



Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tabanında Çankırı Merkez İlçesinin Erozyon Risk Analizi

Erosion Risk Analysis of Çankırı Central District on the Basis of Geographical Information Systems and Remote Sensing

Neşe Duman^{*a}, Mustafa Recep İrcan^b

Makale Bilgisi

Araştırma Makalesi

DOI:

10.33688/aucbd.1074770

Makale Geçmişi:

Geliş: 16.02.2022

Kabul: 15.04.2022

Anahtar Kelimeler:

Coğrafi bilgi sistemleri

Çankırı Merkez İlçesi

Erozyon

Toprak

Uzaktan algılama

Öz

Erozyon, yeryüzündeki verimli toprak katının birtakım fiziki coğrafya değişkenlerine ve bunların etkilerine bağlı olarak süpürülmesi durumuna denir. Toprak yüzeyindeki süpürülme durumu doğal nedenlere bağlı olarak gelişebildiği gibi antropojenik etkilere bağlı olarak da yaşanmaktadır. Bu çalışmada Çankırı merkez ilçesinin erozyon risk durumu coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama tabanında ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgular, tablolar ve haritalar yardımıyla açıklanıp yorumlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, Çankırı merkez ilçesindeki toprakların büyük çoğunluğu orta (%70,1) ve yüksek (%22,9) erozyon sınıfında yer almaktadır. Özellikle araştırma sahasının yarı kurak iklim özelliğine sahip olması, erozyondan koruyucu örtü olan bitki örtüsünden yoksun, eğimli, çıplak ya da mevsimlik değişen örtü üzerinde gelişen yüzeylerin hâkim olmasına ve buna bağlı olarak bu alanlardaki toprakların erozyon riski bakımından yüksek riskler taşımasına neden olmuştur. Araştırma sahasındaki erozyon riskini en aza indirmek için sahanın fiziki coğrafyasına uygun reel ve sürdürülebilir planlamaların yapılması gerekmektedir.

Article Info

Research Article

DOI:

10.33688/aucbd.1074770

Article History:

Received: 16.02.2022

Accepted: 15.04.2022

Keywords:

Geographic information systems

Çankırı Central District

Erosion

Soil

Remote sensing

Abstract

Erosion is the scavenging of the fertile soil surface on the earth depending on some physical geography variables and their effects. The scavenging situation on the soil surface develops due to natural causes as well as due to anthropogenic effects. In this study, the erosion risk situation of Çankırı central district was analyzed on the basis of remote sensing and geographic information systems by weighted overlay method. The findings obtained as a result of the analysis were explained and interpreted with the help of tables and maps. According to the findings, most of the soils in Çankırı Central District are in the medium (70.1%) and high (22.9%) erosion class. In particular, the semi-arid climate of the research area has led to the dominance of surfaces that develop on slopes, bare or seasonally changing cover, devoid of vegetation, which is a protective cover from erosion, and accordingly, the soils in these areas carry high risks in terms of erosion risk. In order to minimize the erosion risk in the research area, it is necessary to make real and sustainable plans suitable for the physical geography of the area..

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: neseduman@karatekin.edu.tr

^a Çankırı Karatekin Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı/Türkiye, <http://orcid.org/0000-0002-5398-8388>

^b Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Mezunu, Çankırı/Türkiye, <http://orcid.org/0000-0002-3787-7688>

1. Giriş

Fiziki coğrafya değişkenlerine (litolojik, morfolojik, iklimik ve vejetasyon) bağlı olarak yerküre üzerinde gelişen toprak, en önemli doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Ancak, yeryüzündeki toprak yapısı başta yanlış arazi kullanımı olmak üzere birtakım yanlış uygulamalarla aşınmaktadır. Bu aşınma durumu, yerküre üzerinde dış kuvvetlerin (rüzgâr, akarsu, yağmur, buzul, yerçekimi vb.) etkisine bağlı olarak toprağın verimli yüzeyinin taşınması olan erozyon terimi ile ifade edilmektedir. Toprak yüzeyinde meydana gelen aşınma durumu, aslında doğal koşullar altında gelişmektedir. Ancak, yaşanan şehirleşme ve hızlı nüfus artışına bağlı olarak gelişen ve artan yanlış arazi kullanımı da (Bayar, 2020; Karabacak, 2020; Karabacak, 2021) doğal sistemler (litosfer, hidrosfer ve vejetasyon) üzerlerindeki dengeyi bozmaktadır. Bunun sonucunda doğal olarak yaşanan erozyon durumu farklı bir boyut kazanarak hızlandırılmış erozyon haline gelmektedir.

Doğal (normal ya da jeolojik olarak da ifade edilen) erozyonla verimsizleşen toprağın üst kısmı taşınırken, dipteki ana kayadan daha genç olan toprağın oluşumuna imkân tanımaktadır. Ya da dış kuvvetlerin etkisiyle bir yerden aşınıp taşınan malzeme, alüvyal dolgulu kıyı ovaları veya delta sahaları gibi en verimli tarım arazilerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle doğal olarak yaşanan erozyon afete dönüşebilecek zararlı bir olay olarak görülmemektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003:410). Ancak, hızlandırılmış veya toprak erozyonu olarak da ifade edilen (Ergene, 1997:338; Şahin ve Sipahioğlu, 2003:410) kavram, yanlış arazi kullanımı, yamaç profilinin bozulması ve bitki örtüsünün tahribi gibi nedenlere bağlı olarak zararlı ve afet boyutuna ulaşarak doğal ve beşerî sistemler üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2003:410). Bu nedenle erozyon, yararlı ve zararlı süreçlerin bir ürünü olarak paradoksal bir niteliğe sahiptir (Çepel, 1997:3).

Yeryüzünde yaşanan toprak erozyonu sonucunda toprağın A horizonunda bulunan humus bakımından verimli yüzey taşınarak humus bakımından daha fakir B horizonu ortaya çıkmakta ve toprak verimliliği %50-80 oranlarına kadar düşmektedir (Cebel ve Akgül, 2011). Erozyon ayrıca toprağın kalınlığını etkilediği için, toprağın su tutma kapasitesini de azaltmaktadır. Bu durum infiltrasyon sürecini düşürerek yüzeysel akışta artma meydana getirir. Bunun sonucunda da organik madde ve verim kaybına neden olarak arazi degradasyonunu hızlandırmaktadır (Lal ve Pierce, 1991).

Türkiye, sahip olduğu jeolojik ve morfolojik yapısı (genç oluşumlu olması ve buna bağlı ortalama yükseltisinin fazla olması), iklim özellikleri (büyük kısmında yazların kurak geçmesi ve yağış düzensizliği) ve bunlara bağlı olarak oluşan pedolojik özellikleri nedeniyle erozyon riskine karşı hassastır. Nitekim, Türkiye topraklarının %99'u su erozyonuna, %1'i de rüzgâr erozyonuna maruz kalmaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001). Ayrıca, Türkiye'deki tarım alanlarının %59'u, orman alanlarının %54'ü ve mera alanlarının %64'ü aktif erozyon sahası içerisinde bulunmaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013).

Erozyona bağlı olarak her yıl dünyada 75 milyar ton (Pandey vd., 2009:399), toprak kaybı meydana gelirken bu durum Türkiye'de yaklaşık olarak 500 milyon tonu (İrvem vd., 2007; Türker ve Yüksel, 1989) bulmaktadır. Gerek iklimik gerekse jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri itibariyle Türkiye, erozyon riskinin fazla olduğu bir ülkedir (Değerliyurt, 2013a; Gitas vd., 2009; Knijff vd., 2000). Doğal yapısının risk oluşturması yanında uygulanan yanlış arazi kullanımı ve bitki örtüsü

tahribatının fazla olması, toprak, su ve bitki arasındaki doğal dengeyi bozarak erozyon riskini ve şiddetini arttırmıştır (Çepel, 1997; Dutkuner ve Fakir, 1999).

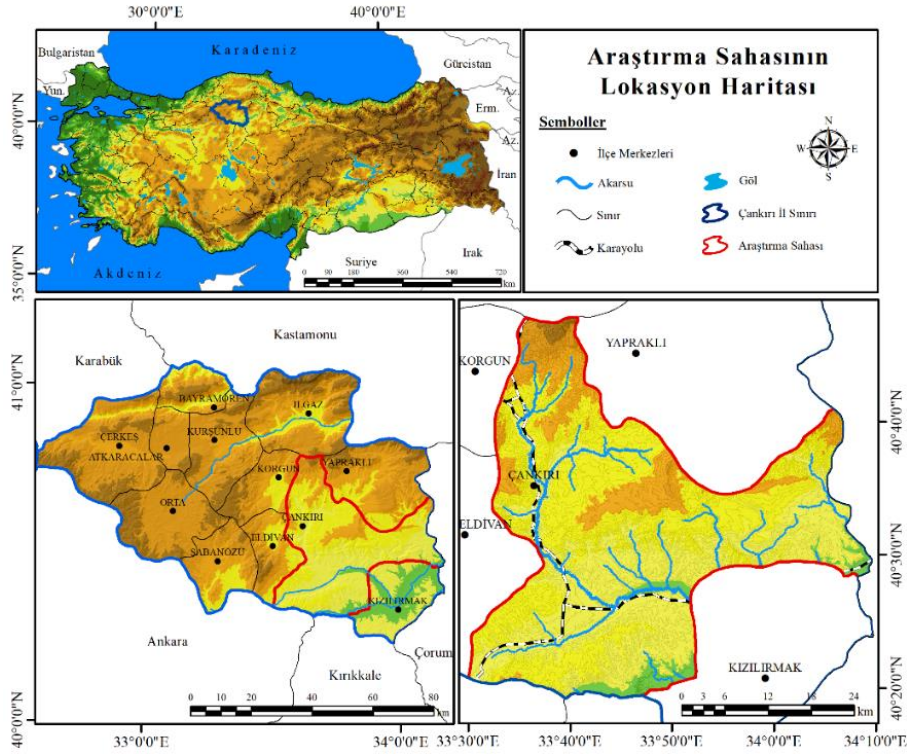
Türkiye’de erozyon riskinin fazla olması yerel veya bölgesel ölçekte ilgili konuda birçok çalışmanın hazırlanmasını sağlamıştır. Bu çalışmalardan bir kısmı coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak hazırlanmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler şunlardır: Ekinci (2005); Danacıoğlu ve Tağıl (2017); Değerliyurt (2013b); Kızılelma ve Karabulut (2014); Pakzel (2015); Tüfekçioğlu ve Yavuz (2016); Uludağ ve Fıçıcı (2018) Rusle yöntemlerini; Avcı ve Yüksel (2016); Avcı (2016); Sönmez vd. (2013); Turan-Demirağ ve Dengiz (2017); Yüksel ve Avcı (2015) ise ağırlıklı karşılaştırma yöntemini çalışmalarında uygulamışlardır.

Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama tabanında hazırlanan bu çalışmada Çankırı merkez ilçesinin erozyon risk durumunun belirlenmesi ve çözüm önerilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmanın literatüre olan katkısı, sahadaki erozyon risk alanlarının tespit edilip bu konuda öneride bulunulması açısından önemlidir. Ayrıca, “*risk analizi çalışmalarının, yapıldığı dönemin özelliklerini yansıtması ve değişen yer ile sosyal sistemlere bağlı olarak tekrarlanması gerektiği*” (Özdemir vd., 2011:664) sahadaki arazi kullanımına bağlı olarak doğal/beşerî sistemlerde zamansal değişimin meydana gelmesi, ilerleyen yıllarda erozyon riskinin değişimi üzerine hazırlanan çalışmalara bu çalışmanın referans niteliği taşıması açısından da önemlidir.

