



## Ardahan iline ait bazı temel coğrafi özelliklerin ve arazi-toprak verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmesi (Kuzeydoğu Anadolu)

 Volkan DEDE\*

Ardahan Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan

### Öz

Yer şekilleri, yükselti, eğim, bakı ve jeolojik özellikler toprak gelişiminin belirleyici unsurları arasındadır. Topraklar, genellikle arazi kullanımı ve yönetimindeki değişikliklere yavaş tepki vermektedir. Bu nedenle geri dönüşü olmayan bir hasar meydana gelmeden önce toprak kalitesindeki değişiklikleri tespit etmek gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Ardahan ilindeki bazı temel toprak, arazi ve coğrafi özelliklerin belirlenmesi ile konumsal dağılım haritalarının üretilmesidir. Ardahan (1825 m), Kuzeydoğu Anadolu'da, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanı genel olarak 40°37'-41°35' kuzey enlemleri ile 42°15'-43°28' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Ardahan ilinin yaklaşık yarısına yakınında (% 46.12) bazaltik topraklar dağılım göstermektedir. Arazi kullanımına göre ilin % 59.69'luk kısmı mera, % 17.89'luk kısmı ise kuru tarım arazilerinden oluşmaktadır. Erozyon durumu açısından Ardahan ilinin % 33.41'i şiddetli ve çok şiddetli erozyona maruz kalmaktadır. İşlemeli tarıma uygun araziler ilde oldukça sınırlıdır. Ardahan ili toplam alanının yaklaşık % 23.9'luk kısmı farklı sınıf kabiliyetine sahip alanlardan (I, II. ve III.) oluşmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yer şekilleri, arazi kullanımı, iklim, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Ardahan, Türkiye.

### Evaluation of some basic geographical features and land-soil data of Ardahan province with Geographic Information Systems (NE Anatolia)

### Abstract

Landforms, elevation, slope, aspect and geological features are among the determining factors of soil development. Soils generally respond slowly to changes in land use and management. Therefore, it is necessary to detect changes in soil quality before irreversible damage occurs. This current study aims to determine some basic soil, land and geographical features of Ardahan province and to produce spatial distribution maps. Ardahan (1825 m a.s.l.) is located in Northeastern Anatolia, within the Erzurum-Kars Section of the Eastern Anatolia Region. The study area is generally located between 40°37'- 41°35' north latitudes and 42°15'- 43°28' east longitudes. According to the results, basaltic soils are distributed in nearly half of Ardahan province (46.12%). According to land use-land cover, 59.69% of the province comprises pasture and 17.89% of dry agricultural lands. Regarding erosion status, 33.41% of Ardahan province is exposed to severe and very severe erosion. The lands suitable for cultivated agriculture are very limited in the province. Approximately 23.9% of the total area of Ardahan province is divided into areas with different class capabilities (I, II. and III.).

**Keywords:** Landforms, land use, climate, Geographic Information Systems, Ardahan, Türkiye.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Toprak, litosfer, biyosfer, hidrosfer ve atmosfer arasındaki arayüzde işlev gören ve çok sayıda fonksiyon üreten, Dünya üzerindeki en karmaşık sistemlerden biridir (Cianfrani ve ark., 2018). Ana materyal, iklim,

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0532 485 3562

E-posta : [volkandede@ardahan.edu.tr](mailto:volkandede@ardahan.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 10 Ekim 2023

Kabul Tarihi : 25 Kasım 2023

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1373909

topografya ve hidroloji gibi dış faktörler, toprak özelliklerinin potansiyel değerlerini önemli bir dereceye kadar etkileyebilmektedir (Bünemann ve ark., 2018). Topraklar genellikle arazi kullanımı ve yönetimindeki değişikliklere yavaş tepki verir ve bu nedenle geri dönüşü olmayan bir hasar meydana gelmeden önce toprak kalitesindeki değişiklikleri tespit etmek, su ve hava kalitesinden daha zor olabilmektedir. Aynı zamanda, toprağın tükenmez bir kaynak olmadığı ve uygun olmayan şekilde kullanılması veya yanlış yönetilmesi halinde, çok sınırlı bir yenileme fırsatıyla birlikte nispeten kısa bir süre içinde kaybolabileceği de kabul edilmiştir. Topraklar yapay olarak oluşturulamayacağı gibi bulunduğu ekolojik koşula göre uzun süreçler sonrasında karakter kazanan yenilenemeyen doğal varlıklardır (Dengiz, 2010). Toprak hasar gördüğünde, iyileştirme bile mümkün olmayabilir ve eski hasar öncesi durumuna ulaşmak imkânsız olabilmektedir (Nortcliff, 2002). Bu nedenle, Dünya ölçeğinde toprakların belirlenmesi ve verimli kullanılması amacıyla çalışmalar onlarca yıldır sürdürülmektedir (Shaho-Cheng ve ark., 2023; Li ve ark., 2023; Moraes ve ark., 2023; Joos ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2023; Alaboz ve ark., 2023; Hao ve ark., 2022; Tercan vd., 2022; Liptzin ve ark., 2022; Dong ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2021; Du ve ark., 2020; Rafael ve ark., 2020; Dengiz, 2020; Özgül, 2020; Mangalassery ve ark., 2019; Jazouli ve ark., 2019; Cai ve ark., 2019; Juho ve ark., 2019; Rabot ve ark., 2018; Demirağ Turan ve Dengiz, 2017; Dai ve ark., 2017; Tamene ve ark., 2017; Li ve ark., 2013; Blum ve ark., 2012; Álvarez ve ark., 2009; Caires ve ark., 2008; Manoharan ve ark., 2007; García-Rodeja ve ark., 2004; Álvarez ve ark., 2002; Kosmas ve ark., 1997; Koçman, 1990, 1984). Antropojenik faaliyetler toprağın organik karbonunu derinden etkileyerek iklim düzenlemesi gibi ekosistem hizmetlerine katkısını etkilemektedir. Beillouin ve ark. (2023)'nin arazi kullanımı değişikliği, arazi yönetimi ve iklim değişikliğinin toprak organik karbonu üzerindeki etkilerine ilişkin kapsamlı inceleme sonuçlarına göre; (i) mahsul üretimi için arazi dönüşümünün yüksek toprak organik karbonu kaybına yol açtığını ve bunun, özellikle ağaçların tanıtılması ve biyokömür veya organik değişiklikler şeklinde eksojen karbonun dahil edilmesi yoluyla arazi yönetimi uygulamaları yoluyla kısmen onarılabileceğini, (ii) arazi yönetimi kapsamında ormanlarda yapılan uygulamalar genellikle toprak organik karbonunun tükenmesine neden olduğunu ve (iii) orman yangınları gibi iklim değişikliğinin dolaylı etkileri, toprak organik karbonu üzerinde doğrudan iklim değişikliği etkilerinden (örneğin artan sıcaklıklardan) daha büyük bir etkiye sahip olabileceğini saptamışlardır (Beillouin ve ark., 2023). Arazi kullanım uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin bilgi, toprağa özgü yönetim uygulamalarının geliştirilmesi için çok önemli olduğunu belirtmektedir (Kahsay ve ark., 2023). Bu bağlamda Kahsay ve ark. (2023) tarafından, Kuzey Etiyopya'nın Hintalo Wajerat bölgesindeki farklı arazi kullanım türlerinin toprak kalite indeksini ölçmek için, yirmi üç biyokimyasal ve fiziksel toprak özelliği, ekili araziden, çayır arazisinden ve çalılıklardan 0-30 cm derinlikte ölçülmüştür. Minimum veri seti seçimi için temel bileşen analizi, diskriminant analizi ve uzman görüşü kullanılmış ve doğrusal ile doğrusal olmayan puanlama yöntemleri kullanılarak altı toprak kalite indeksi oluşturulmuştur. Toplam veri setinin üyelerini belirlemek için tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Sonuçlar anlamlı olduğunu göstermiş ( $p < 0.05$ ), arazi kullanım türleri arasında toprak kalite endeksindeki farklılık, ekili arazi topraklarında iyileştirilmiş yönetim ihtiyacını yansıtmaktadır (Kahsay ve ark., 2023).

