

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

## Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



### Araştırma Makalesi / Research Article

## ÇILDIR GÖLÜ HAVZASINDA EROZYON RİSK ANALİZİ

### Erosion Risk Analysis in Çıldır Lake Basin

Dilek AYKIR<sup>a</sup> & Murat FIÇICI<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Ardahan Üniversitesi, İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan  
dilekaykir@ardahan.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-2748-4055>

<sup>b</sup>Ardahan Üniversitesi, İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan  
muratfıçici@ardahan.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-1508-7738>

#### Makale Tarihiçesi

Geliş 17 Temmuz 2022

Kabul 14 Ağustos 2022

#### Article History

Received 17 July 2022

Accepted 14 August 2022

#### Anahtar Kelimeler

Çıldır Gölü Havzası, Erozyon, RUSLE, CBS

#### Keywords

Çıldır Lake Basin, Erosion, RUSLE, GIS

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

Aykır, D. & Fıçıcı, M. (2022) Çıldır Gölü Havzasında Erozyon Riks Analizi / Erosion Risk Analysis in Çıldır Lake Basin, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2022 (9): 38-49

doi: 10.46453/jader.1144699

#### ÖZET

Bu çalışmaya konu olan Çıldır Gölü Havzası, Türkiye'nin kuzeydoğusunda Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum - Kars Bölümü içerisinde yer almaktadır. Çıldır Gölü havzasında erozyon riskinin ve dağılışının belirlenmesi ile yıllık toplam toprak kaybının tespit edilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. İnceleme sahasında, havza ölçeğinde buna benzer bir çalışmanın bulunmaması ve aynı zamanda erozyonun, Çıldır Gölü üzerindeki etkilerinin belirlenmesi bu çalışmanın önemini arttırmaktadır. Sahadaki erozyon riskinin belirlenmesi için, günümüzde erozyon çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir yöntem olan Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) tercih edilmiştir. Çalışmada altlık veri olarak 1/25.000 ölçekli topoğrafya paftaları kullanılmıştır. Sahaya ait arazi kullanım ve yağış verileri ile havzanın farklı noktalarından alınan toprak örnekleri, kullanılan diğer veri setlerini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan analizler ve üretilen haritalar sonucunda sahanın erozyon risk sınıfları ve yıllık toplam toprak kaybı miktarı hesaplanmıştır. Analizler sonucunda altı farklı erozyon risk sınıfı belirlenmiştir. Sahanın büyük bir bölümünün (% 82,75) çok hafif ve hafif erozyon risk sınıfları içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Sahanın geri kalan kesiminin ise "orta derece" ve "çok yüksek" erozyon risk sınıfları içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Havzadaki yıllık toplam toprak kaybı ise 277.304 ton olarak hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre sahada erozyon riski çok yüksek değildir, fakat gerekli önlemler alınmadığı durumda erozyon riski artabilir. Buna bağlı olarak, erozyon sonucu Çıldır Gölü'ne taşınacak olan sediment, göl alanının daralmasına neden olacak, inceleme alanındaki önemli geçim kaynaklarından olan balıkçılık bu durumdan olumsuz anlamda etkilenecek ve bölge halkı ekonomik kayıplara uğrayacaktır.

#### ABSTRACT

Lake Çıldır Basin, the subject of this study, is located in the Erzurum - Kars section of the Eastern Anatolia Region in the northeast of Turkey. This study aimed to determine the erosion risk and its distribution in the Çıldır Lake Basin along with total annual soil loss. This study is significant since it focuses on the effects of erosion on Lake Çıldır and since similar studies do not exist in the research area at the basin scale. Regulated Universal Soil Loss Equation (RUSLE), which is a frequently used method in erosion studies today, was preferred in the study to determine the erosion risk in the field. In the study, 1/25,000 scaled topography sheets were used as base data. The land use and precipitation data of the field and the soil samples taken from different points of the basin constituted the other data sets utilized in the study. The generated maps and the analyses made within the scope of the study helped classify the erosion risk classes of the field and the amount of total annual soil loss. Six different erosion risk classes were identified based on the analysis results. It was found that a large part of the area (82.75%) remained within the "very low" and "low" erosion risk classes. The remaining part of the field fell within the "medium" and "very high" erosion risk classes. The total annual soil loss in the basin was calculated to be 277.304 tons. According to the results obtained from the study, the erosion risk in the field is not very high. However, the erosion risk may increase if the necessary precautions are not taken. The possible sediment transportation to Lake Çıldır as a result of erosion will cause the lake area to shrink; fishing, one of the important livelihoods in the study area will be adversely affected by this situation and the people of the region will experience economic losses.

© 2022 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology  
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

## 1. GİRİŐ

Toprak, yerkürenin en üst kısmında, en az birkaç mm ile en fazla birkaç m'ye varan kalınlıkta olan; belirli iklim, bitki örtüsü ve topoğrafya şartlarında oluşan, organik ve inorganik maddelerin birlikte bulunduğu, içerisinde ve üzerinde canlı bir ortamı barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı sağlayan ayrılmıő bir kattır (Bahtiyar, 2000; Atalay, 2011). Erozyon ise yukarıda tanımlanan toprak tabakasının doğal süreçler ile aşındırılıp, taşınarak başka bir alanda biriktirilmesidir. Bu şekilde meydana gelen erozyon “doğal erozyon”, “normal erozyon” veya “jeolojik erozyon” olarak adlandırılmaktadır (Bahtiyar, 2000). Bununla birlikte insanların doğrudan veya dolaylı etkisine bağlı olarak erozyonun meydana gelme sıklığı ve şiddeti artmaktadır. Buna ise “hızlandırılmıő erozyon” adı verilmektedir.

Dünyada tarım yapılabilir topraklar sınırlı bir alan kaplamakta, birçok noktada da verimsiz bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanında sürekli artan nüfus nedeniyle bu topraklar büyük bir baskı altındadır. Toprakların verimsiz kullanıldığı alanlarda ürün miktarını arttırmak için yapılan ilk iş, normalde tarım yapılamayacak alanların tarıma açılmasıdır. Yanlış arazi kullanımı olarak adlandırılan bu durum, yukarıda tanımlanan ve insanların etkisine bağlı olarak meydana gelen “hızlandırılmıő erozyonun” en önemli sebeplerinden birisidir. Öyle ki Birleşmiş Milletler tahminine göre, ilerleyen süreçte dünyada, yılda 24 milyar ton toprak yok olacak ve bu durum gelecekte insanlığı bekleyen en önemli çevre sorunlarından birisi olacaktır (United Nations, 2019). Bu tehlikenin farkında olan araştırmacılar ve kurumlar, geçtiğimiz yüzyılın ortalarından itibaren erozyon riskini belirleyebilmek ve modellemek için birçok farklı yöntem (USLE, RUSLE, RUSLE 2, WEPP, EUROSEM, ANSWERS vb.) geliştirmişlerdir.

