



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 01.07.2021  
Kabul Tarihi : 23.08.2021

Received Date : 01.07.2021  
Accepted Date : 23.08.2021

### KAMAN DERESİ ALT HAVZASININ EROZYON DUYARLILIĞI

#### EROSION SUSCEPTIBILITY OF THE KAMAN SUB-BASIN

*Kadir ALPARSLAN<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-0717-6354)*  
*Muhterem KÜÇÜKÖNDER<sup>2\*</sup> (ORCID: 0000-0001-5350-7794)*

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Muhterem KÜÇÜKÖNDER, muhteremkucukonder@ksu.edu.tr

#### ÖZET

Erozyon, doğal toprak ekosisteminin bozulması başta olmak üzere ortaya çıkardığı problemler nedeniyle önemli doğal afetler arasında ele alınmaktadır. Dünya'nın birçok yerinde olduğu gibi ülkemizde de erozyon önemli bir toprak sorununu oluşturmaktadır. Bu sorunun çözümünde erozyonun duyarlılığını tespit etmek ve öncelikli belirlenen alanlara özgü tedbirler almak hızlı çözüm yollarından biridir. Bu çalışmanın amacı, ülkemizde su erozyonunun fazla yaşandığı Fırat Havzası alt havzalarından biri olan Kaman Deresi alt havzasında RUSLE (Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği) tekniği kullanarak erozyon duyarlılığını tespit etmektir. Yaklaşık 110 km<sup>2</sup> alan kaplayan çalışma havzası, RUSLE yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yağış aşındırma parametresi TRMM 3B43 ve GloREDA verileri ile karşılaştırılmıştır. Ortalama erozyon değerleri, GloREDA yağış aşındırma parametresi ile ortalama 112 ton/ha/yıl, TRMM 3B43 yağış aşındırma parametresi ile 68 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Meteorolojik uydu görüntülerinden elde edilen yağış aşındırma parametresi mevcut erozyon çalışmalarında kullanımı gerçekleştirilen bu çalışmada yersel ölçümlerin yeterli olmadığı koşullarda önemli bilgiler sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Erozyon, Kaman Deresi, RUSLE

#### ABSTRACT

Erosion is considered as one of the most important natural disasters due to the problems it causes, especially the deterioration of the natural soil ecosystem. Also erosion is an important soil problem in our country as in many parts of the world. For solving this problem, determining the sensitivity of erosion and taking measures specific to the priority areas is first step of the solutions. The aim of this study is to determine the erosion susceptibility using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) technique in the Kaman Stream sub-basin, which is located in the Fırat Basin, where water erosion is common in our country. The study basin, which covers an area of approximately 110 km<sup>2</sup>, was evaluated using the RUSLE method. Precipitation erosion parameter was compared with TRMM 3B43 and GloREDA data. Average erosion values were calculated as 112 tons/ha/year with GloREDA precipitation erosion parameter and 68 tons/ha/year with TRMM 3B43 precipitation erosion parameter. Precipitation erosivity parameters obtained from meteorological satellite images will be useful in erosion models.

**Keywords:** Erosion, Kaman River, RUSLE

## GİRİŞ

Toprak erozyonu, toprağın bulunduğu konumdan suyun ve rüzgârın etkisiyle harekete geçirilip taşınması olayıdır (Çelebi, 1963; Mater, 1998). Tanımındaki basitliğine karşın aslında erozyon oldukça karmaşık bir süreçtir ve toprak üzerinde çok güçlü etkileri olan bir işlemdir. Doğal erozyon insan etkileşimi nedeniyle kontrolsüz olarak artmaktadır. Ülkemizin yaklaşık %56'sı yani 438 bin km<sup>2</sup>'lik alanı dağlık olması (Görçelioğlu, 1997) nedeniyle doğal erozyon oluşumuna müsaittir. Ülkemizde topoğrafik koşulların yanı sıra iklim, bitki örtüsü, toprak özellikleri doğal erozyonu oluşturan etmenlerdir. Bunun yanında insanın doğaya müdahalesi erozyonu büyük ölçüde tetiklemektedir. Su erozyonu nedeniyle Türkiye'de 642 milyon ton toprak taşınmakta ve yaklaşık %7'sinde çok şiddetli erozyon gözlenmektedir (Erpul vd., 2018). Türkiye Su Erozyon Atlasının hazırlanması kapsamında yapılan çalışmaya (Erpul vd. 2018) göre ülkenin 25 su havzası içerisinde 160 milyon ton yıllık toprak taşınımı ile Dicle-Fırat havzası ilk sırada yer almaktadır. Pan-Avrupa Erozyon Değerlendirmesi (The Pan-European Soil Erosion Assessment; PESERA) modeline göre hazırlanan projeksiyonda 2020 yıllı ortalama 287,5 milyon ton gerçekleşen toprak kaybının 2080 yılında 355,3 milyon tona ulaşacağını belirtmektedirler (Berberoğlu vd., 2020).

