

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238

**Araştırma Makalesi / Research Article****KİLLE ÇAYI HAVZASI'NDA (BALIKESİR) EROZYON RİSK ANALİZİ****Erosion Risk Analysis in Kille River Basin (Balıkesir)****Yunus Emre MUTLU^a, Abdullah SOYKAN^b, Murat FIÇICI^c**^a Sakarya Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya
mutlu@sakarya.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-0421-4535>^b Balıkesir Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir
asoykan@balikesir.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-1031-4121>^c Ardahan Üniversitesi, İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan
muratfıçici@ardahan.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-1508-7738>**Makale Tarihiçesi**Geliş 23 Ocak 2021
Düzenleme 7 Nisan 2021
Kabul 8 Nisan 2021**Article History**Received January 23, 2021
Received in revised form April 7, 2021
Accepted April 8, 2021**Anahtar Kelimeler**

Kille Çayı Havzası, Erozyon, RUSLE, CBS

Keywords

Kille River Basin, Erosion, RUSLE, GIS

Atıf Bilgisi / Citation InfoMutlu, Y.E., Soykan, A., Fıçıcı, M. (2021)
Kille Çayı Havzası'nda (Balıkesir)
Erosion Risk Analizi / Erosion Risk
Analysis in Kille River Basin (Balıkesir),
Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi /
Journal of Geomorphological
Researches, 2021 (6): 98-111
doi: 10.46453/jader.866903**ÖZET**

Balıkesir'in sulama ve içme suyu ihtiyacını karşılamak üzere 1991 yılında inşa edilen İkizcetepeler Barajı'nın da içerisinde yer aldığı Kille Çayı Havzası, Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nin, Güney Marmara Bölümü'nde Karesi Yöresi olarak adlandırılan kesimde yer almaktadır. İdari olarak Balıkesir ve Manisa illeri içerisinde kalan saha 569 km² yüzölçümüne sahiptir. Bu çalışmada, Kille Çayı Havzası'ndaki erozyon riskinin ve dağılımının belirlenmesi, ayrıca yıllık ortalama toprak kaybı miktarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için birçok parametrenin karşılıklı etkileşimlerini dikkate alan, bu alanda kullanılan diğer yöntemlere göre daha doğru sonuçlar veren ve bu nedenle dünyada erozyon çalışmalarında sıklıkla kullanılan CBS tabanlı bir yöntem olan Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) tercih edilmiştir. Çalışmada altlık olarak 1/25.000 ölçeğinde topoğrafya paftaları ve Aster GDEM'e ait DEM verileri kullanılmıştır. Bu veriler ile havzanın topoğrafya (eğim) ve lokasyon haritaları üretilmiştir. Diğer veriler ile de toprak, yağış ve arazi kullanım haritaları üretilmiştir. Üretilen bu haritalar ve RUSLE yöntemi çerçevesinde yapılan analizler sonucunda sahanın erozyon risk sınıfları ve yıllık toprak kaybı miktarı elde edilmiştir. Analizler sonucunda sahada az, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli olmak üzere beş farklı erozyon risk sınıfı belirlenmiştir. Havzanın % 78,69'u yıllık toprak kaybının <1 – 1.01 – 5 ton/ha/yıl arasında olduğu az – hafif erozyon riski altındadır. Yıllık toprak kaybının 10.01 – 25 > ton/ha/yıl arasında olduğu şiddetli – çok şiddetli erozyon riski altındaki sahalarda ise % 8,91'lik bir alan kaplanmaktadır. Havzadaki yıllık ortalama toprak kaybı ise 2,39 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama toprak kaybı 2,39 ton/ha/yıl olarak hesaplanan inceleme alanı, Türkiye ortalamasının (6.14 ton/ha/yıl) altında bir değere sahiptir. RUSLE yönteminde toprak ve arazi kullanımı parametreleri beşeri faaliyetlere bağlı olarak değişmektedirler. Bunların beşeri faaliyetlerden olumsuz anlamda etkilenmesi, erozyon riskinin artmasına sebep olmaktadır. Doğru arazi kullanımı ve bununla ilişkili olarak toprak örtüsünün korunması ile birlikte erozyon riski minimum düzeyde kalacaktır.

ABSTRACT

Kille Creek Basin, that contains İkizcetepeler barrage built in 1991 for irrigation and drinking water of Balıkesir, is located in South Marmara subregion of Marmara region. The area has 569 km² surface area within the boundaries of Balıkesir and Manisa administratively. In this research, it is aimed to identify the erosion risk in the area and its distribution in addition to determine the amount of soil loss. To reach this aim, it is preferred frequently used GIS based method Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) that gives more accurate results due to its considerations of interrelationships of different parameters and their interactions. In the research, it is used the topography sheets with a scale of 1:25.000 as base plate and DEM data belonging to Aster GDEM. With these data, the topography (slope) and location maps of the basin were produced. With these data soil, precipitation and land use maps of the basin were produced. As a result of these maps and analyzes made within the framework of the RUSLE method, the erosion risk classes of the basin and the annual soil loss amount were obtained. Five erosion risk classes are determined according to the results as low, slight, medium, high and strong. 78,69 % of the area that have soil loss between <1 –

1.01 – 5 ton/ha/year is under the low – slight erosion risk. On the other hand, the areas that have soil loss between 10.01 – 25 > ton/ha/year consist % 8,91 of the land. The mean of annual soil loss is calculated as 2,39 ton/ha/year. The calculation of the mean of annual soil loss as 2,39 ton/ha/year is beneath the mean of annual soil loss of Turkey as 6,14 ton/ha/year. The parameters of soil and land usage are depending on human activities. The negative effects of human activities on these parameters lead to increase of erosion risk of the land. Right usage of land with protection of ground cover in relation to this can lead to keep the erosion risk at the minimum level.

© 2021 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1. GİRİŞ

Yeryüzünün en üst ve en ince tabakasını oluşturan topraklar, canlı yaşamının önemli unsurlarından bir tanesidir. Toprak erozyonu ise bu en üst ve en ince tabakanın bir kısmının bulunduğu yerden başka bir yere taşınmasıdır. Normal koşullarda erozyon, doğal süreçler ile meydana gelen bir doğa olayıdır. Oluşumunda başta su ve rüzgar olmak üzere dış etmen ve süreçler rol oynamaktadır (Erkal ve Taş, 2013). Bununla birlikte günümüzde, yanlış arazi kullanımı, ormanların tahrip edilmesi, çok büyük boyutlardaki mühendislik çalışmaları gibi beşeri faaliyetlerin tetiklediği ve doğal olmayan yollar ile meydana gelen erozyonları da görmek mümkündür. Bu tip erozyonlara “Hızlandırılmış erozyon” adı verilmektedir (Çepel, 1997; Çepel vd., 2000). Genel olarak bakıldığında, doğal yollar ile oluşan erozyonun bazı olumlu sonuçları olsa da, çoğunlukla her iki erozyon türü de beşeri faaliyetler açısından çok ciddi olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Bugün dünyadaki en verimli tarım alanlarından bazıları olan büyük delta ovaları doğal erozyonun olumlu sonuçlarından birisidir. Bununla birlikte tarım alanlarının yok olması, artan nüfusa karşılıklı sınırlı alana sahip olan tarım alanlarında verimi arttırmak için sağlığa zararlı kimyasalların kullanılması, toprak ile birlikte en yaşamsal doğal kaynaklardan olan su kaynaklarının (Göller ve barajlar) siltasyon olayına bağlı olarak dolması, doğal veya hızlandırılmış erozyonun sebep olduğu olumsuz sonuçlardan bazılarıdır.

