

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**



**ARAZİ KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNDEKİ DEĞİŞİM
İLE OLUŞAN TOPRAK EROZYONUNUN SÜRDÜRÜLEBİLİR
ARAZİ KULLANIM PLANLAMASI (SLUP) MODELİ
YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Aykut ÇAĞLAR

Danışman

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Aykut ÇAĞLAR tarafından, Prof. Dr. Orhan DENGİZ danışmanlığında hazırlanan “ARAZİ KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNDEKİ DEĞİŞİM İLE OLUŞAN TOPRAK EROZYONUNUN SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ KULLANIM PLANLAMASI (SLUP) MODELİ YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 28.7.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Coşkun GÜLSER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Orhan DENGİZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. İnci DEMİRAĞ TURAN Samsun Üniversitesi Coğrafya Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

17 / 06 / 2023
Aykut ÇAĞLAR

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : ARAZİ KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNDEKİ DEĞİŞİM İLE OLUŞAN TOPRAK EROZYONUNUN SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ KULLANIM PLANLAMASI (SLUP) MODELİ YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 17/06/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 7

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

17 / 06 / 2023
Prof. Dr. Orhan DENGİZ

ÖZET

ARAZİ KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNDEKİ DEĞİŞİM İLE OLUŞAN TOPRAK EROZYONUNUN SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ KULLANIM PLANLAMASI (SLUP) MODELİ YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Aykut ÇAĞLAR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Temmuz/2023

Danışman: Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Arazi kullanımı ve yönetimi açısından erozyon, toprak kaynaklarının verimli bir şekilde kullanımını ve sürdürülebilirliğini etkileyen çok önemli bir sorundur. Bu çalışmanın amacı Samsun ili Tekkeköy ilçesi sınırları içerisinde yer alan alt havzalarda, Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı denklemi (RUSLE) yöntemi kullanılarak 1989 ve 2020 yılları için toprak kayıpları ve erozyon risk sınıflarını belirlemektir. Ayrıca elde edilen veriler ışığında, Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması (SLUP) Modeli yardımı ile alt havzalardaki toprak kayıplarını azaltmak ve önlemek için gerekli muhafaza önlemleri ortaya konulması planlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle havzanın 1989 ve 2020 yılları arasındaki arazi kullanım ve arazi örtüsü belirlenerek bu yıllar arasındaki zamansal değişim ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında 1989 yılında havzadaki mera alanlarının kullanımı 12079 ha'lık bir alanı kapsarken, 2020 yılında 10094 ha'lık bir alana düşmüştür. Havzadaki en büyük düşüş oransal olarak % 16 ile mera alanlarını kapsamaktadır. En yüksek artış ise yapay alanların % 86 ile yaklaşık 31 yıllık bir sürede iki katına çıkmış olmasıdır. Çalışma sonucunda 1989 ve 2020 yıllarına ait toprak kayıpları sırası ile 2713778.34 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve 2733957.12 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Arazi kullanımı ve erozyon derecesinin 1989 ve 2020 yılları arasındaki değişim incelendiğinde, tarım alanlarındaki artışın büyük bir bölümünün mera alanlarındaki değişimlerden kaynaklandığı görülmektedir. Bu değişim sonucunda erozyon derecesi 4.0 ve 5.0 olan alanlarda toprak koruma önemlerinin alınması ve toprak işleme yöntemlerinde değişimlere gidilmesini önemlidir.

Anahtar Sözcükler: Erozyon, Sürdürülebilir arazi kullanım planlaması, RUSLE

ABSTRACT

EVALUATION OF SOIL EROSION CAUSED BY CHANGES IN LAND USE AND LAND COVER WITH SUSTAINABLE LAND USE PLANNING (SLUP) MODEL APPROACH

Aykut ÇAĞLAR

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Master, July/2023

Supervisor: Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Erosion is a significant problem that affects the efficient use and sustainability of soil resources in terms of land use and management. The aim of this study is to determine the soil losses and erosion risk classes for the sub-watersheds within the boundaries of Tekkeköy district in Samsun province using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) method for the years 1989 and 2020. Additionally, based on the obtained data, it is planned to identify necessary conservation measures to reduce and prevent soil losses in the sub-watersheds using the Sustainable Land Use Planning (SLUP) Model. In this context, firstly, land use and land cover of the watershed between 1989 and 2020 were determined to reveal the temporal changes during these years. In the scope of the study, the grassland use in the watershed covered an area of 12079 hectares in 1989, which decreased to 10094 hectares in 2020. The largest decrease in the watershed was proportionally related to grasslands, with a decrease of 16 %. The highest increase was observed in artificial areas, nearly doubling in a period of 31 years with a percentage of 86. As a result of the study, soil losses for the years 1989 and 2020 were calculated as 2713778.34 tons ha⁻¹ year⁻¹ and 2733957.12 tons ha⁻¹ year⁻¹, respectively. When the changes in land use and soil erosion degree between 1989 and 2020 are examined, it is observed that a significant portion of the increase in agricultural areas is due to changes in pasture areas. As a result of these changes, it is important to take soil conservation measures and make changes in soil management methods in areas with erosion degrees of 4.0 and 5.0.

Keywords: Soil erosion, Sustainable land use planning (slup) model, RUSLE

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Araştırma Alanı	10
3.1.2. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri.....	12
3.1.3. Araştırma Alanı iklim özellikleri.....	13
3.2. Metot	13
3.2.1. Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü.....	14
3.2.2. Toprak Kaybı ve Risk Haritasının Belirlenmesi.....	15
3.2.3. Yağış Erozyonu Faktörü (R).....	16
3.2.4. Toprak Erodibilite Faktörü (K).....	16
3.2.5. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS)	18
3.2.6. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C)	18
3.2.7. Toprak Koruma Uygulamaları (P).....	18
3.2.8. Toprak Kaybı Toleransı	19
3.2.9. Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması Modeli (SLUP)	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Arazi kullanım ve Arazi Örtüsünün Belirlenmesi	21
4.2. Yağış Erozyonu Faktörü (R)	24
4.3. Toprak Erodibilite Faktörü (K)	26
4.4. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS).....	28
4.5. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C).....	30
4.6. Toprak Koruma Uygulamaları (P)	32
4.7. Toprak Kaybı ve Risk Haritasının Belirlenmesi	32
4.8. Toprak Kaybı Toleransı.....	36
4.9. Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması Modeli (SLUP)	37
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR	47
ÖZ GEÇMİŞ.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR

RUSLE	: Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı denklemi
SLUP	: Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması Modeli
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
MFI	: Modifie Fournier İndisi
IDW	: Ters Mesafe Ağırlıklı



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu	10
Şekil 3.2. Tekkeköy İlçesi yükselti ve mikro havza sınır haritaları	11
Şekil 3.3. Çalışma alanına ait eğim ve bakı haritaları.....	11
Şekil 3.4. Tekkeköy İlçesi Büyük Toprak Grupları haritaları.....	12
Şekil 3.5. Çalışma Alanı 1989 (sol) ve 2020 (sağ) Landsat uydu görüntüleri	14
Şekil 3.6. Kontrollü sınıflandırma aşamaları	15
Şekil 4.1. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı arazi kullanım arazi örtüsü haritası	22
Şekil 4.2. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı arazi kullanım arazi örtüsü haritası	23
Şekil 4.3. Yağış erozyon faktörü dağılım haritası.....	25
Şekil 4.4. Toprak erodibilite faktörü dağılım haritası	27
Şekil 4.5. Eğim uzunluğu ve dikliği dağılım haritası.....	29
Şekil 4.6. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı C faktörü dağılım haritası	30
Şekil 4.7. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı C faktörü dağılım haritası	31
Şekil 4.8. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı toprak kaybı dağılım haritası.....	33
Şekil 4.9. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı erozyon risk dağılım haritası.....	34
Şekil 4.10. Tekkeköy ilçesi 2020 yılı toprak kaybı dağılım haritası.....	35
Şekil 4.11. Tekkeköy ilçesi 2020 yılı erozyon risk dağılım haritası.....	36
Şekil 4.12. Toprak kaybı toleransı dağılım haritası	37
Şekil 4.13. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı erozyon derecesi dağılım haritası.....	39
Şekil 4.14. Tekkeköy ilçesi 2020 yılı erozyon derecesi dağılım haritası.....	40
Şekil 4.15. Arazi kullanım sınıflarına göre erozyon dereceleri- 1	41
Şekil 4.16. Arazi kullanım sınıflarına göre erozyon dereceleri- 2	42
Şekil 4.17. Arazi kullanım sınıflarına göre erozyon dereceleri- 3	43

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 3.1. Çalışma alanının uzun yıllar meteorolojik verileri (MGM,2022)	13
Tablo 3.2. K faktörünün belirlenmesinde kullanılan strüktür tipleri ve kodları	17
Tablo 3.3. Geçirgenlikte kullanılan kod, sınır değerleri ve tanımı	17
Tablo 3.4. Toprak kaybı toleransı	19
Tablo 3.5. Toprak erozyon derecesi ve uygulanabilir toprak koruma önlemleri	20
Tablo 4.1. Tekkeköy 1989 ve 2020 yılı arazi kullanım ve arazi örtüsü dağılımı ...	21
Tablo 4.2. 2020 yılına ait yer doğrulama pikselleri sonuçları..	23
Tablo 4.3. Yağış erozyon faktörü için kullanılan meteorolojik istasyon verileri	24
Tablo 4.5. Eğim uzunluğu ve dikliği alansal ve oransal dağılımı	28
Tablo 4.6. Toprak kaybı risk sınıfları alansal ve oransal dağılımları	32
Tablo 4.7. Toprak Erozyon Derecesi 1989 ve 2020 alansal ve oransal dağılımı	38
Tablo 4.8. Çalışma alanının 1989 ve 2020 yıllarındaki arazi kullanım sınıfları ve erozyon derecesi arasındaki alansal dağılımlar.....	40

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir arazi yönetimi, toprak kaynaklarının etkin bir şekilde yönetimi ve gelecek nesillere aktarımı için stratejiler geliştirmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, arazilerin kullanım türleri ve uygunluk düzeylerinin belirlenmesini, arazi kaynaklarının korunmasını, arazi kullanımının optimize edilmesini, arazi kullanımının izlenmesi ve değerlendirilmesi gibi faaliyetleri temsil eder. Sürdürülebilir arazi kavramı, tarım alanları, ormanlık alanlar, meralar, sulak alanlar ve yerleşim yerleri ile ilgilidir. Arazi kullanımının belirlenmesi, değişimlerinin izlenmesi ve gelecekteki projeksiyonlarının modellenmesi yolu ile sürdürülebilir bir arazi kullanım planı hazırlanabilir. Bu çalışmalar etkin, kapsamlı, analiz edilebilir, yanlışlanabilir ve deneylere dayalıdır.

Sürdürülebilir arazi kullanım modeli ile tarım, orman ve mera alanlarının öncelikle mevcut durumlarının ortaya konulması ve eğer kullanım açısından yanlış uygulamaların olduğunun belirlenmesi sonucunda gerekli dönüşüm tavsiyeleri verilebilir. Havzaların tarımsal üretim için uygun olup olmadığı konusunda veya sürdürülebilir bir yönetimi için muhafaza önlemlerini belirler. Sürdürülebilir bir arazi yönetimi için, tarım topraklarının en önemli sorunlarından bir tanesi erozyondur. Toprak kaybı sürdürülebilirliği sağlamak açısından önemli bir konudur. Toprak kaybı, toprak verimliliğini ve su kalitesini olumsuz etkiler. Ayrıca, bitki örtüsü, biyolojik çeşitlilik ve iklim değişikliği açısından da sürdürülebilirliğe önemli etkileri vardır.

Erozyon ile mücadele havza ölçeğinde ele alınması gereken bir konudur. Havza yönetimi ile toprak ve su kaynaklarının sorunlarının çözümüne yönelik koruma tedbirlerinin alınması önemlidir. Arazilerin uygunluk sınıflarının belirlenip sürdürülebilir bir planlama modeli geliştirmek havza yönetimi için gerekli bir çalışmadır. Toprakların doğal yeteneklerinin etkin bir şekilde belirlenebilmesi için yapılacak çalışmalarda toprak etüt ve haritalamalara yer verilmesi gerekir.

Son yıllarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri kullanılarak elde edilen uydu görüntülerinin arazi değerlendirme çalışmalarında kullanılması, zamansal ve mekânsal olarak çok büyük avantajlar sağlamıştır. Görüntü işleme teknikleri ile detaylandırılmış uydu görüntüleri, arazi sınıflandırılması, bitki örtüsü takibi, hastalık kontrolü gibi birçok konuda tarımsal üretim ve arazi

değerlemesi için kullanılmıştır. Toprak kayıplarının belirlenmesinde de uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri kullanılmaktadır. Bu konuda yapılmış birçok akademik çalışma mevcuttur.

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri destekli Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı denklemi (RUSLE) yöntemi ile toprak erozyonunun miktarı hesaplanabilmektedir. RUSLE eşitliği gibi erozyon modelleme yöntemleri, erozyon riskinin belirlenmesi ve erozyon kontrolü stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir araçtır. Bu model ile belirlenen risk sınıfları, havza bazlı çalışmalarda arazilerin uygunluk sınıflarının ve kullanım planlamalarının yapılmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır. Toprak kayıpları arazilerin sürdürülebilirlikleri açısından çok önemlidir ve bu sebeple yanlış arazi kullanımı sonucunda artan erozyon, toprakların verimliliklerini önemli ölçüde düşürmektedir. Tarım alanlarının erozyona karşı hassasiyetinin belirlenmesi, erozyon kontrolü için uygun tekniklerin seçilmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından son derece önemlidir.

İklim değişikliğinin önemli etkilerinin görülmeye başladığı ve insan kaynaklı müdahalelerin tarımsal alanların sürdürülebilirliğine etkilerinin tartışıldığı son yıllarda, havza yönetimi ve planlamaları tarımsal üretim ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir konudur. Özellikle tarım havzalarında meydana gelen toprak bozulmalarının tanımlamalarının yapılması ve zamansal değişimlerinin izlenmesi, sonrasında yapılacak olan çalışmalar için belirleyici olmaktadır. Benzer konularda çalışmalar olmasına karşın, havzaların kapsamlı bir şekilde ele alındığı ve sürdürülebilir bir şekilde gelecek nesillere aktarımı için çözüm önerilerinin sunulduğu bu çalışma bölge için önemli bir çalışmadır.

Bu çalışma kapsamında Samsun ili Tekkeköy ilçesi sınırları içerisinde yer alan alt havzalarda, öncelikli olarak 1989 ve 2020 yılları arasındaki arazi kullanım ve arazi örtüsü belirlenerek yıllar arasındaki zamansal değişim belirlenmiştir. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri destekli RUSLE eşitliği kullanılarak 1989 ve 2020 yılları için ayrı ayrı toprak kayıpları belirlenmiş ve erozyon risk sınıfları ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında, çalışma alanında yayılım gösteren farklı arazi kullanım ve arazi örtüsüne altında dağılım gösteren toprakların Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması (SLUP) Modeli yardımı ile toprak kayıplarını azaltmak ve önlemek için gerekli muhafaza önlemleri ortaya konulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Arazilerin karakteristik özelliklerinin (verimlilik, iklim, topoğrafya vb.), uygunluk sınıflarına göre değerlendirilerek ekonomik anlamda kullanım seçeneklerinin belirlenmesi arazi kullanım planlaması olarak tanımlanabilir. Sosyo-ekonomik koşullarla birlikte doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde gelecek kuşaklara aktarımı da bu kapsamda değerlendirilir. Planlamalar ile kaynakların kullanımının ihtiyaçlar ve sorunlar doğrultusunda doğru bir şekilde analiz edilip yönetimi önemlidir. Arazi kullanım planlamasında sadece sorunsuz alanlar için değil, sorunlu alanların da (tuzluluk ve erozyon vb.) değerlendirilmesinde planlamacılara gereksinim duyulmasıdır. Örneğin, eğimli alanlarda görülen erozyonun etkisinin azaltılması için toprak korumalı planlamalar yapılmaktadır (Erpul ve ark., 2014).

Arazi kullanımı ve erozyon arasındaki ilişkiyi belirlemek için Long ve ark (2006)'ın yapmış olduğu çalışmada, detaylı arazi kullanımı, eğim durumu ve erozyon parametreleri kullanılarak ArcMap programında veriler analiz edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, 10°-20° dereceye sahip alanlarda ciddi toprak erozyonunun ortaya çıktığı ve bu alanlara benzer eğimdeki alanların tek yıllık ve çok yıllık bitkiler olsa dahi aynı derecede erozyondan etkilendiği saptanmıştır. Eğim derecesi arttıkça erozyonun şiddeti de artmaktadır. Çalışma kapsamında, eğimli arazilerde teraslama yapılması ve %25'den fazla eğimli alanların orman veya otlaklara dönüşümü, yeni teknolojilerin sulama ve ürün yetiştirmede kullanılması ve arazilerin rehabilitasyonu ve son olarak eğimli arazilerde toprak koruma önlemlerinin alınması öngörülmüştür.

Galdino ve ark. (2015), yapmış oldukları çalışma ile 140297 km² lik bir alanı kaplayan Brezilya'nın Goias Eyaletindeki otlaklarda 4 farklı senaryo kullanarak toprak kaybını önlemeyi hedeflemişlerdir. Toprak kaybının belirlenmesinde RUSLE eşitliğinden yararlanılmış ve mera alanlarında farklı arazi kullanım yöntemlerine göre teraslama uygulamaları ve teraslamasız uygulamaların da olduğu 4 farklı senaryo gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda kötü yönetilmiş ve hiçbir iyileştirme yapılmayan alanlarda, meraların iyi yönetildiği ve terasların kullanıldığı alanlara göre %709' luk bir su erozyonundan kaynaklı toprak kaybında artış olabileceğini bulmuşlardır.

Toprak erozyonunun belirlenmesi havzalardaki planlama ve toprak koruma önlemleri açısından oldukça önemlidir. Uzaktan algılama metotları ile entegre

edilmiş modelleme çalışmaları ile toprak kaybının belirlenmesi tutarlı bir yaklaşım sağlamaktadır. Ganasri ve Ramesh (2016), RUSLE toprak kaybı denklemini kullanarak yaptıkları çalışmada potansiyel toprak kaybını $473339 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak tahmin etmişlerdir. Bu dönem için suda ölçülmüş olan toplam sediment miktarı ise $441870 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Çalışma kapsamında RUSLE denklemi ile elde edilmiş olan brüt toprak kaybı miktarı $488.012,6 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur. RUSLE yönteminin arazi kullanımı ve tarımsal faaliyetler açısından hassas olduğu düşünüldüğünde elde edilmiş olan $14673.6 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ lık sediment miktarı farkının arazi kullanımı ve örtüsündeki küçük değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen çıktılar ise, erozyona maruz kalan alanların toprak koruma önlemleri ile müdahale edilmesi ve havzanın kullanım planının bu önlemler ışığında belirlenmesinin önemli olduğudur.

Kavian ve ark. (2017), arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimleri, 1992, 1998 ve 2012 yıllarını kapsayan Landsat ve IRS uydu görüntüleri kullanarak belirlemişler ve bu değişimlerin sebep olduğu toprak kayıplarını RUSLE eşitliği kullanarak hesaplamışlardır. Çalışma kapsamında elde edilen en önemli çıktının, doğanın ormansızlaştırma ve insan müdahaleleri ile artan toprak kayıplarının bölgede meydana gelen sel olaylarındaki artıştaki çok önemli bir sebebi olduğunun bulunmasıdır. Bu yüzden, toprak ve su kaynaklarının korunması ve arazi kullanım planlamalarının yapılmasının önemi vurgulanmıştır.