Kullanılan yöntem hakkında verilen bilgiler bu konuda hazırlanacak diğer çalışmalara referans olması açısından önemli olduğu gibi çok disiplinli bir bilim olan coğrafi bakış açısıyla yorumlanıp öneride bulunulması, araştırma sahasındaki konu ile ilişkili tarım ve toprak konusunda çalışacak araştırmacılara bilgiler vererek farklı konularda araştırmalar yapabilmeleri yönüyle de yol gösterici özelliktedir.

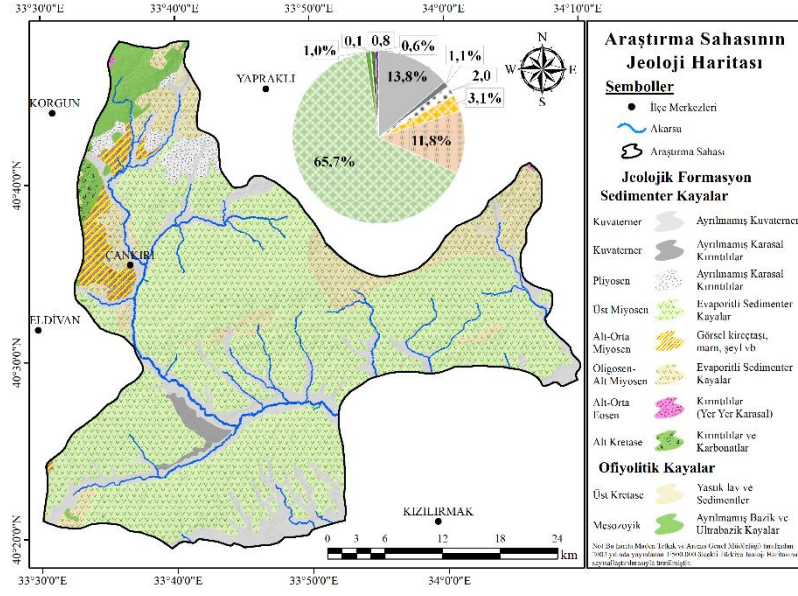
1.1. Araştırma Sahasının Genel Coğrafi Özellikleri

Çankırı, merkez ilçesi 40° 19' - 40° 48' Kuzey enlemleri ile 33° 28' - 34° 09' Doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlçenin kuzeyinde Ilgaz ve Yapraklı ilçeleri; batısında Korgun ve Eldivan ilçeleri, güneyinde Kızılırmak ilçesi, Ankara ve Kırıkkale illeri; doğusunda ise Çorum ili bulunmaktadır (Şekil 1).



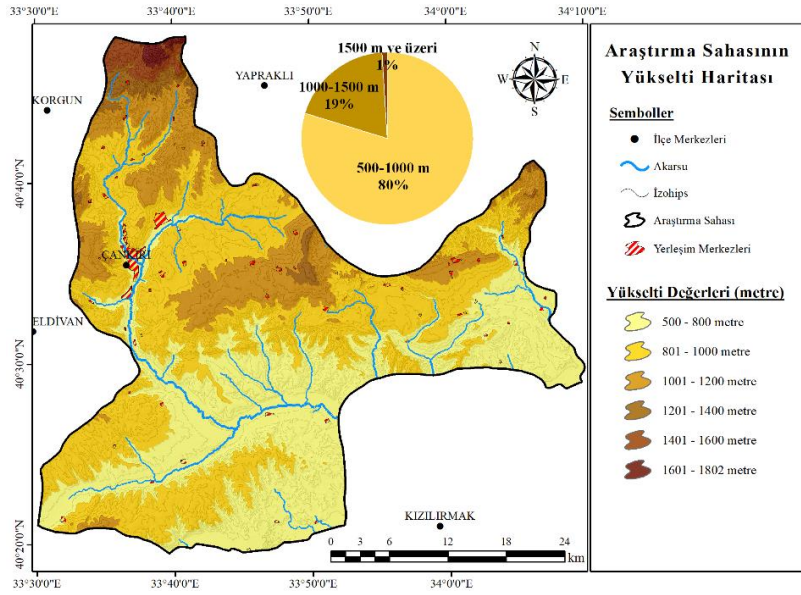
Şekil 1. Araştırma sahasının lokasyon haritası

Araştırma sahası, Neo-Tetis Okyanusu'nun bulunduğu Sakarya ve Kırşehir kıtalarının çarpışmasıyla aralarındaki adaların (kenet kuşağı) birleşerek, Eosen sonuna kadar (34 milyon yıl öncesi) tamamen karasal hâle dönüşmesiyle oluşmuştur (Ateş vd., 2008; Tüysüz ve Dellaloğlu, 1992). Bu iki kıtanın çarpışmasıyla birçok dağ sırası ve dağlar arasında havzalar oluşmuştur (Ateş vd., 2008). Çankırı'da bu havzalardan birinde yer alıp üzerine Kızılırmak ve kolları yerleşene kadar kapalı havza niteliğinde kalmış ve dönem dönem büyük göllere ev sahipliği yapmıştır (Ataol, 2020a: 4). Eosen sonrası karasal koşulların hâkim olduğu sahada Oligosen yaşlı İncik formasyonu, Geç Miyosen yaşlı Bayındır ve Kızılırmak formasyonları, Erken Pliyosen yaşlı Bozkır formasyonu ve Geç Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Değim formasyonu çökelmiştir (Ataol, 2020a:5-9; Kale, 2020:61; Sevin ve Uğuz, 2011:1). Bu havzalarda bulunan göllerin buharlaşıp çökmesiyle sahadaki litolojik yapıyı büyük çoğunluğuyla pekişmemiş çökeller oluşmuştur (Köle ve Ataol, 2015: 124). Araştırma sahasında en fazla alana sahip litolojik birim Oligosen-Alt Miyosen yaşlı evaporitli sedimenterler (947 km²; %65,7) ile Kuvaterner yaşlı ayrılmamış karasal kırıntılardır (198 km²; %13,8). Sahada sedimenter kayalar türlerinin hâkim olması litolojik açıdan araştırma sahasında erozyon riskinin yüksek olmasına neden olmuştur. (Şekil 2).



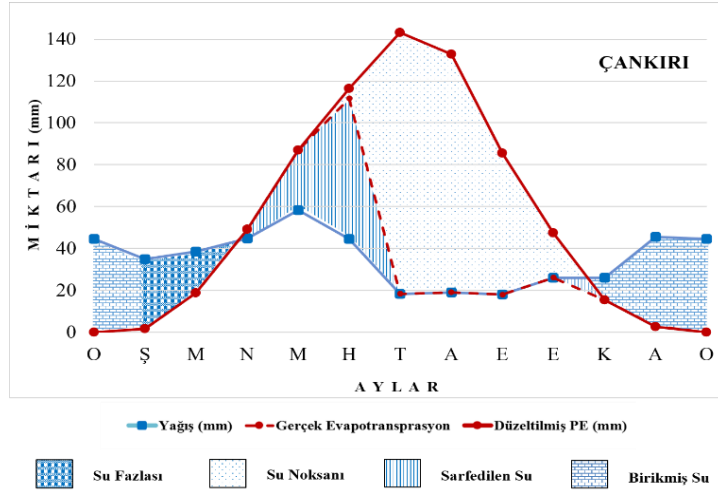
Şekil 2. Araştırma sahasının jeoloji haritası

Çankırı merkez ilçesi, Çankırı ilinin güneydoğusunda yer almaktadır. İldeki yükselti basamaklarına bağlı olarak sahanın topoğrafyasındaki eğim güneyden kuzeye doğru artmaktadır. Merkez ilçede görülen başlıca yeryüzü şekilleri şehrin birçok yerinde hâkim olan plato yüzeyleri ile bu yüzeyleri aşındıran Kızılırmak'ın kollarının oluşturduğu geniş tabanlı vadilerden oluşmaktadır (Ataol, 2020a:9-10). 500 ile 1000 metrenin arasında Kızılırmak ve kollarınca derince yarılmış Neojen yaşlı sahalarda araştırma sahasının %80'ini oluştururken; 1000 ile 1500 m arasındaki sahalarda %19'unu; 1500 metre üzerindeki sahalarda araştırma sahasının %1'ini oluşturmaktadır. Özellikle yükseltinin fazla olduğu kuzey kesimlerde eğim değerlerinin yüksek olması bu alanlarda erozyon riskinin fazla olmasına neden olmuştur (Şekil 3).

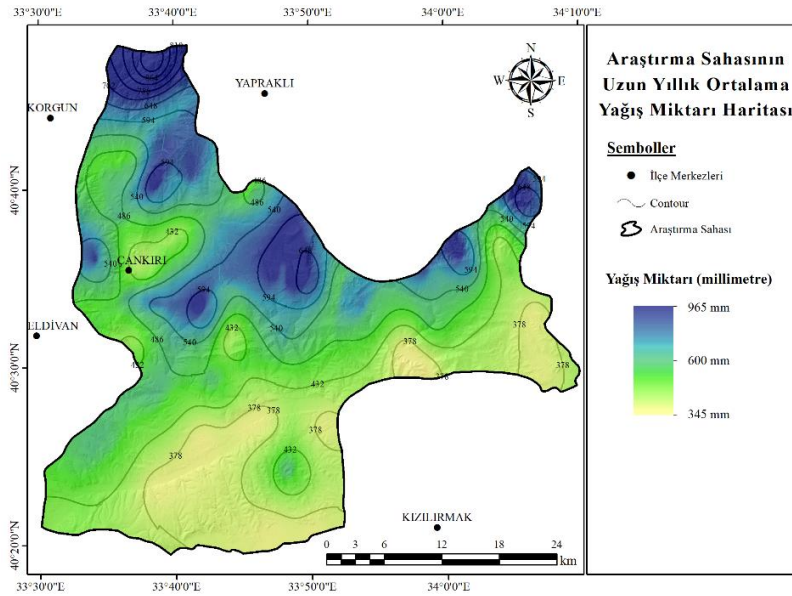


Şekil 3. Araştırma sahasının yükselti basamakları

Araştırma sahasının uzun yıllık sıcaklık ortalaması 11,3 °C; uzun yıllık ortalama yağış miktarı ise 418,1 mm'dir. Sahada kış ve ilkbahar dönemlerinde yağışların arttığı, yaz mevsiminde ise yağışların azaldığı *yarı kurak iklim tipi* görülmektedir (Duman ve İrcan, 2021). İlçede ilkbahar ile kış mevsimindeki yağış miktarının fazla (Şekil 4) ve sağanak şeklinde olması, bu dönemde eğimin yüksek olduğu, bitki örtüsünün seyrek olduğu yamaçlarda su erozyonun; yağışın az olduğu dönemlerde ise aynı sahalarda rüzgâr erozyonun şiddetlenmesine neden olmaktadır. Araştırma sahasındaki yağış miktarının, Schreiber formülü ile hesaplandığında (Ardel, 1961:279) yükseltinin artmasına bağlı olarak güneyden kuzeye doğru arttığı görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 4. Araştırma sahasının Thornthwaite su bilançosu diyagramı
Kaynak: Duman ve İrcan, 2021:70