Toprağın önemli bir doğal kaynak olması ve bu nedenle de toprak sağlığı, kırsal geçim kaynakları için büyük bir endişe kaynağıdır. Özellikle de tarım arazileri, toprak erozyonu nedeniyle büyük bir bozulmaya ve önemli toprak besin maddelerinin kaybına maruz kalmaktadır. Sanogo ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, Güney Mali'nin iki tarımsal-ekolojik bölgesinde toprak erozyonunun mekânsal dağılımı ve farklı arazi kullanımı altındaki toprak besin değişimleri teşhis edilmiştir. Elde edilen veriler, 2015'ten 2019'a kadar arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliği analizinin sonuçları, tarım arazisi yararına su kütlelerinde, çıplak arazilerde ve savan ormanlık alanlarında önemli alan azalmaları olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, farklı arazi kullanım koşulları altında yıllık toprak kaybında önemli farklılıklar olduğu ve en yüksek erozyon oranlarının tarım alanlarında görüldüğü tespit edilmiştir (Sanogo ve ark., 2023). Bir alan üzerindeki toprak erozyonu riski, çevresel değişimin erozyon riski üzerindeki etkilerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için bir arazi/su havzası yönetim aracı olarak hizmet edebilecek Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama ile yaygın olarak bulunan biyofiziksel verilerin birleştirilmesiyle ölçülebilmektedir (Leh ve ark., 2013).

Yukarıda tartışılan literatür ve Ardahan özelinde toprakla ilgili yapılan çalışmaların yetersiz kalması nedeniyle bu çalışmanın amacı, Ardahan iline ait bazı temel toprak, arazi ve coğrafi özelliklerin belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla bir veri tabanı oluşturularak belirlenen bileşenlerin konumsal dağılım haritalarının üretilmesidir.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü içerisinde bulunmaktadır. Ardahan (1825 m), kuzeyde Gürcistan, doğuda Ermenistan ile Gürcistan, güneyde Kars ve batıda ise Artvin ile komşudur. Ardahan genel olarak 40°37'- 41°35' kuzey enlemleri ile 42°15'- 43°28' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

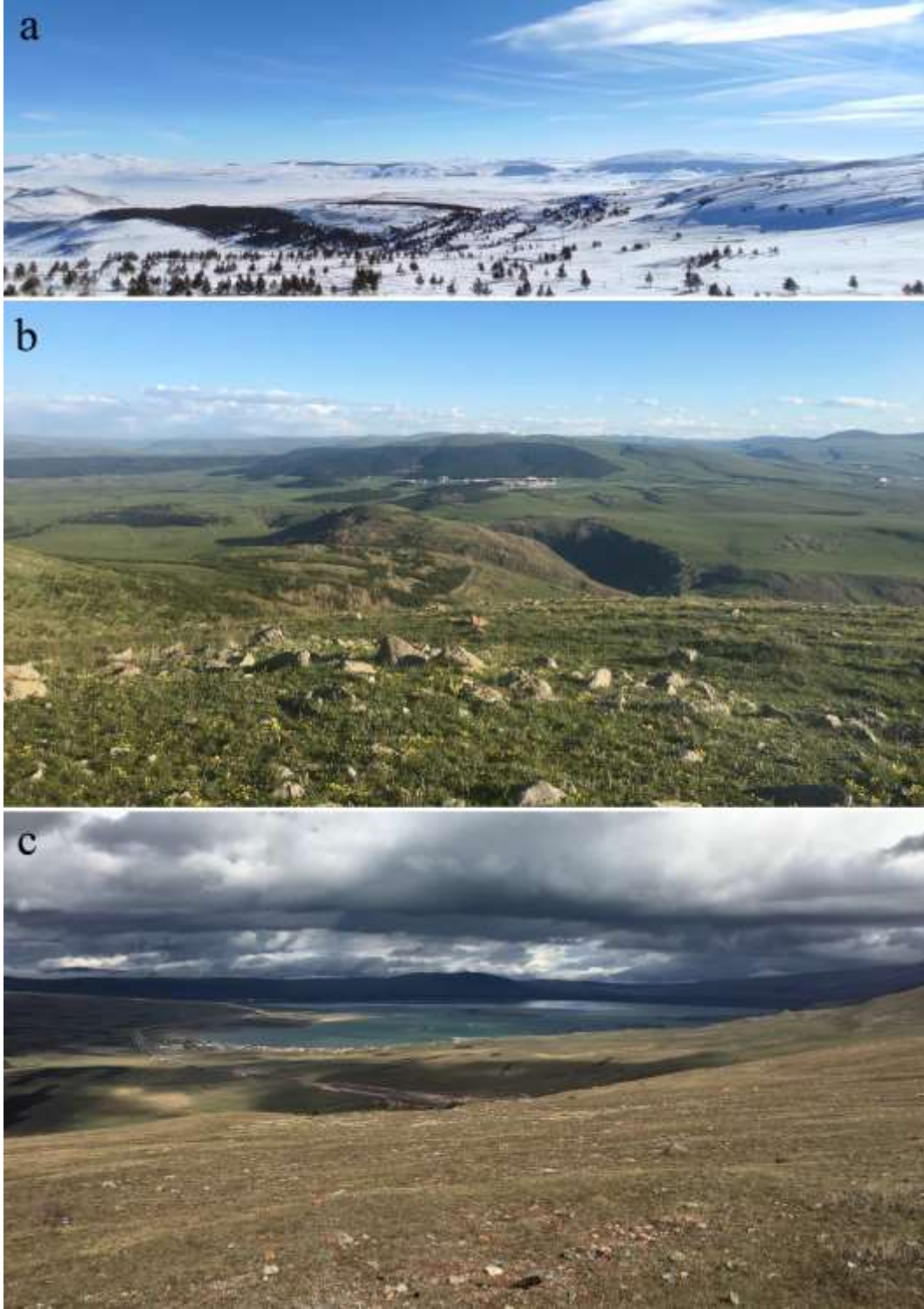
Ardahan batıda Yalnızçam Dağları (3167 m), kuzeyde Keldağ (3033 m), doğuda Akbaba Dağı (3026 m), güneyde ise Kısır Dağı (3197 m) ile Allahuekber Dağları (3120 m) tarafından sınırlandırılmıştır. Çalışma alanının en yüksek noktası Çıldır Gölü (1959 m) batısında yer alan Kısır Dağı'dır. Bahsi geçen dağlık sahalar dışında kütle halinde alanın batısında Uğurlu Dağı (2806 m), volkanik koniler halinde ise alanın kuzeyinde Cin Dağı (2957 m) ile Ilgar Dağı (2918 m) da yer almaktadır. Ardahan'daki yüksek dağlık alanlar arasında Ardahan (1825 m), Göle (2038 m), Köprülü (2054 m), Çıldır (1959 m), Aktaş (1798 m), Hasköy (1851 m), Hanak (1830 m) ve Posof (1583 m) tektonik depresyonları bulunmaktadır. Allahuekber Dağları'ndan kaynaklanan Kura Nehri yörelin en büyük akarsuyudur. Bünyesine Çot Suyu, Çakmaklı Deresi ve Karaçay'ı da alarak Kurtkale civarından ülkeyi terk ederek Gürcistan'a geçmektedir. Posof Çayı da kuzeyde Türkgözü yakınlarından sınır dışına çıkararak Ahıska dolaylarında Kura Nehri ile birleşmektedir (Şekil 2).

Çalışma alanının jeolojik yapısı Triyas'tan başlayarak Kuvaterner'e kadar devam eden aralıkta şekillenmiştir. Bu kapsamda Ardahan'da Triyas yaşlı metamorfik seri (metavolcano, metakırıntılı ve rekristalize kireçtaşı) Allahuekber Dağları kuzeyinde yer alırken, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise Ardahan, Göle, Köprülü, Hanak, Hasköy ve Çıldır ovalarında bulunmaktadır (Şekil 3). Ardahan'ın büyük çoğunluğu Pliyosen yaşlı andezitler, Pliyo-Kuvaterner ve Eosen-Miyosen yaşlı piroklastik kayalar, aglomera, tüf, pomza, volkanik kül, ignimbritlerden oluşmaktadır (Aktimur ve ark., 1992a, 1992b; Keskin, 2013a, 2013b; Karabalık, 2013; Konak ve Hakyemez, 2008).