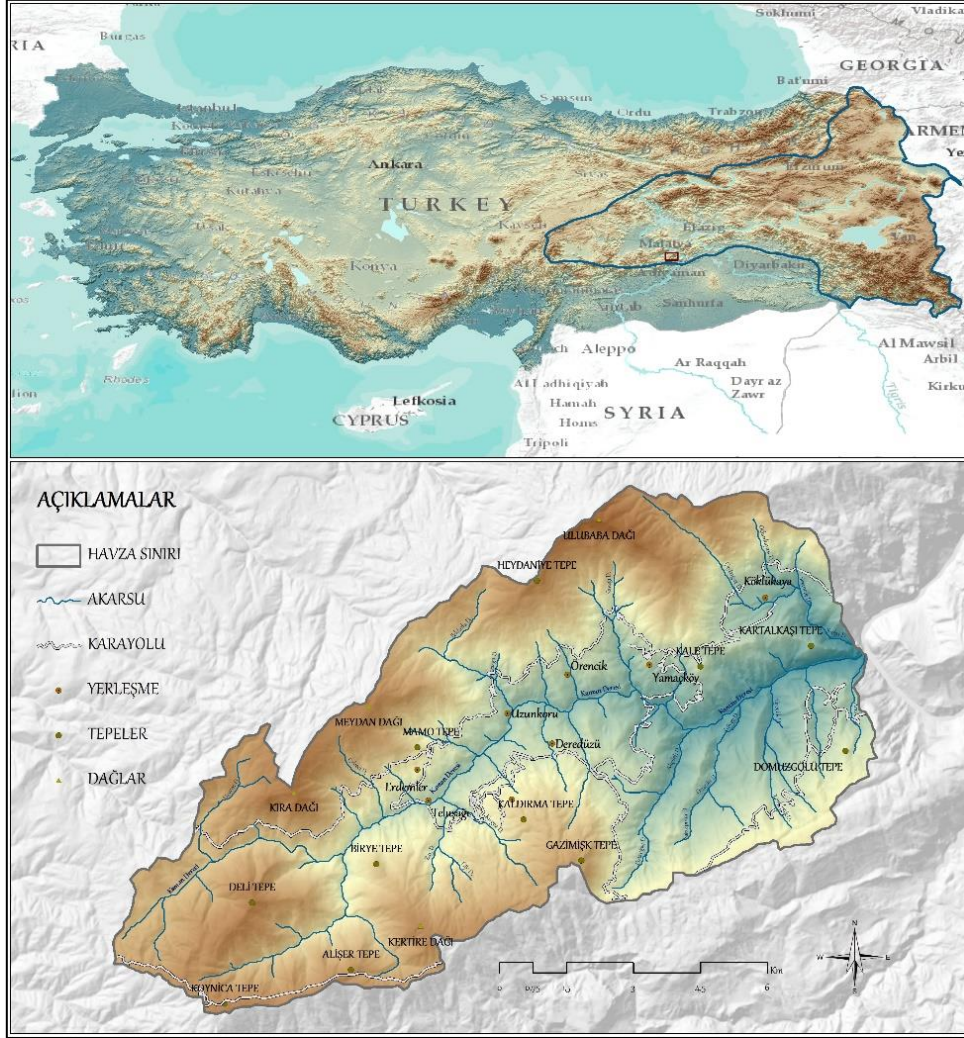
ANSWERS (Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation) (Beasley vd., 1980), AGNPS (Agricultural Non-point Source Pollution Model) (Young, 1986), WEPP (Water Erosion Prediction Project) (Flanagan & Nearing, 1995), LISEM (LImburg Soil Erosion Model) (De Roo vd., 1996), RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) (Renard vd., 1997), EUROSEM (European Soil Erosion Model) (Morgan vd., 1998), USLE-M (Modified Universal Soil Loss Equation) (Kinnel & Risse, 1998), PCARES (Predicting Catchment Runoff and Soil Erosion for Sustainability) (Paningbatan vd., 2001), PESERA (Pan European Soil Erosion Risk Assessment) (Kirkby vd., 2008) erozyon tahmin modellerinden bazılarıdır. Günümüzde Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) başlığı altında geliştirilen yeni yaklaşımlar ile birlikte erozyon duyarlılığı ve risk çalışmaları tahmin modellerinin hızlı ve düşük maliyetli uygulanmasına yardımcı olmaktadır. Ülkemizde Ege (Mutlu & Soykan, 2018; Güney, 2018; Ustaoglu vd., 2021) Marmara (Tağıl, 2007) Karadeniz (Kırcı, 2019; Hatipoğlu & Uzun, 2020) Doğu Anadolu (Avcı vd., 2017) İç Anadolu (Tüfekcioğlu vd., 2020) Akdeniz (Karabulut & Küçükönder, 2008; Çilek vd., 2015; Artun & Koca, 2018; Çilek, 2021) Güneydoğu (Darama vd., 2021) bölgelerinde PESERA, RUSLE gibi farklı erozyon modelleri kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Güncel uzaktan algılama verileri arasında uydu tabanlı sayısal yükselti modelleri (Avcioğlu vd., 2020), optik görüntülerden arazi örtü parametrelerinin izlenmesi (Hong vd., 2020) ve meteorolojik amaçlı uydu verilerinden yağış aşındırma parametrelerinin hesaplanması (Baiamonte vd., 2019) gibi erozyonu etkileyen süreçler analiz edilmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Tarım Bakanlığı bünyesinde hizmet veren Toprak Koruma Servisi (USDA) tarafından geliştirilen USLE yönteminin revize edilmesi ile RUSLE yöntemi oluşturulmuştur. Erozyon duyarlılığını tahmin etmede UA (Uzaktan Algılama) ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli kolay kullanılabilir olması neticesinde çok fazla tercih edilmektedir (Beskow vd., 2009; Renard vd. 2017). Temelde USLE metodunun geliştirilmiş ve düzenlenmiş halini oluşturmakla beraber bu yöntemden farklı olarak bozulmuş sahaları, mera alanlarını ve ormanları da parametrelere dahil etmektedir (Renard vd., 1997). Bu yöntemle inceleme yapılan havzanın yıllık potansiyel toprak kaybı gerçeğe en yakın şekilde hesaplanabilmektedir (Beskow vd., 2009). RUSLE yönteminde; yağış (R faktör), bitki örtüsü (C faktör), toprak özellikleri (K faktör), eğim ve yamaç uzunluğu (LS faktör) ve toprak koruma tedbirleri (P faktör) gibi parametreler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'de su erozyonunun yoğun yaşandığı Fırat havzasında yer alan Kaman Deresi alt havzasının erozyon duyarlılığı RUSLE yöntemiyle tespit edilmesi amaçlanmıştır. Buna ek olarak farklı verilerden elde edilen yağış aşındırma parametrelerinin erozyon tahminlerine etkisi de belirlenmiştir. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen (Panagos vd., 2017) ve Küresel Yağış Ölçümleri (GPM: Global Precipitation Measurements) için Entegre Çoklu-Uydu Erişimi (IMERG: Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM) verileri ile hesaplanan yağış aşındırma parametrelerinin (R faktör) erozyon duyarlılık sonuçları üzerindeki etkisi karşılaştırılmıştır.

### Çalışma Alanı

Kaman Deresi alt havzası; Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nün batısında yer alan Malatya ilinin Pütürge ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Kuzeyde Doğanyol (Malatya) ilçesi, doğuda Çüngüş (Diyarbakır) ilçesi, güneyde ise Gerger (Adıyaman) ilçesi ile çevrili olan Kaman Deresi Havzası Pütürge ilçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kaman Deresi doğu-batı yönünde uzanmakta olup yaklaşık 110 km<sup>2</sup> drenaj alanına sahiptir. Havzada genel olarak dentritik drenaj ağı görülmektedir. Havzanın en yüksek noktasını 2382 m yükseltideki Ulubaba Dağı oluştururken, en alçak noktası 548 m yükseltideki aşağı çığırır (Şekil 1). Çalışma alanının

bulunduğu bölge genel olarak Akdeniz iklimi ile Karasal iklim arasında geçiş iklimini oluşturmaktadır. Pütürge Meteoroloji İstasyonundan alınan verilere göre yıllık ortalama sıcaklık 12,3 °C olarak belirlenmiş ve yıllık ortalama yağış miktarı ise 662 mm olarak ölçülmüştür. Havza geçiş iklimi gösterdiğinden dolayı bitki örtüsü olarak farklılıklar barındırmaktadır. Yerleşmeler genel olarak akarsu havzasının orta çığırında ve kırsal yerleşme niteliğine sahiptirler. Çalışma alanı olarak düşük yerleşim ve buna bağlı düşük tarımsal aktivite nedeniyle erozyon süreçlerine etkilerinin antropojenik kaynakların azlığı nedeniyle seçilmiştir. TÜİK (2018) verilerine göre havzadaki Köklükaya, Yamaçköy, Örencik, Deredüzü, Bölünmez, Uzunkoru, Teluşağı ve Erdemler yerleşimlerinde kayıtlı toplam nüfus 948 kişidir.



Şekil 1. Çalışma Alanının Lokasyon Haritası

## MATERYAL VE YÖNTEM

ASTER Sayısal Yükselti Modeli (Global Digital Elevation Model V003, ASTER-GDEM) (NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems and U.S./Japan ASTER Science Team, 2019) temin edilerek UTM (Universal Transverse Merkator) WGS 84 37. zona ait projeksiyon dönüşümü gerçekleştirilmiştir. ASTER GDEM verilerinden yararlanılarak havzanın sayısal yükseklik modelleri (SYM) elde edilmiş ve altlık olarak kullanarak öncelikle havzanın hidroloji ağları oluşturulmuştur. Havza içerisinde yer alan yerleşmeler, akarsu kaynakları, göl alanları, dağlık ve tepelik alanlar sayısal formatta Openstreetmap (2017) kaynağından elde edilmiştir. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından hazırlanan toprak haritaları ArcMap ortamına aktarılmış ve sayısallaştırılmıştır (Oaeks & Arıkok, 1954). Projeksiyon dönüşümü yapılarak havza sınırları içerisinde yer alan büyük toprak grupları haritası oluşturulmuştur. Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü (MTA)'nden temin edilen 1/500.000 ölçekli sayısal jeoloji verisi ArcMap ortamına aktarılarak sayısallaştırma işlemleri yapılmıştır. Daha sonra çalışma alanına ait litoloji birimleri haritası oluşturulmuştur. Tarım ve Orman Bakanlığı CORINE servisinde 2006 ve 2018 yıllarına

ait arazi kullanım sınıfları haritaları oluşturulmuştur. Örtü parametresinin hesaplanması amacıyla Ekim 2020 tarihli Landsat 8 görüntüsü kullanılmıştır (Earthexplorer, 2020).

