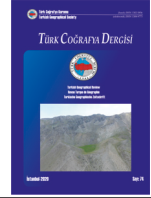




Basılı ISSN 1302-5856



Türk Coğrafya Dergisi
Turkish Geographical Review
 www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Melet Irmağı Havzası'nda erozyon riskinin MICONA modeli ile değerlendirilmesi¹

Soil erosion risk assesment with MICONA model in Melet River Basin

İlter Kutlu Hatipoğlu^{*a}  Ali Uzun^b 

^aGümüşhane Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Gümüşhane.

^bOndokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun.

ORCID: İ.K.H. 0000-0002-4529-110X; A.U. 0000-0003-3854-2780

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 07.11.2019
Kabul/Accepted: 29.04.2020

Anahtar Kelimeler:

Erozyon
 ICONA
 MICONA
 Melet Irmağı
 Ordu

Keywords:

Soil erosion
 ICONA
 MICONA
 Melet River
 Ordu

***Sorumlu yazar/Corresponding author:**
 (İ.K. Hatipoğlu) ilter.hatipoğlu@gumushane.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.644135

Atf/Citation:

Hatipoğlu, İ.K. ve Uzun, A. (2020). Melet Irmağı Havzası'nda erozyon riskinin MICONA modeli ile değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* (74), 17-31. DOI:10.17211/tcd.644135

ÖZ / ABSTRACT

Toprak erozyonu yeryüzünün şekillenmesinde etkili olan bir doğa olayıdır. Ancak, erozyonun insan tarafından hızlandırılması bir sorundur. Erozyon sorunu tarım topraklarının verimsizleşmesine ve zamanla yok olmasına sebep olur. Bu sorun engebeli bir topografyaya ve uzun bir yerleşme tarihine sahip Türkiye'de daha da belirgindir. Bu sebeple sorunun boyutunun belirlenmesi ve çözülmesi için ayrıntılı saha çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Melet Irmağı Havzası'nın erozyon riski incelenmiştir. Melet Irmağı Karadeniz Bölgesi'nin, Orta ve Doğu Karadeniz bölümlerini birbirinden ayıran önemli bir akarsudur. Karagöl Dağları'nın batıya bakan yamaçlarından doğar ve Ordu Şehir merkezinden Karadeniz'e dökülür. Akarsuyun su toplama alanı 2006 km²'dir. Havza doğudan ve güneyden Giresun Dağları'nın, batıdan ise Canik Dağları'nın üzerinden geçen su bölümü çizgileri ile sınırlanmıştır. Havzanın erozyon riski ICONA yöntemine yükseklik ve toprak derinliği verileri katılarak geliştirilen MICONA modeli kullanılarak araştırılmıştır. Çalışma hazırlanırken arazi gözlemleri, CBS teknolojileri bir arada kullanılmıştır. Modelde kullanılan NDVI (bitki örtüsü yoğunluğu), arazi kullanımı, anakaya, toprak derinliği, yükseklik ve eğimden oluşan temel raster verileri, arazi çalışmalarından, uydu görüntülerinden ve çeşitli devlet kuruluşlarının dokümanlardan derlenmiştir. MICONA modeline göre havzanın %25,2'si çok yüksek, %20,1'i yüksek ve %27,2'si orta derecede erozyon riski taşımaktadır. Buna karşılık, havzanın %17,2'sinde erozyon riski düşük, %10,3'ünde ise çok düşük çıkmıştır. Sahada erozyon riski en yüksek alanlar yukarı çığırda Karagöl batsında yoğunlaşır. Mesudiye batsında topografya sadeleşir, erozyon riski düşer. Orta çığırda kıyı dağlarının yükselmesi arızalı yapıyı, eğimi ve yağış miktarlarını artırır. Bu alanda erozyon riski yüksektir. Aşağı çığırda beşeri basının artması karşısında, yüksekliklerin azalması ile orta ve düşük riskli alanlar yaygındır. Çalışmanın sonuçlarına göre, arazi kullanımındaki problemler ile yüksek yağış ve engebeli topografya gibi doğal ortam özellikleri havzada erozyon riskini artırmaktadır. Bu nedenle çok yüksek ve yüksek riskli alanlarda arazi kullanımı yeniden düzenlenmeli; ormanın tahrip edildiği kısımlar ağaçlandırılmalı ve mera alanlarındaki aşırı otlatma kontrol altına alınmalıdır.

Soil erosion is an incident that is effective in shaping the surface. However, the acceleration of erosion by man is a problem. Erosion problem causes agricultural lands to become infertile and disappear over time. This problem is even more pronounced in Turkey which has a rugged topography and a long history of settlement. Therefore, detailed field studies are needed to determine the size of the problem and to solve it. In this study, the risk of erosion of the Melet River Basin was investigated. The Melet River is an important river that separates the Central and Eastern Black Sea divisions of the Black Sea Region. It emerges from the west-facing slopes of the Karagöl Mountains and flows into the Black Sea from Ordu City Center. The catchment area of the river is 2006 km². The basin is bounded by the water section lines passing through the Giresun Mountains from the south and the east and the water section lines passing through the Canik Mountains from the west. Erosion risk of the basin was investigated by using the MICONA model developed by adding height and soil depth data to the ICONA method. While preparing the study, field observations, GIS technologies were used together. The basic raster datas used in the model which NDVI (vegetation density), land use, bedrock, soil depth, height and slope are compiled from field studies, satellite images and documents of various government organizations. According to MICONA model, 25.2% of the basin is very high, 20.1% is high and 27.2% has moderate erosion risk. In return, 17.2% of the basin has a low erosion risk and a very low erosion risk of 10.3%. The areas with the highest erosion risk in the area are concentrated upper course of the basin where in the west of Karagöl. In the west of Mesudiye, the topography is simplified and the risk of erosion decreases.

¹Bu çalışma büyük ölçüde birinci yazarın doktora tezinden faydalanılarak hazırlanmıştır.

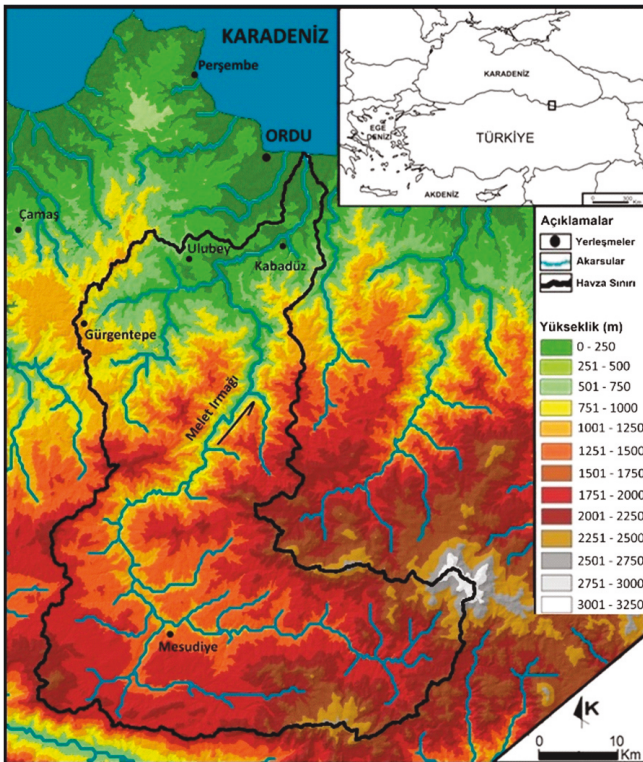
²This study has been prepared mainly by using the PhD thesis of the first author.

The rise of the coastal mountains in the middle course of the basin increases the hilly ground, slope and precipitation. This area has a high erosion risk. Medium and low risk areas are common in the lower course of the basin where decrease in height opposite to increased human pressure. According to the results of the study, the problems in the land use and the natural environment features such as high precipitation and rugged topography increases the risk of erosion in the basin. Therefore, land use should be rearranged in very high and high risk areas; destructed parts of the forest should be forested and overgrazing should be controlled in pasture areas.

1. Giriş

Toprak erozyonu, yeryüzünü şekillendiren jeomorfolojik süreçlerden biridir. Bu sıradan doğa olayı insan tarafından hızlandırıldığında sorun haline gelmektedir. Bu sorun, toprakların verimsizleşmesine ve zamanla yok olmasına sebep olur. Bu durum engebeli bir topoğrafyaya sahip Türkiye’de daha da belirgindir. Ayrıca erozyonu etkileyen doğal ortam şartları havzadan havzaya değişmektedir. Bu sebeple erozyon sorununun belirlenmesi ve çözülebilmesi için havza tabanlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma Melet Irmağı Havzası’nda erozyon riskinin araştırılmasını amaçlamaktadır. Çalışma alanı Ordu’nun Mesudiye, Gököy, Gürgentepe, Ulubey, Kabadüz ve Altınordu; Giresun’un Bulancak, Dereli ve Şebinkarahisar; Sivas’ın Suşehri ve Koyulhisar ile Tokat’ın Reşadiye ilçelerinin idari sınırları içerisinde. Akarsu, Karagöl Dağları’nın batı yamaçlarından doğar ve Ordu şehir merkezinden Karadeniz’e dökülür (Şekil 1). Karadeniz Bölgesi’nin Orta ve Doğu Karadeniz Bölümlerini birbirinden ayıran akarsu yaklaşık 154 km uzunluğa ve ortalama %1,3 yatak eğimine sahiptir. Akarsuyun su toplama alanı 2006 km², drenaj yoğunluğu 0,8 ve matematik konumu 40°19’49”N - 40°59’5”N ve 37°33’15”E - 38°11’28”E’dir.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Akarsuların ağız kısımları uygun coğrafi şartlar nedeniyle ilk çağlardan beri yerleşmelerin kuruluş yeri olmuştur. Melet Irmağı ağız da benzer şekilde bugün Ordu şehrinin gelişme alanı içinde kalmıştır. Özellikle cumhuriyet döneminde gerçekleşen hızlı nüfus artışı, bu alanda kontrolsüz ve çarpık yapılaşmaya sebep olmuştur. Şehirsiz alanlardaki çarpık yapılaşmalar, hem taşkınların oluşumuna, hem de zararlarının artmasına sebep olmaktadır (Hatipoğlu, 2012; Hatipoğlu, 2017; Türkmen, 2004; Uzun, 2000; Yılmaz, 1993; Yılmaz, 2009). Melet Irmağı Havzası, başta Ordu şehir merkezi (Altınordu) olmak üzere Ulubey, Kabadüz, Gürgentepe ve Mesudiye gibi kentlere ve ayrıca çok sayıda kırsal yerleşmeye ev sahipliği yapar. Bu yerleşim alanlarında doğal görünüm büyük kısmıyla değiştirilmiş, arazi yüzeyi beton ya da asfaltlarla kapatılmış, yer yer de akarsu yatakları daraltılmıştır. Öte yandan, genellikle kıydan 500 - 600 m seviyelerine kadar doğal ormanlar büyük kısmıyla fındık bahçelerine dönüştürülmüş, mevcut ormanlar ise, yerleşim alanlarının uzağında ve çoğunlukla yüksek eğimli yamaçlara çekilmiştir. Havzanın yüksek seviyeli aşınım düzlüklerinde de ormanlar daraltılmış, açılan alanlara cenik ya da canik adı verilen geçici kırsal yerleşmeler kurulmuştur. Bu yerleşmelerin yakınında küçük tarlalar oluşturulmuş; diğer açık alanlar ile ormanın üst sınırındaki Alpin çayırlar ise mera olarak değerlendirilmiştir. Arazi örtüsündeki bu yapay değişimler, havzadaki erozyonu genellikle artırıcı yönde etkilemiştir.

