



YUVACIK BARAJI HAVZASI'NDA EROZYON RİSK ANALİZİ

Erosion Risk Analysis in Yuvacık Dam Basin

Ayşe ATALAY DUTUCU¹

Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Coğrafya Bölümü, Sakarya-Türkiye
aatalay@sakarya.edu.tr
ORCID: 0000-0002-8602-8172

Yunus Emre MUTLU

Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Coğrafya Bölümü, Sakarya-Türkiye
mutlu@sakarya.edu.tr
ORCID: 0000-0003-0421-4535

(Teslim: 21 Haziran 2022; Düzeltme: 29 Ağustos 2022; Kabul: 4 Eylül 2022)
(Received: June 26, 2022; Revised: August 29, 2022; Accepted: September 4, 2022)

Abstract

The Yuvacık Dam Basin, which is the subject of this study, is located in the South Marmara Subregion of the Marmara Region in the northwest of Turkey. The aim of this study is to determine the erosion risk and its distribution and to determine the annual total soil loss in the Yuvacık Dam Basin, which is one of the main water resources of Kocaeli (Izmit). In this context, the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), which is a method frequently used in erosion studies today, has been preferred. 1/25.000 scale topography sheets and digital soil maps were used as base data in the study. Precipitation and land use data of the field and soil samples taken from different points of the basin are other data sets used. As a result of the maps produced within the framework of the method and the analyzes made, the erosion risk classes of the field and the annual total amount of soil loss were calculated. As a result of the analysis, six different erosion risk classes were calculated. It has been determined that a large part of the field (67.80%) falls within the very slight and slight erosion risk classes. It has been determined that the remaining part of the field is in the "moderate" and "very severe" erosion risk classes. The annual total soil loss in the basin was calculated as 405,121 tons. According to the results obtained from the study, the risk of erosion in the field is not very high. In order to maintain the current situation, it is necessary to protect the forest cover in the area and prevent land degradation. If this cannot be achieved, the dead volume of Yuvacık Dam Lake will quickly fill with the excess sediment load that comes with erosion, and the active volume will start to shrink. Dams, whose active volume starts to fill before their economic life, are out of use in a relatively short time in terms of construction purposes. The shortening of the dam's useful life will cause economic losses.

Keywords: Yuvacık Dam Basin, RUSLE, Erosion, GIS

Öz

Bu çalışmaya konu olan Yuvacık Barajı Havzası, Türkiye'nin kuzeybatısında Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümü içerisinde yer almaktadır. Kocaeli (İzmit) ilinin ana su kaynaklarından biri olan Yuvacık Barajı Havzası'nda erozyon riskinin ve dağılımının belirlenmesi ile yıllık toplam toprak kaybının tespit edilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, günümüzde erozyon çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir yöntem olan Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) tercih edilmiştir. Çalışmada altlık veri olarak 1/25.000 ölçekli topoğrafya paftaları ve sayısal toprak haritaları kullanılmıştır. Sahaya ait yağış ve arazi kullanım verileri ile havzanın farklı noktalarından alınan toprak örnekleri, kullanılan diğer veri setlerini oluşturmaktadır. Yöntem çerçevesinde üretilen haritalar ve yapılan analizler sonucunda sahanın erozyon risk sınıfları ve yıllık toplam toprak kaybı miktarı hesaplanmıştır. Analizler sonucunda altı farklı erozyon risk sınıfı hesaplanmıştır. Sahanın büyük bir bölümünün (% 67,80) çok hafif ve hafif erozyon risk sınıfları içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Sahanın geri kalan kesiminin ise "orta derece" ve "çok yüksek" erozyon risk sınıfları içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Havzadaki yıllık toplam toprak kaybı ise 405.121 ton olarak hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre sahada erozyon riski çok yüksek değildir. Mevcut durumun devam etmesi için sahadaki orman örtüsünün korunması ve arazi tahribatının önlenmesi gerekmektedir. Bunun sağlanamaması halinde erozyonla birlikte gelen fazla sediment yükü ile Yuvacık Barajı Gölü'nün ölü hacmini hızla dolduracak, aktif hacmi de küçülmeye başlayacaktır. Aktif hacmi ekonomik ömründen önce dolmaya başlayan barajlar görece kısa bir sürede yapım amacı açısından kullanım dışı kalmaktadır. Barajın kullanım ömrünün kısalması ise ekonomik kayıplara neden olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yuvacık Barajı Havzası, RUSLE, Erozyon, CBS

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. GİRİŞ

Etkisini uzun vadede göstermesi sebebiyle çoğu zaman göz ardı edilebilen bir sorun olan erozyon, Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu yarı kurak iklim bölgelerinde en sık yaşanan doğal afetlerden bir tanesidir. Doğal erozyon toprağın üst tabakasının yağmur ve rüzgâr gibi dış faktörlerin etkisiyle süpürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Olağan çevresel ortamın bozulmasından kaynaklanan ve jeolojik standartları aşan bir oranda gerçekleşen erozyon olarak da ifade edilebilen "hızlandırılmış erozyon" ise doğal erozyondan farklı olarak çeşitli beşerî faaliyetlerin erozyon sürecini arttırmasıyla ortaya çıkmaktadır (Toy, 1982; Çepel, 1997).

Erozyon toprak verimliliğinin azalmasına bağlı olarak tarımsal üretimde düşümlere neden olmaktadır. Canlı bir varlık olan toprağın oluşumu ve olgunlaşmasını olumsuz yönde etkileyen erozyon, toprağın dolayısıyla da doğanın dengesini bozmakta ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği ile gıda güvenliği için bir tehdit oluşturmaktadır. Bununla birlikte erozyonla yüksek sahalardan taşınan toprağın barajlar, hidroelektrik santraller vb. su rezervuarları içerisinde depolanması bunların kullanım ömrünü kısaltarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Pınar vd., 2020; Fıçıcı ve Soykan, 2022).

Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO)'ya göre suyun neden olduğu yıllık küresel toprak erozyonunu 20–30 milyar ton civarındadır (FAO, 2015; Dissanayeke vd., 2019; İkiel, vd., 2020; Ustaoglu vd., 2021). Erozyon ülkemizde de topoğrafik yapı, iklim ve toprak koşulları nedeni ile topraklarımızın $\frac{3}{4}$ ' ünden fazlasını aşınım tehlikesi ile karşı karşıya bırakan önemli bir sorundur (Sönmez, 1991; Özden & Özden, 1997). Türkiye topraklarının %60.28'inde çok düşük, %19.13'ünde düşük, %7.93'ünde orta, %6.7'sinde şiddetli ve %5.97'sinde çok şiddetli erozyon görülmektedir. Ayrıca Türkiye'de her yıl 642 milyon ton toprak deniz ve göllere taşınmaktadır (Erpul vd., 2018; Cürebal vd., 2012; Pınar vd., 2020; Fıçıcı ve Soykan, 2022).

Bir alanın erozyon duyarlılığını belirleyebilmek için geliştirilmiş pek çok metot vardır. Özellikleri ve uygulama kapsamaları bakımından ampirik (USLE, MUSLE, RUSLE), süreç odaklı (ANSWERS, CREAMS vb.) ve fiziksel odaklı (WEPP, KINESROS, EUROSEM) olmak üzere 3 grup altında toplanabilen bu metotların en yaygın olarak kullanılanlarından biri RUSLE'dir. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından geliştirilen Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (USLE)'nin güncellenmesiyle ortaya çıkan RUSLE, uzun dönemli toprak kaybını tahmin etmek için kullanılan deneysel bir yöntemdir (Renard vd., 1997). Farklı

parametrelerin bir arada değerlendirilmesi ve veri setinin fazla olması RUSLE yönteminin başlıca tercih edilme sebeplerini oluşturmaktadır.

Kullanıma açılmış su havzaları (akarsu, göl ve baraj) üzerinde oluşan çevresel baskı, bu kaynakların havza koruma planları geliştirilerek sürdürülebilirliklerinin sağlanmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Kocaeli ilinin içme suyu ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayan Yuvacık Barajı ve baraja su sağlayan akarsuların havzalarının da bu bakış açısıyla korunması gerekmektedir. Çalışma sahasını oluşturan Yuvacık Barajı Havzası doğal güzelliği dolayısı ile turistik tesislerin bulunduğu, günübirlik turistler dolayısıyla bahar ve yaz aylarında nüfusun arttığı bir bölgedir. Beşerî faaliyetlerden ötürü arazi tahribatının arttığı, topoğrafik yapının engebeli ve yüksek eğim değerlerine sahip olduğu bu havzada erozyon incelenmesi gereken önemli bir sorundur.