## RUSLE

Amerika Birleşik Devletleri'nin Tarım Bakanlığı bünyesinde hizmet veren Doğal Kaynakları Koruma Servisi (USDA-NRCS) tarafından geliştirilen USLE yöntemi, toprağın erozyon kaybını tahmin etmede kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. USLE yöntemi yağışa ve toprak yüzeyinde görülen akışa bağlı olarak hesaplanmaktadır. Uzun yılların ortalamasına bakılarak en doğru sonuçlara ulaşılabilmektedir (Beskow vd., 2009). 1985 yılında gelişen teknolojiye ayak uydurmak açısından kurul tekrar toplanmış ve modelin revize edilmesi amaçlanmıştır. 1987 yılında geliştirme çalışmalarına başlanan yöntem RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) adını almıştır (Renard, vd., 1991). USLE yöntemine ek olarak bozulmuş sahalari, mera alanlarını ve ormanları da parametrelere dahil etmesi RUSLE yönteminin gelişmiş olduğunu göstermektedir. Oldukça önemli sonuçlar vermesi ve doğruluğunun yüksek olması neticesinde birçok ülke tarafından güncel olarak kullanılmaktadır. RUSLE yönteminde kullanılan formül şöyledir:

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

Formülde; **A**: Yıllık Ortalama Toprak Kaybı (ton/ha/yıl), **R**: Yağış Aşındırma Faktörü, **L.S**: Eğim Uzunluğu ve Eğim Faktörü, **K**: Toprak Erodibilite Faktörü, **C**: Bitki Amenajman Faktörü, **P**: Toprak Koruma Faktörü

### Yağış Aşındırma Faktörü (R)

Yağışın ve yağışa bağlı olarak yüzeysel akışın erozyona etkisini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Diğer bütün faktörlerin sabit kalması koşuluyla, yağışın erozyon üzerinde doğrudan etkisinin olduğu anlaşılmaktadır. R faktöründe, toplam yağış değerleri ve toprağa düşen yağışın kinetik enerjisi hesaplanmaktadır (Beskow vd., 2009). Çalışma alanını için R faktörü hesaplanmasında meteoroloji istasyonlarından elde edilen yağış verilerinin kayıt ölçeği ve istasyon dağılımları Kaman Deresi alt havzasını temsil etmediği tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışma alanı için R faktörünün hesaplanması amacıyla uzaktan algılama teknolojilerinin yardımıyla uydu tabanlı yağış verileri kullanılmaktadır (Gottschalck, vd., 2005; Tian vd., 2007; Stisen & Sandholt, 2010).

Günümüzde, geliştirilmiş zamansal ve uzamsal çözünürlüklere sahip birkaç küresel ve bölgesel uydu tabanlı yağış ürünleri, mevcut ve öngörülebilir gelecekte geleneksel yağış ölçere olası bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Kumar vd., 2017). Amerika ve Japonya tarafından TRMM (Tropikal Yağış Ölçüm Görevi) uydusu tropikal ve subtropikal yağışları ölçmek için tasarlanmıştır (Rozante vd., 2010). TRMM, yağış dağılımının ve değişkenliğinin anlaşılması amacıyla tasarlanmış ilk uydu algılayıcısıdır. Bir aktif sensör (yağış radarı, PR) ve iki pasif sensör (görünür ve kızılötesi tarayıcı, VIRS ve TRMM mikrodalga görüntüleyici, TMI) dahil olmak üzere birden fazla yağış ürünü hesaplamaya yönelik geliştirilmiş algılayıcısı taşımaktadır (Kummerow vd., 1998; Almazroui, 2011). Ayrıca, TRMM Çoklu Uydu Yağış Analizi (GPA: TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis), TRMM-PR, VIRS, TMI'dan gelen verileri, ulusal ve uluslararası uydulardan temin edilebilen pasif mikrodalga, kızılötesi ve görünür ölçümlerle birleştirilmiştir. Küresel 50° Kuzey ile 50° Güney kapsama alanında 3 saatlik zamansal çözünürlük ve 0.25° x 0.25° mekansal çözünürlüğe sahip yağış veri serileri sağlayabilmektedir (Stisen & Sandholt, 2010; Kumar vd., 2017).

Bu çalışmada; yağış aşındırma gücünün tespit edilmesi amacıyla Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından erozyon riski alanlarının oluşturulması için önerilen uzun yıllar aylık yağış ortalamasına dayalı, Modifiye Fournier Endeksi (MFI) yaklaşımı kullanılmıştır (Li vd., 2020; Gu vd. 2020). Li vd. (2020) meteoroloji istasyonlarından elde edilen yağış aşındırma değeri ile IMERG verisi (TRMM 3B43) arasında 0,92 dağılım uyumu hesaplamışlar ve yağış aşındırma (YA) ve yağışın mekansal karakteristiğini MFI ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Bu nedenle, MFI genellikle yıllık YA tahmininde ve bölgesel ölçekli erozyon modellerinde toprak kaybı haritalarının geliştirilmesinde uygulanmaktadır (Beskow vd., 2009; Zhu vd., 2011; Li vd. 2020). Bu çalışmada yağışın 20 mm üzerinde olduğu yağışlı 9 aylık TRMM 3B43 verileri ile Eşitlik (2 ve 3) kullanılarak havzanın yağış aşındırma faktörü hesaplanmıştır.

Yıllık RE, aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır:

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

$$YA = 0.3598MFI^{1.9462} \quad (3)$$

Formülde; **MFI**: Modifiye Fournier Endeksi, **r<sub>i</sub>**: aylık yağış toplamı, **p**: yıllık yağış ortalaması, **YA**: Yağış aşındırma

IMERG (TRMM 3B43) verilerinden elde edilen RE değerlerinin karşılaştırmak amacıyla Panagos vd. (2017) tarafından 63 ülkede 3625 yağış istasyonu veri kullanılarak hazırlanan 1 km çözünürlüklü Küresel Yağış Aşındırma Veritabanı (GloREDA) değerleri kullanılmıştır.

### Toprak Aşınabilirlik Faktörü (K)

K faktörü, toprağın kendi bünyesindeki doğal yapısının yüzeysel akışa karşı direncini ifade etmektedir. Bu direncin oluşmasında toprak özellikleri önemli rol oynamaktadır. Oğuz & Durak (1998) yaptıkları çalışma sonucunda toprağın aşınımında etkili olan faktörleri belirlemişlerdir. Bu faktörleri; toprağın bünyesi, strüktür yapısı, organik madde miktarı ve su geçirgenliği şeklinde ortaya koymuşlardır.

K faktörün hesaplanmasında kullanılan yöntemler farklılık göstermektedir. Temelde RUSLE eşitliğinde, %9 eğim derecesine ve 22,1 m eğim uzunluğundaki arazinin hektar (ton) ve birim erozyon indisi olarak kaybı şeklinde belirlenmektedir (Doğan & Güçer, 1976). Toprak erodibilite (K) analizinde, Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı tarafından hazırlanan toprak haritası (Oaeks & Arıkok, 1954) esas alınmıştır.