Cürebal ve Ekinci (2006), Edremit Körfezi Kızılkeçili Deresi Havzasında toplam 28.97 km^2 'lik bir alanda meydana gelen toprak kaybını ve erozyon risk sahalarını CBS tabanlı RUSLE yöntemi kullanarak hesaplayıp alanın haritasını oluşturmuşlardır. Bu çalışma ile 2 farklı sonuç ortaya konulmuştur. İlk olarak alanın erozyon risk sınıfları oluşturulmuştur ve çalışma ile alanın %91.37' sinde erozyon riskinin olmadığı ancak kalan %8,67' sinde risk sınıfının yüksek ve çok yüksek olarak ortaya konulmuştur. Çalışmanın diğer bir sonucunda ise havzanın %50.47' sinde yıllık toprak kaybının $5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ' dan daha az olduğu, %40.90' ında ise 5 ile $15 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arasında olduğu hesaplanmıştır. Sonuç olarak havzada meydana gelen yıllık toprak kaybı miktarı 44.16 ton olarak hesaplanmıştır. Yüksek ve çok yüksek toprak kaybının meydana geldiği alanların daha çok açık araziler ve arazi örtüsünün olmadığı yüksek eğim derecesine sahip kısımları kapsadığı, ayrıca ince taneli kolay taşınabilen toprak özelliklerine sahip alanlara karşılık geldiği

gözenmiştir.

Arazi bozunumu ve erozyon riskinin ortaya konulması ve ayrıca arazi kullanım/razi örtüsü değişiminden kaynaklı oluşan erozyon risklerinin belirlenmesi açısından yapılan çalışmada RUSLE eşitliği kullanılarak havza bazında tespitler yapılmıştır. Bu kapsamda 1987-2000 yılları arasındaki değişimlerin ortaya konulması için, 1987 yılı Landsat-TM ve 2000 yılı Landsat-ETM uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. RUSLE yöntemi yardımı ile hesaplanan toprak kaybı 1987 yılı için 0 ile 98528 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve 2000 yılı için 0 ile 52228 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ arasında değiştiği ortaya konulmuştur. Ancak çalışmada erozyon risk sınıfları açısından değerlendirildiğinde orta risk sınıfından çok şiddetli risk sınıfına kadar alanda yıllara göre meydana gelen değişimin araştırma dönemi boyunca arttığını göstermektedir. Sonuç olarak arazi planlaması yapılmadan ve mevcut arazi kullanım durumu devam ettiği sürece arazi bozunumunun kritik seviyeleri aşacağı çalışma kapsamında ortaya konulmuştur (Tağıl, 2007).

Sediment taşınımının önemli bir sorun olduğu Ulubat Gölü'nde problemin ortaya konulması ve arazi planlamalarının yapılmasında uzaktan algılama yöntemleri ile toprak kaybının belirlendiği modellerinin kullanılması önemlidir. Çalışma kapsamında Mustafakemalpaşa Nehri drenaj havzasında CBS tabanlı RUSLE eşitliği kullanılarak alanın potansiyel toprak kayıplarının ve erozyon riskinin belirlenmesinde bu tekniklerin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Model parametrelerinin elde edilmesinde Landsat-7 ETM uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda toplam potansiyel toprak kaybı ve ortalama toprak kaybı sırasıyla 11296061.75 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve 11.18 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları ayrıca uzun yıllar sediment ölçümlerinin yapıldığı Döllük Sediment Gözlem İstasyonu'nun raporlarıyla da karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan CBS tabanlı RUSLE yönteminin, potansiyel toprak kaybının ortaya konulmasında hızlı ve etkin bir biçimde katkı sağladığı görülmüştür (Özsoy, 2007).

Yılmaz (2010), Doğu Anadolu Bölgesinde erozyonun yoğun olarak görüldüğü Elazığ Kürkçayı Havzasında erozyon riskinin ortaya konulması amacıyla RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Havzanın eğimi, arazi morfolojisi, kapalılık durumu, bakı, toprak yapısı ve ana kayanın aşınabilme özellikleri haritaları kullanılarak toprak kaybı ve erozyon risk haritaları coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında alanın %12.7' sinde şiddetli ve %5.4' ünde çok şiddetli erozyonun olduğu ve kalan kısımların hafif ve orta ölçekte erozyona maruz kaldığı ortaya konulmuştur.

Kahramanmaraş'ın 1180,21 hektarlık Mikail Çayı Mikro Havzası'nda gerçekleştirilen çalışmanın amacı, akarsu havzalarında toprak kayıplarının azaltılmasına yönelik arazi yönetim planlarının oluşturulmasında kullanılabilecek bir modele dönüştürülebilecek İLSEN Arazi Değerlendirme Metodunu geliştirmektir. Çalışma kapsamında öncelikle arazinin yapısının ortaya konulması ve değerlendirmesi aşamasında, toprak etüt ve haritalaması yapılmıştır. Çalışma alanının seri bazında toprak sınıflandırması yapılmış ve 12 adet toprak serisi tanımlanmıştır. Ayrıca 36 farklı arazi kullanımı ortaya konmuş ve bu çalışma sonucunda 8 farklı arazi yönetim planı senaryosu oluşturulmuştur. Mevcut arazi kullanım türüne göre belirlenen 8. senaryoda toplam toprak kaybı RUSLE yöntemine göre ortalama 335.95 t ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve havza için oluşturulan 7. senaryoda 69.05 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen yöntemin, toprak kayıplarının azaltılmasında benzer havzalarda da kullanılabilecek önemli bir yaklaşım olduğu bulunmuştur (Aytop,2021)

Tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı ve 330 km² lik bir alanı kaplayan Afyonkarahisar ili Değirmen Dere Havzasında, CBS ve Uzaktan Algılama yöntemleri tabanlı RUSLE eşitliği kullanılarak alanın toprak kaybı miktarı ve şiddetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. RUSLE eşitliğinde kullanılan her bir faktör için veriler toprak örnekleri ve uydu görüntülerinden oluşturulmuş ve elde edilen verilerle birlikte CBS ortamında altlık haritaları hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında, potansiyel toprak kaybı hesaplanarak havza bazında risk sınıfları belirlenmiştir. Çalışma alanının % 61' lik bir kesimi çok hafif ve hafif erozyon sınıfını oluştururken, % 29'luk bir şiddetli ve çok şiddetli erozyon sınıfında yer almaktadır. Çalışma sonucunda eğim faktörünün risk sınıflarının oluşturulmasında büyük bir etkisinin olduğu ve eğimin yüksek olduğu kesimlerde yüksek erozyon riskinin olduğu gözlemlenmektedir (Çelik, 2011).

Gao ve Wang (2019), Güneybatı Çin'deki karstik özelliklere sahip Sancha Nehri Havzası'nda RUSLE modeli ile çölleşmeyi ve burada meydana gelen yüzey akışlarını dikkate alarak kalibrasyon yapmayı, erozyonun dağılımını ve değişkenliğini etkileyen baskın faktörleri nicel olarak değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Bu çalışmada RUSLE modeline dayalı nicel ilişkilendirme analizini yapmak için coğrafi dedektör yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar, karstik toprak erozyonunun son 36 yılda kayda değer bir azalma eğilimi gösterdiğini ($p < 0,01$), 1980'de $16.70 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ dan 2015' te $12.22 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ a düştüğünü ortaya koymuşlardır. Karstik toprak erozyonunun dağılımını etkileyen baskın faktörünün arazi kullanım türünün olduğu ve arazi kullanım türü ve eğimin bir kombinasyonunun alandaki erozyonun dağılımını açıklamak için önemli bir gösterge olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında araştırmacılar, karstik alanlarda özellikle eğimin %15' den daha yüksek olduğu alanlarda ekimin durdurulmasının, bölgesel düzeyde toprak erozyonun yönetimi ve önlenmesi için önemli olduğu düşünülmektedir.

Maurya ve ark. (2021), Hindistan'ın Mahi Nehri Havzası' nda RUSLE eşitliğini kullanarak toprak erozyon kayıplarını belirlemek için mevcut ve gelecekteki senaryolarda yağış ve arazi kullanımı/arazi örtüsü değişikliklerinin etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada, arazi kullanımı/arazi örtüsü ve yağıştaki uzun vadeli değişimler (1981-2040 dönemi) istatistiksel ölçümlerle değerlendirilmiş ve ardından toprak erozyon kaybı tahmininde kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, erozyon ile meydana gelen toprak kayıplarının 1981-1990 yılları arasında $55.23 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$, 2000-2010 yılları arasında ise $57.35 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Geleceğe yönelik senaryolarda ise toprak kaybının 2011-2040 yılları arasında $71.46 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'a kadar ulaşacağı çalışma kapsamında hesaplanmıştır.

Kuzey Çin' de yer alan Moğolistan Özerk Bölgesinde yer alan bir çalışmada toprak kayıplarını bölgesel bazda belirlemek için tarımsal üretim yapılan alanların ormanlara dönüşümünün etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda oluşturulan senaryolarda arazi kullanım türleri ve arazi kullanımındaki değişimler incelenmiştir. Çalışmada öncelikle 2001 ve 2010 yılları arasındaki toprak erozyonu hesaplanmıştır. İkinci olarak, arazi kullanımı ve yağış-akış erozyonun toprak erozyonu için çok önemli iki faktör olduğu varsayılarak, iki faktörün mevcut arazi kullanımı ile karşılaştırılması planlanmıştır. Sonuç olarak, toprak erozyonunun değerlendirilmesinde arazi kullanımı ve türündeki değişimler ve yağış akış erozivite değişiminin iki önemli faktör olarak düşülmesi gerekir. Ayrıca projede elde edilen sonuçlar neticesinde, tarım alanlarının ormanlara dönüşümü toprak erozyonunu negatif yönde etkilemiş ve erozyonda önemli derecede azalmalar meydana gelmiştir (Fu ve ark., 2021).

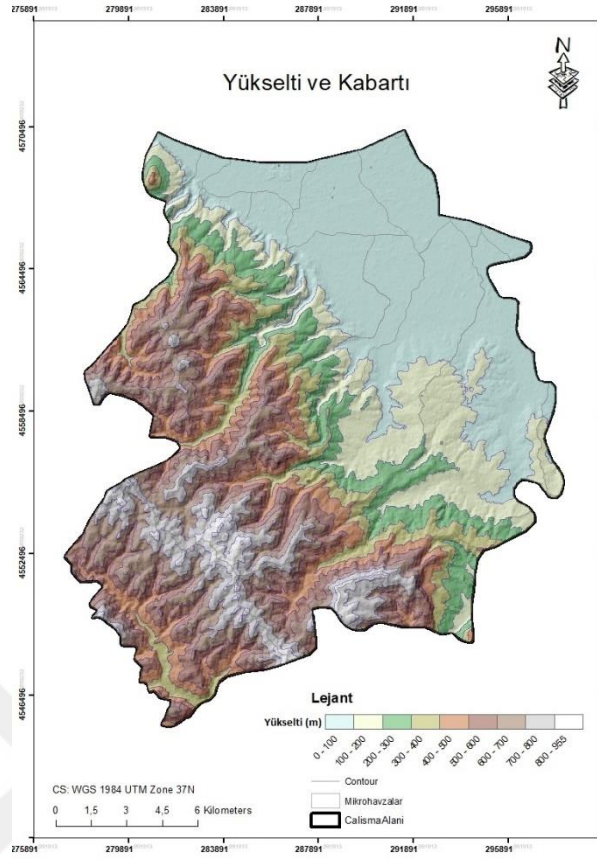
Borrelli ve ark. (2020), insan faaliyetlerinin hızlandığı gelecekteki muhtemel toprak erozyonu oranlarına ilişkin bilgilerin geliştirilmesi, hem arazi kullanımı karar verme süreciyle uğraşan politika yapıcılar hem de küresel tahminlerdeki belirsizliği azaltmak isteyen yer sistemi modelleyicileri için önemli olduğunu vurgulamışlardır. Bu çerçevede, Paylaşılan Sosyoekonomik Yol ve Temsili Konsantrasyon Yolu (SSP-RCP) senaryosu kullanarak potansiyel küresel toprak erozyonundaki değişikliği modelleyerek gelecekteki erozyon oranlarını 3 farklı alternatifle (2.6, 4.5, 8.5) tahmin etmişlerdir. Küresel tahminleri, yüksek uzamsal çözünürlüklü Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denkleminde (RUSLE) dayalı yarı deneysel modelleme yaklaşımına (GloSEM) dayanmaktadır. Gelecekteki senaryoları, arazi kullanımını etkileyen sosyoekonomik gelişmelerin 2070 yılına kadar su erozyonunu azaltacağını (SSP1-RCP2.6 –10%) veya artıracığını (SSP2-RCP4.5 + %2, SSP5-RCP8.5 +% 10) önermektedir. Bu çalışmaya göre, tüm küresel dinamik senaryoları için iklim tahminleri, küresel su erozyonunu artırabilecek (+%30 ile +% 66) daha güçlü bir hidrolojik döngüye doğru ilerleyen bir eğilimi göstermektedir.

Danacıoğlu ve Tağıl (2017), Bakırçay Havzasında yapmış oldukları çalışmada mevcut arazi kullanım durumu ile su erozyonuna bağlı toprak kayıpları arasındaki ilişkiyi belirlemeye ve buna bağlı olarak erozyon risk haritalarını oluşturmayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda arazi şartlarında karelej metodu ile elde edilmiş olan 108 adet toprak örneği, yükseklik haritaları ve yağış verileri analiz edilmiştir. Bu çalışmada toprak kayıpları ve erozyon riskini belirlemek için RUSLE eşitliğinden yararlanılmıştır. Arazi kullanımı haritalarını oluşturmak için Landsat OLI uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Havza bazında sonuçlar değerlendirildiğinde, toprak kaybının en yoğun görüldüğü bölgelerin, yüksek eğime sahip, orman özelliğinin kayb olduğu ve havza tabanını çevreleyen bölgelerde en yüksek seviyeye çıktığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, arazi kullanım planlamaları yapılırken çalışma sonuçlarında da görüldüğü üzere toprak kaybının önemli bir gösterge olarak kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

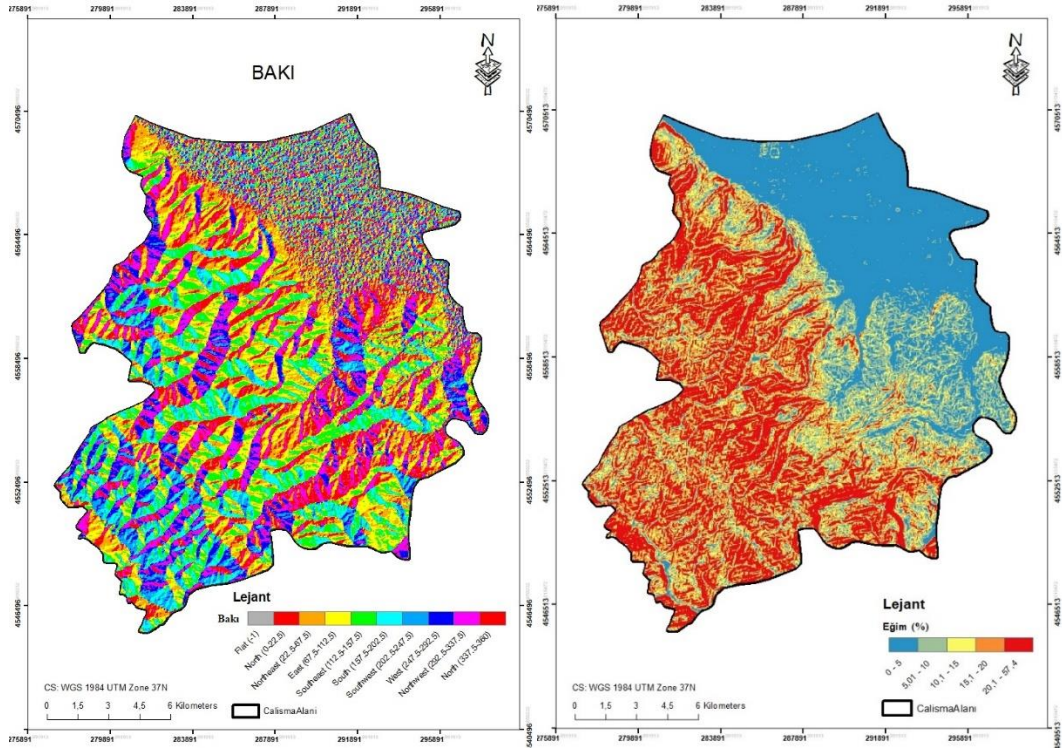
Türkiye ve dünyada toprak kaybının, havza yönetimi açısından önemli bir sorun olduğu bilinmektedir. Bu konuda yürütülen çalışmalarda havzaların sürdürülebilir bir şekilde planlama ve yönetimini hedeflemektedir. Ancak yapılan çalışmalar mevcut durumu belirlemek ve bu sorunun aşılması için karar süreçlerini izlemektedir ve bu çalışmalarda metodolojiler çok fazla geliştirilmemiştir. Toprak

kaybını önleme ve sürdürülebilir bir arazi yönetimi için sorunlara kapsamlı bir bakış açısıyla yaklaşan ve çözüm üretme potansiyeli de olan sürdürülebilir arazi kullanım planlaması (SLUP) modelini çalışmasında kullanmıştır. Çalışma kapsamında bütün havza bazında SLUP modeli kullanılarak yıllık toprak kaybının 7.66 ‘dan 0.67 ton ha⁻¹ yıl⁻¹‘ a düştüğü görülmüştür (Karaş, 2016). Yine benzer bir çalışmada, SLUP modeli toprak kaybı riski bulunan bir havzadaki tarım, orman ve mera alanlarında uygulamaya konuldu. Bu kapsamda yapılan ilk değerlendirmede mevcut durumda toprak kaybının ortalama 4.9 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulunduğu ve bu alanların büyük çoğunluğunun tarım arazilerinden oluştuğu gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan konturlu tarım ve şerit ekimin toprak kaybını azalttığı bulunmuş olsa da sürdürülebilirlik açısından başarısız olduğu bulunmuştur. Modelin etkisi değerlendirildiğinde ise yıllık toprak kaybını 0.08 t/ha/y olarak bulmuşlardır. Çalışma sonucunda bu havza için iyi bir arazi yönetimi planının %88 orman, % 10 mera, %2 su yüzeyi şeklinde değerlendirilebileceği düşünülmektedir (Karaş, 2020).

İnanç (2015), Tokat Artova ilçesindeki 10.412 km² lik bir havzada gerçekleştirmiş olduğu çalışmada 2001 ve 2012 yılları arasındaki toprakta meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler incelenmiş ve iki dönem arasındaki toprak kaybı miktarını belirlemeye çalışmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca sürdürülebilir arazi kullanım planlaması modeli yardımı ile havzanın ıslah çalışmaları için veriler elde edilmiştir. Bu kapsamda toprak kaybı ve tolerans değerleri hesaplanıp oranlanmıştır ve havzada alınması gereken yönetim uygulamalarına öneriler getirilmiştir. Çalışma sonucunda havzada meydana gelen toprak kaybı 2001 ve 2012 yılları için sırasıyla 3.55 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ve 5.68 ton ha⁻¹ yıl⁻¹olarak hesaplanmıştır.