Şekil 5. Araştırma sahasının yağış haritası

2. Materyal ve Yöntem

Günümüzde mekâna ait özelliklerin elde edilmesi ve yorumlanması için doğrudan gözlem dışında, coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Özür-Karakaş

ve Ataol, 2018:112). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) tekniklerinin kullanılması, toprak erozyonu tahmini ile bunun mekânsal dağılımını makul maliyetler ve daha yüksek doğrulukla tespit edilmesini kolaylaştırır. Bu durum risk alanlarının belirlenmesinde karar geliştiriciler ve planlayıcılar için de büyük öneme sahip olmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada erozyon risk alanlarının tespit edilmesi için CBS ve uzaktan algılama tabanında ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem Dünya’da ve Türkiye’de başta erozyon olmak üzere sel ve taşkınlar (Ocak, 2018; Ocak vd., 2021), heyelanlar (Kale, 2021) gibi birçok mekânsal analizlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde birden fazla kriter (yükselti, eğim, jeoloji, yağış, bitki örtüsü, toprak, arazi kullanımı vs.) analizin yapıldığı ortamın koşulları göz önüne alınarak kriterlerin puanlanıp çakıştırılarak analiz edilmesiyle sonuçlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen jeoloji verileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan araştırma sahasının içinde bulunduğu alanların 1/25.000 ölçekli paftalarının sayısallaştırılmasıyla üretilmiştir. Hazırlanan yağış haritasındaki iklim verisi Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına bağlı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Yağış haritası hazırlanırken Çankırı merkez ilçesinde bir adet meteoroloji istasyonu olmasından dolayı, yağışın mekânsal dağılışı Schreiber formülü (Ardel, 1961:279) ile hesaplanıp Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) ile veri enterpolasyonu yapılarak hazırlanmıştır. Toprak verisi (Büyük toprak grubu ve toprak erozyonu verileri) ile arazi kullanım kabiliyet sınıfları verisi için, Tarım ve Orman Bakanlığının 1/25.000 Ölçekli Ulusal Toprak Veri Tabanından yararlanılmıştır. Arazi kullanımı ise Copernicus Arazi İzleme Hizmeti tarafından web ortamında kamuoyuna sunulan 2018 yılı CORINE verisinden yararlanılarak üretilmiştir (Copernicus, 2020) (Şekil 6).

Çalışma alanındaki bitki örtüsü alanlarını belirleyebilmek için Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü (NDVI) analizi yapılmış, Earthexplorer (2022) web adresinden Haziran 2021’e ait Lansat 8 uydu görüntüsü piksel değeri geometrik ve radyometrik düzeltildikten sonra en yakın komşuluk yöntemine göre yeniden hesaplanıp NDVI yöntemiyle analiz edilmiştir. NDVI analizi, yakın kızılötesi band (*NIB*) ile kırmızı bandların (*RB*) fark ve toplamının oranlanmasıyla (Formül 1) elde edilmektedir (Rouse vd., 1973).

$$NDVI = \frac{NIB - RB}{NIB + RB} \quad (1)$$

Hazırlanan sayısal yükselti modeli, kabartı, eğim ve bakı haritaları, ASF, Alaska Fairbanks Üniversitesi Jeofizik Enstitüsünün web sitesindeki (ASF, 2020) 12,5 m çözünürlüğe sahip (Alosparsar uydusu) Digital Elevation Model (DEM) verisinin ArcGIS yazılımında analiz edilmesiyle üretilmiştir. Elde edilen tüm sayısal veriler ArcGIS 10.5 yazılımında yeniden sınıflandırılmıştır (Reclassify). Çünkü, çalışmada kullanılan ağırlıklı çakıştırma yöntemi, farklı giriş değerlerinin aynı hücre boyutunda değerlendirilmesi tekniğidir. Bunun için de raster verilerin yeniden sınıflandırılması veya doğrudan tam sayı değer içermesi gerekmektedir (Avcı, 2016:176).

Yeniden sınıflandırılan (Reclassify edilen) veriler literatürdeki çalışmalar (Avcı, 2016:177; Sönmez vd., 2013; Tağlı, 2009; Turan-Demirdağ ve Dengiz, 2017:189; Yüksel ve Avcı, 2015) ile arazi

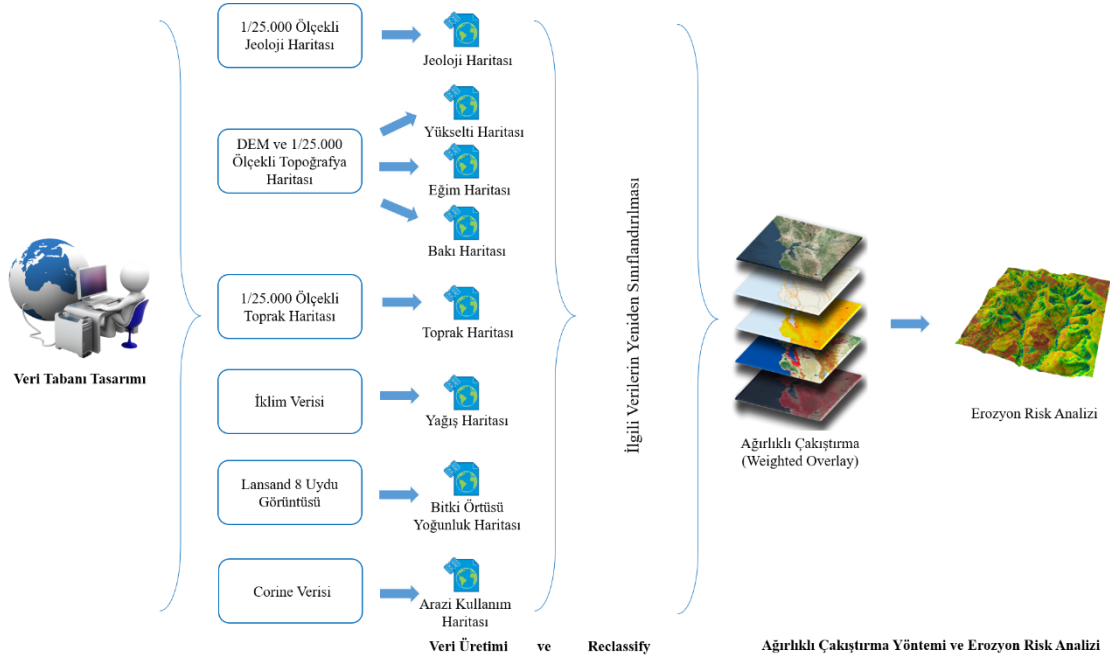
gözlemleri dikkate alınarak Çizelge 1'deki etki derecelerine göre 1 ile 9 arasında ($1 = risk\ çok\ az$, $9 = risk\ çok\ fazla$) puanlanmıştır.

Çizelge 1. Erozyon riskinde kullanılan parametreler ve ağırlıklı değerleri

Parametreler	Alt Değerler	Etki Derecesi	Ağırlık Değeri
Eğim (%)	Tam Düzlük	1	15
	Düzlük	1	
	Dalgalı Düzlük	2	
	Az Eğimli Yamaç	5	
	Eğimli Yamaç	7	
	Dik Yamaç	8	
Yükselti	Çok Dik Yamaç	9	10
	500-800	1	
	801-1000	2	
	1001-1200	5	
	1201-1400	6	
	1401-1600	7	
Litoloji	1600 ve üzeri	9	5
	Ayrılmamış Kuvaterner	5	
	Ayrılmamış Karasal Kıvrıntılılar	5	
	Evaporitli Sedimenter Kayalar	5	
	Görsel Kireçtaşı, Marn, Şeyl vb.	3	
	Kıvrıntılılar ve Karbonatlar	3	
Bakı	Yastık Lav ve Sedimenter	1	10
	Ayrılmamış Bazik ve Ultrabazik Kayalar	1	
	Düz Yüzeyler	1	
	Kuzey	1	
	Kuzeydoğu	1	
	Doğu	3	
	Güneydoğu	8	
	Güney	9	
Yağış	Güneybatı	7	10
	Batı	5	
	Kuzeybatı	1	
	500-700	2	
Toprak Erozyonu	701-900	4	10
	901-1100	6	
	1100 ve üzeri	8	
	Hiç veya çok az	1	
Bitki Örtüsü (NDVI)	Orta	5	10
	Şiddetli	8	
	Çok Şiddetli	9	
	Çok Seyrek	9	
	Seyrek	8	
Arazi Kullanımı (Corine)	Orta	5	15
	Yoğun	2	
	Çok Yoğun	1	
	Yerleşim Alanları	1	
	Kuru Tarım Alanları	7	
	Sulu Tarım Alanları	4	
	Mera ve Çayır Alanları	8	
	Diğer Tarım Alanları	5	
	Orman Alanları	1	
	Kumul Alanları	8	
Arazi Kullanım Kabiliyeti	Çıplak Kayalık Alanları	9	10
	Bataklık Alanları	2	
	Akarsu ve Göl Alanları	1	
	I. Derece tarıma elverişli arazi	1	
	II. Derece tarıma elverişli arazi	1	
	III. Derece tarıma elverişli arazi	2	
	IV. Derece tarıma elverişli arazi	3	
	VI. Derece tarıma elverişsiz arazi	5	
VII. Derece tarıma elverişsiz arazi	7		
VIII. Derece tarıma elverişsiz arazi	9		

Puanlanan bu verilerin çakıştırılarak sınıflandırılmasıyla erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra çalışmada kullanılan yükselti, eğim, bakı gibi raster verilerin alanlarının hesaplanması

için puanlanan veriler vektörel hale dönüştürülmüştür. Vektörel hale dönüştürülen veriler dissolve aracı ile gruplandırılıp alan hesaplamaları öznelik tabloları üzerinden yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışmada kullanılan yöntemin akış şeması

3. Bulgular

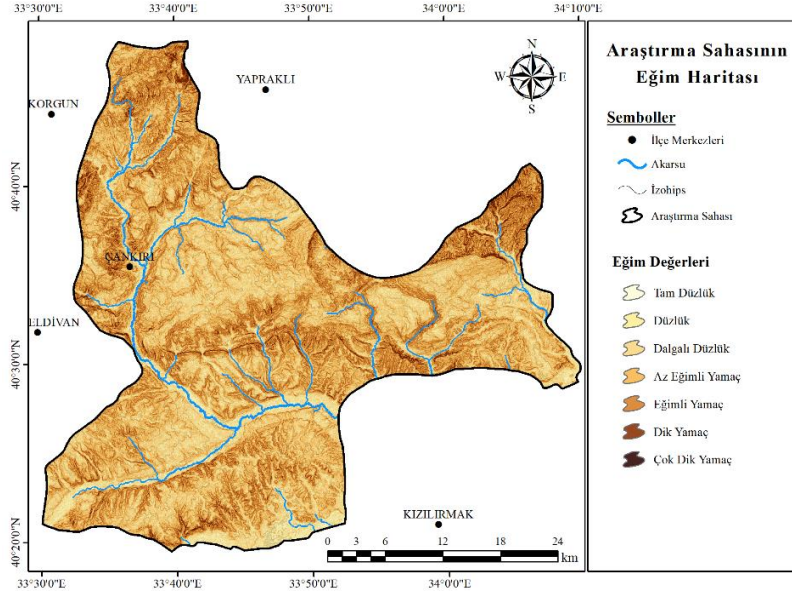
Bu bölümde erozyona etki eden eğim, bakı, toprak, bitki örtüsü, arazi kullanımı gibi faktörler ile erozyon risk durumu alt başlıklar halinde açıklanıp tek tek yorumlanmıştır.

