

Uğursuyu Havzası Erozyon Risk Durumundaki Dönemsel Değişimlerin Belirlenmesi

Ahmet Salih Değermenci^{1,*}

¹ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

Makale Tarihçesi

Gönderim: 27.12.2024

Kabul: 09.04.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada, Uğursuyu Havzasında 2000 ve 2019 yılları arasında arazi kullanım durumlarında meydana gelen değişikliklerin erozyon risk durumlarına etkileri ICONA (National Institute for Nature Conservation) modeli kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Arazi sınıflandırmasında, su, yerleşim, tarım-açıklık ve bitki örtüsü olmak üzere dört ana arazi sınıfı belirlenmiş ve bu sınıfların doğruluğu hata matrisi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Kappa değerleri, her iki dönem için %80'in üzerinde bulunmuş, bu da sınıflandırmanın oldukça başarılı olduğunu göstermiştir. Su alanları 14,86 ha'dan 18,05 ha'ya yükselirken, yerleşim alanlarında yaklaşık 100 ha'lık bir artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, bitki örtüsü alanlarının oranı %84,6'dan %72,3'e düşmüştür. Toprak koruma haritaları, arazi sınıfı ile bitki örtüsü oranları haritalarının ilişkilendirilmesiyle oluşturulmuş ve bu süreçte çok düşük ile çok yüksek toprak koruma sınıflarında artışlar gözlemlenirken, orta ve yüksek koruma sınıflarında azalmalar meydana gelmiştir. Havzanın eğim ve jeolojik yapısı dikkate alınarak hazırlanan potansiyel erozyon risk haritaları, alanın %76,5'inin yüksek ve çok yüksek erozyon riski grubunda bulunduğunu göstermektedir. Jeolojik yapı olarak alanın büyük kısmı (%80,5) erozyona duyarlı kayalardan oluşmaktadır. Erozyon risk durumları açısından yapılan analizlerde, 2000 ve 2019 yılları arasında düşük risk sınıflarında önemli bir değişim gözlemlenmezken, orta seviyede %1'lik bir artış ve yüksek seviyede %3,6'lık bir azalma meydana gelmiştir. Çok yüksek erozyon riski sınıfında ise %2,54'lük bir artış kaydedilmiştir. Arazi değişimleri ve bitki örtüsü oranlarındaki azalmalar, erozyon riskini etkileyen temel faktörler olarak öne çıkmıştır. ICONA modeli, bu değişimleri etkili bir şekilde değerlendirmiş ve havzanın yüksek erozyon duyarlılığına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, elde edilen bulgular, sürdürülebilir arazi yönetimi ve erozyon kontrolünün önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, yerel yönetimlerin ve toplumların iş birliği ile çevresel koruma önlemlerinin alınması, bölgenin ekolojik dengesinin korunması açısından kritik bir gereklilik haline gelmektedir.

Anahtar Kelimeler – Arazi sınıflandırması, erozyon risk, ICONA, NDVI, Uğursuyu

Determination of Periodic Changes in Erosion Risk Status of Uğursuyu Basin

¹ Düzce University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Düzce, Türkiye

Article History

Received: 27.12.2024

Accepted: 09.04.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – In this study, the effects of land use changes in the Uğursuyu basin between 2000 and 2019 on erosion risk conditions were analyzed in detail using the ICONA model. In land classification, four main land classes were determined as water, settlement, agriculture-open space and vegetation, and the accuracy of these classes was evaluated by the confusion matrix method. Kappa values were above 80% for both periods, indicating that the classification was quite successful. Water areas increased from 14.86 hectares to 18.05 ha, while settlement areas increased by about 100 ha. However, the proportion of vegetation areas decreased from 84.6% to 72.3%. Soil protection maps were created by overlaying the land class and vegetation cover ratio maps, and in this process, increases were observed in very low and very high soil protection classes, while decreases occurred in medium and high protection classes. The potential erosion risk maps prepared by considering the slope and geological structure of the basin show that 76.5% of the area is in the high and very high erosion risk group. In terms of geological structure, most of the area (80.5%) consists of rocks susceptible to erosion. In the analysis of erosion risk status, no significant change was observed in the low risk classes between 2000 and 2019, while there was a 1% increase in the medium level and a 3.6% decrease in the high level. An increase of 2.54% was recorded in the very high erosion risk class. Land changes and reductions in vegetation cover were the main factors affecting erosion risk. The ICONA model effectively assessed these changes and revealed that the basin has high erosion susceptibility. In conclusion, the findings emphasize the importance of sustainable land management and erosion control strategies. In this context, taking environmental protection measures in cooperation with local governments and communities becomes a critical requirement for maintaining the ecological balance of the region.

Keywords – Land classification, erosion risk, ICONA, NDVI, Uğursuyu

¹  ahmetdegermenci@duzce.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Arazi kullanımında meydana gelen değişimler ve yanlış arazi kullanımından kaynaklanan toprak erozyonu Dünyadaki en önemli çevresel sorunlardan biridir (Zhang vd., 2019; Gong vd., 2022). Erozyon, toprak bozulması, tarımsal verim kaybı ve ekosistem sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratarak büyük bir çevresel tehdit oluşturur. Toprak erozyonunun başlıca nedenleri arasında insan faaliyetleri ve hatalı arazi yönetim uygulamaları en önde gelmektedir (Jiang vd., 2020). Bu tür yanlış uygulamalar, toprak yapısını bozarak ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır (Ediş vd., 2021; Aslan, 2023). Arazi kullanımındaki değişiklikler, özellikle sanayileşme, kentleşme ve kırsal alanlardan kentsel bölgelere göç gibi faktörlerle tetiklenerek erozyon riskini artırmaktadır. Bu süreç, tarım topraklarının verimli kullanımını zorlaştırmakta ve sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının önemini ortaya koymaktadır (Zuo, 2023; Liu, 2023). Ayrıca, tarımsal faaliyetlerin iklim değişikliği ile olan ilişkisi, özellikle kurak iklim koşullarında toprak kaybının daha belirgin hale gelmesine neden olmaktadır (Jiang vd., 2014; Rakhimova, 2024).

Toprak erozyonu, yalnızca toprak kaybına neden olmakla kalmaz; aynı zamanda gıda güvenliği, ekosistem sağlığı ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden önemli bir faktördür. Yapılan bilimsel çalışmalar, insan kaynaklı arazi örtüsü değişikliklerinin, özellikle ormansızlaşma ve doğal alanların tarım arazilerine dönüştürülmesinin erozyon riskini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Ziadat ve Ay, 2013; Borrelli vd., 2017). Özellikle ormansızlaşma, toprak stabilitesini bozarak erozyon sürecini hızlandırmaktadır (Xiao vd., 2021). Ziadat ve Ay (2013), yaptıkları çalışmada tarım arazilerindeki tarımsal faaliyetlerin, doğal bitki örtüsüne göre toprak erozyonunu artırdığını belirlemişlerdir. Borrelli ve arkadaşları (2017), 21. yüzyılda meydana gelen arazi kullanım değişikliklerinin küresel toprak erozyonu üzerindeki etkilerini araştırmış ve planlı tarımsal yönetim uygulamalarının sürdürülebilir bir şekilde uygulanmasının erozyon riskini azaltabileceğini vurgulamışlardır. Bir diğer çalışmada, Bakker ve arkadaşları (2008), Avrupa'nın dört farklı bölgesinde arazi kullanım değişikliklerinin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini incelemiş ve tarımsal arazilerin genişlemesinin erozyon miktarını artırdığını belirlemişlerdir. Ormansızlaşma da, toprak erozyonunu artıran bir diğer önemli faktördür. Xiao ve arkadaşları (2021), insan faaliyetlerinin, özellikle arazi kullanımı durumları ve bitki örtüsü türlerinin, toprak erozyonunu önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, Chalise ve Kumar (2020), Nepal Himalayaları'nda arazi kullanım değişikliklerinin su erozyonunu nasıl etkilediğini incelemiş ve uygun tarımsal yönetimin, eğimli arazilerde toprak kaybını azaltmak için gerekli olduğunu ifade etmiştir. Toprak erozyonunun etkileri sadece toprağın kaybıyla sınırlı kalmamakta aynı zamanda gıda güvenliğini ve çevresel sürdürülebilirliği de tehdit etmektedir. Alexakis ve arkadaşları da, toprak erozyonunun tarımsal verimliliğin azalmasına yol açacağını ve bu durumun, 2050 yılına kadar sürekli büyüyen küresel nüfusu besleme ihtiyacı göz önüne alındığında özellikle endişe verici olduğunu belirtmişlerdir (Alexakis vd., 2019). Verimli üst toprağın kaybı, arazinin tarımsal potansiyelini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda su yollarında artan kirlilik ve tortulaşmaya da katkıda bulunarak çevresel yönetim çabalarını daha da karmaşık hale getirebilir (Alexakis vd., 2019). Bu bağlamda, uygun arazi yönetimi ve koruma stratejileri geliştirilmemesi durumunda, erozyonun uzun vadeli etkileri daha da yıkıcı hale gelebilir.

Erozyonun etkilerini azaltmak ve risk bölgelerini belirlemek amacıyla çeşitli modelleme yöntemleri ve haritalama teknikleri kullanılmaktadır. Modelleme yöntemlerinden birisi farklı arazi kullanım türlerinin çevresel etkilere olan katkısını değerlendiren ve dinamik bir model olan LEAM (Land-use Evolution and Impact Assessment Model) modelidir. Temel olarak, arazi kullanım değişimlerinin ekosistem üzerindeki etkilerini analiz etmeye odaklanır ve bu süreçte ekonomik unsurları da dikkate alır (Chen vd., 2021). Erozyon riskini değerlendirme yeteneği ile bilinen bir başka modelde ICONA (National Institute for Nature Conservation) modelidir. ICONA modeli kullanıcı dostu bir yapı ile basit fakat etkili tahminler sunabilmektedir. ICONA'nın avantajları arasında, Avrupa ve Akdeniz bölgeleri için etkili bir erozyon haritası oluşturma becerisinin olması sayılabilir. Kullanımı daha basit olan ICONA, kullanıcıların temel erozyon tahminlerini daha az teknik bilgi ile gerçekleştirebilmesini sağlamaktadır (Gholzom vd., 2020). ICONA modeli, nitel veri analizi ile karar verme sürecine katkıda bulunur. Bu model, nitel karar kurallarına dayanarak, erozyon riskini değerlendi-

ırken belirli girdi faktörlerini nitelikler açısından hiyerarşik bir şekilde organize eder. Ayrıca diğer birçok modelin özellikle yerel koşullara göre kapsamlı kalibrasyon gerektirmesi ve her bölge için bazı istatistikî bilgilere ihtiyaç duyması ve uzaktan algılama tabanlı olması ICONA modelinin tercih edilme sebeplerinden- dir. Wang ve arkadaşları, Moğolistan'daki kentsel gelişimin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini değerklen- dirdikleri çalışmalarında, ICONA modelinin sağladığı verilerin, arazi kullanım değışikliklerinin erozyon üzerindeki etkilerini anlamada kritik bir rol oynadığını belirtmişlerdir (Wang vd., 2018). Uzaktan algılama teknolojileri sayesinde, geniş alanlarda erozyon risk haritaları oluşturularak bölgesel bazda önleyici strateji- ler geliştirilebilmektedir (Ji, 2024).