Melet Irmağı Havzası’nda erozyon riskinin ulusal ve uluslararası çalışmalarda yaygınlıkla kullanılan ICONA (Institute for Conservation of the Nature) yöntemi ile araştırılması düşünülmüştür. Çalışmada, bu yöntemin seçilmesi, ülkemizde de yaygınlıkla kullanılması yanında erozyon risk derecelendirmesine imkân vermesi ve havza çalışmalarında kolay uygulanabilir olması etkili olmuştur. Bu yöntem özellikle AB ülkeleri ile Türkiye’nin de içinde bulunduğu bazı Akdeniz ülkelerinde tercih edilmektedir (Bayramın vd., 2003; Erdem, 2017; Mahmut vd., 2017; Reis vd., 2017; Tombuş ve Özulu, 2007; Tombuş vd., 2012; Tombuş ve Öbekcan 2015). Ancak herhangi bir iklim elemanının kullanılmadığı yöntemin sahaya uygulandığında gerçekçi sonuçlar vermediği görülmüştür. Bu sebeple ICONA yöntemi modifiye edilerek MICONA (Modified Institute for Conservation of the Nature) haline getirilmiş, bu çalışmada ilk defa uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuçta yöntem Karadeniz Bölgesi gibi yağış değerleri oldukça yüksek bir alanda da kullanılabilir hale getirilmiştir. Ayrıca yöntem daha doğru sonuç alınabileceği düşüncesi ile toprak kalınlığı verisi de eklenmiştir. Sonuçta araştırma sahasının erozyon riskleri, ilk defa bu çalışmada uygulanan MICONA yöntemi kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Literatür çalışmaları sırasında havzanın bütününe konu alan bir erozyon risk araştırmasına rastlanmamıştır. Ancak havzanın

tamamını ya da bazı kesimlerini konu alan ayrıntılı coğrafya araştırmaları mevcuttur (Aktaş, 1992; Ardel, 1963; Erinc, 1945; Gürgen, 1993; Hatipoğlu, 2012; Hatipoğlu, 2016; Hatipoğlu, 2017; Oral, 2010; Özdemir, 2017; Zeybek, 2010). Ayrıca havzanın jeolojik, biyolojik ve arkeolojik özelliklerine değinen araştırmalar da dikkati çeker (Demir, 2010; Güngör, 2010; Karakaya, 1990; Kumandaş, 2004; Şahin, 2012; Tüfekçioğlu, 1995; Türkmen, 2011; Ünal, 2006). Bu araştırmaların bazı sonuçları MICONA yönteminde kullanılan veri setinin oluşturulmasında değerlendirilmiştir.

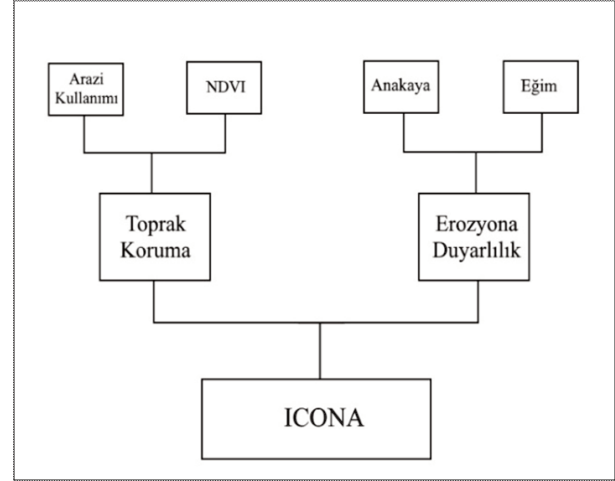
Çalışmada havzanın %25,2'sinde erozyon riskinin çok yüksek, %20,1'inde yüksek ve %27,2'sinde ise orta derecede olduğu; buna karşılık %17,2'sinde düşük ve %10,3'ünde ise çok düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Havzayla ilgili yönetim planları yapılırken bu bulguların dikkate alınması, sürdürülebilir yararlanma açısından önemlidir.

2. Veri ve Yöntem

Toprak erozyonu tahmin çalışmalarında Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen USLE (Universal Soil Loss Equation) yöntemi önemli bir dönüm noktası oluşturur. Bu yöntemi Manrique (1988) tarafından geliştirilen LEAM (Land Erodibility Assessment Methodology) yöntemi izlemiştir. Ardından Renard vd. (1991) USLE yöntemini RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) adıyla yeniden geliştirmiştir. Bu yöntemleri CORINE (Coordination of Information on the Environment) ve ICONA gibi yeni yöntemler izlemiştir (CORINE, 1992; ICONA, 1997). Öte yandan CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler de bu yöntemlerin uygulanabilirlikleri ve güvenilirliklerini artırmıştır (Dengiz vd., 2014).

Bu çalışmada son yıllarda giderek öne çıkan ve Türkiye'de de yaygınlıkla kullanılan ICONA yöntemi geliştirilerek kullanılmıştır. Spanish Ministry of Environment (DGCONA) tarafından geliştirilen bu yöntem, üretilen haritalarda ve erozyon seviyesi değerlerinin belirlenmesinde bir standardın oluşturulabilmesi için UNEP (United Nations Environment Programme) tarafından yeniden düzenlenmiştir (Jordan, Martinez-Zavala ve Bellinfante, 2000). İklim verisi kullanılmayan bu model, araştırma sahasına uygulanmış, ancak arazi gözlemleriyle yer yer örtüşmeyen sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun üzerine, yağış verisinin formüle eklenmesine karar verilmiştir. Ancak, bu amaçla kullanılan Schreiber formülünün de sahada geçerli sonuçlar vermediği görülmüştür. Bilindiği üzere, bu formüle göre her 100 m'lik yükseklik artışında, yıllık yağış miktarı da 54 mm artar (Erinc, 1984; Dönmez, 1984). Bu çalışmayla eş zamanlı olarak yürütülen bir diğer çalışmamızda, araştırma sahasının da dâhil olduğu Orta ve Doğu Karadeniz kıyı dağlarının kuzey yamaçlarındaki birçok istasyonda bu ortalamaya ulaşamamış, ancak yüksekliğe bağlı olarak yağış değerlerinin arttığı teyit edilmiştir. Bu sebeple ICONA modeline Schreiber formülü ile elde edilmiş yağış verisi yerine, yağışla birlikte doğal ortamın diğer birçok özelliğini de etkileyen yükseklik verisi yeni bir parametre olarak eklenmiştir. Ayrıca, erozyonu doğrudan etkileyen bir diğer parametre olarak da toprak kalınlığı verisi modele eklenmiştir. Bu amaçla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın sahaya ait toprak kalınlığı verisi kullanılmıştır. Böylece ICONA modeli kısmen değiştirilerek oluşturulan MICONA sahaya uygulanmıştır. ICONA modeli uygulamalarında, önce çalışma sahasının arazi kullanımı, NDVI

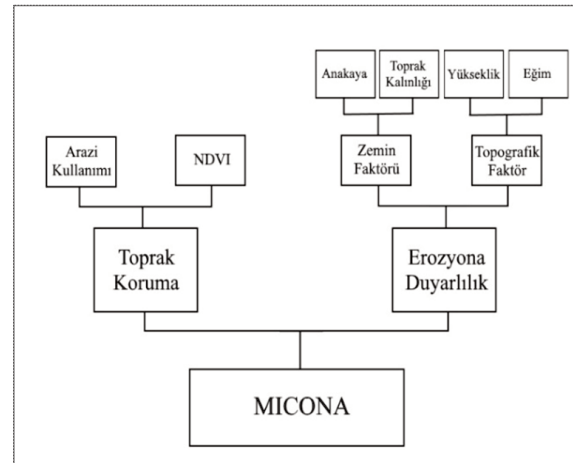
(bitki örtüsü yoğunluğu), eğim ve anakaya raster verileri hazırlanmakta, ardından bu veriler birleştirilerek toprak koruma ve toprak erozyonu duyarlılık verileri oluşturulmaktadır (Jordan, Martinez-Zavala ve Bellinfante, 2000; Bayramin vd., 2003), (Şekil 2). Ardından elde edilen toprak koruma ve toprak erozyonu duyarlılık verileri de birleştirilerek ICONA erozyon risk verisi elde edilmekte ve haritalanmaktadır (Jordan, Martinez-Zavala ve Bellinfante, 2000; Bayramin vd., 2003), (Şekil 2).



Şekil 2. ICONA Modelinin aşamaları (Jordan, Martinez-Zavala ve Bellinfante, 2000'nden değiştirilerek).

Figure 2. Stages of the ICONA Model (Changed from Jordan, Martinez-Zavala and Bellinfante, 2000).

Bu çalışma ile geliştirilen MICONA'da ise yine ICONA'ya uygun olarak arazi kullanımı ve NDVI verileri birleştirilerek bir toprak koruma verisi üretilmiştir. Ancak toprak erozyonu duyarlılık verisinin oluşturulması sırasında klasik yöntemin dışına çıkılarak anakaya ile toprak kalınlığı verisi, yükseklik ile eğim verisi birleştirilmiştir (Şekil 3). Şekil 3'te de görüleceği üzere anakaya ve toprak kalınlığı verilerinden bir zemin faktörü verisi, yükseklik ve eğim verilerinden ise bir topografik faktör verisi elde edilmiştir. Ardından zemin faktörü ve topografik faktör verileri de kendi aralarında birleştirilerek toprak erozyonu duyarlılık verisine ulaşılmıştır. Son aşamada ise yine klasik modele bağlı kalınarak toprak koruma ve toprak erozyonu duyarlılık verileri karşılaştırılarak MICONA erozyon risk verisi elde edilmiş ve haritalanmıştır.



Şekil 3. MICONA Modelinin aşamaları (Jordan, Martinez-Zavala ve Bellinfante, 2000'nden faydalanılarak).

Figure 3. Stages of the MICONA Model (Benefit from Jordan, Martinez-Zavala and Bellinfante, 2000).

Bu araştırmaya veri sağlamak adına UA (Uzaktan Algılama) analizleri ve arazi çalışmaları birlikte yürütülmüş, toplanan veriler CBS ortamında işlenerek söz konusu raster haritalar oluşturulmuştur. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında araştırma için gerekli ölçümler yapılmış, fotoğraflar çekilmiş, video kayıtları alınmıştır. Sahaya ait tüm verilerin işlenmesinde ise ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılmıştır.

Modele uygun olarak topografik faktör verisinin temini sırasında 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından elle sayısallaştırılarak elde edilen DEM (Digital Elevation Model) verisi kullanılmıştır. Bu veri doğrudan yükseklik verisi olarak kullanılmış ve yüzey analizi yapılarak sahanın eğim haritası elde edilmiştir. Eğim haritasındaki eğim sınıfları belirlenirken ICONA yönteminde kullanılan standartlara bağlı kalmıştır.

Zemin faktörü verisinin temin edilmesi sırasında ise anakaya özelliklerinin tespiti için 1/100.000 ölçekli MTA'ya ait Giresun G39, G40, H39 ve H40 pafta kodlu jeoloji haritaları ile arazi gözlemlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca sahaya ait toprak kalınlığı verisi ise doğrudan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan temin edilmiştir.

Yöntemde kullanılan toprak koruma verisi için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ve arazi kullanımı verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu iki verinin temini için araştırma alanına ait 25.10.2017 tarihli ve 15 metre yersel çözünürlüklü Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsünden faydalanılmıştır.

Bitkiler mavi ve kırmızı tondaki ışınları absorbe edip, yeşil tonları yansıtırlar (Verhulst ve Govaerts, 2010). Ayrıca yaprak özellikleri sebebiyle yeşil tonlar yanında Yakın Kızılötesi Radyasyonu (NIR) da yansıtan bir yapıya sahiptirler (Kumar ve Silva, 1973). Bitkilerin bu özelliklerinden faydalanılarak NDVI yöntemi ile bitki örtüsü diğer unsurlardan ayrılabilir (Verhulst ve Govaerts, 2010). Yöntem uydu görüntüsüne ait Yakın Kızılötesi Bant ile Kırmızı Bant farkının, bu iki bantın toplamına bölünmesi şeklinde uygulanmaktadır (Verhulst ve Govaerts, 2010). Analiz sonucunda +1 ile -1 arasındaki NDVI değerleri ortaya çıkmaktadır (Akkartal, Türüdü ve Erbek, 2005). Çıkan sonuçlarda eksi değerlerden artı değerlere doğru bitki varlığının arttığı görülür (Karabulut, 2006). Yöntemin formülü ise şu şekildedir:

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

Çalışma sahasının arazi kullanımı haritasının oluşturulması sırasında uydu görüntüsü 486 kontrol noktası kullanılarak kontrollü sınıflandırmaya tabi tutulmuş ve havzaya ait güncel arazi kullanımı tespit edilerek haritalanmıştır.

Araştırma sahasında fındık bahçeleri geniş bir yayılışa sahiptir. Yeşil yapraklara sahip fındık ağaççıklarının arazi kullanımının tespit edilmesinde tarım alanları ile orman alanlarının ayrıştırılmasında sorun oluşturmuştur. Benzer problemi yaşayan Aktaş ve Bahadır (2017) fındık yapraklarının yeşilden, sarı ve kahverengiye döndüğü eylül ve ekim ayı görüntülerini kullanmışlardır. Benzer şekilde bu çalışmada da ekim ayına ait uydu görüntüsü tercih edilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

Bu çalışma kapsamında Melet Irmağı'nın akım ve sediment verileri ile erozyon ilişkisi de incelenmiştir. Bu amaçla MICONA modelinden elde edilen veriler ile DSİ'nin (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) Melet Irmağı üzerindeki Gocalı Köprüsü, Arıcilar ve Yeşilyurt istasyonlarına ait aylık toplam akım ve sediment verileri kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca iklim ve özellikle yağış-akış ilişkisine de yer verilmiş ve böylece havzanın erozyon risk durumunun anlaşılmasına katkı yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Araştırma Sahasının MICONA Modeline Göre Erozyon Risk Analizi

Melet Çayı Havzasının erozyon risk durumu ICONA modeli kısmen değiştirilen MICONA yöntemiyle incelenmiştir. Sonuçta bütün veriler bir arada kullanılarak havzanın erozyon risk haritası oluşturulmuştur.

