

## Çekerek Havzası'nın USLE Yöntemine Dayalı Erozyon Modellemesi

### USLE method-based erosion modeling of Çekerek Basin

Orhan Mete Kılıç<sup>\*1</sup>, Emre Duman<sup>1</sup>, Kemal Ersayın<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya bölümü

**Öz:** Doğal ve beşeri etkiler sonucunda oluşan toprağın süpürülmesi olarak adlandırılan erozyon, günümüzde en önemli çevre sorunlarından birisidir. Erozyon veya toprak aşınımı uzun vadede en önemli doğal kaynaklardan biri olan toprağın kaybedilmesi sebebiyle en az deprem, sel ve heyelan gibi yıkıcı etkisi fazla olan doğal afetler kadar önem arz etmektedir. Erozyon dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi ülkemizde de büyük sorun teşkil etmektedir. Gerek engebeli araziye sahip olması gerekse de geniş bir bölümünün bitki örtüsünden mahrum olması sebebiyle ülkemizde sürekli toprak kaybı yaşanmaktadır. Bu durumun önemine binaen de bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada da Yeşilirmak Nehri'nin bir kolu olan Çekerek Çayı'nın su toplama havzasına yönelik erozyon modellemesi yapılmıştır. Çalışmaya Çekerek Çayı ile birleşen Çorum Çayı havzasının alanı dâhil edilmemiştir. Çalışma alanının yüzölçümü yaklaşık olarak 7000 km<sup>2</sup> kadardır. Çalışmada Evrensel Toprak Kaybı Denklemi(USLE) kullanılarak CBS uygulamaları yardımı ile çeşitli haritalar hazırlanmıştır. Arazi kullanımı, eğim değerleri, yağış değerleri, toprak tekstürü(C,LS,R,K) gibi değerlerin çarpımını içeren USLE modelinde havzanın ortalama faktör değerleri yaklaşık olarak şu şekildedir; (C: 0,16), (R:87,7), (C:0,16), (LS: 5,2). Bu değerlerle oluşturulan USLE denklemine göre havzanın yıllık toprak erozyonu miktarı yaklaşık olarak 18,1ton/hektar/yıl' dır. Havzadaki toprak kaybının önüne geçilmesi amacı ile çeşitli planlamalar yapılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Erozyon, USLE, Çekerek Havzası

**Abstract:** Erosion, which is called soil sweeping, is a result of natural and human effects, and is one of the most important environmental problems. Erosion is as important as earthquakes, floods, landslides and other natural disasters. As in many parts of the world, erosion is a problem of our country. Despite having rugged terrain and a large part of it's deprived of vegetation, there is a continuous loss of soil in our country. With the importance of this situation, many studies have been done for this topic. In this study, an erosion model for the basin of Pulling Stream, a branch of Yeşilirmak River, is done. Çorum River basin which combined with Çekerek River is not included in the study. Extend of the study area is approximately 7000 km<sup>2</sup>. Analyzes and maps have been prepared with GIS and USLE model. In the USLE model, where values of land use, slope values, and rainfall values, soil textures (C, LS, R, K) are multiplied, the mean values of the basin are approximately; (C: 0.16), (R: 87.7), (C: 0.16), (LS: 5,2). According to the USLE constructed by these values, the annual amount of soil erosion in the basin is approximately 18,1 ton / ha / year. It is recommended to make various plans with the aim of preventing the loss of soil in the press.

**Keywords:** Erosion, USLE, Çekerek River Basin

### 1. Giriş

Erozyon, doğal kaynakları ve tarımsal üretimi etkileyen küresel bir problem durumundadır (Pimentel, 2006; Parveen & Kumar, 2012; Hurni. 1993). Dünya genelinde toprak erozyonu ortalama olarak 12-15 ton/ha/yıl arasında değiştiği tahmin edilmektedir ki bu durum, her yıl yeryüzünden yaklaşık 0,90-0,95 mm