Türkiye'nin farklı bölgelerinde erozyon riskinin belirlenmesinde ICONA modelinin etkinliği üzerine çeşitli çalışmalara imza atılmıştır. Yıldız ve Kahveci (2024), ICONA modelini kullanarak Ankara ili örneğinde toprak erozyonu riskini tahmin etmiş ve mekânsal erozyon riski haritaları ile birlikte risk düzeylerini belirle- yip değerklendirmiştir. Bilgiç ve Er (2024), aynı yöntemi kullanarak Malatya ilinde erozyon risk analizi ger- çekleştirmiş ve doğal kaynakları koruma stratejileri geliştirmek için önemli veriler elde etmiştir. Ediş ve arkadaşları (2021), Meşeli Havzası'nda yaptıkları çalışmada ICONA modelini kullanarak toprak erozyon riskini değerklendirmiştir; bulgulara göre havzanın yüksek erozyon riski taşıdığı ve etkili arazi yönetiminin gerekliliği vurgulanmıştır. Dutal (2022), Akdeniz bölgesinde artan orman yangınları ve şiddetli yağışların baraj havzalarındaki toprak erozyonunu nasıl etkileyebileceğini inceleyerek Ayvalı Baraj Havzası'nda ICO- NA modeliyle mevcut toprak erozyonu riskini haritalandırmış ve orman yangını senaryosuyla yangın sonrası risk değışimini analiz etmiştir. Sonuçlar, çalışma alanının %70,33'ünün çok yüksek erozyon riski taşıdığını ve bu alanın yangın sonrası %18 oranında arttığını göstermiştir.

Bu çalışmada, ICONA modeli aracılığıyla Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Düzce ilindeki Uğursuyu Havzası'nda toprak erozyonunun zamansal ve mekânsal değışimi incelenecektir. Çalışmanın temel amacı, 2000 ve 2019 yılları arasındaki arazi kullanım değışikliklerinin erozyon riski üzerindeki etkilerini analiz ederek hassas bölgeleri belirlemektir. Bu kapsamda, havzanın coğrafi özellikleri, bitki örtüsü değışimi ve toprak yapısı gibi faktörler dikkate alınarak erozyon dinamikleri değerklendirilecektir. Uzaktan algılama verileri ve mekânsal analiz teknikleri kullanılarak, erozyon potansiyeli yüksek alanlar tespit edilerek sürdürü- lebilir arazi yönetimi için veri temelli öneriler sunulacaktır.

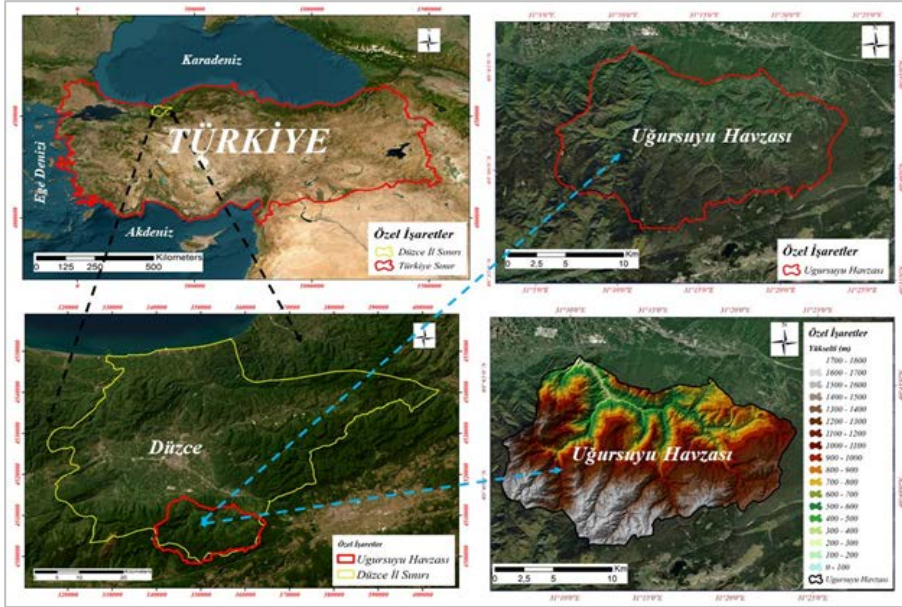
Bu çalışma aynı zamanda, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) çerçevesinde SKH 6 (Temiz Su ve Sanitasyon), SKH 13 (İklim Eylemi) ve SKH 15 (Karasal Yaşam) hedefleriyle doğrudan bağ- lantılıdır. Arazi kullanım değışikliklerinin erozyon üzerindeki etkilerini analiz ederek su kaynaklarının ko- runmasına, iklim değışikliğine uyum sağlanmasına ve toprak bozulmasının önlenmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bu çalışmanın bulguları yalnızca erozyon riski tahminine katkı sağlamakla kalma- yıp, ekosistem hizmetleri bağlamında su kalitesinin korunması, toprak sürdürülebilirliği ve peyzaj yönetimi açısından da değerkli veriler sunacaktır. Arazi kullanım değışikliklerinin düzenleyici ve destekleyici hizmetler üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi gerek- liligi ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda, çalışma sonuçlarının bölgesel toprak koruma politikalarının oluşturu- lmasına katkı sağlaması ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi için bilimsel bir temel oluşturması hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan Düzce İli'nin en önemli ve en büyük havzalarından birisi olan Uğursuyu Havzası seçilmiştir. Uğursuyu Havzası Düzce ilinin hem merkez hem de Kaynaşlı ilçelerinin bir kısmını içine almaktadır. Çalışma alanı coğrafi konum olarak WGS1984 UTM Zone 36N grid bölge zonunda yer almakta olup, 40°46'33'' - 40°37'18'' Kuzey enlemleri ile 31°05'45''-31°24'22'' Doğu boylamları arasında kalmaktadır (Şekil 1). Uğursuyu Havzasında birçok köy ve yayla bulunmaktadır. Hav-

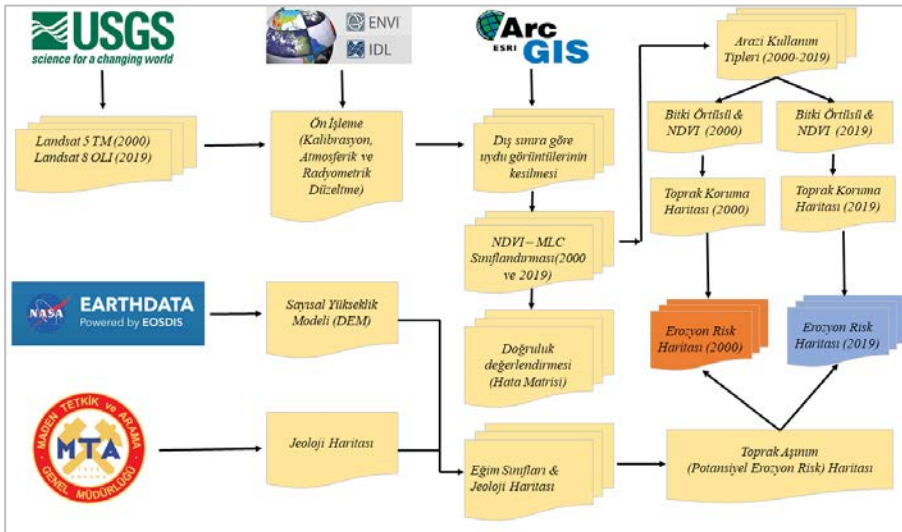
zanın beslenme alanı yaklaşık 25899 ha'dır ve Elmacık dağlarında Hamamsuyu Deresi ile doğup, Aksu ve Uğursuyu Deresi ile alt rakımlarda birleşip, diğer birçok küçük akarsuları da toplayarak güneydoğu-kuzeybatı yönünde akmaktadır. Uğursuyu Havzası en yüksek debi Haziran ayında, en düşük debiler ise Ekim ayında görülmektedir. Havzanın taşkın potansiyeli yüksektir ve yaklaşık 1200 ha arazi taşkından etkilenebilmektedir. Uğursuyu Havzasına en yakın meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 837.7 mm iken, ortalama sıcaklık da 13.2 °C'dir (MGM, 2022). Havzada alt rakımlarda yapraklı ağaç türleri (Kayın, Meşe) üst rakımlarda ise daha çok ibrelili türlerden (Karaçam, Sarıçam, Gökmar) oluşan ormanlar bulunmakta ve tüm havzanın yaklaşık %80'i orman alanlarından oluşmaktadır. Orman alanlarının yaklaşık %3'ü de bozuk orman vasfındadır.



Şekil 1. Uğursuyu Havzası coğrafi konumu ve sayısal yükseklik modeli

2.2. Veri Seti

Çalışma alanı erozyon risk haritalarının dönemsel olarak arazi kullanımında meydana gelen değişimlere göre nasıl değişim gösterdiğinin ortaya koyulması birçok aşamadan oluşan analizleri gerektirmektedir. Analizlerin yapılması için birçok veri seti kullanılmıştır. Kullanılan veri setleri ve izlenen yöntem Şekil 2'de gösterilmiş ve alt başlıklar halinde ele alınmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan iş akış planı

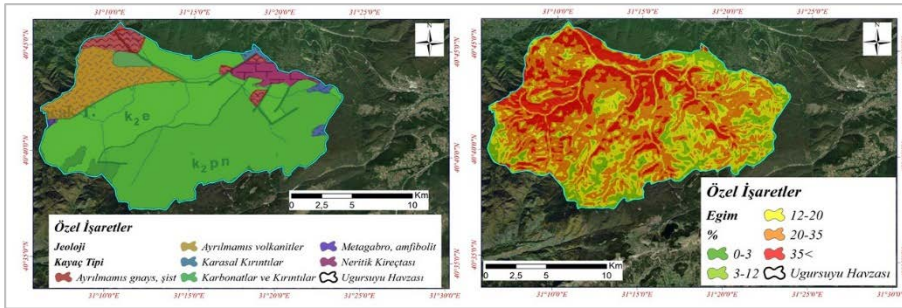
2.3. Toprak Aşınım Haritasının Oluşturulması

Uğursuyu Havzası için ICONA modeline (ICONA, 1997) göre öncelikle ilk aşama haritalarından olan aşınabilirlik haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Aşınabilirlik haritası eğim ve Jeolojik yapı üzerinden belirlendiğinden her iki dönem için aynı harita kullanılmıştır. Bunun için öncelikle çalışma alanına ait sayısal yükseklik modelinden yükselti ve eğim sınıfları haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan eğim sınıfları ile havzanın jeolojik yapısına ilişkin verilerin birlikte ele alınması ve aşınabilirlik sınıflarının oluşturulması gerekmektedir (Tablo 1). Jeolojik yapıya ilişkin veriler Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından hazırlanan 1/25000 ölçekli jeoloji haritasından alınmıştır (MTA, 1999). Elde edilen bu iki veri seti ArcGIS Desktop 10.8 yazılımında çakıştırılarak toprak aşınabilirlik haritası, 1 en düşük, 5 en yüksek olacak şekilde beş farklı kategoriye ayrılmıştır. Litolojik yapı ve geçirgenlik sınıflandırmasında ICONA modeli sınıflandırması baz alınmıştır (ICONA 1997). Eğim sınıflandırmasında ülkemizde yapılan çalışmalarda kullanımı daha fazla olan %0-3, %3-12, %12-20, %20-35 ve %35 üstü olacak şekilde sınıflama yapılmıştır (Dengiz ve ark. 2014; Ediş ve ark. 2021; Yıldız ve Kahveci, 2024) (Tablo 1).