1.1. Araştırma Sahasının Coğrafi Özellikleri

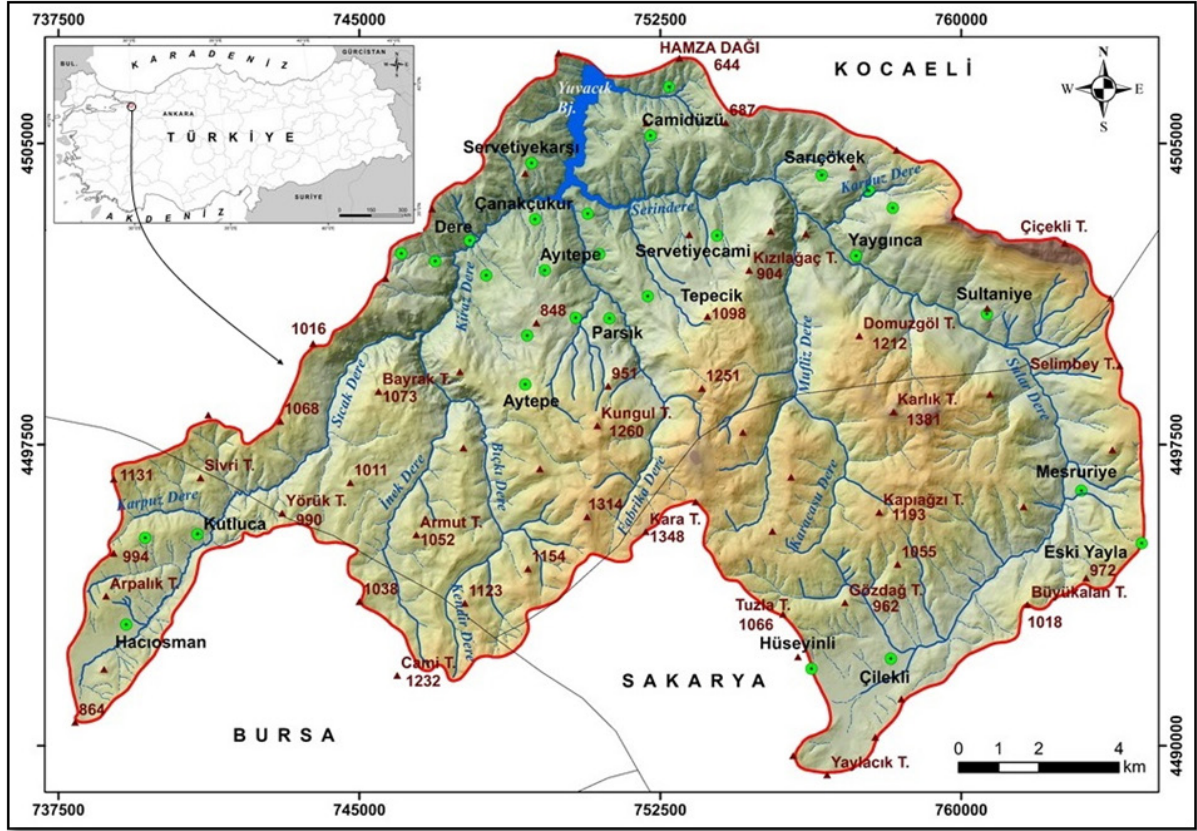
Bu araştırmanın konusunu Yuvacık Barajı Havzası'nın erozyon duyarlılığının araştırılması oluşturmaktadır. Araştırma sahasını oluşturan Yuvacık Barajı Havzası Türkiye'nin en yoğun nüfuslu bölgesi olan Marmara Bölgesi'nin doğusunda, Kocaeli (İzmit), Sakarya (Pamukova) ve Bursa (İznik) illeri arasındadır (Şekil 1). $40^{\circ}32'-40^{\circ}41'$ kuzey enlemleri ve $29^{\circ}29'-30^{\circ}08'$ doğu boylamları arasında yer alan havzanın yüzölçümü 253 km^2 'dir. Yapımı 1999 yılında tamamlanmış olan Yuvacık Baraj gölü, Kirazdere'nin üzerine kurulmuştur. Güneyden Kazandere, doğu ve güneydoğudan ise Serindere baraja dökülen belli başlı akarsuları oluşturmaktadır. Baraj gölü araştırma sahasının kuzeyinde konumlanmıştır (Foto 1).

Araştırma sahasını oluşturan Yuvacık Barajı Havzası'nda Kuvaterner, Tersiyer, Mesozoyik' e ait kayalar bulunmaktadır. Havzanın kuzeyi andezit ve bazaltlardan, güney ve güneybatısı ise genel olarak şistlerden oluşmaktadır. Şistler ayrıca havzada en geniş yüzölçümüne sahip kayalar türünü oluşturmaktadır. Havzanın doğusunda kabaca kuzey-güney doğrultusunda uzanan dar bir kuşak halinde kireçtaşı-karbonatlı kiltası ve marnlardan oluşan seri yer almaktadır. Yuvacık Barajı havzasının alt havzalarını oluşturan Serindere, Kirazdere ile Sularderesi ve Değirmendere akarsu yataklarında lokal ölçekte alüvyonlar yer almaktadır. Havzada bulunan bir diğer kayalar türü olan mermer ise havzanın kuzeydoğusundan güneybatısına kadar olan sahada farklı büyüklükte alanları kaplamaktadır (Zengin vd., 2005).

Çalışma sahasının yer aldığı Samanlı dağları doğu bölümü İzmit Körfezi ve çevresinin en yüksek kesimini oluşturmaktadır. Yüksek platolardan ve

dağlık alanlardan oluşan bu saha Kirazdere, Kazandere, Serindere gibi akarsular ve kolları tarafından dar ve derin bir şekilde yarılmıştır. Bu yüksek saha genelde Neojen öncesi temel kayalardan oluşmaktadır ve kuzeydeki Pliyosene ait kayaların

yer aldığı alçak sahalardan doğu-batı uzanımlı KAF'ın kolları tarafından ayrılmaktadır (Bilgin, 1967; Tarı, 2007; Emre vd., 1998). Araştırma sahasındaki en önemli faylardan bir tanesi doğu-batı uzanımlı Yuvacık fayı'dır.



Şekil 1- Çalışma sahasının yeri ve sınırları
Figure 1- Location and boundaries of the study area



Foto 1- Yuvacık Barajı'ndan genel görünüm (maps.google.com)
Photo 1-General view from Yuvacık Dam

Ortalama yükseltisi 843 m. olan havzanın % 62,9'u 800 m'nin üstünde yer almaktadır. Araştırma sahasının belli başlı yükseltilerini, kabaca 1400-1600 m yükselti değerlerine sahip Tekin Tepe, Naldöken Tepe ve Beypınar Tepe oluşturmaktadır. Yuvacık barajı havzasında eğim değerleri genellikle çok yüksek olup havzanın % 80,9'unda %20'nin üzerindedir.

Toprak özellikleri bakımından incelendiğinde araştırma sahasının çok büyük bir çeşitliliğe sahip olmadığı söylenebilir. Yuvacık Barajı havzasında en geniş alanı kaplayan toprak grubu kahverengi orman topraklarıdır. Kirazdere, Serindere ve Sular deresi gibi akarsuların yatakları üzerinde ve sahanın güneybatısında Hacıosman mah. ve çevresindeki nispeten düşük eğim değerlerine sahip kısımlarda ise alüvyal topraklar yer almaktadır. Eğimli yamaçlardan kopan toprak parçalarının eğimin azalığı seviyelerde biriktirilmesiyle oluşan kolüvyal topraklar da araştırma sahasında çeşitli vadi eteklerinde yer almaktadır (Zengin vd., 2005).

Çalışma sahasında yıllık ortalama sıcaklık 14.7°C, yıllık amplitüd ise 18.1°C'dir. Ortalama yağış miktarının 877.74 mm olduğu Yuvacık Barajı havzasında topoğrafik koşullardan dolayı hakim rüzgarlar kuzey sektördür. İklim tipi olarak Marmara iklim tipinin hâkim olduğu araştırma sahası, Thorntwaite su bilançosuna göre nemli, orta sıcaklıkta, su açığı olmayan ve okyanusal iklim etkisine yakın koşulların görüldüğü bir alandır (Bilgin, 1967; Zengin vd., 2005).

Flora alanı bakımından, Avrupa-Sibirya fitocoğrafya bölgesi, Akdeniz Flora Alanı'nın ve İran-Turan fitocoğrafya bölgesi arasında geçiş bölgesi oluşturan araştırma sahasının % 78'i ülkemizde nemli ormanları karakterize eden bir ağaç türü olan kayınlardan (*Fagus Orientalis*) oluşmaktadır (Efe vd., 2013; Zengin vd., 2005). Ayrıca meşe (*Quercus*), gürgen (*Carpinus betulus*), karaçam (*Pinus nigra*), göknar (*Abies bornmülleriana*) ve ladin (*Picea orientalis*) gibi türler de yetişme ortamı bulmaktadır. Araştırma sahasında yükseltinin fazla olmadığı aşağı seviyelerde ve güneye bakan yamaçlarda kuru ormanlar yer alırken yükseltiyle birlikte yağış değerlerinin arttığı alanlarda ise nemli ormanlar yayılış göstermektedir.

Havzanın kuzeyinde Yuvacık Baraj gölü yer almaktadır. Yapımı 1999 yılında tamamlanan bu barajın yüzölçümü 1.74 km² 'dir. Yuvacık Baraj gölüne su sağlayan ve Yuvacık Barajı havzasının alt havzalarını drene eden başlıca akarsular Kirazdere, Kazandere ve Serindere'dir. Alt havzalardan yüzölçümü en geniş olan, 131,68 km² alan kaplayan ve alt havzalar içerisinde en doğuda yer alan Serindere'dir. Serindere'nin kendisine katılan 283 adet

alt kolu vardır. 82,91 km² alan kaplayan Kirazdere alt havzasını drene eden Kirazdere'nin Hekim dere, Sıcak dere ve Soğuk dere gibi kolları vardır. Kabaca güneybatı-kuzeydoğu yönünde aktıktan sonra Yuvacık baraj gölüne dökülen bu akarsu havzanın batısında yer almaktadır.