Toprak erozyonunun neden olduğu olumsuz sonuçlara bağlı olarak son yıllarda bu konu ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır (Zhu ve Huang, 2006; Pandey vd., 2009; Gaubi vd., 2017; İmamoğlu ve Dengiz,

2017; Nearing vd., 2017). Bu çalışmalardaki ortak nokta çoğunun belirli yöntem ve yaklaşım çerçevesinde yapılmış olmasıdır. Bu çalışmada kullanılan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) yöntemi ile birlikte Revised Universal Soil Loss Equation 2 (RUSLE 2) ve Universal Soil Loss Equation (USLE) yöntemleri Kuzey Amerika’da geliştirilen ve dünya çapında kullanılan yöntemlerdir. Coordination of Information on the Environment (CORİNE), Avrupa Birliği tarafından geliştirilmış olup çoğunlukla üye ülkeler tarafından kullanılmaktadır. Simulated of Water Erosion (SIMWE), General Directorate for the Conservation of the Nature (DGCONA) ve Water Erosion Prediciton Project Erosion Model (WEPP) erozyon çalışmalarında kullanılan diğer yöntemlerdir.

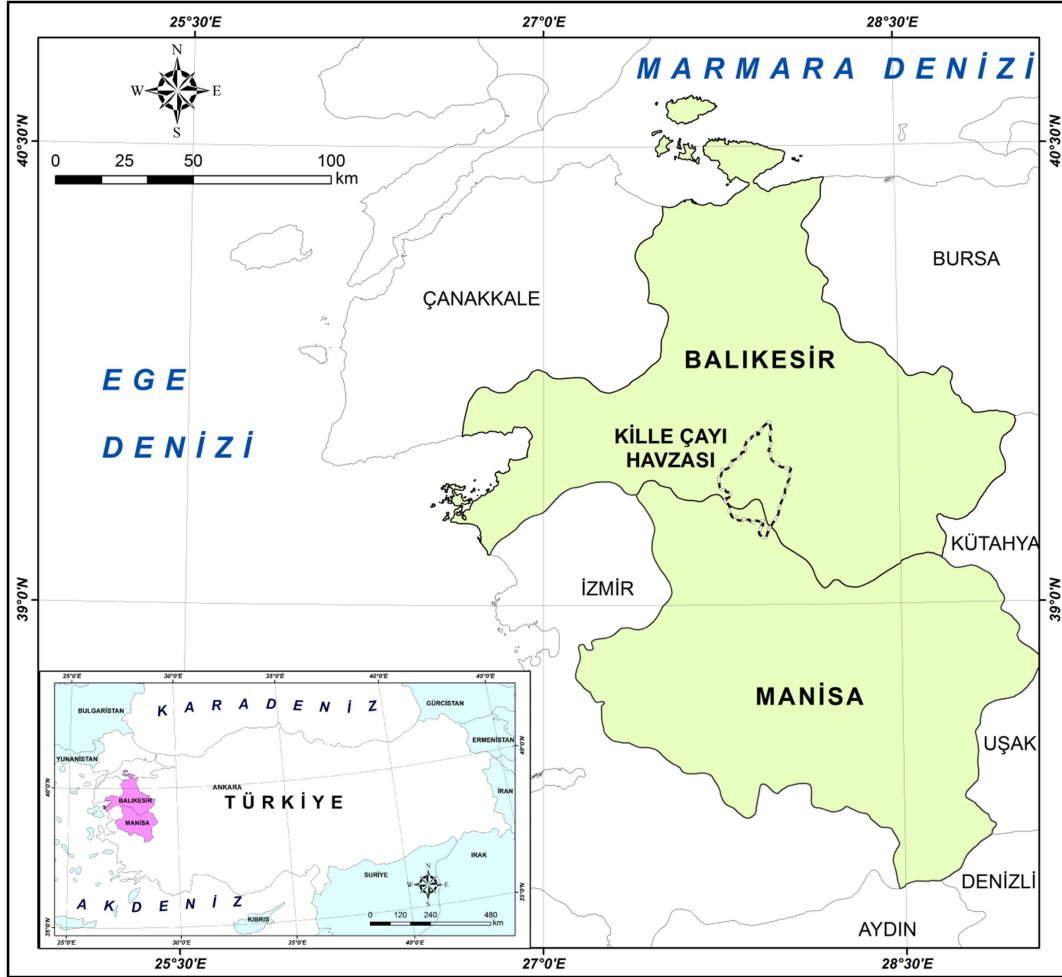
İlk medeniyetlerden günümüze kadar binlerce yıldır tarımsal faaliyetler için kullanılan Türkiye toprakları, erozyona karşı oldukça duyarlıdır. Yılda 500 milyon tondan fazla toprağını erozyon sonucu kaybeden Türkiye’de bu konu ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Karabulut ve Küçükönder, 2008; Kızılelma ve Karabulut, 2014; Özşahin ve Atasoy, 2014; Fıçıcı, 2016; Özdemir ve Dönmez, 2016; Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016; Mutlu ve Soykan, 2018; Uludağ ve Fıçıcı, 2018; İkiel vd, 2020; Ustaodlu vd, 2021).

Bu çalışmanın konusunu oluşturan saha Türkiye’nin kuzeybatısında, Balıkesir ve Manisa illerinin sınırları içerisinde kalan Kille Çayı Havzası’dır (şekil 1). Saha, yanlış arazi kullanımı ve bitki örtüsünün tahribi gibi antropojenik etkilere maruz kalmaktadır. Bunun yanında erozyonun meydana gelmesi için uygun litolojik yapıya ve özellikle

yükseltinin arttığı kesimlerde yüksek yağış değerlerine sahiptir.

Yukarıda belirtilen sorunlara bağlı olarak, inceleme alanındaki erozyona neden olan faktörler, meydana gelebilecek olası erozyonların tespit edilmesi ve çözüm önerileri getirilmesi bu çalışmanın amacını

oluştırmaktadır. Bu kapsamda erozyon riskini belirlemek için yukarıda bahsedilen yöntemlerden olan ve Tarım ve Orman Bakanlığının erozyon ile ilgili havza bazlı çalışmalarda tercih ettiği RUSLE yöntemi kullanılmıştır (Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2013).



Şekil 1: Kille Çayı Havzasının lokasyon haritası / Figure 1: Location map of Kille River Basin

1.1. İnceleme Alanının Konumu ve Genel Coğrafi Özellikleri

İncelemeye konu olan Kille Çayı Havzası, Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümü'nün Karasi Yöresi olarak adlandırılan kesiminin güneyinde yer almaktadır (Şekil 1). İdari sınırlara göre değerlendirildiğinde saha; Balıkesir'in Altıeylül, Sındırgı, Bigadiç ve Savaştepe ilçeleri ile Manisa ilinin Kırkağaç ilçesinin bir kısmını kapsamaktadır.

