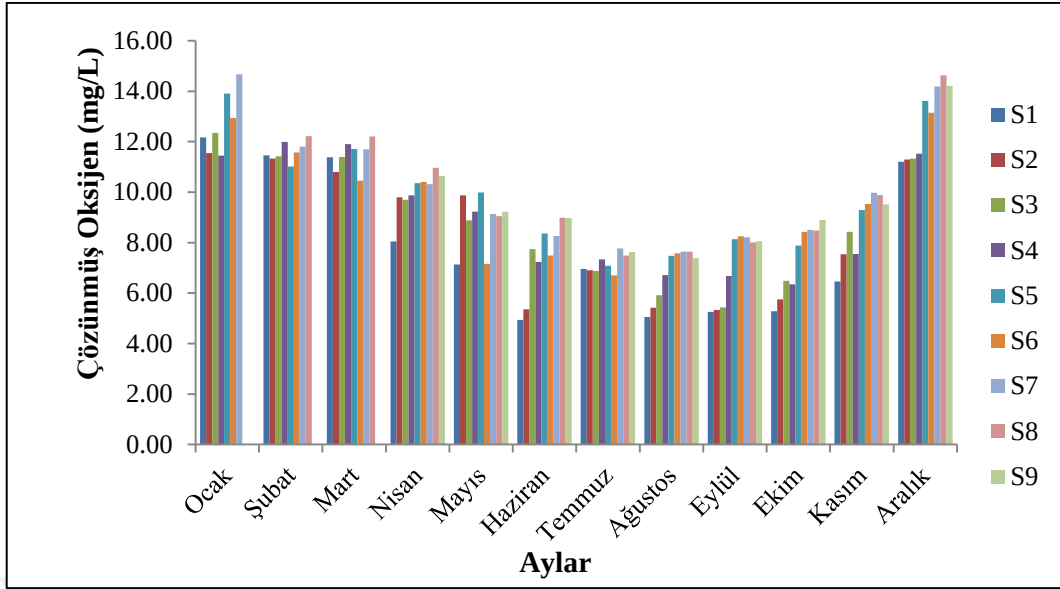
3.2.1.4. Çözünmüş Oksijen

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük çözünmüş oksijen değeri haziran ayının S1 noktasında 4.94 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek çözünmüş oksijen değeri ise ocak ayının S7 noktasında 14.67 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada çözünmüş oksijen değeri, S1 noktasında 4.94-12.17 mg/lt arasında, S2 noktasında 5.33-11.55 mg/lt arasında, S3 noktasında 5.53-13.42 mg/lt arasında, S4 noktasında 6.24-11.52 mg/lt arasında, S5 noktasında 7.08-14.01 mg/lt arasında, S6 noktasında 6.70-13.15 mg/lt arasında, S7 noktasında 7.64-14.67 mg/lt arasında, S8 noktasında 7.49-14.63 mg/lt arasında, S9 noktasında 7.39-14.21 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 43). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük çözünmüş oksijen değeri ağustos ayında ve en yüksek çözünmüş oksijen değeri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 65-66). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde S1 noktasında çözünmüş oksijen değerleri diğer noktalara göre daha az bulunmuştur.

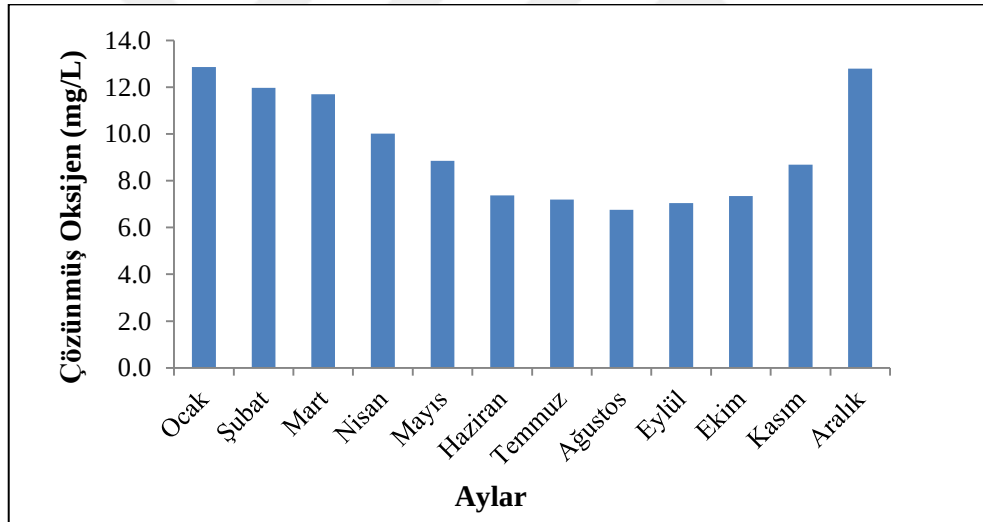
Tablo 43. Su örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
S1	12.17	11.45	11.38	8.05	7.14	4.94	6.95	5.05	5.25	5.28	6.46	11.20
S2	11.55	11.33	10.80	9.80	9.87	5.36	6.90	5.42	5.33	5.75	7.54	11.30
S3	12.35	11.42	11.40	9.70	8.89	7.74	6.87	5.91	5.43	6.48	8.42	11.33
S4	11.44	11.99	11.90	9.87	9.22	7.24	7.33	6.71	6.68	6.35	7.56	11.52
S5	13.90	11.01	11.71	10.35	9.99	8.36	7.08	7.47	8.14	7.88	9.29	13.62
S6	12.94	11.58	10.45	10.40	7.16	7.49	6.70	7.58	8.25	8.43	9.53	13.15
S7	14.67	11.80	11.70	10.31	9.14	8.26	7.77	7.64	8.21	8.50	9.97	14.19
S8	0.00	12.22	12.20	10.96	9.05	8.98	7.49	7.64	8.01	8.48	9.88	14.63
S9	0.00	0.00	0.00	10.65	9.22	8.98	7.63	7.39	8.06	8.90	9.51	14.21
Ortalama	12.72	11.60	11.44	10.01	8.85	7.48	7.19	6.76	7.04	7.34	8.69	12.79

*= Olumsuz hava şartlarından dolayı ölçüm yapılamayan noktalar



Şekil 65. Örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri



Şekil 66. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama çözünmüş oksijen değerleri

3.2.1.5. Toplam Çözünmüş Katı Madde

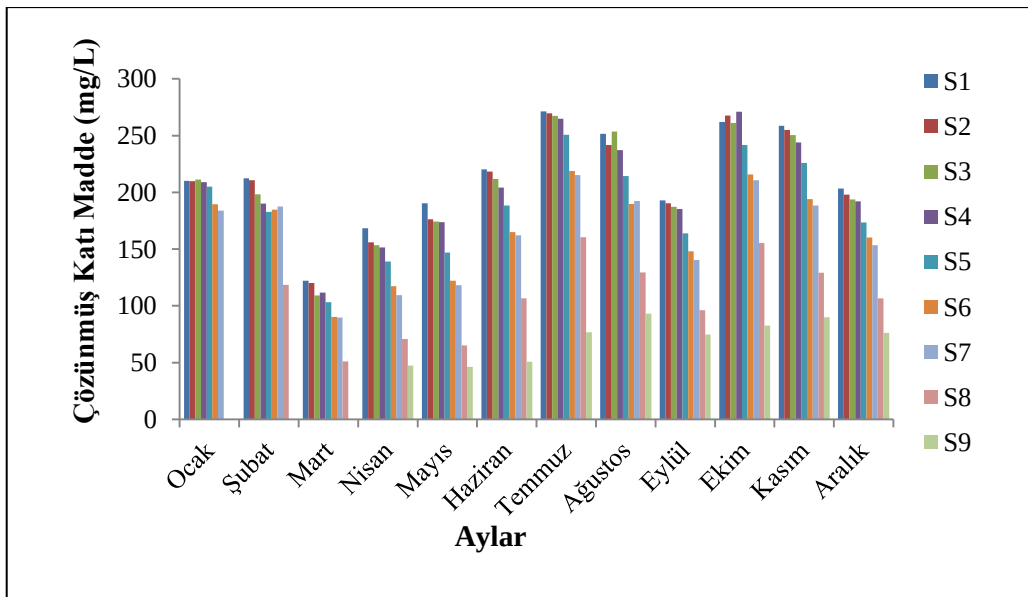
Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri mayıs ayının S9 noktasında 46.15 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ise temmuz ayının S1 noktasında 271.25 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada çözünmüş katı madde değeri, S1 noktasında 122.20-271.25 mg/lt arasında, S2 noktasında 120.25-269.70 mg/lt arasında, S3 noktasında 109.17-267.35

mg/lt arasında, S4 noktasında 111.80-264.75 mg/lt arasında, S5 noktasında 103.35-264.75 mg/lt arasında, S6 noktasında 90.35-218.90 mg/lt arasında, S7 noktasında 89.70-215.20 mg/lt arasında, S8 noktasında 50.92-160.60 mg/lt arasında, S9 noktasında 46.15-92.95 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 44). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük toplam çözünmüş katı madde değerleri mart ayında ve en yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri temmuz ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 67-68). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde S1 noktasında toplam çözünmüş katı madde değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur. En düşük çözünmüş katı madde değerleri ise S9 noktasında bulunmuştur.

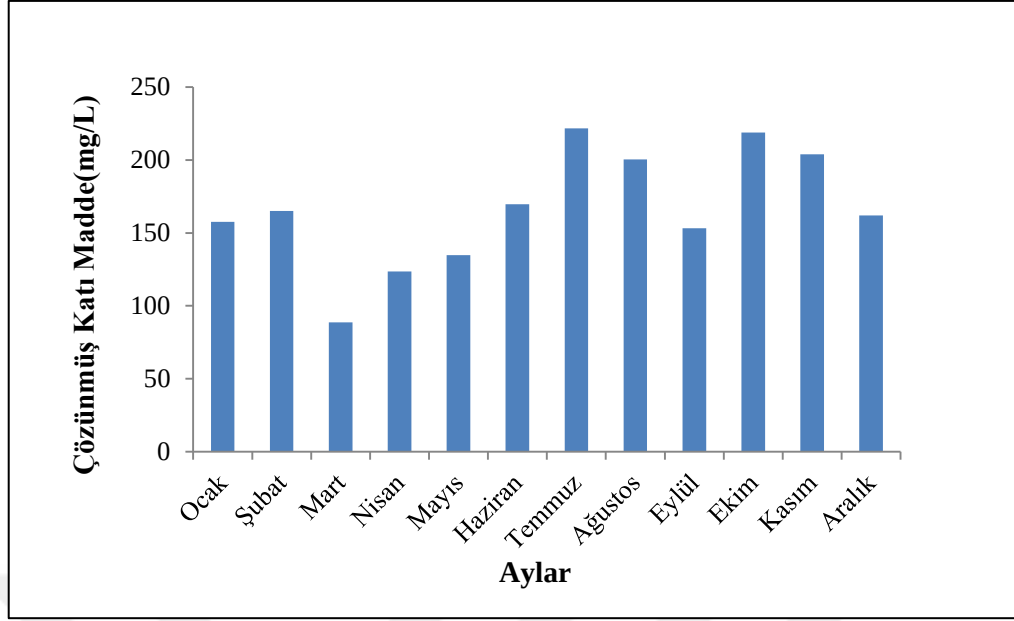
Tablo 44. Su örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
S1	210.03	212.34	122.20	168.35	190.45	220.35	271.25	251.55	193.05	261.95	258.63	203.32
S2	209.72	210.60	120.25	156.00	176.37	218.40	269.70	241.80	190.45	267.80	254.95	197.97
S3	211.25	198.25	109.17	153.40	174.20	211.90	267.35	253.50	187.20	261.30	250.42	193.75
S4	209.08	190.02	111.80	151.45	173.77	204.10	264.75	237.25	185.25	271.05	244.02	191.97
S5	205.18	182.65	103.35	139.10	146.90	188.50	250.65	214.50	163.80	241.80	226.05	173.58
S6	189.59	184.60	90.35	117.22	122.20	165.10	218.90	189.80	148.20	215.80	194.12	160.33
S7	183.95	187.63	89.70	109.37	118.08	162.07	215.20	192.40	140.40	210.60	188.43	153.40
S8	*	118.52	50.92	70.85	65.00	106.60	160.60	129.35	96.20	155.35	129.23	106.60
S9	*	*	*	47.45	46.15	50.70	76.70	92.95	74.75	82.55	89.90	76.05
Ortalama	157.65	164.96	88.64	123.69	134.79	169.75	221.68	200.34	153.26	218.69	203.97	161.89

*= Olumsuz hava şartlarından dolayı ölçüm yapılamayan noktalar



Şekil 67. Örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri



Şekil 68. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama toplam çözünmüş katı madde değerleri

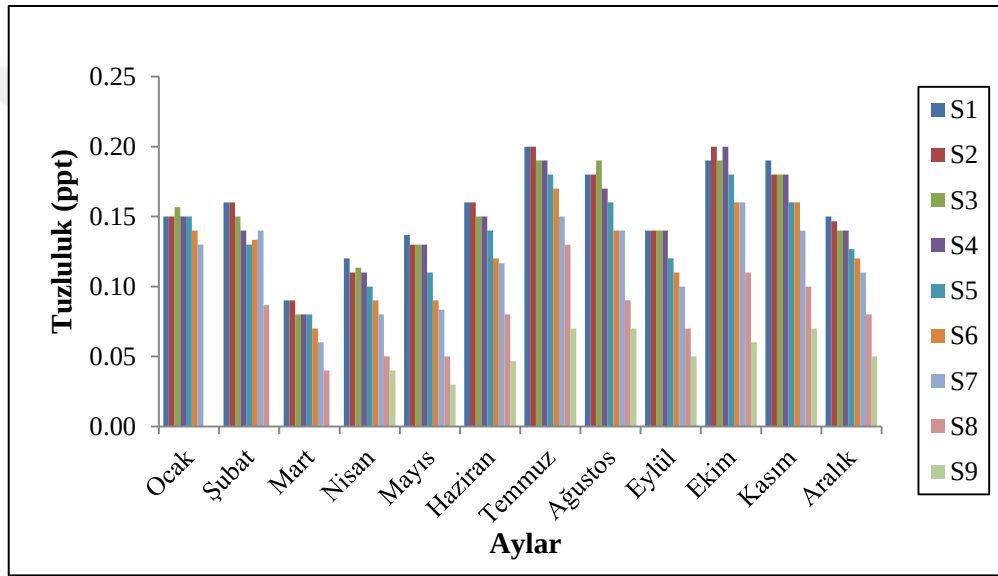
3.2.1.6. Tuzluluk

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük tuzluluk değeri mayıs ayının S9 noktasında 0.03 ppt olarak bulunmuştur. En yüksek tuzluluk değeri ise temmuz ayının S1 ve S2 noktası ile Ekim ayının S2 ve S4 noktalarında 0.2 ppt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada tuzluluk değeri, S1 noktasında 0.09-0.2 ppt arasında, S2 noktasında 0.09-0.2 ppt arasında, S3 noktasında 0.08-0.19 ppt arasında, S4 noktasında 0.08-0.2 ppt arasında, S5 noktasında 0.08-0.18 ppt arasında, S6 noktasında 0.07-0.16 ppt arasında, S7 noktasında 0.06-0.16 ppt arasında, S8 noktasında 0.04-0.13 ppt arasında, S9 noktasında 0.03-0.07 ppt arasında değişim göstermektedir (Tablo 45). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük tuzluluk değeri mart ayında, en yüksek tuzluluk değeri temmuz ayında bulunmuştur. Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde S1 noktasında tuzluluk değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur. En düşük tuzluluk değerleri ise S9 noktasında bulunmuştur (Şekil 69-70).

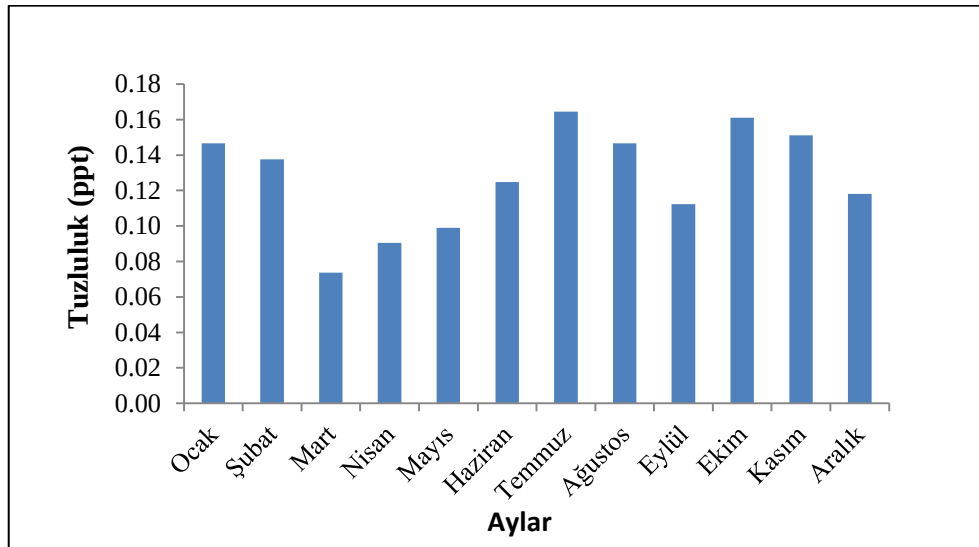
Tablo 45. Su Örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri (ppt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
S1	0.15	0.16	0.09	0.12	0.14	0.16	0.20	0.18	0.14	0.19	0.19	0.15
S2	0.15	0.16	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.18	0.14	0.20	0.18	0.15
S3	0.16	0.15	0.08	0.11	0.13	0.15	0.19	0.19	0.14	0.19	0.18	0.14
S4	0.15	0.14	0.08	0.11	0.13	0.15	0.19	0.17	0.14	0.20	0.18	0.14
S5	0.15	0.13	0.08	0.10	0.11	0.14	0.18	0.16	0.12	0.18	0.16	0.13
S6	0.14	0.13	0.07	0.09	0.09	0.12	0.17	0.14	0.11	0.16	0.16	0.12
S7	0.13	0.14	0.06	0.08	0.08	0.12	0.15	0.14	0.10	0.16	0.14	0.11
S8	*	0.09	0.04	0.05	0.05	0.08	0.13	0.09	0.07	0.11	0.10	0.08
S9	*	*	*	0.04	0.03	0.05	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07	0.05
Ortalama	0.15	0.14	0.07	0.09	0.10	0.12	0.16	0.15	0.11	0.16	0.15	0.12

*= Olumsuz hava şartlarından dolayı ölçüm yapılamayan noktalar



Şekil 69. Örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri



Şekil 70. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama tuzluluk değerleri

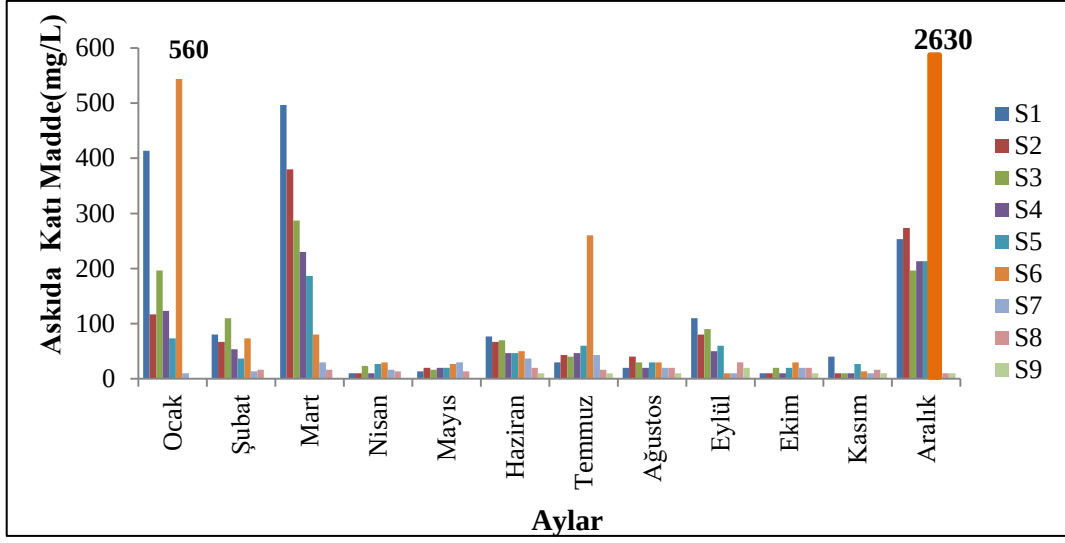
3.2.1.7. Askıda Katı Madde

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük AKM değeri nisan ve mayıs ayının S9 noktasında 0 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek AKM değeri ise aralık ayının S6 2630 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada AKM değeri, S1 noktasında 10-497 mg/lt arasında, S2 noktasında 10-380 mg/lt arasında, S3 noktasında 10-287 mg/lt arasında, S4 noktasında 10-230 mg/lt arasında, S5 noktasında 10-213 mg/lt arasında, S6 noktasında 10-560 mg/lt arasında, S7 noktasında 10-43 mg/lt arasında, S8 noktasında 10-30 mg/lt arasında, S9 noktasında 0-20 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 46). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük AKM değeri nisan ve kasım aylarında ve en yüksek AKM değeri aralık ve ocak aylarında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 71-72). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en yüksek AKM miktarı S1 ve S6 noktalarında ve en düşük AKM miktarı S9 noktasında bulunmuştur.

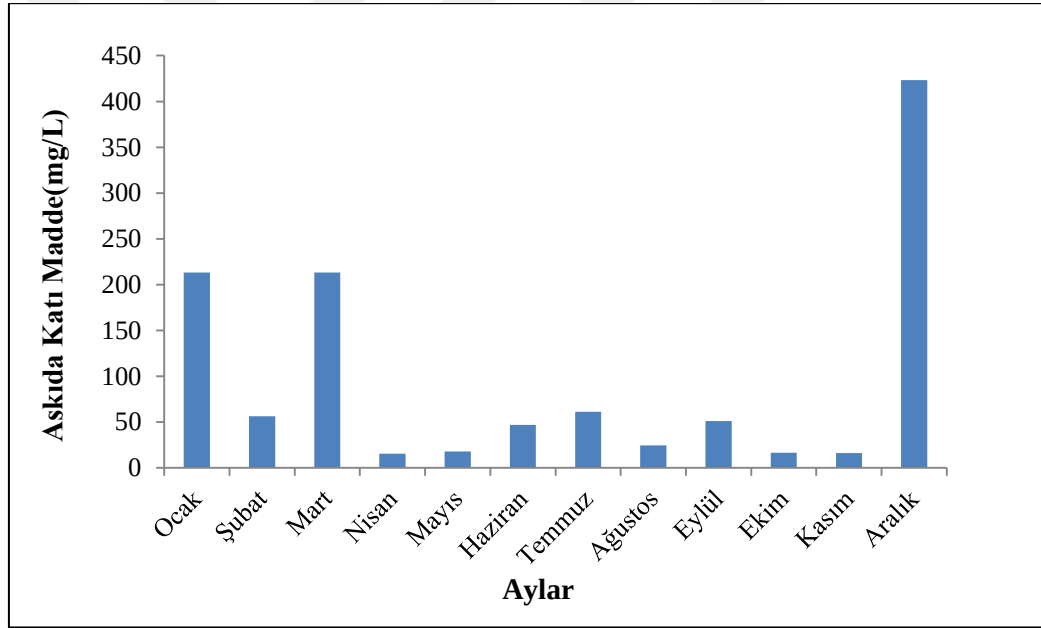
Tablo 46. Su Örnekleme noktalarına ait AKM değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
S1	413	80	497	10	13	77	30	20	110	10	40	253
S2	117	67	380	10	20	67	43	40	80	10	10	273
S3	197	110	287	23	17	70	40	30	90	20	10	197
S4	123	53	230	10	20	47	47	20	50	10	10	213
S5	73	37	187	27	20	47	60	30	60	20	27	213
S6	560	73	80	30	27	50	260	30	10	30	13	2630
S7	10	13	30	17	30	37	43	20	10	20	10	10
S8	*	17	17	13	13	20	17	20	30	20	17	10
S9	*	*	*	0	0	10	10	10	20	10	10	10
Ortalama	213	56	213	16	18	47	61	24	51	17	16	423

*= Olumsuz hava şartlarından dolayı ölçüm yapılamayan noktalar

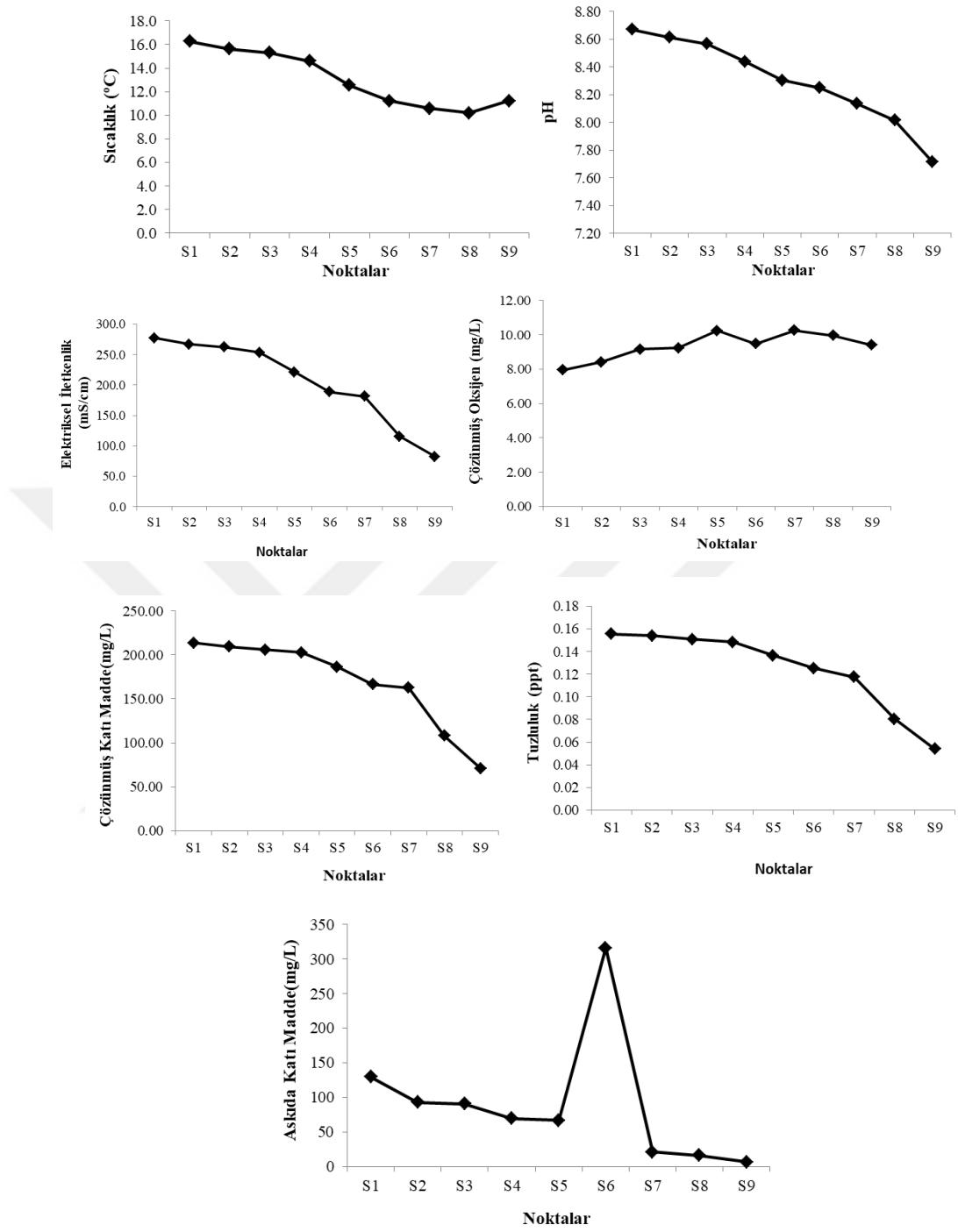


Şekil 71. Örnekleme noktalarına ait askıda katı madde değerleri



Şekil 72. Örnekleme noktalarına ait aylık ortalama askıda katı madde değerleri

Mansaptan memba kısmına doğru örnekleme noktalarında yıllık ortalama su kalite parametrelerindeki değişim Şekil 73'te verilmiştir.



Şekil 73. Mansaptan memba kısmına doğru örnekleme noktalarında yıllık ortalama su kalite parametrelerindeki değişim

3.2.2. Su Kalite Parametreleri İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda su kalite parametrelerin mevsimlere göre aritmetik ortalama, en düşük ve en yüksek değerlerin gösterildiği betimleyici istatistik ve iki değişken arasındaki ilişkiyi

belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Mevsimlere ve noktalara göre değerlerimizde anlamlı farklılık olup olmadığını öğrenmek için tek yönlü varyans analizi ve hangi mevsimler arasında farklılıklar olduğunu görmek için duncan testi yapılmıştır.

3.2.2.1. Su Kalite Parametreleri Korelasyon Analizi

Çalışmamızdaki su kalite parametreleri örnekleme noktaları korelasyon analizleri Tablo 47’de verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre noktalarda sıcaklık ile çözülmüş oksijen negatif yönde, sıcaklık ile TDS, EC ve tuzluluk parametreleri pozitif yönde ilişki göstermiştir. TDS, Eİ ve tuzluluk parametreleri pozitif yönde ilişki göstermiştir. Askıda katı madde ile sıcaklık arasında negatif ilişki bulunmuştur. pH ile tuzluluk ve TDS arasında pozitif yönlü ilişki bulunmuştur.

Tablo 47. Söğütlü deresi su kalite parametreleri örnekleme noktalarına göre korelasyon matrisi

	Sıcaklık	pH	Eİ	ÇO	TDS	Tuzluluk	AKM
Sıcaklık	1						
pH	.228*	1					
Eİ	.687**	.643**	1				
ÇO	-.870**	-.279**	-.659**	1			
TDS	.408**	.711**	.927**	-.403**	1		
Tuzluluk	.408**	.711**	.920**	-.408**	.995**	1	
AKM	-.297**	.193	-.111	.332**	.036	.040	1

** . 0.01 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

* . 0.05 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

Örnek Sayısı = 104

3.2.2.2. Su Kalite Parametreleri Mevsimlere Göre Betimleyici İstatistik

Söğütlü deresi havzası ait su kalitesi özelliklerinin mevsimlere göre aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistiki değerleri Tablo 48’de verilmiştir.

Tablo 48. Söğütlü deresi havzası mevsime göre betimleyici istatistik

		Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Min.	Mak.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Sıcaklık	İlkbahar	25	7.83	4.10	0.82	6.14	9.52	1.20	17.10
	Yaz	27	20.50	3.78	0.73	19.00	22.00	14.10	27.60
	Sonbahar	27	17.27	3.67	0.71	15.81	18.72	10.90	25.00
	Kış	25	6.07	3.23	0.65	4.74	7.41	1.20	12.50
	Toplam	104	13.15	7.14	0.70	11.76	14.54	1.20	27.60
pH	İlkbahar	25	8.32	0.24	0.05	8.22	8.42	7.85	8.70
	Yaz	27	8.21	0.20	0.04	8.13	8.29	7.80	8.48
	Sonbahar	27	8.41	0.50	0.10	8.21	8.61	7.30	9.27
	Kış	25	8.34	0.40	0.08	8.18	8.51	7.30	8.90
	Toplam	104	8.32	0.36	0.04	8.25	8.39	7.30	9.27
EC	İlkbahar	25	141.28	52.52	10.50	119.60	162.96	46.90	218.00
	Yaz	27	241.96	102.03	19.63	201.60	282.32	56.30	391.00
	Sonbahar	27	254.37	92.84	17.87	217.64	291.10	88.00	387.00
	Kış	25	195.86	67.61	13.52	167.95	223.76	64.00	325.00
	Toplam	104	209.90	92.14	9.04	191.98	227.82	46.90	391.00
DO	İlkbahar	25	10.98	0.96	0.19	10.58	11.38	8.05	12.22
	Yaz	27	7.84	1.25	0.24	7.35	8.34	4.94	9.99
	Sonbahar	27	7.05	1.24	0.24	6.55	7.54	5.05	8.90
	Kış	25	11.29	2.36	0.47	10.32	12.27	6.46	14.67
	Toplam	104	9.22	2.41	0.24	8.75	9.69	4.94	14.67
TDS	İlkbahar	25	135.82	47.92	9.58	116.04	155.60	47.45	212.34
	Yaz	27	175.41	66.92	12.88	148.93	201.88	46.15	271.25
	Sonbahar	27	190.76	59.76	11.50	167.12	214.40	74.75	271.05
	Kış	25	188.46	47.89	9.58	168.69	208.23	76.05	258.63
	Toplam	104	173.02	59.82	5.87	161.38	184.65	46.15	271.25
Tuzluluk	İlkbahar	25	0.10	0.04	0.01	0.09	0.11	0.04	0.16
	Yaz	27	0.13	0.05	0.01	0.11	0.15	0.03	0.20
	Sonbahar	27	0.14	0.04	0.01	0.12	0.16	0.05	0.20
	Kış	25	0.14	0.03	0.01	0.12	0.15	0.05	0.19
	Toplam	104	0.13	0.04	0.00	0.12	0.14	0.03	0.20
AKM	İlkbahar	25	91.92	128.11	25.62	39.04	144.80	0.00	497.00
	Yaz	27	42.04	47.98	9.23	23.06	61.02	0.00	260.00
	Sonbahar	27	30.74	26.01	5.01	20.45	41.03	10.00	110.00
	Kış	24	117.46	147.11	30.03	55.34	179.58	10.00	560.00
	Toplam	103	68.76	103.74	10.22	48.48	89.03	0.00	560.00

3.2.2.3. Su Kalite Parametreleri Mevsimlere Göre Varyans Analizi

Tablo 49’da tek yönlü varyans analizi ile Söğütlü deresi havzası su kalitesi özelliklerinin mevsimlere göre değişiminin anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. F büyüklüğü anlamlılık düzeyi hakkında fikir vermektedir. pH değeri hariç bütün değerlerde mevsimsel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Anlamlı farklılık çıkan su kalite özellikleri pH parametresine göre F değeri yüksek çıkmıştır.

Tablo 49. Su kalite parametreleri mevsime göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Sıcaklık	Gruplar Arası	3875.654	3	1291.885	93.810	.000
	Gruplar İçi	1377.125	100	13.771		
	Toplam	5252.779	103			
pH	Gruplar Arası	.564	3	.188	1.457	.231
	Gruplar İçi	12.905	100	.129		
	Toplam	13.469	103			
Elektrikse iletkenlik	Gruplar Arası	203780.803	3	67926.934	10.128	.000
	Gruplar İçi	670662.997	100	6706.630		
	Toplam	874443.800	103			
Çözünmüş Oksijen	Gruplar Arası	363.578	3	121.193	51.216	.000
	Gruplar İçi	236.633	100	2.366		
	Toplam	600.211	103			
Çözünmüş Katı madde (TDS)	Gruplar Arası	49207.029	3	16402.343	5.135	.002
	Gruplar İçi	319423.308	100	3194.233		
	Toplam	368630.337	103			
Tuzluluk	Gruplar Arası	.026	3	.009	5.188	.002
	Gruplar İçi	.168	100	.002		
	Toplam	0.195	103			
Askıda Katı Madde	Gruplar Arası	128634.986	3	42878.329	4.380	.006
	Gruplar İçi	969085.946	99	9788.747		
	Toplam	1097720.932	102			

3.2.2.4. Su Kalite Parametreleri Mevsimlere Göre Duncan Testi

3.2.2.4.1. Sıcaklık

Söğütlü deresi havzası su kalite parametreleri sıcaklık değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. Kış ve ilkbahar mevsimi en düşük sıcaklık grubunda ve yaz mevsimi ise en yüksek sıcaklık grubunda yer almıştır. Sonbahar mevsimi ise ikinci grupta yer almıştır. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 50).

Tablo 50. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre sıcaklık değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05		
		1	2	3
Kış	25	6.0720		
İlkbahar	25	7.8320		
Sonbahar	27		17.2667	
Yaz	27			20.5000
Sig.		.091	1.000	1.000

3.2.2.4.2. pH

Söğütlü deresi havzası su kalite parametreleri pH değerlerinde duncan testine göre tek farklı grup oluşmuştur. Bütün mevsimlerde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 51).

Tablo 51. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre pH değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05
		1
Yaz	27	8.2072
İlkbahar	25	8.3236
Kış	25	8.3435
Sonbahar	27	8.4074
Sig.		.069

3.2.2.4.3. Elektriksel İletkenlik

Söğütlü deresi havzası su kalite parametreleri elektriksel iletkenlik değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük elektriksel iletkenlik değeri grubunda, yaz ve sonbahar mevsimi en yüksek elektriksel iletkenlik değeri grubunda yer almıştır. Kış mevsimi ise ikinci grupta yer almıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 52).

Tablo 52. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre elektriksel iletkenlik değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05		
		1	2	3
İlkbahar	25	141.2840		
Kış	25		195.8560	
Yaz	27			241.9593
Sonbahar	27			254.3704
Sig.		1.000	1.000	.586

3.2.2.4.4. Çözünmüş Oksijen

Söğütlü deresi havzası çözünmüş oksijen değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. Yaz ve sonbahar mevsimleri en düşük çözünmüş oksijen değeri grubunda, kış ve ilkbahar mevsimleri ise en yüksek çözünmüş oksijen değeri grubunda yer almıştır. Yaz ve sonbahar ile kış ve ilkbahar mevsiminde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 53).

Tablo 53. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre çözünmüş oksijen değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
Sonbahar	27	7.0452	
Yaz	27	7.8426	
İlkbahar	25		10.9772
Kış	25		11.2932
Sig.		.065	.461

3.2.2.4.5. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Söğütlü deresi havzası çözünmüş katı madde değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük çözünmüş katı madde değeri grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimleri ise en yüksek çözünmüş katı madde değeri grubunda yer almıştır. Kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 54).

Tablo 54. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre toplam çözünmüş katı madde değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
İlkbahar	25	135.8216	
Yaz	27		175.4052
Kış	25		188.4608
Sonbahar	27		190.7630
Sig.		1.000	.361

3.2.2.4.6. Tuzluluk

Söğütlü deresi havzasında tuzluluk değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük tuzluluk grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimleri ise en yüksek tuzluluk grubunda yer almıştır. Kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 55).

Tablo 55. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre tuzluluk değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
İlkbahar	25	.1000	
Yaz	27		.1296
Kış	25		.1384
Sonbahar	27		.1400
Sig.		1.000	.396

3.2.2.4.7. Askıda Katı Madde

Söğütlü deresi havzasında askıda katı madde değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. Sonbahar mevsimi en düşük askıda katı madde değeri grubunda ve kış mevsimi en yüksek askıda katı madde değeri grubunda yer almıştır. Yaz mevsimi 1. ve 2. grupta, ilkbahar mevsimi ise 2. ve 3. grupta yer almıştır. Üç grupta yer alan değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 56).

Tablo 56. Söğütlü deresi havzası mevsimlere göre askıda katı madde duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05		
		1	2	3
Sonbahar	27	30.7407		
Yaz	27	42.0370	42.0370	
İlkbahar	25		91.9200	91.9200
Kış	24			117.4583
Sig.		.683	.074	.357

3.2.2.5. Su Kalite Parametreleri Aylara Göre Varyans Analizi

Tablo 57’de tek yönlü varyans analizi ile Söğütlü deresi havzası su kalitesi parametrelerinin aylara göre değişiminin anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Bütün değerlerde aylara göre olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Tablo 57. Su kalite parametreleri aylara göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Sıcaklık	Gruplar Arası	4447.680	11	404.335	46.204	.000
	Gruplar İçi	805.099	92	8.751		
	Toplam	5252.779	103			
pH	Gruplar Arası	3.198	11	.291	2.604	.006
	Gruplar İçi	10.271	92	.112		
	Toplam	13.469	103			
Elektriksele iletkenlik	Gruplar Arası	363024.805	11	33002.255	5.937	.000
	Gruplar İçi	511418.995	92	5558.902		
	Toplam	874443.800	103			
Çözünmüş Oksijen	Gruplar Arası	488.262	11	44.387	36.478	.000
	Gruplar İçi	111.949	92	1.217		
	Toplam	600.211	103			
Çözünmüş Katı madde (TDS)	Gruplar Arası	145612.695	11	13237.518	5.461	.000
	Gruplar İçi	223017.642	92	2424,105		
	Toplam	368630.337	103			
Tuzluluk	Gruplar Arası	.080	11	.007	5.862	.000
	Gruplar İçi	.114	92	.001		
	Toplam	.195	103			
Askıda Katı Madde	Gruplar Arası	487714.795	11	44337.709	6.614	.000
	Gruplar İçi	610006.137	91	6703.364		
	Toplam	1097720.932	102			

3.2.3. IDW Yöntemi Kullanılarak Su Kalite Parametreleri Sınıflandırılması

3.2.3.1. Su Kalitesinin Sıcaklık Parametresine İlişkin Tematik Haritalar

Yaptığımız çalışmada, havzaya ait örnekleme noktaları arasında ve havzanın memba, orta kısım ve mansap kısmındaki sıcaklık farklılıklarına bakıldığında rakım düştükçe ve denize yaklaştıkça su sıcaklıklarında artış gözlemlenmiştir (Şekil 74-75). En fazla sıcaklık değeri mansap kısmında bulunan S1, S2 ve S3 noktalarında bulunmuştur. En düşük sıcaklık değeri ise orman ve mera alanlarından oluşan S9 noktasında bulunmuştur. Ayrıca bütün değerler göz önünde bulundurulduğunda sıcaklık değerleri bütün örnekleme noktalarında su kalite sınıfına göre I. sınıf su kalitesinde bulunmuştur.

3.2.3.2. Su Kalitesinin pH Parametresine İlişkin Tematik Haritalar

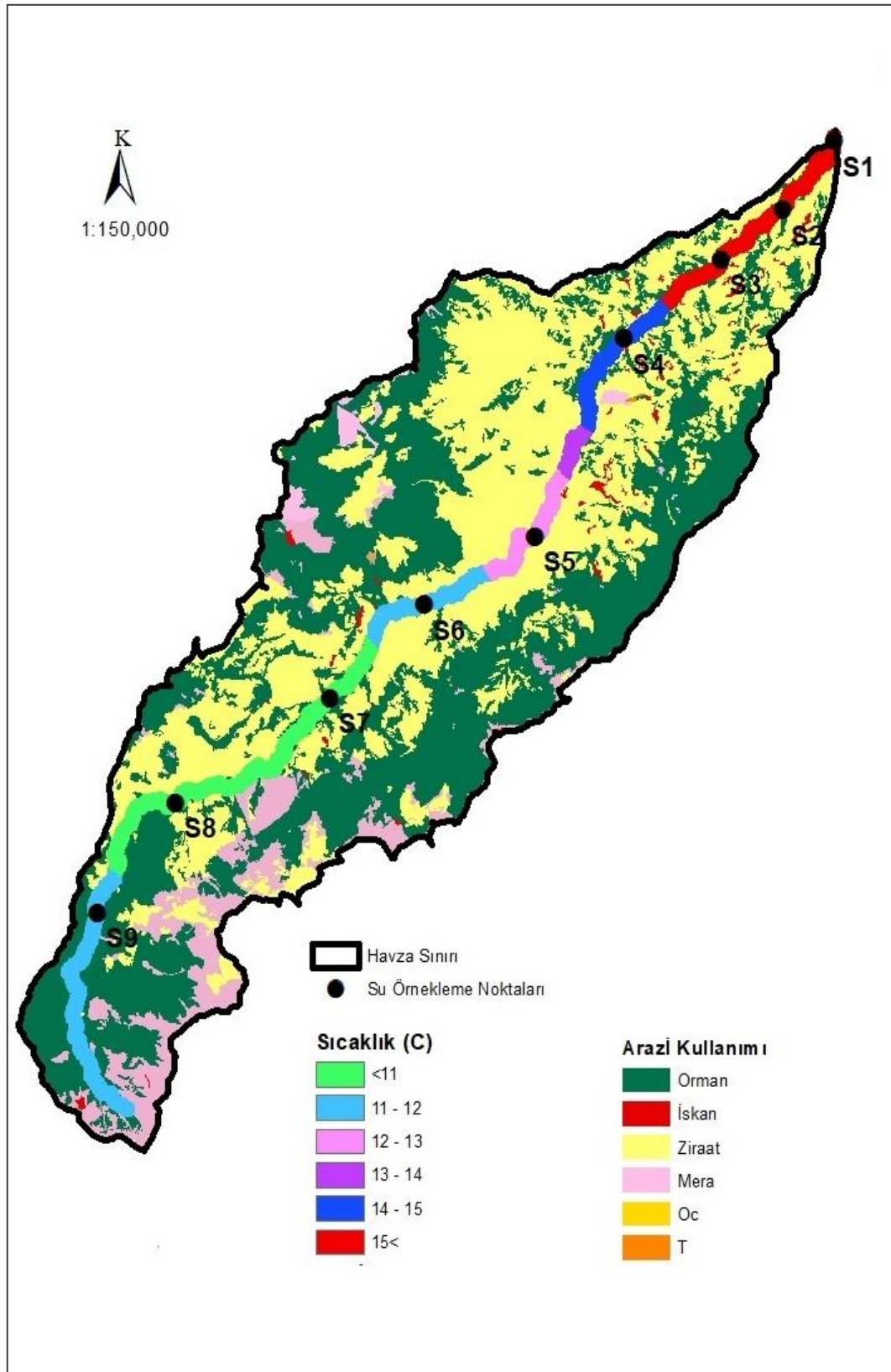
Yaptığımız çalışmada, havzaya ait örnekleme noktaları arasında ve havzanın memba, orta kısım ve mansap kısmındaki pH farklılıklarına bakıldığında rakım düştükçe ve denize yaklaştıkça pH değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bütün değerler göz önünde bulundurulduğunda pH değerleri örnekleme noktalarında su kalite sınıfına göre I. sınıf su kalitesinde bulunmuştur. En az pH değerleri orman ve mera alanlarının yoğun olduğu S8 ve S9 noktasında bulunmuştur. Orman ve mera alanlarının yoğun olduğu havzalarda pH değeri düşüken tarım ve yerleşim alanının arttığı havzalarda yüksek pH değerleri gözlemlenmiştir (Şekil 76-77).

3.2.3.3. Su Kalitesinin Elektriksel İletkenlik Parametresine İlişkin Tematik Haritalar

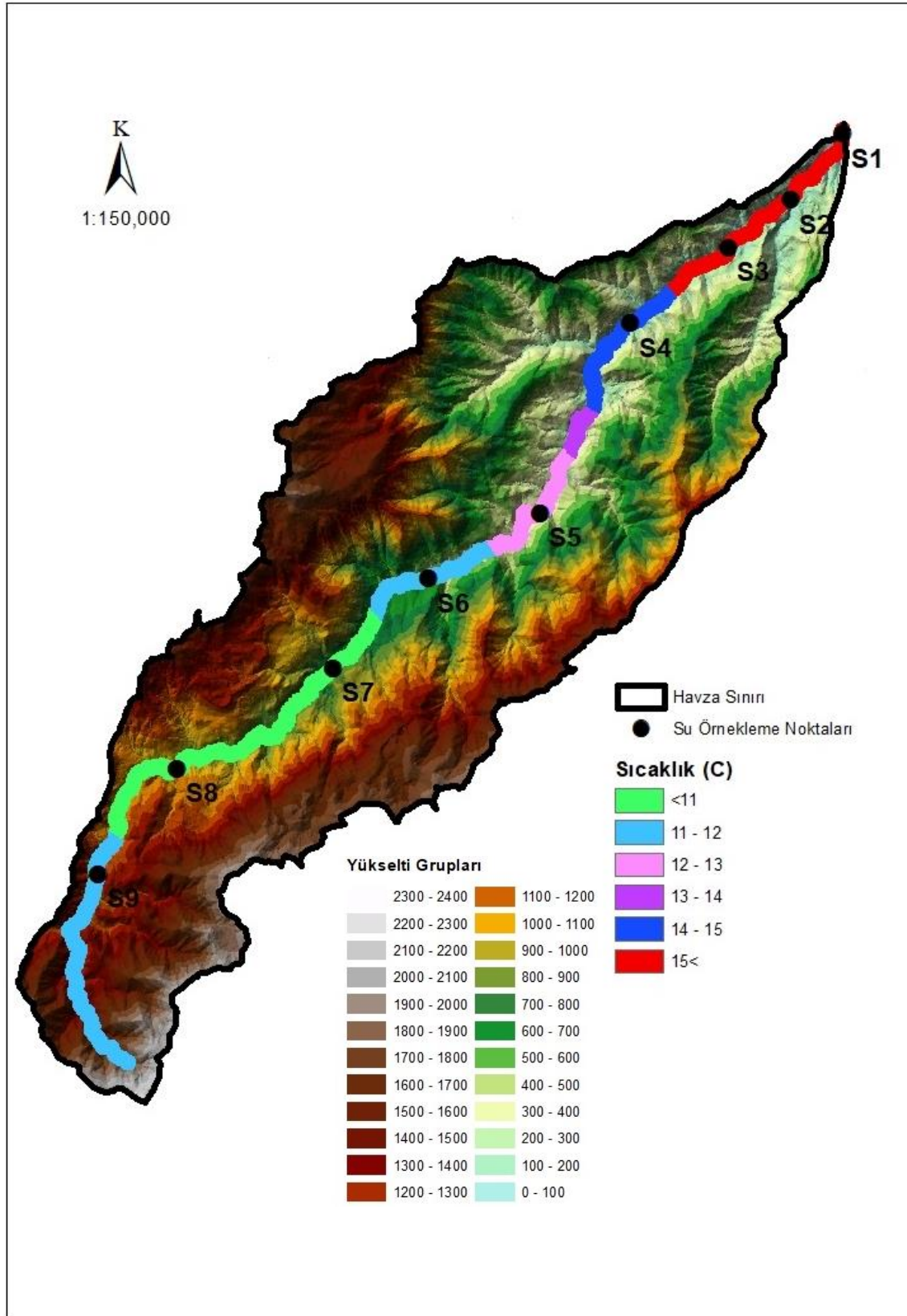
Suyun elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılmasında bütün noktalardaki elektriksel iletkenlik değerleri su kalitesi bakımından I. Sınıf su kalitesinde yani çok iyi derecede olduğu görülmüştür. Elektriksel İletkenlik değeri havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru artış gözlemlenmiştir (Şekil 78-79). En fazla elektriksel iletkenlik değeri mansap kısmında bulunan S1, S2 ve S3 noktalarında bulunmuştur. Orman ve mera alanlarının yoğun olduğu havzalarda elektriksel iletkenlik

değeri düşükken tarım ve yerleşim alanının arttığı havzalarda yüksek elektriksel iletkenlik değerleri gözlemlenmiştir.

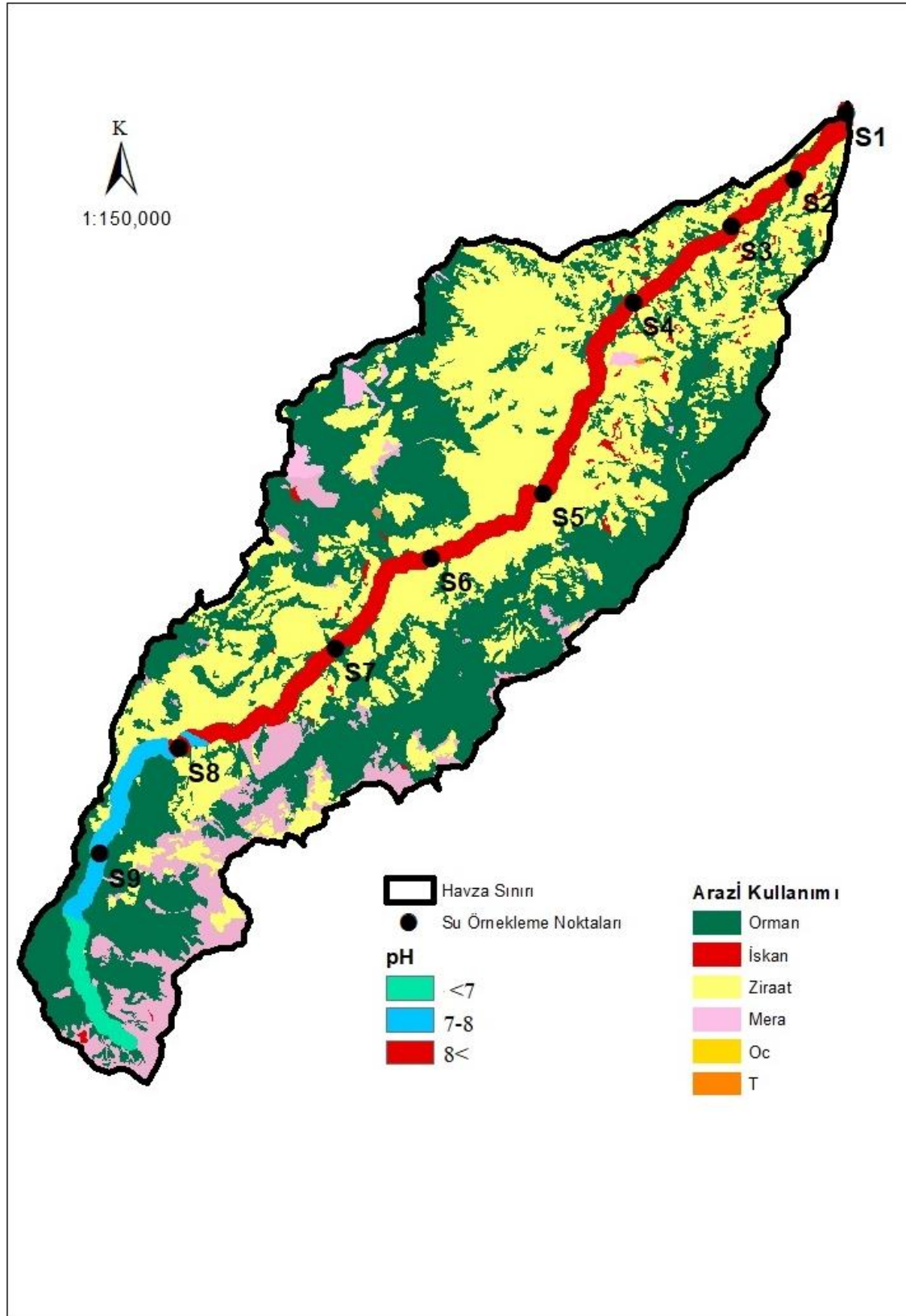




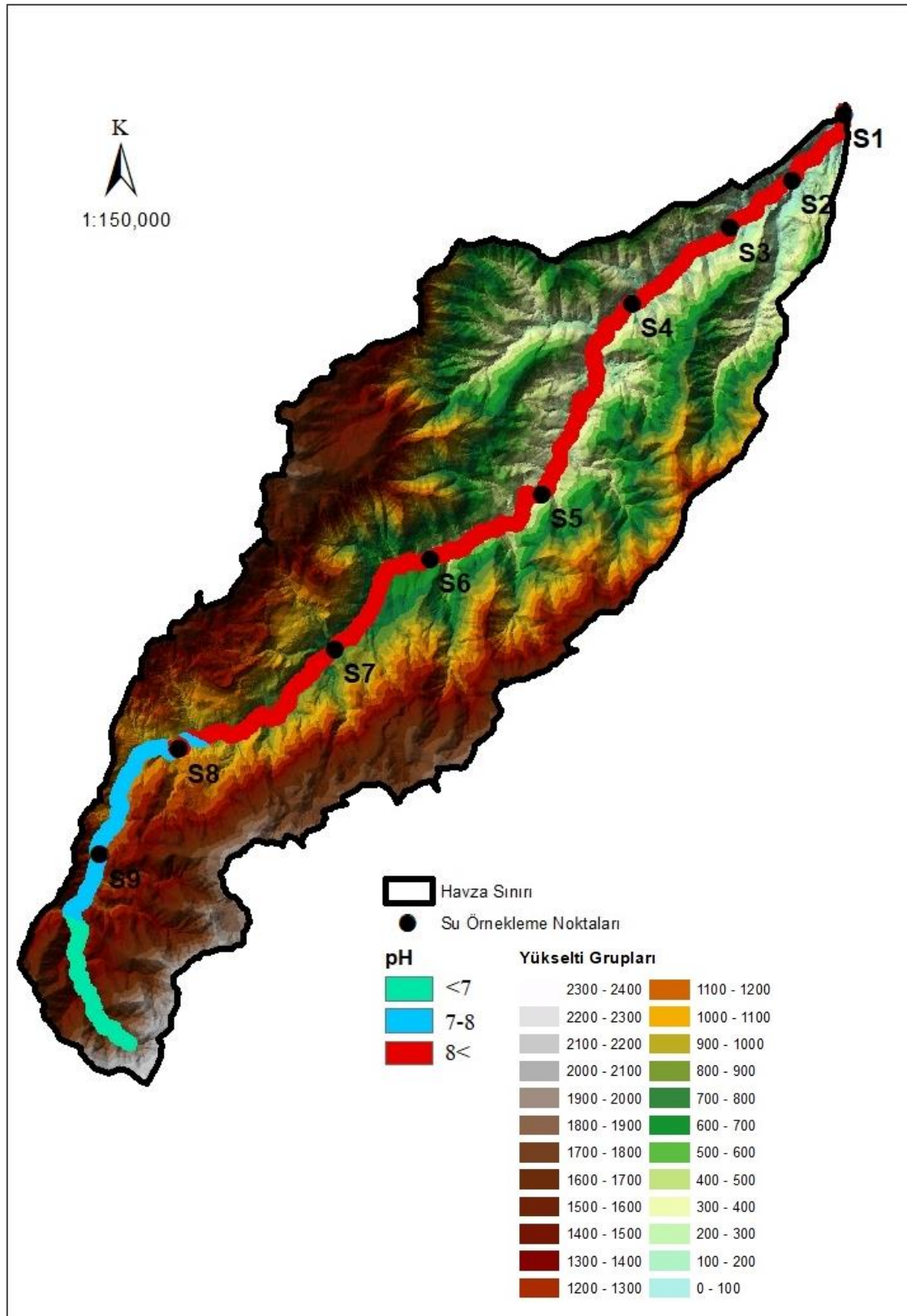
Şekil 74. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanımı ve sıcaklık değerleri tematik haritası



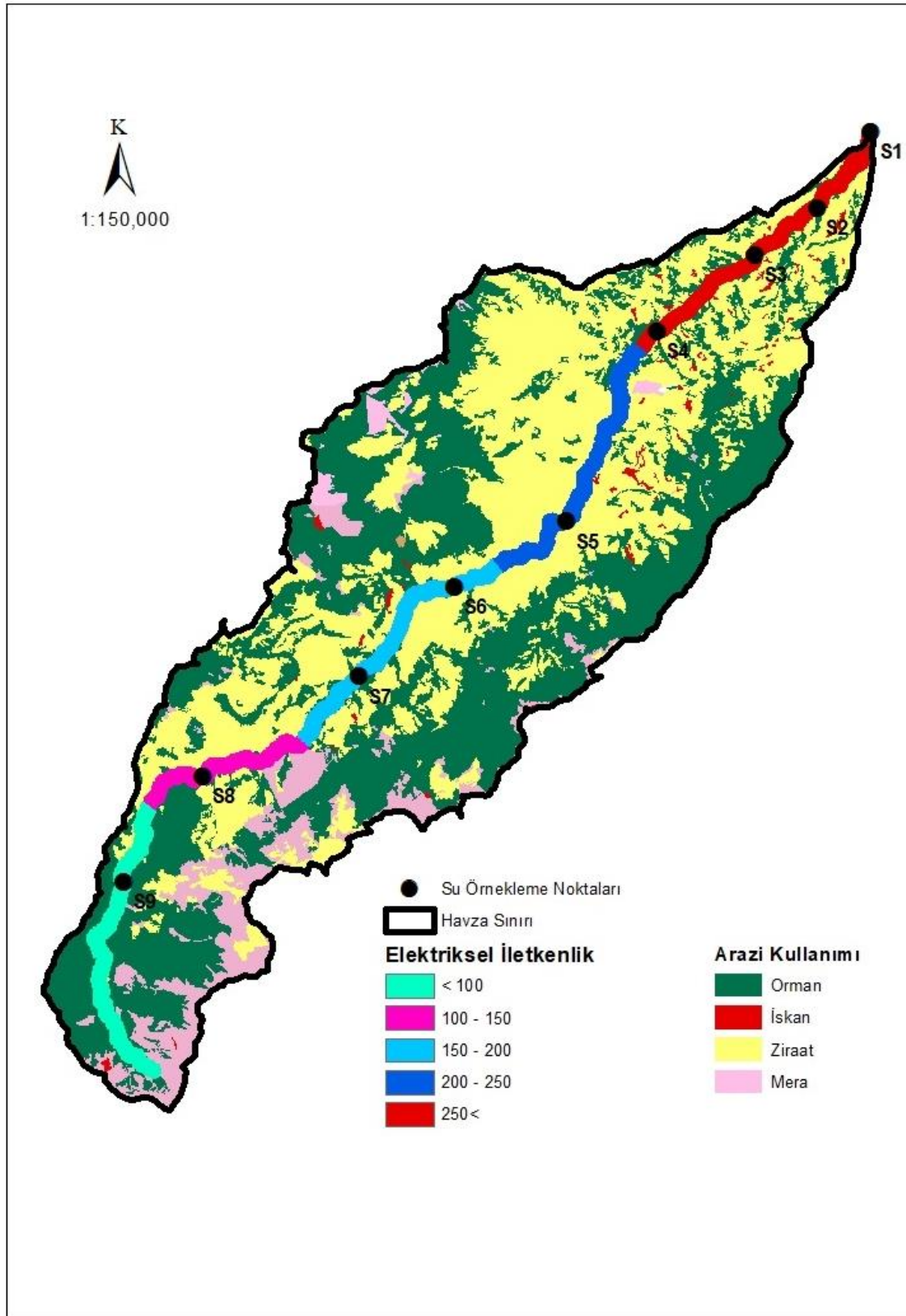
Şekil 75. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve sıcaklık değerleri tematik haritası



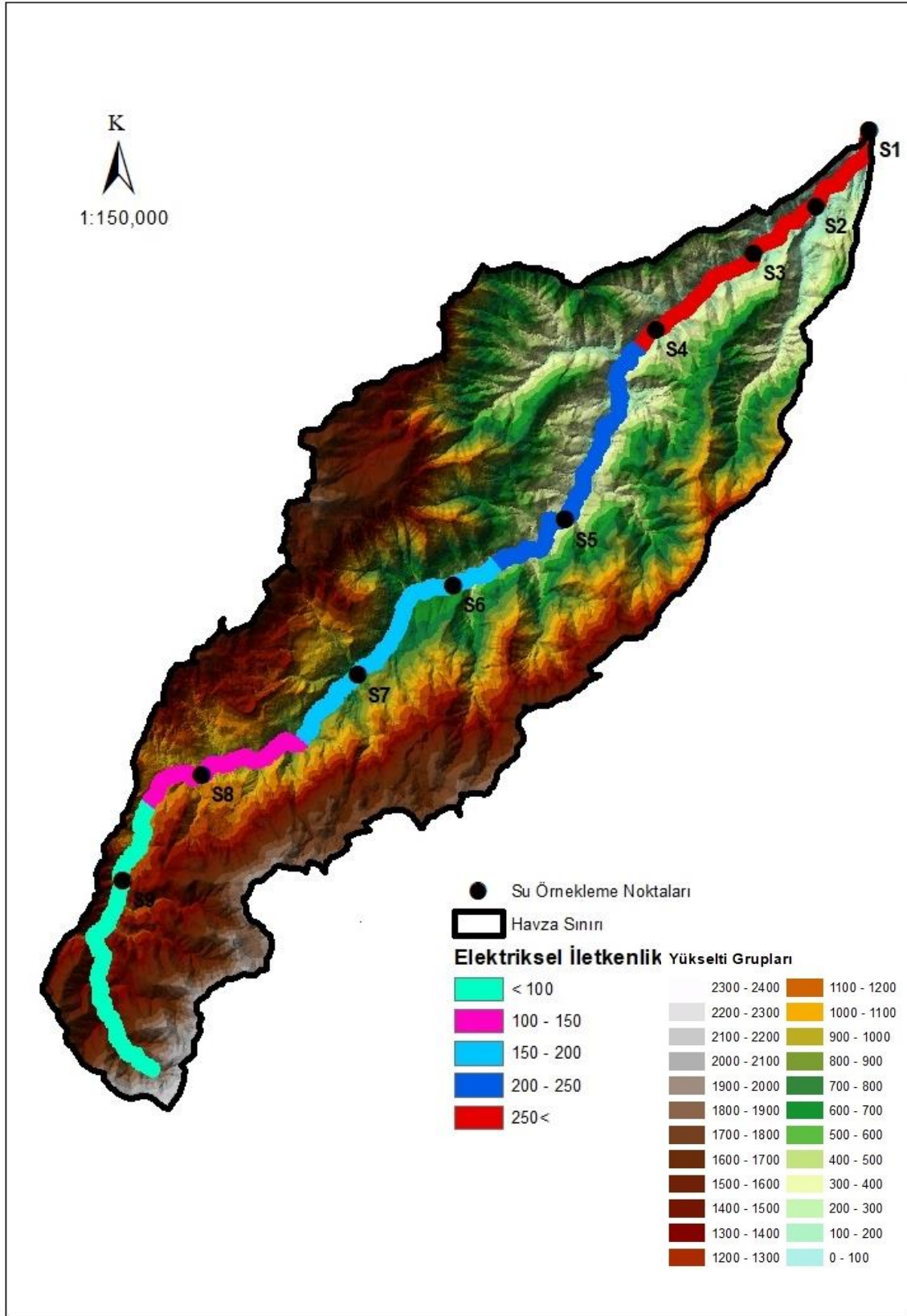
Şekil 76. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanımı ve pH değerleri tematik haritası



Şekil 77. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve pH değerleri tematik haritası



Şekil 78. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanımı ve EI değerleri tematik haritası



Şekil 79. Söğütlü Deresi Havzası yükselti ve Eİ değerleri tematik haritası

3.2.3.4. Su Kalitesinin Çözünmüş Oksijen Parametresine İlişkin Tematik Haritalar

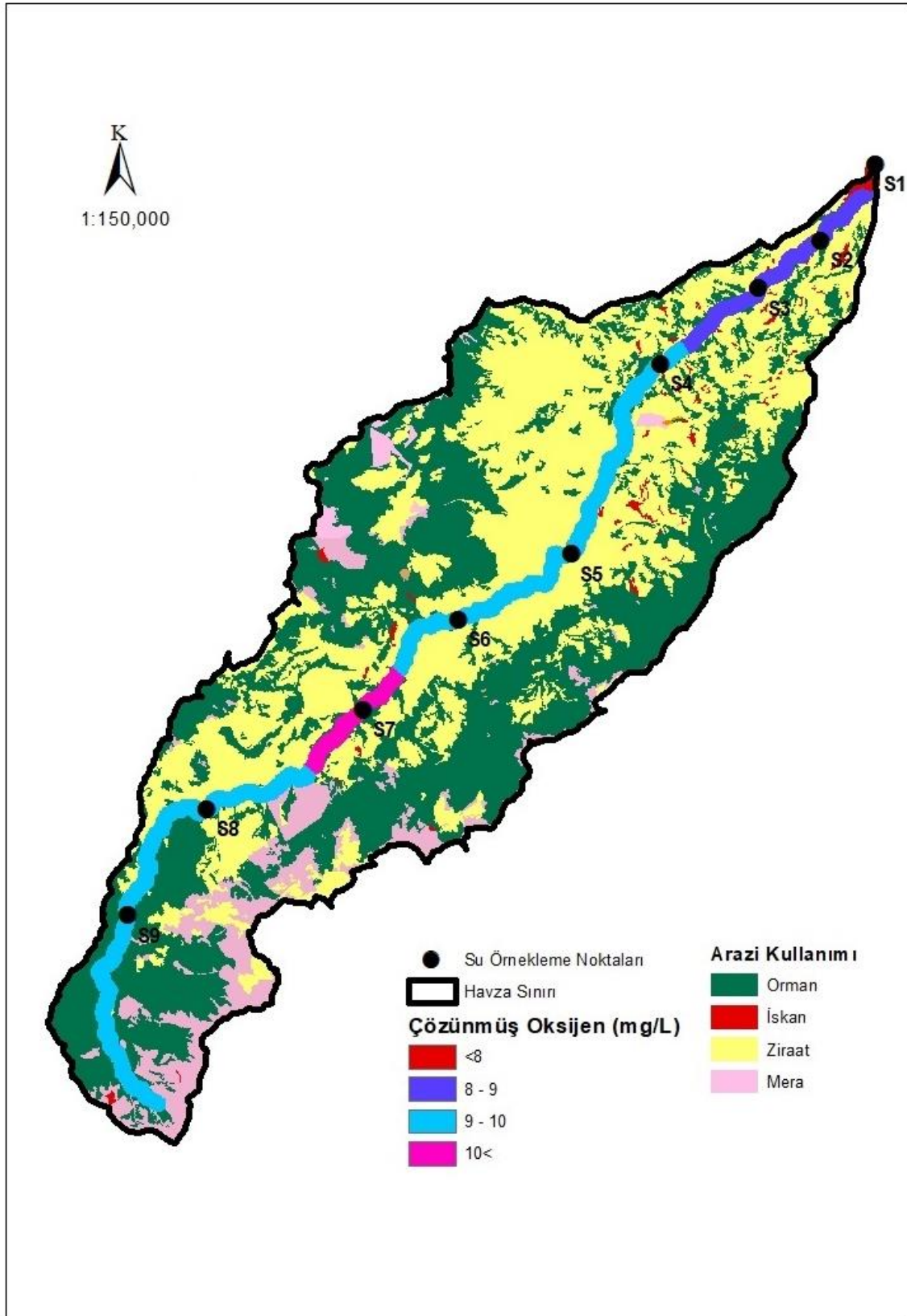
Su kalitesi kontrol yönetmeliğine göre bir değerlendirme yapıldığında, bütün noktalarımız çözünmüş oksijen değerleri açısından I. Sınıf su kalitesi özelliğinde bulunmuştur. Çözünmüş oksijen değeri havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru azalış göstermiştir (Şekil 80-81). En düşük çözünmüş oksijen değeri mansap kısmının denizle birleştiği nokta olan S1 noktasında bulunmuştur. Orman ve mera alanlarının yoğun olduğu havzalarda çözünmüş oksijen değeri yüksekken tarım ve yerleşim alanının arttığı havzalarda düşük çözünmüş oksijen değerleri gözlemlenmiştir.

3.2.3.5. Su Kalitesinin Toplam Çözünmüş Katı Madde Parametresine İlişkin Tematik Haritalar

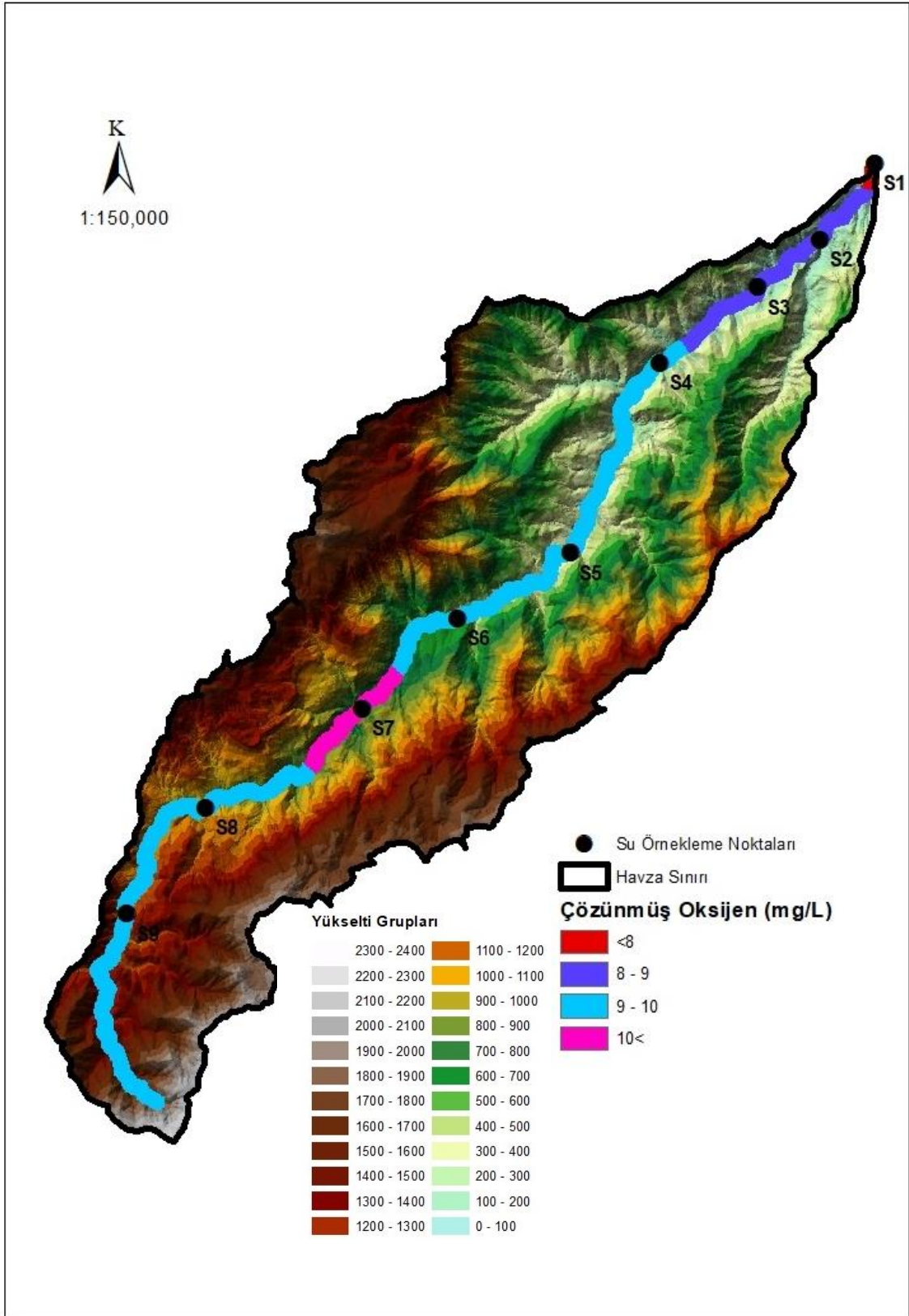
Söğütlü deresi havzasında örnekleme noktalarında ölçülen toplam çözünmüş katı madde değeri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde kıta içi su kalite sınıflarına göre bakımından I. Sınıf yani yüksek kaliteli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. TDS değeri havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru artış göstermiştir (Şekil 82-83). En fazla TDS değeri mansap kısmında bulunan S1, S2 ve S3 noktalarında bulunmuştur. Orman ve mera alanlarının yoğun olduğu havzalarda TDS değeri düşükken tarım ve yerleşim alanının arttığı havzalarda yüksek TDS değerleri gözlemlenmiştir.