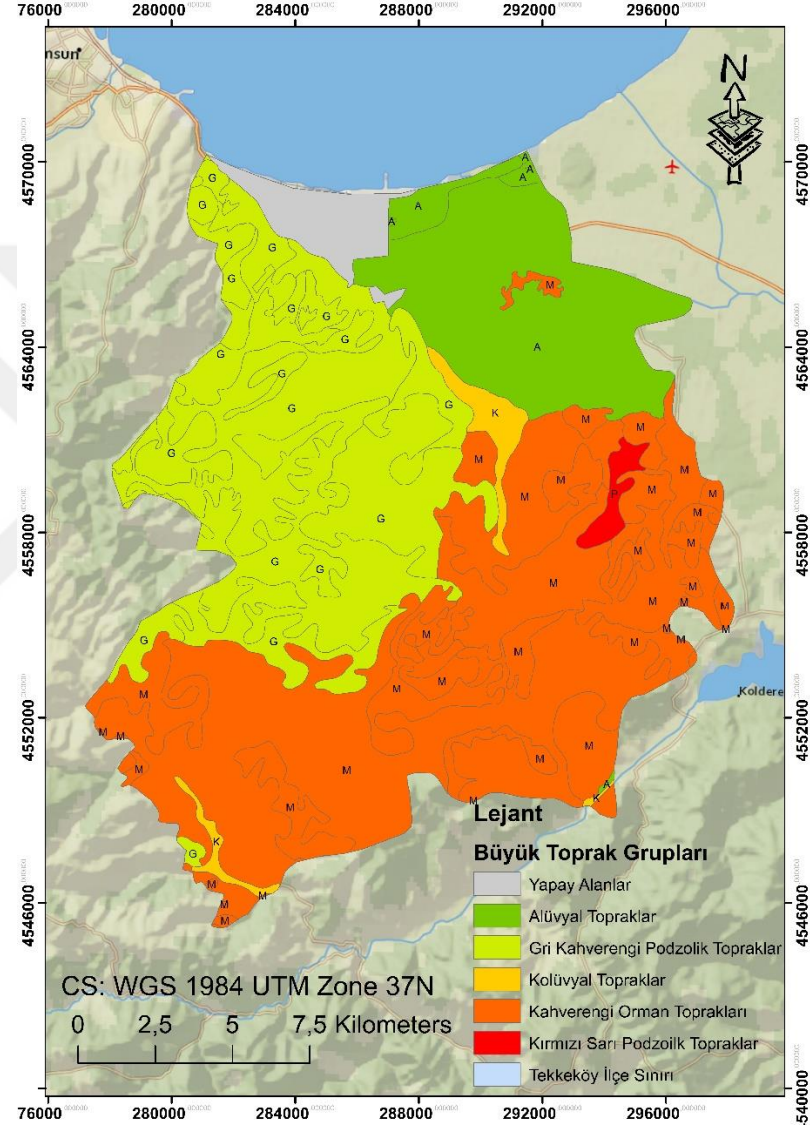
Şekil 3.2. Tekkeköy İlçesi yükselti ve mikro havza sınır haritaları



Şekil 3.3. Çalışma alanına ait eğim ve bakı haritaları

3.1.2. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri

Tekkeköy ilçesinin güney kesimlerini kapsayan dağlık alanlar kahverengi orman topraklarını oluşturmaktadır. Orman alanlarının özelliklerini gösteren başka bir toprak grubu olan gri kahverengi podzolik topraklar alanın batı kısmını kapsamaktadır. İlçenin düz ve düze yakın kesimlerinin alüvyal topraklarla kaplı olduğu görülmektedir. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. Tekkeköy İlçesi Büyük Toprak Grupları haritaları

3.1.3. Araştırma Alanı iklim özellikleri

Çalışma havzasının iklim özelliklerini incelediğimizde, havzada Orta Karadeniz ikliminin hâkim olduğu, yazların genellikle sıcak ve nemli ve kışların ise ılık geçtiği bilinir. Bölgenin ortalama sıcaklığı 14.6 ve yıllık ortalama toplam yağış 719.5' dir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Çalışma alanının uzun yıllar meteorolojik verileri (MGM, 2022)

SAMSUN ölçüm Periyodu (1929 - 2022)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.2	7.2	8.0	11.3	15.6	20.2	23.2	23.6	20.3	16.5	12.7	9.4	14.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.7	11.0	12.1	15.3	19.1	23.7	26.5	27.1	24.0	20.3	16.8	13.1	18.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.1	3.9	4.7	7.8	12.1	16.2	19.2	19.7	16.6	13.0	9.3	6.4	11.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.62	13.61	15.21	13.43	12.67	9.28	5.95	6.27	9.66	12.01	11.82	12.98	136.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	72.7	58.8	67.4	56.6	48.8	46.2	34.8	37.5	54.3	78.1	83.4	80.9	719.5

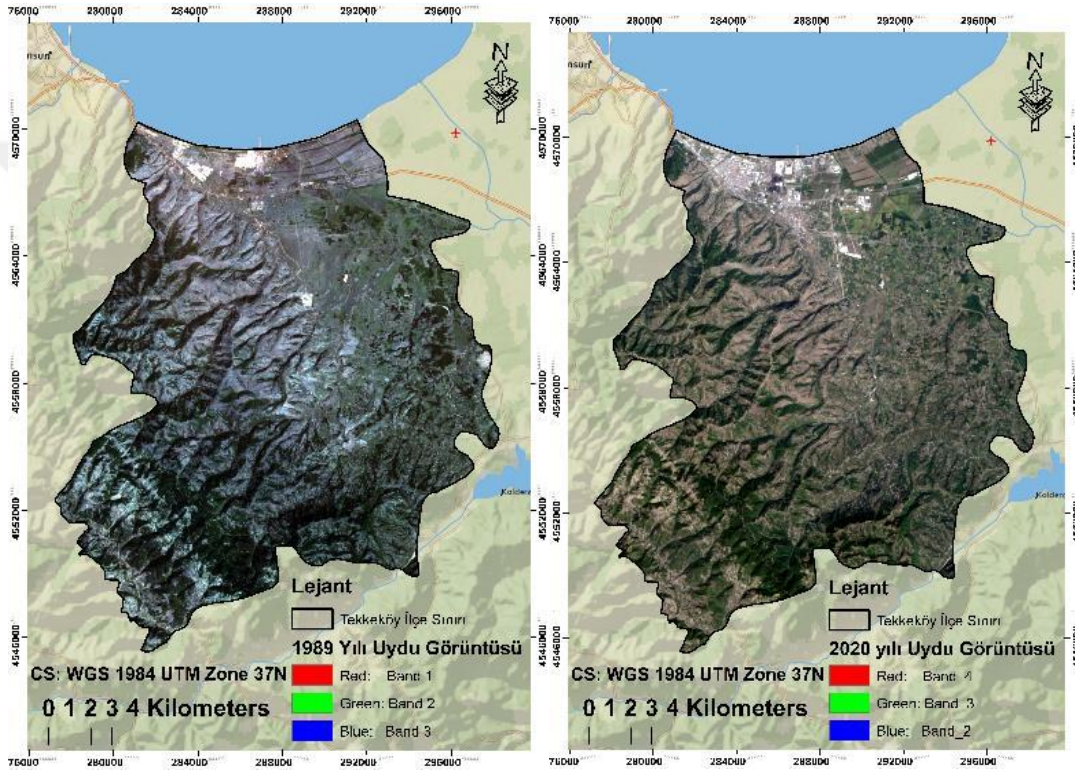
3.2. Metot

Çalışmanın kapsamı, Samsun ili Tekkeköy ilçesi sınırları içerisinde yer alan alt havzalardaki arazi kullanım ve arazi örtüsündeki zamansal değişimlerin izlenmesi ve erozyonla meydana gelen toprak kayıplarını belirleyerek sürdürülebilir bir yaklaşımla çözümler üretebilmeyi planlamasıdır. Bu kapsamda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri destekli RUSLE eşitliği kullanılarak 1989 ve 2020 yılları için meydana gelen toprak kayıpları ve erozyon risk sınıflarının belirlenmesi ve elde edilen veriler ışığında Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması (SLUP) Modeli yardımı ile alt havzalardaki toprak kayıplarını azaltmak ve önlemek için gerekli muhafaza önlemlerini almaktır.

Bu çalışma kapsamında Tekkeköy ilçesi alt havzalardan 0-30 cm toprak derinliğinden koordinatlı olarak alınan 328 adet toprak örneği kullanılmıştır. Alanın mevcut yıllar içinde meydana gelen arazi kullanımı ve örtüsündeki değişimler belirlenerek haritalandırılmıştır. Toprak kayıplarını belirlemek için RUSLE eşitliği kullanılarak alanın her bir parametre için veri seti oluşturulmuş ve haritaları yapılmıştır. Yapılan değerlendirilmeler sonucunda da SLUP modeli ile stratejiler belirlenmiştir.

3.2.1. Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü

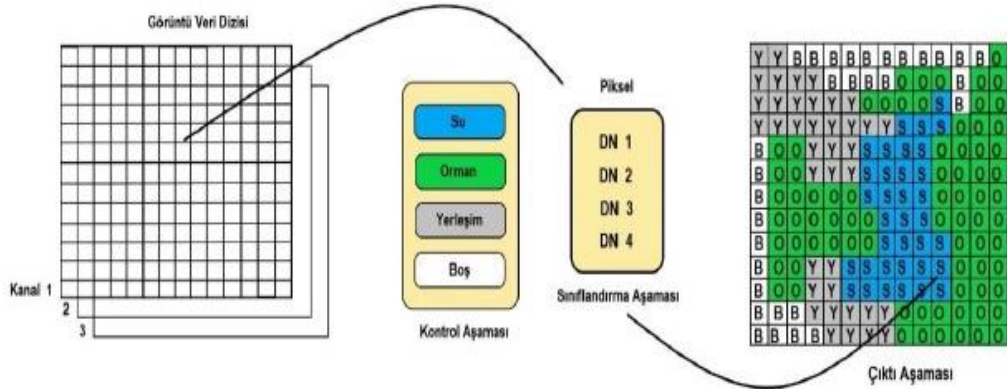
Çalışma alanının arazi kullanım ve arazi örtüsünün yıllara göre değişimini belirlemek için 26.08.1989 ve 31.08.2020 yıllarındaki Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 3.5). Arazi kullanımı / arazi örtüsündeki değişimleri belirlemek için CORINE düzey 1 ölçeğinde sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen uydu görüntülerinden kontrollü sınıflandırma (supervised classification) yöntemi kullanılarak değişimler izlenmiştir. Alandan almış olduğumuz 328 adet yüzey toprak örneği, çalışma için doğrulama analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Çalışma Alanı 1989 (sol) ve 2020 (sağ) Landsat uydu görüntüleri

Kontrollü sınıflandırma yönteminde çalışma alanındaki yer şekillerini belirlediğimiz belirli sayıdaki örnek kullanılarak her bir piksel değeri için alanın spektral özelliklerinin belirtildiği dosyalar oluşturulmuştur. Görüntü işleme aşamasında her bir pikselin hesaplanan olasılık durumlarına göre en yakın özellikteki değere tanımlaması yapılmaktadır. Burada belirlenen piksel değerleri, toprak örnekleme yapılırken belirlenmiş olan toprak özelliklerinden yararlanılarak yapılmıştır. Sınıflandırma aşamasında çalışma alanının arazi kullanımı ve arazi örtüsü özelliklerinden tarım alanları, mera alanları, orman alanları ve yapay alanlar

seçilmiştir. Çalışmanın uydu görüntülerinin analizleri ENVI 5.5 ve ArcMap 10.5 programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Kontrollü sınıflandırma aşamaları

Çalışmada kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemi 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada kontrol alanlarının temsil edildiği ve her bir pikselin değerlerinin benzer örtü alanlarındaki değerler ile eşleştirilerek bir tanımlama yapılır. İkinci aşamada, bu pikseller her bir örtü sınıfına göre kategorize edilir. Tanımlaması yapılamayan pikseller veya yetersiz sayıda benzer piksel olması durumunda bu veriler bilinmeyen olarak tanımlanacaktır. Tanımlaması yapılan piksel değerleri de ilgili kategoride değerlendirmesi yapıp hücreye kaydı yapılır. Sonrasında tüm veri setlerinin hazırlanması ile sonuçlar sunulur.

3.2.2. Toprak Kaybı ve Risk Haritasının Belirlenmesi

Havzadaki toprak kayıplarının tahmin edilmesinde Yenilenmiş USLE (RUSLE) modeli kullanılmıştır. Bu model iklimsel ve morfolojik özelliklerin arazi kullanımı verileri ile birlikte kullanılmasını sağlamıştır (Renard ve ark., 1997).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (3.1)$$

Eşitlikte:

A: Ortalama toprak kaybı (ton/ha/yıl)

R: Yağış erozyonu faktörü

K: Toprak erodibilite faktörü

L: Eğim uzunluğu

S: Eğim dikliği

C: Arazi örtüsü ve yönetimi

P: Toprak koruma uygulamaları

3.2.3. Yağış Erozyonu Faktörü (R)

Yağış erozyonu faktörü ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1} \times \text{mm h}^{-1}$) hesaplanırken, havzadaki meteoroloji istasyonlarından (Samsun Bölge, Samsun Havaalanı, Ladik, Çarşamba, Ayvacık) her biri için Arnoldus'un (1977, 1980) geliştirdiği Modifiye Fournier İndisi (MFİ) değerleri öncelikli olarak hesaplanmıştır. Daha sonra RUSLE-R faktörünün hesaplanması için İrvem ve ark. (2007) önerdiği aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$MFI = \sum_{j=1}^{12} \frac{P_j^2}{P_i} \quad (3.2)$$

Burada P_j , $j = 1$ 'den 12'ye kadar j ayındaki aylık toplam yağışa (mm) ve P_i , i yılındaki yıllık toplam yağışa (mm) karşılık gelir.

$$R = 0,1215 \times MFI^{2,2421} \quad (3.3)$$

Burada;

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

MFİ: Meteoroloji istasyonuna ait hesaplanan MFİ' dir.

3.2.4. Toprak Erodibilite Faktörü (K)

0-30 cm toprak derinliğinden koordinatlı olarak alınmış 328 adet toprak örneği kullanılarak hesaplanmıştır. Organik maddenin belirlenmesinde Walkey ve Black (1965) yöntemi ve tekstür analizi ise Bouyoucous (1952) hidrometre yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İnce kumun belirlenmesinde laboratuvar şartlarında ıslak eleme yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca strüktür ve geçirgenlik sınıflarının belirlenmesinde her bir toprak için Soil Survey Manuel'in metodolojisi (USDA, 1951) kullanılmıştır. Toprakların aşınmaya karşı duyarlılıklarının belirlenmesinde Wischmeier ve Smith'in (1978) geliştirdiği aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$100 \times K = ((2.1 \times 10^{-4}) \times (12 - OM) \times M^{1.14} + 3.25 \times (S - 2) + 2.5 \times (P - 3)) / d \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

K: Toprağın erozyona duyarlılık faktörü

M: Zerre irilik parametresi

a: Organik madde içeriği, %

b: Strüktür tipi kodu

c: Su geçirgenliği kodu

d: Metrik sisteme dönüştürme katsayısıdır (d=7,59)

Eşitlikte yer alan zerre irilik (M) parametresinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$M = (\% \text{ Çok ince kum} + \% \text{ Silt}) (100 - \% \text{ Kil}) \quad (3.5)$$

Eşitlikte yer alan, strüktür tipinin belirlenmesinde tablo 3. 2.' de belirtilen kodlardan yararlanılmıştır.

Tablo 3.2. K faktörünün belirlenmesinde kullanılan strüktür tipleri ve kodları

Strüktür Tipi	Strüktür Kodu
Çok ince granüler	1
İnce granüler	2
Orta veya kaba granüler	3
Blok, prizmatik, sütunsu, pulsı veya masif	4

Eşitlikte kullanılan geçirgenlik sınıfları aşağıda belirtilen kodlar kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Geçirgenlikte kullanılan kod, sınır değerleri ve tanımı

Geçirgenlik Kodu	Geçirgenlik Değeri (mm / h)	Geçirgenlik Tanımı
1	> 60.96	Çok hızlı
2	20.32–60.96	Hızlı
3	5.08–20.32	Orta–hızlı
4	2.032–5.08	Orta–yavaş
5	1.016–2.032	Yavaş
6	< 1.016	Çok yavaş

3.2.5. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS)

LS faktörü, eğim derecesi(S) ve eğim uzunluğunu(L) ifade etmektedir. Çalışma alanının 10m çözünürlükteki Digital Elevation Modeli kullanılarak ArcMap programında hesaplanıp haritalandırılmıştır. Programda sırasıyla eksik piksellerin doldurulması, akım yığılması, akım yönü ve eğim değerleri hesaplanmıştır. Aşağıdaki denklem yardımı ile LS faktörü hesaplanmıştır (Desmet ve Govers, 1996; Mitsova ve ark., 1996; Wischmeier ve Smith, 1978).

$$LS=1.6*Pow(("akım yığılması"*çözünürlük)/22.1,0.6)*Pow(Sin("eğim"*0.01745)/0.09,1.3) \quad (3.6)$$

3.2.6. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C)

NDVI vejetasyonun izlenmesi için yaygın olarak kullanılan bir indistir ve bitki yönetim faktörünün belirlenmesinde birçok araştırmacı bu yöntemi benimsemişlerdir (Durigon ve ark., 2014; Alexakis ve ark., 2013; Dutta, 2016, Van der Knijff ve ark., 2000). Bu indisin hesaplanmasında 26.08.1989 ve 31.08.2020 yıllarına ait Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin C faktörüne dönüştürülmesinde aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$C = \exp \left[-\alpha \frac{NDVI}{(\beta - NDVI)} \right] \quad (3.7)$$

Burada; $\alpha=1$ and $\beta=2$ (Van der Knijff ve ark., 2000).

3.2.7. Toprak Koruma Uygulamaları (P)

Toprak koruma uygulamaları (P), herhangi bir alanda yapılmış olan toprak koruma işlemi ile meydana gelen toprak kaybının, aynı şartlara sahip ve devamlı nadasa bırakılan alanda meydana gelen toprak kaybına oranıdır. Toprak koruma uygulamalarının kapsamı şeritsel ekim, teraslama, tesviye eğrilerine paralel sürüm ve ekim vb. olmaktadır. P faktörü, tespiti güç durumlarda ve herhangi bir koruma önleminin alınmadığı bilinen arazilerde genellikle 1 olarak alınmaktadır (Renard ve ark., 1991). Biz de çalışmamızda toprak koruma uygulamaları (P) faktörünü havzada toprak muhafaza önlemi alınmadığından 1 olarak kullanılmıştır.

3.2.8. Toprak Kaybı Toleransı

Toprak kaybı toleransı, toprakların sürdürülebilir bir şekilde üretkenliğinin ve verimliliğinin devam ettiği varsayılarak kabul edilebilen en yüksek toprak kaybı olarak isimlendirilebilir (Wischmeier ve Smith, 1978; Johnson, 1987; Stamey ve Smith, 1964). Çalışma kapsamında belirlenen toprak kaybı toleransı değerleri etkili kök derinliği baz alınarak hesaplanan aşağıdaki tabloya göre kullanılmıştır (McCormack ve ark, 1982).