3.1. Eğim Durumu

Eğim, erozyon riskini arttıran en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Çünkü yerin çekim kuvvetine bağlı olarak toprağın üst kısmında yaşanan erozyon durumu eğimle doğru orantılı olarak artmaktadır. Her sahada toprak ve vejetasyon özellikleri değişmesine rağmen, eğim değerleri erozyon kontrolü için ana faktördür (Koulouri ve Giourga, 2007). Araştırma sahasının eğim haritasındaki sınıflandırma ölçeği Erol (1993)'un kriterlerine göre 7 sınıfta (tam düzlük, düzlük, dalgalı düzlük, az eğimli yamaç, eğimli yamaç, dik yamaç ve çok dik yamaç) araştırma sahasına uygun şekilde hazırlanmıştır. Buna göre araştırma sahasında en fazla alana sahip eğim değeri az eğimli yamaçlardır (%34,9). Bu eğim değerini kapladığı alan bakımından %26,7 ile dalgalı düzlük, %22,1 ile eğimli yamaçlar takip etmektedir. Sahada en az alana sahip eğim değeri ise çok dik yamaçlar (%0,1), dik yamaçlar (%2,6) ve tam düzlük (%4,2) sahalardır (Çizelge 2 ve Şekil 7). Araştırma sahasında eğimin en fazla olduğu alanlar yükseltinin fazla olduğu alanları (sahanın kuzeyindeki alanlar ile merkezi kesimdeki akarsu vadileri) oluştururken en az olduğu alanlar güneydeki vadi tabanı boyunca uzanan alçak sahalardır (Şekil 7).

Çizelge 2. Araştırma sahasındaki eğim sahalарının kapladığı alanlar

Eğim Değerleri	Kapladığı alan(km ²)	Yüzde (%)
Tam Düzlük	60,6	4,2
Düzlük	135,5	9,4
Dalgalı Düzlük	384,4	26,7
Az Eğimli Yamaç	502,6	34,9
Eğimli Yamaç	317,6	22,1
Dik Yamaç	37,3	2,6
Çok Dik Yamaç	1,3	0,1

**Şekil 7.** Araştırma sahasının eğim haritası

Sahadaki eğimli yamaçlar genelde yükselti değerlerinin fazla olduğu (Şekil 3) ve buna bağlı olarak akarsu vadilerindeki eğimin arttığı sahalara karşılık gelmektedir. Eğim değerlerinin yüksek olduğu alanlardaki akış gücü yüksek akarsular, bu alanlarda su erozyonun yaşanmasına neden olmaktadır. Ancak nehir vadisinin genişlediği, ana akış kısmının bulunduğu güney kesimlerde eğim değerleri azalmakta ve buna bağlı olarak erozyon riski azalmaktadır. Nitekim eğim değerleri ile erozyon riski arasındaki paralellik Şekil 7'deki eğim haritası ile Şekil 14'teki erozyon risk haritasında açıkça görülmektedir.

3.2. Bakı Durumu

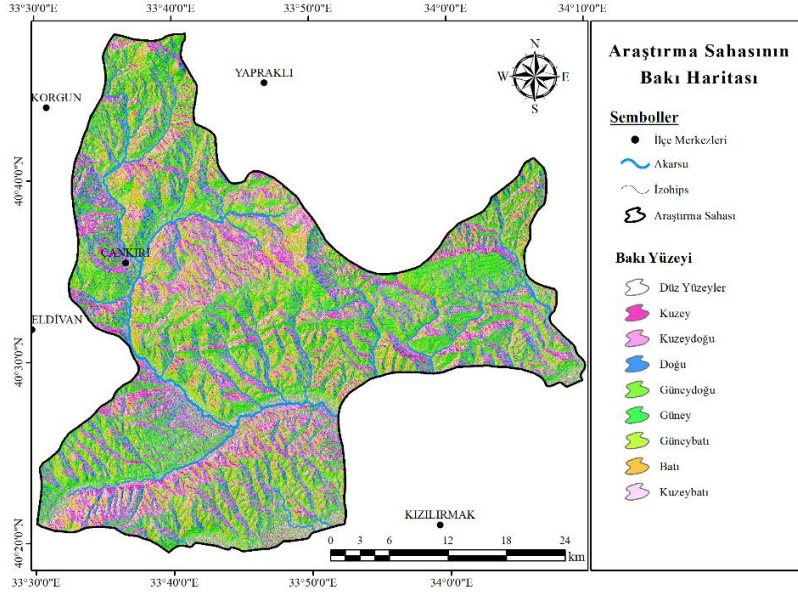
Bakı bir bölgedeki güneş ışınlarının geliş yönünü ve buna bağlı olarak sahanın iklimini etkileyen önemli bir etkidir. Araştırma sahasının da içinde bulunduğu alan matematik konumu itibarıyla yengeç dönencesinin kuzeyinde yer alması, güney sektörlü hava kütlelerinin sıcak tropikal kökenli olması ve soğuk nemli hava kütlelerinin kuzey-kuzeybatı sektörlü olması, bakı etkisinin güney ve güney bakan yamaçlarda, iklim özellikleri nedeniyle (eğim ve toprak özellikleri göz önüne alınmazsa) erozyona daha duyarlı olmasına neden olmuştur.

Araştırma sahasının topoğrafik özelliklerinin bakı durumu incelendiğinde sahada güneye bakan yamaçların (güneybatı %14,4, güney %14,3, güneydoğu %14,5) daha fazla alan kapladığı görülmektedir (Çizelge 3 ve Şekil 8).

Araştırma sahasında güneye bakan yamaçların çoğunlukta olması, bu alanlarda iklime bağlı bitki örtüsünü etkileyerek erozyon riskinin bu alanlarda daha fazla olmasına neden olmaktadır.

Çizelge 3. Araştırma sahasındaki bakı sahalarının kapladığı alanlar

Yönler	Kapladığı alan(km ²)	Yüzde (%)
Düz Yüzeyleyler	54,7	3,8
Kuzey	105,3	7,3
Kuzeydoğu	168	11,7
Doğu	183	12,7
Güneydoğu	209,4	14,5
Güney	206,3	14,3
Güneybatı	206,7	14,4
Batı	163,6	11,4
Kuzeybatı	142,3	9,9



Şekil 8. Araştırma sahasının bakı haritası

3.3. Toprak Durumu

Toprak, arazideki eğim durumu ve üzerinde geliştiği litoloji ve bitki örtüsünün varlığına bağlı olarak erozyona karşı farklı duyarlılık durumları göstermektedir. Özellikle yerel şartların kısa mesafede değiştiği sahalarda toprağın erozyona karşı gösterdiği direnç/risk durumunun belirlenmesi daha zordur. Örneğin eğimin fazla olduğu, bitki örtüsünden yoksun yamaçlarda toprak ne kadar dirençli bir özelliğe sahip olsa da yağışların şiddetine bağlı olarak erozyona uğrayabilir. Buna karşılık eğimin az olduğu, bitki örtüsünün sık olduğu kısımlarda gelişen dirençsiz toprak yapısı ise erozyona karşı daha az duyarlı

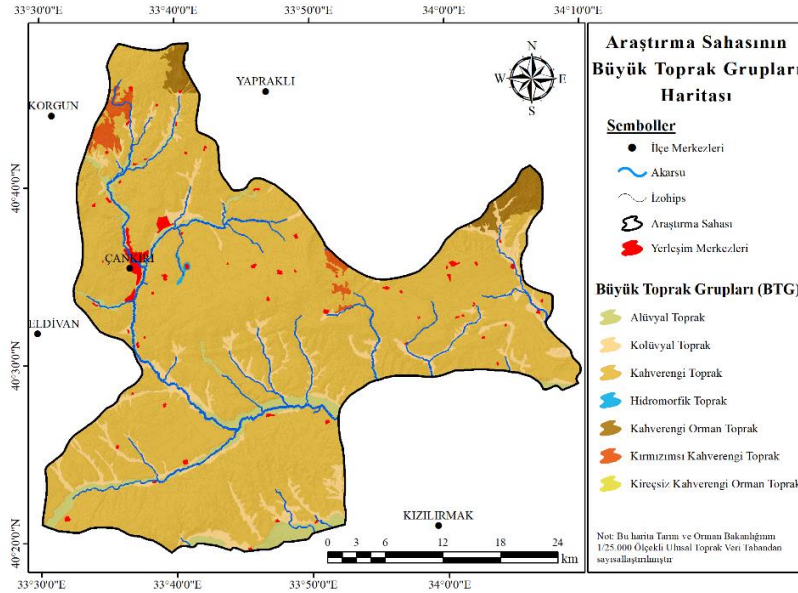
olabilir. Erozyon riski karşısında toprak yapısını diğer koşullardan bağımsız değerlendirmek yerine yöresel koşullar göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi gerekmektedir (Wischmeier & Smith, 1978). Bu nedenle bu başlık altında araştırma sahasında hâkim olan toprak türünün alansal dağılımının (Çizelge 4 ve Şekil 9) yanında Tarım ve Orman Bakanlığının 1/25.000 Ölçekli Ulusal Toprak Veri Tabanından yararlanılan toprak erozyonu haritasına (Çizelge 5 ve Şekil 10) da yer verilmiştir.

Araştırma sahasında büyük toprak grubundaki sınıflandırmada bulunan toprakların alansal dağılımına incelendiğinde hâkim toprak türünü kahverengi toprakların (%81,4) oluşturduğu görülmektedir. Bunu sahadaki eğimli yamaçlarda gelişen kolüvyal topraklar (%7,5) ile eğimin azaldığı akarsu yataklarına yakın sahalardaki alüvyal topraklar (%7,5) izler. Kapladığı alan en az topraklar ise kireçsiz kahverengi orman toprakları (%0,1) ile hidromorfik topraklardır (%0,1) (Çizelge 4 ve Şekil 9).

Çizelge 4. Araştırma sahasındaki büyük toprak gruplarının kapladığı alanlar (km²)

Büyük Toprak Grubu (BTG)	Kapladığı alan(km ²)	Yüzde (%)
Alüvyal Topraklar	107,8	7,5
Kahverengi Topraklar	1173,4	81,4
Kırmızımsı Kahverengi Topraklar	17,1	1,2
Hidromorfik Topraklar	1,1	0,1
Kolüvyal Topraklar	107,6	7,5
Kahverengi Orman Toprakları	31,2	2,2
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	1,1	0,1

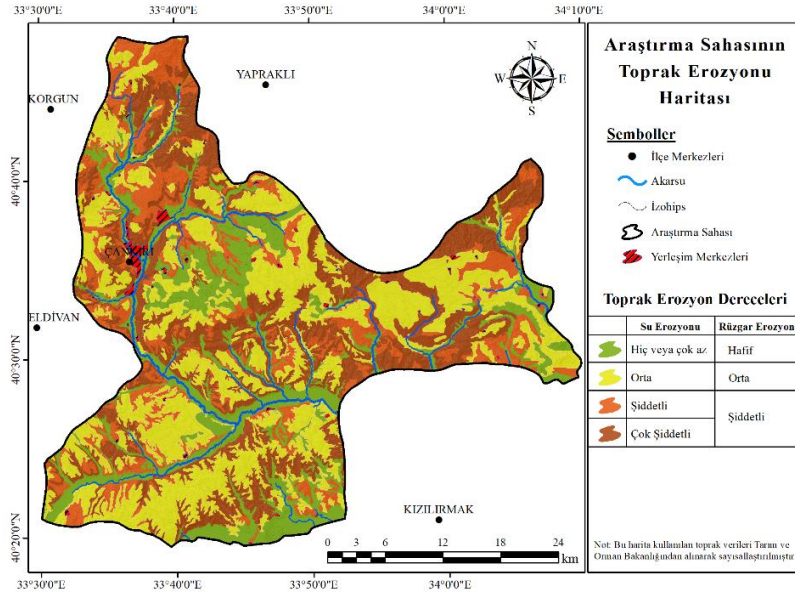
Sahadaki toprak erozyon riskinin bulunduğu alanların dağılımına bakıldığında, su erozyonun orta (%35,3) ve çok şiddetli (%26,1) risk taşıdığı; rüzgâr erozyonun ise şiddetli (%44,5) erozyon riski taşıdığı görülmektedir (Çizelge 5 ve Şekil 10).