Tablo 1

Jeolojik yapı ve eğim sınıfları

ICONA Risk Seviyesi (Aşınabilirlik)	Jeolojik Formasyon	Litolojik Yapı	Geçirgenlik	Eğim Sınıfı (%)
1	Metagabro, Amfibolit	Metamorfik	Düşük	Düz (%0-3)
2	Ayrılmamış gnays, şist, migmatit, metagranit, ayrılmamış volkanitler	Metamorfik/Magmatik	Orta	Orta (%3-12)
3	Neritik Kireçtaşı	Sedimanter (Karbonat)	Orta/Yüksek	Dik (%12-%20)
4	Kırıntılar ve karbonatlar, Karbonatlar ve Kırıntılar (bloklı fliş)	Sedimanter (Kırıntılı)	Yüksek	Çok dik (%20-35)
5	Karasal Kırıntılar	Sedimanter (Gevşek)	Çok Yüksek	Son derece dik (%35<)



Şekil 3. Uğursuyu Havzası jeolojik yapı ve eğim sınıfları haritaları

Sınıflandırılmış eğim ve jeoloji haritalarının çakıştırılmasıyla potansiyel erozyon risk (toprak aşınım) haritası oluşturulmuştur. Çakıştırma sonucunda eğim sınıfı ve kayaç tipleri aşınabilirlik sınıflarına göre, daha önce yapılan çalışmalardan da (Gholzom vd. 2020; Dutal, 2022; Yıldız ve Kahveci, 2024) faydalanılarak Tablo 2’teki karar matrisi üzerinden potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuştur.

Tablo 2

Çakıştırma fonksiyonunda kullanılan potansiyel erozyon risk değerlendirme matrisi

Eğim Sınıfı	Kayaç Aşınabilirlik Sınıfı				
	1	2	3	4	5
1	ÇD	ÇD	ÇD	D	D
2	ÇD	D	O	O	Y
3	O	O	Y	Y	Y
4	Y	Y	Y	ÇY	ÇY
5	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY

Tabloda; “ÇD”, Çok düşük; “D”, Düşük; “O”, Orta; “Y” Yüksek ve “ÇY” Çok yüksek erozyon risk durumunu ifade etmektedir.

2.4. Toprak Koruma Haritalarının Oluşturulması

Her iki dönem için toprak koruma haritalarının oluşturulmasında ilgili yıllara ait hem amenajman planı meşcere tipleri haritalarından hem de Landsat uydu görüntüleri üzerinden elde edilen NDVI haritalarından faydalanılmıştır. Arazi kullanım durumlarının oluşturulmasında özellikle yersel ölçümler ile yapılan envanter sonucu çok detaylı haritaların oluşturulduğu orman amenajman planı meşcere tipleri haritalarından faydalanılmıştır. Meşcere tipleri üzerinden, çağ sınıfı ve kapalılıklar da dikkate alınarak bitki örtüsü yoğunluk oranları hesaplanmıştır. Bu bağlamda amenajman planları üzerinden her iki yıl için bitki örtüsü yoğunluk oranları %0-%25, %25-%50, %50-%75 ve %75-%100 olacak şekilde dört farklı sınıf oluşturulmuştur.

Bu aşamadan sonra özellikle bitki örtüsü yoğunluğunun belirlenmesinde bilimsel çalışmalarda çok tercih edilen NDVI haritalarının oluşturulması işlemi gerçekleştirilmiştir. 2000 yılı için Landsat 5 TM ve 2019 yılı için ise Landsat 8 OLI uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Uydu görüntüleri USGS portalı üzerinden indirilmiştir (<https://www.usgs.gov/>)(USGS 2024). Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri Landsat 5 TM, 28 Temmuz 2000 (path:178-row:032), Landsat 8 OLI ise 1 Temmuz 2019 (path:178-row: 032), tarihlerine aittir. Landsat uydu görüntülerinin geometrik ve radyometrik düzeltmeleri, sınıflandırmadan önce ENVI 5.3 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Uydu görüntüleri seçilirken aynı aya ait görüntülerin seçilmesine ve bulut oranının %10'dan az olmasına, ayrıca özellikle orman amenajman planları için envanterin yapıldığı yaz aylarına ait görüntüler kullanılmıştır. Bulutlar ve atmosferik nem görüntü kalitesini doğrudan etkilediğinden bu etkileri ortadan kaldırmak amacıyla bulut maskeleyme yapılmıştır. Uydu görüntülerinin atmosferik düzeltmesi için ENVI 5.3 yazılımındaki FLAASH modülünden faydalanılmıştır.

Arazi sınıflandırmaları, çalışma alanının dış sınırlarına göre kırılmış Landsat uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 2000 yılına ait Landsat 5 TM ve 2019 yılına ait Landsat 8 OLI görüntüleri kullanılarak 25899 ha'lık çalışma alanı ICONA modelinde kullanılan alt sınıfların uygun sınıflarla birleştirilmesi ile dört temel arazi sınıfına ayrılmıştır. Sınıflandırmada, bina alanları, sanayi bölgeleri ve her türlü yapay alanlar "Yerleşim" olarak sınıflandırılmıştır. Üzerinde çok yıllık bitki örtüsü bulunmayan kıraç ve açık alanlar ile kuru ve sulu tarımın yapıldığı alanlar "Tarım-Açıklık", çok yıllık bitki örtüsüne sahip orman alanları ise "Bitki örtüsü" olarak sınıflandırılmıştır. Dördüncü arazi sınıfı ise gölet, göl, dere, nehir ve barajları içeren "Su" olarak alınmıştır. Arazi sınıflandırması için Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri üzerinden yakın kızılötesi (PNIR) ve kırmızı band (PRED) kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) görüntüleri kullanılmıştır (Denklem 1).

$$NDVI = \frac{PNIR - PRed}{PNIR + PRed} \quad (1)$$

Burada Red, kırmızı (görünür) ve NIR ise yakın kızılötesi bölgelerde elde edilen spektral yansıma değerlerini ifade etmektedir (Crippen 1990). NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişmekte olup, bitki örtüsünün yoğunluğu ve canlılığı hakkında bilgiler vermektedir. Yoğun ve canlı bitki örtüsüne sahip alanlarda 1'e yaklaşıırken, bulut ve kar örtüsünün bulunduğu alanlarda -1'e yaklaşması beklenir (Tucker 1979).

Arazi sınıflandırmasında Maksimum Benzerlik Sınıflandırması (MLC) kullanılmış ve NDVI haritaları üzerinden 2000 ve 2019 yılları için sınıflandırmalar yapılmıştır. Her yıl için referans veriler, sınıflandırılmış NDVI görüntülerine rastgele 400 nokta atanarak hesaplanmıştır. İlgili yıla ait Google Earth uydu görüntüleri ve orman amenajman planları meşcere tipleri haritaları kontrol verisi olarak alınmış ve referans ve kontrol veri setleri tanımlandıktan sonra, hata matrisi yöntemi kullanılarak her yıl için doğruluk değerlendirmeleri yapılmıştır. Her bir arazi sınıfı için kullanıcı doğruluğu (UA), üretici doğruluğu (PA), genel doğruluk (OA) ve Kappa (K) değerleri belirlenmiştir. Kappa değeri özellikle sınıflandırmalarda önemlidir ve Kappa değeri gerçek verilerle sınıflandırılmış veriler arasında uyumu ifade etmektedir (Yang and Zhou 2014). Kappa değeri 1'e yaklaştığında yüksek uyumu, 0'a yaklaştığında ise zayıf uyumu gösterir. (Landis ve Koch 1977; Abutaleb vd., 2021). Kappa değerini hesaplamak için Denklem 2 (Cohen 1992) kullanılmıştır:

$$K = (P_o - P_e) / (1 - P_e) \quad (2)$$

Burada P_o , puanlayıcılar arasında gözlenen göreceli uyumu ve P_e ise varsayımsal şans uyumu olasılığını göstermektedir

Her iki yıla ait hem bitki örtüsü yoğunlukları hem de arazi kullanım sınıfları haritaları, ilgili yıllar için ArcGIS Desktop 10.8 TM programı ile karşılaştırılarak toprak koruma sınıfları haritaları elde edilmiştir. Çakıştırma işleminde yapılan ağırlıklandırma için aşağıdaki karar matrisi kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3

Toprak Koruma sınıfları haritalarının oluşturulmasında kullanılan ağırlık matrisi

Arazi Sınıfı \ Bitki Örtüsü Oranı	%0-25	%25-50	%50-75	%75-100
Su	D	O	Y	Y
Yerleşim	ÇD	D	D	O
Tarım	D	O	Y	Y
Bitki örtüsü	O	Y	ÇY	ÇY

Tabloda; “ÇD”, Çok düşük; “D”, Düşük; “O”, Orta; “Y” Yüksek ve “ÇY” Çok yüksek erozyon risk durumunu ifade etmektedir.

2.5. Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması

Çalışma alanı için potansiyel erozyon risk haritası ve her iki yıla ait toprak koruma haritaları üretildikten sonra, bu iki haritanın karşılaştırılması ile de erozyon risk haritaları oluşturulmuştur. Potansiyel erozyon risk haritası eğim sınıfları ve jeolojik yapı üzerinden hesaplandığından her iki yıl için ortak alınmıştır. Erozyon risk haritalarının iki dönem için hesaplanmasında ve farklılıkların ortaya koyulmasında, bitki örtüsü yoğunluk oranları ve NDVI üzerinden hesaplanan arazi sınıflarının karşılaştırılmasıyla oluşturulan toprak koruma haritaları etken olmuştur. Potansiyel erozyon risk haritaları ile toprak koruma haritalarının karşılaştırılması ve ağırlıklandırılmasında Tablo 4’te verilen karar matrisinden faydalanılmıştır.