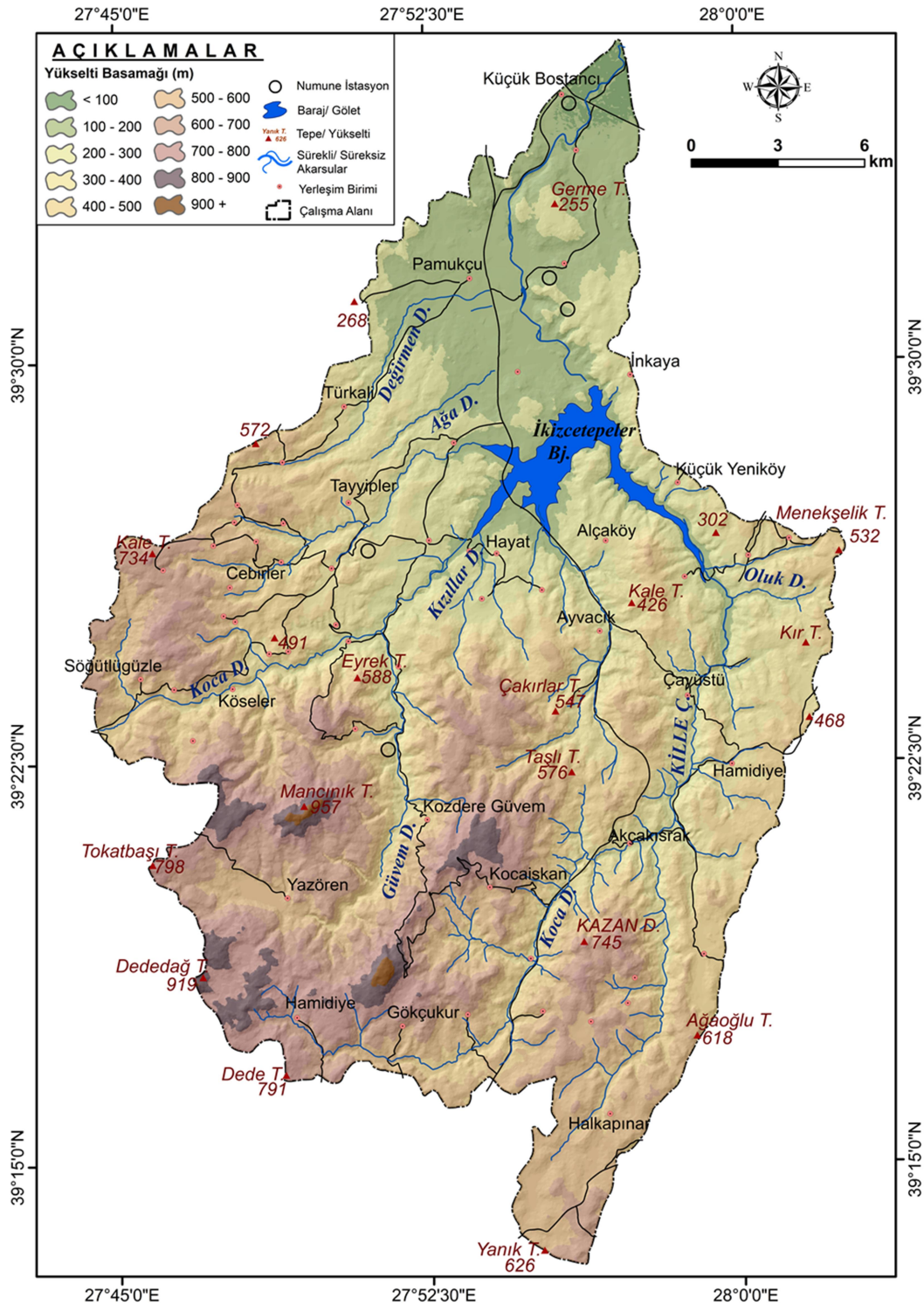
İnceleme alanında Paleozoik'ten, Kuaterner'e kadar olan çeşitli yaş aralığında litolojik birimleri görmek mümkündür. Havzanın temeli Paleozoik dönemine ait kristalize kalker ile

mermerler ve Mesozik'e ait kireçtaşı, metakumtaşı, metakuvarsit, metavolkanit ve metadiyabazlardan oluşmaktadır. Karasal kökenli Neojen formasyonları bu temel üzerine diskordant olarak gelmektedir. Neojen formasyonlarının üzerine ise Kuaterner dolguları ile travertenler ile bazaltlar gelmektedir (Ercan vd., 1984).

İnceleme alanında, ana jeomorfolojik birimler olan dağlar, platolar ve ovaları bir arada görmek mümkündür. Havzanın batı, güney ve güneybatısı dağlık alanlara karşılık gelmektedir. Sahanın en yüksek noktasını oluşturan Mancınık Dağı'nın (957 m) yer aldığı

alanlarda yükselti değerleri 700 ile 900 m arasında değişmektedir. Sahanın kuzey, kuzeydoğusu ve doğusu ise en alçak kesimleri oluşturan ova ve vadi tabanlarına karşılık

gelmektedir. Balıkesir Ovası'nın güneybatısı, Pamukçu Ovası, Yazören Polyesi, Koca Dere ve Koz Dere vadi tabanları sahanın en alçak noktalarını oluşturmaktadır (şekil 2).



şekil 2: Kille Çayı havzasının yükselti basamakları haritası / Figure 2: Elevation levels map of the study area

Bu iki saha dışında havzanın geneli, farklı yükselti kademelerindeki platolar ile kaplıdır. Dağ ve plato alanları başta Kille Çayı olmak üzere Koz Dere, Koca Dere, Bağarsık Dere,

Çiftlik Dere gibi havzanın belli başlı dereleri tarafından dar ve derin bir şekilde yarılmıştır. Dağlık alanlar genel olarak aşınım sahasına, bu alanlardan taşınan malzemenin toplandığı

alçak sahalarda ise birikim sahasına karşılık gelmektedir (Kızılçaoğlu, 2002).

İnceleme alanının alçak kısımlarını oluşturan kuzey kesimlerinde Akdeniz iklimi görülürken, güneye doğru gidildikçe yükseltinin artmasına bağlı olarak çok sert olmayan karasal iklim koşulları etkili olmaktadır (Kızılçaoğlu, 2002). Balıkesir meteoroloji istasyonunun verilerine göre; temmuz ve ağustos aylarındaki ortalama sıcaklıklar 24.8 °C'dir. Kış aylarında ise en düşük ortalama sıcaklıklar görülmektedir. 4.5 °C ile ocak ayı, 6.1 °C ile de şubat ayı en düşük ortalama sıcaklıkların görüldüğü aylardır. Kış mevsimi yağışların maksimum seviyede olduğu dönemdir. Yağışın en fazla olduğu aylar; kasım, aralık ve ocak aylarıdır. 95 mm ile aralık ayı yağışın en fazla olduğu aydır. Yaz mevsimi de yağış değerlerinin en düşük olduğu dönemdir. Temmuz ayında 8.4 mm olan yağış miktarı, ağustos ayında iyice azalarak 6.1 mm'ye kadar düşmektedir.

Havzanın alçak kesimlerinde görülen Akdeniz iklimi, bitki örtüsü üzerinde de etkisini göstermektedir. Sahanın 500 - 600 m seviyelerine kadar olan kesimde Akdeniz ikliminin karakteristik türlerinden kızılçamlar (*Pinus brutia*) yaygındır. 600 m'den itibaren yükseltinin artması ve iklim koşullarının değişmesi ile birlikte karaçam (*Pinus nigra*) ve Saçlı meşe (*Quercus cerris*), Macar meşesi (*Quercus frainetto*) ile Sapsız meşe (*Quercus petraea*) gibi bazı meşe türleri yayılış göstermektedir (Kızılçaoğlu, 2002).

İnceleme sahasının hakim toprak tiplerini sırasıyla; kireçsiz kahverengi topraklar, vertisoller ve kireçsiz kahverengi orman toprakları oluşturmaktadır. Bunun yanında anakayanın kireçtaşı olduğu Yazören Polyesi ve çevresinde kırmızı - kahverengi Akdeniz toprakları, Balıkesir Ovası'nın güneybatısı ve Pamukçu Ovası'nda ise alüvyal topraklar yer almaktadır (Kızılçaoğlu, 2002).

Kille Çayı sahayı drene eden en önemli akarsudur. İkizcetepeler Barajı'ndan sonra Nergis Çayı adını alan akarsu, kuzeye doğru devam ederek Üzümcü Çayı ile birleşip Kocaçay'ı meydana getirir. Kocaçay daha sonra Simav Çayı ile birleşip Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Kille Çayı'nın kolları olan Koca

Dere, Koz Dere, Bağarsık Dere ve Çiftlik Dere sahadaki diğer belli başlı akarsuları oluşturmaktadır. Bununla birlikte sahada, Kille Çayı üzerinde içme - sulama ve taşkın kontrolü amacıyla 1986 - 1991 yılları arasında inşa edilen İkizcetepeler baraj gölü de yer almaktadır.

Balıkesir ili Altıeylül, Sındırgı, Bigadiç ve Savaştepe ilçeleri ile Manisa'nın Kırkağaç ilçesine bağlı kırsal mahallelerin yer aldığı sahada başlıca geçim kaynağını tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. Küçükbaş hayvancılığın yaygın olduğu sahada; şeker pancarı, tahıl, tütün, sebze ve baklagiller başlıca tarımsal ürünleri oluşturmaktadır.