2. AMAÇ, VERİ VE YÖNTEM

Türkiye'nin en yoğun nüfuslu bölgesi olan Marmara Bölgesi içerisinde yer alan, İstanbul'un ardından bölgenin en kalabalık nüfusunu barındıran Kocaeli (İzmit) ilinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan Yuvacık Barajı Havzası'nın erozyon riskini tahmin etmek bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada R faktör haritasının hazırlanmasında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Kocaeli meteoroloji istasyonuna ait 1975-2021 yıllarını kapsayan aylık ortalama toplam yağış verileri kullanılmıştır. Yağışın yükseltiye göre değişimini yansıtabilmek amacıyla yağış verilerine enterpolasyon uygulanmış ve haritalandırılmıştır. K faktör haritasının hazırlanması için gerekli olan toprak verileri eski Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup, bu veriler Kocaeli, Sakarya ve Bursa illerine ait 1/25.000 ölçekli sayısal verilerdir. Bununla beraber sahada yayılış gösteren toprak türlerinden örnekler alınmıştır. Sahada yayılış gösteren toprak türleri çok çeşitli olmadığı için fazla sayıda örnek toplanmamıştır. Bunun yerine sahanın farklı noktalarından örnekler alınmasına dikkat edilmiştir. Daha sonra alınan bu örnekler laboratuvar ortamında analiz edilmiştir.

Harita Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 1/25.000 ölçekli ve 10 m çözünürlüğe sahip Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verisi ise LS faktör haritasının hazırlanmasında kullanılmıştır. Arazi örtüsünün erozyon üzerindeki etkisini ortaya koymak için hazırlanan C faktör haritalarının üretilmesinde ise Avrupa Çevre Ajansı tarafından geliştirilen Coordination of Information on the Environment (CORINE)'den, inceleme sahasına ait alınan arazi örtüsü/kullanımı verisinden faydalanılmıştır.

2.1. RUSLE (Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği)

Rusle erozyon kaynaklı toprak kaybının belirlenmesinde kullanılan faktör tabanlı bir modeldir. Erozyon duyarlılığını hücre bazında analiz eden RUSLE metodu Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından geliştirilmiştir. Yağış, toprak, eğim derecesi ve uzunluğu, arazi örtüsü ve toprak koruma faktörlerini kullanılarak bir bölgedeki su erozyonunun derecesini hesaplayan bu yöntem 1950'

lerde geliştirilen USLE (Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği)'nin 1991 yılında güncellenmesi ile geliştirilmiştir (Wischmeier & Smith, 1978; Renard vd., 1991; Renard vd., 1994; Renard vd., 1997).

Rusle eşitliği hesaplanırken şu formül kullanılır:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

Bu formülde A yıllık ortalama toprak kaybını ($t \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$); R yağış erozif faktörünü; K toprak erozif faktörünü; LS eğim ve yamaç uzunluk faktörünü; C zemin örtüsü faktörünü ve P erozyon önleyici faktörleri temsil etmektedir (Renard vd., 1991). Her bir faktörün haritaları hazırlanırken ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılmıştır.

2.1.1. Yağış Eroziyon (R) Faktörü

Yağış, düştüğü yüzeylerde ortaya çıkan aşındırıcı etkisi dolayısıyla bir bölgede gerçekleşen erozyon süreçlerini etkileyen en önemli iklim faktörüdür. Yere düşen yağmur tanelerinin boyutları, yağışın şiddeti ve yoğunluğu vb. özellikler yağmur tanelerinin düştükleri yüzeyde ortaya çıkan erozyonun şiddeti üzerinde belirleyici olmaktadır. Yağışın yüzeyden aşındırdığı malzemeler eğim doğrultusunda harekete geçerek daha alçak seviyelere taşınmakta, eğim değerlerinin azaldığı bölgelerde biriktirmektedir.

RUSLE yöntemine göre erozyon duyarlılık analizinin yapıldığı bu çalışmada yağışın erozyon üzerindeki etkisinin hesaplanması için öncelikle Arnoldus'un (1980) geliştirdiği Modified Fournier İndeks (MFI) formülü kullanılmıştır. Bu formül:

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i * p_i}{p} \quad (2)$$

şeklinde dir.

Bu formülde kullanılan p_i sembolü aylık yağışları (mm), p ise yıllık yağışların ortalamasını temsil etmektedir.

Daha sonra $R = (4.17 \text{ MFI}) - 152$ sabit değeri kullanılarak yağış erozif faktörü hesaplanmaktadır.

2.1.2. Toprak Direnç (K) Faktörü

Farklı toprak tiplerinin erozyon duyarlılığı ve bu topraklarda erozyonun gerçekleşme hızı birbirinden farklılık göstermektedir. Toprağın erozyon duyarlılığını belirleyen en önemli özelliklerinin başında o toprak içerisinde bulunan organik madde miktarı gelmektedir. Ayrıca toprağın tane boyu dağılımı, yapısı ve permeabilitesi de erozyon duyarlılığını etkileyen önemli özellikleridir (Wischmeier vd., 1971; Morgan, 2005).

Toprak direnç faktörünü belirlemek için öncelikle eski Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün

hazırladığı 1/25.000 ölçekli büyük toprak grupları haritasından faydalanılarak araştırma sahasının büyük toprak grupları tespit edilmiştir. Ayrıca farklı lokasyonlardan alınan toprak örnekleri içerdikleri organik madde, kum, kil ve silt miktarlarını tespit etmek amacıyla İzmit'te bulunan Orman Genel Müdürlüğü Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait laboratuvarlarda analiz edilmişlerdir (Foto 2). Organik madde miktarını ölçmek için Walkley – Black Yağ Yakma Yöntemi, toprak türü ve tekstür özelliklerini belirlemek için ise Hidrometre yöntemi kullanılmıştır (Tablo 1).



Foto 2- Yöntem kapsamında toprak direnç faktörünün hesaplanması için Hüseyinli Mahallesi'nin kuzeybatısından alınan toprak örneği (Çekiç ölçek: 33 cm)
Photo 2- Soil sample taken from northwest of the Hüseyinli District to calculate the soil resistance factor within the scope of the method (Hammer scale: 33 cm)

Analiz sonuçlarından elde edilen veriler Foster vd'nin (1977) toprak direncinin erozyon ile ilişkisini belirlemek için geliştirdikleri hesaplama yöntemine göre düzenlenmiştir.

$$K = [2,8 * 10^{-7} * M^{1,14} * (12-a)] + [4,3 * 10^{-3} * (b-2)] + [3,3 * (c-3)] \quad (3)$$

Formülde;

K= Toprak erozibilite değeri,

M= Partikül boyutu,

{silt(%)+ iyi gelişmiş kum (%)} * {(100- kil (%))}

a= organik madde içeriği (%)

b= toprak strüktür kodu

c= toprak geçirgenlik sınıfı ifade etmektedir.

Hesaplamalardan çıkan sonuçlara dayanarak çalışma sahasının K faktör toprak haritası oluşturulmuştur.

Tablo 1- İnceleme alanından alınan toprak örneklerinin fiziksel analiz sonuçları
 Table 1- Physical analysis results of soil samples taken from the study area

Örnek No	Lokasyon	Koordinatlar (UTM)	Toprak Tekstürü	Organik Madde (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)
1	Servetiye Karşı Mah. K/KD 'su	35 T 0748009 4504270	Kil	0,46	20,9	72,8	6,2
2	Tepecik Mah. GD 'su	35 T 0753171 4501658	Kil	3,82	16,3	60,6	22,9
3	Hacıosman Mah. Güneyi	35 T 0738614 4492514	Tozlu balçık	4,05	28,2	21,0	50,6
4	Hüseyinli Mah. KB'sı	35 T 0754171 4495392	Kil	0,83	32,1	41,1	26,7

2.1.3. Eğim ve Yamaç Uzunluk Faktörü

Eğim yere düşen yağmur tanelerinin ne kadarının yeraltına sızacağını ne kadarının ise yüzeysel akışa geçeceğini belirleyen en önemli topoğrafik faktördür. Eğim değerlerinin yüksek olduğu alanlarda yüzeysel akış aynı koşullardaki az eğimli alanlara göre daha fazladır. Bilindiği gibi yüzeysel akışa geçmiş sular ve bunlarla beslenen akarsular üzerinde aktıkları zeminden korozyon ve korazyon yoluyla aşındırdıkları malzemeleri yamaç aşağı taşımakta ve böylece su erozyonu olarak adlandırılan bu süreç gerçekleşmektedir (Ekinci, 2005).

