

Harşit Çayı Havzası'nda ICONA ve Alternatif Olarak Geliştirilen MICONA Modellerinin Karşılaştırılması

Dr. Öğr. Üyesi İlter Kutlu HATİPOĞLU

Gümüşhane Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ORCID:

0000-0002-4529-110X; ilter.hatipoglu@gumushane.edu.tr

Şerif Can HATİPOĞLU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-3425-6840, serifcanhatipoglu@gmail.com

ÖZ

Türkiye kısa mesafede büyük yükseklik farklarının görüldüğü oldukça arızalı bir topografyaya sahiptir. Bu arızalı yapının oluşmasında akarsu şekillendirmesi etkilidir. Özellikle batıdan doğuya gidildikçe akarsuların aşındırma ve taşıma faaliyetleri şekillendirmede öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan Harşit Çayı da özellikle yukarı çığırında yoğun aşınma ve taşınma faaliyetine sahne olmaktadır.

Harşit Çayı, Gümüşhane Dağları'nın kuzeydoğuya bakan yamaçlarından doğup, Doğu Karadeniz Dağları'nı aşarak iç kesimlerden Karadeniz'e ulaşan bir akarsudur. Ana kol uzunluğu 177 km olan akarsuyun su toplama havzası 3311 km² alana sahiptir.

Bu çalışmada Harşit Çayı Havzası'nın erozyon risklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla erozyon risk derecelendirmesi sunan ve havza tabanlı çalışmalarda kolay kullanılabilen ICONA modeli ile bu yöntemde yükseklik ve toprak kalınlığı verileri eklenerek geliştirilen MICONA modelleri karşılaştırılmıştır. Farklı CBS ve UA yöntem ve tekniklerinin bir arada kullanıldığı çalışmanın özellikle veri toplama aşamasında arazi çalışmaları önemli paya sahiptir.

MICONA modeli dikkate alındığında Harşit Çayı Havzası'nda "Çok Yüksek" erozyon riskine sahip alanlar ICONA modeline göre 85,4 km², "Yüksek" erozyon riskine sahip alanlar ise ICONA modeline göre 154,8 km² daha fazladır. "Çok Yüksek" ve "Yüksek" riskli alanlar bir arada değerlendirildiğinde çalışma sahasında MICONA modelinin ICONA modeline göre 240,2 km² daha geniş bir alanı riskli gösterdiği görülmektedir.

Bütün veriler bir arada değerlendirildiğinde, Harşit Çayı Havzası'nda erozyon riskinin yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunda yanlış arazi kullanımının rolü büyüktür. Bu durumun önüne geçebilmek için havza tabanlı yönetim planları oluşturulmalı ve doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlar iyileştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Erozyon, CBS, Uzaktan Algılama, ICONA, MICONA, Harşit Çayı, Doğu Karadeniz Bölümü.

Comparison of ICONA and Alternatively Developed MICONA Models in the Harşit Catchment

Abstract

Turkey has a quite defective structure that large height difference can be seen in a short distance. Stream shaping is effective in the formation of this defective structure. Especially from west to east, erosion and transportation activities of rivers come to the fore in shaping. The Harşit Stream, which is the subject of this study, also witnesses intense erosion and transportation activity, especially in the lower course.

Harşit Stream is a river that originates from the northeastern slopes of the Gümüşhane Mountains, crosses the Doğu Karadeniz Mountains and reaches the Black Sea from inland.

The length of the main tributary of the stream is 177 km and the water catchment basin of the stream has an area of 3311 km².

In this study, it was aimed to investigate the erosion risks of the Harşit Stream Basin. For this purpose, ICONA model, which offers erosion risk grading and can be easily used in basin-based studies, and MICONA models developed by adding height and soil thickness data to this method were compared. In the data collection phase of the study, in which different GIS and RS methods and techniques are used together, field studies have an important share.

Considering the MICONA model, areas with "Very High" erosion risk in the Harşit Stream Basin are 85.4 km² more than the ICONA model, and the areas with "High" erosion risk are 154.8 km² more than the ICONA model. When the "Very High" and "High" risk areas are evaluated together, it is seen that the MICONA model shows a 240.2 km² wider area risky than the ICONA model in the study area.

When all the data are evaluated together, it is revealed that the erosion risk is high in the Harşit Stream Basin. Incorrect land use plays a major role in this. In order to prevent this situation, basin-based management plans should be created and areas where natural vegetation is destroyed should be improved.

Keywords: Soil Erosion, GIS, Remote Sensing, ICONA, MICONA, Harşit River, East Blacksea Division.

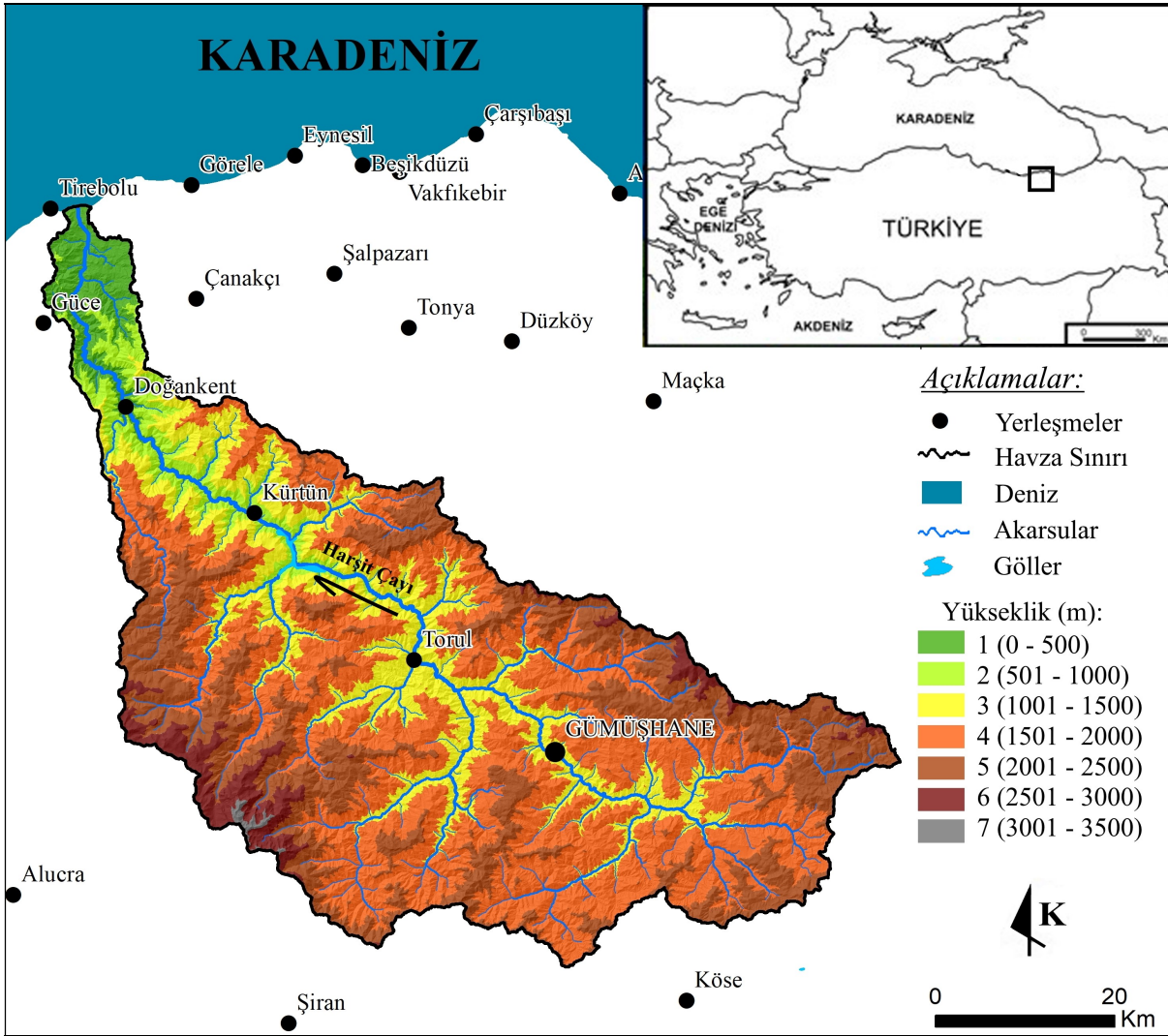
1. GİRİŞ

Türkiye doğal ortam şartları sebebi ile toprak erozyonunun yoğun olarak yaşandığı bir ülkedir. Bunda yüksek eğim şartları, yağış ve bitki örtüsünün önemli bir rolü vardır. Arızalı yapısı sebebi ile yatay yönde kısa mesafelerde büyük yükseklik farklarının yaşandığı ülkemizde bitki örtüsünün ortadan kaldırılması erozyonun hızlanmasına sebep olmaktadır. Bu şekilde normal hızında seyreden bu faydalı doğa olayı insan eli ile hızlandırılmakta ve sorun haline gelmektedir.

Ülkemizde doğal ortam şartları bölgeden bölgeye önemli farklılıklar göstermektedir. Bu durum erozyon açısından da bölgesel farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Ülkemizin iç kesimleri doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi sonucu erozyona yatkın hale gelirken, kıyı kesimleri de yüksek yağış miktarları ile erozyona destek vermektedir. Bunun yanında özellikle dağların kıyıya paralel uzandığı ülkemizin kuzey ve güney kıyıları yüksek eğim değerleri ile de erozyon açısından elverişli koşullar oluşturmaktadır. Karadeniz Bölgesi kıyı kesiminde bu yüksek eğim koşullarına bir de yüksek yağış miktarları eklenmektedir. Bu durum heyelanlar yanında erozyonu da yörede öne çıkan sorunlardan biri haline getirmektedir. Erozyonu engelleyebilecek çözüm önerilerini üretebilmek için erozyona sebep olan etmenleri doğru tespit etmek gerekmektedir. Bu sebeple erozyonu konu alan çalışmaların sayısının artırılması, mevcut erozyon modellerinin farklı sahalara uygulanması ve yerel şartlara uygun yeni modellerin üretilmesi gerekmektedir. Bu gereklilikten yola çıkılarak bu çalışmada ICONA ve ona alternatif olarak geliştirilen MICONA erozyon modelleri Harşit Çayı Havzası'na uygulanmak suretiyle karşılaştırılmıştır. Çalışma ile araştırma sahası için iki modelden hangisinin daha kullanışlı olduğunun tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanı Giresun'un Tirebolu, Güce, Görele, Doğankent, Çanakçı ve Alucra; Trabzon'un Şalpazarı, Tonya, Maçka, Bayburt'un Merkez; Gümüşhane'nin Kürtün, Torul, Şiran, Kelkit, Köse ve Merkez ilçelerinin idari sınırları içerisinde kalmaktadır. Gümüşhane Dağları'nın kuzeydoğuya bakan yamaçlarından doğan Harşit Çayı, kuzeybatı yönde uzanarak Giresun'un Tirebolu ilçesi sınırları içinden Karadeniz'e dökülür (Şekil 1). Gümüşhane Merkez ilçesi güneydoğusundan kaynaklarını alan akarsu denize paralel uzanan Doğu Karadeniz Dağları'nı batı aklanından aşarak Karadeniz'e kavuşmaktadır. Ana kol uzunluğu 177 km olan akarsuyun su toplama

havzası 3311 km² alana sahiptir. Çalışma sahası 41°0'41"N - 40°14'36"N boylamları ve 38°48'14"E - 39°56'9"E enlemleri arasında yer almaktadır.



Şekil 1. Araştırma alanının lokasyon haritası.