3.1.1. Anakaya ve toprak derinliği özellikleri

Anakaya, toprak oluşumunu etkileyen temel faktörlerden biridir. Melet Irmağı Havzası'nda anakaya Üst Kretase, Paleosen, Eosen ve Neojen'e ait sedimanter, volkano-sedimanter ve volkanik kayalardan oluşur (Şekil 4). Havzada ayrıca dar alanlı olarak Kuvaterner yaşlı pekişmemiş alüvyonlara da rastlanır.



Şekil 4. Çalışma sahasındaki sedimanter kayalardan bir görünüm (Havzanın kuzey kesimi, Karapınar mevki).

Figure 4. A view from the sedimentary rocks in the study area (Northern part of the basin, Karapınar location).

Sedimanter kayalar genellikle kolay ayrışır. Bu nedenle üzerlerinde toprak oluşumu nispeten hızlıdır. Buna karşılık volkanik kayalar daha dirençlidir. Havzada volkanik kayalar büyük kısmıyla bazalt ve granitlerden oluşur (Şekil 5). Havzada en geniş yayılışa ise volkano-sedimanter kayalar sahiptir. Bu kayalar ayrışmaya karşı dirençleri bakımından önceki iki kayac paketi arasında yer alır. Alüvyonlar ise pekişmemiş sedimanlardan oluştuğundan üzerlerinde toprak oluşumu çok hızlıdır. Ne var ki, ana akarsuyun denize ulaştığı kesimde ve vadi tabanı düzlüklerinde yayılış gösterdiklerinden genellikle mevsimlik taşkınlarla maruz kalırlar ve bu nedenle de toprak oluşumu sürekli

kesintiye uğrar. Alüvyal araziler genellikle çevresine göre alçak ve az eğimli alanlara denk geldiklerinden toprak erozyonu riski düşüktür.



Şekil 5. Volkanik kayalarda yapraklanmalı çözünme şekilleri (Karagöl dağları, Kurşunlu mevki).

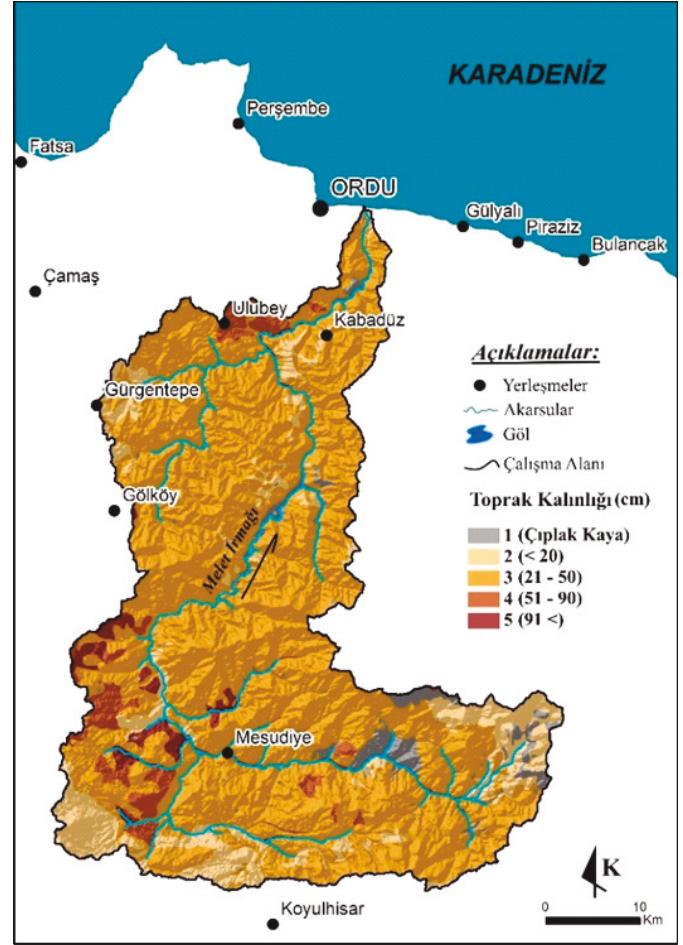
Figure 5. Foliated dissolution patterns in volcanic rocks (Karagöl mountains, Kurşunlu location).

Toprak derinliği, erozyonu kontrol eden önemli bir parametredir. Toprak derinliğini ise büyük oranda eğim kontrol eder. Havzada yüksek eğim değerlerine sahip alanlar ya çok ince bir toprak örtüsüne sahiptir ya da bütünüyle toprak örtüsünden yoksundur. Buna karşılık, düz ve düze yakın alanlarda ise toprak derinliği fazladır. Toprak kalınlığının fazla olması, toprakta tutulan su miktarını artırır. Bu durum erozyonu azaltıcı etki yapar. Havzada, eğim değerlerinin artışına paralel olarak toprak derinliği azalmaktadır (Şekil 6). Özellikle Melet Irmağı'nın kaynaklarını aldığı, Karagöl Dağları'nın batıya bakan yüksek eğimli yamaçlarında ana kaya büyük kısmıyla toprak örtüsünden yoksundur. Bu sahalarda fiziksel parçalanma ön planda olup, erozyon şiddetlidir.

Araştırma alanının beş derinlik sınıfına ayrılmış toprak derinliği verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan alınmıştır. Şekil 6'da da görüleceği üzere, havzada en geniş yayılışa 3 numarayla gösterilen "21 – 50" cm toprak derinliğine sahip alanlar sahiptir (1576,8 km²) (Tablo 1). Bu alanlar sahanın %78,6'sını oluşturur. Bu arazileri 4 numara ile temsil edilen "51 – 90" cm derinliğe sahip sınıf takip etmektedir. Bu alanlar havzanın %11,5'ini oluşturur ve 231,5 km² yer kaplar. 2 numara ile gösterilen ve "< 20" cm toprak kalınlığını temsil edilen sınıf ise arazide 86,1 km² yer tutmakta ve tüm sahanın %4,4'ünü oluşturmaktadır. Sahadaki "91 <" cm derinliğindeki en kalın toprakları temsil eden 5 numaralı sınıf ise arazide 71,9 km² yer kaplamakta ve bu değer tüm arazinin %3,6'sını oluşturmaktadır. Veriler içerisinde topraktan yoksun "Çıplak kaya" alanlarını temsil eden, yüksek erozyon riskine sahip 1 numaralı sınıf ise havzada 39,7 km² yer kaplamakta ve bu araziler sahanın %1,9'unu oluşturmaktadır. Bu alanlarda parçalanmış ana kaya yerçekimi ve yüzeysel akışla

hızla ortamdan uzaklaştırılır. Sonuçta üzeri temizlenen anakaya yeniden fiziksel parçalanmaya açık hale gelir. Bu döngü içerisinde erozyonun etkinliği hızlı bir şekilde devam eder.

Melet Irmağı Havzası'na ait kayalar yönetime uygun olarak dört sınıfa ayrılmıştır (Şekil 7). Buna göre, 2 numara ile gösterilen volkano-sedimanter kayalar 1274,7 km² alanı ve %63,5'lik oranıyla havzada en geniş yayılışa sahip kayaç grubunu oluştururlar (Tablo 2). İkinci sırada 673,9 km²'lik alanı ve %33,6'lık oranıyla volkanik kayalar yer alır. Üçüncü sırada 44,8 km²'lik alanı ve %2,3'lük oranıyla sedimanter kayalar son sırada ise 12,6 km²'lik alanı ve %0,6'lık oranıyla alüvyal araziler bulunur.



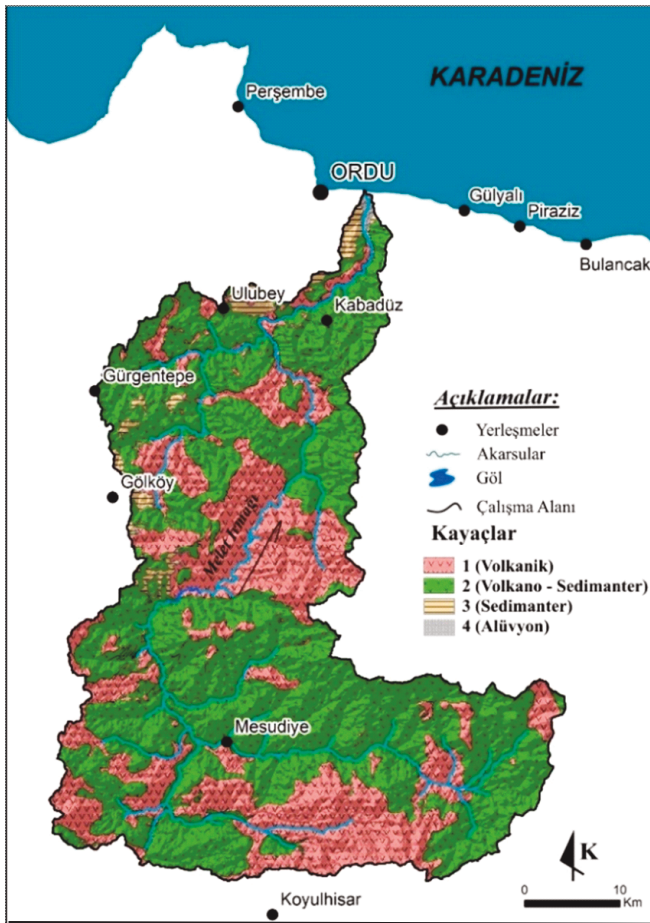
Şekil 6. Araştırma alanının yeniden sınıflandırılmış toprak kalınlığı haritası.

Figure 6. Reclassified soil thickness map of the research area.

Tablo 1. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış toprak kalınlığı verileri.

Table 1. Reclassified soil thickness data of the research area.

Sınıf	Toprak Kalınlığı (cm)	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Çıplak Kaya	39,7	1,9
2	< 20	86,1	4,4
3	21 – 50	1576,8	78,6
4	51 – 90	231,5	11,5
5	91 <	71,9	3,6



Şekil 7. Havzanın yeniden sınıflandırılmış kayaç türü dağılım haritası.
Figure 7. Reclassified rock type distribution map of the basin.

Tablo 2. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış anakaya verileri.
Table 2. Reclassified bedrock data of the research area.