2. VERİ ve YÖNTEM

RUSLE yönteminde verinin güvenilirliği, kalitesi ve süresi gibi parametreler çalışmanın doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda çalışma için gerekli olan veriler; altık haritalar olarak topografya haritaları Harita Genel Müdürlüğü'nden, analizler için gerekli olan DEM verisi Aster GDEM sitesinden, jeoloji paftaları Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nden, toprak ile arazi kullanım verileri Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden, iklim verileri ise Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Çalışmada kullanılan veriler / Table 1: Used data in study

Veri	Kaynak
İklim	Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
Toprak	Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (Balıkesir - Manisa)
Sayısal Yükselti Modeli (10 m)	Harita Genel Komutanlığının hazırladığı 1/25.000'lik Topografya Paftaları/
DEM	Aster GDEM sitesi
Arazi Kullanımı (2000 yılı)	Mülga Köy Hizmetleri Balıkesir ve Manisa müdürlükleri

Çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarından temin edilen bu ham veriler, ArcGIS programı içerisinde WGS - 84 formatında koordinatlandırılarak analizler için uygun hale getirilmiştir.

Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (RUSLE)

Kille ayı Havzası'nda erozyon riskinin belirlenmesi ve sınıflandırılması için ABD Tarım Bakanlığı Toprak bölümünün geliştirdiği "Düzenlenmiş evrensel toprak kaybı denklemi" (RUSLE) kullanılmıştır. Bu yöntemde kullanılan veri seti çok uzun yıllara dayanmaktadır, Önceki yöntemlere göre daha doğru sonuçlar verdiği için RUSLE yöntemi daha gelişmiştir. Bu nedenle de erozyon çalışmalarında en fazla tercih edilen yöntemlerden bir tanesini oluşturmaktadır. Bu yöntem beş farklı parametreden oluşmaktadır. Bunlar; yağış, toprak, eğim ve yamaç uzunluk, arazi örtüsü ve erozyon önleyici faktörlerdir (Renard vd., 1991; Renard vd., 1997).

RUSLE yönteminin formül aşağıdaki gibidir:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Formülde;

A: Yıllık ortalama toprak kaybı (ton/ha/yıl)

R: Yağış erozif faktörü

K: Toprak erozif faktörü

LS: Eğim ve yamaç uzunluk faktörü

C: Zemin örtüsü faktörü

P: Erozyon önleyici faktörlere karşılık gelmektedir.

2.1. Yağış Erozyon (R) Faktörü

İklim elemanlarından olan yağışın; süresi, miktarı, şiddeti ile yağın yağmur damlacıklarının büyüklüğü, darbe etkisi ve yere düşme açısı vb. parametreler ile toprak erozyonu üzerinde etkili olmaktadır. Yağmur damlacıklarının aşındırdığı malzeme eğim doğrultusunda ve suyun taşıma gücü ile birlikte hareket etmektedir (Cürebal ve İkinci, 2006). Bu çalışmada yağmurun neden olduğu toprak erozyonunun hesaplanmasında (Wischmeier ve Smith, 1978) yağmurun kinetik

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

şeklindedir. Formülde;

K= Toprak erodabilite değeri,

M= Partikül boyutu,

enerjisini baz alan Erozyon İndeksi (E:İ) değeri kullanılmıştır. Bu değeri bulmak için ise Arnoldus (1980) tarafından geliştirilmiş Modified Fournier İndeks (MFI) formülü kullanılmıştır. Formül;

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

Pi: aylık yağışlar (mm)

P: yıllık yağışların ortalaması olarak ifade edilmektedir.

Yağış Erozif Faktörü ise;

R = (4. 17 MFI) – 152 sabit değeri ile hesaplanmaktadır.

2.2. Toprak Direnç (K) Faktörü

Toprak, sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler nedeniyle erozyon çalışmalarında çok önemli bir yer tutmaktadır. Erozyon çalışmalarında; toprağın tekstürü, strüktürü, profili, su tutma kabiliyeti, tanelerin boyutu ve geçirgenliği gibi parametreler dikkate alınmaktadır (Mater, 1998; Millward ve Mersey, 1999; İkinci, 2005; Efe vd., 2008; Atalay, 2011). İnceleme sahasının toprak haritası, mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün Balıkesir ve Manisa paftalarına göre yeniden düzenlenmiştir. Toprağın erozyona karşı direncini belirlemek için sahadaki toprak tiplerinin hepsinden, havzanın genelini yansıtabilecek şekilde toprak örnekleri alınmıştır (Foto 1). Alınan bu toprak örneklerinin bünyelerindeki organik madde, kum, kil ve silt miktarlarını belirlemek için çeşitli analizler yapılmıştır (Tablo 2, Tablo 3). Elde edilen sonuçlar toprak direncinin erozyon ile ilişkisini belirlemek için geliştirilen hesaplama yöntemine göre düzenlenmiştir (Foster vd., 1977). Formül, belirli sabit değerler ile toprak içindeki tane boyutlarının hesaplanmasına dayanmaktadır.

Foster's Equation formülü;

$$\{silt(\%) + iyi\ gelişmiş\ kum(\%)\} \cdot \{(100 - kil(\%))\}$$

a= organik madde içeriği (%)

b= toprak strüktür kodu

c= toprak geçirgenlik sınıfı ifade etmektedir.



Foto 1: Yöntem kapsamında toprak direnç faktörünün hesaplanması için Küçük Bostancı Mahallesi'nden alınan toprak örneği / **Photo 1:** Soil sample taken from Küçük Bostancı District to calculate the soil resistance factor within the scope of the method

Tablo 2: İnceleme sahasından alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları / **Table 2:** Physical and chemical analysis results of soil samples taken from the study area

Örnek No	pH	EC	Kireç	Organik Madde	K	Ca	Mg	Na	KDK	Kum	Kil	Silt	Bünye
		dS m ⁻¹	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	me 100g ⁻¹	%	%	%	
1	7,42	0,014	9,60	2,50	71,77	313,10	38,26	2,26	29,89	26,40	28,60	45,00	C
2	7,38	0,007	7,40	2,60	42,73	333,80	24,36	1,83	20,26	40,30	18,40	41,30	C
3	7,56	0,008	33,40	1,70	26,64	328,50	48,19	0,84	29,77	8,50	32,40	59,20	C
4	7,23	0,005	3,10	7,40	3,13	295,80	7,13	0,69	16,14	64,50	20,00	15,50	SL
5	7,33	0,012	22,00	7,30	9,51	359,70	5,54	0,73	23,52	32,30	31,80	35,90	CL
6	7,47	0,010	4,70	6,80	17,84	420,50	101,50	1,45	52,29	18,10	9,80	72,10	C
7	6,84	0,002	2,00	6,70	16,44	275,60	52,08	1,47	25,32	58,20	20,00	21,80	SCL

Tablo 3: Tablo 2'ye ait açıklamalar/ **Table 3:** Explanations of table 2

Örnek No	Lokasyon	Koordinatlar	Bünye
1	Küçük Bostancı Mah	39°34'49" K/27°55'51" D	C/Kil
2	Küçük Bostancı Mah	39°34'55" K/27°55'44" D	C/Kil
3	Küçük Bostancı Mah	39°34'17" K/27°55'18" D	C/Kil
4	Çiçekpınar Mah	39°31'17" K/27°55'47" D	SL/ Kumlu-Silt
5	Çiçekpınar Mah	39°31'25" K/27°54'52" D	CL/Killi-Silt
6	Bereketli ve Konakpınar Mah yolu üzeri	39°26'42" K/27°51'37" D	C/Kil
7	Yazören ve Kozderegüvem Mah yolu üzeri	39°21'10" K/27°49'59" D	SCL/Kumlu-Killi Silt

2.3. Eğim ve Yamaç Uzunluk (LS) Faktörü

Erozyonun meydana gelebilmesi, yani toprağın bir yerden başka bir yere hareket etmesi eğim şartlarına bağlıdır. Buna bağlı olarak eğim ile erozyon arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Eğim değerleri arttıkça erozyon şiddetlenmekte, tam tersine eğim değerleri düştükçe erozyon tehlikesi de azalmaktadır. Bu nedenle eğim değerlerinin doğru olarak

$$Pow((\text{flowacc})^{\text{çözünürlülük}/22,1,0,6})^{\text{Pow}(\text{Sin}((\text{slope})^0.01745/0.09.1.3))} \quad (4)$$

şeklinde dir.