Doğan & Güçer (1976) yaptıkları çalışma sonucunda toprağı, aşınabilirlik derecelerine göre sınıflandırmışlardır. Buna göre K faktör değerleri arttıkça toprağın aşınabilirlik derecesi de artmaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Toprakların Erodibilite Değerleri ve Açıklamaları (Doğan & Güçer, 1976; Balcı, 1996)

Erodibilite (K) Faktörü	Açıklama
0,00 – 0,05	Çok Az Aşınabilir
0,05 – 0,10	Az Aşınabilir
0,10 – 0,20	Orta Derecede Aşınabilir
0,20 – 0,40	Fazla Aşınabilir
0,40 – 0,60	Çok Fazla Aşınabilir

### Eğim Uzunluğu ve Eğim Faktörü (LS)

Yeryüzü şekillerinin erozyon üzerine etkisi belirlenirken eğim uzunluğu (L) ve eğim derecesi (S) kullanılmaktadır. LS faktörü; erozyonun oluşumuna etki eden diğer faktörlerin eşit olması koşuluyla, 22.1 metre uzunluğunda ve %9 eğimli bir arazide hesaplanmaktadır (Wischmeier & Smith, 1978). Erozyon üzerine etki eden LS faktörü Zhang vd. (2013) tarafından geliştirilen eşitlik (4,5,6,7,8,9) ile hesaplanmıştır.

$$LS = L \cdot S \quad (4)$$

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (5)$$

$$m = \frac{\beta}{(1 + \beta)} \quad (6)$$

$$\beta = \frac{(\sin \theta)}{[3 * (\sin \theta)^{0.8} + 0.56]} \quad (7)$$

$$S = 10.8 * \sin \theta + 0.03 \quad \theta < 9\% \quad (8)$$

$$S = 16.8 * \sin \theta + 0.5 \quad \theta \geq 9\% \quad (9)$$

Formülde;  $\lambda$ : eğim uzunluğu,  $m$ : değişken uzunluk-eğim üssü,  $\beta$ : eğim gradyanına göre değişen faktör,  $\theta$ : eğim açısı

### **Arazi Örtüsü Faktörü (C)**

Arazi örtüsü faktörü, arazi kullanımı sonucunda bitki örtüsünün yüzeyde oluşacak erozyona etkisini ifade etmektedir. Yersel olarak veri üretme olanağının bulunmadığı ve daha önce yapılan çalışmalarda güvenilir sonuçlar üreten uydu verileri kullanılabilir. Öncelikle Ekim 2020 tarihli Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak NDVI ((Band 5 – Band 4) / (Band 5 + Band 4)) hesaplanmıştır. NDVI analizinde değerler -1 ile +1 arasında değişkenlik göstermektedir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda değer +1'e yaklaşırken kar, su yüzeyleri ve bulutlar görüntülemeyi engellediğinden değerler -1'e yaklaşmaktadır. Bitki örtüsünün zayıf olduğu veya çıplak arazi örtüsünün bulunduğu sahalarda ise değerler 0'a dolaylarında gözlenmektedir (Hatfield vd., 1985). İkinci aşamada ise Vatandaşlar ve Yavuz (2017) tarafından 0,79 tutarlılık ile hesaplanan ve Zang vd. (2013) tarafından üretilen eşitlik (10) kullanılarak bitki amenajman faktörü hesaplanmıştır.

$$C_r = \left( \frac{-NDVI + 1}{2} \right) \quad (10)$$

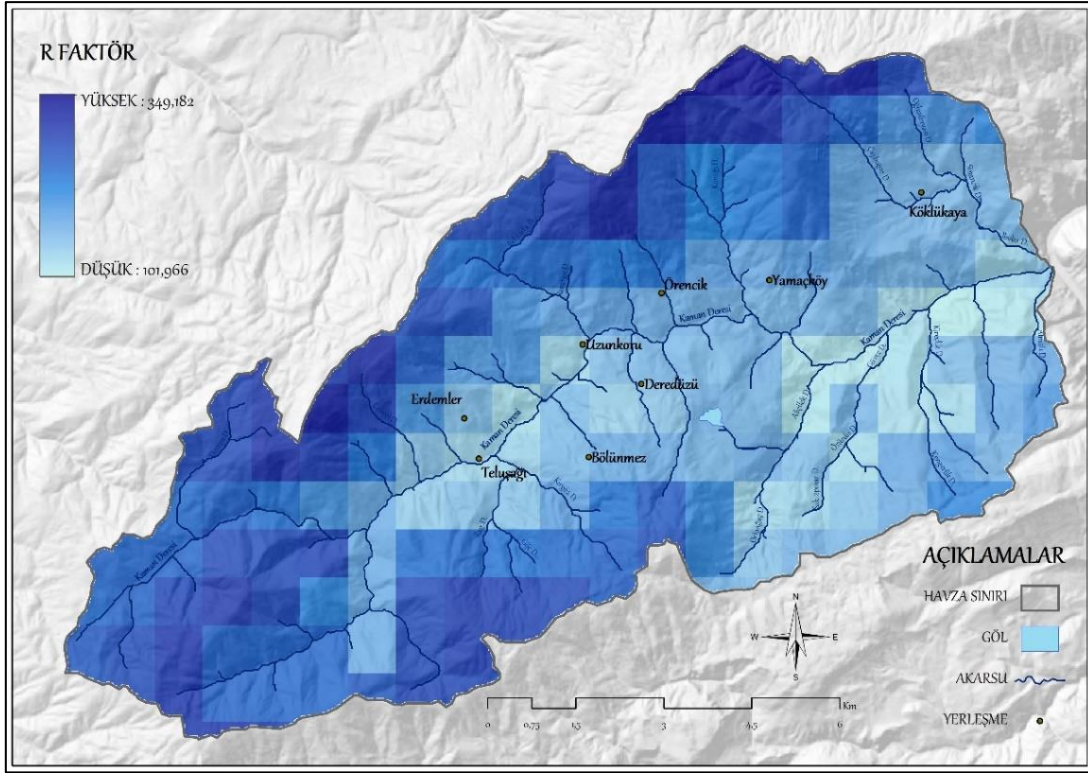
Formülde; **C**: Arazi örtüsü faktörü, **NDVI**: Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi

### **Toprak Koruma Faktörü (P)**

Toprak koruma faktörü; herhangi bir bölgede erozyon şiddetini azaltmak ve kontrol etmek amacıyla yapılan uygulamaları ifade etmektedir. Toprağı korumak amacıyla alınan bütün tedbirler, erozyona sebep olan diğer faktörlerin etkisini azaltmak veya yok etmek için kullanılmaktadır (Renard vd.1991, Morgan 2005, Tağıl 2007, Blanco & Lal, 2008). Bu çalışmada P parametresi 1 kabul edilerek havzada erozyonu önleyici herhangi bir uygulama yapılmadığı belirtilmiştir.