3.2.3.6. Su Kalitesinin Tuzluluk Parametresine İlişkin Tematik Haritalar

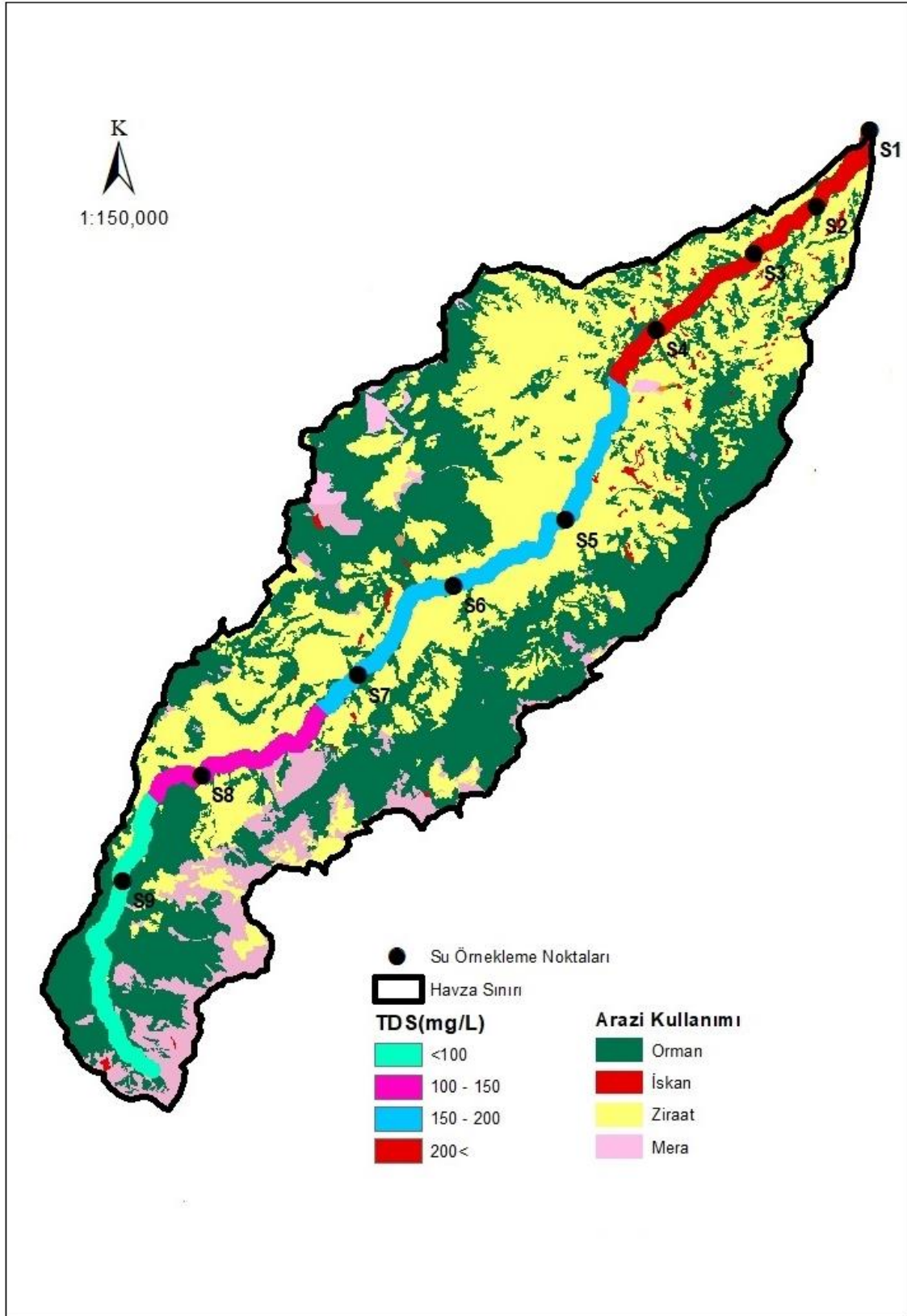
Tuzluluk değerlerine göre yapılan sınıflandırmaya göre Söğütlü deresinin tatlı su grubuna girdiği belirlenmiştir. Tuzluluk değeri havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru artış göstermiştir (Şekil 84-85). En fazla tuzluluk değeri mansap kısmında bulunan S1, S2 ve S3 noktalarında bulunmuştur. Orman ve mera alanlarının yoğun olduğu havzalarda tuzluluk değeri düşükken tarım ve yerleşim alanının arttığı havzalarda yüksek tuzluluk değerleri gözlemlenmiştir.



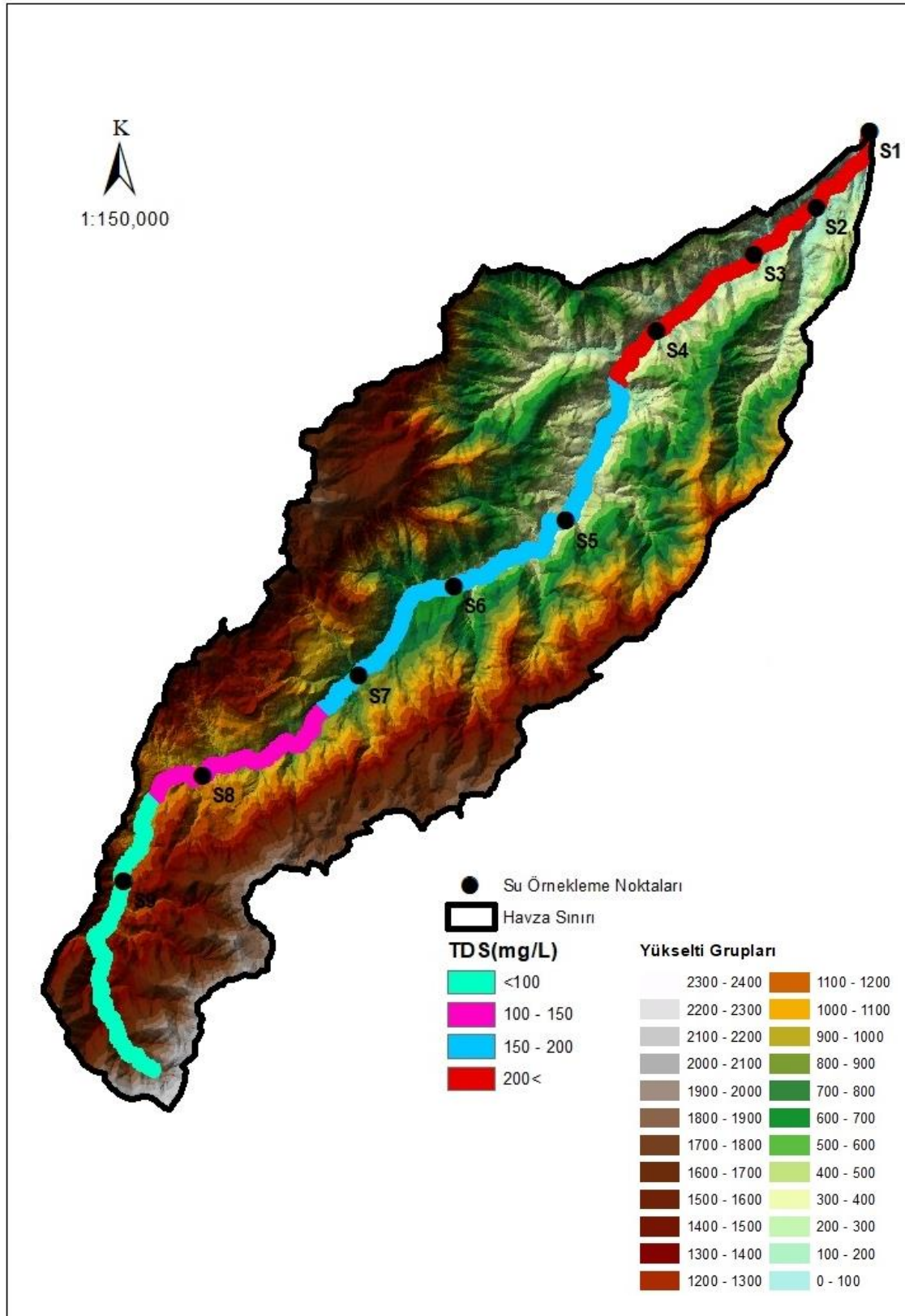
Şekil 80. Söğütlü Deresi Havzası arazi kullanımı ve ÇO değerleri tematik haritası



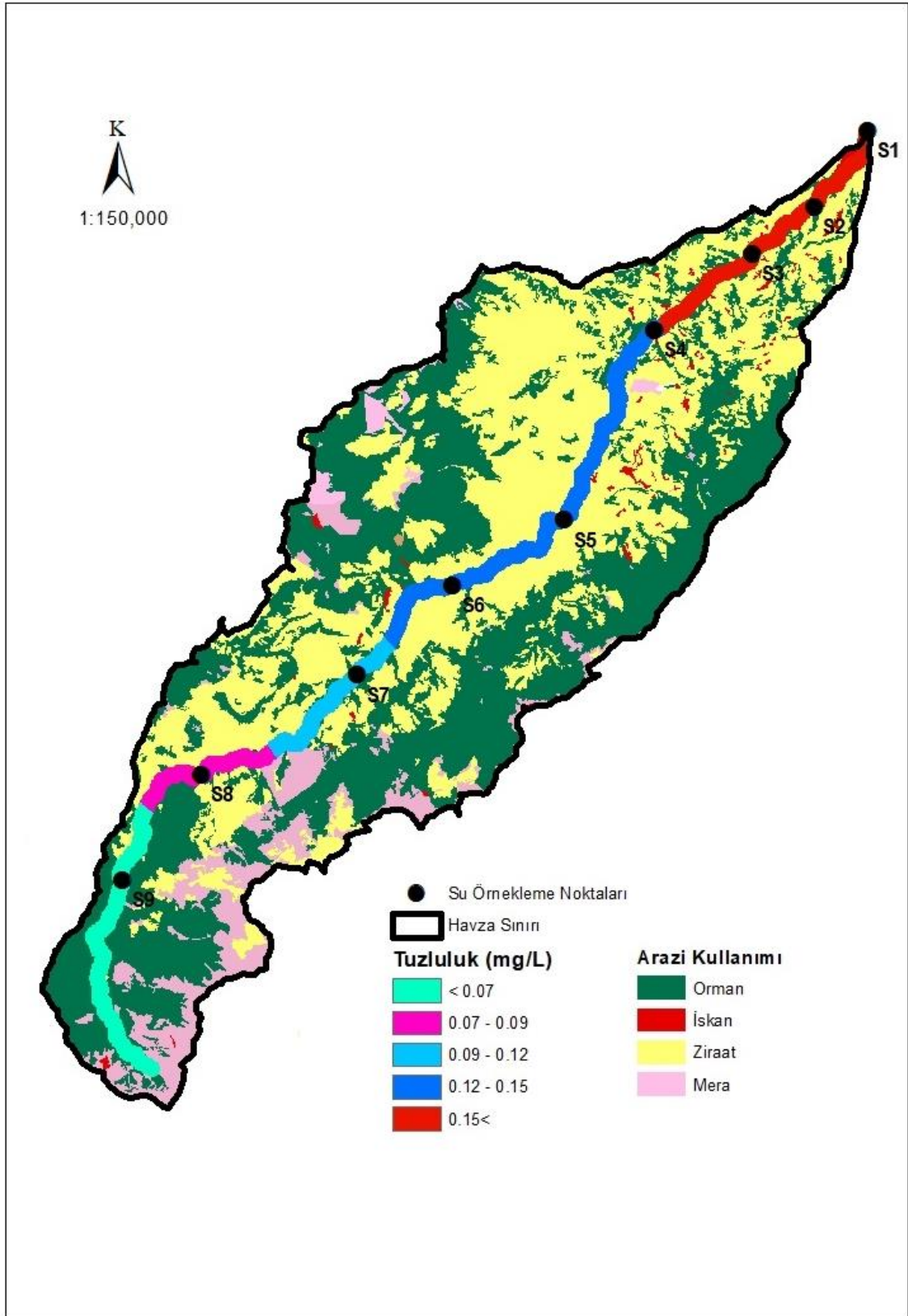
Şekil 81. Söğütlü Deresi Havzası yükselti ve ÇO değerleri tematik haritası



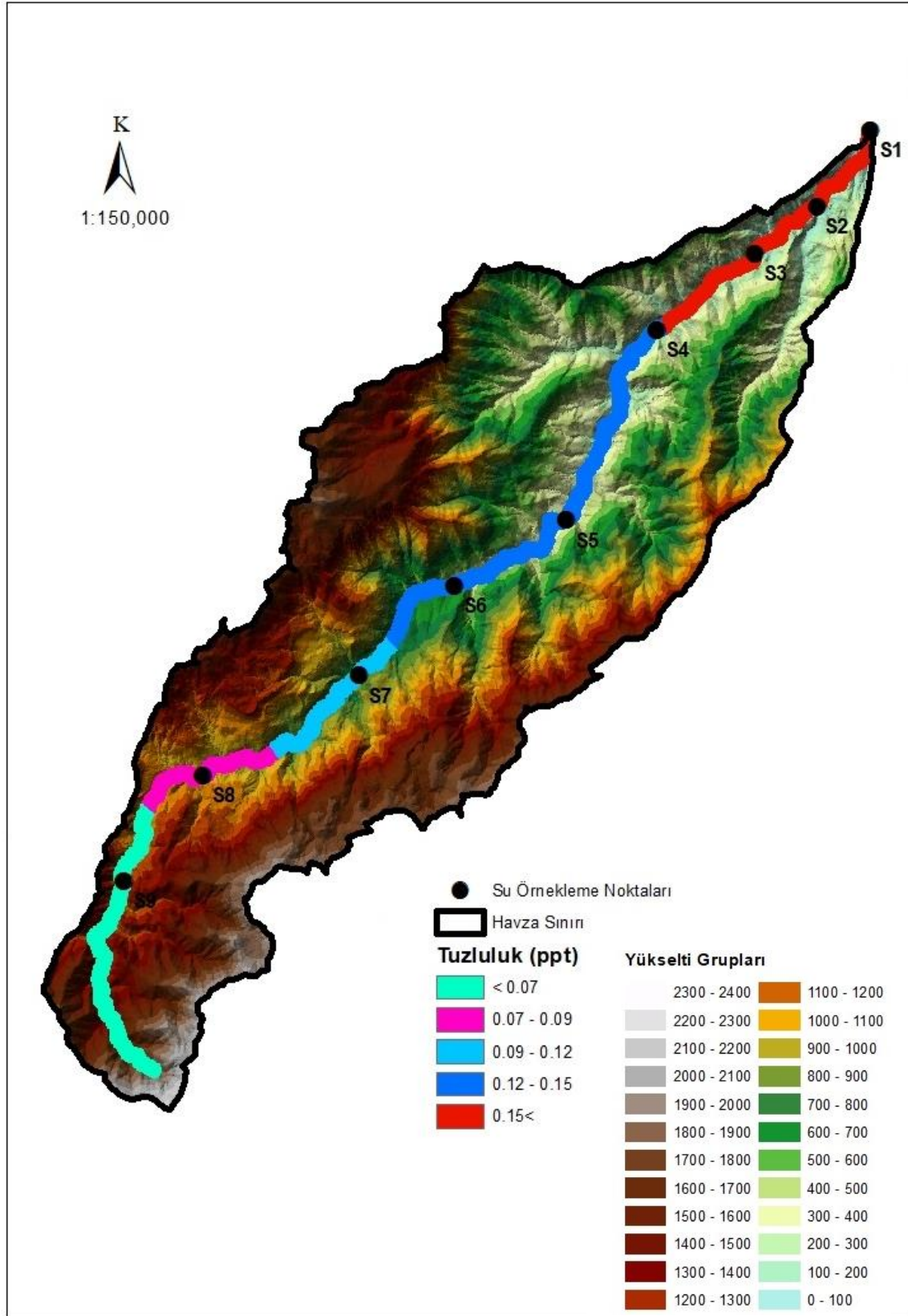
Şekil 82. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım ve TDS değerleri tematik haritası



Şekil 83. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve TDS değerleri tematik haritası



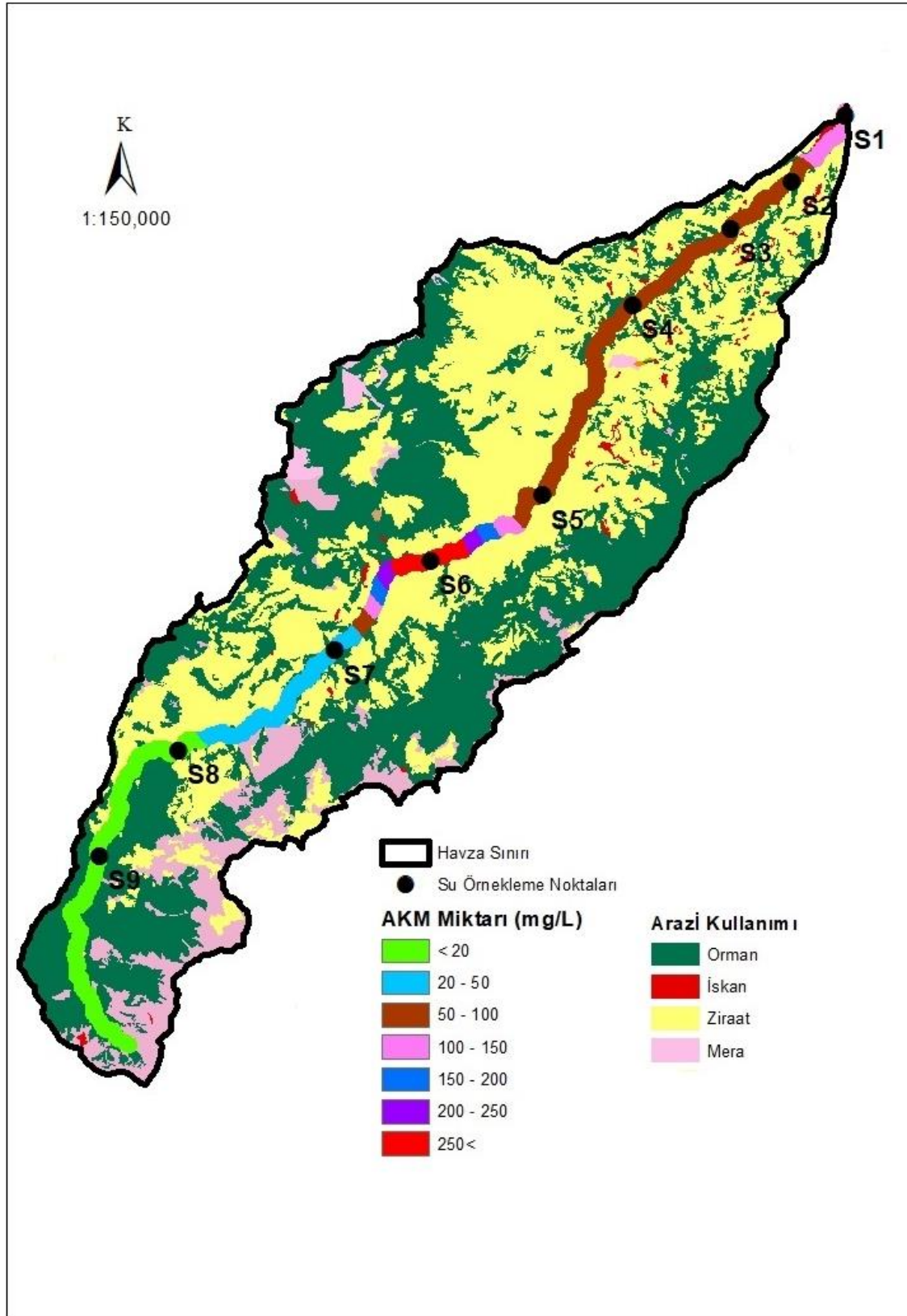
Şekil 84. Söğütlü Deresi Havzası arazi kullanım ve tuzluluk değerleri tematik haritası



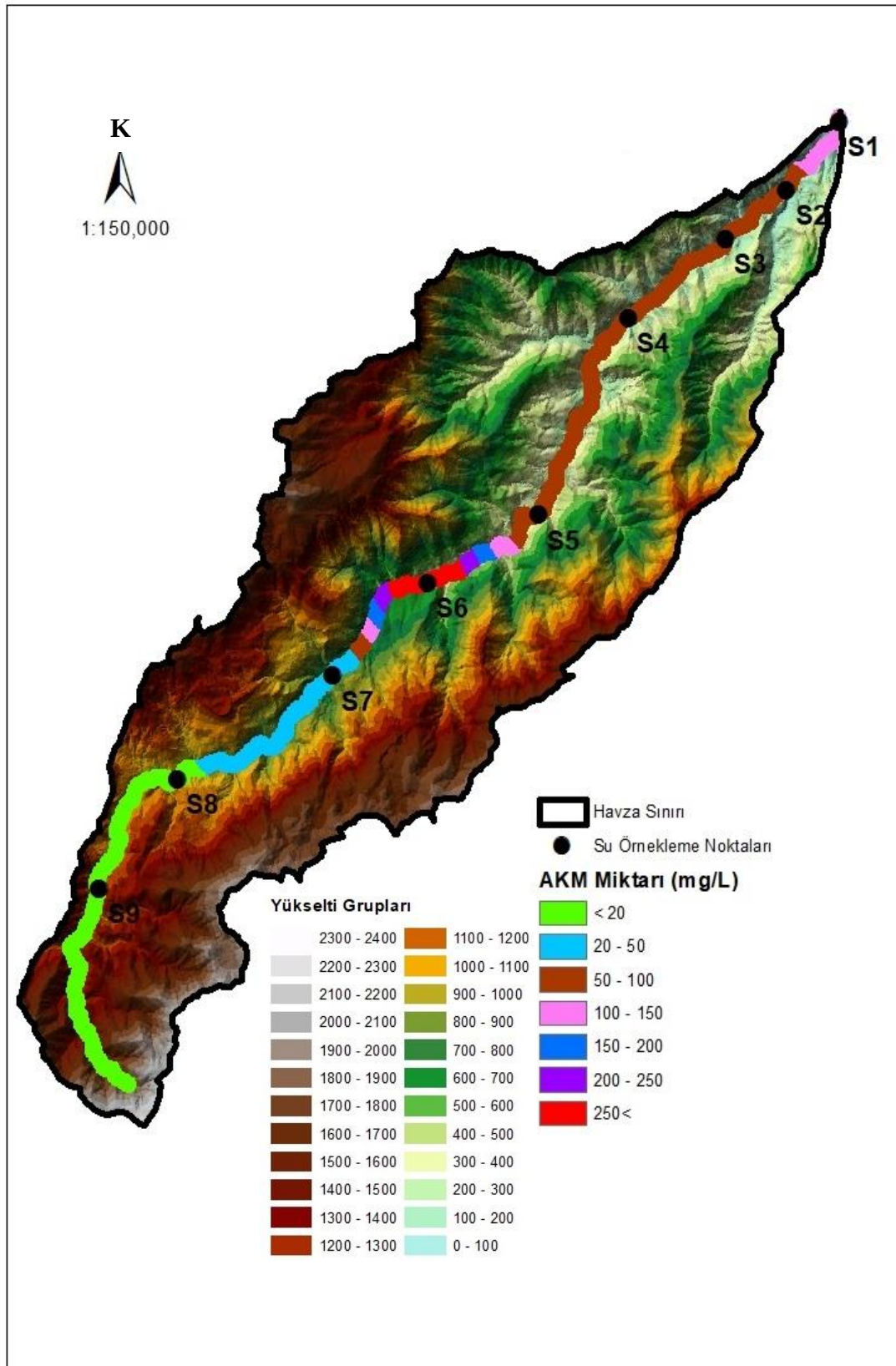
Şekil 85. Söğütlü Deresi havzası yükselti ve tuzluluk değerleri tematik haritası

3.2.3.7. Su Kalitesinin Askıda Katı Madde Parametresine İlişkin Tematik Haritalar

Su kirliliği yönetmeliğinde kıta içi su kaynaklarının askıda katı madde değeri hakkında herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Elde ettiğimiz değerler baraj haznelerindeki AKM yükünün Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5–15 mg/L) çok üstünde olduğu bulunmuştur. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında AKM de önemli artışlar meydana gelmiştir (Koralay vd., 2014). AKM değeri havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru artış göstermiştir (Şekil 86-87). Genel olarak değerlendirildiğinde orman ve mera alanlarının yoğun olduğu havzalarda AKM değeri en düşük değerleri alırken tarım ve yerleşim alanının arttığı havzalarda en yüksek AKM değerleri gözlemlenmiştir. Tematik haritaya bakıldığında en yüksek AKM değerleri S1 ve S6 noktasında bulunmuştur.



Şekil 86. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım ve AKM değerleri tematik haritası



Şekil 87. Söğütlü Deresi Havzası yükselti ve AKM değerleri tematik haritası

3.2.4. Su Örnekleme Noktalarına Göre Havzanın Arazi Kullanım Durumuna İlişkin Bulgular

3.2.4.1. Noktalara Göre Arazi Kullanım Durumları

Söğütlü deresi havzası, su örnekleme noktalarına göre 9 adet alt havzaya ayrılmıştır. Her havzanın arazi kullanım durumu (tarım, orman, mera vb.) hektar cinsinden alanları belirlenmiş ve havzalarda kapladıkları alanlar yüzde olarak bulunmuştur (Şekil 31-88, Tablo 58). Ölçülen su kalite parametreleri arazi kullanım durumları ile karşılaştırılmıştır. Edinilen bulgulara göre istatistiksel analiz yapılmıştır.

S1 Noktası Söğütlü deresi havzasının denizle bağlandığı kısımdır ve havzanın çıkış noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 54.65 ve tarım ve yerleşim alanları % 45.35'lik kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

S2 Noktası Söğütle deresi havzasının mansap kısmında bulunan ikinci noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 55.17 ve tarım ve yerleşim alanları % 45.83'lik kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

S3 Noktası Söğütle deresi havzasının mansap kısmında bulunan üçüncü noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 56.11 ve tarım ve yerleşim alanları % 43.9'luk kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

S4 Noktası Söğütle deresi havzasının orta kısmında bulunan birinci noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 58.01 ve tarım ve yerleşim alanları % 41.99'luk kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

S5 Noktası Söğütle deresi havzasının orta kısmında bulunan ikinci noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 65.54 ve tarım ve yerleşim alanları % 34.46'lık kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

S6 Noktası Söğütle deresi havzasının orta kısmında bulunan üçüncü noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 66.34 ve tarım ve yerleşim alanları % 33.66'luk kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

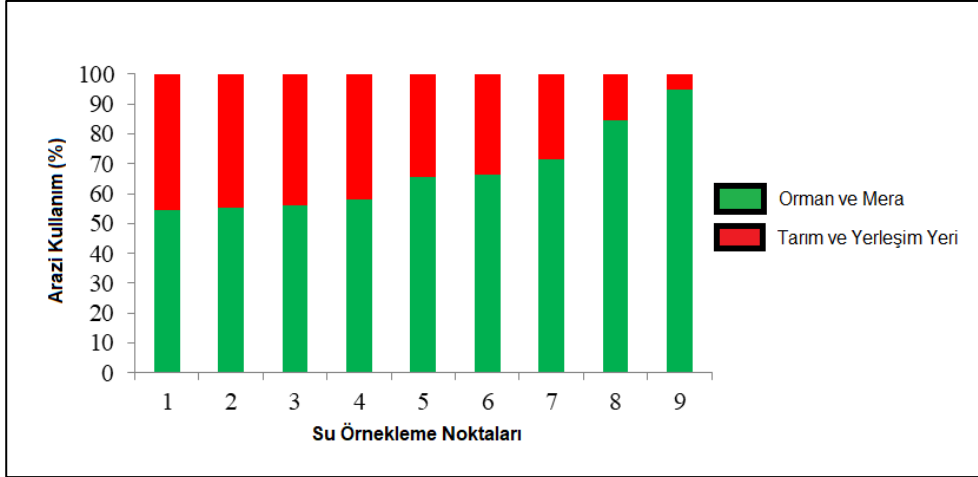
S7 Noktası Söğütle deresi havzasının memba kısmında bulunan birinci noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 71.57 ve tarım ve yerleşim alanları % 28.43'lük kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

S8 Noktası Söğütle deresi havzasının mansap kısmında bulunan ikinci noktasıdır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 84.66 ve tarım ve yerleşim alanları % 15.34'lük kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

S9 Noktası Söğütler deresi havzasının memba kısmında bulunan üçüncü noktadır. Bu noktaya ait havzada orman ve mera alanları toplam alanın % 94.82 ve tarım ve yerleşim alanları % 5.18'luk kısmını oluşturmaktadır (Şekil 31-88, Tablo 58).

Tablo 58. Su örnekleme noktalarına göre oluşturulan alt havzaların arazi kullanım değerleri

Nokta	Arazi Kullanımı	Alan(ha)	%	Nokta	Arazi Kullanımı	Alan (ha)	%
S1	Orman	12596.00	45.81	S6	Orman	5803.07	50.46
	Tarım	12130.00	44.11		Tarım	3810.69	33.14
	Mera	2430.00	8.84		Mera	1825.18	15.87
	Yerleşim	316.00	1.15		Yerleşim	47.96	0.42
	Diğer	25.15	0.09		Diğer	12.61	0.11
	Toplam	27497.15	100%		Toplam	11499.51	100%
S2	Orman	12538.16	46.22	S7	Orman	4335.55	51.59
	Tarım	11913.44	43.92		Tarım	2366.82	28.16
	Mera	2428.48	8.95		Mera	1679.27	19.98
	Yerleşim	222.13	0.82		Yerleşim	18.44	0.22
	Diğer	25.15	0.09		Diğer	4.35	0.05
	Toplam	27127.36	100%		Toplam	8404.44	100%
S3	Orman	11471.34	46.43	S8	Orman	2716.99	61.31
	Tarım	10655.49	43.12		Tarım	663.47	14.97
	Mera	2392.62	9.68		Mera	1034.64	23.35
	Yerleşim	164.42	0.67		Yerleşim	11.78	0.27
	Diğer	25.15	0.10		Diğer	4.35	0.10
	Toplam	24709.03	100%		Toplam	4431.23	100%
S4	Orman	11047.58	46.77	S9	Orman	1961.72	63.47
	Tarım	9754.60	41.29		Tarım	149.84	4.85
	Mera	2658.47	11.25		Mera	969.13	31.35
	Yerleşim	138.49	0.59		Yerleşim	9.70	0.31
	Diğer	23.85	0.10		Diğer	0.63	0.02
	Toplam	23622.99	100%		Toplam	3091.02	100%
S5	Orman	8114.49	52.01				
	Tarım	5302.27	33.99				
	Mera	2110.24	13.53				
	Yerleşim	59.38	0.38				
	Diğer	14.03	0.09				
	Toplam	15600.42	100%				



Şekil 88. Söğütlü deresi havzası örnekleme noktalarına göre arazi kullanım durumu

3.2.4.2. Ölçülen Bazı Su Kalite Parametrelerinin Örnekleme Noktaları Arazi Kullanım Durumuna Göre İstatistiksel Analizleri

Çalışmamızda parametrelerin noktalara göre aritmetik ortalama, en düşük ve en yüksek değerlerin gösterildiği betimleyici istatistik ve iki değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Noktasal olarak değerlerimizde anlamlı farklılık olup olmadığını öğrenmek için tek yönlü varyans analizi ve hangi noktalar arasında farklılıklar olduğunu görmek için duncan testi yapılmıştır.

3.2.4.2.1. Su Kalite Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Betimleyici İstatistik

Söğütlü deresi havzası su kalitesi özelliklerinin noktalara göre aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistiksel değerleri Tablo 59'da verilmiştir.

Tablo 59. Su kalite parametreleri örnekleme noktaları arazi kullanım durumuna göre betimleyici istatistik

	Toplam orman alanı yüzdesi	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Min.	Max.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Sıcaklık (°C)	54.65%=S1	12	16.28	8.01	2.31	11.18	21.37	6.10	27.60
	55.17%=S2	12	15.63	7.74	2.23	10.72	20.55	6.00	26.80
	56.11%=S3	12	15.31	7.38	2.13	10.62	20.00	5.90	25.00
	58.02%=S4	12	14.61	7.09	2.05	10.11	19.11	5.70	24.40
	65.54%=S5	12	12.53	6.30	1.82	8.53	16.54	4.70	21.00
	66.34%=S6	12	11.23	6.67	1.93	6.99	15.46	3.00	20.60
	71.57%=S7	12	10.58	6.77	1.95	6.28	14.87	2.30	20.50
	84.66%=S8	11	10.21	6.97	2.10	5.53	14.89	1.20	20.80
	94.82%=S9	9	11.23	6.03	2.01	6.60	15.87	1.20	20.00
	Toplam	104	13.15	7.14	0.70	11.76	14.54	1.20	27.60
pH	54.65%=S1	12	8.67	0.27	0.08	8.50	8.84	8.40	9.27
	55.17%=S2	12	8.61	0.27	0.08	8.44	8.79	8.30	9.24
	56.11%=S3	12	8.57	0.27	0.08	8.39	8.74	8.25	9.24
	58.02%=S4	12	8.44	0.18	0.05	8.32	8.55	8.20	8.78
	65.54%=S5	12	8.30	0.16	0.05	8.20	8.41	7.96	8.50
	66.34%=S6	12	8.25	0.19	0.06	8.13	8.37	7.93	8.51
	71.57%=S7	12	8.13	0.18	0.05	8.02	8.25	7.90	8.47
	84.66%=S8	11	8.01	0.25	0.07	7.85	8.18	7.62	8.30
	94.82%=S9	9	7.71	0.31	0.10	7.48	7.95	7.30	8.15
	Toplam	104	8.32	0.36	0.04	8.25	8.39	7.30	9.27
Eİ (mS/cm)	54.65%=S1	12	277.32	86.78	25.05	222.18	332.46	123.60	391.00
	55.17%=S2	12	266.87	84.15	24.29	213.40	320.34	120.90	374.50
	56.11%=S3	12	262.20	86.32	24.92	207.36	317.04	111.80	374.80
	58.02%=S4	12	253.56	81.75	23.60	201.62	305.50	113.10	365.00
	65.54%=S5	12	221.38	71.77	20.72	175.77	266.98	102.10	348.90
	66.34%=S6	12	188.43	56.81	16.40	152.33	224.52	86.20	272.50
	71.57%=S7	12	181.56	56.23	16.23	145.83	217.29	84.40	266.10
	84.66%=S8	11	115.62	40.92	12.34	88.13	143.11	46.90	176.00
	94.82%=S9	9	82.44	24.04	8.01	63.96	100.92	47.40	117.00
	Toplam	104	209.90	92.14	9.04	191.98	227.82	46.90	391.00
ÇO (mg/lt)	54.65%=S1	12	7.94	2.83	0.82	6.14	9.74	4.94	12.17
	55.17%=S2	12	8.41	2.60	0.75	6.76	10.06	5.33	11.55
	56.11%=S3	12	8.83	2.40	0.69	7.30	10.36	5.43	12.35
	58.02%=S4	12	8.98	2.26	0.65	7.55	10.42	6.35	11.99
	65.54%=S5	12	9.90	2.30	0.66	8.44	11.36	7.08	13.90
	66.34%=S6	12	9.47	2.23	0.65	8.05	10.89	6.70	13.15
	71.57%=S7	12	10.18	2.43	0.70	8.64	11.72	7.64	14.67
	84.66%=S8	11	9.96	2.28	0.69	8.42	11.49	7.49	14.63
	94.82%=S9	9	9.39	2.07	0.69	7.81	10.98	7.39	14.21
	Toplam	104	9.22	2.41	0.24	8.75	9.69	4.94	14.67
TDS (mg/lt)	54.65%=S1	12	213.62	43.33	12.51	186.09	241.15	122.20	271.25
	55.17%=S2	12	209.50	45.36	13.09	180.68	238.32	120.25	269.70
	56.11%=S3	12	205.97	47.51	13.72	175.79	236.16	109.17	267.35
	58.02%=S4	12	202.88	46.49	13.42	173.34	232.41	111.80	271.05
	65.54%=S5	12	186.34	44.00	12.70	158.38	214.30	103.35	250.65
	66.34%=S6	12	166.35	40.35	11.65	140.72	191.99	90.35	218.90
	71.57%=S7	12	162.60	40.92	11.81	136.61	188.60	89.70	215.20
	84.66%=S8	11	108.11	35.58	10.73	84.21	132.01	50.92	160.60
	94.82%=S9	9	70.80	18.13	6.04	56.87	84.73	46.15	92.95
	Toplam	104	173.02	59.82	5.87	161.38	184.65	46.15	271.25

Tablo 59 devamı

	Toplam orman alanı yüzdesi	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Min.	Max.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Tuzluluk (ppt)	54.65%=S1	12	0.16	0.03	0.01	0.14	0.18	0.09	0.20
	55.17%=S2	12	0.15	0.03	0.01	0.13	0.18	0.09	0.20
	56.11%=S3	12	0.15	0.03	0.01	0.13	0.17	0.08	0.19
	58.02%=S4	12	0.15	0.03	0.01	0.13	0.17	0.08	0.20
	65.54%=S5	12	0.14	0.03	0.01	0.12	0.16	0.08	0.18
	66.34%=S6	12	0.13	0.03	0.01	0.11	0.14	0.07	0.17
	71.57%=S7	12	0.12	0.03	0.01	0.10	0.14	0.06	0.16
	84.66%=S8	11	0.08	0.03	0.01	0.06	0.10	0.04	0.13
	94.82%=S9	9	0.05	0.01	0.00	0.04	0.07	0.03	0.07
	Toplam	104	0.13	0.04	0.00	0.12	0.14	0.03	0.20
AKM (mg/lt)	54.65%=S1	12	129.42	167.41	48.33	23.05	235.79	10.00	497.00
	55.17%=S2	12	93.08	116.06	33.50	19.34	166.82	10.00	380.00
	56.11%=S3	12	90.92	90.31	26.07	33.54	148.30	10.00	287.00
	58.02%=S4	12	69.42	77.69	22.43	20.05	118.78	10.00	230.00
	65.54%=S5	12	66.75	64.76	18.70	25.60	107.90	20.00	213.00
	66.34%=S6	12	96.92	161.36	46.58	5.61	199.44	0.00	560.00
	71.57%=S7	12	20.83	11.55	3.33	13.49	28.17	10.00	43.00
	84.66%=S8	11	17.64	5.22	1.57	14.13	21.14	10.00	30.00
	94.82%=S9	9	8.89	6.01	2.00	4.27	13.51	0.00	20.00
	Toplam	104	68.10	103.46	10.14	47.98	88.22	0.00	560.00

3.2.4.2.2. Korelasyon Analizi Sonuçları

Çalışmamızdaki su kalite parametreleri örnekleme noktaları arazi kullanım durumuna göre korelasyon analizleri Tablo 60’da verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre noktalarda orman alanları ile çözünmüş oksijen pozitif yönde, tarım alanları, askıda katı madde, pH, sıcaklık, toplam çözünmüş katı madde ve elektriksel iletkenlik negatif yönde kuvvetli ilişki bulunmuştur. Tarım alanlarının artmasıyla ilişki tam tersi çıkmıştır. (Tablo 60).

Tablo 60. Söğütlü deresi su kalite parametrelerinin arazi kullanım durumuna göre korelasyon matrisi

	Sıcaklık	pH	Eİ	ÇO	TDS	Tuzluluk	AKM	Orman
Sıcaklık	1							
pH	.228*	1						
Eİ	.687**	.643**	1					
ÇO	-.870**	-.279**	-.659**	1				
TDS	.408**	.711**	.927**	-.403**	1			
Tuzluluk	.408**	.711**	.920**	-.408**	.995**	1		
AKM	-.297**	.193	-.111	.332**	.036	.040	1	
Orman	-.260**	-.761**	-.677**	.192	-.738**	-.728**	-.320**	1

** . 0.01 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

* . 0.05 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

Örnek Sayısı = 104

3.2.4.2.3. Su Kalite Parametreleri Arazi Kullanım Durumuna Göre Varyans Analizi

Tablo 61’de tek yönlü varyans analizi ile Söğütlü Deresi Havzası su kalitesi özelliklerinin arazi kullanım durumuna göre değişim anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. F büyüklüğü anlamlılık düzeyi hakkında fikir vermektedir. Sıcaklık ve pH parametreleri hariç diğer su kalite özelliklerinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur. pH ve sıcaklık değerlerinin F değerleri diğer parametrelere oranla düşük çıkmıştır.

Tablo 61. Arazi kullanım durumuna göre varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Sıcaklık	Gruplar Arası	529.411	8	66.176	1.331	.238
	Gruplar İçi	4723.368	95	49.720		
	Toplam	5252.779	103			
pH	Gruplar Arası	8.222	8	1.028	18.608	.000
	Gruplar İçi	5.247	95	0.055		
	Toplam	13.469	103			
Elektriksel iletkenlik	Gruplar Arası	409915.734	8	51239.467	10.479	.000
	Gruplar İçi	464528.065	95	4889.769		
	Toplam	874443.800	103			
Çözünmüş Oksijen	Gruplar Arası	53.527	8	6.691	1.163	.330
	Gruplar İçi	546.684	95	5.755		
	Toplam	600.211	103			
Çözünmüş Katı Madde	Gruplar Arası	203831.151	8	25478.894	14.688	.000
	Gruplar İçi	164799.186	95	1734.728		
	Toplam	368630.337	103			
Tuzluluk	Gruplar Arası	0.104	8	0.013	13.652	.000
	Gruplar İçi	0.091	95	0.001		
	Toplam	0.195	103			
Askıda Katı Madde	Gruplar Arası	102338.782	8	12792.348	2.103	.043
	Gruplar İçi	565823.737	93	6084.126		
	Toplam	668162,520	101			

3.2.4.2.4. Örnekleme Noktaları Arazi Kullanım Durumuna Göre Duncan Testi

1. Sıcaklık (°C)

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre sıcaklık değerlerinde duncan testinde tek grup oluşmuştur. Bütün noktalar kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 62).

Tablo 62. Arazi kullanım durumuna göre sıcaklık değerlerine ait duncan testi sonuçları

Örnekleme Noktası	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05
		1
S8 (84.66%=Orman)	11	10.2091
S7 (71.57%=Orman)	12	10.5750
S6 (66.34%=Orman)	12	11.2250
S9 (94.82%=Orman)	9	11.2333
S5 (65.54%= Orman)	12	12.5333
S4 (58.02%=Orman)	12	14.6083
S3 (56.11%=Orman)	12	15.3083
S2 (55.17%=Orman)	12	15.6333
S1 (54.65%=Orman)	12	16.2750
Sig.		.085

2. pH

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre pH değerlerinde duncan testinde 6 farklı grup oluşmuştur. Orman alanlarının yüksek olduğu S9 noktası en düşük pH grubunda, tarım alanlarının ve yerleşim yerlerinin fazla olduğu S1 noktası en yüksek pH grubunda yer almıştır. Gruplarda bulunan değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 63).

Tablo 63. Arazi kullanım durumuna göre pH değerlerine ait duncan testi sonuçları

Örnekleme Noktası	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
S9(94.82%=Orman)	9	7.7130					
S8(84.66%=Orman)	11		8.0145				
S7(71.57%=Orman)	12		8.1336	8.1336			
S6(66.34%=Orman)	12			8.2497	8.2497		
S5(65.54%=Orman)	12			8.3031	8.3031		
S4(58.02%=Orman)	12				8.4383	8.4383	
S3(56.11%=Orman)	12					8.5658	8.5658
S2(55.17%=Orman)	12					8.6139	8.6139
S1(54.65%=Orman)	12						8.6700
Sig.		1.000	.228	.106	.072	.094	.322

3. Elektriksel İletkenlik (mS/cm)

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre elektriksel iletkenlik değerlerinde duncan testinde 3 farklı grup oluşmuştur. Orman alanlarının fazla olduğu S8 ve S9 noktaları en düşük elektriksel iletkenlik grubunda ve S5, S6 ve S7 noktaları ikinci grupta yer almıştır. Tarım alanları yönünden fazla alana sahip noktalar ise en yüksek elektriksel iletkenlik değeri grubunda yer almıştır. Gruplarda bulunan değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 64).

Tablo 64. Arazi kullanım durumuna göre Eİ değerlerine ait duncan testi sonuçları

Örnekleme Noktası	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05		
		1	2	3
S9(94.82%=Orman)	9	82.4444		
S8(84.66%=Orman)	11	115.6182		
S7(71.57%=Orman)	12		181.5583	
S6(66.34%=Orman)	12		188.4250	
S5(65.54%=Orman)	12		221.3750	221.3750
S4(58.02%=Orman)	12			253.5583
S3(56.11%=Orman)	12			262.2000
S2(55.17%=Orman)	12			266.8667
S1(54.65%=Orman)	12			277.3167
Sig.		.259	.203	.091

4. Çözünmüş Oksijen (mg/l)

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre çözünmüş oksijen değerlerinde duncan testinde tek grup oluşmuştur. Bütün noktalar kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 65).

Tablo 65. Arazi kullanım durumuna göre ÇO değerlerine ait duncan testi sonuçları

Örnekleme Noktası	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05
		1
S1(54.65%=Orman)	12	7.9433
S2(55.17%=Orman)	12	8.4125
S3(56.11%=Orman)	12	8.8283
S4(58.02%=Orman)	12	8.9842
S9(94.82%=Orman)	9	9.3944
S6(66.34%=Orman)	12	9.4717
S5(65.54%=Orman)	12	9.9000
S8(84.66%=Orman)	11	9.9582
S7(71.57%=Orman)	12	10.1800
Sig.		.061

5. Çözünmüş Katı Madde (mg/l)

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre çözünmüş katı madde değerlerinde duncan testinde 4 farklı grup oluşmuştur. Orman alanın en fazla olduğu S9 noktası en düşük TDS değerleri grubunda ve tarım alanlarının fazla alan kapladığı noktalar ise en yüksek TDS grubunda yer almıştır. Gruplarda bulunan değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 66).

Tablo 66. Arazi kullanım durumuna göre TDS değerlerine ait duncan testi sonuçları

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05			
		1	2	3	4
S9(94.82%=Orman)	9	70.8000			
S8(84.66%=Orman)	11		108.1109		
S7(71.57%=Orman)	12			162.6025	
S6(66.34%=Orman)	12			166.3508	
S5(65.54%=Orman)	12			186.3383	186.3383
S4(58.02%=Orman)	12				202.8758
S3(56.11%=Orman)	12				205.9742
S2(55.17%=Orman)	12				209.5008
S1(54.65%=Orman)	12				213.6225
Sig.		1.000	1.000	.202	.168

6. Tuzluluk (ppt)

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre tuzluluk değerlerinde duncan testinde 5 farklı grup oluşmuştur. Orman alanlarının en fazla olduğu S9 noktası en düşük tuzluluk değerleri grubunda ve tarım alanlarının fazla yer aldığı noktalar ise en yüksek tuzluluk değerleri grubunda yer almıştır. Gruplarda ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 67).

Tablo 67. Arazi kullanım durumuna göre tuzluluk değerlerine ait duncan testi sonuçları

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
S9(94.82%=Orman)	9	.0544				
S8(84.66%=Orman)	11		.0809			
S7(71.57%=Orman)	12			.1175		
S6(66.34%=Orman)	12			.1250	.1250	
S5(65.54%=Orman)	12			.1367	.1367	.1367
S4(58.02%=Orman)	12				.1483	.1483
S3(56.11%=Orman)	12				.1508	.1508
S2(55.17%=Orman)	12					.1542
S1(54.65%=Orman)	12					.1558
Sig.		1.000	1.000	.165	.069	.192

7. Askıda Katı Madde (mg/l)

Söğütlü Deresi Havzasında arazi kullanım durumuna göre askıda katı madde değerlerinde duncan testinde 4 farklı grup oluşmuştur. Orman alanlarının fazla olduğu noktalar en düşük AKM grubunda, tarım alanlarının en fazla olduğu noktalar ise en fazla AKM grubunda yer almıştır. Gruplarda ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 68).

Tablo 68. Arazi kullanım durumuna göre askıda katı madde değerlerine ait duncan testi sonuçları

Arazi Kullanım	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05			
		1	2	3	4
S9(94.82%=Orman)	9	8.8889			
S8(84.66%=Orman)	11	17.6364	17.6364		
S7(71.57%=Orman)	12	20.8333	20.8333	20.8333	
S6(66.34%=Orman)	11	54.8182	54.8182	54.8182	54.8182
S5(65.54%=Orman)	12	66.7500	66.7500	66.7500	66.7500
S4(58.02%=Orman)	12	69.4167	69.4167	69.4167	69.4167
S3(56.11%=Orman)	12		90.9167	90.9167	90.9167
S2(55.17%=Orman)	12			93.0833	93.0833
S1(54.65%=Orman)	11				96.0000
Sig.		.111	.052	.056	.283

3.2.5. Söğütlü Deresi Su Örneklerindeki Askıda Katı Madde İçerisinde Bulunan Karbon ve Azot Değerlerine İlişkin Bulgular

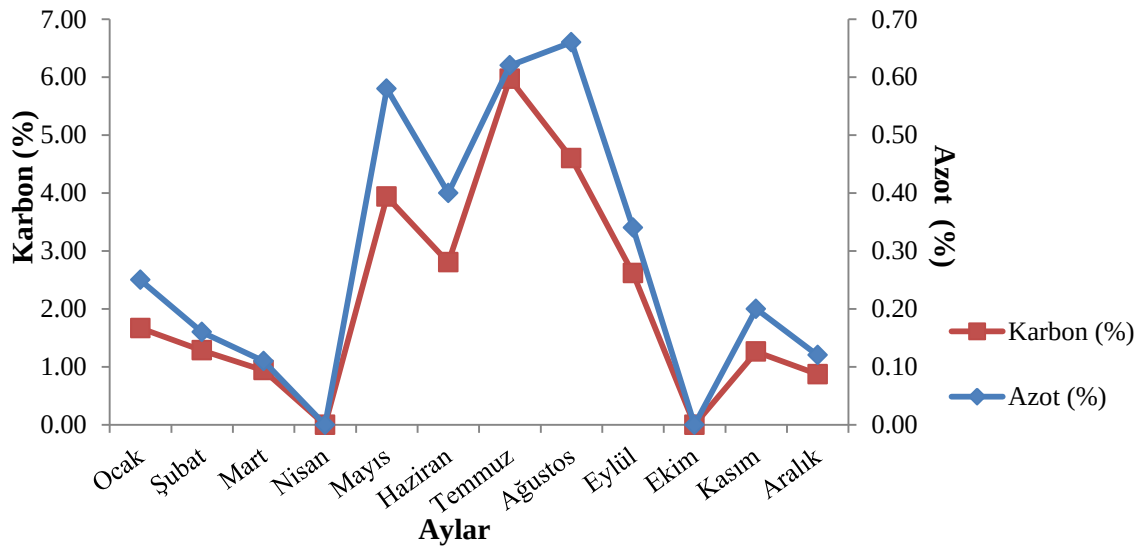
3.2.5.1. Karbon ve Azot Değerlerine İlişkin Bulgular

Söğütlü Deresi havzasında askıda katı madde içerisinde bulunan karbon ve azot miktarını ölçmek için havza çıkışındaki bir noktadan örnekler alınmış ve analizleri yapılmıştır. Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1 noktası göz önünde bulundurulduğunda en düşük azot değeri nisan, ekim ayında ihmal edilebilir sınırlar içerisinde ve mart ayında % 0.11 olarak bulunmuştur. En yüksek azot değeri ise ağustos

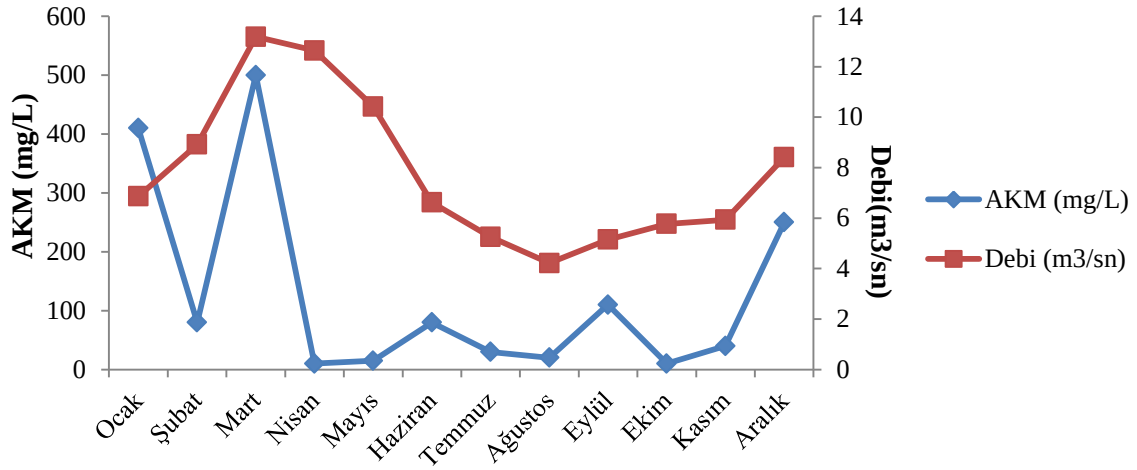
ayında %0.66 olarak bulunmuştur (Tablo 68). En düşük karbon değeri nisan, ekim ayında ihmal edilebilir sınırlar içerisinde ve aralık ayında % 0.87 olarak bulunmuştur. En yüksek karbon değeri ise temmuz ayında %5.97 olarak bulunmuştur (Tablo 69). Genel anlamda değerlendirildiğinde karbon ve azot değerleri soğuk aylarda düşüş eğilimi içerisinde olmuş ve sıcak aylarda tekrar yükselişe geçmiştir (Şekil 89). Debi değerleri ve AKM değerleri arttıkça karbon ve azot değerleri azalış eğilimi göstermiştir (Şekil 90).

Tablo 69. Su örneklerindeki askıda katı madde içerisinde karbon ve azot değerleri (%)

	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Eki.	Kas.	Aral.
Azot (%)	0.25	0.16	0.11	0	0.58	0.40	0.62	0.66	0.34	0.00	0.20	0.12
Karbon (%)	1.67	1.28	0.94	0	3.94	2.80	5.97	4.60	2.62	0.00	1.26	0.87
Debi (m³/sn)	6.86	8.92	13.19	12.64	10.42	6.62	5.25	4.22	5.153	5.77	5.94	8.41
AKM (mg/L)	413	80	497	10	13	77	30	20	110	10	40	253



Şekil 89. Su örneklerindeki askıda katı madde içerisinde karbon ve azot değerleri (%)



Şekil 90. Su örneklerindeki askıda katı madde içerisinde askıda katı madde ve debi değerleri

3.2.5.2. Karbon ve Azot Değerlerine İlişkin İstatiksel Analiz

Çalışmamızdaki karbon, azot, askıda katı madde ve debi değerlerinin örnekleme noktaları göre korelasyon analizleri Tablo 70’te verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre Karbon ve azot değerleri arasında pozitif yönlü kuvvetli ilişki bulunmuştur. Debi değerleri ile azot ve karbon değerleri arasında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Debi değerleri arttıkça askıda katı madde içerisinde bulunan karbon ve azot değerleri azalmaktadır. Debi değerleri ile de askıda katı madde arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur (Tablo 70). Askıda katı madde ile karbon ve azot değerleri arasında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Askıda katı madde değeri arttıkça içerisinde bulunan karbon ve azot değerlerinde bir azalma görülmektedir. Tablo 71’de Söğütlü deresi havzasına ait tahmin edilen ve ölçülen sediment miktarları verilmiştir.

Tablo 70. Örnekleme noktasına ait karbon, azot, debi ve AKM korelasyon analizi

	AKM	Azot	Karbon	Debi
AKM	1			
Azot	-.297	1		
Karbon	-.289	.972**	1	
Debi	.73	-.458	-.458	1

** .01 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

Tablo 71. Söğütlü deresi havzasına ait tahmin edilen ve ölçülen sediment miktarları

Tahmin edilen sediment miktarı (ton yıl⁻¹)	22449.87
Tahmini sediment içinde karbon miktarı (ton yıl⁻¹)	312.95
Tahmini sediment içinde azot miktarı (ton yıl⁻¹)	41.936
Arazide doğrudan ölçülen AKM (ton yıl⁻¹)	12549,82
Arazide AKM içinde karbon (ton yıl⁻¹)	174.96
Arazide AKM içinde azot (ton yıl⁻¹)	23.44

3.3. Söğütlü Deresi Havzası Sel Risk Haritasının Oluşturulması

3.3.1. Sel Risk Parametrelerine İlişkin Bulgular

Sel risk haritasını oluşturan parametreler (yağış, yükselti, eğim, bakı, toprak türü, dereye uzaklık, arazi kullanım) kendi içlerinde çok düşük riskli (1), düşük riskli (2), orta riskli (3), yüksek riskli (4) ve çok yüksek riskli (5) olmak üzere 5 sınıf değerine ayrılmıştır. İlgili parametrelere ait veriler arcGIS ortamında 30x30 hücre boyutunda raster verilere dönüştürülmüştür. Parametreler analitik hiyerarşi yöntemine göre harita oluşturmak için kullanılacak yüzde olarak katkı payları belirlenmiştir. Oluşturulan haritalar “weighted overlay” aracı kullanılarak arcGIS ortamında çakıştırılmış ve sel risk haritası oluşturulmuştur.

3.3.1.1. Yağış

Yağış haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Yağışın 600mm’den düşük olduğu alanlar çok düşük riskli (1), 600-800 mm arasında olduğu alanlar düşük riskli (2), 800-1000 mm olduğu alanlar orta riskli (3), 1000-1200 mm olduğu alanlar yüksek riskli (4) ve yağış verisi 1200 mm’den yüksek olduğu alanlar çok yüksek riskli (5) olarak belirlenmiştir (Şekil 91).

3.3.1.2. Yükselti

Yükselti haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Yükseltinin 500 m’den düşük olduğu alanlar çok yüksek riskli (5), 500-1000 m arasında

olduğu alanlar yüksek riskli (4), 1000-1500 m olduğu alanlar orta riskli (3), 1500-2000 m olduğu alanlar düşük riskli (2) ve yükselti verisi 2000 m'den yüksek olduğu alanlar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 92).

3.3.1.3. Arazi Kullanımı

Arazi kullanım haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Yerleşim ve yapı alanlarının bulunduğu alanlar çok yüksek riskli (5), meyve bahçeleri, karmaşık ekim modeli, tarım, geçiş ormanlık çalı ve seyrek bitki örtüsü alanlar orta riskli (3), çayır ve doğal mera alanları düşük riskli (2) ve yapraklı orman, ibreli orman ve karışık orman alanları çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 93).

3.3.1.4. Eğim

Eğim haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Eğimin 0-5° olduğu alanlar çok yüksek riskli (5), 5-10° arasında olduğu alanlar yüksek riskli (4), 10-20° olduğu alanlar orta riskli (3), 20-30° olduğu alanlar düşük riskli (2) ve eğim verisi 30° yüksek olduğu alanlar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 94).

3.3.1.5. Toprak Türü

Toprak tipi haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Killi toprak türü alanları çok yüksek riskli (5), killi balçık ve kumlu kil toprak türü alanları yüksek riskli (4), balçık toprakları alanları orta riskli (3), kumlu balçık ve kumlu killi balçık toprak türü alanları düşük riskli (2) ve balçıklı kum toprak türü alanları çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 95).

3.3.1.6. Bakı

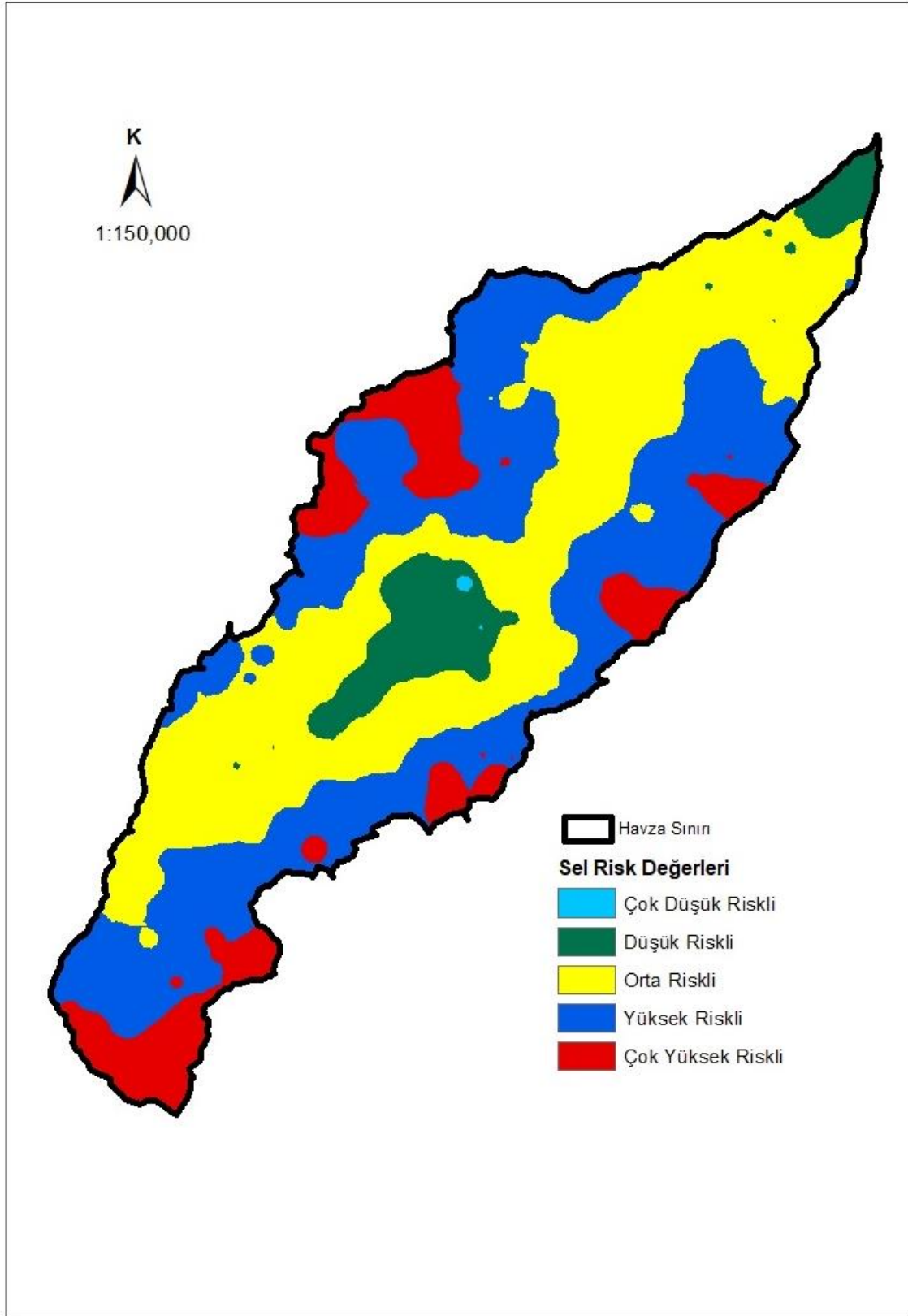
Bakı haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Güney bakılar çok yüksek riskli (5), güneydoğu ve güneybatı bakılar yüksek riskli (4), batı bakılar

orta riskli (3), kuzey doğu, doğu ve kuzeybatı bakılar düşük riskli (2) ve kuzey bakılar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 96).

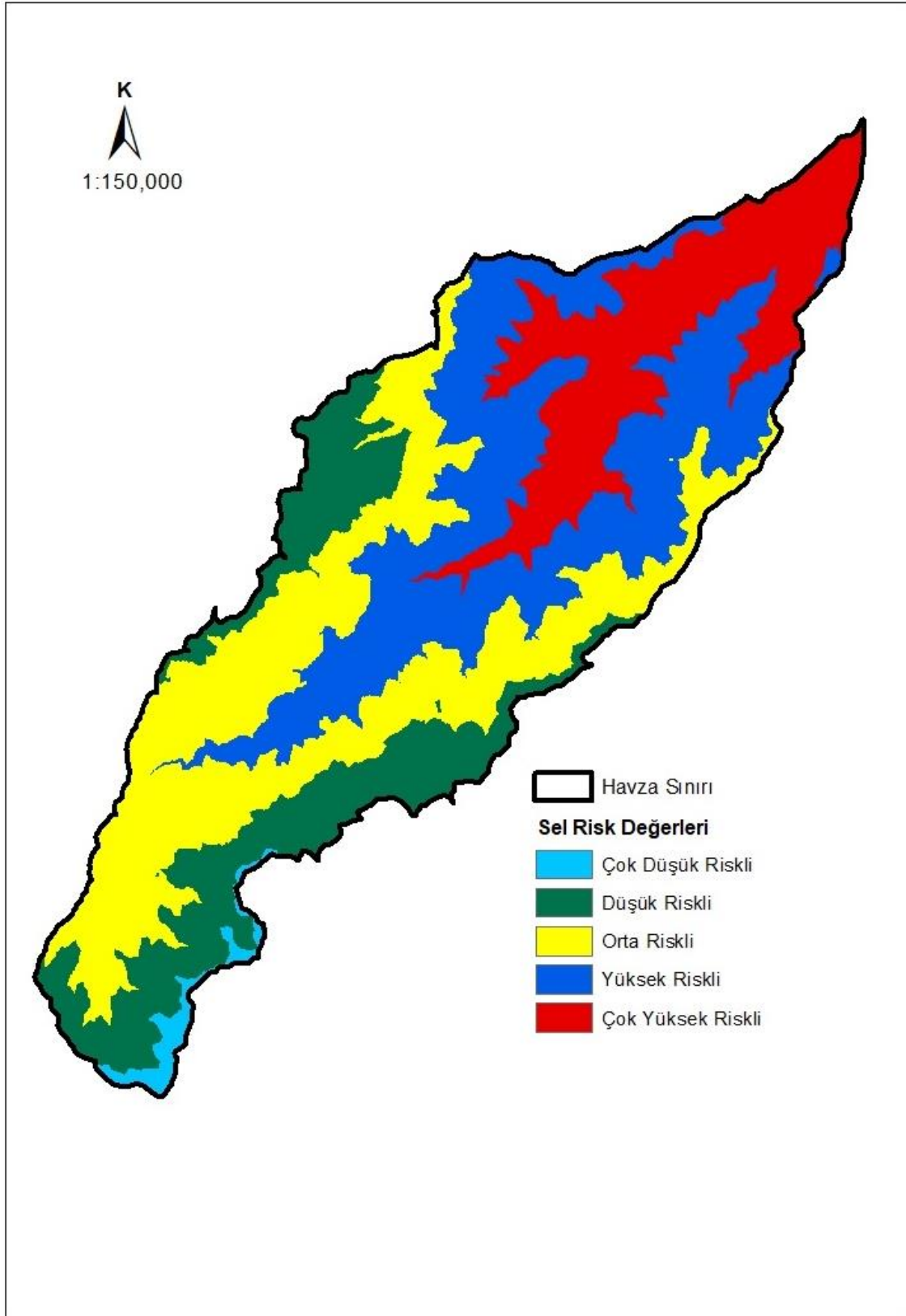
3.3.1.7. Derelere Uzaklık

Derelere uzaklık haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Uzaklığın 0-75 m olduğu alanlar çok yüksek riskli (5), 75-125 m arasında olduğu alanlar yüksek riskli (4), 125-175 m olduğu alanlar orta riskli (3), 175-225 m olduğu alanlar düşük riskli (2) ve 225 m'den yüksek olduğu alanlar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 97).