Ardahan ve çevresinin yıllık ortalama sıcaklık değerleri 3.7 °C, Posof ve çevresinin 7.2 °C, Çıldır ve çevresinin 5.2 °C, Göle ve çevresinin 2.7 °C, Hanak ve çevresinin 4.9 °C, Damal ve çevresinin 4.1 °C, Yalnızçam Kayak Merkezi ve çevresinin ise 4.6 °C şeklindedir (Şekil 4). Yıllık toplam yağış değerlerinin ise, Ardahan ve çevresi için 547 mm, Posof ve çevresi için 612 mm, Çıldır ve çevresi için 616 mm, Göle ve çevresinin 832 mm, Hanak ve çevresinin 616 mm, Damal ve çevresinin 599 mm ve Yalnızçam Kayak Merkezi ve çevresinin ise 294 mm olduğu belirlenmiştir (MGM, 2023).





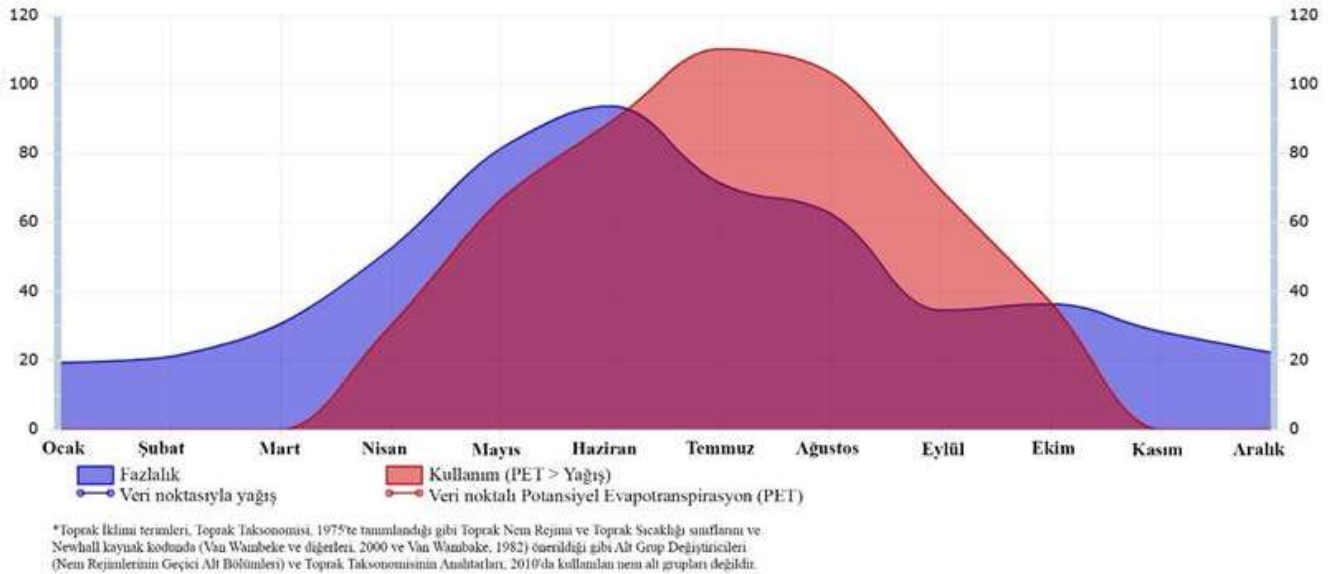
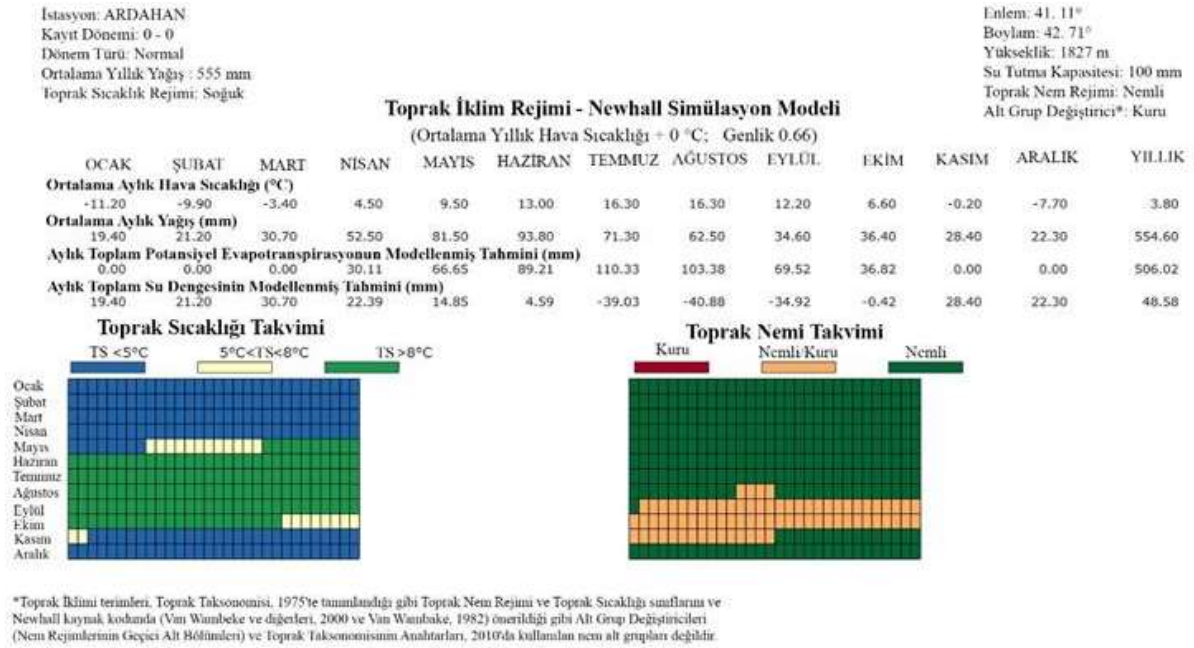


Şekil 4. Çalışma alanı ve yakın çevresinin görünümüleri-Ardahan Ovası (a), Ardahan Üniversitesi (b), Aktaş Gölü (c).

Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanı, kurak mevsimi olmayan nemli karasal (soğuk) iklim sınıflandırması içerisinde değerlendirilmektedir. Ardahan, kuraklık indisine göre nemli ve çok nemli sınıflandırma içerisinde bulunmaktadır. Sahanın hiyerarşik kümeleme yöntemi Ward tekniğine göre belirlenen bölgelerden olan yarı nemli ve soğuk karasal Doğu Anadolu iklim bölgesi ile yazı yağışlı, yarı nemli ve soğuk karasal Kuzeydoğu Anadolu İklim Bölgesi arasında geçiş konumunda yer aldığı görülmektedir. İnceleme alanı yağış rejiminin Türkiye ölçeğinde oluşturulan sınıflandırmaya göre ise orta yağışlı bir ilkbahar/ilkyaz ve kar yağışlı çok soğuk bir kış mevsimi ile, kurak-yarı nemli ve yarı nemli bozkır ile yüksek arazi sınıfı içerisinde değerlendirilmektedir. Bölge genel olarak kışın Doğu Avrupa-Batı Sibirya-Hazar Havzası bölgelerinden kaynaklanan polar hava sistemlerinin, yazın ise temel olarak Güneybatı Asya ve Muson Asyası kökenli tropikal hava sistemlerinin denetimleri ve etkilerini yansıtmaktadır (Türkes, 2022).



Ayrıca Ardahan ili uzun yıllar meteorolojik verileri dikkate alınarak yapılan Newhall simülasyon modeline göre (Van Wambeke, 2000), toprakların sıcaklık ve nem rejimleri incelendiğinde, sıcaklık rejimi soğuk, nem rejimi ise nemli (alt grup seviyesinde ise kuru) olarak tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanı topraklarının sıcaklık ve nem rejimi diyagramı.

