

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

## Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



### Araştırma Makalesi / Research Article

## RUSLE (3D) MODELİ KULLANILARAK TOPRAK EROZYONU TAHMİNİ: HAVRAN ÇAYI ÖRNEĞİ

### Assessment of soil erosion by RUSLE (3D) model: A case study of Havran basin

Yunus Emre MUTLU <sup>a</sup> & Abdullah SOYKAN <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Balıkesir - Türkiye

[e.mutlu1990@gmail.com](mailto:e.mutlu1990@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0003-0421-4535> (sorumlu yazar / corresponding author)

<sup>b</sup> Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir - Türkiye

[soykana@gmail.com](mailto:soykana@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0002-1031-4121>

#### Makale Tariğçesi

Geliş 09 Nisan 2018

Düzenleme 02 Temmuz 2018

Kabul 28 Eylül 2018

#### Article History

Received 09 April 2018

Received in revised form 02 July 2018

Accepted 28 September 2018

#### Anahtar Kelimeler

Havran Çayı, Toprak, Erozyon, RUSLE, CBS.

#### Keywords

Havran Creek, Soil, Erosion, RUSLE, GIS

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

Mutlu, Y.E. & Soykan, A. (2018). Ruste (3D) modeli kullanılarak toprak erozyonu tahmini: Havran çayı örneği, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2018 (1): 50-66

#### ÖZET

İncelemeye konu olan Havran Çayı Havzası, Türkiye'nin kuzeybatısında, Ege Bölgesi'nin Asıl Ege Bölümü'nün kuzeyinde yer almakta olup 537 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahiptir. Bu çalışmada Havran Çayı Havzası'nda erozyon duyarlılık ve dağılışının belirlenmesi, ayrıca yıllık ortalama toprak kaybı miktarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için CBS tabanlı bir yöntem olan Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) tercih edilmiştir. Bu yöntem çerçevesinde havzanın topografya, jeoloji, toprak, yağış, arazi kullanımı gibi parametreleri değerlendirilmiştir. Çalışmada altlık olarak 1/25.000 ölçeğinde topoğrafya paftaları kullanılmıştır. Bu harita paftaları UTM - ED50 formatında koordinatlandırılmış ve bilgisayar ortamında altlık veriler üretilmiştir. Bu veriler kullanılarak toprak erozyonunu belirlemeye yönelik analizler yapılmıştır. Böylece erozyon duyarlılık sınıfları ve yıllık toprak kaybı miktarı elde edilmiştir. Sonuç olarak havzada hafif, orta, güçlü, şiddetli ve çok şiddetli olmak üzere beş farklı erozyon duyarlılık sınıfı belirlenmiştir. Sahanın % 27'sinin yıllık toprak kaybının 10 – 50 ton/ha/yıl arasında olduğu orta şiddetli erozyon tehditi altında olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanında eğim değerlerinin yüksek, bitki örtüsünün seyrek, toprağın kolay taşınabilir olduğu, dar ve derin vadilerin yer aldığı kesimler erozyon duyarlılığının fazla olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Buna karşılık erozyon duyarlılığının daha düşük olduğu alanlar bitki örtüsünün sık olduğu ormanlık sahalar ile ova tabanlarına karşılık gelmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, erozyonun insan ve faaliyetleri üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma amacıyla kullanılabilir veriler içermektedir.

#### ABSTRACT

The topic of this research, Havran Creek Basin, which has a surface area of 537 km<sup>2</sup> is situated at the northwest of Turkey, at the north of the coastal part of the Aegean Region. This study aimed to identify erosion risk and distribution in Havran Creek Basin in addition to determining annual average soil loss. GIS based Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model was used for the purposes of this study. Various basin parameters such as topography, geology, soil, precipitation and land use were assessed in the framework of this method. Topography sheets at 1/25.000 scale were used as the base. These map sheets were coordinated in UTM-ED50 format and bases were generated in digital environment. RUSLE equation was applied by using Raster Calculator which is included in Data Management Tools of the ArcMap software. As a result of these analysis, erosion risk categories of the study area and the amount of annual soil loss were obtained. Five separate erosion risk categories (low, moderate, high, severe and very severe) were identified based on these analyses. 27 % of the study area was found to be under moderate erosion risk with 10 – 50 ton/ha/year annual soil loss while 24 % and 7 % of the study areas were under low and high erosion risk respectively. The areas with high gradients, sparse vegetation, easily erodible

soil and narrow and deep valleys were found to correspond to the areas under high erosion risk. On the other hand, the areas under low erosion risk were observed to be areas including forests with dense vegetation and valley floors. The current study presents the areas with high and low erosion risks as well as the reasons underlying the findings. Accurate assessment of the results obtained in this study will reduce the negative impact caused by erosion on human activities.

© 2018 Jeomorfoloji Derneği. Tüm hakları saklıdır. All rights reserved.

## GİRİŐ

Toprak, insan ve bitkilerin yaşamında önemli bir yer tutan doğal kaynak değerlerinden bir tanesidir. Toprak erozyonu ise bu doğal kaynak değerinin yok olmasına neden bir problemdir. Erozyon, oluşumu binlerce yıl süren, dünya kara yüzeyinin en üst kısmını oluşturan toprak tabakasının dış etken ve süreçler sonucunda oluştuğu yerden başka bir yere taşınmasını ifade eden doğal bir olaydır (Cürebal & Ekinci, 2006; Atalay, 2011; Erkal & Taş, 2013). Genel olarak iki farklı erozyon türü üzerinde durulmaktadır. Bunlar; doğal (jeolojik) erozyon ve hızlandırılmış erozyondur (Çepel, 1997; Kızılelma & Karabulut, 2014; Pekteznel, 2015). Doğal süreçler sonucunda bir yerden başka bir yere taşınan topraklar temelde olumlu bir etkiye sahiptir. Bugün dünyanın en verimli tarım alanlarından olan delta ovalarının oluşumu bu sürece dayanmaktadır. İnsanlar için asıl tehlikeli olan ise yine insan faaliyetlerine bağlı olarak meydana gelen hızlandırılmış erozyondur. Bu süreç sonucunda ciddi can ve mal kayıpları yaşanmaktadır.

Erozyonun meydana gelmesi için ise birçok faktör rol oynamaktadır. Litoloji, iklim, topografya (yükseltili, bakı, eğim) ve bitki örtüsü özellikleri gibi doğal faktörler ile temelde insanın yanlış arazi kullanımına dayanan beşeri faktörler bir sahada erozyona neden olan, erozyonun şiddetini ve boyutunu belirleyen faktörlerdir (Cürebal & Ekinci, 2006).

Göl ve barajların dolması, tarım alanlarının azalmasına bağlı olarak dünya nüfusunu beslemek için birim alandan daha fazla verime ihtiyaç duyulması ve bunun sonucunda tarımda kullanılan çeşitli kimyasalların insan sağlığını tehdit etmesi günümüzde erozyona bağlı olarak meydana gelen toprak kayıplarının sonuçlarıdır (Gaubı vd., 2017). Bu sorunlara bağlı olarak dünyada özellikle son elli yıl içerisinde toprak erozyonu ile ilgili yeni

yaklaşımlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmaların temel amacı erozyonun şiddetini ve boyutunu doğru olarak belirleyerek, karar vericilerin sürdürülebilirlik açısından doğru politikaları izlemesine yardımcı olmaktır (Wischmeier & Smith, 1978; Renard vd., 1991; Lane vd., 1992; Renard vd., 1997; Zhu & Huang, 2006; Gaubı vd., 2017; Nearing vd., 2017). Bu kapsamda, Universal Soil Loss Equation (USLE), Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Revised Universal Soil Loss Equation 2 (RUSLE 2), Coordination of Information on the Environment (CORINE), Water Erosion Prediction Project Erosion Model (WEPP), General Directorate for the Conservation of the Nature (DGCONA), Simulated of Water Erosion (SIMWE) dünyada erozyon çalışmalarında kullanılan belli başlı yöntemlerdir.

Dünyada medeniyetin doğduğu, toprağın binlerce yıldır işlendiği ve buna bağlı olarak bitki örtüsünün çoğu yerde tahrip edildiği Akdeniz ve çevresinde erozyon günümüzde önemli bir problem teşkil etmektedir. Bu nedenle özellikle dünyanın bu kesiminde erozyon riskini azaltmak, toprağın sürdürülebilir kullanımı açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda Akdeniz ve çevresinde erozyon ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Çepel vd., 2000; Ekinci, 2005; Ekinci & Ekinci, 2006; Cürebal & Ekinci, 2006; Efe vd., 2008; Karabulut & Küçükönder 2008; Gülşen, 2014; Kızılelma & Karabulut, 2014; Özdemir & Dönmez 2016; Tüfekçioğlu & Yavuz 2016; Fıçıcı, 2016; İmamoğlu & Dengiz, 2017; Gaubı vd., 2017).

Bu çalışmaya konu olan saha Türkiye'nin kuzeybatısında, Kazdağları ile Madra dağlık kütleleri arasında yer alan Havran Çayı Havzası'dır. İnceleme alanı; madencilik, yol yapım çalışmaları, bitki örtüsünün tahribi gibi antropojenik etkilere bağlı olarak sürekli işlenen bir sahadır. Bununla birlikte erozyonun

etkisinin ve şiddetini arttıracak litolojik özellikler ve yağış değerlerine sahiptir. Bu problemlere bağlı olarak bu çalışma, inceleme alanında erozyona neden olan faktörler, mevcut erozyon durumunun hesaplanması, haritalanması ve var olan problemlere çözüm önerileri getirilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla inceleme alanında erozyon değerlerinin hesaplanması için yukarıda bahsedilen yöntemlerden olan RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Türkiye’de Orman ve Su İşleri

### **İnceleme Sahasının Konumu ve Genel Özellikleri**

İncelemeye konu olan saha, 1941 yılında gerçekleştirilen Birinci Coğrafya Kongresi’nde belirlenen sınırlara göre Ege Bölgesi ve Asil Ege Bölümü içerisinde yer almaktadır. Çalışma sahası batıda Edremit Körfezi, kuzeybatıda Edremit ilçesi, kuzeyde Çanakale’ye bağlı Kalkım ilçesi, doğu ve güneydoğuda İvrindi ilçesi, güneyde ise Madra Dağı ile sınırlandırılmaktadır. Doğu – batı doğrultusunda uzanan sahanın yüzölçümü 537 km<sup>2</sup>’dir. Kabaca 39° 26’ 30" - 39° 42’ 30" Kuzey enlemleri ile 26° 56’ 30" - 27° 21’ Doğu boylamları arasında yer almaktadır (şekil 1).

İnceleme alanını oluşturan saha jeolojik birimler açısından çeşitlilik arz etmektedir. Sahada Paleozoik öncesi dönemleri de kapsayacak şekilde en eski jeolojik devirler ile mevcut jeolojik devir Kuaterner’i temsil eden birimlere rastlamak mümkündür. Sahadaki hâkim jeolojik birimi Oligosen – Miosen yaşlı volkanik kökenli andezitler oluşturmaktadır. Bununla birlikte farklı jeolojik devirlere ait şist, mermer ve kireçtaşı gibi aşınımaya karşı dirençli birimlerin yanında aşınımaya karşı dirençsiz olan kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı ve alüvyal gibi birimler de mevcuttur (Bilgin, 1969; Bingöl, 1976).

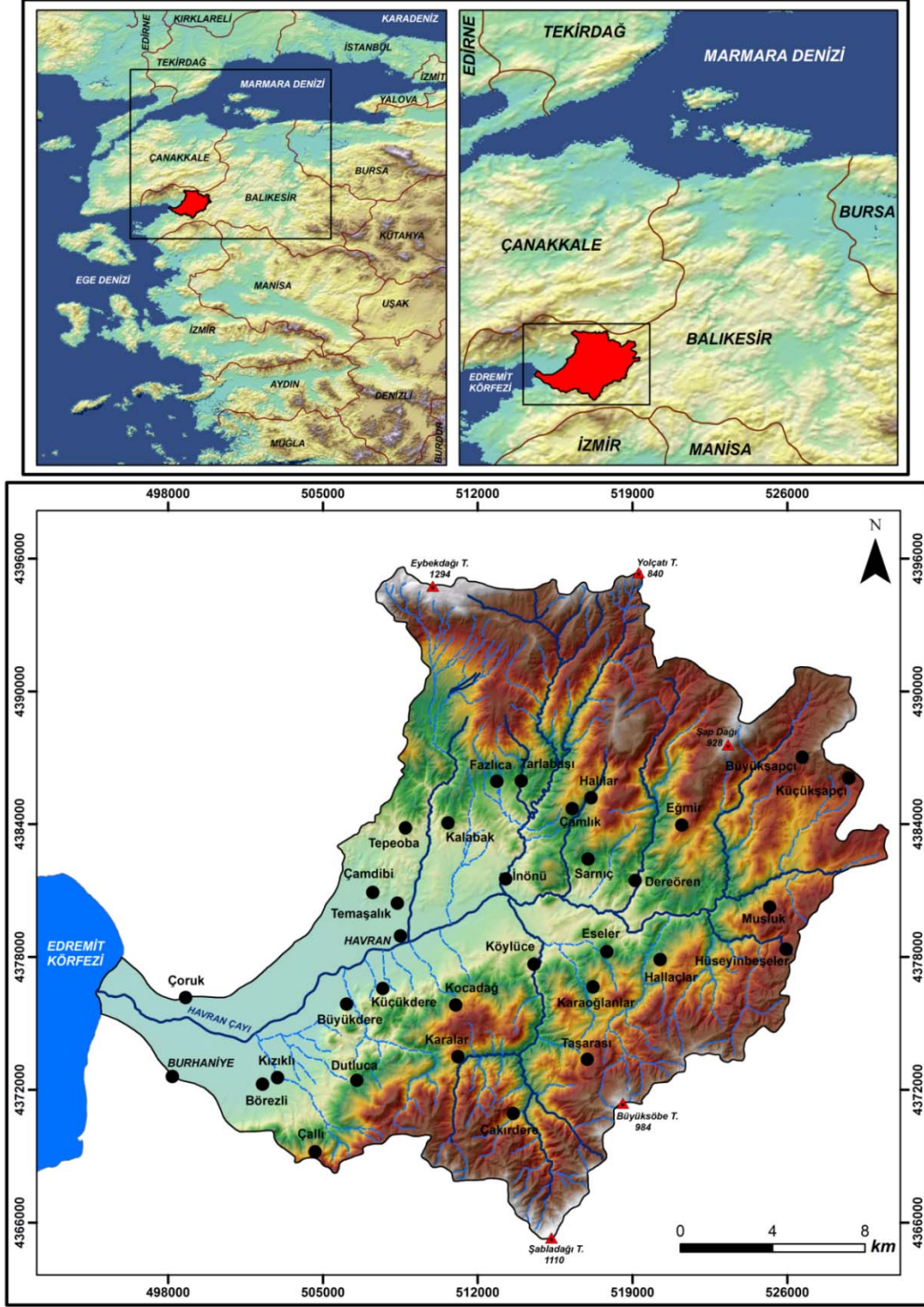
İnceleme sahası, günümüzdeki jeomorfolojik görünümünü Türkiye’nin jeomorfolojik evrimine paralel olarak üçüncü jeolojik zamanda kazanmıştır (Bilgin, 1969). Mezozoik döneminin sonlarına doğru litolojik yapı itibariyle Türkiye’nin en yaşlı kütlelerinden Menderes masifinin kuzeyde yer alan Kazdağ masifinin altına dalmaya başlaması, sahanın bugünkü yüksekliğini kazanmasının ana nedenini oluşturmaktadır (Bingöl, 1976).

Bakanlığı erozyonla mücadele kapsamında havza bazlı çalışmalarda ağırlıklı olarak bu yöntemi uygulamaktadır (Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2013). Bununla birlikte dünyada birçok ölkede RUSLE yöntemini kullanmaktadır. Veri setinin çok fazla olması, birçok faktörün aynı anda bilgisayar teknolojileri (CBS) yardımı ile değerlendirilmesi ve karmaşık bir yapıya sahip olmaması bu yöntemin tüm dünyada kabul görmesini ve bu çalışmada da kullanılmasını sağlamıştır.

Oligosen döneminde yaşanan tektonik faaliyetler ile Kuaterner’deki deniz seviyesine bağlı değişimler sahanın jeomorfolojik evrimin son dönemlerini oluşturmaktadır (Bilgin, 1969; Erol vd., 1981). Menderes masifinin kuzeye doğru hareketinin devam etmesi ve tektonik aktiviteler sonucu saha yükselmeyi sürdürmüş, şiddetli baskıya karşı litolojik olarak dirençsiz olan kesimler gelişen fay hatları boyunca çökmüştür (Bilgin, 1969; Bingöl, 1976). Sahanın genel jeomorfolojik görünümü; dağlık alanlar, yüksek plato sahaları, dar ve derin vadiler ile ovalar şekindedir. Dağlık alanlar, yüksek plato sahaları, dar ve derin vadiler aşınım sahalarına karşılık gelirken, ovalar aşınım malzemelerin toplandığı birikim sahalarına karşılık gelmektedir. Dağlık alanlar genel olarak sahanın kuzey ve güney kesimlerinde yer almaktadır. Kuzeyde Kazdağ dağlık kütesinin doğu sınırını oluşturan ve aynı zamanda çalışma sahasının en yüksek noktasını oluşturan Eybekdağı T. (1294 m) yer alırken, güneyde Madra dağlık kütesi içerisinde bulunan şabladağı T (1110 m) yer almaktadır. Dağlık alanların alt kademelerinde maksimum 800 m seviyelerinde, tektonik aktiviteler sonucu gelişen ve aynı zamanda aşınım yüzeylerine karşılık gelen yüksek plato sahaları bulunmaktadır (Erol vd., 1981). Sahanın tektonik aktiviteler sonucu yükselmesi, akarsuların vadiler içerisinde derine gömülmelerine neden olmuştur. Bu nedenle dar ve derin vadiler sahanın jeomorfolojik görünümüne egemen durumdadır. Edremit – Havran Ovası alışma sahasının en alçak kesimlerini oluşturmaktadır. Havran ayı’nın drene ettiği ova, kuzey ve güneydeki yüksek sahalardan gelen

materyallerin taşındığı birikim sahasına karşılık

gelmektedir.



Şekil 1: İnceleme Sahasının Lokasyonu

Akdeniz iklim tipi içerisinde yer alan inceleme sahasında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise serin ve yağışlı geçmektedir. İnceleme alanındaki Edremit, Havran ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarının verilerine göre; yağışların maksimum seviyede olduğu aylar Kasım, Aralık ve Ocak aylarıdır. Havzanın yüksek alanlarını

oluşturan kuzey ve güney kesimlere 1200 mm'nin üzerinde yağış düşerken, nispeten daha alçak alanlara karşılık gelen kesimlere 550 – 600 mm arası yağış düşmektedir. Ortalama en yüksek sıcaklıklar 27 °C ile Temmuz ve Ağustos aylarında görülürken, ortalama en düşük sıcaklıklar 7 °C ile Ocak ve Şubat aylarında

görülmektedir (Anonim, 2018).

İnceleme alanı Akdeniz fitocoğrafya bölgesi içerisinde yer almaktadır. Sahada kabaca 500 m seviyelerine kadar kızılçam (*Pinus brutia*), 500 m'nin üzerindeki alanlarda ise karaçamlar (*Pinus nigra*) yaygındır. Bununla birlikte havzada derin bir şekilde yarılan vadilerin kuzeye bakan yamaçlarında Karadeniz'e has nemcil türler de yayılış göstermektedir. Kestane (*Castanea Sativa*), Kızılağaç (*Alnus glutinosa*), Söğüt (*Salix fragilis*) ve Sarı Çiçekli Ormangülü'nü (*Rhododendron Flavum*) sahada yayılış gösteren belli başlı nemcil türleri oluşturmaktadır (Sönmez, 1996).

Çalışma sahasının hakim toprak tiplerini, oluşum aşamasındaki topraklar entisoller (alüvyal topraklar) ile genç topraklar inceptisoller (intrazonal topraklar) oluşturmaktadır. Ana kaya ve iklim özelliklerine göre oluşan topraklar alfisoller (kırmızı Akdeniz – Terra Rosa toprakları) ile mollisoller (kireçsiz kahverengi orman toprakları) sahada yayılış gösteren diğer toprak tiplerini oluşturmaktadır.

Havran Çayı, inceleme sahasını drene eden ve aynı zamanda Edremit Körfezi'ne dökülen en büyük akarsuyunu oluşturmaktadır. Havran Barajı'ndan Edremit Körfezi'ne kadar kabaca 23 km uzunluğa sahip olan akarsu, baraja kadar Gelin Deresi, barajdan sonra ise Havran Çayı adını almaktadır. Genel olarak kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu uzanış gösteren kollar kuzey ve güneyden olmak üzere Havran Çayı'na katılmaktadırlar. Belli başlı önemli kollar;

Çakırdere, Koca Dere, Değirmen Dere, Küçükçay Dere ve Taşca Dere'dir. Sahada 2007 yılında sulama ve taşkın kontrolü amacıyla inşaatı tamamlanıp su tutmaya başlayan Havran Barajı da yer almaktadır.

Çalışma sahasında 2 ilçe merkezi (Havran – Burhaniye) ve 30 mahallede toplam 52684 kişi yaşamaktadır. Tarım ve hayvancılık sahadaki ana ekonomik faaliyeti oluştururken, ağırlıklı olarak zeytin ve zeytinyağına dayanan sanayi faaliyetleri ikinci sırada gelmektedir (Anonim, 2017).

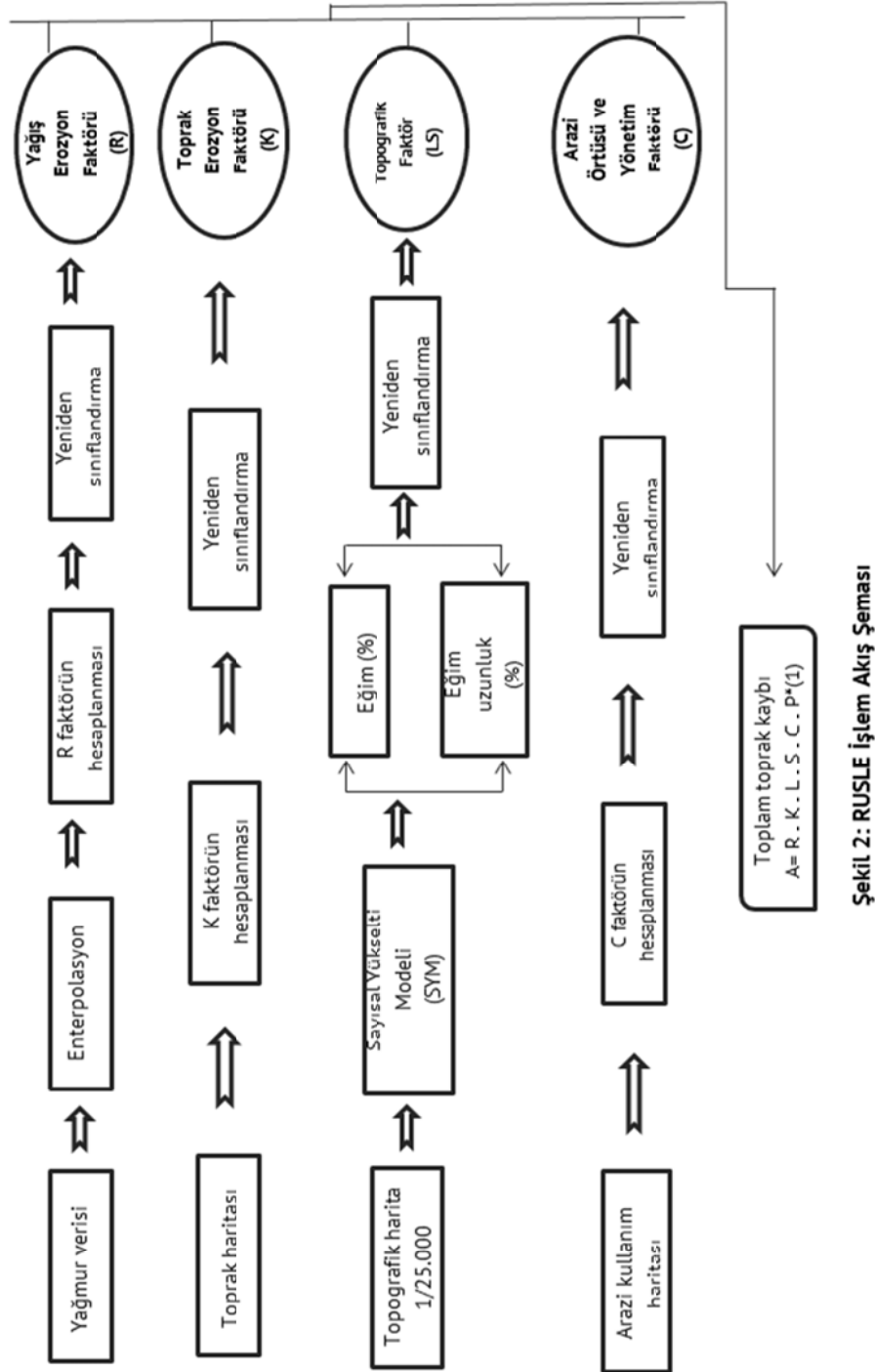
## VERİ ve YÖNTEM

Erozyon çalışmalarında doğru sonuçlara ulaşmak için kullanılan veri setlerinin doğru ve güvenilir olması oldukça önemlidir. Bu çalışmada çeşitli kurum ve kuruluşlardan gerekli olan veriler temin edilmiştir. Verilerin tamamı UTM projeksiyon sistemi ED 50 Zone 35 datumuna dönüştürülmüştür. Elde edilen bu ham veriler CBS ortamında analizlere uygun hale getirilmiştir.

Bu kapsamda yöntemin uygulanması için gerekli olan temel veriler; 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları Harita Genel Komutanlığı, aynı ölçekli jeoloji paftaları Maden Tetkik Arama, 1/25.000 ölçekli toprak haritaları Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. İklim verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, arazi kullanım verileri ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan temin edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1:** Çalışmada kullanılan veri ve kaynakları.

Veri	Kaynak
İklim	Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
Toprak	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan 1/25.000'lik Jeoloji Paftaları
Sayısal Yükselti Modeli (SYM)	Harita Genel Komutanlığının hazırladığı 1/25.000'lik Topografya Paftaları
Arazi Kullanım	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 1/100.000'lik Balıkesir Çevre Düzeni Planı (2015)



### Revize Edilmiş Universal Toprak Kayıpları Eşitliği (RUSLE)

İnceleme sahasında erozyona duyarlı alanların belirlenmesi ve sınıflandırılması için ABD Tarım Bakanlığı Toprak Bölümünün katkılarıyla geliştirilen “Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi” (RUSLE) kullanılmıştır. RUSLE denkleminin kullanılmasının nedeni bir önceki yöntem olan “Evrensel Toprak Kaybı Denklemi” (USLE)’ne göre gelişmiş bir yöntem olmasıdır.

RUSLE yönteminin daha gelişmiş olmasının nedeni, veri setinin çok fazla olması ve uygulama alanının geniş olmasıdır. Buna bağlı olarak daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu yöntem beş parametreden oluşmaktadır. Bunlar; yağış faktörü, toprak faktörü, eğim derecesi ve uzunluğu faktörü, arazi örtüsü faktörü ve toprak koruma faktörleridir kullanılmıştır (Wischmeier & Smith, 1978;

Renard vd., 1991; Lane vd., 1992; Renard vd., 1997; Nearing vd., 2017).

Formül aşağıdaki gibidir:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad 1$$

Formülde;

A: Yıllık Ortalama Toprak Kaybı (ton/ha/yıl)

R: Yağış Erozyon Faktörü

K: Toprak Erozyon Faktörü

LS: Yamaç Uzunluk ve Eğim Faktörü

C: Zemin Örtüsü Faktörü

P: Erozyon Önleyici Faktörler

Erozyon çalışmalarında doğru sonuca ulaşmak için birçok parametre birlikte değerlendirilmektedir. Bu çalışmada kullanılan yöntemde R faktörü iklimin erozyon üzerindeki etkisini, K faktörü toprağın erozyon üzerindeki ifade etmektedir. LS faktörü topoğrafik özellikler ve eğimin erozyona etkisini ifade ederken, C faktörü arazi örtüsünün kapalılık durumu ile erozyon arasındaki ilişkiyi; P faktörü ise toprak koruma çalışmalarıyla erozyon arasındaki durumu temsil etmektedir (Şekil 2). Birçok parametrenin birlikte değerlendirilmesi nedeniyle bu yöntem erozyon çalışmalarında Türkiye’de ve dünyada sıklıkla kullanılmakta ve hala geçerliliğini korumaktadır.

### Yağış Erozyon (R) Faktörü

İklim elemanlarından yağış, toprak erozyonu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yağışın miktarı, süresi ve şiddeti ile yağmur damlalarının büyüklüğü, yere düşme açısı ve darbe etkisi erozyon üzerinde etkilidir (Pektezel, 2015). Yağışın aşındırıcı etkisine maruz kalan yüzeydeki malzeme, suyun eğim yönündeki hareketine ve taşıma gücüne bağılı olarak hareket etmektedir (Cürebal & Ekinci, 2006). RUSLE yönteminde (Wischmeier & Smith, 1978)’in, uzun yıllara ait veri setleri ve birçok farklı noktada uyguladıkları, yağışların kinetik enerjileri ile 30 dakikalık maksimum yoğunlukları çarpımı ile elde edilen E.I (Erozyon İndeksi) değeri yağışın neden olduğı toprak kaybının hesaplanmasında önemli bir yer tutmaktadır (Cürebal & Ekinci, 2006; Efe vd., 2008; Nearing vd., 2017).

Bu çalışmada E. I değerini bulmak için

geliştirilen formüllerden bir tanesi olan, (Arnoldous, 1980)’un Modified Fournier Index (MFI) formülü kullanılmıştır. Formül;

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

Pi: aylık yağışlar (mm)

P: yıllık yağışların ortalaması (mm) olarak ifade edilir.

Yağış Eroziyon Faktörü ise;

R = (4.17 MFI) - 152 formülü ile bulunabilmektedir.

### Toprak Direnç (K) Faktörü

Erozyon, temelde bir yerden başka bir yere taşınmayı ifade etmektedir. Farklı etmenlere bağılı olarak oluşan erozyon sonucunda taşınan malzeme genellikle toprak olmaktadır. Bu nedenle toprağın erozyona karşı direncinin belirlenmesi bu tip çalışmalarda çok önemli bir yer tutmaktadır. Toprağın tekstürü ve strüktürü, profili, tanelerin boyutu, su tutma kapasitesi ve geçirgenliğı gibi faktörler erozyonu etkileyen başlıca toprak özellikleridir (Renard vd., 1997; Mater, 1998; Millward & Mersey, 1999; Ekinci, 2005; Cürebal & Ekinci, 2006; Efe vd., 2008; Atalay, 2011). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilen 1/25.000 ölçekli toprak haritaları yeniden düzenlenerek, sahadaki toprak tipleri belirlenmiştir. Bu çalışmada K faktöründe kullanılan değerler Literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak verilmiştir.

### Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik (LS) Faktörü

Eğim, bir sahada erozyonu etkileyen önemli topoğrafya faktörlerinden bir tanesidir. Toprağın bir yerden başka bir yere taşınmasını, erozyona neden olan suyun hızını ve akışını eğim şartları belirlemektedir. Eğim ile erozyon arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Eğim değerleri arttıkça taşınma da artarken, değerler düştükçe taşınma da azalmaktadır (Ekinci, 2005; Hoşgören, 2004). Bu nedenle erozyon çalışmalarında eğim değerlerinin doğru şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir.

RUSLE yönteminde eğim ve eğim uzunluğunu (LS faktörünü) hesaplamak için birçok formül (Millward & Mersey, 1999; Cürebal & Ekinci,

2006; Efe vd., 2008; Pandey vd., 2009; Gaubi vd., 2017; Zeng vd., 2017) kullanılmaktadır. Bu alışmada (Moore & Burch, 1986) ve (Mitasova vd., 1996) tarafından geliştirilen formül kullanılmıştır. Formül;

$Pow((flowacc)^{0,6} * Pow(Sin((slope) * 0,01745 / 0,09, 1, 3)))^{22,1}$  özünürlülük/22,1, 0,6)\*Pow(Sin((slope)\*0,01745/0,09,1,3)) şeklindedir.

### Zemin Örtüsü (C) Faktörü

Zemin örtüsü özellikleri, eğim ile birlikte erozyona neden olan faktörler içerisinde en önemlilerinden bir tanesini oluşturmaktadır. Özellikle yağış ve yağmur damlalarının darbe etkisi arasındaki ilişkiyi belirlemesi açısından önemlidir (Ekinci & Ekinci, 2006). Sağanak karakterli bir yağışın akarsu yatağını aştığı yerlerde tüm yüzeyi kaplayacak şekilde akması, yağmur damlasının darbe etkisinin yüksek olması nedeniyle toprak ayrıştırmasını hızlandırması erozyon riskini arttırmaktadır (Hoşgören, 2004; Ekinci, 2005). Yağışın bu olumsuz etkisini zemin üzerinde yer alan bitki örtüsü azaltmaktadır. Bitki örtüsünün yoğun

olduğu yerlerde yağın yağmur suyunun büyük bir kısmı ağaçların dal ve yaprakları tarafından tutulduğu için yüzeysel akışa geçemezler. İntersepsiyon adı verilen bu olayın doğal olarak erozyon üzerinde olumsuz bir etkisi görülmektedir (Hoşgören, 2004). Bu nedenle bitki örtüsünün kapalılığı ile erozyon arasında ters bir orantı vardır. Bitki kapalılığı yüksek ise erozyon az, kapalılık az ise erozyon daha şiddetli olmaktadır.

### Erozyon Önleyici (P) Faktörler

RUSLE yönteminde P faktörü erozyonu azaltmak amacıyla kullanılan teknikleri ifade etmektedir (Lane vd., 1992; Renard vd., 1997). Bitki örtüsünün yoğunluğunu arttırma, dik yamaçlarda teraslama, suni kanallar kullanılan tekniklerden bazılarıdır (Cürebal & Ekinci, 2006; Özşahin, 2014; Efe vd., 2008; Gaubi vd., 2017; Millward & Mersey, 1999). P faktörü 0 ile 1 değerleri arasında değerlendirilmektedir. Erozyon riskinin olmadığı alanlar için 0, riskin yüksek olduğu alanlar ise 1 değeri ile ifade edilmektedir (Zeng vd., 2017).

## BULGULAR

### Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) Faktörleri

#### Yağış Erozyon (R) Faktörü

Bu alışmada R faktörünün hesaplanması için Edremit (56 yıl), Burhaniye (42 yıl) ve Havran (6 yıl) meteoroloji istasyonlarına ait yağış verileri kullanılmıştır. Bu hesaplama yönteminde sadece istasyonun bulunduğu nokta hesaplanmaktadır. İnceleme sahasında deniz seviyesinden 1294 m'ye varan yükselti nedeniyle düşen yağışın miktarı ve dağılışı aynı olmayacağı için Schreiber tarafından önerilen yağışın her 100 m'de 54 mm artması temeline dayanan formülü kullanılmıştır (ArdeI, et al., 1969). Formül;

$$Ph = Po + 4,5xh \quad 3$$

Ph: ortalama yağış miktarı (mm)

Po: verileri bilinen noktanın ortalama aylık yağış miktarı (mm) şeklinde ifade edilmektedir.

Bu hesaplamalara göre 120 m'ye kadar olan saha için;

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{pi^2}{p} \quad 4$$

$$= 89,2^2 + 75,2^2 + 56^2 + 49,1^2 + ..... / 661,5;$$

$$MFI=75,76,$$

Yağış Erozyon Faktörü ise = (4.17. 75,76) – 152 ⇨ 163,91 olarak bulunur (Tablo 2; şekil 3).

#### Toprak Direnç (K) Faktörü

İnceleme alanında belirlenen toprak tipleri kaba taneli kumlu topraklar, nemi yüksek killi topraklar ve balçıklı kumlu topraklardan oluşturmaktadır. Anakayanın kireçtaşı olduğu alanlarda toprak neminin yüksek olduğu killi topraklar alfisol (xeralf alt ordosu) yayılış göstermektedir (Atalay, 2011). Kabaca 19,19 km<sup>2</sup> alan kaplayan bu toprak tipi sahanın % 3,61'ine karşılık gelmektedir. Havran ayı'nın taşkın ovasında yer alan entisol (alüvyal topraklar) ile sahanın yüksek kesimlerinde ve genellikle orman örtüsü altında gelişen mollisol (kireçsiz kahverengi orman

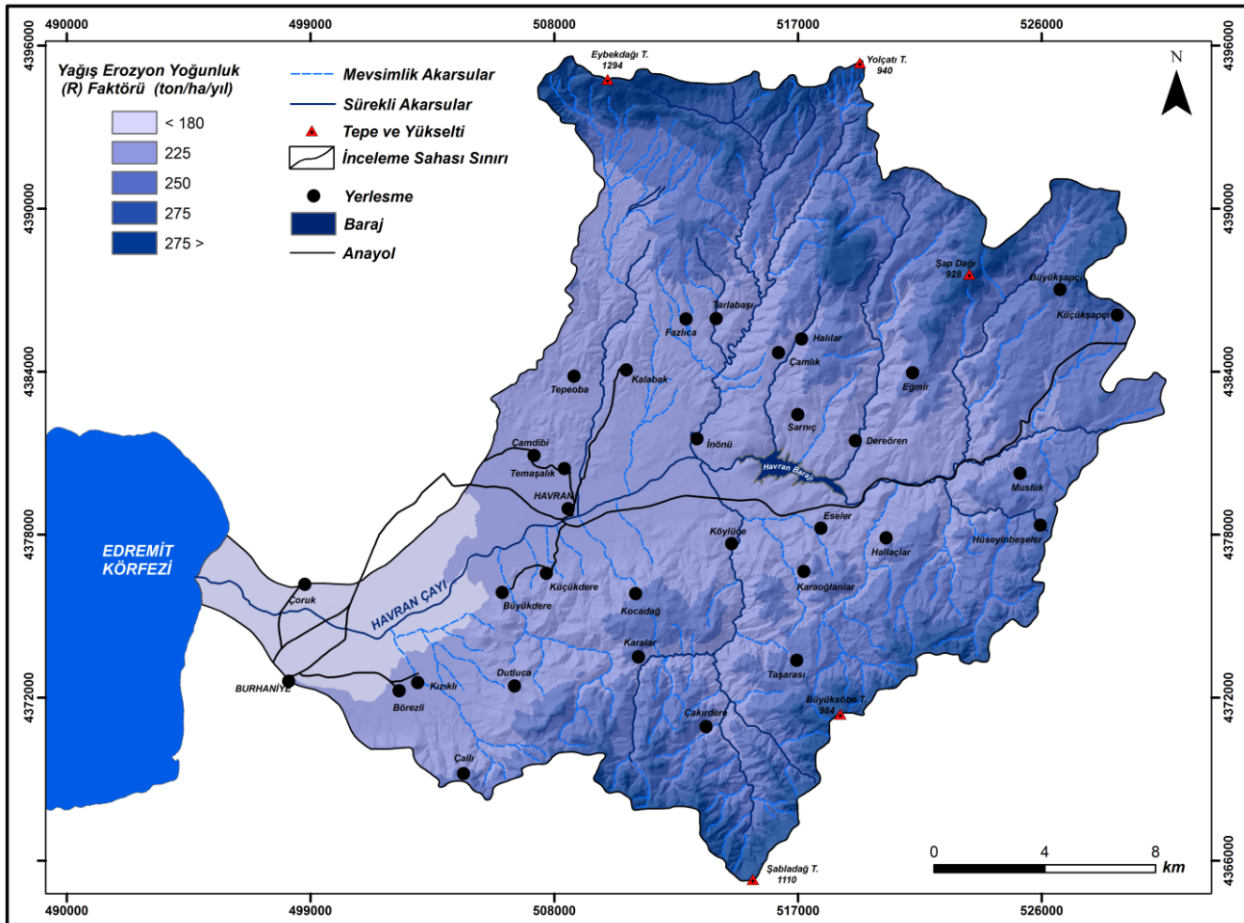


topraklar) kaba taneli ve kumlu toprak tipini oluşturmaktadır. 169,55 km<sup>2</sup> alan kaplayan kaba taneli ve kumlu topraklar sahanın % 31,57'sine karşılık gelmektedir. Havzada en geniş yayılıma sahip olan topraklar ise anakayanın etkisinin sürdüğü kumlu-balçıklı

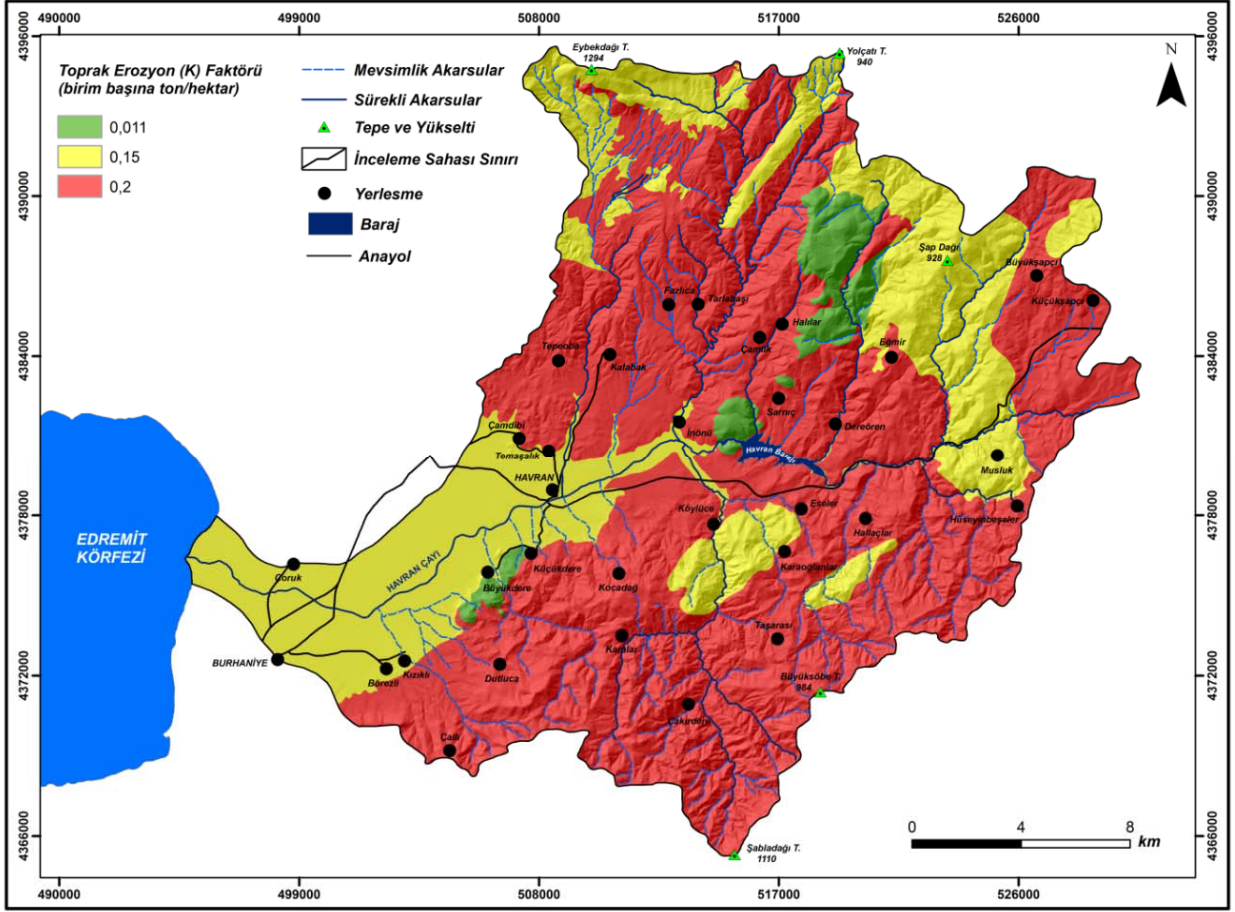
tektüre sahip inseptitoller (intrazonal topraklar)'dir. 348,25 km<sup>2</sup> alan kaplayan bu toprakların tüm topraklar içindeki oranı % 64, 82'dir. Görüldüğü üzere çalışma alanının büyük bölümünde erozyon etkisini arttıracak toprak tiplerini yayılış göstermektedir.

**Tablo 2:** Yükselti Basamaklarına (m) Bağlı Yağış Eroziyon Faktörü

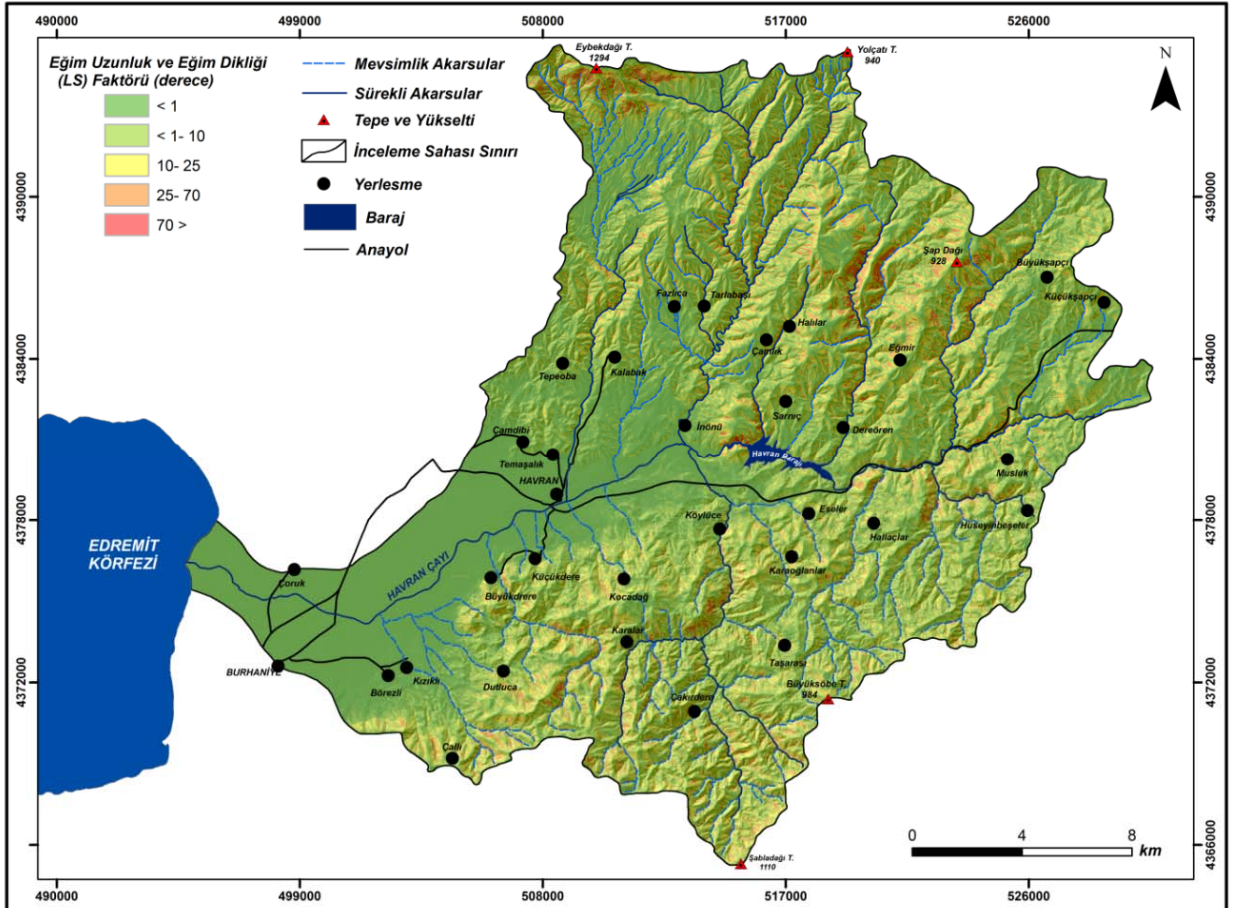
Yükselti basamakları	MFI	R Faktörü
0-120	80,05	181,81
120-220	82,88	193,62
220-320	85,94	206,35
320-420	89,17	219,82
420-520	92,54	233,90
520-620	96,04	248,50
620-720	99,65	263,53
720-820	103,34	278,93
820-920	107,11	294,64
920-1020	110,94	310,63
1020-1120	114,83	326,86
1120-1220	118,78	343,30
1220-1294	122,76	359,92



**Şekil 3:** Yağış Eroziyon (R) Faktörü Haritası



Şekil 4: Toprak Direnç (K) Faktörü Haritası



Şekil 5: Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik (LS) Faktörü Haritası

**Tablo 4:** Havran ayı Havzası'nda toprak tipleri ve duyarlılık değerleri

Toprak Tipi	Duyarlılık Değeri	Alan	
		(km <sup>2</sup> )	%
Killi	0,011	19,19	3,61
Kumlu	0,15	169,55	31,57
Kumlu-Balçıklı	0,20	348,25	64,82
TOPLAM		537	100

### Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik (LS) Faktörü

Eğim uzunluk ve eğim diklik faktörünü hesaplamak için, sahaya ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından DEM (Sayısal Yükselti Modeli) üretilmiştir. DEM'den eğim haritası üretilmiş olup, akış yönü ve akım birikimi hesaplamaları yapılmıştır. Eğim haritası ile LS faktör haritasında aynı eğim sınıfları kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar LS değerinin fazla olduğu alanların, eğim değerlerinin yüksek, vadi yoğunluğun fazla olduğu yüksek kesimlere karşılık geldiğini göstermektedir. Bu sahalar aynı zamanda aşınmanın fazla olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Buna karşılık yükseltinin az olduğu ova ve vadi tabanları LS değerinin düşük olduğu, buna bağlı olarak aşınmanın daha az olduğu alanları göstermektedir.

**Tablo 5:** Havran ayı Havzası'nda erozyon duyarlılık sınıfları ve toprak kaybı miktarı

Erozyon Duyarlılık Sınıfları	Toprak Kaybı	Alan	
	Ton/ha/yıl	km <sup>2</sup>	%
Hafif	< - 10	128	24
Orta	10 - 50	143	27
Güçlü	50 - 100	109	20
Şiddetli	100 - 250	119	22
Çok Şiddetli	250 - >	38	7
TOPLAM		537	100

### Zemin Örtüsü (C) Faktörü

Havran ayı Havzası'nda daha önce yapılan çalışmalarda, maki ve zeytinlikler dâhil bitki örtüsünün yoğun olduğu alanların sahanın % 74'üne karşılık geldiği, buna karşılık sahanın % 26'sı bitki örtüsünden yoksun alanlardan oluştuğu belirtilmektedir (Özdemir, 2007). Bu değerler havzada bitki örtüsünün yoğun ve kapallık derecesinin iyi olduğunu

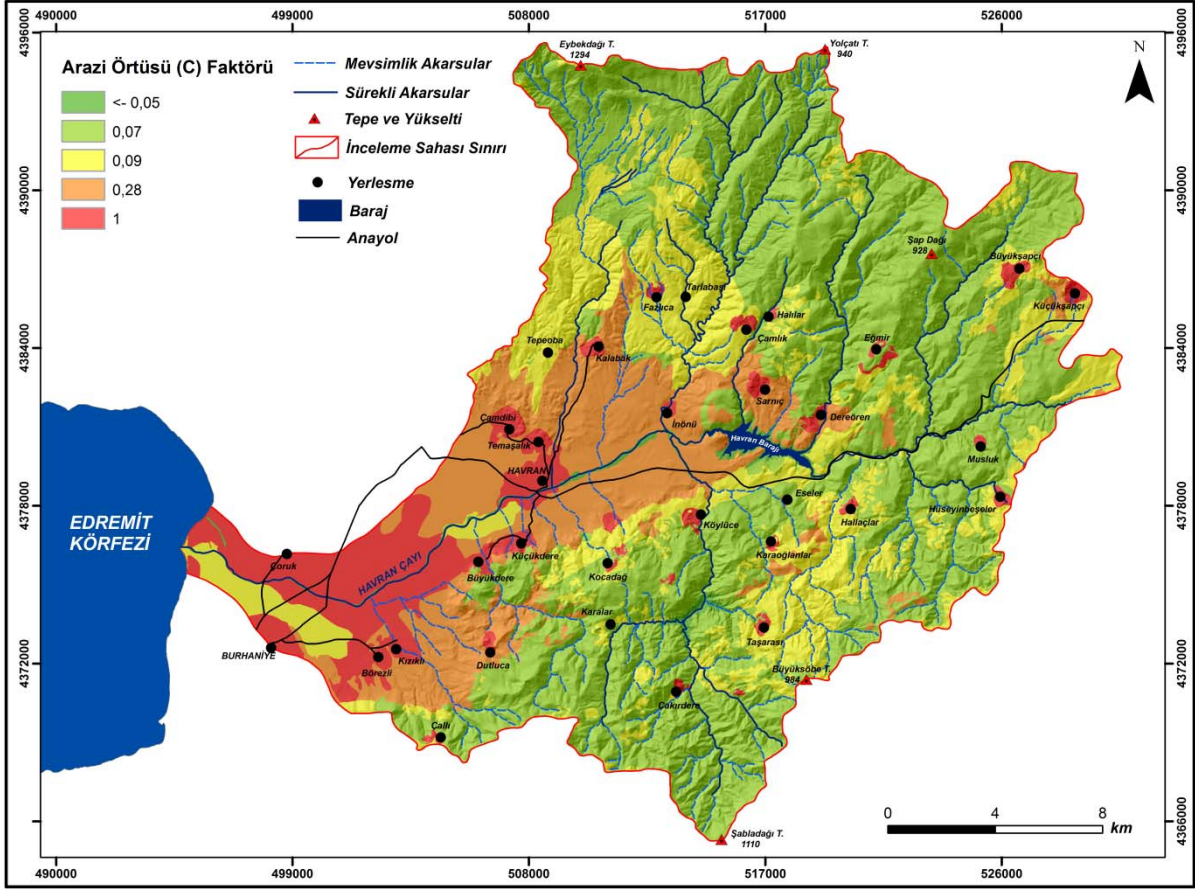
göstermektedir. Sahada 500 m seviyelerine kadar kızılçamlar (*Pinus brutia*), bu seviyelerin üzerinde ise karaçamlar (*Pinus nigra*) yaygındır. Edremit- Havran Ovası'nın büyük bir bölümü ise zeytin (*Olea europaea*) ağaçları ile kaplıdır. Bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlarda ise maki türleri yayılış göstermektedir (Sönmez, 1996). İnceleme alanında tarım alanları (kuru/sulu) ve yerleşmeler diğer zemin örtüsü özelliklerini oluşturmaktadırlar. Bitki örtüsü özellikleri sahadaki erozyon riskini azaltırken, yerleşmeler özellikle yanlış arazi kullanımı nedeniyle erozyon şiddetini arttırmaktadır.

### Erozyon Önleyici (P) Faktörler

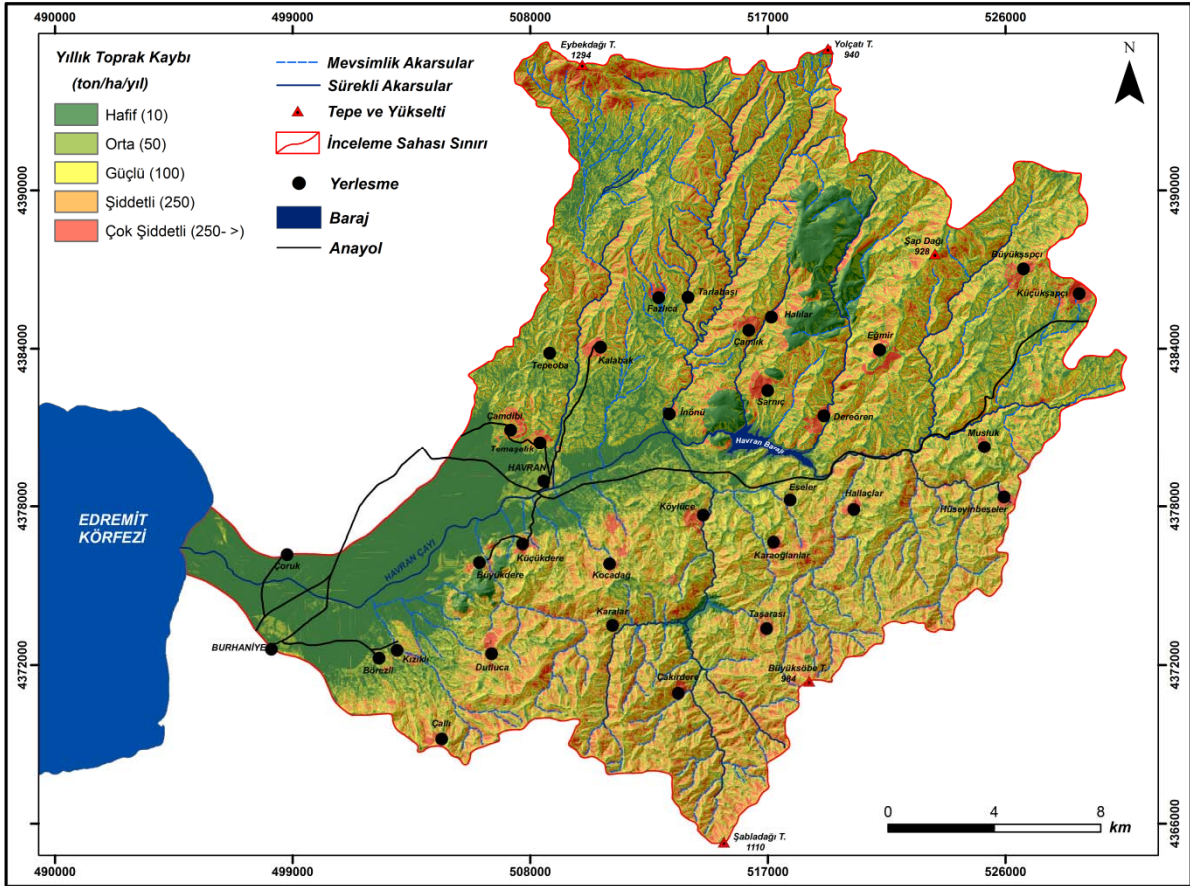
İnceleme alanında erozyonu azaltmak amacıyla kullanılan herhangi bir yöntemle rastlanılmadığı için 1 değeri kullanılarak P faktörü denklem dışında bırakılmıştır.

### SONUÇ

Havran ayı havzasında RUSLE yöntemi kullanılarak yapılan bu çalışmada, sahadaki erozyon risk dereceleri ve yıllık toprak kaybı belirlenmiştir. Beş farklı risk sınıfının belirlendiği havzanın % 51'inin hafif - orta, % 49'unun ise güçlü - çok şiddetli erozyon duyarlılık sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Sahanın % 71'inde yıllık toprak kaybı miktarının < 10 - 100 ton/ha/yıl arasında olduğu belirlenmiştir. Geri kalan % 29'luk alanda ise yıllık toprak kaybı miktarının 100 - 250 > ton/ha/yıl arasında olduğu hesap edilmiştir (Şekil 7). Havzanın tümünde ise yıllık toprak kaybı miktarı yaklaşık 254 ton olarak belirlenmiştir.



Şekil 6: Zemin Örtüsü (C) Faktörü Haritası



Şekil 7: Erozyon Risk Sınıfları ve Toprak Kayıp Miktarı Haritası



**Foto 1:** İnceleme sahasında erozyon değerinin yüksek olduğu yoğun bitki örtüsünden yoksun alanlara bir rnek. Eğmir Mahallesi'nde yer alan Eğmir Demir Madeni ve yakın evresi.



**Foto 2:** İnceleme alanının kuzey-kuzeybatı kesimi bitki örtüsünün tahribi ve yüksek eğim değerlerine bağlı olarak erozyona duyarlı alanlardan bir tanesidir. Eybekdağı T'nin güney yamaçları.



**Foto 3:** Bitki örtüsünün tahrip olduğu ve andezitik tüf gibi kolay aşınan kayaların yüzeylediği Kocadağ Mahallesi'nin yakın vresi erozyona duyarlı noktalardan bir tanesini oluşturmaktadır.



**Foto 4:** Yamaç dengesinin bozulması sonucunda büyük miktarda malzeme istinat duvarını yıkarak yola taşmıştır. Bitki örtüsünün tahrip edilmesi de bunda önemli rol oynamaktadır (Balıkesir – Edremit Karayolu 60. Km, 2015).



**Foto 5:** Balıkesir – Edremit Karayolu 62. km'sinde yamaç dengesini korumak amacıyla yapılan teraslamanın görünümü (2015).

Erozyona neden olan faktörlerin değerlendirilmesi ve yapılan arazi gözlemlerine dayanarak zemin örtüsü özellikleri ile yağış faktörün erozyona etki eden en önemli faktörler olduğu saptanmıştır. Havzada yanlış arazi kullanımına bağlı olarak özellikle bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlar ile yağış miktarının fazla olduğu alanların, erozyonun yüksek olduğu alanlara karşılık geldiği belirlenmiştir (Foto 1; Foto 2; Foto 3).

Bununla birlikte vadi yoğunluğunun fazla olduğu ve buna bağlı olarak eğim değerlerinin yüksek olduğu alanlar ile toprağın kolay aşınabildiği sahalarda erozyonun yüksek olduğu diğer alanlardır.

Havzada eğim değerlerinin düşük olduğu ova ve aşınım yüzeyleri ile bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar erozyonun düşük olduğu sahalara karşılık gelmektedir. Buna ek olarak bitki örtüsünün önemini göstermesi açısından eğim değerlerinin yüksek, anakaya ve toprağın kolay aşınabildiği fakat bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar da erozyonun düşük olduğu sahalarda oluşturmaktadır (Şekil 6).

RUSLE parametreleri içerisinde yağmur (R) ile toprak (K) faktörleri insanın müdahale edemeyeceği, değiştiremeyeceği parametrelerdir. Bu nedenle erozyon ile mücadelede zemin örtüsü (C), eğim uzunluk ve eğim diklik (LS) ile erozyon önleyici (P) faktörlerinin neden olabileceği zararları minimize etmek önemlidir. Zemin örtüsü faktörü içerisinde özellikle bitki örtüsü özellikleri erozyon üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. 2005 yılı SPOT XS uydusu verilerine göre havzadaki bitki kaplılığı %74 gibi iyi bir değere sahiptir. Buna karşılık sahanın daha önceki yıllara ait uydu görüntüsü verileri ile karşılaştırıldığında bu değer azalmıştır. Bu kapsamda erozyonla mücadele için ilk olarak bitki örtüsünün yoğunluğunu arttıracak çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar yapılırken dikkat edilmesi gereken husus havzanın ekolojik şartlarının göz önünde bulundurulmasıdır. Daha önce de belirtildiği gibi Akdeniz fitocoğrafya bölgesi içerisinde yer alan havzada kabaca 500 m seviyelerine kadar kızılçam (*Pinus brutia*), 500 m'nin üzerindeki alanlarda ise karaçamlar (*Pinus nigra*) yaygın

olduğu görülmekte ve bu ekolojik şartlar dikkate alınarak ağaşlandırma çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

İnceleme sahasında ulaşım ve tarım faaliyetleri yamaç dengesini bozan başlıca faaliyetlerdir. Yenilenen Balıkesir- Edremit yolu üzerinde özellikle Havran ayı'nın dar ve derin yardığı bazı noktalarda yamaç dengesi dikkate alınmamıştır. Bu durumun önüne geçmek için istinat duvarı yapılmış olsa da, bu sorun için bir çözüm değildir (Foto 4). Yamaç dengesini korumak için yapılması gereken teraslama işlemidir (Foto 5).

İnceleme alanında yamaç dengesini bozan bir diğer faktör tarım faaliyetleridir. Yapılan arazi çalışmaları ile yerli halkın eğim değerleri nispeten yüksek olan yamaçlarda kendi

ihtiyaçlarını karşılayacak ölçüde tarımsal faaliyetler gerçekleştirdikleri gözlemlenmiştir. Yanlış arazi kullanımına bağlı olarak özellikle bitki örtüsünün tahrip edilmesine neden olan bu durum erozyon riskini arttırmaktadır. Eğimli yamaçların ekolojik koşullar dikkate alınarak ağaşlandırılması ve tarımsal faaliyetlerin eğim değerlerinin düşük olduğu alanlarda yapılması erozyon riskinin azaltması açısından yapılması gerekenler olarak sıralanabilir.

Erozyon riskinin tamamen ortadan kalkması mümkün değildir. Ancak bilinçli ve doğru bir arazi kullanımı ile bu tehlike minimuma indirilebilir. Bu sayede insanlar doğal kaynaklardan maksimum ölçüde faydalanabilirler.

## KAYNAKLAR

- Anon. (2017) *Türkiye İstatistik Kurumu*. [evrimii] Available at: <http://www.tuik.gov.tr> [2 11 2017].
- Anon. (2018) *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. [evrimii] Available at: [www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr) [5 3 2018].
- Ardel, A. & Kurter, A. (1969) *Uygulamalı Klimatoloji*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Ardel, A., Kurter, A. & Dönmez, Y. (1969) *Uygulamalı Klimatoloji*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Arnoldous, H. M. J. (1980) An Approximation of the Rainfall Factor in the USLE. içinde *Assessment of Erosion*. Chichester: Wiley, pp. 127-132.
- Atalay, İ. (2011) *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık.
- Bilgin, T. (1969) *Biga Yarımadasının Güneybatı Kesiminin Jeolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Bingöl, E. (1976) Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi. *MTA Dergisi*, Issue 86, pp. 15-35.
- Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006) Kızılkeçili Dere Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3D) Yöntemiyle Erozyon Analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, Issue 47, pp. 115-129.
- epel, N. (1997) *Toprak Kirliliği Erozyon ve evreye Verdiği Zararlar*. İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları.
- epel, N., Metin, B., Işık, K., Altın, M., Geray, U., Neyişi, T., Sarı, M., Ergün, C. (2000) *Erozyonla Mücadele (Tema Eğitim Semineri Ders Notları)*.

İstanbul: Tema Vakfı Yayınları.

- Efe, R., Ekinci, D. & Cürebal, İ. (2008) Erosion Analysis of şahin Creek Watershed (NW of Turkey). *Journal of Applied Science*, 8(1), pp. 49-58.
- Ekinci, D. (2005) CBS Tabanlı Uyarlanmış Rusle Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, Issue 13, pp. 109-119.
- Ekinci, D. & Ekinci, B. (2006) Küçükçekmece Gölü ve Yakın evresinde (İstanbul) Zemin rts Değişiminin Coğrafya zerindeki Etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, Issue 47, pp. 131-146.
- Erkal, T. & Taş, B. (2013) *Jeomorfoloji ve İnsan*. İstanbul: Yeditepe Yayınevi.
- Erol, O. (1981) *Biga Yarımadası Batı ve Güney Kıyı Kesiminin Jeomorfolojisi*, M.T.A. Yayınları, Ankara
- Fıçıcı, M. (2016) *Kapıdağ Yarımadası'nda Erozyon ve Arazi Kullanma İlişkisi*, Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi.
- Gaubı, İ., Chaabani, A., Mammou, A. B. & 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*, Issue 86, pp. 219-239.
- Glşen, M. (2014) *Eber Havzasında (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi*, Afyonkarahisar: Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Hoşgören, M. Y. (2004) *Hidrografya'nın Ana izgileri- Yeraltısuları- Kaynaklar- Akarsular*. İstanbul:



- Çantay Kitabevi.
- İmamoğlu, A. & 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), pp. 11-23.
- Karabulut, M. & Küçükönder, M. (2008) *Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti*. Kahramanmaraş: KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi.
- Kızılelma, Y. & Karabulut, M. (2014) Mut Havzasında Erozyona Duyarlı Alanların Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(31), pp. 439-456.
- 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*, Issue 30, pp. 893-912.
- Mater, B. (1998) *Toprak Coğrafyası*. İstanbul: Çantay
- Millward, A.A. & Mersey, J.E. (1999) Adapting the RUSLE to Model Soil Erosion Potential in a Mountainous Tropical Watershed. *Catena*, Issue 38, pp. 109-129.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M. & Iverson, L.R. (1996) Modeling Topographic Potential for Erosion and Deposition Using GIS. *Journal of Geographical Information Science*, 10(5), pp. 629-641.
- Moore, I. & Burch, G. (1986) Physical Basis of the Length- Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal*, Issue 50, pp. 1294-1298.
- Nearing, M.A., Yin, S.G., Borelli, P. & Polyakov, O.V. (2017) Rainfall Erosivity: An Historical Review. *Catena*, Issue 157, pp. 357-362.
- Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü (2013) *Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013 - 2017*, Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.
- Özdemir, H. (2007) *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Özdemir, M. A. & Dönmez, S.T. (2016) CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), pp. 1-21.
- Özşahin, E. (2014) Tekirdağ İlinde CBS Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 11(3), pp. 45-56.
- Özşahin, E. & Atasoy, A. (2014) *Aşağı Asi Nehri Havzasının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ce Uzaktan Algılama (UA) Teknikleriyle Erozyon Analizi*. Hatay: Hakan Ofset.
- Pandey, A., Mathur, A., Mishra, S.K. & Mal, B.C., (2009) Soil Erosion Modeling of a Himalayan Watershed Using RS and GIS. *Environmental Earth Sciences*, Issue 59, pp. 399-410.
- Pektezel, H. (2015) Gelibolu Yarımadasında CBS Tabanlı Rusle (3D) Yöntemiyle Erozyon Duyarlılık Analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Issue 17, pp. 131-151.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. and 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.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. & Porter, J.P. (1991) RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, Issue 46, pp. 30-33.
- Sönmez, S. (1996) *Havran Çayı- Bakırçay Arasındaki Bölgenin Bitki Coğrafyası*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Tüfekçioğlu, M. & 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), pp. 188-199.
- Wischmeier, W.H. & 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., Luo, G. (2017) Soil Erosion Evolotion and Spatial Correlation Analysis in a Typical Karst Geomorphology Using RUSLE with GIS. *Solid Earth*, Issue 8, pp. 721-736.
- Zhu, L. & Huang, J.F. (2006) GIS-Based Logistic Regression Method for Landslide Susceptibility Mapping in Regional Scale. *Journal of Zhejiang University*, 7(12), pp. 2007-2017.