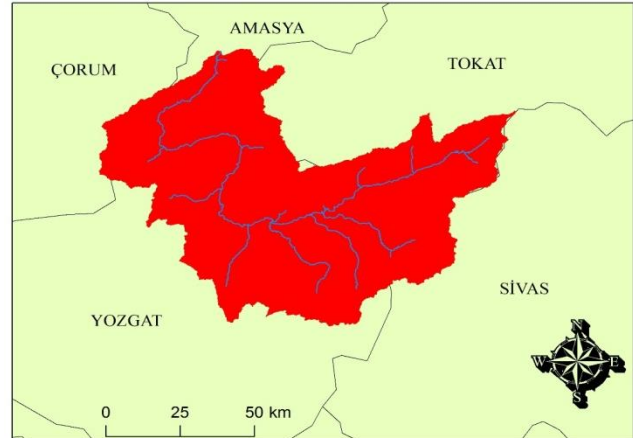
\* İletişim yazarı: Orhan Mete Kılıç, e-posta: orhanmete.kilic@gop.edu.tr

toprağın kaybolduğu anlamına gelmektedir (FAO, 2015). Özellikle verimli üst toprağın uzaklaşması ve arazi bozunumuna yol açması, çölleşme, su kaynaklarının kalitesi ve biyoçeşitlilik üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır (Dregne ve Chou, 1992).

Türkiye'nin içinde bulunduğu coğrafi konum, iklim, topografya ve toprak şartları, ülkemizin erozyona karşı hassasiyetini artırmaktadır. Ülkemizin topraklarının %73'ü şiddetli erozyon tehlikesine maruzdur ve ülke yüzeyinden bir yılda kaybedilen toprak miktarı yaklaşık 1,4 milyar tondur (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Toprak İzleme Sistemi, 01/02/2014). Bu yüzden etkili toprak ve su koruma planlarının geliştirilmesi ihtiyacı gün yüzüne çıkmaktadır. Bu planlarının oluşturulabilmesi için öncelikle toprak erozyonu değerlendirme yaklaşımları kullanılarak mevcut durumun belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut durumun belirlenmesinde bir çok ampirik model kullanılmaktadır. SWAT (Soil and Water Assessment Tool), WEPP (Water Erosion Prediction Project), RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) ve USLE (Universal Soil Loss Equation) bu modellerden bazılarıdır. Bunlar arasında USLE, girdi setleri için kapsamlı veri gerekliliğinden dolayı bazı sıkıntılara rağmen, basitliği nedeniyle yağmur erozyonu çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Lufafa ve diğ., 2003, Parveen ve Kumar, 2012, Tiwari ve diğ., 2000). USLE yöntemi, yağış paterni, toprak tipi, topoğrafya, mahsul sistemi ve yönetim uygulamalarına dayanarak bir alanda uzun süreli ortalama yıllık erozyon oranını tahmin etmektedir. Özellikle, son yıllarda gelişen CBS ve UA teknikleriyle birlikte bu modelin uygulanabilirliği ve geçerliliği daha da artmıştır. Bu çalışmada da, CBS teknikleri ile bütünleşik bir USLE model yaklaşımı kullanılarak Çekerek Havzası topraklarının erozyon durumlarının mekânsal olarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı olarak belirlenen Çekerek Çayı havzası yaklaşık olarak 7.000km<sup>2</sup>'lik bir alana sahip olup, havzanın büyük bir kısmı İç Anadolu Bölgesi sınırları dâhilindedir. Kaynağını Tokat İli sınırları içerisinde Çekerek Çayı yaklaşık olarak 250 km'lik bir uzunluğa sahip olup, Amasya İli sınırları içerisinde Yeşilirmak Nehri'ne katılır. Çalışma alanına dâhil edilmeyen Çorum Çayı havzası ile birlikte toplamda 12.000 km<sup>2</sup>'lik havzası bulunmaktadır.



Şekil 1. Araştırma sahası konum haritası.

Çalışma sahasındaki potansiyel erozyon miktarının belirlenmesi için Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilmiş olan USLE(Universal Soil Loss Equation) modeli kullanılmıştır. Formülü ( $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$ ) şeklinde olan modelde;

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

R: Yağış-Erozyon indeksini

K: Toprağın erozyon duyarlılığını

L: Eğim uzunluğunu

S: Eğim dikliğini

C: Bitki yönetim faktörünü

P: Toprak koruma faktörünü belirtmektedir.

