

CBS ve RUSLE Teknolojisi Yardımıyla Çankırı-Ekinne Göleti Su Toplama Havzasında Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesi

Estimate to soil losses in catchment of Çankırı-Ekinne Dam using GIS/RUSLE technology

Ali Uğur Özcan¹

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 18200, Çankırı, Türkiye

Öz: Su, doğrudan ve dolaylı olarak insan ihtiyaçlarının en başında bulunmaktadır. Suyun daha iyi kullanılabilir hale getirilmesi için çeşitli su yapılarının yapılması gerekmektedir. Bu su yapılarının başında baraj ve kanallar gelmektedir. Hem bu yapıların yapılması hem de sürekliliğinin sağlanması için yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Su erozyonu, taşınan sedimentle birlikte rezervuarı doldurarak su yapılarının planlanan kullanılabilir ömrünün ksalmasına ve sonuç olarak ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Su erozyonu normal şartlar altında topografyanın şekillenmesinin ve aşırı olduğu durumlarda ise arazi bozulmasının en önemli sebeplerinden bir tanesidir ve arazinin kullanımını ve planlamasını büyük ölçekte etkilemektedir. Erozyon yanlış ve yoğun arazi kullanımı, toprak bozulması, bitki örtüsünün tahribi gibi birçok nedenden dolayı artmaktadır. Bundan dolayı, su toplama havzalarında toprak ve su sürdürülebilirliği ve planlaması için erozyon tehlikesinin bilinmesi açısından toprak erozyonun şiddetinin ve kayıplarının hesaplanması önem arz etmektedir. Su erozyonu ile toprak kayıplarının hesaplanmasında birçok matematiksel model kullanılmaktadır. Bu modeller arasında dünyada ve Türkiye’de en yaygın olarak kullanılan Üiversal Toprak Kayıpları Denklemi (USLE) ve Revize Üiversal Toprak Kayıpları Denklemi (RUSLE)’dir. USLE/RUSLE teknolojileri, yüzey ve parmak erozyonu sonucu meydana gelen toprak kayıpları değerlerini aylık ve yıllık olarak verebilmektedir. Model, yağışların erozyon oluşturma gücü (R faktörü), toprakların erozyona karşı duyarlılığı (K faktörü), eğim uzunluğu (L faktörü), eğim dikliği (S faktörü), ürün veya bitkisel örtü yönetimi (C faktörü) ve toprak koruma yöntemleri (P faktörü) olmak üzere altı faktörün birleşiminden oluşmaktadır. Başka bir ifadeyle denklemi oluşturan faktörler temelde toprak, iklim, topografya ve bitki örtüsüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Modelin ile erozyon kayıplarının hesaplanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ülkesel, bölgesel ve havza bazında yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS kullanımının doğal kaynak verilerinin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesindeki yardımları sayesinde büyük havzalar için doğru, ekonomik ve hızlı bir şekilde zamansal ve konumsal toprak kayıpları haritaları oluşturulmaktadır. Çalışma alanı olarak, yaklaşık 1177.45 ha su toplama havzasına sahip olan Çankırı ili Eldivan ilçesi Ekinne Göleti su toplama havzası seçilmiştir. Havza %9-53 eğime, 976-1420 metre yüksekliğe sahip olup, orman ve mera arazi kullanımları hakimdir. Toprak kayıplarının hesaplanmasında RUSLE modeli kullanılmıştır. Modeli oluşturan faktörlerin hesaplanmasında; (i) konumsal R yüzeyinin oluşturulması için Eldivan meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllar yağış şiddetleri ve yağışın toplam enerjisi, (ii) konumsal K yüzeyini oluşturulmasında Köy Hizmetler Genel Müdürlüğü Toprak Haritaları, (iii) konumsal L ve S yüzeyini oluşturmak için Dijital Yükseklik Haritası (DYH) ve (iv) konumsal C yüzeyini oluşturmak için Orman Meşçere haritaları kullanılmıştır. Çalışma alanında arazi her hangi bir toprak koruma önemi olmadığı için P faktör 1 olarak kabul edilmiştir. Gölete ulaşan toprak kayıplarının belirlenmesi için model değerleri, Sediment İletim Oranı (SİO) ile çarpılmıştır. RUSLE modelini oluşturan faktörlerin konumsal dağılımları ve SİO’nun çarpılması sonucu Ekinne Göleti’ne gelebilecek olan sediment miktarı tahmin edilmiştir. Buna göre; gölete gelebilecek toprak miktarı ortalama 15.6 t ha⁻¹ y⁻¹ toplamda 18362.2 ton/yıl olarak bulunmuştur. Orman ve mera arazi kullanımlarında ortalama toprak kayıpları ise sırasıyla ortalama 11.79 ve 18.6 t ha⁻¹ y⁻¹’dir. Bu bağlamda, kullanım süresi 50 yıl ve rezervuarı 1.763.000 m³ olan gölette bu sürenin sonunda rezervuarın yaklaşık olarak %50’si sediment ile dolacaktır. RUSLE ile CBS teknolojilerini birlikte kullanmak toprak kayıplarının şiddetinin ve konumsal dağılımının belirlenmesinde önemli bir yardımcı araçtır. Gölet ve baraj su toplama havzalarında erozyonun önlenmesi ve ömrünün uzatılması veya planlanan sürelerde kullanılması için erozyon kayıpları haritalarının kullanılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: RUSLE, CBS, Erozyon, Ekinne Göleti, Toprak kaybı