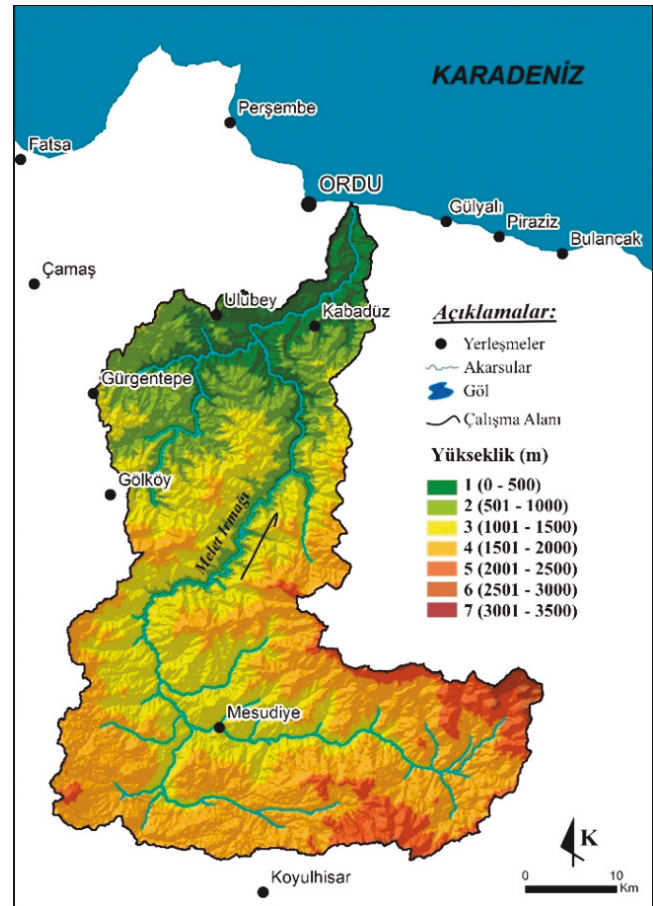
Sınıf	Kayaç Sınıfı	Tanım	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Volkanik	Bozunmamış kompakt kaya	673,9	33,6
2	Volcano-Sedimanter	Orta derecede bozunmuş yapışık kaya	1274,7	63,5
3	Sedimanter	Hafif veya orta derecede sıkışmış sedimanter kaya	44,8	2,3
4	Alüvyon	Gevşek, yapışık olmayan sedimanlar	12,6	0,6

3.1.2. Yükseklik ve eğim sınıfları

Çalışma sahasındaki yükseklikler yönleme yedi sınıf halinde eklenmiş ve haritalanmıştır (Tablo 3; Şekil 8). Bu sınıflar içerisinde en geniş yayılışa "1501 – 2000" m yükseklik basamağını temsil eden 4 numaralı sınıf sahiptir. Bu sınıfın alanı 736,85 km², havza alanına oranı ise %36,7'dir. Bu sınıfı 606,8 km²'lik alanı ve %30,2 oranıyla 3 numaralı sınıf takip eder. Bu sınıf "1001 – 1500" m arası yükseklik basamağını temsil eder. Üçüncü sırada "501 – 1000" m yükseklik basamağını temsil eden 2 numaralı sınıf yer alır. Bu sınıfın alanı 308,9 km², havza alanına oranı ise

%15,4'tür. Sahanın en alçak kesimlerini temsil eden "0 – 500" m yükselti basamağı ise 1 numaralı sınıfı oluşturur. Bu sınıfın alanı 190,9 km², havza alanına oranı ise %9,5'tir. 5 numaralı "2001 - 2500" m yükselti sınıfı ise alan itibarıyla 5. sırada yer alır. Bu sınıfın alanı 144, 2 km², havza alanına oranı ise %7,2'dir. "2501 – 3000" m yükseklik basamağı 6. sınıf olarak ayrılmıştır. Alanı 18,3 km², havza alanına oranı ise %0,998'tir. 7. sırada "3001 – 3500" m yükselti basamağı yer alır. Alanı yalnızca 0,05 km² havza alanına oranı ise %0,002'dir. Bu dağılıma göre, havza alanının büyük kısmı 1000 m üzerinde yer alır.

Melet Irmağı Havzası'nda eğim değerleri beş sınıf halinde yönleme katılmış ve haritalanmıştır (Tablo 4; Şekil 9). Buna göre, havzada en geniş yayılışa 3 numarayla gösterilen dik yamaçlar (%12,1–20) sahiptir. Toplam alanı 838,5 km² olan bu sınıfın havza alanına oranı %41,8'dir. İkinci sırada 2 numara ile gösterilen orta derecede eğimli yamaçlar (%3,1–12) yer alır. Bu eğim sınıfındaki yamaçlar toplam 513,2 km²'lik alanlarıyla havzanın %25,6'sını kaplamaktadır. Üçüncü sırada 4 numarayla gösterilen fazla dik yamaçlar (%12,1–20) yer alır. Bu sınıfın toplam alanı 425 km², havza alanına oranı ise %21,2'dir. Dördüncü sırada 5 numaralı aşırı dik yamaçlar (%35,1 <) yer alır. Bu arazilerin alanı 155,9 km², oranı ise %7,8'dir. Son sırada 1 numarayla gösterilen düz ve düze yakın araziler (%0–3) yer alır. Bu sınıfın toplam alanı 73,4 km², havzaya oranı ise %3,6'dır. Buna göre havza yüksek yamaç eğim değerleriyle dikkat çeken arızalı bir topografyaya sahiptir. Yüksek yamaç eğim değerleri ise, yüzeyel akışı ve dolayısıyla erozyonu artıran temel faktörlerin başında yer alır.

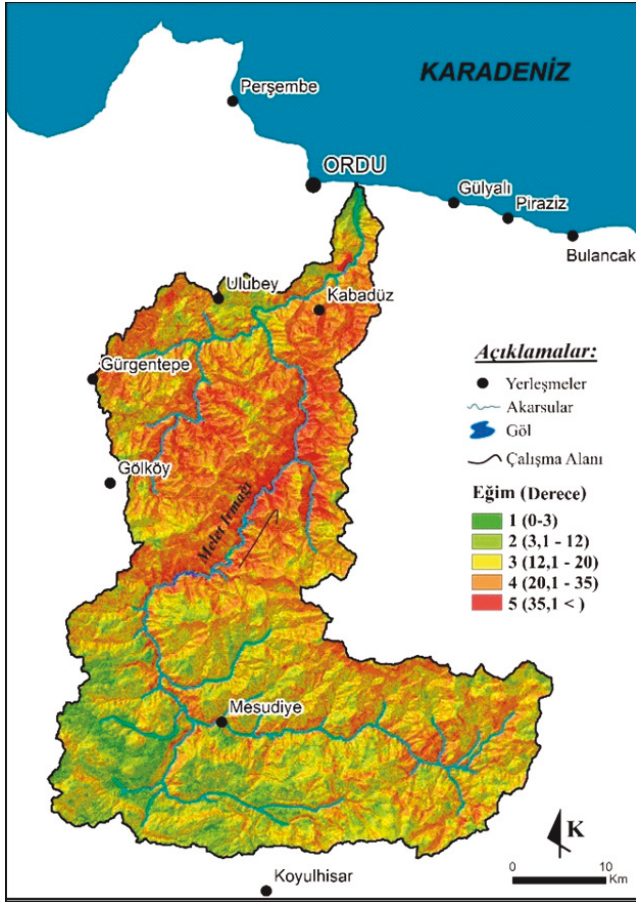


Şekil 8. Çalışma sahasının yeniden sınıflandırılmış yükseklik basamakları haritası.

Figure 8. Map of the reclassified elevation steps of the study area.

Tablo 3. Çalışma sahasının yeniden sınıflandırılmış yükseklik kademeleri.**Table 3.** Reclassified elevation levels of the study area

Sınıf	Yükseklik (m)	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	(0 - 500)	190,9	9,5
2	(501 - 1000)	308,9	15,4
3	(1001 - 1500)	606,8	30,2
4	(1501 - 2000)	736,85	36,7
5	(2001 - 2500)	144,2	7,2
6	(2501 - 3000)	18,3	0,998
7	(3001 - 3500)	0,05	0,002

**Şekil 9.** Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış eğim haritası.**Figure 9.** Reclassified slope map of the research area.**Tablo 4.** Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış eğim verileri.**Table 4.** Reclassified slope data of the research area

Sınıf	Eğim Aralığı (Derece)	Tanım	Kapladığı Alan (Km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	0 - 3	Düz ve düze yakın	73,4	3,6
2	3,1 - 12	Orta derecede eğim	513,2	25,6
3	12,1 - 20	Dik	838,5	41,8
4	20,1 - 35	Fazla Dik	425	21,2
5	35,1 <	Aşırı Dik	155,9	7,8

Ordu Meteoroloji İstasyonunun iklim verilerine göre Ordu'da yıllık ortalama sıcaklık 14,3°C, yıllık toplam yağış ise 1038,1 mm'dir (MGM, 2017). Yüksekliğe bağlı olarak yağış değerleri artmakta, sıcaklık ise azalmaktadır. Yüksek kesimlerde azalan sıcaklık nedeniyle kar şeklindeki yağışlar ve kar örtüsünün yerde kalma süresi artmaktadır. İklim şartlarının yüksekliğe bağlı olarak değişmesi hem bitki örtüsünü, hem de erozyon şartlarını etkilemektedir. Bu nedenle yüksek kesimlere doğru

çıkıldıkça toprak kalınlığı azalmaktadır (Şekil 10). Arızalı bir topografyaya sahip havzada yamaç eğim değerleri de genellikle yüksektir. Kıyı dağlarının denize bakan tarafında ve özellikle de Kabadüz ilçe merkezinin güney ve güneybatısında yüksek eğim değerleri dikkat çeker. Bu kesimde akarsu kıyı dağlarını derin bir şekilde yarmış ve açmış olduğu boğaz boyunca çok yüksek yamaç eğim değerleri ortaya çıkmıştır (Şekil 11). Bu durum yüzeysel akışı artırmış, bu da toprak erozyonunun artmasına sebep olmuştur.

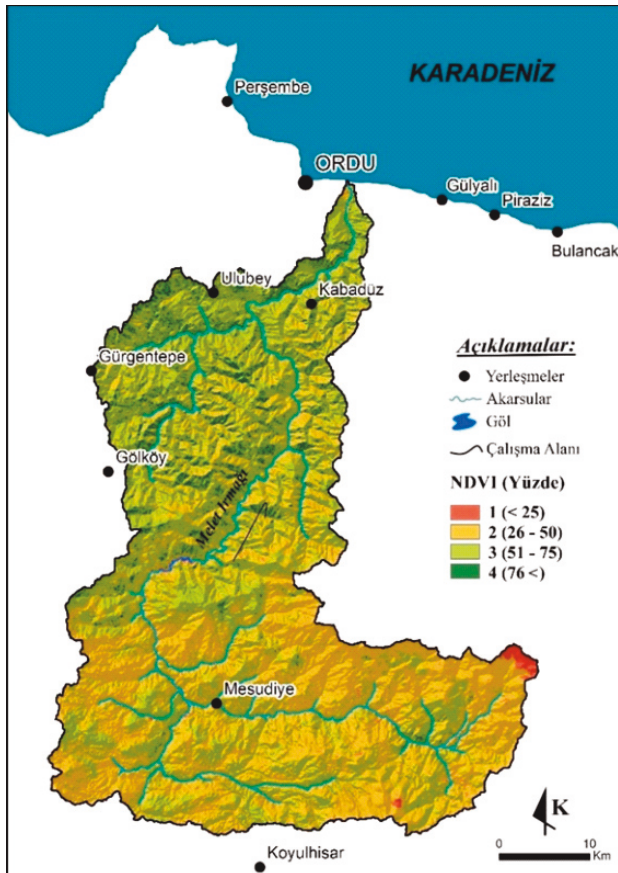
**Şekil 10.** Havzada eğim ve yükseklik arttıkça toprak kalınlığı azalmaktadır (Kabadüz, Turnalık mevki).**Figure 10.** The soil thickness decreases with increasing slope and height (Kabadüz, Turnalık location).**Şekil 11.** Melet Irmağı'nın kıyı dağlarını yarak açtığı Topçam Boğazı ve boyunca ortaya çıkan yüksek eğimli yamaçlar (Darıcabaşı mevki).**Figure 11.** The high dip slopes along the Topçam Strait where Melet River splits the coastal mountains (Darıcabaşı location).

3.1.3. NDVI ve arazi kullanımı özellikleri

Havzada yüksek eğim değerleri yanında bakı şartları da erozyonu etkilemektedir. Nitekim bakı şartları yamaçlar arasında nemlilik farkının oluşmasına sebep olmaktadır. Bu da bitki örtüsündeki kapallığı ve dolayısıyla erozyonu etkilemektedir.

Melet Irmağı Havzası'nın bitki örtüsü yoğunluğu haritası 25.10.2017 tarih ve 15 metre yersel çözünürlüklü Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinin arazi kontrolleriyle hazırlanmıştır. Bu veriler MICONA yöntemi için yeniden tasnif edilmiş ve dört NDVI sınıfına ayrılarak haritalanmıştır (Tablo 5; Şekil 12). Buna göre, %26-50 kapalılığa sahip 2 numaralı NDVI sınıfı 958 km² alanı ile havzanın %47,8'ini kaplamaktadır. İkinci sırada ise %51-75 arası kapalılığa sahip 3 numaralı NDVI sınıfı yer almaktadır. Bu sınıfın toplam alanı 947,2 km², havza alanına oranı ise %47,2'dir. Üçüncü sırada %76'dan fazla kapalılığa sahip 4 numaralı NDVI sınıfı yer almaktadır. Bu sınıfın alanı 84,7 km², havza alanına oranı ise %4,2'dir. Son sırada ise %25'den az kapalılığa sahip 1 numaralı NDVI sınıfı bulunmaktadır. Bu sınıfın toplam alanı 15,7 km² ve havza alanına oranı ise %0,8'dir. Buna göre, araştırma sahası büyük kısmıyla bitki örtüsü ile kaplıdır. Yüksek kapalılık değerleri ise, erozyon riskini azaltıcı etki yapar. Buna karşılık, söz konusu kapalılığın başta fındık bahçeleri ve mera alanları olmak üzere orman dışı örtüye ait olması erozyon riskinin değerlendirilmesi açısından temkinli yaklaşmayı gerektirir.