Çalışmada ilk olarak Çekerek Çayı'nın havza sınırlarını belirlemek amacıyla ArcGis-Hidroliji uygulamaları marifetiyle ASTER uydusuna ait olan ve yükselti verisini içeren DEM(Digital Elevation Model) verisi kullanılmıştır. Yine aynı veri, eğim uzunluğu ve eğim dikliğine tekabül eden LS faktörlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Muayyen bir alanda yağışın erozyon üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla hesaplan ve USLE metodunda da bir çarpan olarak kullanılan R faktör için (Lastoria, Miserocchi, Lanciani, & Monacelli, 2008) gerekli yağış verisi İklim Tahmin Sistemi Analizi(globalweather.tamu.edu) çevrimiçi kaynağından temin edilmiştir. Yağış verisi 1979-2014 yılları arasındaki 36 yıllık bir dönemi kapsamaktadır. R faktörün hesaplanmasında Fournier İndeksi(FI) kullanılmıştır.

$$F = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_2^i}{P}$$

USLE denkleminde bir diğer çarpan faktör olan K faktörü, toprağın erozyona karşı duyarlılığını ifade etmektedir. Toprağın tekstürü, fiziksel ve kimyasal özellikleri K faktör üzerinde etkili olan niteliklerdir (Cebel, Akgül, Doğan, & Elbaşı, 2013). Çalışmada K faktör hesaplamak için FAO harmonize toprak verisi kullanılmıştır. Bölgeye ait toprak verisi incelendiğine FAO sınıflamasına göre 4 farklı toprak grubu(Calsic Xerosols, Eutric Cambisols, Lithosols, Calsic Cambisols) araştırma sahası dâhilindedir.

Bitki yönetim veya arazi örtüsü faktörü (Alexandridis, Sotiropoulou, Bilas, Karapetsas, & Silleos, 2014) olan C faktör hesaplanması için CORINE arazi örtüsü verisi kullanılmıştır. Bu veriye göre çalışma sahasında yer alan arazi örtüsü birimleri Çizelge-1'deki gibidir.

USLE denkleminin bir diğer çarpanı olan toprak muhafaza faktörü(P faktör) alanda toprak korumaya yönelik yapılan çalışmaları ifade etmektedir. Araştırma sahası olan Çekerek Çayı havzasında toprak muhafazasına yönelik herhangi bir çalışma olmadığından P değeri "1" olarak alınmıştır.

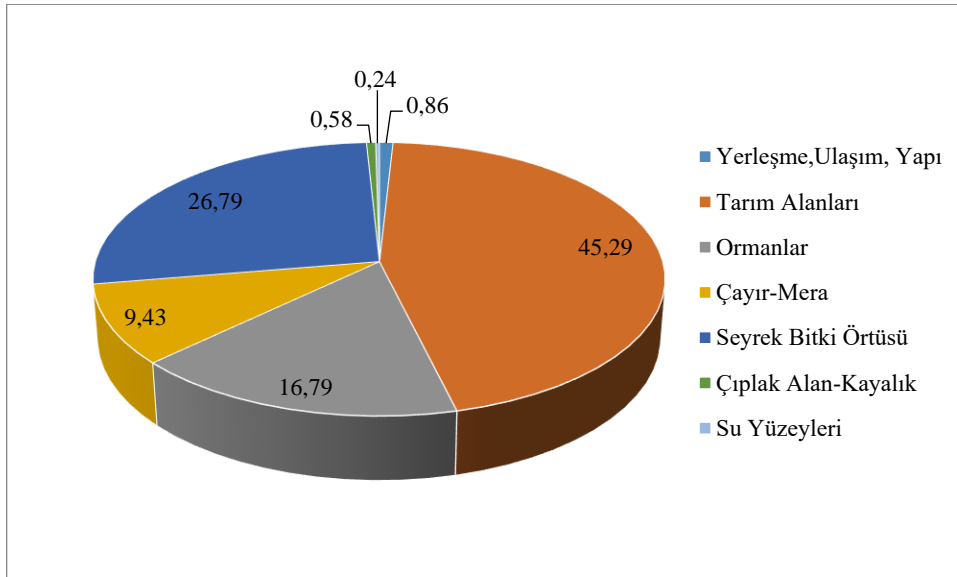
USLE denklemi için belirtilen tüm bu faktörler CBS uygulamaları ile hazırlanıp analiz edilmiş ve denklemdeki yerlerine yerleştirilerek hesaplama yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Araştırma Sahası Arazi Örtü Birimleri(CORINE)&C Faktör Değerleri.