Abstract: Water, directly or indirectly, are at the very beginning of human needs. Various water structures are needed for efficient use of water. This water structures consist of dams and channel. Both construction of these structures and ensuring sustainability reveal the high costs. Water erosion decreases planned useful life of the water structure by loading sediment and as a result, it causes economic losses. Water erosion is one of the most important reasons not only shaping the topography in normal condition but also degradation in extreme condition and erosion affects land use and planning

¹ İletişim yazarı: Ali Uğur Özcan, e-posta: auozcan@karatekin.edu.tr

in large scale. Erosion has increased due to reasons such as intensive use of lands, soil deterioration, degradation of vegetation. Therefore, prediction of soil losses and erosion volume is important in terms of knowledge of the erosion hazard for soil and water sustainability and planning in catchment. Many mathematical models are used in the calculation of soil loss by water erosion. The most widely used models in the World and Turkey is Universal Soil Loss Equation (USLE) and the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USLE/RUSLE technology may be given monthly and yearly soil losses values that occur due to surface and finger erosion. RUSLE estimates the soil loss by multiplying six parameters as of rainfall factor (R), soil erodibility factor (K), slope length factor (L), slope steepness factor (S), cover management factor (C) and support practice factor (P). In other words, factors of RUSLE differ depending soil, climate, topography and vegetation. Soil losses prediction with model is widely used together with Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) in national, regional and basin scale. Spatial and temporal soil loss maps are created with correct, economical and rapid methods for big catchment by GIS that uses collection of natural resource data, processing and analyzing. Study area (Catchment of Ekinne Dam) is 1175.45 ha. in Eldivan-Çankırı. Slope and elevation of study area is between 9-53% and 976-1420 m., respectively and land use of study area is grassland and forest. RUSLE model was used for estimation of soil losses in study area. Estimation of RUSLE factors were used (i) intensity and total energy values of the precipitation for spatial R map, (ii) soil map for spatial K map, (iii) digital elevation map (DEM) for spatial LS map, (iv) forest map for spatial C map. the support practice factor was assumed as 1 in the study area (RUSLE-P = 1). Model values multiplied with Sediment Delivery Ratio (SDR) for the determination of soil losses reaching the dam. The amount of sediment that may transport to Ekinne Reservoir was predicted multiplying spatial maps and SDR. Our model results showed that in study area, average soil losses and total soil losses is $15.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ and 18362.2 t y^{-1} , respectively. Average soil losses for forest and grassland is 11.79 and $18.6 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, respectively. In this context, dam that lifetime is 50 years and reservoir is $1.763.000 \text{ m}^3$ will fill with sediment about 50% of reservoir. Use together with GIS and RUSLE technology is an important tool for identifying volume and spatial distribution of soil losses. Soil loss map is used for preventing erosion and increasing lifetime of dam in catchment of dam.

Anahtar Kelimeler: RUSLE, GIS, Erosion, Ekinne Dam, Soil Loss

1. Giriş

Toprak erozyonu dünya yüzeyinin şekillenmesinde doğal bir aşamadır. Toprak erozyonu sanayi devrimiyle hızlanan ormansızlaşma, arazi kullanım değişiklikleri, yanlış ve aşırı tarım uygulamaları gibi sebeplerden dolayı önemli artışlar göstererek tehlikeli olmaya başlamıştır (Wischmeier ve Smith, 1978; Angima vd., 2003; Ozcan vd., 2008; Ozcan vd., 2015).

Toprak erozyonu yıllardır araştırılan bir konu olmuş ve toprak erozyon kayıplarının tahmin edilmesi için birçok model geliştirilmiştir (Wischmeier ve Smith, 1978; Shen vd., 2003). Dünyada en geniş kullanılan toprak erozyon kayıpları tahmin modeli deneysel bir model olan USLE'dir (Lu vd., 2004). Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (USLE) (Wischmeier and Smith, 1978) ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (RUSLE) (Renard vd., 1997); arazi kullanımı ve kapalılığı, topografya, toprak tipi, yağış ilişkileri üzerinden uzun dönem ortalama yıllık toprak kayıplarını tahmin etmektedir. USLE tarımsal alanlarda düşük eğimli topografyalar üzerindeki toprak erozyonunun hesaplanması için kullanılmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978). RUSLE ise bozulmuş alanlar, meralar, ormanların da dahil olduğu daha geniş bir uygulama alanına sahiptir. (Renard vd., 1997).