Yamaç eğim, uzunluk ve yükselti sınıf değerlerine göre hesaplanan LS faktörünün formülü aşağıdaki gibidir (Mitasova vd., 1996; Desmet & Govers 1996; Tağıl, 2007; Özşahin, 2014).

$$\text{Pow}((\text{flowacc}) * \text{çözünürlülük} / 22,1,0,6) * \text{Pow}(\text{Si} / \text{n}((\text{slope}) * 0,01745 / 0,09,1,3)) \quad (4)$$

Genel olarak LS faktörünün yüksek çıktığı sahalarda erozyonun daha şiddetli olduğu alanlara denk gelirken düşük olduğu sahalarda ise erozyon değerleri daha düşüktür.

2.1.4. Zemin Örtüsü (C) Faktörü

Bir alandaki doğal örtünün yanında arazi kullanım sınıflarına bağlı olarak özellikleri belirlenen zemin örtüsü faktörü erozyon derecelerini etkileyen önemli bir faktördür. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda erozyon daha az olurken, bitki örtüsünün tarımsal faaliyetler, yerleşme ve/veya sanayi alanları açmak, orman yangınları vb. sebeplerle tahrip edildiği çıplak alanlarda daha şiddetli olmaktadır. Bunun başlıca sebepleri olarak bitki örtüsünün yaprak ve gövdesi aracılığıyla yere düşen yağmur tanelerinin hızını yavaşlatması, bitkilerin kökleri ile toprağı tutarak aşınmaya karşı daha dirençli hale getirmesi ve bitki örtüsünün yüzeysel akışa geçmiş suların hızını

yavaşlatması gibi faktörler sayılabilir (Hoşgören, 2004; Ekinci ve Ekinci, 2006).

Zemin örtüsü faktörü değeri arazi özelliklerine göre 1-0 arasında bir değer alabilmektedir. 0' a yakınlık iyi korunan alanları ifade ederken, değerlerin 1' e yaklaşması ise erozyona karşı daha duyarlı alanları işaret etmektedir.

2.1.5. Erozyon Önleyici (P) Faktörler

Bir alanda erozyonun etkisini minimuma indirmek için uygulanan teknikleri ifade eden P faktörü, tespit edilemediği durumlarda 1 kabul edilmekte ve bu suretle hesaplanmanın sonucunu etkilememektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Yağış Eroziyon (R) Faktörü

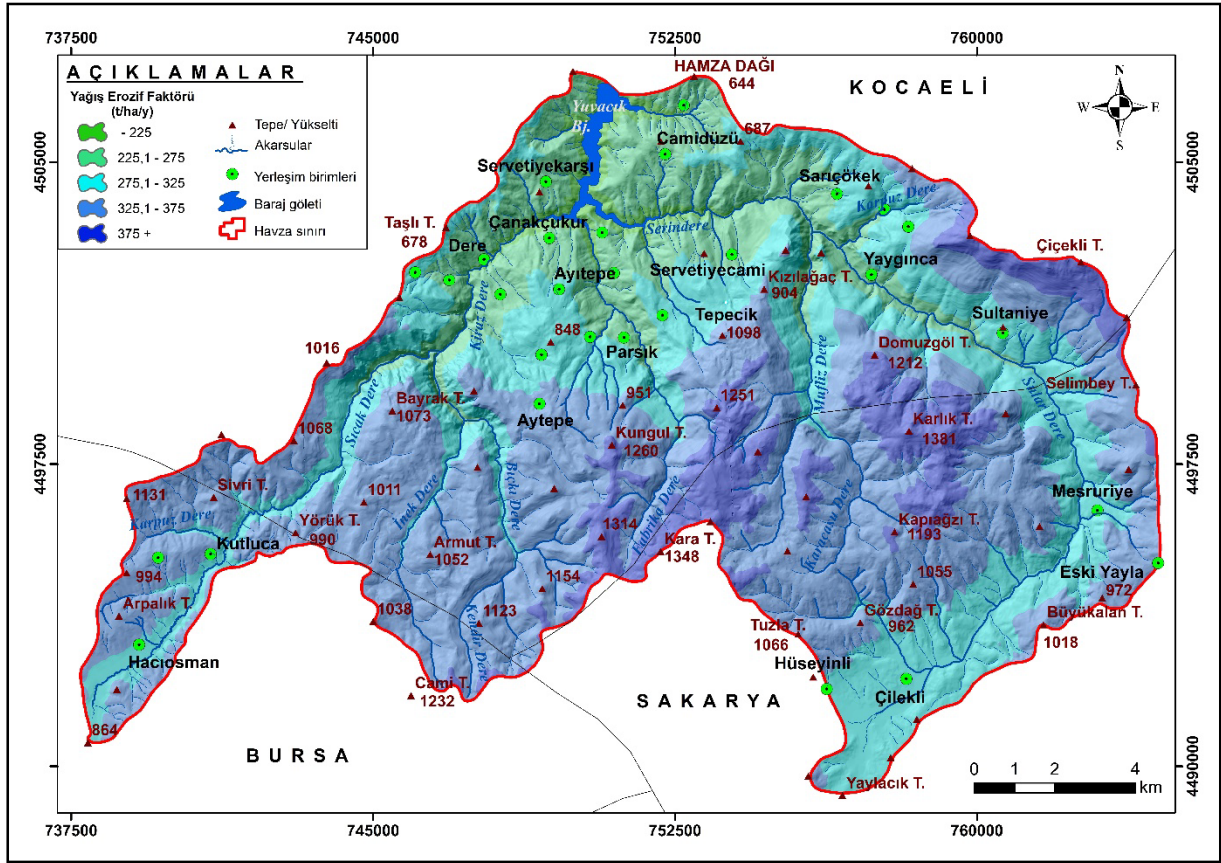
Çalışma kapsamında yağış eroziyon (R) faktörünün hesaplanması için, inceleme sahasının kuzeyindeki Kocaeli meteoroloji istasyonuna ait olan ve 1975 – 2021 yıllarını kapsayan yağış verisi kullanılmıştır. Havzadaki yükselti farkının 1450 – 1500 m arasında olması nedeniyle düşen yağış miktarı ve dağılışı aynı olamayacağı için Schreiber tarafından geliştirilen ve yağışın her 100 m'de 54 mm arttığını ifade eden formülü kullanılmıştır (Ardel & Kurter, 1969). Formül aşağıdaki gibidir;

$$\text{Ph} = \text{Po} + 4,5xh \quad (5)$$

Formülde, Ph: ortalama yağış miktarı (mm)

Po ise: verileri bilinen noktanın ortalama aylık yağış miktarını (mm) ifade etmektedir.

Buna göre sahanın en alçak kısımlarını oluşturan Yuvacık Barajı ve çevresinde yağış eroziyon faktörü 225, en yüksek kısımlarını oluşturan alanlarda ise 375 ve üzeridir (Tablo 2).



Şekil 2- Yağış erozif (R) faktörü haritası

Figure 2- Map of Rainfall erosive (R) factor

Tablo 2- Yükselti basamaklarına göre yağış erozif faktörü
Table 1- Rainfall erosive (R) factor by elevation steps

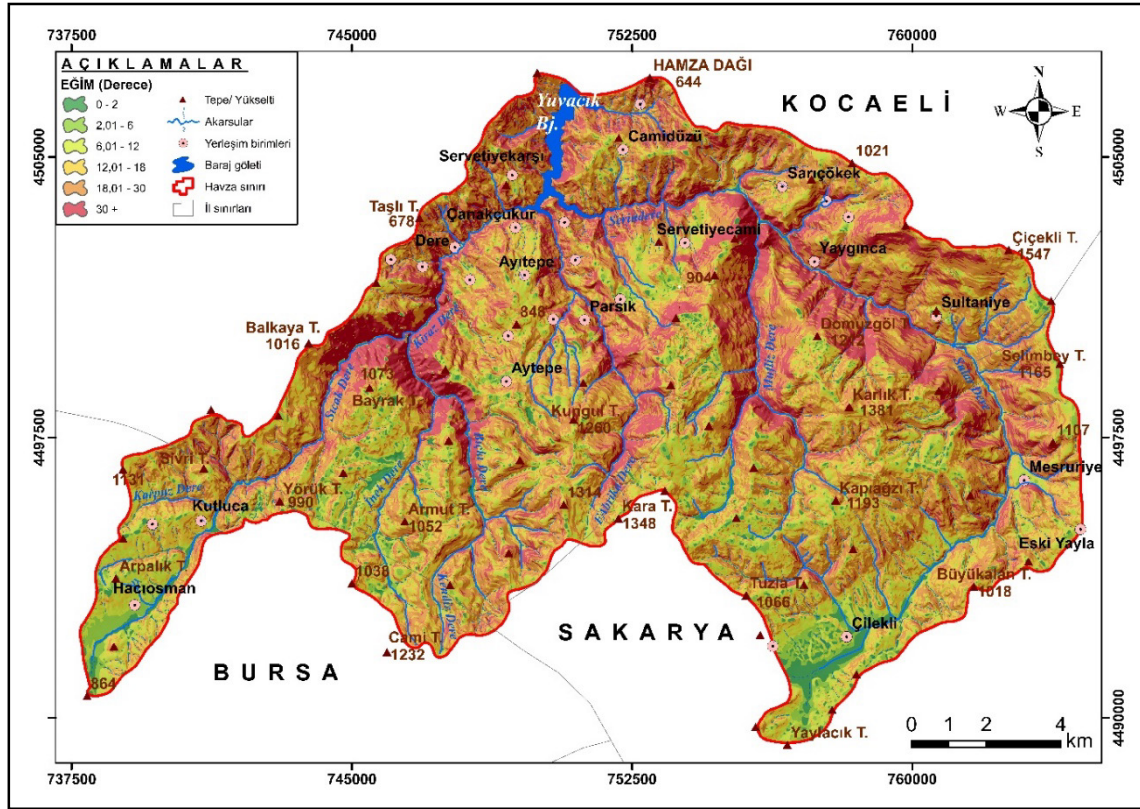
Yükselti Basamakları (m)	R Faktörü
0 - 100	169,53
100 - 200	213,83
200 - 300	231,14
300 - 400	248,59
400 - 500	266,16
500 - 600	283,85
600 - 700	301,63
700 - 800	319,49
800 - 900	337,42
900 - 1000	355,42
1000 - 1100	373,47
1100 - 1200	391,58
1200 - 1300	409,73
1300 - 1400	427,92
1400 - 1500 +	446,15

Havzada, yükseltinin kabaca 1100 m ve üzerinde olduğu kesimler yağış erozif faktörünün en yüksek olduğu alanlardır. Bu alanlar genellikle çalışma alanının doğusu ile güneyindeki yüksek tepelik kısımlara karşılık gelmektedir (Şekil 2).