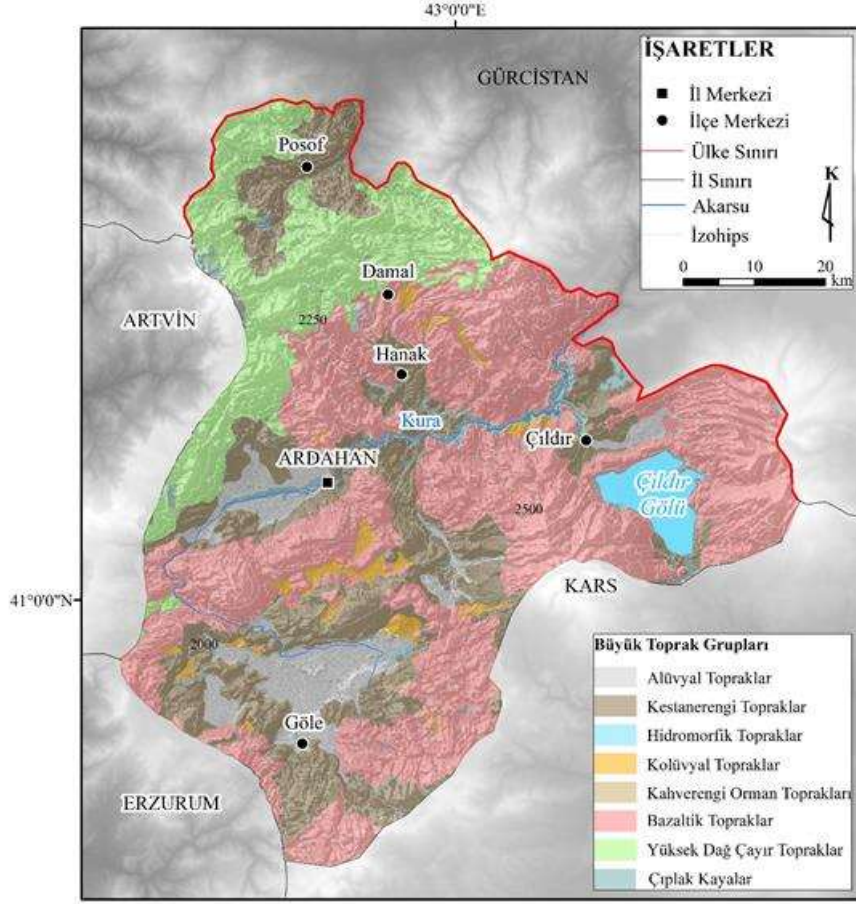
## Yöntem ve Analizler

Çalışma, arazi ve büro çalışmaları olarak iki aşamada yürütülmüştür. Arazi çalışması sırasında elde edilen veriler, büro çalışmaları ile analiz edilerek değerlendirilmiştir. Araştırma alanını oluşturan Ardahan il sınırı için ALOS PALSAR uydu verileri ve 12.5 metre çözünürlükte oluşturulan sayısal yükselti modeli (DEM: Digital Elevation Model) verileri kullanılmıştır (Asf Daac, 2015). Veriler ArcGIS 10.5 paket programı kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında işlenmiştir. Haritalama ve veri hazırlama işlemleri sırasında sahanın, topografya, eğim, baki, jeoloji, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyeti, erozyon, derinlik ve büyük toprak grupları haritaları oluşturularak analiz edilmiştir. Ayrıca Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Ardahan il arazi varlığına ait toprak paftaları sayısallaştırılmış ve CBS ortamına aktarılmıştır. Sonrasında, haritalarda yer alan tüm özellikler öz nitelik tablosu olarak CBS

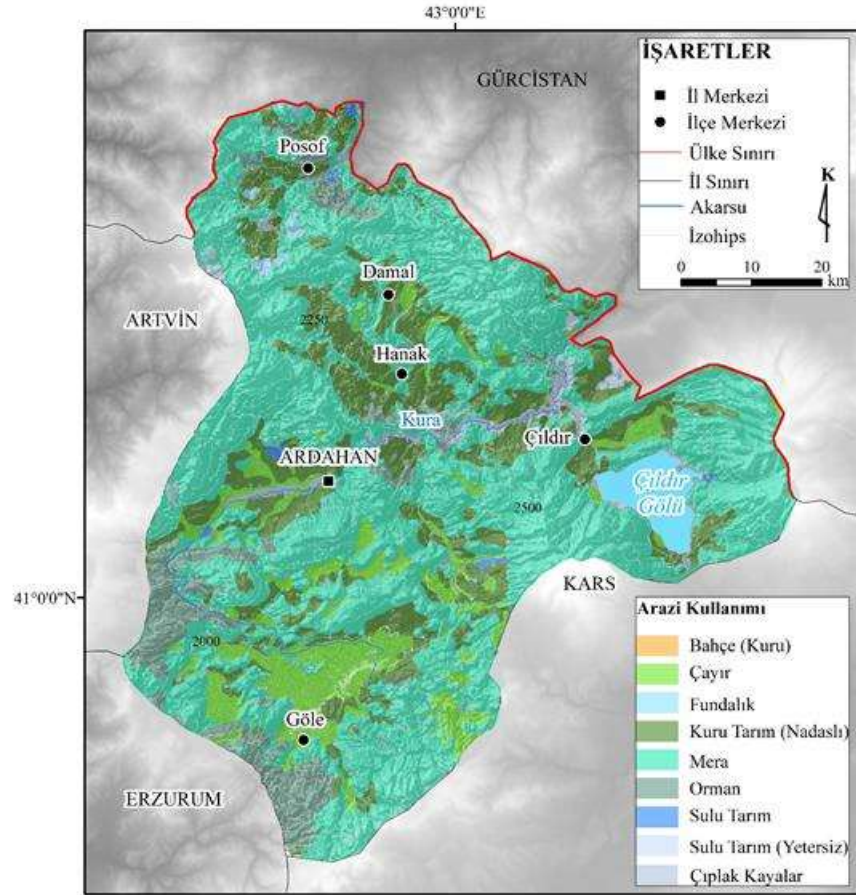








Şekil 8. Çalışma alanının büyük toprak grupları haritası.

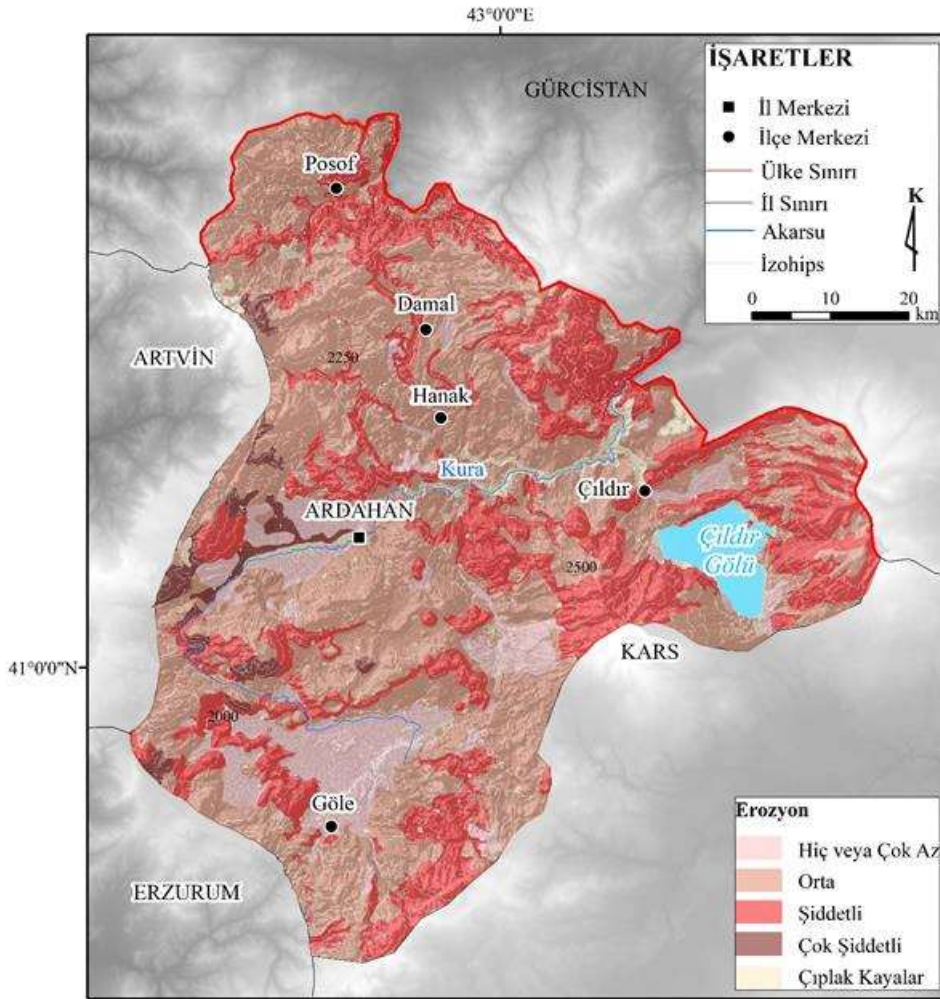


Şekil 9. Çalışma alanının arazi kullanım haritası.