Corine Kodları	Arazi Örtüsü /Kullanım Sınıfları	C Faktör	Alan(ha)
112	Yerleşme	0,14	5900
121	Endüstriyel Alan	0,14	40
122	Ulaşım	0,14	61
133	Yapı Alanları	0,07	258
211	Sulanamayan ekilebilir arazi	0,45	124850
212	Kalıcı olarak sulanan arazi	0,165	79948

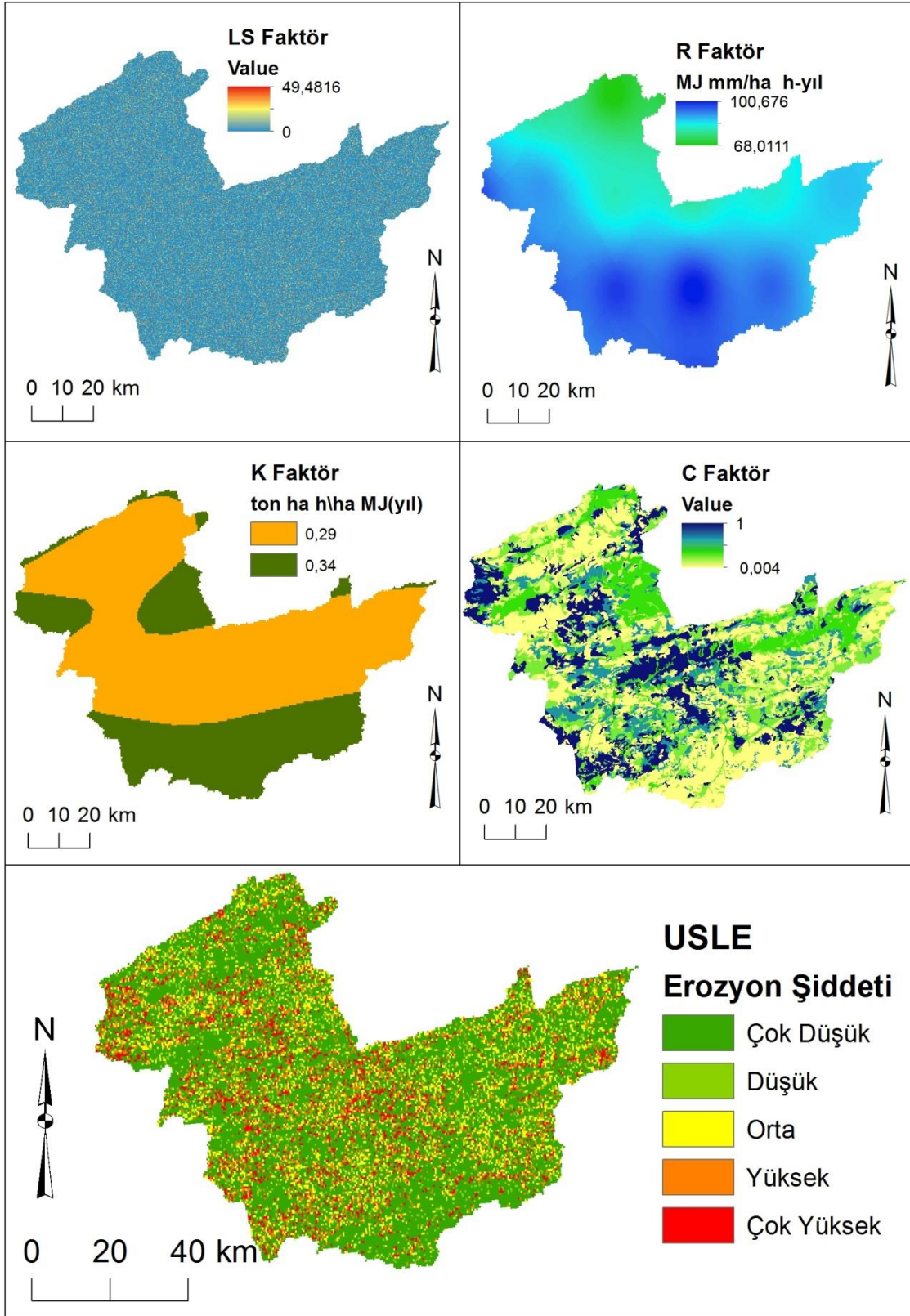
TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu  
*International Geography Symposium on the 30<sup>th</sup> Anniversary of TUCAUM*  
3-6 Ekim 2018 /3-6 October 2018, Ankara