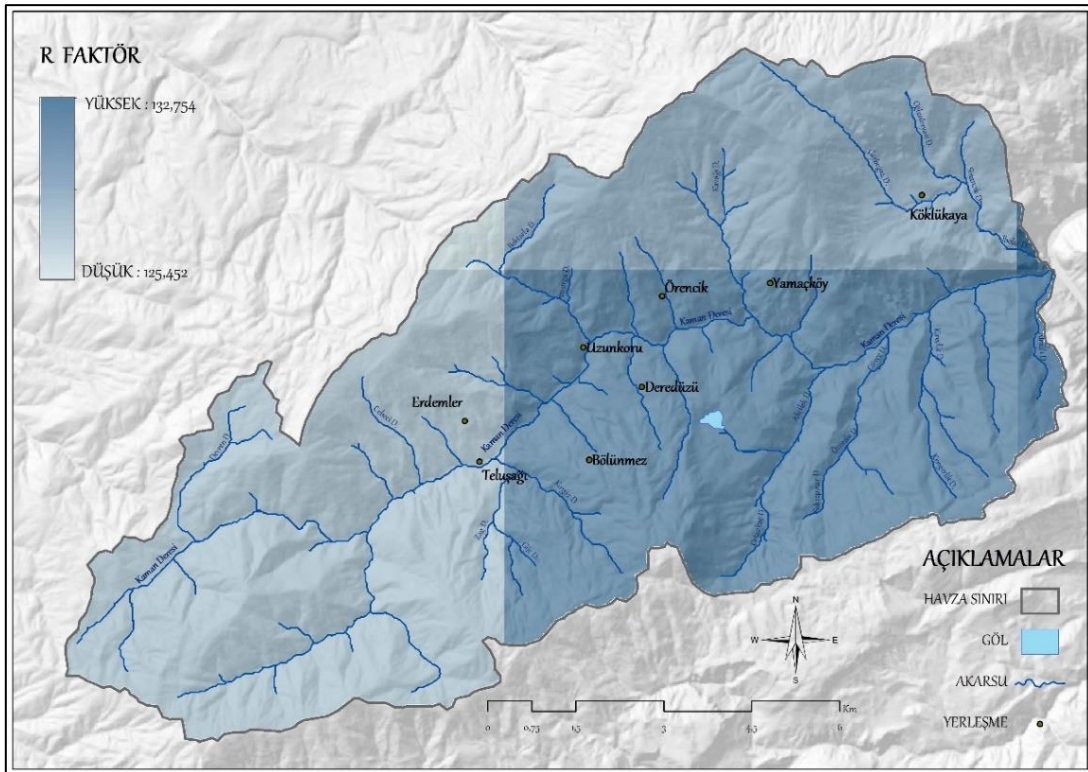
## **BULGULAR**

İlk kullanılan R faktörü 1 km çözünürlükteki GloREDA (Panagos vd., 2017) verisi, diğer verilere uygunluğu sağlamak üzere 20 m çözünürlüğe yeniden ölçeklendirilmiştir. Çalışma alanında yağışa bağlı olarak meydana gelen erozyon miktarı ortalama 211 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> olup değerler 101 ile 349 arasında değişmektedir. Değerlerin yükseldiği alanlar genel olarak dağlık arazilere denk gelmektedir. Havzanın kuzeyinde yağış aşındırma değerleri yüksek iken havza alt çığırında 580 m altındaki vadi içerisinde düşük yağış aşındırma değerleri gözlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma Alanının Yağış Aşındırma Faktörü (R, MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) (Panagos vd., 2017)

2000 ve 2020 yılları aylık yağış ortalamaları TRMM 3B43 verileri kullanılarak hesaplanan yağış aşınım değerleri ortalaması 128 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> olup değerler 125 ile 132 arasında değişmektedir. GloREDa ile karşılaştırıldığında mekânsal çözünürlük ile ilişkili olarak topoğrafyadan bağımsız bir dağılım gözlenmektedir (Şekil 3).



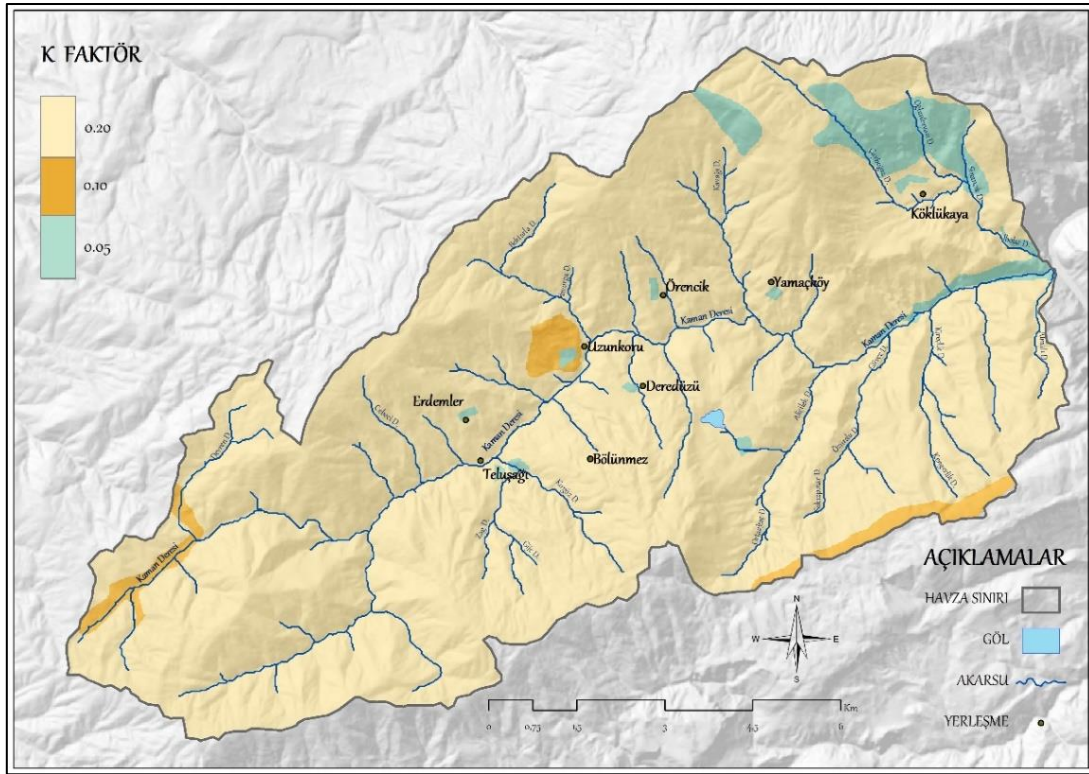
Şekil 3. Çalışma Alanının TRMM 3B43 Verilerinden Hesaplanan Yağış Aşındırma (R) Faktörü Haritası

Çalışma alanı büyük toprak grupları Doğan & Güçer (1976)'in yaptığı toprak aşınabilirlik derecelerine K değerleri tanımlanmıştır. K faktör değeri 0,05 ile 0,20 değere sahip olan alanlar orta derecede aşınabilir sahaları ifade etmektedir (Şekil 4). Çalışma alanına ait elde edilen K faktör haritasına göre; kireçsiz kahverengi orman toprakları en fazla toprak erodibilite değerine, kayalık alanlar ise en az değere sahip alanlar olarak gözlenmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Çalışma Alanındaki K Değerlerinin Alansal ve Oransal Dağılımı

K Faktör	Alansal Dağılımı (km <sup>2</sup> )	Oransal Dağılımı (%)
0,20	103,28	93,20
0,10	2,76	2,49
0,05	4,78	4,31

Çalışma alanının LS faktör haritası incelendiğinde ortalama değer 6, en küçük değer 0,01, en büyük değer ise 19,79 olduğu gözlenmektedir (Şekil 5). Ova ve eğimin düşük olduğu alanlar toprağın aşınabilirlik miktarını azalttığından LS değerleri 0'a yaklaşırken, yüksek eğimli vadilerde LS değeri 19'a ulaşmaktadır.