Çizelge 3. Çalışma alanının arazi kullanım sınıfları ve alanları (ha).

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	Oran (%)
Bahçe	116.67	0.02
Çayır	48561.85	9.16
Fundalık	2738.67	0.51
Kuru Tarım (Nadaslı)	94823.13	17.89
Mera	316358.56	59.69
Orman	36723.61	6.92
Sulu Tarım	1951.89	0.36
Sulu Tarım (Yetersiz)	298.87	0.1
Çıplak Kayalar	28368.67	5.35
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>

Çalışma alanının erozyon haritası incelendiğinde % 51.55 oranında orta şiddetli erozyon sahalarının yaygın olduğu görülmektedir (Şekil 10). Bunu takiben % 30.92 ile şiddetli erozyon alanları, % 9.61 ile çok az erozyon alanları ve % 2.49 ile çok şiddetli erozyon alanlarının varlığı da söz konusudur (Çizelge 4).



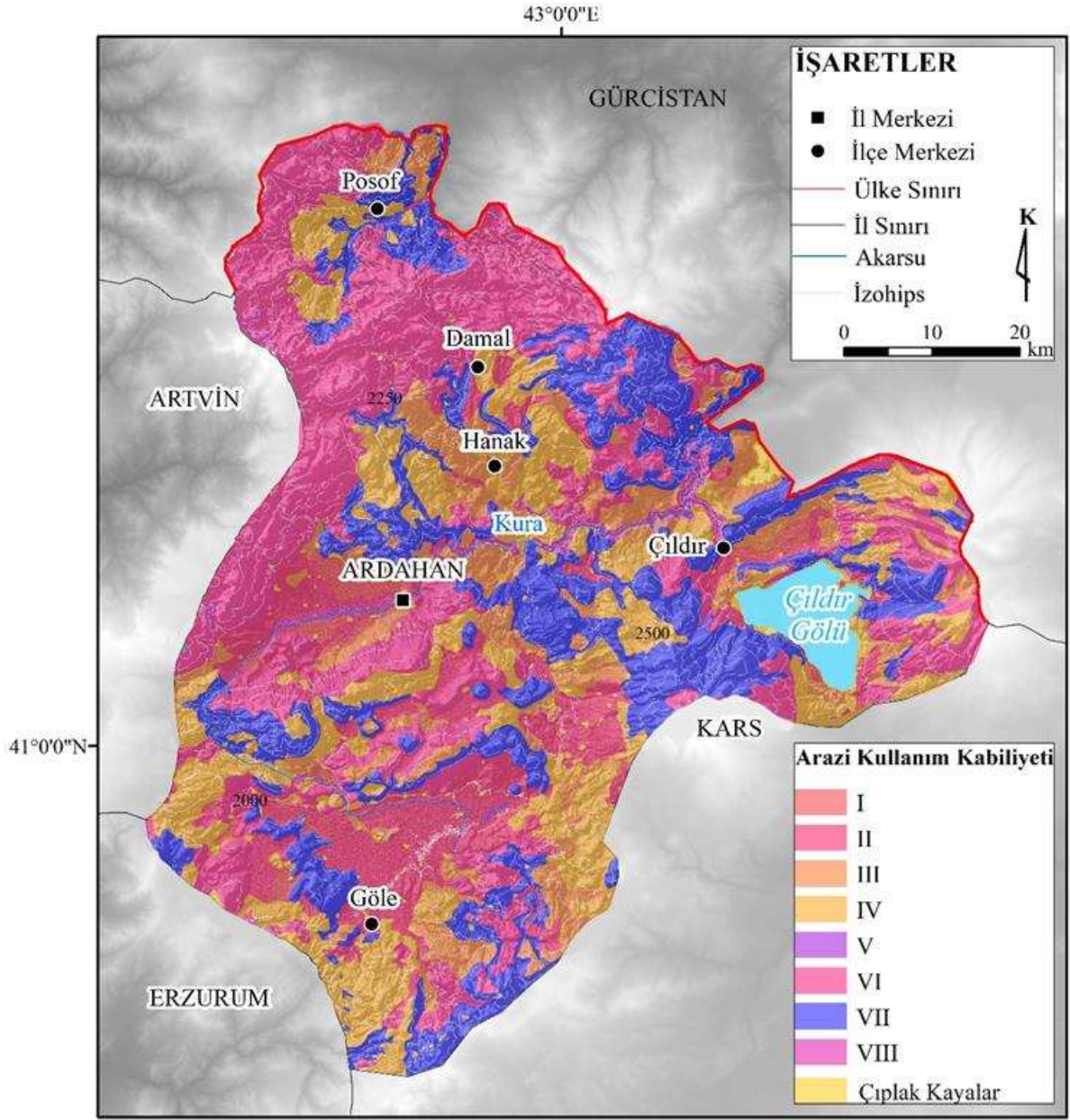
Şekil 10. Çalışma alanının erozyon haritası.

Çizelge 4. Çalışma alanının erozyon sınıfları ve alanları (ha).

Erozyon	Alan (ha)	Oran (%)
Hiç veya Çok Az	50951.86	9.61
Orta	273116.86	51.55
Şiddetli	162877.68	30.92
Çok Şiddetli	13227.56	2.49
Çıplak Kayalar	28800.97	5.43
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>



Çalışma alanında arazi kullanım kabiliyet sınıflarına göre % 30.18 ile VI. sınıf araziler en fazla yayılım göstermektedir (Şekil 11). VI. sınıf arazileri sırasıyla % 22.63 ile VII. sınıf, % 17.83 ile IV. sınıf araziler takip etmektedir (Çizelge 5).



Şekil 11. Çalışma alanının arazi kullanım kabiliyet haritası.

Çizelge 5. Çalışma alanının arazi kullanım kabiliyet sınıfları ve alanları (ha).

Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı	Alan (ha)	Oran (%)
I	9215.50	1.73
II	59351.48	11.19
III	58200.60	10.98
IV	94497.25	17.83
V	432.29	0.10
VI	159949.61	30.18
VII	119954.52	22.63
VIII	8281.61	1.56
Çıplak Kayalar	20087.06	3.80
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>