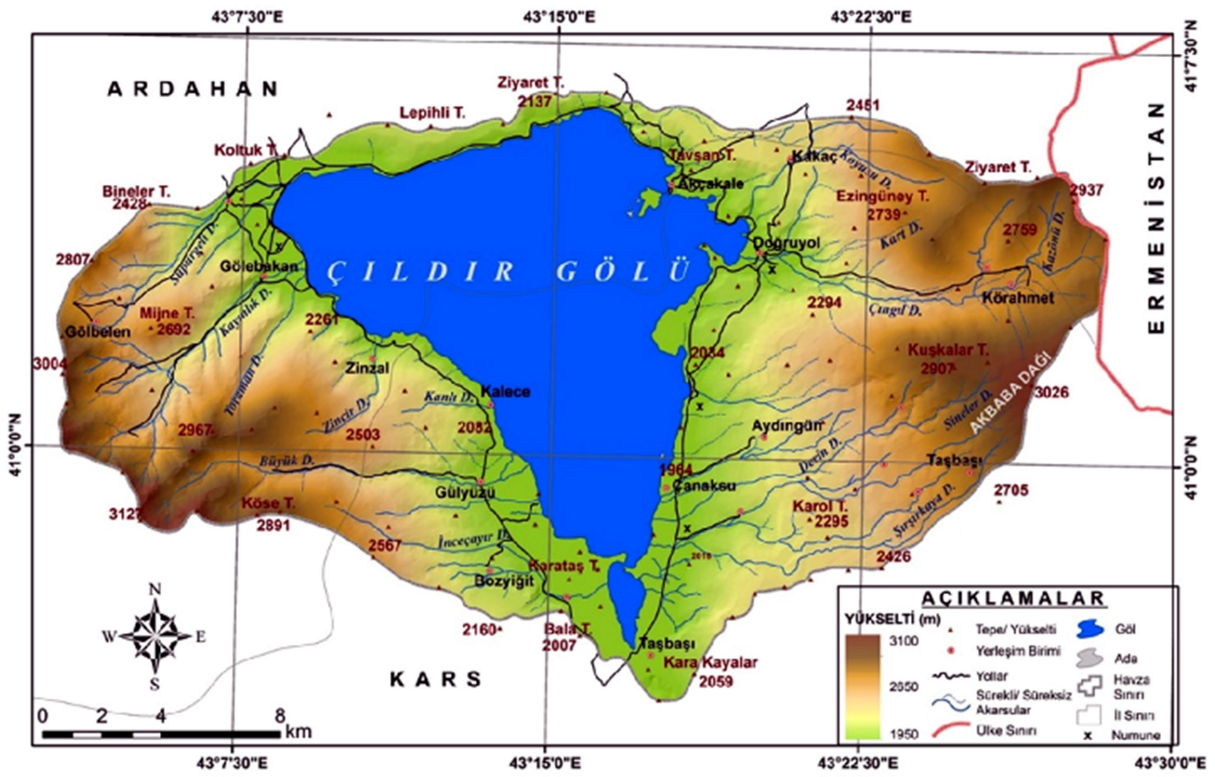
Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (RUSLE) yukarıda bahsedilen yöntemler içerisinde en yaygın kullanılanlarından birisidir (Renard vd., 1991; Renard vd., 1994; Renard

vd., 1997). RUSLE yöntemi, uzun dönemli ölçümlere dayanması ve birçok faktörün bilgisayar teknolojileri (CBS) yardımı ile değerlendirilmesi, kullanım açısından kolaylık sağladığı için tercih edilmektedir. Bu yöntemle yapılan çalışmalar, gelişen bilgisayar teknolojileri - teknikleri ile yöntem içerisindeki faktörlerin ayrıntılı olarak ele alınmaları ve yeni geliştirilen formüllerin kullanılmasına bağlı olarak günümüzde de sıklıkla kullanılmaya devam etmektedir (Özşahin vd., 2018; Uludağ & Fıçıcı, 2018; Avcioğlu vd., 2020; Fang, 2021; Mutlu & Soykan, 2021; Ustaoglu vd., 2021; Nguyen vd., 2022; Habtu & Jayappa, 2022).

İncelemeye konu olan Çıldır Gölü Havzası, Türkiye'nin kuzeydoğusunda Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Göl, kış mevsiminde donmasından dolayı turistik potansiyelinin yanı sıra havza bölge halkı için de büyük öneme sahiptir. Havza sahası ve göl kenarında hayvancılık faaliyeti yapılmaktadır. Gölde ticari olmasa da yapılan balıkçılık faaliyetinin sürdürülebilirliği açısından havzadaki erozyon riskinin tespit edilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması açısından havzanın çalışılması önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında RUSLE yöntemi kullanılarak, sahadaki erozyon riski hesaplanmaya çalışılmıştır. Havzadaki erozyon tehlikesinin ne gibi etkileri olabileceği belirlenerek, bu soruna yönelik çözüm önerilerinin getirilmesi hedeflenmiştir.

### 1.1. Araştırma Sahasının Konumu ve Genel Özellikleri

Çıldır Gölü Havzası, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü'nde yer alır. Havza alanı göl dahil 47.063 ha'dır. Havzadaki Doğu Anadolu Bölgesi'nin Van Gölü'nden sonra ikinci büyük gölü olan Çıldır Gölü bulunmaktadır. Gölün alanı 12.399 ha'dır. Gölün deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1960 m'dir. Tabanı kuzeyde yer alan ters bir üçgen şeklindeki gölün kuzey güney uzunluğu 18 km, doğu-batı yönündeki en geniş yeri ise 16 km kadardır (Şekil 1).



Şekil 1: Çıldır Gölü havzasının lokasyon haritası / Figure 1: Location map of the Çıldır Lake basin

Çıldır Gölü havzasının bulunduğu sahanın temeli, Oligosen'den daha genç volkanik tüf, blok tüf, andezitik, bazaltik akıntılar ile marn ve konglomeralardan oluşmaktadır. Pliyosen'de ise bölge dikey tektonik hareketlere uğramış ve sonuçta faylar boyunca blok halinde çökmeler meydana gelmiştir. Bugünkü göl havzası ile Çıldır Ovası'nın eskiden tek bir depresyonu teşkil ettikleri için, bu depresyonun akıntısı Çıldır Çayı vasıtasıyla Kura Nehri'ne doğru gitmiştir. Yukarıda belirtilen lavların akmasından dolayı, bu havza eskiden (lav akıntısının cephesi ile Kısır Dağı'nın arasında açık kalmış) dar bir düzlük tarafından iki kısma

ayrılmıştır. Kısır Dağından gelen moloz malzemesi-örtüsünün burada birikmesi ile bu geçit tamamen kapatılarak bugünkü göl havzası, Çıldır Ovası'ndan tecrit edilmiş ve böylece bu havza çevreden inen akarsuların birikmesiyle göl haline getirilmiştir. Çıldır Gölü, yakın zamana kadar kapalı bir havza halinde kalmıştır. Ancak Pleistose'nin plüviyal devrelerinde, gölün fazla suları kuzeybatıda Gölbelen köyündeki 1970-1975 metre yükseklikteki Çıldır Gölü havzasına, oradan da Karaçay (Çıldır Çayı) vasıtasıyla Kura Nehri'ne akmıştır. Günümüzde ise Çıldır Gölü güneyde bazaltlar üzerinde açılmış bir taşma boğazı



(Telek suyu) vasıtasıyla Arpaçay'a kavuşmaktadır. Sonuç olarak, ıldır Gölü, bir lav akıntısı ile bir moloz örtüsü tarafından



**şekil 2a.** Akçakale'nin kuzeyindeki Tavşan T.'ye doğru bazalt-tüf-aglomera türündeki kayaçların erozyon nedeniyle yüzeylemesi / **Figure 2a.** Exposure of basalt, tuff and agglomerate type bedrocks due to erosion towards Tavşan Hill north of Akçakale

ortaklaşa meydana getirilmiş bir doğal set gölüdür (Atalay, 1978).