Şekil 9. Araştırma sahasının büyük toprak grubu (BTG) haritası

Çizelge 5. Araştırma sahasındaki erozyon riskinin bulunduğu toprak alanları (km²).

Toprak Erozyon Riski	Su Erozyonu		Rüzgâr Erozyonu	
	Alan(km ²)	Yüzde (%)	Alan(km ²)	Yüzde (%)
Hiç veya çok az	291,4	20,2	291,4	20,2
Orta	507,8	35,3	507,8	35,3
Şiddetli	265	18,4	640,1	44,5
Çok Şiddetli	375,1	26,1		

**Şekil 10.** Araştırma sahasının toprak erozyonu haritası

3.4. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü üzerinde geliştiği toprağı yağmur, rüzgâr gibi dış kuvvetlere karşı koruması açısından çok önemli bir yere sahiptir. Yüzeyle oluşan örtü yağmur damlalarının doğrudan çarpma hızını azaltarak yüzeysel akış hızını azaltması (Altın, 2006; Çepel, 1997), düşen yağmurun bitkinin dal ve yaprakları tarafından tutularak intersepsiyona ve yağmurun toprağı infiltrasyon süreçlerine neden olmasıyla yüzeysel akışı etkilemesi (Hoşgören, 2010), bitkilerin kökleri yardımıyla da toprak oluşumunu hızlandırması, toprağı tutması ve rüzgârın hızını keserek toprağı koruması gibi nedenlerden dolayı erozyonunu önlemede en önemli faktördür. Orman alanlarının tahrip edilmesiyle ortaya çıkan çıplak yüzeyler fiziksel parçalanma süreçlerinin etkisine açık olurlar (Ekinci ve Ekinci 2006:132) ve bu durum erozyon riskini arttıran önemli faktörler arasında bulunmaktadır. Bir sahadaki bitki örtüsünün zemini kaplama oranı arttıkça erozyona olan direnci de artmaktadır (Zachar, 1982).

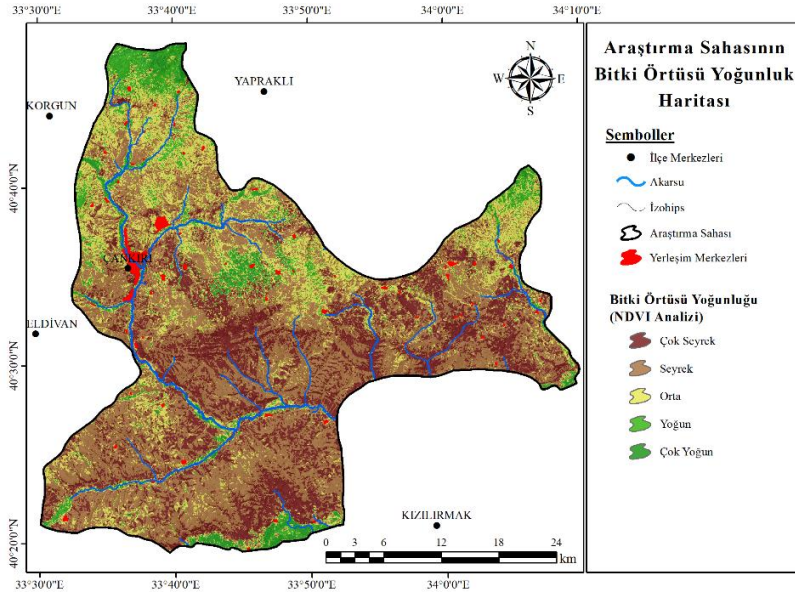
Araştırma sahasının içinde bulunduğu alan yarı kurak özelliğinin bir sonucu olarak step bitki örtüsüne sahiptir. Ormanlık alanlar sahasının kuzeyindeki Korgun ve Yapraklı'dan itibaren görülmeye başlanır. Ancak araştırma sahasının kuzey kesiminde jipsli arazi üzerinde sahanın iklim şartlarına uyum sağlamış *Alyssum nezaketiae* (Nezaket kevkesi) ve *Astragalus germanicopolitanus* (Çankırı Geveni),

Gypsophila germanicopolitana, *Centaurea germanicopolitana*, *Helianthemum germanicopolitanum* ve *Tanacetum germanicopolitanum* gibi endemik türler de bulunmaktadır (Ataol, 2006; Şahin ve Ataol, 2018; Vural ve Şahin, 2013). Sahadaki vadi tabanında yerleşim ve ticaret alanlarından arta kalan alanlarda sulu tarım yapılmaktadır. Plato yüzeylerinde ise doğal bitki örtüsü yerini kuru tarım alanlarına bırakmıştır. Bitki örtüsündeki doğal türler ise plato yamaçlarında bulunmaktadır. Ancak bu yamaçların da birçoğu mera olarak kullanılmaktadır (Ataol, 2020b: 78-79). Bu nedenle endemik türler otlatma baskısı altındadır. Gerek doğal bitki örtüsünün seyrek olması gerekse yanlış arazi kullanımı araştırma sahasındaki erozyon riskinin artmasına neden olmuştur.

Araştırma sahası için yapılan NDVI analizi sonuçları incelendiğinde saha genelinde yoğun bir bitki örtüsünün olmadığı görülmektedir. Yalnızca, yükseltinin fazla olduğu kuzey kesimlerde bulunan ormanlık ve meralık alanları oluşturan sahaların yoğun (%7,8) ve çok yoğun (%2,9) bitki örtüsü altında olduğu; geriye kalan daha geniş sahalarda ise seyrek (%45,9) ve çok seyrek (%23,6) bitki örtüsünün var olduğu görülmektedir (Çizelge 6 ve Şekil 11).

Çizelge 6. Araştırma sahasındaki bitki örtüsü durumu

Bitki Örtüsü	Kapladığı alan(km ²)	Yüzde (%)
Çok Seyrek	339,8	23,6
Seyrek	661,3	45,9
Orta	285,4	19,8
Yoğun	110,5	7,8
Çok Yoğun	42,3	2,9



Şekil 11. Araştırma sahasının bitki örtüsü yoğunluk (NDVI) haritası

3.5. Arazi Kullanımı

Arazi örtüsü ile arazi kullanımı, birbiri yerine kullanılan ancak farklı anlamlara sahip kavramlardır. Arazi örtüsü, “bitki örtüsü, yerleşme, tarımsal alanlar, su ve toprak gibi yeryüzünü bir örtü şeklinde kaplayan fiziki ve beşeri alanları” ifade ederken (Bayar, 2021:159), arazi kullanımı, bir

yüzey üzerinde gelişen arazi örtüsünün doğa-insan etkileşimine bağlı olarak yararlanılması durumunu ifade etmektedir. Artan nüfus ve bu nüfusun sonu olmayan talepleri karşısında, arazilerin kullanımı, doğal amacı dışına çıkarak yanlış arazi kullanımı faaliyetlerini oluşturmuştur. Bu durum toprağın doğal yapısını ve fonksiyonunu değiştirerek başta erozyon olmak üzere doğal ve beşeri yapı üzerinde birçok sorunun yaşanmasına neden olmaktadır. Örneğin; orman alanlarının tahrip edilmesi veya meraların amacı dışındaki kullanımı, toprak üzerinde gelişen bitki örtüsünün ortadan kalkmasına ve arazinin dış kuvvetlerden daha fazla etkilenecek erozyon riskinin artmasına neden olmaktadır.

Amaç dışı kullanılan arazilerin yanında amacı dahilinde yanlış yapılan uygulamalar da bulunmaktadır. Örneğin; tarım sahalarında tarlanın eğim yönünde sürülmesi, nadas uygulaması, meralardaki aşırı otlama gibi durumlar erozyon riskini arttırmaktadır. Erozyon üzerinde birinci dereceden etkili parametre olan eğimden sonra, ikinci sırada arazi kullanımı özellikleri gelmektedir (Wu ve Wang, 2011:2128). Nitekim; topoğrafik şartlar ve arazi üzerindeki bitki örtüsü durumuna bağlı olarak arazi kullanımının erozyonu frenleyici ya da artırıcı yönde pek çok etkisi bulunmaktadır.

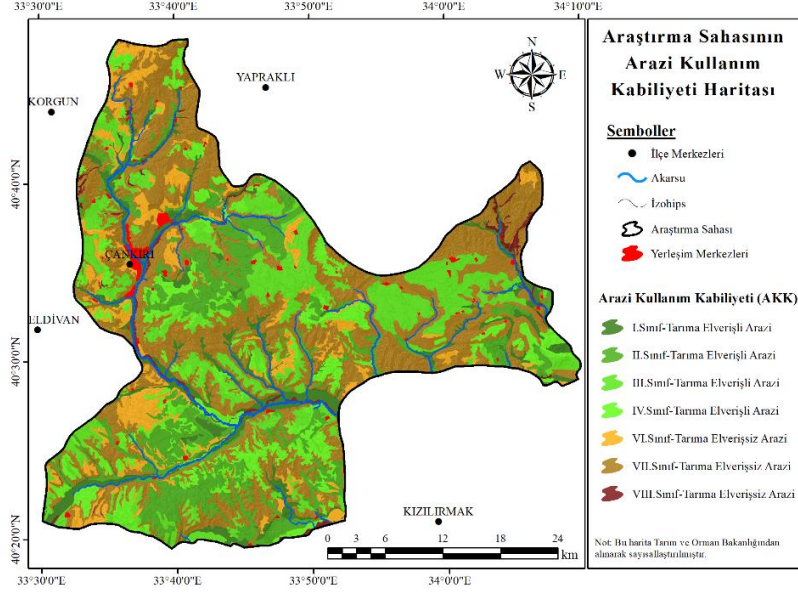
Tarım ve Orman Bakanlığında alınan verilere göre araştırma sahasında, VII. sınıf tarım arazisinin (Toprak işlemeli tarıma elverişsiz arazi) hâkim olduğu (%37) görülmektedir. VII. sınıf araziden sonra III. Sınıf (%16,9) ve II. Sınıf tarım arazilerinin (Toprak işlemeli tarıma elverişli arazi) hâkim (%13,6) olduğu görülmektedir. En az alan kaplayan arazi sınıfının ise VIII. Sınıf tarıma elverişsiz arazinin (%1,8) olduğu görülmektedir (Çizelge 7 ve Şekil 12). Sahadaki toprak işlemeli tarıma elverişsiz arazilerin daha çok sahanın yüksek ve engebeli olan alanlarında olduğu; toprak işlemeli tarıma elverişli arazilerin ise plato yüzeylerindeki düzlük alanlar ile akarsu vadisi boyunca hâkim olduğu görülmektedir (Şekil 12).