Ardahan ili eğim özellikleri açısından % 19.61 oran ile % 10 üzeri yüksek eğim değerlerine sahiptir. Ardahan ilinin ova tabanlarının farklı bakı özelliği göstermediği, yüksek dağlık sahalarda ise bakı özelliğinin farklılaştığı belirlenmiştir. En yaygın görülen toprak grubu alanın büyük çoğunluğunda yayılış gösteren % 46.12 ile bazaltik topraklardır. Arazi kullanımına göre Ardahan ilinde % 59.69 ile meralar geniş alan kaplamaktadır. Ardahan ili bünyesinde % 51.55 oranında orta şiddetli erozyon sahaları en yaygın alanlardır. Arazi kullanım kabiliyet sınıflarına göre en fazla % 30.18 ile VI. sınıf araziler dağılışı göstermektedir. Toprak derinlik özelliklerine göre Ardahan ilinde % 47.66 ile orta derinlikte topraklar yer almaktadır. Siirt ili topraklarının topoğrafik koşulları nedeniyle gerek işlemeli tarıma uygun çok az alanların olduğu, gerekse de toprak erozyonunun potansiyel tehdidi altında olduğu ve düz eğimli araziler dışında kalan il arazi varlığının çok büyük bir kısmının özel önlemlere ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. [Özyazıcı ve ark. \(2014\)](#)'nın yaptıkları çalışmaya göre Siirt ilinin yarısından çoğunda (yaklaşık % 65'inde) kahverengi orman toprağı bulunmaktadır. Arazi kullanım haritasına bakıldığında ilin % 44'lük kısmının fundalık, % 31'lik kısmının ise meralık arazilerden oluştuğu görülmektedir. Erozyon durumu açısından ise Siirt ilinin yaklaşık % 90'ında orta, şiddetli ve çok şiddetli erozyon olduğu görülmüştür. İşlemeli tarıma uygun araziler ilde oldukça sınırlıdır. Siirt ili toplam alanının sadece % 9'luk kısmı I., II. ve III. sınıf kabiliyete sahip alanlardan oluşmaktadır. Toprak derinlik haritası incelendiğinde ise % 85 oranıyla sahanın büyük kısmının çok sığ ve sığ topraklardan oluştuğu belirlenmiştir ([Özyazıcı ve ark., 2014](#)). Potansiyel tarım alanlarının tarım dışı arazi kullanımlarına yönelik olarak günümüzde ilk sırayı artan nüfusun oluşturduğu arazi baskıları oluşturmaktadır. Samsun ilinin tarımsal potansiyeli yüksek alanlarının dağılımları toplam alan içerisinde oldukça az ve bu alanların büyük bir kısmı da özellikle Bafra ve Çarşamba Ovaları üzerinde yer almaktadır. Bu arazilerin daha akılcı ve sürdürülebilir kullanımlarının sağlanabilmesi ancak toprakların kalite ve karakteristiklerinin tanımlanıp bu özelliklere göre kullanılması ile gerçekleştirilebilir ([Dengiz ve Sarıoğlu, 2011](#)). Samsun Bafra Ovası'nda yamaçta profil gelişiminde en önemli olumsuz etkinin, toprak oluşturuç faktör konumları (omuz ve sırt eğimi) toprak erozyonu olduğu ifade edilmiştir. Toprak erozyonu ve kütle hareketi ile heyelanlar dağlık bölgelerdeki önemli jeomorfolojik süreçlerdir. Toprak gelişimi tüm bölgelerde devam ederken regolit kaplı alan, kütle hareketi ile bir anda kesilebilmektedir. Bu kesinti yüksek eğim derecelerinde nispeten yaygındır. Dolayısıyla regosol orada genellikle baskındır. Bu nedenle bu topraklar genç topraklar olarak tanımlanmaktadır ([Dengiz ve ark., 2013](#)). Ardahan Kura Nehri ve yakın çevresinde alan kullanımlarının belirlenmesinde doğal ve kültürel kaynak değerleri ayrıntılı bir şekilde [Zengin ve Yılmaz \(2008\)](#)'ın yaptıkları çalışmada ele alınmıştır. Yapılan değerlendirme sonuçlarına göre 94086 hektarlık araştırma alanının 25479 hektarı (% 27.08) tarım alanı, 20895 hektarı (% 22.21) mera alanı, 18858 hektarı (% 20.04) çayır alanı, 9767 hektarı (% 10.38) orman, 7955 hektarı (% 8.46) koruma ve turizm-rekreasyon alanları, 4175 hektarı (% 4.44) yerleşim alanı ve 6957 hektarı (% 7.39) ise sulak alanlar için uygundur ([Zengin ve Yılmaz, 2008](#)). Yukarı Kura Nehri Havzası; jeolojik yapı, morfolojik özellikler ve iklim şartları yönünden olduğu kadar toprak coğrafyası yönünden de ilgi çekici bir sahadır. Arazide yapılan çalışmalar sırasında toprak oluşumunu etkileyen faktörler (yapı ve relief, iklim, vejetasyon, zaman ve erozyon) dikkate alınmış ve ana toprak tiplerini ayırt edici nitelikteki yerlerde [Koçman \(1984\)](#) tarafından profiller açılmıştır. Açılan profiller üzerinde toprağın horizonlaşma, renk, strüktür, derinlik, ana malzeme, kireç ve kök yayılışı özellikleri de incelenmiştir ([Koçman, 1984](#)). Yukarı Kura Nehri Havzası'nda başta iklim koşulları olmak üzere, morfolojik ve edafik faktörler belirgin olarak birtakım bitki topluluklarının ortaya çıkmasına neden olmuş ve alçak kesimlerden (çöküntü ovalarından) daha yüksek kesimlere doğru birbirinden farklı özellikte bitki kuşakları meydana gelmiştir. Araştırma alanındaki toprak tiplerinin oluşumu ve dağılışı üzerinde anakayadan çok; iklim, relief ve vejetasyonun etkili olduğu söylenebilir. Nitekim, zonal topraklar grubuna giren ve havzada bulunan topraklardan çernozyomlar ve kestanerengi step toprakları, soğuk ve orta derecede nemli step vejetasyonu alanlarının topraklarıdır. Buna karşılık, yüksek relief ve elverişsiz iklim koşulları pedojenezin gidişini etkilemiştir. Havzada eğim, anakaya ve jeomorfolojik özelliklerin etkisi altında kahverengi orman toprakları, yüksek dağ-çayır toprakları ve litosoller gibi çeşitli toprak tipleri geniş alanlar kaplarlar. Alüvyal ve hidromorfik alüvyal topraklar ise depresyonlarda yaygındır ([Koçman, 1990](#)).

### **Ardahan ilinin toprak verimlilik özellikleri**

Ülkemizin özellikle tarım arazilerinde dağılım gösteren toprakların bitki besin element içeriklerinin belirlenmesine yönelik yapılan en kapsamlı çalışma, Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce 1980-1991 yılları arasında yürütülen "Türkiye Topraklarının Verimlilik Envanteri (TOVEP)" Projesi'dir ([Dengiz ve ark., 2007](#)). Bu proje kapsamında, iller düzeyinde toprakların verimliliklerine yönelik makro bitki besin maddeleri yönünden organik madde içeriğine bağlı olarak azot, fosfor ve potasyum ile mikro besin

elementleri olarak da demir, bakır, mangan ve çinko içerikleri incelenmiştir. TOVEP projesi de dikkate alınarak Güleç ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen Ardahan iline yönelik verimlilik çalışmalarında Ardahan ili topraklarının, alınabilir fosfor ( $P_2O_5$ ) içerikleri yönünden % 11'inin yüksek ve % 87'sinin çok yüksek düzeylerde yarayışlı fosfor içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca toprakların alınabilir fosfor içeriklerinin az olması nedeniyle toprakların fosforlu gübre ihtiyacının daha yüksek olduğunu da belirtmişlerdir. Ardahan ili topraklarının organik madde içerikleri yönünden % 56.15'inin orta ve % 43.85'inin iyi düzeyde organik madde içerdiği ifade edilmiştir. Özellikle organik madde içeriği % 2'nin altında olan toprakların organik madde eksikliğini gidermek için hayvan gübresi, yeşil gübreleme gibi organik gübreleme uygulamaları yapılması gerekmektedir. Diğer bir makro bitki besin elementi olan potasyum yönünden Ardahan ili topraklarının tamamının yüksek düzeyde yarayışlı potasyum içermekte olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle il topraklarında potasyumlu gübre uygulamasına gerek duyulmamaktadır. Mikro besin elementleri yönünden ise araştırmacılar il topraklarının demir, bakır ve mangan yönünden yetersizliğin olmadığını belirtmişlerdir. Fakat çinko içeriklerinin ise il topraklarının % 2.55'i çok az, % 12.22'si az, % 74.43 yeter ve % 10.80'inin fazla seviyede alınabilir olduğunu belirtmişlerdir.