RUSLE, yağışların erozyonu doğurma gücü (R), toprakların erozyona karşı duyarlılığı (K), eğim uzunluğu (L), eğim dikliği (S), bitkisel örtü yönetimi (C) ve arazi yönetimi (P) olmak üzere altı parametrenin çarpılması ile tahmin edilmektedir. Bu faktör değerlerine arazi ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmektedir (Renard vd., 1997). RUSLE'nin basit yapısını oluşturan formülde C ve P değişkeni arazi kullanım türlerine, R, K, L ve S değişkenleri ise ekolojik durumlara bağlı olarak değişmektedir (Sonneveld ve Nearing, 2003).

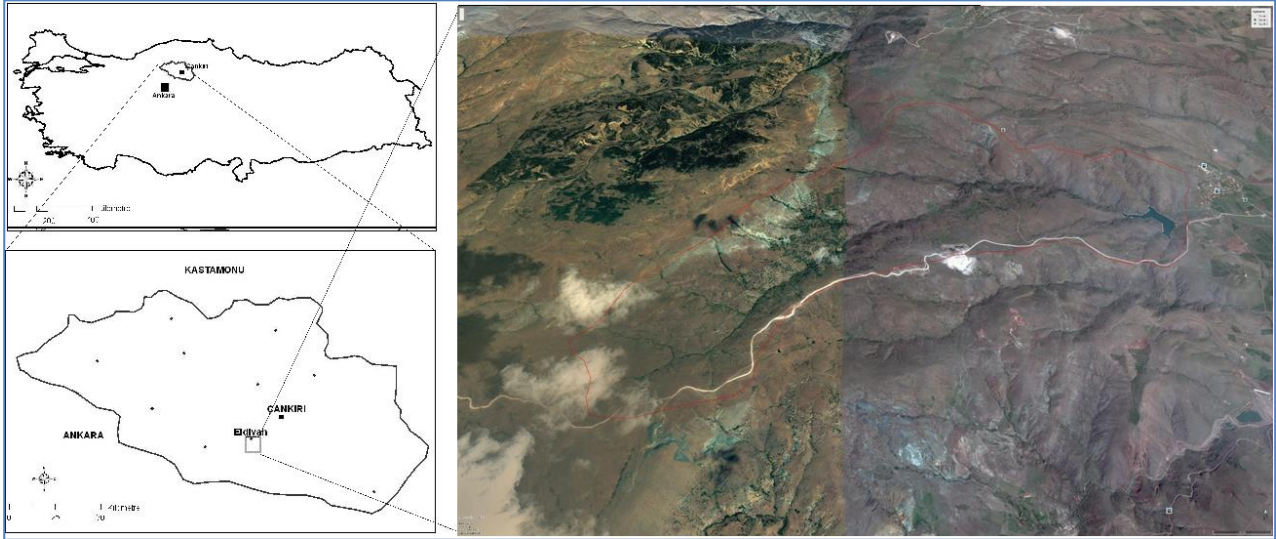
Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri, USLE/RUSLE teknolojisinin ülkesel, bölgesel ve havza bazında uygulanmasında başarılı bir şekilde kullanılabilir (Kinnell, 2000; Ozcan vd., 2008; Ozcan vd., 2015). USLE/RUSLE denklemi, CBS ve UA teknikleri ile birlikte kullanılarak, büyük havzalar için doğru, ekonomik ve hızlı bir şekilde erozyon duyarlılık haritaları oluşturulmuştur (Millward ve Mersey, 1999; Kinnell, 2000; Mati vd., 2000; Jain vd., 2001; Lufafa vd., 2003; Wang vd., 2003; Amore, 2004; Erdogan vd., 2007; Ozcan vd., 2008; Ozcan vd., 2015).

Bu çalışmada, RUSLE modeli ve CBS kullanılarak Çankırı Eldivan Ekinne Göletine gelebilecek sediment miktarı tahmin edilmek istenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı olarak, yaklaşık 1177.45 ha su toplama havzasına sahip olan Çankırı ili Eldivan ilçesi Ekinne Göleti su toplama havzası seçilmiştir (Şekil 1). Alanının yıllık toplam yağışı 491.2 mm olup ortalama sıcaklığı 10.4 °C' dir (Anonim, 2011). Araştırma alanında, jeolojik formasyonları Neojen ve Kretaseye ait metamorfik ve volkanik fasiyesler oluşturmaktadır. Doğu ve batısında Neojene ait maruk tabakalı kalkerler yer alır. Kuzeyde kretaseye ait kalker ve andezitler; Güney batıda ise serpantin çoğunluktadır. Havza %9-53 eğime, 976-1420 metre yüksekliğe sahip olup, orman ve mera arazi kullanımları hakimdir. P. H. Davis'in Grid sistemine göre A4 karesi içerisinde yer almaktadır (Davis, 1988). Buradaki orman kuşağında, Orta Anadolu steplerinin çevresinde yaygın halde görülen Meşe taksonları (*Quercus petraea* subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln, *Quercus pubescens* Willd.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder) ormanlarıyla birlikte bulunmaktadır. Ekinne Göleti, ömrü 50 yıl olarak planlanmış ve 1.763.000 m³ su rezervuarına sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanını gösterir Google Earth uydü görüntüsü