2.4. Zemin Örtüsü (C) Faktörü

RUSLE yönteminde zemin örtüsü faktörü, eğim ve yağış faktörleri ile karşılıklı ilişkisi nedeniyle önemli bir yer tutmaktadır. Sağanak karakterli yağın bir yağmur, akarsu yatağından taşıdığı andan itibaren yüzeysel akışa geçmektedir. Bununla birlikte bu karakterdeki bir yağmurda düşen damlacıkların yüzeyle teması çok daha sert olmaktadır. Bu koşullar sağlandığında toprağın aşındırılması ve yüksek eğim ile birlikte taşınması hızlanmakta, böylelikle erozyon riski artmaktadır (Hoşgören, 2004; Ekinci ve Ekinci, 2006). Yukarıdaki durumun gerçekleştiği alanlar daha çok zemin örtüsünün çıplak olduğu, yüzeyledeki toprak tabakasının korunmasız olduğu sahalardır. Buna karşılık bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda yüzeysel akışa geçen suyun etkisi bitki örtüsü sayesinde nispeten azalmaktadır. Bununla birlikte yağın yağmur damlalarının büyük bir kısmı ise ağaçların dal ve yaprakları tarafından tutulduğu için yüzeysel akışa geçemezler. Bu durum ise doğal olarak gelişen erozyon üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Bu nedenle bitki örtüsü ve erozyon arasında ters orantı bulunmaktadır. Bitki örtüsü gür olan alanlarda erozyon riski az, zayıf olan alanlarda ise erozyon riski fazladır.

2.5. Erozyon Önleyici (P) Faktörler

Bu yöntemde P faktörü, erozyonunun etkilerini minimumda tutmak için alınan önlemleri belirtmektedir. Yamaçlarda teraslama ve kademelendirme, bitki örtüsünün yoğunluğunu arttırma ve suni kanallar inşa etmek bu önlemlerden bazılarıdır (Özşahin, 2014). Bu faktörde değerler 0 ile 1 arasında

hesaplanması erozyon çalışmaları açısından oldukça önemlidir. RUSLE yönteminde bu faktörü hesaplamak için farklı hesaplamalar kullanılmaktadır (Pandey vd., 2009; Gaubi vd., 2017; Zeng vd., 2017). Bu çalışmada eğim ve yamaç uzunluğunu (LS) faktörünü hesaplamak için Moore ve Burch (1986) ile Mitasova vd., (1996) tarafından geliştirilen formül kullanılmıştır. Formül;

değişmektedir. 0, erozyon riskinin olmadığı, 1 ise riskin en yüksek olduğu alanlara karşılık gelmektedir.

3. BULGULAR

3.1. Yağış Erozi (R) Faktörü

Yağış erozi (R) faktörünün hesaplanması için, inceleme alanına 10 km mesafedeki Balıkesir meteoroloji istasyonunun 67 yıllık yağış verisi kullanılmıştır. Havzadaki yükselti farkının 858 m olması, düşen yağış miktarı ve dağılışı üzerinde farklılığa sebep olduğu için Schreiber'in yağışın her 100 m'de 54 mm artmasına dayanan formülü kullanılmıştır (Ardel ve Kurter, 1969). Formül aşağıdaki gibidir;

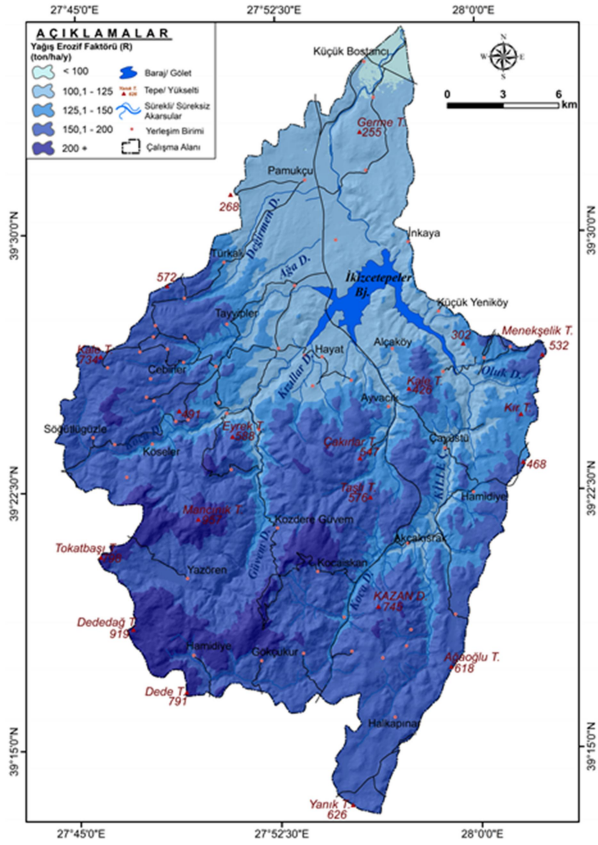
$$Ph = Po + 4,5xh \quad (5)$$

Ph: ortalama yağış miktarı (mm)

Po ise: verileri bilinen noktanın ortalama aylık yağış miktarı (mm)'dir.

Bu hesaplamaya göre sahanın en alçak alanlarını oluşturan 102 m'ye kadar olan kısım için yağış erozi faktörü 95,1, en yüksek alanlarını oluşturan 1000 m civarındaki kısımlar için ise 237.3'tür.

Sahada yağış erozi faktörünün en yüksek olduğu alanlar genellikle batı – güneybatı ile havzanın orta ve güney kısımlarına karşılık gelmektedir (Şekil 3). Şekil 3'de görüldüğü gibi yükselti değerlerinin 700 m'yi geçtiği alanlar yağış erozi faktörüne bağlı erozyon riskinin en fazla olduğu sahalardır.



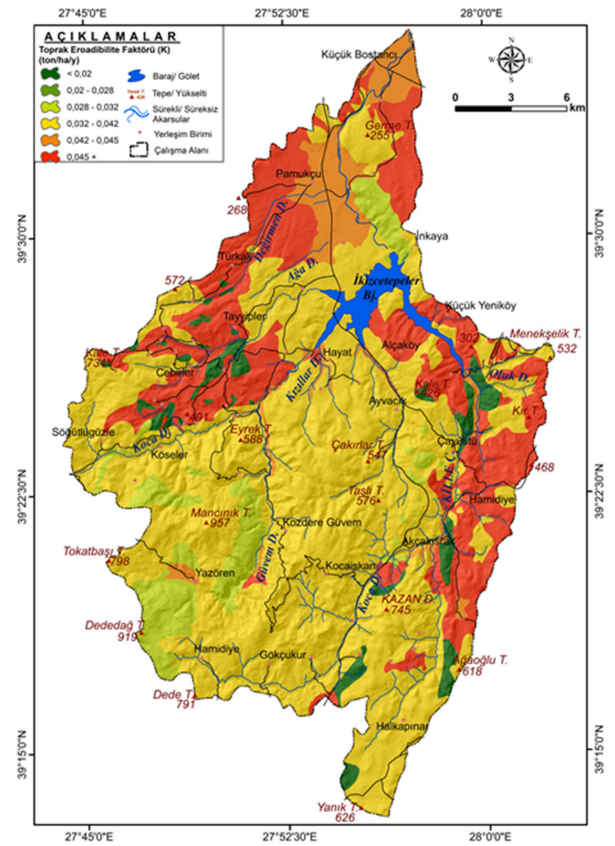
Şekil 3: Yağış (R) faktörü haritası / **Figure 3:** Map of rainfall (R) factor

3.2. Toprak Direnç (K) Faktörü

RUSLE yöntemindeki K faktörünün hesaplanması ise havzada yayılış gösteren toprak tipleri ve sahadan alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları dikkate alınmıştır (Tablo 4; Şekil 4). Buna göre inceleme alanında; zonal, intrazonal ve azonal toprak tiplerinin tamamını görmek mümkündür. Kireçsiz kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi topraklar, kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları zonal toprak grubuna girmektedir. Kahverengi orman toprakları, anakayanın yer yer yüzeye çıkması nedeniyle intrazonal toprak grubuna dahildir. Kille Çayı'nın kuzeydoğuda Burgaz Boğazı'nı geçtiği düzlük alanlarda, Pamukçu Ovası ve Yazören Polye tabanında ise azonal toprak grubuna dahil olan alüvyal topraklar yer almaktadır (Kızılçaoğlu, 2002). Havzadaki toprak tipleri çoğunlukla kaba taneli kumlu topraklar ile nem değeri yüksek killi topraklardan oluşmaktadır (Tablo 2).