Melet Irmağı Havzası büyük kısmıyla doğal orman sahası içinde yer alır. Ancak, dağların zirve kesimleri orman (2200 m) ve ağaç üst sınırı (2500 m) üzerine çıkar. Bu alanlarda, subalpin ve alpin çayırlar dikkati çeker. Bu kesimler büyük kısmıyla mera olarak kullanılır. Karagöl Dağı zirve kesimlerinde ise, bitki örtüsü son derece cılızdır (Şekil 12; Şekil 13). Havzanın orta çığırına doğru inildikçe ormanlar manzaraya hâkim olur (Şekil 14). Daha aşağı seviyelerde ise, orman alanları daralır, ormandan açılan yerlerde ise başta fındık bahçeleri olmak üzere, tarım alanları baskın duruma geçer (Şekil 15). Diğer bir deyişle arazi kullanımı, doğal bitki örtüsünü ve arazi kapalılığını kontrol eder.



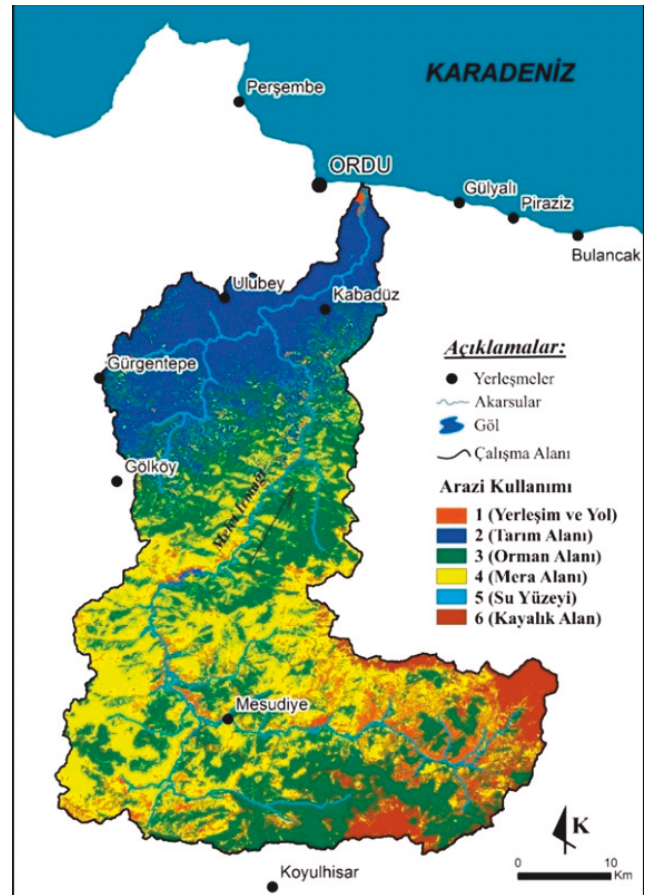
Şekil 12. Havzanın yeniden sınıflandırılmış NDVI haritası.
Figure 12. Reclassified NDVI map of the basin.

Tablo 5. Araştırma sahasının yeniden sınıflandırılmış NDVI verileri.
Table 5. Reclassified NDVI data of the research area.

Sınıf	Bitki Örtüsü Kapalılığı (%)	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	< 25	15,7	0,8
2	26 – 50	958	47,8
3	51 – 75	947,6	47,2
4	76 <	84,7	4,2

Melet Çayı Havzası'nın arazi kullanımı haritası ve arazi kullanımı sınıfları da yine 25.10.2017 tarih ve 15 metre yersel çözünürlüklü Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsünden üretilmiştir (Şekil 13). Buna göre, havzada en geniş arazi kullanım sınıfı ormanlardır. Toplam 635 km²'lik alanlarıyla ormanlar havzanın %31,6'sini kaplarlar. Havzada ikinci en geniş arazi kullanım sınıfı meralardır. Toplam 591,9 km² alanlarıyla havzanın %29,4'ünü kaplarlar. Ardından %18,2'lik oranlarıyla tarım alanları gelir. Yerleşim alanları ve yollar %9,1'lik oranlarıyla dördüncü sırada, kayalık alanlar %7,5'lik oranlarıyla 5. sırada ve açık su yüzeyleri %4,2'lik oranlarıyla son sırada yer alır (Tablo 6).

Çalışma sahasının kontrollü sınıflandırma ile ele edilmiş arazi kullanımı verileri Kappa katsayısı yöntemi ile doğruluk analizine tabi tutulmuştur. Kappa katsayısı 0'a yaklaştıkça analiz doğruluğu düşmekte, 1'e yaklaştıkça doğruluk artmaktadır (Jensen, 1996). Ayrıca analiz doğruluğu % 80'in üzerinde olduğu durumlarda çalışmanın doğru kabul edilmektedir (Jensen, 1996). Bu analiz Kappa değeri 0,94 olarak bulunmuştur ve analiz doğruluğu % 96,7'dir. Bu da yapılan analiz yüksek bir doğruluğa sahip olduğunu gösterir.



Şekil 13. Çalışma alanının yeniden sınıflandırılmış arazi kullanımı haritası.
Figure 13. Reclassified land use map of the study area.

Tablo 6. Çalışma sahasının yeniden sınıflandırılmış arazi kullanım verileri.
Table 6. Reclassified land use data of the study area.

Sınıf	Tanım	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Yerleşim ve Yollar	181,6	9,1
2	Tarım Alanı	364,4	18,2
3	Orman Alanı	635	31,6
4	Mera Alanı	591,9	29,4
5	Su Yüzeyi	83,4	4,2
6	Kayalık Alan	149,7	7,5



Şekil 14. Araştırma sahasının orta kesimindeki ormanlar ve yol genişletme çalışmaları (Mesudiye, Köşe köyü mevki).

Figure 14. Forests and road extension works in the central part of the research area (Mesudiye, Köşe köyü location).



Şekil 15. Çalışma alanında ormandan açılan yerlerde başta fındık bahçeleri olmak üzere, tarım alanları kurulmaktadır (Ulubey mevki).

Şekil 15. Agricultural areas are established, notably hazelnut gardens, in areas opened from the forest in the study area (Ulubey location).

Bitki örtüsü yağmur şeklinde düşen yağışları zeminde ilk karşılayan doğal unsurdur. Bitkiler, dal ve yaprakları sayesinde düşen yağışın önemli bir kısmını tutar ve toprağa ulaşmasını engeller. Bitkiler ayrıca kök sistemleri ile de toprağı kavrar ve yüzeysel erozyonla ortamdaki uzaklaşmasını yavaşlatır. Bitki örtüsünün bulunmadığı alanlarda ise yağmur damlaları doğrudan toprak yüzeyine çarparak damla erozyonuna sebep olur.

3.1.4. Zemin faktörü ve topografik faktör

Modelin akışına uygun olarak anakaya ve toprak derinliği özellikleri karşılaştırılarak bir zemin faktörü haritası, yükseklik ve eğim özellikleri karşılaştırılarak da bir topografik faktör haritası oluşturulmuştur (Şekil 16; Şekil 17). Bu iki şekil üretilirken alt veriler çakıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Çakıştırma işlemi sırasında veriler erozyona katkıları açısından 1 ile 5 arasında derecelendirilmiş ve her iki faktör için birer matris oluşturulmuştur (Tablo 7; Tablo 8). Zemin faktörünün tespiti için oluşturulan

matris değerlerinin belirlenmesinde anakayanın ayrışmaya karşı dayanıklılığı ve anakayayı örten toprağın kalınlığı dikkate alınmıştır. Buna göre, anakayanın dayanıklılığı düştükçe ve toprak kalınlığı azaldıkça arazinin erozyona karşı duyarlılığı artmaktadır. Topografik faktör analizi için matris oluşturulurken de yükseklikle yağışın artması ve artan eğim değerlerine paralel olarak yüzeysel akışın artması esas alınmıştır. Dolayısıyla artan yükseklik ve eğim değerleri havzada erozyon duyarlılığını artırdığı var sayılmıştır.

Tablo 7. Çalışma alanına ait Zemin Faktörü verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

Table 7. Matrix used to generate Soil Factor data for the study area

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 (Volkan - Sedimanter)	4	4	3	1	1
3 (Sedimanter)	5	5	4	2	1
5 (Alüvyon)	5	5	5	4	4

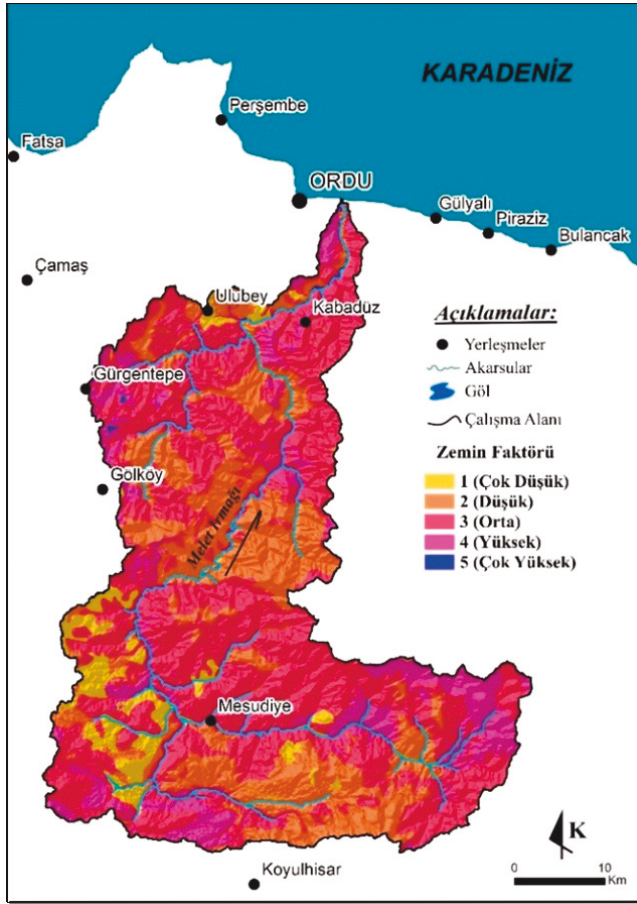
Tablo 8. Çalışma alanına ait Topografik Faktör verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

Table 8. Matrix used to generate Topographic Factor data for the study area

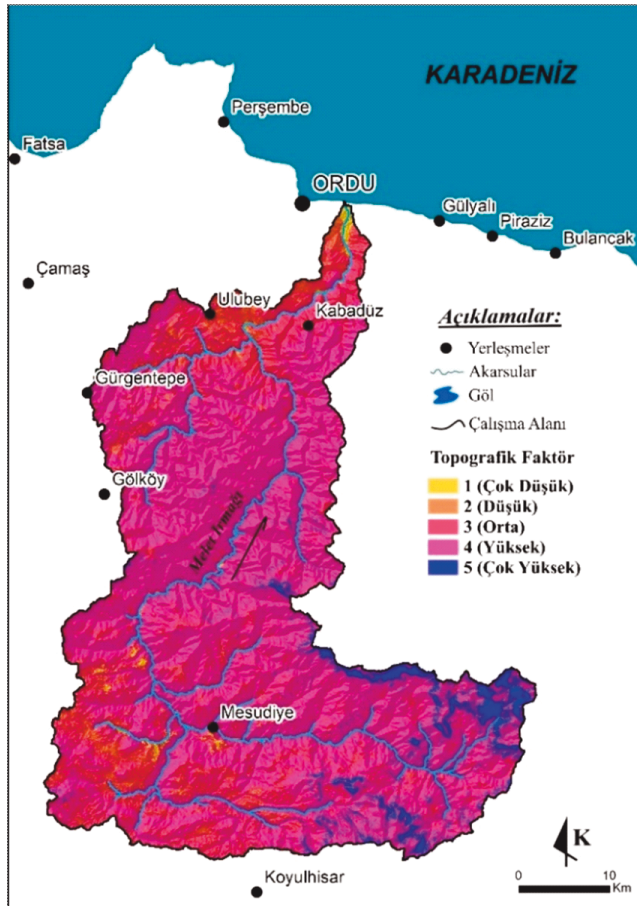
Yükseklik (m)	Eğim Sınıfları (Derece)				
	1 (0 - 3)	2 (3,1 - 12)	3 (12,1 - 20)	4 (20,1 - 35)	5 (35,1 <)
1 (0 - 500)	1	2	3	3	4
2 (501 - 1000)	1	2	3	4	4
3 (1001 - 1500)	1	3	4	4	4
4 (1501 - 2000)	2	3	4	4	5
5 (2001 - 2500)	2	4	4	5	5
6 (2501 - 3000)	3	4	5	5	5
7 (3001 - 3500)	3	4	5	5	5

Zemin faktörü ve topografik faktör için hazırlanan matrise göre yapılan çakıştırma işlemleri sonucunda elde edilen veriler haritalanmıştır (Şekil 16; Şekil 17). Elde edilen zemin faktörü haritası sonuçlarına göre sahada en geniş alanı 3 numara ile gösterilen "Orta" derecede erozyon duyarlılığı olan sahalarda oluşturur (Tablo 9). Bu alanlar çalışma sahasında 1082,3 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %54'ünü oluşturmaktadır. Araştırma alanında en dar yayılışa sahip arazi sınıfı 1 numaraya gösterilen "Çok düşük" derecede erozyon duyarlılığı olan arazilerdir. Bu alanlar çalışma sahasında 4,7 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %0,2'sini oluşturmaktadır. Sahada "Çok yüksek" ve "Yüksek" erozyon duyarlılığına sahip alanlar ise oldukça geniş yer kaplar. "Çok yüksek" duyarlılığa sahip araziler sahada 115,4 km² yer kaplarken, toplam alanın %5,8'ini oluştururlar. "Yüksek" duyarlılığa sahip alanlar ise 558 km² yer kaplar ve sahanın %27,8'ini oluşturur.