Tablo 4

Erozyon risk haritalarının oluşturulmasında kullanılan ağırlık matrisi

Erozyon Risk Durumu	Potansiyel Erozyon Risk Durumu				
Toprak Koruma Durumu	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
Düşük	O	Y	ÇY	ÇY	ÇY
Orta	O	O	Y	ÇY	ÇY
Yüksek	D	O	O	Y	Y
Çok Yüksek	ÇD	D	O	O	Y

Tabloda; “ÇD”, Çok düşük; “D”, Düşük; “O”, Orta; “Y” Yüksek ve “ÇY” Çok yüksek erozyon risk durumunu ifade etmektedir.

Ağırlık matrisinde özellikle toprak koruma durumu yetersiz olan bölgelerde, her koşulda erozyon riski yüksek ve çok yüksek seviyelerde olacaktır. Toprak koruma durumu orta olan alanlarda bitki örtüsü veya diğer koruma önlemleri bir miktar etkilidir ancak erozyon riski genelde yüksektir. Özellikle dış etkenler fazla olduğu durumlarda erozyon da yüksek olacaktır (Kefi vd., 2010). Toprak koruma durumunun yüksek olduğu yerlerde koruma durumu orta seviyeden daha iyidir, ancak hala zayıf koruma bölgelerinde yüksek erozyon riski görülebilir. Toprak koruma durumunun yüksek olduğu durumlarda ise genelde düşük veya orta seviyede erozyon riski gözlenir, ancak dış faktörlere göre risk artabilir (Karamage vd., 2017). Toprak koruma durumunun çok yüksek olduğu bölgelerde toprak oldukça iyi korunur, bu yüzden erozyon riski çok düşüktür, ancak çok yüksek dış riskler (şiddetli yağış, heyelan vb.) varsa risk artabilir (Tamiru ve Wagari 2021).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Arazi Sınıflandırması ve Doğruluk Değerlendirmesi Sonuçları

ICONA modeli için önemli aşamalardan birisi olan toprak koruma haritalarının oluşturulmasında arazi sınıflandırması için NDVI görüntüleri kullanılmaktadır. Arazi sınıflandırmasında dört arazi sınıfı belirlenmiş ve doğruluk değerlendirmesinde hata matrisi yöntemi kullanılmıştır. Sınıflandırmada özellikle Kappa değerinden faydalanılmakta ve yapılan sınıflandırmanın gerçek arazi sınıflarıyla uyumunu ifade etmektedir. Cohen vd., (1982), Kappa değerinin %80 ve üzerinde olduğu sınıflandırmaların mükemmel uyumu gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada her iki dönem için de %80'in üzerinde Kappa değeri elde edilmiştir ve bu manada çalışmadaki sınıflandırma işlemi başarılıdır. Kappa değeri 2000 yılı için 0.84, 2019 yılı için ise 0.83 olarak bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5

NDVI görüntüleri üzerinden yapılan MLP sınıflandırması doğruluk değerlendirmesi hata matrisi sonuçları

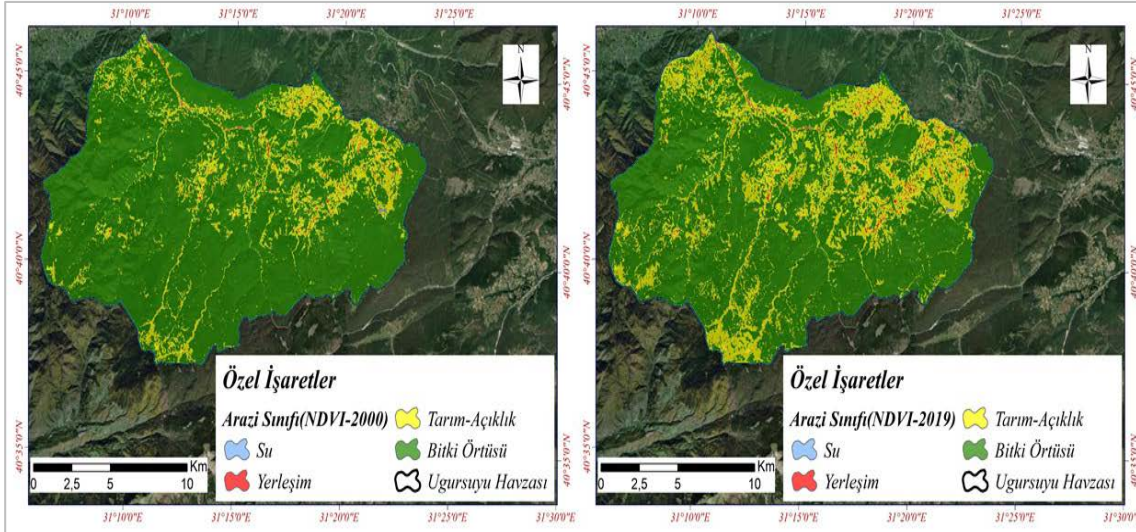
	Arazi Sınıfları	Su	Yerleşim	Tarım-Açıklık	Bitki Örtüsü	Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Toplam Doğruluk (%)	Kappa
2000	Su	84	10	3	3	100	84	90	88	0.84
	Yerleşim	3	88	4	5	100	88	83		
	Tarım-Açıklık	4	3	91	2	100	91	89		
	Bitki Örtüsü	2	5	4	89	100	89	90		
	Total	93	106	102	99	400				
2019	Su	86	7	4	3	100	86	92	87	0.83
	Yerleşim	2	90	5	3	100	90	83		
	Tarım-Açıklık	3	7	85	5	100	85	86		
	Bitki Örtüsü	3	4	5	88	100	88	89		
	Total	94	108	99	99	400				

Yapılan sınıflandırmaya göre, su arazi sınıfı 14,86 hektardan 18,05 hektara çıkmıştır. Yerleşim alanları yaklaşık 100 ha artış göstermiştir. Yerleşim alanlarında ciddi bir artış meydana gelmiş ve bu dönemde tarım ve açıklık alanlardan yaklaşık 115 ha yerleşime dönüştürülürken, yaklaşık 13,4 ha alanda yerleşimden tarım-açıklık alana dönüştürülmüştür. Bu dönemde en büyük artış Tarım-açıklık arazi sınıfında meydana gelmiş ve tarım alanları %90,2 oranında artmıştır. Tarım alanlarındaki bu artışın da %99,5'i bitki örtüsü alanlarından gerçekleşmiştir. Bitki örtüsü alanları 2000 yılında tüm alanın %84,6'sını kaplıyorken, bu oran 2019 yılında %72,3'e gerilemiştir (Tablo 6). Havzanın yüksek rakıma sahip arazi yüzeyleri genellikle bitki örtüsü ile kaplı iken, alt rakımlı alanlar ve özellikle kuzeydoğu kısımları daha çok tarım ve yerleşim alanlarından oluşmaktadır (Şekil 4).

Tablo 6

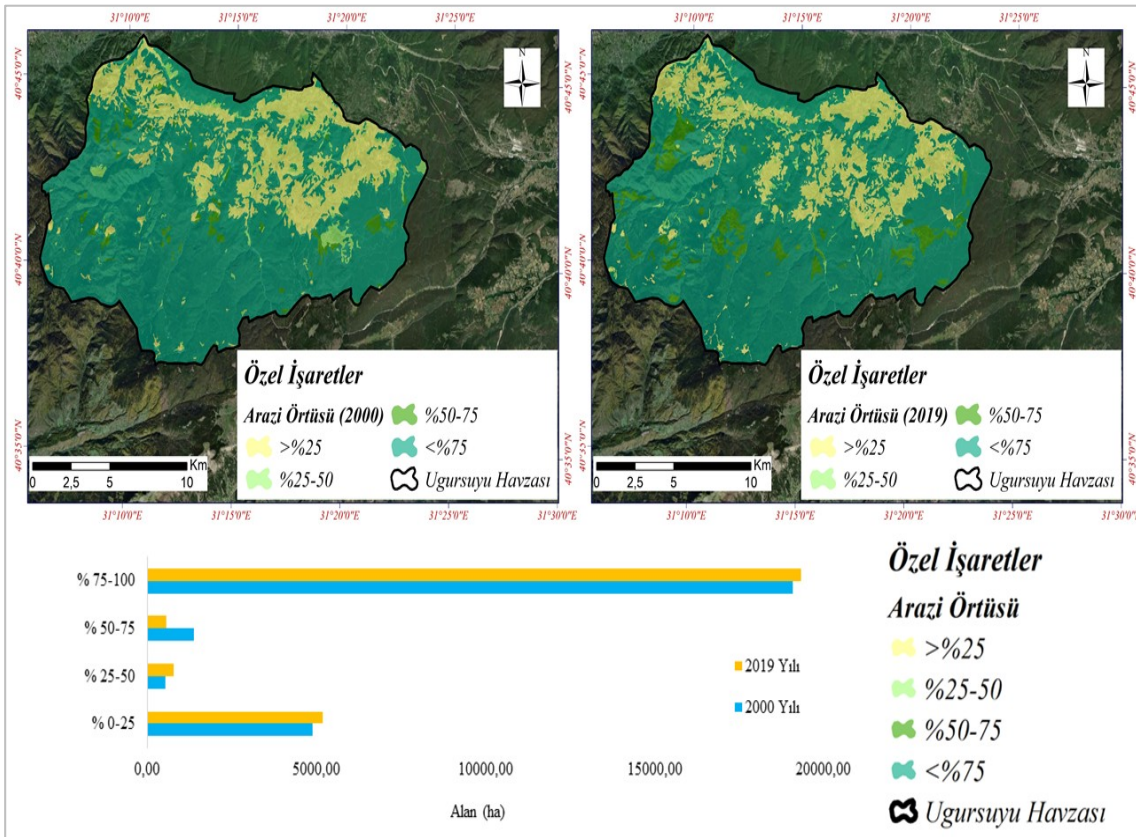
Uğursuyu Havzası NDVI görüntülerinden sınıflandırılmış arazi sınıflarının yıllara göre alansal dağılımları

		2019				
Arazi Sınıfları (ha)		Su	Yerleşim	Tarım-Açıklık	Bitki Örtüsü	Toplam
2000	Su	14,67	0,19	0,01		14,86
	Yerleşim	3,01	111,33	13,36		127,69
	Tarım-Açıklık	0,38	115,06	3649,13	62,35	3826,91
	Bitki Örtüsü		0,93	3279,17	18649,58	21929,67
	Genel Toplam	18,05	227,50	6941,66	18711,92	25899,13
	%	0,07	0,88	26,80	72,25	100,00



Şekil 4. NDVI görüntüleri üzerinden yapılan 2000 yılı (solda) ve 2019 yılı (sağda) arazi sınıflandırmaları