**şekil 2b.** Akçakale Adası'nın merkezi güneydoğu kesiminde bazalt anakayanın yüzeylemesi / **Figure 2b.** Exposure of basalt bedrock in the central southeast part of Akçakale Island



**şekil 2c.** anakısu yerleşmesinin güneydoğusunda yer alan Karol Tepe üzerinde anakaya erozyonu / **Figure 2c.** Bedrock erosion on Karol Hill located southeast of anakısu settlement.



**şekil 2d.** Akakale - Ziyaret Tepe çevresinde yarıntı erozyonu örneği / **Figure 2d.** Example of gully erosion around Akakale – Ziyaret Hill.



**şekil 2e.** alışma sahasının kuzeybatısında yer alan Gölebakan yerleşmesi çevresindeki tepelik arazilerde andezit anakayasının erozyon nedeniyle yüzeylemesi / **Figure 2e.** Exposure of andesite bedrock due to erosion in the hilly areas around Gölebakan settlement located in the northwest of the study area

Havzada, kestane renkli topraklar ve bazaltik topraklar yaygındır (Karaoğlu & elim, 2018). Volkanik anakaya üzerinde oluşan bazaltik topraklar doğal drenajı iyi olan ve st katmanında kil bünyeli olan topraklardır. Yıllık yağışın biraz arttığı yerlerde oluşan kestane renkli topraklar oknt alanlarında yer almaktadır.

Havzada karasal iklim şartları hüküm sürmektedir. En yüksek sıcaklıklar temmuz ayında ollmektedir. Yıllı yağış miktarı 550 mm civarındadır (şimşek, 2019). Yağışın mevsimlere dağılışına bakıldığında en yağışlı ay mayıs ayıdır, en az yağış kış mevsiminde düşmektedir (Aykır vd., 2021). Yaz yağışlarına bağlı olarak havza çevresinde uzun boylu çayırların yetişmesi bölgede mera-otlak hayvancılığının ekonomik olarak gelişmesine imkn sağlamıştır.

## 2. VERİ ve YÖNTEM

Bu alışmada R faktör haritasının hazırlanması için Meteoroloji Genel Müdürlüğü, ıldır meteoroloji istasyonundan temin edilen ve 1990 ile 2020 yıllarını kapsayan aylık ortalama toplam yağış verileri kullanılmıştır. Sahanın farklı noktalarından alınan toprak örneklerinin fiziksel özellikleri analiz edilerek, K faktörünün hesaplanmasında kullanılmıştır. LS faktörünün hesaplanmasında, Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen sahaya ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritası ve 10 m znrllğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisinden yararlanılmıştır. İnceleme sahasının mevcut arazi kullanımının tespiti ve erozyon üzerindeki etkisini ortaya koymak için hazırlanan C faktör haritalarının üretilmesinde ise Avrupa evre Ajansı tarafından geliştirilen CORINE'den (Coordination of Information on the Environment - evresel Bilginin Koordinasyonu) faydalanılmıştır.

### 2.1. RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation / Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği)

İnceleme alanında erozyon kaynaklı toprak kaybının belirlenmesinde ve sınıflandırılmasında Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) yöntemi kullanılmıştır. Erozyon duyarlılığını hücre bazında analiz eden RUSLE metodu yöntemi, Amerika Birleşik

Devletleri Tarım Bakanlığı Toprak bölümü tarafından 1950'lerde geliştirilen Universal Soil Loss Equation (USLE) yönteminin 1991 yılında güncellenmiş versiyonudur (Renard vd., 1991; Renard vd., 1994). Bu yöntemde; yağış, toprak, eğim derecesi ve uzunluğu, arazi örtüsü ve erozyon önleyici gibi beş farklı faktör kullanılarak bir bölgedeki su erozyonunun derecesi hesaplanmaktadır (Wischmeier & Smith, 1978; Renard vd., 1997).

RUSLE eşitliğinde kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

Formülde, A yıllık ortalama toprak kaybını (ton/ha/yıl); R yağış erozif faktörünü; K toprak erozif faktörünü; LS eğim ve yamaç uzunluk faktörünü; C zemin örtüsü faktörünü ve P erozyon önleyici faktörleri temsil etmektedir (Renard vd., 1991). Faktör haritalarının üretilmesinde ve sonuç haritasının elde edilmesinde ArcGIS 10,3 yazılımı kullanılmıştır.

#### 2.1.1. Yağış Erozi (R) Faktörü

Yağış; şiddeti, miktarı, süresi darbe etkisi, yere düşme açısı, tanelerinin büyüklüğü vb. birçok parametreye bağlı olarak düştüğü yüzeylerde ortaya çıkan aşındırıcı etkisi dolayısıyla bir bölgede gerçekleşen erozyon süreçlerini etkileyen en önemli iklim faktörüdür. Yağışın aşındırıcı etkisi ile yüzeyden aşınan malzeme, suyun taşıma gücü ve yer çekimi etkisi ile birlikte eğim doğrultusunda hareket ederek alçak kesimlerde depolanmaktadır. Bu kapsamda yağışa bağlı erozyon risk faktörünün hesaplanması için Arnoldus'un (1980) geliştirdiği Modified Fournier İndeks (MFI) formülü kullanılmıştır. Formül:

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

şeklinindedir.

Formülde kullanılan  $p_i$  sembolü aylık yağışları (mm), p ise yıllık yağışların ortalamasını temsil etmektedir.

Daha sonra  $R = (4,17 \text{ MFI}) - 152$  sabit değeri kullanılarak yağış erozif faktörü hesaplanmaktadır.

#### 2.1.2. Toprak Direnç (K) Faktörü

Bir sahadaki toprak türleri sahip oldukları fiziksel ve kimyasal özellikleri ile erozyon



üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Toprağın, başta organik madde miktarı olmak üzere yapısı, geçirgenliği ve gözenekliliği, tane boyutu vb. özellikleri erozyon riski üzerinde rol oynayan belli başlı parametrelerdir (Wischmeier vd., 1971; Morgan, 2005; Atalay, 2011).