## Sonuç

Ardahan genel hatlarıyla kuzeyde Keldağ (3033 m), batıda Yalnızçam Dağları (3167 m), güneyde Kısır Dağı (3197 m) ile Allahuekber Dağları (3120 m), doğuda ise Akbaba Dağı (3026 m) ile sınırlandırılmıştır. Jeolojik yapı Triyas'tan başlayarak Kuvaterner'e kadar devam etmektedir. Ardahan'ın hiyerarşik kümeleme yöntemi Ward tekniğine göre belirlenen bölgelerden olan yarı nemli ve soğuk karasal Doğu Anadolu İklim Bölgesi ile yazı yağışlı yarı nemli ve soğuk karasal Kuzeydoğu Anadolu İklim Bölgesi arasında geçiş konumunda yer aldığı görülmektedir. Toprakların buldukları ekolojik koşullar altında yerel, bölgesel, ulusal ve kıtasal düzeylerde birbirinden çok farklı özelliklere sahip olmasında ve arazi kullanımı ile arazi örtüsünde coğrafi özellikler önemli rol üstlenmektedirler. Ardahan ili ülkemizin en yüksek kesimlerinde yer almakta olup, baskın olarak % 10 üzeri yüksek eğim değerleri söz konusudur. Ayrıca çalışma alanında yüksek dağlık alanların yaygınlığı bakı özelliğinde, dolayısıyla da toprakların sıcaklık ve nem içeriklerinde farklılaşmaya da neden olabilmektedir. Bu etkenlerin yanı sıra volkanik materyalin baskın olduğu buna ilaveten diğer kayaçların etkisiyle de yedi farklı toprak grubu meydana gelmiştir. Bu toprak grupları içerisinde en yaygın olanı bazaltik topraklardır. Ardahan ilinde arazi kullanımı açısından meralar geniş alan kaplamaktadır. Çalışma alanında orta şiddetli erozyon alanları yaygındır. Arazi kullanım kabiliyet sınıflarına göre VI. sınıf araziler en fazla dağılışı göstermektedir. Toprak derinlik özelliklerine göre orta derinlikte topraklar daha yaygın olarak yer almaktadır.

Ardahan ili topraklarının coğrafi koşulları nedeniyle I., II., III. ve IV. sınıf olan işlemeli tarıma uygun alanların çok az olduğu, buna karşın hayvancılığa elverişli mera arazilerinin daha yaygın olduğu görülmektedir. Fakat bu alanlar uygun mera yönetimi altında kullanılmadıkları takdirde potansiyel erozyon tehlikeleri yüksektir. Dolayısıyla arazi ve toprak kaynaklarına ait özelliklerin belirlenmesi ve haritalanma çalışmaları yapılması ile bu alanlarda uygulanacak olan tarımsal faaliyetler, arazi veya havza planlama çalışmaları gibi önemli konularda daha detaylı ve işlevsel planlar yapılabilmesi için karar vericilere önemli veri kaynakları oluşturacaktır.

## Katkı Belirtme ve Teşekkür

Yazar, arazi çalışmalarındaki yardımlarından ve daima desteklerinden dolayı sayın Prof. Dr. Orhan Dengiz, Dr. Kuttusi Zorlu ve doktora öğrencisi Soner Serin'e içtenlikle teşekkür eder.

## Kaynaklar

- Aktimur H T, Tekirli M E, Yurdakul M E, Ürgün B M, Ercan T. 1992a. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan F-50 (C-36) Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 39.
- Aktimur H T, Tekirli M E, Yurdakul M E, Ürgün B M, Ercan T. 1992b. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Kars G-50 (D-36) Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 40.
- Alaboz P, Odabaş M S, Dengiz O. 2023. Soil quality assessment based on machine learning approach for cultivated lands in semi-humid environmental condition part of Black Sea region. Archives of Agronomy and Soil Science. <https://doi.org/10.1080/03650340.2023.2248002>.



- Álvarez E, Monterroso C, Fernández Marcos M L. 2002. Aluminium fractionation in Galician (NW Spain) forest soils as related to vegetation and parent material. *Forest Ecology and Management*, 166, 1-3, 193-206. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00658-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00658-2).
- Álvarez E, Viadé A, Fernández-Marcos M L. 2009. Effect of liming with different sized limestone on the forms of aluminium in a Galician soil (NW Spain). *Geoderma*, 152, 1-2, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.011>.
- Asf Daac. 2015. ALOS PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_low\_res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 11 November 2015. <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>.
- Beillouin D, Corbeels M, Demenois J, Berre D, Boyer A, Fallot A, Feder F, Cardinael R. 2023. A global meta-analysis of soil organic carbon in the Anthropocene. *Nature Communications*, 14, 3700. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39338-z>.
- Blum J, Herpin U, Melfi A J, Montes C R. 2012. Soil properties in a sugarcane plantation after the application of treated sewage effluent and phosphogypsum in Brazil. *Agricultural Water Management*, 115, 203-216. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.09.010>.
- Bünemann E K, Bongiorno G, Bai Z, Creamer R E, Deyn G, Goede R, Fleskens L, Geissen V, Kuyper T W, Mäder P, Pulleman M, Sukkel W, Groenigen J W, Brussaard L. 2018. Soil quality-A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.
- Cai A, Xu M, Wang B, Zhang W, Liang G, Hou E, Luo Y. 2019. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility. *Soil and Tillage Research*, 189, 168-175. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.022>.
- Caires E F, Garbuió F J, Churka S, Barth G, Corrêa J C L. 2008. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. *European Journal of Agronomy*, 28, 1, 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.05.002>.
- Cianfrani C, Buri A, Verrecchia E, Guisan A. 2018. Generalizing soil properties in geographic space: Approaches used and ways forward. *Plos One*, 13, 2, e028823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208823>.
- Dai Z, Zhang X, Tang C, Muhammad N, Wu J, Brookes P C, Xu J. 2017. Potential role of biochars in decreasing soil acidification-A critical review. *Science of The Total Environment*, 581-582, 601-611. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.169>.
- Demirağ Turan İ, Dengiz O. 2017. Erosion risk prediction using multi-criteria assessment in Ankara. *Journal of Agriculture Science*, 23, 3, 285-297.
- Dengiz O, Özcan H, Güntürk A, Köşker Y. 2007. Tarımsal amaçlı fiziksel arazi değerlendirme çalışmalarında bilgisayar model yaklaşımı (Tosatadem-2005). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22, 1, 55-63.
- Dengiz O, Sağlam M, Özyaytekin H H, Başkan O. 2013. Weathering rates and some physico-chemical characteristic of soils developed on a calcic toposequences. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8, 2, 13-24.
- Dengiz O, Sarıoğlu F E. 2011. Samsun ilinin potansiyel tarım alanlarının genel dağılımları ve toprak etüd ve haritalama çalışmalarının önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26, 3, 241-253.
- Dengiz O. 2010. Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16, 3, 205-212. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000001139](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001139).
- Dengiz O. 2020. Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66, 3, 301-315. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610880>.
- Dong Y, Yang J L, Zhao X R, Yang S H, Zhang G L. 2021. Contribution of different proton sources to the acidification of red soil with maize cropping in subtropical China. *Geoderma*, 392, 114995. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114995>.
- Du Y, Cui B, Zhang Q, Wang Z, Sun J, Niu W. 2020. Effects of manure fertilizer on crop yield and soil properties in China: A meta-analysis. *Catena*, 193, 104617. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104617>.
- García-Rodeja E, Nóvoa J C, Pontevedra X, Martínez-Cortizas A, Buurman P. 2004. Aluminium fractionation of European volcanic soils by selective dissolution techniques. *Catena*, 56, 1-3, 155-183. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2003.10.009>.
- Güleç H, Pılanalı N, Kalınbacak K, Keçeci M, Özcan H. 2018. Ardahan Gübreleme Rehberi. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Hao T, Liu X, Zhu Q, Zeng M, Chen X, Yang L, Shen J, Shi X, Zhang F, Vries W. 2022. Quantifying drivers of soil acidification in three Chinese cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 215, 105230. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105230>.
- Jazouli A, Barakat A, Khellouk R, Rais J, Baghdadi M. 2019. Remote sensing and GIS techniques for prediction of land use land cover change effects on soil erosion in the high basin of the Oum Er Rbia River (Morocco). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 13, 361-374. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.004>.
- Joos L, Tender C, Holderbeke A, Clement L, Vandecasteele B, Debode J. 2023. Exploring the microbial response as a potential bio-indicator for soil health: Insights from a controlled incubator experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 356, 108634. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108634>.
- Juhos K, Czígány S, Madarász B, Ladányi M. 2019. Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment-A multivariate approach for Central European arable soils. *Ecological Indicators*, 99, 261-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063>.
- Kahsay A, Haile M, Gebresamuel G, Mohammed M, Okolo C C. 2023. Assessing land use type impacts on soil quality: Application of multivariate statistical and expert opinion-followed indicator screening approaches. *Catena*, 231, 107351. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107351>.
- Karabalık N N. 2013. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Kars G-49 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi. No: 182.
- Keskin İ. 2013a. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan E-48 ve F-48 Paftaları. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 180.
- Keskin İ. 2013b. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan E-49 ve F-49 Paftaları. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 181.
- Koçman A. 1984. Yukarı Kura Nehri havzasının toprakları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 2, 1, 151-176.
- Koçman A. 1990. Kura Nehri yukarı havzasında doğal bitki toplulukları ve yetişme ortamı özellikleri (NE Anadolu). *Ege Coğrafya Dergisi*, 5, 1, 44-54.
- Konak N, Hakyemez H Y. 2008. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Kars G-48 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 104.
- Kosmas C, Danalatos N, Cammeraat L H, Chabart M, Diamantopoulos J, Farand R, Gutierrez L, Jacob A, Marques H, Martinez-Fernandez J, Mizara A, Moustakas N, Nicolau J M, Oliveros C, Pinna G, Puddu R, Puigdefabregas J, Roxo M, Simao A, Stamou G, Tomasi N, Usai D, Vacca A. 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29, 1, 45-59. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(96\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(96)00062-8).
- Leh M, Bajwa S, Chaubey I. 2013. Impact of landuse change on erosion risk: An integrated remote sensing, Geographic Information System and Modeling methodology. *Land Degradation & Development*, 24, 5, 409-421. <https://doi.org/10.1002/ldr.1137>.
- Li L, Wang Y, Liu C. 2013. Effects of land use changes on soil erosion in a fast developing area. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, 1549-1562. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0341-x>.
- Li X, Qiao L, Huang Y, Li D, Xu D, Ge T, Meersmans J, Zhang W. 2023. Manuring improves soil health by sustaining multifunction at relatively high levels in subtropical area. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 353, 108539. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108539>.
- Liptzin D, Norris C E, Cappellazzi S B, Bean G M, Cope M, Greub K L H, Rieke EL, Tracy PW, Aberle E, Ashworth A, Tavarez O B, Bary A I, Baumhardt R L, Gracia A B, Brainard D C, Brennan J R, Reyes D B, Bruhjell D, Carlyle C N, Crawford J J W, Creech C F, Culman S W, Deen B, Dell C J, Derner J D, Ducey T F, Duiker S W, Dyck M F, Ellert B H, Entz M H, Solorio A E, Fonte S J, Fonteyne S, Fortuna A M, Foster J L, Fultz L M, Gamble A V, Geddes C M, LaHue D, Grove J H, Hamilton S K, Hao X, Hayden Z D, Honsdorf N, Howe J A, Ippolito J A, Johnson G A, Kautz M A, Kitchen N R, Kumar S, Kurtz K S M, Larney F J, Lewis K L, Liebman M, Ramirez A L, Machado S, Maharjan B, Gamiño M A M, May W E, McClaran M P, McDaniel M D, Millar N, Mitchell J P, Moore A D, Moore P A, Gutiérrez M M, Nelson K A, Omondi E C, Osborne S L, Alcalá L O, Owens P, Pena-Yewtukhiw E M, Poffenbarger H J, Lira B P, Reeve J R, Reinbott T M, Reiter M S, Ritchey E L, Roozeboom K L, Rui Y, Sadeghpour A, Sainju U M, Sanford G R, Schillinger W F, Schindelbeck R R, Schipanski M E, Schlegel A J, Scow K M, Sherrod L A, Shober A L, Sidhu S S, Moya E S, Luce M S, Strock J S, Suyker A E, Sykes V R, Tao H, Campos A T, Eerd L L, Es H, Verhulst N, Vyn T J, Wang Y, Watts D B, Wright D L, Zhang T, Morgan C L S, Honeycutt C W. 2022. An evaluation of carbon indicators of soil health in long-term agricultural experiments. *Soil Biology and Biochemistry*, 172, 108708. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108708>.