Tablo 3.4. Toprak kaybı toleransı

Etkili Kök Derinliği	Toprak kaybı toleransı (ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	
	Yenilenebilir toprak	Yenilenemez toprak
0 – 25	2.2	2.2
25 – 50	4.5	2.3
50 – 100	6.7	4.5
100 – 150	9.0	6.7
+150	11.2	11.2

3.2.9. Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması Modeli (SLUP)

Sürdürülebilir arazi kullanım planlaması modelinin amacı kırsal havzalarda sürdürülebilir arazi kullanım planlaması ve yönetiminin sağlanmasıdır. Model, havzalarda genel arazi kullanım planlamasını yapmamızı sağlar. Modelin esası mevcut arazi kullanım durumuna göre RUSLE eşitliğiyle tahmin edilen toprak kayıplarını minimize edecek genel arazi kullanım planlamasını sağlamayı esas alır, toprak kayıplarına göre havzadaki erozyonu sınıflandırır, toprak kayıplarını azaltmak veya önlemek için alınması gereken muhafaza önlemlerini belirler.

Model, RUSLE ile toprak kayıplarının (A, ton ha⁻¹ yıl⁻¹) belirlenmesi sonucunda ve seri düzeyinde toprak haritası çıkarılmış havzalarda toprak kök derinliğine göre toprak kaybı tolerans (Mc Cormack ve ark., 1982) değerini (T)

dikkate alarak bir karşılaştırma yapar. Model, çalışma havzası için tahmin edilen potansiyel toprak kayıplarını (A), belirlenen toprak kayıp tolerans değerine (T) oranlar. (A/T) oranı sonuçlarına göre mevcut durum ortaya konarak tablo 3.5’ de verildiği gibi havzadaki erozyonun durumu beş sınıfa göre derecelendirilir, tanımlanır.

Tablo 3.5. Toprak erozyon derecesi ve uygulanabilir toprak koruma önlemleri

Erozyon Derecesi	Toprak kayıplarının (A) Tolerans (T) Değerine oranı (A/T)	Erozyon Tanımı	Uygulanacak Toprak Koruma Önlemi
1	≤ 1.0	Yok veya az	Kültürel Mücadele (Ekim nöbeti uygulamaları, azaltılmış toprak işleme, kontrollü otlatma, uygun gübreleme)
2	1.1 –2.0	Düşük – orta	Kültürel Mücadele (ilk uygulamalara ek olarak mera alanlarının bitki örtüsünün zenginleştirilmesi, eğim yönüne dik tarım)
3	2.0 –4.0	Orta– yüksek	Kültürel önlemler + Fiziksel yapı geliştirmeleri (2. derecedeki uygulamalara ek olarak şeritvari tarım, drenaj sistemleri, teraslama uygulamaları, meralarda örtü zenginleştirme, ormanlık bölgelerde teraslama veya karıklar)
4	4.0 –6.0	Yüksek	Arazi kullanımda değişiklikler (otlak, mera veya ormana dönüşüm)
5	> 6.0	Şiddetli	Arazi kullanımında değişimler + Fiziksel yapı geliştirmeleri (akarsu yatak ıslahları, su yollarının otlandırılması vb.)

A: Toprak kaybı, T: Toprak kaybı toleransı (Karas ve Oğuz, 2015)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

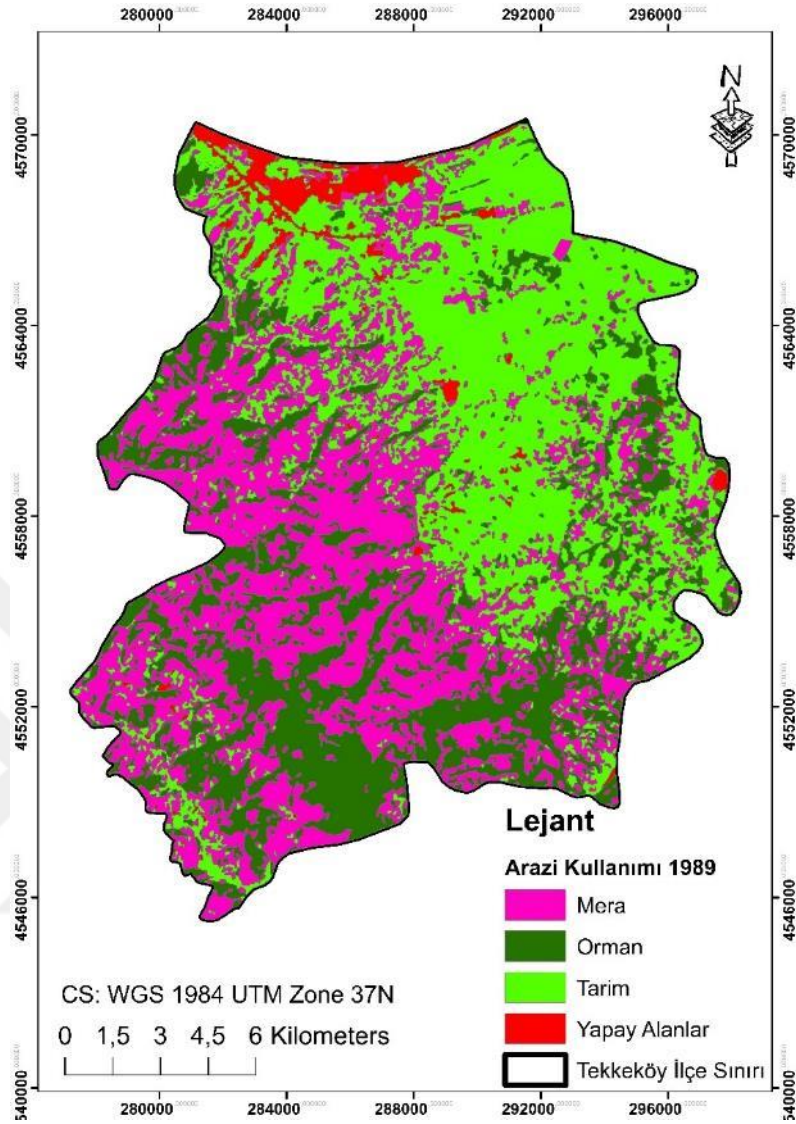
4.1. Arazi kullanım ve Arazi Örtüsünün Belirlenmesi

Çalışma kapsamında arazi kullanım ve arazi örtüsünün 1989 ve 2020 yılları arasındaki zamansal değişimini belirlemek için 26.08.1989 tarihli Landsat 5 ve 31.08.2020 tarihli Landsat 8 uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Arazi kullanımındaki değişimler 15 m çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin en yüksek olasılık tahminini içeren, kontrollü sınıflandırma sistemine göre tanımlanmıştır.

Çalışma alanının arazi kullanım ve arazi örtüsünün belirlenmesinde Corine 1. Düzey arazi kullanım sınıflandırılması kullanılmıştır. Çalışma konusunun ilk yılı olan 1989 verilerine baktığımızda tarım alanları ve mera alanları havzanın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Tarım alanları havzanın % 36.25' ini oluşturmaktadır ve yaklaşık 12 bin ha' lık bir alanı kaplamaktadır. Daha sonra sırası ile mera alanları, orman alanları ve yapay alanlar (Yerleşim yerleri, yol, havaalanı, sanayi bölgeleri vb.) havzanın yapısını oluşturmaktadır. Havzanın büyük bir bölümü dağlık ve yüksek rakımlı alanlardan oluşmaktadır. Bu sebeple alanın orman ve mera alanları açısından önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Havzanın % 25.15' ini orman alanları ve % 35.68' ini mera alanları oluşturmaktadır. Yapay alanlar daha çok havzanın rakımı düşük ve denize seviyesine yakın kısımlarında özellikle organize sanayi bölgelerinin de o bölgelere yerleşmesi ile 1989 yılında % 2.91' lik bir alanı kapsamaktadır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Tekkeköy ili 1989 ve 2020 yılı arazi kullanım arazi örtüsü dağılımı

Arazi kullanım sınıfları	1989 Yılı Arazi kullanım (ha)	Alansal Dağılım (%)	2020 Yılı Arazi kullanım (ha)	Alansal Dağılım (%)	1989 - 2020 yılları arası Alansal değişim (ha)	1989 – 2020 yılı Arası Nisbi Yüzde (%) Değişim
Mera Alanları	12079	35.68	10094	29.82	-1985	-16.43
Orman Alanları	8514	25.15	8474	25.03	-40	-0.47
Tarım Alanları	12272	36.25	13307	39.31	1035	8.43
Yapay Alanlar	986	2.91	1834	5.42	848	86.00



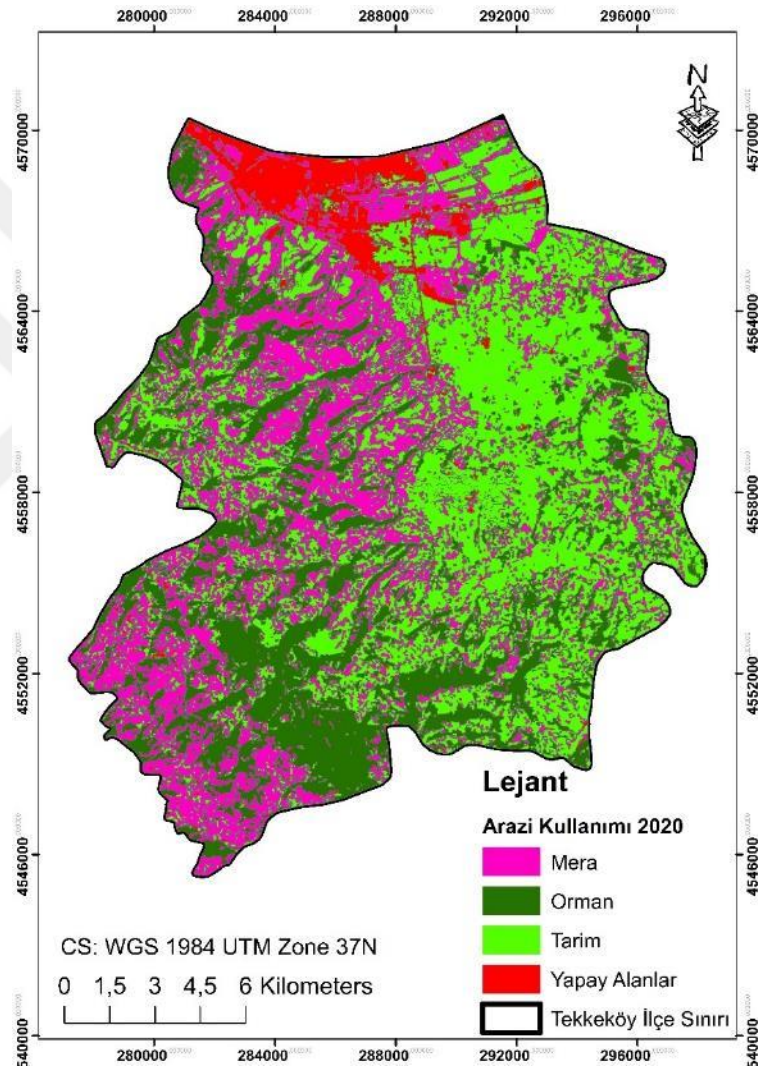
Şekil 4.1. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı arazi kullanım arazi örtüsü haritası

Çalışma alanının 2020 yılı verilerini incelediğimizde tarım alanları % 39.31 ile havzanın önemli bir kesimini kapsamaktadır. Mera ve orman alanları havzanın % 54.85' ine denk geldiği görülmektedir. Yapay alanlar bölgede % 5.42' lik bir alanı kapsamaktadır ve ilçenin ova kesimlerinde özellikle organize sanayinin de o bölgede olması sebebiyle yerleşim alanları orada dağılım göstermiştir.

Çalışma kapsamında elde edilmiş olan arazi kullanım arazi örtüsü haritalarının doğruluk dereceleri kappa coefficient değerine bakıldığında % 91.90'lık bir doğrulama yüzdesine ulaşıldığı görülmektedir. Bu sonuçlar çalışmada kullanmış olduğumuz dağılım haritalarının yüksek bir doğruluğunun olduğunu göstermektedir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. 2020 yılına ait yer doğrulama pikselleri sonuçları

2020 yılı	Yer doğrulama pikselleri			
Arazi Sınıfları	Tarım Alanları	Mera Alanları	Orman Alanları	Yapay Alanlar
Tarım Alanları	955	138	35	0
Mera Alanları	88	785	13	2
Orman Alanları	16	13	1290	0
Yapay Alanlar	3	0	0	488
Toplam	1062	936	1338	490
Genel Doğruluk	% 91.8975			
Kappa Coefficient	0.8939			



Şekil 4.2. Tekkeköy ilçesi 2020 yılı arazi kullanım arazi örtüsü haritası

Arazinin topografik yapısı göz önüne alındığında özellikle bölgede fındık üretiminin de artması ile mera alanlarına bir baskı söz konusudur. Yıllar arasındaki değişime baktığımızda tarım alanlarında % 8.43 lük bir artışın söz konusu olduğu ve bu alanların büyük çoğunluğunun mera alanlarından geldiği düşünülmektedir. Bölgede orman alanlarında büyük bir değişim gözlenmemiştir. 1989 ve 2020 yılları

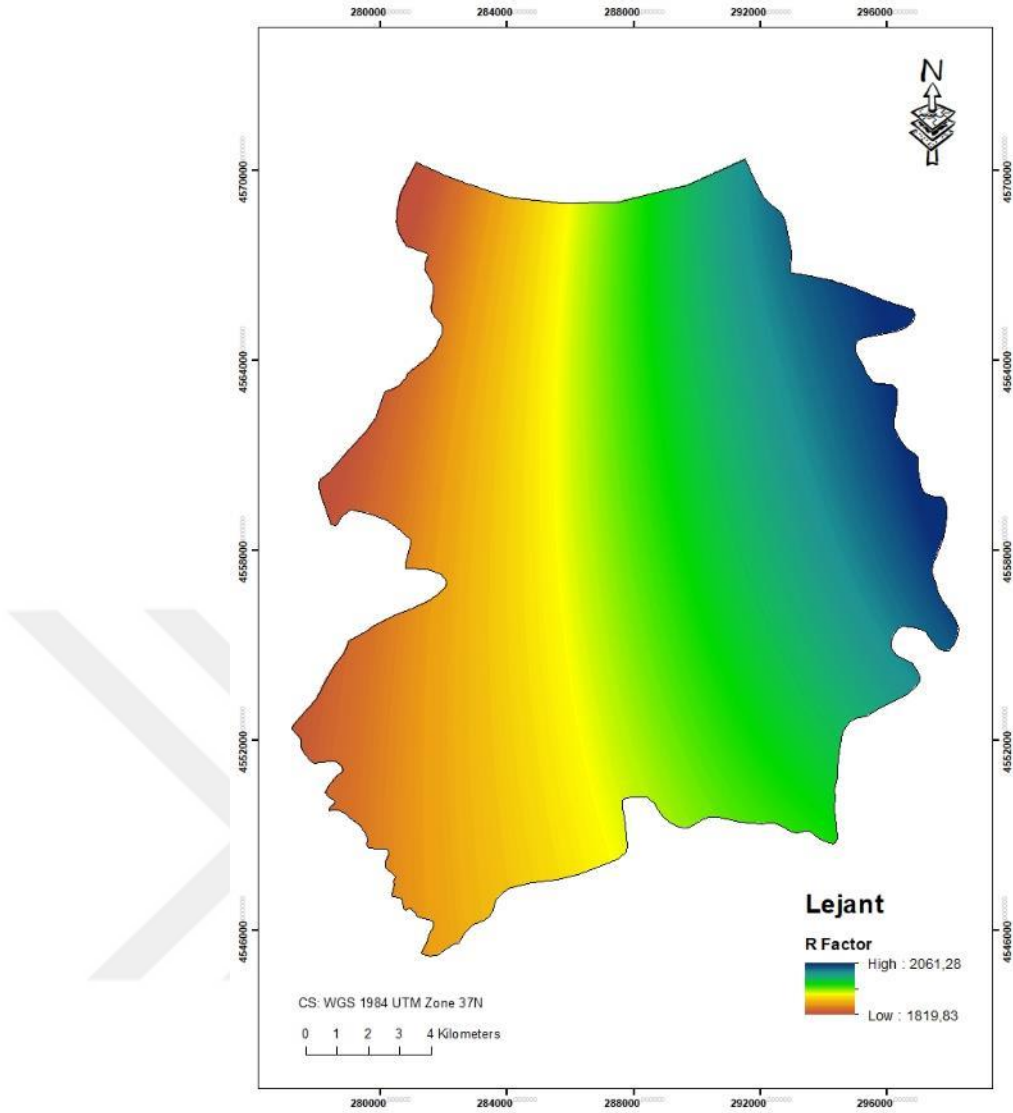
arasındaki oransal değişime baktığımızda yapay alanların % 86 artmış olduğunu görmekteyiz. Bu artışta havzanın organize sanayi bölgesine yakınlığı ve nüfus artışının sebep olduğu kaçınılmazdır. Tekkeköy ilçesinde yapılan başka bir çalışmada yapay alanların yıllara göre değişimi incelenmiş ve bu alanların % 3.5’ dan % 10.6’ a yüksekliğini gözlemlemişlerdir (İç ve ark., 2021).

4.2. Yağış Erozyonu Faktörü (R)

Yağış erozyon faktörünün hesaplanmasında uzun yıllar plüviograf verilerinin elde edilemediği ya da bulunmadığı durumlarda Modifiye Fournier İndeksi’nden (MFI) yararlanılarak hesaplanabildiği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Arnoldus 1977, 1980, Roose 1977, İrvem ve ark. 2007). Bu çalışma kapsamında Tekkeköy havzası alt havzalarını kapsayan (Samsun Bölge, Samsun Havaalanı, Ladik, Çarşamba, Ayvacık) çevre illerdeki meteoroloji istasyonlarından faydalanılmıştır (Tablo 4.3). Yağış miktarları Arnoldus (1977 ve 1980) önerdiği MFI hesap formülü kullanılarak çalışma alanındaki her bir istasyon için MFI değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra RUSLE-R faktörünün hesaplanması için İrvem ve ark. (2007) önerdiği denklem yardımı ile alandaki yağış erozyon faktörü belirlenmiştir. Yağış erozyon faktörü genellikle küçük havzalarda yağış rejimlerindeki değişimlerin çok fazla olmadığı varsayıldığından tek dönem halinde uygulanması planlanmıştır.