Harşit Çayı Havzası yukarı çığırından ağız kısmına doğru önemli yerleşmelere ev sahipliği yapar. Gümüşhane, Torul, Kürtün ve Doğankent şehirleri havza içerisinde yer almanın yanında, Harşit Çayı etrafında kurulmuşlardır. Bu merkezler dışında sahada kır yerleşmelerinin sayısı da oldukça fazladır. Bu açıdan bakıldığında sahanın insan yapısı meskenler, doğal bitki örtüsünün tahribi ile açılan tarlalar ve bahçelerle yoğun bir şekilde işlenmiş olduğu görülür. Ayrıca kıydan 500 - 600 m yüksekliklere kadar doğal bitki örtüsü tahrip edilerek ekonomik değeri yüksek fındık bahçelerine dönüştürülmüştür. Özellikle sahanın aşağı çığırında arazinin oldukça arızalı bir yapı göstermesi hemen bütün aşınım düzlükleri ve taraça düzlüklerinin meskenler tarafından işgal edilmesine sebep olmuştur. Sahanın yukarı çığı ise yayla yerleşmeleri ve meralara ayrılmıştır. Kısacası çalışma alanında doğal bitki örtüsü oldukça dar bir alanda varlığını sürdürmektedir. Bu durum sahanın erozyona elverişli olduğu düşüncesini akla getirmiştir. Bu sebeple sahaya bir erozyon modeli uygulanarak sonuçların değerlendirilmesi düşünülmüştür. Bu amaçla daha önce ilk defa Hatipoğlu ve Uzun (2020) tarafından Melet Irmağı Havzası'nda erozyon riskinin incelendiği çalışmada kullanılan MICONA (Modified Institute for Conservation of the Nature) modelinin uygulanmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Hatipoğlu ve Uzun (2000) MICONA'yı, ICONA (Institute for Conservation of the Nature) modelini

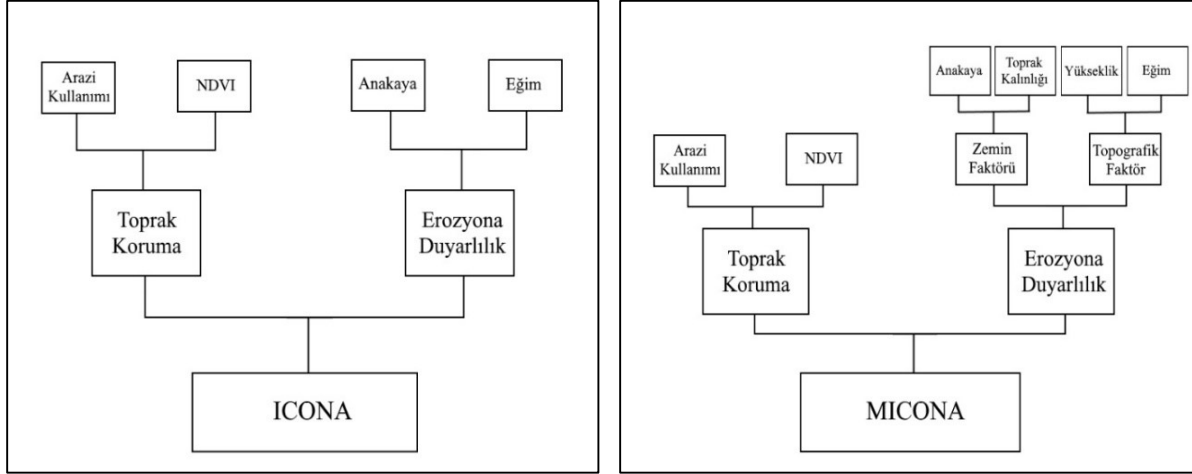
modifiye edilerek oluşturulmuşlardır. ICONA modeli Akdeniz ülkelerinde erozyon risk derecelendirmesi sunan, havza bazlı çalışmalarda kolay kullanılabilen ve anlamlı sonuçlar veren bir modeldir (Bayramın vd., 2003; Erdem, 2017; Mahmut vd., 2017; Reis vd., 2017; Tombuş ve Özulu, 2007; Tombuş vd., 2012; Dengiz ve diğ., 2014; Tombuş ve Öbekcan 2015; Hatipoğlu ve Uzun, 2020). Ancak modelin yağış verisi kullanılmadığı için Karadeniz Bölgesi gibi yağış değerleri yüksek alanlarda kullanışsız olduğu görülmüştür. Bu sebeple yazarlar tarafından modele yağış ve toprak kalınlığı verileri de eklenerek sonuçlar değerlendirilmiş ve modelin bu hali ile daha doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Hatipoğlu ve Uzun, 2020). Bu ilksel çalışmanın ardından bu çalışmada da ICONA ve MICONA modelleri Harşit Çayı Havzası'na uygulanmış ve verdikleri sonuçlar açısından iki model karşılaştırılmıştır.

Harşit Çayı Havza'sı farklı disiplinler tarafından incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda önemli eserler literatüre kazandırılmıştır. Bu eserlerin bir kısmı coğrafya literatürüne aittir (Ardel, 1963; Nişancı, 1990; Öner, 1991; Uzun, 1991; Engin, 1992; Yılmaz, 1993; Solmaz, 1995; Uzun ve Zeybek, 1996; Bulut, 1998; Uzun, 2000; Aydın, 2009; Bayrak ve diğ., 2010; Zaman, 2011; Dönmez, 2015; Nas ve Nas, 2015; Patan ve Sezen, 2015; İmamoğlu ve diğ., 2018; Zeybek ve diğ., 2018a; Zeybek ve diğ., 2018b; Atayeter ve diğ., 2019; Bağcı ve diğ., 2019; Şenol, 2019). Ayrıca jeolojik, biyolojik özelliklerin incelendiği çalışmalar da dikkat çekicidir (Bayram, 2011; Özkan ve Akbulut, 2011; Adil, 2016; Dilkaraoğlu ve diğ., 2016; Kodat, 2016; Şahin ve Kaygusuz, 2016; Eraslan Akkan, 2017; Gücer ve diğ., 2017; Doğan ve diğ., 2018; Karabörklü ve Ayyıldız, 2018; Zoroğlu ve Ayyıldız, 2018). Ancak literatür incelemeleri sırasında bu çalışmada olduğu gibi havzanın tamamının incelendiği bir erozyon risk çalışmasına rastlanmamıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

ICONA modeli Spanish Ministry of Environment (DGCONA) tarafından geliştirilmiştir (ICONA, 1997; Jordan ve diğ., 2000). Ancak modele standart bir erozyon derecelendirme sistemi getirerek son halini UNEP (United Nations Environment Programme) vermiştir (ICONA, 1997; Jordan ve diğ., 2000; Hatipoğlu ve Uzun, 2020). Bu çalışmada Akdeniz ülkelerinde sıklıkla kullanılan ICONA modeli ile Hatipoğlu ve Uzun (2000) tarafından bu modele alternatif olarak geliştirilen, MICONA modeli karşılaştırılmıştır (Şekil 2 ve 3). Hatipoğlu ve Uzun (2000) MICONA modelinin Karadeniz Bölgesi gibi yağışın önemli bir kriter olarak ele alınması gerektiği durumlar için bir alternatif model olarak tercih edilebileceğini vurgulamaktadırlar.

ICONA modelinde öncelikle incelenecek alana ait arazi kullanımı, NDVI (bitki örtüsü yoğunluğu), eğim ve anakaya özellikleri verileri temin edilmektedir (Jordan ve diğ., 2000; Bayramın vd., 2003; Hatipoğlu ve Uzun, 2020), (Şekil 2). Ardından arazi kullanımı ve NDVI verileri kullanılarak Toprak Koruma; anakaya ve eğim özellikleri kullanılarak da Erozyona Duyarlılık verileri elde edilmektedir. Son aşamada ise üretilen Toprak Koruma verisi ile Erozyona Duyarlılık verisi karşılaştırılarak sahanın ICONA modeline göre erozyon risk dereceleri tespit edilmektedir (Jordan ve diğ., 2000; Bayramın vd., 2003; Hatipoğlu ve Uzun, 2020), (Şekil 2).



Şekil 2. ICONA Modelinin aşamaları (Jordan ve diğ., 2000'nden değiştirilerek). **Şekil 3.** MICONA Modelinin aşamaları (Hatipoğlu ve Uzun, 2020).

MICONA modeli, ICONA modeline toprak kalınlığı ve yükseklik verilerinin eklenmesi ile elde edilmektedir (Hatipoğlu ve Uzun; 2020). Ancak modele bu verilerin eklenmesi erozyona duyarlılık verisinin yapısını büyük ölçüde değiştirmektedir. Çünkü MICONA'da eklenen toprak kalınlığı ve yükseklik verileri doğrudan anakaya ve eğim verilerine katılmamıştır. Modelde önce anakaya ile toprak kalınlığı verisi karşılaştırılarak bir Zemin Faktörü verisi; yükseklik ve eğim verileri karşılaştırılarak da bir Topografik Faktör verisi üretilmiştir (Hatipoğlu ve Uzun, 2020). Bu iki verinin işlenmesi ile de Erozyona Duyarlılık verisi elde edilmiş, en sonunda da bu veri standart ICONA'da olduğu gibi Toprak Koruma verisi ile karşılaştırılarak MICONA modeline göre erozyona duyarlılık dereceleri verisine ulaşılmıştır.

MICONA modelinde yağış verisi doğrudan kullanılmamaktadır. Hatipoğlu ve Uzun (2020) her 100 m'lik yükseklik artışında, yıllık yağış miktarının da 54 mm artırıldığı Schreiber formülünün her zaman doğru sonuçlar vermediği belirtmektedirler. Bu sebeple MICONA modeline Schreiber formülü ile elde edilmiş yağış verisi yerine, yağış yanında diğer doğal ortam özelliklerini de temsil etmesi adına yükseklik verisi eklenmiştir. Ayrıca erozyonu doğrudan etkileyen toprak kalınlığı faktörü de önemli bir veri olarak modelde yer almaktadır (Hatipoğlu ve Uzun, 2020).

Çalışmada kullanılan modellerin uygulanabilmesi için temel veriler olan arazi kullanımı, NDVI, anakaya, toprak kalınlığı, eğim ve yükseklik verileri büyük kısmı ile arazi çalışmaları, UA (uzaktan algılama) analizleri ve CBS yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu amaçla çalışma sahasından ve çeşitli devlet kuruluşlarından toplanan bilgiler ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak işlenmiş ve modelin temel verileri oluşturulmuştur. Ardından yine ArcGIS kullanılarak yöntemlerin diğer aşamaları modellenmiştir.

ICONA ve MICONA yöntemlerinde ortak kullanılan arazi kullanımı ve NDVI verileri araştırma alanına ait 18.10.2019 tarihli ve 15 metre yersel çözünürlüklü Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü kullanılarak elde edilmiştir. Havzaya ait güncel arazi kullanımı 316 kontrol noktası kullanılarak, kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilmiştir. Bitkilerin mavi ve kırmızı tondaki ışınları absorbe edip, yeşil tonları yansıtması bilgisi ile elde edilen NDVI verisi ise aynı uydu görüntüsünün band kombinasyonlarının değiştirilerek yeniden hesaplanması yolu ile tespit edilmiştir. Buna göre uydu görüntüsüne ait Yakın Kızılötesi Bant ile Kırmızı Bant farkının, bu iki bantın toplamına bölünmesi ile NDVI verisi elde edilebilmektedir (Verhulst ve

Govaerts, 2010). Sonuçta ortaya çıkan +1 ile -1 arasındaki NDVI değerleri bitki örtüsünün varlık derecesini rotaya koymaktadır (Akkartal, Türüdü ve Erbek, 2005; Karabulut, 2006). Literatüre göre NDVI band kombinasyonu şu şekilde düzenlenmelidir:

$$NDVI = \frac{\text{Yakın Kızılötesi} - \text{Kırmızı Band}}{\text{Yakın Kızılötesi} + \text{Kırmızı Band}}$$

Anakaya özellikleri arazi çalışmaları ile elde edilen gözlemler ile MTA'ya ait 1/100.000 ölçekli F41, G41, G42, G43, H41, H42 ve H43 pafta numaralı jeoloji haritaları kullanılarak tespit edilmiştir. Bunun yanında çalışma alanına ait toprak kalınlığı verisi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan temin edilmiştir. Yükseklik ve eğim verilerinin tespitinde HGK'dan (Harita Genel Komutanlığı) temin edilen 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından elde edilmiş bölgeye ait DEM (Digital Elevation Model) verisi kullanılmıştır. DEM verisi doğrudan yükseklik verisi olarak kullanılmış, ayrıca yüzey analizine tabi tutularak eğim verisi elde edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanının ICONA Modeline Göre Erozyon Risk Analizi

Çalışma sahasının ICONA modellerine göre erozyon risklerinin tespit edilmesi için öncelikle arazi kullanımı, NDVI, anakaya ve eğim verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Buna göre sahaya ait 18.10.2019 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü kullanılarak arazi kullanım sınıfları oluşturulmuş ve yöntemine uygun olarak yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 4). Buna göre sahada en geniş arazi kullanım sınıfını kayalık alanlar oluşturmaktadır. Bu alanlar sahada 1269,5 km² yer kaplarken toplam alanın %38,3 ünü oluştururlar. En dar arazi kullanım sınıfını ise 6,9 km² alana sahip ve arazinin %0,2'sini oluşturan su yüzeyleri oluşturur (Şekil 4), (Tablo 1).

