



T.C.

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ

SONUÇ RAPORU

PROJE NO: 2024-001

PROJENİN ADI: Türkiye’den İlk Örneklerle Palsaların Jeomorfolojik, Klimatolojik ve Pedolojik Gelişiminin Belirlenmesi (Küçük Kafkaslar)

Determination of Geomorphological, Climatological and Pedological Development of Palsas with First Samples from Türkiye (Lesser Caucasus)

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Doç. Dr. Volkan DEDE

PROJE ARAŞTIRMACILARI: Prof. Dr. Orhan DENGİZ, Prof. Dr. Hüseyin ŞENOL, Doç. Dr. İnci DEMİRAĞ TURAN, Doç. Dr. Kuttusi ZORLU, Arş. Gör. Dr. Burçin Şeyda ÇORBA, Dr. Öğrencisi Soner SERİN, Dr. Öğrencisi Sena PACCİ

PROJE BÜTÇESİ: 59.803,80 TL

AĞUSTOS-2025

ARDAHAN

T.C.
ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ
SONUÇ RAPORU FORMU

i. GENEL BİLGİLER

Projenin Başlığı	Türkiye’den İlk Örneklerle Palsaların Jeomorfolojik, Klimatolojik ve Pedolojik Gelişiminin Belirlenmesi (Küçük Kafkaslar) Determination of Geomorphological, Climatological and Pedological Development of Palsas with First Samples from Türkiye (Lesser Caucasus)
Proje No	2024-001
Proje Türü	Araştırma Projeleri
Proje Yürütücüsü	Doç. Dr. Volkan DEDE
İletişim Bilgileri	Ardahan Üniversitesi, İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Kat: 1, Yenisey Yerleşkesi, 75002, Ardahan. e-posta: volkandede@ardahan.edu.tr, Tel: 0532 485 3562
Araştırmacılar	Prof. Dr. Orhan DENGİZ, Prof. Dr. Hüseyin ŞENOL, Doç. Dr. İnci DEMİRAĞ TURAN, Doç. Dr. Kuttusi ZORLU, Arş. Gör. Dr. Burçin Şeyda ÇORBA, Dr. Öğrencisi Soner SERİN, Dr. Öğrencisi Sena PACCİ
Proje Grubu	Sosyal Bilimler
Projeden Yapılan Yayınlar	-

ii. PROJENİN SÜRESİ VE BÜTÇESİ

Süre	18 Ay		
Başlama Tarihi	13/06/2024	Bitiş Tarihi	13/12/2025
Tahsis Edilen Ödenek	59.803,80 TL		
Harcanan Miktar	59.747,80 TL		
Kalan Miktar	56 TL		

iii. EK SÜRE

Onaylanan Ek Süre	-	Ek Süre Dâhil Bitiş Tarihi	
Onaylanan Ek Süre Varsa Gerekçesi			

T.C.
ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
SONUÇ RAPORU

iv. PROJE SÜRESİ BOYUNCA GERÇEKLEŞEN HARCAMANIN DÖKÜMÜ

BÜTÇE KODU	HARCAMANIN CİNSİ	HARCAMA TUTARI
3.2	Sarf Malzemesi (Laboratuvar Malzemesi-39.106,60 TL + Akaryakıt-2.761,20 TL)	41.867,80 TL
3.3	Seyahat	-
3.5	Hizmet Alımı (XRD Kil Analizi + Sem Görüntüleri Çekimi)	17.880 TL
3.7	Makine Teçhizat	-
TOPLAM HARCAMA MİKTARI		59.747,80 TL
PROJE ÖDENEK MİKTARI		59.803,80 TL
KALAN ÖDENEK MİKTARI		56 TL

v. ŞİMDİYE KADAR ALINAN MAKİNE/TEÇHİZAT LİSTESİ

TAŞINIRIN ADI	ADEDİ	BULUNDUĞU BİRİM	TUTARI	ZİMMET KAYDI YAPILAN KİŞİ
-				
TOPLAM				

I. ÖNSÖZ

Türkiye’den İlk Örneklerle Palsaların Jeomorfolojik, Klimatolojik ve Pedolojik Gelişiminin Belirlenmesi (Küçük Kafkaslar) isimli bu proje Ardahan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 18 ay süre boyunca 2024-001 proje numarası ile desteklenmiştir. Bu süre zarfında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında alınan toprak örneklerinin fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerinin analizleri proje araştırmacıları Prof. Dr. Orhan Dengiz, Prof. Dr. Hüseyin Şenol, Dr. Öğrencisi Soner Serin ile Dr. Öğrencisi Sena Pacci alanın iklim özelliklerinin değerlendirilmesi, Doç. Dr. İnci Demirağ Turan periglasyal şekillerin arazi ölçümlerinin istatistiksel analizleri, Doç. Dr. Kuttusi Zorlu ile Arş. Gör. Dr. Burçin Şeyda Çorba ve palsaların jeomorfolojik gelişimi ise Doç. Dr. Volkan Dede aracılığıyla ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçların genel olarak değerlendirilmesi ise proje ekibinin tamamı tarafından ortak gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Anadolu’da buzullaşmaya uğramadan, sadece soğuk iklim ortamlarına bağlı olarak gelişen palsaların Türkiye’de ilk olarak belirlenmesi, iklim koşulları ve toprak gelişiminin analizi açısından önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlar, sadece Çadır Dağı’nda yer alan palsaların jeomorfolojik gelişimine nicel veriler sağlamakla kalmamış, Anadolu ve Kafkasya periglasyal çalışmalarına da palsalar bağlamında özgün katkılarda bulunmuştur.