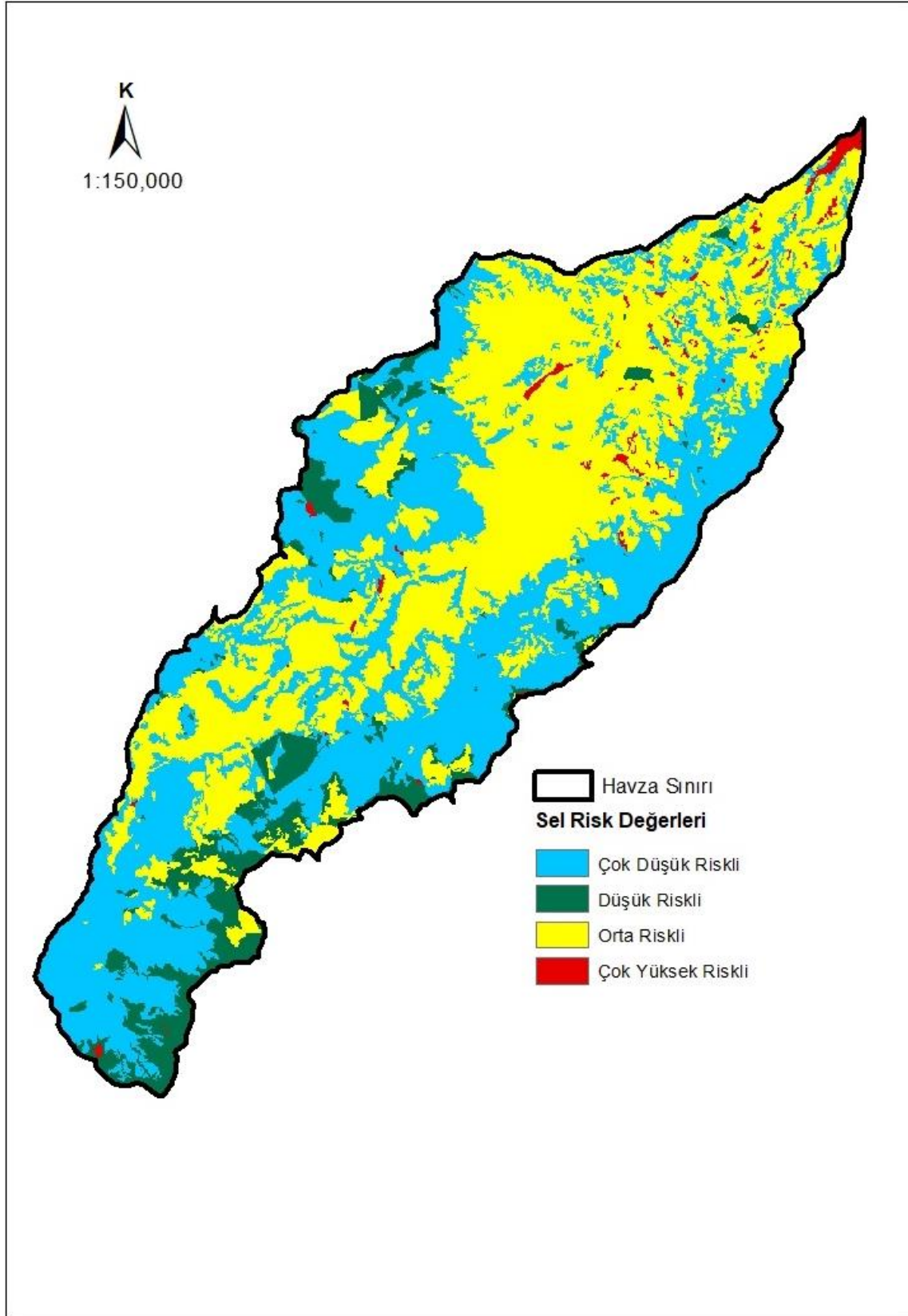




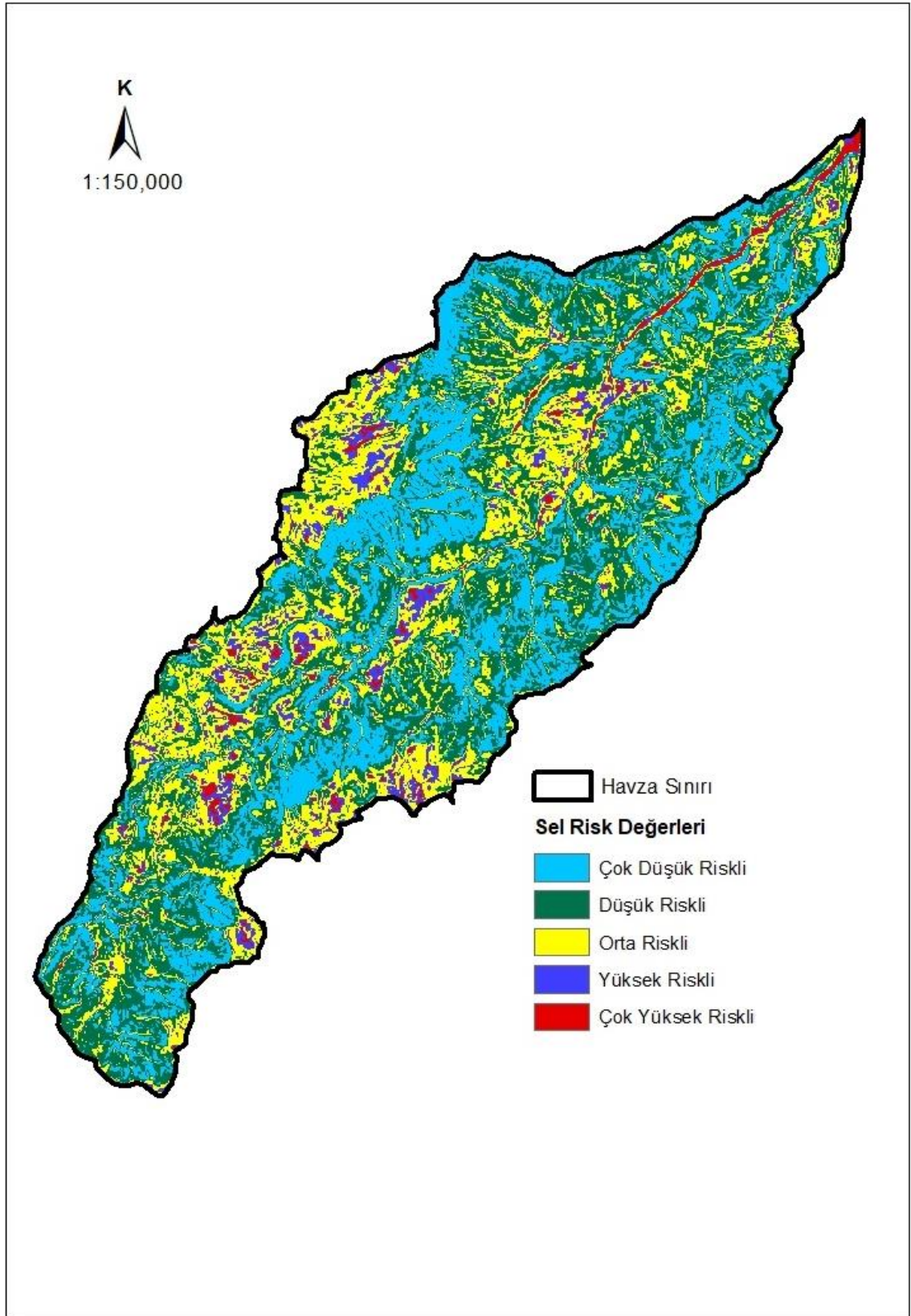
Şekil 91. Söğütlü Deresi havzası yağış verilerine göre sel risk haritası



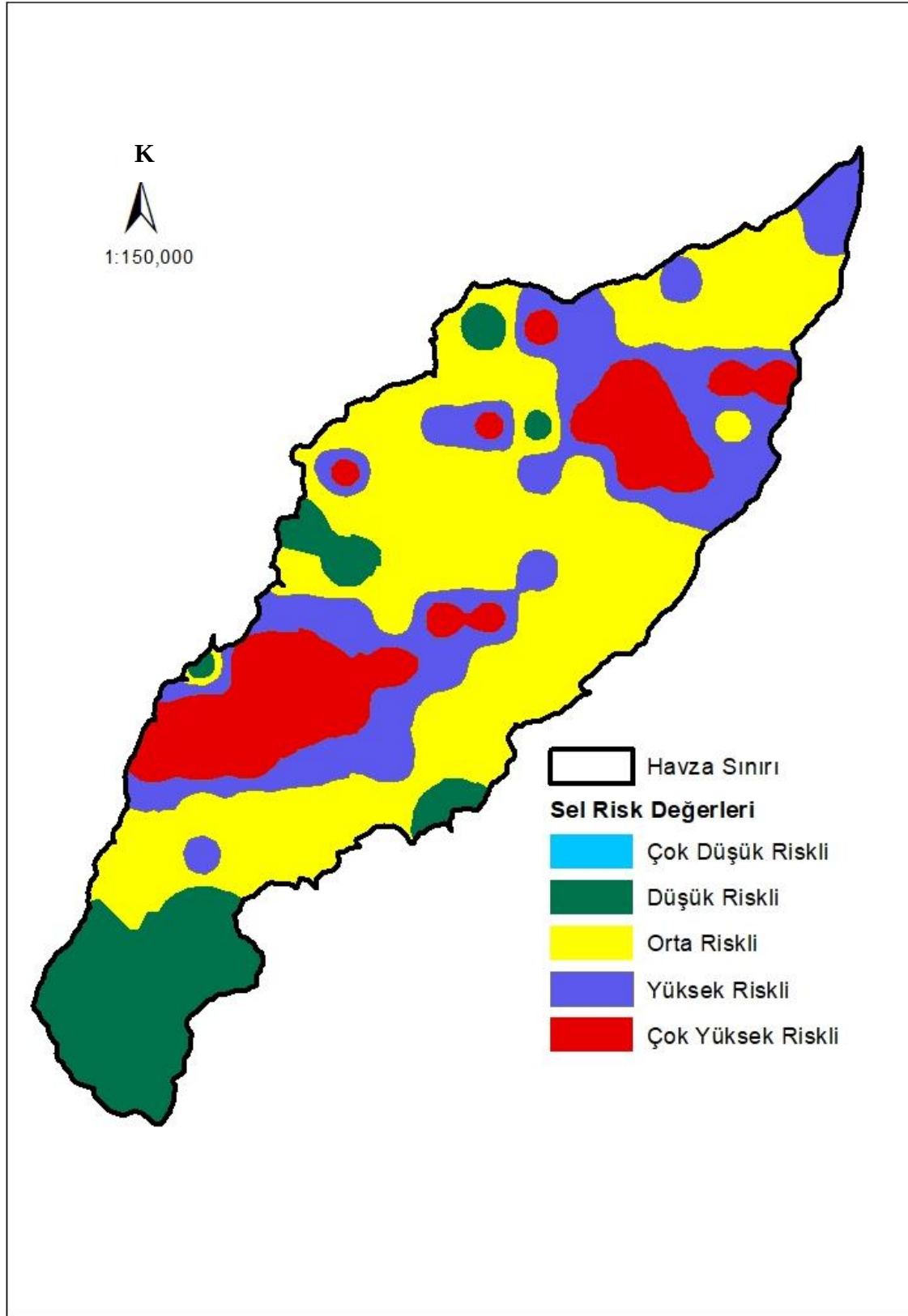
Şekil 92. Söğütlü Deresi havzası yükselti verilerine göre sel risk haritası



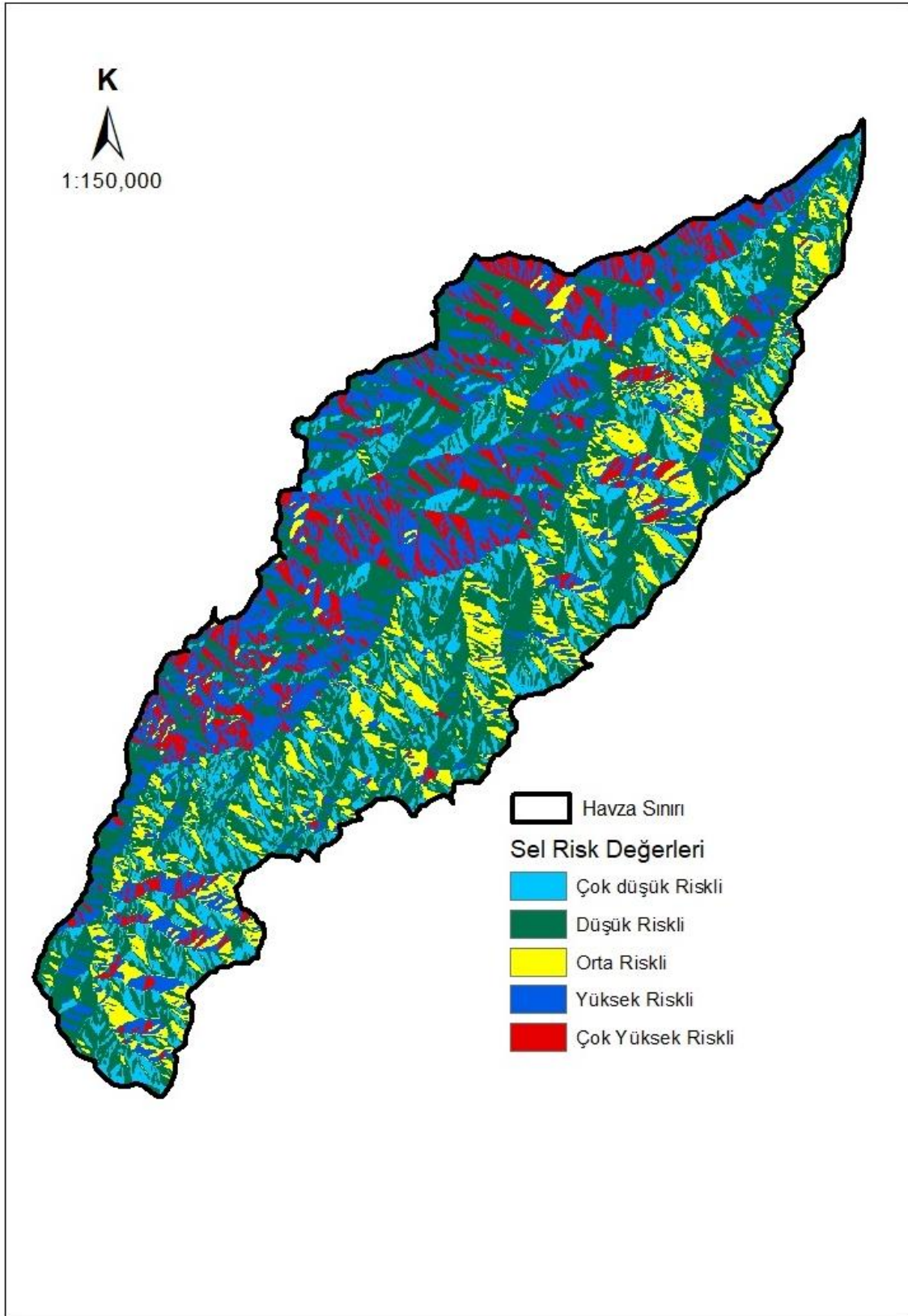
Şekil 93. Söğütlü Deresi havzası arazi kullanım verilerine göre sel risk haritası



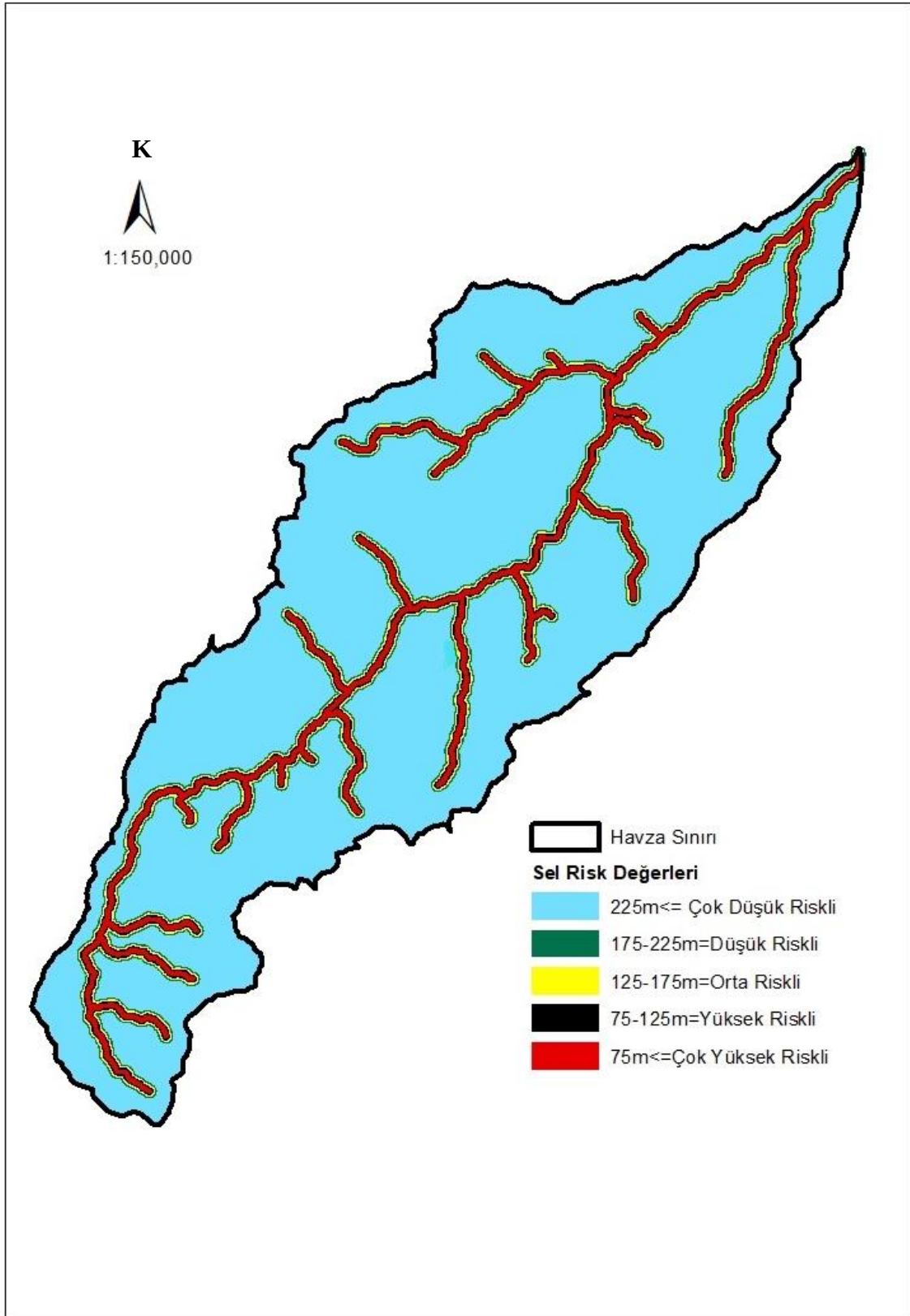
Şekil 94.Söğütlü Deresi havzası eğim verilerine göre sel risk haritası



Şekil 95. Söğütlü Deresi havzası toprak türü verilerine göre sel risk haritası



Şekil 96. Söğütlü Deresi havzası bakı verilerine göre sel risk haritası



Şekil 97. Söğütlü Deresi havzası dereye uzaklık verilerine göre sel risk haritası

3.3.2. Sel Risk Haritasına İlişkin Bulgular

3.3.2.1. Analitik Hiyerarşi Sürecine İlişkin Bulgular

Sel riski haritasını oluşturacak olan parametreler analitik hiyerarşi yöntemine göre önem derecesi baz alınarak ikili karşılaştırmalar yapılmış ve sel risk haritasında oluşturacak ağırlıkları yüzde olarak belirlenmiştir (Tablo 72). İkili karşılaştırma sonucunda en fazla ağırlık değeri dereden uzaklık kriterinde 31.2% olarak, en az ağırlık değeri ise bakı kriterinde 3.2% olarak bulunmuştur (Tablo 73). AHP yöntemine göre sonuçların doğruluğunun kabul edilmesi için tutarlılık oranının %10' dan küçük olması gerekmektedir. Tutarlılık oranı (CR) 3.7% olarak bulunmuştur. Sonuçlarımız sel risk haritasını oluşturmak için kabul edilebilir seviyede olduğu görülmüştür.

Tablo 72. AHP yönteminde önem derecesine göre ikili karşılaştırma

Sıra No	Parametre Karşılaştırması		Parametre Önem Dereceleri								
			Eşit Önemli	Ara sınıf	Orta Önemli	Ara sınıf	Güçlü Önemli	Ara sınıf	cok güçlü önemli	Ara sınıf	Son derece önemli
1	Yagıs	Eğim	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Yagıs	Bakı	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Yagıs	Toprak	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Yagıs	Yükselti	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Yagıs	Bitki örtüsü	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Yagıs	Dereye uzaklık	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Eğim	Bakı	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Eğim	Toprak	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Eğim	Yükselti	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Eğim	Bitki örtüsü	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Eğim	Dereye uzaklık	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Bakı	Toprak	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Bakı	Yükselti	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Bakı	Bitki örtüsü	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Bakı	Dereye uzaklık	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	Toprak	Yükselti	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	Toprak	Bitki örtüsü	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	Toprak	Dereye uzaklık	1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	Yükselti	Bitki örtüsü	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	Yükselti	Dereye uzaklık	1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Bitki örtüsü	Dereye uzaklık	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tutarlılık Oranı (CR) = 3.7 % < 10%, Karşılaştırma sayısı = 21

Tablo 73. Parametreler için elde edilen ağırlıklar

Sıra No	Parametre	Öncelik	(+)	(-)
1	Dereye Uzaklık	31.2%	10.8%	10.8%
2	Bitki Örtüsü	20.2%	6.5%	6.5%
3	Yağış	16.1%	5.6%	5.6%
4	Eğim	13.6%	3.7%	3.7%
5	Yükselti	10.6%	3.3%	3.3%
6	Toprak	5.1%	1.7%	1.7%
7	Bakı	3.2%	1%	1%

AHP parametrelerinin ağırlık değerleri tablo 74 ve 75'te bulunan değerler kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 74. Karşılaştırma Matrisi

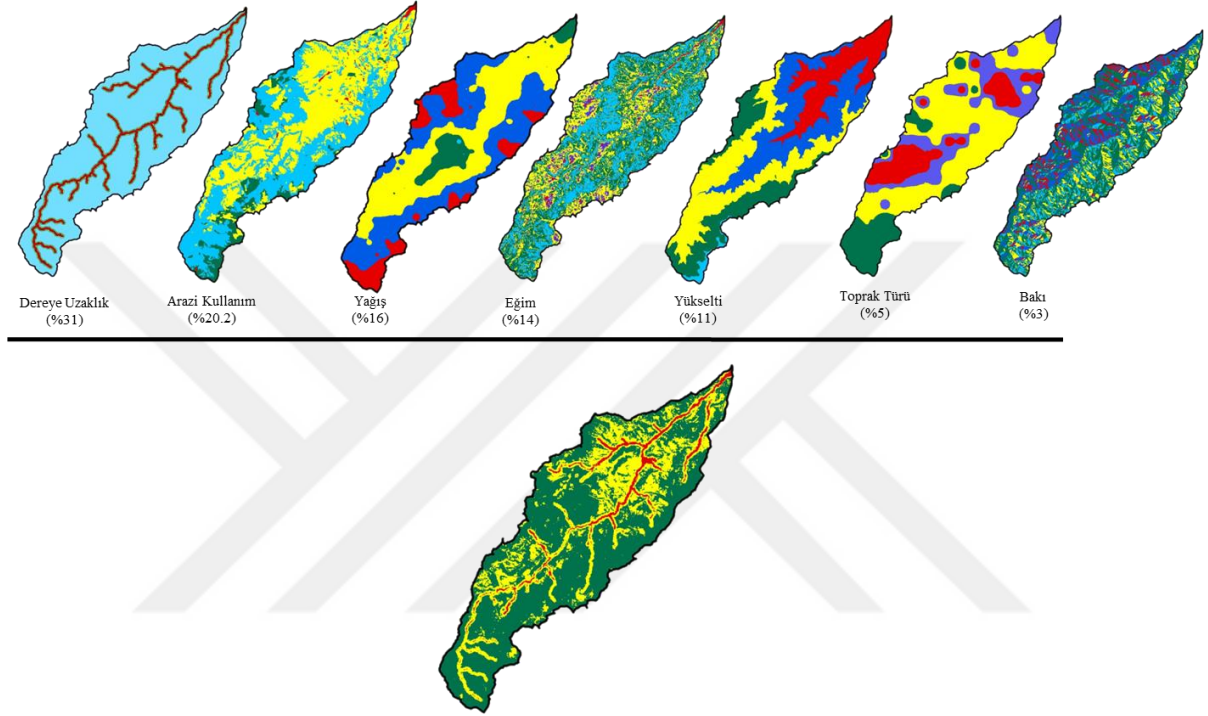
	Yağış	Eğim	Bakı	Toprak	Yükselti	Bitki Örtüsü	Dereye Uzaklık
Yağış	1.00	1.00	8.00	4.00	2.00	0.50	0.33
Eğim	1.00	1.00	4.00	2.00	2.00	1.00	0.50
Bakı	0.12	0.25	1.00	1.00	0.20	0.20	0.11
Toprak	0.25	0.50	1.00	1.00	0.33	0.33	0.25
Yükselti	0.50	0.50	5.00	3.00	1.00	0.50	0.33
Bitki Örtüsü	2.00	2.00	5.00	3.00	2.00	1.00	0.50
Dereye Uzaklık	3.00	2.00	9.00	4.00	3.00	2.00	1.00
Ağırlık Değerleri	16.1%	13.6%	3.20%	5.10%	10.60%	20.2%	31.20%

Tablo 75. Sütun toplamı 1 olan karşılaştırma matrisi

	Yağış	Eğim	Bakı	Toprak	Yükselti	Bitki Örtüsü	Dereye Uzaklık
Yağış	0.13	0.14	0.24	0.22	0.19	0.09	0.11
Eğim	0.13	0.14	0.12	0.11	0.19	0.18	0.17
Bakı	0.02	0.03	0.03	0.06	0.02	0.04	0.04
Toprak	0.03	0.07	0.03	0.06	0.03	0.06	0.08
Yükselti	0.06	0.07	0.15	0.17	0.09	0.09	0.11
Bitki Örtüsü	0.25	0.28	0.15	0.17	0.19	0.18	0.17
Dereye Uzaklık	0.38	0.28	0.27	0.22	0.28	0.36	0.33
Toplam	1	1	1	1	1	1	1
Ağırlık Değerleri	16.10%	13.6%	3.20%	5.10%	10.60%	20.20%	31.20%

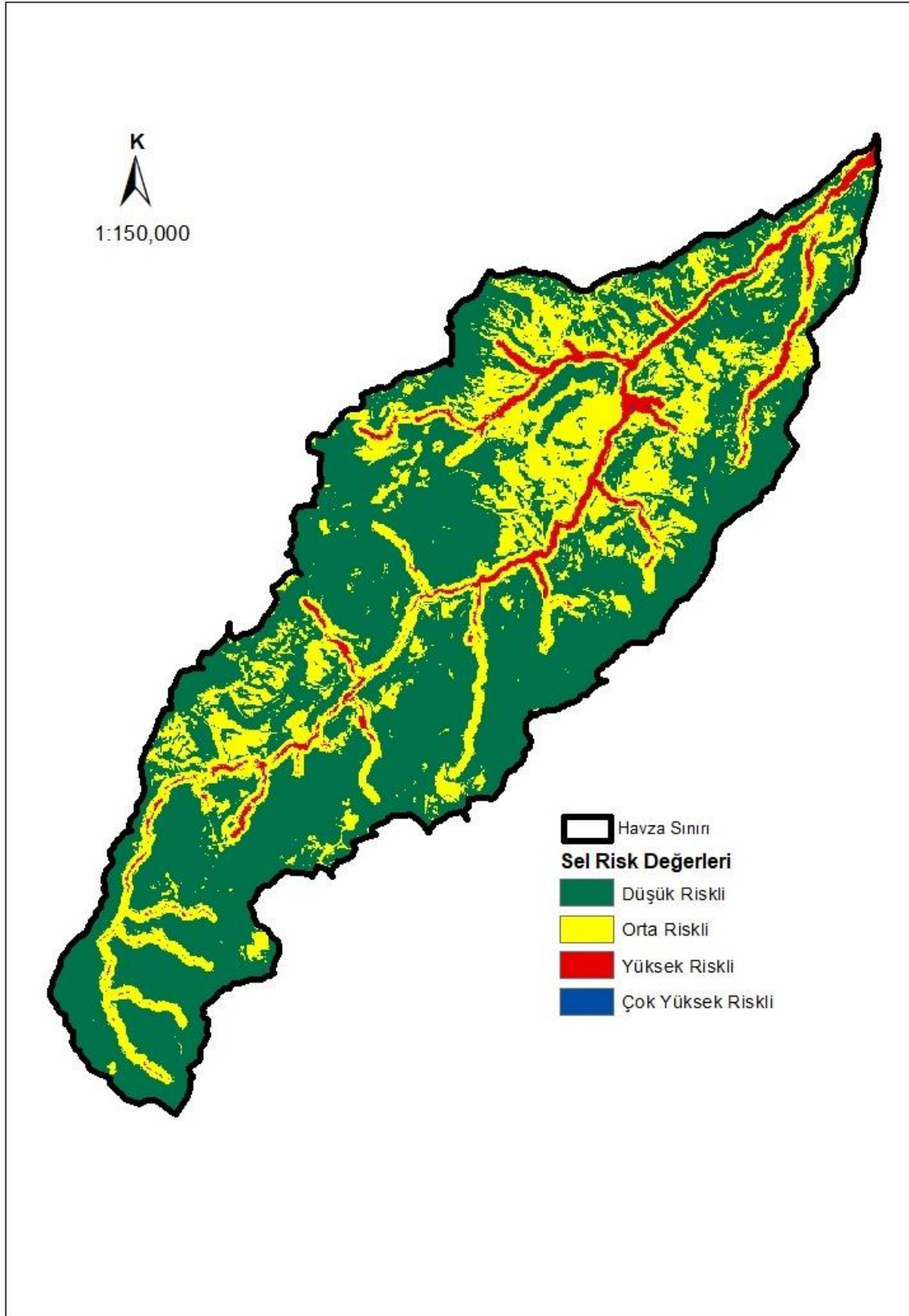
3.3.2.2. Sel Risk Haritasına İlişkin Bulgular

Sel risk parametrelerinin bulunan yüzde değerleri ve raster haritalar arcGIS ortamında “weighted overlay” aracı kullanılarak çakıştırılmış (Şekil 98) ve Şekil 99’daki sel risk haritası elde edilmiştir.



Şekil 98. Sel risk parametreleri raster verilerinin ArcGIS ortamında çakıştırılması

Sel risk haritasına bakıldığında Söğütlü deresi havzasında düşük riskli (2), orta riskli (3), yüksek riskli (4) ve çok yüksek riskli (5) olmak üzere 4 risk sınıfı bulunmuştur. Düşük riskli alanlar 18327.76 ha, orta riskli alanlar 8048.73 ha ve yüksek riskli alanlar 1102.34 ha ve çok yüksek riskli alanlar 2.07 ha alanı kaplamaktadır.



Şekil 99. Söğütlü Deresi havzası sel risk haritası

3.3.3. Sel Risk Parametreleri ve Sel Risk Haritasına İlişkin İstatistiksel Analizler

Çalışmamızda bazı sel risk parametrelerinin havzada meydana gelen sel risk sınıflarına göre aritmetik ortalama, en düşük ve en yüksek değerlerin gösterildiği betimleyici istatistik ve iki değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Sel risk sınıflarına göre değerlerimizde anlamlı farklılık olup olmadığını öğrenmek için tek yönlü varyans analizi ve hangi sel risk sınıfları arasında farklılıklar olduğunu görmek için duncan testi yapılmıştır.

3.3.3.1. Sel Risk Parametreleri Betimleyici İstatistik

Söğütlü Deresi Havzası bazı sel risk Parametreleri ve toprak kaybı değerleri aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistiki değerleri Tablo 76 ve 77’de verilmiştir.

Tablo 76. Bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin örnekleme noktalarına göre betimleyici istatistik sonuçları

	Örnek Sayısı	Min.	Mak.	Ortalama	Standart Sapma
Yağış	123	689.29	1360.56	1016.26	149.87
Eğim	123	.06	45.31	23.78	9.51
Yükselti	123	.06	2046.57	1028.01	522.75
K Değerleri (Toprak Türü)	123	.003	.017	.009	.004
C Değerleri (Arazi Kullanım)	123	.004	.120	.055	.053
Erozyon	123	.001	10.582	1.33017	2.162078

Tablo 77. Bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin sel risk sınıflarına göre betimleyici istatistik

	Sel Risk Değerleri	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Min.	Mak.
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Yağış	Düşük Riskli	68	1041.89	145.47	17.64	1006.68	1077.10	689.29	1360.56
	Orta Riskli	49	984.65	156.27	22.32	939.76	1029.53	721.45	1306.74
	Yüksek Riskli	6	983.90	100.37	40.98	878.57	1089.23	890.95	1131.86
	Toplam	123	1016.26	149.87	13.51	989.51	1043.01	689.29	1360.56
Eğim	Düşük Riskli	68	26.17	7.33	0.89	24.39	27.94	10.25	41.57
	Orta Riskli	49	20.89	11.01	1.57	17.73	24.05	.06	45.31
	Yüksek Riskli	6	20.29	12.28	5.01	7.41	33.18	3.03	36.31
	Toplam	123	23.78	9.51	0.86	22.08	25.48	.06	45.31
Yükselti	Düşük Riskli	68	1204.36	470.71	57.08	1090.43	1318.30	293.18	2046.57
	Orta Riskli	49	842.98	510.74	72.96	696.28	989.68	.06	1987.65
	Yüksek Riskli	6	540.49	388.14	158.46	133.16	947.81	230.19	1244.22
	Toplam	123	1028.01	522.75	47.13	934.71	1121.32	.06	2046.57
K Değerleri (Toprak Türü)	Düşük Riskli	68	0.010	0.003	0.000	0.009	0.011	.003	.017
	Orta Riskli	49	0.007	0.003	0.000	0.006	0.008	.003	.015
	Yüksek Riskli	6	0.006	0.002	0.001	0.005	0.008	.004	.008
	Toplam	123	0.009	0.003	0.000	0.008	0.009	.003	.017
C Değerleri (Arazi Kullanım)	Düşük Riskli	68	0.036	0.047	0.006	0.025	0.048	.004	.120
	Orta Riskli	49	0.074	0.053	0.008	0.058	0.089	.004	.120
	Yüksek Riskli	6	0.117	0.008	0.003	0.108	0.125	.100	.120
	Toplam	123	0.055	0.053	0.005	0.046	0.065	.004	.120
Erozyon	Düşük Riskli	68	0.94	1.46	0.18	0.58	1.29	.002	8.956
	Orta Riskli	49	1.36	2.21	0.32	0.72	1.99	.001	10.582
	Yüksek Riskli	6	5.54	3.90	1.59	1.45	9.63	.299	9.041
	Toplam	123	1.33	2.16	0.19	0.94	1.72	.001	10.582

3.3.3.2. Sel Risk Parametreleri Korelasyon Analizi

Çalışmamızdaki bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı değerleri korelasyon analizleri Tablo 78’de verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre yağış, eğim, yükselti ve K değerleri ile sel risk sınıfları negatif yönde ilişki göstermiştir. Yağış, eğim, yükselti ve K değerleri arttıkça sel risk sınıfları azalmaktadır. Buna karşın C değerleri ve erozyon değerleri ile sel risk sınıfları pozitif yönde ilişki göstermiştir. C ve erozyon değerleri arttıkça sel risk sınıfları da artmaktadır. Tarım alanları ve erozyon değerlerinin arttığı yerlerde sel riskinin de arttığı sonucuna varılmıştır (Tablo 78).

Tablo 78. Söğütlü deresi bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı değerlerinin korelasyon matrisi

	Yağış	Eğim	Yükselti	K Değerleri	C Değerleri	Erozyon	Sel Risk
Yağış	1						
Eğim	.052	1					
Yükselti	.625**	.008	1				
K Değerleri	.479**	.190*	.464**	1			
C Değerleri	-.271**	-.363**	-.389**	-.293**	1		
Erozyon	-.048	.001	-.304**	.117	.504**	1	
Sel Risk	-.179*	-.267**	-.395**	-.375**	.429**	.333**	1

** . 0.01 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

* . 0.05 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

Örnek Sayısı = 123

3.3.3.3. Sel Risk Parametreleri Sel Risk Sınıfına Göre Varyans Analizi

Tablo 79’da tek yönlü varyans analizi ile Söğütlü Deresi Havzasına ait bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybı miktarı değerlerinde arazi kullanım durumlarına göre anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Sel risk sınıflarına göre eğim, yükselti, K değerleri, C değerleri ve toprak kaybı miktarı değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yağış parametresi ile sel risk sınıfları arasında ise anlamlı farklılık bulunamamıştır.

Tablo 79. Söğütlü deresi bazı sel risk parametreleri ve toprak kaybına ilişkin sel risk varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Yağış	Gruplar Arası	99924.391	2	49962.195	2.271	.108
	Gruplar İçi	2640248.815	120	22002.073		
	Toplam	2740173.205	122			
Eğim	Gruplar Arası	869.363	2	434.682	5.129	.007
	Gruplar İçi	10170.118	120	84.751		
	Toplam	11039.481	122			
Yükselti	Gruplar Arası	5218485.343	2	2609242.672	11.135	.000
	Gruplar İçi	28119548.742	120	234329.573		
	Toplam	33338034.085	122			
K Değerleri	Gruplar Arası	.000	2	.000	10.405	.000
	Gruplar İçi	.001	120	.000		
	Toplam	.001	122			
C Değerleri	Gruplar Arası	.064	2	.032	13.595	.000
	Gruplar İçi	.283	120	.002		
	Toplam	.347	122			
Erozyon	Gruplar Arası	116.694	2	58.347	15.435	.000
	Gruplar İçi	453.605	120	3.780		
	Toplam	570.299	122			

3.3.3.4. Sel Risk Sınıfına Göre Duncan Testi

3.3.3.4.1. Yağış

Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıflarına göre yağış değerlerinde duncan testinde tek grup oluşmuştur. Sel risk sınıflarına göre belirlenen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 80).

Tablo 80. Sel risk sınıflarına göre yağış değerleri duncan testi

Sel Risk Değerleri	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05
		1
Düşük Riskli	68	983.9012
Orta Riskli	49	984.6479
Yüksek Riskli	6	1041.8917
Sig.		.320

3.3.3.4.2. Yükselti

Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıflarına göre yükselti değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. Yüksek ve orta riskli sel bölgesi alanları en düşük yükselti grubunda yer almıştır. Düşük riskli sel bölgesi alanları ise en yüksek yükselti grubunda yer almıştır. Gruplarda ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 81).

Tablo 81. Sel risk sınıflarına göre yükselti değerleri duncan testi

Sel Risk Değerleri	Örnek Sayısı	Alt Küme için alfa = 0.05	
		1	2
Yüksek Riskli	6	540.4870	
Orta Riskli	49	842.9794	
Düşük Riskli	68		1204.3633
Sig.		.091	1.000

3.3.3.4.3. Arazi Kullanım

Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıflarına göre arazi kullanım değerlerinde duncan testinde 3 farklı grup oluşmuştur. Orman alanları sel risk sınıfının en düşük grubunda, mera alanları orta grupta ve tarım alanları ise en yüksek sel grubunda yer almıştır (Tablo 82).

Tablo 82. Sel risk sınıflarına göre arazi kullanım değerleri duncan testi

Sel Risk Değerleri	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05		
		1	2	3
Düşük Riskli	68	.03621		
Orta Riskli	49		.07376	
Yüksek Riskli	6			.11667
Sig.		1.000	1.000	1.000

3.3.3.4.4. Eğim

Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıflarına göre eğim değerlerinde duncan testinde tek grup oluşmuştur. Sel risk sınıflarına göre belirlenen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 83).

Tablo 83. Sel risk sınıflarına göre eğim değerleri duncan testi

Sel Risk Değerleri	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05
		1
Yüksek Riskli	6	20.2938
Orta Riskli	49	20.8928
Düşük Riskli	68	26.1686
Sig.		.103

3.3.3.4.5. Toprak Türü

Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıflarına göre toprak türü değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. K değerlerinin yüksek olduğu değerler en düşük sel risk grubunda, K değerlerinin düşük olduğu değerler ise orta ve yüksek sel grubunda yer almıştır. Gruplarda ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 84).

Tablo 84. Sel risk sınıflarına göre toprak türü değerleri duncan testi

Sel Risk Değerleri	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05	
		1	2
Yüksek Riskli	6	.00633	
Orta Riskli	49	.00724	
Düşük Riskli	68		.00978
Sig.		.441	1.000

3.3.3.4.6. Erozyon

Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıfına göre toprak kaybı değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. Düşük erozyon değerleri düşük ve orta riskli sel risk sınıfında yer almıştır. Yüksek erozyon değerleri ise yüksek riskli sel sınıfında yer almıştır. Birinci grupta ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 85).

Tablo 85. Sel risk sınıflarına göre toprak kaybı değerleri duncan testi

Sel Risk Değerleri	Örnek Sayısı	Alt küme için alfa = 0.05	
		1	2
Düşük Riskli	68	.93784	
Orta Riskli	49	1.35951	
Yüksek Riskli	6		5.53700
Sig.		.555	1.000

3.4. Havzanın Topoğrafik ve Hidrolojik Karakteristiklerine İlişkin Bulgular

3.4.1. Havzanın Topoğrafik Karakteristikleri

3.4.1.1. Şekil Karakteristikleri

3.4.1.1.1. Form Faktörü

Havzamızın alanı (A) 274.809 km² ve havzamızın uzunluğu (L) 37.57 km'dir. Form faktörümüz ise 0,2 bulunmuştur. Bu değer 1'den küçük bir değerdir. Havzamız dar ve uzun bir yapı sergilediğini göstermektedir.

3.4.1.1.2. Dairesellik Oranı

Havzamızın alanı (A) 274.809 km² ve havzamızın çevresi (P) 101.324 km'dir. Dairesellik oranımız ise 0.34 bulunmuştur. Havzamız uzun ve heterojen bir yapıya sahiptir.

3.4.1.1.3. Uzama Oranı

Havzamızın alanı (A) 274.809 km² ve havzamızın uzunluğu (L) 37.57 km'dir. Uzama oranımız 0.5 bulunmuştur. Uzama oranı 0.43-0.83 arasında olan havzaların yüksek topografik koşullara sahip oldukları ve dik eğimli oldukları (Panhalkar vd., 2012) anlamına gelmektedir (Görür ve Karadeniz, 2018). Bu da havzamızın dik ve sarp bir yapı sergilediğini göstermektedir.

3.4.1.2. Reliyef-Eğim Karakteristikleri

3.4.1.2.1. Ortalama Eğim

Havzamızın alanı (A) 274.809 km², harita ölçeğine göre birbirini izleyen iki eş yükselti eğrisi arasındaki yükselti farkımız (D) 0.01 km ve havzayı sınırlayan alan içinde kalan eş yükselti eğrilerinin toplam uzunluğu (L) 13275.49 km'dir. Havzamızın ortalama eğimi %48.30 olarak bulunmuştur.

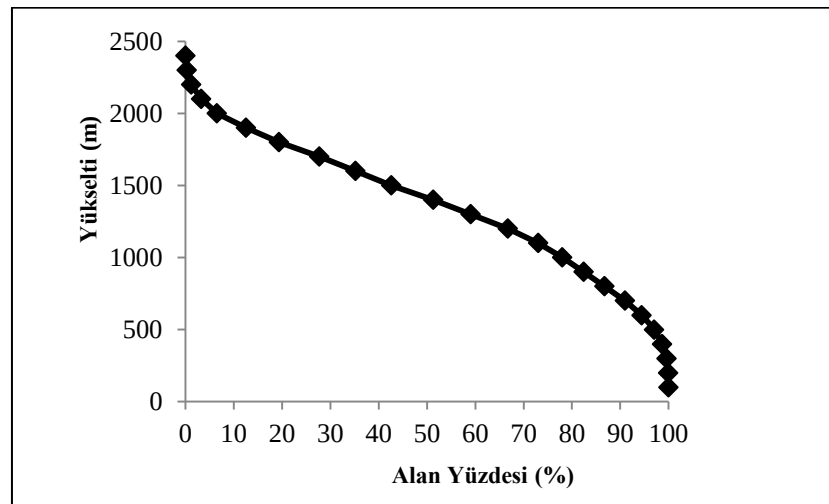
3.4.1.2.2. Ortalama Yükselti

Söğütlü deresi yağış havzasının ortalama yükseltisi hipsometrik eğri yardımıyla iki farklı şekilde bulunmuştur. Tablo 86 ve Şekil 100'de 100'lük sisteme göre ve Tablo 87 ve Şekil 101'de değerler 1'lik sisteme göre değerlendirilmiştir.

Tablo 86. Söğütlü deresi yağış havzası hipsometrik eğri tablosu (100'lük sisteme göre)

No	Eş Yükselti Eğrisi Yüksekliği (m)		Eş Yükselti Eğrileri Arasındaki Alan km ²	A1 X H1 km ²	Toplam alana Oranı	Eklemeli Yüzde %
1	<100	50	2.90	145.00	0.05	100.00
2	100-200	150	6.23	934.50	0.33	99.95
3	200-300	250	10.26	2565.95	0.91	99.62
4	300-400	350	13.49	4720.72	1.67	98.71
5	400-500	450	16.24	7307.72	2.58	97.04
6	500-600	550	17.86	9822.84	3.47	94.46
7	600-700	650	18.57	12070.40	4.26	90.99
8	700-800	750	16.19	12141.20	4.29	86.73
9	800-900	850	14.73	12523.10	4.42	82.44
10	900-1000	950	14.86	14115.50	4.99	78.02
11	1000-1100	1050	16.90	17741.28	6.27	73.03
12	1100-1200	1150	18.97	21810.92	7.71	66.76
13	1200-1300	1250	17.54	21923.82	7.74	59.06
14	1300-1400	1350	18.24	24627.04	8.70	51.31
15	1400-1500	1450	14.37	20832.90	7.36	42.61
16	1500-1600	1550	13.66	21169.40	7.48	35.25
17	1600-1700	1650	14.37	23708.17	8.38	27.77
18	1700-1800	1750	11.05	19333.92	6.83	19.40
19	1800-1900	1850	9.20	17020.67	6.01	12.57
20	1900-2000	1950	4.69	9147.21	3.23	6.56
21	2000-2100	2050	2.88	5907.20	2.09	3.32
22	2100-2200	2150	1.20	2579.26	0.91	1.24
23	2200-2300	2250	0.35	782.01	0.28	0.33
24	2300<	2350	0.06	140.15	0.05	0.05
TOPLAM			274.80	283070.8801	100.00	

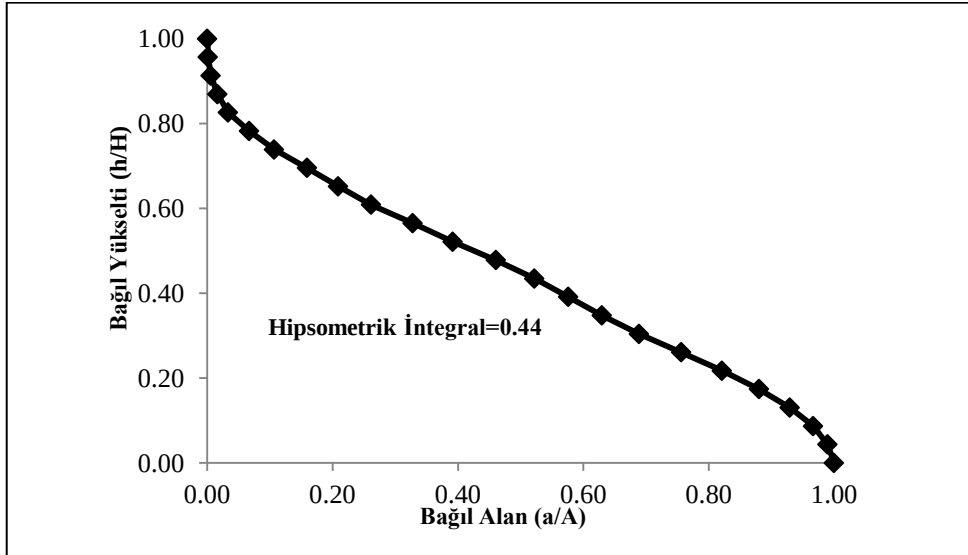
Bu tabloya göre ortalama yükseltimiz 1030.12 m bulunmuştur.



Şekil 100. Söğütlü Deresi yağış havzasının hipsometrik eğrisi (100'lük sisteme göre)

Tablo 87. Söğütlü deresi yağış havzası hipsometrik eğri tablosu (1'lik sisteme göre)

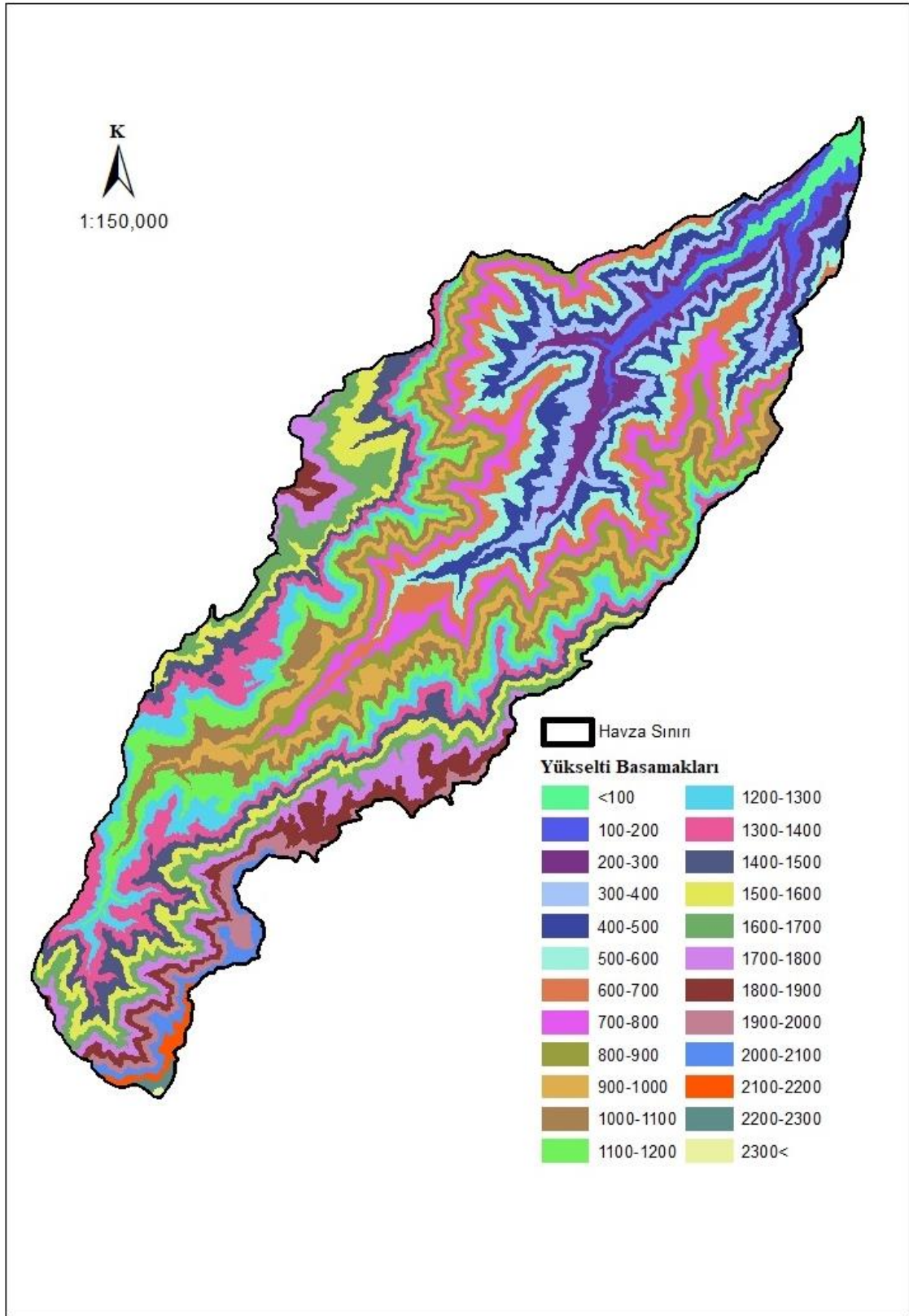
No	Eş Yükselti Eğrisi Yüksekliği (m)		km ²	Eklemleri Alan	a/A		h/H
1	0-100	50	2.90	274.80	1.00	0	0.00
2	100-200	150	6.23	271.90	0.99	100	0.04
3	200-300	250	10.26	265.67	0.97	200	0.09
4	300-400	350	13.49	255.40	0.93	300	0.13
5	400-500	450	16.24	241.91	0.88	400	0.17
6	500-600	550	17.86	225.67	0.82	500	0.22
7	600-700	650	18.57	207.81	0.76	600	0.26
8	700-800	750	16.19	189.24	0.69	700	0.30
9	800-900	850	14.73	173.06	0.63	800	0.35
10	900-1000	950	14.86	158.32	0.58	900	0.39
11	1000-1100	1050	16.90	143.47	0.52	1000	0.43
12	1100-1200	1150	18.97	126.57	0.46	1100	0.48
13	1200-1300	1250	17.54	107.60	0.39	1200	0.52
14	1300-1400	1350	18.24	90.06	0.33	1300	0.57
15	1400-1500	1450	14.37	71.82	0.26	1400	0.61
16	1500-1600	1550	13.66	57.45	0.21	1500	0.65
17	1600-1700	1650	14.37	43.80	0.16	1600	0.70
18	1700-1800	1750	11.05	29.43	0.11	1700	0.74
19	1800-1900	1850	9.20	18.38	0.07	1800	0.78
20	1900-2000	1950	4.69	9.18	0.03	1900	0.83
21	2000-2100	2050	2.88	4.49	0.02	2000	0.87
22	2100-2200	2150	1.20	1.61	0.01	2100	0.91
23	2200-2300	2250	0.35	0.41	0.00	2200	0.96
24	2300-2400	2350	0.06	0.06	0.00	2300	1
TOPLAM			274.80				



Şekil 101. Söğütlü Deresi yağış havzasının hipsometrik eğrisi (1'lik sisteme göre)

Hipsometrik integral değeri bize havzamızın fiziki durumu hakkında fikir vermektedir. Hipsometrik integral değerimiz 0.44 olarak hesaplanmış ve havzamız olgun yapı gösterdiği ortaya çıkmıştır. Şekil 102’de yükselti basamaklarında (Tablo 86-87) bulunan alanlar kullanılarak havzamızın yükselti basamaklarına göre hipsometrik eğri haritası oluşturulmuştur.





Şekil 102. Söğütlü Deresi yağış havzasının hipsometrik eğri alanı haritası

3.4.2. Havzanın Hidrolojik Karakteristikleri

3.4.2.1. Ana Dere Eğimi

Söğütlü deresinin ana dere uzunluğu 48.14 km'dir. Ana dere eğimimiz % 3 bulunmuştur.

3.4.2.2. Dere Sayısı

Söğütlü deresinde toplam 547 tane dere vardır (Tablo 88). Şekil 103'de Solaklı deresinin dere sıraları gösterilmektedir.

Tablo 88. Söğütlü deresi yağış havzasının dere sırası ve dere sayısı

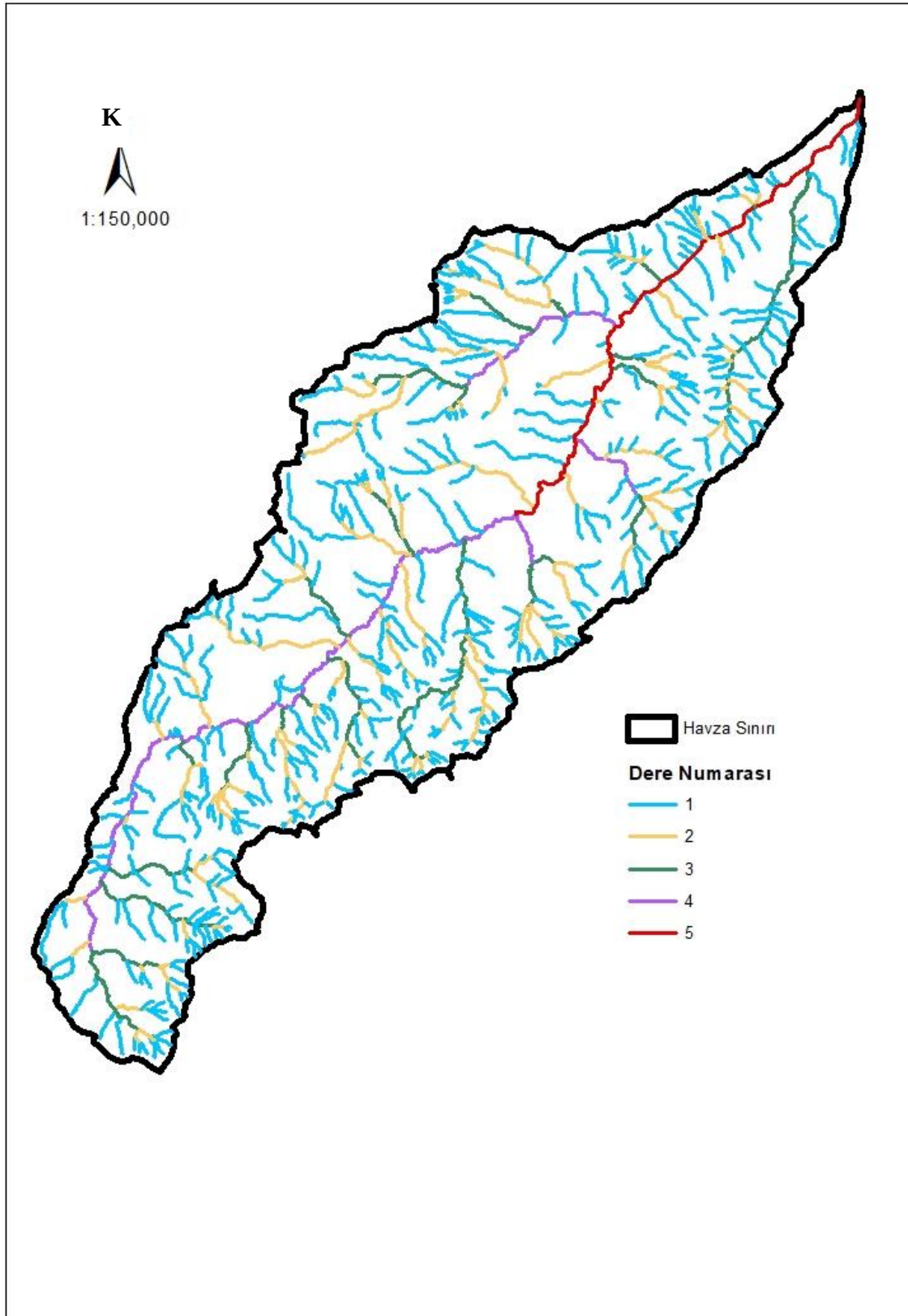
Dere Sırası	Dere Sayısı
1	424
2	94
3	24
4	4
5	1
Toplam	547

3.4.2.3. Dere Sıklığı

Havzamızın alanı (A) 274.809 km² ve toplam dere sayımız (N_s) 547'dir. Dere sıklığımız ise 1.99 bulunmuştur. Genel anlamda değerlendirildiğinde dere sayımız düşük çıkmıştır ve bu da ortamın geçirgen olduğunu göstermektedir.

3.4.2.4. Drenaj Yoğunluğu

Havzamızın alanı (A) 274.809 km² ve devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunluğu (km) (D_y) 269.5 km'dir. Drenaj yoğunluğumuz 0.98 km/km² olarak bulunmuştur.



Şekil 103. Söğütlü Deresi yağış havzasının dere sırası

3.4.2.5. Konsantrasyon Zamanı

Yüzeysel akışın maksimum uzunluğu 49662 m ve havzanın en uzak noktası ile dere akımının havzayı terk ettiği nokta arasındaki yükselti farkı 2342 m'dir. Havzamızın eğimi % 48,30'dur. Konsantrasyon zamanımız ise 65.58 dk bulunmuştur.



4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il sınırları içerisinde yer alan Söğütlü Deresi yağış havzasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Söğütlü deresi havzasında toprak erozyonu miktarı, sediment iletim oranı, arazi kullanımının ve toprak erozyonunun bazı su kalite parametrelerine olan etkisi, dereye ulaşan askıda katı madde miktarı içerisinde C ve N değerlerinin belirlenmesi ve Söğütlü deresi havzasının erozyon-sel risk haritasının oluşturulması amaçlanmıştır.

Havzada toprak erozyon miktarını belirlemek için RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Bu modelde yer alan R faktörü için yerel meteoroloji istasyonundan alınan değerler, K faktörü için havzada 123 noktada toprak örnekleri alınıp analizleri yapılmış, C faktörü için CORINE 2012-2018 verileri ile amenajman planı haritasındaki arazi kullanım verileri kullanılmıştır.

Havzada oluşan ve dereye ulaşan toprak erozyonunun ve arazi kullanımının su kalitesi üzerine ne gibi etkisinin olduğunu ortaya koymak için bazı su kalite parametrelerinin 12 ay boyunca aylık değişimi araştırılmıştır. Çalışma Ağustos 2019 – Temmuz 2020 tarihleri arasında bir yıl süreyle her ay ayın ortasında ölçüm yapılacak şekilde yürütülmüştür. Bunun için ana dere üzerinden havzanın arazi kullanım durumlarına göre havzanın memba kısmından 3 tane, orta kısmından 3 tane ve mansap kısmından 3 tane olmak üzere toplam 9 (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9) nokta seçilmiştir. Her bir noktada sıcaklık (°C), pH, elektriksel İletkenlik (mS/cm), çözünmüş oksijen (mg/lt), tuzluluk (ppt), çözünmüş katı madde (mg/lt) parametreleri YSI Professional Plus cihazı ile arazide doğrudan ve askıda katı madde değeri ise laboratuvar ortamında ölçülmüştür. Ayrıca askıda katı madde miktarı içerisinde bulunan C ve N değerlerini ölçmek içinde havzanın denizle birleştiği noktadan (S1) su örnekleri alınmış ve laboratuvar ortamında C ve N analizleri yapılmıştır.

Sel risk haritasının oluşturulmasında yağış, eğim, bakı, yükselti, toprak türü, dereye uzaklık ve arazi kullanım raster haritaları kullanılmıştır. Havzaya ait erozyon-sel risk haritasının oluşturulmasında ArcGIS 10.0 yazılımından faydalanılmıştır.

4.1. RUSLE Parametreleri ve Erozyon Risk Haritası

4.1.1. Yağış Erozivite Faktörü (RUSLE-R)

R değeri yağışın toprak erozyonu oluşturma gücünü yani yağışın yoğunluğuna ve enerjisine bağlı olarak yağışın toprağı parçalama gücüdür (Depountis vd., 2018). R değeri yağışın çarpma enerjisi ile birlikte parçalanarak ve yüzeysel akışla taşınacak toprağın erozyona yatkınlığını nicel olarak ifade eder (Bera, 2017; Kalambukattu ve Kumat, 2017; Setyewan ve Prawitasari, 2017). R değerinin artmasıyla toprak yüzeyini koruyucu bir örtü bulunmadığı taktirde toprağın erozyona dayanıklılığı yüksek olsa bile toprağın erozyona uğrama eğilimi artmaktadır.

R faktörü hesaplanmasında, yağış miktarlarının uzun vadeli verilerini gerektirir. Söğütlü deresi havzasında plüviyograf kayıtları bulunmadığından R faktörünün hesaplanmasında Trabzon 11. Meteoroloji Müdürlüğünden alınan aylık toplam yağış verileri kullanılarak Modifiye Fournier İndeksi (MFI) kullanılmıştır (Nijimbere ve Lizana, 2019; Oğuz vd., 2019). Nijimbere ve Lizana, 2019 yılında yaptıkları çalışmada ortalama 20 yıllık yağış dönemi verilerini kullanmışlardır. Kalambukattu ve Kumat, 2017 yılında yaptıkları çalışmada 23 yıllık yağış verileri kullanılarak R faktörü oluşturulmuştur. Sunulan tezde uzun yıllar ölçümler yapılmadığı için son 5 yıllık yağış verileri kullanılmıştır (Fu vd., 2004; Prasannakumar vd., 2011; Ganasri ve Ramesh, 2015). R değerlerinin hesaplanmasında ampirik denklemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Kalambukattu ve Kumat, 2017). Çalışma alanındaki R değerinin hesaplanması için ülkemizde kullanılan R faktörü denklemi kullanılmıştır.

R değerlerinin hesaplanması bölgeden bölgeye iklimden iklime sıcaklık ve yağış farklılıkları görüldüğü için R değeri hesaplamaları değişiklik göstermektedir. Tropikal yağışlı iklimlerde, Tropikal yağış ve kurak iklimlerde, Yarı Kurak veya step iklimlerde, nemli subtropikal iklimlerde, Alp iklim bölgeleri ve akdeniz iklim bölgelerinde RUSLE-R hesaplanmalarında kullanılan denklemler farklılık gösterir (Ghosal ve Bhattacharya, 2020). Her bölge kendi alanına ait R değerlerini hesaplayarak erozyon miktarını hesaplamada o değeri kullanmaktadırlar. Sunulan tez çalışmasında Demirci ve Karaburun (2012) ile Tüfekçioğlu ve Yavuz (2016)'ın Türkiye için belirttikleri denklem kullanılarak R değerleri hesaplanmış ve enterpolasyon yoluyla havza alanına uygulanmıştır (Kumar vd., 2019). Havza alanına ait R değerleri $57.26 - 391.05 \text{ MJha}^{-1}\text{yıl}^{-1}\text{mmsaat}^{-1}$ arasında değişim

göstermektedir. R değeri ortalama olarak $220.656 \text{ MJha}^{-1}\text{yıl}^{-1}\text{mm h}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Havza alanına ve yapısına bakıldığında R değerlerimiz genellikle dalgalı bir yapı göstermektedir. Yağışın yüksek olduğu kesimlerde R değerleri yüksek çıkmış alçaldığı kesimlerde ise R değerimiz düşük çıkmıştır (Tosic vd., 2013; Fathizad, vd. 2014). Havza alanının orta kısmından başlayarak güney batı yönünde ve havzanın mansap kısmından Söğütlü deresinin çıkış kısmına doğru R değerleri düşük değerler alırken, havzanın dağlık bölgelerinde yükseltinin yüksek olduğu kısımlarda R değerleri yüksek değerler almıştır (Şekil 45). Ghenim ve Megnounif (2013) yaptıkları çalışmada aylık yağış verilerine dayanılarak oluşturulan yağış erozivite haritasında R değerleri güneybatıdan kuzeybatıya doğru yatay bir düşüş gerçekleşmiştir. R'nin değerleri 212.32 ile 146.73 arasında değişmiştir. Bu düşüşün güneybatı kesiminde 2600 m ve batı kesimde 0 m yükseklikteki rakım farklılıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yıllık yağışın yükseltinin fonksiyonu olarak bir artış olduğunu ve yükseltide 100 m başına ortalama 54 mm'lik bir yağışın arttığını bildirmişlerdir (Ghenim ve Megnounif 2013; Bouderbala vd., 2018; Çepel, 1995). Yükselti ve yağış miktarı attıkça R değerleri de artmaktadır (Fathizad vd., 2014; Depountis vd., 2018; Fayas vd., 2019). Oğuz vd., (2019) Tokat'ta yaptıkları çalışmada aylık yağış verilerini kullanarak R faktörü ve MFI değerleri arasında regresyon analizi yapmışlar ve yüksek seviyede ilişki bulmuşlardır. Ortalama R değerini ise 415.32 olarak bulmuşlardır. Fayas vd., 2019 yılında Kalani nehri havzasında yaptıkları çalışmada R faktörünün ortalama yıllık yağış değişimini takip ettiğini bildirmişlerdir. Havza üzerindeki uzun vadeli ortalama yıllık yağış 2220 ila 4236 mm arasında değiştiği bulunmuştur. Buna bağlı olarak R faktörünün 232.37 ile $431.20 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değiştiğini ve ortalama $325.72 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ sa}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olduğunu bulmuşlardır. Havzanın orta kısmında yüksek yağışlardan dolayı toprağın erozyona duyarlılığı daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir. Depountis vd., 2018 yılında yaptıkları çalışmada özellikle çalışma alanının doğu kesiminde, daha yüksek rakımlarda R faktörünün yükseldiği sonucuna varmışlardır. Tüfekçioğlu ve Yavuz 2016 yılında Yusufeli mikro havzasında yaptıkları çalışmada R değerini 6 ile 155 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Bu çalışmada düşük gruptaki R değerlerinin yükseltinin düşük olduğu alanlarda ve yüksek grupların ise yükseltinin arttığı kısımlarda bulmuşlardır. Reis vd., 2017'de yaptığı çalışmada R değerlerinin 354.408-499.813 arasında bulmuşlardır. R değerlerinin yükselti ve yağış değerleriyle arttığı ve yükselti ile yağış değerleri azaldıkça R faktörünün azaldığını bildirmişlerdir. Sunulan çalışmada bulduğumuz sonuçlar yapılan çalışmalarla uyumluluk göstermektedir.

Yapılan çalışmalar yağışın toprak erozyonu için hassas faktörlerden biri olduğunu göstermiştir (Dabral vd., 2008; Ganasri ve Ramesh, 2016; Özdemir ve Tatar, 2016; Kumar vd., 2019). Genel olarak değerlendirildiğinde yapılan çalışmalara bakıldığında R değerlerimizin toprak erozyonu oluşturma etkisi yüksek çıkmıştır. Ancak, bu faktörün Söğütlü deresi havzasına göre erozyon oluşturma ihtimali diğer RUSLE parametrelerin etkilerine göre değişim göstermektedir (Ghenim ve Megnounif 2013; Tosic vd., 2013). Çalışma alanında R değerinin yüksek çıktığı alanlar bitki örtüsünün genellikle gür ve C değerinin düşük olduğu alanlardır. Yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre C ile R değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur. C değerleri arttıkça R değerleri bir azalış eğilimi göstermektedir. Orman ve mera alanlarının bulunduğu alanlarda R değerleri yüksek, tarım alanların bulunduğu alanlarda ise R değeri düşüktür. Arazi kullanım değerleri ile R değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Tarım ve ormanlık alanlar en düşük RUSLE-R grubunda ve mera alanları ise en yüksek RUSLE-R grubunda yer almıştır. Arazi kullanımına göre R değerlerine bakıldığında en fazla R değeri yükseltinin yüksek olduğu mera alanlarında (269.520), daha sonra orman alanlarında (226.947) ve en düşük R değerleri ise düşük yükseltilerin yoğunlaştığı tarım alanlarında (202.591) meydana gelmiştir. R değerinin düşük çıktığı alanlarda genellikle toprak erodobilitesi değeri olan K değerlerinin de düşük çıktığı yani erozyona dayanıklı bulunan toprak yapısından olduğu bulunmuştur. Korelasyon analizlerine göre R ile K değerleri arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon çıkmıştır.

4.1.2. Toprak Erozyon Duyarlılığı (RUSLE-K)

Toprak erodobilite faktörü yağışın ve yüzeysel akışın aşındırıcı etkisine karşı toprağın göstermiş olduğu direnci ifade etmektedir (Özdemir ve Tatar, 2016; Kumar vd., 2019; Fayas vd., 2020). Başka bir ifadeyle toprağın erozyona duyarlılığını ve toprak agregatlarının taşınabilirliğini temsil eder (Ganasri ve Ramesh, 2015). Toprak erodobilite değeri toprağın kum, toz ve kil yüzdelere, organik madde içeriğine, nem içeriğine ve geçirgenliğine göre farklılık göstermektedir (Lee ve Lee, 2010; Ibrahim vd., 2012; Ganasri ve Ramesh, 2015). K değerleri 0 ile 1 arasında değişiklik göstermektedir. Toprak erodobilite değerleri sıfıra yaklaştıkça toprak erozyonuna daha az yatkındır ve aşındırıcı özelliği azdır (Ibrahim vd., 2012; Ganasri ve Ramesh, 2015; Kumar vd., 2019). 1'e

yaklaştıkça toprak daha fazla erozyona maruz kalmaktadır (İbrahim vd., 2012; Ganasri ve Ramesh, 2015).

Söğütlü deresi havzasında K değerleri enterpolasyon yoluyla havza alanına yayılmıştır. Araziden doğrudan alınan toprak örneklerine göre bulunan RUSLE-K değerlerinde 0.003 ile 0.018 arasında değişim göstermiş ve duyarlılık sınıfına göre 3 farklı erozyon duyarlılık grubu oluşmuştur. Düşük yani çok az aşınabilir gruptaki K değerleri havzanın mansap kısmında ve havzanın güneybatı kısmında alçak yükseltilerinde yer almıştır. Genellikle tarım alanları bu gruplarda yoğunlaşmıştır. Az aşınabilir gruptaki K değerleri havza alanının yaklaşık %66'lık bir kısmını oluşturmaktadır. Bu grubun çoğunluğu orman ve mera alanlarından oluşmaktadır. Yüksek gruptaki K değerleri genellikle orman ve mera alanlarının bulunduğu kısımda yer almaktadır. Arazi kullanım değerleri ile K değerleri arasında ise varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Orman ve mera alanları en yüksek RUSLE-K grubunda ve tarım alanları ise en düşük RUSLE-K grubunda yer almıştır. Arazi kullanımına göre K değerlerine bakıldığında en yüksek K değeri mera alanlarında (0.011), daha sonra orman alanlarında (0.009) ve en düşük K değerleri ise düşük yükseltilerin yoğunlaştığı tarım alanlarında (0.007) meydana gelmiştir. Yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre C ile K değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur. K değerleri arttıkça C değerleri bir azalış eğilimi göstermektedir. Toprak yapısı ve türü dışında arazi kullanımı bir başka önemli faktördür. Çalışma alanının mansap kısmında ve havzanın orta kısmından başlayarak güneybatı kısmına gidildikçe yoğun tarım ve kentleşme mevcuttur. Bu uygulamalar genellikle permeabilite, infiltrasyon, agregat stabilitesi gibi toprağın fiziksel özelliklerinin bozulmasına sebep olur ve organik madde miktarını azaltır (Tosic vd., 2013). Bu da toprağın erozyona duyarlılığını ve toprak erozyonunun artmasına sebep olur. Havzanın batı, doğu, güneybatı ve güneybatı bölümlerinin üst kesimleri dağlık yapıda, çoğunlukla daha yüksek rakımlara, mera ve orman bitki örtüsüne sahiptir. Orman topraklarının üstünde ölü örtü tabakasının olması, toprakların organik madde kapasitesinin yüksek olması, toprağın permeabilitesi ve infiltrasyon özelliklerinin iyi bir su-hava döngüsüne sahip olmasından dolayı bu da toprak erozyonunu önleyici etki yapabilmektedir (Tosic vd., 2013).

R değerinin düşük çıktığı alanlarda genellikle toprak erodobilitesi değeri olan K değerlerinin de düşük çıktığı yani erozyona dayanıklı bulunan toprak yapısından olduğu bulunmuştur. Korelasyon analizlerine göre R ile K değerleri arasında pozitif yönde güçlü

bir korelasyon çıkmıştır. Yapılan analizlere göre eğim dikliği ve uzunluğu faktörünün artmasıyla K değerlerimizde de artış gözlemlenmiştir. LS ile K değerleri arasında pozitif yönlü korelasyon çıkmıştır. LS değerleri arttıkça K değerleri de artmaktadır. Özdemir ve Tatar 2016 yılında yaptıkları çalışmada erozyona dayanıklılığı az olan kahverengi orman topraklarının olduğu kısımlarda eğimin yüksek olduğu alanlarda erozyon riskinin yüksek çıktığını bulmuşlardır. Dağlık alanların yeterli orman örtüsünün olmadığı alanlarda erozyon riski yüksektir. Buna karşın eğimin düşük olduğu yerlerde kahverengi orman toprakları olmasına rağmen erozyon riski açısından düşük değerlerde bulunduğunu belirtmişlerdir. Yapılan korelasyon analizine göre K değerleri arttıkça toprağın erozyon miktarı da artış eğilimi göstermiştir. Yapılan çalışmalarda da K faktörü toprak erozyonuyla doğru orantılı olarak artış gösterdiği belirtilmektedir (Samanta 2016; Benchettouh vd., 2017; Vatandas ve Yavuz 2017, Kumar vd., 2019).

RUSLE-K haritasına bakıldığında 0.003-0.007 K değerlerinin olduğu aralık killi ve killi balçık toprak türlerinden oluşmaktadır. Bu aralık Söğütlü havzasının 8440.4ha'lık (%30.71) kısmının killi topraklardan oluştuğunu göstermektedir. 0.0071-0.013 K değerlerinin olduğu aralık kumlu killi balçık, balçık ve kumlu balçık toprak türlerinden oluşmaktadır. Bu aralık ise havzanın 18168.3 ha'lık (%66.12) alanını kapsamaktadır. K faktörünün düşük değeri, düşük geçirgenliği, düşük nem içeriğini vb. gösterir ve toprak erozyon oranı düşüktür (Kumar vd., 2019). Nijimbere ve Lizana, 2019 yaptıkları çalışmada K değerlerini 0 ile 0.00158 arasında değiştiğini bulmuşlardır. K faktörünün daha düşük değeri, düşük geçirgenliğe, düşük öncül nem içeriğine sahip topraklar olduğunu belirtmişlerdir. Ganasri ve Ramesh, 2015 yılında yaptıkları çalışmalarında toprak örneklerinde 14 farklı toprak grubu oluşmuştur. K değerleri 0.14 ile 0.44 arasında bulunmuştur. K değerinin düşük değerde olmasının düşük permeabiliteye, düşük nem içeriği gibi özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Söğütlü deresi havzasında 0.0131-0.018 K değerlerinin olduğu aralık kumlu balçık ve balçıklı kum topraklarından oluşmaktadır. 870.2ha'lık (%3.17) bir alanı kapsamaktadır. K değerleri arttıkça toprakların kum içeriği artmakta ve erozyona uğrama eğilimi de artmaktadır (Prasannakumar vd., 2011). Toprak tekstüründeki kum yüzdesinin değeri arttıkça toprak erozyona daha duyarlı hale gelmektedir. Kumar vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada kumlu ve kumlu balçıklı topraklar için K faktörleri daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ganasri ve Ramesh (2015) yaptıkları çalışmada genel olarak killi toprakların ayrılmaya karşı dirençli oldukları için düşük K değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Tosic vd., 2013 yılında yaptıkları

çalışmada toprak aşınabilirlik faktörü (K) değerini, 0.0041 - 0.0674 aralığında, ortalama $0.0357 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Yüksek K değerleri havzanın kuzey ve kuzeybatısında, düşük değerlerin ise çalışma alanının güney, doğu ve güneydoğu kesimlerinde yaygın olduğunu belirtmişler ve bunun başlıca sebebinin toprak yapısından veya topraklardaki kum yüzdesinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Silisli ana malzeme üzerinde geliştirilmiş şist, kumtaşı vb. gibi daha yüksek kum ve silt yüzdesine sahip topraklar daha az kuvars yüzdesine sahip kayalar (killer, kireçtaşı, marn vb.) üzerinde geliştirilen daha ağır (kil) dokuya sahip topraklara kıyasla erozyona karşı hassas olduğunu belirtmişler (Tosic vd., 2013). Kumar vd., (2019) kumlu topraklar için toprak aşınabilirlik (K faktörü; 0.85) değeri yüksek olduğunu ve düşük yüzeysel akış ile yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Tozlu balçık ve killi balçık toprakların, yüksek ile orta dereceli akışa (orta ile yüksek K değerleri) ve düşük infiltrasyon oranına sahipken, sediment taşınımı orta derecede olduğunu bildirmişlerdir. Yine Ganasri ve Ramesh, 2015 tozlu toprakların, toprak partikülleri orta ile yüksek arasında değerlere sahip olduğunu vurgulamışlardır. Bu yüzden bu topraklar geçirgenlikleri orta ile düşük düzeyde olduğunu ve orta ile yüksek düzeyde akış sağladığını ve kolaylıkla taşındığını bildirmişlerdir. Söğütlü deresi havzasına ait araştırma sonuçları yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir. Kelani nehri havzasında büyük toprak gruplarına göre yapılan bir çalışmada K faktörleri 0.16 ile 0.48 arasında değişmiştir. Bitki örtüsünü ve toprak karbonunu iyileştiren yönetim faktörleri ve koruma yolları K faktörünün etkisini azaltabileceğini belirtmişlerdir (Fayas vd., 2019).

4.1.3. Yamaç Uzunluğu ve Dikliği Değişkeni (RUSLE-LS)

LS değeri topoğrafya ve yüzeysel akışın etkileşimi sonucuna dayanmaktadır (Özdemir ve Tatar 2016; Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016). Topoğrafyanın erozyon üzerindeki etkisini yansıtmaktadır (Bera, 2017). Arazinin eğimi ve yamaç uzunluğu erozyonun boyutunu belirleyen en önemli topoğrafik faktörlerdendir (Renard vd., 1997; Wischmeier ve Smith, 1978; Almagro vd., 2019). Erozyona neden olan yüzeysel akışı, akışın hızını ve yağmur damlarının çarpma kuvvetini arazinin eğim şartları ve yamaç uzunluğu belirlemektedir. Yamaç uzunluğu ve eğim değeri arttıkça, yüzeysel akışının daha fazla birikmesini ve yağmur damlarının toprağı dövme etkisini artırır bu da su ile birlikte toprak

erozyonunun artmasına neden olur (Şensoy ve Kara, 2014; Bera, 2017; Depountis vd., 2018). Eğimin yüksek olduğu yerlerde yamaç uzunluğu ne kadar fazla olursa yüzeysel akış toprağı o kadar fazla aşındırır (Karamage vd., 2016; Bouderbala vd., 2018; Desalegn vd., 2018). Bitki örtüsünün yetersiz olduğu diğer bütün şartların eşit olduğu alanlarda yüzeysel akışın etkisiyle eğimi yüksek olan alanlar eğimi düşük olan alanlara oranla erozyon oluşturma ihtimali daha yüksektir (Reis vd., 2017; Bouderbala vd., 2018). Çünkü erozyon, hafif bir eğimde bile (%2) basit bir yağışın oluşmasıyla meydana gelebilmektedir (Fournier, 1967). Yapılan çalışmalara bakıldığında da arazinin eğim özellikleri, yüzeysel akışın miktarı ve yüzeysel akışın toprak parçalarını ayırma ve taşıma yeteneğı arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir (Issa vd., 2016; Desalegn vd., 2018). Bu nedenle LS faktörü RUSLE analizinde en önemli parametrelerden biri olarak kabul edilmiştir (Desalegn vd., 2018; Kılıç vd., 2018).