- Mangalassery S, Kalaivanan D, Philip P S. 2019. Effect of inorganic fertilisers and organic amendments on soil aggregation and biochemical characteristics in a weathered tropical soil. *Soil and Tillage Research*, 187, 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.008>.
- Manoharan V, Loganathan P, Tillman R W, Parfitt R L. 2007. Interactive effects of soil acidity and fluoride on soil solution aluminium chemistry and barley (*Hordeum vulgare* L.) root growth. *Environmental Pollution*, 145, 3, 778-786. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.05.015>.
- MGM. 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Sıcaklık ve Yağış Verileri, (1970-2022).
- Moraes F A, Moreira S G, Peixoto D S, Silva J C R, Macedo J R, Silva M M, Silva B M, Sanchez P A, Nunes M R. 2023. Lime incorporation up to 40 cm deep increases root growth and crop yield in highly weathered tropical soils. *European Journal of Agronomy*, 144, 126763. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126763>.
- Nortcliff S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88, 2, 161-168. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00253-5).
- Özgül M. 2020. Erzurum Kars Platosu'nda yüksek dağ ve çayır topraklarının yaygın özellikleri ve arazi kullanım durumu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51, 3, 309-320. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.710916>.
- Özyazıcı M A, Dengiz O, İmamoğlu A. 2014. Siirt ili bazı arazi ve toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1, 2, 128-137. <https://doi.org/10.19159/tutad.67391>.
- Rabot E, Wiesmeier M, Schlüter S, Vogel H J. 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma*, 314, 122-137. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.009>.
- Rafael R B A, Fernandez-Marcos M L, Cocco S, Ruello M L, Fornasier F, Corti G. 2020. Increased phosphorus availability to corn resulting from the simultaneous applications of phosphate rock, calcareous rock, and biochar to an acid sandy soil. *Pedosphere*, 30, 6, 719-733. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60034-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60034-0).
- Sanogo K, Birhanu B Z, Sanogo S, Ba A. 2023. Landscape pattern analysis using GIS and remote sensing to diagnose soil erosion and nutrient availability in two agroecological zones of Southern Mali. *Agriculture & Food Security* 12, 4. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00408->
- Shao-Cheng S, Yu-Cheng W, Yuan L, Shuai Y, Xiao-Hong P, Yong-Ming L. 2023. Divergent soil health responses to long-term inorganic and organic fertilization management on subtropical upland red soil in China. *Ecological Indicators*, 154, 110486. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110486>.
- Tamene L, Adimassu Z, Aynekulu E, Yaekob T. 2017. Estimating landscape susceptibility to soil erosion using a GIS-based approach in Northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 5, 3, 221-230. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.002>.
- Tercan E, Dengiz O, Özkan B, Dereli M A, Öztekin Y B. 2022. Geographic information system-assisted site quality assessment for hazelnut cultivation using multi-criteria decision analysis in the Black Sea region, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*. 29, 35908-35933. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18127-5>.
- Türkeş M. 2022. *Klimatoloji ve Meteoroloji. Güncellenmiş ve Genişletilmiş İkinci Basım*, Kriter Yayınevi, No: 45353. ISBN: 978-605-5863-39-5.
- Van Wambeke A R. 2000. The Newhall simulation model for estimating soil moisture and temperature regimes. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY. USA.
- Zengin M, Yılmaz S. 2008. Ardahan Kura Nehri ve yakın çevresi alan kullanımlarının belirlenmesi ve optimal alan kullanım önerileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39, 1, 43-54.
- Zhang S, Yang W, Muneer M A, Ji Z, Tong L, Zhang X, Li X, Wang W, Zhang F, Wu L. 2021. Integrated use of lime with Mg fertilizer significantly improves the pomelo yield, quality, economic returns and soil physicochemical properties under acidic soil of southern China. *Scientia Horticulturae*, 290, 110502. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110502>.
- Zhang S, Zhu O, Vries W, Ros G H, Chen X, Muneer M A, Zhang F, Wu L. 2023. Effects of soil amendments on soil acidity and crop yields in acidic soils: A world-wide meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 345, 118531. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118531>.