Proje kapsamında SCI olarak yayınlanması düşünülen makale yazım durumundadır. Uluslararası bir bildirinin de sunulması planlanmaktadır.

Proje ekibi, çalışmayı destekleyen Ardahan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne içtenlikle teşekkür eder.

II. PROJENİN TÜRKÇE, İNGİLİZCE ADI VE ÖZETİ

Türkiye’den İlk Örneklerle Palsaların Jeomorfolojik, Klimatolojik ve Pedolojik Gelişiminin Belirlenmesi (Küçük Kafkaslar)

Özet

Yerküre’de periglasyal süreçler, buzul çevresi bölgelerde ve soğuk iklim koşullarının etkisi altında gelişim göstermektedir. Bu süreçler sonucunda oluşan periglasyal şekiller ise paleoiklim koşullarında meydana gelmekte ve günümüzde de gelişimine devam etmektedir. Bu kapsamda Küçük Kafkaslar’da yer alan Çadır Dağı (41° 06' K, 42° 16' D, 3054 m) palsaların mevcudiyeti açısından önem taşımaktadır. Çadır Dağı, Doğu Anadolu Bölgesi’nin kuzeydoğusunda, Ardahan-Artvin illeri sınırları içerisinde ve Ardahan şehir merkezinin (1825 m) batısında yer almaktadır. Palsaların dağılışı Çadır Dağı’nın zirveler düzlüğünde söz konusudur.

Çadır Dağı’nda, Ziyaret Tepe (2972 m) güneyinde, Karga Tepe (3016 m) güneyinde ve Bülbülanbaşı Tepe (2982 m) güneyinde palsalar belirlenmiştir. Çadır Dağı’ndaki palsalar 3002 ile 2878 m yükselti aralığında yer almaktadır.

Arazi çalışmaları esnasında Çadır Dağı’ndaki palsaların uzunluk, genişlik, yükseklik, yükselti ve koordinat değerleri de ölçülmüştür. Elde edilen değerler göz önünde bulundurularak istatistiksel yöntemler ile jeomorfolojik gelişim ortaya konulmuştur. Ayrıca, palsaların jeomorfolojik gelişiminde toprak oluşumunun da belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Çadır Dağı’ndaki palsalardan 30 toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerine fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak analizleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, jeomorfolojik gelişim açısından palsaların birbirleriyle olan korelasyonu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Periglasyal süreçler, palşa, iklim, toprak oluşumu ve sınıflama, Çadır Dağı, Küçük Kafkaslar, Türkiye.

Determination of Geomorphological, Climatological and Pedological Development of Palsas with First Samples from Türkiye (Lesser Caucasus)

Abstract

In regions that are surrounded by glaciers and are impacted by cold climate conditions, periglacial processes take place on Earth. Under paleoclimatic conditions, the periglacial landforms that emerge from these processes continue to evolve to this day. In this regard, the occurrence of palsas makes Mount Çadır (41° 06' N, 42° 16' E, 3054 m a.s.l.) in the Lesser Caucasus noteworthy. Mount Çadır is situated west of the Ardahan city centre (1825 m a.s.l.) and inside the limits of the Ardahan-Artvin provinces in the northeastern portion of the Eastern Anatolia Region. Palsas can be found on the plateau at the summit of Mount Çadır.

South of Ziyaret Hill (2972 m a.s.l.), south of Karga Hill (3016 m a.s.l.), and south of Bülbülanbaşı Hill (2982 m a.s.l.) on Mount Çadır, palsas have been found. The elevation range of Mount Çadır's palsas is between 3002 and 2878 m a.s.l.

The palsas on Mount Çadır were measured for length, width, height, elevation, and coordinate values during the fieldwork. Statistical approaches have been used to reveal the geomorphological development based on the collected values. Furthermore, it is essential to ascertain the soil formation in the geomorphological evolution of palsas. In this regard, 30 soil samples were collected from the Mount Çadır palsas. The soil samples that were gathered were subjected to physical, chemical, and biological tests. The data obtained indicate that there is a correlation between the palsas with respect to geomorphological development.