Havzanın uydu görüntüsünden kontrollü sınıflandırma ile elde edilen arazi kullanımı verileri Kappa katsayısı yöntemi doğruluk analizi ile gözden geçirilmiş, çalışmanın doğruluğu test edilmiştir. Kappa yönteminde ortaya çıkan katsayı 0'a yaklaştıkça analizin doğruluğu düşmekte, tam tersi katsayı 1'e ne kadar yaklaşırsa doğruluk da o kadar artmaktadır (Jensen, 1996). Ayrıca analiz sonucunda elde edilen doğruluk yüzdesinin %80'i aşması yapılan analizin yüksek doğrulukta olduğunu göstermektedir (Jensen, 1996). Buna göre yapılan incelemelerde çalışmanın Kappa değeri 0,81 olarak bulunmuştur. Ayrıca analiz sonuçları yapılan sınıflandırmanın %87 oranında doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışma sahası genel olarak doğal orman sahası içerisindedir. Ancak bu doğal görünüm bugün büyük miktarda değişikliğe uğramıştır. İnsan faaliyetleri ile yer yer orman alanlar tarım arazilerine dönüştürülmüş, yer yer de meralara ayrılmıştır (Foto 1). Bunun yanında kimi zaman mesken yapımı için yer açmak, kimi zaman da yakacak temini için ormanlardan faydalanılmış, sonuçta arazi kullanımında büyük değişiklikler yaşanmış ve doğal orman örtüsü pek çok yerde yok edilmiştir (Foto 2). Bu durum sahanın bitki örtüsü kapalılığına da etki etmiş ve sahanın erozyon duyarlılığını artırmıştır.

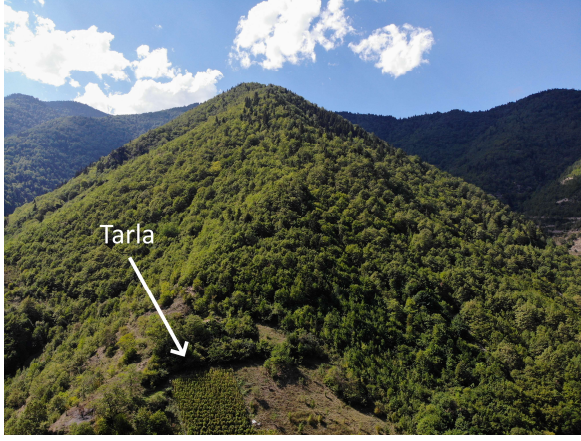


Foto 1. Doğal bitki örtüsü tahrip edilerek açılmış bir tarla alanı.



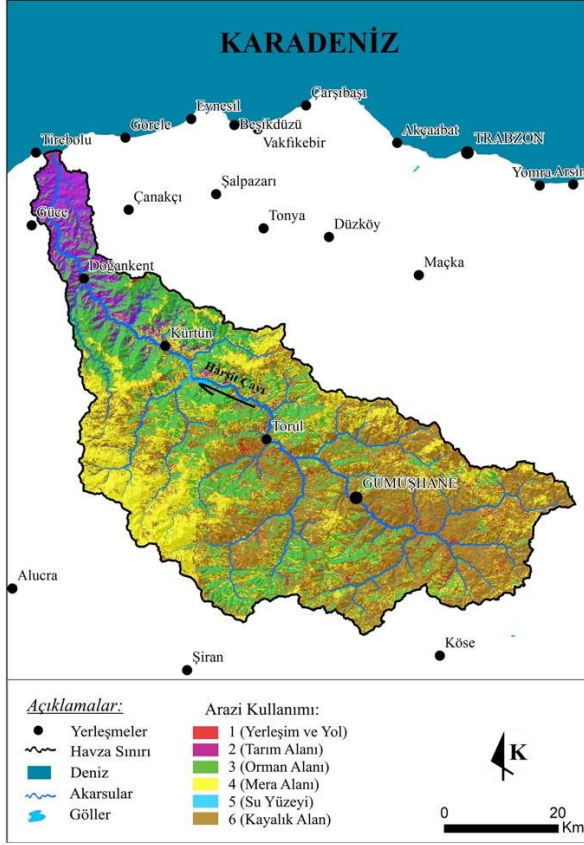
Foto 2. Yüksek eğim değerleri ve doğal orman örtüsünün yok edildiği bir alan.

Araştırma alanının NDVI özellikleri belirlenirken yine sahaya ait 18.10.2019 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü kullanılmıştır. Arazinin NDVI sınıfları oluşturulmuş ve yöntemine uygun olarak yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 5). Buna göre sahada en geniş alan kaplayan kapalılık sınıfı 3 numaralı sınıf olan %51-75 kapalılığa sahip sahalardır. Bu alanlar sahada 2222,3 km² alan kaplarlar ve toplam arazinin %67,19'unu oluştururlar. Sahada en dar alana sahip kapalılık sınıfı 1 numara ile gösterilen ve %25 ve daha düşük kapalılığa sahip alanlardır. Bu alanlar sahada 0,3 km² yer kaplarken toplam alanın da %0,01'ini oluştururlar (Şekil 5), (Tablo 2).

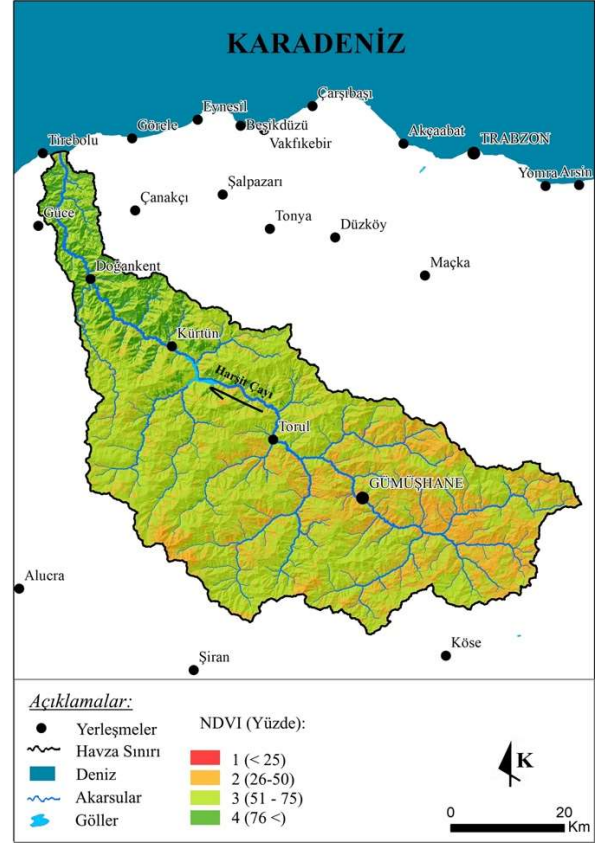
Harşit Çayı Havzası'nda anakaya genel olarak Üst Plaeozoik, Orta Jura, Kretase, Paleosen, Eosen ve Neojen'e ait sedimanter, volkano-sedimanter, volkanik ve metamorfik kayalardan oluşur (Şekil 6). Havzada ayrıca dar alanlı olarak Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile travertenler de bulunmaktadır.

Çalışma alanındaki kayalar ICONA yöntemine uygun olarak yeniden sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflandırma kayaların doğal ortam şartlarına karşı dirençleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Buna göre sahada en geniş alan kaplayan birim volkano-sedimanter kayalardır (Şekil 6), (Tablo 3). Doğal ortam şartlarına orta derecede dayanıklılık gösteren bu kayalar sahada 1855,2 km² alan kaplarken, toplam alanın da %56,06'sını oluşturur. Sahada en dar yayılış alanına sahip olan alüvyonlar ise 1,4 km² alan kaplarlar ve sahanın %0,04'ünü oluştururlar (Tablo 3). Çoğunlukla bazaltlar ve granitlerden oluşan volkanik kayalar sahada ikinci büyük alanı kaplarlar ve bu kayalar erozyona karşı en dirençli grubu oluştururlar.

Eğim, çözünen malzemelerin taşınmasındaki rolü ile erozyon açısından önemli bir parametredir. Çözünen malzemeler eğim değerleri fazla olan alanlarda ortamdaki hızlı bir şekilde uzaklaştırılırken, eğim değerleri düşük alanlarda biriktirilirlir. Bu sebeple yüksek eğim şartları erozyonu destekleyici rol oynar (Foto 2).



Şekil 4. Çalışma alanının yeniden sınıflandırılmış arazi kullanım verisi.



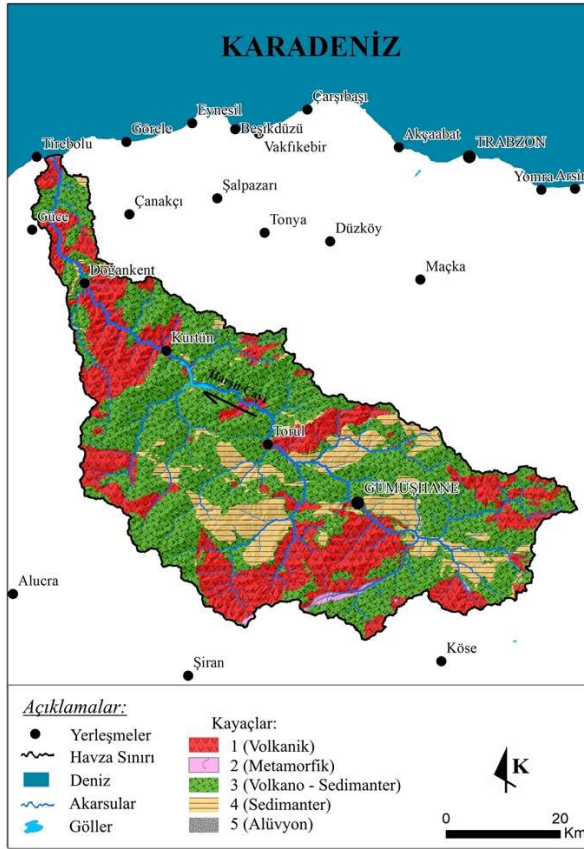
Şekil 5. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış NDVI verisi.

Tablo 1. Çalışma sahasının yeniden sınıflandırılmış arazi kullanım verileri.

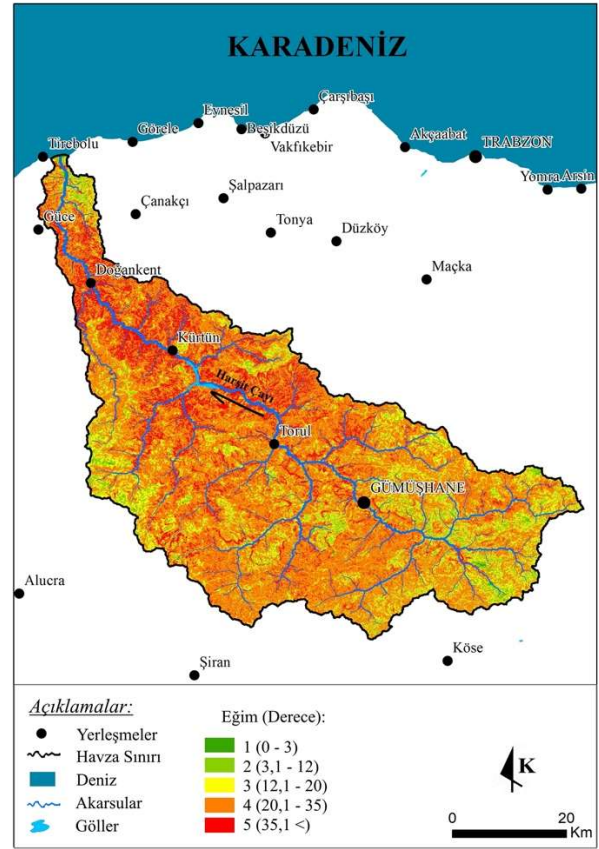
Sınıf	1	2	3	4	5	6
Tanım	Yerleşim ve Yollar	Tarım Alanı	Orman Alanı	Mera Alanı	Su Yüzeyi	Kayalık Alan
Kapladığı Alan (km²)	135	199,6	774,1	925,9	6,9	1269,5
Toplam Alana Oranı (%)	4,1	6	23,4	28	0,2	38,3

Tablo 2. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış NDVI verileri.