2.2. Yöntem

Çalışmanın yöntemi olarak RUSLE toprak kayıpları tahmin modeli kullanılmıştır [Eş. 1] (Wishcmeier and Smith, 1978; Renard vd., 1997).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \times S\bar{I}O \quad (1)$$

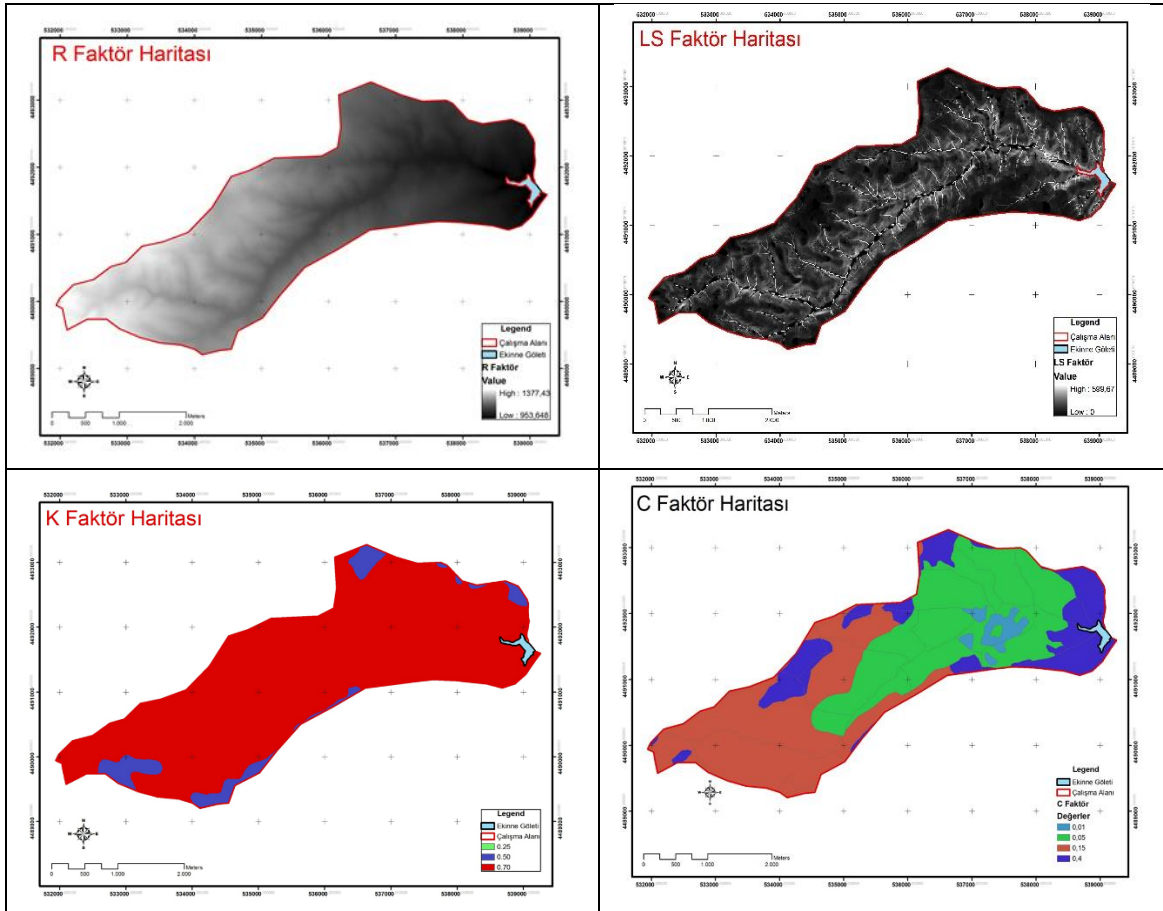
Eşitlik [1]'de A; Yıllık toprak kaybı (t ha⁻¹ y⁻¹), R; Yağış erozyon oluşturma gücünü gösterir faktör (MJ mm ha⁻¹ saat⁻¹y⁻¹), K; Toprakların erozyona olan duyarlılığını gösterir faktör (t ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹), L; Eğim uzunluğu, S; Eğim dikliği, C; Ürün ve ürün yönetim faktörü, P; Toprak koruma yöntemleri faktörü ve SİO; Sediment iletim oranıdır.