221	Bağ	0,1	406
231	Çayır	0,02	5795
242	Karmaşık ekim modelleri	0,12	24256
243	Doğal bitki örtüsü tarım alanları tarafından işgal edilen arazi	0,12	99698
311	Geniş yapraklı orman	0,004	58528
312	İğne yapraklı orman	0,004	34727
313	karişik orman	0,004	28792
321	Doğal meralar	0,05	62762
324	Geçiş ormanlık çalı	0,007	104810
331	Step	0,3	507
332	Çıplak kayalar	1	4242
333	Seyrek bitki örtüsü alanları	0,3	89363
512	Su Yüzeyleri	0,01	1757



**Şekil 2.** Araştırma sahası arazi kullanım durumu(%)

### 3. Bulgular ve Analiz



Şekil 3. USLE yönteminde kullanılan faktörler.

Çalışma sahasının erozyon durumunu belirlemek amacıyla uygulanan USLE yöntemi için gerekli verilerin haritalandırılması Şekil 2'deki gibi yapılmış olup denklemdaki yerlerine koyulmuş ve son olarak da bölgenin erozyon durumu ortaya çıkarılmıştır.

Eğim eğim dikliği ve eğim uzunluğu değerlerinin erozyona etkisini belirleyen “LS Faktör” erozyon üzerinde ki en etkili faktördür. Genellikle dağlık alanlardan oluşan araştırma sahasında eğim değerleri yüksek olup bu durum da “LS Faktör” değerlerinin ve dolayısıyla erozyon değerlerinin yükseğe olmasına sebebiyet vermektedir.

Yağış değerlerinin erozyon üzerindeki etkisini belirleyen “R Faktör” değerleri bölgede yağışın nispeten düşük olması sebebiyle erozyon üzerinde eğim değerleri kadar büyük etkiye sahip değildir. R değerleri incelendiğinde genel itibariyle kuzeyden güneye doğru bir artış görülmektedir. Bu durumun oluşmasında bölgenin yükselti durumu etkilidir. Sahanın güney kesimlerinde yükseklik artmaktadır ve bu durumuda yağış değerlerinin ve dolayısıyla R değerlerinin artmasında etkili olmaktadır.

Erozyon üzerinde etkili olan bir diğer faktör ise toprak özellikleridir. Toprağın tekstürü, fiziksel ve kimyasal özellikleri erozyon durumunu etkileyen etmenlerdir. USLE denkleminde kullanılan “K Faktör” değerleride toprağın erozyona karşı duyarlılığını belirtmektedir. Daha önce de belirtildiği üzere araştırma sahasına ait toprak verisi FAO'dan temin edilmiştir. FAO'nun harmonize toprak sınıflandırılmasına göre bölgede dört farklı toprak grubu yer almaktadır. Bu toprak grupları 0,29-0,34 ton ha<sup>-1</sup> MJ(yıl) olan K faktör değerlerine sahiptir.

Araştırma sahasında erozyon üzerinde etkili olan diğer faktör arazi örtüsü-arazi kullanımıdır. CORINE verisi kullanılarak bölgenin arazi kullanım durumu ve “C Faktör” değerleri belirlenmiştir(Çizelge -1). Yine CORINE verisi temel alınarak hazırlanan grafikte de bölgenin genel arazi kullanım durumu görülmektedir(Şekil 2).