Sınıf	1	2	3	4
Bitki Örtüsü Kapalılığı (%)	< 25	26 - 50	51 - 75	76 <
Kapladığı Alan (km²)	0,3	841,4	2222,3	246,9
Toplam Alana Oranı (%)	0,01	25,4	67,19	7,4



Şekil 6. Çalışma alanının yeniden sınıflandırılmış kayaç özellikleri verisi.



Şekil 7. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış eğim verisi.

Tablo 3. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış anakaya verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Kayaç Sınıfı	Volkanik	Metamorfik	Volkano-Sedimanter	Sedimanter	Alüvyon
Tanım	Bozunmamış kompakt kaya	İyi kaynamış kaya	Orta derecede bozunmuş yapışık kaya	Hafif veya orta derecede sıkışmış sedimanter kaya	Gevşek, yapışık olmayan sedimanlar
Kapladığı Alan (km²)	1007,2	18,5	1855,2	429,33	1,4
Toplam Alana Oranı (%)	30,4	0,6	56,06	12,9	0,04

Çalışma sahasında eğim değerleri ICONA modeline sadık kalınarak beş sınıfa ayrılmıştır (Şekil 7), (Tablo 4). Buna göre havzada en geniş yayılışa 4 numarayla gösterilen, “20,1 – 35” derece aralığında eğime sahip alanlar sahiptir. Bu “Fazla Dik” olarak tanımlanan sınıf, arazide 1944,5 km² yer kaplarken, toplam alanın %58,6’sını oluştururlar. En dar alana sahip eğim grubu ise havzada 20,3 km² yer kaplayan ve toplam alanın %0,6’sına hâkim olan “0-3” derece aralığında eğime sahip yerlerdir. 1

numara ile gösterilen bu araziler modele göre “Düz ve düze yakın” alanlar olarak ifade edilmektedir (Tablo 4). Tablo 4’ün tamamına bakıldığında ise havzanın yüksek eğime sahip, oldukça arızalı bir yapı gösterdiği dikkati çeker. Buradan yola çıkarak sadece yüksek eğim değerlerinin bile sahayı erozyona elverişli hale getirdiği görülmektedir.

Tablo 4. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış eğim verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Eğim Aralığı (Derece)	0 – 3	3,1 – 12	12,1 – 20	20,1 – 35	35,1 <
Tanım	Düz ve düze yakın	Orta derecede eğim	Dik	Fazla Dik	Aşırı Dik
Kapladığı Alan (Km²)	20,3	273,5	613,3	1944,5	462,4
Toplam Alana Oranı (%)	0,6	8,3	18,5	58,6	14

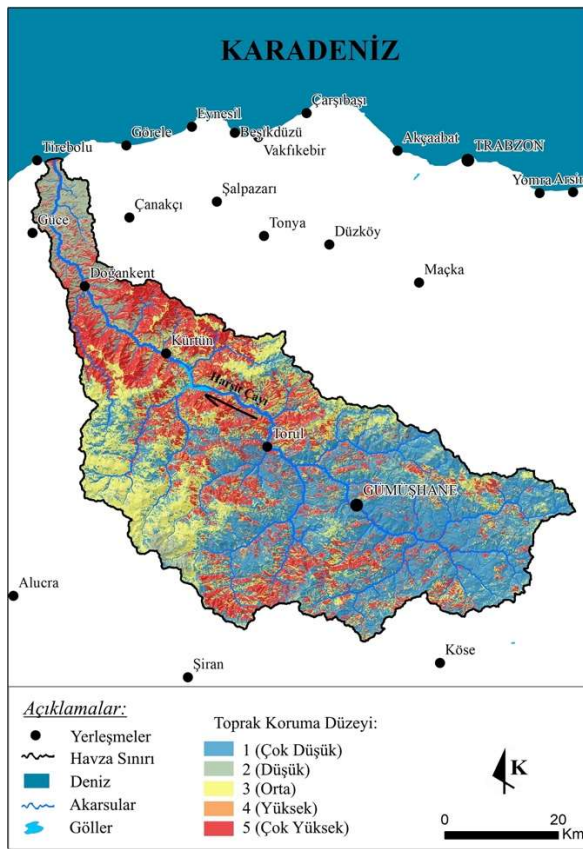
Modelin akışına uygun olarak sahanın arazi kullanım ve NDVI özellikleri karşılaştırılarak bir toprak koruma verisi, kayaç dayanıklılık özellikleri ve eğim özellikleri karşılaştırılarak da bir erozyon duyarlılığı verisi oluşturularak, haritalanmıştır (Şekil 8 ve 9). Bu veriler ve haritalar üretilirken bir çakıştırma işlemi gerçekleştirilmiş ve bu esnada alt veriler erozyona katkıları açısından 1 (en düşük) ile 5 (en yüksek) aralığında derecelendirilmiştir. Bu derecelendirmelerin çakıştırma işlemine uygulanabilmesi için çakıştırılacak her iki veri için bir matris oluşturulmuştur (Tablo 5 ve 6). Toprak koruma verisi için oluşturulan matristeki değerlerin belirlenmesinde yöntemine uygun olarak erozyona en elverişsiz sınıflara 5 değeri verilirken en elverişli alanlara 1 değeri verilmesi yolu izlenmiştir (Tablo 5). Erozyon duyarlılığı matrisi için ise tam tersi olarak erozyona elverişli sınıflara 5, elverişsiz sınıflara 1 değerleri atanmıştır (Tablo 6). Buna göre havzada arazi kullanımında doğal bitki örtüsü ve kapalılık oranları arttıkça erozyona elverişlilik düşerken, ormandan dönüştürülen alanlar ile kapalılığın düşük olduğu arazilerde erozyona elverişliliğin yükseldiği söylenebilir. Bunun yanında ana kayanın fiziki şartlar karşısında dayanıklılığının arttığı ve eğim değerlerinin düştüğü alanlar erozyona daha az duyarlı bir görünüm sergilerken, kolay ayrışabilen ana kaya ve yüksek eğim değerleri erozyonun derecesini artırmakta, süreçleri hızlandırmaktadır.

Tablo 5. Çalışma alanına ait toprak koruma verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

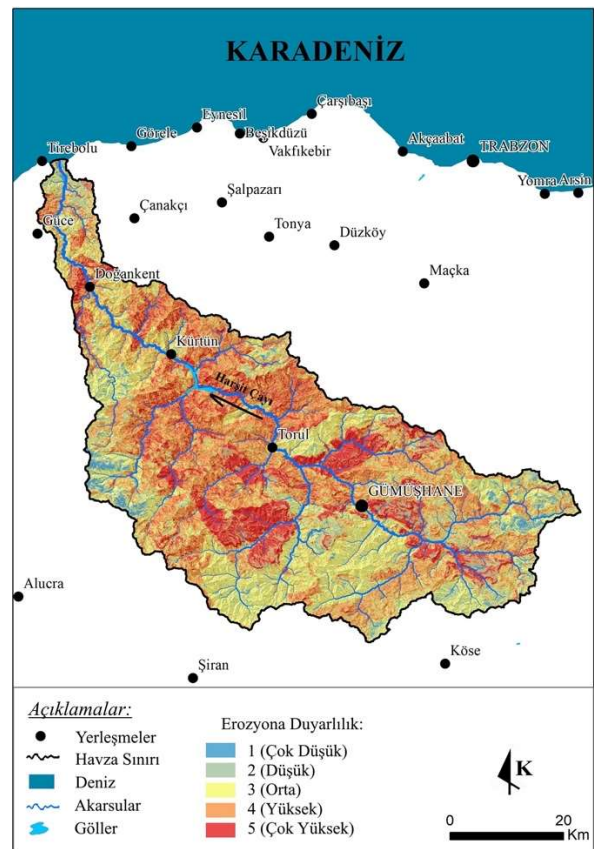
Arazi Kullanım Sınırları	Bitki Örtüsü Kapalılık Durumu (NDVI (Yüzde)) Sınıfları			
	1 (0 - 25)	2 (26 - 50)	3 (51 - 75)	4 (76 - 100)
1 (Yerleşim Yerleri ve Yollar)	5	5	5	5
2 (Tarım Alanı)	1	1	2	2
3 (Orman Alanı)	3	4	5	5
4 (Mera Alanı)	1	2	3	3
5 (Su Yüzeyi)	5	5	5	5
6 (Kayalık Alanlar)	1	1	1	1

Tablo 6. Çalışma alanına ait erozyon duyarlılığı verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

Kayaç Dayanıklılık Sınıfları	Eğim Sınıfları (Derece)				
	1 (0 – 3)	2 (3,1 – 12)	3 (12,1 – 20)	4 (20,1 – 35)	5 (35,1 <)
1 (Volkanik)	1	1	2	3	4
2 (Metamorfik)	1	1	2	3	4
3 (Volkano – Sedimanter)	1	2	3	4	5
4 (Sedimanter)	1	2	4	5	5
5 (Alüvyon)	2	4	5	5	5



Şekil 8. Araştırma sahasının toprak koruma düzeyi verisi.



Şekil 9. Çalışma alanının ICONA modeline göre erozyon duyarlılık verisi.

Çalışma sahasının toprak koruma düzeyi verileri incelendiğinde en geniş alana sahip değer 3 (orta) numaralı sınıf olduğu göze çarpmaktadır (Tablo 7). Bu sınıf çalışma sahasında 814,7 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %24,6'sını oluşturmaktadır. Çakıştırma sonuçlarına göre sahada en dar alana sahip sınıf 4 (yüksek) numara ile gösterilen ve sahada 101,4 km² alan kaplayan birimlerdir. Bu sınıf sahanın %3,1'ine hâkimdir.

Çalışma sahasının erozyon duyarlılığı verilerine göre en geniş alana sahip değer 4 (yüksek) numaralı sınıftır (Tablo 8). Bu sınıf çalışma sahasında 1317,6 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %39,8'ini oluşturmaktadır. Analiz sonuçlarına

göre sahada en dar alana sahip sınıf 1 (Çok düşük) numara ile gösterilen ve sahada 93,5 km² alan kaplayan birimlerdir. Bu sınıf sahanın %2,8'ine hâkimdir.

Tablo 7. Çalışma alanının toprak koruma düzeyi verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Kapladığı Alan (km ²)	1269,3	310	814,7	101,4	814,6
Toplam Alana Oranı (%)	38,3	9,4	24,6	3,1	24,6

Çalışma alanının toprak koruma düzeyleri ile erozyon duyarlılığı verileri ICONA modeline uygun olarak karşılaştırılmış ve sahanın ICONA modeline göre erozyon risk dereceleri tespit edilerek, haritalanmıştır (Şekil 10), (Tablo 10). Veriler karşılaştırılırken yine bir matris oluşturulmuş ve matrise erozyon duyarlılığı gözetilerek değerler verilmiştir. Yöntemin önceki kısımlarında olduğu gibi burada da değerler 1 (en düşük) ile 5 (en yüksek) aralığında verilmiştir (Tablo 9). ICONA modeline uygun olarak toprak koruma değerlerinin yüksek olduğu ve erozyona duyarlılık değerlerinin düşük olduğu alanlara düşük değerler, tam tersi olarak toprak koruma değerleri düşük ve erozyona duyarlılık değerlerinin yüksek olduğu alanlara yüksek değerler verilmiştir (Tablo 8).