Toprak direnç faktörünü belirlemek için ilk olarak sahadaki büyük toprak grupları tespit edilmiştir. Daha sonra sahanın farklı noktalarından analiz edilmek üzere toprak örnekleri toplanmıştır. Sahada yayılış gösteren

toprak tipleri çok çeşitli olmadığı için sadece dört adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Bununla birlikte inceleme alanının farklı noktalarından örnek alınmasına dikkat edilmiştir. Sahadan alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında analiz edilmiştir. (Tablo 1). Toprak örneklerinin organik madde miktarını ölçmek için Walkley – Black Yaş Yakma Yöntemi, toprak türü ve tekstür özelliklerini belirlemek için ise Hidrometre yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 1. İnceleme sahasından alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Table 1. Physical and chemical analysis results of soil samples taken from the study area.

Örnek No	EC (µS/cm)	pH	OM (%)	Kireç (%)	Tekstür (%)			Tekstür Sınıfı
					Kum	Silt	Kil	
1	262	6,44	0,235	2,2	16,11	27,71	56,18	Killi (C)
2	417	6,76	0,205	5,1	8,04	43,78	48,18	Silt-Kil (SiC)
3	237	6,58	0,275	5,0	28,11	25,50	46,39	Killi (C)
4	398	6,56	0,330	5,0	34,18	27,64	38,18	Kil-Tın (CL)

EC: Elektrik İletkenlik Değeri

OM: Organik madde miktarı

Elde edilen sonuçlar Foster vd. (1977) tarafından geliştirilen ve toprak direncinin erozyon ile ilişkisini belirlemek kullanılan hesaplama yöntemine göre düzenlenmiştir.

$$K = [2,8 \cdot 10^{-7} \cdot M^{1,14} \cdot (12-a)] + [4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (b-2)] + [3,3 \cdot (c-3)] \quad (3)$$

Formüle göre;

K= Toprak erodabilite değeri,

M= Partikül boyutu,

{silt(%) + iyi gelişmiş kum (%) } \* {(100- kil (%))}

a= organik madde içeriği (%)

b= toprak strüktür kodu

c= toprak geçirgenlik sınıfını ifade etmektedir.

### 2.1.3. Eğim ve Yamaç Uzunluk Faktörü

Eğim, yere düşen yağmur damlalarının yüzeysel akışa geçmesinde belirleyici olan en önemli topoğrafik faktörlerden birisidir. Yüzeysel akışa geçen su ise üzerinde aktığı zemindeki malzemeyi, korrozyon ve korrozyon yoluyla aşındırarak yamaç aşağı taşımaktadır. Buna bağlı olarak eğim ile erozyon arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Yamaç eğimi, yamaç uzunluğu ve yükselti sınıf değerlerini hesaplanan LS faktörü için farklı formüller kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise Mitasova vd. (1996) ile Moore & Burch (1986)

tarafından geliştirilen formül kullanılmıştır. Formül aşağıdaki gibidir;

$$Pow((flowacc) \cdot \text{çözünürlülük} / 22,1,0,6) \cdot Pow(\sin(\text{slope}) \cdot 0,01745 / 0,09,1,3) \quad (4)$$

Bu faktör özelinde bakıldığında genel olarak LS değerlerinin yüksek çıktığı sahalarda erozyon riskinin daha fazla olduğu alanlara karşılık gelirken, değerin düşük çıktığı sahalarda ise erozyon riski daha azdır.

### 2.1.4. Zemin Örtüsü (C) Faktörü

Zemin örtüsü faktörü, daha çok bitki örtüsünün yoğunluğu ve yanlış arazi kullanımı gibi parametrelere bağlı olarak erozyon üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda yağın yağmur damlalarının bir kısmı bitkilerin yaprak ve gövdeleri tarafından tutulur. Bunun yanında bitkilerin, kökleri ile toprağı tutarak aşınmaya karşı daha dirençli hale getirmesi ve yüzeysel akışa geçen suların hızını yavaşlatması erozyon riskini azaltan bir etkiye sahiptir (Hoşgören, 2004). Buna karşılık yanlış arazi kullanımının yaygın olduğu sahalarda zeminin üst kısmını oluşturan toprak örtüsü, erozyona karşı daha duyarlı hale gelmektedir. Bu sebeplere bağlı olarak genel anlamda bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda erozyon riski daha düşük iken, bitki örtüsünün yanlış arazi kullanımı

sonucunda (tarımsal faaliyetler, yerleşme ve/veya sanayi alanları açmak, orman yangınları vb.) tahrip edildiği çıplak alanlarda daha şiddetli olmaktadır. Bu faktörde 0 değerine yakın alanlar bitki örtüsünün yoğun olduğu ve iyi korunan alanları ifade ederken, 1 değerine yakın alanlar ise erozyona karşı daha duyarlı alanları temsil etmektedir.

### 2.1.5. Erozyon Önleyici (P) Faktörler

Yöntem kapsamında P faktörü, erozyon riskine karşı alınan önlemleri ifade etmektedir. Bu faktörde değerler 0 ile 1 arasında değişmektedir. Erozyona karşı alınan herhangi bir tedbir tespit edilemediği durumlarda 1 değerini girilerek hesaplama dışında bırakılmaktadır.

## 3. BULGULAR ve TARTIşMA

### 3.1. Yağış Erozi (R) Faktörü

Çalışma kapsamında yağış erozi faktörünü hesaplamak için Çıldır meteoroloji istasyonuna ait olan ve 1990 ile 2020 yılları arasını kapsayan 30 yıllık yağış verisi kullanılmıştır. İnceleme sahasında yükselti farkının fazla olması nedeniyle (yaklaşık 1200 m) Schreiber'in geliştirdiği ve yağışın her 100 m'de 54 mm artmasına dayanan formülü kullanılmıştır (Ardel ve Kurter, 1969). Formül;

$$Ph = Po + 4,5 \cdot xh \quad (5)$$

şeklinde dir.

Formüle göre, Ph: ortalama yağış miktarı (mm)  
Po ise: verileri bilinen noktanın ortalama aylık yağış miktarı (mm)'dir.

Buna göre sahanın yüksek kısımlarını oluşturan, Çıldır Gölü'nün doğu ile batısında kalan ve bazı noktalarda 3000 m ve üzeri yüksekliğe sahip dağlık kesimlerinde yağış erozi faktörü 300'ü bulmaktadır (şekil 2). Buna karşılık Çıldır Gölü'nün de içinde bulunduğu, kuzey güney doğrultulu uzanan ve aynı zamanda sahanın en alçak (1900 m - 2000 m) noktalarına karşılık gelen kısımlarda ise bu değer 100'e kadar düşmektedir.

### 3.2. Toprak Direnç (K) Faktörü

İnceleme alanında yayılış gösteren toprak tipleri ile farklı noktalardan alınan toprak numuneleri ile toprak direnç faktörü hesaplanmıştır. Havza, toprak tipleri açısından

çeşitliliğe sahip değildir. Sahanın büyük bir bölümünde bazalt kayalarının hâkim olduğu intrazonal topraklar yayılış göstermektedir. Bunun yanında kestane renkli topraklar diğer toprak tipini oluşturmaktadır. Bu toprak türlerinden dört adet numune alınmıştır. Yapılan analizlere göre sahadaki toprakların tekstürü silt - kil ve killi yapıda olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). İnceleme alanındaki hâkim toprak tipinin tekstürü silt ve kilden oluşmaktadır. Toprak tekstürünün farklı boyutlarda olması geçirgenliği arttırdığı için erozyon riski çok fazla değildir. Bu kapsamda sahanın büyük bir kısmında toprak direnç faktörüne bağlı erozyon riski hafif ve orta risk sınıfındadır (şekil 3).