Sunulan tezde topoğrafya yani eğim derecesini ve yamaç uzunluğunu değerlendirmek için 30*30 m çözünürlüklü bir sayısal arazi modeli kullanılmıştır. Kullanılan yöntem, su akışının birikmesini ve eğim sınıflarını dikkate almaktadır (Moore ve Burch 1986, Bouderbala vd., 2018). Bulduğumuz sonuçlara göre Söğütlü havzasında baskın olan LS sınıfları, çok düşük LS sınıfında 7229.78 ha (%26.31) ve çok yüksek LS sınıfında 7459.72 ha'lık alanı (%27.15) kapsamaktadır (Şekil 49). Reis vd, 2017 LS haritasından elde edilen verilere göre Halfalı dere havzasının yaklaşık %68'i dik ve çok dik sınıflarda yer aldığını belirtmiştir. Söğütlü Havzasında en yüksek LS değeri 36.48 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte havza alanında ağırlıklı ortalama LS değeri 11.87 olarak bulunmuştur. Bera 2017'de yaptığı çalışmada topoğrafya faktörünün 0 ile 50 aralığında bulunmuşlardır. Nijimbere ve Lizana, 2019 minimum L değerinin 0.9 ve maksimum değerin 49.6 olduğu görülmektedir. S faktörü için minimum değeri 0.03 ve maksimum değeri 14.3 olarak bulunmuştur. Fathizad vd. (2014) havzaya ait LS değerleri 0-1240 arasında değiştiğini ve ortalama LS değerinin 10.16 bulunmuştur. Özdemir ve Tatar (2016) LS faktörünü 0 - 40.47 aralığında ve ortalama 4.64 değerinde bulunmuşlardır. Fayas vd. 2019'da yaptığı çalışmada LS faktörünün 0-111.41 arasında değiştiğini bulunmuştur. Tüfekçioğlu ve Yavuz 2016 yılında yaptıkları çalışmada LS faktörünü 0-8291 arasında değiştiğini ve ortalama olarak 14.9 olarak bulunmuşlardır. LS değerlerinin sarp ve dik alanlarda çok büyük artışlara neden olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak değerlendirildiğinde Söğütlü deresi havzasının çoğu alanı orta düzeyde LS faktör değerlerine göre karakterize edilmektedir. Bu nedenle araştırma yapılan alanda LS değerleri yüksek bulunmuş olup bitki örtüsünden

yoksun olduğu orta ve üst kesimlerinde yüksek toprak erozyonunun meydana gelmesi beklenmektedir. Fayas vd. 2019'da yaptığı çalışmada benzer sonuçları bulmuştur.

Söğütlü havzasının LS haritası dağılımına bakıldığında çok yüksek LS sınıflarının (>20) eğimin ve yükseltilerin yüksek olduğu dağlık bölgelerde, vadilerde ve dereye yakın bölgelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Almagro vd. 2019'da yaptığı çalışmada en yüksek LS değerlerinin su kıyılarının yakınında bulunduğunu ve topografik faktördeki artışın yüzeysel akış ve erozyonu da artırdığını bildirmişlerdir. Boudebala vd., (2018) topoğrafik faktörü (LS), havzanın ova kısımlarında yaklaşık 0.02 olarak bulmuştur. Havzanın orta kısmında düzensiz eğimlerin görüldüğünü ve bu alanlarda LS faktörünün 2.77-14.29 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Depountis vd., 2018 yılında yaptığı çalışmada yüksek LS faktörlerinin dağların yoğun olduğu kısımda ve nehir vadilerinde bulmuşlardır. Eğimin düz veya düze yakın kısımlarında ise LS değerlerinin düşük bulmuşlardır. Işıklı Gölü havzasında yapılan çalışmada yüksek LS değerlerinin yüksek eğime sahip dağlık alanların ve vadiler boyunca olduğu ortaya çıkmıştır (Özdemir ve Tatar, 2016). Tosic vd., (2013) düşük LS değerlerinin havzanın düze yakın ve yamaçların az olduğu kısımlarda bulmuşlardır. Almagro vd., 2019 yüksek LS değerlerinin su kütlelerinin yakınında bulunduğunu belirtmişlerdir. Sunulan çalışma geçmişte yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Aynı zamanda Söğütlü deresi havzası LS haritası eğim haritasıyla da benzerlik göstermektedir. Söğütlü deresi LS haritasına bakıldığında özellikle yükseltilerin arttığı bölgelerin derin vadi yamaçları olduğu ve erozyon potansiyelinin yüksek derecede yer aldığı görülmektedir (Erdem ve Türkmen, 2020). LS faktörünün yüksek olduğu alanlar dere sayısı ve drenaj yoğunluğu bakımından yüksek bölgelerdir. LS sınıfları arazi kullanım açısından değerlendirildiğinde doğal mera ve ormanlık alanlarının hakim olduğu bölgelerde yüksek LS değerleri olduğu görülmektedir. Fu vd., (2005) LS faktörü için en düşük değerlerin düşük eğimden dolayı nehirler boyunca meydana geldiğini, yüksek değerlerin ise havza alanına rastgele yayıldığını belirtmiştir. Reis vd., 2017 yılında yapmış oldukları çalışmada yüksek LS değerlerinin eğimin ve drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu ve genellikle havza alanının kuzey kısmında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında LS değerleri ile C değerleri arasında negatif yönlü korelasyon bulunmuştur. Çalışma alanında LS değerleri arttıkça alanda C miktarlarında azalış eğilimi belirlenmiştir. Arazi kullanım ve C değerleri ile LS değerleri arasında ise varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Ortalama LS değerlerine bakıldığında orman alanlarında bulunan LS değerleri 17.3

değeriyle en yüksek grupta, tarım alanları 11.9 değeriyle ikinci grupta ve mera alanları ise 11.2 değeriyle en düşük LS grubunda yer almıştır. Ormanlık alanlarda yükselti ve eğimin yüksek olmasından dolayı LS değerleri yüksek çıkmıştır. Yapılan analizlere göre eğim dikliği ve uzunluğu faktörünün artmasıyla K değerlerimizde de artış gözlemlenmiştir. LS ile K değerleri arasında pozitif yönlü korelasyon çıkmıştır. LS faktörü arttıkça K değerleri de artmaktadır. Bulunan bu sonuçlara göre Söğütlü deresi havzasında arazinin eğimi ve yamaç uzunluğu arttıkça toprakların erozyona dayanıklılığı azalmaktadır. Özdemir ve Tatar 2016 yılında yaptıkları çalışmada erozyona dayanıklılığı az olan toprakların bulunduğu alanlarda eğimin yüksek olmasından dolayı erozyon riskinin arttığını belirtmişlerdir. Bouderbala vd., (2018) çalışma alanlarının çoğunluğu nispeten dik bir rölyefe sahip olduğunu eğimin arttıkça erozyon miktarı da arttığını belirtmişlerdir. Bu tür dik eğimlerin, yağışlarda hafif bir artışa rağmen çok yüksek toprak erozyon oranlarına yol açtığını rapor etmişlerdir. Bu aşındırıcı faktörün toprak erozyon miktarında en önemli faktör olduğunu belirtmişlerdir. Kumar vd., (2019) yaptıkları çalışmada LS değerini 0 ile 2858.53 arasında bulmuşlardır. LS faktörünün artmasıyla erozyon miktarının artacağını bildirmişlerdir. Bu çalışmada yapılan istatistiksel analizler sonucunda da LS değerleri ile erozyon değerleri arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki bulunmuştur. LS değerleri arttıkça erozyon miktarı da artma eğilimi göstermiştir. Prasannakumar vd., (2011) yüksek LS faktörünün yağışla ve bitki örtüsü yetersizliğiyle birlikte olunca bu alanların erozyona duyarlı olacağını belirtmişlerdir. Bulduğumuz sonuçlar geçmişte yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

4.1.4. Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi (RUSLE-C)

C faktörü, bitki örtüsü ve arazi örtüsünün toprak erozyonunu kontrol etmedeki etkilerini tanımlamak için kullanılır (Renard vd., 1997; Jamshidi vd., 2012; Desalegn vd., 2018; Oğuz vd., 2019). Belirli bir bitki örtüsü altında oluşan toprak kaybının aynı toprağın nadas halindeyken meydana gelen toprak kaybına oranını temsil eder (Bouderbala vd., 2018; Depountis vd., 2018; Desalegn vd., 2018). Bitki örtüsü yönetimi faktörü (C), RUSLE parametrelerinden erozyonu azaltmak için kolaylıkla değiştirilebilen bir faktör olduğundan erozyon için çok önemli bir faktördür (Renard vd., 1997; Zisu ve Nasui, 2015). Bir alanda meydana gelecek toprak kaybı miktarı arazi örtüsünün değiştirilmesine karşı çok hassastır (Bera, 2017; Reis, 2017; Bouderbala vd., 2018). Bitki örtüsü, yağmur

damlalarının toprak yüzeyine çarpmadan önce kinetik enerjisini azaltır. Böylece toprağı yağmurun dövme etkisine karşı koruyarak parçalanmasını önler (İbrahim vd., 2012). Bitki örtüsünün olmadığı alanlarda yağmur damlaları doğrudan toprak yüzeyine düşer ve toprağı parçalayarak erozyona neden olur. Bitki örtüsü, sıklık, kapalılık, yükseklik ve diğer morfolojik özelliklere bağlı olarak yüzeysel akışın önünde mekanik bir bariyer oluşturur (Cüberal ve Ekinci, 2006; İbrahim vd., 2012). Bitki örtüsü terlemesi ile toprak nemini azaltıcı, su depolama kapasitesini ve infiltrasyonu artırıcı, yüzeysel akışı ve erozyonu azaltıcı etkiye sahiptir. Bu nedenle, bitki örtüsünün ve bitki yetiştirme sistemlerinin uygun yönetimi, yüzeysel akış ve erozyon oranlarını önemli ölçüde azaltıcı etkiye sahiptir (Cepel, 1997; Karamage vd., 2016). Arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki herhangi büyük bir değişiklik toprak erozyonunu arttırarak arazi bozulma sürecini arttıracaktır (Mir vd., 2015; Moussebbih vd., 2019).

Depountis vd., (2018) C faktörü ile alanda meydana gelecek erozyon miktarının güçlü bir ilişki içinde bulunduğunu bildirmiştir. Kılıç vd., 2018 yılında yaptıkları çalışmada bitki örtüsünün erozyon miktarı üzerinde çok fazla etkisinin olduğunu ve kuru tarım yapılan alanların erozyonu arttırıcı etki yaptığını belirtmişlerdir. Damaneh vd., (2021) inceledikleri arazi kullanım türleri arasında tarım ve çıplak arazilerde toprak erozyon miktarının arttığını vurgulamışlardır. Bouderbala vd., 2018 yaptıkları çalışmada seyrek bitki örtüsünün araziye erozyona karşı oldukça hassas hale getirdiğini belirtmişlerdir. Yoğun bitki örtüsü olan alanlardan tahıllarla kaplı bitki örtüsü alanlarına geçildiğinde erozyon miktarının arttığını bildirmişlerdir. Özşahin 2016'da Ergene Havzasında yaptığı çalışmada arazi kullanım türüne göre kullanılmayan toprakların erozyona karşı dayanıklılığı azalmıştır. Toprak üzerindeki erozyon önleyici örtünün tahrip edilmesi veya değiştirilmesi erozyonu arttırıcı etki yaptığını belirtmiştir. Erozyonun daha çok bitki örtüsünün yetersiz olduğu yerlerde veya üstünde bulunan örtünün de erozyona karşı hassas olduğu eğimli ve yamaç arazilerde meydana geldiğini tespit etmiştir. Bulduğu sonuçlara göre bitki örtüsünün kapalılığına bağlı olarak erozyon riskinin azaldığı veya arttığı sonucuna varılmıştır.

Sunulan tezde amenajman planlarında yer alan meşcere tipleri ve CORINE 2012-2018 verileri kullanılarak C faktörleri belirlenmiştir (Desalegn vd., 2018). Bulunan sonuçlara göre C faktörü yoğun orman arazisi için 0.004, bitki örtüsü yönünden zayıf, çıplak ve tarım alanlarını içeren arazi şartlarında 0.3 olarak arasında geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu şekilde CORINE değerleri 5 sınıfa ayrılmıştır. Buna göre yoğun orman

alanlarının olduğu kısım (ibrelili, yapraklı ve karışık orman alanları) havza alanının 12540.22 ha (%45.64), doğal meralar, karışık ekim alanları, meyve bahçeleri, fındık bahçeleri, tarım alanlarının olduğu kısım ise 14199.9 ha'lık (%51.68) alandan oluşmaktadır. Diğer sınıf değerlerinden oluşan yerleşim, ulaşım, yapı alanları, endüstriyel, seyrek bitki örtüsünün görüldüğü alanları ise 351.776 ha'lık alanı kapsamaktadır. Ormanlık alanlarının ortalama C değeri 0.005, mera alanlarının ortalama C değeri 0.056 ve tarım alanlarının ortalama değeri 0.115 olarak bulunmuştur. Alan bakımından ortalama C değeri ise 0.052 olarak bulunmuştur. Tüfekçioğlu ve Yavuz (2016) yaptıkları çalışmada ortalama C değerini 0.16 olarak bulmuşlardır. Bera 2017'de yaptığı çalışmada C faktör değerlerini 0 ile 0.6 arasında değiştiğini belirtmiştir. En düşük C değerleri 0.008-0.02 arasında olup arazi örtüsünün çoğunluğunun yoğun ormanlık alanlar olduğu vurgulanmıştır. Ancak havzanın orta kesiminde yer alan tarım alanlarında ise orta düzeyde C değerleri bulmuşlardır. Yüksek C faktör değerlerini ise (0.34 – 0.6) çıplak tarım ve çorak arazilerin olduğu alanlarda bulmuşlardır. Reis vd. (2017) C faktörünü bozuk orman, verimli orman, yetersiz bitki örtüsüne sahip meralar, çayırılık ve tarım olmak üzere 5 sınıfa ayırmıştır. C değerlerinin 0.26 ile 0.42 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Nijimbere ve Lizana (2019) yaptığı çalışmada arazi kullanım durumuna göre C sınıf değerlerini 0 ile 0,5 aralığında bulmuştur. 0 değerinin su kütlelerine ve 0.5 bitki örtüsüne sahip sulak alana karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Tosic vd. (2013) C faktörünü 0–0.45 arasında bulmuşlardır. Özellikle yoğun tarımsal faaliyetlerin olduğu karstik tarlalarda ve düz ovalarda yüksek C faktörü değerlerinin bulunduğunu vurgulamışlardır. Oğuz vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada C değerlerini ormanlık alanlar için 0.007 ve çayırılık alanlar için 0.0273 olarak bulmuşlardır.

Söğütlü deresi havzasında alanın yarısından fazla kısmının C faktörü yönünden erozyona hassas olduğu görülmüştür (Şekil 52). Araştırma alanında ormanlar ve doğal mera alanlarda toprak derinliği az ve bu yüzden toprak yetersizliği mevcuttur (Şekil 16). Havzada güncel arazi kullanım durumuna bakıldığında tarım alanlarının olduğu kısımlar VI. sınıf arazi kullanım durumunda yani toprak işlemeli tarıma uygun olmayan arazi kabiliyet sınıfına girmektedir. Ancak havzada arazide yapılan gözlemlere göre bu alanlarda toprak işlemeli tarım yapılmaktadır (Şekil 15). Bu da havzada erozyonu arttırıcı etki yapmaktadır. Reis vd., (2017) toprak kaybının ana nedenlerinden birinin yanlış arazi kullanımından kaynaklandığını belirtmektedir. Aynı çalışmada arazi yetenek sınıflamasına göre genel olarak V., VI. ve VII. arazi sınıfında bulunmasından dolayı ortalama eğimin

yüksek ve arazi örtüsünün yetersiz olmasının erozyonun artmasına neden olduğunu vurgulamışlardır.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında C değerleri ile R değerleri arasında negatif yönlü bir korelasyon bulunmuştur. R değerlerinin arttığı yerde C değerlerinde bir azalış görülmüştür. Bu sonuca göre yağışın eroziv etkisinin yüksek bulunduğu alanlar bitki örtüsü yönünden gür ormanlık alanlar ile kaplıdır. Bu alanlarda bulunan bitki örtüsü yağışın erozyon üzerine yapmış olduğu etkiye engellemektedir. Erdem ve Türkmen (2020) belirttiğine göre yağışın ve eğimin yüksek olduğu alanlarda bitki örtüsünün kaldırılması ve organik madde miktarının azalması erozyon riskini daha da arttırmaktadır. Bulduğumuz sonuç yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. C değerleri ile K değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda negatif yönlü bir ilişki gözlemlenmiştir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda genellikle toprağın erozyona duyarlılığı yüksektir. R'nin yüksek olduğu bu alanlarda aynı zamanda K faktörü olan toprak dayanıklılığı da düşüktür. Bu alanlarda bitki örtüsü hem yağışın etkisini dağıtarak hem de toprak yüzeyini kaplayarak toprağın parçalanmasını önler ve erozyon oluşumunu engellemektedir (Özdemir ve Tatar, 2016). C değerleri ile LS değerleri arasında yapılan korelasyon analizine bakıldığında C değerleri arttıkça LS değerleri azalış eğilimi göstermiştir. Bu da düşük C değerlerinden oluşan orman ve mera alanlarının yükseltisi ve eğimi yüksek olan yerlerde meydana geldiğini göstermektedir. Toprak kaybı ve C faktörleri arasında ilişkiye bakıldığında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki çıkmıştır. Benkobi vd. ve Biesemans vd., LS faktörü ile C faktörü, toprak kaybı ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu bildirmiştir (Depountis vd., 2018). Reis vd. (2017) tarafından belirtildiği gibi yetersiz bitki örtüsü nedeniyle alanda yüzeysel akış ve erozyon artmaktadır. Bulduğumuz sonuca göre C değerleri arttığında yani alanda bitki örtüsü azaldığında toprak kaybı miktarı da artmaktadır. Toprak kaybı ve C değerleri arasında yapılan varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Ortalama C değerlerine bakıldığında orman alanlarında ve mera alanlarından oluşan C değerleri en düşük grupta, tarım alanları ise en yüksek C grubunda yer almıştır. Tüfekçioğlu ve Yavuz (2016) bitki örtüsünün zayıf olduğu alanlarda toprak kaybı miktarının fazla olduğunu bulduklarını belirtmişlerdir. Özdemir ve Tatar (2016) sulu ve kuru tarımın yapıldığı alanlarda eğimin düşüklüğü nedeniyle yüksek erozyon riskinin olmayacağını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalara bakıldığında bulduğumuz sonuçlar uyumluluk göstermektedir.

4.1.5. Toprak Koruma Yöntemleri (RUSLE-P)

Türkiye’de toprak koruma önlemleri uygulanmadığı için bu değer 1 olarak alınmaktadır (Özşahin, 2016; Özdemir ve Tatar, 2016). Söğütlü deresi havzasında arazi incelemelerinde de erozyon önleyici herhangi bir tedbire rastlanmamıştır. Alanda herhangi bir erozyon kontrol uygulaması olmaması nedeniyle, P faktörü 1 olarak alınmış ve hesaplama işlemlerinde bu değer kullanılmıştır.

4.1.6. Söğütlü Deresi Havzası Toprak Kaybı (RUSLE-RKLSC)

Hızlı nüfus artışı dünyada ve ülkemizde doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı her geçen gün artırmaktadır. Doğal bir süreç olan toprak erozyonu doğal kaynaklar üzerindeki artan tarım, sanayileşme gibi insan faaliyetleriyle iklim, toprak ve bitki örtüsü arasındaki doğal dengenin bozulması sonucunda ülkemizde tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Balcı, 1996; Çepel, 1996). Bu etmenlerden dolayı ekosistemler arasında doğal denge bozulmuş ve meydana gelen erozyon normal erozyon oranından çok daha yüksek bir oranda ortaya çıkmaya başlamıştır (Kijowska - Strugala vd., 2017). Ülkemizde toprakların %86’sı su erozyonundan az veya çok etkilenmiştir. Hızlandırılmış su erozyonu Türkiye’de yaygın bir problemdir ve özellikle bitki örtüsünün iyice zayıf olduğu kurak bölgelerde ve eğimin fazla olduğu yerlerde şiddetlidir (Bouderbala vd., 2018). Genellikle 11 t ha^{-1} yıllık ortalama toprak kaybı olarak kabul edilebilir sınırlar içerisindeydir. Ancak duyarlı alanlarda örneğin toprağın sığ veya erodibilitenin yüksek olduğu yerlerde bu değer 2 t ha^{-1} dan düşük olmalıdır (Hudson 1981; Patil vd., 2021).

Sunulan tezde altı RUSLE parametresi kullanılarak Söğütlü deresi havzasının erozyon risk haritası oluşturulmuş ve toprak kaybı miktarı hesaplanmıştır. Söğütlü Deresi havzasında toprak kaybı 0.001 ile $20.3 \text{ tonha}^{-1}\text{yıl}^{-1}$ arasında değişmektedir.

Söğütlü Deresi Havzasının alansal olarak 21678.90 (%78.89) ha’lık kısmında $0-2 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve 4258.47 (%15.50) ha’lık kısmı $2.1-5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ toprak kaybı meydana gelmektedir. 1541.45 ha’lık kısmında ise $5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ üzerinde toprak kaybı miktarı meydana gelmektedir. Söğütlü Deresi Havzasında alansal olarak birim alandan meydana gelen toprak kaybı $1.91 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Tüm havzada meydana gelen yıllık toprak kaybı yaklaşık $52209.0063 \text{ ton yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Kara vd., 2018’de Fol Deresi Havzasında yıllık ortalama toprak kaybını $3.76 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ hesaplamışlardır.

Alanda meydana gelen yıllık toprak kaybını 70163.0 ton yıl^{-1} olarak bulmuşlardır. Çoruh Nehri Havzası'nda yapılan çalışmada ortalama yüzey toprak erozyonunun yaklaşık 3.9 ton $\text{ha}^{-1} \text{yıl}^{-1}$ olduğunu göstermiştir. Toplam çalışma alanının %8,2'sinin potansiyel yüzey toprak erozyonu açısından yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olduğu belirtmişlerdir (Tüfekçioğlu vd., 2018). Türkiye genç bir arazi yapısında olması, %60'dan fazlasının %12'den fazla eğime sahip olması, iklimi, arazi kullanımı, sosyo-ekonomik yapısı ve bitki örtüsü gibi faktörler her havzada farklılık göstermektedir (Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016; İrvem vd., 2007; Emre Özşahin, 2016). Hesaplanan toprak kaybı miktarları da havzaya göre değişiklik göstermektedir. Buna ek olarak RUSLE parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler farklı olduğundan alandan hesaplanan toprak kaybı miktarları da farklılık göstermektedir (Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016). Özdemir ve Tatar'ın 2016 yılında Işıklı gölünde yaptıkları çalışmada erozyonla taşınan sediment miktarını yıllık 6 ton $\text{ha}^{-1} \text{yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen erozyon risk haritasına göre saptanan duyarlılık düzeylerini çok hafif, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli olarak belirlemişlerdir. Erpul vd., 2009'da Çankırı Eldivan Sarayköy-II Sulama Göleti su toplama havzasında ETKE/YETKE-A değerini 32.23 ton $\text{ha}^{-1} \text{yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Yıllık toprak kaybını 8418.48 ton yıl^{-1} olarak hesaplanmışlardır. Yıldırım ve Erkal (2009), Afyon Ovasında toprak kaybını 15 ton $\text{ha}^{-1} \text{yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Özcan vd. (2015) Kayseri Alidağı'nda USLE/RUSLE metodunu kullanarak yaptıkları çalışmada yıllık ortalama toprak kaybı 9.42 t/ha/yıl olarak bulmuşlardır.

Sunulan tezde toprak kayıp miktarının mekansal dağılımları oldukça farklılık göstermektedir. Toprak kaybının ve erozyon riskinin yüksek olduğu kesimler bitki örtüsünün zayıf olduğu havzanın mansap kısmında ve havzanın memba kısmında yükseltinin yüksek, bitki örtüsünün yetersiz ve yağışın fazla olduğu kısımlarda meydana gelmiştir. Fayas vd., 2019 yılında yaptığı çalışmada toprak kaybı miktarı dağılımının havzada farklılık gösterdiğinin ve havzanın orta akarsu alanının memba kısmına oranla daha fazla toprak kaybının meydana geldiğini belirtmişlerdir. Sunulan tezde erozyon riskinin yüksek olduğu alanlar havzanın kuzeydoğu, güneybatı ve doğu kısımlarını oluşturmaktadır. Bu alanların eğimleri oldukça yüksek ve %36-58 arasında değişim göstermektedir (Şekil 7). Memba kısmında erozyon riskinin yüksek olduğu alanlarda ise eğim değerleri %58-100 arasında değişim göstermektedir. Bouderbala vd., (2018) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar bulmuştur. Havza alanına bakıldığında eğimin %58-100 ve >

%100 olduğu kısımlarda gür bitki örtüsüne sahip olduğundan bu alanlarda çok düşük erozyon risk grubunda bulunmaktadır.

Havzanın orta kısmında ve bitki örtüsünün yoğun ormanlık alanlarla kaplı olduğu kısımda toprak kaybı miktarı $0-2 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Söğütlü havzasında meydana gelen toprak kaybı miktarı kabul edilebilir seviyelerde olmasına rağmen havzanın büyük bir çoğunluğunda toprak derinliği yetersizdir (Şekil 16). Bu yüzden toprak kaybı miktarı önem arz etmektedir. Buna göre bitki örtüsünün zayıf, yağışın ve eğimin yüksek olduğu kısımlarda toprak ve su koruma amaçlı uygulamaların yapılması gerekmektedir. Havzada meydana gelen toprak kaybı miktarı daha çok havzanın mansap kısmında, tarım uygulamalarının yapıldığı alanlarda meydana geldiği görülmektedir. Fayas vd., 2019 yılında yaptıkları çalışmada ormanlık alanlar ile kaplı olan yukarı havzada daha düşük erozyon miktarının olduğunu belirtmişlerdir. Shallow (1956), Malezya'daki doğal ormanlar altındaki alanlarda erozyon miktarının az olduğunu ve Chini Gölü havzasının ormanlık alanlarının çoğunun çok düşük erozyon riski kategorisinde (% 71.54) olduğunu bildirmiştir (Mir vd., 2015). Çalışmada yapılan istatistiksel analizlere bakıldığında da toprak kaybı ve C faktörleri arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki çıkmıştır. C faktörünün sayısal değerinin artmasıyla toprak kaybı miktarı artış göstermiştir (Reis vd. 2017; Fayas vd., 2019).

Söğütlü havzasında en fazla toprak kaybı miktarı 2.606 ton/ha/yıl değeriyle tarım alanlarında, ikinci olarak 1.273 ton/ha/yıl toprak kaybı miktarıyla mera alanlarında ve en düşük toprak kaybı miktarı 0.274 ton/ha/yıl miktarıyla orman alanlarında oluşmaktadır. Toprak kaybı miktarı ile C ve arazi kullanım değerleri arasında varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Orman ve mera alanlarındaki erozyon miktarı bir grupta, tarım alanlarında meydana gelen erozyon miktarı ise ayrı grupta yer almıştır. Benkobi vd. ve Biesemans vd., LS faktörü ile C faktörü, toprak kaybı ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu bildirmiştir (Depountis vd., 2018; Kumar vd., 2019; Fayas vd., 2020). Mir vd. (2015) düşük C değerlerinin ve düşük erozyon riskinin ormanlık alanlarda bulunduğu sonucuna varmıştır. Lopez vd. (1998), toprak erozyonunun en yüksek çıplak alanlarda ve en düşük ormanlık alanlarda meydana geldiğini belirtmişlerdir. Karamage vd., (2016) şiddetli erozyon oranlarının, özellikle aşınmış ve verimsiz tarım arazilerinin ormandan tarıma dönüştürülen eğimi yüksek arazilerde meydana geldiğini belirtmişlerdir. Tosic vd. (2011) yüksek toprak kaybı değerlerinin orman ve mera alanlarının tarım

alanlarına dönüştürüldüğü ve madencilik faaliyetleri gibi insan faaliyetlerinin neden olduğu dik eğimli ve yağışın yüksek olduğu kısımlarda bulunmuşlardır.

Söğütlü havzasında genellikle yağışın yüksek olduğu, bitki örtüsünün yoğun olduğu kısımlarda erozyon riski düşük bulunmuştur. Yapılan çalışmalara bakıldığında erozyonun meydana gelmesinde yağış eroziv etkisi (RUSLE R) önemli bir etken olduğunu belirtmişlerdir (Desalegn vd., 2018; Tsegaye ve Bharti, 2021). Fakat havza alanına bakıldığında yağış erozivitesinin yüksek olduğu kısımlarda toprak yüzeyi gür ormanlar ve mera alanlarıyla kaplı bulunmaktadır. R değerleri ile C değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda da negatif yönlü ilişki çıkmıştır. C değerlerinin düşük çıktığı yani arazi yüzeyinin bitki örtüsüyle kaplı olduğu alanlarda yağışın eroziv etkisi yüksek çıkmıştır. Fakat toprak kaybı ile R değerleri arasında korelasyon analizine bakıldığında negatif yönde çok düşük seviyede ilişki bulunmuştur. Çünkü bitki örtüsü yağışın eroziv etkisini engellemiştir. Yapılan analizlere de bakıldığında bulduğumuz sonucu istatistiksel analizler doğrulamaktadır. Bitki örtüsünün zayıf olduğu mera alanlarında ise hem LS faktörünün yüksekliği hem yağışın eroziv etkisinin yüksek olmasından dolayı bu alanlarda erozyon riski yüksek çıkmıştır. Karamage vd., (2016) yüksek yağış yoğunluğu ve dik yamaçlar nedeniyle toprak erozyonuna karşı savunmasız olan bir bölgede arazi koruma uygulamaları olmaksızın yoğun tarımsal arazi kullanımı ve kentleşme nedeniyle toprak erozyon riskinin arttığını belirtmişlerdir.

Havzada erozyon riski üzerine en çok etki yapan parametrelerden biri ise RUSLE-LS parametresidir. Karamage vd. (2016) topografik faktörün, Kivu Gölü havzasındaki toprak kaybı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan korelasyon analizine bakıldığında toprak kaybı ile LS parametreleri arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Prasannakumar vd., (2011) yılında yaptıkları çalışmada yıllık ortalama toprak kaybı ile LS faktörü arasında yüksek korelasyon gösterdiğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada LS değerlerinin artmasıyla alanda meydana gelen toprak kaybı miktarı artmış ve erozyon riski yükselmiştir. Desalegn vd., (2018) yaptığı çalışmada havzanın batı ve kuzeybatı kısımlarında dik eğimli alanlar bulunduğundan bu alanlarda tahmini toprak kaybının yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca LS değerlerinin çok yüksek olduğu havzanın mansap kısmında yükseltinin yüksek olduğu kısımlarda LS değerinin çok yüksek (>20) olmasına rağmen bu alanların erozyon riskinin çok düşük risk grubunda olduğu görülmüştür. Bunun en büyük nedeninin havzanın bu kısmının gür ormanlık alanlar ile kaplı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Tsegaye ve Bharti, 2021). Bera

2017’de yapmış olduğu çalışmada orta eğim değerinde ve yüksek LS faktörü nedeniyle, ana nehir boyunca ve havzanın vadi kısmı boyunca yüksek oranda (>70 ton ha^{-1} $yıl^{-1}$) toprak kaybı bulmuştur. Prasannakumar vd. (2011) yıllık ortalama toprak kaybı 10-45 t ton ha^{-1} $yıl^{-1}$ olduğu belirtilmiştir. Erozyon risk haritası sonucuna göre en fazla toprak kaybı dik yamaçlarda (yüksek LS ile) çayırılık arazi alanları, bozulmuş orman alanları ve yaprak dökken ormanlık alanlarda bulunmuştur. Fayas vd., (2019) havzada yüksek erozyon riskinin yüksek eğimli ve yüksek yıllık yağışın olduğu alanlarda olduğunu bulmuşlardır. Bu nedenle, yüksek R ve LS faktörü, bu alanlardaki yüksek erozyon tahminlerine katkıda bulunduğunu vurgulamışlardır. Yavuz ve Tüfekçioğlu (2019) Erzurum Uzundere’de yaptıkları çalışmada toprak kaybının 25.38 ton ha^{-1} $yıl^{-1}$ bulmuşlardır. Alanda düşük ortalama yıllık yağış (585 mm $yıl^{-1}$) bulunmasına rağmen, dik topografya, yüksek eğim uzunluğu ve yetersiz bitki örtüsü nedeniyle çalışma alanındaki erozyon riskinin yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Jayasekara vd. (2018) ve Bouderbala vd., (2018) yaptıkları çalışmada aynı sonucu bulmuşlardır. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Aynı zamanda havzanın memba kısmının doğu tarafında hem LS değerleri (>20) çok yüksek hem de yağış eroziv etkisinin (>200) yüksek olduğu kısımlarda ormanlık alanlar ile kaplı olan kısmında toprak kaybı çok düşük risk grubunda ve doğal mera alanlarının bulunduğu seyrek bitki örtüsünün olduğu kısımlarda ise erozyon riski yüksek çıkmıştır. Burda da erozyonu önleyici en önemli etkenin bitki örtüsü olduğu sonucuna varılmıştır. RUSLE-K ile toprak kaybı arasında istatistiksel analizlere bakıldığında pozitif yönlü bir ilişki çıkmıştır. K’nın sayısal değerleri arttıkça ortamda kaybedilen toprak kaybı artmakta ve erozyon riski de yükseldiği görülmüştür. Özdemir ve Tatar (2016) eğimin ve K değerlerinin yüksek orman örtüsü bulunmayan dağlık alanlarda erozyon riskinin de yüksek olduğunu belirtmişlerdir. K değerinin yüksek ama eğimin düşük olduğu alanlarda erozyon riski de düşük çıkmıştır. Yapılan çalışmada K değerleri ile C değerleri arasında negatif yönlü kuvvetli bir korelasyon bulunmuştur. Toprağın erozyona yatkınlığının bulunduğu alanlarda C değerlerinin sayısal değeri düşmüş yani alanda bitki örtüsü miktarı artarak toprak erozyonunu engelleyici etki yapmıştır.

Toprak üzerinde koruyucu bitki örtüsünün bulunması hem yağmur damlalarının toprağı parçalamasını önler hem de toprağın organik maddece zengin olmasını sağlar (Desalegn vd., 2018). Bu da toprağın geçirgenliğini ve agregatlaşması gibi toprak özelliklerini iyileştirir. Böylece toprağın erozyona dayanaklılığını artırır (Tosic vd., 2013; Özşahin, 2016). Karagül 1999’da Söğütlü deresi havzasında yaptığı çalışmada arazi

kullanım şekillerine göre en düşük dispersiyon oranını orman topraklarında, sonra mera topraklarında ve en yüksek dispersiyon oranı değerlerini tarım topraklarında bulmuştur. Buna göre orman alanlarının mera ve tarım alanlarına dönüştürülmesiyle alanda meydana gelecek toprak kaybı miktarının ve erozyon riskinin artacağını belirtmişlerdir. Bulduğumuz sonuçlar Karagül'ün yapmış olduğu çalışma ile tutarlılık göstermektedir.

Havza alanında erozyon risk haritasına bakıldığında havzanın mansap kısmında tarım alanlarının olduğu kuzeye bakan yamaçlarda kil içeriği yüksek olan topraklarda diğer alanlara oranla erozyon riski yüksek çıkmıştır. Bunun önemli bir nedeni, tarım alanlarında toprak işleme, gübre, pestisit, herbisit vb. uygulamalar nedeniyle toprakların fiziksel özelliklerinin bozulmasını ve aşınabilirliğinin artması ile ilgili olabilir. Bu da toprağın humus içeriğini, su ve hava dengesinin bozulmasına neden olur (Tosic vd., 2013). Bu nedenle bu alanlarda erozyon riski yüksek çıkmış olabilir. Tosic vd., 2013 yılında yaptığı çalışmada aynı sonuçları bulmuşlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Bu haritadaki toprak erozyonu değerleri, Söğütlü deresi havzasında bulunan değerlerle eşleşmektedir. Havzanın mansap kısmında doğuya ve kuzeye bakan yamaçlarında erozyon riskinin yüksek çıkmasının diğer bir nedeni ise drenaj yoğunluğu bakımından yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir (Cüberal ve Ekinci, 2006; Reis vd., 2017; Fu vd., 2005).

Havzada güncel arazi kullanım durumuna bakıldığında özellikle havzanın mansap kısmında tarım alanlarının olduğu kısımlar VI. sınıf arazi kullanım durumunda yani toprak işlemeli tarıma uygun olmayan arazi kabiliyet sınıfına girmektedir. Havzada arazide yapılan gözlemlere bakıldığında bu alanlarda toprak işlemeli tarım yapılmaktadır (Şekil 15). Bu da havzada erozyonu arttırıcı etki yapmaktadır. Erozyon risk haritasında bulunan sonuçlara göre tarım yapılan bu alanlarda erozyon riski açısından yüksek çıkmıştır. Özdemir ve Tatar (2016) yaptığı çalışmada kuru ve sulu tarımın yapıldığı alanlarda eğimin düşük ve engebenin az olmasından dolayı bu alanlarda erozyon riskinin düşük çıktığını bildirmişlerdir. Ancak engebeli ve yüksek rölyefe sahip kuru tarımın yapıldığı alanlarda erozyon riskinin yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Kumar vd., (2019) yaptıkları çalışmada çorak arazi ile dalgalı topografyanın bulunduğu alanlarda toprak erozyonunun yüksek olduğunu bulmuşlardır. Prasannakumar vd., 2011 doğal orman örtüsüne sahip alanların minimum toprak erozyonu oranına sahip olduğunu ve insan müdahalesi olan alanlarda yüksek oranda toprak erozyonunun ($>5 \text{ ton h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) meydana geldiğini belirtmişlerdir. Karamage vd. (2016) ve Reis vd. (2017) benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Toprak erozyonu ile birlikte arazi yüzeyi bozuluma uğramakta ve verimliliğini kaybetmektedir (Damaneh vd., 2021). Erozyon ile birlikte toprak yüzeyinde bulunan üst toprak dediğimiz ince verimli kısım taşınmaktadır. Geriye verimsiz iskelet bakımından yüksek, su tutma kapasitesi düşük, organik madde yönünden fakir toprak tabakası kalmaktadır. Erozyon aynı zamanda taşındığı yerde de olumsuz etkilere neden olmaktadır. Toprak agregatları yüzeysel akışla nehirlere, göllere, denizlere taşınmakta buralarda askıda katı madde miktarını arttırmakta ve su kalitesini olumsuz etkilemektedir (Fayas vd., 2019; Damaneh vd., 2021). Aynı zamanda barajlarda birikerek barajları doldurarak barajların ömrünü kısaltmaktadır (Oğuz vd., 2019). Toprak agregatları bünyelerinde karbon, azot ve fosfor gibi organik madde taşıyarak göl, nehir ve denizlerde birikerek buralarda ötrofikasyona neden olmaktadır. Buda su kalitesini bozmakta ve sucul ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Erozyon şiddetinin mekansal değişkenliğini anlama yaklaşımları, arazi kullanım yönetimini iyileştirmek için önemlidir (Karamage vd., 2016; Fayas vd., 2020).

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar, toprak kaybı sürecinin karakterini açıklamanın yanı sıra, bu sürecin çalışma alanının topraklarındaki mekansal dağılımına dair bir fikir vermektedir. Çalışma sonucunda hesaplanan toprak kaybı miktarı Türkiye için hesaplanan ortalama değerden ($6.14-8.24 \text{ ton h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) azdır (İrvem vd., 2007; Özşahin, 2016; Erpul vd., 2018). Fakat araştırma yapılan havzadaki Tarım Reformu Genel Müdürlüğü elde edilen toprak derinliğiyle karşılaştırıldığında bazı kısımlarda sığ topraklar hakimdir. Toprak derinliğinin az olduğu kısımlarda toprak kaybı kabul edilebilir sınırın üstündedir (Karamage vd., 2016). Erozyon kaçınılmaz ve doğal görünmektedir, ancak kabul edilebilir seviyeleri aşmaması gerekmektedir. Erozyonda toprak taşınım hızı toprak oluşum hızını aşmadığı sürece kabul edilebilir sayılır (Damaneh vd., 2021). Bulunan sonuçlara göre Söğütlü deresi havzasında sürdürülebilir bir ekosistem sağlamak için erozyon kontrol önlemlerine acil olarak ihtiyaç vardır. Bu nedenle havzada toprak kaybının kontrol altına alınması ile toprak derinliğinin korunması gerekmektedir. Türkiye genç bir arazi yapısına sahiptir ve ortalama eğimi yüksektir. Bu nedenle her havzanın iklimi, arazi kullanımı, sosyo-ekonomik yapısı ve bitki örtüsü gibi faktörler birbirinden farklılık göstermektedir (İrvem vd., 2007; Özşahin, 2016; Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016). Buna ek olarak RUSLE parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler farklı olduğundan alandan hesaplanan toprak kaybı miktarları da farklılık göstermektedir (Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016). Bu nedenle havzada yapılması gereken toprak ve su koruma uygulamaları her havzanın kendi içerisinde değerlendirilmesi gerektirmektedir. Söğütlü deresi havzasında da

genel olarak hesaplanan toprak kaybı miktarı az olsa da havzanın kendi içerisinde değerlendirildiğinde özellikle erozyon riskinin yüksek olduğu kısımlarda toprak ve su koruma uygulamalarının planlanarak toprak kaybının önüne geçilmelidir.

Toprak erozyonu miktarı ve oluşturulan erozyon risk haritası ile Söğütlü deresi havzasının toprak ve su koruma uygulamaları bakımından erozyon yöntemi ve kontrolü hakkında yardımcı olmaktadır. Toprak erozyonuna karşı nasıl bir koruyucu önlemin alınacağı RUSLE parametrelerinin bileşimleri yardımıyla oluşturulan erozyon risk haritasına bakılarak karar verilebilir. Ormanlık alanların ve otlakların toprak erozyonunun azaltılmasında büyük etkisi vardır. Ancak sonuçlar, ekilebilir arazi ve meyve bahçelerinin gelecekte toprak koruma önlemlerinin uygulanması gereken öncelikli alanlar olduğunu göstermektedir (Tosic vd., 2013).

4.1.7. Sediment İletim Oranı (SİO)

Bir havzada yağış meydana geldiğinde aşınmış toprağın sadece bir kısmı nehirlerle oradan da havzanın çıkışına yönlendirilir. Diğer kısmı ise havza içerisinde biriktirilir (Lee ve Kang, 2013). Havza çıkışına yüzeysel akış ile taşınan ve belirli bir kanaldan çıkan sediment miktarına sediment verimi denilmektedir (Lee ve Kang, 2013; Kumar vd., 2019). Sediment veriminin hesaplanması için kullanılan orana sediment iletim oranı denilir (Tsegaye ve Bharti, 2021). Sediment iletim oranı bir havzada toprak kaybı ile havzada çökelmiş sedimentten kalan kısım olarak adlandırılır. RUSLE bir havza modelidir, dolayısıyla aşağı havza alanlarına ulaşan sediment miktarını tahmin etmek için doğrudan kullanılamaz çünkü aşınmış toprağın bir kısmı havzanın çıkışına giderken birikebilir. Bu süreçleri hesaba katmak için, belirli bir havza için SİO, havza çıkışına taşınan toplam sedimenti tahmin etmek için kullanılması gerekmektedir (Lee ve Kang, 2013). Sediment iletim oranının hesaplanmasında değişik formüller kullanılmaktadır (Lee ve Kang, 2013; Kidane vd., 2019; Tsegaye ve Bharti, 2021). Bu çalışmada, havzada meydana gelen akış birikimi ve eğim verileri kullanılarak sediment iletim oranı hesaplanmıştır. Söğütlü Deresi havzasında SİO değeri ortalama 0.43 olarak bulunmuştur. Söğütlü Deresi Havzasının baskın olan SİO sınıfları 10192.91ha alan ile 0-0.2 ve 5391.07 ha alan ile 0.8-1'dir. Bu sınıflar sırasıyla %37.09 ve %19.62' lik oranı kapsamaktadır. Diğer sınıfların alansal olarak toplamı ise %43.28'dir. Tsegaye ve Bharti, 2021 yılında yaptığı çalışmada sediment iletim oranını 0.03 ile 0.214 arasında bulmuşlardır. Kanal eğimlerinin yüksek olduğu

kısımlarda (0.06 ve 0.09) SİO değerinin (> 0.2) yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ortalama SİO'nı 0.122 olarak bulmuşlardır. Bu da aşınmış toprağın %12.2'sinin kanallara iletilebileceğini ve aşınmış malzemelerin %87.8'inin derelere girmeden önce tutulduğunu ve alanda biriktiğini vurgulamışlardır. Yapılan çalışmada da toplam toprak kaybının %57'lik kısmının arazi yüzeyinde derelere ulaşmadan yer değiştirdiği ve %43'lük kısmının havzanın çıkışına ulaştığı sonucuna varılmıştır.

Sediment iletim oranı eğim gibi topoğrafik özellikler, bitki örtüsü, topografya, toprak özellikleri, havzanın büyüklüğü, drenaj yoğunluğu ve bunların arazi yüzeyindeki karmaşık etkileşimleri gibi bir dizi jeomorfik süreçten etkilenir (Zhou ve Wu, 2008; Kidane vd., 2019; Kumar vd., 2019; Tsegaye ve Bharti, 2021). Kısa ve dik eğimli arazi yapıları uzun ve düz eğimlere göre daha fazla sediment sağlar. Etiyopya'da yapılan bir çalışmada düşük eğim aralıklarına sahip olan bir havzada yüksek eğime sahip havzaya oranla daha az sediment veriminin olduğunu belirtmişlerdir. Benzer eğim değerlerine sahip havzalarda neredeyse aynı miktarda sediment taşındığını ve bunun eğimden kaynaklandığını vurgulamışlardır (Tsegaye ve Bharti, 2021). Yapılan çalışmada sediment iletim oranının eğim değerleriyle büyük ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmada da yüksek eğim değerine sahip, ani topoğrafik değişimin olduğu dalgalı arazi yapısına sahip alanlarda daha fazla sediment iletim oranı miktarı bulunmuştur. Lee ve Kang 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada farklı alanlara sahip 6 havzada SİO değerinin 0.03 ile 0.33 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Düşük ve yüksek sediment iletim oranı değerlerinin Temmuz-Eylül aylarında meydana gelen yüzeysel akışlara sebep olan topoğrafik özellikler, havza alanı büyüklüğü, toprak özellikleri, tarım alanları ve hidrolojik rejimlerden kaynaklanıyor olabileceğini bildirmişlerdir. Çalışma sahasının büyük kısmının dağ ve vadilerinin jeolojik olarak olgun yapıda olduğunu ve fazla aşınacak malzemenin bulunmadığını vurgulamışlardır. Sediment veriminin sel olaylarında da yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Zhou ve Wu 2008 yılındaki yaptıkları çalışmada aynı havzada 2001 ve 2002 yıllarında sediment iletim oranını hesaplamışlardır. 2002 yılında buldukları sediment iletim oranı değerini 2001 yılından düşük bulmuşlardır. Bunun nedeninin yağışın ve yüzeysel akışta meydana gelen azalmaların olduğunu vurgulamışlardır.

SİO, havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru farklılık göstermektedir. Bir mansap istasyonunda elde edilen değer, genellikle bir memba istasyonununkinden daha düşüktür. Alan arttıkça, sediment birikmeye daha yatkındır (Zhou ve Wu, 2008). Rangsiwanichpong vd., 2018 yılında yaptığı çalışmada sediment

birikiminin çoğunlukla yükseltinin düştüğü nehre yakın yerlerde biriktiğini belirtmişlerdir. Ayrıca tortulların dağlık alanlardan vadi tabanlarına doğru yüzeysel akışla taşındığı, taşkın yatağı ve su birikintisi olan alanlarda biriktiğini vurgulamışlardır. Bulduğumuz sonuçlara göre Söğütlü deresi havzasının hemen her yerinde toprak erozyonunun meydana gelebileceğini, ancak topografya, jeoloji, eğim ve arazi örtüsünün beraber etkileri nedeniyle kuzey ve batı bölgelerde daha yüksek potansiyel oranların meydana geldiğini göstermektedir. Yapılan çalışmada elde edilen sediment iletim oranı haritası toprak kaybının ve sedimentin mekansal dağılımını göstermektedir. Söğütlü havzasının doğuya bakan yamaçlarında, özellikle havzanın orta kısmında bitki örtüsünün zayıf olduğu alanlarda yüksek sediment iletim oranının ve birikiminin meydana gelebileceğini göstermektedir (Rangsiwanichpong vd., 2018). Oğuz vd., 2019 yılında yaptıkları çalışmada drenaj alanı küçük olan Ekinli havzası ve tarlaların akarsulara olan mesafesinin kısa olması, yüksek bir SİO potansiyeli oluşturduğunu belirtmişlerdir. Böylece su kanal sistemine ulaşan toprak partiküllerinin yüksek olduğunu ve havzanın SİO değerini 0.4831 olarak bulmuşlardır. Kara vd, 2018 yılında Foldere havzasında yaptıkları çalışmada sediment iletim oranını Vanoni (1975)'ye göre 17189.9 ton yıl⁻¹, Boyce (1975)'ye göre 7507.4 ton yıl⁻¹ ve USDA (1972)'ya göre 22311.8 ton yıl⁻¹ olarak bulmuşlardır. Vanoni (1975)'ye göre 0.245, Boyce (1975)'ye göre 0.107 ve USDA (1972)'ya göre 0.318. Tüfekçioğlu ve Yavuz 2016 yılında yaptıkları çalışmada sediment iletim oranını 0.31 olarak bulmuşlar ve buna bağlı olarak sediment verimini 3.6 ton ha⁻¹yıl⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Havzadaki sediment birikimi miktarına ilişkin bulgumuz Türkiye'de yapılan diğer çalışmalarla uyumludur. Kidane vd., 2019 yılında yapmış oldukları çalışmada sediment iletim oranı değerinin 0-0.26 arasında değiştiğini bulmuşlardır. SİO'nun fiziksel olarak dağılımına bakıldığında en yüksek değerin havzanın orta ve doğu kesiminde kaydedildiğini belirtmişlerdir. Havzada oluşan toprak kaybı miktarının maksimum %26'sının dereye ulaştığını belirtmişlerdir. Toprak kaybının %74'ünün ise havzada yer değiştirerek biriktiğini vurgulamışlardır. Hindistan'da yapılan bir çalışmada havza için RUSLE yöntemi ile tahmini ortalama yıllık toprak kaybını 18.81 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulmuşlardır. Sediment İletim Oranı (SDR) 0.01-0.627 arasında değişim göstermiştir (Chougule vd., 2021). Bir havzada sediment verimi ve toprak kaybı miktarı havzada arazi kullanımıyla yakından ilişkilidir.

Havzada bitki örtüsünün bulunduğu ormanlık ve mera alanları tarım ve yerleşim yerlerine dönüştürülürse alanda toprak kaybı artar ve buna bağlı olarak sediment verimi de

artmaktadır. Kidane vd., 2019 yılında yaptığı çalışmada orman örtüsünün kaldırıldığı arazilerde yağmur damlalarının toprağı parçalama, taşıma etkisinin arttığını belirtmiştir. Ayrıca, dik yamaçlarda yoğun ve yaygın tarım sistemlerinin yapılması nedeniyle arazinin bozulduğunu belirtmiştir.

4.2. Su Kalite Parametreleri

4.2.1. Sıcaklık

Sıcaklık, suyun ısı değerini göstermek için kullanılan su kalite parametresidir (Koralay, 2015; Ustaoglu ve Tepe, 2019). Su sıcaklığı, suyun kalitesini belirleyen kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini etkiler. Sıcaklık, suyun bu özelliklerinin karasal ve sucul ekosistem için uygunluğunu belirleyen en önemli parametrelerden bir tanesidir (Chang, 2003; Özbektaş, 2015; Bilgiç, 2017; Günhan, 2019; Ustaoglu ve Tepe, 2019). Su sıcaklığının 10 °C yükselmesi su içerisinde meydana gelen kimyasal ve biyolojik reaksiyonların iki kat artmasına sebep olmaktadır (Şengül ve Müezzinoğlu, 2005; Bulut, 2005). 30°C gibi yüksek sıcaklıkta yaşayan sucul canlılar 20°C’de yaşayan sucul canlılara oranla iki kat daha fazla oksijene ihtiyaç duymaktadırlar (Atay ve Pulatsü, 2000).

Deredeki suyun sıcaklığını, havanın sıcaklığı, dere akışını azaltan su seviyelerinde düşüş, dere kenarında bulunan dere üzerine gölgelik örtü sağlayan ve su kalitesi açısından önemli olan riparian zonların uzaklaştırılması, kirletici maddenin artması, dere üzerlerine hidroelektrik santrallerinin, kum ocaklarının inşaatı ve diğer endüstriyel yapı faaliyetleri arttırabilmektedir (Chang, 2003; Koralay, 2015; Bilgiç, 2017; Dumago vd., 2018; Camara vd., 2019; Günhan, 2019). Deredeki su sıcaklığının artmasıyla çözünmüş oksijen ihtiyacı da azalır ve organik maddelerin parçalanması için gereken biyolojik oksijen ihtiyacı artar (Chang, 2003; Koralay, 2015; Günhan, 2019). Yapılan bu çalışmada da sıcaklık değerleri ile çözünmüş oksijen arasında kuvvetli negatif ilişki çıkmıştır. Sıcaklık değerleri arttıkça çözünmüş oksijen değerleri azalmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla dereye daha fazla buharlaşma meydana gelir ve deredeki su miktarının azalmasına sebep olur (Chang, 2003). Ortamda oksijenin azalmasıyla birlikte sucul canlılar için zehir etkisi yapan istenmeyen mavi-yeşil algler ve mikroorganizmalar çoğalır (Chang, 2003; Tarkan, 2007; Özbektaş, 2015; Günhan, 2019). Böylece suyun tadının, kokusunun ve renginin bozulmasına sebep olur (Özbektaş, 2015; Atıcı, 2017). Aynı zamanda sıcaklık sucul ekosistem için kritik

öneme sahip suyun pH'ını da olumsuz etkileyerek su kalitesini kötüleştirmektedir (Bilgiç, 2017). Yapılan çalışmada da sıcaklık değerleri ile pH değerleri arasında pozitif yönlü ilişki çıkmıştır. Sıcaklık değerleri arttıkça pH miktarı artış göstermektedir. Ay, 2017 yaptığı çalışmada sıcaklık değerleriyle pH arasında pozitif yönlü bir ilişki bulmuştur.

Sucul canlıların beslenme, solunum, üreme, dolaşım faaliyetler gibi yaşamsal özelliklerini devam ettirebilmeleri için canlıların kendine özgü su sıcaklığı aralık değerleri vardır (Chang, 2003; Atıcı, 2017). Bu sıcaklık aralığı canlının tür bileşimi, yaşam döngüsü gibi bir çok faktöre bağlıdır (Chang, 2003). Balıklar soğuk kanlı canlılar oldukları için vücut ısıları bulundukları ortamın sıcaklığıyla ilişkilidir. Bu yüzden balık gibi sucul canlıların kendi yaşam döngüsü içinde bulunan optimum su sıcaklık değerlerinin bir iki derece artması veya azalması bu canlıların gelişimini, göç hareketini, yumurtlamalarını ve üremelerini olumsuz etkiler (Chang, 2003). Suyun sıcaklığının 1°C artması balıklarda solunum, sindirim, dolaşım gibi metabolik faaliyetlerin %10 artmasına neden olur. Bu yüzden suyun sıcaklık değeri sucul ekosistem için çok önemli bir kriterdir. Metabolik faaliyetlerinin artmasıyla balık daha fazla oksijene ihtiyaç duyar ve bu da sudaki oksijen miktarının azalmasına sebep olur (Günhan, 2019). Su sıcaklığının artmasıyla oksijenin sudaki çözünürlüğü azalır bu nedenle soğuk sular sıcak sulara oranla daha fazla oksijen bulundurmaktadır (Chang, 2003; Günhan, 2019). Çalışma alanı olan Söğütlü Deresi üzerinde alabalık çiftlikleri vardır ve alabalık zonu içerisinde bulunmaktadır. Alabalıklar yumurtalarını genellikle ekim-aralık (sonbahar ve kış mevsiminde) ayları arasında derelere bırakırlar (Kellett 1965; Liew 1969; Lee 1971; Grant ve Lee, 2004). Alabalıkların (*Salmo trutta*) yumurta bırakacakları en uygun sıcaklık aralığı 2-13°C'dir ve bu değerlerden 2°C'lik sıcaklık artışına ve azalışına tolerans gösterebilirler (Raleigh vd., 1986). Yavrular bahar aylarında nisan ve mayısın ortası gibi yumurtadan çıkarlar (Ryan, 1988; Scruton vd., 1997). Yavruların büyümesi ve gelişmesi için en iyi sıcaklık aralığı 6.7-12.8°C ve genç bireyler için bu aralık 4-19°C'dir. Sıcaklık 25°C ve üzerini geçtiğinde ölüm oranları artar (Markus, 1962; Elliot, 1981). Yetişkin bireyler için yaşamlarını devam ettirebilmek için sıcaklıkları 12-19°C arasındadır ve 0-27°C arasını tolere edebilmektedir (Grant ve Lee, 2004). Genel olarak bakıldığında büyüme, gelişme sıcaklıkları ve maksimum yaşam sıcaklıkları 0-25°C arasında yer almaktadır (Chang, 2003). Balıkların yaşaması için gerekli bu sınır değerler aşıldığında balıkların büyüme ve gelişmesi olumsuz etkilenir, vücut dirençleri zayıflar, daha çabuk hastalanır, göç etmeleri zorlaşır ve toplu balık ölümlerine neden olur (Chang, 2003; Bilgiç, 2017). Yüksek yaz sıcaklıklarının artmasıyla derelerdeki

su sıcaklığı artarak su içerisinde oksijen miktarı azalır. Ortamda yetersiz oksijenin olması durumunda balıkların ağız yapısı, benek durumu gibi morfolojik özelliklerinde değişikliklere neden olur (Chang, 2003). Bu nedenle su sıcaklığı, derelerde sucul ekosistem için hayati öneme sahip kritik bir faktördür (Grant ve Lee, 2004; Poff vd., 2010).

Edinilen bulgulara göre, örnekleme noktalarına bakıldığında en düşük sıcaklık değeri aralık ayının memba kısmında 1120m yüksekliğe sahip S9 noktasında 1.2°C olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık değeri ise temmuz ayında havzanın denizle birleştiği kısımda bulunan S1 noktasında 27.6°C olarak bulunmuştur. Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük sıcaklık değerleri ocak ayında ve en yüksek sıcaklık değerlerinin temmuz ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 60). Tarkan 2007' de yapmış olduğu çalışmada en yüksek su sıcaklığı değerlerini 31.9 °C ile temmuz ayında örnekleme noktalarının en düşük yükseltiye sahip birinci noktasında, en düşük su sıcaklığı değerini ise 4.9 °C olarak ocak ayında en yüksek yükseltiye sahip noktasında bulmuştur. Verap vd. 2020 yılında Doğu Karadeniz bölgesinde yapmış oldukları çalışmada en düşük sıcaklık değerini 7.93 °C ile Trabzon Değirmendere deresinde (Trabzon), en yüksek sıcaklık değerini ise 27.5 °C olarak Giresun Pazarsuyu deresinde bulmuşlardır. Gültekin vd. 2012 yılında Söğütlü deresinde yağışlı dönemlerde yaptıkları çalışmada su sıcaklık değerlerini 5.1-12.2°C arasında bulmuşlardır.

Söğütlü Havzasında yıllık olarak nokta bazında değerlendirildiğinde en yüksek sıcaklık değeri S1 noktasında ve en düşük sıcaklık değeri de S9 noktasında bulunmuştur. Sunulan çalışma yapılan diğer çalışmalar ile uyum göstermektedir. Yüzeysel suların sıcaklıkları iklim, mevsim, yükselti, havanın sıcaklığı, havzanın arazi kullanım durumu gibi faktörlerden dolayı değişmektedir (Chang, 2003; Koralay, 2015; Bilgiç, 2017; Günhan, 2019). Sunulan çalışmada mevsimlere göre ortalamalarının farklılığını bulmak için yapılan tek yönlü varyans analizine göre sıcaklık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Kış ve ilkbahar mevsimi en düşük sıcaklık grubunda ve yaz mevsimi ise en yüksek sıcaklık grubunda yer almıştır. Sonbahar mevsimi ise ikinci grupta yer almıştır. Ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında tüm noktalarda mevsimsel değişimlere bağlı olarak artma ya da azalmalar gözlemlenmiştir (Atıcı, 2017; Topaldemir, 2021). Volera 2012 yılında yaptığı çalışmada noktalar arasındaki sıcaklık değerlerinin farklılık göstermesini mevsimsel ve meteorolojik durumlara bağlamıştır. Karagüllü (2015) Söğütlü Deresinde yaptığı çalışmada sıcaklık değerlerini 8-20.05°C arasında ölçmüştür. Deredeki suyun sıcaklığının mevsimsel hava sıcaklığı ile yakından ilişkili olduğunu

belirtmiştir. Koralay vd. 2018 yılında yaptığı çalışmada havzanın mansap kısmında sıcaklık değerlerini 6.3°C - 24.4°C arasında, memba kısmında ise 2.5°C - 21.5°C arasında bulmuşlardır. Suyun sıcaklığının mevsim sıcaklıklarına paralel bir şekilde azalıp yükselttiğini belirtmişlerdir. Yalçın ve Gürü (2002) yaptıkları çalışmada deniz seviyesinden yüksekliğe çıkıldıkça suların sıcaklığının düşeceğini bildirmişlerdir. Bayram 2011 yılında yaptığı çalışmada yükseltisi düşük olan noktaların yükseltisi yüksek olan noktalara oranla sıcaklığın daha yüksek değerlere sahip olacağını belirtmişlerdir. Söğütlü deresi havzasında deniz seviyesinde yükseklerle çıkıldıkça su sıcaklığın düştüğü belirlenmiştir. Dumago vd. (2018) yılında yaptıkları çalışmada en düşük sıcaklık değerlerinin havzanın memba kısmında en yüksek sıcaklık değerlerinin havzanın mansap kısmında bulmuşlardır. Örnekleme noktalarında arazi kullanım durumlarına bakıldığında ise S9 noktasının arazi kullanım durumuna göre orman ve mera alanları toplam alanın % 94.82 ile tarım ve yerleşim alanları % 5.18'luk kısmını oluşturmaktadır. Nokta bazında arazi kullanım durumlarına göre yapılan istatistik analiz sonucunda sıcaklık değerleri ile noktalar arasında anlamlı farklılıklar bulunamamıştır. Fakat korelasyon analizlerine bakıldığında örnekleme noktalarında orman ve mera alanları arttıkça sıcaklık değerleri düşmüş, tarım ve yerleşim alanlarının artmasıyla da suyun sıcaklık değeri yükselmiştir (Johnson vd., 1997; Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007; Koralay, 2018; Tahiru vd., 2020). Fashae vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada yerleşim yeri, endüstriyel alan ve bitki örtüsüyle kaplı alan şeklinde ayırdıkları arazi kullanım değerleriyle su kalitesi sıcaklık parametresi arasında anlamlı farklılık bulamamışlardır. Sıcaklık değerleri neredeyse arazi kullanım şekillerine göre aynı miktarlarda bulmuşlardır. Dumago vd., 2018 yılında yaptıkları çalışmada havzanın memba ve mansap kısımları arasında arazi kullanımı/razi örtüsü açısından önemli farklılıklar bulunmuştur. Arazi kullanım durumu ile su kalite parametreleri arasında yaptıkları varyans analizinde özellikle sıcaklık, askıda katı madde, nitrat ve fosfat arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Havzanın üst kesiminde alınan ormanlık alanların yoğun olduğu örnek noktaları ile havzanın orta ve mansap kısmında tarım ve yerleşim yerinin yoğun olduğu örnekleme noktaları ile su kalitesi parametreleri arasında önemli bir fark olduğunu belirtmişlerdir. Koralay ve Kara 2019 yılında yaptıkları çalışmada dere kenarlarında riparian zonların kaldırılmasıyla dere suyunun sıcaklığının artacağını belirtmişlerdir. Topaldemir (2021) yaptığı tez çalışmasında su derinliğinin fazla, su akışının hızlı ve dere kenarında bulunan bitkilerin gölge oluşturmamasından su sıcaklıklarının genelde düştüğünü belirtmişlerdir. Su derinliğinin az, su

akışının yavaş ve dere kenarlarında bitki olmayan kısımlarda ise su sıcaklığı değerlerinin diğer istasyonlara oranla daha yüksek bulduklarını belirtmişlerdir. Gyawali vd. (2013) yaptıkları araştırmada nehir kıyısı zonların ve arazi kullanımının su kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda su kalite parametrelerinden sıcaklık, çözünmüş oksijen, askıda katı madde miktarının nehir kıyısı zonlar ve arazi kullanımı ile yakından ilişkili olduğu ve ekosistem açısından çok önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Akgül (2016) yaptığı çalışmada en düşük su sıcaklığının havzanın memba kısmında ve en yüksek su sıcaklık değerlerinin havzanın mansap kısmında bulmuşlardır. Sunulan tezde havzanın memba kısmından mansap kısmına doğru gidildikçe sıcaklık farklılıkları ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda yaz aylarında düşük akarsu debilerinin deredeki suyun sıcaklığının yükselmesinde önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir (Jackson, 2006; Çağlar, 2011). Sinokrot ve Guuliver 2000 yılında yapmış olduğu çalışmada su sıcaklığı ile debi değerlerinin ilişkili olduğunu ve yüksek su sıcaklıklarının debinin azalmasıyla arttığını belirtmiştir (Çağlar, 2011). Söğütlü deresi havzasında yaz aylarında su sıcaklığının yüksek çıkmasının sebebi yağışların azalmasıyla birlikte deredeki akışın azalmasından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca Söğütlü deresi boyunca dere üzerinde kum ocakları, yol yapım çalışmaları ve dere ıslah çalışmaları yer almaktadır. Yapılan bu çalışmalarda sıcaklığının artmasına yol açabilir (Volera 2012; Volera vd., 2014; Fashae vd., 2019). Havzada rakım düştükçe, memba kısmından mansap kısmına doğru tarım ve yerleşim alanları arttıkça ve denize yaklaşıldıkça su sıcaklıklarında artış gözlemlenmiştir. Ölçülen değerler göz önünde bulundurulduğunda sıcaklık değerleri bütün noktalarda Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre I. sınıf su kalitesinde bulunmuştur. Karagüllü 2015 yılında Söğütlü deresinde yaptığı çalışmada da Söğütlü deresi sularını sıcaklık parametresine göre I. Sınıf su kalitesinde bulmuştur.

Su sıcaklığının artması suyun akma hızını düşürerek suyun bünyesinde askıda katı madde miktarını tutmasını engeller ve su içerisinde askıda katı maddenin çökeltme hızını artırır (Chang, 2003; Coşkun, 2012). 23°C gibi yüksek sıcaklıktaki sular balçık ve alüvyonu 0°C gibi düşük sıcaklıktaki sulara oranla iki kat daha hızlı batırabilmektedir. Böylelikle daha sıcak suların alüvyon ve balçık tutma kapasitesi soğuk sulara göre daha azdır (Tarkan, 2007; Coşkun, 2012). Tahiru 2020 yılında yaptığı çalışmada arazi kullanım durumları ile bölgedeki su kalitesini değiştirdiğini göstermiştir. Tarım arazisinin artmasıyla bulanıklık attığını belirtmiştir. Söğütlü deresi havzasında askıda katı madde ile sıcaklık

arasından negatif yönlü bir korelasyon bulunmuştur. Sıcaklık değerleri arttıkça suyun bünyesinde tutabileceği askıda katı madde miktarı azalmıştır.

Söğütlü deresi havzasında nisan ve mayıs aylarında yapılan ölçümlere bakıldığında su sıcaklığı değerleri alabalık yavruları için özellikle havzanın mansap kısmında bulunan S1, S2 ve S3 noktalarında yüksek bulunmuş ve yavruların yaşaması için uygun olan sıcaklık sınır değerlerini aşmış ve mayıs ayında ortalama 17. 4°C bulunmuştur. Bu durum yükselti farkından veya arazi kullanımdan kaynaklı kirletici etkenlerin artmasından dolayı kaynaklanmış olabilir (Jackson, 2006; Topaldemir, 2021). Aksungur vd.,’nin 2007 yılında yapmış oldukları çalışmada havzanın mansap kısımlarında özellikle temmuz ve ağustos aylarında su sıcaklığının yükseldiğini ve sıcaklık değerlerinin alabalık türlerinin tolere edebileceği üst sınır değerlerine ulaştığını belirtmektedir.

4.2.2. pH

pH sudaki hidrojen iyonları miktarının bir ölçüsü ve çözeltilerin asit ya da baz durumunu gösteren su kalite parametresidir (Barlas vd., 2002; Chang, 2003; Özbektaş, 2015). Sudaki pH değeri 7’nin altındaysa su asidik karakterde, pH 7’nin üzerindeyse bazik karakterde ve pH değeri 7’ye eşit ise su nötr karakterdedir (Göksu, 2003; Günhan, 2019). Su içerisinde bulunan katılar, çözeltiler ve gazlar su içerisinde reaksiyona girerek eridiklerinde suyun içerisinde bulunan H ve OH iyonlarında artma veya azalma gözlenir. Bu da suyun pH seviyesinin değişmesine neden olur (Chang, 2003; Günhan, 2019). Yüzey sularında pH değeri genellikle 6 - 9 arasındadır (Hem, 1986; SKKY, 2004; Şengül ve Müezzinoğlu, 2005; Aksungur vd., 2007; Özbektaş, 2015; Bilgiç, 2017; Günhan, 2019). Boran ve Sivri (2001) Solaklı ve Sürmene derelerinde yaptıkları çalışmada pH değerlerini Solaklı Deresi’nde 8.15 ile 8.66, Sürmene Deresi’nde ise 8.45–8.82 arasında bulmuşlardır. Akarsu sularının bazik karakterde olduğunu belirtmişlerdir. Saf suyun içerisinde çözünmüş katılar bulunmadığı için 25°C pH değeri 7’dir. Yüzey sularının büyük kısmı bünyelerinde gazlar, sodyum, karbonat ve bikarbonat gibi maddeler taşıdıklarından dolayı çoğunlukla bazik karakterdedirler (Davis ve DeWiest, 1969; Şengül ve Müezzinoğlu, 2005; Özbektaş, 2015; Bilgiç, 2017). Yüzey sularının düşük pH olmasının sebebi genellikle hidrojen sülfür, hidroklorik asit ve sülfür minerallerinin organik maddelerin çürümesiyle oluşan organik asitle oksidasyonu sonucunda meydana gelir (Chang, 2003; Megap, 2011). Kireçli suların pH değeri kil içeriği zengin olan sulardan

daha yüksektir (Davis ve DeWiest, 1969; Bilgiç, 2017). Termal sularda düşük pH değerleri görülebilir (Günhan, 2019). Sudaki pH durumu su içerisinde bulunan metal bileşiklerin çözünürlüğünü, biyolojik ve kimyasal olayları etkilemektedir (Fatoki vd., 2003). pH metallerin korozyona uğramasında önemlidir (Chang, 2003). Suyun pH seviyesinin yükselmesi veya alçalması su içerisinde bulunan metal bileşiklerin sucul ekosistemde bulunan canlılara verdiği zehir etkisini değiştirebilir. Kadmiyum ve çinko gibi metaller, düşük pH'larda yüksek zarar verici çevresel etkilere sahipken (Fatoki vd., 2003; Ustaoglu ve Tepe 2019), su içerisinde yüksek amonyak konsantrasyonunun bulunması halinde düşük pH sucul canlılara zehir etkisi yaparak sucul ekosistemin bozulmasına sebep olur (Yılmaz, 1999).

Edinilen bulgulara göre, örnekleme noktalarına bakıldığında en düşük pH değeri eylül ve aralık ayının memba kısmında 1120 m yüksekliğe sahip S9 noktasında 7.30 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri ise ekim ayının S1 noktasında 9.27 olarak bulunmuştur. Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük pH değeri eylül ayında ve en yüksek pH değeri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 62). pH değerlerine bakıldığında düzensiz olarak artışlar ve azalmalar meydana gelmiştir. Obot vd., 2019 yılında yapmış olduğu çalışmada kurak mevsimlerde pH değerini 7.09 olarak, yağışlı mevsimde ise 6.75 olarak bulmuştur.

Yapılan istatistiksel analizlerde mevsimsel olarak ortalamaların farklılığı için varyans analizine bakıldığında pH değerleri ile mevsimler arasında anlamlı farklılık bulunamamıştır. pH değerleri bütün mevsimlerde aynı grupta yer almıştır. Akgül (2006) Yuvarlak Çay'da yaptığı çalışmada örnekleme noktalarında pH değerleri arasında çok büyük farklılıklar meydana gelmediğini belirtmiştir. Yapılan ölçümlere göre en düşük pH değeri 7.7 ile ocak ayında, en yüksek pH değeri ise ile Kasım ayında bulunmuştur. Koralay 2015 yılında yaptığı çalışmada mansap kısmında bulunan örnek noktaları arasında mevsimlere göre anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Ancak memba kısmında bulunan örnekleme noktalarında mevsimler arasında pH değerleri açısından anlamlı farklılık bulunamamıştır. Çalışma alanındaki sonuçlara bakıldığında pH değerlerinin en düşük olduğu nokta havzanın memba noktasının en üst noktası olan S9 noktasıdır. Bu nokta arazi kullanımı bakımından orman ve mera alanlarının en yüksek olduğu örnekleme noktasıdır. Ölçülen değerlere bakıldığında pH'da havzanın memba kısmından mansap kısmına gidildikçe artış gözlemlenmiştir. Havzada örnekleme noktalarında tarım, yerleşim yeri, şehirleşme ve endüstriyel alanların artmasıyla pH değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir.