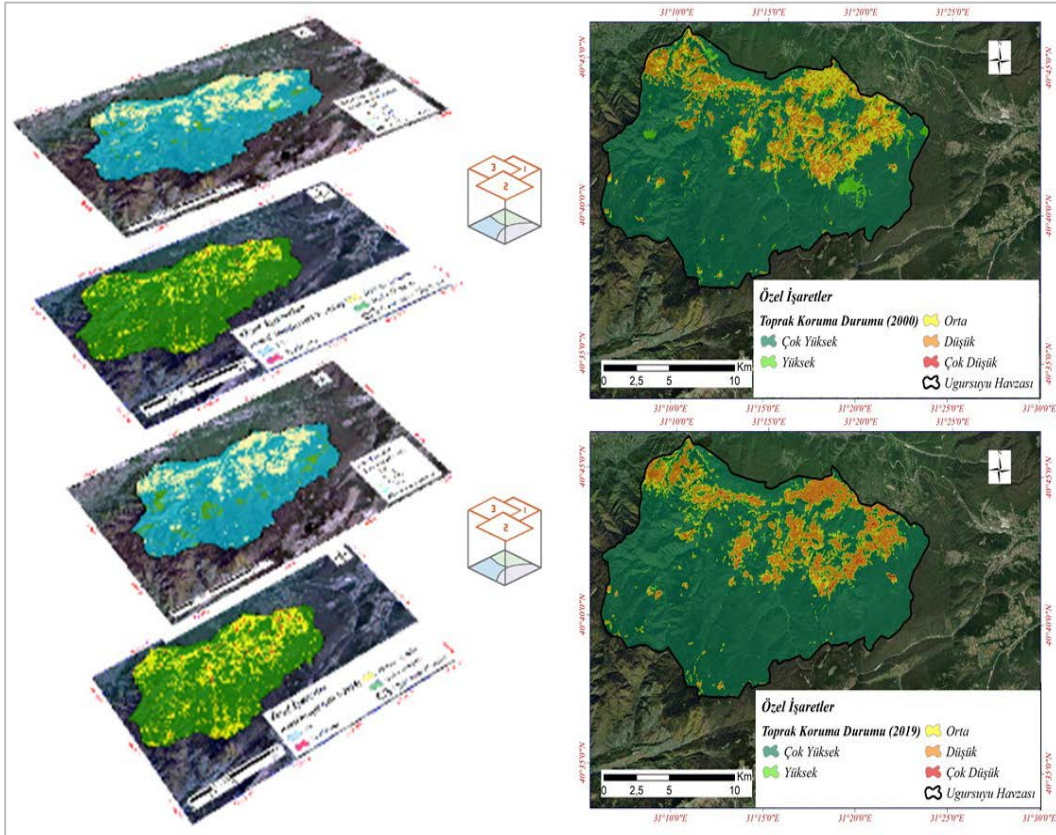
Havzaya ait 2000 ve 2019 yılı arazi örtüsü yoğunluk oranlarının hesaplanmasında orman amenajman planı meşcere tipleri haritalarından faydalanılmıştır. Meşcere tipleri haritasından gerek meşcere tipi, gerek kapalılık, gerekse de gelişim çağı gibi kriterler göz önüne alınarak bitki örtüsü yoğunluk sınıfları dört sınıfta gruplandırılmıştır. Arazi örtüsü haritalarında %0-25 ve %75-100 oranlarına sahip alanlarda yaklaşık %1 oranlarında artış meydana gelirken, %50-75 oranında bitki örtüsü ile kaplı alanlarda yaklaşık %3'lük azalma meydana gelmiştir. %25-50 oranında bitki örtüsü ile kaplı alanlarda ise önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir (Şekil 5).



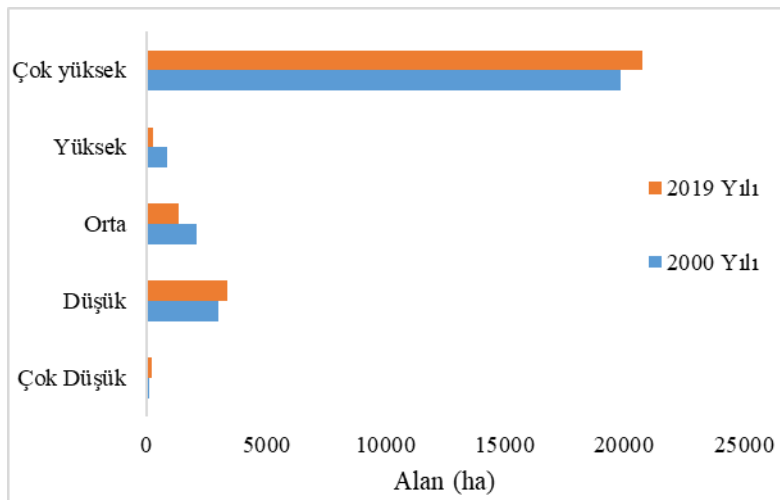
Şekil 5. Uğursuyu Havzası 2000 (solda) ve 2019 (sağda) yıllarına ait bitki örtüsü yoğunluk oranları haritaları ve alansal dağılımları

3.2. Toprak Koruma Durumuna İlişkin Bulgular

Uğursuyu Havzasının 2000 ve 2019 yıllarına ait arazi örtüsü ve NDVI haritaları üzerinden sınıflandırılan arazi sınıfları haritalarının karşılaştırılması sonucunda ilgili yıllara ait toprak koruma haritaları oluşturulmuştur (Şekil 6) Çok düşük, düşük ve çok yüksek toprak koruma sınıflarında %1 ile %4 arasında artışlar yaşanırken, orta ve yüksek toprak koruma sınıfında da yaklaşık %3'lük azalışlar meydana gelmiştir. Bitki örtüsü oranlarındaki artış ve azalışların etkisi toprak koruma durumunu da şekillendirmiş ve bitki örtüsü oranlarına benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 7).



Şekil 6. Uğursuyu Havzası 2000 (üstte) ve 2019 (altta) yıllarına ait Toprak koruma durumu haritaları



Şekil 7. Uğursuyu Havzası yıllara göre toprak koruma durumu alansal değişim ve dağılımları

3.3. Potansiyel Erozyon Risk (Toprak Aşınımı) Haritasına İlişkin Bulgular

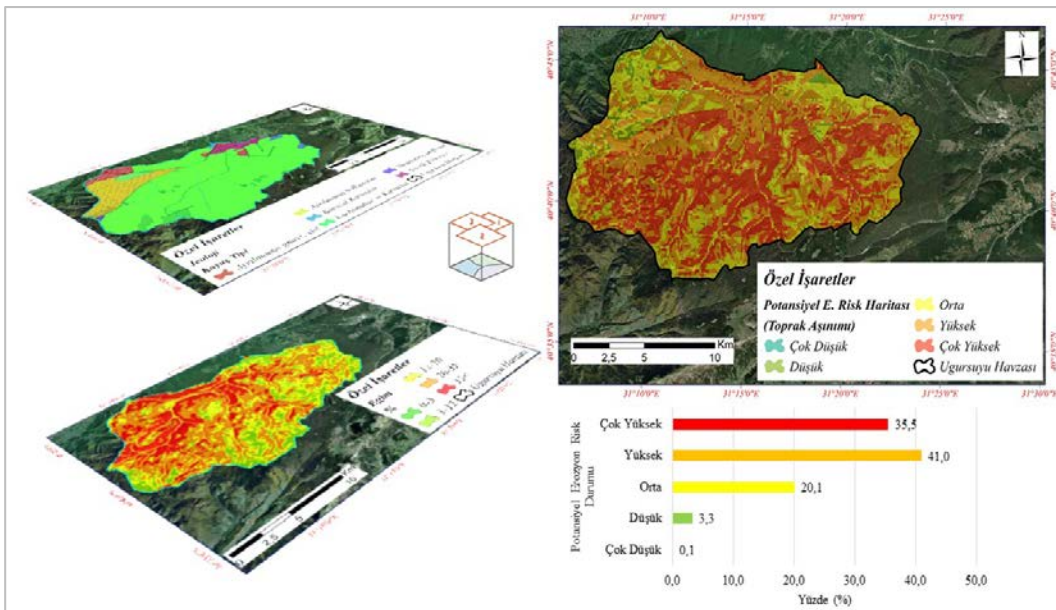
Potansiyel erozyon risk haritalarının oluşturulmasında eğim ve jeolojik yapıya ait verilerden faydalanılmıştır. Uğursuyu Havzasının sadece %15'lik (3885,8 ha) bir kısmı %12 ve altında eğime sahiptir. Alanın büyük kısmı %12-35 arası eğime sahip alanlardan oluşmaktadır ve tüm alanın yaklaşık %64.5'ini (16696,4 ha) kapsamaktadır. %35 üstü eğime sahip alanlarda (5316,5 ha) tüm havzanın yaklaşık %20.5'ini oluşturmaktadır. Kayaç tipleri bakımından ise alanın yaklaşık %80.5'i (20848,8 ha) erozyon riski yüksek olan kırıntılar ve karbonatlar sınıfında bulunmaktadır. Bu kayaç tipinin bulunduğu alanların yaklaşık %39.5'i (10230,1 ha) %20-35 eğim sınıfında yer alırken, yaklaşık %17.5'lik (4532,3 ha) kısımda %35 ve üstü eğim sınıfında bulunmaktadır. Aşınabilirlik bakımından en hassa olan karasal kırıntılar ise toplam alanın %1.35'ini (349,6 ha) kapsamakta ve bu kısmın %98,9'luk (345,79 ha) kısmı %12 ve üzerindeki eğim sınıflarında bulunmaktadır. Aşınabilirlik bakımından ilk 3 sınıfta bulunan ve nispeten daha az erozyon duyarlılığı olan kayaçlar da tüm alanın yaklaşık %18.2'sinde (4713,6 ha) dağılım göstermektedir (Tablo 7).