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

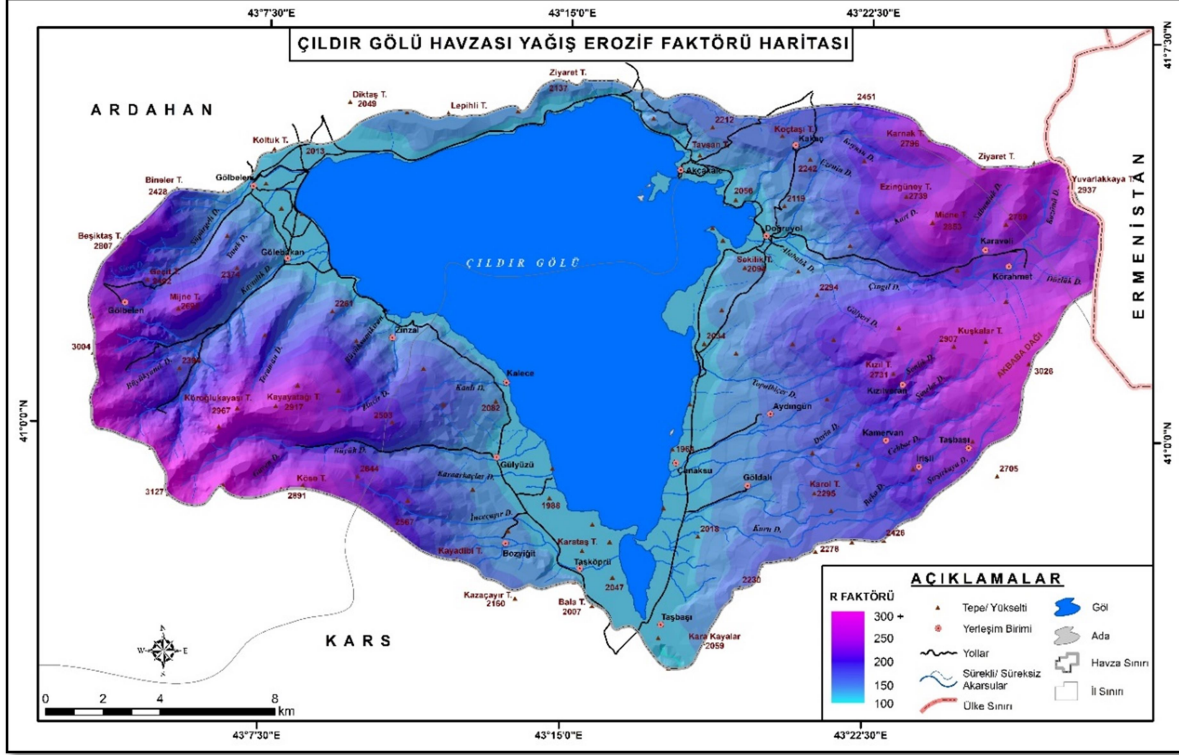
LS faktörünün hesaplanması için inceleme sahasına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından üretilen SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) kullanılmıştır. Bu SYM verisinden sahaya ait eğim haritası ile akış yönü ve akım birikimi hesaplamaları yapılmıştır. Genel olarak bir sahanın eğim değerleri ile LS değerini arasında doğru orantı bulunmaktadır. Eğim değerinin yüksek olduğu alanlarda LS faktör değerini de yüksek çıkmaktadır. Çalışma alanı incelendiğinde Çıldır Gölü'nün doğu ile batısında yer alan ve Büyük Dere, Kayınlık Dere, Çıngıl Dere gibi akarsular tarafından dar ve derin bir şekilde yarılan vadiler LS değerlerinin maksimum olduğu alanlardır. Bununla birlikte eğim değerlerinin düşük olduğu, Çıldır Gölü'nün kıyıları ile dağlık sahalarda zirvelerindeki düzlükler LS değerlerinin minimum olduğu alanlara karşılık gelmektedir (şekil 4).

### 3.4. Zemin Örtüsü (C) Faktörü

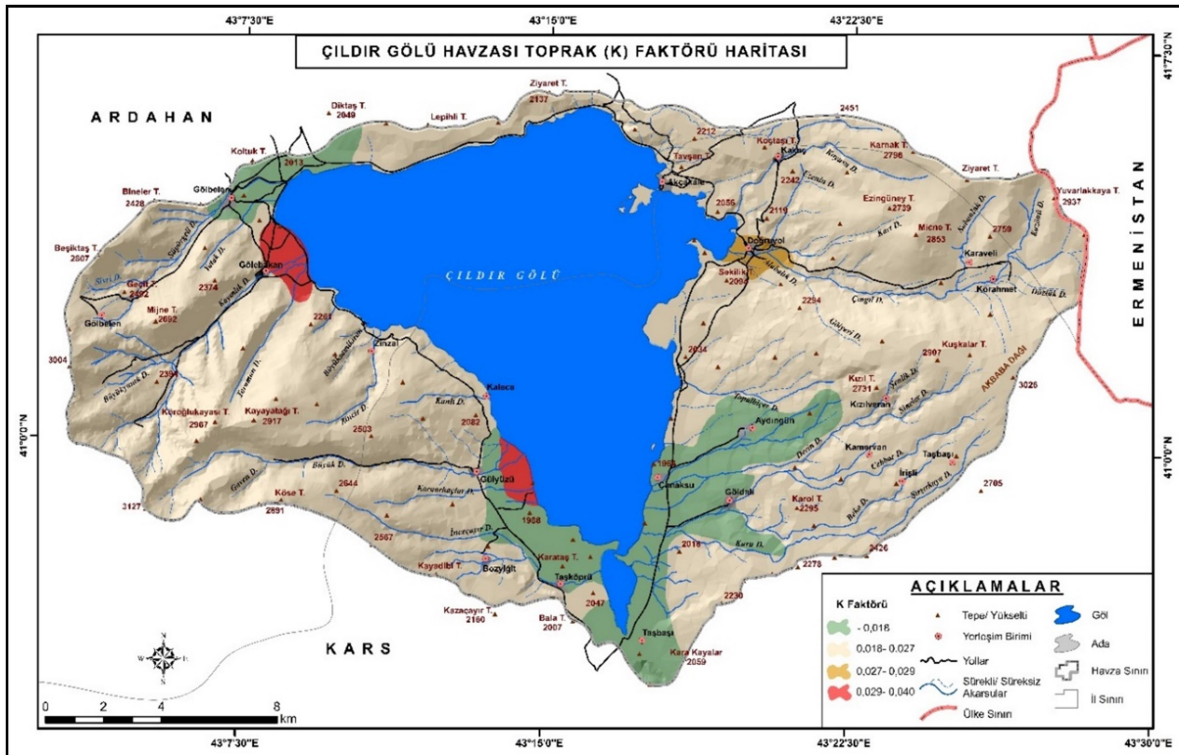
İnceleme alanı arazi kullanım türleri açısından da fazla bir çeşitliliğe sahip değildir. Havza, hayvancılık faaliyetleri bakımından Türkiye'nin önemli noktalarından olan Erzurum - Kars Platosu sınırları içerisinde kaldığı için en önemli arazi kullanım türü mera alanlarıdır. Meralar sahanın %62'sini kaplamaktadır. Çıldır Gölü ise havzanın %27'sini kaplamakta, kuru tarım arazileri ise çalışma alanının %9'unu oluşturmaktadır. Yerleşme ve sulu tarım arazileri diğer arazi kullanım türlerini oluşturmakla birlikte kapladıkları alan oldukça azdır. RUSLE yönteminde, zemin örtüsü faktörü