Tablo 4.3. Yağış erozyon faktörü için kullanılan meteorolojik istasyon verileri

Meteoroloji İstasyonları	Enlem	Boylam	MFI	R Faktörü
Ayvacık	36.634	40.978	72.72	1813.58
Samsun bölge	36.255	41.344	63.28	1328.10
Ladik	35.91	40.911	64.01	1362.62
Havaalanı	36.556	41.258	77.01	2062.84
Çarşamba	36.735	41.209	86.79	2696.48



Şekil 4.3. Yağış erozyon faktörü dağılım haritası

Çalışma alanında kullandığımız meteoroloji istasyonlarının MFI değerlerine baktığımızda, değerlerin 63.28 ile 86.79 arasında değiştiği görülmektedir. Çarşamba ilçesi ve havaalanı istasyonlarında yüksek MFI değerleri göze çarpmaktadır. Çevre illerdeki meteoroloji istasyonlarındaki yağış erozyon faktörü değerleri Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak alansal dağılımları hesaplanmış ve haritada gösterilmiştir. Yağış erozyon faktörünün dağılımına baktığımızda 2696.48 ile en yüksek değerin Çarşamba ilçesi meteoroloji istasyonunda olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). En düşük yağış erozyon faktörünün Samsun Bölge meteoroloji istasyonu ile 1328.10 olarak bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere yağış erozyon faktörünün yüksek çıkmasındaki en önemli faktörün yağış miktarının yüksek ve meydana gelen yağışın daha çok yağmur

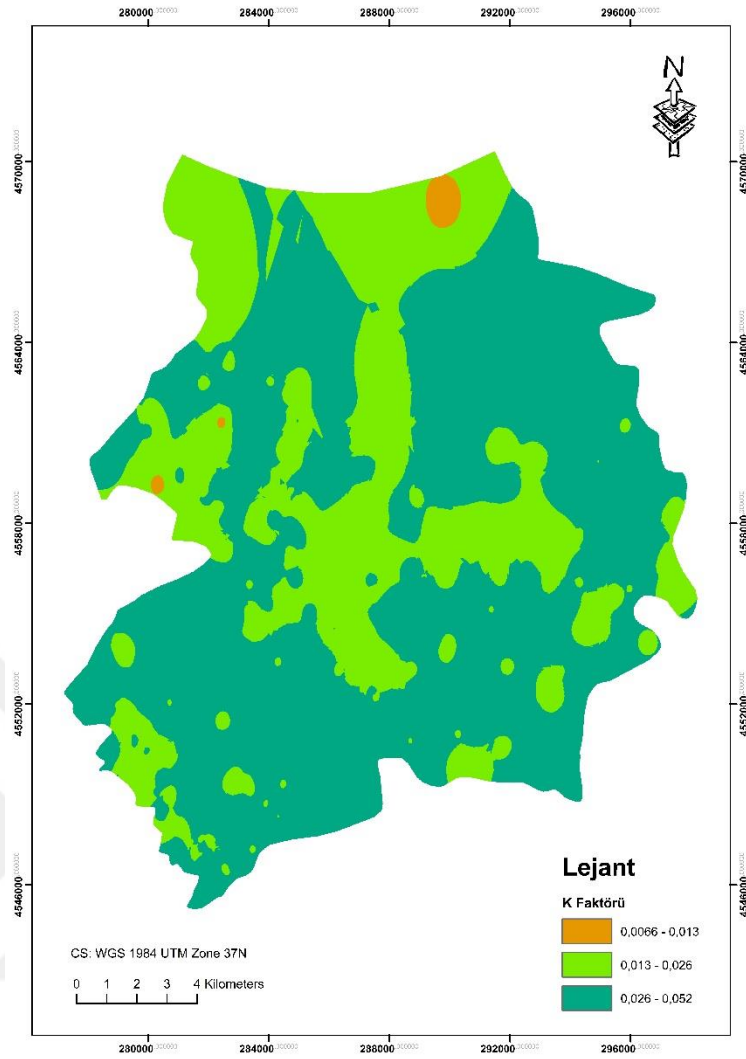
şeklinde meydana geldiği alanlarda olduğunu ortaya koymaktadır. Doğan (2002), yapmış olduğu çalışmada 96 istasyonun verilerini incelemiş ve kıyı kesimlerindeki istasyonların yüksek erosif yağışlara sahip olduğunu ortaya koyarken, yüksek kesimlerinde meydana gelen yağışların daha çok kar şeklinde olduğu ve erozif özelliklerinin de düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

4.3. Toprak Erodibilite Faktörü (K)

Toprak erodibilite faktörü toprakların aşınmaya karşı duyarlılıklarını belirlemede kullanılan bir parametre olup faktörün belirlenmesinde Wischmeier ve Smith' in (1978) geliştirdiği eşitlikten yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilmiş olan toprak örneklerinden organik madde, toprak tekstürü ve strüktürü, su geçirgenliği gibi kriterler eşitlikte kullanılarak duyarlılık sınıfları belirlenmiştir. Elde edilen toprak erodibilite faktörü (K) değerlerinin alansal dağılımlarının belirlenmesinde Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır ve havzanın K faktörü değerleri tablo 4. 4.' de verilmiştir.

Tablo 4.4. Toprak erodibilite faktörü sınıf değerleri ve havzadaki oransal dağılımı

Sınıf Değerleri	Metrik Sistemde Sınıf (Sınıf /7,59)	Tanımlama	Havzadaki Oransal Dağılımı (%)
<0,05	<0.0066	Çok Az Aşınabilir	-
0,1	0.0132	Az Aşınabilir	1.22
0,2	0.0264	Orta Derecede Aşınabilir	34.76
0,4	0.0527	Kuvvetli Derecede Aşınabilir	64.02
0,6	0.0791	Çok Kuvvetli Derecede Aşınabilir	-



Şekil 4.4. Toprak erodibilite faktörü dağılım haritası

Çalışma alanı değerlendirildiğinde havzanın %64.02' ünü kapsayan kuvvetli derecede aşınabilir alanların olduğu görülmektedir. Çalışma alanının coğrafi özellikleri göz önüne alındığında yüksek rakımlı alanların fazlalığı ve tarımsal üretimin yoğun yapıldığı alanlarda da toprak özelliklerinin (örneğin organik madde) değişiklikleri bu hassasiyeti açıklamak için düşünülebilir.

Havzanın diğer kesimlerine baktığımız zaman ise %34.76' lık bir alanın orta derecede aşınabilir alanlar olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca toprak erodibilite faktörü haritasını da incelediğimizde havzanın orta ve denize yakın kesimlerinde bu hassas alanların olduğu görülmektedir. Havzamız içerisinde 1. Sınıf ve 5. Sınıf olarak değerlendirebileceğimiz yani çok az aşınabilir ve çok kuvvetli derecede aşınabilir alanların olmadığı daha çok orta ve kuvvetli derecede aşınabilir alanların olduğu saptanmıştır.

4.4. Eğim Uzunluğu ve Dikliği Faktörü (LS)

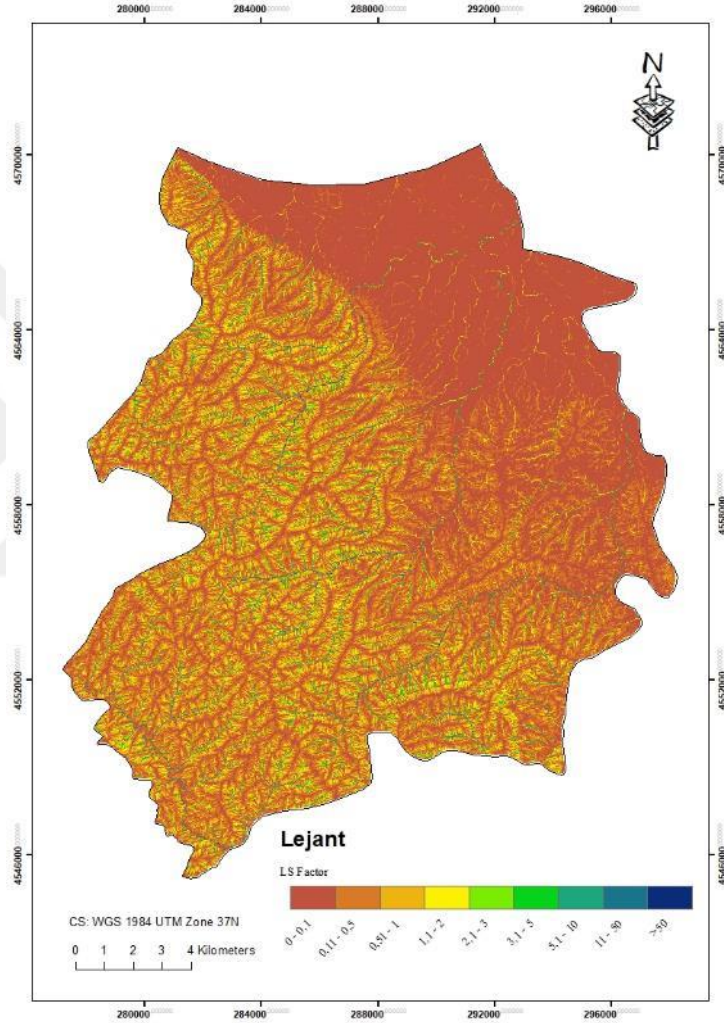
Çalışma alanının eğim uzunluğu ve dikliği faktörünün belirlenmesinde havzanın sayısal yükselti modeli haritasından yararlanılmıştır. Bu aşamada öncelikle alanın eğim haritası oluşturulmuş ve sonrasında sırası ile eksik piksellerin doldurulması, akım yığılması, akım yönü ve akış toplamı işlemlerinden geçirilmiştir. Daha sonra ArcMap programı yardımı ile eğim uzunluğu ve dikliği faktörü (LS) haritası elde edilmiştir. Elde edilen haritada LS değerleri 0 ile 108,078 arasında değişmektedir.

Tablo 4.5. Eğim uzunluğu ve dikliği alansal ve oransal dağılımı

Eğim Uzunluğu ve Dikliği (LS)	Alansal Dağılımı (Ha)	Oransal Dağılımı (%)
< 0.1	16285.40	48.66
0.1 – 0.5	9720.72	29.04
0.5 – 1	4116.67	12.30
1 – 2	1976.44	5.91
2 – 3	581.68	1.74
3 – 5	404.05	1.21
5 - 10	250.29	0.75
10 – 50	131.57	0.39
> 50	3.26	0.01

Eğim uzunluğu ve dikliği faktörü eğimin yüksek ve dik seyrettiği alanlarda çok yüksek değerlere ulaştığı bilinmektedir. LS faktörünü incelenirken havzanın durumunu baz aldığımızda, çalışma alanımızın güney ve güney – batı kesimlerinde yüksek eğimli alanlara sahip olduğunu görmekteyiz. Bu alanlarda çok yüksek LS faktörü değerlerine ulaşmaktayız ve en yüksek değer olan 108078 değerini de bu bölgelerde görmekteyiz.

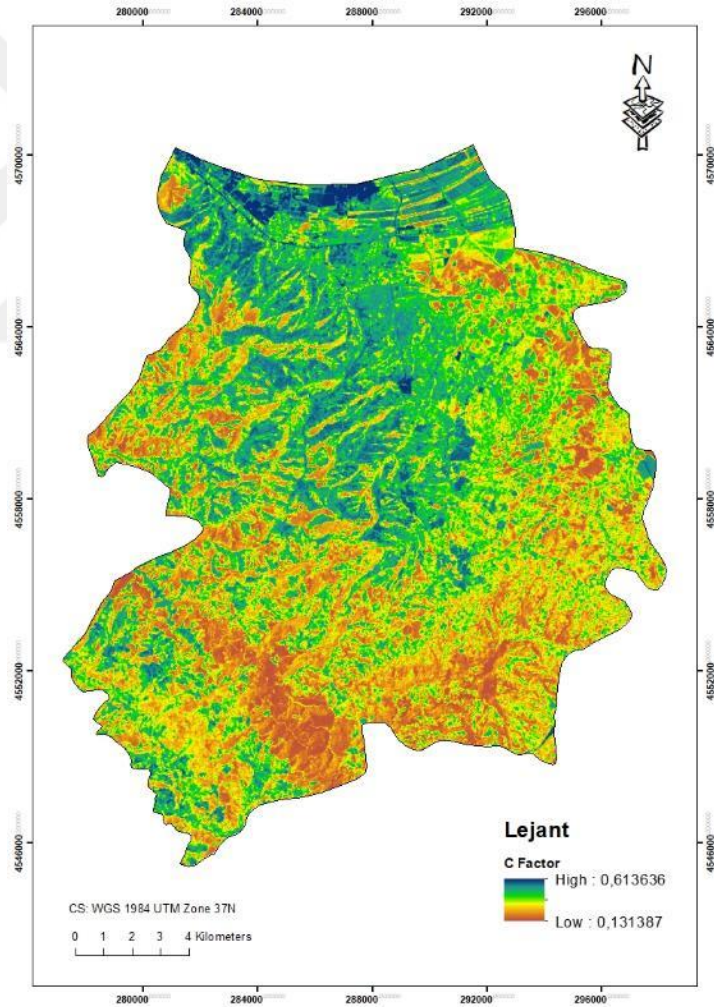
Çalışma havzamızın kuzey ve kuzey – batı kesimleri LS faktörünün düşük değerlere sahip olduğu alanlardır. Bu bölgeler daha çok tarımsal üretimin yapıldığı ve eğimin düz ve düze yakın olduğu alanlardır. LS faktörü dağılım haritası incelendiğinde dağlık alanların çevresinde de düşük LS faktörü değerlerini görmekteyiz. Bu alanlar incelendiğinde daha çok ormanlık alanların üst kesimleri ve eğimin aslında düze yakın olduğu tepe noktalarının olduğu anlaşılmaktadır. LS faktörü dağılım haritası çalışma alanımızın eğimi ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.5. Eğim uzunluğu ve dikliği dağılım haritası

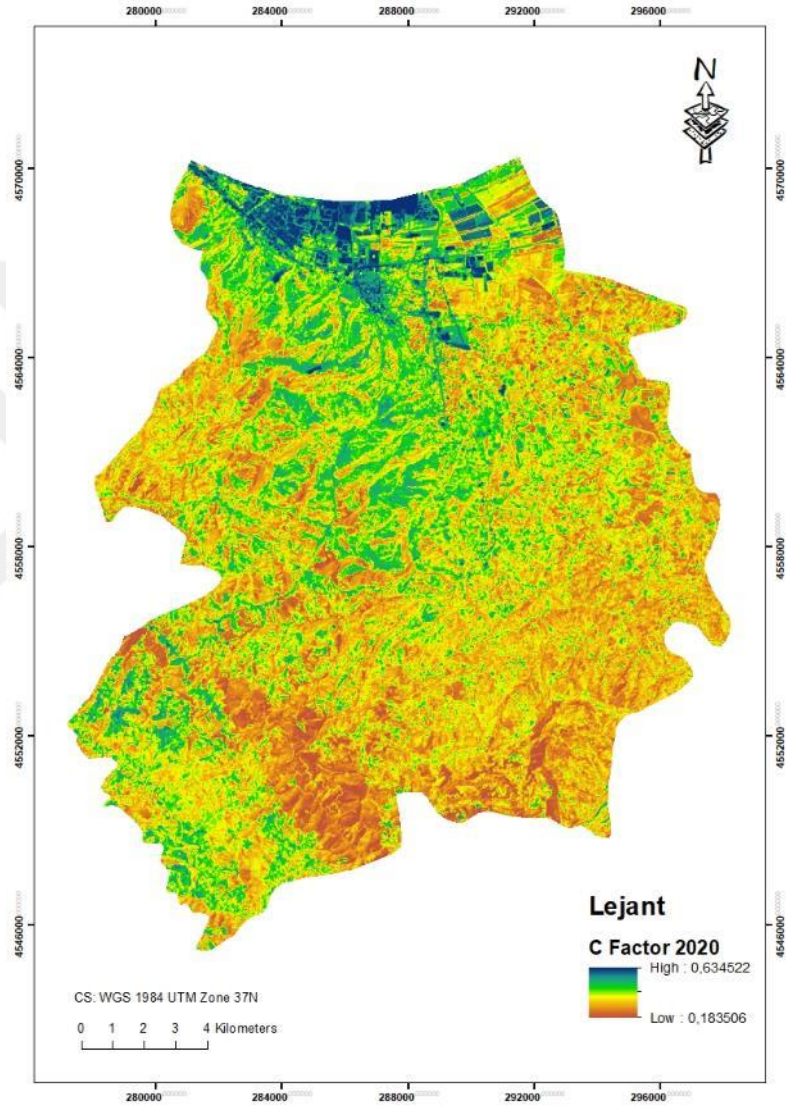
4.5. Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (C)

Toprak kaybı ve erozyon riskinin belirlenmesinde topoğrafyadan sonra gelen en önemli faktörün arazi örtüsü ve yönetimidir (C). C faktörü arazi örtüsünün yüzdesi ve bitki büyüme evrelerine bağlıdır. Topraklardaki yüzey örtüsü, bitki artıkları ve toprak işleme zamanları da bu faktörün değerini etkilemektedir. Van der Knijff ve ark. (2000) yaptıkları çalışmalarda C faktörünün normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) değerleri ile arasında önemli bir korelasyon olduğunu ve bu değerlerin kullanılmasının çalışmada uyumlu sonuçlar verdiğini bulmuşlardır. Çalışma kapsamında Van der Knijff ve ark. (2000) geliştirmiş olduğu formül yardımı ile 1989 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak her iki yıl için de C faktörü dağılım haritası oluşturulmuştur.



Şekil 4.6. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı C faktörü dağılım haritası

Çalışma alanının 1989 yılı C faktör dağılım haritası incelendiğinde verilerin 0.13 ile 0.61 arasında değiştiği görülmektedir. C faktör değerinin 1'e yaklaştığı alanların erozyon oluşturma potansiyeli artmaktadır. Arazi örtüsü ve yönetim faktörünün düşük çıktığı bölgelerin havzanın ormanlık alanlarını kapsadığı görülmektedir. Ayrıca yönetim faktörünün en yüksek olduğu bölgeler yapay alanları oluşturmaktadır.



Şekil 4.7. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı C faktörü dağılım haritası

Havzanın 2020 yılı verilerine baktığımızda C faktörünün 0.18 ile 0.63 arasında değiştiği görülmektedir. Çalışma alanının kıyı kesimlerinde yapay alanların olduğu bölgeler yüksek C faktörü değerlerine sahiptir. Ayrıca yine belirtildiği üzere orman alanlarının havzaya dağılımı düşük C faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Havzanın orta ve iç kesimlerinde C faktörünün dağılımına baktığımızda ortalamanın

biraz üzerinde değerlere sahip olduğu ve bu alanların mera ve daha çok tarım alanlarından oluştuğu bilinmektedir.