Noktalar arasında arazi kullanım durumuna göre yapılan istatistik analizleri sonucunda pH değerleri ile noktalar arasından anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Yine yapılan korelasyon analizi sonucunda orman ve mera alanlarının artmasıyla pH değerlerinde düşüş, tarım ve yerleşim yerlerinin artmasıyla da pH seviyelerinde yükseliş gözlemlenmiştir. Dumago vd., 2018 yılında arazi kullanım durumuna göre orman, tarım, tarım ve şehirleşme olarak ayırdığı alanlarda yapmış olduğu çalışmada en düşük pH seviyesini ormanlık alanlarda en fazla pH seviyesini ise tarım ve şehirleşmenin olduğu kısımlarda bulmuştur. Soylak ve Doğan, 2000 yılında yapmış oldukları çalışmada endüstriyel alanlar ve yerleşim alanlardan gelen atıkların, asit yağmurlarının yüzey sularının pH değerlerini değiştireceğini belirtmişlerdir. Fashae vd. 2019 yılında yapmış oldukları çalışmada arazi kullanım durumuna göre pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulamamışlardır. Gupta ve Gupta, 2021 yılında yaptığı çalışmada da benzer sonucu bulmuştur. Havzanın mansap kısmında pH seviyelerinin diğer noktalara göre yüksek çıkmasının sebebi debi seviyesinin düşmesinden (Kurunç vd., 2005), jeolojik yapıdan (Birol, 2007) veya bu bölümde kum ocağı faaliyetlerinin ve rehabilitasyon çalışmasından dolayı askıda katı madde miktarının yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir (Volera, 2014). Kireçli bölgelerde akıntı olmadığı durumlarda sularda buharlaşmanın yaşanmasıyla su içerisinde alkali madde artar ve suyun pH seviyesinin 12'ye kadar çıkmasına neden olabilir. Hauraki District Council (2003) bir havzada suyun pH değerinin havzanın jeolojisi ve havzanın toprak türünden etkilendiğini belirtmiştir. Kireç taşının bulunduğu bölgelerden geçen nehirlerde pH değerinin oldukça yüksek olduğunu bildirmiştir. Volera vd. 2014 yılında yaptığı çalışmada hidroelektrik santral inşaatında kullanılan çimento, beton, kalsiyum hidroksit gibi aşındırıcı malzemelerin suyun pH'ını değiştirdiğini ve pH üzerine ortamın anakaya yapısının da etkili olduğunu bildirmişlerdir. Verap vd., 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada kum ocaklarının ve hazır beton tesislerinin dere üzerinde veya akarsuya yakın bölgede bulunduğunu belirtmiştir. Bu tesislerin faaliyetlerinden dolayı akarsu içerisinde askıda katı madde miktarının yükseldiğini, çimento ve katkı maddelerinin karışmasıyla akarsuyun pH seviyesini 10-12 civarına çıkardığı bunun da sucul canlıları olumsuz etkilediğini belirtmiştir.

Söğütlü deresinde en yüksek pH değerleri havzanın mansap kısmında bulunan tarım ve yerleşim yerlerinin çok olduğu noktalarda bulunmaktadır. Mc Nelly vd., 1979 yılında yaptığı çalışmada maden işletmelerin ve endüstriyel atık suların akarsuların pH'ını düşüreceğini belirtmiştir. Söğütlü deresi havzasında havzanın orta kısmından başlayarak

havzanın mansap kısmına doğru dere boyunca tünel çalışmaları, kum ocağı faaliyetleri ve yol yapım çalışmaları yer almaktadır. Havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru pH seviyelerin artması bu faaliyetlerden dolayı yükselmiş olabilir. Bütün değerler göz önünde bulundurulduğunda pH değerleri bütün noktalarda su kalitesi kontrolü yönetmeliğine göre I. sınıf su kalitesinde bulunmuştur. Karagüllü 2015 yılında Söğütlü deresinde yaptığı çalışmada pH değerlerini 6.63-7.5 arasında ve I. sınıf su kalitesinde bulmuştur. Söğütlü deresi havzasında pH değerleri 7.30-9.27 arasında değişim göstermiştir. Bulduğumuz sonuçlara göre Söğütlü deresinde pH değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Gültekin vd. 2012 yılında yaptığı çalışmada Trabzon akarsularının pH değerlerini 6.9-9.9 arasında bulmuştur.

Sucul ekosistem içerisinde yaşayan her bir canlı için tolere edebildiği uygun bir pH aralığı vardır (Bilgiç, 2017). Balıklar ve diğer suda yaşayan organizmalar pH değişikliklerine karşı çok hassastırlar (Chang, 2003; Dumago vd., 2018). Sucul canlılar yaşamlarını 6.5-8.5 pH aralığında sürdürmektedir (Hem,1985; Akman, 2011). Akarsuların pH seviyesinin bu değerlerin dışına çıkması durumunda suda yaşayan canlılar zarar görmekte ve akarsuda bulunan bazı maddelerin sucul organizmaları zehirleme etkisi yükselmektedir (Dumago vd., 2018). Hynes, 1977’de yaptığı çalışmada sudaki amonyağın bazik sularda asidik sulara göre zehir etkisinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Çoban 2007 yılında yaptığı araştırmada yüksek sıcaklık ve pH değerlerinde organik maddenin zararlı etkisinin yüksek olacağını bildirmiştir. Cirik ve Cirik, 2005 yılında yaptığı çalışmada pH değerlerini hayvanların solunumu, bakteri ve mantarın metabolik faaliyetlerinin de etkileyebileceğini bildirmiştir. Söğütlü deresinde sıcaklık ile pH arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Sıcaklık değerleri arttıkça pH değerleri de artmaktadır. Obot vd., 2019 yılında yaptıkları çalışmada pH ile sıcaklık arasında pozitif yönlü bir ilişki bulmuştur. Bütün noktalardaki pH değerlerine bakıldığında pH değerleri balıkların yaşamlarını devam ettirecekleri pH aralığının en üst sınır değerinde yer almaktadır. Ağustos ve ekim ayı gibi bazı aylarda ise sınır üst değerlerinin aştığı gözlemlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre korelasyon analizleri sonuçlarına bakıldığında pH ve oksijen değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki çıkmıştır. pH değerlerinin artmasıyla oksijen seviyesinde azalış meydana gelmiştir. Bilgiç (2017) yaptığı çalışmada pH ile oksijen arasında negatif yönlü bir ilişki bulunduğunu belirtmiştir. Yüksek pH seviyeleri ile düşük oksijen değerleri canlılar üzerinde öldürücü etki yaptığını bildirmişlerdir. Bulduğumuz sonuçlarda da sıcaklık ve pH seviyeleri artmakta ve oksijen seviyeleri de

düşmektedir. Bu durumda pH seviyelerinin sucul canlılar için zehir etkisinin daha yüksek olabileceği sonucuna varılmıştır. Sunulan tezde pH değerleri ile elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk parametreleri arasında pozitif yönlü ilişki çıkmıştır. Bu parametrelerin değerleri arttıkça pH seviyelerinde de artış meydana gelmiştir.

4.2.3. Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik (EI), sularda çözünmüş halde bulunan katılardan kaynaklı suyun elektriği iletebilme kabiliyetinin belirlenmesi için geliştirilen su kalite parametresidir (Chang,2003; Tarkan, 2007; Özbektaş, 2015; Akgül, 2016). Su içerisinde toplam çözünmüş katı madde miktarı arttıkça suyun elektriksel iletkenliği de artmaktadır (Tanyolaç, 2011; Coşkun, 2012). Genel olarak elektriksel iletkenlik değeri 0.55-0.75 arasında bir değerle çarpıldığında yaklaşık olarak TDS değeri bulunmaktadır (Chang, 2003). Suyun elektriksel iletkenliğinin artması ya da azalması su içerisinde çözünmüş katılardan kaynaklı iyonların cinsine ve miktarına bağlı olarak değişir (Coşkun, 2012). Yüzey sularında elektriksel iletkenliği oluşturan en önemli katı maddelerin başında çözünmüş tuzlar gelmektedir ve suyun özelliklerinin değişmesine sebep olmaktadır (Göksu, 2003; Tarkan2007; Bilgiç, 2017). Yüzey sularında kalsiyum, klorür, potasyum, magnezyum, karbonat, nitrat başlıca çözünmüş halde bulunan tuzlardandır (Göksu, 2003). Su içerisinde çözünmüş tuz yoğunluğu arttıkça suyun elektriği iletebilme kabiliyeti de artmaktadır. Bir çözelti veya yüzey sularının elektriksel iletkenliğinin ölçülmesiyle içerisinde çözünmüş tuzların miktarı hakkında fikir sahibi olunabilmektedir (Coşkun, 2012). Sularda fazla miktarda elektriksel iletkenlik değerlerinin bulunması suyun kalitesinin bozulduğunu ve kirlendiğini göstermektedir (Atıcı, 2017).

Elektriksel iletkenliğin artmasıyla birlikte suyun kullanma kapasitesi de düşmektedir. Bu nedenle elektriksel iletkenlik parametresinin su kalitesinin değerlendirilmesi çalışmalarında izlenmesi gereken parametreler arasında yer almaktadır. Elektriksel iletkenlik değeri sudaki sıcaklığın, tuzluluğun ve toplam çözünmüş katı madde miktarının artmasıyla artmaktadır (Chang, 2003; Akman, 2011; Gülbenk, 2013, Bilgiç, 2017). Suyun sıcaklığı ile su içerisinde bulunan tuzluluk, çözünmüş katı madde miktarı artar ve buna bağlı olarak suyun elektriksel iletkenliği de artmaktadır. Ustaoglu ve Tepe 2019 yılında yaptığı çalışmada elektriksel iletkenlik ile sıcaklık arasında pozitif yönlü yüksek

korelasyon bulmuştur. Söğütlü deresinde sıcaklık ile elektriksel iletkenlik arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Yine sıcaklığın artmasıyla birlikte su içerisinde çözünmüş katı madde miktarı da artmış ve sıcaklık ile TDS ve tuzluluk parametresi arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Buna bağlı olarak elektriksel iletkenlik ile toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk arasında da pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Sıcaklık değerleri çözünmüş katı madde miktarını arttırmış ve buna bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerini de arttırmıştır (Göksu, 2003; Çağlar, 2011; Atıcı, 2017; Bilgiç, 2017; Günhan, 2019). Topaldemir (2021) yaptığı çalışmada toplam çözünmüş katı madde ile elektriksel iletkenlik arasında pozitif yönlü bir korelasyon bulmuştur. Elektriksel iletkenlik değerinin suda çözünmüş tuz içeriğine bağlı olarak artacağını belirtmiştir. Elektriksel iletkenlik ile magnezyum iyonu arasında orta düzeyde bir ilişki bulmuştur. Bulunan sonuçlar ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri ile toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk derişimi arasında ilişki olduğunu doğrulamıştır. Gültekin vd. 2012 yılında yaptığı çalışmada Trabzon akarsularının karbonatlı ve sülfatlı sular olduğunu belirtmiştir. Trabzon akarsularının elektrik iletkenlik değerlerini 28-450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında bulmuştur. Söğütlü deresinde elektriksel iletkenlik açısından I. sınıf su kalitesinde bulunduğunu belirtmiştir. Verap vd., 2020 yılında yaptığı çalışmasında Doğu Karadeniz bölgesi akarsuların elektriksel iletkenlik değerlerini 0.041- 0.577 mS/cm arasında bulmuştur. Solaklı deresinde yapılan çalışmalarda elektriksel iletkenlik değerinin Aksungur vd.(2007) 0.045-0.189 mS/cm arasında, Yurtseven (2012)'de 0.28-0.32 mS/cm arasında bulmuştur.

Edinilen bulgulara göre, havzada örnekleme noktaları göz önünde bulundurulduğunda en düşük elektriksel iletkenlik değeri mart ayının S8 noktasında 0.047 mS/cm olarak bulunmuştur. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise temmuz ayının S1 noktasında 0.391 mS/cm olarak bulunmuştur (Tablo 42). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük elektriksel iletkenlik değeri mart ayında ve en yüksek elektriksel iletkenlik değeri temmuz ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 64). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde en yüksek elektriksel iletkenlik değeri S1 noktasında ve en düşük iletkenlik değeri de S9 noktasında bulunmuştur. Mart ayında elektriksel iletkenlik değerinin düşmesi kar erimelerin yaşanmasıyla debi seviyesinde artıştan kaynaklanıyor olabilir. Temmuz ayında ise su sıcaklığının artmasıyla çözünmüş katı maddelerin artması veya yağışlardan dolayı debi seviyesinde düşüşten kaynaklanıyor olabilir. Temponeras ve vd., 2000 yılında elektriksel iletkenlik değerlerinin yaptığı

çalışmasında yağış miktarına ve havzanın jeolojik yapısına bağlı olarak değişim gösterebileceğini belirtmiştir. Taş 2006 yılında yaptığı çalışmada Eİ değerlerinin artması veya azalmasında yağış, jeolojik yapı ve sıcaklığın etkili olduğunu belirtmiştir. Yuvarlak Çay üzerinde yapılan çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri $473 - 754 \mu\text{Scm}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir (Akgül, 2016). Koralay 2015 yılında yaptığı çalışmada en düşük elektriksel iletkenlik değerini kar erimelerin artmasıyla debi seviyesinin yükseldiği nisan ayında bulmuştur. En yüksek elektriksel iletkenlik değerini ise yazın sıcaklıkların arttığı ve debi seviyesinin azaldığı ağustos ayında bulmuştur. Günhan (2019) yaptığı çalışmasında sıcaklık değerinin suyun elektriksel iletkenlik değerini arttıracağını bildirmişlerdir.

Karasu Çayı'nda yapılan çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri $338 - 670 \mu\text{S/cm}$ arasında bulunmuştur. En üst örnekleme noktasında elektriksel iletkenlik değeri düşük çıkarken, göle doğru gidildikçe elektriksel iletkenlik değerlerinde bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu duruma suda erimiş halde bulunan katıların ve askıda katı maddelerin üst kesimlerden başlayarak alt kesimlere gidildikçe akarsu boyunca suya sürekli eklenmesinden dolayı alt noktalarda elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek çıkmasına sebep olabileceği vurgulanmıştır (Atıcı, 2017).

Söğütlü deresinde Eİ değerlerinin en düşük olduğu nokta havzanın memba noktasının en üst noktası olan S9 noktasıdır. Bu nokta arazi kullanımı bakımından orman ve mera alanlarının en yüksek alana sahip olduğu noktadır. Değerlere bakıldığında Eİ değerleri havzanın memba kısmından mansap kısmına gidildikçe artış gözlemlenmiştir. Havzada örnekleme noktalarında tarım, yerleşim yeri, şehirleşme ve endüstriyel alanların artmasıyla Eİ değerlerinde bir artış meydana gelmiş olabilir. Noktalar arasında arazi kullanım durumuna göre yapılan istatistik analizleri sonucunda Eİ değerleri ile noktalar arasından anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Orman alanlarının fazla olduğu S8 ve S9 noktaları en düşük elektriksel iletkenlik değeri grubunda ve S5, S6 ve S7 noktaları ikinci grupta yer almıştır. Tarım alanları yönünden fazla alana sahip noktalar ise en yüksek elektriksel iletkenlik değeri grubunda yer almıştır. Yine yapılan korelasyon analizi sonucunda orman ve mera alanlarının artmasıyla Eİ değerlerinde düşüş, tarım ve yerleşim yerlerinin artmasıyla da Eİ değerlerinde yükseliş gözlemlenmiştir. Sonuç olarak arazide tarım, yerleşim ve endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla akarsuda bulunan elektriksel iletkenlik değerlerinin artmasına sebep olmuş olabilir. Verap vd., 2020 yılında yapmış olduğu çalışmasında havzaların çıkış kısımlarından alınan örneklerde akarsu havzalarının genel yapısı su kalite değerlerini etkilediğini bildirmiştir. Doğu Karadeniz havzasında bulunan

akarsuların düz olan mansap kısmında ve havzanın çıkışına yakın yerlerde yerleşim ve endüstriyel alanları bulunduğu için bu yapıların su kalitelerinin kötüleşmesine sebep olduğunu belirtmiştir. Söğütlü deresi havzasında yapılan gözlemlerde akarsu boyunca havzanın orta kısmından mansap kısmına doğru kum ocakları faaliyetleri, tünel yapım çalışmaları, yol yapım çalışmaları gibi faaliyetlerin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 104). Ayrıca akarsu üzerine çeşitli hafriyat malzemelerinin atıldığı da gözlemlenmiştir (Şekil 105). Yapılan bu çalışmalar havzanın mansap kısmında akarsu da kirliliği arttırarak Eİ değerlerinin artmasına sebep olmuş olabilir (Koralay 2015; Volera 2012; Volera 2014). Bilgiç (2017) yaptığı çalışmada endüstriyel atık suların, kanalizasyon sularının ve sulama sularının dereye bırakılması elektriksel iletkenlik değerinin artmasına neden olabileceğini belirtmiştir. Gupta ve Gupta 2021 yılında yaptığı çalışmada elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde değerinin endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığını belirtmiştir. Bayram (2011), Harşit Çayı'nda yapmış olduğu çalışmada derenin çıkış kısmında ortalama elektriksel iletkenlik değerini 0.202 mS/cm olarak bulmuştur. Nitekim yapılan çalışmada da arazi gözlemlerinde ve yerel halk ile konuşulduğunda elektriksel iletkenliğinin yüksek çıktığı S1 noktasının yakınından kanalizasyon atıklarının atıldığı ve hastanenin atık su çıkışının buradan dereye verilerek denize döküldüğünü ve buralarda özellikle yaz aylarda kokudan durulmadığı belirtmişlerdir. Araştırma sonuçları bölgede yapılan diğer çalışmalarla uyumludur.



Şekil 104. S6-S5 örnek noktaları arasında bulunan kum ocağı ve tünel çalışması



Şekil 105. S3-S4 örnek noktaları arasında bulunan hafriyatın döküldüğü yer ve yol yapım çalışması

Yapılan çalışmada ölçülen elektriksel İletkenlik değerlerine bakıldığında bütün noktalarda su kalitesi kontrolü yönetmeliğine göre I. Sınıf su kalitesi sınıfında yani çok iyi durumda olduğu bulunmuştur. Su kalitesi bakımından elektriksel iletkenlik değerlerinde herhangi bir problem yaşanmamaktadır. Fakat havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru elektriksel iletkenlik değerlerinin arttığı görülmektedir. Tarım ve yerleşim yerleri arttıkça Eİ değerleri de artmaktadır. Karagüllü 2015 yılında Söğütlü deresinde yapmış olduğu çalışmada elektriksel iletkenlik değerlerini 61-258 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ve I. Sınıf su kalitesinde olduğunu bulmuştur. Sunduğumuz tezde Söğütlü deresi Eİ değerleri 0.047-0.391 mS/cm arasında bulunmuştur. Geçmişte yapılan çalışmaya göre Eİ değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında Eİ değeri I. sınıf su kalitesinin üst sınır değerine yakın bulunmuştur. Eğer önlem alınmazsa suların iler ki yıllarda daha çok kirleneceği ve II. Sınıf su kalitesi sınıfına düşmesi beklenmektedir. Buna göre gerekli ve yeterli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Ortalamaların farklılığı için yapılan tek yönlü varyans analizinde mevsime göre elektriksel iletkenlik değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük elektriksel iletkenlik değeri grubunda, yaz ve sonbahar mevsimi en yüksek elektriksel iletkenlik değeri grubunda yer almıştır. Kış mevsimi ise ikinci grupta yer almıştır. İlkbahar mevsiminin en düşük elektrik grubunda yer almasının başlıca sebepleri arasında kar erimesinden dolayı debi seviyesinin yükselmesi ve Covid19 pandemisi nedeniyle sokağa çıkma yasaklarının olmasıyla insan faaliyetlerinin azalmasından kaynaklanıyor olabilir. Sunulan çalışmada elektriksel iletkenlik değerlerinde kış aylarında bir düşüş görülürken yaz aylarında ise yükselme meydana gelmiştir (Birol, 2007; Bayram

2011; Koralay, 2015). Elektriksel iletkenlik değerlerinde mart ayından sonra yükselme görülmüş ve ekim ayından sonra düşüşe geçmiştir (Birol, 2007). Elektriksel iletkenlikteki bu artış sıcaklığın artmasıyla toplam çözünmüş katı maddenin artması ve akarsudaki buharlaşmanın artmasıyla debi seviyesindeki düşüş ile birlikte toplam çözünmüş katı madde derişiminin artmasından kaynaklanıyor olabilir. Genel olarak bakıldığında en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri yaz aylarında bulunmuştur. Birol 2007 yılında yaptığı çalışmaya göre elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek olduğu değerleri hava sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında bulunduğunu belirtmiştir.

4.2.4. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen (ÇO), su içerisinde çözünmüş halde bulunan oksijen yoğunluğunu belirlemek için kullanılan su kalite parametresidir. Su içerisinde bulunan çözünmüş oksijen birimi genellikle mg/l ile ifade edilir ve su kalitesi özelliklerini belirlemek için kullanılan en önemli parametrelerden bir tanesidir (Kurt, 2012; Özbektaş, 2015; Atıcı, 2017). Sularda oksijen çözünürlüğü atmosfer basıncına ve su sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Suyun sıcaklığının yükselmesi ve atmosfer basıncının düşmesiyle suda çözünen oksijen miktarı düşmektedir (Cirik ve Cirik, 2005). Tatlı sularda 1 atm basınçta 0°C'de 14.62 mg/l ve 35°C'de 6.95 mg/l çözünmüş oksijen bulunur (Tablo 89) (Atay ve Pulatsü, 2000). Akarsularda ölçülen çözünmüş oksijen derişimi suyun ne derece temiz olduğunu ve sudaki organik madde miktarını ifade eder (Çoban, 2007). Nehirlerdeki oksijenin kaynağı, dere içerisinde meydana gelen fotosentez olayları, atmosfer, hızlı dere akımları, rüzgarın su üzerinde oluşturduğu havalandırma işlemleri, selin meydana getirdiği yüksek su akımlar ve yağışlardır (Chang, 2003; Boyd, 2015; Atıcı, 2017). Çözünmüş oksijen su kirliliğini etkileyen en önemli parametrelerden bir tanesidir (Bilgiç, 2017).

Yüzeysel sularda bulunan çözünmüş oksijen miktarı su içerisinde meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal aktivitelere bağlı olarak değişmektedir (Şen, 2007; Nhmrc, 2014). Ayrıca akarsu içerisinde çözünmüş oksijen miktarını suyun sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, tuzluluk ve su içerisinde yaşanan metabolik faaliyetler etkilemektedir (Brown ve Barnwell, 1987; Tanyolaç, 2000; Taş, 2006). Sunulan çalışmada da ölçülen elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk parametreleri ile çözünmüş oksijen arasından negatif yönlü korelasyon bulunmuştur. Eİ, TDS ve tuzluluk parametrelerinin artmasıyla çözünmüş oksijen

değerlerinde azalış meydana gelmiştir (Boyd ve Tucker, 1998). Topaldemir (2021) yaptığı çalışmada bulduğu korelasyon analizi sonuçlarında elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde miktarının artmasıyla sudaki çözünmüş oksijen miktarının azaldığını bulmuştur. Demir ve Selek (2009) yaptığı çalışmada çözünmüş oksijen ile tuzluluk arasında negatif bir ilişki bulmuştur. Tuzluluk arttıkça çözünmüş oksijen miktarının azaldığını belirtmiştir. Yalçın ve Gürü 2002 yılında yapmış olduğu çalışmada sudaki çözünmüş oksijen miktarının sıcaklık ve tuzluluk ile ters orantılı olduğunu belirtmiştir. Söğütlü deresine ait araştırma sonuçları Tanyolaç (2000) ve Topaldemir (2021)' in bulduğu sonuçlar ile uyumluluk göstermektedir.

Sudaki çözünmüş oksijen miktarı sucul canlıların yaşamlarını düzenler ve sınırlar. Sucul ekosistem de yaşayan canlılar üreme, solunum, gelişme gibi yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gereken enerjiyi oksijenden faydalanarak elde ederler (Chang, 2003; Özbektaş, 2015; Günhan, 2019). Sudaki canlılar atmosferde bulunan oksijeni direk olarak kullanamazlar, sucul canlıların kullandıkları oksijen su içerisinde çözünmüş olarak bulunan eriyik haldeki oksijendir (Atıcı, 2017). Nehirlerdeki çözünmüş oksijen miktarı sucul canlıların solunumunda kullanılması, organik maddelerin ayrıştırılmasında kullanılması ve sıcaklığın artmasından dolayı düşer (Chang, 2003; Tanyolaç, 2004; Günhan, 2019). Hynes (1977) yaptığı çalışmada organik madde girdisi yüksek olan akarsu alanlarında organik maddenin ayrıştırılması için gerekli olan biyolojik oksijen talebi artacaktır. Böylece biyolojik oksijen talebinin artmasıyla ortamda bulunan çözünmüş oksijen miktarının düşeceğini belirtmiştir.

Edinilen bulgulara göre, havzada örnekleme noktalarında en düşük çözünmüş oksijen değeri haziran ayının S1 noktasında 4.94 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek çözünmüş oksijen değeri ise ocak ayının S7 noktasında 14.67 mg/lt olarak bulunmuştur (Tablo 43). Karagül 2015 yılında Söğütlü deresinde yaptığı çalışmada çözünmüş oksijen değerlerini 8-11 mg/L arasında bulmuştur. Havzanın memba kısmında bulunan K-1 noktasında en yüksek çözünmüş oksijen değerini ve havzanın orta orta kısmına doğru gidildikçe çözünmüş oksijen değerinin düştüğünü belirtmiştir. Orta kısmındaki K-17 noktasında en düşük çözünmüş oksijen değerini bulmuştur. Söğütlü deresinde çözünmüş oksijen miktarının ağustos ayında düşük çıkmasının sebebi hava sıcaklığının yüksek olması ve debi seviyesinin azalmasından kaynaklanmış olabilir. Ocak ayında yüksek çıkmasının sebebi ise hava sıcaklığından kaynaklanmış olabilir (Kurunç vd., 2005). Volera 2012 yılında yapmış olduğu çalışmada akarsudaki düzensiz akış rejimlerinden dolayı

çözünmüş oksijen miktarının düştüğünü belirtmiştir. Bu nedenle sudaki çözünmüş oksijen miktarının sıcaklık ve su akışıyla ilgili olduğunu vurgulamıştır. Volera vd. 2014 yılında yaptığı çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Gültekin vd., 2012 yılında yaptığı çalışmada Trabzon bölgesinde bulunan akarsularda yağışlı dönemlerde çözünmüş oksijen değerlerini 8,8-16,9 mg/L arasında bulmuştur. Bayram, (2011), Harşit Çayı havzanın mansap kısmında bulunan çıkış bölgesinde ortalama çözünmüş oksijen değerini 10,78 mg/L olarak bulmuştur. Bulut 2005 yılında yaptığı çalışmada Galyan havzsında 8.64-11.08 arasında bulmuştur. En düşük oksijen değerini ağustos ayında havzanın mansap kısmında bulunan noktada ve en yüksek çözünmüş oksijen değerini havzanın memba kısmında bulunan noktada nisan ayında bulmuştur.

Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük çözünmüş oksijen değerleri ağustos ayında ve en yüksek çözünmüş oksijen değerleri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 66). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde S1 noktasında çözünmüş oksijen değerleri diğer noktalara göre daha az bulunmuştur.

Ortalamaların farklılığı için yapılan tek yönlü varyans analizinde mevsime göre çözünmüş oksijen değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yaz ve sonbahar mevsimleri en düşük çözünmüş oksijen değeri grubunda, kış ve ilkbahar mevsimleri ise en yüksek çözünmüş oksijen değeri grubunda yer almıştır. Yaz aylarında sıcaklıkların yükselmesiyle çözünmüş oksijen değerleri azalmış, kış aylarında hava sıcaklıklarının düşmesiyle değerler artmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda da sıcaklık ve çözünmüş oksijen arasında ters ilişki bulunmuştur (Ging ve Otero, 2003). Günhan (2019) yaptığı çalışmada sudaki oksijen miktarının su sıcaklığının artmasıyla azaldığını belirtmiştir. Ayrıca sulardaki kirlilik etmeninin artmasıyla suyun çözünmüş oksijen miktarının hızla azaldığını vurgulamıştır. Hem 1986 yılında yapmış olduğu çalışmasında soğuk suların sıcak sulara oranla daha fazla oksijen tutabildiğini ve bu yüzden çözünmüş oksijen miktarının kışın daha yüksek bulunduğunu rapor etmiştir. Topaldemir (2021) yaptığı çalışmada sıcaklık ile çözünmüş oksijen arasında negatif ilişki bulmuştur. Soğuk suların oksijen çözünürlüğü sıcak sulara oranla daha fazla olmasında dolayı kış aylarında çözünmüş oksijen miktarları yaz aylarında ölçülen değerlerden yüksek çıktığını belirtmiştir. Atıcı (2017) Karasu çayında yapmış olduğu çalışmasında ve Bilgiç (2017) da aynı sonuçları bulmuştur. Sunulan çalışmada da elde ettiğimiz sonuçlar çevremizde yapılan çalışmalar ile uyum göstermiştir.

Tablo 89. Bir atmosferik basınçta, saf sudaki oksijenin sıcaklığa bağlı çözünürlüğü (Atay ve Pulatsü, 2000).

°C	mg/lt	°C	mg/lt	°C	mg/lt
0	14.62	12	10.78	24	8.42
1	14.22	13	10.54	25	8.26
2	13.83	14	10.31	26	8.11
3	13.46	15	10.08	27	7.97
4	13.11	16	9.87	28	7.83
5	12.77	17	9.66	29	7.69
6	12.45	18	9.47	30	7.56
7	12.14	19	9.28	31	7.43
8	11.84	20	9.09	32	7.3
9	11.56	21	8.91	33	7.18
10	11.29	22	8.74	34	7.06
11	11.03	23	8.58	35	6.95

Su kalitesi kontrol yönetmeliğine göre bir değerlendirme yapıldığında, nokta bazında ortalama çözünmüş oksijen değerleri I. Sınıf su kalitesi özelliğinde bulunmuştur. Ancak haziran, temmuz, ağustos, eylül aylarında havzanın mansap kısmında bulunan S1, S2 ve S3 noktalarında su kalitesi açısından III. Sınıf su kalitesinde bulunduğu görülmüştür. Bu durumun meydana gelmesinde hava sıcaklığının artması ve debi seviyelerindeki düşüşten kaynaklanmış olabilir. Volera 2012 yılında yaptığı çalışmada çözünmüş oksijen değerlerini yaz aylarında kış aylarına oranla daha düşük bulmuştur. Greb ve Graczyk (1993), Wisconsin'de yaptıkları çalışmada çözünmüş oksijen değerlerinin temmuz, ağustos ve eylül aylarında su sıcaklıklarının diğer aylara göre daha yüksek olduğunu ve bu aylarda çözünmüş oksijen yoğunluğunun ortalama 9 mg/L olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak bir havzada yükselti değerleri arttıkça ve atmosfer basıncı azaldıkça çözünmüş oksijen değerlerinde azalma meydana gelmektedir (Tablo 90) (Atay ve Pulatsü, 2000). Sunulan çalışmaya bakıldığında yükseltiye bağlı olarak çözülmüş oksijen değerlerinde havzanın mansap kısmında memba kısmına oranla daha düşük oksijen değerleri bulunmuştur. Bunun nedeni suyun sıcaklığından kaynaklanmış olabilir. Güvensel 2006 yılında yaptığı çalışmada kış aylarında meydana gelen çözünmüş oksijen değerlerindeki yükselişin bu aylarda hava sıcaklığının düşmesiyle birlikte su sıcaklığının düşmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Aynı zamanda havzanın mansap kısmına gidildikçe elektriksel iletkenlik, tuzluluk ve toplam çözünmüş madde miktarı da artmıştır. Bu parametre ile çözünmüş oksijen arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Mansap kısmında çözünmüş oksijen

değerleri bundan dolayı düşük çıkmış olabilir. Topaldemir (2021) yaptığı çalışmada su akış hızının yavaş olması, havzanın mansap kısmında kirlilik yüklerinin fazla olması, sediment içerisinde organik madde miktarının yüksek olması, sucul canlıların solunum yapmaları gibi etkilerin havzanın alt kısmında çözünmüş oksijen miktarının azalmasına sebep olmuş olabileceğini belirtmiştir.

Tablo 90. Saf sudaki oksijenin yükseltiye bağlı çözünürlüğü
(Atay ve Pulatsü, 2000)

Yükselti (m)	Oksijen (mg/l)
0	8.4
500	7.9
1000	7.4
1500	7.0
2000	6.6
2500	6.2
3000	5.8

Söğütlü deresi havzasında çözünmüş oksijen değerlerinin en yüksek olduğu nokta havzanın memba noktasının en üst noktası olan S9 noktasıdır. Bu nokta arazi kullanımı bakımından orman ve mera alanlarının en yüksek alana sahip olduğu noktadır. Ölçülen değerlere bakıldığında çözünmüş oksijen değerleri havzanın memba kısmından mansap kısmına gidildikçe artış gözlemlenmiştir. Havzada örnekleme noktalarında tarım, yerleşim yeri, şehirleşme ve endüstriyel alanların artmasıyla çözünmüş oksijen değerlerinde bir artış meydana gelmiş olabilir. Noktalar arasında arazi kullanım durumuna göre yapılan istatistik analizleri sonucunda çözünmüş oksijen değerleri ile noktalar arasından anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Fakat yapılan korelasyon analizi sonucunda orman ve mera alanlarının artmasıyla çözünmüş oksijen arsında pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Orman ve mera alanları arttıkça çözünmüş oksijen değerleri de artmıştır. Arazide tarım, yerleşim ve endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla akarsuda bulunan elektriksel iletkenlik, TDS ve tuzluluk değerleri artmış olabilir. Bu değerlerin artmasıyla birlikte çözünmüş oksijen değerlerinde azalış görülmüş olabilir. Fashae vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada yerleşim yeri, endüstriyel alan ve bitki örtüsüyle kaplı alan şeklinde ayırdıkları arazi kullanım değerleriyle çözünmüş oksijen değerlerini birbirleriyle ilişkiye getirmişlerdir. Endüstriyel alanların olduğu kısımda ortalama çözünmüş oksijen değeri 3.7 mg/l, yerleşim yeriyle kaplı olan alanlarda 4mg/l ve bitki örtüsüyle kaplı olan alanlarda 4.1 mg/l olarak

bulmuşlardır. Dumago vd., 2018 yılında yaptığı çalışmasında arazi kullanımını ormanlık alanlar, sadece tarım alanları ve tarım ile yerleşim yerinden oluşacak şekilde üç kısma ayırmışlardır. Bu alanlarda çözünmüş oksijen miktarını sırasıyla 12.6, 11.50 ve 11.49 olarak bulmuşlardır. Değerler arasında anlamlı farklılık çıkmamasına rağmen tarım ve yerleşim yerleri arttıkça çözünmüş oksijen miktarında düşüş gözlemlenmiştir. Sunulan çalışma geçmişte yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

Göl, baraj rezervuarları ve nehir gibi yüzeysel sularda balık ve diğer organizmaların sucul ekosistem içerisinde yaşamlarını sürdürebilmeleri için çözünmüş oksijen miktarının 5 mg/l'den az olmaması gerekmektedir (EPA, 1979; Egemen ve Sunlu, 1999; Şengül ve Müezzinoğlu 2005). Su içerisinde çözünmüş oksijen yoğunluğunun 5 mg/l'den az olması, biyolojik toplulukların üremelerini, solunumunu, gelişimini olumsuz etkiler ve ölümlere yol açar (Şen, 2007). ABD'nin kuzey batısında bulunan akarsularda çözünmüş oksijen miktarının somon balıkları yavruları ve larvaları için en az 11 mg/lt olması gerektiğini ve oksijen miktarının ani olarak 9 mg/lt'ye düşmesi üremeyi hafif ve 7 mg/lt'ye düşmesini de ise üremeyi ciddi şekilde etkilediğini belirtmiştir (EPA, 1986).

Araştırma bulgularına göre Söğütlü deresi havzasında çözünmüş oksijen değerleri 4.94 -14.67 mg/lt arasında bulunmuştur. Bazı aylarda çözünmüş oksijen miktarlarının sucul canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gereken sınır değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. Söğütlü deresinde alabalık türlerinin yaşadığı bilinmektedir. Genel anlamda değerlendirildiğinde alabalık türlerinin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli sınır değerleri 9.2-11.5 arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Atay ve Pulatsü, 2000). Bulduğumuz sonuçlara göre alabalık türlerinin oksijen istekleri açısından kritik durum oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

4.2.5. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Akarsularda bulunan katı maddeler toplam çözünmüş katı madde ve askıda katı maddeden oluşmaktadır (Günhan, 2019). Askıda katı madde filtre yöntemiyle çözeltilen ayrılırken toplam çözünmüş katı maddeler su içerisinde çözünmüş halde bulunan katı maddelerden oluşur (Maiti, 2004; Bilgiç, 2017; Günhan, 2019). Suda çözünmüş katı maddeler inorganik kökenli sodyum, kalsiyum, magnezyum, klorür, nitrat gibi iyonlardan ve su içerisinde bulunan az miktarda organik maddeden oluşur (Güler, 1997; Göksu, 2003; Günhan, 2019; Topaldemir, 2021). Bir havzada tarım alanlarının artması, gıda ile ilgili

endüstriyel yerleşimlerinin atık sularının akarsulara aktarılması ve evsel atıklardan dolayı akarsu içerisinde çok fazla miktarda organik madde taşınmasıyla toplam çözünmüş katı madde değeri yükselir (Günhan, 2019). Akarsulardaki çözünmüş katı madde evsel ve kanalizasyon atıklarından, yağmur sularından ve endüstriyel atıklardan kaynaklanmaktadır (WHO, 2017; Ustaoglu ve Tepe, 2019). Su içerisinde inorganik ve organik kökenli çözünmüş katı maddelerin artmasıyla su kirlenmeye başlar. Bir akarsu içerisinde ne kadar fazla çözünmüş katı madde miktarı varsa su içerisinde o kadar çok yabancı madde bulunur (Akman, 2011). Bu maddelerin sucul ekosistemde artması sucul canlıların yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkiler (Cirik ve Cirik, 2005). Bilgiç (2017) yaptığı çalışmada su içerisinde fazla miktarda toplam çözünmüş katı maddenin bulunmasının borularda kireçlenmeye sebep olacağını belirtmiştir.

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri mayıs ayının S9 noktasında 46.15 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ise temmuz ayının S1 noktasında 271.25 mg/lt olarak bulunmuştur. Gültekin vd., 2012 yılında yapmış oldukları çalışmaya göre yılın yağışlı dönemlerinde toplam çözünmüş madde miktarlarını (TDS) 21-319 mg/L arasında bulmuştur.

Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük toplam çözünmüş katı madde değerleri mart ayında ve en yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri sıcaklığın yüksek olduğu temmuz ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 68). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde S1 noktasında toplam çözünmüş katı madde değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur. En düşük çözünmüş katı madde değerleri ise S9 noktasında bulunmuştur. S9 noktasında çözünmüş katı maddenin miktarının az oluşu kar erimeleriyle birlikte debi seviyesinde yükselişten kaynaklanıyor olabilir. Koralay, 2015 yılında yaptığı çalışmada en düşük TDS değerlerini debinin yüksek olduğu nisan ayında bulmuştur. Ayrıca havzanın mansap kısmında TDS değerlerini memba kısmına oranla daha fazla bulmuştur. Bulduğumuz sonuçlarda da havzanın mansap kısmında memba kısmına oranla yüksek TDS değerleri bulunmuş ve ana dere boyunca mansaba gidildikçe TDS değerleri artış gözlemlenmiştir. Bunun başlıca sebepleri arasında havzanın mansap kısmına gidildikçe toplam tarım alanlarının, yerleşim yerlerinin ve küçük işletmelerin artmasıyla toplam çözünmüş katı madde miktarı artmış olabileceğidir. Kent ve Belitz (2004), yaptıkları çalışmada, akarsulardaki çözünmüş katı madde miktarının su kaynağıyla bağlantılı olabileceğini, havzanın memba kısmında bulunan akarsularındaki çözünmüş katı

madde miktarlarının 50–300 mg/L arasında olduğunu, havzanın mansap kısmındaki akarsularda ise 400–600 mg/L arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Ortalamaların farklılığı için yapılan tek yönlü varyans analizinde mevsime göre toplam çözünmüş katı madde değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük çözünmüş katı madde değeri grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimleri ise en yüksek çözünmüş katı madde değeri grubunda yer almıştır. İlkbahar mevsiminin en düşük çözünmüş katı madde grubunda yer almasının başlıca sebepleri arasında kar erimesinden dolayı debi seviyesinin yükselmesi ve Covid19 pandemisi nedeniyle sokağa çıkma yasaklarının olmasıyla insan faaliyetlerinin azalmasından kaynaklanıyor olabilir. Verep vd., 2020 yılında yapmış olduğu çalışmasında Doğu Karadeniz havzasında bulunan akarsuların mansap kısmında ve havzanın çıkışına yakın yerlerde yerleşim ve endüstriyel alanları bulunduğu için bu yapıların su kalitelerinin kötüleşmesine sebep olduğunu belirtmiştir. Söğütlü deresi havzasında yapılan gözlemlerde akarsu boyunca havzanın orta kısmından mansap kısmına doğru kum ocakları faaliyetleri, tünel yapım çalışmaları, yol yapım çalışmaları gibi faaliyetlerin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 104). Arıman vd., 2007 yılında Mert ırmağında yaptığı çalışmasında havzanın mansap kısmında TDS değerini 670 mg/L bulmuştur. Yapılan bu çalışmalar havzanın mansap kısmında akarsu da kirliliği arttırarak TDS değerlerinin artmasına sebep olmuş olabilir (Volera 2012; Volera 2014; Koralay, 2015). Araştırma bulgularına göre çözünmüş katı madde değerlerinde kış aylarında bir düşüş görülürken yaz aylarında ise yükselme meydana gelmiştir (Birol, 2007; Bayram 2011; Koralay, 2015). Elektriksel iletkenlik değerlerinde mart ayından sonra yükselme görülmüş ve ekim ayından sonra düşüşe geçmiştir (Birol, 2007).

Söğütlü deresi havzasında toplam çözünmüş katı madde değerlerinin en düşük olduğu nokta havzanın memba noktasının en üst noktası olan S9 noktasıdır. Bu nokta arazi kullanımı bakımından orman ve mera alanlarının en yüksek, tarım ve yerleşim yerlerinin en düşük alana sahip olduğu noktadır. TDS değerleri havzanın memba kısmından mansap kısmına gidildikçe artış gözlemlenmiştir. Havzada örnekleme noktalarında tarım, yerleşim yeri, şehirleşme ve endüstriyel alanların artmasıyla TDS değerlerinde bir artış meydana gelmiş olabilir. Günhan (2019) yaptığı çalışmasında bir havzada tarım faaliyetlerinin artması, evsel ve endüstriyel atık sularının akarsulara verilmesi ile akarsu da toplam çözünmüş katı madde değeri yükseleceğini belirtmiştir.

Noktalar arasında arazi kullanım durumuna göre yapılan istatistik analizleri sonucunda TDS değerleri ile noktalar arasından anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Orman

alanın en fazla olduğu S9 noktası en düşük TDS değerleri grubunda ve tarım alanlarının fazla alan kapladığı noktalar ise en yüksek TDS grubunda yer almıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda orman ve mera alanlarının artmasıyla TDS değerleri arasında negatif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Orman ve mera alanları arttıkça TDS değerlerinde bir azalış meydana gelmiştir. Arazide tarım, yerleşim ve endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla akarsuya daha fazla kirletici etmen girmekte ve sıcaklığın artmasıyla daha fazla madde akarsularda çözölmektedir. Bu nedenle TDS değerleri havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru artış gözlemlenmiş olabilir. Ayrıca TDS değerleri arttıkça oksijen seviyesi de düşmüştür. Fashae vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada yerleşim yeri, endüstriyel alan ve bitki örtüsüyle kaplı alan şeklinde ayırdıkları arazi kullanım değerleriyle TDS değerlerini birbirleriyle ilişkiye getirmişlerdir. Arazi kullanım durumları ile TDS değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulmuşlar. Bunun sebebinin tarım ve yerleşim yerlerinin artmasıyla kirlilik etmeninin artmasına bağlamışlardır. Endüstriyel alanların olduğu kısımda ortalama TDS değerini 1039 mg/lt, yerleşim yeriyle kaplı olan alanlarda 462.3 mg/lt ve bitki örtüsüyle kaplı olan alanlarda 44.2 mg/lt olarak bulmuşlardır.

Derelerde TS ve TDS'nin yüksek değerleri, ev suyunun su kanallarına boşaltılması, tarım faaliyetlerinde aşırı gübre kullanımı ve doğrudan su kütlelerine boşaltılan atık sular gibi çeşitli faktörlere bağlanabilir. Dumago vd., 2018 yılında yaptığı çalışmasında arazi kullanımını ormanlık alanlar, sadece tarım alanları ve tarım ile yerleşim yerinden oluşacak şekilde üç kısma ayırmışlardır. Bu alanlarda TDS değerini sırasıyla 56.67, 109.26 ve 173.33 mg/l olarak bulmuşlardır. Değerler arasında anlamlı farklılık çıkmamasına rağmen tarım ve yerleşim yerleri arttıkça TDS miktarında bir artış gözlemlenmiştir. Ustaoglu ve Tepe 2019 yılında Giresun Pazarsuyun'da yaptıkları çalışmasında havzanın memba kısmında bulunan noktalarda mansap kısmında bulunan noktalara oranla TDS değerlerini düşük bulmuşlardır. Ortalama TDS değerlerini 23–123.6 mg/L arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Tarımsal ve kentsel kirliliğe maruz kalan nehirlerde TDS değerlerinin tarım ve yerleşim yeri bakımından az olan havzalara göre daha yüksek olduğu rapor etmişlerdir (Bilgin ve Konanç, 2016; Ustaoglu vd., 2017). Sunulan tezde elde edilen bulgular geçmişte yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

Akarsularda bulunan çözünmüş katı madde miktarı sudaki sıcaklığın ve tuzluluk miktarının artmasıyla artar (Chang, 2003). Suda çözünmüş katı madde miktarının artmasıyla elektriksel iletkenlik değerleri de artmaktadır (Chang, 2003; Akman, 2011;

Gülbenk, 2013; Bilgiç, 2017). Sunulan çalışmada toplam çözünmüş katı madde ile sıcaklık, tuzluluk ve elektriksel iletkenlik arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Sıcaklığın artmasıyla birlikte su içerisinde çözünmüş katı madde miktarı da artmıştır. Sıcaklık değerlerimiz çözünmüş katı madde miktarını arttırmış ve buna bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerini de arttırmıştır (Göksu, 2003; Çağlar, 2011; Atıcı, 2017; Bilgiç, 2017; Günhan, 2019). Ustaoglu ve Tepe 2019 akarsuda ölçülen TDS ve EC değerleri mevsimsel bakımından değerlerin birbirleriyle paralel olduklarını ve yüksek bir pozitif korelasyon gösterdiğini belirtmiştir. Sudaki çözünmüş katı maddenin çoğunlukla çözünmüş inorganik tuzlardan oluştuğu için, TDS ile tuzluluk parametreleri arasında korelasyonun yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Topaldemir (2021) yaptığı çalışmasında toplam çözünmüş katı madde ile elektriksel iletkenlik arasında pozitif yönlü bir korelasyon bulmuştur. Bulduğumuz sonuçlar ölçülen toplam çözünmüş katı madde değerleri ile elektriksel iletkenlik ve tuzluluk değerleri arasında pozitif yönlü ilişki olduğunu doğrulamıştır.

Çalışma alanında yıllık ortalama TDS miktarı 172.61 mg/L olarak bulunmuştur. Bu değer Söğütlü deresi akarsularının tatlı su niteliği taşıdığını göstermektedir (TDS <1000 mg/L). Su kalitesi kontrolü yönetmeliğine göre yapılan sınıflandırmada TDS değerleri I. Sınıf (<400mg/l) su kalitesi sınıfında yer almaktadır. Söğütlü deresi havzasında su kalitesi standartlarına göre toplam çözünmüş katı maddede herhangi bir problem bulunmamaktadır. Fakat bulduğumuz sonuçlara göre havzada tarım ve yerleşim yerlerinin artmasıyla TDS değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Önümüzdeki yıllarda Söğütlü deresi akarsularının kalitesinin bozulmaması için alanın arazin örtüsünün devamının sağlanması ve tarım alanlarında toprak ve su koruyucu uygulamalarının yapılması gerekmektedir.

4.2.6. Tuzluluk

Yüzeysel tatlı sularda tuzluluğu oluşturan maddeler sodyum, magnezyum, kalsiyum, sülfat, karbonat gibi anyonlar ve katyonlardır (Tanyolaç, 2000). Akarsular bulundukları ortamdan geçerken zeminde bulundukları bu maddeleri bünyelerine alarak geçtikleri ortama taşırlar (Koralay, 2015). Tuzların sudaki çözünürlüğü türüne göre değişim göstermektedir. Bazı tuzlar suda kolay çözülemezken sodyum klörür gibi tuzlar akarsularda çok iyi çözülebilmektedir. Su toplama havzasında yerleşim ve endüstriyel alanların çok olmasıyla birlikte akarsularda evsel ve endüstriyel atık kaynaklı klorür, nitrat,

sülfat ve fosfat konsantrasyonları yükselir (Coşkun, 2012). Tuzluluk suda yaşayan canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için çözünmüş oksijen ve sıcaklık kadar önemli bir su kalite parametresidir. Sucul ekosistemde yaşayan her canlı türünün kendi özelliklerine göre tercih ettiği tuzluluk değerleri farklılık göstermektedir (Göksu, 2003).

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük tuzluluk değeri mayıs ayının S9 noktasında 0.03 ppt olarak bulunmuştur. En yüksek tuzluluk değeri ise temmuz ayının S1 ve S2 noktası ile Ekim ayının S2 ve S4 noktalarında 0.2 ppt olarak bulunmuştur. Ustaoglu ve Tepe 2019 yılında Giresun Pazarsuyu deresinde yaptığı çalışmada tuzluluk değerini 0.03 ppt olarak bulmuştur. En yüksek tuzluluk değerinin temmuz ayında çıkmasının sebebi mevsim sıcaklığının artmasıyla birlikte suyun sıcaklığının artması ve buharlaşmanın fazla olmasından dolayı debi seviyesinde azalış veya su sıcaklığıyla birlikte çözünürlüğün fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Havzanın memba kısmında tuzluluk seviyesinin düşük olması ise kar erimeleriyle birlikte debinin yükselmesi ve suyun sıcaklığının düşmesinden veya çözünürlüğün azalmasından kaynaklanmış olabilir. Ustaoglu ve Tepe (2019) su sıcaklığının yüksek olduğu, yağışların ve debinin düşük olduğu Temmuz-Eylül aylarında yüksek tuzluluk değerleri bulmuşlardır.

Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük tuzluluk değeri mart ayında, en yüksek tuzluluk değeri temmuz ayında bulunmuştur. Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde S1 noktasında tuzluluk değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur. En düşük tuzluluk değerleri ise S9 noktasında bulunmuştur. Ortalamaların farklılığı için yapılan tek yönlü varyans analizinde mevsime göre tuzluluk değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük tuzluluk grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimleri ise en yüksek tuzluluk grubunda yer almıştır. Obot vd., 2019 yılında yapmış olduğu çalışmasında mevsime göre tuzluluk değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulmuştur. Atıcı (2017) yaptığı çalışmasında tuzluluk değerleriyle noktalar arasında fazla bir değişimin olmadığını ama en düşük tuzluluk değerlerinin ilkbahar döneminde olduğunu belirtmiştir. Yapılan analizde de en düşük tuzluluk değeri ilkbahar aylarında yaşanmıştır. İlkbahar mevsiminin en düşük tuzluluk grubunda yer almasının başlıca sebepleri arasında kar erimesinden dolayı debi seviyesinin yükselmesi ve Covid19 pandemisi nedeniyle sokağa çıkma yasaklarının olmasıyla insan faaliyetlerinin azalmasından kaynaklanıyor olabilir. Koralay, 2015 yılında yaptığı çalışmada en yüksek tuzluluk değerini sıcaklıkların yüksek olduğu ağustos ayında ve en düşük tuzluluk değerini

ise debi seviyesinin yüksek olduğu nisan ayında bulmuştur. Kurunç vd, 2005 yılında yaptığı çalışmada en düşük tuzluluk değerlerinin nisan ayında çıkmasının sebebi kış ayında yağan karın erimesiyle debinin artmasından kaynaklanıyor olabileceğini belirtmiştir.

Bütün noktalarda tuzluluk değerleri 0.03-0.2 ppt arasında değişim göstermektedir. Tuzluluk değerlerine göre yapılan sınıflandırmaya göre Söğütlü deresinin tatlı su grubuna girdiği belirlenmiştir. Tuzluluk değerleri bakımından herhangi bir problem bulunmamıştır. Fakat havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru gidildikçe yerleşim yerleri ve tarım alanları artmaktadır. Tuzluluk değerlerimize de bakıldığında havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru artış gözlenmektedir. En yüksek tuzluluk değeri ise mansap kısmının birinci noktası yani havzanın denizle birleştiği kısımda bulunmuştur. Noktalar arasında arazi kullanım durumuna göre yapılan istatistik analizleri sonucunda tuzluluk değerleri ile noktalar arasından anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Orman alanlarının en fazla olduğu S9 noktası en düşük tuzluluk değerleri grubunda ve tarım alanlarının fazla yer aldığı noktalar ise en yüksek tuzluluk değerleri grubunda yer almıştır.

Yapılan korelasyon analizi sonucunda orman ve mera alanlarının artmasıyla tuzluluk değerleri arasında negatif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Orman ve mera alanları arttıkça tuzluluk değerlerinde bir azalış meydana gelmiştir. Arazide tarım, yerleşim ve endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla akarsuya daha fazla kirletici etmen girmekte ve sıcaklığın artmasıyla daha fazla madde akarsularda çözölmektedir. Obot vd., 2019 yılında yapmış olduğu çalışmasında elektriksel iletkenlik ve tuzluluk değerlerinin yağışlı mevsimde daha düşük olduğunu, yüzeysel akış ve yağmur suyunun tatlı suyla karıştığını ve böylece nehirdeki tuzluluğun azalmasına neden olduğunu belirtmektedir. Havzanın mansap kısmına doğru gidildikçe yüksek çıkmasının sebebi bu bölümlerde yapılan kum ocağı, yol yapım çalışmaları ve tünel faaliyetlerinden dolayı askıda katı maddenin yüksek çıkmasından kaynaklanıyor olabilir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda da yüksek olmasa da askıda katı madde ile tuzluluk değerleri arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Verap vd., 2020 yılında yapmış olduğu çalışmasında Doğu Karadeniz havzasında bulunan akarsuların mansap kısmında ve havzanın çıkışına yakın yerlerde yerleşim ve endüstriyel alanları bulunduğu için bu yapıların su kalitelerinin kötüleşmesine sebep olduğunu belirtmiştir. Havzada yapılan gözlemlerde akarsu boyunca havzanın orta kısmından mansap kısmına doğru kum ocakları faaliyetleri, tünel yapım çalışmaları, yol yapım çalışmaları gibi faaliyetlerin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 104).Yapılan bu faaliyetler

tuzluluk miktarını arttırmış olabilir. Bu nedenle tuzluluk değerleri havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru artış gözlemlenmiş olabilir. Ustaoglu ve tepe 2019 yapmış olduğu çalışmasında havzanın üst kesimlerinde bulunan ilk iki noktasında tuzluluk tespit edilememiş ve havzanın mansap kısmına gidildikçe tuzluluk değerlerinin arttığını bulmuştur. Ayrıca tuzluluk değerleri arttıkça oksijen seviyesin de düşüş gözlemlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda da tuzluluk ile çözünmüş oksijen arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur (Tepe ve Aydın, 2017). Ustaoglu ve tepe 2019 yılında yapmış olduğu çalışmasında tuzluluk değerlerinin sudaki çözünmüş oksijen derişimini etkileyen en önemli parametre olduğunu belirtmiştir. Tuzluluk ve çözünmüş oksijen arasında negatif yönlü bir ilişki bulmuştur. Toplam çözünmüş katı madde, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk değerleri arasında pozitif yönlü yüksek korelasyon bulmuştur. Barlas ve Kiriş, 2004 yılında yaptıkları çalışmada akarsularda tuzluluk ve iletkenlik parametreleri arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Ustaoglu ve tepe 2019 yılında yapmış olduğu çalışmada da aynı sonuçları bulmuştur. Albay (2007) yaptığı çalışmasında tuzluluk değerleri ile noktalar ve örnekleme zamanları arasında ciddi bir değişim gözlenmediğini belirtmiştir. Araştırma sonuçları geçmişte yapılan çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur.

4.2.7. Askıda Katı Madde

Askıda katı madde su içerisinde çökelebilen veya asılı halde bulunan inorganik ve organik yapılardan oluşan maddelerin tümü olarak ifade edilir (Chang, 2003; Bilgiç, 2017; Günhan, 2019). Askıda katı madde kil, toz veya çamur gibi toprak parçacıkları, kaya zerrelere, sedimentler, endüstriyel atıklar, herbisitler, gübrelemeden kalan atıklar, organik madde ayrışmalarından ve planktonlardan kaynaklanabilmektedir (Chang vd., 1983; Granillo vd., 1985; Günhan, 2019). Askıda katı madde su kalitesi açısından ölçülmesi gereken en önemli parametrelerden bir tanesidir ve birimi ppm ya da mg/lt olarak ifade edilir (Koralay, 2015, Koralay vd., 2018). Askıda katı maddeler su içerisinde hem kendi varlığı ile doğrudan hem de bünyesinde bulundurdıkları besin elementleri ile suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini dolaylı olarak etkileyerek su kalitesinin kötüleşmesine sebep olur (MacDonald vd., 1991; Tessier, 1992). Askıda katı madde su içerisinde bulanıklığı arttırarak suyun ışık geçirgenliğini azaltır (MacDonald vd., 1991; Dede ve Sezer 2017; Atıcı, 2017; Günhan, 2019). Suyun ışık geçirgenliğinin azalmasıyla

su içerisinde yaşayan ışık alamayan sucul bitkiler yeterli miktarda fotosentez yapamazlar. Bu da akarsularda yaşayan omurgasız canlıların ihtiyacı olan besin miktarını azaltır ve onlarla beslenen balık popülasyonunun olumsuz etkilenmesine sebep olur (MacDonald vd., 1991; Chang, 2003; Koralay vd., 2014). Suyun fiziksel özelliklerinden rengini, tadını ve kokusunu etkiler. Akarsulara yüksek miktarda askıda katı madde taşındığında baraj haznelerinin çabuk dolmasını sağlayarak ekonomik ömürlerini azaltır. Akarsu boyunca su hızının ve akarsu eğiminin azaldığı yerlerde çökerek dere yataklarının dolmasını ve buraların tıkanmasına neden olur (Terzi ve Baykal, 2012).

Bir yağış havzasında akarsu içerisinde askıda katı madde miktarını havzanın, eğimi, yükseltisi, iklimi, bitki örtüsü, havzanın arazi kullanım durumu, havzada kurulan kum ocağı faaliyetleri, tünel çalışmaları gibi çevresel koşullar etkilemektedir (Chang, 2003).

Akarsu yatağı kumlu, taşlı, çakıllı yapıdaki partikülleri, sucul flora ve faunayı barındırır. Havzanın memba kısmındaki derelerde genellikle taşlı çakıllı partiküllerden oluşur, yüzeyleri pürüzlüdür, dere yatakları sık ve dere eğimi yüksektir (Morisawa, 1985). Havzanın mansap kısmında derelerde ise durum tam tersidir. Dere yatağının kumlu, taşlı oluşu, sediment miktarının fazla ya da az oluşu dereye yaşayan sucul organizmaların popülasyonu için çok önemlidir (MacDonald vd., 1991). Sucul canlıların popülasyon yoğunluğu, çeşitliliği dere yatağının bileşimine göre değişir. Çünkü her canlı türünün yaşamını devam ettirebileceği uygun bir dere yatağı isteği vardır. Kayaların, taşların ve çakılların bulunduğu dere yataklarında tür çeşitliliği genellikle fazladır (Chang, 2003). Kum, toz, kil gibi ince materyallerden oluşan dere yataklarında daha az tür popülasyonu mevcuttur (Gordon vd., 1993; MacDonald vd., 1991).

Dere yatağı sucul canlıların yaşam alanıdır. Yaşamlarını devam ettirebilmeleri için yumurtalarını derelere bırakır, besinlerini buralardan sağlarlar ve yırtıcılarına karşı bu alanlarda sığınır (MacDonald vd., 1991).

Sucul canlılar genellikle taş, çakıl gibi büyük boyutta parçacıkların olduğu alanlarda yaşamlarını devam ettirmek isterler (Chang, 2003). Askıda katı madde içerisinde de genellikle ince boyutlu kum, toz ve kil parçaları taşınır. Akarsularda yüksek miktarlarda askıda katı madde miktarının taşınması ile su hızının ve eğimin azaldığı alanlarda askıda bulunan maddeler çöker. Taş, çakıl ve kaya gibi büyük parçaların arasındaki boşluklar ince sedimentler tarafından doldurulur ve bu alanlarda oksijen azlığına, canlıların metabolizmaların yavaşlamasına ve sucul organizmalara zararlı olan karbon ve amonyumun ortaya çıkmasına sebep olur (Chang, 2003; Günhan, 2019).

Akarsularda dere yatağına askıda katı maddenin birikmesiyle balık yumurtaların ve lavraların üzeri örtülür (Chang, 2003). Böylece su içerisinde yaşayan balıkların, omurgasızların ve diğer organizmaların yaşam alanlarının azalmasına sebep olabilir (MacDonald vd., 1991; Göksu, 2003; Bilgiç, 2017). Townsend vd.2009 yılında yaptıkları çalışmada sulanan alanlardan gelen yüksek AKM miktarının bentik makro omurgasızların olumsuz etkilendiğini belirtmişlerdir. Akarsularda dere yatağında balıklar için sığınak görevi yapan, su hızının düşük ve su seviyesinin derin olduğu çukurlar mevcuttur. Özellikle yaz aylarında debinin düştüğü durumlarda bu alanlar balıkların yaşamlarını sürdürebilmeleri için çok önemli alanlardır. Çukurlar, özellikle yırtıcısı bulunan alabalık gibi türler için gerekli yerlerdir (Reeves ve Roelofs, 1982; Seehorn, 1992). Bitki örtüsünden yoksun olduğu eğimli bölgelerde yağışın ve yağmur damlaların etkisinin artması, yerleşim yerlerinin tarım alanlarına dönüştürülmesi, orman ve mera alanlarının tarım ve yerleşim yerlerine kayması, akarsu yatağında meydana gelen aşınmalar, madencilik faaliyetleri, yanlış otlatma faaliyetleri toprak erozyonu miktarını artırır (Albek ve Göncü, 2005; Rangsiwanichpong vd., 2018). Bu da yüzeysel akışla birlikte derelerde askıda katı madde miktarını artırır (Henley vd., 2000; Tahiru vd., 2020). Askıda katı madde miktarının artmasıyla akarsu yatağı içinde bulunan bu çukurların dolmasına ve yok olmasına sebep olabilir (Reeves ve Roelofs, 1982; Seehorn, 1992; Günhan, 2019). Bu yüzden akarsularda askıda katı maddenin sucul ekosistem ve su kalitesi açısından incelenmesi gerekmektedir.

Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük AKM değeri nisan ve mayıs ayının S9 noktasında 0 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek AKM değeri ise aralık ayının havzanın S6 noktasında 2630 mg/l olarak bulunmuştur. Atıcı (2017) Karasu’da yaptığı çalışmada AKM değerlerini 3.5 ve 732.0 mg/L arasında bulmuştur. Bölgede yapılan diğer çalışmalara bakıldığında Boran ve Sivri 2001 yılında yaptığı çalışmada Solaklı ve Sürmene Deresi’nde ortalama askıda katı madde miktarını 82.0 ve 61.8 mg/L olarak bulmuştur. Dede ve Sezer 2017 yılında Giresun Aksu Çay’ında yaptıkları çalışmada genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük AKM değeri nisan ve kasım aylarında ve en yüksek AKM değeri aralık ve ocak aylarında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 72).

Sunulan çalışmada nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en yüksek AKM miktarı S1 ve S6 noktalarında ve en düşük AKM miktarı S9 noktasında bulunmuştur. En yüksek AKM değerinin aralık ayında S6 noktasında çıkmasının sebebi bu

noktanın hemen üstünde yapılan tünel faaliyetleridir. S6 ve S7 noktaları arasında tünel çalışmaları yapılmakta tünel kazı çalışmaları çıkan hafriyatlar direk dere ortamına bırakılmakta ve deredeki AKM miktarını arttırmaktadır. Verep vd., 2020 yılında yapmış oldukları çalışmada doğu karadeniz havzasında bulanıklık değerlerini $<1.00-311.00$ NTU ve askıda katı madde değerlerini $0.40-299.60$ mg/L arasında bulmuşlardır. Akarsudaki askıda katı maddenin ve bulanıklığının kum-çakıl ocakları ve hazır beton tesislerinin faaliyetlerinden kaynaklandığını belirtmiştir. Koralay vd., 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada deredeki AKM miktarının akarsu üzerinde kurulan kum ocağı faaliyetleri ve rehabilitasyon çalışmalarından kaynaklanmış olabileceğini belirtmiştir. Havzanın memba noktasının en üst noktası olan S9 noktasında AKM miktarının düşük çıkmasının sebebi bu noktayı oluşturan havzanın arazi kullanımı bakımından orman ve mera alanlarının en yüksek alana sahip olduğu noktadır.

Ölçülen değerlere bakıldığında AKM değerleri havzanın memba kısmından mansap kısmına gidildikçe havzanın orta kısmında bulunan tünel çalışmasından dolayı akarsuda askıda katı madde miktarı bu noktadan itibaren artmış mansap kısmına gidildikçe dere eğiminin ve su hızının azalmasıyla birlikte AKM değerleri azalış göstermiştir. Tarkan (2007) yaptığı çalışmada AKM değerlerinin dereler arasında önemli farklılıklar göstermediğini ancak çalışmayı yaptıkları derelerde AKM değerlerinin göl ile birleştiği noktalarda derelerin üzerindeki noktalara göre daha düşük AKM değerleri bulmuştur. Yıl boyunca ölçülen değerlerimize bakıldığında Covid19 pandemisi yasaklarından dolayı nisan ve mayıs ayında havzada insan faaliyetleri yaşanmamış ve bu dönemlerde yıl boyunca en düşük AKM miktarları ölçülmüştür. Bir havzada güncel arazi kullanım durumları ile havzada üretilen suyun kalitesi yakından ilişkilidir (Jung vd., 2008). Tarımsal alanlarda gelen besin elementleri su kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir (Lenat ve Crawford, 1994). Deredeki suyun kirlenmesinin başlıca sebeplerinden bir tanesi insan faaliyetlerinin artmasıyla alt havzalarda arazi örtüsünün değişmesiyle meydana gelmektedir (Lee ve Bastemeijer, 1991). Noktalar arasında arazi kullanım durumuna göre yapılan istatistik analizleri sonucunda askıda katı madde miktarlarıyla ile noktalar arasından anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda da tarım alanları ile askıda katı madde değerleri pozitif yönlü ve orman alanlarının artmasıyla da askıda katı madde değerleri negatif yönlü ilişki göstermiştir. Yapılan analize göre tarım ve yerleşim alanlarının artmasıyla akarsulara taşınan askıda katı madde miktarı da artmıştır. Havzada örnekleme noktalarında tarım, yerleşim yeri, şehirleşme ve endüstriyel alanların artmasıyla

AKM değerlerinde bir artış meydana gelmiş olabilir. Ormanlık ve mera alanları yüzeysel akış sırasında kirlilik etmenlerini bünyesine alır ve derelerdeki su kalitesinin korunmasına yardımcı olur (Jung vd., 2008). Tahiru vd., 2020 yılında yaptığı alanda tarım arazisinin artmasıyla akarsularda bulanıklık miktarının arttığını belirtmiştir. Fashae vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada yerleşim yeri, endüstriyel alan ve bitki örtüsüyle kaplı alan şeklinde ayırdıkları arazi kullanım değerleriyle askıda katı madde değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulmuşlar. Yerleşim yerinde AKM miktarını 223.3mg/l, bitki örtüsüyle kaplı alandan 97 mg/l ve endüstriyel alandan 71.8mg/l olarak bulmuşlardır. Bunun sebebinin tarım ve yerleşim yerlerinin artmasıyla AKM miktarının artmasına bağlamışlardır. Pullanikkatil vd. 2015 yılında yaptığı çalışmada kentsel alanlarda ve Mendie 2005 yılında yaptığı çalışmada kanalizasyonun su yollarına boşaltıldığı alanlarda yüksek bulanıklık olduğunu belirtmiştir (Fashae vd. 2019). Opan vd. 2017 yılında Taşlıçay deresinde yaptığı çalışmada havzada mera ve ormanlık alanların taş ocağına dönüştürülmesiyle deredeki askıda katı madde miktarının arttığını belirtmiştir. Dumago vd., 2018 yılında yaptığı çalışmasında arazi kullanımını ormanlık alanlar, sadece tarım alanları ve tarım ile yerleşim yerinden oluşacak şekilde üç kısma ayırmışlardır. Arazi kullanımı ile AKM miktarları arasında anlamlı farklılıklar bulmuştur. Havzanın orta kısmında ve mansap kısmında AKM değerlerini sırasıyla 134.22 ve 109.45 mg/L olarak bulmuşlardır. Sadece memba kısmında bulunan AKM değerlerinin su kalitesi standartlarına uygun olduğunu belirtmiştir. Tahiri vd., 2020 yılında yaptığı çalışmada tarım arazisinin azalmasıyla akarsularda bulanıklık miktarının da azalacağını bildirmektedir. Çalışmada yapılan istatistik analizlere göre bulanıklık ile inşa / yerleşim arasında anlamlı pozitif ilişki bulmuşlardır. Dede ve Sezer 2017 yılında yaptığı çalışmada HES inşaatlarının, madencilik faaliyetlerinin, tarımsal faaliyetlerin, evsel ve atık suların kirliliğini arttırdığını belirtmiştir. Bilgiç (2017) yaptığı çalışmasında tarım arazilerinde meydana gelen toprak erozyonunun akarsulara taşınarak buralarda askıda katı madde miktarını arttırdığını belirtmiştir. Dede ve Sezer 2017 yılında yaptığı çalışmada en fazla bulanıklık değerini tarım ve yerleşim yerlerinin arttığı havzanın mansap kısmında yer alan noktasında bulmuştur. Sunulan çalışma geçmişte yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

Ortalamaların farklılığı için yapılan tek yönlü varyans analizinde mevsime göre askıda katı madde değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Sonbahar mevsimi en düşük askıda katı madde değeri grubunda ve kış mevsimi en yüksek askıda katı madde değeri grubunda yer almıştır. Yaz mevsimi 1. ve 2. grupta, ilkbahar mevsimi ise 2. ve 3.

grupta yer almıştır. Evans ve Seamon, 1997 yılında yapmış oldukları çalışmada en yüksek AKM değerlerinin kar erimelerinden dolayı bahar aylarında meydana geldiğini belirtmiştir. Söğütlü deresinde askıda katı madde miktarları arasında yıl boyunca düzensiz artışlar ve azalışlar meydana gelmiştir. Kış aylarında en fazla askıda katı madde değerinin çıkması en önemli sebepleri arasında havzada yapılan tünel çalışmaları, rehabilitasyon çalışmaları, yol yapım çalışmaları ve kum ocağı faaliyetlerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. AKM miktarları havzanın ormanlık alanlar ile kaplı kısmında kabul edilebilir seviyelerde çıkmış orta ve mansap kısmında ise çok yüksek boyutlarda çıkmıştır. Mutlu 2019 yılında yaptığı çalışmada Batı Karadeniz Bölgesi'nde Zerveli Deresi'nde de kaynaktan uzaklaştıkça su kalitesinin düştüğü belirtmiştir.

AKM miktarı ile ölçtüğümüz diğer su kalite parametreleri arasında korelasyon analizlerine bakıldığında sıcaklık ile AKM arasında negatif yönlü bir korelasyon bulunmuştur. AKM miktarı arttıkça sıcaklık değerlerinde düşüş yaşanmıştır. Su sıcaklığının artması suyun akma hızını düşürerek suyun bünyesinde askıda katı madde miktarını tutmasını engeller ve su içerisinde askıda katı maddenin çökeltme hızını artırır (Chang, 2003; Coşkun, 2012). Yüksek sıcaklığa sahip sular düşük sıcaklıktaki sular balçık ve alüvyonu iki kat daha hızlı batırabilmektedir. Böylelikle daha sıcak suların alüvyon ve balçık tutma kapasitesi soğuk sulara göre daha azdır (Tarkan, 2007; Coşkun, 2012). Sunulan çalışmada da sıcaklık değerleri arttıkça suyun bünyesinde tutabileceği askıda katı madde miktarı azalmıştır. Taş vd., 2021 yılında yaptıkları çalışmada askıda katı madde ile sıcaklık arasında ters bir korelasyon bulmuşlardır. AKM değerleri ile tuzluluk ve TDS değerleri arasında düşüğe olsa pozitif yönlü bir ilişki çıkmıştır. AKM değerlerinin artmasıyla akarsu içerisinde kirlilik etmeni olan TDS ve tuzluluk miktarlarında artış görülmektedir. AKM değerleriyle pH değerleri arasında düşüğe olsa pozitif yönlü bir korelasyon bulunmuştur. AKM değerlerinin artmasıyla pH değerleri de artmıştır. AKM değerleri ile çözünmüş oksijen değerlerimiz arasında pozitif yönlü bir ilişki çıkmıştır. Taş vd. 2021 yılında Elekçi Deresinde yaptıkları çalışmada aynı sonucu bulmuştur.

Sucul organizmalar içerisinde yer alan balıkların yaşamlarını sürdürebilmeleri için bulundukları ortamdaki askıda katı madde miktarları litrede 30 mg'dan az olması gerekmektedir. En fazla litrede 100 mg AKM miktarına tolerans gösterebilmektedirler (Chang, 2003). Atay ve Pulatsü, 2000 yılında yaptıkları çalışmada belirttiğine göre Türkiye'de alabalık türlerinin yaşamlarını devam ettirebilmeleri için akarsularda askıda katı madde miktarının 50 mg/lt'den az olmasının gerektiğini belirtmiştir. Söğütlü deresi

akarsuları üzerinde alabalık türleri ve alabalık çiftlikleri yer almaktadır. Ölçüm yapılan yıl içerisinde Söğütlü deresi havzasının memba kısmında bulunan 3 noktasında AKM miktarı açısından bir sıkıntı görülmemektedir. Fakat havzamızın orta kısmında bulunan S6 noktasından itibaren askıda katı madde miktarları çok yüksek boyutlara yükselmiş ve alabalıkların yaşamlarını devam ettirecekleri sınır değer olan 50 mg/L'nin üzerine çıkmıştır.