RUSLE teknolojisinde yağışların erozyon oluşturma gücü, 30 dakikalık en yüksek yağış şiddeti (I₃₀) ve yağışın toplam enerjisinin (E) ürünü (EI₃₀) olarak hesaplanmaktadır (Wishcmeier ve Smith, 1978). R faktörü değerleri, Eldivan için Kaya'nın (2008) Türkiye için hazırlamış olduğu yağış erozyon oluşturma gücü (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹y⁻¹) çalışmasından alınmıştır. Konumsal R yüzeyini oluşturmak için ise çalışma alanının SYM'i kullanılmış (Foster vd., 1981), Havzada yüksekliğe bağlı olarak yağış miktarında (Toy ve Foster, 1998)'in eşitlikleri göz önünde bulundurularak düzeltmeler yapılmıştır. Eğim uzunluğu ve eğim dikliğinin bir bileşkesi olarak LS faktörü, havzanın Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve Eşitlik (Moore ve Burch 1986a, 1986b) ile Arcview 9.2 Hidrolojik Akım Birikimi modülü kullanılarak elde edilmiştir. Toprak erodibilite faktörü, Wishcmeier ve Smith (1978) ve Torri vd.'e (1997) göre eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır. K faktör değerleri Toprak Haritaları Toprak Duyarlılık Sınıfları göz önünde bulundurularak Erdoğan vd.'e (2007) göre sırasıyla 0.13 (Çok düşük), 0.25 (Çok düşük), 0.5 (Orta), 0.7 (Yüksek) ve 0.8 (Çok yüksek) değerlerini almıştır.

C faktörü, havzada arazi kullanım türü ve bitki örtüsünün türü, kapalılığı ve yoğunluğu olarak 1:25000 ölçekli Orman Amenajman Planları (Anonim, 2010) ile değerlendirilerek Wischmeier ve Smith (1975), Özhan vd. (2005), Özcan vd.'e (2011) göre belirlenmiştir. Toprak koruma yöntemleri faktörü (P Faktör); Çalışma alanında arazi her hangi bir toprak koruma önlemi olmadığı için 1 olarak kabul edilmiştir. Havzadan toprağın çıkış oranını veren Sediment İletim Oranı (SİO) Ferro vd.'e (2001) göre belirlenmiştir. Sonuç olarak, yüzeysel erozyonla gölete gelebilecek sediment miktarı RUSLE'yi oluşturan altı faktör ve SİO'nun ArcGIS 9.3 ile çarpılması sonucu elde edilmiştir.

1. Bulgular ve tartışma

Ekinne Göleti'ne gelebilecek sediment miktarının tahmin edilmesi için RUSLE'yi oluşturan bütün faktörler ve SİO 10x10m gridlere çevrilerek CBS yardımıyla hesaplanmıştır.



Şekil 2. R, K, LS ve C Faktör Haritaları

Çalışma alanında yağışların erozyon oluşturma gücü (R faktör), Kaya (2008)'un Eldivan Meteoroloji İstasyonu için hesaplamış olduğu değer, SYM kullanılarak alansal olarak dağılmasıyla bulunmuştur (Şekil 2). Su toplama havzasında R faktör 953-1377 MJ ha⁻¹ mm saat⁻¹ yıl⁻¹ arasında değerler almış olup ortalaması 1175 MJ ha⁻¹ mm saat⁻¹ yıl⁻¹'dir. Saygın vd.'in (2014) Eldivan ilçesi Sarayköy 2 Göleti su toplama havzasında yapmış olduğu çalışmada R faktör değerlerini benzer sonuçlarda bulmuştur. Özellikle bu sonuçlar yarı kurak alanlarda R faktörün çok dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Eğim uzunluğu-dikliği faktörü (LS) çalışma alanının topografyası dikkate alınarak SYM ve ArcGIS Hidroloji aracı kullanarak elde edilmiştir (Şekil 2). LS faktörü 0 ile 599.67 arasında değerler almış olup ortalaması 10.55'dir. Çok uç değerler havzadan yer alan dik eğimlerden kaynaklanmaktadır.

Çalışma alanının büyük toprak grupları incelendiğinde alansal olarak %95 ile en fazla kahverengi orman toprakları bulunmaktadır. Kahverengi orman topraklarının değerleri 0.50 ile 0.80 (t ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹)

arasında değerler almaktadır (Şekil 2). Bunun en önemli sebebi, eğim farklılıklarından dolayı toprak derinliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu değerler havzanın kahverengi orman topraklarının yüksek toprak erodibilesine sahip olduğunu göstermektedir.