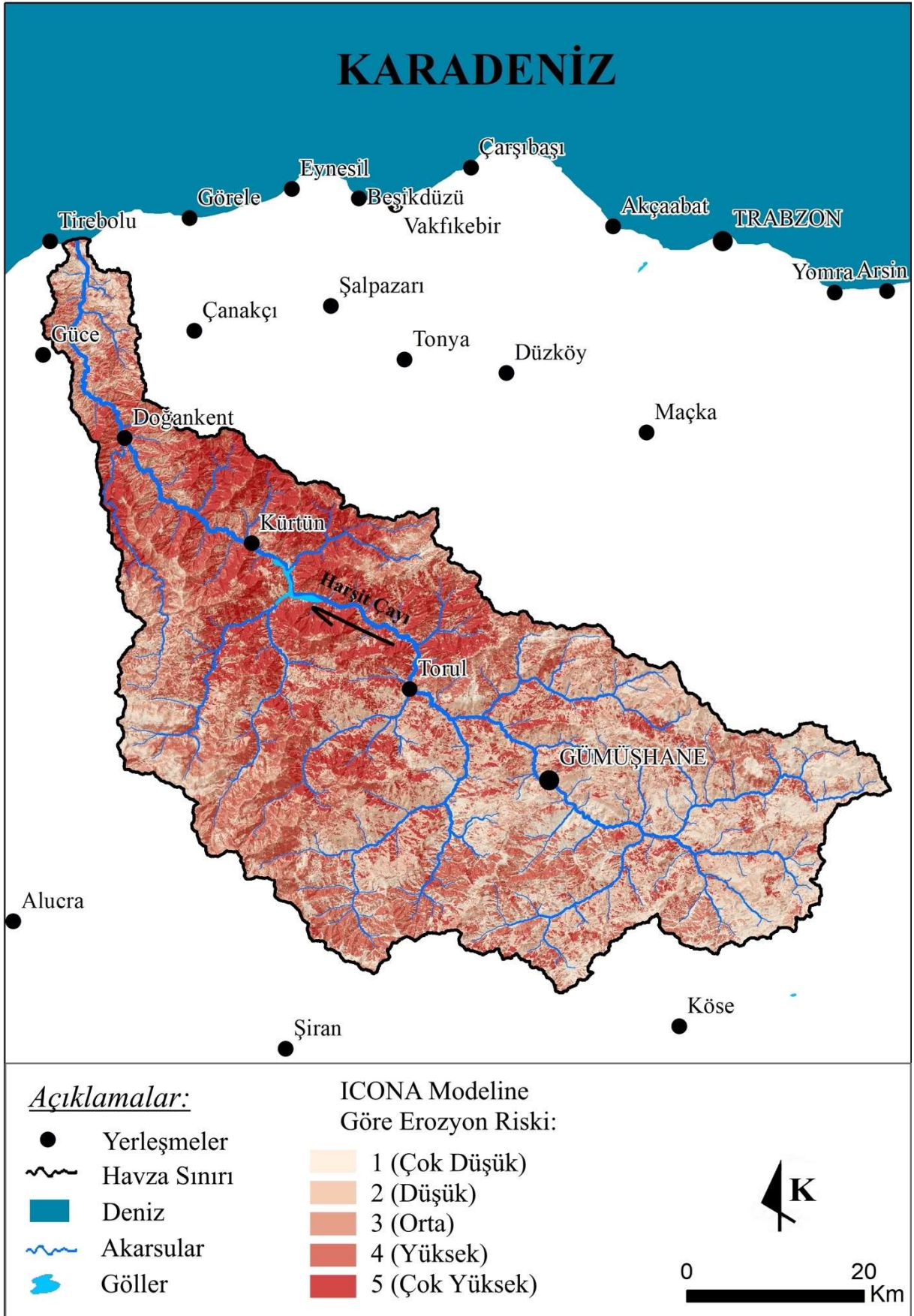
Tablo 8. Çalışma alanının erozyon duyarlılığı verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Kapladığı Alan (km ²)	93,5	365,4	986,1	1317,6	551,4
Toplam Alana Oranı (%)	2,8	11	29,8	39,8	16,7

Harşit Çayı Havzası'na uygulanan ICONA modelinin sonuçlarına göre sahada erozyon riski "Çok yüksek" sahalarda 555,2 km² alan kaplamakta ve tüm arazinin %16,8'ini oluşturmaktadır (Tablo 10). Erozyon riski "Yüksek" olan alanlar 713,3 km² yer kaplamakta ve sahanın %21,5'ini oluşturmaktadırlar. "Orta" derecede erozyon riski olan alanlar çalışma sahasında 480,2 km² alana kaplar ve sahanın %14,5'ine hâkimdir. "Düşük" riskli alanlar 947,5 km²lik yayılış sahası ile sahanın %28,6'sine hâkimdir ve arazide en geniş alanı kaplarlar. "Çok düşük" riskli kabul edilen alanlar ise 616,4 km² yere sahiptir ve arazinin %18,6'sını oluşturur.

Tablo 9. Çalışma alanının ICONA modeline göre erozyon risk verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

Toprak Koruma	Erozyona Duyarlılık				
	1 (Çok Düşük)	2 (Düşük)	3 (Orta)	4 (Yüksek)	5 (Çok Yüksek)
1 (Çok Düşük)	1	1	1	2	2
2 (Düşük)	1	1	2	3	4
3 (Orta)	1	2	3	4	4
4 (Yüksek)	2	3	3	5	5
5 (Çok Yüksek)	2	3	4	5	5



Şekil 10. Çalışma alanının ICONA modeline göre erozyon risk haritası.

Tablo 10. Çalışma alanının ICONA modeline göre erozyon duyarlılığı verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Kapladığı Alan (km ²)	616,4	947,5	480,2	713,3	555,2
Toplam Alana Oranı (%)	18,6	28,6	14,5	21,5	16,8

3.2. Araştırma Sahasının MICONA Modeline Göre Erozyon Risk Analizi

Hatipoğlu ve Uzun (2020) ICONA modelinden türettikleri MICONA modeline toprak derinliği ve yükseklik basamakları verilerini eklemişler, model akışında da değişiklik yaparak yeni bir akış şeması oluşturmuşlardır (Şekil 2 ve 3). İki ara katman daha oluşmasını sağlayacak şekilde yeniden düzenlenmiş akış şemasında zemin faktörü ve topografik faktör verileri yer almaktadır (Hatipoğlu ve Uzun, 2020).

ICONA modeline göre erozyon riskleri tespit edilen Harşit Çayı Havzası'na bu çalışmada MICONA modeli de uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna göre öncelikle toprak derinliği ve yükseklik basamakları yeni alt verinin oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla çalışma sahasına ait toprak kalınlığı verisi temin edilmiş, yeniden sınıflandırılmıştır ve haritalanmıştır (Şekil 11). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan temin edilen veriler sınıflandırıldığında sahada en geniş alanı "< 20"cm toprak kalınlığını temsil eden 2 numaralı sınıfın kapladığı gözlenmiştir (Tablo 11). 1651,3 km² alan kaplayan bu saha arazinin %49,9'unu oluşturur. Arazide en dar alanı "91<"cm toprak kalınlığını temsil eden 5 numaralı sınıfın kapladığı görülmüştür. Bu sınıf sahada 18,8 km² yer kaplar ve toplam alanın %0,6'sını oluşturur.

HGK'dan temin edilen 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından elde edilmiş bölgeye ait DEM (Digital Elevation Model) verisi kullanılarak araştırma sahasının yükseklik basamakları verisi oluşturulmuş, yeniden sınıflandırılmış ve haritalanmıştır (Şekil 1 ve 12). Buna göre çalışma sahasında tespit edilen 7 farklı yükseklik sınıfından en geniş alan kaplayanı 1409,2 km² yer kaplayan 4 numaralı sınıftır. "1501 – 2000" m yükseklikleri sembolize eden bu sınıf tüm arazinin %42,5'ini oluşturur (Tablo 12). Sahada en az yer kaplayan sınıf ise "3001 – 3500" m yükseklikleri simgeleyen 7 numaralı sınıftır. Bu sınıf arazide 8,3 km² yer kaplarken, tüm arazinin %0,3'ünü oluşturmaktadır.

MICONA modeline uygun olarak daha önceden üretilmiş olan anakaya ve toprak derinliği özellikleri çakıştırılarak bir zemin faktörü haritası, yükseklik ve eğim verileri karşılaştırılarak da bir topografik faktör verisi oluşturularak, haritalanmıştır oluşturulmuştur (Şekil 13; Şekil 14). Çakıştırma işlemi sırasında veriler ICONA'da olduğu gibi erozyona verdikleri destek açısından 1 ile 5 arasında derecelendirilmiştir. Derecelendirme işlemi için iki farklı matris oluşturulmuştur (Tablo 13; Tablo 14).

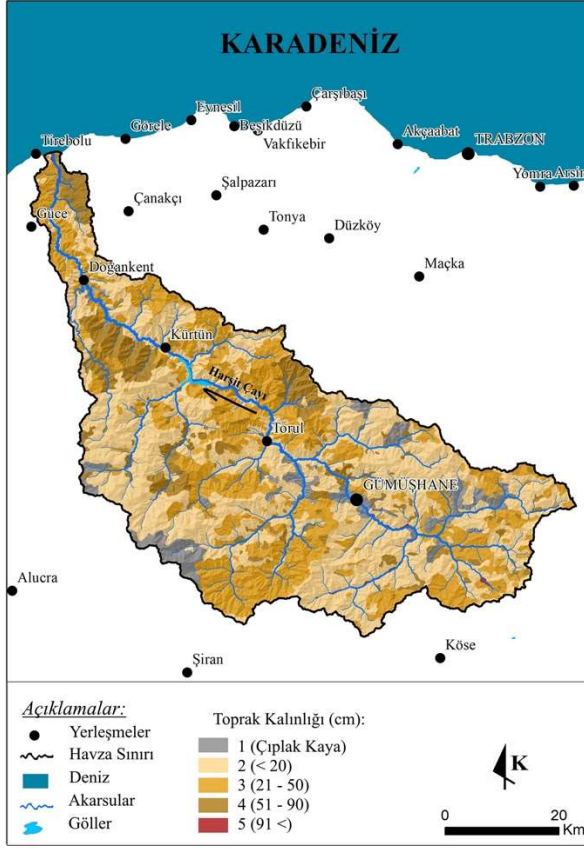
Tablo 11. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış toprak kalınlığı verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Toprak Kalınlığı (cm)	Çıplak Kaya	< 20	21 – 50	51 – 90	91 <
Kapladığı Alan (km²)	191,8	1651,3	1060,1	391,9	18,8
Toplam Alana Oranı (%)	5,7	49,9	32	11,8	0,6

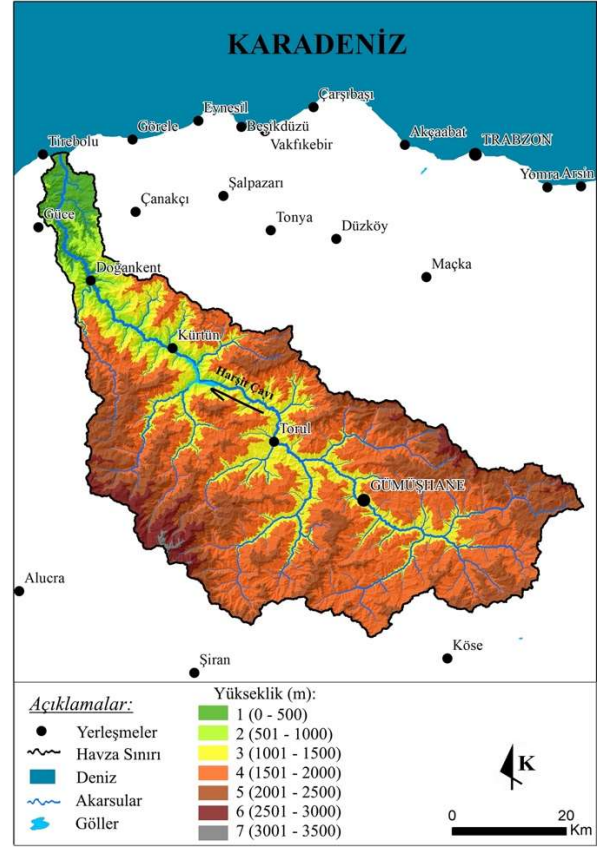
Tablo 12. Çalışma sahasının yeniden sınıflandırılmış yükseklik kademeleri.

Sınıf	1	2	3	4	5	6	7
Yükseklik (m)	(0 - 500)	(501 - 1000)	(1001 - 1500)	(1501 - 2000)	(2001 - 2500)	(2501 – 3000)	(3001 – 3500)
Kapladığı Alan (km²)	134,9	177,2	602,8	1409,2	845,7	135,8	8,3
Toplam Alana Oranı (%)	4,1	5,4	18,2	42,5	25,4	4,1	0,3

Zemin faktörünün üretilmesi için oluşturulan matris düzenlenirken, anakayanın fiziki şartlar karşısındaki dayanıklılığı ile onu örten toprak örtüsünün kalınlığı üzerinde durulmuştur. Modele göre dayanıklılığı düşük anakaya ve ince toprak örtüsünün bulunduğu sahalara 5, dayanıklılığı yüksek anakaya ve kalın bir toprak örtüsünün yer aldığı sahalara 1 değeri verilmiştir (Tablo 13). Diğer ara değerler de matrise eklenmiş ve zemin faktörü verisi elde edilmiştir. Benzer şekilde topografik faktör verisi de MICONA yöntemi dışına çıkmadan uygulanmıştır. Bu veri üretilirken yükseklik verileri ve eğim verisi göz önünde tutulmuştur. Buna göre yükseklik arttıkça yağış değerleri ve fiziksel parçalanmanın şiddeti artacak, bitki örtüsü cılızlaşacaktır. Bu sebeple yüksekliğin ve eğim değerlerinin yüksek olduğu sahalara 5, düşük yükseklik ve eğim şartlarına sahip sahalara ise 1 değeri verilmiştir (Tablo 14). Matristeki diğer değerler ise bu iki sınır arasından erozyona elverişli olma derecelerine göre paylaştırılmıştır.