3.2. Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik (LS) Faktörü

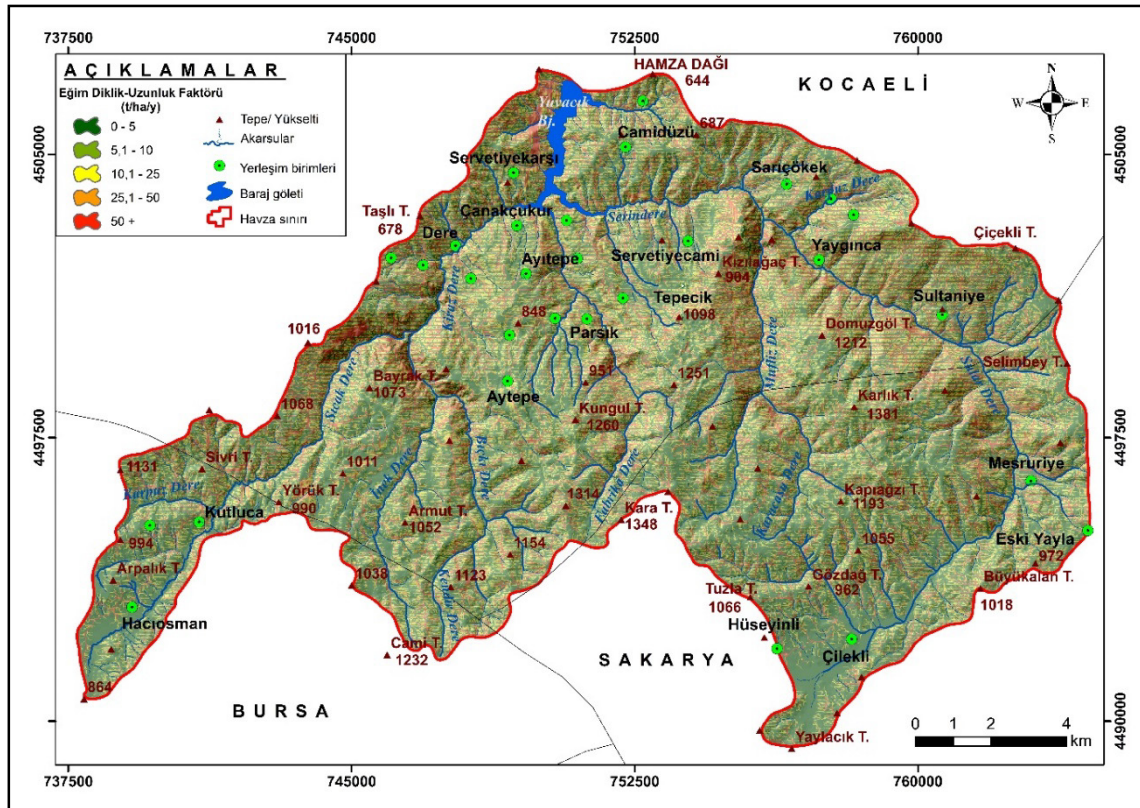
Bu faktörün hesaplanması için inceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından üretilen SYM verisi kullanılmıştır. Elde edilen SYM verisinden eğim haritası ile akış yönü ve akım birikimi hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre LS değerleri ile eğim değerleri arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür. Buna göre yüksek LS değerine sahip alanlar aynı zamanda eğim değerlerinin yüksek olduğu sahalara karşılık gelmektedir (Şekil 3).

İnceleme alanında Yuvacık Barajı'nın batı yamaçları, güneyde Sıcak Dere ve Kiraz Dere'nin vadi yamaçları ile doğudaki Müflis Dere ve Sular Deresi'nin vadi yamaçları LS değerlerinin en yüksek olduğu alanlardır (Şekil 4). Bu kesimlerde ana kayayı oluşturan büyük kireçtaşı blokları çok dik eğimlerle yüzeye çıkmıştır. Bu yüksek eğimlere bağlı olarak, sahadaki kolüvyal topraklar çoğunlukla bu dik vadi yamaçlarının eteklerinde yer almaktadır. Bununla birlikte sahadaki tepelik alanların zirve noktalarında yer alan düzlükler ise LS değerinin en düşük olduğu kesimleri oluşturmaktadır.



Şekil 3- İnceleme sahasının eğim haritası

Figure 3- Slope map of the study area



Şekil 4- Eğim uzunluk ve eğim diklik (LS) faktörü haritası

Figure 4- Map of slope length and slope steepness (LS) factor

3.3. Toprak Direnç (K) Faktörü

Toprak direnç faktörünün hesaplanması için sahada yayılış gösteren toprak tipleri ile bu topraklardan alınan örneklerin analiz sonuçları kullanılmıştır (Tablo 1). Daha önce de belirtildiği gibi çalışma alanı toprak tipleri açısından çok çeşitli bir saha değildir. Havzanın büyük bir bölümünü zonal toprak türlerinden olan kahverengi orman toprakları kaplamaktadır. Bunun yanında azonal toprak türlerinden olan alüvyal ve kolüvyal topraklar sahada yayılış gösteren diğer toprak türlerini oluşturmaktadır (Şekil 5).

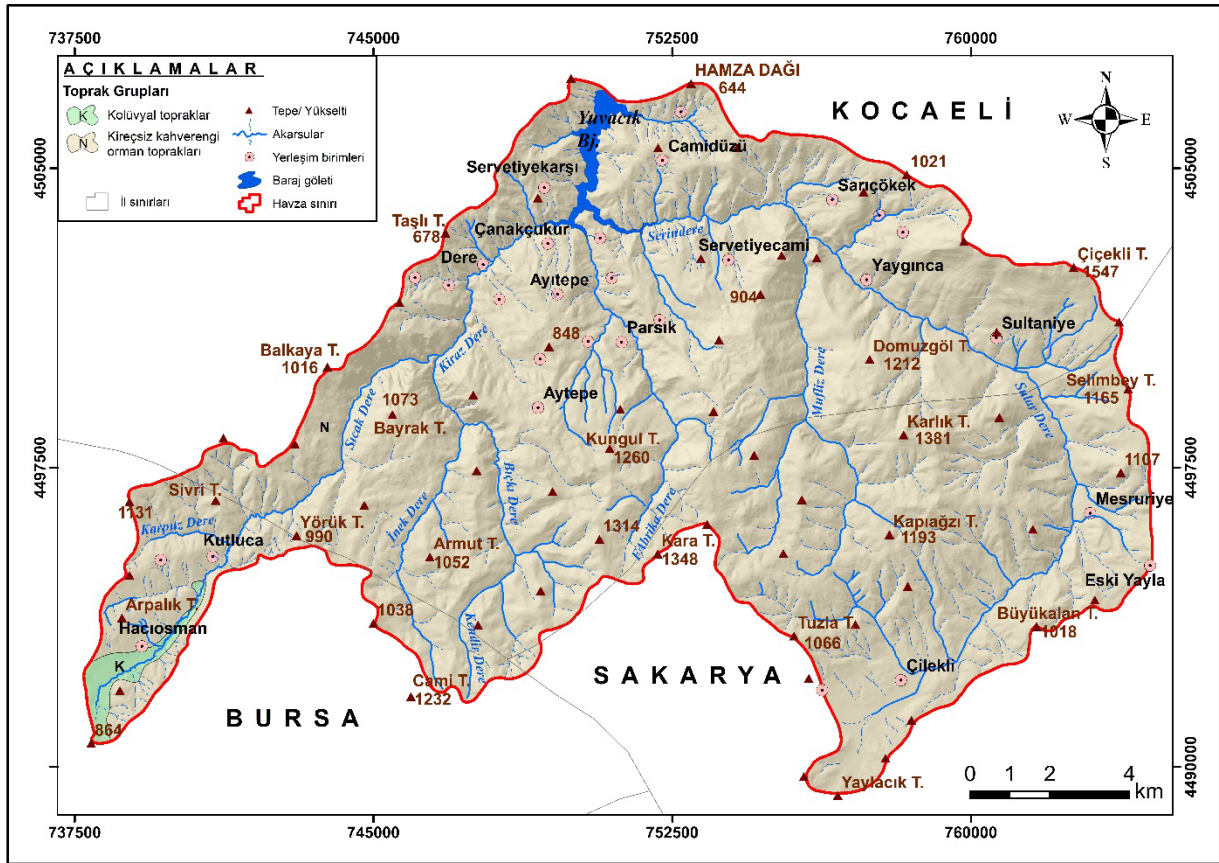
Çalışma alanı nispeten geniş olmasına rağmen toprak tipleri bakımından çeşitli olmadığı için, sadece dört farklı lokasyondan toprak örneği alınmıştır. Yapılan analizlere göre sahadaki toprakların büyük çoğunluğu killi topraklardır (Tablo 1). Bilindiği gibi killi topraklar geçirgenliği az olduğu için erozyon şiddetini arttırmaktadır. Havzadaki toprak

özelliklerine bağlı olarak çalışma alanının kuzey kesimleri dışında kalan kısımları toprak direnç faktörü bakımından orta ve yüksek şiddetli sahalara karşılık gelmektedir (Şekil 6).