Topografik faktör haritası sonuçları incelendiğinde sahada en geniş alanı 4 numara ile gösterilen "Yüksek" derecede erozyon duyarlılığına sahip arazilerin oluşturduğu görülür (Tablo 10). Bu alanlar sahada 1293,5 km² yer kaplar ve toplam arazinin %64,5'ini oluştururlar. Sahada 1 numara ile gösterilen "Çok düşük" duyarlılığa sahip araziler sınırlı bir yayılış gösterir. Bu alanlar sahada 27,3 km² yer kaplar ve arazinin %1,5'ini oluşturur. Çalışma sahasında 5 numara ile temsil edilen "Çok yüksek" erozyon duyarlılığına sahip araziler ise 80,9 km² yer kaplar ve toplam alanın %4'ünü oluşturur.



Şekil 16. Araştırma alanının zemin faktörü haritası.
Figure 16. Ground factor map of the research area.



Şekil 17. Çalışma sahasının topografik faktör haritası.
Figure 17. Topographic factor map of the study area.

Tablo 9. Çalışma alanının zemin faktörü verileri.

Table 9. Ground factor data of the study area.

Sınıf	Tanım	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Çok düşük	4,7	0,2
2	Düşük	245	12,2
3	Orta	1082,3	54
4	Yüksek	558	27,8
5	Çok yüksek	115,4	5,8

Tablo 10. Araştırma sahasına ait topografik faktör verileri.

Table 10. Topographic factor data of the research area.

Sınıf	Tanım	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Çok düşük	27,3	1,5
2	Düşük	96,9	4,8
3	Orta	506,4	25,2
4	Yüksek	1293,5	64,5
5	Çok yüksek	80,9	4

3.1.5. Toprak koruma ve erozyon duyarlılık verileri MICONA

modeline göre erozyon risk analizinin yapılabilmesi için akış şemasına göre çalışma alanına ait toprak koruma ve erozyona duyarlılık verilerine ihtiyaç vardır (Şekil 3). Araştırma sahasının toprak koruma verisinin oluşturulması ve haritalanması için sahaya ait yeniden sınıflandırılmış arazi kullanımı ve NDVI verileri çakıştırılmıştır.

Çakıştırma işlemi için her sınıfın çakıştırma noktasına en az 1 ve en çok 5 olmak üzere ağırlık değerleri verilerek bir matris oluşturulmuştur (Tablo 11). Çakıştırma işlemi sırasında aslında bitki örtüsü bulunmayan çıplak kayalık alanlar ile açık su yüzeyleri de veri bütünlüğünün sağlanabilmesi amacı ile hesaplamaya katılmıştır. Ancak toprak kaybı beklenmeyen açık su yüzeylerine "Çok Yüksek" toprak koruma değeri olan 5 atanmıştır. Buna karşılık çıplak kayalık alanlara, ayrışmayla oluşan enkazın sürekli ortamdaki taşınması nedeniyle, çok düşük koruma değeri olan 1 verilmiştir.

Tablo 11. Çalışma alanına ait toprak koruma verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

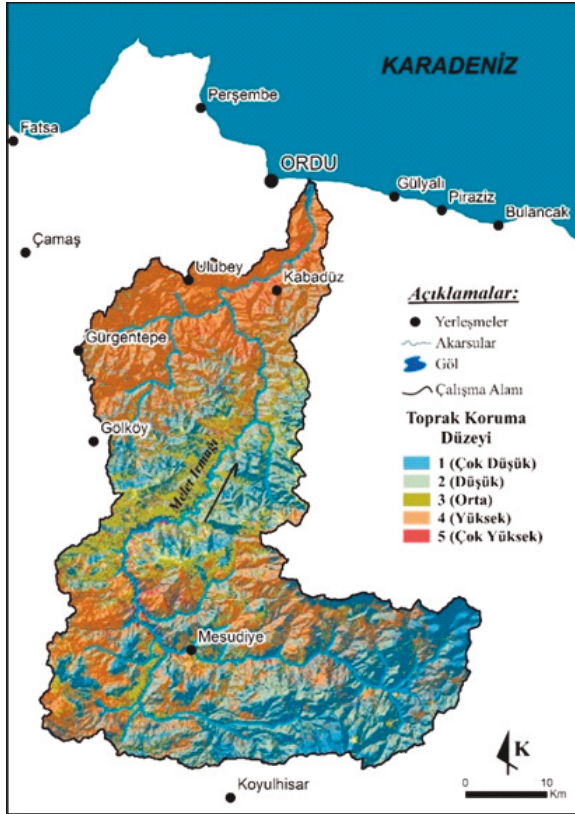
Table 11. Matrix used to generate soil protection data for the study area.

Arazi Kullanımı	Bitki Örtüsü Kapalılık Durumu (NDVI (Yüzde))			
	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	1	2	2
5 (Su Yüzeyi)	5	5	5	5
6 (Kayalık Alanlar)	1	1	1	1

Yapılan çakıştırma işlemi sonucunda çalışma sahasına ait toprak koruma verisi elde edilmiş ve haritalanmıştır (Şekil 18; Tablo 12). Buna göre, araştırma alanında en geniş alana sahip sınıf 4 numara ile gösterilen, toprak koruma düzeyi "Yüksek" olan sahalardır. Bu alanlar çalışma sahasında 707,4 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %35,3'ünü oluşturmaktadır. Araştırma alanında en dar yayılış alanına sahip sınıf ise 5 numara ile gösterilen ve toprak koruma düzeyi "Çok yüksek" olan sahalardır. Bu alanlar da çalışma sahasında 64,5 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %3,2'sini oluşturmaktadır. Sahadaki erozyona karşı en korunmasız alanları temsil eden toprak ko-

ruma düzeyi “Çok düşük” yerler sahadaki ikinci büyük arazileri oluştururlar. 1 numara ile temsil edilen bu araziler sahada 639,5 km² yer kaplarken, toplam alanın da %31,9’unu oluştururlar. Ayrıca 2 numara ile gösterilen toprak koruma düzeyi “Düşük” olan araziler de 323,4 km² yer kaplarlar ve sahanın %16,4’ünü oluştururlar. Sahadaki toprak koruma düzeyi “Düşük” ve “Çok düşük” olan alanlar birlikte değerlendirildiğinde saha topraklarının önemli bir kısmının toprak korumasından mahrum olduğunu sonucuna varılabilir.

Araştırma sahasının erozyon duyarlılığı verisinin oluşturulması ve haritalanması için sahaya ait yeniden sınıflandırılmış zemin faktörü ve topografik faktör verileri çakıştırılarak sonuçlar haritalanmıştır (Şekil 19; Tablo 13; Tablo 14). Buna göre araştırma alanında en geniş yayılışa sahip sınıf, 4 numara ile gösterilen erozyon duyarlılığı “Yüksek” olan sahalardır (Tablo 14). Bu alanlar çalışma sahasında 789,1 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %39,3’ünü oluşturmaktadır. Araştırma alanında en dar yayılış alanına sahip sınıf ise 1 numara ile gösterilen ve erozyon duyarlılığı “Çok düşük” olan sahalardır. Bu alanlar da çalışma sahasında 122,6 km² alan kaplamakta ve toplam alanın %6,1’ini oluşturmaktadırlar. Çalışma alanında “Çok yüksek” erozyon duyarlılığına sahip alanlar 171,7 km² yer kaplar ve toplam arazinin %8,6’sını oluştururlar. Bu verilere göre, havza büyük kısmı ile erozyona duyarlıdır.



Şekil 18. Havzanın toprak koruma düzeyleri haritası.

Figure 18. Map of soil protection levels of the basin.

Tablo 12. Çalışma alanının toprak koruma düzeyi verileri.

Table 12. Soil protection level data of the study area

Sınıf	Tanım	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Çok düşük	639,5	31,9
2	Düşük	323,4	16,1
3	Orta	271,2	13,5
4	Yüksek	707,4	35,3
5	Çok yüksek	64,5	3,2

Tablo 13. Çalışma alanına ait erozyona duyarlılık verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

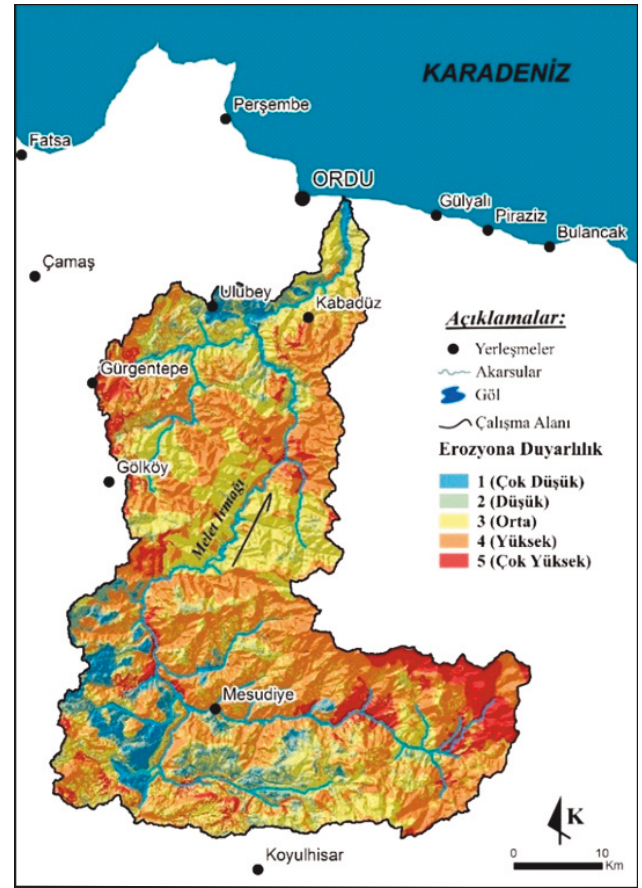
Table 13. Matrix data used to form the erosion sensitivity of the study area.

Zemin Faktörü	Topografik Faktör				
	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 14. Çalışma alanına ait erozyon duyarlılığı verileri.

Table 14. Erosion sensitivity data of the study area.

Sınıf	Tanım	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Çok düşük	122,6	6,1
2	Düşük	198	9,9
3	Orta	724,6	36,1
4	Yüksek	789,1	39,3
5	Çok Yüksek	171,7	8,6



Şekil 19. Araştırma sahasının erozyon duyarlılık haritası.

Figure 19. Erosion sensitivity map of the research area.

3.1.6. MICONA erozyon risk haritası

Melet Irmağı Havzası'na ait erozyon duyarlılığı ve toprak koruma verileri çakıştırılmış ve erozyon risk değerleri tespit edilmiştir. Çakıştırma işlemi için her sınıfın çakıştırma noktasına ICONA yöntemine bağlı kalınarak 1'le 5 arası ağırlık değerleri verilerek bir matris oluşturulmuştur (Tablo 15). Bu matrise göre yapılan çakıştırma işlemi sonucunda sahanın MICONA modeline göre erozyon riskleri tespit edilmiş ve haritalanmıştır (Şekil 20). Buna göre havzada erozyon riski “Çok yüksek” alanlar 504,2 km²'dir ve toplam alanın %25,2'sini kaplarlar (Tablo 16). “Yüksek” derecede erozyon riski taşıyan sahalara ise 403,2 km²

Havza geneline oranı %20,1'dir. Buna göre, havzada erozyon riski çok yüksek ve yüksek alanların toplamı 907,4 km²'dir. Bu arazilerin havzanın tamamına oranı %45,3'tür. Ayrıca havzanın 546,1 km²'lik bölümünde erozyon riski orta derecededir. Bu sınıfın havza geneline oranı ise %27,2'dir. Havzada erozyon riski "Düşük" alanlar 345,4 km², toplam alana oranı %17,2'dir. Erozyon riski "Çok düşük" alanlar ise 207,1 km²'dir ve havza geneline oranı sadece %10,3'tür. Buna göre, havzada orta, yüksek ve çok yüksek erozyon riski taşıyan alanlar toplam 1453,5 km² olup, havzanın %72,5'ini kaplarlar. Buna karşılık, düşük ve çok düşük erozyon riski taşıyan alanlar ise sadece 552,5 km²'dir ve toplam alanın %27,5'ini oluştururlar.