Şekil 11. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış toprak kalınlığı verisi.



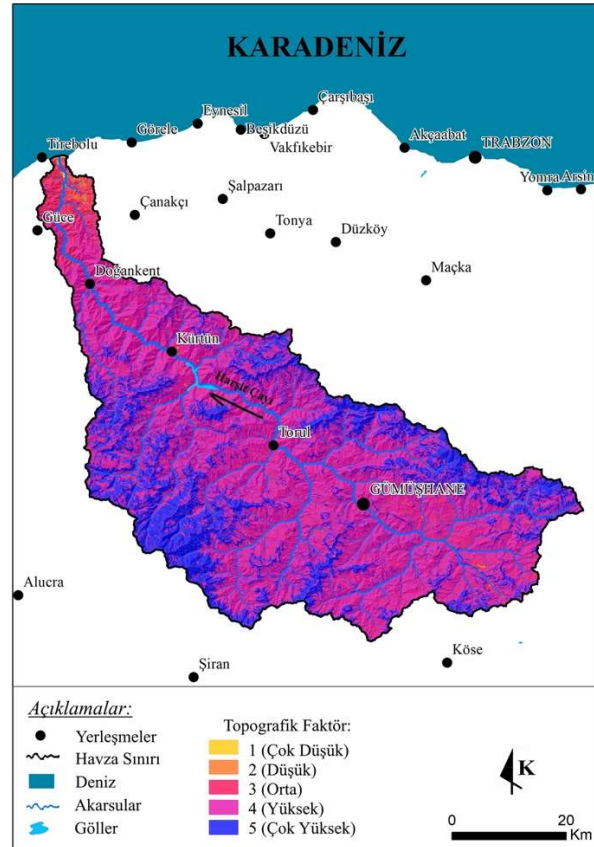
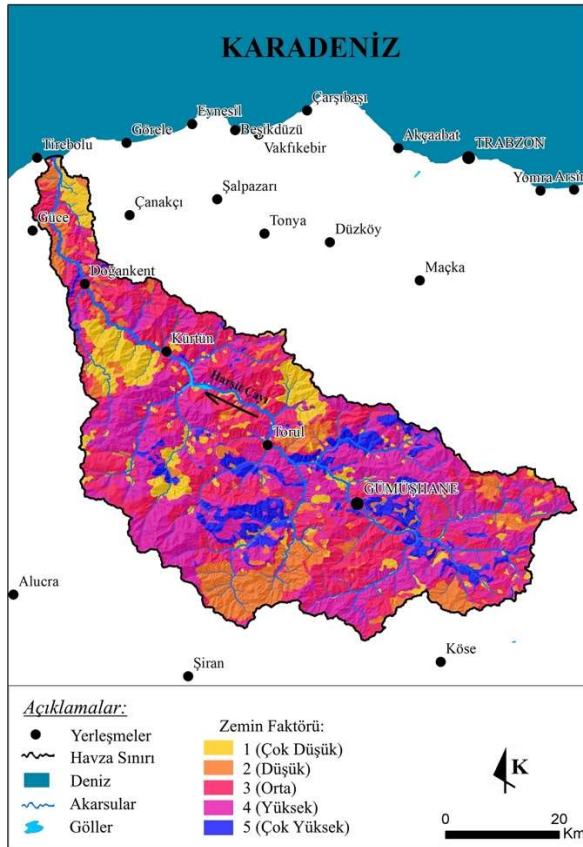
Şekil 12. Çalışma alanının yeniden sınıflandırılmış yükseklik verisi.

Tablo 13. Çalışma alanına ait Zemin Faktörü verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

Kayaç Dayanıklılık Sınıfları	Toprak Kalınlığı (cm)				
	1 (Çıplak Anakaya)	2 (< 20)	3 (21 - 50)	4 (51 - 90)	5 (90 <)
1 (Volkanik)	3	3	2	1	1
2 (Metamorfik)	4	4	3	1	1
3 (Volcano - Sedimanter)	4	4	3	1	1
4 (Sedimanter)	5	5	4	2	1
5 (Alüvyon)	5	5	5	4	4

Tablo 14. Çalışma alanına ait Topografik Faktör verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

Yükseklik (m)	Eğim Sınıfları (Derece)				
	1 (0 - 3)	2 (3,1 - 12)	3 (12,1 - 20)	4 (20,1 - 35)	5 (35,1 <)
1 (0 - 500)	1	2	3	3	4
2 (501 - 1000)	1	2	3	4	4
3 (1001 - 1500)	1	3	4	4	4
4 (1501 - 2000)	2	3	4	4	5
5 (2001 - 2500)	2	4	4	5	5
6 (2501 - 3000)	3	4	5	5	5
7 (3001 - 3500)	3	4	5	5	5



Şekil 13. Araştırma sahasının zemin faktörü verisi.

Şekil 14. Çalışma alanının topografik faktör verisi.

Çalışma alanının zemin faktörü verileri incelendiğinde en geniş alanı 4 (Yüksek) numaralı sınıfın kapladığı görülmektedir (Tablo 15). Bu sınıf çalışma sahasında 1236,2 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %37,3'ünü

oluşturmaktadır. Çakıştırma sonuçlarına göre sahada en dar alana sahip sınıf 5 (Çok yüksek) numara ile gösterilen ve sahada 250 km² alan kaplayan birimlerdir. Bu sınıf sahanın %7,6'sına hâkimdir.

Tablo 15. Çalışma alanının zemin faktörü verileri.

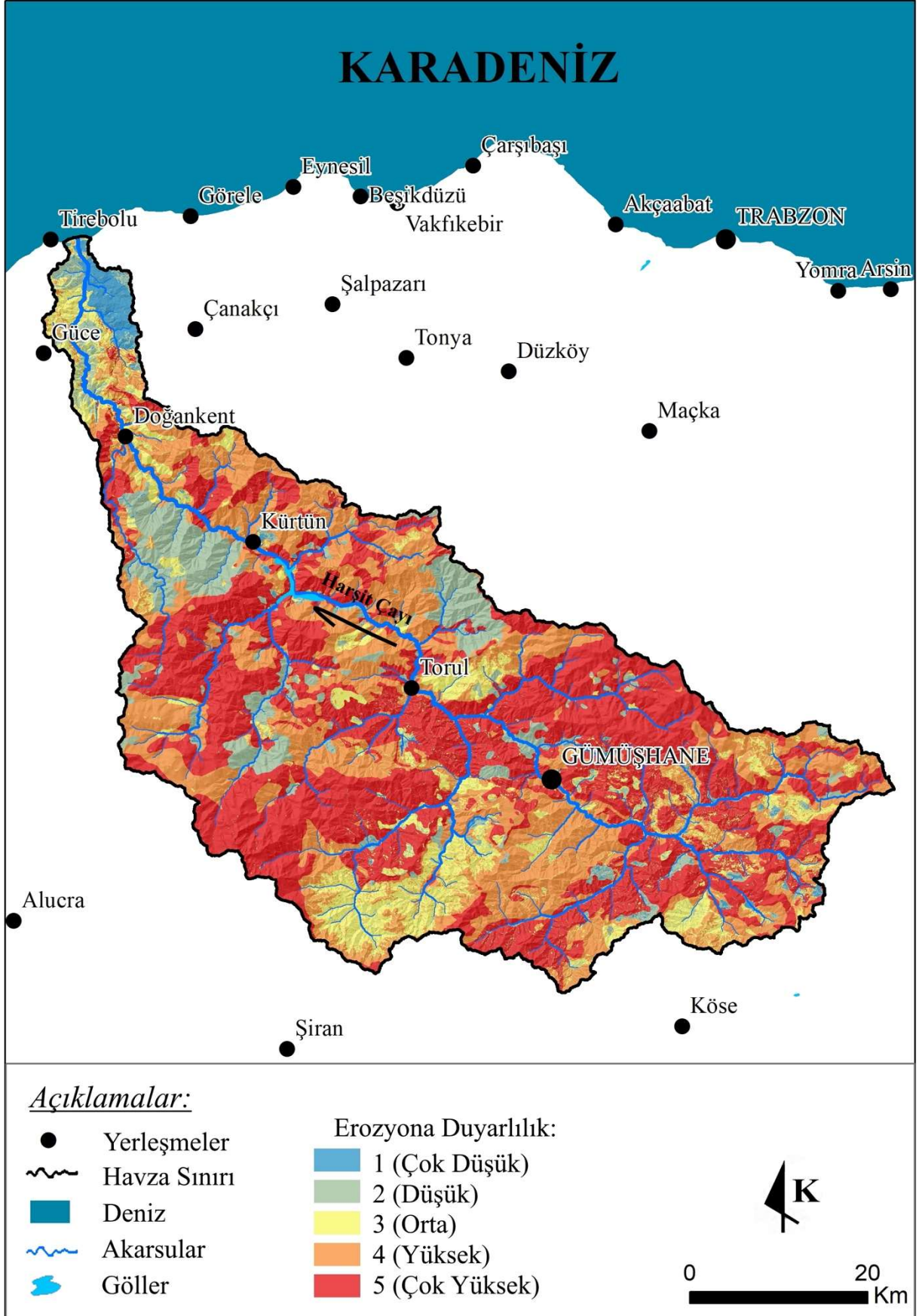
Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Kapladığı Alan (km ²)	365,7	431,8	1030,6	1236,2	250
Toplam Alana Oranı (%)	11	13	31,1	37,3	7,6

Araştırma sahasının topografik faktör verileri incelendiğinde en geniş alanı 4 (Yüksek) numaralı sınıfın kapladığı görülmektedir (Tablo 16). Bu sınıf çalışma sahasında 2232,5 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %64,4'ünü oluşturmaktadır. Çakıştırma sonuçlarına göre sahada en dar alana sahip sınıf 1 (Çok düşük) numara ile gösterilen ve sahada 9,1 km² alan kaplayan birimlerdir. Bu sınıf sahanın %0,3'üne hâkimdir.

Tablo 16. Araştırma sahasına ait topografik faktör verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Kapladığı Alan (km ²)	9,1	33,1	219,7	2232,5	819,2
Toplam Alana Oranı (%)	0,3	1	6,6	67,4	24,7

Yöntemin akışına uygun olarak çalışma sahasının MICONA modeline göre erozyon duyarlılık verisinin oluşturulması ve bu verinin ICONA'daki toprak koruma verisi ile çakıştırılması gerekmektedir. Bu amaçla önce erozyona duyarlılık verisinin oluşturulabilmesi için zemin faktörü ve topografik faktör verilerinin çakıştırılması gerekmektedir (Şekil 3). Bu noktada iki verinin de "Çok yüksek" erozyon duyarlılığı gösteren kısımlarına 5, "Çok düşük" erozyon duyarlılığı gösteren kısımlarına ise 1 değeri verilmiş ve matris oluşturulmuştur (Tablo 17). Matristeki diğer değerler ise bu iki sınır arasından erozyona elverişli olma derecelerine göre atanmış ve sonuçta çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon duyarlılığı verisine ulaşılmış ve sonuç haritalanmıştır (Şekil 15). Bu verilere göre çalışma alanında en geniş alanı 5 (Çok yüksek) numaralı sınıfın kapladığı görülmektedir (Tablo 18). Bu sınıf çalışma sahasında 1431,9 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %43,2'sini oluşturmaktadır. Çakıştırma sonuçlarına göre sahada en dar alana sahip sınıf 1 (Çok düşük) numara ile gösterilen ve sahada 78,2 km² alan kaplayan birimlerdir. Bu sınıf sahanın %2,4'ünü kaplamaktadır.