3.4. Zemin Örtüsü (C) Faktörü

Erozyon, normal koşullarda meydana gelen doğal bir süreçtir. Bununla birlikte beşeri faaliyetler sonucunda bu süreç hızlanmakta, bu faaliyetlere bağlı olarak arazi kullanımında ortaya çıkan değişiklikler erozyonun olumsuz anlamda etkisini arttırmaktadır (Mater, 2004). Günümüzde yanlış arazi kullanımı sonucu meydana gelen erozyon gibi kütle hareketleri en sık karşılaşılan çevre sorunlarından birisidir.

İnceleme sahası arazi kullanım türleri açısından homojen bir yapıya sahiptir. Sahanın büyük bir bölümü (% 76,90) ormanlar ile kaplıdır. Tarım arazileri en çok alan kaplayan ikinci arazi kullanım türünü oluşturmaktadır (Şekil 7).



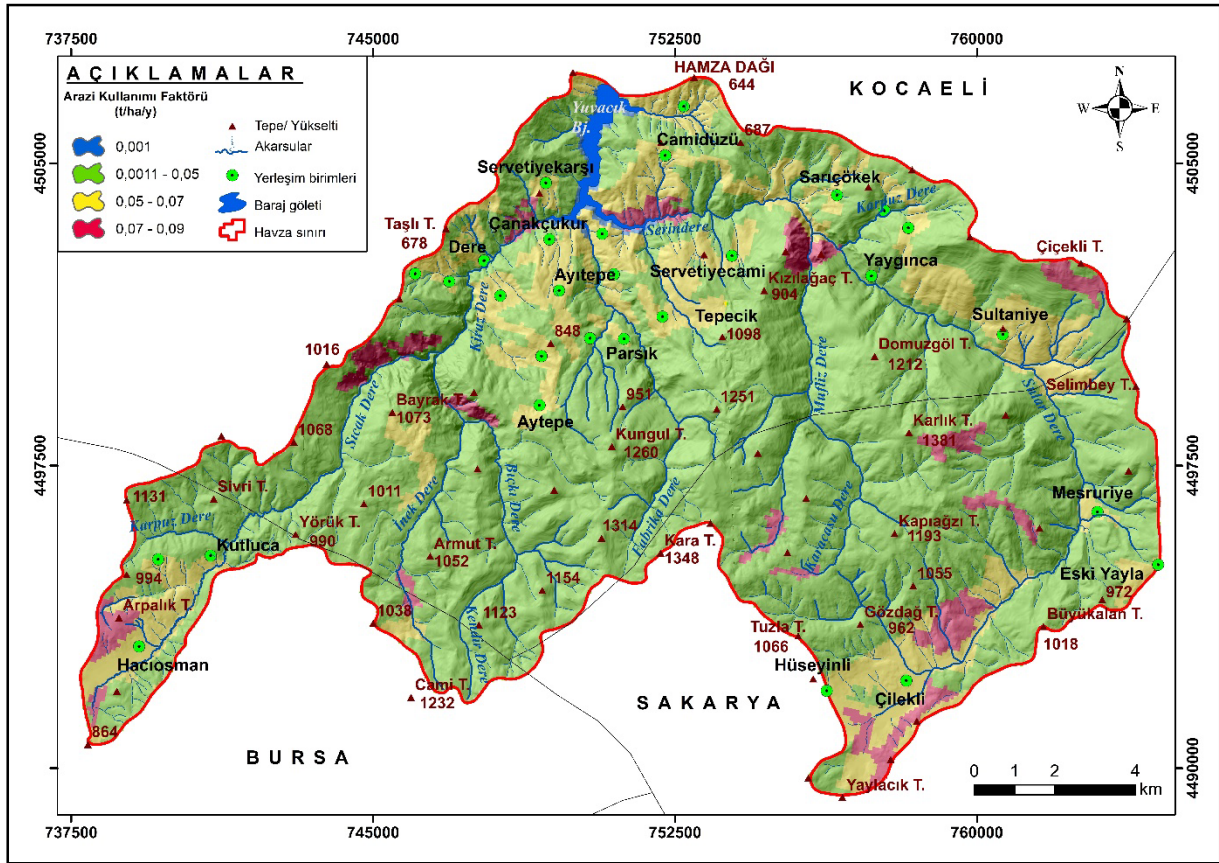
Şekil 5- İnceleme sahasının toprak haritası

Figure 5- Soil map of the study area

Bu alanlarda yetiştirilen ürünler bölgede yaşayan yerel halkın ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Nüfus çok fazla olmadığı içinde tarım arazilerinin kapladığı çok fazla değildir. Meralar, fundalıklar, çıplak kayalık alanlar ve çayır alanları diğer arazi kullanım türlerini oluşturmakla beraber çok fazla alan kaplamamaktadırlar.

Ormanların geniş alanlar kapladıkları sahalarda genel olarak erozyon riski azalmaktadır. Orman örtüsünü oluşturan ağaçların, kökleriyle toprağı tutmaları ve düşen yağmur sularının bir kısmının yüzeye düşmesini önlemeleri gibi bazı özellikleri bunun başlıca sebeplerindedir. Buna bağlı olarak bu

faktör içerisinde orman alanlarına erozyon riski açısından en düşük değerler girilmektedir. Diğer arazi kullanım türleri olan tarım arazileri, meralar, fundalıklar ve çayır alanları ise yanlış kullanıma bağlı olarak ormanlara göre erozyona karşı daha duyarlı alanlardır. Bu nedenle de RUSLE yönteminde bu alanlara daha yüksek değerler verilmektedir. Zemin örtüsü faktörü haritasında erozyon riskinin nispeten yüksek olduğu alanlar bu arazi kullanım türlerine karşılık gelmektedir (Şekil 8). Bu yöntemde erozyon riski en yüksek arazi kullanım türünü yerleşmeler oluşturmakla birlikte, inceleme sahasında en büyük yerleşim türü mahalle olduğu için bu çalışmadaki etkisi sınırlı kalmıştır.



Şekil 8- Zemin örtüsü (C) faktörü haritası

Figure 8- Map of cover management (C) factor

3.5. Erozyon Önleyici (P) Faktörler

RUSLE yöntemine göre P faktörü, erozyon tehlikesini en aza indirmek için alınan önlemleri ifade eder. "0" değeri erozyona karşı alınan önlemleri ifade ederken, 1 değeri ise herhangi bir önlem alınmadığı durumları ifade etmektedir (Lane vd., 1992). Çalışma alanında erozyonu önleyici herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı için 1 değeri kullanılarak P faktörü hesaplanmanın dışında bırakılmıştır.

Bu çalışma kapsamında RUSLE yöntemi kullanılarak, Yuvacık Barajı Havzası'ndaki erozyon