USLE denkleminde kullanılan tüm bu faktörlerin değerlerinin çarpılması neticesinde bölgeye ait olan erozyon şiddeti değeri ortaya çıkmaktadır. Havzanın yıllık ortalama erozyon değeri 18 ton/ha/yıl olup Türkiye ortalamasının üzerinde bulunmaktadır. Bölgede erozyon üzerindeki en etkili faktörün eğim değerleri olduğu tespit edilmiş olup yine orman örtüsünün zayıf olması da erozyonu artırıcı etkindir.

#### **4. Sonuç**

Günümüzde küresel çapta bir problem olan erozyon tehlikesi ülkemizde de fazlaca bulunmaktadır. Gerek ülkemizde gerekse de dünya çapında erozyona yönelik birçok çalışma yapılmakta ve bu sorunun önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bir bölgedeki erozyon miktarını tahmin etmek için çeşitli modeller ortaya konulmuş olup bu çalışmada bunlardan Wischmeier ve Smith (1978)'in geliştirdiği USLE(Universal Soil Loss Equation) modeli kullanılmıştır. Eğim değerleri, arazi örtüsü, yağış değerleri, toprak özellikleri gibi çeşitli faktörlerin kombinasyonunun kullanıldığı yöntemle Çekerek Çayı havzasının erozyon duyarlılığı tespit edilmiş olup, 18 ton/ha/yıl ortalama değerine ulaşılmıştır. Bu değer oldukça yüksek olup Türkiye ortalamasının üzerindedir. Araştırma sahasının gerek kurak-yarı kurak iklime sahip olması gerekse de eğim değerlerinin yüksek olması sebebiyle erozyon şiddeti oldukça yüksektir. Arazi örtüsünde erozyon şiddeti üzerinde etkisi büyüktür. Bölgenin sahip olduğu iklim özellikleri neticesinde ormanlık alanlar az yer kapladığından erozyonun fazla olmasında etkilidir. Yine bölgede yoğun bir şekilde kuru tarım yapılmakta bu durum da erozyon miktarını arttırmaktadır. Çekerek Çayı havzasındaki mevcut erozyon durumu ciddi tehlike arz etmekte olup bu konuda gerek özellikle tarım ve hayvancılıkla uğraşan bölge halkının bilinçlendirilmesi gerekse de erozyonla mücadele planları yapılması elzemdir.

## Referanslar

- A. Lufafa, M.M. Tenywa, M. Isabirye, M.J.G. Majaliwa, P.L. (2003). Woome Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal soil Loss model *Journal of Agricultural Systems*, 76, pp. 883-894
- A.K. Tiwari, L.M. Risse, M.A. (2000). Nearing Evaluation of WEPP and its comparison with USLE and RUSLE *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 43 (5), pp. 1129-1135
- Alexandridis, T. K., Sotiropoulou, A. M., Bilas, G., Karapetsas, N., & Silleos, N. G. (2014). The Effects of Seasonality in Estimating The C-Factor Of Soil Erosion Studies. *Land Degradation and Development*, 1-16.
- Cebel, H., Akgül, S., Doğan, O., & Elbaşı, F. (2013). Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık "K" Faktörleri. *Toprak-Su Dergisi*, 30-45.
- Dregne, H. E., and Chou, N. T. (1992). *Global desertification dimensions and costs, in degradation and restoration of arid lands*. Lubbock: Texas Tech University.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2015). *Soil change: Impacts and responses*. ISBN 978-92-5-109004-6.
- Hurni, H. (1993). *Land Degradation, Famines and Resource Scenarios in Ethiopia* D. Pimentel (Ed.), *World Soil Erosion and Conservation*, Cambridge University Press: 27-62.
- Lastoria, B., Misericchi, F., Lancicani, A., & Monacelli, G. (2008). An Estimated Erosion Map for the Aterno-Pescara River Basin. *EWRA*, 29-39.
- Parveen, R. Kumar, U. (2012). Integrated approach of universal soil loss equation (USLE) and geographical information system (GIS) for soil loss risk assessment in upper south Koel Basin, *Jharkhand Journal of Geographic Information System*, 4 (6), pp. 588-596.
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: A food and environmental threat *Journal of Environment, Development and Sustainability*, 8 (1) pp. 119-137.