Şekil 15. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon duyarlılık verisi

Tablo 17. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon duyarlılık verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

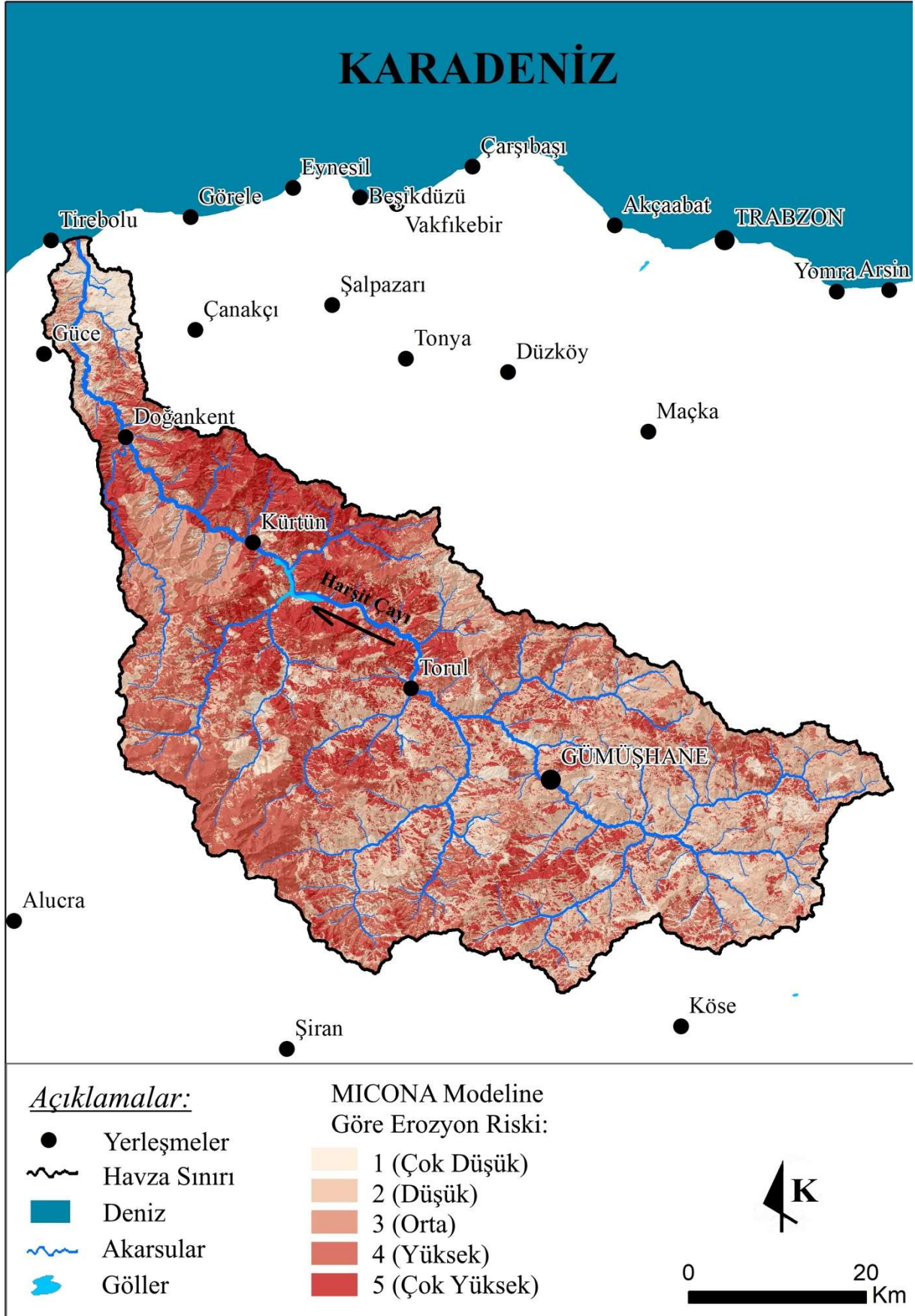
Topografik Faktör	Zemin Faktörü				
	1 (Çok Düşük)	2 (Düşük)	3 (Orta)	4 (Yüksek)	5 (Çok Yüksek)
1 (Çok Düşük)	1	1	1	2	2
2 (Düşük)	1	1	2	3	3
3 (Orta)	1	2	3	3	4
4 (Yüksek)	2	3	4	5	5
5 (Çok Yüksek)	2	4	4	5	5

Tablo 18. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon duyarlılığı verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Kapladığı Alan (km ²)	78,2	355	398,8	1049,7	1431,9
Toplam Alana Oranı (%)	2,4	10,7	12	31,7	43,2

Çalışma sahasının MICONA modeline göre erozyon risk sınıflarının tespit edilebilmesi için son olarak ICONA ile ortak veri olan toprak koruma verisi ile MICONA için üretilmiş olan erozyona duyarlılık verilerinin karşılaştırılması gerekmektedir (Şekil 3). Bu amaçla iki verinin karşılaştırılarak matris oluşturulmuş ve yöntemin diğer bölümlerinde olduğu gibi 1’den 5’ e kadar değerler atanmıştır. Bu aşamada aynı ICONA erozyon risklerinin tespit edilmesinde olduğu gibi toprak koruma değerlerinin yüksek olduğu ve erozyona duyarlılık değerlerinin düşük olduğu alanlara düşük değerler, tam tersi olarak toprak koruma değerleri düşük ve erozyona duyarlılık değerlerinin yüksek olduğu alanlara yüksek değerler verilmiştir (Tablo 19). Buna göre 5 en yüksek 1 en düşük olmak üzere matris derecelendirilmiş ve sonuçta Harşit Çayı Havzası’nın MICONA yöntemine göre erozyon risk dereceleri belirlenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 16), (Tablo 19).

Harşit Çayı Havzası’na uygulanan MICONA modelinin sonuçlarına göre sahada erozyon riski “Çok yüksek” sahalar 640,6 km² alan kaplamakta ve tüm arazinin %19,3’ünü oluşturmaktadır (Tablo 20). Erozyon riski “Yüksek” olan alanlar 868,1 km² yer kaplamakta ve sahanın %26,2’sini oluşturmaktadırlar. “Orta” derecede erozyon riski olan alanlar çalışma sahasında 296,4 km² alana kaplar ve sahanın %9’una hâkimdir. “Düşük” riskli alanlar 1175,7 km²’lik yayılış sahası ile sahanın %35,5’ine hâkimdir ve arazide en geniş alanı kaplarlar. “Çok düşük” riskli kabul edilen alanlar ise 331,6 km² yere sahiptir ve arazinin %10’unu oluşturur.



Şekil 16. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon risk dereceleri.

Tablo 19. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon risklerinin tespit edilmesinde kullanılan matris.

Toprak Koruma	Erozyon Duyarlılığı				
	1 (Çok Düşük)	2 (Düşük)	3 (Orta)	4 (Yüksek)	5 (Çok Yüksek)
1 (Çok Düşük)	1	1	1	2	2
2 (Düşük)	1	1	2	3	4
3 (Orta)	1	2	3	4	4
4 (Yüksek)	2	3	3	5	5
5 (Çok Yüksek)	2	3	4	5	5

Tablo 20. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon risk dereceleri verileri.

Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Kapladığı Alan (km ²)	331,6	1175,7	296,4	868,1	640,6
Toplam Alana Oranı (%)	10	35,5	9	26,2	19,3

3.3. ICONA ve MICONA Modellerinin Sonuçları Açısından Karşılaştırılması

Harşit Çayı aşağı çığırında yağış değerlerinin yüksek rakamlara ulaştığı nemli Karadeniz ikliminden beslenen, yukarı çığırında ise karasal iklime geçiş bölgesinde karstik kaynaklar ve kar suları ile beslenen bir özelliğe sahiptir. Kurak ve nemli iki iklim arasında yer alan havzanın özellikle yukarı çığırında yoğun aşınma ve taşınma faaliyetine olanak tanıdığı arazi çalışmaları ile de gözlenmiştir. Bu gözlemler Harşit Çayı Havzası'nda havza bazlı bir erozyon çalışması yapılması gerektiğini akla getirmiş ve Hatipoğlu ve Uzun (2020)'nin Orta ve Doğu Karadeniz Bölümleri'ni birbirinden ayıran Melet Irmağı Havzası'nda yaptıkları çalışmanın araştırma sahası için de uygun olacağına kanaat getirilmiştir. Bu kanaatin gelişmesindeki önemli bir sebep Melet Irmağı'nın da Harşit Çayı gibi Karadeniz Kıyı Kenar Dağlarını aşarak iç kesimlerden Karadeniz'e ulaşan bir akarsu olmasıdır. Bu durumda Melet Irmağı da Harşit Çayı gibi farklı iklim bölgelerinden geçen ve farklı kaynaklardan beslenen bir akarsu özelliği taşır.

Melet Irmağı Havzası'na uygulanan MICONA modeli özgün bir çalışmadır. Ancak bu çalışmada ICONA ve ondan üretilen MICONA modelleri karşılaştırılmamış, yalnızca MICONA üzerinde durulmuştur. Bu sebeple bu çalışmada hem Harşit Çayı Havzası'nın erozyon durumu tespit edilmeye, hem de bu iki model arasındaki sonuçlar değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanında ICONA ve MICONA modelleri arasında 5 numara ile gösterilen "Çok Yüksek" erozyon riskine sahip sahalar arasında 85,4 km²'lik bir fark bulunmaktadır. Bu farka göre MICONA modelinde çok yüksek erozyon riskine sahip alanlar daha fazladır. Yine "Yüksek" erozyon riskine sahip alanlar arasındaki fark

154,8 km²'dir (Tablo 21). Burada da yine MICONA modelinde yüksek erozyon riskinin fazla çıktığı görülür. “Orta” riskli alanlarda ICONA modeli 183,8 km² daha fazla alana sahiptir. “Düşük” riskli alanlar MICONA da 228,2 km² daha geniş alan kaplarken, “Çok düşük” riskli alanlar da ICONA’da 284,8 km² fazla çıkmaktadır.

“Çok Yüksek” ve “Yüksek” riskli alanlar bir arada değerlendirildiğinde çalışma sahasında MICONA modelinin ICONA modeline göre 240,2 km² daha geniş bir alanı yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olarak tayin ettiği görülmektedir. Yapılan incelemelerde havzanın MICONA modeli ile üretilen erozyon risk haritasının Erpul vd. (2018) tarafından RUSLE yöntemi ile hazırlanan Türkiye su erozyonu haritasıyla büyük ölçüde uyduğu gözlenmiştir.

Tablo 21. Çalışma alanında ICONA ve MICONA modellerinin karşılaştırılması.

Sınıf	1	2	3	4	5
Tanım	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
MICONA’da Kapladığı Alan (km²)	331,6	1175,7	296,4	868,1	640,6
ICONA’da Kapladığı Alan (km²)	616,4	947,5	480,2	713,3	555,2
MICONA’nın ICONA’dan Farkı (km²)	(-)284,8	228,2	(-) 183,8	154,8	85,4

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gümüşhane Dağları’nın kuzeydoğuya bakan yamaçlarından doğup, Doğu Karadeniz Dağları’nı aşarak iç kesimlerden Karadeniz’e ulaşan Harşit Çayı 177 km ana kol uzunluğuna sahiptir. Akarsuyun su toplama havzası 3311 km² alana sahiptir.

Harşit Çayı Havzası’nın erozyon risklerinin tespit edilmeye çalışıldığı bu araştırmada ICONA ve MICONA erozyon risk derecelendirme yöntemleri bir arada kullanılmış, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Akdeniz ülkelerinde sıklıkla kullanılan ICONA modeli, Hatipoğlu ve Uzun (2000) tarafından bu modele alternatif olarak Karadeniz Bölgesi gibi yağışın önemli bir kriter olarak ele alınması gerektiği durumlar için bir alternatif model olarak geliştirilen, MICONA modeli karşılaştırılmıştır.

ICONA modeline göre sahada erozyon riski “Çok yüksek” araziler 555,2 km² alan kaplar ve arazinin %16,8’ini oluşturur. Erozyon riski “Yüksek” olan alanlar 713,3 km² yer kaplar ve sahanın %21,5’ini oluşturur. “Orta” derecede erozyon riski olan alanlar çalışma sahasında 480,2 km² alana kaplar ve sahanın %14,5’ine karşılık gelir. “Düşük” riskli alanlar 947,5 km² yer kaplar ve sahanın %28,6’sına hâkimdir. “Çok düşük” riskli kabul edilen alanlar ise 616,4 km² yere sahiptir ve arazinin %18,6’sını oluşturur.