**Şekil 4.** Çalışma Alanının Toprak Erodibilite (K) Faktörü

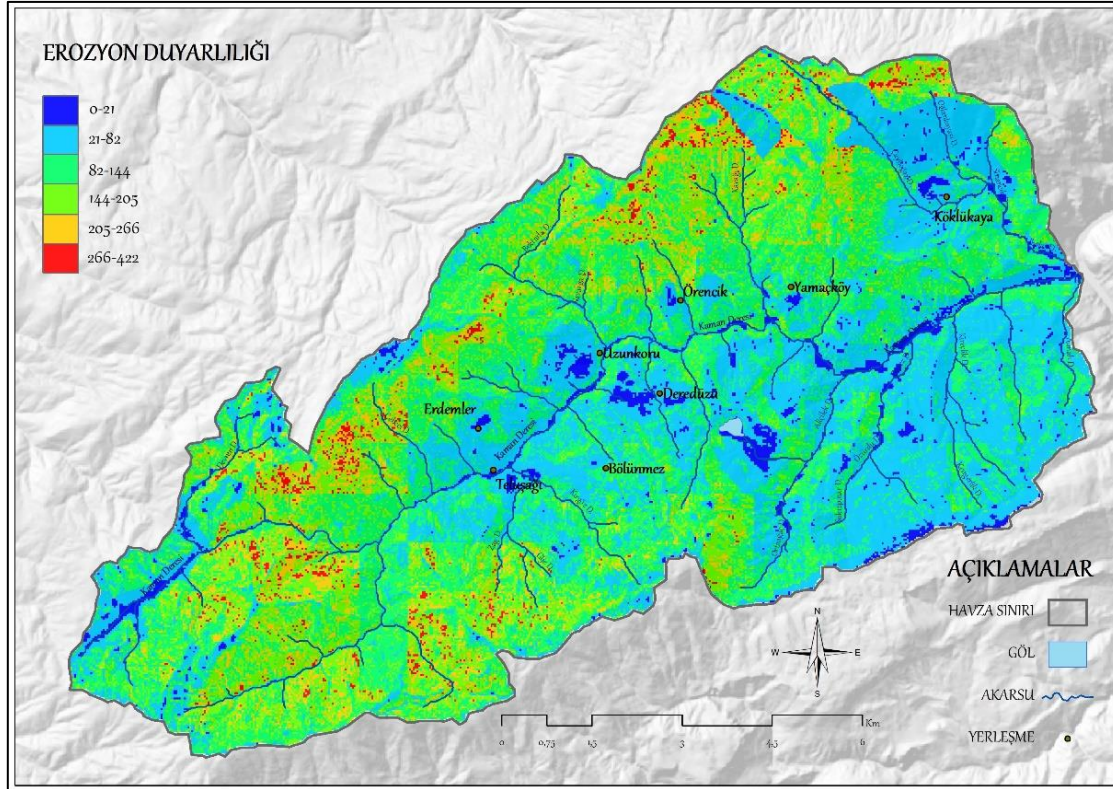






**Tablo 4.** Çalışma Alanına Ait Erozyon Duyarlılığının Alansal ve Oransal Dağılımı (GloREDA)

Erozyon Duyarlılığı	Alansal Dağılımı (km <sup>2</sup> )	Oransal Dağılımı (%)
0-21	3,89	3,56
21-82	33,60	30,71
82-144	39,94	36,50
144-205	23,05	21,07
205-266	7,36	6,73
266-422	1,57	1,43
<b>Toplam</b>	<b>109,41</b>	<b>100</b>



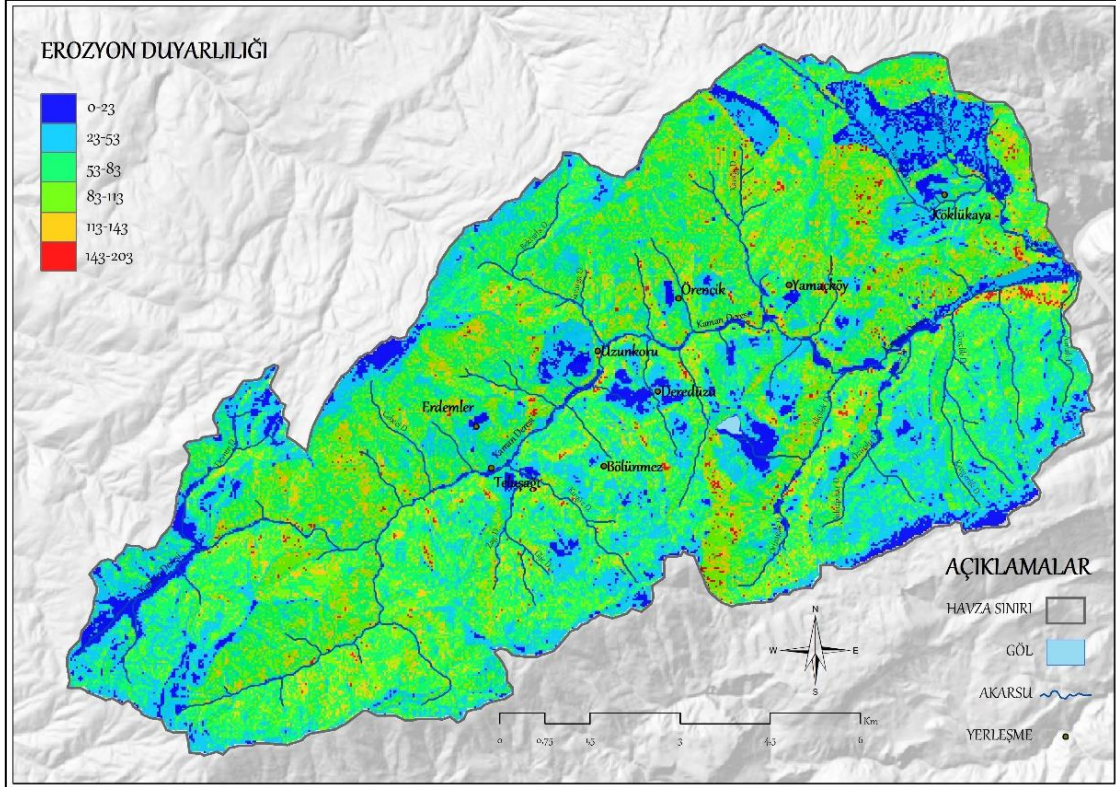
**Şekil 7.** Çalışma Alanının GloREDA Üzerinden Hesaplanan Erozyon Duyarlılık Analizi

TRMM 3B43 verilerinden hesaplanan yağış aşındırma faktörüne bağlı olarak ikinci bir erozyon duyarlılık analizi yapılmıştır (Tablo 5). Bu analize göre düşük duyarlılık taşıyan alanların akarsu yataklarında yoğunlaştığı görülmektedir. Yıllık ortalama toprak kaybının 68 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının erozyon duyarlılığına bakıldığında, çok düşük sahalar havzanın yaklaşık %7,42'sini meydana getirirken şiddetli grupta yer alan sahalar havzanın %0,79'unu oluşturmaktadır (Şekil 9). Yüksek ve şiddetli erozyonun görüldüğü alanlar havzanın %7,45'ini oluşturmaktadır. Çalışma havzasında erozyon riskinin yüksek olduğu alanlar genellikle eğimin arttığı yamaçlarda görülmektedir (Şekil 8).

Çalışma sonuçlarının tutarlılığını değerlendirmek üzere Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayımlanan sediment gözlemleri yıllığı (2006-2012) raporundan yararlanılmıştır. Rapora göre Fırat havzasının 219 ton/yıl/km<sup>2</sup> sediment verimine ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte yatak yükü dahil 273 ton/yıl/km<sup>2</sup> sediment verimine sahiptir (DSİ, 2013). Raporda alt havzalar bazında değerlendirmeler yer almamakla birlikte akarsularda erozyon ile ilişkili olarak sediment taşınımının yüksek olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.** Çalışma Alanına Ait Erozyon Duyarlılığının Alansal ve Oransal Dağılımı (TRMM 3B43)

Erozyon Duyarlılığı	Alansal Dağılımı (km <sup>2</sup> )	Oransal Dağılımı (%)
0-23	8,12	7,43
23-53	24,55	22,44
53-83	43,16	39,45
83-113	25,42	23,24
113-143	7,29	6,65
143-203	0,87	0,79
<b>Toplam</b>	<b>109,41</b>	<b>100</b>