Kireçsiz kahverengi topraklar, havzada en geniş alan kaplayan toprak tipini oluşturmaktadır. 21.289 hektarlık alanı ile

sahanın % 37,5'ini kaplamaktadır. Havzada, yükseltinin 250 - 500 m arasında olduğu alanlarda yer alan bu toprakların bünyeleri genellikle kaba taneli ve kumlu olduğu için su tutma kapasiteleri azdır (Kızılçaoğlu, 2002). Bu haliyle erozyon tehlikesi bakımından düşük riskli topraklar olarak değerlendirilebilir. Buna karşılık eğim faktörü ile birlikte değerlendirildiğinde ise erozyon tehlikesi artmaktadır. Yağışlı bir dönemde, toprağın suya doygun hale geldiği ve eğim değerinin fazla olduğu vadi yamaçları gibi alanlarda erozyon tehlikesinin arttığını söylemek mümkündür (Şekil 4).



Şekil 4: Toprak (K) faktörü haritası / **Figure 4:** Map of soil (K) factor

Havzada geniş alanlar kaplayan bir diğer toprak tipi kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. 12,509 hektar alan kaplayan bu topraklar sahanın % 22,07'sini oluşturmaktadır. Çoğunlukla havzanın yüksek kesimlerinde görülen bu topraklar, üzerinde geliştikleri andezit ve aglomeralar nedeniyle kil bakımından oldukça zengindirler. İnceleme sahasının yüksek kesimlerinde yer alması, bu kesimlerde yağışın 1000 mm ve üzerinde olması, aynı zamanda havzanın en fazla eğimli

alanlarına karşılık gelmesi ve son olarak üzerindeki bitki örtüsünün tahrip edilmesi nedeniyle kireçsiz kahverengi orman toprakları çok Şiddetli erozyona uğramışlardır (Kızılçaoğlu, 2002).

Tablo 4: İnceleme alanındaki toprak aşınabilirliğinin Foster Eşitliği'ne göre hesaplanması / **Table 4:** Calculation of soil erosion in the study area according to Foster Equality

rnek No	Toprak Tipi	K Faktörü
1	Alüvyal topraklar	0,045
2	Alüvyal topraklar	0,060
3	Alüvyal topraklar	0,043
4	Kırmızı-kahverengi Akdeniz toprakları	0,028
5	Kırmızı-kahverengi Akdeniz toprakları	0,020
6	Kahverengi orman toprakları	0,042
7	Kireçsiz kahverengi orman toprakları	0,032

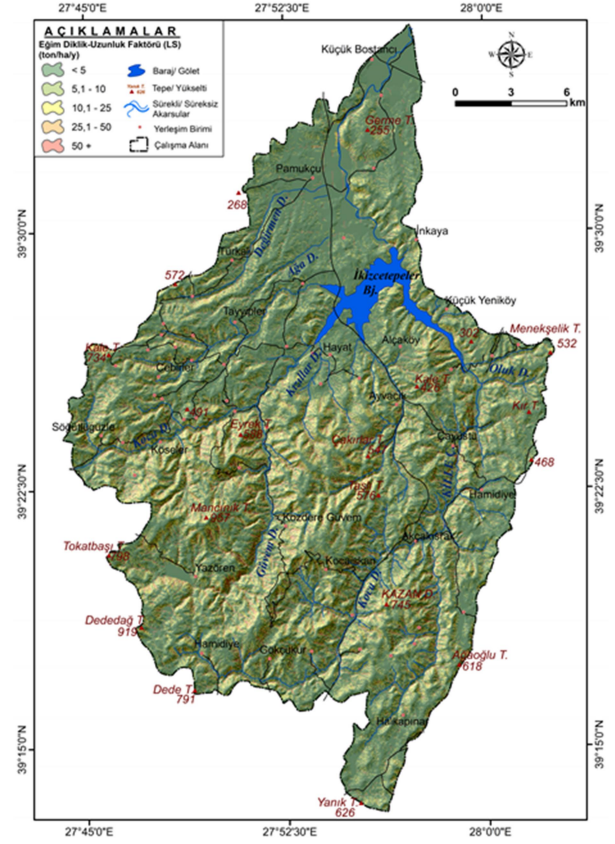
3.3. Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik (LS) Faktörü

Eğim uzunluk ve eğim diklik (LS) faktörünün hesaplanması için çalışma sahasına ait topoğrafya haritasından elde edilen DEM verisi kullanılmıştır (Şekil 5). Bu DEM verisinden üretilen eğim haritası ile akış yönü ve akım birikimi hesaplamaları yapılmıştır. LS faktörüne bağlı erozyon riski ile eğim değerleri arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. LS değerlerinin yüksek olduğu sahalarda, aynı zamanda yüksek eğim değerlerine sahiptir. Aşınmanın fazla olduğu yüksek kesimler ile eğim değerinin fazla olduğu vadi yamaçları LS değerinin yüksek olduğu alanlardır. Buna karşılık yükselti ve eğim değerlerinin az olduğu ova ve vadi tabanlarında LS değerinin düşük olduğu görülmektedir (Şekil 5).

3.4. Zemin rts (C) Faktörü

Kille ayı Havzası'ndaki belli başlı arazi kullanım türleri; ormanlık ve fundalık alanlar ile meralar ve kuru tarım alanlarından oluşmaktadır (Kızılçaoğlu, 2002). Havzadaki ormanlar, çoğunlukla kızılcam ve karaamlardan oluşmaktadır. Sahanın alçak kesimlerinden 500 – 600 m'ye kadar olan kısımlarında kızılcamlar (*Pinus brutia*) yaygınken, bu seviyelerden sonra karaamlara (*Pinus nigra*) geçilmektedir. Tarım ve

hayvancılık ile geçinen yerel halkın, bu faaliyetleri maalesef erozyon riskini arttırmaktadır (Şekil 6).