4.6. Toprak Koruma Uygulamaları (P)

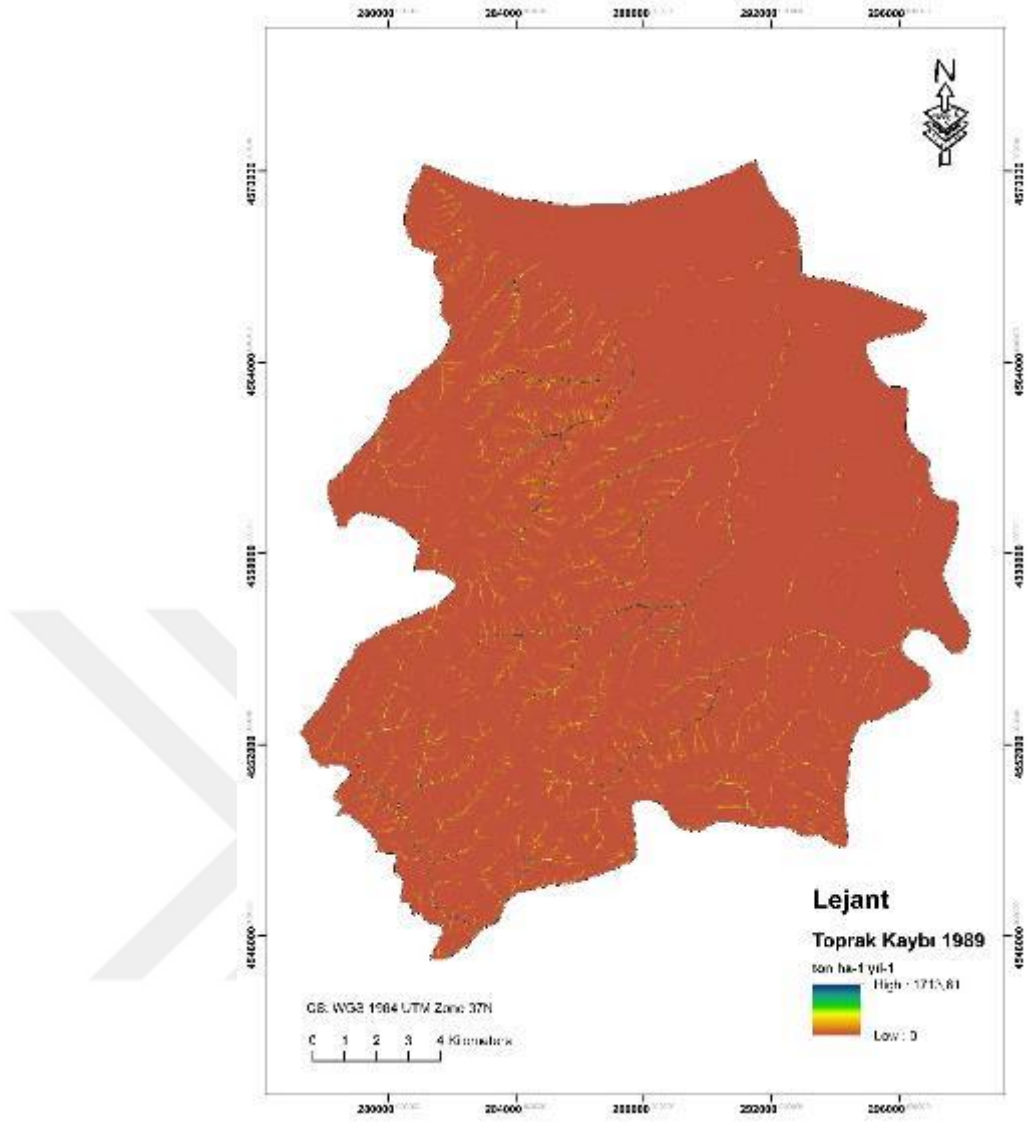
Toprak koruma uygulamaları (P), herhangi bir alanda yapılmış olan toprak koruma işlemi ile meydana gelen toprak kaybının, aynı şartlara sahip ve devamlı nadasa bırakılan alanda meydana gelen toprak kaybına oranıdır. Toprak koruma uygulamalarının kapsamı şeritsel ekim, teraslama, tesviye eğrilerine paralel sürüm ve ekim vb. olmaktadır. P faktörü, tespiti güç durumlarda ve herhangi bir koruma önleminin alınmadığı bilinen arazilerde genellikle 1 olarak alınmaktadır (Renard ve ark., 1991). Biz de çalışmamızda toprak koruma uygulamaları (P) faktörünü havzada toprak muhafaza önlemi alınmadığından 1 olarak kullanılmıştır.

4.7. Toprak Kaybı ve Risk Haritasının Belirlenmesi

Çalışmamız kapsamında RUSLE potansiyel toprak kaybı denkleminde kullanılan R, K, LS, C ve P faktörleri ArcMap programında haritalandırılıp dağılımları belirlenmiştir. Her bir faktörün analizi için aynı piksel çözünürlüğü kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen potansiyel toprak kaybı miktarı $\text{ton ha}^{-1} \text{yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Havzanın öncelikle 1989 ve 2020 yılları için toprak kaybı dağılım haritaları oluşturulmuş ve sonrasında erozyon risk sınıflarına göre alansal dağılımları belirlenmiştir.

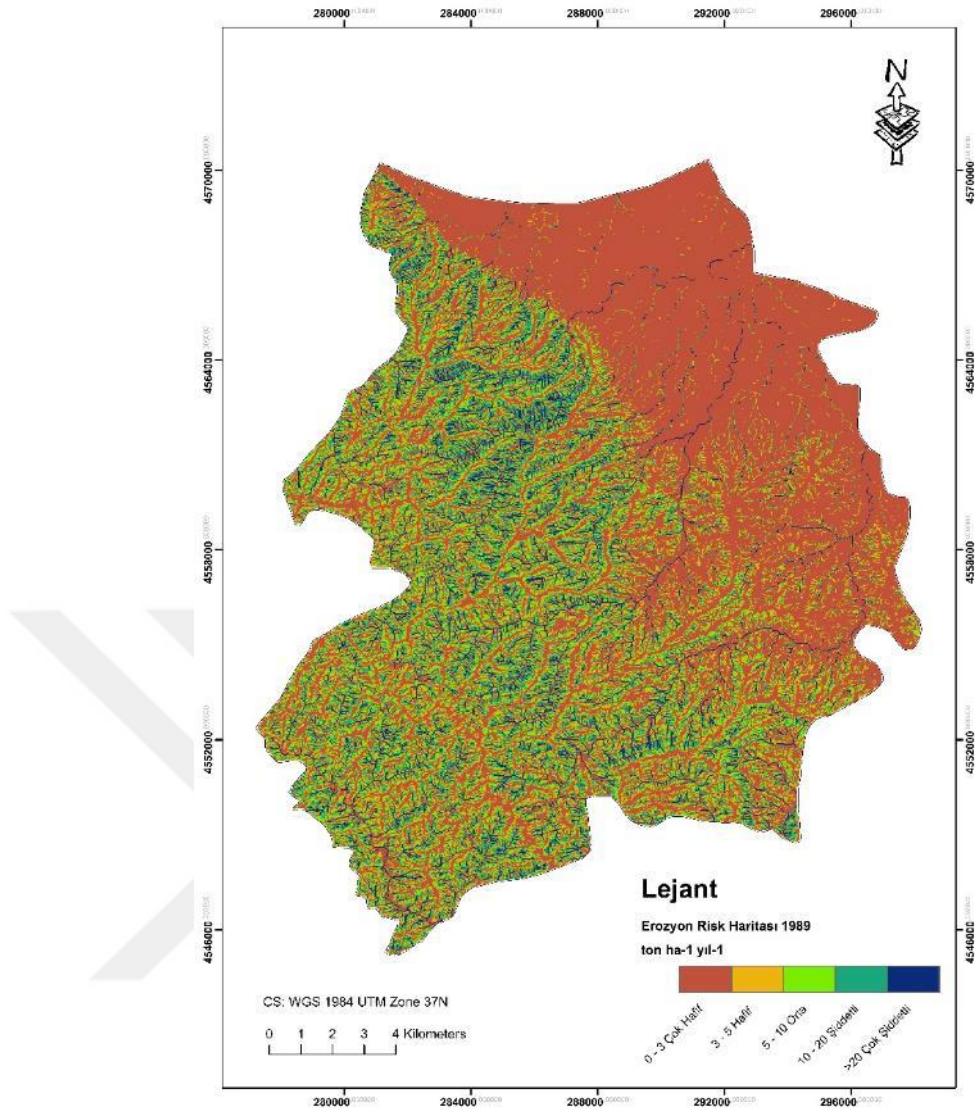
Tablo 4.6. Toprak kaybı risk sınıfları alansal ve oransal dağılımları

Erozyon Sınıfı ($\text{ton ha}^{-1} \text{yıl}^{-1}$)	Erozyon Riski	1989		2020	
		Alansal (ha)	Oransal (%)	Alansal (ha)	Oransal (%)
0 – 3	Çok Hafif	18843.90	56.31	18752.50	56.04
3 – 5	Hafif	3688.15	11.02	3670.37	10.97
5 – 10	Orta	3338.14	9.98	5170.72	15.45
10 – 20	Şiddetli	5150.45	15.39	3391.67	10.14
> 20	Çok Şiddetli	2444.29	7.30	2479.62	7.41



Şekil 4.8. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı toprak kaybı dağılım haritası

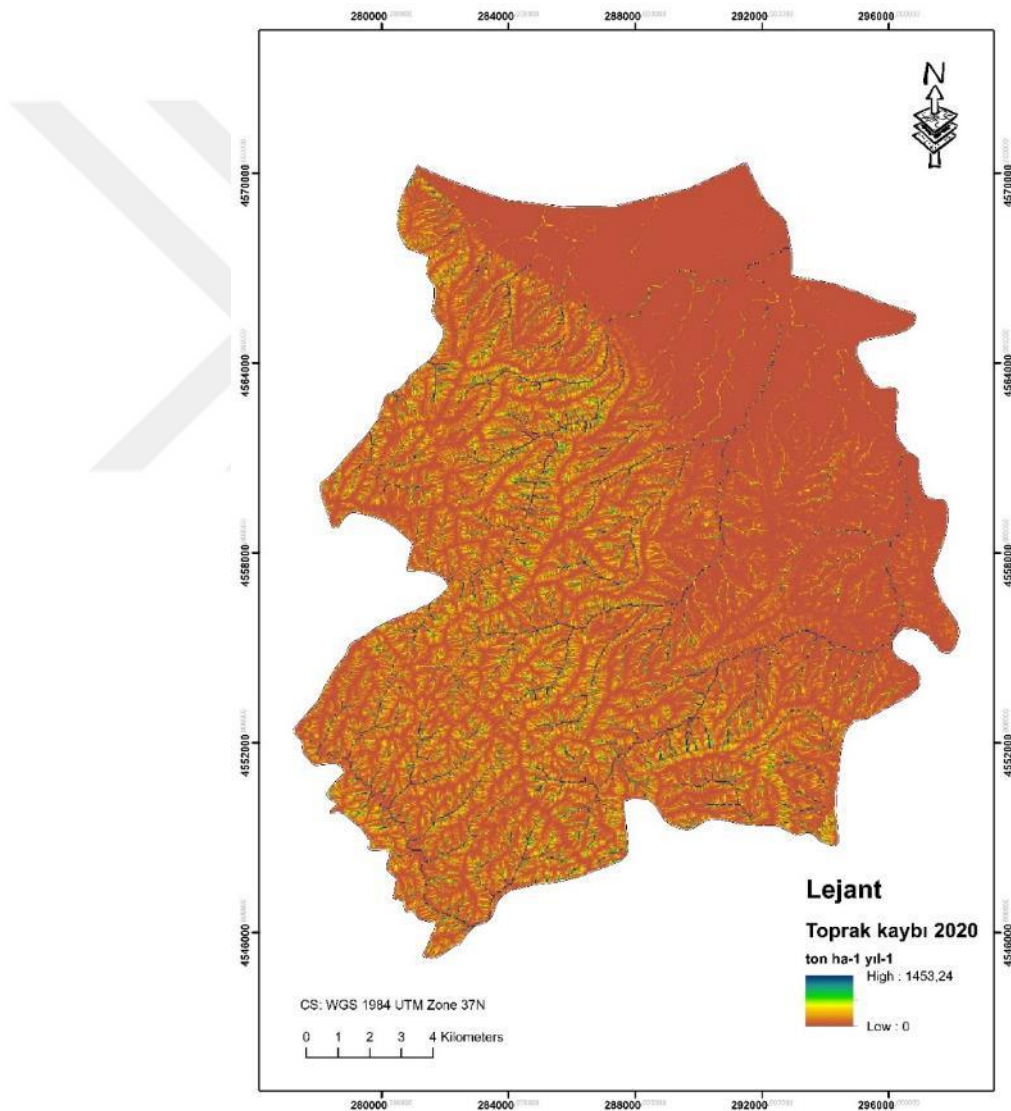
Çalışma alanında RUSLE metodoloji uygulanarak toplam potansiyel toprak kaybı miktarı 1989 yılı için 2713778.37 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve ortalama toprak kaybı 9.85 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Havzanın 1989 yılı tanımlayıcı istatistiksel verilerine baktığımızda en yüksek toprak kaybının 1713.61 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışma alanı erozyon risk sınıflarına ayrılmış ve alansal ve oransal dağılımları Tablo 4.6’de verilmiştir. Erozyon risk sınıflarına göre 1989 yılında erozyon sınıfının >20’ den büyük olduğu çok şiddetli alanların havzanın % 7.3’ u olan 2444.29 ha’ lık alanı kapsamaktadır. Havzanın büyük bir bölümünün (%67.33) çok hafif ve hafif erozyon sınıfında olmasına karşın, alanın coğrafi konumu nedeni ile orta, şiddetli ve çok şiddetli sınıfın oransal dağılımı önemli derecede yüksektir.



Şekil 4.9. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı erozyon risk dağılım haritası

Havzanın 2020 yılı için potansiyel toprak kaybı miktarı $2733957.12 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve ortalama toprak kaybı $9.92 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. 1989 yılı toprak kaybı ile karşılaştırıldığında $20178.75 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ arttığı belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının 2020 yılı için % 56.04' ünde erozyon açısından tehlikeli bir risk görülmemektedir. Havzanın diğer kesimlerine baktığımızda % 10.97' si hafif ve % 15.45'inin orta şiddetli erozyona maruz kaldığı görülmektedir. Erozyon riski açısından çok şiddetli görülen alanlar havzanın % 7.41'ini oluşturmaktadır. Şekil 4.9' da görüldüğü üzere erozyon risk sınıflarının alansal dağılımında şiddetli ve çok şiddetli alanların havzanın dağlık ve eğimin yüksek olduğu bölgelerdir. Özsoy (2007) tarafından Marmara bölgesinin alt kısımlarında ve Bursa, Kütahya ve Balıkesir ilçe sınırlarını kapsayan Mustafakemalpaşa çayı havzasında RUSLE eşitliği kullanarak

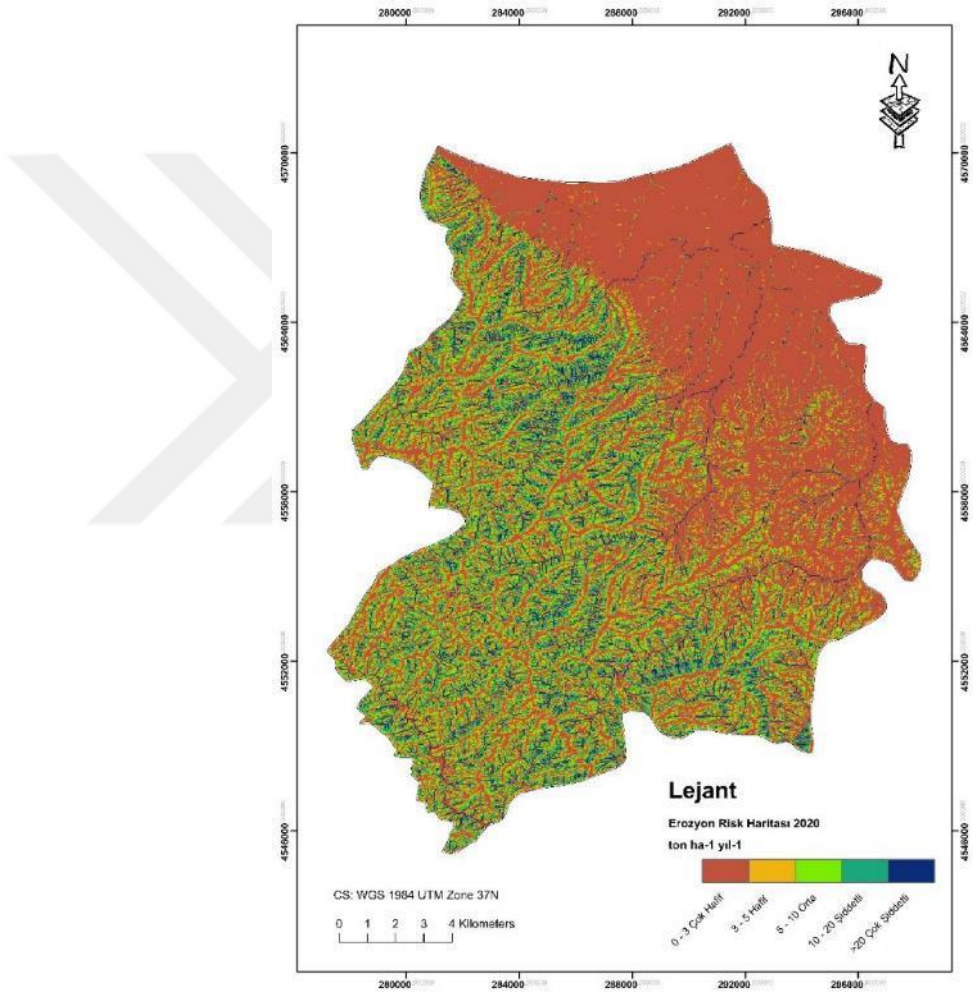
toprak kaybı miktarını hesaplamıştır. Bu çalışmada, yıllık potansiyel toprak kaybını 11296061.71 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve ortalama 11.18 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlemiştir. Mustafakemalpaşa çayı drenaj havzası incelendiğinde, havzanın yükseltisinin 4 – 2116 m arasında değiştiği gözlenmektedir. Çalışmamıza benzer olarak orta ve dik eğim derecesine sahip alanlarda toprak kaybı miktarları çok fazla seyretmiştir. Başka bir çalışmada ise İnanç (2015), Tokat ili Artova ilçesindeki bir havzada yürüttüğü çalışmada ortalama toprak kaybı miktarını 2001 ve 2012 yılları için 3.55 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve 5.68 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak hesaplamıştır. Bu çalışmada da havzanın yoğun olarak tarım parsellerinden oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Tekkeköy ilçesi 2020 yılı toprak kaybı dağılım haritası

Çalışma alanının genel yapısı değerlendirildiğinde dağlık alanlar güney ve güney – batı kesimlerinde yoğunlaşmıştır. Her iki dönem için de baktığımızda çok

şiddetli alanların havzada eğimin en yüksek olduğu bölgeleri kapsamaktadır. Bu alanların erozyona olan hassasiyetlerinin azaltılmasında koruyucu önlemlerin yanı sıra ormanlaştırma ve setlerle potansiyel toprak kayıplarının önüne geçilebilir. Ormanlık veya mera alanlarında da müdahaleler sonucunda tarımsal üretime dönüştürülen alanlar risk oluşturmaktadır. Eğimin az olduğu düz ve düze yakın bölgelerde erozyon risk sınıfları havzanın büyük bir çoğunluğunu oluşturmakla birlikte gelecekte yanlış tarımsal uygulamalarla bu alanların da risk sınıflarında bir üst sıralara çıkabilecekleri unutulmamalıdır.