**Şekil 8.** Çalışma Alanının TRMM 3B43 Üzerinden Hesaplanan Erozyon Duyarlılık Analizi



**Şekil 9.** Teluşağı Köyü Güneyinde Yer Alan Yüksek Erozyon Duyarlılığa Sahip Yamaçlar

Çalışmada C faktör analizi için temin edilen tek dönemlik uydu görüntüsünün kullanılmış olması uzun dönem erozyon duyarlılığı hakkında kısıtlama sunmaktadır. Uzun dönemde ve farklı zaman aralıklarından elde edilecek uydu görüntülerinden elde edilecek NDVI değerlerinin ortalamasının alınması bitki amenajman faktöründen daha sağlıklı sonuçlar çıkmasını sağlayacaktır. Buna ek olarak toprak haritasından elde edilen K faktör analizinde literatürden yararlanılmıştır. Litolojik olarak ayrışmaya uygun metamorfik alanların örtüsüz kaya sınıfında olması nedeniyle düşük toprak aşınım değeri verilmiştir. Literatürdeki K faktör değerlerinin özellikle çalışma havzası için revize edilmesi ve litolojik özelliklerin dikkate alınarak yeni değerlerin üretilmesi önerilmektedir. Çalışma alanının P faktör analizi yapılırken herhangi bir önleyici faktör hesaba katılmamıştır. Fakat havza içerisinde özellikle güncel NDVI analizine bakıldığında bazı ağaçlandırma faaliyetlerinin yapıldığı görülmektedir. C parametresi açısından düşük erozyon değeri elde edilmiş olmasına karşın, ağaçlandırma sahalarında yapılan taraçalandırma çalışmalarının nihai değerlendirmede erozyon miktarlarını azaltıcı bir etkisi olacağı düşünülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Çalışma Alanının Batısında Yer Alan Ağaçlandırma Çalışmaları (Haziran 2021)

TRMM 3B43 ve GloREDA verileri kullanılarak yağış aşındırma parametreleri ile hesaplanan erozyon değerleri Kaman Deresi alt havzasında elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ortalama erozyon değerleri, GloREDA yağış aşındırma parametresi ile ortalama 112 ton/ha/yıl, TRMM 3B43 yağış aşındırma parametresi ile 68 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. GloREDA verilerinin çalışma alanında 1,57 km<sup>2</sup>'lik alanda yüksek erozyon değerleri sunmasına karşın TRMM 3B43 verileri ile hesaplanan sonuçlar 0,87 km<sup>2</sup>'lik alanda yüksek erozyon sunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Almazroui, M. (2011). Calibration of TRMM Rainfall Climatology Over Saudi Arabia During 1998-2009, *Atmos. Res.*, 99, ss. 400–414. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.11.006>
- Artun, O., & Koca, Y. K. (2018). Determination of Soil Losses Using RUSLE Model and Geographical Information Systems (GIS) in a Selected Area in Mediterranean Region of Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5 A), 3359-3366.
- Avcı, V., Sunkar, M., & Toprak, A. (2017). Malatya Kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan Dereleri Arasındaki Sahanın Erozyon Duyarlılık Analizi, *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (27), 769-799. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.329256>
- Avcıoğlu, A., Bayrakdar, C., Sarı, E., & Kaya, T. N. A. (2020). TanDEM-X12m Sayısal Yükselti Verisine Dayalı Toprak Erozyonu Tespiti (RUSLE), *Coğrafya Dergisi*, (41), 93-107. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0047>
- Baiamonte, G., Minacapilli, M., Novara, A., & Gristina, L. (2019). Time Scale Effects and Interactions of Rainfall Erosivity and Cover Management Factors on Vineyard Soil Loss Erosion in the Semi-Arid Area of Southern Sicily, *Water*, 11(5), 978. <https://doi.org/10.3390/w11050978>
- Balçı, A. N. (1996). Toprak Koruması, Orman Fakültesi Yay., 180 s., İstanbul.

Beasley, D.B., Huggins, L.F. & Monke, E.J. (1980). ANSWERS User's Manual. Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

Berberoglu, S., Cilek, A., Kirkby, M., Irvine, B., Donmez, C. (2020). Spatial and Temporal Evaluation of Soil Erosion in Turkey Under Climate Change Scenarios Using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) Model, *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(491), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08429-5>

Beskow, S., Mello, C.R., Norton, L.D., Curi, N., Viola, M.R., & Avanzi, J.C. (2009). Soil Erosion Prediction in the Grande River Basin, Brasil Using Distributed Modelling, *Catena*, 79, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.010>

Blanco, H. & Lal, R. (2008). Principles of Soil Conservation and Management, Springer, New York, USA.

Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Erozyon Analizi, *Türk Coğrafya Dergisi*, 47, 115–130. <https://doi.org/10.17211/tcd.56896>

CORINE (2018). <http://corinecbs.tarimorman.gov.tr/corine> Erişim 20.03.2019

Çelebi, H. (1963). Hızlandırılmış Toprak Erozyonu, (Soil Survey Manual'den tercüme edilmiştir.), *Topraksu Dergisi*, 16, 32-37.

Çilek, A. (2021). Düzenleyici Ekosistem Hizmetlerinde Toprak Erozyonunun Haritalanması: Göksu Havzası Örneği, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(2), 409-419. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.982792>

Cilek, A., Berberoglu, S., Kirkby, M., Irvine, B., Donmez, C., & Erdogan, M. A. (2015). Erosion Modelling in a Mediterranean Subcatchment Under Climate Change Scenarios Using Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA), *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-359-2015>

Darama, Y., Yılmaz, K., & Melek, A. B. (2021). Land Degradation by Erosion Occurred After Irrigation Development in the Harran Plain, Southeastern Turkey, *Environmental Earth Sciences*, 80(6), 1-18. <http://doi.org/10.1007/s12665-021-09372-5>

De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G. & Ritsema, C.J. (1996). LISEM: A Single Event Physically Based Hydrological and Soil Erosion Model for Drainage Basins, I: theory, input and output. *Hydrological processes* 10(8): 1107-1117. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199608\)10:8%3C1107::AID-HYP415%3E3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199608)10:8%3C1107::AID-HYP415%3E3.0.CO;2-4)

Doğan, O. & Güçer, C. (1976). Su Erozyonunun Nedenleri-Oluşumu ve Universal Denklem ile Toprak Kayıplarının Saptanması, Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Genel Yayınları, 159 s., İstanbul.

DSİ (2013), Türkiye Akarsularında Süspansediment Sediment Gözlemleri (2006-2012), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı, DSİ Destek Hizmetleri D. Bşk. Basım ve Foto-Film Şb. Md., Ankara.

Durigon, V.L., Carvalho, D.F., Antunes, M.A.H., Oliveira, P.T.S., & Fernandes, M.M. (2014). NDVI Time Series for Monitoring RUSLE Cover Management Factor in a Tropical Watershed, *Int. J Remote Sens*, 35(2), 441-453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>

Ekinci, D. (2005). CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzasında Erozyon Analizi, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Dergisi*, 13, 109-119.

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

Earthexplorer, (2020). Landsat Archives, <https://earthexplorer.usgs.gov/>, Erişim 20 Kasım 2020.

Flanagan, D. C., Ascough, J. C., Nearing, M. A., & Laflen, J. M. (2001). The Water Erosion Prediction Project (WEPP) Model, *Landscape Erosion and Evolution Modeling*, 145–199. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0575-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0575-4_7)

Görcelioğlu, E. (1997). Ormanların Erozyon ve Sedimentasyona Etkileri, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, B(47), 1-2-3-4, 1-12.