C faktör değerleri Wischmeier and Smith (1978) ve Özcan vd,' e (2011) göre arazi kullanımı ve kapalılık göz önünde bulundurularak verilmiştir. Arazi kullanım türü ve bitki kapalılığına bağlı olarak 0.01 ile 0.40 arasında değerler almıştır (Şekil 2). Alanda en geniş yer kaplayan meralar en yüksek değerleri alırken verimli ormanlar en düşük C faktör değerlerini almıştır.

Potansiyel toprak kayıplarını veren RUSLE altı faktörün çarpımı sonucu bulunmuştur. Çalışma alanında potansiyel toprak kaybı 0 ile 26277 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 3). Havza için ortalama potansiyel toprak kaybı 631 ton ha⁻¹ yıl⁻¹'dir. Genel itibariyle potansiyel toprak kaybı havza içerisinde üst havzada yoğunlaşmıştır. Bunun en önemli sebebi yüksek R faktör ve C faktör değerleridir.

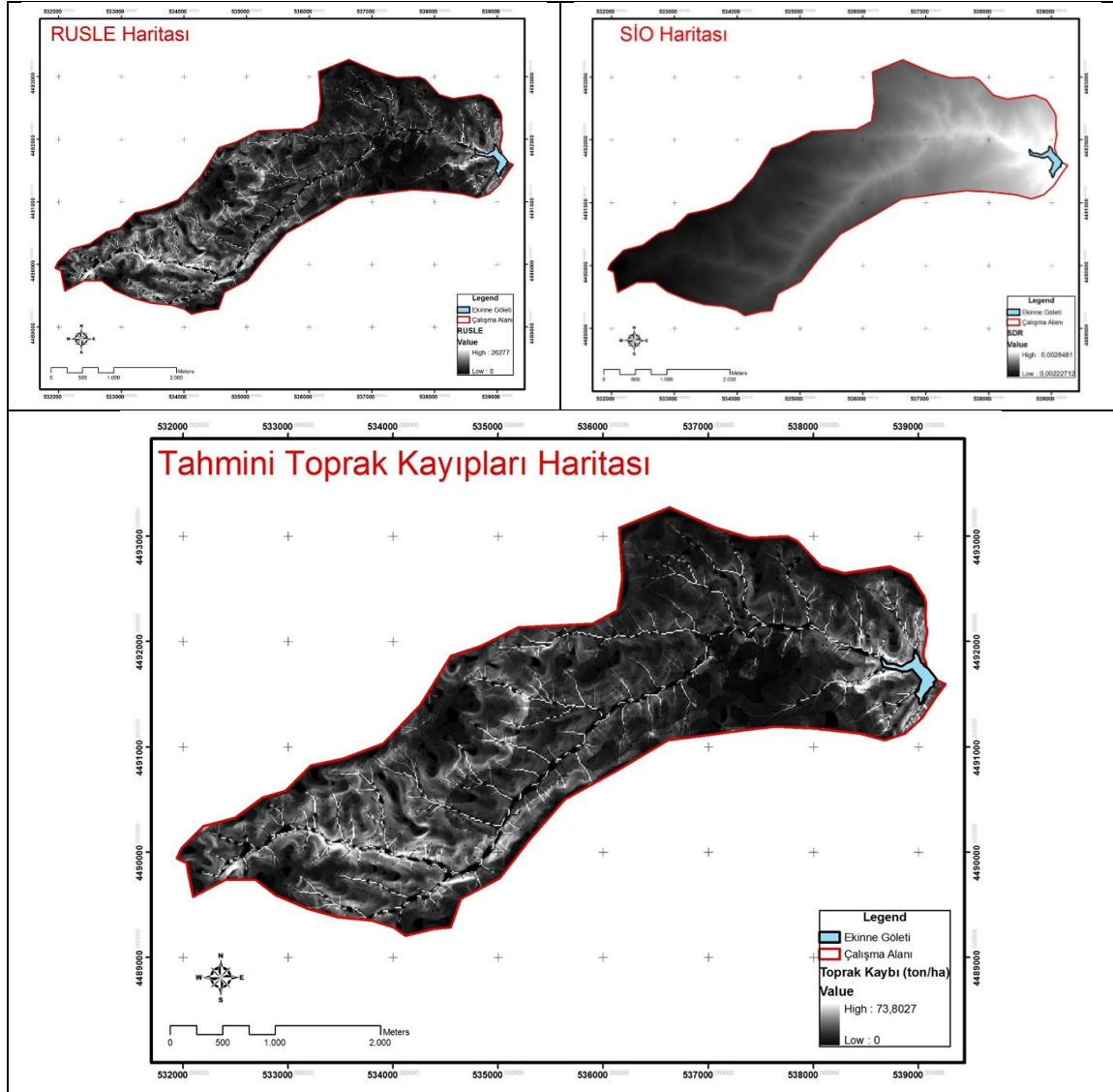
Sediment İletim Oranı Ferro vd.'e (2001) göre hesaplanmış ve ArcGIS ortamında haritalandırılmıştır (Şekil 3). SİO 0.00285 ile 0.00223 arasında değerler almıştır. Havzanın yapısına bağlı olarak en yüksek değerleri eğim uzunluğunun fazla olduğu dere yatakları almıştır. Ayrıca yüzeysel akıntıdan beklendiği üzere havza üstlerinde SİO daha düşüktür.