içerisinde mera alanları orta derecede erozyon risk sınıfı içerisinde değerlendirilmektedir. Bunun nedenlerini; erozyonu önleyecek yoğun bitki örtüsünden yoksun olmaları, hayvancılık faaliyetlerine bağılı olarak aşırı otlatma ve meraları ortadan kaldırarak yeni tarım alanları açmak şeklinde belirtmek mümkündür. Sahanın

büyük bölümü de meralar ile kaplı olduğu için zemin örtüsü faktörü bakımından orta risk sınıfına girmektedir (Şekil 5). Erozyon riskinin yüksek olduğu kesimler ise daha çok yerleşim alanlarının olduğu kısımlara karşılık gelmektedir.

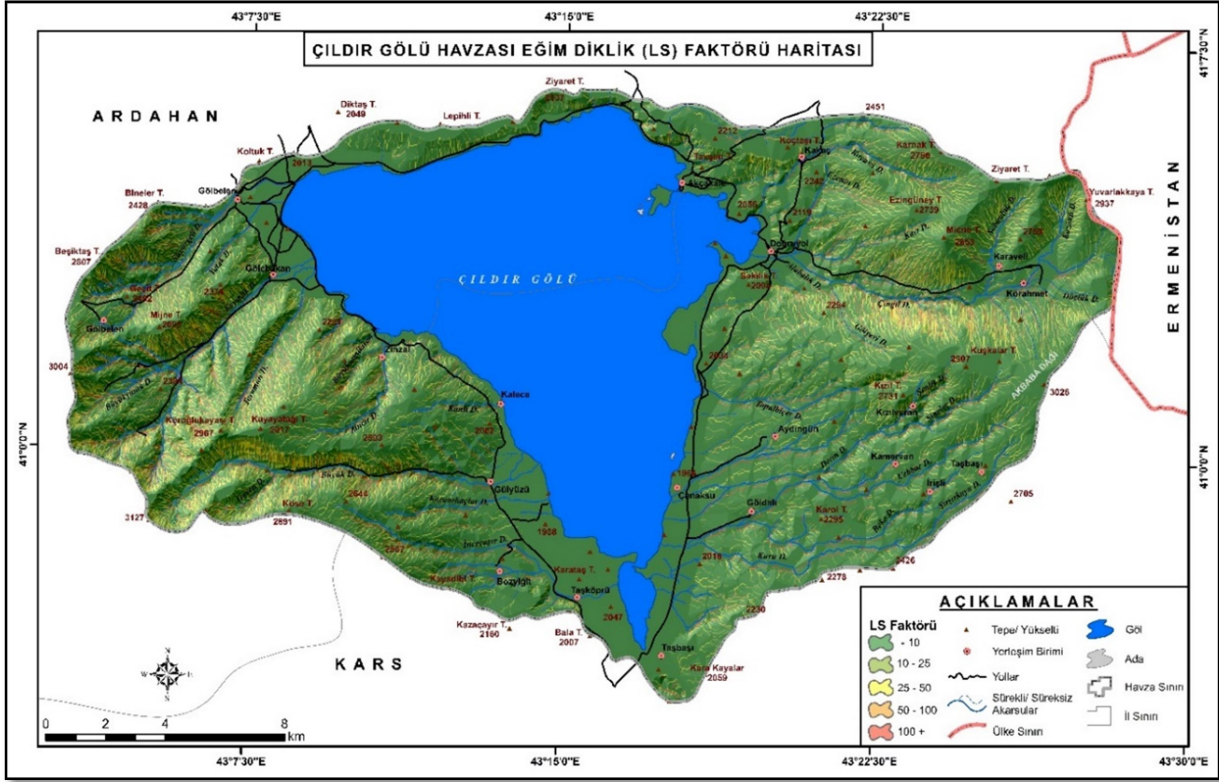


Şekil 3: Çıldır Gölü havzasının yağış erozif (R) faktörü haritası / Figure 3: Rainfall erosive (R) factor map of the Çıldır Lake basin

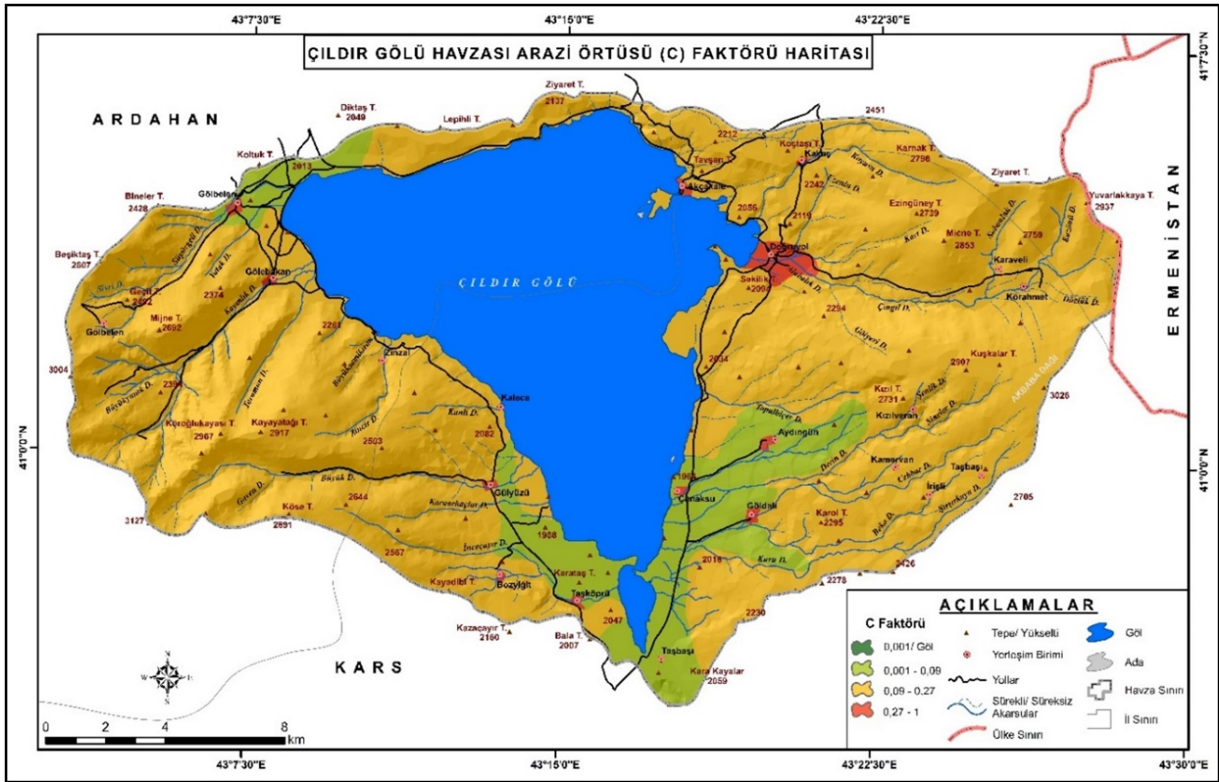


Şekil 4: Çıldır Gölü havzasının toprak direnç (K) faktörü haritası / Figure 4: Soil strenght (K) factor map of the Çıldır Lake basin