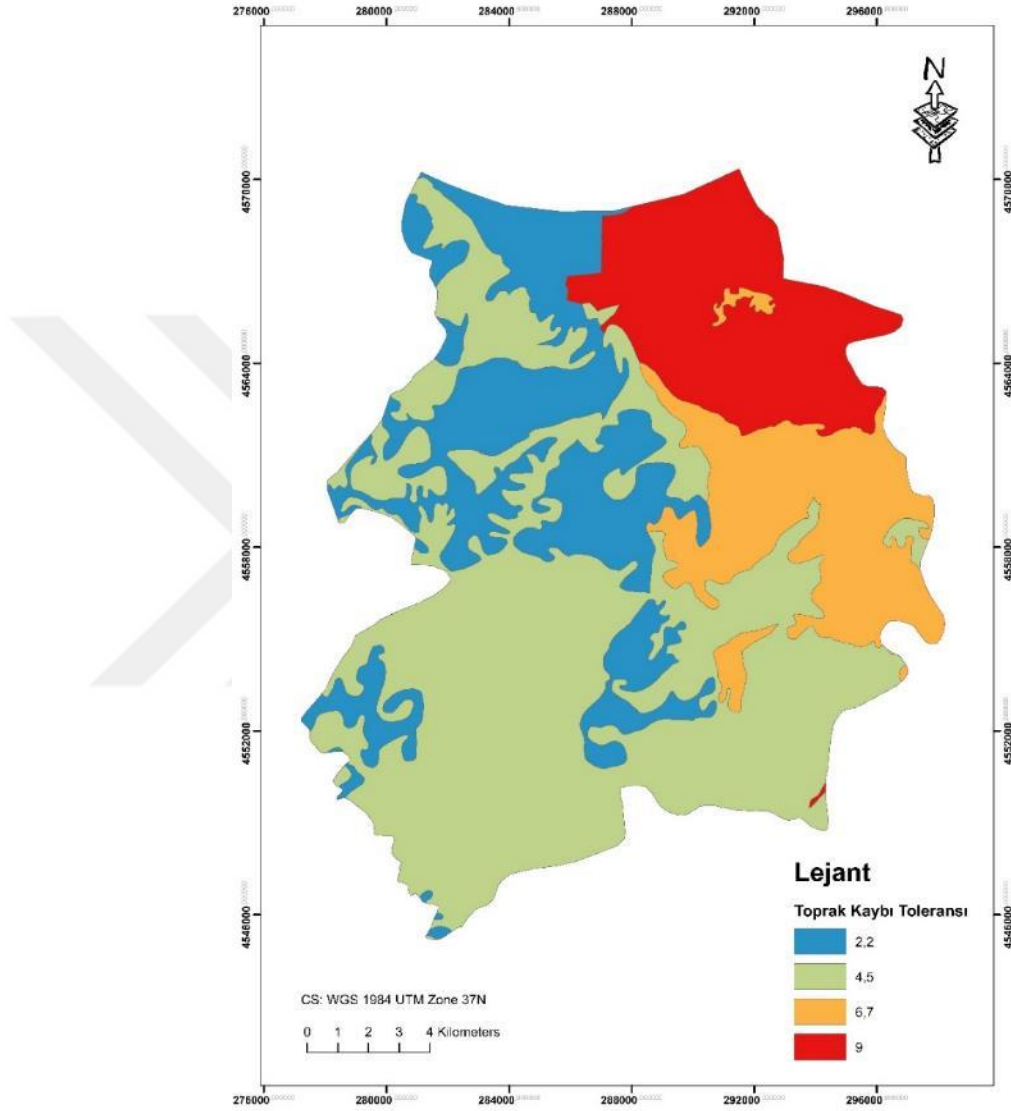


Şekil 4.11. Tekkeköy ilçesi 2020 yılı erozyon risk dağılım haritası

4.8. Toprak Kaybı Toleransı

Toprak kaybı toleransı, toprakların sürdürülebilir bir şekilde üretkenliğinin ve verimliliğinin devam ettiği varsayılarak kabul edilebilen en yüksek toprak kaybı olarak isimlendirilebilir (Wischmeier ve Smith, 1978; Johnson, 1987; Stamey ve Smith, 1964). Çalışma kapsamında belirlenen toprak kaybı toleransı değerleri etkili

kök derinliği baz alınarak hesaplanmıştır. Toprak kaybı değerlerinin tolere edilebilir sınırları 2.2 ile 11.2 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ arasında değiştiği varsayılmaktadır. Çalışma alanımızın etkili toprak derinliği incelendiğinde 4 farklı derinlik sınıfı oluşmaktadır. Şekil 4. 12’ de toprak kaybı tolerans değerlerinin toprak derinliğine göre alansal dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.12. Toprak kaybı toleransı dağılım haritası

4.9. Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması Modeli (SLUP)

Sürdürülebilir arazi kullanım planlaması modelinin amacı kırsal havzalarda sürdürülebilir arazi kullanım planlaması ve yönetiminin sağlanmasıdır. Model, havzalarda genel arazi kullanım planlamasını yapmamızı sağlar. Modelin esası mevcut arazi kullanım durumuna göre RUSLE eşitliğiyle tahmin edilen toprak kayıplarını minimize edecek genel arazi kullanım planlamasını sağlamayı esas alır,

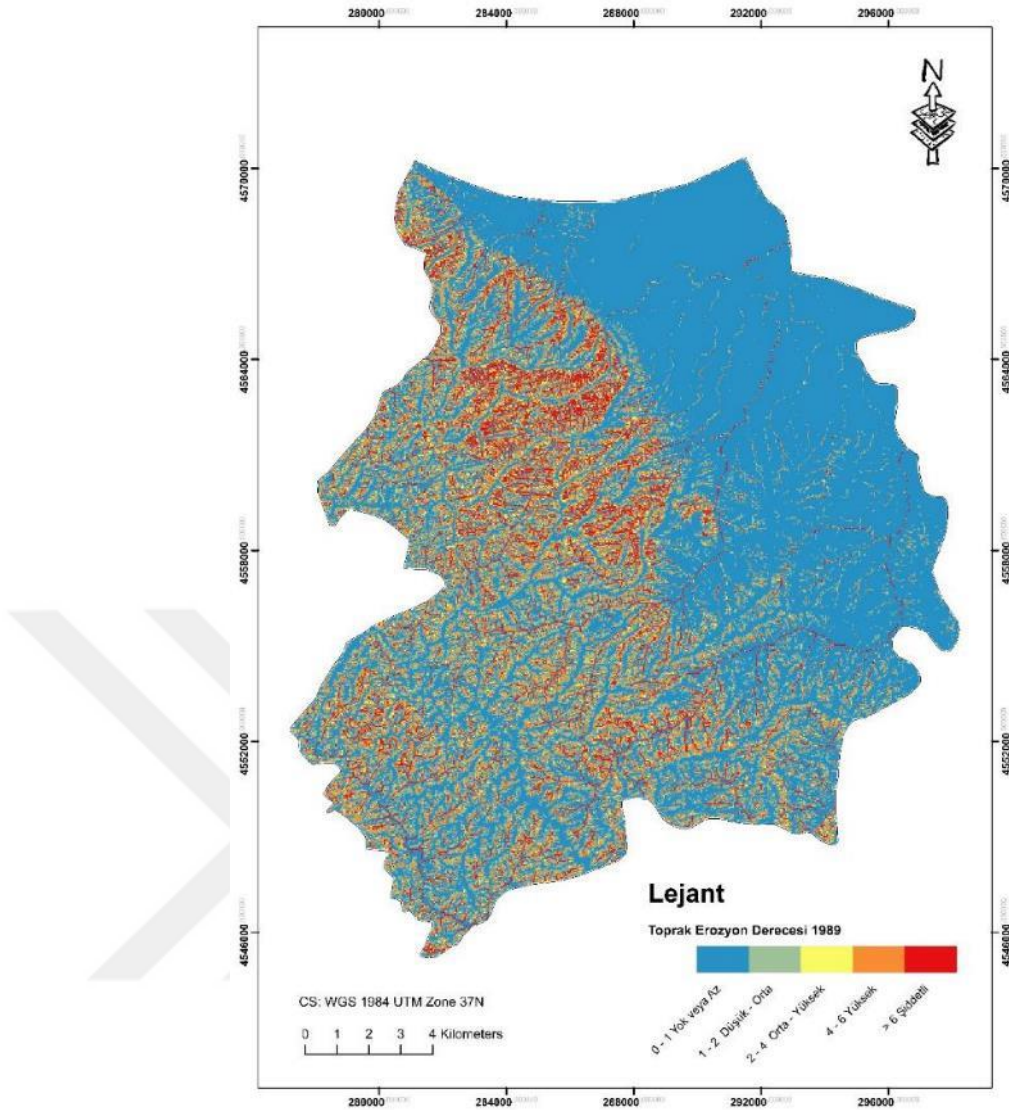
toprak kayıplarına göre havzadaki erozyonu sınıflandırır, toprak kayıplarını azaltmak veya önlemek için alınması gereken muhafaza önlemlerini belirler.

Bu amaçla çalışma havzamızın 1989 ile 2020 yılları için RUSLE eşitliği ile hesaplanan toprak kaybı (A) haritası, havzanın toprak derinliği ile belirlenen toprak kaybı toleransı (T) değerlerine oranlanmıştır. Çalışma alanında belirlenen A/T oranı havzanın erozyon risk derecesini belirler ve SLUP modeli bu konuda alınması gereken toprak koruma önlemleri için tavsiyeler sunar. İki dönem için belirlenen erozyon derecesi dağılım haritaları ve alansal dağılımları Tablo 4.7, Şekil 4.13 ve 4.14' de verilmiştir.

Tablo 4.7. Toprak Erozyon Derecesi 1989 ve 2020 alansal ve oransal dağılımı

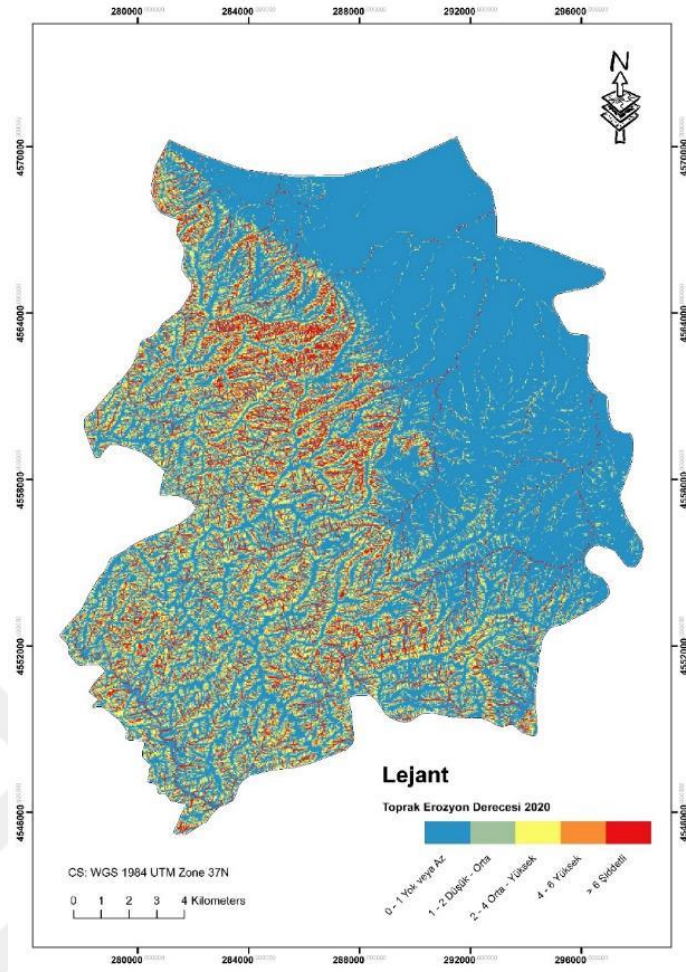
Toprak Erozyon Derecesi	A / T	Erozyon Derecesi Tanımı	1989		2020	
			Alansal (ha)	Oransal (%)	Alansal (ha)	Oransal (%)
1	0 – 1	Yok veya Az	20974.90	62.68	20745.30	61.99
2	1 – 2	Düşük - Orta	4677.09	13.98	4784.10	14.30
3	2 – 4	Orta – Yüksek	1535.51	4.59	1563.63	4.67
4	4 – 6	Yüksek	3934.07	11.76	4067.89	12.16
5	> 6	Şiddetli	2342.87	7.00	2303.60	6.88

Havzanın ilk dönemi incelendiğinde erozyon derecesinin bir ve erozyonun yok veya az şeklinde tanımlanan alan % 62.68 ile büyük bir çoğunluğu oluşturmaktadır. Bu alanlar daha çok eğimin az ve tarımsal üretimin yapıldığı alanları kapsamaktadır. Havzanın yüksek (4) ve şiddetli (5) erozyon derecesine sahip alanlarının oransal dağılımlarına baktığımızda % 11.76 ve % 7 ile en yüksek A/T oranına sahip oldukları bulunmuştur. Bu alanlarda uygulanacak toprak koruma önlemlerinin daha çok arazi kullanım planlarında değişiklikler ve eğimin yüksek olduğu alanlarda rehabilitasyon çalışmaları ile bu alanların eğim derecesini azaltmak şeklinde uygulanabilir.



Şekil 4.13. Tekkeköy ilçesi 1989 yılı erozyon derecesi dağılım haritası

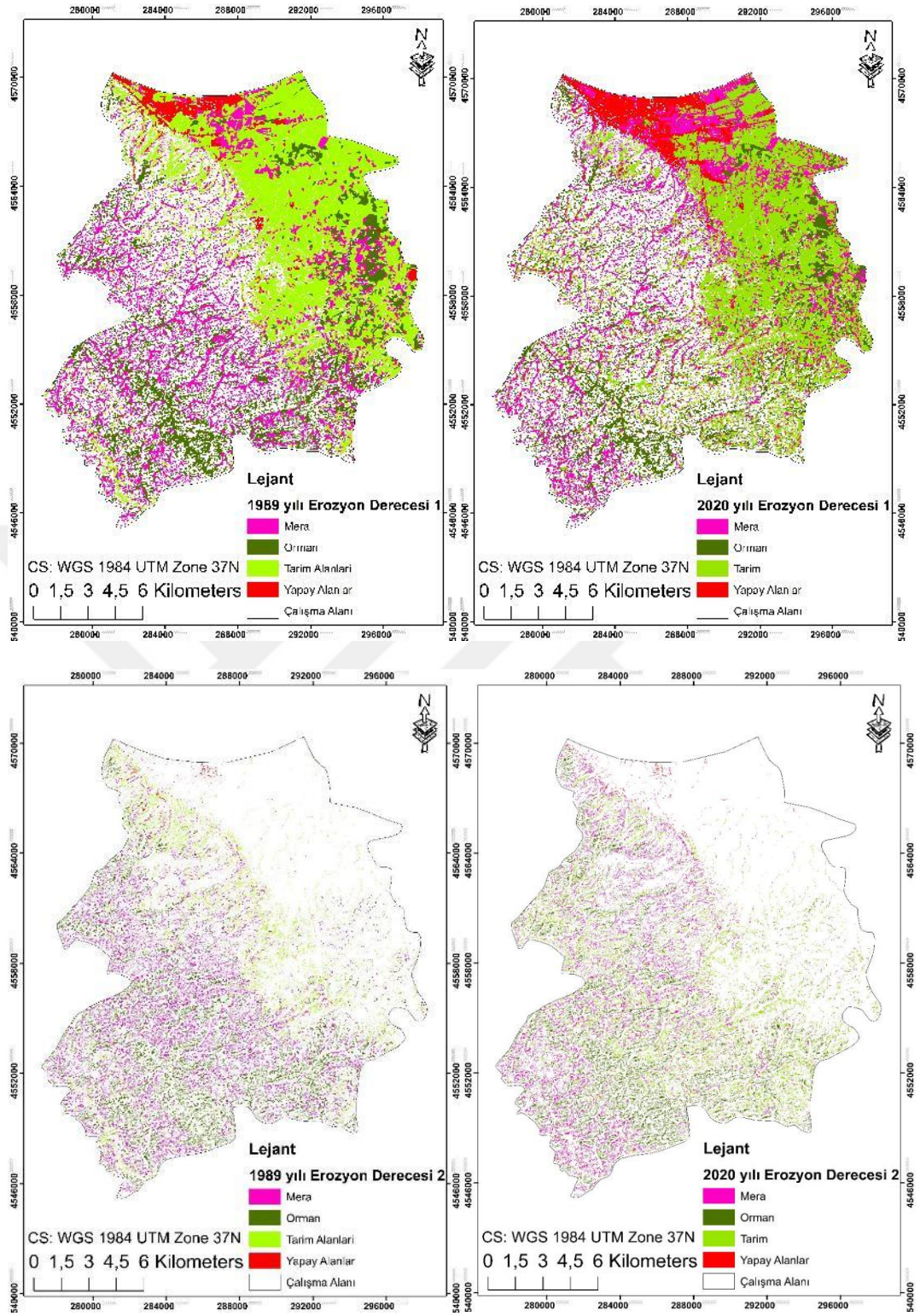
Çalışma alanımızın ikinci dönemine (2020) baktığımızda erozyon derecesinin en yüksek olduğu yüksek (4) ve şiddetli (5) sınıfın havzanın % 12.16 ile % 6.88’ ini kapsadığı görülmektedir. Düşük – orta sınıfta erozyon derecesinin 2 olduğu alanların % 14.3 ile havzanın ilk dönemine göre bir artışın olduğu görülmektedir. Aynı şekilde orta – yüksek (3) ve yüksek (4) erozyon derecesine sahip alanlar ilk dönemle karşılaştırıldığında oransal olarak artışların olduğu Tablo 4.7’ de verilmiştir. Bu kapsamda erozyon derecesinin dört olduğu alanlarda özellikle arazi kullanımı açısından uygun olmayan vasıflarının iyileştirme önlemleri çerçevesinde değiştirilmelidir. Özellikle meralarda örtü yüzdelерinin artırılması, ürün çeşitliliğinin artırılması ve eğer arazi kullanım türü değiştirilmişse toprak özelliklerine uygun yönetim uygulamalarının yapılması gerekliliktir.