Akarsularda askıda katı madde miktarının artmasıyla, balıkların solunum yapması zorlaşır, solungaçları tıkanır, mukus tabakasına zarar verir ve yaşamsal faaliyetlerini devam ettiremeyecekleri hale geldiklerinde balıkların alandan uzaklaşmasına neden olur (Reynolds vd., 1989; Atıcı, 2017). Ayrıca askıda katı madde akarsu tabanına çökerek buralarda yaşayan bentik canlıların ölümlerine neden olmaktadır (Göksu, 2003). Yapılan çalışmada da özellikle S6 noktasından önce tünel çalışmalarının olması Söğütlü deresinde askıda katı madde miktarının çok yüksek seviyelerde artmasına sebep olmuştur. Aynı zamanda dere üzerinde inşa edilen kum ocağı faaliyetleri, yol yapım çalışmaları da akarsuda bulunan askıda katı maddenin artmasına sebep olmuştur. Atıcı (2017) yaptığı çalışmada üçüncü örnekleme noktasında askıda katı madde miktarının yüksek çıktığını ve bunun derede gerçekleştirilen kum alım faaliyetleri ve kum ocaklarından kaynaklandığını belirtmiştir. Topaldemir (2021) yaptığı çalışmada insan faaliyetleri sonucunda oluşan evsel ve tarımsal atıklar, taş ocağı faaliyetlerinin ve yol yapım çalışmalarının akarsuyun içerisinde bulunan askıda katı madde miktarını, bulanıklığı ve rengini etkilediğini rapor etmiştir. Koralay vd., 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada dere üzerinde kurulan hidroelektrik santral inşaatlarının ve kum ocağı faaliyetlerinin askıda katı madde miktarını arttırdığını vurgulamıştır. Araştırma sonuçları geçmişte yapılan çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur.

Çalışma alanı olan Söğütlü Deresi üzerinde alabalık çiftlikleri vardır ve alabalık zonu içerisinde bulunmaktadır. Alabalıklar yumurtalarını genellikle ekim-aralık (sonbahar ve kış aylarında) ayları arasında derelere bırakırlar (Kellett 1965; Liew, 1969; Lee, 1971; Grant ve Lee, 2004). Yapılan çalışmada da askıda katı madde miktarlarının artış gösterdiği aylar alabalık yumurtalarının dereye bıraktığı kış aylarında olduğu görülmektedir. Alabalıklar türleri yumurtalarını derelere bırakmak için çakıllı, temiz, küçük taşların bulunduğu, oksijence zengin yerleri tercih ederler (Grant ve Lee, 2004). Akarsularda bulunan askıda katı madde miktarı alabalıkların yumurtlamak için seçtiği bu alanlara birikerek alabalıkların yaşam alanlarını kısıtlar. Ayrıca alabalık yumurtaların üzerleri askıda katı

maddeden dolayı ince sedimentle dolarak balık yumurtalarının ölmesine sebep olabilir. Böylece alabalık ve diğer canlı türlerinin devamlılığı tehlikeye girerek iler ki zamanlarda dere morfolojisi olumsuz etkilenecektir (Şekil 106).

Su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde askıda katı madde değeri hakkında herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Elde ettiğimiz değerler baraj haznelerindeki AKM yükünün Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5–15 mg/L) orman ve mera alanları bakımından en yüksek alana sahip S9 noktası hariç çok üstünde olduğu bulunmuştur (SKKY, 2018; Bayram, 2011). Birtwell 1999 yılında yaptığı çalışmada sucul ekosistemde yaşayan canlılar için $AKM < 25$ mg/L çok düşük riskte, 25-100 mg/L arasında olursa düşük risk grubunda, 100-200 mg/L arasında olursa orta risk grubunda, 200-400 mg/L arasında olursa yüksek risk ve $400 \text{ mg/L} < AKM$ ise çok yüksek risk grubunda olduğunu rapor etmiştir. Sunulan çalışmada da özellikle kış aylarında sucul ekosistemin AKM değerleri açısından yüksek risk grubunda olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle yüksek risk grubunda bulunan noktalarda havzanın tarım ve yerleşim alanları açısından artış gösterdiği ve orman ve mera alanların azaldığı S6, S5, S4, S3, S2 ve S1 noktalarında görülmüştür. Opan vd. 2017 yılında Taşlıçay deresinde yaptığı çalışmada deredeki katı madde miktarının yağışlı zamanlarda ve kar erimelerinin yaşandığı dönemlerde meydana geldiğini belirtmiştir. Yağış olmayan kurak dönemlerde ise debinin çok az olduğunu bildirmiştir.

Sonuç olarak elde edilen verilere göre havzanın arazi kullanım durumu, kum ocağı, tünel inşaatları su kalitesini (özellikle AKM, sıcaklık, TDS, tuzluluk, EC) ve miktarını olumsuz etkilemiştir. Havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına doğru gidildikçe havzada bulunan tarım, yerleşim alanları ve buna bağlı olarak insan faaliyetleri artmıştır. Bu da havzanın su kalitesinin bozulmasına sebep olmuştur. Söğütlü deresi akarsuları alabalık türleri ve alabalık çiftlikleri mevcuttur. Askıda katı madde ve sıcaklık gibi bazı su kalite parametreleri sucul ekosistemin tolere edebileceği sınır değerleri aşmıştır. Bundan da alabalık popülasyonu ve sucul organizmalar olumsuz etkilenecektir. Özellikle yaz aylarında S1 noktasında debi seviyesinin düşmesi, AKM miktarının artması, suyun sıcaklığının artması buna bağlı olarak çözünmüş oksijen seviyesinin azalması sucul organizmaların (balıklar, omurgasızlar vb.) türünü, gelişimini, miktarını ve yaşam alanlarını etkileyecek bu da dere morfolojisinin değişmesine neden olabilecektir. Söğütlü deresinde TDS, EC ve Tuzluluk değerleri su kalitesi bakımından I. Sınıf su kalitesinde

gösterse de özellikle TDS değerleri geçmişte yapılan çalışmalara göre artış göstermiştir. Bulduğumuz TDS değerleri I. Sınıf su kalitesinin üst sınır değerindedir. Bu da havzanın zamanla kirlendiğini göstermiştir. Bunun başlıca sebebinin havza içerisinde meydana gelen arazi kullanım durumunda değişiklik, kum ocağı uygulamaları, yol yapım çalışmaları, tünel çalışmaları gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanabilmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalara bakıldığında bu durumu doğrular niteliktedir. Bu nedenle havza içerisinde yeterli ve gerekli önlemler alınmadığı takdirde iler ki yıllarda havza su kalitesinin düşmesi kaçınılmaz bir durumdur.



Şekil 106. Söğütlü deresi havzası S5 noktası askıda katı maddenin akarsuda meydana getirdiği bulanıklık

4.2.8. Askıda Katı Madde İçerisinde Bulunan C ve N

Su kirliliği, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için önemli bir sorundur (Chaudhry ve Malik 2017). Dünyadaki yüzeysel su kaynakları özellikle nehirler artan kirlilik tehdidi altındadır (Mul vd., 2015). Bir yağış havzasında yüzey suyunun kalitesi, içme suyu, endüstriyel kullanım, tarımsal faaliyetler, akarsu içerisinde yaşayan sucul canlılar için önemlidir. Suyun kalitesi, doğal ve insan kaynaklı faaliyetlerden etkilenir ve bu da suyun kullanım alanını kısıtlar (Tahiru vd., 2020).

Bir havzada arazi kullanım durumları havzada üretilen suyun kalitesini ve miktarını etkileyen en önemli sebeplerden bir tanesidir (Sigua ve Tweedale, 2003; Tahiru vd., 2020). Akarsularda su kalitesinin bozulmasının en büyük sebeplerinden bir tanesi insan faaliyetlerinin artmasıyla alt havzalarda bulunan arazi örtüsünün değişmesiyle meydana

gelmektedir (Lee ve Bastemeijer, 1991; (Jung vd., 2008; Karamage vd.; Tahiru vd., 2020). Bir havzada tarım alanlarının artması, orman ve mera alanlarının tahrip edilmesi, yasa dışı madencilik, sanayileşme ve kentleşme gibi antropojenik faaliyetler, su kalitesini etkileyen arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliğinin en önemli sebeplerindendir (Karamage vd., 2016; Issaka ve Ashraf 2017; Tahiru vd., 2020; Mir vd., 2015). Bu aktiviteler tek başlarına veya birlikte su kaynaklarının kirlenmesine etki eder. Bu nedenle, bir havza içindeki arazi kullanımı, akarsuların suyun niteliği ve niceliğın üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Li vd., 2014; Tahiru vd., 2020).

Orman ve mera alanları, dere kenarlarında bulunan riparian zonlar yüzeysel akış ile gelen kirlilik etmenlerini bünyesine alarak derelerdeki su kalitesinin korunmasını sağlar (Jung vd., 2008). Tarımsal alanlar, endüstriyel ve yerleşim alanlarından yüzeysel akış ve toprak erozyonu ile gelen besin elementleri ve sediment su kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir (Lenat ve Crawford, 1994). Su toplama havzasında artan şehirleşme, sanayileşme ve tarımsal gelişmeler akarsular içerisinde besin ve diğer kirleticileri etmenleri arttırır (Sigua ve Tweedale, 2003). Sigua ve Tweedale, 2003 yılında yapmış olduğu çalışmada havzada toplam azot yüklerinin %79'unun tarımsal ve kentsel yüzeysel akıştan kaynaklandığını belirtmiştir. Akarsular etrafında meydana gelen insan faaliyetleri ile arazi örtüsü değişiklikleri sonucunda toprak erozyonu meydana gelir (Ayivor ve Gorden 2012). Toprak erozyonu yüzeysel akışla birlikte deredeki suya kil gibi ince boyutlu materyallerin taşınmasına sebep olur (Lambert ve Walling 1988; Turgut vd., 2015). Bu da sedimentasyon yoluyla nehir suyu kalitesinin bozulmasına neden olur. Havzada çıplak arazinin ve tarım arazilerinin artmasıyla toprak erozyonuyla birlikte derelere yüksek miktarda askıda katı madde taşınmaktadır (Zamani vd., 2012). Tahiri vd., 2020 yılında yaptığı çalışmada tarım arazisinin azalmasıyla akarsularda bulanıklık miktarının da azalacağını bildirmektedir. Bu çalışmada yapılan istatistik analizlere göre bulanıklık ile yerleşim alanları arasında anlamlı pozitif ilişki bulunmuşlardır. McMahon vd. (2020) bitki örtüsünün nehir kıyısındaki erozyonu azaltabileceğini ve dolayısıyla bulanıklığın azaltılmasına katkıda bulunabileceğini belirtmiştir.

Akarsulara toprak agregatlarının taşınmasıyla hem agregatların içinde bulundukları karbon, azot ve fosfor gibi besin elementleri hem de kendileri kirlilik oluşturarak nehirlerde ötröfikasyona sebep olan besin elementleri artar ve su kalitesinin olumsuz etkilenmesine sebep olur (Quilbe vd., 2006; Mir vd., 2015; Karamage vd., 2016; Issaka ve Ashraf , 2018). Yüksek bulanıklık, sucul yaşamın hayatta kalması için mevcut güneş ışığı

ve oksijen miktarını ve buna bağlı olarak bölgedeki biyolojik verimliliği sınırlar (Tahiru vd., 2020). Bu da sucul canlıları olumsuz etkiler (Issaka ve Ashraf, 2017). Akarsular içerisinde askıda katı madde, yatak yükü ve besin yüklerinin tahmini su kirliliğinin değerlendirilmesinde çok önemlidir (Quilbe vd., 2006). Bir havzada akarsu içerisinde besin yükleri yağışla birlikte tarımsal ve kentsel alanlardan gelen yüzey akıştan, yeraltı sularından, kullanılan gübrelerden, atmosferden, sulama sularından, toprak ana materyalinin ayrışmasından, toprak erozyonundan ve askıdaki katı maddenin içinde bulunan organik maddeden kaynaklanabilmektedir (Martin vd., 2001; Mir vd., 2015). Bir yağış havzasında bu faktörler su içerisinde taşınan sedimentin karakterini ve suyun kalitesini etkiler (Fayas vd., 2021). Sedimentin içerisinde bulunan organik madde miktarı, deredeki sedimentin organik madde içeriğine, tarımsal faaliyetlere ve insan kaynaklı kirleticilerin etkisine bağlıdır (Davutluoğlu vd., 2011). Sigua ve Tweedale 2003 yılında yaptığı çalışmada havzada akarsu içerisinde toplam azotun % 79'unun tarımsal ve kentsel yüzeysel akışından kaynaklandığını belirtmiştir. Akarsuda fosfor gibi besin konsantrasyonunun artmasıyla su kalitesinin düşeceğini, su içerisinde yosunların ve diğer suda yaşayan yabani otların büyümesini teşvik edeceğini bildirmiştir (Mir vd., 2015).

Sediment parçacıkları su kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır (Lopez vd., 1996). Kirleticilerin sedimentler üzerindeki etkisi son yıllarda önemli hale gelmiştir. Dünyada yapılan çalışmalarda fosfor (P) ile sediment arasındaki ilişki (Zhou vd., 2005; Cao vd., 2011) ve azot (N) ile sediment arasındaki ilişkiye odaklanılmıştır (Stimson ve Larned, 2000; Lü vd., 2005). Fosfor ve azot, sudaki ötrofikasyon için sınırlayıcı besin faktörüdür (Bizsel ve Uslu, 2000). Bu çalışmalara bakıldığında farklı su kütlelerinde besin kirleticileri ile askıdaki katı madde miktarı arasında farklı ilişkiler olduğunu göstermektedir (Wang vd., 2015). Quilbe vd., 2006 yılında yapmış olduğu çalışmada Beaurivage Nehri'nin su kalitesinin içerisinde fosfor miktarının fazla olmasından dolayı ötröfike olduğunu ve sudaki fosfor miktarının %86'sının tarımsal kaynaklardan meydana geldiğini belirtmiştir. Karamage vd., 2016 yılında yapmış olduğu çalışmada arazide orman örtüsünün kaldırılmasıyla yüzeysel akışla birlikte besin akışı ve toprak minerallerinin göle taşınması sonucunda Kiyu gölünün suyunun değiştiğini belirtmiştir.

Bir havzada meydana gelen toprak erozyonunda toprağın verimli, organik maddece zengin üst toprak tabakası taşınmaktadır (Mir vd., 2015; Tahiru vd., 2020). Aşınan bu toprak parçaları yüzeysel akış ile birlikte akarsulara taşınır. Toprak parçaları bünyelerinde bulundukları organik madde ile su kalitesini olumsuz etkiler. Toprak yüzeyinden

kaybedilen besin miktarı toprağın verimlilik durumuna ve topraktaki belirli bir besinin bolluğuna da bağlıdır. Organik maddesi yüksek olan topraklar, topraktaki besin yoğunluğu daha fazla olduğu için daha fazla besin kaybeder. Mir vd., 2015 yılında yaptığı çalışmada Chini Gölü havzasında hızlanan toprak erozyonu, üst topraktan önemli miktarda besin kaybına neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmada madencilik, insan aktiviteleri ve tarımsal faaliyetler çok yüksek besin kayıplarına neden olduğunu belirtmiştir. Besin kayıplarının doğrudan arazi kullanım uygulamaları ve erozyon oranından etkilendiğini vurgulamıştır. Karikari ve Ansa-Asare (2006) tarafından şiddetli yağışlardan sonra, erozyona neden olan yanlış tarım faaliyetleri gibi insan arazisi kullanım faaliyetleri nedeniyle nehirde büyük miktarlarda üst toprağın taşındığını belirtmiştir. Havzada çiftçilerin kullandıkları gübre ve hayvancılık faaliyetleri su kalitesini büyük ölçüde etkilediğini belirtmiştir. Yapılan regreasyon sonuçlarına göre otlak, çiftlik arazisi ve yerleşim alanlarının artmasıyla amonyak seviyelerinin de arttığını belirtmişlerdir.

Söğütlü Deresi havzasında askıda katı madde içerisinde bulunan karbon ve azot miktarını ölçmek için havzanın mansap kısmında bulunan S1 noktasından örnekler alınmış ve bunun analizleri yapılmıştır. Edinilen bulgulara göre, havzada seçilen noktada en düşük azot değeri nisan, ekim ayında ihmal edilebilir sınırlar içerisinde ve mart ayında % 0.11 olarak bulunmuştur. En yüksek azot değeri ise ağustos ayında %0.66 olarak bulunmuştur (Tablo 69). En düşük karbon değeri nisan, ekim ayında ihmal edilebilir sınırlar içerisinde ve aralık ayında % 0.87 olarak bulunmuştur. En yüksek karbon değeri ise temmuz ayında %5.97 olarak bulunmuştur (Tablo 69). Demirak vd., 2012 yılında yaptıkları çalışmada nisan, mayıs ve haziran aylarında sediment içerisinde metal (Cu, Pb, Cd) içeriğinin diğer aylara oranla daha fazla bulmuştur. Lambert ve Walling 1988 yılında yaptığı çalışmada askıda katı madde içerisinde karbon değerlerini ortalama %5.888 ve azot değerlerini %0.954 olarak bulmuştur. Yatak yükündeki azot değerlerini ortalama %0.442 ve karbon değerlerini %4.022 olarak bulmuşlardır. Karbon ve azot değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulduklarını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada genel anlamda değerlendirildiğinde karbon ve azot değerleri soğuk aylarda düşüş eğilimi içerisinde olmuş ve sıcak aylarda tekrar yükselişe geçmiştir (Şekil 89). Debi değerleri ve AKM değerleri arttıkça karbon ve azot değerleri azalış eğilimi göstermiştir. Azot ve karbon değerlerinin mart ayında düşük çıkmasının sebebi karların erimesiyle birlikte debi seviyesinin artmasından kaynaklanıyor olabilir. Nisan ayında ise covid19 pandemisi nedeniyle yasaklardan dolayı insan aktivitesinin olmamasından kaynaklanmış olabilir. En yüksek

değerlerin ise ağustos ve temmuz ayında çıkmasının sebebi yazın debi seviyesinin azalmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü yapılan korelasyon sonucunda debi değerleri azaldıkça karbon ve azot değerleri artma eğilimi göstermiştir.

Söğütlü deresinde karbon, azot, askıda katı madde ve debi değerlerinin örnekleme noktaları göre korelasyon analizleri yapılmıştır. Bulunan sonuçlara göre Karbon ve azot değerleri arasında pozitif yönlü kuvvetli ilişki bulunmuştur. Debi değerleri ile azot ve karbon değerleri arasında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Debi değerleri arttıkça askıda katı madde içerisinde bulunan karbon ve azot değerleri azalmaktadır. Debi değerleri ile de askıda katı madde arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur (Tablo 70). Askıda katı madde ile karbon ve azot değerleri arasında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Askıda katı madde değeri arttıkça içerisinde bulunan karbon ve azot değerlerinde bir azalma görülmektedir. Bunun başlıca sebebinin tünel faaliyetlerinden dolayı dere içerisinde artan askıda katı madde içerisinde daha az miktarda besin elementinin bulunmasından kaynaklanmış olabilir (Demirak vd., 2012). Tünel faaliyetlerinin olmadığı zamanlarda akarsuda daha az askıda katı madde ama içerisinde daha fazla karbon ve azot değerleri bulunmuştur. Wang vd., 2015 yılında yaptığı çalışmada partikül boyutunun 0.02 mm'den küçük olan toprak agregatlarının askıda katı madde içerisinde yüksek bir oranını oluşturduğunu ve su kalitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Yağışlı mevsimde askıda katı madde miktarının kurak mevsiminkinden 8-9 kat daha yüksek olduğunu ancak kurak mevsimde askıda katı maddenin kirlilik seviyesinin 3-9 kat daha yüksek olduğunu bulmuştur. Askıda katı madde miktarı arttıkça birim hacim sediment başına düşen besin kirlleticilerin adsorpsiyon miktarları azalacağını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada araştırma bulguları literatürle bulunan sonuçlarla uyum sağlamaktadır. Turgut vd., 2015 yılında Borçka barajında yaptıkları çalışmada biriken sedimentte organik madde miktarını 0-10cm'lik kısımda %0.07-3.12 arasında, 10-320cm'lik kısımda %0.06 -1.62 arasında bulmuşlardır. Rezervuarda depo edilen sedimentin genellikle toz ve kilden oluştuğunu çok az bir miktarının kumdan oluştuğunu belirtmiştir. Rossi vd., (2005) ağır metallerin, fosforun ve organik bileşiklerin askıda katı madde üzerinde emileceğini belirtmiştir. Mir vd., 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada Chani gölünde orman alanları tarım, ekoturizm, maden ve yerleşim alanlarına dönüştürülmüştür. Bu değişiklikler nedeniyle erozyon, besin kayıpları ve sedimantasyon oranları artmıştır. Tarımsal faaliyetler nedeniyle pestisitlerin ve gübre bileşiklerinin kimyasal akışı, azot ve fosfor miktarını,

gölün su ve sedimentteki ağır metal içeriğini artırmıştır. Bu faaliyetler göl sisteminin ekolojik, biyolojik ve hidrolojik işlevlerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir.

Ustaoglu ve Tepe 2018 yılında Giresun Pazarsuyu Deresi'nde yaptıkları çalışmada sediment içerisinde organik madde miktarını %5.02 olarak bulmuşlardır. Topaldemir (2021) Miliç kıyısında yaptığı çalışmada sediment örneklerinde organik madde miktarını % 3.62–4.84 arasında ve ortalama değeri ise %4.37 olarak bulmuştur. İnsan nüfusu ve faaliyetlerinin artmasıyla havzadaki akarsularda besin değerleri artmış ve bu da su kalitesinin düşmesi ile bitki çeşitliliği azalmıştır (Sigua ve Tweedale, 2003). Karamage vd., 2016 Kivu Gölü'nün su kalitesinin bozulmasını toprak erozyonunu artıran, toprak kaymalarına neden olan, mineral ve besin maddelerinin yükselmesini tarım alanların artmasına, orman alanlarının tahrip edilmesi ve kentleşme ile ilişkili olduğunu öne sürmüştür. Gildea 2000 yılında yapmış olduğu çalışmasında daha fazla tarım alanına sahip havzaların fosfor ve azot birikiminin arttığını ileri sürmüşlerdir (Tahiru vd., 2020). Tarım alanlarda kimyasalların gereksiz kullanımı ve çalılarının yakılması gibi faaliyetler akarsularda besin içeriğini arttıracaktır. Bu da nehirlerde su kalitesini kötüleştiren ötrofikasyona neden olan C, N ve P gibi yüksek besin yüküne sebep olabilecektir (Quilbe vd., 2006; Tahiru vd, 2020). Ahn vd., 2008 yılında yaptıkları çalışmada sularda askıda katı madde ve besin miktarının artmasıyla nehirlerde habitat bozulmasına sebep olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda sel olaylarında derelere daha fazla besin yüklendiğini belirtmiştir. Ormanlık alanların daha fazla olduğu havzada daha az besin içeriği gözlemlenmiştir. Askıda katı madde miktarını yaklaşık olarak 607 ton, toplam azot miktarını 10.466 kg ve toplam fosfor miktarını 1.433kg bulmuşlardır.

Söğütlü deresi havzasında 12549.82 ton/yıl sediment denize taşınmaktadır. Bu yaklaşık 23.44 ton yıl⁻¹ azot ve 174.96 ton yıl⁻¹ karbon kaybı olmaktadır. Dünyada ve Türkiye'de yapılan su kalite kontrol yönetmeliğine göre askıda katı madde ve yatak yükü içerisinde bulunan karbon ve azot değerleri için herhangi bir sınıflandırma yapılmamıştır. Yapılan çalışmalarda genellikle akarsularda bulunan değerler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde baraj hazneleri için ötrofikasyon bakımından AKM değerleri 15 mg/L'dir. Çalışmada da ölçtüğümüz AKM miktarları bu değerin çok üstünde bulunmuştur. Bu yüzden AKM içerisinde bulduğumuz karbon ve azot değerleri ötrofikasyon açısından önemli arz etmektedir.

4.3. Sel Risk Parametreleri ve Sel Risk Haritası

4.3.1. Sel Risk Parametreleri

4.3.1.1. Yağış

Yeryüzünde meydana gelen yağışların bir bölümü toprak yüzeyinin üst kısmından ve okyanus, deniz gibi su yüzeylerinden evaporasyon olayı ile, bitkiler tarafından transpirasyon ile atmosfere geri döner. Geriye kalan yağışın bir bölümü bitkiler tarafından tutulur, bir kısmı da topraktan sızarak yeraltı suyunu oluşturur. Toprak içerisine sızamayan yağış suyu ise yüzeysel akış ile eğim ve yerçekimi etkisiyle hareket ederek nehirlerle, buradan denizlere ve okyanuslara taşınır (Benson, 1964). Bir alanda yüzeysel akışın artmasıyla aynı anda derelere yüksek miktarda su taşınmakta, toplanan bu su dere yatağına sığamamakta bu da sel ve taşkın oluşumunu arttırmaktadır (Özer, 2008; Özcan, 2006; Tokgözlü ve Özkan, 2018).

Bir havzada selin meydana gelmesi yağışın özellikleri ile ilgilidir (Özcan, 2006; Tokgözlü ve Özkan, 2018). Yağış özelliklerinden yağışın miktarı, yoğunluğu, yağışın aylara ve mevsimlere göre dağılışı, cinsi, süresi ve alana dağılımı sel olaylarını tetikler (Özcan, 2006; Nijoku vd., 2018). Şiddetli yağışlar ile birlikte yüzeysel akış miktarı artar ve nehirlerde daha fazla su birikmesine neden olur. Dere yatağına sığmayan sular taşarak selin meydana gelmesine neden olur (Özcan, 2006; Nijoku vd., 2018). Papaioannou vd., 2015 yılında yaptığı çalışmada fazla yağışların sel meydana getirdiğini ve tarımsal alanlara, ulaşım ağlarına ve diğer teknik alt yapılara zarar verdiğini belirtmiştir. Adjei-Darko, 2017 yaptığı çalışmada sel ve taşkınların en önemli nedeninin şiddetli yağışlar olduğunu belirtmiştir. Yağış, sel olaylarının başlangıcı için ana tetikleyici faktör olarak dikkate alınır. Sel, taşkın ve heyelan risk analizleri için önemli bir faktör olarak kabul edilir (Wu vd., 2015). Bu yüzden yağış verisi sel risk haritasının incelenmesinde önemli bir parametredir.

Yağış miktarı dağılım haritasını elde etmek için Trabzon 11. Meteoroloji istasyonundan son 5 yıllık yağış verileri alınarak IDW kullanılarak oluşturulmuştur (Nijoku vd., 2018). Yağış haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Yağışın 600mm'den düşük olduğu alanlar çok düşük riskli (1), 600-800mm arasında olduğu alanlar düşük riskli (2), 800-1000mm olduğu alanlar orta riskli (3), 1000-

1200mm olduğu alanlar yüksek riskli (4) ve yağış verisi 1200mm'den yüksek olduğu alanlar çok yüksek riskli (5) olarak belirlenmiştir (Şekil 91). Wu vd., 2015 çalışma alanında yağış haritasını <400, 400–450, 450–500, 500–550, 550–600, 600– 650 ve >650 mm/yıl olmak üzere yedi sınıfa ayırmıştır. Oğuz vd., 2016 yılında Artvin'de yaptığı çalışmada yağış miktarlarını 100-150mm, 150-200mm, 200-250mm ve 250-300mm olacak şekilde 4 risk sınıfına ayırmıştır. Nijoku vd., 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada yağış yoğunluğunu 2064mm'den düşük kısmını düşük riskli ve 2064mm'den yukarıda olan kısımlarını ise yüksek risk grubunda ele almışlardır. Yahaya 2008 yılında yaptığı çalışmada 475-724mm ve 725-924mm olacak şekilde iki sınıfa ayırmıştır. Adjei-Darko, 2017 yılında yaptığı çalışmada yağışın sel oluşturma riskini en yüksek ve en düşük yağış arasında çok fazla bir farklılık olmadığından dolayı yüksek ve çok yüksek olarak iki kısma ayırmıştır. Özşahin 2013 yılında yaptığı çalışmada ise yağış değerlerinin 500-1000 mm arasını düşük riskli, 1000 mm'den yüksek değerleri ise yüksek riskli olarak belirlemiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde yerel koşulların özelliklerine göre yağış dağılışında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle kuzeye bakan yamaçlarında düzenli bir yağış rejimi etkili olmaktadır. Sellerin çoğuna aşırı yağış, kar erimesi, baraj arızaları, barajların taşması gibi etkiler sebep olmaktadır (Benson, 1964). Doğu Karadeniz bölgesinde sel ve taşkınların oluşmasının en önemli sebepleri şiddetli sağanak yağışlar ve özellikle bahar aylarında görülen ani kar erimeleridir (Benson, 1964; Gürgen, 2004; Özcan, 2006). Bahar ayında ani sıcaklık yükselmesiyle birlikte karlar hızlı bir şekilde erimeye başlar ve derelerde ani debi artışına sebep olarak sel oluşturma ihtimali yükselir (Özcan, 2006). Bunun yanı sıra sel ve taşkınların oluşumunda alanın toprak türü, jeolojisi, arazi kullanım durumu, eğim gibi faktörleri de etkilemektedir (Gürgen, 2004). Sunulan tezde şekil 91'de de gösterildiği gibi, yağışın en fazla risk oluşturduğu alanlar havzanın üst kesimlerinde 1000-1500m yükseltilerin yer aldığı alanları kapsamaktadır. Bu alanlarda yağış miktarları 1000mm'nin üzerindedir. Bu alanlarda bitki örtüsü gür ormanlarla, çayır ve doğal mera alanlarından oluşmaktadır.

Genel anlamda değerlendirildiğinde havzanın memba kısmından mansap kısmına doğru gidildikçe yükselti etkisiyle yağış miktarı azalmaktadır. Fakat havzanın mansap kısmından başlayarak orta kısmında Düzköy ilçesinin olduğu alanlarda yağış miktarı artmakta, Düzköy bölgesinde yağış miktarı azalıp belli bir yükseltiden sonra tekrar artmaktadır. Çalışma alanının memba kısmında yer alan Çal meteoroloji istasyonunda yıllık toplam yağış miktarı 906.1 mm'dir. En fazla yağış miktarı ise mart, mayıs, haziran ve ekim

aylarında düştüğü görülmektedir. Çalışma alanının orta kısmında yer alan Düzköy meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağısı 615.3 mm civarındadır. En fazla yağıs miktarı ise mayıs ve haziran ayında düştüğü görülmektedir. Havzanın mansap kısmına en yakın Akçaabat meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağıs miktarı 701.32 mm civarındadır (MGM, 2020). Meteoroloji istasyonunun verilerine göre en fazla yağıs miktarı ocak, ekim ve aralık aylarında yoğunlaştığı görülmektedir. Özcan, 2006 yılında yapmış olduğu çalışmasında Karadeniz bölgesinin sıcaklığın artışına paralel olarak akım da arttığını belirtmiştir. Bu bölgede en yüksek debi seviyelerinin, yağısın az ve sıcaklığın yüksek olduğu mayıs ayında görüldüğünü ve düşük debi seviyelerinin ise yağısın arttığı ancak kar şeklinde düştüğü kış aylarında olduğunu bildirmiştir. Wu vd., 2015 yılında yaptığı çalışmada mevcut yağıs verilerine göre yağıslı mevsimin normalde Temmuz'dan Eylül ayına kadar olduğunu ve bu dönemdeki yağıs, yıllık yağısın %54'ünü oluşturduğunu belirtmiştir. Heyelan olaylarının çoğunun yaz ve sonbaharda meydana geldiğini, bu da yağısların heyelan oluşumunu güçlü bir şekilde etkilediğini vurgulamıştır. Osei vd., 2021 yılında 10 yıllık yağıs verileri kullanarak yapmış olduğu çalışmada en yağıslı mevsimin mart ve eylül ayları arasında olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanında yoğun yağısların bölgedeki sel olaylarına neden olabileceğini bildirmiştir.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında yağıs değerleri ile yükselti ve toprak türü değerleri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Yükselti değerleri ve K değerleri arttıkça alanda yağıs miktarlarında artış gözlemlenmiştir. Arazi kullanım ve yağıs değerleri arasında negatif yönlü korelasyon bulunmuştur. Yağıs miktarlarının yüksek olduğu alanlarda orman ve mera alanları artmaktadır. Bu yüzden yağıs ile arazi kullanım arasında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Yağıs değerleri ile sel risk değerleri arasında yapılan korelasyon analizinde negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Yağıs değerlerinin az olduğu havzanın mansap kısmında sel riski yüksek çıkmıştır. Alanda sel risk sınıf değerleriyle yağıs değerleri arasında yapılan varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmamıştır. Oğuz vd., 2016 yılında yapmış olduğu çalışmalarında taşkın riskinin yağısın fazla, eğimin düşük, ve tarım alanlarının yaygın olduğu alanlarda yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Söğütlü havzasında yağısın yüksek olduğu alanlar bitki örtüsü açısından gür ormanlık alanlar, çayırılık ve mera alanlar ile kaplıdır. Bu yüzden yağısın yüksek çıktığı alanlar sel riski bakımından düşük çıkmıştır. Dölek ve Avcı 2017 yılında yapmış olduğu çalışmasında ise sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu alanlarda doğal bitki

örtüsünün tahrip edildiğini belirtmiştir. Sunduğumuz çalışma geçmişte yapılan çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

4.3.1.2. Yükselti

Yağış havzasında yükselti değerleri sel olaylarının meydana gelmesinde hayati rol oynamaktadır (Karymbalis vd., 2021). Yükselti tek başına sel olaylarını doğrudan etkileyen bir faktör değildir. Ancak sel oluşumunda etkili diğer faktörleri de etkilediğinden önemli hale gelmektedir (Benson, 1964; Öztürk, 2009). Sel olaylarında önemli olan toprağın türü ve derinliği yükseltiye göre değişim göstermektedir. Arazide kar erimesini etkileyen buharlaşma, sıcaklık, bitki örtüsü yükseltiye göre değişim göstermektedir (Benson, 1964; Çepel, 1988; Kantarcı, 2000).

Yükseltinin artmasıyla yağış miktarı artar ve sıcaklık azalır (Çepel, 1988; Kantarcı, 2000; Wu vd., 2015). Üst kesimlere daha fazla yağış düşer (Balcı, 1996; Görcelioglu, 2003). Sıcaklığın azalmasıyla da buharlaşma azalır ve toprağın nem içeriği artar (Balcı, 1996). Yağışın fazla düşmesiyle de toprak içine su sızamayarak yüzeysel akışa geçer. Yağış olaylarında toprak yüzeyinden yüzeysel akışa geçen su yerçekimi etkisiyle yükseltinin yüksek olduğu yerlerden alçak olduğu yerlere doğru akar (Karymbalis vd., 2021). Bu da sellerin oluşmasını tetikler. Karymbalis vd., 2021 yılında yaptığı çalışmada geçmişte yaşanmış sel olayların neredeyse %82'sinin 200 m'den daha düşük yükseltilerde meydana geldiğini, 500 m'den yüksek kotların ise sellerden etkilenmediğini belirtmiştir. Derelerde toplanan su taşmasını azaltan diğer faktörlerin etkisiyle, yükseltinin yeterince yüksek olduğu yerlerde sel meydana gelme olasılığı zayıf olacaktır.

Yükselti değerleri yüzeysel akışın yoğunluğunu etkiler. Yükseltisi yüksek olan yerlerde meydana gelen yüzeysel akış yükseltisi düşük olan alanlara doğru akarak buralarda suların toplanmasına yardımcı olur. Dere yatağına sığmayan su bu alanlarda sel olma ihtimalini artırır (Nijoku vd., 2018; Rincon vd., 2018). Düşük rakımlı alanlar dere sularının toplandığı yerlerin olmasından dolayı sele karşı daha hassastır. Dölek ve Avcı, 2017 yılında yaptıkları çalışmasında Murat ırmağının Muş ovasını terk ettiği bölümlerde sel riskinin daha yüksek olduğunu analiz etmiştir. Bu durumun farklı nedenlere bağlı olarak oluşan yüzeysel akışla gelen suyun yükseltisi alçak alanlarda toplanmasının sonucu olduğunu belirtmiştir. Yükseltinin artmasıyla sıcaklığın düşmesi, yağışın artmasının sonucunda farklı bitki kuşaklarının oluşur. Genellikle havzanın mansap kısmında yapraklı

türler, orta kısımlarında yapraklı ve ibreli türler ve memba kısımlarına doğru gidildikçe ibreli türler yer almaktadır. Daha üst kesimlerde ise sıcaklığın azalmasıyla toprakta ayrışma azalır ve buralarda ağaç boyları kısalmış ve bitki örtüsü zayıflamaya başlar (Çepel, 1995). Bu alanlara düşen fazla yağış toprak içine sızamayıp doğrudan yüzeysel akışa geçer ve alçak rakımlarda sel oluşma ihtimalini tetikler.

Sunulan tezde yükselti haritası arcGIS ortamında raster veri formatında DEM verisi kullanılarak 5 sınıfa ayrılmıştır (Öztürk, 2009). Söğütlü Havzasının yükseltisi deniz seviyesinden başlayarak 2342 m'ye kadar yükselir. Arazi genellikle sarp ve dalgalı yapıdadır. Havza sel risk değerlerine göre, yükseltinin 500m'den düşük olduğu alanlar çok yüksek riskli (5), 500-1000m arasında olduğu alanlar yüksek riskli (4), 1000-1500m olduğu alanlar orta riskli (3), 1500-2000m olduğu alanlar düşük riskli (2) ve yükselti verisi 2000m'den yüksek olduğu alanlar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 92). Nijoku vd., 2018 yılında yaptığı çalışmada yükselti değerlerinin alçak rakımlı alanlardan (0-50 m) çok yüksek alanlara (400-862 m) kadar 5 sınıfa ayırmıştır. En yüksek rakımlı en az sel riski olan alanlar için 1 değerini ve yüksek risk oluşturan düşük rakımlı alanlar için 5 değerini vermiştir. Özkan ve Tarhan 2012 yılında yaptıkları çalışmada 0-414m yükselti arasındaki alanları yüksek riskli, 697m'den yukarısını düşük risk kategorisine ayırmıştır.

Yükselti haritasına bakıldığında düşük yükselti değerleri havzanın mansap kısmında ve yüksek yükselti değerlerinin ise havzanın memba kısmında yer aldığı görülmektedir. Söğütlü havzasının alçak yükseltilerin olduğu kesimlerinde genellikle tarım alanlarının ve şehirleşmenin hakim olduğu görülmektedir. Havzanın yükseltisinin yüksek olduğu memba kısmında ise genellikle gür ormanlık, çayırılık ve doğal mera alanlarıyla kaplıdır. Yükselti değerleri sel riski açısından yüksek risk oluşturan kısımları insanların yaşadığı ve faaliyet gösterdiği tarım ve yerleşim yerlerinin bulunduğu alanlardan oluşmaktadır. Bu da insanların can ve mal güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Oğuz vd., 2016 yılında yapmış olduğu çalışmalarında taşkın riskinin yağışın fazla, eğimin düşük ve tarım alanlarının yaygın olduğu alanlarda yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında yükselti değerleri ile yağış ve toprak türü arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Yükselti değerleri ve K değerleri arttıkça alanda yağış miktarlarında artış gözlemlenmiştir. Korelasyon analizine göre yükseltinin arttığı kısımlarda toprağın kum içeriğinde artma ve toz, kil içeriğinde azalış olduğu görülmektedir. Nitekim bitki örtüsünün yoksun olduğu kesimlerde erozyon ve sel

olaylarıyla birlikte toprağın verimli kısmı olan üst tabakada kil ve toz parçacıkları taşınarak derelere ulaştırılır. Alanda kum ve iskelet içeriği yüksek verimsiz toprak tabakası kalır. Yine arazi kullanım ve yükselti değerleri arasında negatif yönlü korelasyon bulunmuştur. Yükselti değerlerinin yüksek olduğu alanlarda orman, çayırılık ve doğal mera alanları artmaktadır. Bu yüzden yükselti ile arazi kullanım arasında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Dölek ve Avcı 2017 yılında yapmış olduğu çalışmada ise sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu alanlarda doğal bitki örtüsünün tahrip edildiğini belirtmiştir. Yükselti değerleri ile sel risk değerleri arasında yapılan korelasyon analizine bakıldığında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Yükseltinin yüksek olduğu kısımlarda sel riskinin daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Yükselti değerlerinin az olduğu havzanın mansap kısmında sel riski yüksek çıkmıştır.

Alanda sel risk sınıf değerleriyle yükselti değerleri arasında yapılan varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yüksek ve orta riskli sel bölgesi alanları en düşük yükselti grubunda (<850 m) yer almıştır. Düşük riskli sel bölgesi alanları ise en yüksek yükselti grubunda yer almıştır. Moazzam vd., 2018 yılında yaptıkları çalışmada sel olaylarının meydana gelme sıklığının 458m'den daha düşük yükseltilerde olduğunu belirtmiştir. Cao vd., 2016 yılında yaptıkları çalışmada sel olaylarının meydana gelme sıklığının 550m'den daha düşük yükseltilerde meydana geldiğini belirtmiştir. Karymbalis vd., 2021 yılında yapmış oldukları çalışmada 100m'den daha düşük yükselti değerlerinin sel riskinin çok yüksek olduğunu ve 100m'nin üstündeki yükselti değerlerinin sel risk açısından düşük değerler taşıdığını belirtmiştir. Sunduğumuz çalışma geçmişte yapılan çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

4.3.1.3. Arazi Kullanımı

Bir havza içerisinde yeryüzüne düşen yağışın toprak içine sızması ve yüzeysel akışa geçmesi sellerin meydana gelmesinde önemli etkisi vardır (Görcelioglu, 2003; Özcan, 2006; Nijoku vd., 2018; Karymbalis vd., 2021). Bir havzada yüzeysel akışı etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi alanının bitki örtüsünün kapalılık durumudur. Bir havzada yüzeysel akış, infiltrasyon, perkolasyon, transpirasyon, evaporasyon gibi çeşitli hidrolojik süreçler ile yüzey ve yeraltı suyu arasındaki karşılıklı ilişki arazi örtüsü tarafından önemli ölçüde kontrol edilmektedir (Özcan, 2006; Ahmad vd. 2017; Arabameri vd., 2018; Karymbalis vd., 2021). Bu nedenle arazi kullanım durumu derelerdeki debi seviyesini

doğrudan etkileyen bir faktördür (Öztürk, 2009). Bitki örtüsü ile kaplı alanlar, özellikle ormanlık alanlarda meydana gelen toprak tabakasının yüksek infiltrasyon miktarına sahip olması nedeniyle bu alanlarda sel riski oluşma ihtimali düşüktür. Bitki örtüsüyle kaplı olan alanlara düşen yağış bitki örtüsü tarafından intersepsiyon vasıtasıyla tutulur ve yağışın belli bir kısmının toprak yüzeyine ulaşmasını engeller (Karymbalis vd., 2021). Bitki örtüsü yüzeyinde yağmur damlaların hızını keserek yavaş bir şekilde toprak yüzeyine inmesini sağlar (Özcan, 2006). Özellikle ormanlık alanlarda ağaçlar toprak yüzeyinde ölü örtü meydana getirerek hem toprağı erozyona karşı korur hem de kendine özgü yapısı sayesinde yağmur suyunun toprağı sızmasını sağlayarak yüzeysel akışı azaltır (Özcan, 2006). Mera alanlarında çayırların arazi yüzeyindeki yüzeysel akışı azaltarak toprak içine sızmasını sağlar (Arabameri vd, 2018). Ayrıca bitki örtüsü transpirasyonla topraktan suyu alarak toprağın kurummasına yardımcı olur. Böylece toprağın bünyesine daha fazla su almasını sağlayarak yüzeysel akışın engellenmesine yardımcı olur (Balcı, 1996; Özcan, 2006). Böylece derelere daha az miktarda su taşınarak sel riskinin önüne geçmesine sebep olur (Balcı, 1996; Görcelioğlu, 2003). Yapılan çalışmalara bakıldığında ormanlık alanlarla kaplı bir arazide meydana gelen yağışın sadece yüzde ellisinin yüzeysel akışa geçtiğini belirtmişlerdir (Görcelioğlu, 2003).

Bitki örtüsünden yoksun tarım alanlarının ve yerleşim yerlerinin olduğu geçirimsiz yüzeyler nedeniyle oluşan alanlarda yüzeysel akışın meydana gelme olasılığı çok yüksektir (Nijoku vd., 2006). Bitki örtüsü yönünden yoksun olan yerlerde özellikle sağanak yağışların hemen ardından sel olaylarının daha fazla görülebileceğini belirtmiştir. Bu da bu alanlarda sel riskinin meydana gelme olasılığını yükseltir. Bir havzada arazi kullanım şekli insanların faaliyetleri tarafından değiştirilebilen tek faktördür (Balcı, 1996; Görcelioğlu, 2003). İnsanların var olan ormanlık ve mera alanlarını tarım alanlarına çevirmesi, yanlış ormancılık faaliyetleri, madencilik faaliyetleri gibi etkilerle var olan bitki örtüsünü ortamdaki uzaklaştırılır. Böylece alana düşen yağış suları toprak içine sızamayıp direk yüzeysel akışa geçer (Arabameri vd., 2018). Yüzeysel akışın artmasıyla bitki örtüsünden yoksun toprak erozyona uğrar ve derelere yüksek miktarda toprak agregatları taşınır (Balcı, 1996; Görcelioğlu, 2003). Derelere hem yüzeysel akış ile gelen su hem de toprak parçacıklarının dere yataklarında birikmesiyle dere kanalları daralır ve sel oluşma ihtimali artar. Bundan dolayı arazi kullanımı/arazi örtüsü sel risk haritasının oluşturulmasında incelenmesi gereken en önemli parametrelerden bir tanesidir (Karymbalis vd., 2021). Söğütlü Deresi Havzasının ormanlık alanları genellikle havzanın 900m gibi orta

yükseltilerinden başlayarak 2200m'ye kadar çıkmaktadır. Havzanın ormanlık alanları gür ormanlarla kaplıdır. Genel olarak havzanın ağaç türlerini değerlendirdiğimizde havzanın mansap kısmından başlayarak memba kısmına doğru kızılğaç, gürgen, meşe, kayın ve en son ladin yer almaktadır. Havzanın tarım alanları havzanın mansap kısmından başlayarak Söğütlü deresi kenarları boyunca vadi şeklinde havzanın memba kısmının başlangıç kısımlarına kadar uzanmaktadır. Havzada tarım alanları 20m yükseltiden başlayarak 2000 m yükseltilere kadar çıkmaktadır. Havzada bulunan mera alanları ise genel olarak 1400 m yükseltilerden başlayarak 2342 m yükseltilere kadar çıkmaktadır (OGM, 2019).

Arazi kullanım haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Yerleşim ve yapı alanlarının bulunduğu alanlar çok yüksek riskli (5), meyve bahçeleri, karmaşık ekim modeli, tarım, geçiş ormanlık çalı ve seyrek bitki örtüsü alanlar orta riskli (3), çayır ve doğal mera alanları düşük riskli (2) ve yapraklı orman, ibrelili orman ve karışık orman alanları çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 93). Kuru ve Terzi 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada orman ve mera alanlarını sel risk değerleri açısından en düşük risk grubunda, tarım alanlarını ise en yüksek risk grubunda değerlendirmiştir. Nijoku vd., 2018 yılında yaptığı çalışmada arazi kullanımını sel risk değerleri açısından düşük risk alanlarından yüksek risk alanlarına doğru ormanlık alan, nehirler, çalılar-tarım araziler, yerleşim alanları olmak üzere 4 sınıfa ayırmıştır. Wu vd., 2015 yılında yaptığı çalışmada sel riskinin belirlenmesinde hava fotoğraflarını kullanarak oluşturduğu arazi kullanımını tarım arazileri, yerleşim alanları, orman ve mera alanları, su yüzeyleri ve çıplak arazi gibi beş sınıfa ayırmıştır. Karymbalis vd., 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada arazi kullanımına göre sel risk değerlerinin 5 sınıfa ayırmıştır. Yerleşim yerlerinin olduğu kentleşmiş alanlara sırasıyla sel riskinin en yüksek (4 ve 3) olduğu değerlerini, orman alanlarına ise en düşük sel risk değerini (0) vermişlerdir.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında arazi kullanım değerleri ile yağış ve yükselti arasında negatif yönlü korelasyon bulunmuştur. Yükselti ve yağış miktarları arttıkça alanda orman ve mera alanlarında artış ve tarım alanlarında azalış bulunmuştur. Korelasyon analizine göre arazi kullanımının orman ve mera alanlarına dönüştüğü kısımlarda toprağın kum içeriğinde bir artış varken toz ve kil içeriğinde azalış olduğu görülmektedir. Arazi kullanım değerleri ile sel risk değerleri arasında yapılan korelasyon analizine bakıldığında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Orman ve mera alanlarının yüksek olduğu kısımlarda sel riskinin daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Tarım ve yerleşim yerlerinin yüksek olduğu havzanın mansap kısmına doğru gidildikçe sel riski yüksek çıkmıştır. Alanda sel risk sınıf

değerleriyle arazi kullanım değerleri arasında yapılan varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıflarına göre arazi kullanım değerlerinde duncan testinde 3 farklı grup oluşmuştur. Orman alanları sel risk sınıfının en düşük grubunda, mera alanları orta grupta ve tarım ve yerleşim yerlerinden oluşan alanlar ise en yüksek sel risk grubunda yer almıştır (Tablo 82). Dölek ve Avcı 2017 yılında yapmış olduğu çalışmada sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu kısımların doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği yerlerde olduğunu belirtmiştir. Oğuz vd., 2016 yılında yapmış olduğu çalışmalarında taşkın riskinin yağışın fazla, eğimin düşük ve tarım alanlarının yaygın olduğu alanlarda yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Adjei-Darko, 2017 yılında yaptığı çalışmada kentsel alanlarda tüm geçirimsiz yüzeylerinin olması nedeniyle sel riskinin en fazla yer olduğunu ve buralarda sel riskinin yüksek olduğunu belirtmiştir. Sunulan çalışmada da yağışın yüksek olmasına rağmen alandaki bitki örtüsünün orman, çayır ve mera ile kaplı olduğu alanlar sel risk açısından düşük çıkmıştır. Alanın orman ve mera ile kaplı olmasından dolayı sel oluşma ihtimalini düşürmüş olabilir. Karymbalis vd., 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada havzanın dağlık kesimleri, ormanlar ve seyrek doğal bitki örtüsü ile kaplı oldukları için arazi örtüsü parametresi açısından sel baskınlarına daha az duyarlı olduğunu ve yerleşim yerlerinin ve tarımsal alanların sellere karşı daha duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Dams vd. 2013 yılında yapmış olduğu çalışmada alt yapı çalışmasının yetersiz olduğu, insan yerleşimlerinin ve şehirleşmenin bulunduğu geçirimsiz araziler, suyun yeraltına sızmasını engeller bu da sel ve taşkınların oluşmasına katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Tokgözlü ve Özkan, 2018 yılında Aksu Çayı Alt Havzasında yaptığı çalışmada arazi kullanımını “düşük yoğun tarım, yapay arazi kullanımı (sanayi alanları, yerleşimler, parklar ve yollar), doğal ve yarı doğal alanlar (orman örtüsü, fundalık, maki) ve yoğun tarım” olarak 4 sınıfa ayırmışlardır. Bitkilerin infiltrasyon kapasitesinin suyun tutulması anlamında önemli olduğu için doğal ve yarı doğal alanların sel risk değerini en düşük risk sınıfına vermişlerdir. Yapay arazi kullanımının infiltrasyon kapasitesi olduğu için bu alanlar ise en riskli alanlar olduğunu belirtmişlerdir. Sunulan çalışmada bulunan sonuçlar literatürle uyumluluk göstermektedir.

4.3.1.4. Eğim

Eğim, toprağın nemini, toprak erozyonunu, yüzeysel akışı, akarsu hızını, taban suyunu etkileyen ve buna bağlı olarak selleri hızlandırabilen parametredir (Çepel 1995; Özcan, 2006; Darko, 2017; Dölek ve Avcı, 2017). Eğim yamaç boyunca meydana gelen yüzeysel akışı etkilemekte ve düşük eğimli bölgelerde birikmesini neden olmaktadır (Çepel 1995; Adjei-Darko, 2017). Hafif eğimli alanlar eğimi daha dik alanlara oranla bu bölgeleri daha hızlı su basabilir ve sel oluşma ihtimali daha yüksektir (Görcelioglu, 2003; Nijoku vd., 2018; Karymbalis vd., 2021).

Eğim, sel olaylarının meydana gelmesinde doğrudan ilişkili olduğu için sel risk haritalarında değerlendirilmesinde önemli bir faktördür ve sel risk haritası oluşturulurken sıklıkla kullanılmaktadır (Wu vd., 2015; Moazzam vd. 2018). Bir alanın eğiminin dik olması belirli bir alanın akışını ve taşmasını etkiler (Karymbalis vd., 2021). Hafif eğim açılarına sahip alçakta bulunan alanlar, sel ve su basması sırasında dik eğim açılarına sahip alanlara kıyasla ilk önce su altında kalma eğilimindedir (Adjei-Darko, 2017; Karymbalis vd., 2021). Bir havzada arazi yüzeyinde yüzeysel akış ve su birikimi süreci, arazinin eğimine ve yamacın uzunluğuna bağlıdır. Eğim yüzeysel akışın hızını, yüzeysel akışla taşınan malzemelerin boyutunu, türünü, taşınan malzemelerin nerede depo edileceğini ve suyun da birikebileceği alanları etkilemektedir (Dölek ve Avcı, 2017). Yağış suları infiltrasyon vasıtasıyla toprak içine sızmadığı durumlarda yüzeysel akışa geçerek yüksek eğimli alanlardan düşük eğimli alanlara doğru akar. Sular genellikle hafif eğimli ve düz alanlarda birikir. Bu nedenle alçak yükseltilerde bulunan düz ve hafif eğimli alanlar (0-18°), su basmasına ve sel olaylarına daha yatkındır (Moazzam vd. 2018; Karymbalis vd., 2021). Yüksek eğimli yerlerde yağışın artmasıyla toprak içine sızamayan su yüzeysel akışa geçerek hızlı bir şekilde akarsularda toplanarak düşük eğimli alanları daha hızlı sular altında bırakır. Buna paralel olarak yağışın fazla olduğu alanlarda eğer bitki örtüsü yetersiz ise bu alanlarda erozyon şiddetli olur ve toprak derinliği azalır. Böylece yüksek eğime sahip alanlarda iskelet içeriği zengin, besin maddesi yönünden fakir, sık, su tutma kapasitesi düşük ve kurak topraklar oluşur (Çepel 1995; Oğuz vd., 2016). Bu tip alanlara sahip üst havzalarda toprak içine sızamayan su alt havzalarda akarsularda birleşerek sel oluşmasını hızlandırır (Tokgözlü ve Özkan, 2018, Karymbalis vd., 2021).

Sunulan tezde eğim haritası 30x30 m çözünürlükteki DEM verileri kullanılarak arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Eğimin 0-5° olduğu alanlar

çok yüksek riskli (5), 5-10° arasında olduğu alanlar yüksek riskli (4), 10-20° olduğu alanlar orta riskli (3), 20-30° olduğu alanlar düşük riskli (2) ve eğim verisi 30°'den yüksek olduğu alanlar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 94). Nijoku vd., 2018 yapmış olduğu çalışmada eğim sınıflarını en yüksek sel riskine sahip olan eğim sınıfını en düşük eğim derecesine verecek şekilde 5 gruba ayırmıştır. Sel riskinin düşük olduğu 1 değerini en dik eğime (yüzde 45-76) ve sel riskinin en yüksek olduğu 5 değerini en az eğimli (yüzde 1-5) yerlere vermiştir (Nijoku vd., 2018). Osei vd., 2021 yılında yaptıkları çalışmada eğim haritasında sele karşı riskli alanları 3 sınıfa ayırmışlardır. 19° ile 72° yüksek eğimli alanların, sel ve su basmasına karşı düşük bir hassasiyete sahip olduğunu, 11° ile 18° arasında bir eğim açısı ile sele karşı orta derecede hassas olduğunu, 0° ile 10° arasında eğim açıları ile sel baskınının yüksek risk oluşturduğunu belirtmişlerdir. Karymbalis vd. (2021) çalışmalarında eğim sınıflarını alanda önceden meydana gelen sel olaylarıyla ilişkisine bakarak beş sınıfa ayırmışlardır. Sel risk sınıfına 0 ile 4 arasında bir değer vermişlerdir. Havzanın hafif eğimli kısımları (2°, 2-6° ve 6-12°) sel baskınlarına daha yatkın olduğu için 4 olarak 20° ve daha üstü eğime sahip dik kısımlara sel riski düşük olduğu için 1 ve 0 değerlerini vermişlerdir. Tokgözlü ve Özkan, 2018 yılında yaptıkları çalışmalarında 0-10° arasındaki eğim sınıflarında daha fazla taşkın olaylarının yaşandığını belirtmiştir.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında eğim değerleri ile toprak türleri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Eğim değerlerinin artmasıyla Söğütlü havzasına ait topraklarda kum içeriği artış göstermekte ve kil ve toz içeriği azalış göstermektedir. Eğim değerlerinin artmasıyla orman ve mera alanları artış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizinde de eğim değerleri ile arazi kullanım (C değerleri) değerleri arasında negatif yönlü ilişki çıkmıştır. Orman ve mera alanlarının arttığı alanlarda eğim değerleri de artış göstermektedir. Eğim değerleri ile sel risk değerleri arasında yapılan korelasyon analizine bakıldığında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Eğimin yüksek çıktığı alanlarda sel risk açısından düşük değerler bulunmuştur. Eğim değerlerinin düşük olduğu havzanın mansap kısımlarında tarım ve yerleşim yerlerinin bulunduğu alanlarda sel riski çok yüksek çıkmıştır (Kuru ve Terzi, 2018). Alanda sel risk sınıf değerleriyle eğim değerleri arasında yapılan varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Dölek ve Avcı (2017) Muş, Bulanık ve Malazgirt ovalarının bir bölümünde eğim değerlerinin düşüklüğünden dolayı bu alanlarda taşkın riskinin çok yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma yapılan ovada eğimin sifıra yakın olduğu alanlarda kar erimesinin yaşandığı

dönemlerde bu alanlarda su birikmesi görülmüştür. Bu alanlarda meydana gelen sel ve taşkınlar tarım süresini kısalttığını ve tarımsal verim kaybına sebep olduğunu belirtmişlerdir (Dölek ve Avcı, 2017). Moazzam vd. 2018 yılında yaptıkları çalışmada sel oluşma sıklığını en fazla 0-3.21° eğimleri arasında olduğunu bulmuşlardır. Eğim derecelerinin azalmasıyla sel olaylarının arttığını belirtmişlerdir. Cao vd, 2016 yılında yapmış oldukları çalışmada sel olaylarının en fazla 0-20° arasında olduğunu belirtmiştir. Sunkar ve Tonbul (2010) sel riskinin olduğu alanlarda eğimin düşük olduğunu, dağlık alanlardan gelen suyun havzanın aşağı kısımlarında birikerek sel olayına neden olduğunu belirtmiştir. Sel riskinin olduğu alanların üst bölümünde erozyonun alt bölümlerinde ise toprak birikiminin yaşandığını analiz etmiştir. Yapılan çalışmada da Söğütlü havzasının üst kesimlerinde toprak erozyon riski yüksek ve alt kesimlerde ise sel riski yüksek çıkmıştır. Bulunan sonuçlar yapılan çalışmalar ile tutarlılık göstermiştir.

4.3.1.5. Toprak Türü

Yağış havzasında sellerin meydana gelmesinde etkili olan parametrelerden biri de alanın toprak türüdür (Özşahin, 2013; Adjei-Darko, 2017, Tokgözlü ve Özkan, 2018). Toprağın türü toprağın üzerine düşen yağış sularının sızma kapasitesinin bir göstergesidir. Toprağın türüne göre belirlenen infiltrasyon ve perkolasyon özellikleri sel oluşumlarında önemli bir parametre olan yüzeysel akış üzerinde etkiye sahiptir (Benson, 1964; Görcelioglu, 2003; Adjei-Darko, 2017). Toprak türüne göre toprağın infiltrasyon perkolasyon gibi özellikleri değişiklik göstermektedir. Toprağın bu özellikleri toprak türüne, dış faktörlere ve bazı toprak özelliklerine göre değişir (Tokgözlü ve Özkan, 2018). Geçirgen toprak yapısına sahip yani infiltrasyon, perkolasyon ve su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda su daha fazla toprak içine sızar ve yüzeysel akış azalır. Böylece sel riski ve şiddeti azalmaktadır. Geçirimsiz yüzeyler ise üzerine düşen yağış sularını bünyesine alamaz ve suyun daha fazla yüzeysel akışa geçmesine neden olur (Özcan, 2006; Nijoku vd., 2018; Karymbalis vd., 2021). Bu da alanda yeterli bitki örtüsü de yoksa o alanda daha fazla toprak erozyonunun oluşmasına ve buna bağlı olarak yağışlardan ve kar erimelerinden sonra daha fazla sellerin meydana gelmesine sebep olur (Özcan, 2006; Dölek ve Avcı 2017). Sunkar ve Tonbul 2010 yılında yaptıkları çalışmada sel riskinin yüksek olduğu kısımları doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği dağlık alanların etek kesimlerine karşılık geldiğini ve havzaların aşağı kısımlarında olduğunu belirtmiştir.

Nijoku vd., 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada acrisoller, humuslu nitisoller ve ferralitik nitisoller özelliklerine sahip toprak türünden sadece humuslu kil sel riskine karşı daha az duyarlı olduğunu bildirmiştir. Çünkü infiltrasyon ve perkolasyon kapasitesi diğer topraklara oranla daha iyi durumda olduğunu belirtmiştir. Kumlu topraklar geniş boşluklu yapısı olmasından dolayı yüksek infiltrasyon kapasitesine sahiptir. Bu yüzden kum içeriği yüksek olan topraklar yağış sularını infiltrasyon ve perkolasyon vasıtasıyla bünyelerine alarak toprak içine sızmasını sağlar. Böylece yüzeysel akışı engeller. Kumlu toprak içeriği yüksek olan topraklarda sel risk oluşumuna daha az duyarlıdır. Killi topraklar için ise içerisinde boşluklu yapıları çok dar olduğu için suyu infiltrasyon vasıtasıyla alamaz ve yüzeysel akışa geçmesine neden olarak sellerin oluşumuna katkı sağlar (Özcan, 2006). Bu nedenle sel tehlikesi olan alanların toprağın sızdırma kapasitesi üzerinde etkili olan toprak türü sel olaylarının büyüklüğünü artırabileceği ve genişletebileceği için önemli bir kriterdir. Bu yüzden sel risk haritasında incelenmesi gereken bir parametredir. Ayrıca toprağın organik madde yapısı, toprak neminin yüksek olması gibi olaylarda alanda sel oluşma ihtimalini etkilemektedir.

Toprak, yağışın yüzeysel akışa geçmesini etkileyen en önemli unsurdur. Toprak türü de geçirgenliği ve gözenekliliği ile suyun sızmasını ve havalandırmasını değiştirmektedir. Bu nedenle sel ve taşkın olaylarının artmasında veya azalmasında önemli bir rol oynamaktadır (Tokgözlü ve Özkan, 2018). Söğütlü deresi havzasında toprak türü toprağın geçirgenlik ve gözeneklilik yapısına göre sel risk gruplarına ayrılmıştır. Sunulan tezde toprak türü haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Killi toprak türü alanları çok yüksek riskli (5), killi balçık ve kumlu kil toprak türü alanları yüksek riskli (4), balçık toprakları alanları orta riskli (3), kumlu balçık ve kumlu killi balçık toprak türü alanları düşük riskli (2) ve balçıklı kum toprak türü alanları çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 95). Nijoku vd., 2018 yaptıkları çalışmada toprak türünü iki sınıfa ayırmışlardır. Sel risk açısından daha az riskli olan humuslu killi topraklar düşük risk sınıfında, selde daha fazla risk oluşturan asidik ve ferralitik kil içeriğine sahip topraklar yüksek risk grubunda olduğunu belirtmişlerdir. Dölek ve Avcı 2017 yılında yapmış oldukları çalışmalarında Alüvyal Topraklar, Kolüvyal Topraklar ve Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklara en yüksek sel riski grubunda ve Kireçsiz Kahverengi Topraklar ile Vertisoller en düşük sel risk grubunda belirtmişlerdir. Özşahin (2013) toprak türlerini alüvyal tabanlarda oluşan inceptisol toprakta en yüksek sel riskinde (5), genellikle kaba tekstürlü yapıda bulunan entisol topraklar orta sel risk sınıfında, kireç taşlarının

yaygın olduğu alanlarda oluşan alfisol toprakları ise en düşük sel risk seviyesinde değerlendirmiştir. Hoşgören, (2001) Kil içeriği yönünden zengin olan toprakların geçirimsiz bir yapı gösterdiğini, kum gibi kaba taneli toprakların ise geçirimli bir yapıya sahip olduklarını belirtmiştir.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında toprak türü ile yağış değerleri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Yağışın yüksek bulunduğu alanlarda toprakların kum içeriği artış göstermektedir. Ayrıca yükselti değerleri arttıkça toprakların kum içerikleri de artmıştır. Korelasyon analizi sonucunda da toprak türü ile yükselti değerleri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Eğim değerleri ile toprak türü değerlerimiz arasında da pozitif yönlü ilişki çıkmıştır. Eğim değerlerinin artmasıyla da toprak türlerinin kum içeriğinde artış ve kil, toz oranlarında azalış gözlemlenmiştir. Kum içeriğinin arttığı ve kil, toz içeriğinin azaldığı alanlarda genellikle orman ve mera alanları artış göstermektedir. Dölek ve Avcı 2017 yılında yaptıkları çalışmada eğim değerlerinin yüksek bitki örtüsünün olmadığı geçirimsiz alanlarda sel riskinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan korelasyon analizinde de toprak değerleri ile arazi kullanım değerleri arasında negatif yönlü korelasyon bulunmuştur. Toprak türü değerleri ile sel risk değerleri arasında yapılan korelasyon analizine bakıldığında negatif yönlü ilişki bulunmuştur. Toprak türünün kum içeriğinin arttığı ve kil, toz içeriğinin azaldığı alanlarda sel riski düşük çıkmıştır. Kumlu topraklar gibi gözenekli yapıya sahip topraklar suyu kolayca emer ve daha az yüzeysel akış oluştururlar. Killi toprakların ise infiltrasyon ve perkolasyon kapasitesi düşüktür ve daha fazla yüzeysel akış oluştururlar (Adjei-Darko, 2017). Kumlu toprak içeriği yüksek olan topraklarda sel risk oluşumuna daha az duyarlıdır. Killi topraklar için ise içerisinde boşluklu yapıları çok dar olduğu için suyu infiltrasyon vasıtasıyla alamaz ve yüzeysel akışa geçmesine neden olarak sellerin oluşumuna katkı sağlar (Özcan, 2006; Adjei-Darko, 2017; Karymbalis vd., 2021).

Çalışma alanında sel risk sınıf değerleriyle toprak türü değerleri arasında yapılan varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıflarına göre toprak türü değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. Toprağın kum içeriğinin arttığı toprak türleri en düşük sel risk grubunda, toprağın toz ve kil içeriğinin azaldığı toprak türleri ise orta ve yüksek sel grubunda yer almıştır. Tokgözlü ve Özkan (2018) Aksu Çayı alt havzasında yaptığı çalışmasında Alüviyal, Kestane Rengi, Kırmızı-Kahverengi Akdeniz Toprakları ve Kolüvyal topraklar sel riski açısından en fazla risk barındıran toprak grupları olduğunu belirtmiştir. Yahaya

2008 yılında yapmış olduğu çalışmasında toprak tiplerini risk açısından 4 sınıfa ayırmışlardır. Litosol demirli tropik toprakları en düşük sel risk grubunda, demirli tropik toprakları en yüksek risk grubunda incelemişlerdir.

4.3.1.6. Bakı

Bakı, bir arazi parçasının hangi yöne baktığını gösteren bir terimdir (Çepel, 1995). Arazinin bakısı, o yerin özellikle sıcaklık ve yağış rejimi gibi iklim parametrelerini etkiler (Görcelioglu, 2003). Bakı, güneşten alınan ısı enerjisini değiştirerek bitkilerde transpirasyonu (terleme) ve toprakta evaporasyonu (buharlaşma) etkilemektedir. Böylece ortamda bulunan suyun buharlaşarak kaybolmasına sebep olmaktadır (Görcelioglu, 2003). Ortamdaki sıcaklık, yağış ve buharlaşmanın değişimi ile bitki örtüsünün çeşitliliği, dağılımı ve yoğunluğu etkilenir (Çepel, 1995). Bakı grupları toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de etkilemektedir (Özşahin, 2013; Dindaroğlu ve Canpolat, 2017). Toprak nemi bakı durumuna göre farklılık göstermektedir.

Ülkemizde genel olarak gölgeli bakılarda (kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı, ve doğu) toprak nemi güneşli bakılara (güneydoğu, güney, güneybatı, batı) oranla daha nemlidir. Gölgeli bakılar daha serin, güneşli bakılar ise daha sıcaktır. Gölgeli bakılarda bitki örtüsü daha fazla gelişmektedir. Aynı zamanda gölgeli bakılarda vejetasyon süresi daha uzundur (Çepel, 1995). Gölgeli bakılarda bitki örtüsü yoğunluğu daha fazla olduğu için güneşli bakılara oranla erozyon ve sel oluşturma ihtimali daha düşüktür. Bu bakılarda toprakta organik madde içeriği yüksek ve kırıntılılık fazladır. Bu alanların infiltrasyon, perkolasyon ve su tutma kapasitesi daha yüksektir. Toprak yüzeyine gelen yağış suları toprak tarafından tutularak yeraltı akışı oluşturur ve suyun yüzeysel akışa geçmesine engel olur (Özşahin, 2013). Böylelikle toprak hem erozyondan korunur hem de sel oluşma ihtimali düşer (Çepel, 1996; Dindaroğlu ve Canpolat, 2017). Ayrıca bu alanlarda bitki örtüsünün fazla olmasından dolayı yüzeye gelen yağış suları intersepsiyon vasıtasıyla tutulur. Toprak yüzeyine daha az miktarda yağış suyu gelmesini sağlar. Ayrıca toprak yüzeyini karşı yağmur damlalarının toprağı parçalayıcı etkisine karşı mekanik etki göstererek toprağı erozyona maruz kalmasını engeller. Böylece derelere daha az miktarda toprak parçası taşınır ve su kalitesi korunmasını sağlamış olur. Bu nedenle bir havzada sel risk haritasının oluşturulmasında incelenmesi gereken önemli parametrelerden bir tanesidir (Özşahin, 2013).

Söğütlü havzasında gölgeli ve güneşli bakılar mevcuttur. Havzada 157.9 km²'lik alan gölgeli bakılardan, 116.27 km²'lik alan güneşli bakılardan ve 0.62 km²'lik alan ise düz alanlardan oluşmaktadır (Şekil 8). Söğütlü havzasının çoğunluğunun gölgeli bakılardan oluştuğu görülmektedir.

Doğu Karadeniz bölgesinde kuzeye bakan yamaçlar daha fazla yağış alır (Çepel, 1995). Bu nedenle bitki örtüsü bakımından gür ormanlık alanlar ile kaplıdır. Bu alanlarda toprak özelliklerinin organik maddesi yüksek, kırıntılılığı, gözenekliliği iyi derecede, infiltrasyon ve perkolasyon kapasiteleri yüksektir. Bu nedenle yüzeye düşen yağış toprak içine sızmakta ve yüzeysel akışa çok az miktarı geçmektedir. Güneye bakan yamaçlarda ise durum tam tersidir. Bu nedenle sunulan tezde bakı haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Güney bakılar çok yüksek riskli (5), güneydoğu ve güneybatı bakılar yüksek riskli (4), batı bakılar orta riskli (3), kuzey doğu, doğu ve kuzeybatı bakılar düşük riskli (2) ve kuzey bakılar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 96). Kuru ve Terzi 2018 yılında yaptıkları çalışmada güney (5), güneydoğu (4) ve güneybatı (4) grubunu sel riski açısından yüksek risk grubunda, doğu ve batı bakıları orta risk grubunda, kuzeydoğu (2), kuzeybatı (2) ve kuzey (1) bakıları düşük risk grubunda ele almışlardır. Oğuz vd., 2016 yılında yapmış olduğu çalışmalarında kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı bakıları yüksek risk grubunda, güney, güneydoğu ve güneybatı bakıları orta risk grubunda, doğu ve batı bakıları düşük risk grubunda incelemişlerdir. Kuzeye bakan yamaçların taşkın riski açısından daha riskli olacağını belirtmişlerdir. Moazzam vd., 2018 yılında yaptıkları çalışmada en fazla sel olaylarının düz (sıklık oranı:1.30), kuzey (sıklık oranı:1.45), kuzeydoğu (sıklık oranı:1.24) ve güney (sıklık oranı:1.18) bakılarda bulmuşlardır. Özşahin (2013) Arnavutluk'ta yaptığı çalışmasında bakının taşkın üzerinde önemli bir parametre olduğunu belirtmiştir. Düz, kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı bakıları yüksek sel riski grubunda, doğu, batı, güney, güneybatı ve güneydoğu bakıları düşük risk grubunda değerlendirmiştir. Dölek ve Avcı 2017 yılında Muş ilinde yapmış olduğu çalışmada kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı yüksek sel riski sınıfında, batı, doğu ve güney bakıları orta sel risk sınıfında, düz bakıları ise düşük sel risk grubunda değerlendirmiştir. Ayrıca bitki örtüsü yönünden zayıf alanların daha fazla risk oluşturduğunu belirtmiştir.

Bir havzada yağışın fazla olduğu alanlar genellikle sel riskine karşı duyarlı alanlardır. Doğu Karadeniz bölgesinde kuzeye bakan yamaçlar daha fazla yağış almaktadır. Fakat bu alanlarda bitki örtüsü ile kaplıdır. Toprak özellikleri sel riskine daha az duyarlıdır.

Bu nedenle bu alanlarda sel riski düşük olmaktadır. Güneye bakan yamaçlar ise bitki örtüsü bakımından zayıf olduğu için yağış miktarı az olsa bile toprak içine sızamadığından dolayı yüksek miktarı yüzeysel akışa geçecek ve sel riskine daha fazla duyarlı olacaktır (Özşahin, 2013).