**Şekil 5.** Çıldır Gölü havzasının eğim uzunluk ve eğim diklik (LS) faktörü haritası / **Figure 5:** Slope length and slope steepness (LS) factor map of the Çıldır Lake basin



**Şekil 6.** Çıldır Gölü havzasının zemin örtüsü (C) faktörü haritası / **Figure 6.** Cover management (C) factor map of the Çıldır Lake basin

### 3.5. Erozyon Önleyici (P) Faktörler

Bu yöntemde P faktörü, erozyon tehlikesini en aza indirmek için alınan önlemleri ifade eder. Erozyon karşı önlem alındığı durumlarda 0, önlem alınmadığı durumlarda ise 1 değeri

kullanılır (Lane vd., 1992). Sahada erozyonu önleyici herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı için 1 değeri kullanılarak P faktörü formülün dışında bırakılmıştır.

#### 4. SONUÇ

Sahadaki erozyon tehlikesini belirlemek için RUSLE yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, havzadaki erozyon risk sınıfları ve toplam toprak kaybı miktarı belirlenmiştir. Altı farklı risk sınıfının belirlendiği çalışma alanının %82,75'i "çok hafif" ve "hafif" erozyon riski taşıdığı tespit edilmiştir (Tablo 2). Bununla birlikte sahanın geri kalan kısmı "orta derece" ile "çok yüksek" erozyon risk sınıfları içerisinde kalmaktadır. Hektar başına yıllık ortalama toprak kaybı 8 tondur. Çalışma alanının genelinde ise yıllık toplam toprak kaybı miktarı ise 277.304 ton kadardır.

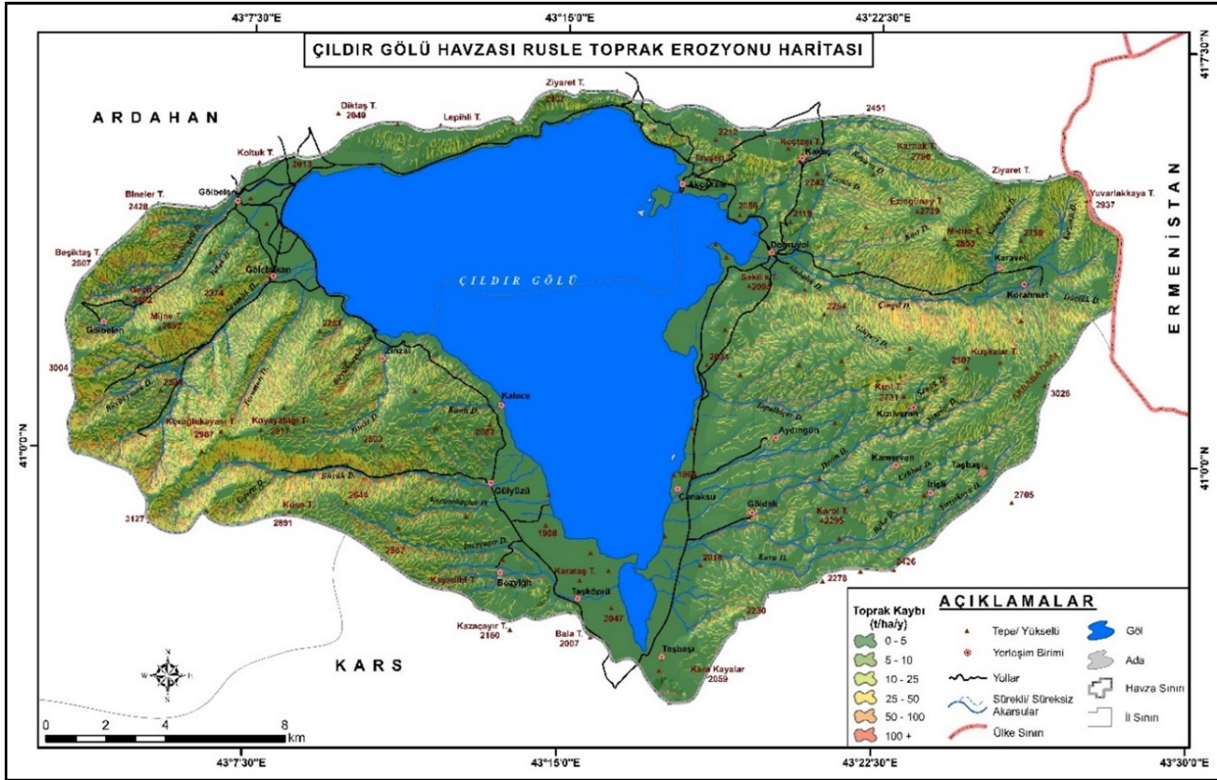
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının en son yayınladığı "Türkiye Su Erozyonu Atlasına" göre Çıldır Gölü Havzası "çok hafif" ve "hafif" erozyon riski altındadır. Bu çalışmada da yapılan analizler ile benzer

sonuçların elde edildiğini söylemek mümkündür.

Tablo 2. Çıldır Gölü havzasındaki erozyon risk sınıfları ve toprak kaybı miktarı

Table 2. Erosion risk classes and amount of soil loss in Çıldır Lake basin

Erozyon Sınıfı	Risk Durumu	Toprak Kaybı (t/ha/y)	Alan (ha)	Oran (%)
1	Çok hafif riskli	0-5	22,919	66,12
2	Hafif riskli	5-10	3,625	10,46
3	Orta derecede riskli	10-25	4,164	12,01
4	Riskli	25-50	2,023	5,84
5	Yüksek riskli	50-100	1,091	3,15
6	Çok yüksek riskli	100 +	841	2,43
TOPLAM			<b>34,663</b>	<b>100</b>



Şekil 7. Çıldır Gölü havzasının erozyon risk sınıfları ve toprak kaybı haritası / Figure 7. Map of erosion risk classes and soil loss of Çıldır Lake basin

Bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre inceleme alanında şiddetli bir erozyon tehlikesinin olmadığı görülmektedir. RUSLE yöntemi içindeki parametreler değerlendirildiğinde havza; arazi kullanım türleri ve toprak tipleri açısından homojen bir yapıya sahiptir. Buna bağlı olarak yağış değerlerinin fazla olduğu ve

eğimin yüksek olduğu dağlık kesimler ve vadiler, erozyon riskinin fazla olduğu alanlara karşılık gelmektedir (Şekil 7). Buna karşılık eğimin azaldığı ve yağış değerlerinin düştüğü Çıldır Gölü ve çevresi ile geniş vadi tabanlarında erozyon riski azalmaktadır.