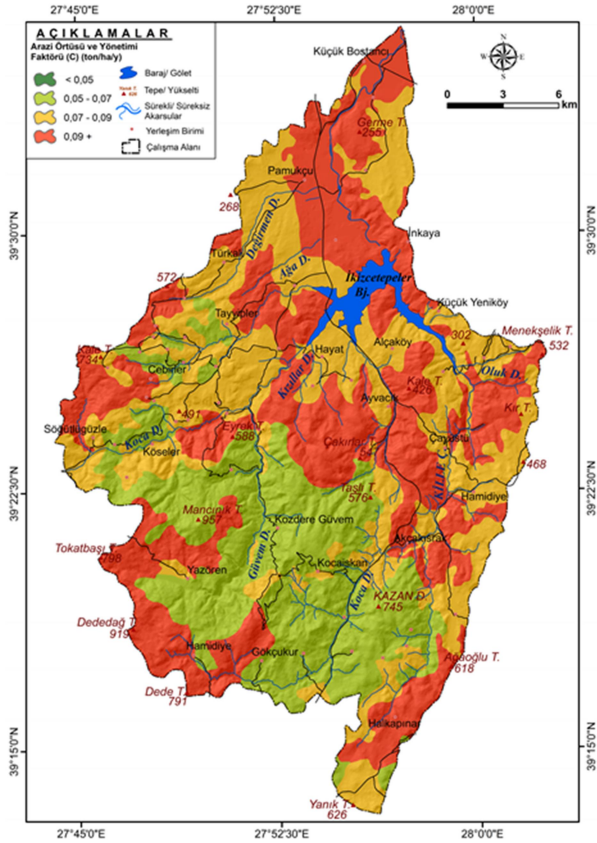


Şekil 5: Eğim uzunluk ve eğim diklik (LS) faktörü haritası / **Figure 5:** Map of slope length (L) and slope steepness (S) factor

Daha önce de ifade edildiği gibi bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar da erozyon riski azalmaktadır. Bununla birlikte çalışma sahasının özellikle yüksek kesimlerindeki orman alanları hayvanların otlatılması için tahrip edilerek meralara dönüştürülmektedir. Daha alçak kesimlerdeki mera alanları ise aşırı otlatılma nedeniyle mera özelliğini kaybetmiştir. Adacıklar halindeki ormanlar ile fundalık alanlar ve meralar, yükselti Őartlarının uygun olduğu alanlarda ortadan kaldırılarak tarım alanlarına dönüştürülmüşlerdir. Doğaya yapılan bu olumsuz müdahaleler ise erozyon riskini arttırmaktadır.

3.5. Erozyon nleyici (P) Faktörler

RUSLE yönteminde P faktörü, erozyonu minimuma indirmek için alınan önlemleri ifade etmektedir (Lane vd, 1992). Çalışma sahasında erozyonu önleyici herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı için 1 değeri kullanılarak P faktörü denklem dışında bırakılmıştır.



Şekil 6: Zemin örtüsü (C) faktörü haritası / **Figure 6:** Map of cover management (C) factor

4. SONUÇ

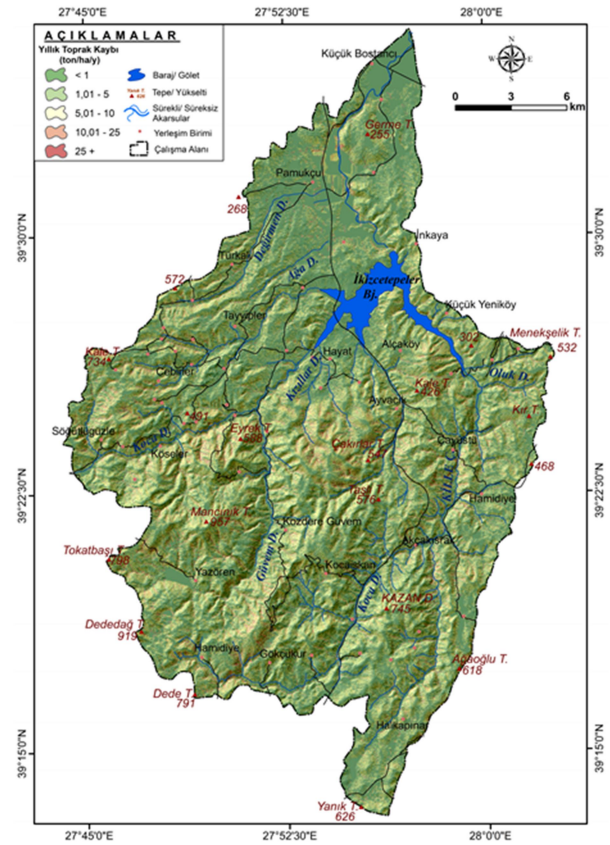
İnceleme sahasında RUSLE yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada, havzadaki toplam toprak kaybı miktarı ve erozyon risk sınıfları belirlenmiştir. Beş farklı risk sınıfının belirlendiği havzanın % 78,69'nun çok az ve hafif erozyon risk sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).

Buna karşılık sahanın % 8,91'i ise yüksek ve çok yüksek erozyon risk sınıfı içerisinde kalmaktadır (Tablo 5). Sahanın genelinde ise yıllık toplam toprak kaybı ise 105.276 ton olarak belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Türkiye Su Erozyon Atlası (Erpul vd., 2018) ile karşılaştırıldığında benzer sonuçların görüldüğü, Kille Çayı Havzası'nda "çok az" ve "hafif" derecede erozyonun etkili olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile tespit edilen erozyon risk durumu, inceleme alanındaki akarsuların bazı önemli kolları üzerine kurulmuş olan İkizcetepeler baraj gölünün ömrünün beklenenden daha uzun olacağını, siltasyonun

etkilerinin nispeten zayıf kalacağını düşündürmektedir.

İnceleme alanında, RUSLE yöntemi kapsamında ele alınan tüm parametrelerin erozyona neden olduğunu söylemek mümkündür. Yanlış arazi kullanımının yaygın olduğu, toprağın kolay taşınabildiği, eğim değerlerinin ve yağış miktarının fazla olduğu alanlarda erozyon riski de yüksek çıkmaktadır. Havzanın 700 m üzerindeki dağlık kısımlarında ve akarsular tarafından dar ve derin bir şekilde yarılan plato sahalarında, yukarıda belirtilen parametrelerin etkisine bağlı olarak erozyon riski nispeten fazladır (Foto 2). Buna karşılık eğim değerlerinin düşük, yağış miktarının nispeten az olduğu ve jeomorfolojik açıdan birikim sahalarına karşılık gelen alçak kesimlerde ise erozyon riski oldukça düşüktür (Şekil 7).



Şekil 7: Erozyon risk sınıfları ve toprak kaybı haritası / **Figure 7:** Erosion risk classes and soil loss map

Sahada yaşayan yerel halkın geçimini sağladığı tarım ve hayvancılık, erozyon tehlikesini önemli oranda arttırmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi küçükbaş hayvancılığın yaygın olduğu sahada aşırı otlatma sorunu nedeniyle

mera alanları yok olmaktadır. Bunun yanında hem tarım yapılabilecek alanları genişletmek hem de yakacak ihtiyacını karşılamak için özellikle havzanın yüksek kesimlerindeki bitki örtüsü tahrip edilmektedir. Yanlış arazi

kullanımı olarak adlandırılan tüm bu uygulamalar sonucunda toprağın üst kısmındaki bitki örtüsü ortadan kaldırılmakta, toprak erozyona karşı duyarlı bir hale gelmektedir.

Tablo 5: Kille Çayı Havzası'ndaki erozyon risk sınıfları ve toprak kaybı miktarı / **Table 5:** Erosion risk classes and amount of soil loss in Kille River Basin

Erozyon Duyarlılık Sınıfları	Toplam Erozyon (ton/ha/yıl)	Alan (ha)	Oran (%)
Çok Az	< 1	26.480	46,71
Hafif	1.01-5	18.130	31,98
Orta	5.01-10	6.083	10,73
Şiddetli	10.01-25	3.469	6,12
Çok Şiddetli	25 +	1.583	2,79
TOPLAM		55.745	98,34
Baraj Göleti		942	1,66
GENEL TOPLAM		56.687	100,00



Foto 2: Tüfler kolay aşınabilen kayaçlardır ve üstlerindeki bitki örtüsü de tahrip edildiği takdirde erozyon tehlikesi de artmaktadır. Havzanın güneyindeki yüksek sahada yer alan Hamidiye Mahallesi'nin batısı / **Photo 2:** Tuffs are easily eroded rocks and the danger of erosion increases if the vegetation cover on them is destroyed. West of Hamidiye District, located in the high area in the south of the basin.