Tablo 7

Uğursuyu Havzası kayaç tipi ve eğim sınıfları alansal dağılımları

Kayaç Tipi	Eğim Sınıfı (%)					Toplam	%
	0-3	3--12	12--20	20--35	<35		
Ayrılmamış gnays, şist, migmatit, metagranit, ayrılmamış volkanitler	13,1	212,0	445,0	1578,3	1549,5	3797,9	14,66
Metagabro, amfibolit	2,1	12,8	15,2	10,8	3,1	44,0	0,17
Neritik Kireçtaşı	10,8	246,8	279,4	234,6	88,2	859,7	3,32
Kırıntılar ve karbonatlar, Karbonatlar ve Kırıntılar (bloklı fliş)	166,0	3071,2	5703,6	8253,1	3654,9	20848,8	80,50
Karasal Kırıntılar	3,8	147,8	124,4	51,9	20,8	348,7	1,35
Toplam	195,8	3690,5	6567,7	10128,7	5316,5	25899,1	100,00
%	0,76	14,25	25,36	39,11	20,53	100,00	

Uğursuyu Havzası erozyon risk haritasının oluşturulmasında en önemli aşamalardan olan potansiyel erozyon risk haritası, jeoloji katmanı ile eğim durumu katmanlarının çakıştırılmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen potansiyel erozyon risk haritasında yaklaşık %76.5'lik (19812,8 ha) kısım yüksek ve çok yüksek erozyon risk grubunda bulunmaktadır. Uğursuyu Havzasında %20,1'lik (5205,2 ha) kısım da orta seviyede erozyon riskinin olduğu alanlardan oluşmaktadır. Düşük ve çok düşük erozyon riskinin olduğu alanlar ise tüm alanın sadece %3,4'lük (880,57 ha) kısmını oluşturmaktadır (Şekil 8). Elde edilen toprak aşınım değerleri bakımından Uğursuyu Havzası değerlendirildiğinde çok yüksek erozyon duyarlılığı olan hassas bir havza olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Uğursuyu Havzası potansiyel erozyon risk haritası ve yüzdesel dağılımları

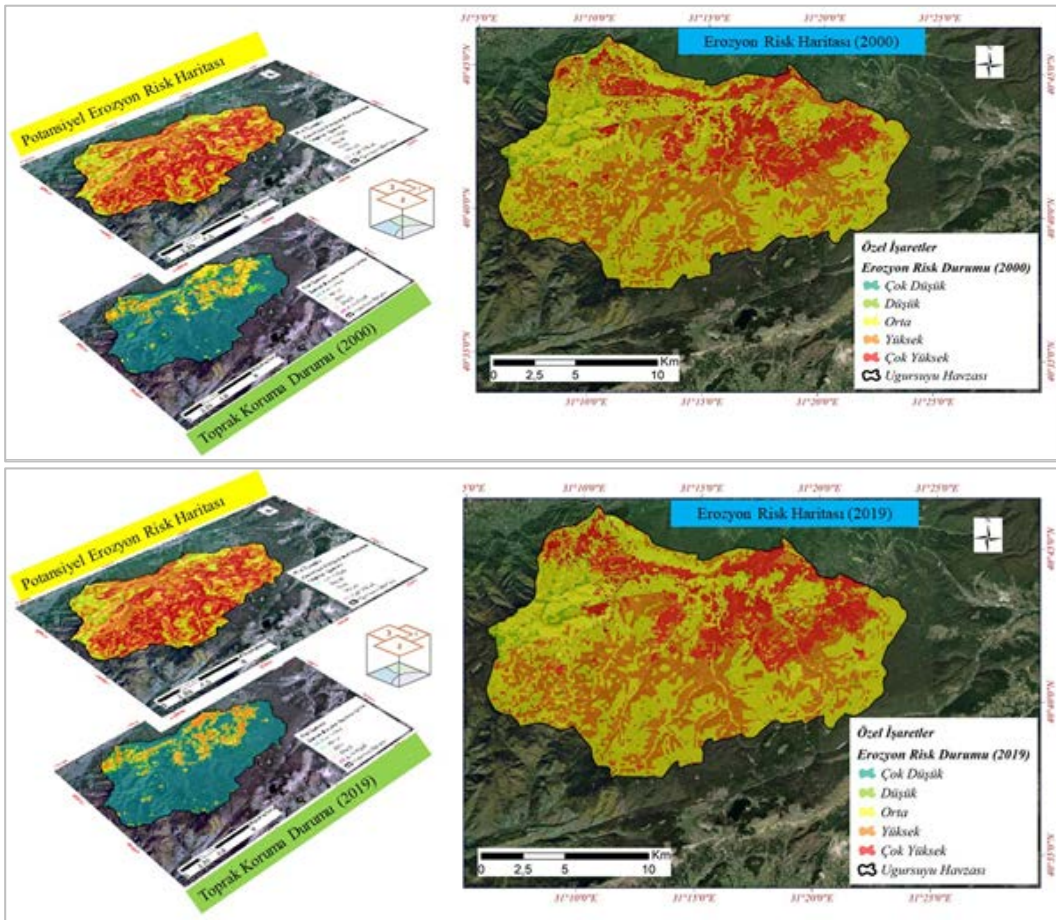
3.4. Erozyon Risk Durumlarına İlişkin Bulgular

ICONA modeli, erozyon risk durumlarının belirlenmesinde kullanılan ve birkaç aşamadan oluşan karmaşık bir modeldir (Bozek vd., 2016; Liebl vd., 2022) Bu modelde özellikle yağış ve sıcaklık parametrelerinin göz ardı edilmesi modelin olumsuz tarafını oluşturmaktadır. Fakat ICONA modeli dünya genelinde yoğun şekilde kullanılan ve kabul gören bir modeldir. Bu model kapsamında özellikle arazi değişimlerinin erozyon risk durumunu nasıl etkilediğinin ortaya konulması hedeflenmiştir. ICONA modeli son aşaması olan toprak koruma ve potansiyel erozyon risk haritalarının karşılaştırılması ile erozyon risk haritaları her iki dönem için de ayrı ayrı oluşturulmuştur. 2000 yılı ile 2019 yılları arasında erozyon riski yönünden çok düşük ve düşük risk sınıflarında önemli bir değişiklik yaşanmazken, özellikle erozyon riskinin fazla olduğu sınıflarda değişiklikler meydana gelmiştir (Tablo 8). Orta seviyede erozyon riskinin bulunduğu alanlarda yaklaşık %1’lik bir artış meydana gelmiş ve tüm alanın 2000 yılında %48,68’lik kısmını kaplayan bu sınıf 2019 yılında %49,64’lük kısmını kaplamaktadır (Şekil 9). Yüksek erozyon riski bulunan alanlarda bu 19 yıllık dönemde arazi sınıflarında ve bitki örtüsü oranlarında meydana gelen değişiklikler %3,6’lık azalmaya sebep olmuştur.

Tablo 8

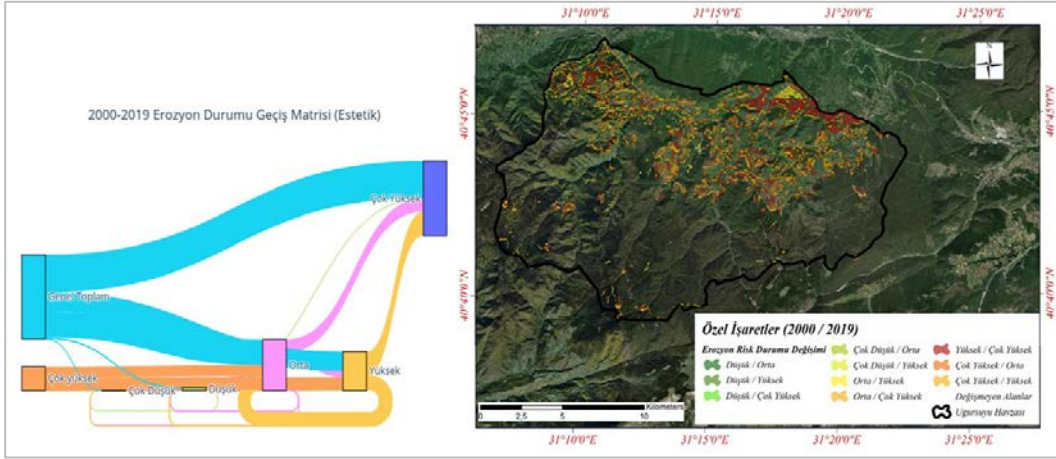
Uğursuyu Havzası 2000 ve 2019 yıllarına ait erozyon risk durumları değişimi ve geçiş matrisleri

Erozyon Değişim Matrisi	Erozyon Durumu	2019 (Alan-ha)					Genel Toplam	%
		Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek		
2000 (Alan-ha)	Çok Düşük	2,82	0,40	0,08	0,01	3,30	3,30	0,01
	Düşük	0,53	465,10	25,33	30,13	0,00	521,09	2,01
	Orta	3,57	37,63	11619,93	301,51	645,20	12607,85	48,68
	Yüksek	0,19	38,94	654,68	7230,80	1177,34	9101,95	35,14
	Çok yüksek		0,84	555,52	607,67	2500,91	3664,95	14,15
	Genel Toplam	7,10	542,91	12855,53	8170,12	4323,47	25899,13	100,00
	%	0,03	2,10	49,64	31,55	16,69	100,00	



Şekil 9. Uğursuyu Havzası 2000 (üstte) ve 2019 (altta) yıllarına ait erozyon risk durumu haritaları

Yüksek erozyon risk sınıfının 2000 yılındaki alanından yaklaşık %13'lük kısmı çok yüksek erozyon risk sınıfına geçmiştir. Yüksek erozyon risk sınıfına geçen bu alanlarda, bu risk sınıfında yaklaşık %2,54'lük bir artışın meydana gelmesine sebep olmuştur. Çok yüksek erozyon risk sınıfından da %15.1 orta erozyon ve %16.6'lık da yüksek risk sınıfına alanlar geçiş yapmıştır (Şekil 10). Uğursuyu Havzası tüm risk sınıflarından birbirlerine geçişler olmasına rağmen toplamda özellikle orta, yüksek ve çok yüksek arazi sınıfları alanları yönünden sadece %0,1 oranında artmıştır.



Şekil 10. 2000-2019 yılları arasında erozyon risk durumu değişen alanlar ve sankey geçiş diagram

ICONA modeli kullanılarak Uğursuyu Havzası'ndaki erozyon risk durumundaki değişikliklerin belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmanın sonuçları, arazi sınıflandırmasının doğal kaynakların yönetimi ve izlenmesi açısından kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. NDVI haritaları üzerinden gerçekleştirilen MLP sınıflandırması, %80'in üzerindeki Kappa değerleri ile yüksek doğruluk oranları sağlamış ve bu durum, sınıflandırmanın güvenilirliğini ortaya koymuştur (Ligonja ve Shrestha, 2013). Ancak, her iki yıl için toplam doğruluk oranlarında meydana gelen küçük farklılıklar, NDVI arazi sınıflandırmasının çevresel koşullara olan duyarlılığını da gözler önüne sermektedir (Bufebo vd., 2023).

Arazi kullanımındaki değişiklikler, özellikle yerleşim ve tarım alanlarındaki artış ve bitki örtüsündeki azalma ile belirginleşmektedir. Yerleşim alanları yaklaşık 100 hektar genişlerken, tarım alanlarının %90 oranında arttığı ve bu artışın %99.5'inin bitki örtüsü alanlarından dönüştürüldüğü görülmektedir; bu durum, havzanın alt rakımlı bölgelerinde yoğun insan etkisini göstermektedir (Kabelka vd., 2019). Bitki örtüsü sınıflındaki %12.3'lük azalma, havzanın çevresel dengesi açısından olumsuz bir tablo çizerken, bu durum toprak koruma stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Bitki örtüsü, toprak erozyonunu azaltmada önemli bir rol oynamaktadır (Solovida ve Latan, 2017; Hailu, 2019) ve havzanın toprak koruma durumu, arazi örtüsündeki değişikliklerden etkilenmiştir. Bitki örtüsündeki azalma ile birlikte, düşük koruma sınıflarında %1-4 aralığında bir artış gözlenirken, orta ve yüksek koruma sınıflarında yaklaşık %3'lük bir azalma yaşanmıştır. Bu değişiklikler, havzanın uzun vadede toprak erozyonuna daha duyarlı hale geldiğini göstermektedir. Erozyon risk haritaları, havzanın %76.5'inin yüksek ve çok yüksek erozyon riski grubunda bulunduğunu ortaya koymaktadır. Yüksek erozyon riskinin temel sebepleri arasında arazi kullanımındaki değişiklikler, bitki örtüsündeki azalma, toprak yapısının bozulması, eğimli arazi yapısı, iklimsel faktörler ve taşkın yönetimi problemleri yer almaktadır. Tarım ve yerleşim alanlarının genişlemesi, doğal bitki örtüsünü azaltarak toprağın korunmasız kalmasına neden olurken, yanlış tarım uygulamaları ve aşırı otlatma gibi faktörler toprağın su tutma kapasitesini belirgin şekilde düşürmektedir. Havzanın eğimli yapısı, kontrolsüz tarım ve yol yapımı gibi faaliyetlerle birleştiğinde yüzey akışını artırarak erozyonu hızlandırmaktadır. Ayrıca, yoğun yağışlar ve ani sağanaklar, toprağın gevşemesine ve taşınmasına neden olurken, periyodik taşkınlar da toprak kaybını artırmaktadır. Tüm bu faktörler bir araya geldiğinde, havzanın ekolojik dengesini bozarak uzun vadede erozyon riskini daha da yükseltmektedir.