## 5. ÖNERİLER

Bu çalışmanın ilk kısımlarında belirtildiği gibi, inceleme sahasının içinde yer aldığı Erzurum – Kars Platosu, hayvancılık faaliyetleri bakımından Türkiye'nin en önemli noktalarından birisidir. Buna bağlı olarak havzada yaşayan yerel halkın en önemli geçim kaynağını da hayvancılık oluşturmaktadır. Sahada her ne kadar řu an için erozyon riski çok ysek olmasa da, yanlış arazi kullanım faaliyetlerinin artmasına bağlı olarak bu durum tersine dönebilir. Bunun gerçekleşmesi ise hayvancılık faaliyetleri sonucu mera alanlarının aşırı otlatılmasına bağlıdır. Bu durumda mera alanlarının özelliğini kaybetmesi ve diğer RUSLE parametrelerinin etkisiyle erozyon tehlikesi artabilir.

Erozyon normal şartlarda doğal olarak gelişen bir süreçtir. Beşeri faaliyetlerin olumsuz etkilerine bağlı olarak meydana geliş sıklığı ve şiddeti çok daha fazla artmaktadır. Bu kapsamda bölgede yaşayan yerel halka arazinin doğru kullanımına yönelik bilgilendirmelerin yapılması, hem araziden maksimum verimin elde edilmesini, hem de erozyon riskinin minimuma indirilmesini sağlayabilir.

Havzada erozyonun artışı, ıldır glnde siltasyon nedeniyle hacim kaybı, sığlaşma, erozyon nedeniyle gle taşınan bitki besin maddelerinden kaynaklı ötrofikasyon olaylarının artışına neden olabilir. Bu konularla ilgili sürdürülebilir kalkınma temelinde uzun zamanlı planlama çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

Ardel, A. ve Kurter, A. (1969). Uygulamalı Klimatoloji. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Arnoldus, H. M. J. (1980). An Approximation of the Rainfall Factor in the USLE. In M. D. Boodt & D. Gabriels (Eds.), Assessment of Erosion (127 – 132). Chichester: Wiley.

Atalay, İ. (1978). Çıldır Gölü ve çevresinin jeomorfolojisi. Jeomorfoloji Dergisi, 7.

Atalay, İ. (2011). Toprak Oluşumu, Sınıflandırması ve Coğrafyası. İzmir: Meta Basım Matbaacılık.

Avcıoğlu, A., Bayrakdar, C., Sarı, E. ve Arslan Kaya, T. N. (2020). TanDEM-X12m Sayısal Yükselti

Verisine Dayalı Toprak Erozyonu Tespiti (Rusle). Coğrafya Dergisi, 41: 93 – 107.

Aykır, D., şensoy, S., Fural, ř. (2021). Ardahan'ın Klimatik zelliklerinin Sektörel İklım İndisleri ve Gelecek Yıllara Yönelik Projeksiyonlar ile Değerlendirilmesi, Ardahan Değerlemeleri 3, Değerler, Potansiyeller ve Yaklaşımlar, Nobel Yayınları, Blm 2: 435-462.

Bahtiyar, M. (2000). Toprak Erozyonu, Oluşumu ve Nedenleri. İinde G. Kuran ve E. G. Sevin (Ed.), Erozyonla Mcadele Tema Eğitim Semineri Notları.

Fang, H. (2021). Quantifying farmland shelterbelt impacts on catchment soil erosion and sediment yield fort he black soil region, northeastern China. Soil Use and Management, 37(1): 181 – 195.

Foster, G.R., Meyer, L. D. & Onstad, C. A. (1977). An erosion equation derived from basic erosion principles. Transactions of the ASAE, 20(4): 678 – 682.

Habtu, W. & Jayappa, K. S. (2022). Assessment of soil erosion extent using RUSLE model integrated with GIS an RS: the case of Megech – Dirma watershed, Northwest Ethiopia. Environmental Monitoring and Assessment, 194(5): 1 – 25.

Hoşgren, M. Y. (2004). Hidrografya'nın Ana izgileri – Yeraltısuları – Kaynaklar – Akarsular. İstanbul: antay Kitabevi.

Karaoğlu, M., elim, ř. (2018). Doğu anadolu Bölgesi ve İğdır'ın Jeolojisi ve Toprak zellikleri. Journal of Agriculture, 1: 14-26.

Lane, L. J., Renard, K. G., Foster, G. R. & Laften, J. M. (1992). Development and Application of Modern Soil Erosion Prediction Technology – the USDA Experience. Soil and Water Management and Conservation, 30: 893 – 912.

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.

Moore, I. & Burch, G. (1986). Physical Basis of the Length – slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of America Journal, 50: 1294 – 1298.

Morgan, R. P. C. (2005). Soil erosion and conservation. U.K: Blackwell Publishing.

Mutlu, Y.E., Soykan, A. ve Fıçıcı, M. (2021). Kille ayı Havzasında (Balıkesir) Erozyon Risk Analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 6: 98 – 111.

Nguyen, C. T., Whelan, M. & Nichols, D. J. (2022). Soil erosion response to land use change in a mountainous rural area of Son La Province of Vietnam. Environmental Monitoring and Assessment, 194(3): 1 – 12.

zşahin, E., Duru, . & Eroğlu, İ. (2018). Land Use and Land Cover Changes (LULCC), a Key to



- Understand Soil Erosion Intensities in the Maritsa Basin. *Water*, 10(3): 1 – 15.
- şimşek, O. (2019). ıldır ve Aktaş Glleri Havzasında Bazı Coğrafi Gzlemler, *Belg Dergisi*, 4:103-127.
- 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.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Yoder, D.C. & McCool, D.K. (1994). RUSLE revisited: Status, questions, answers, and the future. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49(3): 213 - 220.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D. & Yoder, D. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Department of Agriculture Agriculture Handbook No 703.
- Uludağ, M. ve Fıçıcı, M. (2018). Saray İlesinde (Tekirdağ) Toprak Erozyonunun RUSLE Yntemiyle Değerlendirilmesi. *Trk Coğrafya Dergisi*, 70: 29 – 36.
- Ustaoğlu, B., & İkiel, C., & Dutucu, A. A. & Ko, D.E. (2021). Erosion Susceptibility Analysis in Data and Bozburun Peninsulas, Turkey. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45: 557 – 570.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. & Cross, B.V. (1971). A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26: 189 - 193.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A Guide to Conservation Planning. *Agricultural Research Service Handbook* 537.

#### **Yardımcı Kaynaklar**

- United Nations. (2019). 24 billion tons of fertile land lost every year, warns UN chief on World Day to Combat Desertification. Erişim adresi: <https://news.un.org/en/story/2019/06/1040561>