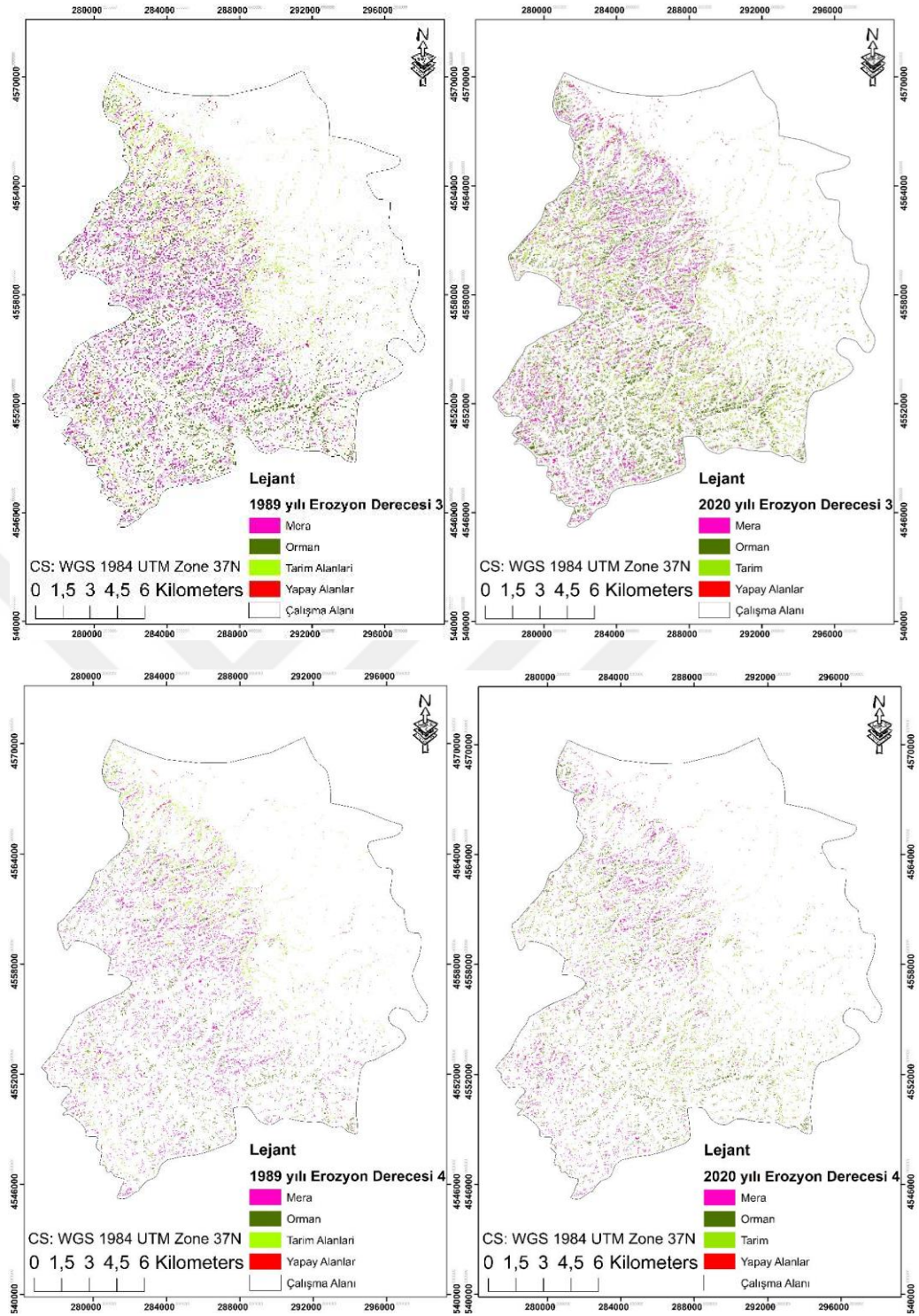
Şekil 4.14. Tekkeköy ilçesi 2020 yılı erozyon derecesi dağılım haritası

Tablo 4.8. Çalışma alanının 1989 ve 2020 yıllarındaki arazi kullanım sınıfları ve erozyon derecesi arasındaki alansal dağılımlar

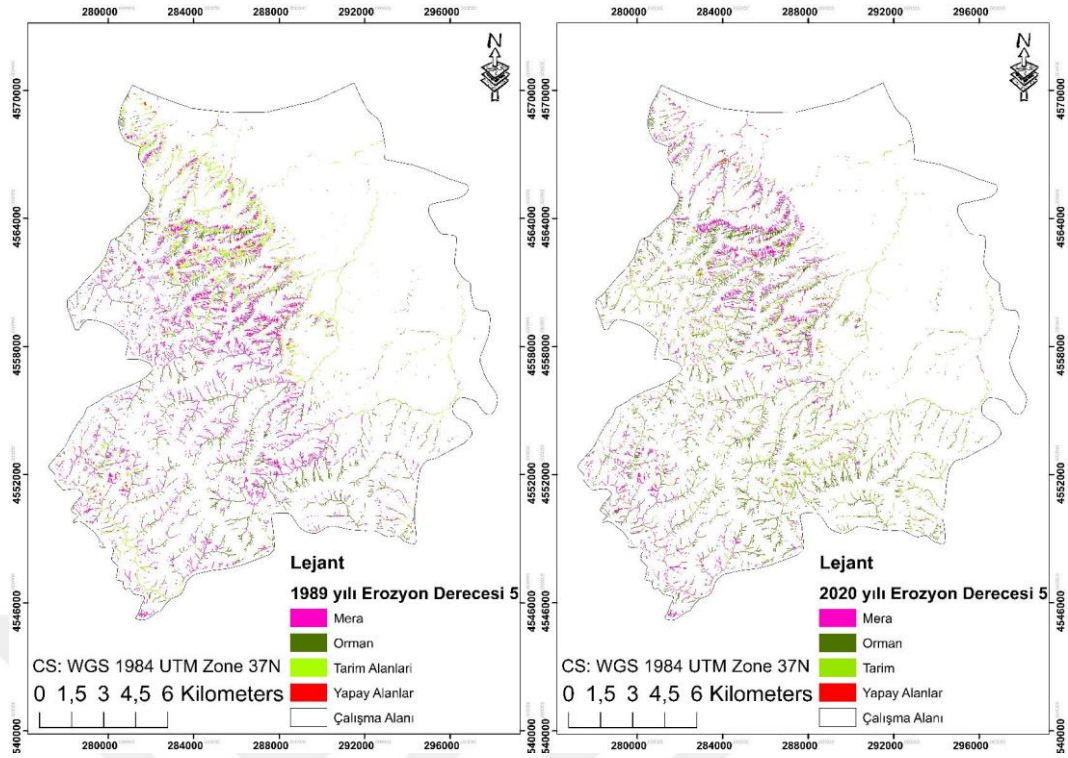
Alansal Dağılımlar (ha)	Erozyon Derecesi										1989 – 2020 yılı Arası Nisbi Yüzde (%) Değişim
	1		2		3		4		5		
	1989	2020	1989	2020	1989	2020	1989	2020	1989	2020	
Mera	6107	5745	2061	1520	1927	1380	776	557	1126	777	-16.43
Orman	4492	3798	1652	1653	1217	1492	432	570	615	859	-0.47
Tarım	9619	9519	877	1497	721	1117	305	407	561	620	8.43
Yapay Alanlar	737	1568	56	68	49	45	17	17	26	28	86



Şekil 4.15. Arazi kullanım sınıflarına göre erozyon dereceleri- 1



Şekil 4.16. Arazi kullanım sınıflarına göre erozyon dereceleri- 2



Şekil 4.17. Arazi kullanım sınıflarına göre erozyon dereceleri- 3

Çalışma kapsamında mera alanlarındaki erozyon sınıflarının dağılımları incelendiğinde, 1.0 erozyon dereceli alanların 1989 yılında 6107 ha iken 2020 yılında 5745 ha' a düştüğü görülmektedir. Genel olarak baktığımızda mera alanlarının erozyon sınıfları bazında her birinde azalışlar olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin 1989 ve 2020 yılları arasında mera alanlarındaki % 16' lık azalıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Mera alanlarında erozyon derecesinin 4.0 ve 5.0 olduğu yaklaşık 1300 ha alanda aşırı otlatmadan kaçınılmalı ve mera ıslahı çalışmalarına derhal başlanmalıdır.

Orman alanları incelendiğinde 1.0 erozyon derecesine sahip alanlar 2020 yılında 5745 ha olarak bulunmuştur. Geçmiş dönem verilerine baktığımızda sadece 1.0 erozyon derecesinde bir düşüş görünmektedir. Arazi kullanımı açısından 1989 ve 2020 yılları arasında orman alanlarında alansal olarak bir değişim olmamasına rağmen hemen hemen her erozyon sınıfında artışlar meydana gelmiştir. Bu sebeple özellikle orman alanlarının sürdürülebilir arazi kullanım planlaması modeli yaklaşımı ile değerlendirilmelidir. Erozyon sınıfı 5.0 olan alanlarda orman yüzeyinde koruyucu setlerin kullanımı ve teraslama çalışmaları yapılmalıdır. Ayrıca bölgedeki ormanlık alanların daha çok yüksek kesimlerde olması ve eğimli alanlardan oluşması arazi kullanımındaki değişim olanaklarını da imkansızlaştırmaktadır.

Çalışma kapsamında tarım alanlarının 1989 ve 2020 yılları arasında % 8 oranında arttığı bilinmektedir. Erozyon dereceleri kapsamında incelendiğinde 1989 ve 2020 yılları arasında 1.0 derecesinde 100 ha' lık bir azalma söz konusudur. Bu sonuç aslında erozyon derecesinin 1.0 olduğu alanların daha çok çalışma alanının ova kısımlarında olduğunu doğrulamaktadır. Erozyon derecesinin 2.0 olduğu tarım alanlarında kültürel mücadele kapsamında azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin kullanılması ve yanlış ekipman kullanımı önlenmelidir. Tarım alanları, erozyon sınıfının 4.0 olduğu 1989 yılında 305 ha alanı kapsarken, bu miktar 2020 yılında 407 ha' a çıkmıştır. Erozyon en şiddetli olduğu 5.0 derecesinde de tarım alanlarının arttığı görülmektedir. Erozyon sınıfının 4.0 ve 5.0 olduğu alanlarda öncelikli olarak arazi kullanım sınıflarında vasıf değişikliğine gidilmesi tedbiri uygulanabilir.

Çalışma alanında en yüksek oransal değişim % 86 ile yapay alanlarda gerçekleşmiştir. Arazi kullanımındaki değişim erozyon derecesi ile karşılaştırıldığında, yapay alanlarındaki artış büyük oranda tarım alanlarından gerçekleştiği görülmektedir. Bu artış özellikle erozyon derecesinin 1.0 olduğu alanlarda oluşmuştur. Diğer erozyon sınıflarında önemli bir artış ve azalış görülmemektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir arazi kullanım yönetimi ve planlamasının tarım topraklarının üretkenliği ve gelecek nesillere aktarımı açısından çok önemlidir. Özellikle tarım havzalarının en önemli sorunlarından biri olan toprak erozyonunun takibi, yıllara göre değişimi ve sürdürülebilir bir şekilde yönetimi tarımsal açıdan çalışılması gereken bir konudur. Özellikle uydu görüntülerinden elde veriler ışığında havzaların zamansal ve mekânsal değişimlerin izlenmesi hızlanmıştır.

Arazi kullanımı ve örtüsündeki değişimler toprak kayıplarını hızlandırma ve azaltma yönünde avantajlar ve dezavantajlar sunmaktadır. Çalışma alanımızda son yıllarda tarım alanlarındaki artış, mera ve orman üzerinde bir baskı oluşturmaktadır. Özellikle yüksek kesimlerde bulunan mera ve orman alanlarında, zayıf bitki örtüsü ve çıplak toprak yüzeyi erozyon açısından büyük bir risk barındırmaktadır. Ayrıca mera alanlarındaki erozyonu tetikleyen en önemli sorun aşırı otlatmadır. Bu alanların özellikle bitki örtüsünün zenginleştirilmesi ve mera ıslah çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Toprak kaybı, arazilerin verimliliklerine de etki etmektedir. Erozyon miktarı arttıkça toprak verimliliği düşmektedir. Özellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin erozyon ile bozulmasını önlemek için, teraslama, gübreleme veya toprak işleme sıklığının azaltılması gibi biyofiziksel önlemlerle mücadele edilebilir.

Çalışma alanımızın topografik özellikleri incelendiğinde büyük çoğunluğunun eğimli arazilerden oluştuğu görülmektedir. Eğimli alanlarda erozyona bağlı toprak kayıpları ile toprakların strüktürel yapıları bozulmakta ve verimlilikleri düşmektedir. Bir sonraki aşamada bu alanlar vasıf değişiklikleri ile tarım dışına çıkarılmaktadır. Özellikle bu alanların toprak koruma uygulamaları ile vasıflarının korunması ve potansiyelleri artırılmalıdır.

Sonuç olarak, havzanın 1989 ve 2020 yıllarındaki potansiyel toprak kaybı miktarları $2713778.34 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ve $2733957.12 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Veriler incelendiğinde ortalama 9.85 ve $9.92 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Havzanın güney ve güney – batı kesimlerinin yüksek eğimli ve dağlık alanlardan oluşması tarımsal üretimi kısıtlayan bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlar daha çok mera, orman alanlarından oluşmaktadır ve çeşitli nedenlerle üzerlerinde vasıf değişikliği konusunda baskılar bulunmaktadır. Bu

alanlar özellikle son zamanlarında daha çok tarım alanlarına dönüşmektedir ki bu da toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kayıpları meydana getirmektedir. Bu alanların sürdürülebilir arazi kullanım ve planlamaları ile arazilerin üretkenlik dinamikleri dikkate alınarak toprak kaliteleri korunmalı ve toprak kayıpları engellenmelidir.



KAYNAKLAR

- Arnoldus, H.M.J. (1977). Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletin*, 34: 39–51.
- Arnoldus, H.M.J., (1980) An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt M, Gabriels D (eds) *Assessment of erosion*. Wiley, Chichester, 127-132 s.
- Aytop, H., (2021). *Toprak Koruma Amaçlı Yeni Bir Arazi Kullanım Planlaması Modelinin Mikail Çayı Mikro Havzası Örneğinde Araştırılması* (Doktora tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Adana.
- Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R., Lugato, E., Ballabio C., Alewell, C., Meusburger, C., Modugno, S., Schütt B., Ferro, V., Bagarello, V., Oost, K.V., Montanarella, L., Panagos, P., (2017). An Assessment of the Global Impact of 21 st Century Land Use Change on Soil Erosion, *Nature Communications* 8: 2013 (2017).
- Bouyoucos, G.J. (1952). A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agron. J.*, 43:434-438.
- Cürebal, İ. ve Ekinçi, D., (2006). Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47, 115-130.
- Çelik, V., (2011). *Değirmen Deresi Havzasında (Bolvadin-Afyonkarahisar) Toprak Erozyonu Risk Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Danacığlu, Ş., & Tağıl, Ş. (2017) Bakırçay Havzası'nda Rusle Modeli Kullanarak Erozyon Riskinin Değerlendirmesi, *Balıkesir University The Journal of Social Sciences Institute*, 20(37).
- Desmet, P.J.J. & G. Govers. (1996). A GIS Procedure for Automatically Calculating the USLE LS Factor on Topographically Complex Landscape Units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(5): 427-435.
- Doğan, O. (2002). Türkiye Yağışlarının Erozyon Oluşturma Gücü ve universal Toprak Kaybı Eşitliğinin Yağış Erozyon İndeks Değerleri. *KHGM, Ankara Araş. Enst. Müd. Yay.*, Genel Yay. No:220, Rapor Yay. No:R-120, Ankara. 211 s.
- Durigon, V, Carvalho, D.F, Antunes, M. A. H, Oliveira, P. T. S, Fernandes, M. M., (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441-453.
- Dutta S (2016) Soil erosion, sediment yield and sedimentation of reservoir: a review. *Model Earth Syst Environ* 2:123. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0182-y>
- Erpul, G., Deviren Saygın, Selen., Samray, Hilal., Pınar, M.Ö., Şengören, A. (2014). Arazi Kullanım Planlamasının Esasları, *Ankara Üniversitesi Basım Evi*, Ankara, 101s.

- Fu, A., Cai, Y., Sun, T., Li, F., (2021). Estimating the Impact of Land Cover Change on Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS Data by USLE Model and Scenario Design. *Scientific Programming*, Vol 2021, 10 p.
- Galdino, S., Sano, E.E., Andrade, R.G., Grego, C.R., Nogueira, S.F., Bragantini, C., Flosi, A.H.G., (2015). Large-Scale Modeling of Soil Erosion With RUSLE for Conservationist Planning of Degraded Cultivated Brazilian Pastures, *Land Degradation and Development*, 27: 773-784.
- Ganasri, B.P., Ramesh, H., (2016). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7 (2016) 953-961.
- Gao, J., Wang, H., (2019). Temporal analysis on quantitative attribution of karst soil erosion: A case study of a peak-cluster depression basin in Southwest China. *Catena*, 172 (2019) 369-377.
- İç, S., Dengiz, O., Madenoğlu, S., Demirağ Turan, İ., Saygın, F., Erkoçak, A. (2021). Arazi Bozulmuş Eğilimlerinin Arazi Üretkenlik Dinamiği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. TAGEM/TSKAD/18/A9/P5/355
- İrvem, A., F. Topaloğlu, V. Uygur. (2007). Estimating Spatial Distribution of Soil Loss Over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336:30-37.
- İnanç, B.O. (2015). Tokat Artova Çelikli Gölet Havzasında Toprak Bozulmasının Yersel ve Zamansal Değişiminin İzlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Tokat
- Johnson, L.C., (1987). Soil loss tolerance fact or myth. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.42, p.155-160.
- Karas, E. (2020). Evaluation of a sustainable land use planning model in the Elmalı basin. *Environ Monit Assess* 192, 255. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8203-8>
- Karaş, E. (2016). Chapter 7: sustainable land use planning model in rural basins. In: (Bucur D, ed.) River basin management. pp. 135–164. IntechOpen, London, UK.
- Kavain, A., Sabet, S.H., Solaimani, K., Jafari, B., (2017). Simulating the effects of land use changes on soil erosion using RUSLE model, *Geocarto International*, 32 (1), 97-111.
- Long, H.L., Heiling, G.K., Wang, J., Li, X.B., Luo, M., Wu, X.Q., Zhang, M., (2006). Land Use And Soil Erosion In The Upper Reaches Of The Yangtze River: Some Socio-Economic Considerations On China's Grain-For-Green Programme. *Land Degradation & Development*, 17: 589-603.
- Maurya, S., Srivastava, P.K., Yaduvanshi, A., Anand, A., Petropoulos, G.P., Zhuo, L., Mall, R.K., (2021). Soil Erosion in Future Scenario Using CMIP5 Models and Earth Observation Datasets. *Journal of Hydrology*, 594 (2021) 125851.

- McCormack, D.E., K.K. Young, & Kimberlin, L.W., (1982). Current criteria for determining soil loss tolerance. Pages 95-111 in D. M. Kral (ed.), Determinants of soil loss tolerance. *American Society of Agronomy Special Publication* 45. Madison, Wisconsin
- MGM, (2022). İllere ait genel istatistiki veri. <https://www.mgm.gov.tr/veri-degerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=SAMSUN>
- Mitasova, H., Hofieka, J., Zlocha, M., Iverson, L.R., (1996). Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographic Information Systems*, 10: 629-641.
- Özsoy, G., (2007). *Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı, Bursa.
- Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. Mccool, D.C. Yoder, Coordinators. (1997), Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *U.S. Dep. Agric., Agric. Handb.* No. 703. 404 p.
- Roose, E., 1977. Erosion and Runoff in West Africa from 20 Years of Records for Small Experimental Plots. Works and Documents of OSTROM No. 78, Paris.
- Smith, R.M. & Stamey, W.L. (1965). Determining the range of tolerable erosion. *Soil Science*.100: 414-24.
- Tağıl, Ş., (2007). Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS – Tabanlı RUSLE modeli kullanılarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi. *Ekoloji*, 65,11-20.
- USDA (United States Department of Agriculture) (1951) Soil Survey Manual. Handbook No. 18, Soil Survey Staff, Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering, United States Department of Agriculture, Washington DC, 205.
- Van Der Kniff, J.M., R.J.A. Jones, L. Montanarella. (2000). Soil Erosion Risk Assessment in Europe. European Soil Bureau, *Joint Research Center of the European Commision*. EUR 19044 EN, 34 p.
- Van der Knijff, J. M. F., Jones, R. J. A., Montanarella, L., (2000). Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau, European Commission.
- Walkley, A., Black I, A., (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soilorganic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D., (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. *USDA Agricultural Handbook*, No: 537, USA.
- Yılmaz, H., (2010). *Kürk Çayı Havzasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Bilim Dalı, Elazığ.

ÖZ GEÇMİŞ

Aykut ÇAĞLAR Samsun Cumhuriyet Lisesi’ni bitirdikten sonra Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak bölümünden 08.06.2011 tarihinde mezun oldu. 2015 yılında Yurtdışı YLSY bursu kapsamında Amerika Birleşik Devletleri’nde Texas Teknik Üniversitesi Coğrafya Bölümünde yüksek lisans kazandı ve 2017 yılında mezun olup ülkesine döndü. Mezuniyetinden bu yana Tarım ve Orman Bakanlığında Ziraat Yüksek Mühendisi olarak görev yapan Aykut ÇAĞLAR., iyi derecede İngilizce bilmektedir (YDS:73,75, YÖKDİL: 86,25). (15.06.2023).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-0436-4237

Yayınlar:

1. Çağlar, A., Dengiz, O., Cinkaya, I. (2021). Monitoring Of Drought Severity in Konya Closed Basin Using Standardized Precipitation Index and Modis Satellite Images. International Symposium on “Soil Science and Plant Nutrition 2021.
2. Saygın, F., Alaboz, P., İç, S., Çağlar, A., Dengiz, O. (2021). Estimation Of Erosion Erodability Index With Random Forest Algorithm. 3rd International Cukurova Agriculture And Veterinary Congress 2021. 603-619

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. Yurt Dışına Lisansüstü Öğrenim Görmek Üzere Gönderilecek Adayları Seçme ve Yerleştirme (YLSY) kapsamında yüksek lisans bursu.