Bu nedenle, sürdürülebilir arazi yönetimi stratejileri ve etkin toprak koruma önlemlerinin hayata geçirilmesi kritik öneme sahiptir (Hu, 2022; Nearing, 2013). Yönetimsel ve çevresel etkiler, havzanın gelecekte daha sık erozyon problemleri ile karşılaşabileceğini göstermektedir. Yerleşim ve tarım alanlarındaki kontrolsüz artış, bitki örtüsü kaybını hızlandırmakta ve toprak koruma durumunu olumsuz etkilemektedir (Xingtao ve Lu, 2023). ICONA modelinin bu çalışmada etkin bir şekilde kullanılması, toprak koruma çalışmalarına yönelik önemli bir temel oluşturmakla birlikte, modelin yağış ve sıcaklık parametrelerini dışarıda bırakması, sonuçların gerçek koşulları yansıtmada kabiliyetini sınırlayabilir (Li vd., 2022). Dolayısıyla, yüksek ve çok yüksek erozyon riski taşıyan alanlarda doğrudan müdahalelerin planlanması ve arazi kullanımının daha sürdürülebilir hale getirilmesi için etkin yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Abdalla vd., 2013). Bitki örtüsünün korunması ve artırılması yönünde alınacak tedbirler, hem erozyon riskini azaltabilir hem de havzanın ekolojik dengesi üzerindeki baskıyı hafifletebilir (Amare vd., 2014).

Uğursuyu Havzasında 2000 ve 2019 yılları arasında yapılan arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişiklikleri, benzer çalışmalarda elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında, önemli benzerlikler göstermektedir. Deng vd., (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, hızlı kentleşmenin arazi kullanımı üzerindeki etkileri incelenmiş ve yerleşim alanlarının artışının doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırdığı vurgulanmıştır. Bu çalışma, uzaktan algılama tekniklerinin kullanımıyla arazi değişikliklerinin izlenmesinin önemini ortaya konmaktadır. Uğursuyu Havzasındaki yerleşim alanlarındaki artış, bu tür bir kentleşmenin doğrudan bir sonucu olarak değerlendirilebilir ve Uğursuyu Havzasında bitki örtüsündeki azalma ve tarım alanlarındaki artış, çevresel değişimlerin bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Tarım alanlarının %90 oranında artması, insan faaliyetlerinin çevresel dengeleri nasıl etkilediğini göstermektedir. Wachiye vd., (2013) yaptıkları çalışmada, orman örtüsündeki değişiklikleri ve bu değişikliklerin çevresel etkilerini incelemiş ve bitki örtüsündeki azalışın özellikle orman alanlarındaki azalışla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Uğursuyu havzasında da bitki örtüsündeki %12.3'lük azalma, benzer şekilde ormanların azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu durum, ekosistem hizmetlerinin azalmasına ve toprak erozyonunun artmasına neden olabilir. Saputra ve Lee (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Kuzey Sumatra'daki arazi kullanımı değişiklikleri, tarım alanlarının artışı ve ormanlık alanların azalması ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışma, Uğursuyu Havzasındaki tarım alanlarının %90 oranında artması ve bitki örtüsü alanlarının %12.3 oranında azalması ile benzer bir durumu ortaya koymaktadır. Bu durum, insan faaliyetlerinin doğal kaynaklar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Widjonarko ve Maryono (2022) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, Garang Havzası'ndaki yerleşim alanlarının artışı, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkiler yarattığı ortaya konulmuştur. Uğursuyu Havzasında da yerleşim alanlarının yaklaşık 100 hektar artış göstermesi, benzer bir çevresel baskıyı ortaya koymaktadır. Bu tür değişiklikler, ekosistem hizmetlerinin azalmasına ve toprak erozyonunun artmasına neden olabilir (Antwi vd., 2008). Uğursuyu Havzasında yüksek ve çok yüksek erozyon riski bulunan alanların tüm alanın %76.5'ini kapsadığını görülmektedir ve bu durum, Kidane vd., (2019) yaptıkları çalışmada, arazi kullanımı değişikliklerinin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini ortaya koyan bulgularla paralellik göstermektedir. Kidane vd.,(2019) çalışmasında ayrıca, tarım alanlarının artışının toprak erozyonunu artırdığını da belirtmiştir. Dengiz vd., (2014), Kastamonu il sınırlarında bulunan İnebolu Havzasında erozyon risk durumunu belirlemek için ICONA modelini kullanmış ve havzanın yaklaşık yarısından fazlasının Uğursuyu Havzasında olduğu gibi yüksek ve çok yüksek risk gurubunda olduğunu ortaya koymuşlardır. Uğursuyu Havzasında da tarım alanlarındaki %90.2'lik artış, benzer bir erozyon riskine yol açabilir. Bu benzer çalışmalar, Uğursuyu Havzasındaki arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişikliklerinin, insan faaliyetleri ve çevresel koşullar arasındaki karmaşık etkileşimleri anlamak için önemli bir bağlam sunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir arazi yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi, hem çevresel dengeyi korumak hem de insan ihtiyaçlarını karşılamak açısından kritik öneme sahiptir.

4. Sonuçlar

Bu çalışma, Uğursuyu Havzası'ndaki arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişikliklerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koyarak, toprak koruma stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması için önemli bir temel sunmaktadır. Havzadaki yerleşim ve tarım alanlarının artışı, bitki örtüsündeki azalmanın yanı sıra bölgenin erozyon riskine daha fazla maruz kalmasına yol açmaktadır. Özellikle havzanın büyük bir kısmının yüksek ve çok yüksek erozyon riski grubunda yer alması, acil önlemler alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Havzanın ekolojik dengesinin korunması ve sürdürülebilir arazi yönetiminin sağlanabilmesi için veri kalitesinin artırılması gerekmektedir. Arazi kullanım değişimlerinin daha hassas bir şekilde analiz edilebilmesi amacıyla daha yüksek çözünürlükte uydu görüntüleri ve detaylı veri setleri kullanılmalıdır; bu, erozyon risk analizlerinin doğruluğunu önemli ölçüde artıracaktır. Ayrıca, modelleme hassasiyetinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. İklim değişkenleri, özellikle yağış ve sıcaklık gibi unsurların modele entegre edilmesi, ICONA modelinin doğruluğunu artırarak daha güvenilir tahminler yapılmasına olanak tanıyacaktır.

Erozyon riski yüksek bölgelerde teraslama, bitki örtüsünü artırma ve etkin su yönetimi gibi toprak koruma önlemleri derhal uygulanmalıdır. Bitki örtüsünün korunması ve artırılması için ağaçlandırma çalışmaları teşvik edilmeli, orman ve yeşil alanların korunmasına yönelik çabalar artırılmalıdır. Bu önlemler, toprak stabilitesini artırmanın yanı sıra su kaynaklarının sürdürülebilirliğini de sağlayacaktır.

Yerleşim ve tarım alanlarının kontrolsüz genişlemesini önlemek amacıyla yerel yönetimler ve topluluklar, iş birliği içinde sürdürülebilir arazi kullanım politikaları geliştirmelidir. Ayrıca, bölge halkının sürdürülebilir arazi yönetimi ve çevresel koruma konularında bilinçlendirilmesi için eğitim programları düzenlenmeli ve halkın sürece aktif katılımı sağlanmalıdır. Havzadaki çevresel değişikliklerin sürekli olarak izlenmesi, uzun vadeli veri analizleriyle bölgenin ekolojik durumu hakkında güncel bilgiler edinilmesini sağlayacaktır. Bu veriler, gelecekteki sürdürülebilir yönetim politikalarının belirlenmesine ışık tutacaktır.

Sonuç olarak, Uğursuyu Havzası'ndaki arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişiklikleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bulgular sunmaktadır. Belirlenen erozyon risklerinin azaltılması ve havzanın ekolojik dengesinin korunması için ilerleyen süreçte daha hassas veri setleri ve gelişmiş modelleme teknikleri kullanılmalı, etkin toprak koruma ve sürdürülebilir arazi yönetimi politikaları benimsenmelidir. Bu sayede, doğal kaynakların korunması sağlanacak ve yerel halkın yaşam kalitesine olumlu katkılar sunulacaktır.

Bu bulgular, yatak odası ve oturma odası mobilyaları sektöründe kalite kontrol ve tedarik zinciri yönetiminin önemini vurgulamaktadır. Nitelikli iş gücü eksikliği, üretim kalitesini ve verimliliği doğrudan etkileyebilirken, nakliye ve teslimat sorunları, müşteri memnuniyetsizliğine ve itibar kaybına yol açabilir. Müşteri şikayetlerinin malzeme ve cihaz sorunlarına dayalı olması, ürünlerin kalite kontrol süreçlerinin güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sorunları çözmek için sektörün çeşitli stratejiler geliştirmesi ve uygulaması gerekmektedir.