- Gu, Z., Feng, D., Duan, X., Gong, K., Li, Y., & Yue, T. (2020). Spatial and Temporal Patterns of Rainfall Erosivity in the Tibetan Plateau, *Water*, 12(1), 200. <https://doi.org/10.3390/w12010200>
- Güney, Y. (2018). Frekans Oranı Yönteminin Erozyon Duyarlılık Analizinde Kullanımı: Selendi Çayı Havzası (Manisa) Örneği, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2), 73-85.
- Hatipoğlu, İ., & Uzun, A. (2020). Melet Irmağı Havzası'nda Erozyon Riskinin Micona Modeli ile Değerlendirilmesi, *Türk Coğrafya Dergisi*, 74, 17-31. <https://doi.org/10.17211/tcd.644135>
- Hatfield, J. L., Kanemasu, E. T., Asrar, G., Jackson, R. D., Pinter, P. J. JR., Reginato, R. J., & Idso, S. B., (1985). Leaf Area Estimates from Spectral Measurements Over Various Planting Dates of Wheat, *Int. J. Remote Sens*, 6, 167–75. <https://doi.org/10.1080/01431168508948432>
- Hong, L., Huang, Y., & Peng, S. (2020). Monitoring the Trends of Water-Erosion Desertification on the Yunnan-Guizhou Plateau, China from 1989 to 2016 Using Time-Series Landsat Images, *Plos One*, 15(2), e0227498. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227498>
- Karabulut, M., & Küçükönder, M. (2008). Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2), 14-22.
- Kırcı, A. (2019). Ordu-Ünye'de Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak RUSLE Erozyon Modeline Göre Toprak Kaybının Tahmini, *Yüksek Lisans Tezi*, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Kirkby, M.J., Irvine, B. J., Jones, R. J. A., Govers, G., & The PESERA Team, (2008). The PESERA Coarse Scale Erosion Model for Europe. I. – Model Rationale and Implementation, *European Journal of Soil Science*, 59, 1293–1306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01072.x>
- Kinnell, P. I. A., & Risse, L. M. (1998). USLE-M: Empirical Modeling Rainfall Erosion Through Runoff and Sediment Concentration, *Soil Science Society of America Journal*, 62(6), 1667. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200060026x>
- Kumar, D., Pandey, A., Sharma, N., & Flugel, W.A., (2017). Evaluation of TRMM-Precipitation With Rain-Gauge Observation Using Hydrological Model J2000, *J. Hydrol. Eng.*, 22. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001317](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001317)
- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J., & Simpson, J., (1998). The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package, *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 15, 809–817. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1998\)015%3C0809:TTRMMT%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1998)015%3C0809:TTRMMT%3E2.0.CO;2)
- Li, X., Li, Z., & Lin, Y. (2020). Suitability of TRMM Products with Different Temporal Resolution (3-Hourly, Daily, and Monthly) for Rainfall Erosivity Estimation, *Remote Sensing*, 12(23), 3924. <https://doi.org/10.3390/rs12233924>
- Mater, B. (1998), *Toprak Coğrafyası*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Auerswald, K. & Styczen, M.E. (1998). The European Soil Erosion Model (EUROSEM): A Dynamic Approach for Predicting Sediment Transport from Fields and Small Catchments, *Earth Surface Processes and Landforms* 23(6): 527-544. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199806\)23:6%3C527::AID-ESP868%3E3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199806)23:6%3C527::AID-ESP868%3E3.0.CO;2-5)
- Morgan, R. P. C. (2005) *Soil Erosion and Conservation*, National Soil Resources Institute, Cranfield University, U.K.
- Mutlu, Y. E., & Soykan, A. (2018). RUSLE (3D) Modeli Kullanılarak Toprak Erozyonu Tahmini: Havran Çayı Örneği, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (1), 50-66.
- NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems and U.S./Japan ASTER Science Team (2019). ASTER Global Digital Elevation Model V003 [Data set], *NASA EOSDIS Land Processes DAAC*, Accessed 2021-06-28 from <https://doi.org/10.5067/ASTER/ASTGTM.003>
- Oakes, H., & Arıkkök, Z., (1954). Türkiye Umumî Toprak Haritası, *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü*.

Oğuz, İ., & Durak, A. (1998). Çekerek Havzası Büyük Toprak Gruplarının Bazı Özellikleri ile Su Erozyonu İlişkileri ve Havza Topraklarının Erozyona Duyarlılık Değerlendirmesi, *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Sonuç Raporları*, Ankara.

OpenStreetMap Contributors (2017). <https://www.openstreetmap.org>.

Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadic, M.P., Michaelides, S., Hrabalíková, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Begueria, S., & Alewell, C. (2015). Rainfall Erosivity in Europe. *Sci Total Environ.* 511, 801-814. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>

Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Yu B., Klik A., Lim K.J., Yang J.E, Ni J., Miao C., Chattopadhyay N., Sadeghi S.H., Hazbavi Z., Zabihi M., Larionov G.A., Krasnov S.F., Garobets A., Levi Y., Erpul G., Birkel C., Hoyos N., Naipal V., Oliveira P.T.S., Bonilla C.A., Meddi M., Nel W., Dashti H., Boni M., Diodato N., Van Oost K., Nearing M.A., & Ballabio C., (2017). Global Rainfall Erosivity Assessment Based on High-Temporal Resolution Rainfall Records, *Scientific Reports*, 7: 4175. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>

Paningbatan, E.P., Penning de Vries, F.W., Bricquet, F.A. & Virmani, S.M. (2001). Hydrology and Soil Erosion Models for Catchment Research and Management.

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*, 46, 30- 33.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. & Yoder, D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, Agriculture Handbook No. 703, USDA-ARS.

Rozante, J.R., Moreira, D.S., de Goncalves, L.G.G. & Vila, D.A., (2010). Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation Over South America, *Weather Forecast.* 25, 885–894. <http://dx.doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>

Stisen, S. & Sandholt, I., (2010). Evaluation of Remote-Sensing-Based Rainfall Products Through Predictive Capability in Hydrological Runoff Modelling, *Hydrol. Process.* 24, 879–891.

Tağıl, Ş. (2007). Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi, *Ekoloji Dergisi*, 17 (65), 11-20. <https://doi.org/10.5053/EKOLOJI.2007.653>

Tecim, V. (1999). Bilgi Teknolojilerinde Yeni Bir Gelişme: Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bilgi Sistemleri Arasındaki Yeri, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1-12.

Tüfekçioğlu, M., Yıldırım, C., & Duman, A. (2020) Determination of Soil Loss Occurring Via Gully and Streambanks Using (Erosion Pin Method in Oltu Micro-Catchment Within Coruh River Basin), *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 333-350. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.774075>

Ustaoglu, B., Ikiel, C., Dutucu, A. A., & Koç, D. E. (2021). Erosion Susceptibility Analysis in Datça and Bozburun Peninsulas, *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45(2), 557-570. <https://doi.org/10.1007/S40995-020-01053-5>

Vatandaşlar, C., & Yavuz, M., (2017). Modeling Cover Management Factor of RUSLE Using Very High-Resolution Satellite Imagery in a Semiarid Watershed, *Environmental Earth Sciences*, 76(2), 65. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6388-0>

Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning*, The USDA Agricultural Handbook, No. 537, Maryland.

Young, R.A., Onstad, C.A., Bosch, D.D., & Anderson, W.P., (1987). AGNPS, Agricultural-Non-Point-Source Pollution Model; A Large Watershed Analysis Tool, *In: Conservation Research Report 35*. USDA-ARS, Washington, DC.

Zhang, H., Yang, Q., Li, R., Liu, Q., Moore, D., He, P., Ritsema, C.J., & Geissen, V., (2013). Extension of a GIS Procedure for Calculating the RUSLE Equation LS Factor, *Computers & Geosciences*, 52, 177-188. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.09.02>



Zhu, Q., Chen, X.W., Fan, Q.X., Jin, H.P., & Li, J.R., (2011). A New Procedure to Estimate the Rainfall Erosivity Ractor Based on Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Data, *Sci. China Technol. Sci.*, 54, 2437–2445. <https://doi.org/10.1007/s11431-011-4468-z>