Çizelge 7. Araştırma sahasındaki arazi kullanımı (km²)

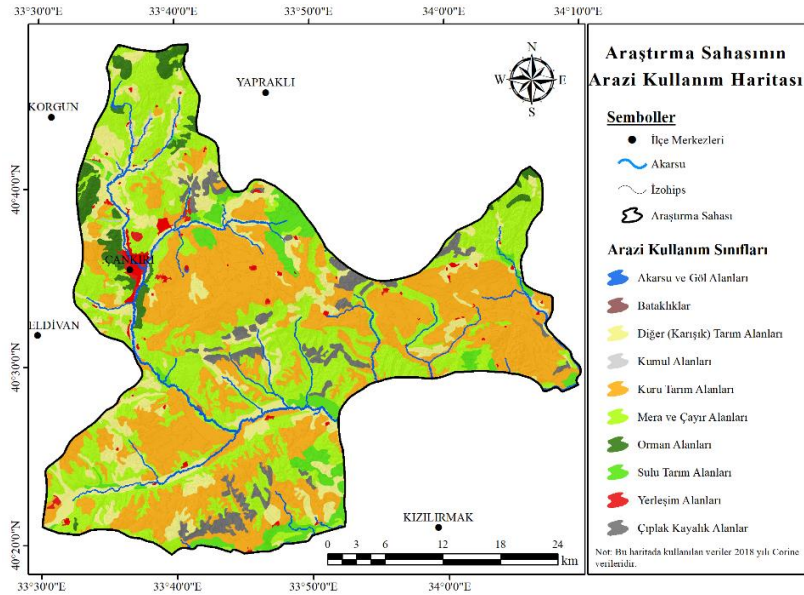
Corine Arazi Kullanımı Verisi			Tarım ve Orman Bakanlığı Verisi		
Arazi Birimi	Alanı (km ²)	Yüzde (%)	Arazi Birimi	Alanı (km ²)	Yüzde (%)
Yerleşim Alanları	17,1	1,2	I. Derece tarıma elverişli arazi	143,6	10
Kuru Tarım Alanları	553,5	38,5	II. Derece tarıma elverişli arazi	195,1	13,6
Sulu Tarım Alanları	77,7	5,4	III. Derece tarıma elverişli arazi	243,5	16,9
Mera ve Çayır Alanları	474	32,9	IV. Derece tarıma elverişli arazi	161,1	11,2
Diğer Tarım Alanları	210	14,6	VI. Derece tarıma elverişsiz arazi	137	9,5
Orman Alanları	41,2	2,8	VII. Derece tarıma elverişsiz arazi	533	37
Kumul Alanları	6,5	0,5	VIII. Derece tarıma elverişsiz arazi	26	1,8
Çıplak Kayalık Alanları	56	3,9			
Bataklık Alanları	0,7	0,04			
Akarsu ve Göl Alanları	2,6	0,2			

CORINE (2018) verilerine göre araştırma sahasında en fazla alana sahip arazi kuru tarım alanları (%38,5) ile çayır ve mera alanlarıdır (%32,9). En az alana sahip araziler ise bataklık alanları (%0,04) ve kumul alanlarıdır (%0,5) (Çizelge 7 ve Şekil 13). Sahanın kuzeyindeki yüksek alanlarda ormanlık sahalara ile çayır ve meralar hakimdir. Plato yüzeylerinde ise büyük çoğunluğu kuru tarım alanları başta olmak üzere yer yer çayır ve meralar ile çıplak kayalık alanlardan oluşmaktadır. Akarsu vadisi boyunca da sulu tarım alanları ile diğer (karışık) tarımsal faaliyetlerin yapıldığı alanlar

bulunmaktadır (Şekil 13). Araştırma sahasında geniş alanları oluşturan kuru tarım alanları ile çayır ve mera sahalarında uygulanacak yanlış arazi kullanımı sonrası sahada erozyon riskinin daha da artmasına neden olabilecektir. Bunun içindir ki bu alanların doğru ve sürdürülebilir politikalarla arazi kullanımının sağlanması sahadaki erozyon riskinin azalmasına katkı sağlayacaktır.



Şekil 12. Araştırma sahasının arazi kullanım kabiliyeti (AKK) haritası



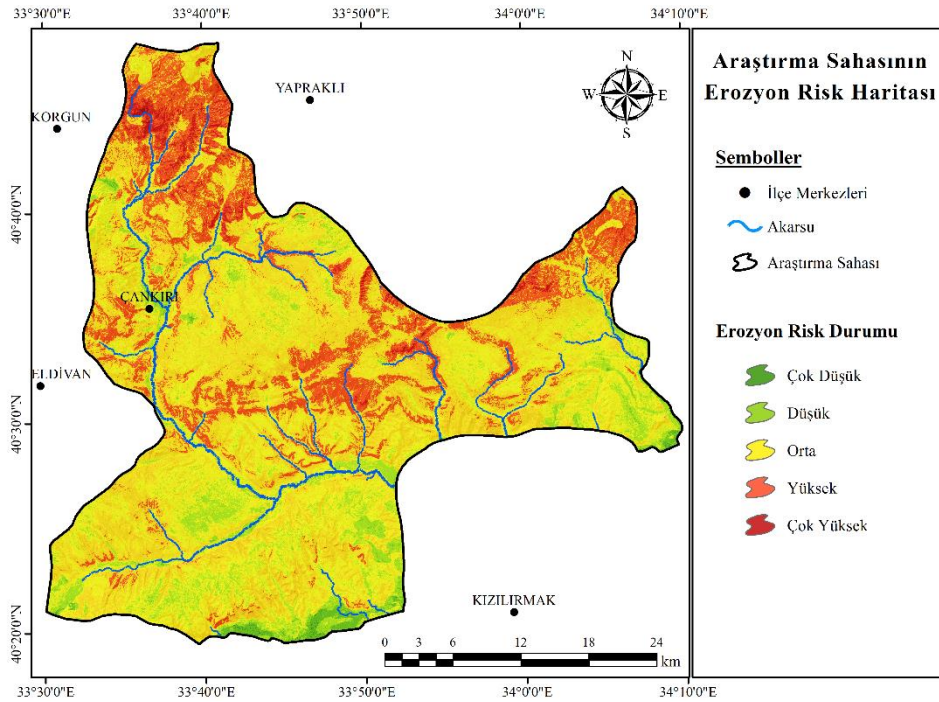
Şekil 13. Araştırma sahasının arazi kullanım haritası

3.6. Erozyon Risk Durumu

Bu çalışmada kullanılan yükselti, eğim, bakı, jeoloji, iklim, akarsu, bitki örtüsü ve arazi kullanımı verileri ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile analiz edilmiştir. Yapılan analizdeki sınıflandırma ölçeği bu konuda hazırlanmış birçok çalışmadaki gibi çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre araştırma sahasının erozyon risk durumu genel olarak orta düzeyde (%70,1) ve yüksek düzeyde (%22,9) risk taşımaktadır. Erozyon riskinin orta olduğu sahalar araştırma sahasında 1008,4 km² alan ile toplam arazinin %70,1'ini oluşturmaktadır. Orta sınıf erozyon riskinden sonra araştırma sahasında en fazla alana sahip sınıf yüksek riskli gruptur. Bu grup ise araştırma sahasında yaklaşık olarak 329,6 km² alan ile toplam arazinin %22,9'unu oluşturmaktadır. En az risk grubu ise 3 km² (%0,2) alan ile 15,8 km² (%1,1)'lik alanlarla çok yüksek ve çok düşük risk gruplarıdır (Çizelge 8 ve Şekil 14).

Çizelge 8. Araştırma sahasındaki erozyon riskinin bulunduğu alanlar (km²).

Erozyon Riski	Alan(km ²)	Yüzde (%)
Çok Düşük	15,8	1,1
Düşük	82,5	5,7
Orta	1008,4	70,1
Yüksek	329,6	22,9
Çok Yüksek	3	0,2



Şekil 14. Araştırma sahasının erozyon risk haritası

Elde edilen erozyon bulgularına göre özellikle sahanın kuzeyindeki alanlar başta olmak üzere araştırma sahasında yer alan yüksek, eğimli ve aynı zamanda bitki örtüsünden yoksun olan alanların yüksek erozyon riski altında olduğu tespit edilmiştir (Foto 1). Sahada erozyon riskinin düşük (%5,7) ve

çok düşük (%1,1) olduğu alanlar ise genel olarak eğimin az olduğu, bitki örtüsüne sahip (ormanlık ya da çalı ve ot formasyonunun bulunduğu) ya da sulu tarımın yapılabildiği alanları oluşturmaktadır (Çizelge 8 ve Şekil 13 ve 14).



Foto 1. Araştırma sahasında yüksek, eğimli ve bitki örtüsünün seyrek olduğu erozyon sahasından bir görünüm.

Erozyon risk haritasında riskin yüksek olduğu alanlar, eğim (Şekil 7), bakı (Şekil 8), toprak erozyonu (Şekil 10), bitki örtüsü (Şekil 11) ve arazi kullanımı (Şekil 12 ve 13) haritalarında da erozyon riskinin fazla olduğu alanları teşkil etmesi nedeniyle erozyon risk haritasıyla (Şekil 14) paralellik göstermektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Erozyon, dış kuvvetlerin etkisiyle doğal olarak geliştiği gibi (Wu ve Wang, 2011:2128) beşerî faaliyetlere bağlı olarak da gelişip hızlanıp başta ekolojik ortam olmak üzere birçok beşerî faaliyeti de etkileyerek sosyal ve ekonomik anlamda (Stocking ve Murnaghan, 2001:169), çeşitli olumsuz durumların yaşanmasına neden olmaktadır.

Erozyonla ilgili hazırlanan çalışmalarda varılan ortak payda Türkiye’de erozyon riskinin yüksek olduğu yönündedir. Erozyon sonucu her yıl, Kıbrıs Adası büyüklüğünde toprak (Güner vd., 2010:1046) (yaklaşık 500 milyon ton verimli toprak) denizlere taşınmaktadır. Yaşanan bu durum üzerinde doğal faktörlerin yanı sıra beşerî faaliyetlerin de etkisi bulunmaktadır.

Bu çalışmada Çankırı merkez ilçesindeki erozyon risk durumu coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama tabanında ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre araştırma sahasındaki erozyon riskinin genel olarak orta (%70,1) ve yüksek (%22,9) risk konumunda olduğu görülmektedir. Sahada erozyon riskinin yüksek olduğu alanların, eğim değerlerinin yüksek, bitki örtüsünün zayıf, vadi yoğunluğunun fazla olduğu görülmektedir. Buna karşılık erozyon riskinin düşük olduğu yerlerin ise, düzlük alanlar ve ormanlık sahalar olduğu tespit edilmiştir.

Özellikle sahanın iklim özelliklerinin yarı kurak olması, bitki örtüsünden yoksun, eğimli, çıplak ya da mevsimlik değişen örtü üzerinde gelişen toprakların erozyon riski bakımından yüksek risk taşımaya neden olmuştur. Gerek iklim gerekse arazi örtüsü gibi doğal şartlara bağlı olarak erozyon riskinin yüksek olduğu araştırma sahasında, beşerî faaliyetlere bağlı olarak yapılan uygulamalar da sahadaki erozyon riskini arttırarak araştırma sahasında doğal ve beşerî birçok sorunun yaşamasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle araştırma sahasında geniş alanlara sahip kuru tarım alanlarının nadasa bırakılması, meraların aşırı otlatılması, tarım arazilerinin yanlış sürülmesi gibi etkilerle erozyon riskini yükselterek, erozyona uğrayan alanlarının gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır. Bunun için birtakım öneriler arasında şunlar sıralanabilir: Öncelikle sahada var olan bitki örtüsü korunarak, sahanın ekolojik koşullarına uyumlu bitkilerle arazi örtüsü oluşturulmalıdır. Araştırma sahasında kuru tarım alanları ve meralar en geniş alanları oluşturmaktadır. Bu konuda kuru tarım alanlarında arazi nadas ile boş bırakılması yerine nöbetleşe ekim faaliyetiyle; meralar ise aşırı otlatma yapılmadan erozyon riski minimum seviyeyi indirilebilir. Erozyon konusunda yöre halkı bilinçlendirilerek yapılan yanlış uygulamaların önüne geçilmeli ve erozyonu önleyici tarım yöntemleri teşvik edilmelidir. Araştırmacıların erozyonla mücadele konusundaki görüşleri ve yapılacak araştırmaları desteklenmelidir. Kısaca araştırma sahasındaki erozyon riskini en aza indirmek için yukarıda özetlenen bir takım reel ve sürdürülebilir planlamaların yapılması gerekmektedir.