MICONA modelinin sonuçlarına göre sahada erozyon riski “Çok yüksek” alanlar 640,6 km² yer kaplar ve tüm arazinin %19,3’ünü oluşturur. Erozyon riski “Yüksek” olan alanlar 868,1 km² yer kaplar ve sahanın %26,2’sini oluşturur. “Orta” derecede erozyon riski olan alanlar çalışma sahasında 296,4 km² alana kaplar ve sahanın %9’una hâkimdir. “Düşük” riskli alanlar 1175,7 km²’lik yayılış sahası ile sahanın %35,5’ine hâkimdir. “Çok düşük” riskli kabul edilen sahalar ise 331,6 km² alanda yayılış gösterir ve arazinin %10’unu oluşturur.

Harşit Çayı Havzası'nda "Çok Yüksek" erozyon riskine sahip alanlar MICONA modeline göre 85,4 km², "Yüksek" erozyon riskine sahip alanlar ise 154,8 km² daha fazladır. Buna göre "Çok Yüksek" ve "Yüksek" riskli alanlar bir arada değerlendirildiğinde çalışma sahasında MICONA modelinin, ICONA modeline göre 240,2 km² daha geniş bir alanı riskli gösterdiği görülür.

Yönteme uygun olarak üretilen erozyon risk haritalarında yüksek erozyon riski taşıyan alanların Torul kuzeybatısında Torul, Kürtün ve Doğankent şehirleri arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun sebebi akarsuyun orta çığı olan bu sahanın oldukça engebeli olmasıdır. Torul güney doğusuna ve Doğankent kuzeyine doğru akarsuyun ağız kısmına doğru erozyon riskleri bir miktar düşer. Bunda arazinin nispeten sadeleşmesi etkilidir.

Yapılan incelemelerde havzanın MICONA modeli ile üretilen erozyon risk haritasının Erpul vd. (2018) tarafından RUSLE yöntemi ile hazırlanan Türkiye su erozyonu haritasıyla büyük ölçüde uyduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak Harşit Çayı Havzası'nın erozyon riski azımsanamayacak ölçüdedir. Her an yüklü miktarda sedimanın taşındığı bu akarsuyun havza bazlı planlarla yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Yerel yöneticiler ve halk erozyon hakkında bilinçlendirilmeli, genellikle hafife alınan bu doğa olayının büyük ve geri döndürülemez sonuçları insanlara öğretilmelidir. Yapılan incelemelerde çalışma sahasındaki önemli bir sorunun yanlış arazi kullanımı olduğu görülmüştür. Özellikle eğitim şartlarının arttığı ve arazinin arızalı bir hal aldığı Kürtün ve Doğankent çevresinde doğal bitki örtüsü hemen her yerde tahrip edilmiş ve fındık bahçelerine dönüştürülmüştür.

KAYNAKLAR

- Adil, S. (2016). Harşit Vadisi ve Örümcek Ormanları'nın (Türkiye) Trombidioid Akar (Acarı: Trombidoidea) Faunası. Yayımlanmamış doktora tezi, Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü.
- Akkartal, A., Türüdü, O. ve Erbek, F. S. (2005). "Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Bitki Örtüsü Değişim Analizi". TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan 2005.
- Ardel, A. (1963). Samsun'la Hopa Arasındaki Kıyı Bölgesinde Coğrafi Müşahadeler. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 7(13), 36-49.
- Atayeter, Y., Yayla, O. ve Tozkoparan, U. (2019). Gümüşhane Tekke (Çorçol) Şelalesi Ve Turizm Potansiyeli. Doğu Coğrafya Dergisi, 24(42), 103-122.
- Aydın, M. (2009). Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasında Arazi Kullanımına Göre WEPP (Water Erosion Prediction Project) Modeli ile Toprak Kayıplarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 9 (1), 54-65.
- Bağcı, H., Şirin, M. ve Zeybek, H. (2019). Torul Kalesi (Gümüşhane) Cam Seyir Terası. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 2019 Ek Sayı, 111-123.
- Bayrak, T., Ulukavak, M. ve Açar, S. (2010). Gümüşhane Heyelanları. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2 (1), 1-12.

- Bayramin, İ., Dengiz, O., Başkan, O. ve Parlak, M. (2003). "Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model; Case Study: Beypazari Area". Turkish Journal of Agriculture and Forest, 27: 105-116.
- Bulut, İ. (1998), Torul'un Coğrafi Etüdü, Atatürk Üniversitesi Yayınları No:876, Kazım Karabekir Fakültesi Yayınları No: 95, Araştırma Serisi No: 35, Erzurum.
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S. ve Doğan, A. (2014). İnebolu havzasının ICONA modeli ile toprak erozyon risk değerlendirmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 29(2): 136-142.
- Dilkaraoğlu, S., Doğan, S., Erman, O., Sevsay, S. ve Adil, S. (2016). Harşit Vadisi ve Örumcek Ormanları'nın (Türkiye) Stigmaeid Akarları (Acari: Raphignathoidea: Stigmaeidae). Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2 ÖZEL SAYI 1), 10-73.
- Doğan, S., Doğan, S. ve Erman, O. (2018). Harşit Vadisi'nin (Türkiye) Caligonellid Akarları (Acari: Raphignathoidea: Caligonellidae). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 30 (1), 37-43.
- Dönmez, Y. (2015). Türkiye Bitki Coğrafyası Çalışmaları. Coğrafya Dergisi, 0 (29), 1-27.
- DSİ. (2020). DSİ 7. Bölge Müdürlüğü Yayınlanmamış Rasat Verileri.
- Engin, İ. (1992). Değirmendere-Yanbolu Deresi ve Harşit Çayı Arasındaki Sahanın Bitki Coğrafyası. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Eraslan Akkan, B. (2017) Harşit Çayı (Giresun) Su ve Sediment Kalitesinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yayınlanmamış doktora tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü.
- Erdem, M. (2017). Erozyon Tahmin Modelleri ile Toprak Kaybının Hesaplanması. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Erpul, G., S. Şahin, K. İnce, A. Küçümen, M.A. Akdağ, İ. Demirtaş and E. Çetin 2018. Türkiye Su Erozyonu Atlası. In Türkiye Su Erozyonu Atlası, ed. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 124. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Gücer, M., Aydınçakır, E., Yücel, C. ve Akaryalı, E. (2017). Tersiyer Yaşlı Altınpınar Hornblendli Andezitlerinin (Torul-Gümüşhane) Petrografisi, Mineral Kimyası ve P-T Kristalleşme Koşulları. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (2), 236-267.
- Hatipoğlu, İ. K. ve Uzun, A. (2020). Melet Irmağı Havzası'nda erozyon riskinin MICONA modeli ile değerlendirilmesi, Türk Coğrafya Dergisi, 74, 17 – 31.
- ICONA. (1997). Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-Induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. Priority Action Programme Regional Activity Centre, Split.

- İmamoğlu, A., Eraslan, S. ve Çot, H. (2018). Günlenmeye Bağlı Oluşan Şekiller ve Yerleşme Üzerine Etkileri, Gümüşhane Örneği. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7 (1), 83-99.
- Jensen, J. R. (1996). Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (3rd Ed). New Jersey: Prentice-Hall.
- Jordan, A., Martinez-Zavala, L. and Bellinfante, N. (2000). Assessment of the Erosion Risk in Humid Mediterranean Areas. Workshop on Technologies for and Management of Erosion and Desertification Control in the Mediterranean Region, Priority Actions Programme, UNEP, Malta, 1-13.
- Karabulut, M. (2006). "Noaa Avhrr Verilerini Kullanarak Türkiye’de Bitki Örtüsünün İzlenmesi ve İncelenmesi". Coğrafi Bilimler Dergisi, (4), 29 – 42.
- Karabörklü, Z. ve Ayyıldız, N. (2018). Harşit Vadisi’nin Hermannia Nicolet, 1855 ve Hermannella Berlese, 1908 (Acari, Oribatida) Türleri Üzerine Taksonomik Araştırmalar. Türkiye Entomoloji Bülteni, 8 (3), 77-89.
- Kodat, M. (2016). Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı Sedimentlerinde Solunum Oranlarının Belirlenmesi. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü.
- Mahmut, R., Dutal, H., Bolat, N. ve Savacı, G. (2017). "Soil Erosion Risk Assessment Using GIS and ICONA: A Case Study in Kahramanmaraş, Turkey". Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (1), 64-75.
- MGM. (2020). Gümüşhane Meteoroloji İstasyonu yayımlanmamış rasat verileri.
- MGM. (2020). Giresun Meteoroloji İstasyonu yayımlanmamış rasat verileri.
- Nas, S. ve Nas, E. (2015). Olası Taşkınların Altyapı Tesislerine Etkileri: Harşit Çayı-Gümüşhane. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Dergisi, 31 (1), 56-67.
- Nişancı, A. (1990). Torul – Kürtün Arası "Orta Harşit Vadi Yöresi" ve Heyelanları. Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane Sempozyumu, 13-17 Haziran 1990, Ankara, 245-257.
- Öner, E. (1991). Gümüşhane (Torul- Kürtün) Çevresinde Heyelan Olayları. Coğrafya Araştırmaları, 3, 123-136.
- Özkan, Z. ve Akbulut, S. (2011). Kürtün (Gümüşhane) – Örumcek Ormanlarındaki Dogu Karadeniz Göknarı (Abies Nordmanniana (Stev.) Spach. Subsp. Nordmanniana)’nın Dendrokronolojisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 4 (1), 8-13.
- Patan, E. ve Sezen, I. (2015). Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri: Doğankent (Giresun) İlçesi Aslancık Barajı Örneği. Uluslararası Karadeniz Havzası Halk Bilimi Araştırmaları Dergisi, UKHAD, 41-52.
- Reis, M., Dutal, H., Bolat, N. ve Savacı, G. (2017). Soil erosion risk assessment using GIS and ICONA: a case study in Kahramanmaraş,

- Turkey. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1): 64-75.
- Solmaz, F. (1995). Yukarı Harşit Çayı Havzasının Jeomorfolojisi. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şahin, K. ve Kaygusuz, A. (2016). Mescitli (Torul/Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (2), 89-116.
- Şenol, E. (2019). Harşit Çayı Deltası'nda (Giresun) Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi (1947 – 2017). International Journal of Geography and Geography Education, (39), 328-348.
- Tombuş, F. E. ve Ozulu, İ. M. (2007) Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim-02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- Tombuş, F. E., Yüksel, M., Coşar, M., Ozulu, İ. M. (2012) ICONA Erozyon Risk Belirleme Yönteminde Zamansal Olarak NDVI Etkisinin İncelenmesi. UZAL-CBS 2012, 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Tombuş, F. E. ve Öbekcan, H. (2015) ICONA Yöntemine Göre Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi; Çorum İli Örneği. 2. Ulusal Çevre Kongresi, 22-25 Ekim, Afyon.
- Uzun, A. (1991). Karaca Mağarası (Torul-Gümüşhane). Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu, Coğrafya Araştırmaları, 3, 15-24, Ankara.
- Uzun, A. ve Zeybek, H. İ. (1996). Akçakale Mağarası (Gümüşhane). Türk Coğrafya Dergisi, 31, 39-55, İstanbul.
- Uzun, A. (2000). Karadeniz Sahil Yolunun Doğal Kıyılar Üzerindeki Etkileri ve Ulaşım Sorununa Coğrafi Bir Bakış. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi, Coğrafya Serisi. (1), 59-80.
- Verhulst, N. ve Govaerts, B. (2010). The normalized difference vegetation index (NDVI) GreenSeeker™ handheld sensor: Toward the integrated evaluation of crop management, Part A: Concepts and case studies. Mexico.
- Yılmaz, A. (1993). Doğu Karadeniz Kenar Dağları Kuzeyinde (Melet – Harşit Arası) Kırsal Yerleşme. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Zaman, M. (2011). Gümüşhane İli'nin Turizm Potansiyeli. Doğu Coğrafya Dergisi, 6 (4), 209-236.
- Zeybek, H. İ., Şirin, M. ve Bağcı, H. R. (2018a). Turizm Hareketliliği Açısından Torul Kalesi Cam Seyir Terası. 2. Uluslararası Sürdürülebilir Turizm Sempozyumu, 20-22 Eylül 2018, Gümüşhane, 246-261.

Zeybek, H., Bağcı, H. ve Şirin, M. (2018b). Gümüşhane İlindeki Başlıca Turistik Çekiciliklerin Ulaşılabilirlik Durumları. II. Uluslararası Sürdürülebilir Turizm Kongresi, 1-12.

Zoroğlu, R. ve Ayyıldız, N. (2018). Harşit Vadisi'nin Achipteriid Akarları (Acari, Oribatida, Achipteriidae). Bitki Koruma Bülteni, 58 (2), 63-69.