4.3.1.7. Derelere Uzaklık

Bir su toplama havzasında bulunan ana dere ve yan kolları havzanın drenaj ağını meydana getirmektedir (Özer, 2008; Osei vd., 2021). Havza üzerine düşen yağıştan yüzeysel akışa geçen sular bu drenaj ağına toplanarak havzanın çıkışından havzayı terk etmektedir. Genel olarak bir havzada bulunan dereler ne kadar çok ise havza içerisine düşen yağış suları alana zarar vermeden çıkışa ulaştırılabilir (Görcelioğlu, 2003). Bu nedenle havzanın drenaj ağı karakteri sel riski açısından önem arz etmektedir. Bir yağış havzasında akarsuların dere yatağına sığmayıp yatak dışına çıkmasıyla sel olaylarının başlamasında önemli bir faktördür (Nijoku vd., 2018; Karymbalis vd., 2021). Nehirlerde su baskını önce suyun dere yatağına sığmayıp taşması ve çevreye doğru yayılmasıyla meydana gelir. Bir alanda çok kısa sürede şiddetli yağışların meydana gelmesinden sonra derelerde debi seviyesi aniden artar. Nehirde hızlı bir yükselmeye neden olarak suların dere yatağından taşmasına ve çevreyi sular altında bırakmasına neden olur. Dere yatağına yakınlık, nehir kıyısında bir sel olayı yaşama olasılığını büyük ölçüde artırır (Predick ve Turner'a, 2007). Sel riski alanları dere kenarlarının olduğu alanlarda çok yüksektir. Derelerden uzaklaştıkça sel riski azalmaktadır. Nehirlerin yakınında bulunan bölgeler sık sık sel suların altında kalmasına maruz kalır (Pham vd., 2020). Bu nedenle sel risk analizlerinde derelerden uzaklık parametresi incelenmesi gereken önemli faktörlerden bir tanesidir (Nijoku vd., 2018; Karymbalis vd., 2021). Tokgözlü ve Özkan, 2018 akarsuya 10, 50, 100 ve 200 m. yakınlıkta olan alanların selin etkisini gösterebileceği mesafeler olduğunu belirtmişlerdir.

Sel risk haritasının oluşturulmasında derelere göre mesafenin belirlenmesi, nehirden nehre, havza büyüklüğü, topoğrafik yapı gibi etkenlerden dolayı değişiklik göstermektedir (Karymbalis vd., 2021). Söğütlü deresi havzasında derelere uzaklık haritası arcGIS ortamında raster veri formatında 5 sınıfa ayrılmıştır. Söğütlü deresi boyunca sel risk açısından dere uzaklıkları benzer çalışmalarda kullanılan mesafelere bakılarak, havza büyüklüğü, şekli, topoğrafik yapısı, insanların havzada yerleşimleri, derelerin boyutları ve

konumları dikkate alınarak Söğütlü Deresi Havzası özelliklerine göre düzenlenmiştir (Karymbalis vd., 2021). Uzaklığın 0-75 m olduğu alanlar çok yüksek riskli (5), 75-125 m arasında olduğu alanlar yüksek riskli (4), 125-175 m olduğu alanlar orta riskli (3), 175-225 m olduğu alanlar düşük riskli (2) ve 225 m'den yüksek olduğu alanlar çok düşük riskli (1) olarak belirlenmiştir (Şekil 97). Nijoku vd., 2018 sel riskinin belirlenmesinde dereden uzaklık aralıklarını 1000 m aralıklar ile tamponlanmıştır. İlk 500 ve 1000m arasına sel risk açısından en yüksek değeri yani 7 değerini, daha sonraki 1000m aralıklarda ise sel risk değerleri azalmaya başlamıştır. En uzak tampona ise 1 değerini vermişlerdir. Bu değerlerin verilmesinin en önemli nedeninin ise debisi yüksek akarsuların hacimlerinin yüksek boyutlu olmasına ve sel olayı sırasında daha büyük bir alana yayılmasından dolayı yüksek sel riski taşımamasından kaynaklanmakta olduğunu belirtmiştir (Nijoku vd., 2018). Osei vd., 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada dere kenarlarında 1km'lik mesafeyi sel risk açısından yüksek düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Tampon olmayan kısımda ise sel olayına maruz kalmaya yatkın olduğunu da çalışmalarında vurgulamışlardır. Karymbalis vd., 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada drenaj ağının üçüncü sınıf dereler için 10, 20, 30, 40 ve >40 m, dördüncü sınıf dereler için 15, 30, 45, 50 ve >50 m, beşinci sınıf dereler için 20, 40, 60, 80 ve >80 m, altıncı sınıf dereler için 25, 50, 70, 100 ve >100 m mesafede tampon bölgeler dikkate almışlardır. Mesafe ne kadar kısaysa, sel riskinin o kadar yüksek ve mesafe ne kadar uzun olursa sel riskinin o kadar düşük olduğunu belirtmişlerdir. Sunulan tezde sel risk haritasına bakıldığında sel riskinin havzanın orta kısmından başlayarak havzanın mansap kısmına doğru gidildikçe dere kenarlarından sel riskinin çok yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle bu alanlar yerleşim yerlerini, tarım alanlarının ve şehirlerin hakim olduğu alanları kapsamaktadır.

4.3.2. Söğütlü Deresi Havzası Sel Risk Haritası

Sel, genellikle şiddetli yağışlardan sonra ani olarak yan derelerden gelen ve içerisinde yüksek miktarda katı materyal taşıyan büyük su kütlelerine denilmektedir (Görcelioğlu, 2003). Sel, dünyada sıklıkla meydana gelen en yaygın doğal afetlerden biridir (Dilley, 2005; Oğuz vd., 2016; Nijoku vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019). Sel olaylarıyla birlikte doğaya ve insanlara geri dönüşü olmayan zararlar verilmektedir. Sellerin doğal afet şekliyle yaşanmasıyla çok sayıda can ve mal kaybına neden olmaktadır (Papaioannou vd., 2015). Son zamanlarda dünyada iklim değişiminin yaşanmasıyla birlikte

sıcaklık ve yağış artışları yaşanmış ve bu da sellerin yıkıcı etkisini arttırmıştır (Nijoku vd., 2018). Küresel ısınmayla birlikte yağış miktarının artmasıyla havzaya ani olarak daha fazla yağış düşmesi, sıcaklıkların artmasıyla karların ve buzulların erimesi ile debi seviyesinin yükselmesi, drenaj ağlarının yetersiz kalması, hızlı kentleşme, barajlarda yaşanan arızalar, yanlış arazi kullanımı gibi faaliyetler sellerin oluşumunu daha da kolaylaştırmaktadır (Nijoku vd., 2018, Moazzam vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019; Ahmad vd., 2020). Şiddetli sağanak yağışlarda toprak yüzeyine gelen su toprağın infiltrasyon kapasitesini aştıktan sonra toprak içine sızamayıp hızlı bir şekilde yüzeysel akışa geçer (Zhang ve Chen, 2019). Yüzeysel akışa geçen su eğim aşağısında ve yükseltinin azaldığı kısımlara doğru hareket ederek bünyesine toprak agregatları gibi katı materyalleri de alarak derelerde birleşerek dere yatağında suların birikmesine sebep olur. Ayrıca dere içerisine sediment taşıyarak dere yataklarını doldurarak dere yatağının daralmasına sebep olur. Bu nedenle hem dere yatakları küçülür hem de suyun debisinin artmasıyla su dere yatağına sığamaz ve sel olaylarını meydana getirir. Adjei-Darko, 2017 yılında yapmış olduğu çalışmada alanda yeterli drenaj sisteminin olmadığını, mevcut drenaj sistemlerinin ise genellikle çöp birikmesi ve bakım eksikliğinden kaynaklanan bir toz birikimi ile tıkanmış yetersiz boyutlu menfezlerin olduğunu ve bunun da sel riskini arttıracaklarını belirtmiştir.

Ülkemizde sel olaylarının en fazla yaşandığı bölge Karadeniz Bölgesi'dir. Karadeniz bölgesinde en fazla sel olayları mayıs, haziran ve temmuz aylarında meydana gelmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi Karadeniz'den gelen nemli hava kütlelerinin dağların yamaçlarına çarparak orografik yağışları oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Bu yağışlar genellikle kısa süreli ve şiddetli yağışlardır. Bu tip yağışlar özellikle Doğu Karadeniz bölümünde sel riskini arttırmaktadır (Özcan, 2006). Moazzam vd., 2018 yılında Pakistan'da muson yağışlarının yaz aylarında meydana gelen sellerin başlıca nedeni olduğunu belirtmiştir. Bunun yoğun ve uzun süreli şiddetli yağışın sebep olduğunu bildirmiştir. Zhang ve Chen 2019 yılında yaptığı çalışmada Çin'in kıyı bölgelerinde sellere ve taşkınlara yüksek yoğunluktaki yağmurların neden olduğunu belirtmiştir. Doğu Karadeniz bölgesinin toprak yapısı genellikle killi yapıdadır. Bu yapıdaki toprakların infiltrasyon ve perkolasyon kapasitesi düşük olmaktadır. Üzerine düşen yağış suları toprak içine sızamayıp yüzeysel akışa geçer ve derelerde birleşerek sel oluşma ihtimalini artırır. Ayrıca Doğu Karadeniz bölgesi eğimi yüksek ve dalgalı arazi yapısına sahip olması, baharda yaşanan ani kar erimeleri ve orman ve mera alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi, tarım alanlarının kentsel alanlara dönüşümü de bu alanlarda sel oluşma

ihtimalini arttırmaktadır. Hızlı kentleşme ile arazi kullanım değişiklikleri, yollar ve evler gibi geçirimsiz alanlarda artışlara ve kentsel doğal bitki örtüsü ve nehir ağlarında azalmalara neden olmaktadır. Kentleşme süreci, kentsel drenaj kapasitesinde bir düşüşe yol açar. Kentleşme ile geçirimsiz yüzeyler artarak buralara düşen yağış suları toprak içine sızamaz ve direk yüzeysel akışa giderek çok fazla su kütlelerin oluşmasına sebep olur. Yoğun yağışlardan sonra, toprak tabakasının infirasyonu ve perkolasyonu azalırken konsantrasyon süresi kısalarak yüzeysel akış artar (Zhang ve Chen, 2019). Aynı anda aynı dereye gelen su nehir yatağına sığmayarak selleri meydana getirir. Bu da çevreye, insan yaşamına ve ekonomiye geri dönüşü olmayan ağır zararlar verir (Moazzam vd., 2018; Zhang ve Chen, 2019). Ayrıca bahar aylarında hızla eriyen karın yüzeysel akışa geçerek dere yataklarında ani debi yükselmeleriyle de sel olayları meydana gelmektedir (Görcelioğlu, 2003). Bu da bu alanların sel risk açısından yüksek olmasına neden olur (Özcan, 2006, Adjei-Darko, 2017; Nijoku vd., 2018). Karymbalis vd., 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada sel riskinin yüksek çıktığı alanların yoğun ve kentsel alanlar ile tarımsal faaliyetlerin olduğu kısımları kapsadığını belirtmiştir. Adjei-Darko, (2017) yerleşim yerlerinin artmasıyla nedeniyle geçirimsiz yüzeylerin arttığını bunun da yağmur suyu akışında artışa neden olduğunu belirtmiştir. Binaların doğal akarsu yollarını engellemesi ile menfez ve kanalların yetersiz kalarak sel riskini arttırdığını belirtmiştir. Nijoku vd., 2018 yılında yaptığı çalışmada, seller çoğunlukla alçak, dalgalı arazilerde ve su kütlelerine sahip bir alanda meydana geldiğini, insanların da alçak topraklar, özellikle nehre daha yakın bu bölgelere yerleşme eğiliminde olduğunu belirtmiştir. Sel riskinin yüksek ve çok yüksek bölgelerin yerleşik arazi kullanım alanlarını gösterdiğini vurgulamıştır.

Bir havzaya ait sel olaylarının meydana gelmesini önlemek, gerekli tedbirlerin alınarak can ve mal kaybını en aza indirmek için havzaya ait sel risk haritasının yapılup önceden bu alanların tahmin edilip ona göre önlemlerin alınması gerekmektedir (Zhang ve Chen, 2019). Son zamanlarda sele maruz kalan alanı haritalamak ve gelecekteki yaşanacak sel zararlarını azaltmak için sel risk haritasının oluşturulmasında CBS teknikleri kullanılmaktadır (Moazzam vd., 2018). Sunulan tezde eğim, baki, yükselti, arazi kullanım, nehirden uzaklık, yağış ve toprak türü parametreleri kullanılarak arcGIS ortamında sel risk haritası oluşturulmuştur (Aslan vd., 2004; Zhang ve Chen, 2019). Sel risk haritasına bakıldığında Söğütlü deresi havzasında düşük riskli (2), orta riskli (3), yüksek riskli (4) ve çok yüksek riskli (5) olmak üzere 4 risk sınıfı bulunmuştur. Düşük riskli alanlar 18327.76

ha, orta riskli alanlar 8048.73 ha ve yüksek riskli alanlar 1102.34 ha ve çok yüksek riskli alanlar 2.07 ha alanı kaplamaktadır. Moazzam vd., 2018 yılında yaptığı çalışmasında sel risk bölgelerinin belirlemek için yükseklik, eğim, bakı, derelere yakınlık ve arazi kullanımı/arazi örtüsü gibi parametreleri kullanmıştır. Sel duyarlılık değerleri çok düşük riskli (% 27.64), düşük riskli (% 39.88), orta riskli (% 22.25), yüksek riskli (% 7.78), çok yüksek riskli (% 2.46) olmak üzere beş sınıfa ayırmıştır. Zhang ve Chen (2019) sel risk sınıfları çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük şeklinde 5 risk bölgesine ayırmışlardır. Çok düşük riskli alanların dağlık bölgelerde yer aldığını, çok yüksek ve yüksek riskli alanların deltalar, nehir ağları boyunca ve kıyı bölgelerinde dağıldığını belirtmiştir. Selin dağlık bölgelerde olmamasının sebebini yağışın bu alanlara gelmeden önce alana dağıldığını bildirmişlerdir. Yapılan analizlerde AHP yöntemine göre sıralamada dereye uzaklık, arazi kullanım ve yağış ilk parametreleri oluşturmakta ve sonra diğerleri gelmektedir. Zhang ve Chen (2019) yılında yaptığı çalışmada AHP'ye dayalı büyük ağırlıkların ilk sıranın yağış, arazi kullanım ve nehir ağlarının oluştuğunu belirtmiştir. Nijoku vd., 2018 yılında yapmış olduğu çalışmasında sel riski haritasını çok düşük riskten düşük riskli, orta riskli, yüksek riskli ve çok yüksek riskli bölgelere kadar 5 bölgeye ayırmıştır. Çok düşük riskli ve düşük riskli bölgeler sel meydana gelme olasılığının yaklaşık sıfır olduğu yerler, orta riskli bölgede sellerin yağmur mevsimi boyunca yakındaki bir barajdan aşırı suyun boşaltılması gibi aşırı antropojenik olaylar ile meydana geldiğini belirtmiştir. Yüksek ve çok yüksek riskli alanların ise sadece mevsimsel ve ara sıra yağın yoğun yağış nedeniyle sellerin meydana gelebileceği alanları ifade ettiğini bildirmiştir. Osei vd., 2021 yılında yapmış olduğu çalışmasında sel risk bölgelerini çok yüksek, yüksek, orta ve düşük olacak şekilde 4 sınıfa ayırmıştır. Çalışma alanının yaklaşık %42.59'unun sele karşı oldukça eğilimli olduğunu belirtmiştir. Sel riskinin yüksek olduğu yerlerin nehirlerle, akarsulara, göllerin bulunduğu alanların ve kimyasal gübre kullanımı yüksek olan tarım arazilerinden oluştuğunu belirtmiştir. Sellerin vereceği zararı azaltmak için bu alanlarda artan yerleşim yerlerinin, tarımsal amaçlı ormansızlaşmanın ve dere, nehirlerle yakın yerlerde yapılaşmalardan kaçınılması gerektiğini vurgulamıştır.

Sunulan tez de yapılan sonuçlarda da en fazla sel riskinin olduğu yerler bitki örtüsü açısından zayıf yerleşim ve tarım alanlarının olduğu havzanın mansap ve orta kısımlarında çıkmıştır. Bu alanlarda yüksek sel duyarlılığına sahip yerler havzanın mansap kısmında ana dere üzerinde, orta kısmının kuzeybatı kısmının yan derelerinde ve havza boyunca ana dere üzerinde nehrin kıyılarında ve dere çevresinde olduğu gözlemlenmiştir (Moazzam vd.,

2018). Ayrıca bitki örtüsünden zayıf olan doğal mera alanlarının bazı yerlerinde de sel riski yüksek bulunmuştur. Söğütlü deresi havzasının yarısına yakını yoğun ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Ormanlık bölgeler havzanın orta kısmından başlayarak yükseltinin artmasıyla havzanın memba kısmına doğru uzanmaktadır. Havzada bulunan yerleşim yerleri genellikle havzanın mansap ve orta kısmında su kütlelerine yakın alanlarda kurulmuştur (Nijoku vd., 2018). Özellikle havzanın mansap kısmında bulunan kentsel alan sel risk değeri açısından 4. sınıfta bulunmaktadır. Zhang ve Chen (2019) sellerin meydana geldiği alanların yükseltisinin ve eğiminin daha düşük, nehir ağının dağılımının yoğun ve yağış sıklıklarının yüksek olduğu bölgelerde meydana geldiğini belirtmiştir.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında sel risk değerleri ile yağış, eğim, yükselti, toprak türü değerleri arasında negatif yönlü korelasyon bulunmuştur. Yağışın, eğimin, yükseltinin yüksek olduğu alanlarda sel riski düşük çıkmıştır. Alanda sel risk sınıf değerleriyle sel risk parametrelerini oluşturan parametrelerden yağış değerleri hariç hepsi arasında yapılan varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Moazzam vd., 2018 yılında yaptığı çalışmada en fazla sel olaylarının 274-317m yükselti aralığında olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanının yüksek rakımlarda daha fazla sel meydana gelmeyeceğini belirtmiştir. Karymbalis vd., 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada sel riskinin yüksek olduğu alanların eğimin düşük olduğu kısımlarda bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca sel riskin düşük çıktığı alanların dağlık alanları kapladığını bildirmiştir. Oğuz vd., 2016 yılında yapmış olduğu çalışmalarında taşkın riskinin yağışın fazla, eğimin düşük ve tarım alanlarının yaygın olduğu alanlarda yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Sunulan tezde de yağışın yüksek olduğu alanlar bitki örtüsü açısından gür ormanlık alanlar, çayırılık ve mera alanlar ile kaplıdır. Bu yüzden yağışın yüksek çıktığı alanlar sel riski bakımından düşük çıkmıştır. Toprak türü açısından toprakta kum içeriğinin arttığı alanlarda sel risk değerleri düşük çıkmıştır (Adjei-Darko, 2017; Nijoku vd., 2018 ; Karymbalis vd., 2021). Ayrıca arazi kullanım durumlarına bakıldığında yağışın, eğimin, yükselti değerlerinin yüksek bulunduğu alanların yoğun ormanlık alanlar ile mera alanlarıyla kaplı olduğu görülmektedir. Arazi yüzeyinin bitki örtüsüyle kaplı olması sel olaylarının oluşmasını engellemiş olabilir (Dölek ve Avcı 2017). Çünkü arazi kullanımı doğrudan intersepsiyon, infiltrasyon, perkolasyon ve evapotranspirasyon gibi hidrolojik yüzeysel akışı etkileyen arazi yüzeyi özellikleri ile ilişkilidir. Bir havzadaki insanların arazi kullanımları arazi yüzeyindeki hidrolojik döngü gibi toprağın su tutması üzerinde etkisi olan kimyasal ve biyolojik özelliklerini doğrudan etkiler (Jung vd., 2008). Ormanlık alanların tarım

alanlarına dönüştürülmesiyle yağış sularının yüksek miktarı yüzeysel akışa geçerek sel olaylarının artmasına sebep olmaktadır.

Söğütlü deresi havzasında oluşturulan sel risk haritasına göre havzanın mansap ve orta kısmında ana dere boyunca sel riskinin yüksek olduğu görülmektedir. Havzanın kuzey kısmında yan derelerin olduğu kısımda da sel riskinin yüksek bulunmuştur. Bu alanların arazi kullanım durumuna bakıldığında bu alanların tarım alanlarından ve yerleşim yerlerinden oluştuğu görülmektedir. Membra kısmına doğru gidildikçe de tarım alanlarının olduğu dere kenarına yakın kısımlarda sel riski yüksek çıkmıştır (Karymbalis vd., 2021). Aynı zamanda sel riskinin en yüksek olduğu kısım ise havzanın mansap kısmında bulunan çıkış noktasındaki Söğütlü yerleşim yerinin olduğu nehir ağzının bulunduğu alanları kapsamaktadır. Dağlık ve ormanlık alanların olduğu kısımlarda ise sel riski düşük çıkmıştır (Dölek ve Avcı 2017). Sel risk haritasına göre drenaj ağının ana kollarının bulunduğu kısımda kentsel alanların sele daha yatkın olduğunu görülmektedir. Havzanın bu bölümleri bitki örtüsünden yoksun, yükseltisi düşük, hafif eğimli ve yoğun nüfuslu yerlerdir. Bu alanlarda aşırı yağışın meydana gelmesiyle kentleşmeden ve bitki örtüsü yoksunluğundan kaynaklı yağmur suyu toprak içerisine sızamaz ve direk yüzeysel akışa geçerek sel olaylarını meydana getirir (Karymbalis vd., 2021). Zhang ve Chen, 2019 yılında yaptığı çalışmada sel riskinin tarım alanlarında, kıyı ve nehirler boyunca olduğunu belirtmiştir. Moazzam vd. (2018) analiz sonuçlarında sellerin nehirlerin kıyısına yakın yerlerde çok nadir uzak yerlerde olduğunu bildirmiştir. En fazla selin yaşandığı alanların çalı, mera ve su kütlelerin olduğu kısımlarda yaşandığını vurgulamıştır. Sonuçların doğrulanması için ArcGIS zonal istatistik tool kullanılmıştır. Genel anlamda değerlendirildiğinde Söğütlü Havzasında sel riskinin yüksek çıktığı alanların tarım alanları, yollar ve yerleşim alanları gibi antropojenik faaliyetlerin etkili olduğu kısımlarda meydana geldiği görülmektedir (Nijoku vd., 2018).

4.4. Söğütlü Deresi Havzası Toprak Erozyonu, Su Kalitesi ve Sel İlişkisi

Hızlı nüfus artışı dünyada ve ülkemizde doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı her geçen gün artırmaktadır. Doğal bir süreç olan toprak erozyonu doğal kaynaklar üzerindeki artan tarım, sanayileşme gibi insan faaliyetleriyle iklim, toprak ve bitki örtüsü arasındaki doğal dengenin bozulması sonucunda ülkemizde tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Balcı, 1996; Çepel, 1996). Bu etmenlerden dolayı ekosistemler arasında doğal denge bozulmuş ve

meydana gelen erozyon normal erozyon oranından çok daha yüksek bir oranda ortaya çıkmaya başlamıştır (Kijowska - Strugala vd., 2017). Ülkemizde toprakların %86'sı su erozyonundan az veya çok etkilenmiştir. Hızlandırılmış su erozyonu Türkiye'de yaygın bir problemdir ve özellikle bitki örtüsünün iyice zayıf olduğu kurak bölgelerde ve eğimin fazla olduğu yerlerde şiddetlidir.

Bir alanda toprak erozyonu meydana gelmesiyle arazi yapısı bozulur (Prasannakumar vd., 2011). Toprağın organik maddece zengin ve verimli üst katmanı erozyonla derelere taşınarak su kalitesinin bozulmasına neden olur. Toprak agregatlarının su kalitesi üzerinde yapacağı iki türlü etkiden söz edebiliriz. Bunlardan ilki toprak agregatlarının fiziksel olarak meydana getirdiği kirlilik etmenidir. Bu parçaların deredeki suya taşınmasıyla derelerde bulanıklık ve askıda katı madde miktarı artar. Deredeki ışık geçirgenliğini azaltır, balıkların ve diğer sucul organizmaların yaşam alanlarını kısıtlar. Derenin morfolojisine zarar verir. Böylelikle su kalitesinin bozulmasına sebep olur (Topaldemir, 2021). Toprak erozyonunun su kalitesi üzerinde meydana getirdiği diğer bir etkisi ise toprak agregatları bünyelerinde karbon, fosfor, azot gibi besin elementlerini taşırlar (Sthiannopkao vd., 2006; Owens ve Walling 2001). Parçacıkların suya taşınmasıyla sularda daha fazla besin miktarının artmasına sebep olur. Bunun sonucunda nehirlerde, göllerde, denizlerde su kalitesini bozarak ötrofikasyon olayını meydana getirir (Sthiannopkao vd., 2006; Owens ve Walling 2001; Karamage vd., 2016). Quilbe vd., 2006 yılında yapmış olduğu çalışmada tarımsal faaliyetler ile toprak erozyonunun arttığını, gübrelenmiş tarım arazilerinden yüzeysel akış ve erozyon yoluyla taşınan azot ve fosforun taşındığını bunun da ötrofikasyonu hızlandığını belirtmiştir. Lambert ve Walling (1988), dere yatağından aldıkları ve askıda katı madde içerisinde N, Cr ve C' nun yüksek olduğunu, Zn ve Cu içeriğinin az olduğunu, Pb ve toplam P içeriğinin hemen hemen aynı olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Su içerisinde ötrofikasyonun artmasıyla birlikte sucul canlılar için önemli olan çözülmüş oksijen miktarı azalır, biyolojik oksijen ihtiyacı ve su sıcaklığı artar, ortamda istenmeyen mavi yeşil algler çoğalarak sucul ekosistem zarar görür (Owens ve Walling, 2001).

Toprak erozyonunun oluşması aynı zamanda alanda sel olaylarının meydana gelmesine yol açabilir. Arazide toprak yapısının bozulmasıyla toprak yüzeyi bitki örtüsü açısından zayıflar, verimlilik düşer (Prasannakumar vd., 2011). Erozyonla birlikte toprağın verimli olan, su kapasitesi, infiltrasyon ve perkolasyon kapasitesi yüksek üst tabaka erozyonla nehirlerle taşınır. Geriye verimsiz su kapasitesi düşük toprak yapısı kalır (Welde

ve Gebremariam, 2017; Koralay vd., 2018). Bu alanlara yağmur suyu düştüğü zaman toprak tarafından tutulamaz doğrudan yüzeysel akışa geçer. Yüzeysel akışın artmasıyla derelerdeki su miktarı artar ve su dere yatağına sığamaz. Ayrıca yüzeysel akış bünyesine aldığı toprak agregatları dere yataklarının dolmasına sebep olur. Böylece dere yatağına sığmayan su taşarak selleri ve taşkınları oluşturur. Sel sularıyla birlikte toprak erozyonu artacağı için daha fazla besin derelere ulaşacaktır. Topaldemir (2021) sel sularının suda nitrat miktarını artıracaklarını belirtmiştir. Selin getirdiği materyaller, yüzey akışları vb. sulak alanda azotlu bileşiklerin miktarını arttırdığını rapor etmişlerdir. Demirak vd. (2012) sellerin, çiftçilik ve kum ocağı faaliyetlerinin dereler üzerinde yüksek miktarda bulanıklığa sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Ahn vd., 2008 yılında yaptıkları çalışmada sularda askıda katı madde ve besin miktarının artmasıyla Takkobu gölünde habitat bozulmasına sebep olduğunu belirtmiştir. Sel olaylarında derelere daha fazla askıda katı madde miktarı ve besin yüklendiğini belirtmiştir. Ormanlık alanların daha fazla olduğu havzada daha az besin içeriği gözlemlenmiştir. Tarım alanların yüksek olduğu havzada ise sudaki besin içeriği ve askıda katı madde miktarı artmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesinin yıllık yağış ortalaması 1009.19 mm civarındadır. Bu değer Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde bulunmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesi ve Trabzon yöresi fazla yağış alması, eğimli dağlık yapıya sahip olmasından dolayı özellikle bitki örtüsünden yoksun alanlarda çok fazla erozyon, sel, heyelan ve taşkın gibi doğal afetler yaşanmaktadır (Gürgen, 2004; Kankal ve Akçay, 2019). Arazi kullanım faaliyetleri, yağış ve dik topografya gibi doğal faktörlerle birlikte toprak erozyon miktarları artmaktadır (Karamage vd., 2016). Doğu Karadeniz bölgesi de arazileri yüksek eğimli yapıda olması, vadi yamaçlarında ve dere yataklarındaki plansız yapılaşma, yetersiz altyapı çalışmaları ve hatalı tarımsal uygulamalar ile bu alanlarda toprak erozyonu artar, su kalitesi bozulur, taşkın, sel ve heyelan şeklindeki afetler yaşanarak çok büyük can ve mal kaybına sebep olur. Zhang ve Chen (2019) sellerin tarım alanlarının ve evlerin su basmasına, ayrıca kentsel su basmasına ve mal kayıplarına neden olabileceğini belirtmiştir. Bu yüzden doğu Karadeniz bölgesinin can ve mal kaybını azaltmak için gerekli ve yeterli önlemlerin alınması için alanın erozyon ve sel risk haritasının çıkarılması ve bunun su kalitesi üzerine nasıl bir etkisinin olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.

Sunulan tezde erozyon ve sel risk haritalarına bakıldığında özellikle havzanın mansap kısmında tarım alanlarının, yerleşim yerlerinin ve geçirimsiz yüzeylerin bulunduğu alanlarda haritalar arasında benzerlik oluşturmaktadır. Havzaya bakıldığında orman ve

mera alanlarıyla kaplı alanlarda hem erozyon riski hem de sel riski düşük çıkmıştır. Ayrıca bu alanlardaki su kalite özellikleri de tarım alanlarının yoğun olduğu kısımlara göre yüksek kalitede bulunmuştur.

Yapılan istatistik analizlere bakıldığında sel risk değerleriyle erozyon risk değerleri arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Sel riskinin artmasıyla ortamdan kaybolan toprak miktarı da artış göstermektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda sel risk değerleriyle toprak kaybı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Söğütlü Deresi Havzasında sel risk sınıfına göre toprak kaybı değerlerinde duncan testinde 2 farklı grup oluşmuştur. Düşük erozyon değerleri düşük ve orta riskli sel risk sınıfında yer almıştır. Yüksek erozyon değerleri ise yüksek riskli sel sınıfında yer almıştır (Tablo 85).Erozyon, su kalitesi ve sel ilişkisine bakıldığında havzanın memba kısmından mansap kısmına gidildikçe su kalitesi değerleri kötüleşmektedir. Bir havzada su kalitesini havzanın arazi kullanım durumu, jeolojisi, toprak özellikleri, toprak erozyonu, havzada meydana gelen seller etkileyebilmektedir (Johnson vd., 1997; Özcan, 2006, Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007). Su kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden birisi de toprak erozyonudur (Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007). Issaka ve Ashraf (2017), toprak erozyonunun çalışmalarında suyun kalitesini olumsuz yönde etkilediğini ve havza planlamasında sediment kontrolü ile planlamaların yapılmasını vurgulamışlardır. Mir vd. (2015) Malezya’da yaptığı çalışmada kentleşme ve tarımsal faaliyetlerin çevreye duyarlı alanları tahrip ettiğini, toprak erozyonunu hızlandığını, su kirliliğine neden olduğunu ve dere yatakların sedimentle dolmasıyla sel ve taşkınlarla neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca toprak erozyonunun su kalitesini düşürdüğünü, azot ve fosfor nedeniyle barajların ve kanalların ötrofikasyona maruz kaldığını belirtmiştir. Fayas vd. (2019) Kelani nehri havzasındaki toprak erozyonunun, milyonlarca insanın içme suyu kalitesini kötüleştirdiğini belirtmiştir. Özellikle sunulan tezde toprakların taşınmasından kaynaklı sediment ve askıda katı madde miktarı artış göstermiştir. Bu da deredeki suda bulanıklığı artırır, ışık geçirgenliğini azaltır ve istenmeyen mavi yeşil alglerin ortamda artmasına sebep olur (Tessier, 1992; Chang, 2003). Dereye sediment içeriğinin artması, balık ve omurgasızların yoğunluğunu azaltır (Koralay vd., 2018). Böylece sucul organizmalar bundan olumsuz etkilenerek dere morfolojisinin değişmesine sebep olur. Bir alanda sel olaylarının artmasıyla sel suları bünyelerine daha fazla toprak agregatları ve katı materyal alır. Bu da su kalitesinin bozulmasına sebep olur.

Söğütlü deresi erozyon ve sel risk haritasına da bakıldığında sel olayları ve toprak erozyonu en fazla bitki örtüsünden etkilendiği görülmektedir. Su kalitesi, orman ve mera alanlarında yüksek buna karşılık tarım ve yerleşim yerlerinde düşük çıkmaktadır (Sthiannopkao vd., 2007). Eğer alanda bitki örtüsü yoksa toprak yüzeyi yağmur damlalarının parçalayıcı etkisi altına girer ve toprak kolaylıkla erozyona uğrar. Toprak içerisine sızamayan su yüzeysel akışa geçerek derelere daha fazla su kütlesinin taşınmasına sebep olur. Taşıdıkları suda bünyelerine daha fazla toprak parçacıkları alır ve derelere taşır. Deredeki su kalitesinin bozulmasına sebep olur. Deredeki yatakları doldurarak sellerin artmasına sebep olur. Su kalitesi ve arazi kullanım haritasına da bakıldığında en iyi su kalitesinin olduğu kısımların mera ve ormanlık alanlar ile kaplı havzalarda olduğu görülmektedir. Çepel (1995) eğim derecesi %20 den daha fazla olan yerlerde erozyon tehlikesi bulunduğundan, bu alanların sürekli bir vejetasyon örtüsüne sahip olması gerektiğini belirtmektedir. Yapılan bu çalışmada eğim, yükselti ve yağışın yüksek olduğu alanlar koruyucu bir bitki örtüsü ile kaplı olmasından dolayı sel ve erozyon riski düşük, su kalitesi ise yüksek bulunmuştur.

Havzanın mansap kısmına doğru gidildikçe tarım ve yerleşim yerleri artmış ve su kalitesi bozulma göstermiştir. Suda kirlilik belirtisi gösteren askıda katı madde, EC, TDS, tuzluluk parametreleri artış göstermiştir. Havzada ormanlık alan azalıp, tarım ve yerleşim yerleri arttığında havzanın mansap kısmına doğru su kalite parametreleri özellikle askıda katı madde artış göstermektedir. Havzada arazi kullanımının değişmesiyle dereye ulaşan askıda katı madde içerisinde bulunan besin içeriği ve miktarı da değişmektedir (Sthiannopkao vd., 2006; Sthiannopkao vd., 2007; Ballantine vd., 2009). Aynı zamanda yağışlı zamanlarda taşınan askıda katı madde içerisinde kurak dönemlere oranla daha fazla besin elementi taşımaktadır (Duarte ve Gioda; 2014). Owens and Walling (2001), havzalarda kırsal ve sanayi alanlarının artmasıyla deredeki yatak yükünde ve askıda katı madde içerisinde fosfor miktarının artmasına meyilli olduğunu bildirmişlerdir. Olubukola vd. (2013) arazi kullanım durumuna göre derede bulunan yatak yükü içerisinde ağır metal ve besin elementlerini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda tarım alanlarından ve kentsel alanlardan alınan yatak yükü içerisinde yüksek miktarda besin elementi ve ağır metaller ortaya çıkmıştır. Bir alanda şiddetli yağışlardan sonra meydana gelen seller bitki örtüsünden yoksun, toprağın korumasız olduğu kısımlarda bünyesine daha fazla toprak parçacığı ve sediment alarak hem toprak erozyonunu arttırmakta hem de su kalitesinin bozulmasına sebebiyet vermektedir. Topaldemir (2021) çalışmasında 2019 yılının Haziran

ve Ağustos aylarında meydana gelen iki büyük sel felaketinin ve akarsu yatağındaki çözünmüş maddeler nedeniyle sudaki elektriksel iletkenlik değerinin yüksek çıkabileceğini belirtmiştir.

Havza amenajmanının iki tane önemli amacı vardır. Bir havzada erozyon, sel, taşkın ve heyelan gibi afetleri sosyo-ekonomik yapıyı dikkate alarak önlemek ve havzadan en yüksek miktarda ve kalitede su üretiminin sağlamaktır (Özhan, 2004). Bu iki ana amaca hizmet etmek için havzada araştırılması gereken en önemli parametreler erozyon, sel ve su kalitesidir. Bu nedenle bir alanda toprak erozyonunun oluşması, su kalitesinin bozulması ve sel olaylarının meydana gelmesinde karşılıklı etkileşim içindedir. Sunulan tezde bu parametreleri kısıtlayan en önemli faktörün bitki örtüsü olduğu sonucuna varılmıştır (Tahiri vd., 2020). Alanda yeterli miktarda bitki örtüsünün varlığı ve bunun devamlılığının sağlanması durumunda toprak yapısı iyileşir, yağışların aşındırıcı etkisi azalır ve toprak erozyona uğramaz. Toprak daha fazla su tutar, yüzeysel akış azalır, derelere daha az sediment taşınır, su kalitesi korunmuş olur ve sel oluşma ihtimali düşer. Böylece derelere daha az miktarda toprak parçacığı taşınır ve su kalitesi artar, yağış suları toprak içine sızarak sel olaylarının meydana gelmesi azalır. Karamage vd. (2016) bir alanda toprak koruma uygulamaları olmadan tarım faaliyetlerinin artmasıyla alanda erozyon miktarının artacağını ve bunun da su kalitesini kötüleştirip sularda ötrofikasyona neden olacağını belirtmiştir. Özdemir ve Tatar 2016 yılında yaptıkları çalışmada hızlandırılmış toprak erozyonunun en fazla çıplak ve engebeli alanlarda olduğunu belirtmiştir. Tahiri vd. (2020) arazi kullanımındaki ve arazi örtüsündeki değişikliklerin su kalitesi arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışma çıplak alanların artmasıyla sudaki bulanıklığın da arttığını belirtmişlerdir. Arazi yüzeyinin yüzeysel akışa maruz kalmasıyla toprak erozyona maruz kaldığını bunun da derelere taşınarak su kalitesini düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Topaldemir (2021) sel sularının suda nitrat miktarını artıracığını belirtmiştir. Selin getirdiği materyaller, yüzey akışları vb. sulak alanda azotlu bileşiklerin miktarını arttırdığını rapor etmişlerdir. Bu nedenle havza bazında çalışmalar yapılırken havzayı aşağı havza ve yukarı havza olacak şekilde bir bütün olarak düşünülmeli, havzada yapacağımız müdahalenin havzanın her yerinde etkileneceği unutulmamalıdır.

5. ÖNERİLER

Sunulan tezde, Trabzon ili Söğütlü deresi havzasında erozyon-sel risk haritasının oluşturulması ve toprak erozyonunun su kalitesine etkilerini belirlemek amaçlanmış ve bilimsel olarak literatüre bazı katkılar sağlanmıştır. Çalışmada, Söğütlü deresi havzasında toprak erozyonu miktarı belirlenmiş, sediment iletim oranı hesaplanmış, havzaya ait erozyon ve sel risk haritaları oluşturulmuştur. Toprak erozyonunun ve arazi kullanımının bazı su kalite parametrelerine olan etkisinin aylık ve yıllık değişimi, denize ulaşan askıda katı madde miktarı ve askıda katı madde ile taşınan C ve N miktarları belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda RUSLE parametreleri ortalama RUSLE-R, RUSLE-K, RUSLE-LS ve RUSLE-C değişken değerleri sırasıyla $219.47 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, $0.0182 \text{ t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, 11.87 ve 0.052 olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre Söğütlü deresi su toplama havzasında meydana gelmesi beklenen olası ortalama toprak kaybı miktarı $1.91 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Söğütlü Deresi yağış havzasında yıllık toprak kaybı miktarı ise 52209.0063 ton olarak hesaplanmıştır. Söğütlü Deresi havzasında SİO değeri 0.43 ve sediment verimi 0.82 olarak bulunmuştur. Havzada toprak erozyonundan kaynaklı derelere ulaşan tahmin edilen sediment miktarı $22449.87 \text{ ton yıl}^{-1}$ bulunmuştur.

Türkiye’de ortalama yıllık toprak kaybı 6.5 ton ha^{-1} olarak alındığında (Kara vd., 2019), havzadaki toprak kaybının Türkiye ortalamasının altında olduğu anlaşılmaktadır. Havzada 2 ton ha^{-1} ’ın altında toprak kaybı olan yerlerin oranı $\% 78.86$ ’dır. 5 ton un altında toprak kaybı olan yerler ise havza alanının yaklaşık $\% 94.36$ ’lık kısmını oluşturmaktadır. Söğütlü Havzasının $\%5.64$ ’lük kısmında şiddetli erozyon görülmektedir. Ülkemizde her bir havzanın kendine özgü eğimi, bakısı, yağışı, toprak özellikleri, hidrolojik karakteristikleri, yerleşim yerleri vb. özellikleri vardır. Toprak erozyon miktarı da bu özelliklere göre oluşmakta ve buna göre her alanın kendine özgü toprak kaybı toleransı sınır değerleri belirlenmektedir. Toprak kaybı toleransı sınırları $2.2-11.2 \text{ ton ha}^{-1}$ arasında değişmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde toprak derinliği 150 cm ve daha yüksek olan alanlarda yıllık ortalama toprak kaybı tolerans sınır değeri 11 ton ha^{-1} olarak kabul edilmektedir. Fakat duyarlı alanlarda toprak derinliğinin 25 cm ’den az, eğimin yüksek, bitki örtüsünün ve toprağın zayıf veya erodibilitenin yüksek olduğu yerlerde bu değer 2 ton ha^{-1} ’dan düşük olmalıdır (Hudson, 1981). Entegre havza yönetimine göre bir havzada toprak kaybı sınır değerlerinin belirlenmesi için genel kurallara göre değil de havzanın güncel topoğrafik,

hidrolojik arazi yapısına göre belirlenmesi gerekmektedir. Söğütlü deresi havzasında erozyon riskinin çok yüksek olduğu alanlar genellikle doğal mera ve tarım alanlarının bulunduğu bölgelerde olduğu görülmüştür. Söğütlü deresi havzasının toprak reformundan alınan büyük toprak grupları haritasına bakıldığında bu alanlarda toprak derinliğinin sığ yapıda olduğu ve toprak yetersizliğinin de mevcut olduğu anlaşılmıştır. Bulunan toprak kaybı miktarı Türkiye ortalamasının altında görünse bile alanda sığ topraklar ve toprak yetersizliği bulunduğu için havzada yaşanan erozyon miktarı önemlilik arz etmektedir. Buna göre bazı önlemlerin alınması için gerekli öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Havzada ekosistemin ve insanların havzada yaşanan toprak kaybından zarar görmemesi için alana ait toprak ve su koruma uygulamalarının planlanması gerekmektedir. Söğütlü deresi havzasında erozyon risk haritasına bakıldığında hektarda en fazla toprak kaybı miktarı tarım alanlarında $2.659 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, sonra mera alanlarında $2.034 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve en az toprak kaybı miktarı ise ormanlık alanlarda $1.1237 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Havza bütün olarak ele alındığında ortalama yıllık toprak kaybının düşük çıkması ($1.9 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) geniş alanlarda yayılış gösteren orman ve mera alanlarındaki yıllık toprak kaybının sırasıyla 14154.1252 ve 4942.62 ton yıl^{-1} gibi çok düşük seviyede olmasından ileri gelmektedir. Tarım alanlarından kaynaklanan yıllık toprak kaybı miktarı ise 33112.2611 ton yıl^{-1} 'dir. Havzada orman ve tarım alanlarının kapladıkları alanlar hemen hemen aynı olmasına rağmen tarım alanlarında toprak kaybı miktarı neredeyse ormanlık alanlarının 2.5 katı kadar çıkmıştır. Bu da bitki örtüsünün erozyon üzerinde etkisinin çok yüksek olduğunu göstermektedir. Erozyon risk haritasına göre havzada eğimin, yağışın ve yükseltinin yüksek ve tarım alanlarının yoğunlukta olduğu bölgelerde havzanın mansap kısmında kuzeydoğu ve kuzey bakı yamaçlarında erozyon riskinin yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmamızda erozyon risk haritasına bakıldığında 2-5 $\text{ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında olan toprak kaybı miktarına sahip mahallelerimiz havzanın mansap kısmından memba kısmına doğru Kayalar, Özdemirci, Helvacı, Çiçeklidüz, Ayanoğlu, Çınarlık, Fıstıklı, Tatlısu, Sertkaya, Yeni Mahalle, Konaklı, Bahçecik, Akpınar, Yenicami, Erikli, Yeşilce, Larha Mezraası, Doğanköy, Aykut, Demirkapı, Ambarcık, Ortaalan, Cami, Işıklar, Yusufu, Bozluk mahalleri, Balıkoba yaylası, Aykut yaylası, Çayırlar yaylası, Kireçhane mezraası, Ramazan yaylası, Akise yaylası, Derinoba yaylası ve çevresi alanları kapsamaktadır. 5-10 $\text{ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında olan toprak kaybı miktarına sahip mahallelerimiz Muratoğlu, Yeşiltepe, Gümüşlü, Kıran, Aptioğlu, Şinik, Ortaorman, Bozluk mahalleleri, Çayırlar yaylası, Hülvere yaylası ve çevresini kapsamaktadır. Diğer alanlar ise

hektarda 2 ton'dan düşük toprak kaybı miktarı içerisinde yer almaktadır. Ayrıca bu alanlarda toprak yapısı orta derinlikte ve sıgıdır. Bu alanlarda iklim parametrelerinden yağış ve topoğrafik faktörlerden yükselti değişmeyecek faktör olduğu için bu alanlara toprak kaybını önlemek veya daha aşağı seviyelere çekmek için eğim ve bitki örtüsü faktörleri üzerinde oynama yapılabilir. Bu alanlarda eğim ve yamaç uzunluğu seviyeleri belirlenerek eğimi düşürücü ve yamaç uzunluğunu kırarak şekilde teras yapılarak bitkilendirme faaliyetleri uygulanabilir. Bu alanlar genellikle havzanın mansap kısmında tarım alanlarından oluştuğu için bu alanlara toprağı ve suyu koruyucu çiftçilik faaliyetlerinin yapılması gerekmektedir. Yağış suyu teras yapımı ile birlikte eğimin azaltılması ile suyun toprak içine sızması sağlanmalı, yüzeysel akışın önüne geçilmeli. Bu alanlar bitki örtüsü gibi koruyucu örtü ile kaplanması sağlanarak yağmur damlalarının toprağı parçalayıcı etkisini önlenerek bu alanların korunması sağlanmalı. Böylece erozyon miktarının önüne geçilmelidir.

- Saha araştırmalarımızda yöre halkı ile görüştüğümüzde bu alanların aynı zamanda küçük çapta heyelana maruz kaldığını insanların bahçe ekmek için buralara tekrar toprak getirdiklerini belirttiler. Yapılan inceleme sonucunda bu alanlara ait heyelan analizleri yapılarak havzaya ait heyelan risk haritası yapılması gerekmektedir. Sel ve erozyon olaylarının önüne geçilmesi veya azaltılması için bu alanlarda çiftçileri yönlendirirken buralarda yapılacak toprak işlemede toprağın eğim yönüne değil de eğime paralel sürülmesi gerekmektedir. Özellikle yağışlı dönemlerde alanlarda toprak örtüsü üzerinde koruyucu bitki örtüsünün olması sağlanmalı ve suyu çok tüketen bitki türleri tercih edilerek heyelan ve sel gibi olayların önüne geçilmelidir. Alanın bu özelliklerine göre bitkilendirme faaliyetleri yapılmalıdır. Bu alanlarda eşyükselti eğrilerine göre paralel ekim yöntemleri belirlenmeli. Buna göre çiftçiler eğitilerek ivedilikle toprak ve su koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Toprak reformu daire başkanlığından alınan verilere göre bu alanlarda toprak derinliği de az görülmektedir. Sığ yapıda topraklar hakimdir. Bu yüzden toprağın kaybedilmemesi için iyileştirilme yani ıslah edici çalışmalara başlanması gerekmektedir. Çünkü toprak erozyonu arazi yapısını bozmakta, bitki örtüsünü değiştirmekte ve çevresel ekosistemi bölmesi ile bulunduğu ekosisteme doğrudan zarar vermektedir. Toprağın sürdürülebilirliği sağlanarak hem ekosistem hem de insanlar bu durumdan zarar görmesinin engellenmesi gerekmektedir.

- Havzanın memba kısmında 1400-2300 m yükseltilerde bulunan doğal mera alanlarında sığ ve çok sığ (<50cm) toprak derinliği olduğu alanda hektarda meydana gelen

toprak kaybı 2-5 ton arasındadır. Toprak derinliği 25-50 cm arasında olan alalarda toprak kaybı tolerans değeri 4.5 ton ha^{-1} ve 0-25 cm arasında toprak derinliğine sahip alanlarda bu değer 2.2 ton/ha olması gerekmektedir. Erozyon risk haritamızda bulduğumuz değerler bu değerlerin üstünde kalmaktadır. Bu alanların acilen toprak koruma uygulamalarının yapılması gerekmektedir. Yaptığımız arazi çalışmalarında bu alanlarda halkın hayvanlarını otlatığı görülmüştür. Bu alanlarda toprak koruma uygulamaları yapılacaksa dönüşümlü otlatma, hayvanları otlatma kapasitesine uygun otlatılmasının sağlanması, otlatmanın mera bitkilerin büyüme mevsimlerinde yapılmasının önüne geçilmesi gerekmektedir.

- Ormanlık alanların olduğu kısımlarda genellikle sık ve çok sık topraklardan meydana gelmektedir. Bu alanlar yoğun bitki örtüsü ile kaplı olduğu için erozyon miktarı çok düşük çıkmıştır. Bu alanlarda yapılacak ormancılık uygulamalarında toprağı koruyucu ormancılık faaliyetlerinin yapılması gerekmektedir. Toprağı ve bitkiyi koruyucu ormancılık uygulamaları yapılmadığında alanın erozyona uğrama riski yüksektir. Buna göre önlemler alınmalıdır. Erozyon risk haritasına da bakıldığında erozyon üzerinde bitki örtüsünün çok önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yüzden bitki örtüsünün seyrek toprağın sık olduğu alanlarda ivedilikle toprağı tutucu bitkilendirme (ağaçlandırma vb.) faaliyetlerinin yapılması gerekmektedir. Özellikle havzanın mansap ve memba kısımlarında bu uygulamalara biran önce başlanması gerekmektedir.

- Bu çalışmada toprak kayıplarını tahmin etmek için kullanılan bitki örtüsüne göre belirlenen C faktörü değerleri, yurt dışında yapılmış olan CORINE ve havzaya ait amenajman planlarından bulunan arazi kullanım durumlarına bakılarak elde edilmiştir. Havzaya ait CORINE örtüsüne bakıldığında havzada aldığımız 123 noktadan 17'si arazide bulunan bitki örtüsüyle uyuşmadığı ortaya çıkmıştır. Bu noktalar havzanın mansap kısmında bulunan noktalardan oluşmaktadır. Havzaya ait CORINE haritasına bakıldığında bu alanların tarım alanları olduğu gözükmemektedir ama arazide noktalara gidildiğinde bu alanların ormanlık alanlar ile kaplı olduğu görülmüştür. Bu yüzden havzaya ait C faktörünün belirlenmesinde amenajman planlarında bulunan arazi kullanım durumlarından faydalanılmıştır. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda havza ölçeğinde gerçek toprak kayıplarının belirlenmesinde CORINE verileri kullanılacaksa RUSLE-C faktörünün hem amenajman planlarında yer alan arazi kullanımları hem de arazi çalışmaları ile doğrulanması gerekmektedir.

- Çalışmamızda toprak erozyon miktarının belirlenmesinde $30*30\text{m}$ çözünürlükte raster verileri kullanılmıştır. Literatür çalışmalarına bakıldığında $10*10$, $20*20$, $30*30$,

50*50 vb. çözünürlükte raster verileri kullanılmıştır. Kullanılan bu verilere göre alanımıza ait en iyi çözünürlük değerinin 30*30 olduğuna karar verilmiştir. Ülkemizde gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı çözünürlükte raster verileri kullanılarak erozyon miktarına nasıl bir etkisinin olduğu tespit edilebilir.

- Söğütlü deresi havzasında yapılan arazi çalışmaları sonucunda erozyon açısından yüksek risk grubunda bulunan alanlarda özellikle eğimin yüksek ve bitki örtüsünden yoksun tarım ve doğal mera alanlarında hızlandırılmış erozyonun olduğu görülmüştür. Bu durumda Söğütlü deresi havzasında uyguladığımız CBS yazılımı kullanılarak RUSLE yöntemiyle oluşturulan erozyon risk haritasının doğru olduğu ve yöntemin ülkemizde erozyon riski taşıyan alanların belirlenmesi için kullanılabilir olduğu söylenebilir.

- Havzada erozyon riskinin yüksek olduğu alanlarda toprağın verimli kısmının aşınmasının ve taşınmasının önlenmesi gerekmektedir. Erozyon risk haritamıza baktığımızda ormanlık ve çayırılık alanların toprak erozyonunun önlenmesinde büyük etkisi vardır. Ancak sonuçlarımıza göre ekilebilir tarım arazilerin ve doğal mera alanlarının olduğu bölgelerde gelecekte toprak koruma önlemlerinin uygulanması gereken öncelikli alanlar olduğunu göstermektedir. Yaptığımız çalışma ile karar vericilere doğru ve hızlı veriler elde edilmesinde CBS ile RUSLE yönteminin kullanılmasının çok önemli rol oynadığı anlaşılmıştır. RUSLE yöntemi ve CBS ile oluşturulan mekansal erozyon haritaları, çevresel olarak duyarlı dağlık alanlarda arazi planlaması ve yönetimi için stratejilerin türetilmesinde etkili girdiler olarak hizmet edebilir. Toprak varlığımızın korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için bu gibi çalışmaların belirli zaman aralıklarında tekrarlanması gerekmektedir.

Tez sonucunda oluşturduğumuz erozyon ve sel risk haritalarına bakıldığında genelde erozyonun yüksek olduğu alanlarda aynı zamanda sel riskinin de yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Çünkü bu alanlarda toprak yapısını iyileştirici, toprak yüzeyi koruyucu bitki örtüsünden yoksun ve toprak derinliği az ve sığdır. Toprak üzerine düşen yağışlar toprak içine sızmadan yüksek bir miktarı yüzeysel akışa geçerek bu alanlarda sel oluşma ihtimalini arttıracaktır. Bu alanlardan gelen yüzeysel akış aşağı derelerde birleşerek debisi yükselecektir. Derelere sığmayan su da ana dere üzerinde yoğunlaşacak daha büyük sel felaketine sebep olacaktır. Sel risk haritamıza da bakıldığında havzanın üst kesimlerinde sel riski orta seviyedeysen ana derelere doğru yoğunlaştığında sel riski yüksek seviyelere çıkmıştır. Ayrıca erozyonun ve sellerin artmasıyla su içerisinde taşınacak toprak partikülleri artacak hem sediment kendisi hem de bünyesinde taşıdığı besin miktarları ile

deredeki suyun kalitesini bozacaktır. Elde edilen sonuçlara göre öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Bulduğumuz sonuçlarda da havzamızda havzanın mansap kısmına doğru gidildikçe tarım ve yerleşim yerleri artmış, orman ve mera alanları azalmıştır. Sonuçlara göre havzanın memba kısmından mansap kısmına doğru gidildikçe su kalitesinin kötüleştiği sonucuna varılmıştır. Toprak agregat parçalarından oluşan askıda katı madde dediğimiz su kalite parametresi havzanın ormanlık ve mera alanlarının olduğu kısımda yok denecek kadar az çıkmıştır. Havzanın mansap kısmına doğru gidildikçe artış göstermiştir. Özellikle askıda katı madde miktarı tünel çalışmasının olduğu S6-S7 noktaları arasında bazı aylarda 2630mg/L seviyelerine çıkarak çok yükselmiştir. Bundan sonra gelen noktalardaki değerler de bu faaliyetlerden dolayı olumsuz etkilenmiş ve AKM miktarı diğer noktalarda da artış göstermiştir. Tünel çalışmalarının olmadığı zamanlarda ise AKM miktarı düşmüş fakat yine sucul ekosistem ve su kalitesi açısından yine risk oluşturacak seviyelere gelmiştir. Ayrıca Söğütlü deresi boyunca kurulan kum ocağı faaliyetleri ve yol yapım çalışmaları da sudaki AKM miktarını arttırıcı etki yapmıştır. Böylece su kalitesi olumsuz etkilenmiştir. Bunun önüne geçilebilmesi için kum ocaklarının mümkün oldukça dereler üzerine veya dere kenarlarına inşa edilmemesi gerekmektedir. İnşa edilen yerlerde kum ocağı faaliyetlerinde kullanılan atık suyun direk dereye bırakılması önlenmelidir. Atık su dinlendirilme havuzlarında suyun içerisinde asılı halde bulunan katı madde çöktükten sonra geriye kalan su derelere bırakılmalıdır.

- Yıl boyunca sadece alan bakımından ormanlık ve mera alanlarının yüksek olduğu S9, S8 ve S7 noktalarında askıda katı madde miktarı kabul edilebilir seviyelerde bulunmuştur. Sadece AKM açısından değil diğer su kalite parametrelerine de bakıldığında da su kalitesi değerleri havzanın memba kısmında bulunan S9, S8 ve S7 noktalarında diğer noktalara oranla yüksek bulunmuştur. Sonuçlara bakıldığında havzanın mansap kısmına gidildikçe su kalitesinde bir düşüş yaşanmıştır. Havzada toprak erozyonundan kaynaklı derelere ulaşan tahmin edilen sediment miktarı 22449.87 ton yıl⁻¹, tahmini sediment içinde karbon miktarı 312.95 ton yıl⁻¹, Tahmini sediment içinde azot miktarı 41.936 ton yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. Arazide doğrudan ölçülen askıda katı madde miktarı 12549,82 ton yıl⁻¹, AKM içinde karbon 174.96 ton yıl⁻¹, AKM içinde azot 23.44 ton yıl⁻¹ olarak ölçülmüştür. Tahmini ölçülen sediment iletim oranı ve arazide direk ölçülen askıda katı madde, AKM içerisinde karbon ve azot değerlerine bakıldığında gerçek ölçümler ve tahmini ölçümler arasında yaklaşık olarak 1.5 kat olduğu görülmüştür. Sonuç olarak denize ne kadar AKM,

AKM içerisinde karbon ve azot miktarının taşındığı hem tahmini hem de arazide direk ölçümler sonucunda bulunmuş ve aradaki fark ortaya konulmuştur. Ölçülen sonuçlar ile denize ulaşan askıda katı madde miktarı ile karbon ve azot değerleri yüksek bulunmuş ve yüzey sularında ilerki dönemlerde ötröfikasyona sebep olabileceği ortaya çıkmıştır. Buna göre Söğütlü deresi havzasında toprak erozyonunun gerekli önlemler ile engellenerek yüzey sularına toprak parçalarının taşınmasının engellenmesi sağlanmalıdır.

- Çalışma alanındaki arazi kullanımı ile arazi örtüsü değişiklikleri ve yüzey suyu kalitesi arasında korelasyon ve varyans analizleri sonucunda havzadaki arazi kullanımı ve arazi örtüsünün değişmesinin bulanıklık, TDS, elektriksel iletkenlik, gibi su kalite parametrelerinin değiştirebileceğini ortaya koymuştur. Bulduğumuz sonuçlara bakıldığında literatür çalışmalarıyla da benzerlik göstermektedir. Su kaynaklarının korunması ve sürdürülmesi için diğer paydaşlar tarafından havzadaki uygun arazi kullanım planlaması ve yönetimi önerilmektedir. Alandaki su kalitesini kötüleştiren arazi kullanımlarından vazgeçilmelidir.

- Bunlara ek olarak su kalitesi özellikleri aylara, günlere, saatlere vb. göre değişim göstermektedir. Mümkün olduğunca su kalite ölçümleri ölçüm aralıkları az olacak şekilde daha sık yapılması gerekmektedir.

Sel risk haritasına bakıldığında Söğütlü deresi havzasında düşük riskli (2), orta riskli (3), yüksek riskli (4) ve çok yüksek riskli (5) olmak üzere 4 risk sınıfı bulunmuştur. Düşük riskli alanlar 18327.76 ha, orta riskli alanlar 8048.73 ha ve yüksek riskli alanlar 1102.34 ha ve çok yüksek riskli alanlar 2.07 ha alanı kaplamaktadır. Bir havzaya ait sel risk haritasının oluşturulması havzanın arazi kullanım planlaması için önemlidir. Yöneticilere ve şehir planlayıcılarına önlemlerin alınması ve yardım müdahalelerinin planlanması konusunda yardımcı olur. Bu tezde sunulan sel riski haritalamasının temel amacı, Söğütlü deresi havzasında sele eğilimli alanları verimli bir şekilde ortaya çıkarılmasının sağlanmasıdır. Elde edilen sonuçlara göre öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Sel risk haritasında çalışma alanının %33.31'nin orta ve yüksek düzeyde sel yaşama olasılığının olduğunu göstermektedir. Ortaya çıkan sel risk haritası ile daha iyi arazi kullanımı planlaması ve sel riski yönetimi için karar vericiler ve havza planlayıcıları için bir kılavuz olarak kullanılabilir. Afete en iyi şekilde müdahale etmek ve selin tam olarak nerede meydana gelebileceğini gösterdiği için önlemlerin alınmasında fayda sağlar.

- Çalışma alanının sel risk haritasına bakıldığında ana dere üzerinde ve havzanın kuzeydoğuya bakan yamaçlarında derelerin sağ ve sol kıyılarında olmak üzere en az

150m'lik toplamında 300m mesafelerinde sel risk açısından yüksek çıkmıştır. Bu alanlarda yerleşim yerleri bulunan alanlarda derhal önlemler alınmalı insanlar bilinçlendirilmelidir.

- Özellikle havzanın çıkış noktasında bulunan Söğütlü mahallesinde Söğütlü deresinin sağ ve sol kıyıları olmak üzere toplam 300-350 m arasında çok yüksek sel tehlikesiyle karşı karşıya olduğu görülmüştür. Bu alanların sel risk tehlikesine karşı korunması sağlanmalıdır. Bu alanlarda bulunan yerleşim yerleri yükseltisi yüksek yerlere taşınmasının sağlanması gerekmektedir. Üst kesimlerde ise dereden en az 150 m mesafelere kadar yukarı kısımlara yerleşim yerlerinin çekilmesinin sağlanması gerekmektedir.

- Bunlara ek olarak binaların inşaatı yapılırken bulunduğu bölgenin sel riski değerine göre alt katların sel suları altında kalacağı düşünülerek insanların katlara yerleşiminin iki veya üçüncü kattan sonra yapılmasına izin verilmelidir. Böylece can kaybının önüne geçilmelidir.

- Sel riskinin yüksek olduğu alanların çoğunun yerleşim yerlerine yakın kısımlar olduğu elde ettiğimiz haritadan görülmüştür. Söğütlü deresi havzasında sel riski açısından yüksek risk altında bulunan mahalleler mansap kısmından memba kısmına doğru Söğütlü, Özdemirci, Şinik, Cevizli, Yenicami mahalleleridir. Ayrıca Şinik ve Cevizli mahallelerine yakın alanlarda çok yüksek sel riski grubu içerisine dahil olmaktadır. Orta riskli kısımda yer alan mahalleler mansap kısmından memba kısmına doğru Komarlı, Helvacı, Çiçeklidüz, Çınarlık, Tatlısu, Fıstıklı, Yeşiltepe, Muratoğlu, Akdamar, Zaferli, Gümüşlü, Aptioğlu, Sertkaya, Cami, Kuruçam, Kıran, Acısu, Ortaalan, Ambarcık, Konaklı, Koçlu, Yeni mahalle, Bahçecik, Yeşilce, Demirkapı, Aykut, Ortaorman, Alazlı, Doğankaya, Çayırbağı mahalleleridir. Havzada yer alan diğer mahalleler ise düşük riskli bölgelerde yer almaktadır. Havzanın geneline bakıldığında yerleşim yerlerinin çoğunun sel riskinin yüksek ve orta riskli bölgelerinde yer aldığı görülmüştür. Ayrıca sel riskimiz ormanlık alanlarının olduğu bölgelerde çok düşük çıkmıştır. Buna göre bitki örtüsünün sel oluşumunu engellediği sonucuna varılmıştır. Sel olayları, tamamen sona erdirilemeyen doğal bir süreçtir, ancak uygun yönetim ve planlama ile zararlar en aza indirilebilir.

- Havzada iler ki dönemlerde sel riskinin yüksek olduğu bölgelerde sel olaylarının meydana gelebileceği göz önünde bulundurularak bu alanlarda yaşayan halk bilinçlendirilmeli ve bu alanlara yerleşim yerlerinin yapılması engellenmelidir. Havza içerisinde düzensiz ve plansız yerleşme kontrol altına alınmalıdır. Bu alanlarda toprağı ve suyu korumaya yönelik ıslah edici faaliyetlere biran önce başlanılmasının sağlanması

gerekmektedir. Sel riskinin tespit edildiği bölgelerde kanal, menfez, büz gibi önemli yapıların bakımları yapılmalı ve buralarda tıkanıklığı önlemek için düzenli olarak temizlenmesi sağlanmalıdır.

- Doğu Karadeniz Bölgesi sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu bir bölgedir. Trabzon DSİ 22. Bölge Müdürlüğü Söğütlü deresinin ıslah edilme çalışmalarına başlamış ve “Sel Tırmığı Projesi” ilk defa Söğütlü deresinde uygulamaktadır. Böylece sel ve taşkınların önlenerek can ve mal kaybının önüne geçilmesi sağlanacaktır. Bunun gibi özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde dere ıslahı çalışmalarına önem verilmeli ve daha fazla çalışmalar yapılmalıdır.

- Yağış sel oluşumunda önemli bir faktör olduğundan sel olaylarının tahmininde çalışma alanında doğru yağış ölçümlerinin yapılabilmesi için daha fazla meteoroloji istasyonu bulunmalıdır.

- Riskin yüksek olduğu özellikle havzanın mansap kısmında Söğütlü ana deresi üzerinde dere ıslahı çalışmaları yapılmalıdır.

- Bölgelere ait sel risk haritalarının güncel tutulması gerekmektedir. Ayrıca tezde sunulan metodlar diğer sele eğilimli bölgeler için uygulanabilir niteliktedir.

- Bir havzada planlama yapılırken, havzanın erozyon miktarı, sel risk durumları ve havzada üretilecek suyun kalitesi hep birlikte düşünülerek entegre havza yöntemine göre değerlendirilmeli ve havzada yaşayan insanların bunlardan etkileneceği bilinerek havza planlamaları ona göre yapılmalıdır. Doğu Karadeniz bölgesi sel, taşkın ve heyelan olaylarına yatkın bir bölgedir. Sel olaylarının artmasıyla toprak erozyonu artar ve buna bağlı olarak su kalitesi azalır. Bunlara karşı önlemlerin alınabilmesi için bu parametreleri birbiriyle bağlantılı olacak şekilde düşünülmeli ve ona göre gerekli tedbirler alınmalıdır.

- Havza planlamalarında havza önce sorunun olduğu kesimlere odaklanacak şekilde alt havzalara ayrılmalı ve bu havzalarda aşağı ve yukarı havza birlikte düşünülmelidir. Alacağımız önlemleri alt havzaların topoğrafyası, iklimi, yerleşim yerleri, arazi kullanım durumu, sosyo-ekonomik yapısı gibi özellikleri dikkate alınarak havzaların aktüel durumuna göre belirlenmesi gerekmektedir.

- Yağış havzası içerisinde yer alan paydaşlardan tarım ve orman bakanlığı, orman genel müdürlüğü, devlet su işleri gibi kamu kurum ve kuruluşları karşılıklı ilişkiler içinde çalışmalı ve katkılarının sağlanması amaçlanmalıdır.

Havza ölçeğinde yapılmış olan bu tez çalışması ile farklı arazi kullanımlarından kaynaklanan toprak kaybı, sediment iletim oranı ve bunun su kaynaklarına etkisi bütüncül

olarak ortaya konmuştur. Aynı zamanda toprak erozyonu ile yakından ilişkili olan sel oluşumu ele alınmıştır. Sonuç olarak toprak erozyonunun, sel olaylarının ve su kalitesinin kötüleşmesinin havza ekosistemine meydana getirdiği olumsuzluklar çeşitli yönleriyle ortaya konmuş ve bilimsel olarak çevresel etkileri tespit edilmiştir. Söğütlü Havzasında farklı arazi kullanım biçimlerini, meydana gelen toprak erozyonunu, sel riskini ve su kalitesini dikkate alan ve havza bütünlüğü içinde elde edilen sonuçlar toprak ve su koruma planlamaları için altlık teşkil edecek ve uygulayıcılara yol gösterici nitelikte olacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Abdulhussein, A., 2017. GIS For Watershed Management, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Adeoye, N., Ayanlade, A. ve Babatimehin, O., 2009. Climate change and menace of floods in Nigerian cities: socio-economic implications, Advances in Natural and Applied Sciences, 3, 3, 369-378.
- Adıgüzel, U., 2020. Meşcere Haritalarının Sınıflandırılarak Flora Çeşitlilikleri İle Karşılaştırılması: Trabzon İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- AFAD, 2021. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Ahmad, M. N., Salahuddin, M. ve Sultana, R., 2020. Mapping Flood Risk Assessment by Remote Sensing in District Chiniot, Pakistan, International Journal of Economic and Environmental Geology, 11, 2, 61-64. DOI: 10.46660/ijeeg.Vol11.Iss2.2020.447.
- Ahmadi, H., 1999. Applied Geomorphology, Volume I: Water Erosion, Tehran University Publications, Iran, 688s.
- Ahn, Y.S., Nakamura, F. ve Mizugaki, S., 2008. Hydrology, suspended sediment Dynamics and nutrient loading in Lake Takkobu, a degrading lake ecosystem in Kushiro Mire, northern Japan, Environmental Monitoring and Assessment, 145, 267-281. DOI: 10.1007/s10661-007-0036-1.
- Akgiray, Ö., 2003. İçme Suyu Kalitesi Parametreleri. Tesisat Dergisi.
- Akgül, M., 2016. Yuvarlak Çay Su Kalitesinin Fizikokimyasal ve Biyolojik Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Akman, M., 2011. Köyceğiz Gölü'nün Makro-Bentik Omurgasızlarının ve Su Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Aksungur, M., Alkan, A. ve Zengin, B., 2007. Karadeniz Alabalığının Tatlısu Ortamındaki Göçü Üzerine Bazı Çevresel Parametrelerin Etkisi, Ekoloji, 17, 65, 28-35.
- Albay, M., 2007. Ömerli Baraj Gölüne Akan Derelerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Albek, E. ve Göncü, S., 2005. Türkiye Akarsularında Askıda Katı Madde Değişimlerinin Yıllar Boyu İncelenmesi, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6, 2.
- Almagro, A., Thome, T.C., Colman, C.B., Pereira, R. B., Junior, J.M., Rodrigues, D.B.B. ve Oliveira, P.T.S.O., 2019. Improving Cover and Management Factor (C-factor) Estimation Using Remote Sensing Approaches For Tropical Regions, International Soil and Water Conservation Research, 7, 4, 325-334. DOI: 10.1016/j.iswcr.2019.08.005.
- Al-Saady Y, Al-Suhai Q, Al-Tawash B. ve Othman A. 2016. Drainage Network Extraction And Morphometric Analysis Using Remote Sensing and GIS Mapping Techniques (Lesser Zab River Basin, Iraq and Iran), Environmental Earth Sciences,. 75, 1243. DOI 10.1007/s12665-016-6038-y.
- Angima, A.D., Stott, D.E., O'Neill, M.K., Ong, C.K. ve Weesies, G.A., 2003. Soil Erosion Prediction Using Rusle for Central Kenyan Highland Conditions, Agriculture, Ecosystems and Environment, 97: 295–308.
- Arabameri A., Pradhan B., Pourghasemi, H.R., ve Rezaei K., 2018. Identification of Erosion-Prone Areas Using Different Multi-Criteria Decision-Making Techniques and GIS, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 9, 1, 1129–1155, ISSN: 1947-5705.
- Arıman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G. ve Büyükgüngör, H., 2007. Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirleri su ve sediman ortamlarında ağır metal kirliliği izlenmesi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji, 24-27 Ekim, İzmir.
- Arianpour, M. ve Jamali, A. A., 2015. Flood Hazard Zonation Using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in GIS (Case Study: Omidieh-Khuzestan), European Online Journal of Natural and Social Sciences, 4, 1, 39-49.
- Arnoldus, J.M.J., 1977. Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. Food. Agric. Org., Soils Bulletin, 34, 39-51.
- Aslan, Ş.T., Gündoğdu, K.S. ve Demir, A.O., 2004. Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası Örneği, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18, 1, 167-180.
- Atasoy, H., 2012. Bahçelik Barajı Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Atay D. ve Pulatsü S., 2000. Su Kirlenmesi ve Kontrolü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, 292.