Erosion Risk Analysis of Çankırı Central District on the Basis of Geographical Information Systems and Remote Sensing

Neşe Duman^{*a}, Mustafa Recep İrcan^b

Submitted: 16.02.2022

Accepted: 15.04.2022

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

Depending on the physical geography variables (lithological, morphological, climatic and vegetation), the soil developed on the earth is among the most important natural resources. However, the soil structure on the earth is eroded by some wrong practices, especially the wrong land use. This state of erosion is expressed with the term erosion, which is the transport of the fertile surface of the soil depending on the effect of external forces (wind, stream, rain, glacier, gravity, etc.) on the earth. The state of erosion occurring on the soil surface actually develops under natural conditions. However, wrong land use (Bayar, 2020; Karabacak, 2020; Karabacak, 2021) developing and increasing due to urbanization and rapid population growth also disrupts the balance on natural systems (lithosphere, hydrosphere and vegetation). As a result, the natural erosion situation gains a different dimension and becomes accelerated erosion.

Turkey is sensitive to erosion risk due to its geological and morphological structure, climatic characteristics and related pedological characteristics. As a matter of fact, 99% of Turkey's lands are exposed to water erosion and 1% to wind erosion (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001). In addition, 59% of agricultural lands, 54% of forest lands and 64% of pasture lands in Turkey are within the active erosion area (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013).

While 75 billion tons of soil loss occurs in the world (Pandey et al., 2009:399) due to erosion, this situation reaches approximately 500 million tons in Turkey (İrvem et al., 2007; Türker and Yüksel, 1989). Due to its climatic, geological and geomorphological characteristics, Turkey is a country with a high risk of erosion (Değerliyurt, 2013a; Gitas et al., 2009; Knijff et al., 2000). In addition to the risk of its natural structure, improper land use and excessive vegetation destruction have increased the risk and severity of erosion by disrupting the natural balance between soil, water and vegetation (Çepel, 1997; Dutkuner and Fakir, 1999).

The high risk of erosion in Turkey has led to the preparation of many studies on the local or regional scale. Some of these studies were prepared using geographic information systems. The methods

* **Corresponding Author:** neseduman@karatekin.edu.tr

^a Çankırı Karatekin University, Faculty of Letters, Department of Geography, Çankırı/Turkey, <http://orcid.org/0000-0002-5398-8388>

^b Çankırı Karatekin University, Graduate of Social Sciences Institute, Çankırı/Turkey, <http://orcid.org/0000-0002-3787-7688>

used in these studies are as follows: Ekinçi (2005); Danacıoğlu and Tağıl (2017); Değerliyurt (2013b); Kızılelma and Karabulut (2014); Pakzel (2015); Tüfekçioğlu and Yavuz (2016); Uludağ and Fıçıcı (2018) Rusle methods; Avcı and Yüksel (2016); Avcı (2016); Sönmez et al. (2013); Turan-Demirağ and Dengiz (2015); Yüksel and Avcı (2015) on the other hand, applied the weighted overlay method in their studies.

In this study, which was prepared on the basis of geographical information systems and remote sensing, it was aimed to determine the erosion risk situation of Çankırı central district and to present solution proposals. The contribution of the study to the literature is important in terms of identifying the erosion risk areas in the field and making recommendations on this issue. In addition, "risk analysis studies should reflect the characteristics of the period in which they were conducted and should be repeated depending on the changing place and social systems" (Özdemir et al., 2011:664). It is also important in terms of being a reference for the studies prepared on the subject of this study.

The information given about the method used is important in terms of being a reference for other studies to be prepared on this subject, as well as being a guide in terms of interpreting and making suggestions from a geographical point of view, which is a multidisciplinary science, and providing information to researchers who will work on agriculture and soil related to the subject in the research field, so that they can conduct research on different subjects.

2. Material and Method

In this study, weighted overlay method was used on the basis of GIS and remote sensing to identify erosion risk areas. In this method, more than one criterion (elevation, slope, geology, precipitation, vegetation, soil, land use, etc.) results in the analysis of the criteria by scoring and overlapping, taking into account the conditions of the environment in which the analysis is made.

The geological data evaluated within the scope of this study were produced by digitizing the 1/25.000 scaled maps of the areas in which the research area is located, published by the General Directorate of Mineral Research and Exploration. The climate data in the prepared precipitation map was obtained from the General Directorate of Meteorology, which is affiliated to the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change. Since there is a meteorology station in the central district of Çankırı while the precipitation map is being prepared, the spatial distribution of precipitation was calculated with the Schreiber formula (Ardel, 1961:279) and data interpolated with the Radial Based Function (RBF). For soil data (large soil group and soil erosion data) and land use capability classes data, 1/25.000 scaled National Soil Database of the Ministry of Agriculture and Forestry was used. Land use, on the other hand, was produced by using the 2018 CORINE data made available to the public on the web by the Copernicus Land Monitoring Service (Copernicus, 2020).

In order to determine the vegetation areas in the study area, Normalized Difference Vegetation (NDVI) analysis was carried out, the pixel value of Landsat 8 satellite image of June 2021 from the Earthexplorer (2022) web address was recalculated according to the nearest neighbor method after correcting geometrically and radiometrically and analyzed with the NDVI method.

Prepared digital elevation model, ridge, slope and aspect maps were produced by analyzing Digital Elevation Model (DEM) data with 12.5 m resolution (Alospalsar satellite) in ArcGIS software on ASF, Alaska Fairbanks University Geophysics Institute website (ASF, 2020). All obtained numerical data were reclassified (Reclassify) in ArcGIS 10.5 software. The reclassified (reclassified) data is according to the degree of impact, taking into account the studies in the literature (Avcı, 2016:177; Sönmez et al., 2013; Tağıl, 2009; Turan-Demirdağ and Dengiz, 2017:189; Yüksel and Avcı, 2015) field observations. It is scored between 1 and 9 (1 = very little risk, 9 = very high risk). Erosion risk map was created by classifying these scored data by overlapping. In addition, the scored data were converted into vectorial form to calculate the areas of raster data such as elevation, slope, and aspect used in the study. The vectorized data were grouped with the dissolve tool and the area calculations were made on the attribute tables.

3. Result and Discussion

In this study, elevation, slope, aspect, geology, climate, river, vegetation and land use data were analyzed by weighted overlay method and erosion risk map was produced. The classification scale in the analysis was classified as very low, low, medium, high and very high, as in many studies prepared on this subject. According to the analysis results, the erosion risk status of the research area is generally medium (70.1%) and high (22.9%) risk. The areas with medium erosion risk constitute 70.1% of the total land with an area of 1008.4 km² in the research area. After the middle class erosion risk, the class with the largest area in the research area is the high-risk group. This group, on the other hand, constitutes 22.9% of the total land with an area of approximately 329.6 km² in the research area. The least risk group is very high and very low risk groups with 3 km² (0.2%) and 15.8 km² (1.1%) areas (Table 8 and Figure 14).

Table 8. Areas with erosion risk in the research area (km²).

Erosion Risk	Area (km²)	Percentage (%)
Very low	15,8	1,1
Low	82,5	5,7
Middle	1008,4	70,1
High	329,6	22,9
Very high	3	0,2

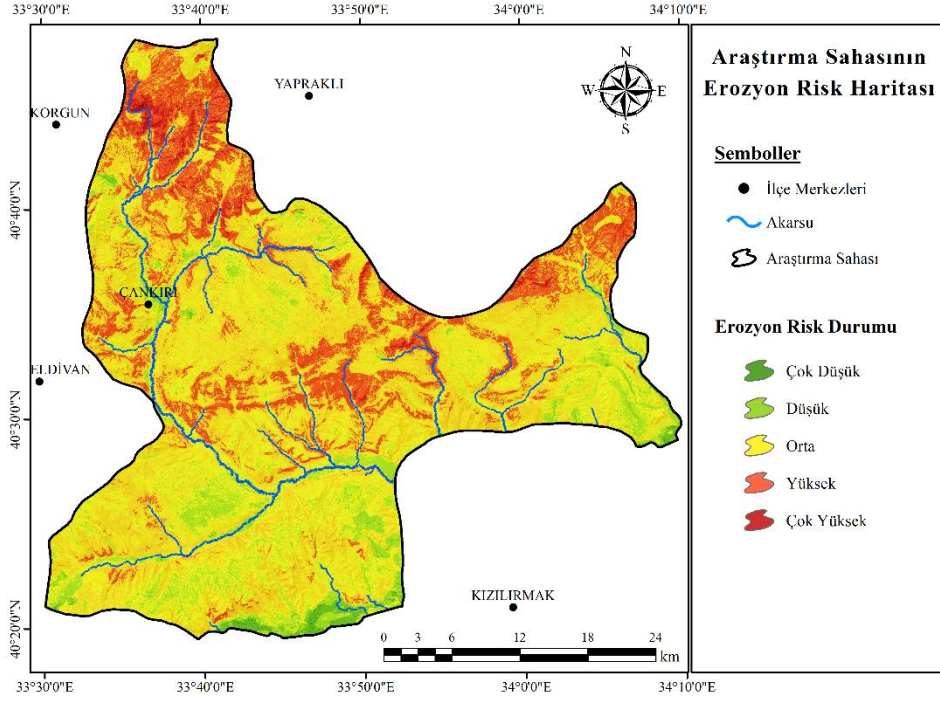


Figure 14. Erosion risk map of the research area

According to the erosion findings obtained, it has been determined that the high, sloping and at the same time devoid of vegetation areas in the research area, especially the areas in the north of the site, are at high erosion risk. The areas where the erosion risk is low (5.7%) and very low (1.1%) in the field generally constitute the areas where the slope is low, have vegetation (forest or bush and grass formation) or where irrigated agriculture can be done (Table 8 and Figure 14). The areas with high risk in the erosion risk map show parallelism with the erosion risk map (Figure 14) since they constitute areas with high erosion risk in the slope, aspect, soil erosion, vegetation and land use maps.

Particularly, the semi-arid climatic features of the area have caused the soils that are devoid of vegetation, sloping, bare or on a seasonally changing cover to carry a high risk of erosion. In the research area, where the risk of erosion is high due to natural conditions such as climate and land cover, applications made depending on human activities also increase the risk of erosion in the area, causing many natural and human problems in the research area. This situation, especially in the research area, increases the risk of erosion due to effects such as laying dry agricultural lands with large areas fallow, overgrazing of pastures, and improper plowing of agricultural lands, causing the eroded areas to increase day by day. Some suggestions for this can be listed as follows: First of all, the existing vegetation in the field should be preserved, and a land cover should be created with plants compatible with the ecological conditions of the area. Dry farming areas and pastures constitute the largest areas in the research area. In this regard, instead of leaving the land empty with fallow in dry agricultural areas; On the other hand, the risk of erosion can be minimized without overgrazing in pastures. By raising awareness of the local people about erosion, wrong practices should be prevented and agricultural methods that prevent erosion should be encouraged. Opinions of researchers on combating erosion and further research should be

supported. In short, in order to minimize the risk of erosion in the research area, some real and sustainable plans, summarized above, should be made.