Tablo 15. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon risk verisinin oluşturulmasında kullanılan matris.

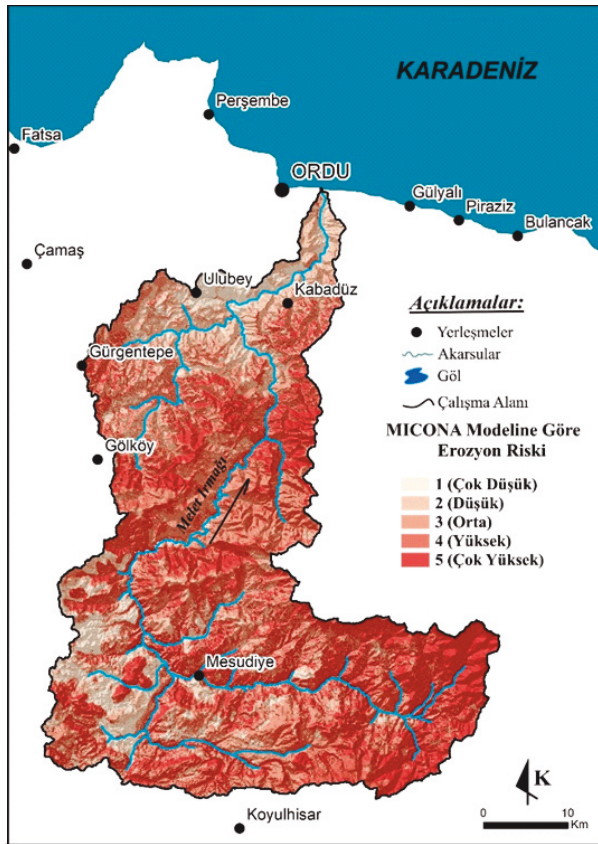
Table 15. Matrix used to generate erosion risk data according to MICONA model of the study area

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

Tablo 16. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon risk verileri.

Table 16. Erosion risk data according to MICONA model of the study area.

Sınıf	Tanım	Kapladığı Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
1	Çok düşük	207,1	10,3
2	Düşük	345,4	17,2
3	Orta	546,1	27,2
4	Yüksek	403,2	20,1
5	Çok yüksek	504,2	25,2



Şekil 20. Çalışma alanının MICONA modeline göre erozyon risk haritası.
Figure 20. Erosion risk map of the study area according to the MICONA model.

Modele uygun olarak üretilen erozyon haritası (Şekil 20) incelendiğinde, yüksek erozyon riski taşıyan alanların havzanın yukarı çığırında Karagöl dağlık kütesinin batı kesiminde yoğunlaştığı görülür (Şekil 21 ve 22). Erpul vd. (2018) tarafından RUSLE yöntemi ile hazırlanan Türkiye su erozyonu haritasında da havzanın bu bölümü çok yüksek erozyon riski taşıyan bölgelere dâhil edilmiştir. Mesudiye ilçe merkezinin güney ve batı tarafında topografyanın sadeleşmesi ile birlikte erozyon riskinin azaldığı görülür. Kıyı dağlarının özellikle denize bakan tarafında ise yüksek eğim ve yağış değerleri yanında beşeri etkinin de artmasıyla erozyon riski yüksek çıkmıştır. Akarsuyun aşağı çığırında beşeri baskının artmasına karşılık yüksekliklerin azalması ve topografyanın daha sade bir hal alması ile erozyon riskinin orta ve düşük düzeylerde gerçekleştiği görülür.



Şekil 21. Karagöl dağları batı kesimindeki yüksek erozyon riski taşıyan alanlardan bir görünüm.

Figure 21. A view of the areas with high erosion risk west of the mountains of Karagöl.



Şekil 22. Karagöl dağları batı kesiminde bir yol yarması üzerinde gelişen Parmak (Rill) erozyonu.

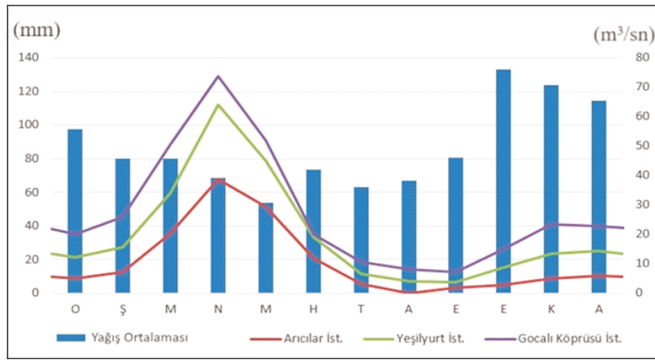
Figure 22. Rill erosion developing on a road split in the western part of the Karagöl mountains.

3.2. Araştırma Sahasının Erozyondan Etkilenme Durumu

Melet Irmağı üzerinde DSİ tarafından çok sayıda akım gözlem istasyonu kurulmuştur. Ancak bunların bir kısmı farklı dönem ve sürelerde hizmet vermiş ve kapatılmıştır. Bir kısmı ise halen hizmet vermeye devam etmektedir. Çalışma alanının akım ve rejim özellikleri incelenirken akarsu üzerindeki bütün akım gözlem istasyonları gözden geçirilmiş ve bunlar içinden gözlem süresi fazla ve akarsuyun farklı çığırını temsil edenler seçilmiştir. Bu amaçla akarsuyun yukarı çığırı için Arıcılar (40°32'58" N - 37°40'32" E), orta çığırı için Yeşilyurt (40°47'6" N - 37°52'23" E) ve aşağı çığırı için Gocalı (40°53'48" N - 37°53'48" E) istasyonları seçilmiştir. Seçilen istasyonlardan Gocalı Köprüsü halen çalışmaya devam etmektedir. Yeşilyurt ve Arıcılar istasyonları ise uzun yıllar hizmet vermiş ancak sonra kapatılmıştır (Tablo 17). Bu veriler kullanılarak akarsuya ait akım rejim diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 23). Oluşturulan diyagrama sahanın yağış ve akış özelliklerini bir arada değerlendirebilmek amacıyla Ordu Meteoroloji İstasyonu'nun aylık yağış verileri de eklenmiştir.

Tablo 17. Melet Irmağı Arıcılar, Yeşilyurt ve Gocalı Köprüsü istasyonlarında ölçülmüş ortalama akım değerleri (m³/sn).**Table 17.** Measured average flow values (m³/sec) of Melet River Arıcılar, Yeşilyurt and Gocalı Bridge stations.

Aylar	İstasyon Adı		
	Arıcılar (40°32'58"N- 37°40'32"E) (1965 – 2014)	Yeşilyurt (40°47'6"N- 37°52'23"E) (1978 – 2006)	Gocalı Köprüsü (40°53'48"N- 37°53'48"E) (1967 – 2014)
O	5,005	12,21	19,981
Ş	7,027	15,60	25,840
M	20,443	33,93	50,596
N	38,756	63,98	73,883
M	29,422	45,01	51,737
H	11,707	19,02	20,020
T	3,193	6,40	10,460
A	0,017	4	8,101
E	1,727	3,86	7,299
E	2,811	8,85	14,848
K	4,838	13,48	23,271
A	5,825	14,28	22,836
Yıllık	10,898	20,050	27,406

Kaynak: DSİ, 2018.
Source: DSİ, 2018.**Şekil 23.** Melet Irmağı Havzası'nın yağış ve akım diyagramı.**Figure 23.** Rainfall and flow diagram of Melet River Basin.

Melet Irmağı'nın yukarı çığırında hizmet vermiş olan Arıcılar istasyonunun ortalama akımı 10,898 m³/sn'dir (Tablo 17). Akarsuyun akım rejim grafiği (Şekil 23) incelendiğinde akım eğrisinin 38,756 m³/sn ile nisan ve 5,825 m³/sn ile aralık aylarında iki yükselme; 5,005 m³/sn ile ocak ve 0,017 m³/sn ile ağustos aylarında ise iki alçalma gösterir. Akarsuyun orta çığırını temsil eden Yeşilyurt istasyonunda ortalama akım 20,050 m³/sn'dir (Şekil 23; Tablo 17). Bu istasyonun akım eğrisi de 63,98 m³/sn ile nisanda ve 14,28 m³/sn ile aralıkta iki yükselme; 12,21 m³/sn ile ocakta ve 3,86 m³/sn ile eylülde iki alçalma gösterir. Akarsuyun aşağı çığırındaki Gocalı Köprüsü istasyonunda ortalama akım 27,406 m³/sn'dir (Şekil 23; Tablo 17). Önceki iki istasyonda olduğu gibi, akım eğrisi 73,883 m³/sn ile nisanda ve 23,271 m³/sn ile kasımda iki yükselme; 19,981 m³/sn ile ocakta ve 7,299 m³/sn ile eylülde iki alçalma gösterir.

Akarsu üzerindeki her üç istasyonda akım eğrisi yıl içinde iki yükselme ve iki alçalma gösterir. Bu durum büyük kısmıyla beslenmeyle ilişkilidir. Yörede aylık ortalama yağışlar sonbahar aylarında yüksek gerçekleşir. Bu durum sonbahar sonu, kış başlarında özellikle aralık ayında akımın yükselmesine sebep olur. Yüksek kesimlerde ekim sonlarında başlayan kar yağışları kış aylarında daha da etkili olur ve büyük kısmıyla erimeden yerde kalır. Bu sebeple yukarı çığırda akarsuyun debisi çok düşer. Aşağı ve orta çığırda özellikle kış aylarında azalan ve zaman zaman kar şeklinde düşen yağışlar akım eğrisinin dip yapmasına sebep olur. Bahar aylarına doğru yağış değerleri kısmen azalsa da artan kar erimeleri nisan ayı maksimumunun or-

taya çıkmasına sebep olur. Yaz aylarında azalan yağışlar ve artan buharlaşma nedeniyle ağustos ayında akım eğrisi yeniden dip yapar. Bu veriler bir arada değerlendirildiğinde akarsuyun yağmurlu – karlı karmaşık bir rejime sahip olduğu söylenebilir. Öte yandan, özellikle akarsuyun yukarı çığırını temsil eden Arıcılar istasyonunda, en yüksek akıma ulaşılan nisan ayı ile en düşük akıma ulaşılan ağustos ayı arasında 10 kattan daha fazla fark olduğu için bu istasyonun düzensiz bir rejime sahip olduğu söylenebilir. Akarsuyun aşağı çığırında fark bu kadar olmasa da, akım eğrisinin gidişinde benzer bir durum gözlenir (Şekil 23). Akarsuyun nisan ayında gösterdiği yüksek akım değerleri, bu dönemde artan şiddetli yağmur şeklindeki yağışlarla da ilişkilidir. Bu durum, hem ortalamaların yükselmesine hem de kaba tekstürlü yüzer haldeki maddelerin artmasına sebep olmaktadır.

Araştırma sahasının erozyondan etkilenme durumunun tespit edilebilmesi için DSİ'den sediment ölçümü yapan akım gözlem istasyonlarına ait veriler temin edilmiştir. Buna göre sahada iki gözlem istasyonunda sediment ölçümü yapılmıştır. Bu istasyonlardan aşağı çığırda bulunan Gocalı Köprüsü istasyonu 8 yıl (2005 – 2012), yukarı çığırda bulunan Arıcılar istasyonu ise 43 yıl (1970 – 2012) sediment gözlemi yapmıştır. Bu süre içerisinde Gocalı Köprüsü istasyonunda toplam 93, Arıcılar istasyonunda ise 496 örnek incelenmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. Melet Irmağı Arıcılar ve Gocalı Köprüsü istasyonlarına ait sediment ölçüm verileri.**Table 18.** Sediment measurement data of Melet River Arıcılar and Gocalı Bridge stations.