- Atıcı, A.A., 2017. karasu Çayı (Van) Kum Alım Faaliyetlerinin Su Kalitesi Ve İnci Kefali (*Alburnus Tarichi*, Guldenstaedt 1814) Populasyonu Üzerine Etkileri, DoktoraTezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Avcı, V. ve Sunkar, M., 2015. Giresun’da Sel ve Taşkına Neden Olan Aksu ve Batlama Derelerinin Morfometrik Analizi, İstanbul Coğrafya Dergisi, 30. 91-119, İstanbul.
- Avcı, V. ve Sunkar, M. 2018. Bulancak’ta (Giresun) Sel ve Taşkın Olaylarına Neden Olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Derelerinin Morfometrik Analizleri. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 28, 2, 15-41.
- Ay, S., 2017. Mudurnu Nehri’nde Su Kalitesinin Kimyasal Parametrelerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Ayaz, E., 2009. Solaklı Havzasında Aylık ve Yıllık Debi Süreklilik Eğrilerinin Normalleştirme Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayivor, J.S. ve Gordon, C., 2012. Impact of Land Use on River Systems in Ghana. West Afr. J. Appl. Ecol., 20, 3, 83–95.
- Azaz, L. K. 2010. Using Remote Sensing And GIS for Damage Assessment After Flooding, The Case of Muscat, Oman After Gonu Tropical Cyclone 2007: Urban Planning Perspective, Environmental Science, 879-888.
- Balasubramani, K., Gomathi, M., Bhaskaran, G., ve Kumaraswamy, K., 2019. GIS-based Spatial Multi-Criteria Approach for Characterization and Prioritization of Micro-Watersheds: A Case Study of Semi-Arid Watershed, South India, Springer, Applied Geomatics. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00261-y>.
- Balcı, A.N., 1996. Toprak Koruma. İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3947, Orman Fakültesi Yayınları No:439. İstanbul, Türkiye.
- Ballantine, D.J., Walling D.E., Collins, A.L. ve Leeks, G.J.L., 2009. The Content and Storage of Phosphorus in Fine-Grained Channel Bed Sediment in Contrasting Lowland Agricultural Catchments in the UK, Geoderma, 151, 141–149.
- Barlas, M. ve Kiriş, E., 2004. Akçay (Muğla-Denizli)'ın Fiziko-Kimyasal ve Bentik Makroinvertebrata Yönünden İncelenmesi. Muğla Üniversitesi Basımevi, Muğla.
- Barlas, M., Mumcu, F., Solak, C.N., ve Çoban, O., 2020. Akçapınar Deresi ve Gökova Kadın Azmağı Deresi (Muğla) Epilitik Algleri Üzerine Bir Araştırma. XVI. Ulusal Biyoloji Kongresi, Malatya.
- Başel, E.D.K., Çakın, K. ve Satman, A. 2008. Türkiye’nin Yeraltı Sıcaklık Haritası ve Tahmini Isı İçeriği. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 635-644.
- Bayram, A., 2011. Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı

Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Bayramin, İ., Basaran, M., Erpul, G. ve Canga, M.R. 2008. Assessing the Effects of Land Use Changes on Soil Sensitivity to Erosion in a Highland Ecosystem of Semi-arid Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 140, 249-265.
- Benchettouh, A., Kouri, L. ve Jebari, S., 2017. Spatial Estimation of Soil Erosion Risk Using Rusle/GIS Techniques and Practices Conservation Suggested for Reducing Soil Erosion in Wadi Mina Watershed(Northwest, Algeria), Arabian Journal of Geosciences, 10, 79.
- Benson, M., A., 1964. Factors Affecting the Occurrence of Floods in the Southwest. Flood Hydrology, Geological Survey Water-Supply Paper. United States Government Printing Office, Washington.
- Bera, A., 2017. Estimation of Soil Loss by USLE Model using GIS and Remote Sensing techniques: A Case Study of Muhuri River Basin Tripura, India. Eurasian Journal of Soil Science, 6, 3, 206-215. DOI: 10.18393/ejss.288350.
- Bhattacharya, R.K., Chatterjee, N.D. ve Das, K., 2019. Multi-Criteria-Based Sub-Basin Prioritization and Its Risk Assessment of Erosion Susceptibility In Kansai–Kumari Catchment Area, India, Applied Water Science, 9, 76. DOI: 10.1007/s13201-019-0954-4.
- Bilgiç, M., 2017. Yukarı ve Orta Ceyhan Havzasının Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Parametreler Kullanarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Bilgin, A. ve Konanç, M.U., 2016. Evaluation of Surface Water Quality and Heavy Metal Pollution of Çoruh River Basin (Turkey) by Multivariate Statistical Methods, Environmental Earth Sciences, 75, 12. DOI: 10.1007/ s12665-016-5821-0.
- Birol, N., 2007. Dipsiz-Çine Çayı (Muğla-Aydın)’nın Bentik Makroomurgasızlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Birtwell I. K., 1999. The Effects of Sediment on Fish and their Habitat, Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document, 99/139, Canada, 34.
- Bizsel, N. ve Uslu, O., 2000. Phosphate, Nitrogen and Iron Enrichment in the Polluted Izmir Bay, Aegean Sea. Marine Environmental Research, 49, 2, 101-122. DOI: 10.1016/S0141-1136(99)00051-3.
- Boggs, G., Devonport, C., Evans, K. ve Puig, P., 2001. GIS-based Rapid Assessment of Erosion Risk in A Small Catchment in the Wet/Dry Tropics of Australia, Land Degradation and Development, 12, 417-434.

- Boroushaki, S. ve Malczewski, J., 2010. Measuring Consensus for Collaborative Decision-making: A GIS-based Approach. Computers, Environment and Urban Systems, 34, 4, 322–332.
- Borselli, L., Torri, D., Poesen, J. ve Laquinta, P., 2012. A Robust Algorithm for Estimating Soil Erodibility in Different Climates, Catena, 97, 85-94. DOI: 10.1016/j.catena.2012.05.012.
- Bossio D, Geheb, K. ve Critchley, W., 2010. Managing Water by Managing Land: Addressing Land Degradation to Improve Water Productivity and Rural Livelihoods, Agricultural Water Management, 97, 4, 536–542. DOI:10.1016/j.agwat.2008.12.001.
- Bouderbala, D., Souidi, Z., Donze, F., Chikhaoui, M. ve Nehal, L., 2018. Mapping and Monitoring Soil Erosion in A Watershed in Western Algeria, Arabian Journal of Geosciences, 11, 744. DOI: 10.1007/s12517-018-4092-3.
- Bouyoucos, G.S., 1962 (Çev. Saatçi, T. 1967). Toprakların Mekanik Analizini Yapmak İçin Hidrometre Metodunun Yeniden Ayarlanması, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4, 1.
- Boyce, R.C. 1975. Sediment Routing With Sediment Delivery Ratios, Present and Prospective Technology for ARS, USDA, Washington, D.C.
- Boyd, C.E., 2015. Water quality: An introduction. DOI: 10.1007/978-3-319-17446-4.
- Boyd, C.E. ve Tucker, C.S., 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA, 700s.
- Bremner, J.M., 1965. Inorganic Forms of Nitrogen in C. A. Black et al (ed). Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1179-1237. Am.Soc.of.Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Brown L.C. ve Barnwell T.O., 1987. The Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS, Documentation No. EPA/600/3-87/007, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
- Bulut, V., N., 2005. Trabzon(Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Camara, M., Jamil, N.R. ve Abdullah, A.F.B., 2019. Impact of Land Uses on Water Quality in Malaysia: a Review, Ecological Processes, 8, 10. DOI: 10.1186/s13717-019-0164-x.
- Cao, Z.J., Zhang, X.B. ve Ai, N.S., 2011. Effect of Sediment on Concentration of Dissolved Phosphorus in the Three Gorges Reservoir. Int. J. Sediment Res. 26, 1, 87-95. [http://dx.doi.org/10.1016/S1001-6279\(11\)60078-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1001-6279(11)60078-4).

- Cao, C., Xu, P., Wang, Y., Chen, J., Zheng, L. ve Niu, C., 2016. Flash Flood Hazard Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Methods in Coalmine Subsidence Areas, Sustainability, 8, 948. DOI: 10.3390/su8090948.
- Chen, Y.R., Yeh, C.H. ve Yu, B.F., 2011. Integrated Application of the Analytic Hierarchy Process and the Geographic Information System for Flood Risk Assessment and Flood Plain Management in Taiwan, Nat Hazards, 59, 3, 1261–1276. DOI:10.1007/s11069-011-9831-7.
- Chandio, I.A, Matori, A.N.B., WanYusof, K.B., Talpur, M.A.H., Balogun, A.L. ve Lawa, D.U., 2013. GIS-based Analytic Hierarchy Process as A Multicriteria Decision Analysis Instrument: A Review, Arabian Journal of Geosciences, 6, 8, 3059–3066. DOI:10.1007/s12517-012-0568-8.
- Chang, M., 2003. Forest Hydrology : An Introduction To Water And Forests, 373p, 2003. <http://bookos.org/>.
- Chang, M., McCullough, J.D. ve Granillo, A.B., 1983. Effects Of Land Use and Topography on Some Water Quality Variables in Forested East Texas, Water Resour. Bull., 19, 191–196.
- Chaudhry, F.N., ve Malik, M.F., 2017. Factors Affecting Water Pollution: a Review, J. Ecosyst Ecography, 7, 225, 1–3.
- Cho, J.,H., 2001. The Impact of Hydroelectric Power Plant Discharge on the Water Quality of the Namde River, Environmental Engineers, 6, 3, 123-130.
- Chougule V.A., Sapkale J.B. ve Pawar-Patil V.S., 2021. RUSLE and SDR Model for Erosional Risk Assessment and Sediment Yield Estimation of Achara Basin, Western Coast, India, Disaster Advances, 14, 7, 19-31.
- Cirik S. ve Cirik Ş., 2005. Limnoloji Ders Kitabı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:21, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, 166.
- Conforti, M., Pietro, P., Aucelli, P.P.C., Robustelli, G. ve Scarciglia, F., 2011. Geomorphology and GIS Analysis for Mapping Gully Erosion Susceptibility in the Turbolo Stream Catchment (Norhern Calabria, Italy), Natural Hazards, 56, 881-898.
- Coşkun, M.A., 2012. Akarsularda Su Kalitesi Belirleme ve Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Coşkun, M., Sümer, U., Ulupınar, Y., Şensoy, S., Demircan, M., Bölük, E., Arabacı, H., Eskioglu, O., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Kervankıran, S., 2017. 2016 Yılı İklim Değerlendirmesi, MGM Yayınları.
- Cüberal, İ. ve Ekinci, D., 2006. Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3D) Yöntemiyle Erozyon Analizi. Türk Coğrafya Dergisi, 47, 115-130.

- Çağlar, M., 2011. Murat Nehrin'in Palu İlçesi ve Güllüşkür Bölgeleri Arasında Kalan Kısımının Su Kalitesi ve Bentik Diyatomeleri, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÇEM, 2022. Çölleşme ve Erozyon ile Mücadele Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Menu/32/Erozyon-Kontrolu>. 07.03.2021.
- Çepel, N., Dündar, M. ve Günel, A., 1977. Türkiye'nin Önemli Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etkenler Arasındaki İlişkiler, TUBİTAK Yayınları No. 354, TOAG Seri No. 65, Ankara.
- Çepel, N., 1988. Toprak İlmi Ders Kitabı, Orman Topraklarının Karakteristikleri, Toprakların Oluşumu, Özellikleri ve Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3416, O.F. Yayın No: 389.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 399, İstanbul.
- Çepel, N., 1996. Toprak Erozyonu, Ülkemiz Boyutları ve Orman-Erozyon İlişkisi, TEMA Vakfı 8. Erozyon Eğitim Kursu Notları, Adana, 1-15.
- ÇOB, 2008. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Çoban, F., 2007. Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Dabral, P.P., Baithuri, N., ve Pandey, A., 2008. Soil Erosion Assessment in A Hilly Catchment of North Eastern India Using USLE, GIS and Remote Sensing. Water Resources Management, 22, 1783-1798.
- Damaneh, H.E., Khosravi, H., Habashi, K., Damaneh, H.E. ve Tiefenbacher, J.P., 2021. The Impact of Land Use and Land Cover Changes on Soil Erosion in Western Iran, Natural Hazards. DOI: 10.1007/s11069-021-05032-w.
- Dams, J., Dujardina, J., Reggersa, R., Bashira, I., Cantersb, F. ve Batelaana, O., 2013. Mapping Impervious Surface Change from Remote Sensing for Hydrological Modelling, Hydrology, 485, 84-94.
- Adjei-Darko, P., 2017. Remote Sensing and Geographic Information Systems for Flood Risk Mapping and Near Real-time Flooding Extent Assessment in the Greater Accra Metropolitan Area. Degree project in the Built Environment, Second Cycle, 30 Credits Stockholm, Sweden.
- David Pimentel, N.K., 1998. Ecology of soil erosion in ecosystems Ecosystems, 416-426.
- Davis, S.N. ve DeWiest, R.J.M., 1969. Hydrogeology, John Wiley & Sons, New York.

- Davutluoglu, O.I., Seckin, G., Ersu, C.B., Yilmaz, T. ve Sari, B., 2011. Heavy Metal Content and Distribution in Surface Sediments of the Seyhan River, Turkey. Journal of Environmental Management, 92, 9, 2250–2259.
- De Madron, X.D., Nyffeller, F. ve Godet, C.H., 1990. Hydrographic and Nepheloid Spatial Distribution in the Gulf of Lions Continental Margin, Continental Shelf Research, 10, 19-11, 911-929.
- Dede, Ö.T. ve Sezer, M., 2017. Aksu Çayı Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kanada Su Kalitesi İndeks (CWQI) Modelinin Uygulanması, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32, 3, 909-917.
- Demir, A. ve Selek, Z., 2009. Akyatan Lagünü’nde Tuzluluk ve Bazı Kirlilik Düzeylerinin Saptanarak Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Dağılımlarının Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20, 1, 187–199.
- Demirak, A., Yılmaz, H., Keskin, F., Şahin, Y. ve Akpolat, O., 2012. Investigation of Heavy Metal Content in the Suspended Particulate Matter and Sediments of Inner Gokova Bay and Creeks, Environmental Monitoring and Assessment, 184, 7113-7124. DOI 10.1007/s10661-011-2484-x.
- Depountis, N., Vidali, M., Kavoura, K. ve Sabatakakis, N., 2018. Soil Erosion Prediction at the Water Reservoir’s Basin of Pineios Dam, Western Greece, Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and GIS, WSEAS Transactions on Environment and Development, 14, 457-463. E-ISSN: 2224-3496.
- Desalegn, A., Gessesse, A.T. ve Tesfay, F., 2018. Developing GIS-Based Soil Erosion Map Using RUSLE of Andit Tid Watershed, Central Highlands of Ethiopia. Journal of Scientific Research and Reports, 19, 1, 1-13. ISSN:2320-0227. DOI: 10.9734/JSRR/2018/40841.
- Dilley, M., 2005. Natural disaster hotspots: a global risk analysis (Vol. 5): World Bank Publications.
- Dindaroğlu, T. ve Canbolat, M.Y., 2017. Hidrolojik Fonksiyonlu Havzalarda Fizyografik Karakteristiklere ve Arazi Kullanımına Bağlı Olarak Toprak Özelliklerindeki Değişimin Araştırılması, Turkish Journal of Forest Science, 1, 1, 10-24.
- Ding, J., Jiang, Y., Fu, L., Liu, Q., Peng, Q. ve Kang, M., 2015. Impacts of Land Use on Surface Water Quality in a Subtropical River Basin: A Case Study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. Water, 7, 4427-4445. DOI:10.3390/w7084427.
- Doğan, O. 1982. Ankara Koşullarında Universal Denklem Faktörleri (Ara Rapor), Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 82, Rapor Yayın No: 25, Ankara.
- Doğan, O. ve Küçükkanar, N. 1994. Ankara Yöresinde Ünlversal Toprak Kaybı Eşitliği Parametreleri, KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

- DOKAP, 2013. Doğu Karadeniz Projesi, Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.
- Dölek, İ. ve Avcı, V., 2017. Muş İlının Sel ve Taşkın Duyarlılık Haritalarının Oluşturulması, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5, 44, 190-204.
- DSİ, 2022. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Duarte, A.F. ve Gioda A., 2014. Inorganic Composition of Suspended Sediments in the Acre River, Amazon Basin, Brazil, Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, 21, 1, 3-15.
- Dumago, S.W.L., Puno, G.R. ve Ingotan, S.S., 2018. Water Quality Assessment in Various Land Use and Land Cover of Muleta Watershed Bukidnon, Philippines, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 12, 3, 201-209. ISSN:2222-3045.
- EEA, 2021. European Environment Agency. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/lcc-2012-2018?tab=download>.15.06.2021.
- Efe, R., Ekinci, D. ve Curebal, I., 2008. Erosion Analysis of Findikli Creek Catchment (NW of Turkey) Using GIS Basedon RUSLE (3D) Method, Fresenius Environmental Bulletin, 17, 5, 568-576.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U., 1999. Su Kalitesi (Ders Kitabı), Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 14, 3. Baskı, İzmir, 153 s.
- Elbaşı, E., 2015. Morphometric Analysis of Marmara Sea River Basins, Istanbul University, Thesis(MSc), Turkey.
- Elliott, J.M., 1981. Some Aspects of Thermal Stress on Freshwater Teleosts, in A.D. Pickering (ed.), Stress and Fish, Academic Press, London, 209-245.
- EPA, 1979. A Review of the EPA Red Book, Quality Criteria For Water, American Fisheries Society Water Quality Section, Maryland.
- EPA, 1986. Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.
- EPHA, 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, APHA, AWWA, WEF, 2, 540.
- Erdem, M. ve Türkmen, F., 2020. Çırçıp Deresi Havzasında RUSLE Modeli ile Erozyon Riskinin Değerlendirilmesi, Turnasuyu-Ordu, Akademik Ziraat Dergisi, 9, 1, 129-136.
- Erguvanlı, İ. ve Yüzer E., 1993. Yeraltı Suları Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 967, 293-324.

- Erpul, G., 2009. RUSLE Teknolojisi ile Eldivan Sarayköy Göleti Su Toplama Havzasına Gelebilecek Sediment Miktarının Tahmin Edilmesi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu.
- Ersoy, H., ve Bulut, F., 2009. Spatial and Multi-criteria Decision Analysis-based Methodology for Landfill Site Selection in Growing Urban Regions. Waste Management & Research, 27, 5, 489-500.
- Evans, J.E. ve Seamon, D.E., 1997. A GIS Model to Calculate Sediment Yields from A Small Rural Watershed, Old Wiman Creek, Erie and Huron Countries, Ohio. The Ohio journal of science, 97, 44-52.
- Fashae, O.A., Ayorinde, H.A., Olusola A.O. ve Obateru, R.O., 2019. Landuse and Surface Water Quality in An Emerging Urban City, Applied Water Science, 9, 25. DOI: 10.1007/s13201-019-0903-2.
- Fathizad, H., Karimi, H. ve Alibakhshi, S.M., 2014. The estimation of erosion and sediment by using the RUSLE model and RS and GIS techniques (Case study: Arid and semi-arid regions of Doviraj, Ilam province, Iran), International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7, 6, 304-314.
- Fatoki, S.O. ve Awofolu, R., 2003. Levels of Cd, Hg and Zn in Some Surface Waters from Eastern Cape Province, South Africa, Water SA, 29, 4.
- Fayas, C.M., Abeynsingha, Nirmanee, K.G.S., Samaratunga, D. ve Mallawatantri, A., 2019. Soil Loss Estimation Using Rusle Model to Prioritize Erosion Control in KELANI River Basin in Sri Lanka, International Soil and Water Conservation Research, 7, 2, 130-137. DOI:10.1016/j.iswcr.2019.01.003.
- Ferro, V. ve Minacapilli, M. 1995. Sediment Delivery Processes at Basin Scale. Hydrological Sciences -Journal- des Sciences Hydrologiques, 40, 6.
- Foss, T., 2014. Sample preparation/burning process. [Numune Hazırlama/yakma işlemi]. Application Note.
- Foster, G.R. ve Meyer, L.D., 1977. Soil erosion and Sedimentation by Water- an Overview. Procs., National Symposium on Soil Erosion and Sedimentation by Water, Am. Soc. Of. Agr.Eng., St. Joseph, Michigan, 1-13.
- Fournier, F., 1967. La recherche en erosion et conservation des sols dans le continent africain (research on soil erosion and soil conservation in Africa), Sols Africains (African Soils), 12, 1.
- Fangmeier, D.D., Elliot, W. J., Workman, S. R., Huffman, R. L. ve Schwab, G. O., 2006. Soil Erosion by Water. Soil and Water Conservation Engineering, 5th ed. Thomson Delmar Learning, New York. 134-158.
- Fıstıkoğlu, O. ve Harmancıoğlu, N.B., 2002. Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion, Water Resources Management, 16, 447-467.

- Foss, T., 2014. Sample preparation/burning process. [Numune Hazırlama/yakma işlemi]. Application Note.
- Frenette, M. ve Julien, P. Y., 1987. Computer Modeling of Soil Erosion and Sediment Yield from Large Watersheds, Int. J. Sediment Res., 2, 1,, 39–68.
- Fu, B.J., Zhao, W.W, Chen, L.D., Zhang., Q.J., Lü, Y.H., Gulinck, H. ve Poesen, J., 2005. Assessment of soil erosion at large watershed scale using RUSLE and GIS: A case study in the Loess Plateau of China, Land Degradation and Development 16, 1, 73 – 85. DOI: 10.1002/ldr.646.
- Ganasri, B.P. ve Ramesh, H., 2015. Assessment of Soil Erosion by RUSLE Model Using Remote Sensing and GIS-A Case Study of Nethravathi Basin, Geoscience Frontiers, 7, 953-961. DOI:10.1016/j.gsf.2015.10.007.
- Gangbazo, G. ve Babin, F., 2000. Pollution de l'eau des Rivières Dans les Bassins Versants, Vecteur Environnement, 33, 4, 47–57.
- Ghenim, A.N. ve Megnounif, A., 2013. Analyse des précipitations dans le Nord Ouest Algérien, Secheresse, 24, 107–114. DOI: 10.1684/sec.2013.0380.
- Ghosal, K. ve Bhattacharya, S. D., 2020. A Review of RUSLE Model, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 48, 3. DOI: 10.1007/s12524-019-01097-0.
- Gildea, J.J., 2000. Relationships Between Land Use, Land-use Change and Surface Water Quality Trends in Virginia, Master Science Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Ging, P.B. ve Otero, C.L., 2003. Comparison of Temperature, Specific Conductance, pH and Dissolved Oxygen at Selected Basic Fixed Sites in south-Central Texas, 1996-98. U.S. Geological Survey Open-File Report, 03-087.
- Gordon, N.D., McMahon, T.A., ve Finlayson, B.L., 1993. Stream Hydrology, An Introduction for Ecologists, John Wiley & Sons, New York.
- Görcelioglu, E., 2003. Sel ve Çığ Kontrolü, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Göksu, M. Z., 2003. Su Kirliliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:7, 232.
- Görür, A.E. ve Karadeniz, C., 2018. Morfometrik Parametrelerin Havza Hidrolojisi Bakımından Değerlendirilmesi, Türkiye Ormanlık Dergisi, 19, 4, 447-454.
- Gülbenk, H., 2013. Tohma Çayı' nın Bentik Algleri ve Su Kalite Düzeyinin Saptanması, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu Z. 1997, Su Kalitesi, Birinci Baskı, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43, Ankara.

- Günhan, E., 2019. Ergene Nehri Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Kimyasal Oksijen İhtiyacının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Gürgen, 2004. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24, 2, 79-92.
- Granillo, A.B., Chang, M. ve Rashin, E.B., 1985. Correlation Between Suspended Sediment and Some Water Quality Parameters in Small Streams of Forested East Texas, Texas J. Sci., 37, 227–234.
- Grant, C.G.J. ve Lee, E.M., 2004. Life History Characteristics of Freshwater Fishes Occurring in Newfoundland and Labrador, with Major Emphasis on Riverine Habitat Requirements, Canada.
- Greb, S.R. ve Graczyk, D.J., 1993. Dissolved Oxygen Characteristics of Wisconsin Streams, Water Sci Technol., 28, 575-581.
- Gupta, S. ve Gupta, S.K., 2021. Development and Evaluation of An Innovative Enhanced River Pollution Index Model for Holistic Monitoring and Management of River Water Quality, Environmental Science and Pollution Research, 1–14.
- Gültekin, F., Ersoy, A.F., Hatipoğlu, E. ve Çelep, S., 2012. Trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi, Ekoloji, 21, 82, 77-88. DOI: 10.5053/ekoloji.2011.8211.
- Güvensel, T., 2006. Ömerli Baraj Gölü Su Kalitesinin Arastırılması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gyawali, S., Techato, K., Yuangyai, C. ve Musikavong, C., 2013. Assessment of Relationship Between Land Uses Of Riparian Zone And Water Quality Of River For Sustainable Development Of River Basin, A case study of U-Taoao River Basin, Thailand, Procedia Environmental Sciences, 291-297.
- Hauraki District Council, 2003. Water Quality Parameters, Chemical and Physical Factors Influencing Water Quality in Rivers and Streams, Hauraki District Council, 38.
- Hem, J.D., 1986. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper, 2254.
- Henley, W. F., M. A. Patterson, R. J. Neves, and A. D. Lemly. 2000. Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review from natural resource managers. Reviews in Fisheries Science 8, 2, 125-139.
- Horton, R.E., 1932. Drainage Basin Characteristics, American Geophysics Union, 350–361.

- Horton, R.E., 1945. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Bulletin of the Geological Society of America, 56, 275–330.
- Hoşgören, M. Y., 2001. Hidrografiya'nın Ana Çizgileri 1: Yeraltısuları-Kaynaklar-Akarsular, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Hu, S., Cheng, X., Zhou, D. ve Zhang, H., 2017. GIS-based Flood Risk Sssessment in Suburban Areas: a Case Study of the Fangshan District, Beijing, Natural Hazards, 87, 1525-1543. DOI: 10.1007/s11069-017-2828-0.
- Hudson, N.W., 1981. Soil conservation, 2nd edn. Batsford, London.
- Hynes, H. B. N., 1977. A Key to the Adults and Nymphs of British Stone Flies, Freshwater Biological Association Scientific Publication No: 17, Ontario, 90.
- Ibrahim, A.L., Yaakub, S.Y., Khan, N.L.M. ve Huey, T.T., 2012. Application of geographic information system in soil erosion prediction. The 33rd Asian Conference on Remote Sensing, 26-30 November, Pattaya, Thailand.
- Irmak, A., 1954. Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 27, İstanbul.
- Issa, L.K., Lech-Hab, K.B.H., Raissouni, A. ve El Arrim, A., 2016. Cartographie quantitative du Risqued'Erosion des sols par Approche SIG/USLE au Niveau du Bassin versant Kalaya (Maroc Nord occidental) quantitative mapping of soil Erosion risk using GIS/USLE approach at the Kalaya watershed (North Western Morocco), J. Mater. Environ. Sci., 7, 8, 2778–2795.
- Issaka, S. ve Ashraf, M.A., 2017. Impact of Soil Erosion and Degradation on Water Quality: A Review, Taylor&Francis Group, Geology, Ecology and Landscapes, 1, 1, 1-11. DOI: 10.1080/24749508.2017.1301053.
- İrvem, A., Topaloğlu, F. ve Uygur, V., 2007. Estimating Spatial Distribution of Soil Loss Over Seyhan River Basin in Turkey, Journal of Hydrology, 336, 30-37.
- İrvem, A. ve Tülücü, K. 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Toprak Kaybi ve Sediment Verimi Tahmin Modelinin (EST) Oluşturulması ve Seyhan Körkün Alt Havzasına Uygulanması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Jackson H.M., 2006. The Impact of Hydroelectric Power Operations on the Invertebrate Fauna of the River Lyon, Perthshire, Scotland, Doctor thesis, University of Aberdeen.
- Jamshidi, R., Dragovich, D. ve Webb, A.A., 2012. Native Forest C Factor Determination Using Satellite Imagery in Four Sub-Catchments. Revisiting Experimental Catchment Studies in Forest Hydrology, Edition: IAHS Publication 353Publisher: IAHS Press. Editors: Ashley A. Webb, Mike Bonell, Leon Bren, Patrick N.J.

- Lane, Don McGuire, Daniel G. Neary, Jami Nettles, David F. Scott, John D. Stednick, Yanhui Wang.
- Jayasekara, M.J.P.T.M., Kadupitiya, H.K. ve Vitharana, U.W.A., 2018. Mapping of Soil Erosion Hazard Zones of Sri Lanka, *Tropical Agricultural Research*, 29, 2, 135–146.
- Johnson, L.B., Richards, C., Host, G.E., ve Arthur, J.W., 1997. Landscape Influences on Water Chemistry in Midwestern Stream Ecosystems, *Freshwater Biology*, 37, 193–208.
- Jung, K.W., Lee, S.W., Hwang, H.S. ve Jang, J.H., 2008. The Effects of Spatial Variability of Land Use on Stream Water Quality in A Costal Watershed, *Paddy and Water Environment*, 6, 3, 275-284. DOI: 10.1007/s10333-008-0122-1.
- Kaçar, B., 2012. Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri I.Temel Laboratuvar Bilgisi. 1. Basım Haziran. Nobel Yayınları.
- Kalambukattu, J.G. and Kumar, S., 2017. Modelling Soil Erosion Risk in a Mountainous Watershed of Mid-Himalaya by Integrating RUSLE Model with GIS, *Eurasian Journal of Soil Science*, 6, 2, 92-105. DOI: 10.18393/ejss.2017.2.092-105.
- Kankal, M. ve Akçay, F., 2019. Trabzon İli Yağışlarının Eğilim Analizi, *GÜFBED*, 9, 2, 318-331. DOI: 10.17714/gumusfenbil.448542.
- Kantarci M. D., 2000. Toprak ilmi, İstanbul Üniversitesi Yayın No 4261, İstanbul, 420 s.
- Kara, Ö., Çakıroğlu, K. ve Koralay. N., 2018. Foldere Yağış Havzasında Rusle Yöntemine Göre Toprak Erozyonunun Belirlenmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20, 3, 638-652.
- Karabulut, M. ve Küçükönder, M. 2008. Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11, 14-22.
- Karagül, R., 1994. Trabzon-Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şartları Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ile Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karagül, R. 1999. Trabzon-Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, *Journal of Agriculture and Forestry-TUBITAK*, 23, 53-68.
- Karagüllü, D., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Trabzon İli Söğütlü (Kalanima) Deresi Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karamage, F., Shao, H., Chen, X., Ndayisaba, F., Nahayo, L., Kayiranga, a., Omifolaji, J.K., Liu, T. ve Zhang, C., 2016. Deforestation Effects on Soil Erosion in the Lake Kivu Basin, D.R. Congo-Rwanda, *Forests*, 7, 281, 1-17.

- Karikari, A.Y. ve Ansa-Asare O.D., 2006. Physico-chemical and microbial water quality assessment of Densu River of Ghana, West Afr. J. Appl. Ecol. DOI: 10.4314/wajae.v10i1.45701.
- Karymbalis, E., Andreou, M., Batzakis, D. V., Tsanakas, K. ve Karalis, S., 2021. Integration of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis and Analytic Hierarchy Process for Flood-Hazard Assessment in the Megalo Rema River Catchment (East Attica, Greece), Sustainability, 13, 10232. DOI:10.3390/su131810232.
- Kaya, P. 2008. Türkiye’de Uzun Dönem Yağış Verileri Kullanılarak Ulusal Ölçekte RUSLE-R Faktörünün Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kellett, B.A., 1965. A preliminary Study of the Brown Trout, *Salmo trutta L.*, in Long Pond, St. John's, Newfoundland. B.Sc. Hon. thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL.
- Kent, R. ve Belitz, K., 2004. Concentrations of Dissolved Solids Nutrients in Water Sources and Selected Streams of the Santa Ana Basin, California, October 1998-September 2001, U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report. 03-4326, 61.
- Khan, A.N., Khan, B., Qasim, S. ve Khan, S. N., 2013. Causes, Effects and Remedies: A Case Study of Rural Flooding in District Charsadda, Pakistan. Journal of Managerial Sciences, 7, 1.
- Khassaf, S.I. ve Rammahi, A.H., 2018. Estimation of Slope Length Factor (L) and Slope Steepness Factor (S) of RUSLE Equation in the Euphrates River Watershed by GIS Modeling, Kufa Journal of Engineering, 9, 3, 81-91. DOI:10.30572/2018/kje/090307.
- Kılıç, O.M., Duman, E. ve Ersayın, K., 2018. Çekerek Havzası’nın USLE Yöntemine Dayalı Erozyon Modellemesi, TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 3-6 Ekim, Ankara.
- Kidane, M., Bezie, A., Kesete, N. ve Terefe, T., 2019. The Impact of Land Use and Land Cover (LULC) Dynamics on Soil Erosion and Sediment Yield in Ethiopia. Heliyon, 5, 12. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02981.
- Kijowska-Strugała, M., Bucala-Hrabia, A. ve Demczuk, P., 2017. Long-term Impact of Land Use Changes on Soil Erosion in An Agricultural Catchment (in the Western Polish Carpathians), Land Degrad. Dev., 29, 1871–1884. DOI: 10.1002/ldr.2936.
- Koralay, N., 2015. Solaklı Deresi Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Koralay, N. ve Kara Ö., 2019. Determination of Morphometric Characteristics in Değirmendere Watershed Using ArcGIS Software. 3. International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences, 16-18 April 2019, Trabzon, Turkey, 1195-1204.
- Koralay, N. ve Kara, Ö., 2021. Effects of morphometric characteristics on flood in Degirmendere Sub-Watersheds, Northeastern Turkey. *International Journal of River Basin Management*. DOI: 10.1080/15715124.2021.1981355.
- Koralay N., Kara Ö. ve Kezik U., 2014. Solaklı Deresinde Askıda Katı Madde Miktarının Zamansal Değişimi, I.Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Çankırı, 48.
- Koralay N., Kara Ö. ve Kezik U., 2016. Determining Watershed Geomorphology of Solaklı Stream in Trabzon Province, Turkey, *International Forestry Symposium, IFS2016*, Ekim, Kastamonu, Türkiye, Bildiriler Kitabı.
- Koralay, N., Kara, Ö. ve Kezik, U. 2018. Effects of Run-of-the-River Hydropower Plants on the Surface Water Quality in the Solaklı Stream Watershed, Northeastern Turkey, *Water and Environment Journal*, 32, 3, 412-421. DOI: 10.1111/wej.12338.
- Kouli, M., Soupios, P. ve Vallianatos, F., 2009. Soil Erosion Prediction Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS Frame-work, Chania, Northwestern Crete, Greece, *Environmental Geology*, 57, 483-497.
- Kourgialas, N.N. ve Karatzas, G.P., 2011. Flood Management and a GIS Modelling Method to Assess Flood-Hazard Areas-a Case Study, *Hydrological Sciences Journal*, 56, 2.
- Kulabaş, E. ve Kılıcı, M., 1997. Anakayalar ve Toprakların Karakteristik Özellikleri ve Pratik Teşhis Anahtarları.
- Kumar Jain, M. ve Das D., 2010. Estimation of Sediment Yield and Areas of Soil Erosion and Deposition for Watershed Prioritization Using GIS and Remote Sensing, *Water Resour Manag.*, 24, 2091–2112.
- Kumar, T., Jhariya, D. C. ve Pandey, H. K., 2019. Comparative Study of Different Models for Soil Erosion and Sediment Yield in Pairi Watershed, Chhattisgarh, India, *Geocarto International*. DOI: 10.1080/10106049.2019.1576779.
- Kurt, A., 2012. Doğancı Baraj Gölü Su Kalitesinin TBA Yardımıyla Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Kuru, A. ve Terzi, F., 2018. Determination of New Deveploment Area in Kırklareli by GIS Based Weighted Overlay Analysis, *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJECEO)*, 5, 3, 244-259. ISSN: 2148-9173.

- Kurunç A., Yürekli K. ve Öztürk F., 2005. Effect of Discharge Fluctuation on Water Quality Variables from the Yeşilırmak River, Tarım Bilimleri Dergisi, 11, 2, 189-195.
- Kütükçü, A., Kaya, S., Kabdasli, S., ve Gazioğlu, C., 2015. Nehir Havzalarının Morfolojik Karakteristiklerinin CBS Destekli Nümerik Modeller Kullanılarak Analizi, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015, Konya, Türkiye.
- Laflen, J.M., Foster, G.R. ve Onstad, C.A. 1985. Simulation of Individual- storm Soil Loss for Modeling the Impact of Soil Erosion on Crop Productivity, Soil Erosion and Conservation, 285-295.
- Lambert, C.P. ve Wailing, D.E., 1988. Measurement of Channel Storage of Suspended Sediment in a Gravel-Bed River, Catena, 15, 65-80.
- Leal, J.E., 2020. AHP-express: A Simplified Version of the Analytical Hierarchy Process Method, MethodsX, 7. DOI: 10.1016/j.mex.2019.11.021
- LeBlanc, R.T., Brown, R.D. ve FitzGibbon, J.E., 1997. Modeling the Effects of Land Use Change on the Water Temperature in Unregulated Urban Streams, J. Environ. Manage., 49, 445–469.
- Lee, A.H.I., Chen, W.C. ve Chang, C.J., 2008. A Fuzzy AHP and BSC Approach for Evaluating Performance of IT Department in the Manufacturing Industry in Taiwan, Expert Syst. Appl., 34, 1, 96–107. DOI:10.1016/j.eswa.2006.08.022
- Lee, G. ve Lee, K., 2010. Determining the Sediment Delivery Ratio Using Sediment-rating Curve and a Geographic Information System-embedded Soil Erosion Model on Basin Scale, Journal of Hydrologic Engineering, 15, 10, 834-843. DOI:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000254.
- Lee, M.D. ve Bastemeijer, T.F., 1991. Drinking Water Source Protection: A Review of Environmental Factors Affecting Community Water Supplies, Occasional Paper 15. IRC International Water and Sanitation Centre, The Hague, 5–34.
- Lee, S.H., 1971. Fecundity of Four Species of Salmonid Fishes in Newfoundland Waters. M.Sc. thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL., 114.
- Lee, S.E. ve Kang, S.H., 2013. Estimating the GIS-based Soil Loss and Sediment Delivery Ratio to the Sea for Four Major Basins in South Korea. Water Science and Technology, 68, 1, 124-133. DOI: 10.2166/wst.2013.194.
- Lenat D.R. ve Crawford J.K., 1994. Effects of land Use on Water Quality and Aquatic Biota of Three North Carolina Piedmont Streams, Hydrobiologia, 294, 3, 185–200.

- Li, X., Nian, Y., Zhou, J. ve Hu, X., 2014. Impact of Land Use Change on Water Resource Allocation in the Middle Reaches of the Heihe River Basin in North Western China, J. Arid. Land., 6, 3, 273–286.
- Li, Y. ve Migliaccio, K. 2011. Water Quality Concepts, Sampling and Analyses, Taylor and Francis Group, CRC Press, LLC.
- Liew, P.K.L., 1969. A Study on the Biology of Brown Trout, *Salmo trutta L.* from Four Different Habitats on the Avalon Peninsula, Newfoundland, M.Sc. thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL., 186.
- Liyanagamage, S.P. ve Hewa, G.A., 2012. Link Between Flow Regime and the Catchment Hypsometry: Analysis of South Australian Basins, Journal of Hydrologic Engineering, 17, 12, 1287-1295.
- Lopez, P., Lluç, X., Vidal, M. ve Morgui, J.A., 1996. Adsorption of Phosphorus on Sediments of the Balearic Islands (Spain) Related to Their Composition, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 42, 2, 185-196.
DOI: 10.1006/ecss.1996.0014.
- Lopez, T. D. M., Aide, T. M. ve Scatena, F. N., 1998. The Effect of Landuse on Soil Erosion in the Guadiana Watershed in Puerto Rico, Caribb. J.Sci., 34, 3-4, 298-307.
- Lopez-Vicente, M., Lana-Renault, N., Garcia-Ruiz, J.M. ve Ana, N., 2011. Assessing the Potential Effect of Different Land Cover Management Practices on Sediment Yield from an Abandoned Farmland Catchment in the Spanish Pyrenees, J. Soils Sediments, 11, 1440–1455.
- Lu, X.X., Song, J.M., Li, X.G., Yuan, H.M., Zhan, T.R., Li, N. ve Gao, X.L., 2005. Geochemical Characteristics of Nitrogen in the Southern Yellow Sea Surface Sediments, J. Marine Syst., 56, 1-2, 17-27. DOI:10.1016/j.jmarsys.2004.06.009.
- MacDonald, L.H., Smart, A.W. ve Wissmar, R.C., 1991. Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in the Pacific Northwest and Alaska, EPA 910/9–91–001, U.S. Environmental Protection Agency.
- McMahon, M.J., Olley, M.J., Brooks, P.A., Smart, C.R.J, Stewart-Koster, B., Venables, N.W., Curwen, G., Kemp, J., Stewart, M., Saxton, N., Haddadchi, A. ve Stout, C.J., 2020. Vegetation and Longitudinal Coarse Sediment Connectivity Affect the Ability of Ecosystem Restoration to Reduce Riverbank Erosion and Turbidity in Drinking Water, Science of the Total Environment, 707, 135904. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135904.
- Maiti, S., K., 2004. Handbook of Methods in Environmental Studies Vol.1 : Water and Wastewater Analysis, Second Edition, Oxford Book Company, India.
- Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons, New York.

- Malczewski, J., 2006. GIS-based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature, *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 7, 703-726.
- Mallawatantri, A., Rodrigo, A. ve De Silva, K., 2016. Medium to Long-term Multi-stakeholder Strategy and Action Plan for Management and Conservation of Kelani River Basin, First Edition, ISBN: 978-955-0205-39-4, Natural Resource Management and Monitoring Unit, Central Environment Authority, Sri Lanka.
- Markus, H.C., 1962. Hatchery-reared Atlantic Salmon Smolts in ten Months, Prog. Fish-Cult, 24, 127-130.
- Marsh, W.M., 1997. Landscape Planning; Environmental Applications, Wiley, New York, 148–150.
- Martin, J.B., Cable, J.E. ve Swarzenski, P.W., 2001. Quantification of Groundwater Discharge and Nutrient Loading to the Indian River Lagoon, Year 1 Report. Gainesville, FL. pp. 81.
- Matshakeni, Z., 2016. Effects of Land Use Changes on Water Quality in Eerste River, South Africa (Unpublished Thesis), University of Zimbabwe, Zimbabwe.
- Mc Nelly, R.N., Neimanis, V.P. ve Dwyer, L., 1979. Water Quality Source BOOK-A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 88.
- MBM, 2020. Trabzon Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü.
- Megep, 2011., Suların Analiz Parametreleri, Megep Projesi Eğitim Modülleri, Çevre Sağlığı, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 64 s.
- Mendie U.E., 2005. The Theory and Practice of Clean Water Production for Domestic and Industrial Use: Purified and Package Water, Lacto-Medal Ltd, Lagos.
- Merritt, W.S, Letcher, R.A. ve Jakeman, A.J., 2003. A Review of Erosion and Sediment Transport Models, Environmental Modelling & Software, 18, 761-799.
- Mir, S.I., Sahid, I., Gasim, M.B., Rahim, S. ve Toriman, M.E., 2015. Prediction of Soil and Nutrient Losses from the Lake Chini Watershed, Pahang, Malaysia, Journal of Physical Science, 26, 1, 53-70.
- Moazzam, M.F.U., Vansarochana, A. ve Rahman, A.U., 2018. Analysis of Flood Susceptibility and Zonation for Risk Management Using Frequency Ratio Model in District Charsadda, Pakistan, International Journal of Environment and Geoinformatics, 5, 2, 140-153. DOI: 10.30897/ijegeo.
- Moore, I.D. ve Burch, G.J., 1986a. Modeling Erosion and Deposition: Topographic Effects, Transactions of the ASAE, 29,6, 1624–1630. DOI: 10.13031/2013.30363.

- Moore, I.D. ve Burch, G.J., 1986b. Physical Basis of the Length-slope Factor in the Universal Soil Loss Equation, Soil Science Society of America Journal, 50, 1294-1298.
- Morisawa, M., 1985. Rivers, Longman, New York.
- Moussebbih, A., Mohamed, S., Larabi, A. ve Mohamed, F., 2019. Modeling and Mapping of the Water Erosion Risk Using GIS/RUSLE Approach in the Bouregreg River Watershed, International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 9, 3, 1605-1618. ISSN: 2249-6890.
- MTA, 2021. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Mul, M., Obuobie, E., Appoh, R., Kankam, K., Bekoe-obeng, E., Amisigo, B. ve McCartney, M., 2015. Water Resources Assessment of the Volta River Basin, IWMI, 166, Colombo.
- Mutlu, E., 2019. Evaluation of Spatio-temporal Variations in Water Quality of Zerveli Stream (Northern Turkey) Based on Water Quality Index and Multivariate Statistical Analyses, Environmental Monitoring and Assessment, 191, 6, 335. DOI: 10.1007/s10661-019-7473-5.
- Mutlu, M. ve Sarı, M., 2017. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Madencilik Sektöründe Kullanımı, Bilimsel Madencilik Dergisi, 56, 4, 181-196.
- Nabeela, F., Azizullah, A., Bibi, R., Uzma, S., Murad, W. ve Shakir, S.K., 2014. Microbial Contamination of Drinking Water in Pakistan - A Review, Environmental Science and Pollution Research, 21, 24, 13929-13942.
- Nagaraju, A., Sunil Kumar, K. ve Thejaswi, A., 2014. Assessment of Groundwater Quality for Irrigation: A Case Study from Bandalamottu Leadmining Area, Guntur District, Andhra Pradesh, South India, Applied Water Science, 4, 385-396.
- Nhmrc., 2014. Report on Australian Clinical Practice Guidelines.
- Nijimbere, G. ve Lizana, C.R., 2019. Assessment of Soil Erosion of Burundi Using Remote Sensing and GIS by RUSLE Model, RUDN Journal of Ecology and Life Safety, 27, 1, 17-28. DOI:10.22363/2313-2310-2019-27-1-17-28.
- Nijoku, C. G., Efiong, J., Uzoezie, A. C., Okeniyi, F.O ve Alagbe, A.O., 2018. A GIS Multi-Criteria Evaluation for Flood Risk-Vulnerability Mapping of Ikom Local Government Area, Cross River State, Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 15, 2, 1-17, ISSN: 2454-7352.
- Obot., O.I., Ekpo, I.F. ve David, G.S., 2019. The Effect of Sand Mining on the Physico-Chemical Parameters of Ikot Ekpan River, Akwa Ibom State, Nigeria, Journal of Aquatic Science and Marine Biology, 2, 4, 21-24. ISSN 2638-5481.
- OGM, 2019. Orman Genel Müdürlüğü

- Oğuz K., Oğuz, E. ve Coşkun, M., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği, 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 23-25 Kasım, Rize, Bildiriler Kitabı, 793-803.
- Oğuz, I., Susam, T., Koçyiğit, R., Bıçak, H., Demirkıran, O ve Demir, S., 2019. Estimation of Soil Erosion and River Sediment Yield in Rural Basin of North Anatolia, Turkey, Applied Ecology and Environmental Research, 17, 4, 7741-7763. DOI: 10.15666/aeer/1704_77417763.
- Olubukola, O.A., Sangodoyin, A.Y., Ogedengbe, K. ve Omodele, T. 2013. Mapping of River Water Quality Using Inverse Distance Weighted Interpolation In Ogun-Osun River Basin, Nigeria, Landscare & Enviroment, 7, 2, 48-62.
- Olubukola, O.A., Sangodoyin, A.Y., ve Omodele, T. 2017. Classification of River Water Quality in Ogun and Ona River Basins, Nigeria using CCME framework: Implications for Sustainable Environmental Management, Cogent Environmental Science, 3, 1-18.
- Opan, M., Doğan, E., Sönez, O., Temiz, T. ve Demir, F., 2017. Arazi Kullanımı Değişiminin Akarsuda Taşınan Katı Madde Miktarına Etkisi: Taşlıçay Deresi, Türkiye. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017), Baku, Azerbaijan.
- Osei, B. K., Ahenkorah, I., Ewusi, A. ve Fiadonu, E. B., 2021. Assessment of flood prone zones in the Tarkwa mining area of Ghana using a GIS-based approach. Environmental Challenges, 3. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100028>
- Owens, P.N. ve Walling,, D.E., 2001. The Phosphorus Content of Fluvial Sediment in Rural and Industrialized River Basins, Water Research, 36, 685-701.
- Özbektaş, S., 2015. Akarsulardaki Fizikokimyasal Su Kalitesinin Araştırılması: Trabzon Değirmendere ve Kolları Üzerinde Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özcan, E., 2006. Sel olayı ve Türkiye, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 26, 1, 35-50.
- Özcan, A.U., Uzun, O., Başaran, M., Erpul, G., Akşit, S. ve Palancıoğlu, H.M. 2015. Soil Erosion Risk Assessment for Volcano Cone of Alidağı Mountain by Using USLE/RUSLE, GIS and Geostatistics, Fresenius Environmental Bulletin, 24, 2090-2100.
- Özdemir, H., 2011. Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. Ekinci, D. (Ed.), Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, 507-526, İstanbul.
- Özdemir, H. ve Bird, D., 2009. Evaluation of Morphometric Parameters of Drainage Networks Derived from Topographic Maps and DEM in Point of Floods, Enviromental Geology, 56, 1405–1415. DOI 10.1007/s00254-008-1235-y.

- Özdemir, M.A. ve Tatar, S., 2016. CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8, 1, 1-21. DOI: 10.15659/hartek.16.03.122.
- Özer, Z., 2008. Tarımsal Altyapı Hizmetlerinde Drenaj ve Arazi Islahı Mühendisliği, Tarım ve Köyisleri Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özhan, S., 2004. Havza Amenajmanı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 481, İstanbul, 384s.
- Özkan, S.P. ve Tarhan, Ç., 2012. SRTM Sayısal Yükseklik Modeli ve CBS ile Sel Risk Alanlarının Belirlenmesi: İzmir Örneği, IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu(UZAL-CBS), Ekim, Zonguldak.
- Öztürk, D., 2009. CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri ile Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özşahin, 2013. Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi, Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi, 4, 12, 91-109.
- Özşahin, E., 2016. Ergene Havzasında (Trakya) Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Değişikliklerinin Erozyon Üzerine Etkileri, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31, 1, 117-126. DOI: 10.7161/anajas.2016.31.1.117-126.
- Özyuvacı, N., 1971. Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tesbitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 21, 1, 190-207.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E. ve Montanarella, L., 2015. Estimating the Soil Erosion Cover-Management Factor at the European Scale, Land Use Policy, 48, 38-50. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.05.021.
- Panhalkar, S.S., Mali, S.P. ve Pawar, C.T, 2012. Morphometric Analysis and Watershed Development Prioritization of Hiranyakeshi Basin in Maharashtra, India, International Journal of Environmental Sciences, 3, 1, 525534, DOI:10.6088/ijes.2012030131052.
- Parsons, T., Maita, Y. ve Lalli, C.M., 1984. Manual of Chemical and Biological Methods for Sea Water Analysis, Pergamon Press, Grait Britain, 173.
- Papaioannou G., Vasiliades L. ve Loukas, A., 2015. Multi-Criteria Analysis Framework for Potential Flood Prone Areas Mapping, Water Resource Management, 29, 399-418. DOI: 10.1007/s11269-014-0817-6.
- Patton, P.C., 1988. Drainage Basin Morphometry and Floods, Flood Geomorphology, 51-64.

- Patil, M., Patel, R. ve Saha, A., 2021. Sediment Yield and Soil Loss Estimation Using GIS Based Soil Erosion Model: A Case Study in the MAN Catchment, Madhya Pradesh, India. *Environmental Sciences Proceedings*, 8, 26. DOI: 10.3390/ecas2021-10348.
- Pham, B.T., Avand, M., Janizadeh, S., Phong, T.V., Al-Ansari, N., Ho, L.S., Das, S., Le, H.V., Amini, A., Bozchaloei, S.K., et al., 2020. GIS Based Hybrid Computational Approaches for Flash Flood Susceptibility Assessment, *Water*, 12, 683.
- Pike, R.J. ve Wilson, S.E., 1971. Elevation–Relief Ratio, Hypsometric Integral and Geomorphic Area–Altitude Analysis, *Geological Society of American Bulletin*, 82, 1079–1084.
- Poff, N.L., Richter, B.D., Arthington, A.H., Bunn, S.E., Naiman, R.J., Kendy, E., Acreman, M., Apse, C., Bledsoe, B.P., Freeman, M.C., Henriksen, J., Jacobson, R.B., Kennen, J.G., Merritt, D.M., O’keeffe, J.H., Olden, J.D., Rogers, K., Tharme, R.E. ve Warner, A., 2010, The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): A New Framework for Developing Regional Environmental Flow Standards, *Freshwater Biology*, 55, 147-170. DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02204.x.
- Prasannakumar, V., Vijith, H., Abinod, S. ve Geethe, N., 2011. Estimation of Soil Erosion Risk Within A Small Mountainous Sub-Watershed in Kerala, India, Using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and Geo-Information Technology, *Geoscience Frontiers*, 3, 2, 209-215. DOI:10.1016/j.gsf.2011.11.003.
- Predick, K.I. ve Turner, M.G., 2007. Landscape Configuration and Flood Frequency Influence Invasive Shrubs in Floodplain Forests of the Wisconsin River (USA), *Journal of Ecology*, 96, 91–102. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2007.01329.x.
- Pullanikkatil D., Palamuleni L.G. ve Ruhiiga T.M., 2015. Impact of Landuse on Water Quality in the Likangala Catchment, Southern Malawi, *African Journal of Aquatic Science*, 40, 3, 277–286. DOI: 10.2989/16085914.2015.1077777
- Quilbe, R., Rousseau, A. N., Duchemin, M., Poulin, A., Gangbazo, G. ve Villeneuve, J., 2006. Selecting a Calculation Method to Estimate Sediment and Nutrients Loads in Streams: Application to the Beaurivage River (Quebec, Canada), *Journal of Hydrology*, 326, 1-4, 295-310. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.11.008.
- Raleigh, R.F., Zuckerman L.D. ve Nelson P.C., 1986. Habitat Suitability Index Models and Instream Flow Suitability Curves: Brown Trout, U.S. National Ecology Center, Division of Wildlife and Contaminant Research, Research and Development, Fish and Wildlife Service, Biological Report, 82, 65.
- Rangsiwanichpong, P., Kazama, S. ve Gunawardhana, L., 2018. Assessment of Sediment Yield in Thailand Using Revised Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System Techniques, *River Research and Applications*, 34, 9, 1113-1122. DOI: 10.1002/rra.3351.

- Reeves, G.H. ve Roelofs, T.D., 1982. Influence of Forest and Rangeland Management on Anadromous Fish Habitat in Western North America: 13. Rehabilitating and Enhancing Stream Habitat, 2. Field Application, Gen. Tech. Rep. PNW-140, USDA Forest Service, Pacific NW Forest and Range Exp. Sta., Portland, OR.
- Reis, M., Bolat, N., Dutal, H. ve Abız, B., 2017. Producing Erosion Risk Map Using Remote Sensing Techniques and RUSLE Method in Halfalı Stream Catchment of Kahramanmaraş, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17, 1, 176-185. DOI: 10.17475/kastorman.288171.
- Renard, K.G., Foster, G.R., 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), US Government Printing Office Washington, DC.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. ve Porter, J.P., 1991. RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation, Journal of Soil and Water Conservation, 46, 30-33.
- Reynolds, J.B., Simmons, R.C. ve Burkholder, A.R., 1989. Effects of Placer Mining Discharge on Health and Food of Arctic Grayling, Water Resour. Bull., 25, 625–635.
- Rincon, D., Khan, U.T. ve Armenakis, C., 2018. Flood Risk Mapping Using GIS and Multi-Criteria Analysis: A Greater Toronto Area Case Study, Geosciences, 8, 275. DOI: 10.3390/geosciences8080275.
- Rossi, L., Krejci, V., Rauch, W., Kriekenbaum, S., Fankhauser, R. ve Gujer, W., 2005. Stochastic Modeling of Total Suspended Solids (TSS) in Urban Areas During Rain Events, Water Research, 39, 4188–4196.
- Ryan, P.M., 1988. Trout in Canada's Atlantic provinces, Underwater World Factsheet, Fisheries and Oceans Canada, Ottawa, Ontario. Cat. No. Fs 41-33/58-1988E, 6.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill, New York.
- Samanta, S., Koloa, C., Pal, D.K. ve Palsamanta, B., 2016. Estimation of Potential Soil Erosion Rate Using RUSLE and E₃₀ Model, Modeling Earth Systems and Environment, 2, 149, 1–11.
- Saygın, S.D., Özcan, A.U., Basaran, M., Timur, O.B., Dolarslan, M., Yılman, F.E. ve Erpul, G. 2014. The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey, Environmental Earth Sciences, 71, 1605-1618.
- Schertz, D.L., 1983. The Basis for Soil Loss Tolerance, Journal of Soil and Water Conservation, 38, 10-14.

- Scruton, D.A., Sooley D.R., Moores L., Barnes M.A., Buchanan R.A., ve McCubbin R.N., 1997. Forestry Guidelines for the Protection of Fish Habitat in Newfoundland and Labrador. Department of Fisheries and Oceans, St. John's, NL., 63.
- Seehorn, M.E., 1992. Stream Habitat Improvement Handbook, U.S. Forest Service Tech. Publ. R8-TP 16.
- Setyawan, C., Lee, C.Y. ve Prawitasari, M., 2017. Application of GIS Software for Erosion Control in the Watershed Scale, International Journal of Scientific & Technology Research, 6, 1. ISSN 2277-8616.
- Shaban, A., Khawlie, M. ve Abdallah, C., 2006. Use of Remote Sensing and GIS to Determine Recharge Potential Zones: the Case of Occidental Lebanon, Hydrogeology Journal, 14, 433–443.
- Shabbir, R. ve Ahmad, S.S., 2015. Use of Geographic Information System and Water Quality Index to Assess Groundwater Quality in Rawalpindi and Islamabad, Arabian Journal for Science and Engineering, 40, 7, 2033–2047.
- Shallow, P.G., 1956. River Flow in the Cameron Highlands, Hydroelectric technical Memorandum 3. Kuala Lumpur: Central Electricity Board.
- Shinde, V., Sharma, A., Tiwari, K.N. ve Singh, M. 2011. Quantitative Determination of Soil Erosion and Prioritization of Micro-Watersheds Using Remote Sensing and GIS, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 39, 2, 181–192. DOI: 10.1007/s12524-011-0064-8.
- Shinde, V., Tiwari, K.N. ve Singh, M., 2010. Prioritization of Micro Watersheds on the Basis of Soil Erosion Hazard Using Remote Sensing and Geographic Information System, International Journal Water Resources and Environmental Engineering, 2, 3, 130-136.
- Shi, D.M., Yang, Y.S., Lu, X.X. ve Liang, Y., 1992. Analysis of Soil Erosion Characteristics and Sediment Sources for the Yangtze Three Gorges Region, International Journal of Sediment Research, 7, 2, 1-22.
- Simoneau, M., Pelletier, L. ve Martel, N., 1998. Le bassin versant de la rivière Chaudière: profil géographique, sources de pollution et interventions d'assainissement, 4. Le bassin de la rivière Chaudière: l'état de l'écosystème aquatique—1996, Report of Ministère de l'Environnement et de la Faune (editor), Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, Envirodoq noEN980022, pages 1.1 to 1.3.
- Sigua, G. ve Tweedale, W.A., 2003. Watershed Scale Assessment of Nitrogen and Phosphorus Loadings in the Indian River Lagoon Basin, Florida, Journal of Environmental Management, 67, 4, 363-372. DOI: 10.1016/S0301-4797(02)00220-7.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği.

- SKKY, 2021. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde 2021 yılında yapılan değişiklik.
- Soylak, M. ve Doğan, M., 2000. Su Kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Srinivas, C.V., Maji, A.K., Reddy, G.P.O. ve Chary, G.R., 2002. Assessment of Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS in Nagpur District, Maharashtra for Prioritisation and Delineation of Conservation Units, Journal Indian Society of Remote Sensing, 30, 4, 197-212.
- Stanley, S.W. ve Pierre, C., 2000. US Soil Erosion Rates-Myth and Reality, *Science*, 289, 248–250. DOI: 10.1126/science.289.5477.248
- Sthiannopkao, S., Takizawa, S. ve Wirojanagud, W., 2006. Effects of Soil Erosion on Water Quality and Water Uses in the Upper Phong Watershed, Water Science & Technology, 53, 2, 45-52.
- Sthiannopkao, S., Takizawa, S., Homewong, J. ve Wirojanagud, W., 2007. Soil Erosion and Its Impacts on Water Treatment in the Northeastern Provinces of Thailand, Environment International, 33, 706–711. DOI: 10.1016/j.envint.2006.12.007.
- Stimson, J. ve Larned, S.T., 2000. Nitrogen Efflux From the Sediments of a Subtropical Bay and the Potential Contribution to Macroalgal Nutrient Requirements, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 252, 2, 159-180. DOI: 10.1016/S0022-0981(00)00230-6.
- Strahler, A., 1964. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins, *Handbook of Applied Hydrology*, 4-74, New York.
- Sunkar, M. ve Tonbul, S., 2010. İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri, e-Journal of New World Sciences Academy Nature Sciences, 5, 4, 255-273.
- Şen, S., 2007. Büyük Melen Havzasının Su Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Şengül, F., ve Müezzinoğlu, A., 2005. Çevre Kimyası, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, 243s.
- Şensoy, H. ve Kara, Ö., 2014. Slope Shape Effect on Runoff and Soil Erosion Under Natural Rainfall Conditions, iForest – Biogeosciences and Forestry, 7, 110-114. DOI: 10.3832/ifer0845-007.
- Tahiru, A.A., Doke, D.A. ve Baatuuwue, N.B., 2020. Effect of Land Use and Land Cover Changes on Water Quality in the Nawuni Catchment of the White Volta Basin, Northern Region, Ghana, Applied Water Science, 10, 198. DOI: 10.1007/s13201-020-01272-6.
- Tanyolaç, J., 2000. Limnoloji (Tatlı Su Bilimi), Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 263s.

- Tanyolaç, J., 2004. Limnoloji (Tatlı Su Bilimi), Hatipoğlu Yayınevi, 4. Baskı, Ankara, 237s.
- Tanyolaç, J., 2011. Limnoloji, Hatiboğlu Yayını, 237s.
- Tarkan, A. S., 2007. Ömerli Baraj Gölüne Akan Derelerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taş. B., 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi, Ekoloji, 15, 61, 6–15.
- Taş, B., Yılmaz, Ö. ve Ustaoglu, F., 2021. Ilıman Bir Türkiye Nehir Havzasında Dere Su Kalitesinin Çok Değişkenli Analiz ve Biyolojik Yaklaşımlarla Değerlendirilmesi, Acta Aquatica Turcica, 17, 1, 34-55. DOI: 10.22392/actaquatr.751773.
- TGM, 1981. Toprak Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Havzası Toprakları, Toprak Su Genel Müdürlüğü, Yayın No: 310, Ankara.
- TEMA, 2021. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı.
- Temponeras, M., Kristiansen, J. ve Moustaka Gouni, M., 2000. Seasonal Variation in Phytoplankton Composition and Physical Chemical Features of the Shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece Hydrobiologia, 424, 109-122.
- Tepe, Y., ve Aydın, H., 2017. Water Quality Assessment of an Urban Water, Batlama Creek (Giresun), Turkey by Applying Multivariate Statistical Techniques, Fresenius Environmental Bulletin, 26, 3, 6413–6420.
- Terzi, Ö. ve Baykal, T., 2012. Akarsulardaki Katı Madde Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini: Kızılırmak Nehri Örneği, SDU International Technologic Science, 4, 3, 8-14.
- Terzioğlu, S., 1998. Uzungöl (Trabzon-Çaykara) ve Çevresinin Flora ve Vegetasyonu, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tessier, A., 1992. Sorption of Trace Elements on Natural Particles in Oxidic Environments, in *Environmental Particles*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 425-453.
- Thomas, J., Joseph, S. ve Thrivikramji, K. P., 2018. Assessment of Soil Erosion in a Monsoon-Dominated Mountain River Basin in India Using RUSLE-SDR and AHP, Hydrological Sciences Journal, 63, 4, 542–560. DOI: 10.1080/02626667.2018.1429614.
- Tian, Y.C., Zhou, Y.M., Wu, B.F. ve Zhou, W.F., 2009. Risk Assessment of Water Soil Erosion in Upper Basin of Miyun Reservoir, Beijing, China, Environmental Geology, 57, 937-942.

- TİR, 2013. Trabzon İl Çevre Durum Raporu. T.C., Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- TRGM, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü.
- TOB, 2005. Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı.
- TOBM, 2019. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Amenajman Planı.
- Tokgözlü, A. ve Özkan, E., 2018. Taşkın Risk Haritalarında AHP Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği, SDÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 44, 151-176.
- Topaldemir, H., 2021. Miliç Kıyı Sulak Alanının (Terme/Samsun) Su-Sediment Kalitesi ve Sucul Makrofit Çeşitliliğinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Torri, D., Poesen, J. ve Borselli, L., 1997. Predictability and Uncertainty of the Soil Erodibility Factor Using A Global Dataset, Catena, 31, 1-22. DOI: 10.1016/S0341-8162(97)00036-2.
- Tosic, R., Dragicevic, S., Kostadinov, S. ve Dragovic, N., 2011. Assessment Of Soil Erosion Potential by the USLE Method: Case Study, Republic of Srpska-BIH, Fresenius Environmental Bulletin, 20, 8, 1910-1917.
- Tosic, R., Kapovic, M., Lovric, N. ve Dragicevici S., 2013. Assessment of Soil Erosion Potential Using RUSLE and GIS: A Case Study of Bosnia and Herzegovina, Fresenius Environmental Bulletin, 22, 3415-3421.
- Townsend, K.R, Pettigrove, V.J., Carew, M.W.E. ve Hoffmann, A.A., 2009. The Effects of Sediment Quality on Benthic Macroinvertebrates in the River Murray, Australia, Marine Freshwater Research, 60, 1, 70-82.
- Tsegaye, L. ve Bharti, R., 2021. Soil Erosion and Sediment Yield Assessment Using RUSLE and GIS-Based Approach in Anjeb Watershed, Northwest Ethiopia, SN Applied Sciences, 3, 582. DOI: 10.1007/s42452-021-04564-x.
- TUBİTAK, 2009. Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi, TUBİTAK Araştırma Grubu Sonuç Raporu, İstanbul.
- Turgut, B., Özalp, M. ve Bahtiyar, K., 2015. Physical and Chemical Properties of Recently Deposited Sediments in the Reservoir of the Borçka Dam in Artvin, Turkey, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39, 663-678. DOI:10.3906/tar-1404-60.
- Turoğlu, H. ve Aykut, T., 2019. Ergene Nehir Havzası için Hidromorfometrik Analizler ile Taşkın Duyarlılık Değerlendirilmesi, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 2, 1-15.

- 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, 17, 2, 188-199. DOI: 10.17474/acuofd.47342.
- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M., Vatandaşlar, C., Dinç, M., Duman, A. ve Tüfekçioğlu, A., 2018. Assessing and Mapping Erosion Risk for Veliköy Sub-Watershed Within Coruh River Basin in Turkey, Journal of Natural Hazards and Environment, 4, 2, 210-220. DOI: 10.21324/dacd.415081.
- UNDRR., 2019. Human cost of disasters: An overview of the last 20 years 2000-2019.
- URL-1, <https://www.akcaabathaber.com/haberler/sel-felaketinin-19-yildonumu-2660h>. 05 Nisan 2022.
- URL-2, <https://www.nufusu.com/il/trabzon-nufusu>. 20.10.2020.
- URL-3, <http://www.trabzon.gov.tr/cografi-ozellikleri>. 19.08.2021.
- URL-4, <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>. 07.04.2022.
- URL-5, Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Kimyası-II Laboratuvarı <http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/2.%20D%C3%B6nem%20Deney%20F%C3%B6yleri/Ask%C4%B1da%20Kat%C4%B1%20Madde%20Tayini.pdf>
- USDA, 1972. US Department of Agriculture (usda.gov), Sediment sources, yields, and delivery ratios, National Engineering Handbook, Section 3 Sedimentation.
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., Aydin, H., ve Akbaş, A., 2017. Investigation of Water Quality and Pollution Level of Lower Melet, Alinteri Zirai Bilimler Dergisi, 69–79.
- Ustaoglu, F. ve Tepe, Y., 2018. Pazarsuyu Deresi (Giresun, Türkiye) Sediment Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerle Belirlenmesi, Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6, 3, 304-312. DOI:10.24925/turjaf.v6i3.304-312.1696
- Ustaoglu, F. ve Tepe, Y., 2019. Water Quality and Sediment Contamination Assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey Using Multivariate Statistical Methods and Pollution Indicators, International Soil and Water Conservation Research, 7, 1, 47–56.
- Utlü, M. ve Özdemir, H., 2018. Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği, Coğrafya Dergisi, 36, 49-62. DOI :10.26650/JGEOG408101.
- Uzun, H.,İ., 2012. Riva Deresi Su Kalitesinin Belirlenmesi ve İstatiksel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- van der Knijff, J.M.R.J.A.J. ve Montanarella, L., 2000. Soil Erosion Risk Assessment in Europe, EUR 19044 EN.

- Vanoni, V.A., 1975. Sedimentation Engineering, Manual and Report No. 54, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
- Vatandaşlar, C. ve Yavuz, M., 2017. Modeling Cover Management Factor of RUSLE Using Very High-Resolution Satellite Imagery in Semiarid Watershed, Environmental Earth Sciences, 76, 65, 1-21. DOI 10.1007/s12665-017-6388-0.
- Verstappen, H.T., 1983, Applied Geomorphology. Enschede: ITC.
- Valero, E., 2012. Characterization of the Water Quality Status on a Stretch of River Lézé Around a Small Hydroelectric Power Station, Water, 4, 815-834.
- Valero, E., Alvarez, X. ve Picos, J., 2014. Influence of a Small Hydroelectric Power Station on the River Ecosystem, European Journal of Sustainable Development, 3, 4, 175-180.
- Walling, D. E., 1983. The sediment delivery problem, J. Hydrol., 65, 209–237.
- Walkley, A., ve Black, L.A., 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method, Soil Science, 37, 29-38.
- Wang, X, Liu, Z., Miao, J. ve Zuo, N., 2015. Relationship Between Nutrient Pollutants and Suspended Sediments in Upper Reaches of Yangtze River, Water Science and Engineering, 8, 2, 121-126. DOI: 10.1016/j.wse.2015.04.003.
- Welde, K. ve Gebremariam B. 2017. Effect of Land Use Land Cover Dynamics on Hydrological Response of Watershed: Case Study of Tekeze Dam Watershed, Northern Ethiopia, International Soil and Water Conservation Research, 5, 1–16.
- Verep, B., Serdar, S., Özçelik, A.E. ve Yüksek, T., 2020. Doğu Karadeniz Havzası Akarsuları Fiziko-Kimyasal Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Belirlenmesi, Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi, 5, 4, 725-742. DOI: 10.35229/jaes.836736.
- Wischmeier, W.H. 1959. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil Loss Equation, Soil Science Society of America Journal, 23, 246-249.
- Wischmeier, W.H. 1984. The USLE: Some Reflections, Journal of Soil and Water Conservation, 39, 105-107.
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D. 1958. Rainfall Energy and Its Relationship to Soil Loss, Eos, Transactions American Geophysical Union, 39, 285-291.
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide to Conservation Planning, 67s.

- Wolman, M. G., 1977. Changing Needs and Opportunities in the Sediment Field, Water Resources Research, 13, 1, 50–54. DOI: 10.1029/WR013i001p00050.
- Wu, Y., Li, W., Wang, Q., Liu, Q., Yang, D., Xing, M., Pei, Y. ve Shishun Yan., 2015. Landslide Susceptibility Assessment Using Frequency Ratio, Statistical Index and Certainty Factor Models for the Gangu County, China, Arabian Journal of Geosciences, 9, 84. DOI: 10.1007/s12517-015-2112-0.
- Yahaya, S., 2008. Multicriteria Analysis for Flood Vulnerable Areas in Hadejia-Jama'are River Basin, Nigeria. ASPRS Annual Conference, April 28-May 2, Portland, Oregon.
- Yalçın, A. ve Bulut F., 2007. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS and Digital Photogrammetric Techniques: A Case Study from Ardesen (NE-Turkey), Nat Hazards, 41, 1, 201–226. DOI: 10.1007/s11069-006-9030-0.
- Yalçın, H. ve Gürü, M., 2002. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Yavuz, M. ve Tüfekçioğlu, M., 2019. Estimating Surface Soil Losses In The Mountainous Semi-Arid Watershed Using Rusle and Geospatial Technologies, Fresenius Environmental Bulletin, 28, 4, 2589-2598.
- Yıldırım, Ü. ve Erkal, T., 2008, Kumalar Dağı (Afyonkarahisar) Doğu ve Batısındaki Sahalardatoprak Erozyonunun Değerlendirilmesi, TÜBİTAK TOVAG 107 O 648 No.lu Proje Final Raporu, Afyonkarahisar.
- Yıldırım, Ü. ve Erkal, T., 2009. RUSLE yöntemi ile Afyon Ovasının Batı Kesiminin Erozyon Risk Tahmini, Afyon Kocatepe Üniversitesi, BAP 07.FENED.06 Nolu Proje Sonuç Raporu, Afyonkarahisar.
- Yılman, F. E., 2009. Eldivan Sarayköy-II Göleti (Çankırı) Su Toplama Havzasında Rusle Yöntemi ile Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, G., 1999. Büyük Melen Nehrinin Kirlilik Durumunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yueqing, X., Ding, L. ve Jian, P., 2011. Land Use Change and Soil Erosion in the Maotiao River Watershed of Guizhou Province, Journal of Geographical Sciences, 21, 6, 1138–1152. DOI: 10.1007/s11442-011-0906-x.
- Yurtseven, İ., 2012. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Ekohidrolojik Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zakerinejad, R., Hochschild, V., Rahimi, M. ve Maerker M., 2016. Morphotectonic Analysis of the Zagros Mountains Using High Resolution DEM to Assess Gully Erosion Processes: A case Study in the Fars Province, Southwest of Iran, International Geoinformatics Research and Development Journal, 6, 4, 1-17.

- Zamani M, Sadoddin A. ve Garizi A.Z., 2012. Assessing Land-Cover/Land-Use Change and Its Impacts on Surface Water Quality in the Ziarat Catchment, Golestan Province-Iran, Hydrology Current Research, 4, 3, 1–5. DOI: 10.4172/2157-7587.1000159.
- Zhang, J. ve Chen, Y., 2019. Risk Assessment of Flood Disaster Induced by Typhoon Rainstorms in Guangdong Province, China, Sustainability, 11, 2738. DOI: 10.3390/su11102738.
- Zhang, W., Zhang, Z., Liu, F., Qiao, Z. ve Hu, S., 2011. Estimation of the Usle Cover and Management Factor C Using Satellite Remote Sensing: A Review, International Conference on Geoinformatics, 24-26 June 2011, Shanghai, China. DOI: 10.1109/GeoInformatics.2011.5980735.
- Zhou, A.M., Tang, H.X. ve Wang, D.S., 2005. Phosphorus Adsorption on Natural Sediments: Modeling and Effects of pH and Sediment Composition, Water Research, 39, 7, 1245-1254. DOI: 10.1016/j.watres.2005.01.026.
- Zhou, W. ve Wu, B., 2008. Assessment of Soil Erosion and Sediment Delivery Ratio Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Upstream Chaobaihe River Catchment, North China, International Journal of Sediment Research, 23, 2, 167-173. DOI:10.1016/S1001-6279(08)60016-5.
- Zisu, I. ve Nasui, D., 2015. Using Universal Soil Loss Equation for Soil Erosion Assessment in Agricultural Land from Logoj Hills, Geographica Timisiensis, 24, 2, 13-23.

ÖZGEÇMİŞ

Necla KORALAY, İlk öğrenimini Vezirköprü Çakırtaş Köyü İlkokulunda, orta öğrenimini Vezirköprü Cumhuriyet İlköğretim Okulunda ve lise eğitimini ise Vezirköprü Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi'nde tamamladı. Üniversite öğrenimine Ankara Üniversitesi Çankırı Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünde 2006 yılında başladı ve 2010 yılında “Orman Mühendisi” ünvanı ile fakülte ve bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Havza Amenajmanı Anabilim Dalına ÖYP kapsamında araştırma görevlisi olarak atandı. Aynı yıl Ankara Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulunda 6 ay süreyle İngilizce eğitimi aldı. 2012 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Havza Amenajmanı Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve 2015 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamlayarak Orman Yüksek Mühendisi ünvanını aldı. 2016 yılında doktora öğrenimine başladı ve halen doktora öğrenimini sürdürmekte olup araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Necla KORALAY iyi derecede İngilizce bilmektedir.