Erozyon normal koşullarda doğal yollar ile oluşan veya gelişen bir süreçtir. Bununla birlikte yanlış arazi kullanımı, bitki örtüsünün tahribi gibi beşeri faaliyetlere bağlı olarak da erozyonlar meydana gelmektedir. Oluşumları

itibariyle erozyonu tamamen ortadan kaldırmak mümkün değildir. Yapılması gereken erozyonun etkisini minimuma indirecek uygulamaları hayata geçirmektir. Bu kapsamda öncelikle alınması gereken önlem yerel halkın

bu konuda bilinçlendirilmesidir. Aşırı otlatmanın, tarım alanı açmak veya yakacak ihtiyacını karşılamak için bitki örtüsünü gereğinden fazla tahrip etmenin erozyon tehlikesine sebep olduğu konusunda bilgilendirilmeleri gerekmektedir. Araziden doğru ve bilinçli şekilde faydalanarak hem maksimum verim alınabilir, hem de erozyon gibi çeşitli doğal afetlerin etkisi minimuma indirilebilir.

KATKI BELİRTME / TEŐEKKÜR

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 2018/171 D-16 no'lu "Kille Çayı Havzası'nda CBS tabanlı RUSLE (3D) Erozyon Analizi" adlı projeden üretilmiştir.

Çalışma sahasından alınan toprak örneklerinin analiz edilmesinde emeği geçen Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümünün değerli öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Sevda ALTUNBAŐ'a teőekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

ArdeI, A. ve Kurter, A. (1969). *Uygulamalı Klimatoloji*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Arnoldus, H. M. (1980). An Approximation of the Rainfall Factor in the USLE. M. D. Boodt, & D. Gabriels içinde, *Assessment of Erosion* (s. 127-132). Chichester: Wiley.

Atalay, İ. (2011). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık.

Cürebali, İ. ve Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Dere Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3D) Yöntemiyle Erozyon Analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* (47), 115-129.

Çepel, N. (1997). *Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar*. İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları.

Çepel, N., Bahtiyar, M., Işık, K., Altın, M., Geray, U., Neyişçi, T. (2000). *Erozyonla Mücadele (Tema Eğitim Semineri Ders Notları)*. İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları.

Efe, R., Ekinci, D. ve Cürebali, İ. (2008). Erosion Analysis of şahin Creek Watershed (NW of Turkey). *Journal of Applied Science*, 8(1), 49-58.

Ekinci, D. (2005). CBS Tabanlı Uyarlanmış Rusle Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakóltesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* (13), 109-119.

Ekinci, D. ve Ekinci, B. (2006). Küçükçekmece Gölü ve Yakın Çevresinde (İstanbul) Zemin Örtüsü Değişiminin Coğrafya Üzerindeki Etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi* (47), 131-146.

Ercan, T., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M., Küçükayman, A., Türkecan, A., Can, B., Erkan, M. (1984). Bigadiç Çevresinin (Balıkesir) *Jeolojisi, Mağmatik Kayaçların Petrolojisi ve KökenseI Yorumu*. Balıkesir MTA Enstitüsü Balıkesir Bölge Arşivi. No: 475.

Erkal, T. ve Taş, B. (2013). *Jeomorfoloji ve İnsan*. İstanbul: Yeditepe Yayınevi.

Erpul, G., şahin, S., Küçümen, A., Akdağ, M. A., Demirtaş, İ., Çetin, E. ve İnce, K. (2018). *Türkiye Su Erozyonu Atlası, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.

Fıçıcı, M. (2016). *Kapıdağ Yarımadası'nda Erozyon ve Arazi Kullanma İlişkisi*. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.

Foster, G.R., Meyer, L. D., Onstad, C. A. (1997). An erosion equation derived from basic erosion principles. *TRANSACTIONS of the ASAE* 20(4), 678-682.

Gaubı, I., Chaabani, A., Mammou, A. B. ve Hamza, A. H. (2017). A GIS-Based Soil Erosion Prediction Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Lebna Watershed Cap Bon, Tunisia). *Nat Hazards* (86), 219-239.

Hoşgören, M.Y. (2004). *Hidrografya'nın Ana Çizgileri - Yeraltısuları - Kaynaklar - Akarsular*. İstanbul: Çantay Kitabevi.

İkiel, C., Ustaoglu, B., Koç, D. E. (2020). Trakya Yarımadası'nda Erozyon Duyarlılık Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* (4) 1 - 14.

İmamoğlu, A. ve Dengiz, O. (2017). Determination of Soil Erosion Risk Using RUSLE Model and Soil Organic Carbon Loss in Alaca Catchment (Central Black Sea Region, Turkey). *Rendiconti Lincei*, 1(28), 11-23.

Karabulut, M. ve Küçükönder, M. (2008). Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti.

- Kahramanmaraş: KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi.*
- Kızılçaoğlu, A. (2002). *Kille ayı Havzası (Balıkesir)'nin Jeomorfolojisi ve Uygulamalı Jeomorfolojisi.* Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kızılelma, Y. ve Karabulut, M. (2014). Mut Havzasında Erozyona Duyarlı Alanların Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(31), 439-456.
- Lane, L.J., Renard, K.G., Foster, G.R. ve 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. (1998). *Toprak Coğrafyası.* İstanbul: antay Kitabevi.
- Millward, A.A. ve Mersey, J.E. (1999). Adapting the RUSLE to Model Soil Erosion Potential in a Mountainous Tropical Watershed. *Catena*(38), 109-129.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M. ve Iverson, L. R. (1996). Modeling Topographic Potential for Erosion and Depositon Using GIS. *Journal of Geographical Information Science*, 10(5), 629-641.
- Moore, I. ve Burch, G. (1986). Physical Basis of the Length- Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal*(50), 1294-1298.
- Mutlu, Y. E. ve Soykan, A. (2018). Rusle (3D) Modeli Kullanılarak Toprak Erozyonu Tahmini: Havran ayı Örneği. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 1, 50 - 66.
- Nearing, M.A., Yin, S.G., Borelli, P. ve Polyakov, O.V. (2017). Rainfall Erosivity: An Historical Rewiew. *Catena*(157), 357-362.
- Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2013). *Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013 - 2017.* Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.
- Özdemir, M. A. ve Dönmez, S.T. (2016). CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1), 1-21.
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ İlinde CBS Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 11 (3), 45-56.
- Özşahin, E. ve Atasoy, A. (2014). *Aşağı Asi Nehri Havzası'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Teknikleriyle Erozyon Analizi.* Hatay: Hakan Ofset.
- Pandey, A., Mathur, A., Mishra, S.K. ve Mal, B.C. (2009). Soil Erosion Modeling of a Himalayan Watershed Using RS and GIS. *Environmental Earth Sciences*(59), 399-410.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weeies, G.A. ve Porter, J.P. (1991). RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Consevation* (46), 30-33.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weeies, G.A., Mccool, D.K. ve Yoder, D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle).* Washington D.C: U.S Department of Agriculture Handbook.
- Tüfekçioğlu, M. ve Yavuz, M. (2016). Yusufeli Mikro Havzasında (Artvin) Yüzey Erozyonu Toprak Kaybının Tahmin Edilmesi ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 188-199.
- Uludağ, M. ve Fıçıcı, M. (2018). Saray İlçesinde (Tekirdağ) Toprak Erozyonunun RUSLE Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*(70), 29-36.
- Ustaoğlu, B., İkiel, C., Dutucu, A.A., Koç, E.D. (2021). Erosion Susceptibility Analysis in Datça and Bozburun Peninsulas, Turkey. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science.*
- Wischmeier, W.H. ve Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning.* Washington D C: U S Department of Agriculture Habdbook.
- Zeng, C., Wang, S., Bai, X., Li, Y., Tian, Y., Li, Y., Wu, L. ve Luo, G. (2017). Soil Erosion Evolotion and Spatial Correlation Analysis in a Typical Karst Geomorphology Using RUSLE with GIS. *Solid Earth*(8), 721-736.
- Zhu, L. ve Huang, J. F. (2006). GIS-Based Logistic Regression Method for Landslide Susceptibility Mapping in Regional Scale. *Journal of Zhejiang University*, 7(12), 2007-2017.