Son olarak, SİO ile potansiyel toprak kayıpları (RUSLE)'nın çarpılması sonucu Ekinne Göletine gelebilecek toprak miktarı tahmin edilmiştir. Su toplama havzasından gölete gelebilecek tahmini toprak miktarı 0 ile 73.80 t ha⁻¹ y⁻¹ olarak bulunmuştur. Buna göre; gölete gelebilecek toprak miktarı ortalama 15.6 t ha⁻¹ y⁻¹ toplamda 18362.2 ton/yıl'dır. Orman ve mera arazi kullanımlarında ortalama toprak kayıpları ise sırasıyla ortalama 11.79 ve 18.6 t ha⁻¹ y⁻¹'dir. Bu bağlamda, kullanım süresi 50 yıl ve rezervuarı 1.763.000 m³ olan gölette bu sürenin sonunda rezervuarın yaklaşık olarak %50'si sediment ile dolacaktır.

2. Sonuç

Su, doğrudan ve dolaylı olarak insan ihtiyaçlarının en başında bulunmaktadır. Suyun daha iyi kullanılabilir hale getirilmesi için çeşitli su yapılarının yapılması gerekmektedir. Bu su yapılarının başında baraj ve kanallar gelmektedir. Hem bu yapıların yapılması hem de sürekliliğinin sağlanması için yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Su erozyonu, taşınan sedimentle birlikte rezervuarı doldurarak su yapılarının planlanan kullanılabilir ömrünün kılmasına ve sonuç olarak ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Su erozyonu normal şartlar altında topografyanın şekillenmesinin ve aşırı olduğu durumlarda ise arazi bozulmasının en önemli sebeplerinden bir tanesidir ve arazinin kullanımını ve planlamasını büyük ölçekte etkilemektedir.

Erozyon yanlış ve yoğun arazi kullanımı, toprak bozulması, bitki örtüsünün tahribi gibi birçok nedenden dolayı artmaktadır. Bundan dolayı, su toplama havzalarında toprak ve su sürdürülebilirliği ve planlaması için erozyon tehlikesinin bilinmesi açısından toprak erozyonun şiddetinin ve kayıplarının hesaplanması önem arz etmektedir. Su erozyonu ile toprak kayıplarının hesaplanmasında birçok matematiksel model kullanılmaktadır. Bu modeller arasında dünyada ve Türkiye'de en yaygın olarak kullanılan Ünlversal Toprak Kayıpları Denklemi (USLE) ve Revize Ünlversal Toprak Kayıpları Denklemi (RUSLE)'dir. USLE/RUSLE teknolojileri, yüzey ve parmak erozyonu sonucu meydana gelen toprak kayıpları değerlerini aylık ve yıllık olarak verebilmektedir. Model, yağışların erozyon oluşturma gücü (R faktörü), toprakların erozyona karşı duyarlılığı (K faktörü), eğim uzunluğu (L faktörü), eğim dikliği (S faktörü), ürün veya bitkisel örtü yönetimi (C faktörü) ve toprak koruma yöntemleri (P faktörü) olmak üzere altı faktörün birleşiminden oluşmaktadır. Başka bir ifadeyle denklemi oluşturan faktörler temelde toprak, iklim, topografya ve bitki örtüsüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Modelin ile erozyon kayıplarının hesaplanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ülkesel, bölgesel ve havza bazında yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS kullanımının doğal kaynak verilerinin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesindeki yardımları sayesinde büyük havzalar için doğru, ekonomik ve hızlı bir şekilde zamansal ve konumsal toprak kayıpları haritaları oluşturulmaktadır.