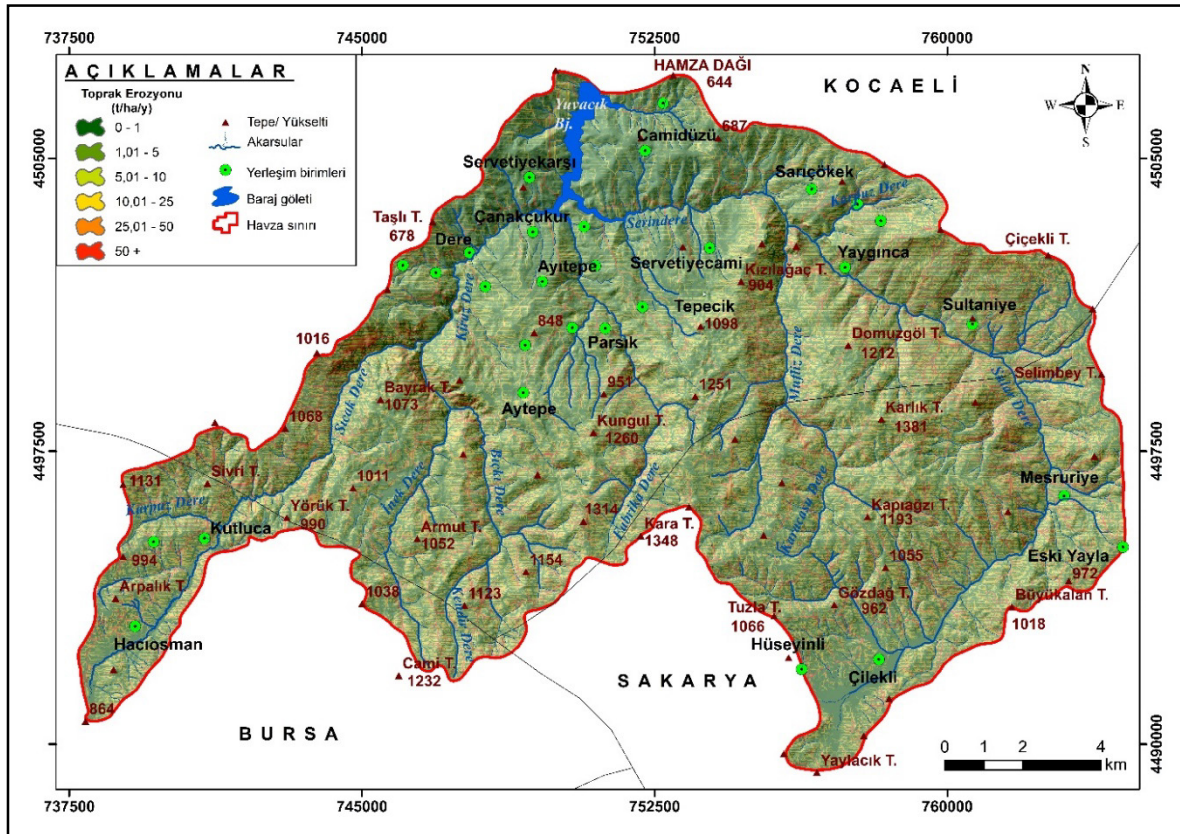
tehlikesi, erozyon risk sınıfları ve toplam toprak kaybı hesaplanmıştır (Tablo 3).

Buna göre altı farklı risk sınıfında değerlendirilen inceleme sahasının % 67,80'nin "çok hafif" ve "hafif" derecede erozyon riski taşıdığı tespit edilmiştir. Havzanın geri kalan % 32,20'lik kesimi ise "orta derece" ve "çok yüksek" erozyon risk sınıfları içerisinde yer almaktadır (Şekil 9 - Foto 3).

Bununla birlikte sahanın genelindeki ortalama toprak kaybı $16,13 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, yıllık toplam toprak kaybı ise 405,121 tonu bulmaktadır.

Tablo 3- Yuvacık Barajı Havzası'ndaki erozyon risk sınıfları ve toprak kaybı miktarı
 Table 3- Erosion risk classes and amount of soil loss in Yuvacık Dam Basin

Risk Durumu	Toprak Erozyonu (t/ha/y)	Alan (Ha)	Oran (%)
Çok hafif riskli	< 1	11101	44,20
Hafif riskli	1,01- 5	5927	23,60
Orta derecede riskli	5,01- 10	3104	12,36
Riskli	10,01- 25	2550	10,15
Yüksek riskli	25,01- 50	1158	4,61
Çok yüksek riskli	50 +	1276	5,08
	TOPLAM	25116	100
	Göl Yüzey Alanı	170	
	Genel Toplam	25286	



Şekil 9- Erozyon risk sınıfları ve toprak kaybı haritası

Figure 9- Map of erosion risk classes and soil loss

Daha önce ifade edildiği gibi inceleme alanında erozyon riskinden etkilenecek olan en önemli yapıyı Yuvacık Barajı oluşturmaktadır. Türkiye’de herhangi bir sahada baraj inşa edilmeden önce Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından planlama çalışmaları yapılmaktadır. Bu planlama çalışmalarında baraj ile teknik bilgilerin yanında, barajın kurulacağı havzadan baraja taşınabilecek sediment miktarı tahmin edilerek hesaplamalar yapılmaktadır. Hesaplamalar bazı standart değerlere dayanmaktadır. Bu değerlerden birisi barajın kullanım ömrüdür. Buna göre ülkemizin erozyon riski göz önünde bulundurularak, Türkiye’deki barajların kullanım ömrü 50 yıl olarak

ele alınmaktadır (Göğüş ve Adıgüzel, 1991). Bu değer ABD’de 100 yıl olarak değerlendirilmektedir (Cürebal vd., 2012).

İnceleme sahasının kuzeyinde yer alan Yuvacık Barajı, inşası tamamlandıktan sonra 1999 yılında su tutmaya başlamıştır. Barajın normal su kotunda göl hacmi 60.000.000 m³tür (URL 1). Barajın kullanım ömrüne yönelik tahminde bulunurken bu göl hacmine ait veriden yararlanılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak sahadaki yıllık toplam toprak kaybı metreküp (m³) olarak hesaplanmıştır. Buna göre sahada, yılda 421,730 m³ toprak taşınmaktadır. Barajın 23 yıldır

aktif olarak kullanıldığı hesaba katıldığında, bu süre içindeki toplam toprak kaybı 9, 700.000 m³'tür. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, gerçekleşen bu toprak kaybının tamamı baraja taşınmamaktadır. Bu değer tüm havzada meydana gelen toprak kaybını ifade etmektedir (Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016). Bununla birlikte baraja taşınan sediment miktarı; sediment ve sedimenti taşıyan akarsuların fiziksel özelliklerine bağlı olarak barajın farklı noktalarında depolanabildiği için barajın kullanım ömrü uzayabilmektedir (Cürebal vd., 2012). Tüm bu parametreler dikkate alındığında, Yuvacık Barajı'nın 1999 yılında su tutmaya başladığı tarihten, günümüze kadar geçen 23 yıllık kullanım süresi boyunca kabaca % 10 - % 15'lik kısmının dolduğunu söylemek mümkündür.

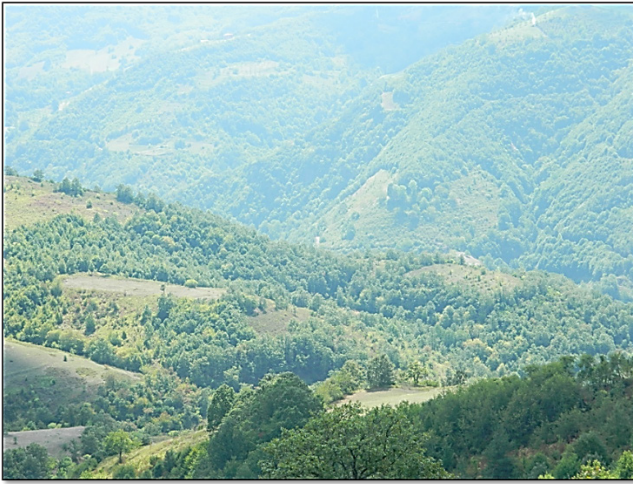


Foto 3- Çalışma sahasının doğusunda, Serindere'nin vadisinden bir görünüm. Yamaçların birçok noktasında bitki örtüsü tahrip edilmiştir.

Photo 3- A view from the valley of Serindere, eastern part of study area. Vegetation has been destroyed at many points of the slopes.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre araştırma sahasının yarısından fazlasında şiddetli bir erozyon tehlikesinin olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşılık sahanın bazı noktalarında erozyon riski çok yüksek değerlere çıkmaktadır. Analiz sonuçlarına göre genel olarak eğim değerlerinin fazla olduğu alanlar, dar ve derin vadilerin yer aldığı kısımlar, yağış miktarının fazla olduğu yüksek kısımlar ile yoğun bitki örtüsünün bulunmadığı kesimler erozyon riskinin yüksek olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Erozyonun riskinin en şiddetli olduğu bu kesimlerde hektar başına toprak kaybı çok yüksek değerlere çıkmaktadır. Buna bağlı olarak da sahadaki ortalama toprak kaybı miktarı da yüksek çıkmaktadır. Bunun yanında çalışma sahasının geri kalan kısımlarında erozyon riskinin düşük olduğu görülmektedir.

Erozyon riskinin düşük olmasını, sahanın büyük bir bölümünün ormanlar ile kaplı olmasına bağlamak mümkündür. Sahanın jeomorfolojik özelliklerinden dolayı tarım yapılabilecek alanların sınırlı olması ve araziye işleyecek olan nüfusun nispeten az olması araştırma sahası içerisinde geniş alan kaplayan ormanların tahrip edilmeden korunmasını sağlamıştır.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 2020 yılında güncellediği "Türkiye Su Erozyonu Atlasına" göre Yuvacık Barajı Havzası, çoğunlukla "çok hafif" ve "hafif" erozyon riski altındadır. Bununla birlikte sahanın bazı noktalarında erozyon, "şiddetli" ve "çok şiddetli" risk sınıfları içerisinde kalmaktadır. Bu çalışmadan çıkan sonuçlar Türkiye Su Erozyonu Atlası ile benzerlik göstermekle birlikte, havza ölçeğinde ele alındığında özellikle dar ve derin akarsu vadilerinde erozyon riski yüksek çıkmaktadır. Bu haliyle çalışma Türkiye Su Erozyonu Atlası ile farklılık göstermektedir.