Yazar Katkısı

Ahmet Salih Değermenci: Bu çalışmanın tüm aşamalarını planlamış, analiz ve değerlendirmeler yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir

Kaynaklar

- Abdalla, M., Osborne, B., Lanigan, G., Forristal, P., Williams, M., Smith, P., Jones, M. (2013). Conservation tillage systems: a review of its consequences for greenhouse gas emissions. *Soil Use and Management*, 29(2), 199-209. <https://doi.org/10.1111/sum.12030>
- Abutaleb K, Mudede MF, Nkongolo N, Newete SW. (2021). Estimating urban greenness index using remote sensing data: A case study of an affluent vs poor suburbs in the city of Johannesburg, The Egyptian

- Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 24, Issue 3, Part 1, 2021, Pages 343-351, <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.07.002>.
- Amare, T., Zegeye, A., Yitaferu, B., Hurni, H., Zeleke, G. (2014). Combined effect of soil bund with biological soil and water conservation measures in the northwestern ethiopian highlands. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 14(3), 192-199. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2014.07.002>
- Aslan, Ş. (2023). Parmak erozyonu süreçlerinin wepp modeli yaklaşımı ile ince bünyeli topraklar için değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(2), 99-110. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.1374916>
- Bakker, M., Govers, G., Doorn, A., Quétier, F., Chouvardas, D., Rounsevell, M. (2008). The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of europe: the importance of landscape pattern. *Geomorphology*, 98(3-4), 213-226. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.027>
- Bilgiç, S. and Er, S. (2024). Malatya ilinde icona yöntemi ile cbs ve uzaktan algılama tabanlı erozyon risk analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1587977>
- Borrelli, P., Robinson, D., Fleischer, L., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Borrelli, P., Robinson, D., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J., Alewell, C., Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
- Bozek, P., Janus, J., Tazsakowski, J., Głowacka, A. (2016). Determining consistency of tillage direction with soil erosion protection requirements as the element of decision-making process in planning and applying land consolidation. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 44, 042024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/44/4/042024>
- Bufebo, B., Getachew, B., Addise, T. (2023). Analysis of selected soil properties in relation to soil and water conservation practices in sibiya arera, soro district, south central ethiopia. *The Scientific World Journal*, 2023, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2023/1763367>
- Chen, S., Kwak, Y., Zhang, L., Mosey, G., Deal, B. (2021). Tightly coupling input output economics with spatio-temporal land use in a dynamic planning support system framework. *Land*, 10(1), 78. <https://doi.org/10.3390/land10010078>
- Cohen J. (1992). Statistical power analysis, *Current Directions in Psychological Science*, 1 (3): 98 101, doi:10.1111/14678721.ep10768783, JSTOR 20182143, S2CID 144390805, retrieved 10 July 2010
- Chalise, D. and Kumar, L. (2020). Land use change affects water erosion in the nepal himalayas. *Plos One*, 15(4), e0231692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231692>
- Crippen RE. (1990) Calculating the vegetation index faster, *Remote Sensing of Environment*, 34, 71-73.
- Deng, J. S., Wang, K. e., Hong, Y., Qi, J. (2009). Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 92(3-4), 187-198. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.001>
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., ve Doğan, A. (2014). Soil erosion risk assessment using icona modelling for inebolu watershed. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 136. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.136-142>
- Dutal, H. (2022). Determination of the impact of forest fires on soil erosion risk by using the icona model: a case study of ayvali dam watershed. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2), 510-538. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1167356>
- Ediş, S., Aytaş, İ., Özcan, A. (2021). Icona modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 15-22. <https://doi.org/10.53516/ajfr.948519>
- Gong, W., Liu, T., Duan, X., Sun, Y., Zhang, Y., Tong, X., Qiu, Z. (2022). Estimating the soil erosion response to land-use land-cover change using gis-based rusle and remote sensing: a case study of miyun reservoir, north china. *Water*, 14(5), 742. <https://doi.org/10.3390/w14050742>
- Gholzom, H., Ahmadi, H., Moeini, A., Motamedvaziri, B. (2021). Soil erosion risk assessment in the natural and planted forests using icona model and gis technique. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(5), 3947-3962. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03536-3>
- Hailu, L. (2019). Effects of soil and water conservation on selected soil physicochemical properties and its implication on soil productivity in ethiopia. a review. *JEES*. <https://doi.org/10.7176/jees/9-5-02>

- Hu, Y. (2022). Effect of conservation tillage on soil and water quality. *Academic Journal of Science and Technology*, 3(3), 124-126. <https://doi.org/10.54097/ajst.v3i3.2834>
- ICONA, (1997) Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. Priority action programme regional activity Centre, Split, Croatia.
- Jayasekara, M., Kadupitiya, H., Vitharana, U. (2018). Mapping of soil erosion hazard zones of sri lanka. *Tropical Agricultural Research*, 29(2), 135. <https://doi.org/10.4038/tar.v29i2.8284>
- Jiang, B., Bamutaze, Y., Pilesjö, P. (2014). climate change and land degradation in africa: a case study in the mount elgon region, uganda. *Geo-Spatial Information Science*, 17(1), 39-53. <https://doi.org/10.1080/10095020.2014.889271>
- Jiang, W., Fu, B., Lü, Y. (2020). Assessing impacts of land use/land cover conversion on changes in ecosystem services value on the loess plateau, china. *Sustainability*, 12(17), 7128. <https://doi.org/10.3390/su12177128>
- Jiao, J., Wang, Z., Zhao, G., Wang, W., Mu, X. (2014). Changes in sediment discharge in a sediment-rich region of the yellow river from 1955 to 2010: implications for further soil erosion control. *Journal of Arid Land*, 6(5), 540-549. <https://doi.org/10.1007/s40333-014-0006-8>
- Ji, C. (2024). A review of the satellite remote sensing techniques for assessment of runoff and sediment in soil erosion. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 72(2), 252-267. <https://doi.org/10.2478/johh-2024-0009>
- Jing, J., Li, R., Zhang, Y., Wu, Q. (2023). Identification of priority areas for soil erosion control based on minimum administrative units and karst landforms in karst areas of guizhou. *Progress in Physical Geography Earth and environment*, 47(6), 892-911. <https://doi.org/10.1177/03091333231189350>
- Kabelka, D., Kincl, D., Janeček, M., Vopravil, J., Vráblík, P. (2019). Reduction in soil organic matter loss caused by water erosion in inter-rows of hop gardens. *Soil and Water Research*, 14(3), 172-182. <https://doi.org/10.17221/135/2018-swr>
- Karamage, F., Zhang, C., Liu, T., Maganda, A., Isabwe, A. (2017). soil erosion risk assessment in uganda. *Forests*, 8(2), 52. <https://doi.org/10.3390/f8020052>
- Kefi, M., Yoshino, K., Setiawan, Y., Zayani, K., Boufaroua, M. (2010). Assessment of the effects of vegetation on soil erosion risk by water: a case of study of the batta watershed in tunisia. *Environmental Earth Sciences*, 64(3), 707-719. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0891-x>
- Kidane, M., Bezie, A., Kesete, N., Tolessa, T. (2019). The impact of land use and land cover (lulc) dynamics on soil erosion and sediment yield in ethiopia. *Heliyon*, 5(12), e02981. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02981>
- Landis JR, Koch GG. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Liebl, M., Robl, J., Hergarten, S., Stüwe, K., Gradwohl, G. (2022). modelling the influence of fluvial and glacial erosion on mountain range relief using a stream-power approach.. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-6121>
- Ligonja, P. and Shrestha, R. (2013). Soil erosion assessment in kondoa eroded area in tanzania using universal soil loss equation, geographic information systems and socioeconomic approach. *Land Degradation and Development*, 26(4), 367-379. <https://doi.org/10.1002/ldr.2215>
- Liu, L., Liu, B., Song, W., Yu, H. (2023). the relationship between rural sustainability and land use: a bibliometric review. *land*, 12(8), 1617. <https://doi.org/10.3390/land12081617>
- MTA Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi, 1999, 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Düzce (Bolu) _lçesi Alternatif Yerlesim Alanlarının Jeolojik incelemesi.
- Nearing, M. (2013). Soil erosion and conservation., 365-378. <https://doi.org/10.1002/9781118351475.ch22>
- Rakhimova, M. (2024). Using the revised universal soil loss equation and global climate models (cmip6) to predict potential soil erosion associated with climate change in the talas district, kazakhstan. *Sustainability*, 16(2), 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>
- Sanjay, M. (2023). Environmental sustainability through soil conservation: an imperative for future generations. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(10), 1700-1707. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102826>
- Saputra, M. H. and Lee, H. S. (2019). Prediction of land use and land cover changes for north sumatra, indonesia, using an artificial-neural-network-based cellular automaton. *Sustainability*, 11(11), 3024. <https://doi.org/10.3390/su11113024>

- Seutloali, K., Dube, T., Sibanda, M. (2018). developments in the remote sensing of soil erosion in the perspective of sub-saharan africa. implications on future food security and biodiversity. *remote sensing Applications Society and Environment*, 9, 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.12.002>
- Solovida, G. and Latan, H. (2017). Linking environmental strategy to environmental performance. *Sustainability Accounting Management and Policy Journal*, 8(5), 595-619. <https://doi.org/10.1108/sampj-08-2016-0046>
- Tamiru, H. and Wagari, M. (2021). Rusle model based annual soil loss quantification for soil erosion protection in fincha catchment, abay river basin, ethiopia... <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-250848/v1>
- Thapa, P. (2020). Spatial estimation of soil erosion using rusle modeling: a case study of dolakha district, nepal. *Environmental Systems Research*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00177-2>
- Tucker C.J. (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, (8), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- USGS (2024). United States Geological Survey. Available online: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Wachiye, S., Kuria, D. N., Musiega, D. (2013). Gis based forest cover change and vulnerability analysis: a case study of the nandi north forest zone. *Journal of Geography and Regional Planning*, 6(5), 159-171. <https://doi.org/10.5897/jgrp12.063>
- Wang, L., Xiao, Y., Rao, E., Jiang, L., Xiao, Y., Ouyang, Z. (2018). An assessment of the impact of urbanization on soil erosion in inner mongolia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 550. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030550>.
- Wang, X. (2006). Soil erosion prediction using rusle with gis: a case study in upper chaobai river basin of china., 1086-1089. <https://doi.org/10.1109/igarss.2006.280>
- Widjonarko, W. and Maryono, M. (2022). Sustainable land use model in garang watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1082(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1082/1/012028>
- Xingtao, W. and Lu, X. (2023). Spatial and temporal variation of soil conservation on the southern slopes of qilian mountains, china. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (Mjssh)*, 8(6), e002366. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v8i6.2366>
- Xiao, J., Xie, B., Zhou, K., Shi, S., Li, J., Yang, M., Liu, C. (2021). Assessment of soil erosion in the dongting lake basin, china: patterns, drivers, and implications. *Plos One*, 16(12), e0261842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261842>
- Yang, Z. and Zhou, M. (2014). Kappa statistic for clustered matched-pair data. *Statistics in Medicine*, 33(15), 2612-2633. <https://doi.org/10.1002/sim.6113>
- Yıldız NE, ve Kahveci, B. (2024). Estimation of soil erosion risk using ICONA model: The case of Ankara. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(4), 822-831. <https://doi.org/10.35229/jaes.1591959>
- Zhang, Y., Du, B., Zhang, L., Li, R., Dou, Y. (2019). Accelerated inference framework of sparse neural network based on nested bitmask structure., 4355-4361. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2019/605>
- Ziadat, F. and Ay, T. (2013). Effect of rainfall intensity, slope, land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degradation and Development*, 24(6), 582-590. <https://doi.org/10.1002/ldr.2239>
- Zuo, Y. (2023). Driving mechanism of comprehensive land consolidation on urban-rural development elements integration. *land*, 12(11), 2037. <https://doi.org/10.3390/land12112037>