Keywords: Periglacial processes, palsas, climate, soil formation and classification, Mount Çadır, Lesser Caucasus, Türkiye.

III. İÇİNDEKİLER

i. Genel Bilgiler...	2
ii. Projenin Süresi ve Bütçesi...	2
iii. Ek Süre...	2
iv. Proje Süresi Boyunca Gerçekleşen Harcamanın Dökümü...	3
v. Şimdiye Kadar Alınan Makine/Teçhizat Listesi...	3
I. Önsöz...	4
II. Projenin Türkçe, İngilizce Adı ve Özeti...	5
III. İçindekiler...	7
IV. Tablolar Dizini...	8
V. Şekiller Dizini...	9
VI. Giriş...	10
VII. Materyal ve Metod...	29
VIII. Bulgular ve Tartışma...	36
IX. Sonuç ve Öneriler...	59
X. Kaynaklar...	60
XI. Ekler...	79

IV. TABLOLAR DİZİNİ

- Tablo 1.** UNEP/UNCCD kuraklık indeksine göre Türkiye iklim tipi sınıflandırması (Türkeş, 2020)...31
- Tablo 2.** Erinç'in Kuraklık İndisine (I_m) göre iklim sınıflandırması ve vejetasyon formasyonları (Kutiel ve Türkeş, 2005)...31
- Tablo 3.** Çadır Dağı'ndan elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri ve korelasyon matrisleri...36
- Tablo 4.** Çadır Dağı'ndan alınan toprak örneklerine ait arazi ölçüm bilgileri...36
- Tablo 5.** Çadır Dağı toprak örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları...37
- Tablo 6.** Çadır Dağı toprak örneklerinin biyolojik analiz sonuçları...38
- Tablo 7.** Çadır Dağı palsalarından alınan toprak örneklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri (n: 30)...39
- Tablo 8.** Çadır Dağı'nda her bir noktaya ait hesaplanan ve tahmin edilen dispersiyon oranı değerleri...46

V. ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.** Anadolu’da periglasyal alanların dağılışı haritası (Kurter, 1991; Çiner, 2004; Türkeş vd., 2023; Öztürk ve Taşoğlu, 2024)...13
- Şekil 2.** Çadır Dağı’nın yer bulduru haritası...21
- Şekil 3.** Çadır Dağı’nın topografya haritası...22
- Şekil 4.** Çadır Dağı’nın jeolojik yapısı (Keskin, 2013a, b)...23
- Şekil 5.** Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyonlarının dağılışı haritası...24
- Şekil 6.** Çadır Dağı’nın yıllık ortalama sıcaklık haritası...25
- Şekil 7.** Çadır Dağı’nın yıllık toplam yağış haritası...26
- Şekil 8.** Çadır Dağı’nın UNEP-UNCCD aridite indisine göre iklim tipi haritası...27
- Şekil 9.** Çadır Dağı’nın Erinç indisine göre iklim tipi haritası...28
- Şekil 10.** Çadır Dağı’nın genel görünümü...29
- Şekil 11.** Çadır Dağı’nın palsa dağılışı haritası...30
- Şekil 12.** Tek gizli katmanlı ağ modeli...33
- Şekil 13.** Çadır Dağı’nda yer alan palsaların dağılışı...34
- Şekil 14.** Çadır Dağı’nda yer alan palsaların genel görünümü...35
- Şekil 15.** PAL24-05 nolu örneğin primer minerallere ait X-Işın kırınımları (Al: Albit, An: Anortit, Mus: Muskovit, Q: Kuvars)...41
- Şekil 16.** PAL24-15 nolu örneğin primer minerallere ait X-Işın kırınımları (Al: Albit, An: Anortit, Mus: Muskovit, Q: Kuvars)...41
- Şekil 17.** PAL24-25 nolu örneğin primer minerallere ait X-Işın kırınımları (Al: Albit, An: Anortit, Mus: Muskovit, Q: Kuvars)...42
- Şekil 18.** Çalışma alanı toprak örnekleri (A) primer minerallere ait X-Işın kırınımları (I: İllit, K: Kaolinit, Sm: Smektit, Chl: Klorit, F: Feldispat) ve (B) aynı örneklere ait SEM mikrofotografı...44
- Şekil 19.** Tahminlemede kullanılan verilerin dağılımı...44
- Şekil 20.** Tahminleme sırasında modelin kullandığı algoritma ve süreç...45
- Şekil 21.** Çadır Dağı’na ait DO tahminlemede Levenberg-Marquardt kombinasyonu performans grafiği...45
- Şekil 22.** Çadır Dağı’na ait DO tahmin edilmesinde Levenberg-Marquardt yaklaşımı için çıktı verileri ve hedefler arasındaki regresyon sonuçları...46
- Şekil 23.** