

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

TRAKYA YARIMADASI'NDA EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ / Erosion Susceptibility Analysis of Thrace Peninsula

Cercis İKİEL^a, Beyza USTAÖĞLU^b, Derya Evrim KOÇ^c

Sakarya Üniversitesi, Fen - Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya - Türkiye

^a cikiel@sakarya.edu.tr <https://orcid.org/0000-0001-5138-5308>

^b bustaoglu@sakarya.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-9876-3027>

^c dkilic@sakarya.edu.tr <https://orcid.org/0000-0001-5542-6533>

Makale Tarihiçesi

Geliş 27 Aralık 2019

Düzenleme 14 Şubat 2020

Kabul 15 Şubat 2020

Article History

Received December 27, 2019

Received in revised form February 14, 2020

Accepted February 15, 2020

Anahtar Kelimeler

Trakya Yarımadası, Erozyon, Duyarlılık, CBS, RUSLE

Keywords

Thrace Peninsula, Erosion, Susceptibility, GIS, RUSLE

Atıf Bilgisi / Citation Info

İkiel, C., Ustaöğlu, B., Koç, D.E. (2020)

Trakya Yarımadası'nda Erozyon

Duyarlılık Analizi / Erosion

Susceptibility Analysis of Thrace

Peninsula, *Jeomorfolojik Araştırmalar*

Dergisi / Journal of Geomorphological

Researches, 2020 (4): 1-14

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Trakya Yarımadası'nda erozyon duyarlılık alanlarının belirlenmesi, haritalanması ve güncel arazi örtüsü ile ilişkisinin değerlendirilmesidir. Çalışma alanı olarak seçilen Trakya Yarımadası, Türkiye'nin ve Marmara Bölgesi'nin kuzeybatısında yer alır. Çalışmada toprak kaybı miktarını belirleyebilmek için Coğrafi Bilgi Sistemlerinde, Yağış Erozyon (R), Toprak Erozyon (K), Eğim Uzunluğu ve Eğim Dikliği (LS), Zemin Örtüsü (C) ve Erozyon Kontrol (P) Faktörlerini değerlendiren RUSLE (Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi-Revised Universal Soil Loss Equation) metodu uygulanmıştır. Araştırmada arazi kullanım durumunun tespitinde Temmuz 2018 tarihli 15 m pankromatik, 30 m multispektral mekânsal çözünürlüklü Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılmıştır. RUSLE yöntemine göre; Trakya Yarımadası'nın erozyon duyarlılığı haritası elde edilerek, duyarlılık sınıfları belirlenmiştir. Bu duyarlılık sınıfları; çok hafif, hafif, orta, güçlü, şiddetli ve çok şiddetli olmak üzere altı sınıfa ayrılmıştır. Elde edilen haritaya göre inceleme alanının %75,0'ında çok hafif, %6,7'sinde hafif, %8,2'sinde orta, %3,3'ünde güçlü, %3,8'inde şiddetli ve %2,9'unda çok şiddetli erozyon olduğu tespit edilmiştir. Buna göre Trakya Yarımadası'nda erozyon duyarlılığının çok hafif derecede olduğu belirlenmiştir. Erozyonun şiddeti bakımından en duyarlı bölgeler kuzeyde Istranca Dağları, güneyde Ganos Dağı ve güneybatıya doğru Kuru Dağı boyunca yüksek dağ yamaçları ile hafif eğimli yamaçlardır. Ergene Nehri ve çevresindeki tarım alanları da orta derecede ve güçlü derecede erozyon duyarlılığı taşıyan alanlardır. Arazi örtüsünde yağış ve toprak özelliklerinin etkisi yanında yanlış arazi kullanımı sebebiyle insan faaliyetleri sonucu yerleşmeye açılan alanlar ile çayır ve mera olarak kullanılan alanlar bu duyarlılığı arttırmıştır. Günümüzde iklim değişikliği ve etkilerinin toprak erozyonu üzerinde de etkili olduğunu düşünülürse Trakya Yarımadası'nda sürdürülebilir bir doğal çevre için düzenli ve planlı bir arazi kullanımı yapılması önerilmektedir.

ABSTRACT

The aim of this study is to identify, map and assess the relationship of erosion susceptibility areas in Thrace Peninsula with current land cover. Thrace Peninsula is located in the northwest of the Marmara Region. In order to determine the amount of soil loss in the study, RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) method in Rainfall and Runoff Erosivity (R), Soil Erodibility (K), Slope Length Factor and Slope Steepness (LS), Cover and Management (C), Conservation of support-practice (P) factors are applied in geographic information systems. Landsat 8 OLI satellite image (dated July 2018) with 15 m panchromatic and 30 m multispectral spatial resolution was used to determine the land use. According to RUSLE method; Thrace Peninsula erosion susceptibility map was obtained and susceptibility classes were determined. These are divided into six classes: very low, low, moderate, strong, severe and very severe erosion. According to the map, %75,0 was very low, %6,7 was low, %8,2 was moderate, %3,4 was strong, %3,8 severe and %2,9 very severe erosion were found in the study area. The most susceptible areas in terms of the severity of erosion are the Istranca

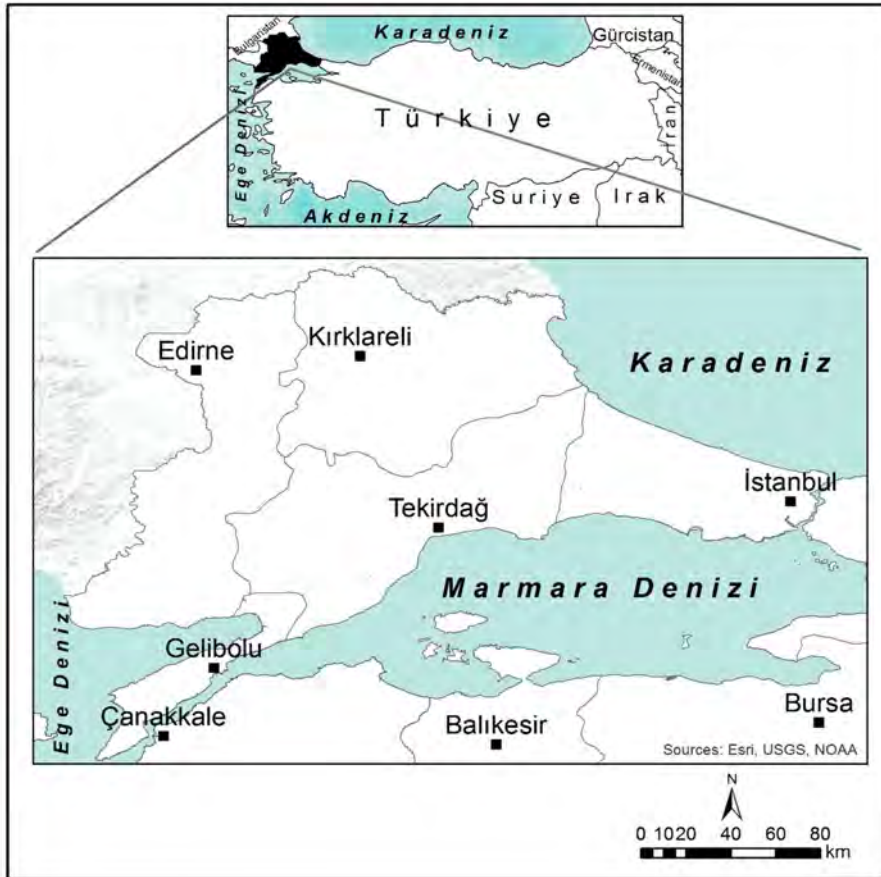
Mountains in the north, the Ganos Mountain in the south and low slopes and very steep terrains along the Koru Mountain in the southwest. Ergene River and agricultural areas which are in its surroundings have moderate erosion and strong erosion susceptibility. In addition to the effects of rainfall and soil characteristics on the land cover, the areas opened for settlement because of human activities due to unsuitable land use and the areas used as meadows and pastures increased this susceptibility. Considering that climate change and its effects are also effective on soil erosion, it is recommended that a regular and planned land use should be made for a sustainable natural environment in Thrace Peninsula.

© 2020 Jeomorfoloji Derneği. Tüm hakları saklıdır. All rights reserved.

GİRİŐ

Karaların üzerinde bir örtü tabakası olarak bulunan toprağın bulunduğu yerden su ve rüzgâr gibi dıŐ faktörler tarafından taşınıp götürülmesi olayı erozyon olarak tanımlanır. Eğimli arazilerde toprak yerçekimi ile daha alçak yerlere doğru hareket etme eğilimindedir. Aşındırıcı etmenlerin devreye girmesi ile bu durum hızlanır ve toprağın

birkaç cm'lik yüzey kısmı kısa sürede taşınıp götürülür. Toprak erozyonunun aktif kuvvetleri su ve rüzgârdır. Her iki erozyon çeşidinde de doğal vejetasyon tahrip edilmektedir. Erozyonun etki derecesi toprak yüzeyinden suyun akışı ve rüzgârın şiddeti ile artar (Mater, 1998).



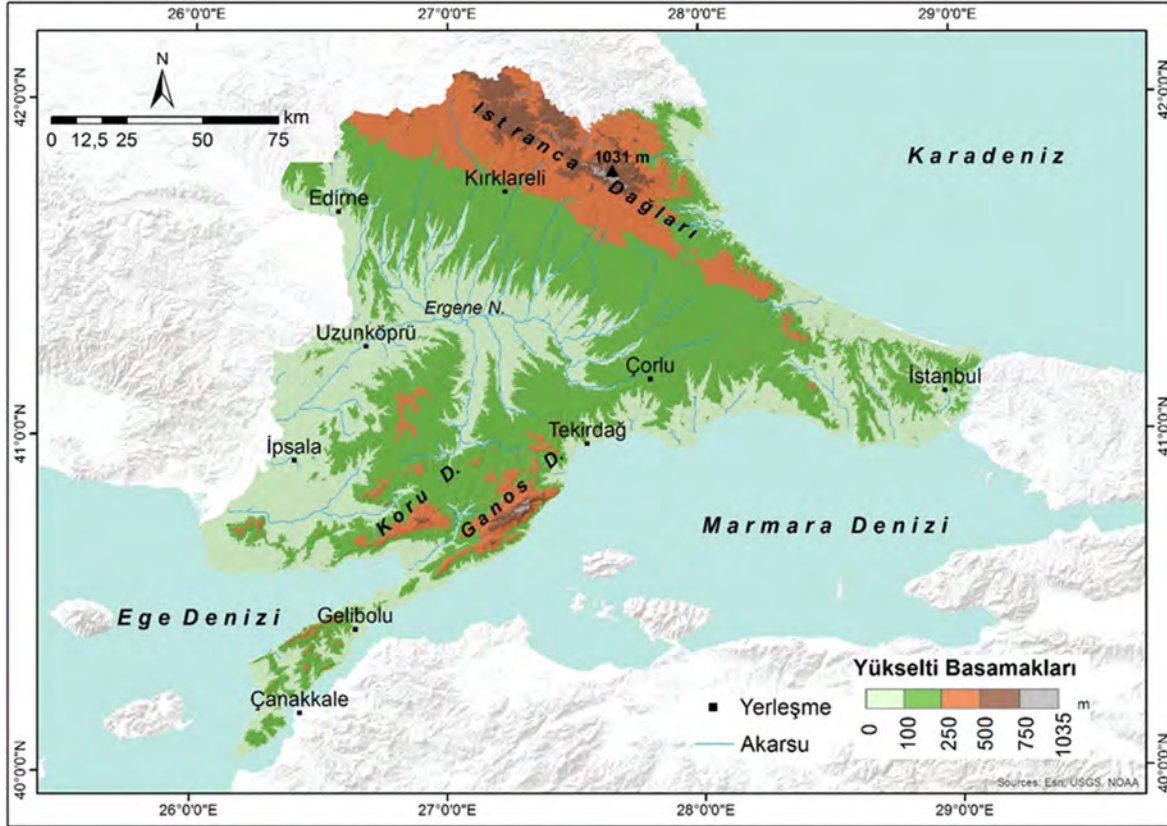
Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası / Figure 1: Location map of study area

Türkiye'nin coğrafi konumu, topoğrafya, iklim ve toprak koŐulları, ülkemizde erozyonun etkisini arttırmaktadır. Türkiye'de erozyonun nedenlerine bakıldığında insan faaliyetleri ön plana çıkmaktadır. Özellikle doğal bitki

örtüsünün tahribi, sanayileŐme, kentleŐme, yanlış arazi kullanımı, meraların aşırı kullanımı erozyonu arttıran başlıca etkenlerdir. Arazide aşınım ve taşınım gibi doğal süreçler insan faaliyetleri ile hızlandırıldığında, toprak

erozyonu doğal kaynakların sürdürülebilirliğine yönelik bir tehdit haline gelmektedir (Erkal, 2012; Erkal ve Taş, 2013; Özdemir ve Dönmez, 2016; Ustaoglu ve Koç, 2018). Türkiye yüzölçümünün %60,28'inde çok hafif,

%19,13'ünde hafif, %7,93'ünde orta, %5,97'sinde şiddetli ve %6,7'sinde çok şiddetli erozyon görülmektedir. Türkiye'de her yıl 642 milyon ton toprak erozyon sonucu yer değiştirmektedir (Erpul vd., 2018).



Şekil 2: Trakya Yarımadası'nın yükselti basamakları haritası / **Figure 2:** Elevation levels map of Thrace Peninsula

Bu çalışma Trakya Yarımadası'nda (Şekil 1) toprak erozyonuna karşı duyarlı alanların belirlenmesini amaçlamaktadır. Bunun için RUSLE (Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi-Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi kullanılarak toprak erozyonu duyarlılık değerleri belirlenmiş ve Trakya Yarımadası'nın erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Bu haritada; çok hafif, hafif, orta, güçlü, şiddetli ve çok şiddetli olmak üzere altı ayrı erozyon duyarlılık sınıfı belirlenmiştir.

Çalışma alanıyla ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalar daha çok yerel ölçekte olup Trakya Yarımadası'nın tamamını kapsayan bir çalışma bulunmamaktadır. Gelibolu Yarımadası'nda (Kocaman vd., 2007); Ganos Dağı'nda (Üstün, 2008); Ergene Nehri Havzası'nda (Özşahin 2014; Pektezel, 2015); Tekirdağ'da (Özşahin, 2016a); Kavakdere Havzası'nda (Özşahin, 2016b), Saray'da (Uludağ ve Fıçıcı, 2018) farklı

veri ve metotlarla arazi örtüsünün mevcut durumu ve erozyon duyarlılığı incelenmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar genel olarak toprak kaybının Türkiye ortalamasının altında olduğu ve toprak erozyon derecesinin çok etkili ve şiddetli olmadığı yönündedir.

Ortalama yükseltisi 180 metre olan Trakya Yarımadası, morfolojik olarak çeşitlilik gösterir. İnceleme alanı farklı yükseklikler meydana getiren dağ ve tepelerle alçak platolar ve düzlüklerden oluşmaktadır (Şekil 2). Sahanın kuzey ve kuzeydoğusunda Istanca Dağları (Mahya Tepe, 1031 m), güney ve güneybatısında Ganos Dağı (Uçakbaşı Tepe-925 m) ile Kuru Dağı (Kızılpınar Tepe, 725 m), batısında Meriç Vadisi ve sahanın ortasına doğru Ergene Havzası uzanır. Bu iki dağlık ünite arasında kalan kısım ise az eğimli düzlük alanları meydana getirir. Sahanın güneybatısındaki Gelibolu Yarımadası

kuzeydoğuda Saros Körfezi, güneydoğuda Çanakkale Boğazı ile sınırlanmıştır. Yarımada'nın kuzeybatısının topoğrafyası vadilerle yarılmış yüksek sahaları oluşturur (300 - 400 m). Trakya Yarımada'sının doğuya doğru uzantısını oluşturan Çatalca Yarımada'sı ise plato karakterindedir. Trakya Yarımada'sının orta kesiminde yer alan Ergene Havzası, Ergene Nehri ile yarılmış ve geniş alüvyal tabanlı vadilerle ayrılmış sırtlar ve yüksekliği az olan tepelerden meydana gelir. Meriç Nehri'nin oluşturduğu geniş alüvyal tabanlı vadi çalışma alanının batı sınırını oluşturur (Tanoğlu, 1947; Ardel, 1957; Dönmez, 1968; Kurter vd., 1985; Koç ve İkiel, 2017; Özşahin ve Eroğlu, 2018).

Trakya Yarımada'sında Köppen İklim Sınıflandırmasına göre "Csa" Kışı ılık, Yazı Çok Sıcak ve Kurak İklim Tipi (Akdeniz iklimi) görülmektedir (Ustaoglu, 2012b; Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2019). Fitocoğrafya özellikleri bakımından Trakya Yarımada'sının, Istranca Dağları ve çevresi Öksin sahasına, Güney Trakya Avrupa-Sibirya bölgesinin Balkan bölümüne ve Ergene Havzası ise step sahasına girmektedir (Davis, 1965-1985). Bitki örtüsü özellikleri bakımından Trakya Yarımada'sında nemli ormanlar, kuru ormanlar, antropojen step, maki ve psödomaki ile kıyı bitkileri sahaları görülmektedir (Dönmez, 1968). Trakya Yarımada'sında genel olarak dağılışı gösteren toprak tipleri, kireçsiz kahverengi topraklar ile kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır (Şekil4). Trakya Yarımada'sında özellikle Ergene Havzası'nda tarımsal faaliyetler yapılmaktadır. Yetiştirilen başlıca tarım ürünleri buğday, çeltik ve ayçiçeğidir.

VERİ ve YÖNTEM

Trakya Yarımada'sında RUSLE yöntemine göre arazinin erozyon duyarlılığı analizi için öncelikle 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları CBS ortamına aktarılmıştır. Erozyon duyarlılığı analizinde ilk olarak; yağış erozif özelliklerini belirleyebilmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Trakya Yarımada'sındaki İstanbul, Tekirdağ, Çanakkale, Kırklareli ve Edirne meteoroloji istasyonlarının 1965-2018 yıllarını kapsayan aylık ortalama toplam yağış verisi kullanılarak R Faktörü haritası yapılmıştır. İkinci aşama olarak; toprak

özelliklerini belirlemede Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Entegre İdare ve Kontrol Sistemi Daire Başkanlığı'ndan temin edilen toprak verileri kullanılarak inceleme alanının 1/25.000'lik büyük toprak grupları haritası ile toprağın erozyon açısından değerlendirildiği K Faktörü haritası yapılmıştır. Üçüncü aşamada eğim uzunluğu ve eğim dikliği etkisini belirlemek amacıyla 30 metre çözünürlüklü SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) sayısal yükselti modelinden eğim (derece), akım yönü ve akım birikimi verileri ile LS faktörü haritası yapılmıştır. Ayrıca bu aşamada üretilen eğim grupları-morfolojik birimler haritası tam düzlük; düzlük, dalgalı düzlük, az eğimli yamaç, eğimli yamaç, dik eğimli yamaç ve çok eğimli yamaç olarak yüzde (%) cinsinden sınıflara ayrılmıştır (Erol, 1993). Dördüncü aşama olarak zemin örtüsü etkisini saptamak amacıyla arazi örtüsünü ve özelliklerini belirlemek için Orman Genel Müdürlüğü'nün ürettiği amenajman planları ile Landsat 8 OLI Temmuz 2018 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Uydu görüntüsü analiz edilerek Trakya Yarımada'sı arazi örtüsü sınıfları haritası verilerinden C faktörü haritası yapılmıştır. Arazide erozyonu önleyici etkili bir tedbir olmadığı için P faktörü yapılan işlemlerde '1' olarak kabul edilmiştir.

RUSLE (The Revised Universal Soil Loss Equation / Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) Modeli

Çalışma alanında toprak erozyonu duyarlılık alanlarının tespiti ve duyarlılık değerlerinin ortaya koyulması amacıyla ABD Tarım Bakanlığı Toprak Bölümü'nün katkılarıyla geliştirilen RUSLE yöntemi uygulanmıştır. RUSLE yönteminin kullanılmasının nedeni bir önceki yöntem olan USLE'ye (Universal Soil Loss Equation / Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) göre daha gelişmiş bir yöntem olmasıdır (Cürebal & Atalay, 2018). Raster tabanlı çalışan RUSLE yöntemi, erozyon durumunu hücre bazında analiz etmektedir. RUSLE, toprak kaybının miktarını belirleyen birden çok faktörün analiz edildiği ve birbirleri ile ilişkisinin incelendiği faktör temelli bir modeldir (Tağıl, 2007). RUSLE yöntemi için kullanılan denklem:

$$A = R * K * LS * C * P' \text{ dir.}$$

Bu denklemde; A, yıllık toplam toprak kaybını ($t\ ha^{-1}\ y^{-1}$); R, yağış erozif faktörünü; K, toprak erozyon faktörünü; LS, eğim uzunluk ve eğim diklik faktörünü; C, zemin örtüsü faktörünü; P, erozyon kontrol faktörünü ifade eder (Renard vd., 1991).

R faktörü, K faktörü, LS faktörü ve C faktörü haritalarının verileri ArcGIS 10.3 yazılımında "Raster Calculator" ile işlenerek erozyon analizi yapılmış ve erozyon duyarlılığını gösteren harita oluşturulmuştur. Erozyonun meydana gelmesinde etkili olan yağış, toprak, eğim uzunluğu, eğim dikliği ve zemin örtüsü özellikleri kullanılarak RUSLE yöntemine göre erozyon duyarlılık sınıfları elde edilmiştir.

Yukarıda açıklanan RUSLE Metoduna ait faktörlerin (R, K, LS ve C faktörleri) verileri ortalama 30 metre çözünürlüktedir. Çalışmada kullanılan R, K, LS ve C faktörlerine ait haritalar hücresel verilere dönüştürülmüş ve bu şekilde grid sorgulamaları yapılmıştır. Böylece RUSLE Metoduna ait faktörler değerlendirilirken eşit boyuttaki her bir hücrenin konumu dikkate alınmıştır.

Yağış Erozi (R) Faktörü

İklim elemanlarından yağış, toprak erozyonunda önemli etkilere sahiptir. Yağış miktarı, süresi ve şiddeti ile yağmur damlalarının boyutu, yere düşme açısı ve oluşan darbe etkisi erozyon üzerinde etkilidir. Yağışın aşındırıcı etkisine maruz kalan yüzeydeki malzeme, suyun eğim yönündeki hareketine ve taşıma gücüne bağlı olarak hareket etmektedir. RUSLE yönteminde, yağışların toplam kinetik enerjileri ile 30 dakikalık maksimum yoğunlukları çarpımından elde edilen değer toprak kaybının hesaplanmasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada aylık ve yıllık yağış ortalamalarının kullanılarak hesaplamaların yapıldığı Modified Fournier Index (MFI) esas alınmıştır (Cürebal ve İkinci, 2006). Yağış Erozi faktörünün (R) belirlenebilmesi için:

- Öncelikle Erozyon İndeksini hesaplamak için Modified Fournier Index (MFI) (Arnoldous, 1977) ve sonrasında ise R faktörü hesaplanmıştır:

$$R = (4.17 MFI) - 152$$

Yukarıda belirtilen R faktörü formülü çalışma alanında yer alan büyük klima meteoroloji istasyonlarının (İstanbul, Tekirdağ, Çanakkale, Kırklareli, Edirne) ölçüm sonuçlarının mekânsal korelasyonuna göre hesaplanmıştır.

- Excel programında hesaplanan R faktör değerleri ve çalışma alanına ait Sayısal Yükselti Modeli (SYM) kullanılarak ArcGIS 10.3 programında R faktörü dağılışı haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanına ait SYM, Schreiber formülündeki yağış miktarları için baz alınan yükselti basamaklarına göre sınıflandırılmıştır (Ustaoglu, 2012a; Ustaoglu ve Karaca, 2014).
- Sınıflandırılmış olan SYM vektör formata dönüştürülerek hesaplanan R faktör değerleri veriye eklenmiştir.
- RUSLE yönteminin bir elemanı olan R faktörünün denklem içerisinde kullanılabilmesi için R faktörü değerini içeren vektör veri raster formata dönüştürülerek haritalanmıştır.

Toprak Erozyon (K) Faktörü

K faktörü arazide bulunan toprak sınıflarının fiziki özelliklerine bağlı olarak ayrışma ve taşınmaya karşı direncini ifade eder (Özden ve Özden, 1997). Toprakların aşınmaya karşı hassasiyeti sahip oldukları aşınmayı etkileyen özelliklerin farklılığından kaynaklanır. Toprağın aşındırılmasını etkileyen özellikler ise toprağın bünyesi, strüktürü, hidrolik geçirgenliği ve organik madde kapsamıdır (Cebel vd., 2013). Toprak Erozyon Faktörünün (K) belirlenmesi için:

- Trakya Yarımadası'nın sayısal toprak haritası yapılmıştır.
- Çalışma alanındaki K faktörü değerleri (Durak ve Oğuz, 1994; Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli, 1997; İrvem ve Tülücü, 2004; Özdemir ve Tatar Dönmez, 2016) tespit edilmiştir.
- Vektör formatta olan toprak haritasına K faktör değerleri eklendikten sonra K faktörü raster formata dönüştürülmüş ve elde edilen veri ile K faktör haritası oluşturulmuştur.

Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik (LS) Faktörü

Eğim, erozyona neden olan suyun akış hızı ve yönünü belirlediği için topoğrafyanın yükseltisi, eğim miktarı ve eğim uzunluğu erozyonun büyüklüğu üzerinde etkilidir. Diğer koşulların aynı veya benzer olduğu kabul edilir ise eğimin fazla olduğu alanlarda yağış suyunun toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara göre daha azdır. Bu nedenle yağmur suları doğrudan yüzeysel akışa katılırlar. Bu durum; özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda erozif faaliyetleri başlatır ve akarsuyun taşıdığı sediman miktarını artırır (Özdemir, 2007). LS faktörü (eğim uzunluk ve eğim diklik faktörü), L ile ifade edilen yamaç eğim uzunluğu ve S ile ifade edilen eğim diklik faktörünün birlikte ifade edilmesiyle meydana gelir. LS faktörü 22,13 m uzunluğunda ve %9 eğime sahip bir arazideki toprak kaybı oranını temsil eder. Bu özellikteki arazinin LS faktörü 1'dir (Desmet ve Govers, 1996; Mitsova vd., 1996; Tağıl, 2007). Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik (LS) faktörünün belirlenmesi için:

SYM'den eğim haritası (slope) üretilmiştir.

Eğim haritasından faydalanılarak CBS ortamında akım birikimi (fac) hesaplanmıştır.

LS faktörün hesaplanması için kullanılan formül (Desmet ve Govers, 1996; Mutlu ve Soykan, 2018)

$$LS = P((fac) \times resolution / 22.1, 0.6) \times Pow(\sin((slope) \times 0.01745) / 0.09, 1.3).$$

Uygulanan formül sonucunda LS faktör haritası üretilmiştir.

Zemin Örtüsü (C) Faktörü

C faktörü erozyonu etkileyen bitki örtüsü ve arazi kullanımını ifade etmektedir (Erkal, 2012). Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda bitkiler kökleri ile toprağı tutarak erozyonu engeller. Orman örtüsünün yoğun olduğu alanlarda ağaçların kökleri vasıtasıyla toprağı tutması, toprağın aşındırılıp taşınmasını büyük ölçüde engeller. Zemin örtüsü (C) faktörünün belirlenmesi için:

Uydu görüntüsü ERDAS Imagine 2018 yazılımı kullanılarak kontrollü sınıflandırılmıştır. Bunun sonucunda tarım alanı, orman, yerleşim alanı ve su kütlesi sınıflarından meydana gelen arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur.

Üretilen arazi örtüsü haritasına ait C faktör değerlerinin eklenebilmesi için raster veri formatındaki arazi örtüsü haritası vektör veriye dönüştürülmüş ve C faktör değerleri (Lee ve Lee, 2006; Tağıl, 2007) eklenmiştir.

C faktörünün denklem içerisinde kullanılabilmesi için C faktörü değerini içeren vektör veri raster formata dönüştürülerek haritalanmıştır.

Erozyon Kontrol (P) Faktörü

Bu faktör eğim doğrultusundaki toprak kaybının toprak işleme ile oluşan toprak kaybına oranını ifade eden toprak ve su koruma faktörüdür. Toprağın çeşitli şekillerde işlenmesi yüzeysel akışın akış şeklini, derecesini veya yönünü değiştirir ki bu durum erozyonu etkiler (Erkal, 2012). P faktörü 0-1 arasında değişir. Bu faktörün tespit edilemediği ya da arazide toprak koruma bakımından herhangi bir önlemin alınmadığı durumlarda 1 olarak kabul edilir (Renard vd., 1991). Çalışma alanında erozyonu azaltmak amacıyla kullanılan herhangi bir yöntem olmadığı için P faktörü 1 olarak alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIşMA

RUSLE (Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı) Yöntemi'ne göre; Yağış Erozif Faktörü (R); Toprak Erozyon Faktörü (K); Eğim Uzunluk ve Eğim Diklik Faktörünü (LS); Zemin Örtüsü Faktörü (C); Erozyon Kontrol Faktörü (P) Coğrafî Bilgi Sistemleri ile analiz edilerek haritalanmıştır. Öncelikle Yağış Erozif Faktörü (R) haritası oluşturulmuştur. Trakya Yarımadası'nda yükselti basamakları 0 metre ile 1035 metre arasında dağılış göstermektedir (şekil 2). Yükselti basamaklarına göre yağışın dağılışını hesaplamak amacıyla Scheiber formülü uygulanmıştır. Buna göre Trakya Yarımadası'nda bulunan meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış toplamı değerleri yükselti değeri dikkate alınarak interpolasyon yöntemiyle haritalandığında yağış değerleri yükseltinin fazla olduğu kuzeyde Istranca Dağları, güneyde Ganos Dağı ve güneybatıda Koru Dağı boyunca dağılış gösterdiği görülmektedir. R faktörünün dağılışında da yükseltinin oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1, şekil 3).

Toprak Erozyon Faktörünü (K) oluşturmak için öncelikle büyük toprak grupları haritası oluşturulmuştur (Şekil 4). Buna göre K faktörünün en yüksek (aşınmanın en fazla) olduğu alanlar sahanın kuzeyinde ve güneybatısında yer alan Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları üzerindedir (Şekil 5, Tablo 2). Bu durum erozyon duyarlılığını arttırmaktadır.

Tablo 1: Trakya Yarımadası'nın yükselti basamaklarına (m) göre yağış erozif faktörü / **Table 1:** Rainfall erosivity factor values

Yükselti (m)	MFI	R Faktör Değerleri
0-110	59,0	94,0
110-210	60,6	100,6
210-310	64,3	116,0
310-410	68,1	131,9
410-510	72,0	148,2
510-610	76,0	164,9
610-710	80,0	181,7
710-810	84,1	198,8
810-910	88,3	216,1
910-1010	92,5	233,6
1010-1110	96,7	251,1

Tablo 2: Trakya Yarımadası'nın büyük toprak grupları ve K Faktör değerleri / **Table 2:** Soil groups and K factor values

Büyük Toprak Grupları	K Faktör Değeri	Alan (ha)
Alüvyal Sahil Bataklıkları	0,15	53.901
Alüvyal T.	0,15	194.051
Hidromorfik T.	0,18	1.024
Kahverengi Orman T.	0,20	246.813
Kestanerengi T.	0,22	470
K.K. Akdeniz T.	0,18	4.971
Kireçsiz Kahverengi O. T.	0,29	849.956
Kireçsiz Kahverengi T.	0,17	485.606
Kolüvyal T.	0,18	494
Podzolik T.	0,25	36
Regosoller	0,18	6.872
Rendzinalar	0,12	38.497
Vertisoller	0,15	331.495
Diğer	0,001	144.222
Toplam		2.358.409

Eğim uzunluk ve eğim diklik faktörünü (LS) oluşturabilmek amacıyla öncelikle eğim grupları haritası yapılmıştır (Şekil 6). Eğimin en az olduğu yerler Ergene Havzası ve çevresi olarak görülürken, eğimin en fazla olduğu yerler Istranca Dağları, Ganos Dağı ve Kuru

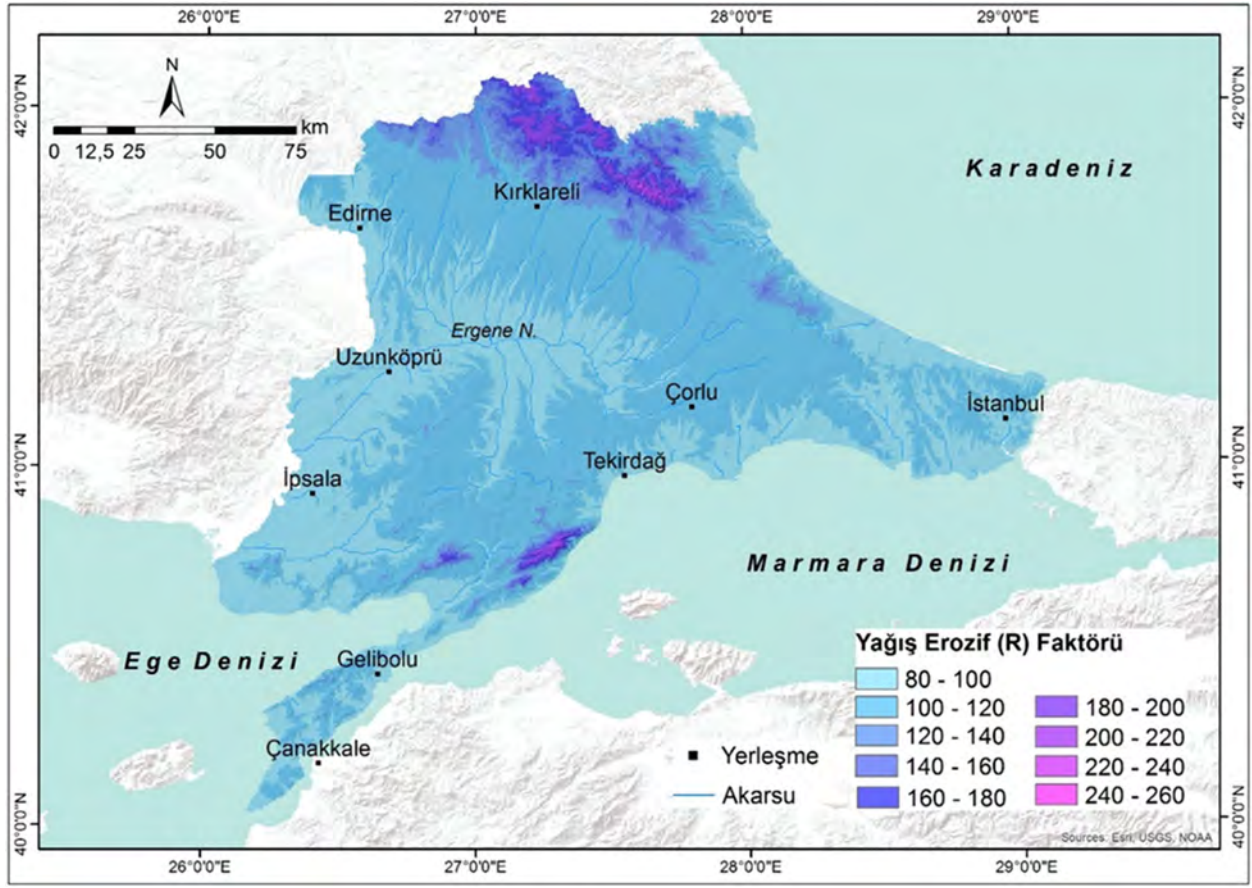
Dağı ve çevresidir. Çalışma alanında yükselti arttıkça LS değerlerinin de arttığı görülmektedir. LS değerleri Trakya Yarımadası'ndaki düz ve düze yakın olan Ergene Havzası ve çevresinden Istranca Dağları, Ganos Dağı ve Kuru Dağı'na doğru gittikçe artış göstermektedir. Yapılan hesaplamalar LS değerinin fazla olduğu alanların, eğim değerlerinin yüksek, vadi yoğunluğun fazla olduğu yüksek kesimlere karşılık geldiğini göstermektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019). 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 (Şekil 7).

Çalışma alanında Zemin Örtüsü Faktörü (C)'yi belirlemek amacıyla öncelikle Arazi Örtüsü haritası oluşturulmuştur (Şekil8). Landsat 8 OLI uydu görüntüsünün analizi sonucunda arazi örtüsü yerleşme, tarım alanı, orman alanı ve su kütleleri olmak üzere 4 ana sınıfa ayrılmıştır. C faktörünün en yüksek olduğu alanlar olarak orman örtüsünün tahrip edildiği yerleşmeye, çayır ve mera alanları ile tarım alanlarına dönüştürüldüğü düz ve düze yakın araziler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9, Tablo 3).

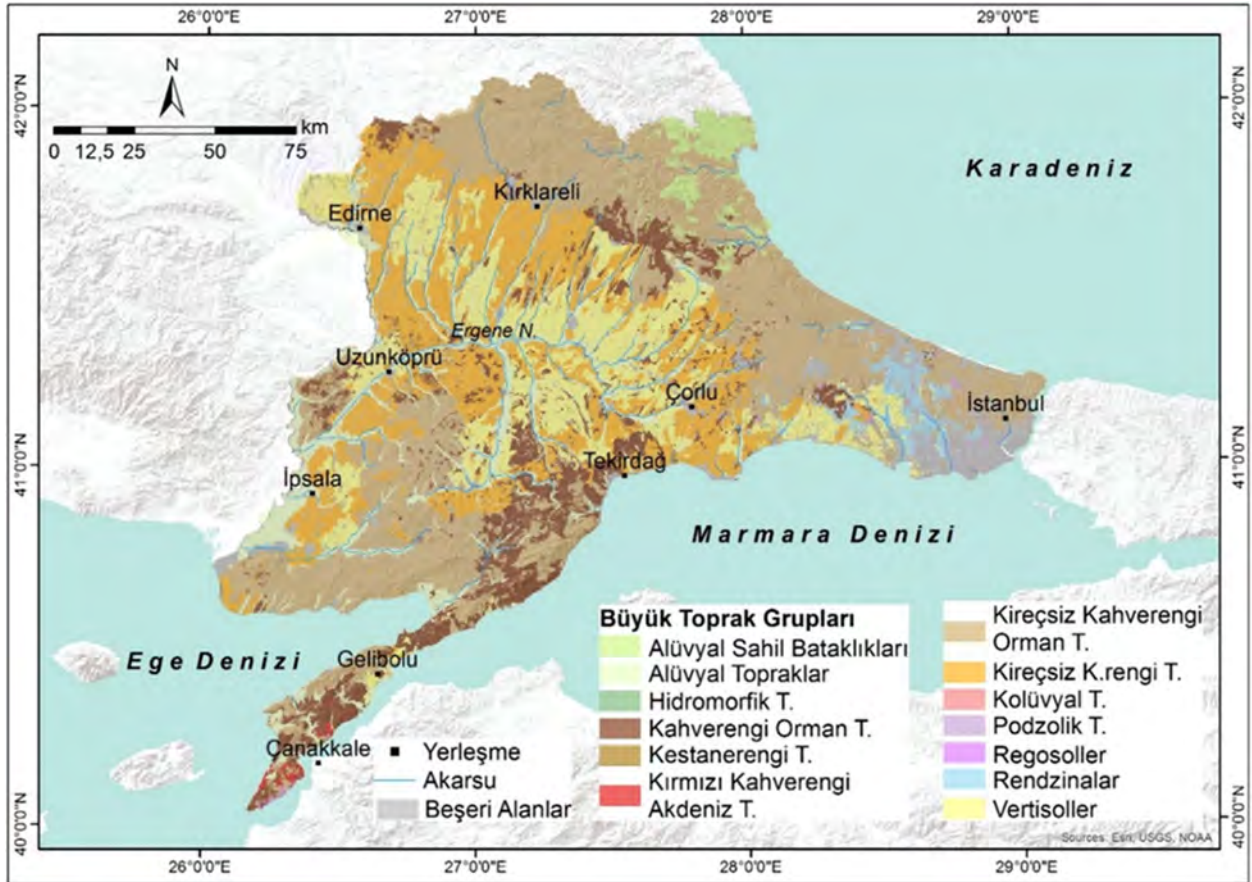
Tablo 3: Trakya Yarımadası'nın arazi örtüsü sınıfları ve C faktör değerleri / **Table 3:** Land cover (C) values

Arazi Örtüsü Sınıfları	C Faktör Değeri	Alan	
		ha	%
Tarım Alanı	0,3	1.435.124	60,9
Yerleşim Alanı	0,002	251.469	10,7
Orman	0,004	643.416	27,3
Su kütlesi	0	28.400	1,2
Toplam		2.358.409	100

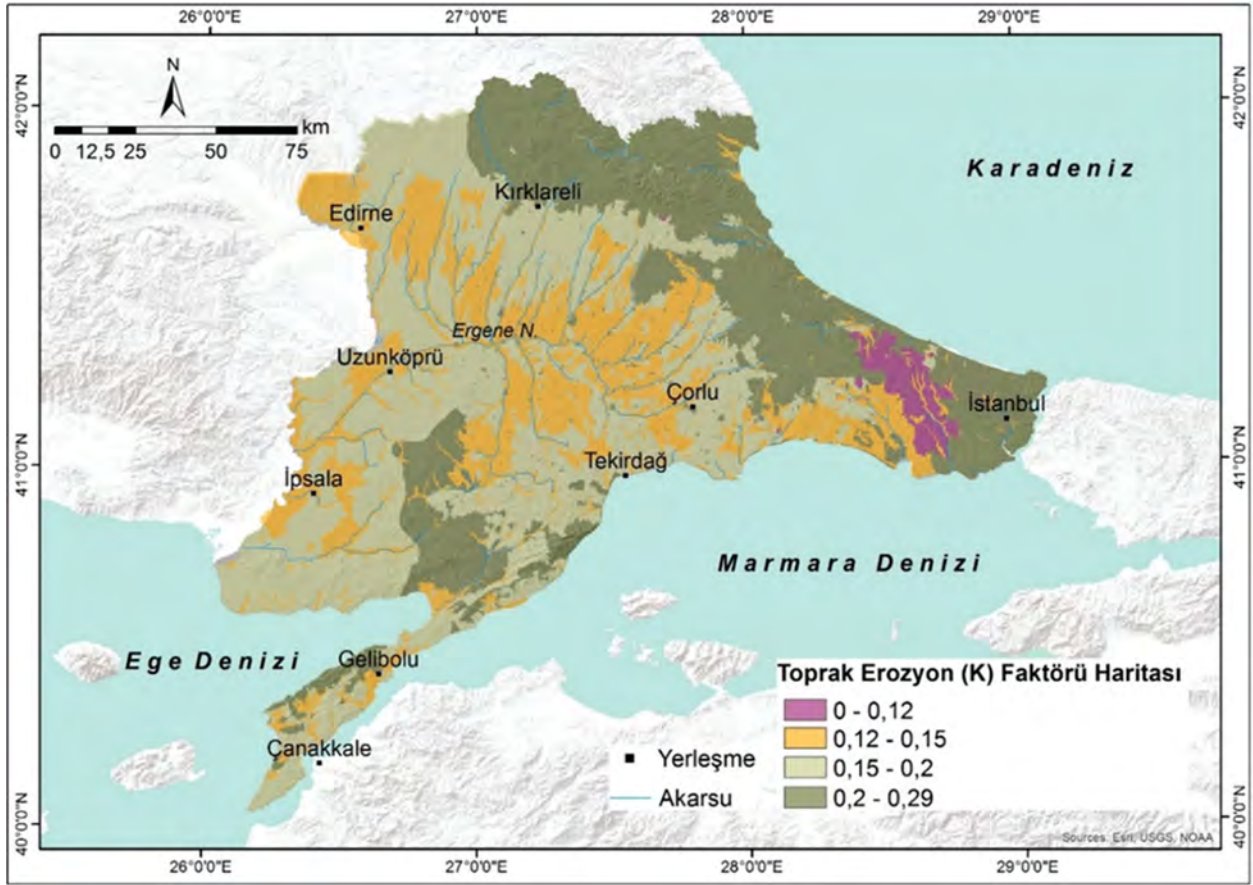
Bütün faktörlerin analizi yapıldıktan sonra RUSLE'ye göre Erozyon Duyarlılık Haritası oluşturulmuştur (Şekil 10). Buna göre çalışma alanının %75'inde (1.768.257 ha) çok hafif, %6,7'sinde (158.935 ha) hafif, %8,2'sinde (194.435 ha) orta, %3,3'ünde (78.637 ha) güçlü, %3,8'inde (89.529 ha) şiddetli ve % 2,9'unda (68.616 ha) çok şiddetli erozyon duyarlılığı tespit edilmiştir (Tablo 4).



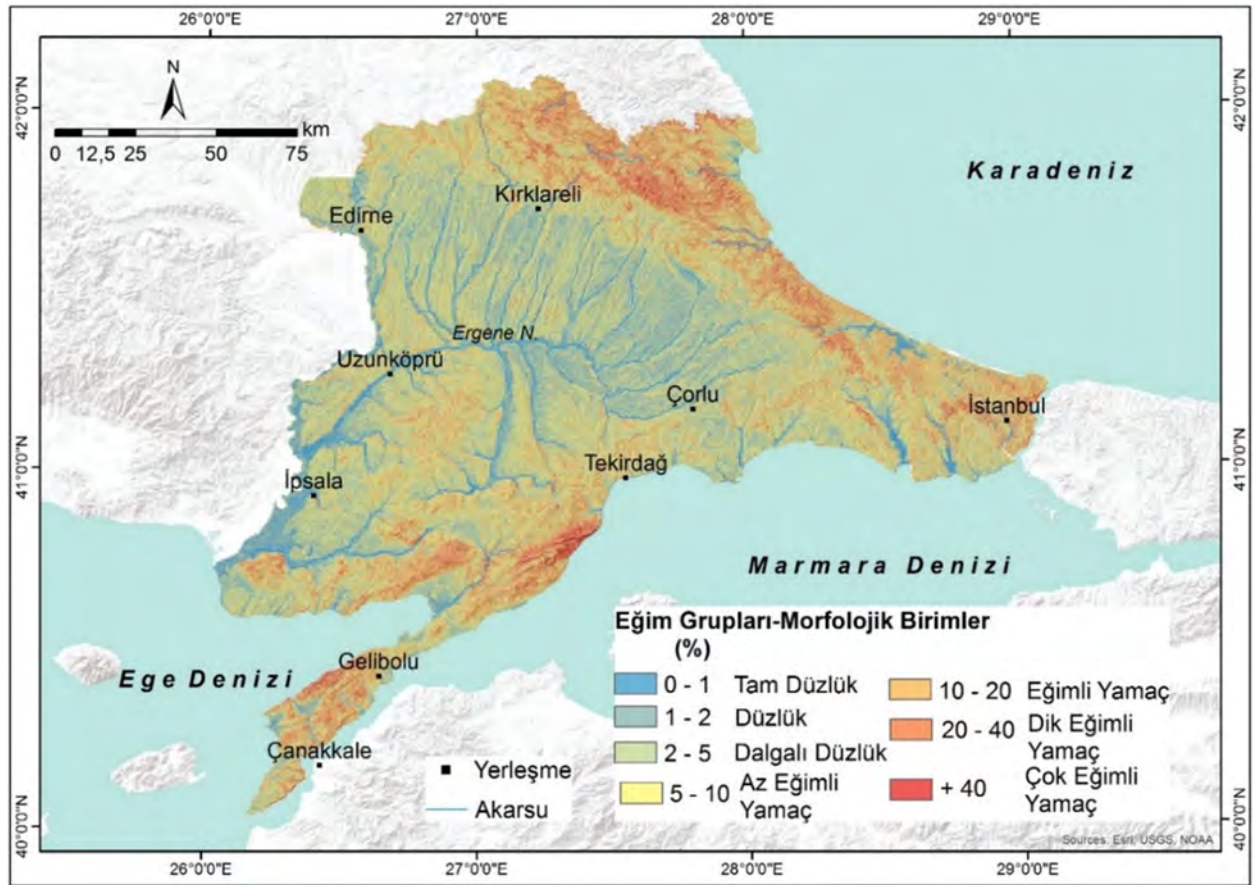
Şekil 3: Trakya Yarımadası'nın yağış eroziyon (R) faktörü haritası / Figure 3: Rainfall runoff erosivity (R) factor map



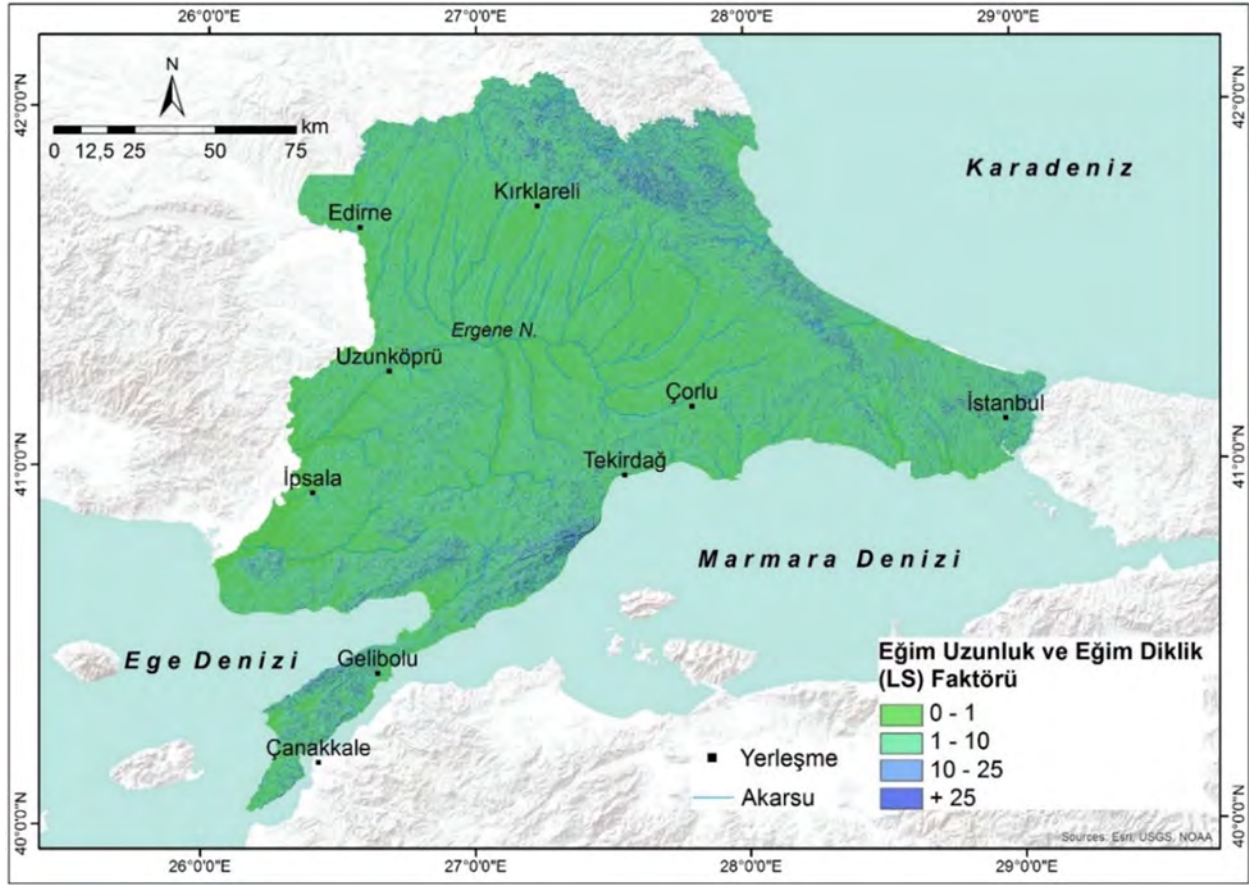
Şekil 4: Trakya Yarımadası'nın büyük toprak grupları haritası / Figure 4: Soil groups map



Şekil 5. Trakya Yarımadası'nın toprak erozyon (K) faktörü haritası / Figure 5: K factor map



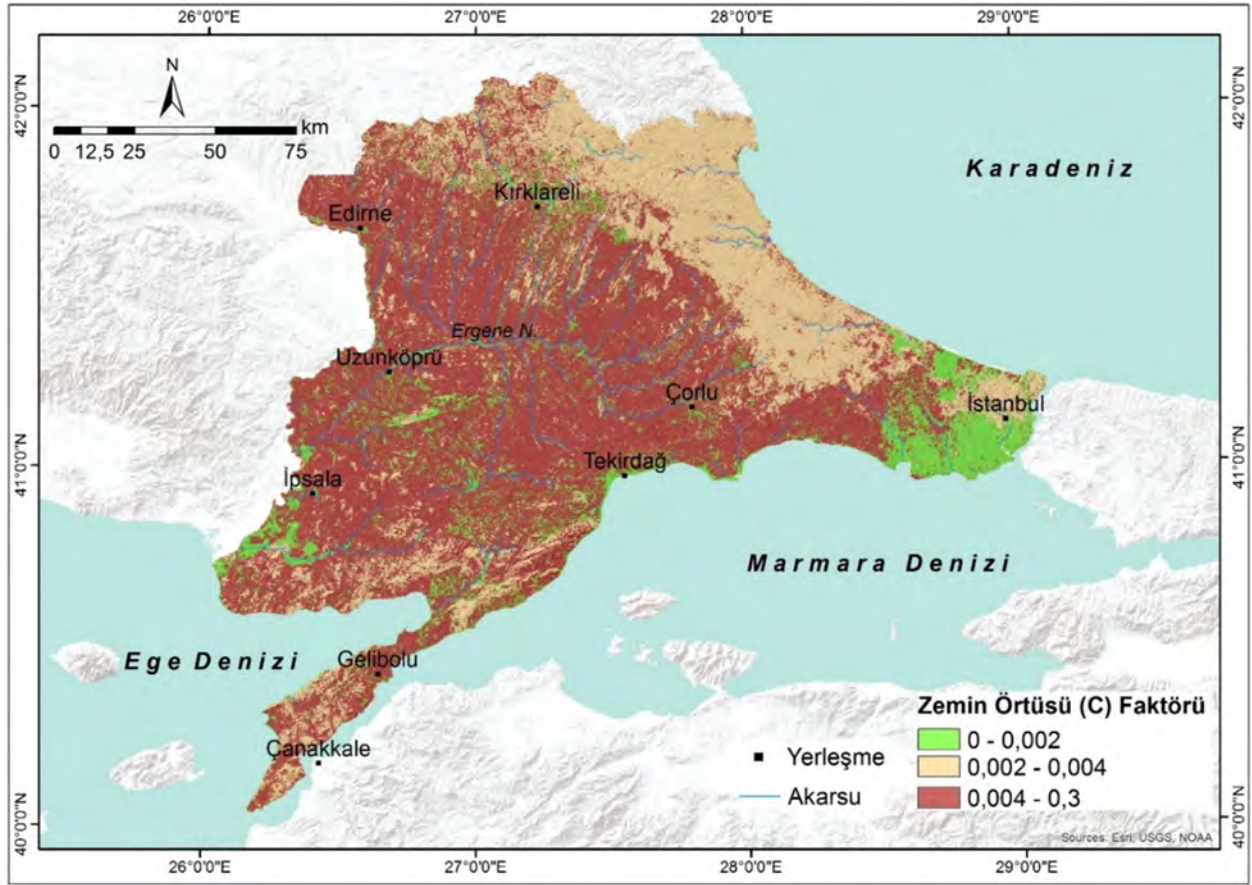
Şekil 6: Trakya Yarımadası'nın eğim grupları (%) haritası / Figure 6: Slope groups (%) map



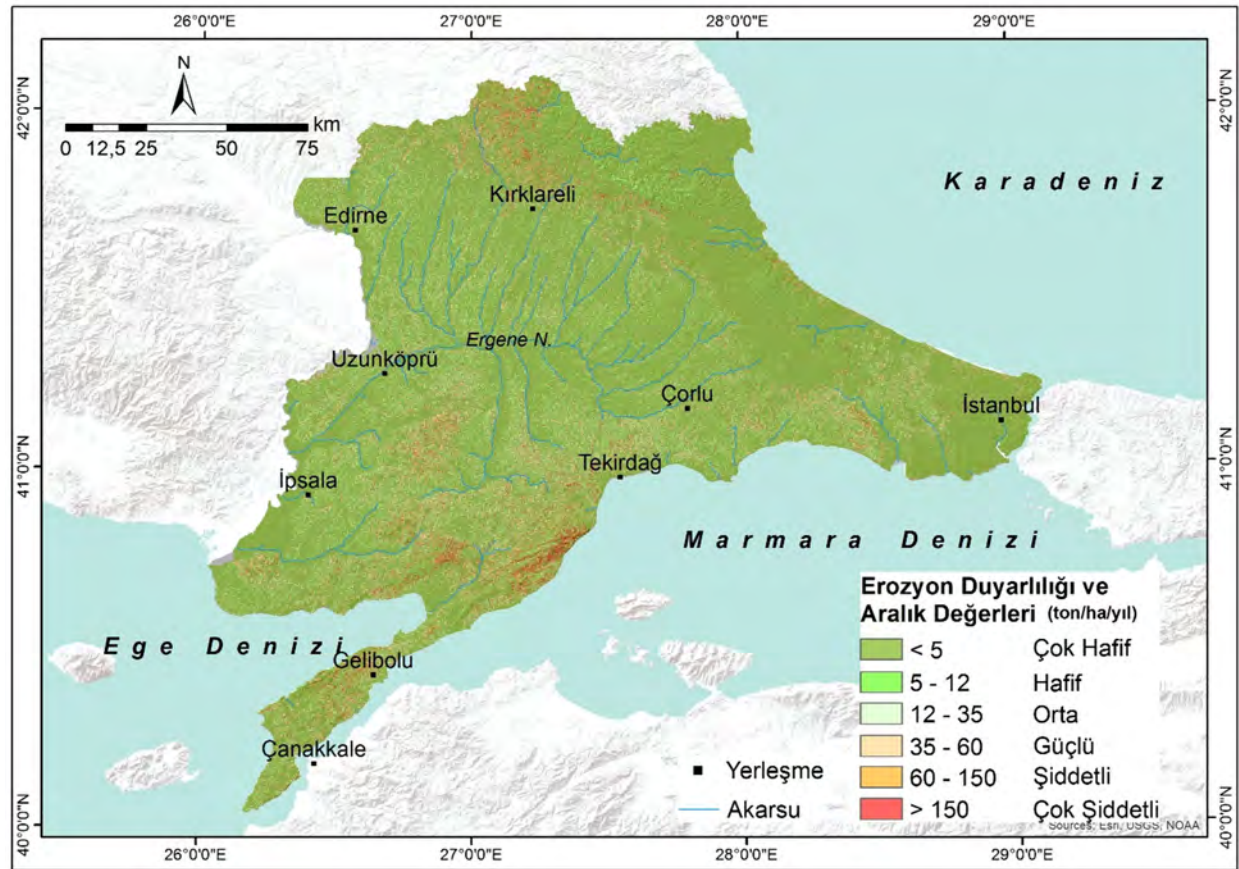
Şekil 7: Trakya Yarımadası'nın eğim uzunluk ve eğim diklik (LS) faktörü haritası / Figure 7: Slope length (L) and slope steepness (S) factor map



Şekil 8: Trakya Yarımadası'nın arazi örtüsü haritası / Figure 8: Land cover map



Şekil 9: Trakya Yarımadası'nın zemin örtüsü (C) faktörü haritası / Figure 9: Cover (C) factor map



Şekil 10: Trakya Yarımadası'nın RUSLE Yöntemine göre erozyon duyarlılık haritası / Figure 10: Erosion susceptibility map of Thrace Peninsula by RUSLE method

Erozyonun şiddeti bakımından en duyarlı bölgeler ise kuzeyde Istranca Dağları, güneyde Ganos Dağları ve güneybatıya doğru Kuru Dağları boyunca yüksek dağ yamaçları ile eğimin nispeten azaldığı hafif eğimli yamaçlardır (Foto 1a, 1b). Ergene Nehri ve çevresindeki tarım alanları da orta derecede ve güçlü derecede erozyon duyarlılığı taşıyan alanlardır (Foto 1c). Yıllık ortalama toprak kaybı 5 ton/ha/yıl'dan azdır (Tablo 4).

İnceleme alanıyla ilgili daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında da erozyon duyarlılık değerlerinin bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla benzer bir şekilde "çok hafif ve hafif derecede" olduğu tespit edilmiştir (Kocaman vd., 2007; Üstün, 2008; Özşahin 2014;

Pektezel, 2015; Özşahin, 2016a; Özşahin, 2016b; Uludağ ve Fıçıcı, 2018).

Tablo 4: RUSLE yöntemine göre erozyon duyarlılık değerlerinin alansal dağılışı (ha/%) / **Table 4:** Erosion susceptibility values and areal distribution

Toprak Erozyon Risk Sınıfları	Toprak Erozyon Risk Değerleri	Alan (ha)	%
Çok hafif	0 - 5	1.768.257	75,0
Hafif	5 - 12	158.935	6,7
Orta	12 - 35	194.435	8,2
Güçlü	35 - 60	78.637	3,3
Şiddetli	60 - 150	89.529	3,8
Çok Şiddetli	+ 150	68.616	2,9
Toplam		2.358.409	100



Foto 1: Erozyon duyarlılığın çok şiddetli olduğu alanlardan; a) Ganos Dağı, b) Uçmakdere, Tekirdağ c) Erozyon duyarlılığının orta ve güçlü derecede olduğu Ergene Nehri ve çevresindeki tarım alanlarından Muratlı – Hayrabolu arası / **Photo 1:** Photos from areas where erosion sensitivity is very severe; a) Mount Ganos, b) Uçmakdere, Tekirdağ c) One of the agricultural areas surrounding Ergene River at Muratlı – Hayrabolu, where erosion sensitivity is moderate and strong.

İnceleme alanında bölgesel olarak yapılan çalışmaların yıllık ortalama toprak kaybı değerlerine bakacak olursak: Özşahin (2016b), Ergene Havzası'nda 1987 yılında 12,53 ton/ha/yıl olan ortalama yıllık toprak kayıp miktarının 2015 yılında 10,86 ton/ha/yıl miktarına kadar gerilediğini belirlemiştir. Özşahin (2014), Tekirdağ ili için yıllık ortalama

erozyon kaybını 5,26 ton/ha/yıl; Pektezel (2015), Gelibolu Yarımadası'nda meydana gelen yıllık ortalama toprak kaybını 4,79 ton/ha/yıl; Uludağ ve Fıçıcı (2018), Tekirdağ Saray İlçesinde yıllık ortalama toprak kaybının 1,56; Üstün (2008); Ganos Dağı ve çevresinde ortalama erozyon miktarının yaklaşık 10 ton/ha olarak belirlemiştir. Ayrıca elde edilen

sonuçlar Türkiye Su Erozyon Atlası (Erpul vd., 2018) ile de karşılaştırılmış ve bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzer olarak Trakya Yarımadası'nda "ok hafif" derecede erozyon belirlenmiştir.

SONUÇ

Trakya Yarımadası'nda RUSLE yöntemine göre toprak erozyonu duyarlılık değerlerinin alansal dağılışı incelendiğinde erozyon duyarlılığının çok hafif derecede olduğu tespit edilmiştir. Yıllık ortalama toprak kaybı 5 ton/ha/yıl'dan azdır ve Türkiye ortalamasının (8,24 ton/ha/yıl) altındadır. Çalışma alanında arazinin %75'inde çok hafif, %6,7'sinde hafif, %8,2'sinde orta, %3,3'nde güçlü, %3,8'inde şiddetli, %2,9'unda ise çok şiddetli derecede erozyon duyarlılığı belirlenmiştir.

Erozyonun şiddeti bakımından en duyarlı bölgeler ise kuzeyde Istranca Dağları, güneyde Ganos Dağı ve güneybatıya doğru Koru Dağı boyunca yüksek dağ yamaçları ile eğimin nispeten azaldığı hafif eğimli yamaçlardır. Ergene Nehri ve çevresindeki tarım alanları da orta derecede ve güçlü derecede erozyon duyarlılığı taşıyan alanlardır. Arazi örtüsünde yağış ve toprak özelliklerinin etkisi yanında yanlış arazi kullanımı sebebiyle insan faaliyetleri sonucu yerleşmeye açılan alanlar ile ayır ve mera olarak kullanılan alanlar bu duyarlılığı arttırmıştır.

Analizden elde edilen sonuçlara göre; Trakya Yarımadası'nda toprak erozyonu duyarlılığı olan alanlarda erozyonla mücadele çalışmaları yapılmalıdır. Özellikle dağlık alanlarda doğal bitki örtüsünün korunması gerekmektedir. Bu durum erozyonla taşınan sediman miktarını azaltacağı için toprağın korunmasını da sağlayacaktır. Günümüzde iklim değişikliğinin toprak erozyonu üzerinde de etkili olduğunu düşünülürse Trakya'da sürdürülebilir bir doğal evre için planlı bir arazi kullanımı önerilmektedir.

KATKI BELİRTME ve TEŐEKKÜR

Makalenin değerlendirilmesi aşamasında görüş ve önerileriyle katkıda bulunan editöre ve hakemlere teŐekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Ardel, A. (1957) Trakya'nın Jeomorfolojisi, Türk Coğrafya Dergisi, 17,152-158.
- Arnoldous, H.M.J. (1977) Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due to Sheet and Rill Erosion in Morocco, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Soils Bulletin 34: 39-44.
- Cebel, H., Akgl, S., Doğan, O. & Elbaşı, F. (2013) Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık "K" Faktrleri, Toprak Su D.(2)1: 30-45.
- Cürebal, İ. & Atalay, İ. (2018) Türkiye'de Erozyon ve Akarsu Havzalarında Erozyon Miktarını Belirlemeye Yönelik alışmalar, Uygulamalı Hidrografya, ISBN: 9786056610356, Meta Basım Matbaacılık, Blm Sayfaları: 296 -327.
- Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006) Kızılkçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemiyle Erozyon Analizi, Türk Coğrafya Der 47: 115-130.
- Davis, P.H.(1965-1985) Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol: 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh
- 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.
- Durak, A. & Oğuz İ. (1994) Toprak ve Su Muhafazası alışmalarını Planlamada Toprak Etüt ve Haritalardan Yararlanma İmknları, Gaziosmanpaşa . Ziraat Fak. Der. 11: 190-202.
- Dönmez, Y. (1968) Trakya'nın Bitki Coğrafyası, İ.. Coğrafya Enstitüsü Yayınları, İstanbul.
- Erol, O. (1993) Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları izim Yöntemi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni, 10: 19-38.
- Erkal, T. (2012) obanlar Havzası'nda (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirmesi. The Journal of Academic Social Science Studies 5(8): 543-562.
- Erkal, T. & Taş, B. (2013) Jeomorfoloji ve İnsan. Yeditepe Yayınevi, İstanbul.
- Erpul, G., şahin, S., İnce, K., Kmen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ. & etin, E. (2018) Türkiye Su Erozyon Atlası, lleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- İrvem, A. & Tülücü, K. (2004) Coğrafi Bilgi Sistemi ile Toprak Kaybı ve sediment verimi tahmin Modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan-Krkn Alt Havzasına Uygulanması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,13(1)
- Kocaman, I., Konukçu, F. & İstanbulluoğlu, A. (2007) Research on the Sedimentation and Erosion

- Problem of the Ergene River Basin in Western Turkey and Precautions to Control It, *Eurasian Soil Science*, 40(10): 1110-1116.
- Koç, D. E. & İkiel, C. (2017) Trakya'da Vegetasyon Süreleri ve Değişimleri (1965-2011), *Journal of Human Sciences*, 14(3): 2326-2344.
- Kurter, A., Sungur, K. A., Gözenç, S., Uzel, T., Kiran, H. & Selçuk, M. (1985) Trakya'nın Yüzölçümü ve Yükselti Basamakları, *İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 2: 45-57.
- Lee G, S. & Lee K, H. (2006) Scaling Effect for Estimating Soil Loss in the RUSLE Model Using Remotely Sensed Geospatial Data in Korea, *The J. Hydrology and Earth System Sci.*, 3: 135-157.
- Mater, B. (1998) *Toprak Coğrafyası, Çantay Kitabevi, İstanbul.*
- 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.
- Mutlu, Y. E. & Soykan, A. (2018) RUSLE (3d) Modeli Kullanılarak Toprak Erozyonu Tahmini: Havran Çayı Örneği, *JADER 2018 (1)*: 50-66.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2019) https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf. Son erişim 10.09.2019.
- Özdemir, H. (2007) Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, *İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi)*, İstanbul.
- Özdemir, M. A. & Tatar Dönmez, S. (2016) CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işık Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* 8(1): 1-21.
- Özden, Ş. & Özden, M. (1997) Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli. TURTEM, Başbakanlık Türkiye Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enst. Müd. Yayınları, Ankara.
- Özşahin, E. (2014) Tekirdağ İlinde CBS Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *JOTAF / Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11: 45-56.
- Özşahin, E. (2016a) Çok Şiddetli Erozyon Probleminin Değerlendirilmesine Yönelik Pilot Bir Çalışma: Kavakdere Havzası (Trakya Yarımadası) Örneği, *Journal of Eurasia Social Science* 7: 100-119.
- Özşahin, E. (2016b) Ergene Havzasında (Trakya) Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Değişikliklerinin Erozyon Üzerine Etkileri, *Anadolu Journal of Agricultural Science* 31(1): 117-126.
- Özşahin, E. & Eroğlu, İ. (2018) Trakya Yarımadası'nın Jeomorfometrik Özellikleri, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* 1: 87-88.
- Pektezel, H. (2015) Gelibolu Yarımadası'nda CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemiyle Erozyon Duyarlılık Analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi* 17: 131-151.
- 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.
- Tağıl, Ş. (2007) Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi, *Ekoloji* 17(65): 11-20.
- Tanoğlu, A. (1947) Türkiye'nin İrtifa Kuşakları, *Türk Coğrafya Dergisi*, 9-10: 33-55.
- Turoğlu, H. & Aykut, T. (2019) Ergene Nehri Havzası için Hidromorfometrik Analizlerle Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* 2: 1-15.
- Uludağ, M. & Fıçıcı, M. (2018) Saray İlçesinde (Tekirdağ) Toprak Erozyonunun RUSLE Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* 70: 29-36.
- Ustaoğlu, B. (2012a) Comparisons of Annual Mean Precipitation Gridded and Station Data An Example From Istanbul Turkey, *Marmara Coğrafya Dergisi* 26: 71-81.
- Ustaoğlu B. (2012b) Trend Analysis of Annual Mean Temperature Using Mann Kendall Trend Test in Çatalca Kocaeli Peninsula Northwest Turkey for the Period 1970 2011, 2nd International Balkan Annual Conference, The Balkans at a Crossroads: Evaluating Past, Reading Present, Imagining Future, *IBAC 2012*, 276-287.
- Ustaoğlu, B. & Karaca, M. (2014) The Effects of Climate Change on Spatiotemporal Changes of Hazelnut *Corylus Avellana* Cultivation Areas in the Black Sea Region Turkey, *Applied Ecology and Environmental Research* 12(2): 309-324.
- Ustaoğlu, B. & Koç, D. E. (2018) Sakarya'nın Toprak Özellikleri, içinde (Editör İkiel, C), *Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri*, 265-285. Sakarya Üniversitesi Yayını, Sakarya.
- Üstün, B. (2008) Soil Erosion Modelling by Using GIS & Remote Sensing: A Case Study, Ganos Mountain, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII. Part B7, Beijing.