Referanslar/References

- Altın, M. (2006). Mera-Erozyon İlişkileri. A. Aydemir (Ed.). *Erozyon, Doğa ve Çevre*. İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları.
- Ardel, A. (1961). *Umumi Coğrafya Dersleri* (Cilt:1 Klimatoloji). İstanbul: Baha Matbaası.
- ASF, (2022). <https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS>
- Ataol, M. (2020a). Çankırı şehri ve yakın çevresine ait jeoloji ve jeomorfoloji. Kale, M.M., Türkan, O. (Ed.). *Çankırı Şehir Coğrafyası* içinde (3-17). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ataol, M. (2020b). Çankırı şehri ve yakın çevresine ait toprak ve bitki örtüsü özellikleri. Kale, M.M., Türkan, O. (Ed.). *Çankırı Şehir Coğrafyası* içinde (73-81). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ataol, M. (2006). Çankırı jipsli tepeleri. Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D.T., Lise, Y. (Ed.), *Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları* içinde (96-97). Ankara: Doğa Derneği.
- Ateş, Ş., Mutlu, G., Özata, A., Özerk, O.C., Karakaya Gülmez, F., Yeleser, L., Osmançelebioğlu, R., Bulut Üstün, A. (2008). *Çankırı İli ve Kentsel Alanların (İl-İlçe Merkezleri) Yerbilim Verileri*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Avcı, V. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gökdere Havzası ve çevresinin (Bingöl) erozyon duyarlılık analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4 (26), 170-193. doi: 10.16992/ASOS.1116
- Avcı, A., Yüksel, A. (2016). Büyükçay Havzası'nın (Elazığ) erozyon risk haritasının hazırlanması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 319-335. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/273207> adresinden alındı.
- Bayar, R. (2020). Ankara şehri kentsel büyüme alanlarının arazi uygunluk analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60 (1), 39-59. doi: 10.33171/dtcjournal.2020.60.1.3
- Bayar, R. (2021). Çankırı ili arazi örtüsü özellikleri. Türkan, O., Kale, M.M. (Ed.). *Çankırı Coğrafya Araştırmaları* içinde (157-190). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık
- Cebel, H., Akgül, S. (2011). Toprak oluşumu ve koruyucu önlemler. *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, 134, 57-61.
- Çepel, N. (1997). *Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar*. İstanbul: TEMA Yayınları.
- Copernicus, (2020). 12.01.2022 tarihinde <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download> adresinden alındı.
- Danacıoğlu, Ş., Tağıl, Ş. (2017). Bakırçay Havzası'nda Rusle Modeli kullanarak erozyon riskinin değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20 (37), 1-18. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/852304> adresinden alındı.
- Değerliyurt, M. (2013a). Antakya şehri ve yakın çevresinde meydana gelen erozyonun coğrafi dağılışı ve analizi. *Electronic Turkish Studies*, 8 (8), 1745-1764. doi: 10.7827/TurkishStudies.5358
- Değerliyurt, M. (2013b). Zilli Dere Havzası'nda (İskenderun) CBS tabanlı erozyon duyarlılık analizi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 172 (172), 257-272. doi: 10.20296/tsad.62705
- Devlet Planlama Teşkilatı, (2007-2013), Sekizinci Kalkınma Planı, Su Havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara.
- Duman, N., İrcan, M. R. (2021). Çankırı ilinin iklimi. Türkan, O., Kale, M.M. (Ed.). *Çankırı Coğrafya Araştırmaları* içinde (39-78). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Dutkuner, İ., Fakir, H. (1999). Erozyon kontrolü ve ağaçlandırma. *Ekoloji*, 8 (32), 14-16. <https://app.trdizin.gov.tr/makale/TXpRMU9EUTA/erozyon-kontrolu-ve-agaclandirma> adresinden alındı.
- Earthexplorer (2022). <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Ekinci, D. (2005). CBS tabanlı uyarlanmış Rusle yöntemi ile Kozlo Deresi Havzası'nda erozyon analizi. *Coğrafya Dergisi*, 13, 109-119. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/231204> adresinden alındı.
- Ekinci, D., Ekinci, B. (2006). Küçükçekmece Gölü ve yakın çevresinde (İstanbul) zemin örtüsü değişiminin coğrafya üzerindeki etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47, 131-146. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tcd/issue/21234/227855> adresinden alındı.

- Ergene, A. (1997). *Toprak Biliminin Esasları*. Konya: Öz Eğitim Basım Yayın Dağıtım.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı jeomorfoloji haritaları çizim yöntemi. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 10, 19-38.
- Gitas, L.Z., Douros K., Minakou C.S., George N., Karydas, C.G. (2009). Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE Raster Model. *EARSEL Proceedings*, 8 (1), 40-52.
- Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A., Küçük, M. (2010). Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının ve bitişindeki otlak alanların toprak üstü biyokütle, kök kütlesi, kök üretimi ve karbon depolama yönlerinden karşılaştırılması. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010* (1045-1055), Artvin Çoruh Üniversitesi. [http://karok3.artvin.edu.tr/III.Cilt/\(1045-1055\).pdf](http://karok3.artvin.edu.tr/III.Cilt/(1045-1055).pdf) adresinden alındı.
- Hoşgören, M.Y. (2010). *Hydrografya'nın Ana Çizgileri-1*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- İrvem, A, Topaloğlu, F., Uygur, V. (2007). Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336, 30–37. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300763515>
- Kale, M. M. (2020). Çankırı şehri ve yakın çevresinin hidrografik özellikleri. Kale, M.M., Türkan, O. (Ed.). *Çankırı Şehir Coğrafyası* içinde (45-71). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kale, M. M. (2021). Çankırı ilinde kütle hareketlerine duyarlı alanların belirlenmesi. Okan Türkan, Mustafa Murat Kale (Ed.). *Çankırı Coğrafya Araştırmaları* içinde (1-37). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Karabacak, K. (2020). Türkiye'deki büyükşehir belediye şehirlerde kentsel yayılma. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60 (1), 158-178. doi: 10.33171/dtcjournal.2020.60.1.9
- Karabacak, K. (2021). Tarımsal arazi kullanım uygunluğu analizi: Lefkoşa ilçesi (KKTC) örneği. *SDÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 52, 312-331. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sufesosbil/issue/62198/882448> adresinden alındı.
- Kızılelma, Y., Karabulut, M. (2014). Mut Havzasında erozyona duyarlı alanların belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7 (31), 439-456.
- Knijff, J.M., Van D., Jones, R., Montanarella, L. (2000). Soil Erosion Risk Assessment in Europe., EUR 19044 EN. https://www.unisdr.org/files/1581_ereurnew2.pdf adresinden alındı.
- Koulouri, M., Giourga, C. (2007). Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena*, 69 (3), 274-281. doi: 10.1016/j.catena.2006.07.001
- Köle, M. M., Ataoğlu, M. (2015). Çankırı ilinde doğal afetlerin alansal dağılımı üzerine bir değerlendirme (1950- 2010). *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6 (2), 115-127. Erişim adresi: <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/53613?show=full> 13.01.2022 adresinden alındı.
- Lal, R., Pierce, F.J. (1991). "Soil Management for Sustainability" Soil and Water Conservation Society in Cooperation with World Association Soil and Water Conservation and Soil Science Society of America, Ankeny, IA. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Proceedings of the 3rd ERTS Symposium NASA SP-351*, 1: 48-62.
- Ocak, F. (2018). *Ünye şehir sellerinin zarar görebilirlik yöntemi ile incelenmesi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Ocak, F., Bahadır, M., Uzun, A., Şahin, K. (2021). Atakum ilçesi kıyı kuşağının taşkın ve duyarlılık analizi, Samsun/Türkiye. Döker, M. F., Akköprü, E. (Ed.). *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları II* içinde (273-292). Ankara: Pegem Akademi.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2013). *Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013- 2017*. Ankara.
- Özdemir, H., Akbulak, C., Özcan, H. (2011). Çokal Barajı (Çanakkale) çökme modeli ve taşkın risk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 659-698.
- Özür-Karakaş, N., Ataoğlu, M. (2018). Türkiye'de Corine verilerinin kullanılmasına dair değerlendirme. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (2), 110-130
- Pakzel, H. (2015). Gelibolu Yarımadası'nda CBS tabanlı Rusle (3D) yöntemiyle erozyon duyarlılık analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3 (17), 131-151. doi: 10.16992/ASOS.807
- Pandey, A., Mathur, A., Mishra, S. K., Mal, B. C. (2009). Soil erosion modeling of a Himalayan watershed using RS and GIS. *Environmental Earth Sciences*, 59, 399-410. doi: 10.1007/s12665-009-0038-0.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Proceedings of the 3rd ERTS Symposium NASA SP-351*, 1: 48-62.
- Sevin, M., Uğuz, M. F. (2011). *Türkiye Jeoloji Haritaları No: 147 Çankırı-G31 Paftası*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama

Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.

- Sönmez M. E., Çelik, M. A., Seven, M. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan algılama yardımıyla Kilis merkez ilçesinin erozyon risk alanlarının belirlenmesi. *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (1), 1-21. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ksusbd/issue/10274/126052> adresinden alındı.
- Stocking, M.A., Murnaghan, N. (2001). *A Handbook for the Field Assessment of Land Degradation*. London-UK (p. 169): Earthscan Publication.
- Şahin, B., Ataoğlu, M. (2018). Çankırı'ya has bazı endemik bitki türlerinin floristik, ekolojik, morfolojik, etnobotanik, coğrafi özellikleri ile ekonomik ve tıbbi kullanım potansiyellerinin araştırılması. Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No:YY28015B11, Çankırı
- Şahin, C., Sipahioğlu, Ş. (2003). *Doğal Afetler ve Türkiye*. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
- Tağlı, Ş. (2009). Çakırdere ve Yahu Dere havzalarında (Balıkesir) toprak kaybının mekânsal dağılışı ve etkileyen faktörler. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12 (22), 23-39. <https://dergipark.org.tr/en/pub/baunsobed/issue/50240/648074> adresinden alındı.
- Turan-Demirağ, İ., Dengiz, O. (2017). Çok kriterli değerlendirme ile Ankara Güvenç Havzası'nda erozyon risk tahminlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23, 285-297. doi: 10.15832/ankutbd.447600
- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M. (2016). Yusufeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk haritasının oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17 (2), 188-199. doi: 10.17474/acuofd.47342
- Türker, F., Yüksel, O. (1989). Erozyon ve ekonomik önemi. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 110, 16-19.
- Tüysüz, O., Dellaloğlu, A.A. (1994). Orta Anadolu'da Çankırı havzası ve çevresinin erken Tersiyer'deki paleocoğrafik evrimi. *Türkiye 10. Petrol Kongresi ve Sergisi*, Bildiriler Kitabı içinde (57-76).
- Uludağ, M., Fıçıcı, M. (2018). Saray ilçesinde (Tekirdağ) toprak erozyonunun RUSLE yöntemiyle değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (70), 29-36. doi:19.17211/tcd.356669
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, Agricultural Handbook*. 537, US Department of Agriculture, Washington, DC, 58 pp, USA.
- Wu, X., Wang, X., (2011). Spatial influence of geographical factors on soil erosion in Fuyang County, China. *Procedia Environmental Sciences*, 10 (2011), 2128 – 2133. doi: 10.1016/j.proenv.2011.09.333
- Vural, M., Şahin, B. (2013). Çankırı'da dar yayılışlı iki endemik bitki türü üzerinde gözlemler. *2013 Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu Bildiri Kitabı* içinde (227-231). 22-23 Mayıs 2013, Marmaris.
- Yüksel, A., Avcı, V. (2015). Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile Yamaç Havzası'nın (Bingöl) erozyon duyarlılık analizi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (2), 116-128. doi:10.13002/jafag879
- Zachar, D. (1982). *Soil Erosion*. USA: Elsevier Scientific Publishing Company.