Şekil 3. RUSLE (Potansiyel toprak kayıpları) , SİO ve tahmini toprak kayıpları haritası

Referanslar

- Amore, E., Modica, C., Nearing, M.A., Santoro, C.V. (2004) "Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from Three Sicilian Basins", *Journal of Hydrology*, 293, 100-114.
- Angima, S.D., Stott, D.E., O'Neill, M.K., Ong, C.K., Weesies, G.A. (2003) "Soil erosion prediction using RUSLE for Central Kenyan Highland conditions", *Agriculture Ecosystems and Environment*, 97, 295-308.
- Anonim. (2010) "Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü Eldivan Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı 2011-2021", *Orman Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Anonim. (2011) "Eldivan Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri", *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları*, Ankara.
- Davis, P.H. (1988) "*Flora of Turkey and the East Aegean Islands*", Vol.1-9, Edinb. Un. Press, Edinburgh, 1965-1985.
- Erdoğan, E.H., Erpul, G., Bayramin, İ. (2007). Use of USLE/GIS methodology for predicting soil loss in a semiarid agricultural watershed", *Environmental Monitoring and Assessment*, 131, 153-161.
- Ferro, V., Bagarello, V., Di Stefano, C., Giordano, G., Porto, P. (2001) "Monitoring and predicting sediment yield in a small Sicilian basin", *Trans ASAE*, 44(3):585-595.
- Foster, G.R., McCool, D.K., Renard, K.G., Moldenhauer, W.C. (1981) "Conversion of universal soil loss equation to SL metric units", *J. Soil Water Conserv.*, 36: 355-359.
- Jain, S.K., Kumar, S., Varghese, J. (2001) "Estimation of soil erosion for a Himalayan Watershed using GIS technique", *Water Resources Management*, 15, 41-54.
- Kaya, P. (2008) *Türkiye' de Uzun Dönem Verileri Kullanılarak Ulusal Ölçekte RUSLE-R Faktörünün Belirlenmesi.*, Basılmamış Yüksekisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kinnell, P.I.A. (2000) "AGNPS-UM: Applying the USLE-M within the agricultural nonpoint source pollution model", *Environmental Modelling & Software*, 15, 331-341.
- Lu, D., Lu, G. L., Valladare, S., Batistella, M. (2004) "Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, Remote Sensing and GIS", *Land Degradation and Development*, 15, 499-512.
- Lufafa, A., Tenywa, M.M., Isabirye, M., Majaliwa, M.J.G., Woome, P.L. (2003) "Prediction of soil erosion in a Lake Victoria Basin Catchment using a GIS-based universal soil loss model", *Agricultural Systems*, 76, 883-894.
- Mati, B.M., Morgan, R.P.C., Gichuki, F.N., Quinton, J.N., Brewer, T.R., Liniger, H.P. (2000) "Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: a case study of The Upper Ewaso Ng'iro North Basin of Kenya", *JAG*, 2(2), 78-86.
- Millward, A.A., Mersey, J.E. (1999) "Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed", *Catena*, 38, 109-129.
- Ozcan, A.U., Erpul, G., Basaran, M., Erdogan, E.H. (2008) "Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass—Çankırı, Turkey", *Environmental Geology*, 53, 1731-1741.
- Özcan, A.U., Başaran, M., Saygın, D.S., Yılman, F.E., Dölarslan, M., Timur, Ö.B., Erpul, G. (2011) "Yarıkurak ve kurak bölgelerde orman ve orman içi-üstü mera kullanımlarının erozyona karşı koyma gücünün belirlenmesi", *Kurak ve Yarı Kurak Alan Yönetim Çalıştayı*, Nevşehir, 310-329.
- Özcan, A.U., Uzun, O., Başaran, M., Erpul, G., Akşit, S., Palancıoğlu, H.M. (2015) "Soil erosion risk assessment for volcano cone of Alidağı Mountain by using USLE/RUSLE, GIS and geostatistics" *Fresenius Environmental Bulletin*, 24, 2090-2100.
- Özhan, S., Balci, N., Özyuvacı, N., Hizal, A., Gökbülak, F., Serengil, Y. (2005) "Cover and management factors for the universal soil-loss equation for forest ecosystems in The Marmara Region, Turkey", *Forest and Ecology Management*, 214, 118-123.
- Renard, K.G., Foster, G.A., Weesies, D.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, Washington, DC.
- Saygın, S. D., Ozcan, A. U., Basaran, M., Timur, O. B., Dolarslan, M., Yılman, F. E., Erpul, G. (2014) "The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey", *Environmental Earth Sciences*, 71(4), 1605-1618.
- Shen, D.Y., Ma, A.N., Lin, H., Nie, X.H., Mao, S.J., Zhang, B., Shi, J.J. (2003) "A new approach for simulating water erosion on hillslopes", *International Journal of Remote Sensing*, 24, 2819-2835.
- Sonneveld, B., Nearing, M.A. (2003) "A Nonparametric/parametric analysis of the universal soil loss equation", *Catena*, 52 (1): 9-21.
- Torri, D., Poesen, J., Borselli, L (1997) "Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset", *Catena*, 31, 1-22.
- Wang, G., Gertner, G.Z., Fang, S., Anderson A.B. (2003) "Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with tm images and a slope map", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69, 889-898.
- Wischmeier, W.H. (1975) *Estimating the Soil Loss Equations Cover and Management Factor for Undisturbed Lands. In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*, US. Dep. Agric., Agric. Res. Serv., ARS-S-40.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978) *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*, U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 537.