İstasyon Adı	Gocalı Köprüsü	Arıcılar
Gözlem Süresi (Yıl)	8 (2005 – 2012)	43 (1970 – 2012)
Yükseklik	41 m	949 m
Yağış Alanı	1195,8 km ²	1024,4 km ²
Örnek Sayısı	93	496
Ortalama Dane Dağılımı	Kil + Silt: %45,1 Kum: %54,9	Kil + Silt: %48,9 Kum: %51,1
Uzun Yıllık Ortalama	66579 (ton/yıl) 50072 (m ³ /yıl)	62837 (ton/yıl) 47735 (m ³ /yıl)

Gocalı Köprüsü istasyonu verilerine göre Melet Irmağı yılda 66579 ton sediment taşımaktadır. Taşınan bu sedimentin %45,1'i kil ve silt, %54,9'u ise kum boyutundaki malzemelerden oluşmaktadır (Tablo 18). Arıcılar istasyonu verileri değerlendirildiğinde ise Melet Irmağı'nın yılda 62837 ton sediment taşıdığı görülmektedir. Taşınan sedimentin %48,9'u kil ve silt, %51,1'i ise kum boyutundaki malzemelerden oluşmaktadır (Tablo 18). Buna göre taşınan sediment miktarı akarsuyun aşağı kesiminde ana kola katılan yeni yan kolların da etkisiyle artmaktadır. Ayrıca taşınan sedimentin kum oranı akarsuyun yukarı kesiminden aşağı kesimine doğru artmakta, kil ve silt oranı ise azalmaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Toprak erozyonu yeryüzünü şekillendiren doğal süreçlerden biridir. Erozyonun oluşabilmesi için önce anakayanın ayrışması gerekir. Toprak oluşumu anakaya, rölyef, iklim, canlılar ve zaman gibi beş temel faktöre bağlıdır (Atalay, 2011). Toprak oluşumu ve erozyon genellikle eş zamanlı olarak devam eder. Anakayanın ayrışmasıyla oluşan enkaz, erozyonla taşınan

miktardan fazla olursa, toprak oluşmaya başlar. Bu çalışmada Melet Irmağı Havzası'nda toprak erozyonu riski kısmen değiştirilen ICONA (MICONA) yöntemiyle incelenmiştir. Buna göre havzada erozyon riski "Çok yüksek" alanlar 504,2 km², yüksek alanlar ise 403,2 km²'dir. Bu toplamı 907,4 km², havzanın tamamına oranı ise %45,3'tür. Ayrıca havzanın 546,1 km²'lik bölümünde de erozyon riski orta derecededir. Bu sınıfın havza geneline oranı ise %27,2'dir. Havzada erozyon riski düşük ve (345,4 km²) ve çok düşük alanların (207,1 km²) toplamı 552,5 km² olup, havzanın geneline oranı %27,5'tir. Buna karşılık havzada orta, yüksek ve çok yüksek erozyon riski taşıyan alanların toplam 1453,5 km², havzanın tamamına ise %72,5'tir. Buna göre havzanın yaklaşık ¾'ünde orta ve yüksek erozyon riski söz konusudur. Havza tabanlı planlamalarda bu durumun göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Yönteme uygun olarak üretilen erozyon risk haritasında, yüksek erozyon riski taşıyan alanların havzanın yukarı çığırında Karagöl dağlık kütesinin batı kesimi ile kıyı dağlarının denize bakan yüksek seviyelerinde olduğu, Mesudiye ilçe merkezinin batısı ve güney batısı ile akarsuyun ağız kısmına yakın kesimlerde erozyon riskinin nispeten düşük olduğu görülür. Akarsuyun aşağı çığırında beşeri baskının artmasına karşılık, yüksekliklerin ve eğim değerlerinin azalması erozyon risk değerinin nispeten düşük çıkmasına sebep olmuştur. Havzanın erozyon risk haritasının arazi gözlemleri ve Erpul vd. (2018) tarafından RUSLE yöntemi ile hazırlanan Türkiye su erozyonu haritasıyla da büyük ölçüde uyumlu ve benzer havzalara uygulanabileceği değerlendirilmiştir.

Akarsu tarafından yüzer halde taşınan malzemenin miktarı ve boyutu dikkate alındığında; Melet Irmağı'nın Gocalı Köprüsü verilerine göre yıllık ortalama 66.579 ton sediment taşıdığı ve bunun %45,1'i kil ve silt, %54,9'u ise kum boyutunda olduğu anlaşılmıştır. Bu durum akarsuyun yüzer halde taşıdığı kum miktarının fazla olması, havzada zaman zaman etkili olan şiddetli yağışlar ve bunların sebep olduğu taşkınlardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasında havzada geniş alanlar kaplayan başta granitler olmak üzere, volkanik kayaların çözülmesiyle oluşan kaba tırtırlu toprakların etkisi de yadsınmaz.

Bütün bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, Melet Irmağı Havzası'nda erozyon riskinin yüksek olduğu söylenebilir. Bu durum doğal ortam özellikleri yanında, arazi kullanımıyla da yakından ilişkilidir. Özellikle yüksek eğimli yamaçlarda ormanlar açılarak fındık bahçelerine dönüştürülmektedir. Ne var ki, fındık bahçeleri toprağı doğal bitki örtüsü kadar koruyamamaktadır. Bu durum ayrıca havzadaki doğal hayvan varlığını da olumsuz etkilemektedir (Hatipoğlu, 2017).

Sonuç itibarıyla hızlandırılmış erozyon havza topraklarının giderek incelmeye ve verimsizleşmesine sebep olmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için havza tabanlı bir yönetim planı oluşturulmalı ve doğal bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlar iyileştirilmelidir. Ayrıca alınan önlemlerin kalıcı olabilmesi için yerel halk bilinçlendirilmeli ve havza yönetimine katılımları sağlanmalıdır.

Teşekkür

Birinci yazarın doktora tezinden faydalanılarak üretilen bu yayının geliştirilmesinde ve arazi çalışmaları sürecinde emeği geçen sayın Prof. Dr. Halil İbrahim ZEYBEK'e teşekkür ederiz.

Kaynakça

- 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*.
- Aktaş, C. ve Bahadır, M. (2017). "Salıpazarı (Samsun) İlçesinde Arazi Kullanımının Zamansal ve Mekânsal Değişimi". *International Journal of Social Science*, 60, 435-450.
- Aktaş, H. (1992). *Orta Karadeniz Bölümünün (Yeşilirmak-Melet Suyu-Kelkit Vadisi Arası) Bitki Coğrafyası*. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ardel, A. (1963). "Samsun'la Hopa Arasındaki Kıyı Bölgesinde Coğrafi Müşahadeler". *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 7(13), 36-49.
- Atalay, İ. (2011). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*, 4. baskı. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Bayramin, İ., Dengiz, O., Başkan, O. ve Parlak, M. (2003). "Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model; Case Study: Beypazarı Area". *Turkish Journal of Agriculture and Forest*, 27: 105-116.
- CORINE. (1992). *Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community*. Commission of the European Communities, Luxembourg
- Demir, Y. (2010). *Kabadüz (Ordu, Kd-Türkiye) Yöresi Pb-Zn-Cu Cevherlerinin Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelenmesi*, Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- 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.
- Dönmez, Y. (1984). *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2506. Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 102. Güryay Matbaacılık, İstanbul.
- DSİ. (2018). DSİ 7. *Bölge Müdürlüğü Yayınlanmamış Rasat Verileri*.
- 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.
- Eriç, S. (1945). "Kuzey Anadolu Kenar Dağlarının Ordu-Giresun Kesiminde Landşaft Şeritleri". *Türk Coğrafya Dergisi*, (7 - 8), 119 - 140.
- Eriç, S. (1984) *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3278, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayın No:2, İstanbul.
- 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.
- Güngör, Ö. (2010). Ordu İli ve Yakın Çevresindeki Üst Kratese - Paleosen Yaşlı Karbonatlı ve Kırıntılı Kayaların Sedimentolojik ve Mineralojik İncelenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde
- Gürgen, G. (1993). Bolaman Çayı-Melet Irmağı Arasında Perşembe Yarımadasının Uygulamalı Fiziki Coğrafyası. Yayınlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- Hatipoğlu, İ. K. (2012). *Turnasuyu ile Melet Irmağı Arası Kıyı Bölgesinin Jeomorfolojisi*, Ordu. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun.
- Hatipoğlu, Ş. C. (2016) *Turnasuyu Havzası'nda Arazi Kullanımı ve Zamansal Değişimi*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun.
- Hatipoğlu, İ. K. (2017). *Melet Irmağı Aşağı ve Orta Çığırının Uygulamalı Jeomorfolojisi*, Ordu. Yayınlanmamış doktora tezi, Ondokuz

- Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun.
- ICONA. (1997). *Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-Induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas*. Priority Action Programme Regional Activity Centre, Split.
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (3rd Ed). New Jersey: Prentice-Hall.
- Jordan, A., Martinez-Zavala, L. ve 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.
- Karakaya, H. (1990). *Ordu – Çambaşı Yaylasının Subalpin ve Alpin Vegetasyonu Üzerinde Floristik ve Fitososyolojik Bir Araştırma*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Samsun.
- Kumandaş, H. (2004). *Ordu İli Kaya Mezarları*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kumar, R., L. ve Silva. (1973). "Light Ray Tracing Through a Leaf Cross-Section". *Applied Optics*, (12), 2950 - 2954.
- Mahmut, R., Dotal, 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.
- Manrique, L. A. (1988). *Land Erodibility Assessment Methodology: LEAM, Using Soil Survey Data Based on Soil Taxonomy*. Honolulu, Hawaii.
- MGM. (2018). *Ordu Meteoroloji İstasyonu'nun yayımlanmamış raset verileri*.
- Özdemir, M. (2017). Mesudiye İlçesi'nin Coğrafyası, Atatürk Üniversitesi, Yayın no. 1216 Erzurum.
- Oral, Z. (2010). *Geleneksel Yaylacılıktan Yayla Turizmine: Ordu- Çambaşı Yaylası Örneğinde Halk Bilimsel Bir İnceleme*. Yayımlanmamış yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türk Halk Bilimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A. ve Porter, J. P. (1991). "RUSLE, revised universal soil loss equation". *Journal Soil Water Conservation*, 46(1): 30-33.
- Reis, M., Dotal, 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.
- Şahin, E. (2012). *Ulugöl Tabiat Parkı (Ordu/Gölköy)'nin Bitki Çeşitliliği*, Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ordu.
- Tomboş, F. E. ve Ozulu, İ. M. (2007) "Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon risk belirlenmesine yeni bir yaklaşım, Çorum ili örneği". *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi* 30 Ekim-02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- Tomboş, F. E., Yüksel, M., Coşar, M., Ozulu, İ. M. (2012) "ICONA Erozyon Risk Belirlenme Yönteminde Zamansal Olarak NDVI Etkisinin İncelenmesi". *UZAL-CBS 2012*, 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Tomboş, F. E. ve Öbekcan, H. (2015) "ICONA Yöntemine Göre Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi; Çorum İli Örneği ". *2. Ulusal Çevre Kongresi*, 22-25 Ekim, Afyon.
- Tüfekçioğlu, A. (1995). *Ordu – Melet Irmağı Havzasındaki Orman Ekosistemlerinde Yükselti ve Bakı Etmenlerine Göre Bitki Örtüsü ve Bazı Toprak Özelliklerinin Değişimi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Türkmen, F. (2004). *Ordu'da Melet Irmağı ve Turnasuyu Nehirleri Arasında Kalan Arazilerin Detaylı Arazi Kabiliyet Sınıflaması*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı.
- Türkmen, F. (2011). *Ordu İli Topraklarının Jeokimyasal Özellikleri, Genesisi ve Sınıflandırması*. Yayımlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ankara.
- 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.
- Ünal, E. (2006). *Akgüney (Kabadüz-Ordu) Bakır – Kurşun – Çinko Yağtağının Jeolojisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas.
- Wischmeier, W. H. ve Smith. D. D. (1978). "Predicting rainfall erosion losses". *United States Department of Agricultural Handbook*, 537, Washington.
- 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*. Yayımlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, C. (2009). "Karadeniz Sahil Yolunun Kıyı Kentleri Üzerine Etkileri – The impacts of Black Sea Coastal Dual Carriageway on shore cities in the North Anatolia (Turkey)". *Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, (TÜCAUM) V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu 2008, Bildiriler Kitabı*. 147 - 157, Ankara.
- Zeybek, H. İ. (2010). "Canik Dağlarının Güneydoğu Bölümünde Karstlaşma ve Karstik Şekiller". *Doğu Coğrafya Dergisi*. 15(24), 273 – 288, Erzurum.