İnceleme sahasında, özellikle yanlış arazi kullanımı sonucunda orman alanlarının tahrip edilmesi sahadaki mevcut erozyon riskinin daha yüksek olmasına neden olabilir. Çalışma alanı özelinde tarım arazileri sınırlı ve nüfus miktarı az olsa da, erozyon riskinin artması başka sorunları beraberinde getirebilir. Türkiye'nin en büyük illerinden olan İzmit'in (Kocaeli) içme suyu ihtiyacını karşılayan Yuvacık Barajı, sahada erozyon riskinin artması durumunda olumsuz anlamda etkilenebilecek en önemli alandır. Barajların ekonomik anlamda faydalı olabilmesi için uzun süreler boyunca faaliyette kalmaları en temel kuraldır. Siltasyon sonucu baraj göletinin dolması ise barajın kullanım süresini kısaltan en önemli sorunlardan birisidir. Eğer bir sahada erozyon gibi kütle hareketleri sürekli olarak meydana geliyorsa baraja dökülen akarsuların taşıdıkları sediment miktarı artmakta, barajın kullanım ömrü azalmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuca göre Yuvacık Barajı'nın günümüze kadar olan kullanım süresince yaklaşık olarak % 15'lik kısmının dolduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de barajların ortalama 50 yıllık kullanım süreleri olduğu dikkate alındığında, Yuvacık Barajı'nın bunun kabaca üç katı kadar kullanım ömrünün olduğunu söylemek mümkündür.

Gelecekte değişen şartlara bağlı olarak inceleme sahasında erozyon riskinin artması durumunda, ilk olarak buna neden olan faktörleri iyi analiz edip bunlara karşın önlemler alınarak risk durumu minimuma indirilebilir. İnceleme sahasında daha önce belirtildiği gibi mevcut durumda erozyon riski yüksek olmasa da, özellikle yanlış arazi kullanımı sonucunda orman alanlarının tahrip edilmesi sahadaki erozyon riskini artırabilir.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / funding conditions	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/Conception/Design of Study	A. Atalay Dutucu - Y. E. Mutlu
Metodoloji/Methodology	A. Atalay Dutucu - Y. E. Mutlu
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/Data Curation	A. Atalay Dutucu - Y. E. Mutlu
Analiz/Analysis and interpretation of data	Y. E. Mutlu
Görselleştirme/ Visualization	Y. E. Mutlu
Yazı taslağı/Writing - Original Draft	A. Atalay Dutucu - Y. E. Mutlu
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/Writing - Review & Editing	A. Atalay Dutucu - Y. E. Mutlu
Proje yönetimi/Project administration	

REFERANSLAR

- Ardel, A., & Kurter, A. (1969). Uygulamalı Klimatoloji. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Arnoldus, H. M. J. (Eds). (1980). An Appoximation of the Rainfall Factor in the USLE. Wiley.
- Bilgin, T. (1967). Samanlı Dağları. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, İstanbul.
- Cürebal, İ., Efe, R., Soykan, A., & Sönmez, S. (2012). Üç boyutlu modelleme kullanılarak siltasyon miktarının ölçülmesi: Çaygören Barajı örneği. III Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı içinde, (s. 729 – 738). 4 – 6 Ekim, Hatay.
- Çepel, N. (1997). Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA Vakfı Yayınları, İstanbul
- Desmet, P. J. J., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water Conservation, 51(5), 427 - 433.
- Dissanayake, D., & Morimoto, T., & Ranagalage, M. (2019). Accessing the Soil Erosion Rate Based on RUSLE Model for Sustainable Land Use Management: A Case Study of the Kotmale Watershed, Sri Lanka. Modeling Earth Systems and Environment, 5, 291–306.
- Efe, A., & Aksoy, N., & Özkan, N.G., & Oral, D.D., & Aslan, S.(2013). Yuvacık Barajı Havzası'nın (Kocaeli-Sakarya) Florası, Ormancılık Dergisi, 9(2), 56 - 92.
- Ekinci, D. (2005). CBS Tabanlı Uyarlanmış Rusle Yönetimi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erezyon Analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 13, 109 – 119.
- Ekinci, D., & Ekinci, B. (2006). Küçükçekmece Gölü ve Yakın Çevresinde (İstanbul) Zemin Örtüsü Değişiminin Coğrafya Üzerindeki Etkileri. Türk Coğrafya Dergisi, 47, 131 – 146.
- Emre, Ö., & Erkal, T., & Tohepalyga, A., & Kazancı, N., & Keçer, M., & Ünay, E. (1998). Doğu Marmara bölgesinin neojen- kuvaternerdeki evrimi. MTA Dergisi, 120, 233 – 258.
- Erpul, G., & Şahin, S., & İnce, K., & Küçümen, A., & Akdağ, M.A., & Demirtaş, İ., & Çetin, E. (2018). Türkiye Su Erozyonu Atlası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları.
- FAO. (2015). Global Soil Status, Processes And Trends. Status of The World's Soil Resources (SWSR). Main Report of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, New York.
- Fıçıcı, M., & Soykan, A. (2022). MPSİAC & RUSLE Yöntemleriyle Karşılaştırmalı Erozyon Analizi: Madra Barajı Havzası. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 8, 28 – 47.
- Foster, G.R., & Meyer, L. D., & Onstad, C. A. (1977). An erosion equation derived from basic erosion principles. Transactions of the ASAE 20(4), 678 - 682.
- Göğüş, M., & Adıgüzel, F. (1991). Türkiye'de Bulunan Rezervuarların Sedimentasyonu. T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye İnşaat Mühendisliği XI Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı içinde, (s. 369 – 383). 8 – 11 Ekim, İstanbul.
- Hoşgören, M. Y. (2004). Hidrografya'nın Ana Çizgileri – Yeraltı suları – Kaynaklar – Akarsular. Çantay Kitapevi, İstanbul.
- İkiel, C., & Ustaoglu, B., & Koç, D.E. (2020). Trakya'nın Erozyon Duyarlılık Analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 4, 1-14.

- Lane, L. J., Renard, K. G., Foster, G. R., & Laften, J. M. (1992). Development and Application of Modern Soil Erosion Prediction Technology – the USDA Experience, *Soil and Water Management and Conservation*, 30, 893 – 912.
- Mater, B. (2004). *Toprak Coğrafyası. Çantay Kitapevi.*
- Mitasova, H., & Hofieka, J., & Zlocha, M., & Iverson, L. R. (1996). Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS, *International Journal of Geographic Information Systems*, 10, 629 - 641.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing, U.K.*
- Özden, Ş., & Özden, D. M. (1997). Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli Turtem. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ ilinde CBS tabanlı RUSLE modeli kullanarak erozyon risk değerlendirmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 45-56.
- Pınar, M. Ö., Şahin, S., Madenoğlu, S., & Erpul, G. (2020). Derinöz Baraj Havzasında Şiddetli Erozyon Alanlarının Belirlenmesi ve Rezervuar Sediment Yükünün Hesaplanması. *Su Kaynakları*, 5(2), 24 – 33.
- Renard, K.G., & Foster, G.R., & Weeies, G.A., & Porter, J.P. (1991). RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation, *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, 30 - 33.
- Renard, K.G., & Foster, G.R., & Yoder, D.C., & McCool, D.K. (1994). RUSLE revisited: Status, questions, answers, and the future, *Journal of Soil and Water Conservation*, 49(3), 213 - 220.
- Renard, K.G., & Foster, G.R., & Weesies, G.A., & McCool, D., & Yoder, D. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Department of Agriculture Agriculture Handbook No 703.
- Sönmez, O. (1991). Konya-Beyşehir Şartlarında Universal Toprak Kaybı Denkleminin R, K, C ve P Faktörleri. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları No:147.
- Tağlı, Ş. (2007). Tuzla Çayı Havzası'nda (Biga Yarımadası) cbs tabanlı Rusle modeli kullanılarak arazi degradasyonu risk değerlendirmesi. *Ekoloji*, 17, 11 - 20.
- Tarı, U. (2007). İzmit körfezi ve çevresinin morfoloژی. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Toy, T. J. (1982). Accelerated Erosion: Process, Problems, and Prognosis, *Geology*, 10(10), 524 – 529.
- Tüfekçioğlu, M., & Yavuz, M. (2016). Yusufeeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk haritasının oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 188 – 199.
- Ustaoglu, B., & İkiel, C., & Dutucu, A. A., & Koç, D.E. (2021). Erosion Susceptibility Analysis in Datça and Bozburun Peninsulas, Turkey. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45, 557 – 570.
- Wischmeier, W.H., & Johnson, C.B., & Cross, B.V. (1971). A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26, 189 - 193.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A Guide to Conservation Planning. *Agricultural Research Service Handbook* 537.
- Zengin, M., & Hızal, A., & Karakaş, A., & Serengil, Y., & Tuğrul, D., & Ercan, M.(2005). İzmir Yuvacık Barajı Su Toplama Havzasının Yenilenebilir Doğal Kaynaklarının Su Üretimi (Kalite, Miktar ve Rejim) Amacıyla Planlanması, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, Yayın No:244.
- URL 1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Kirazdere_Baraj%C4%B1 Erişim Tarihi: 07.08.2022.

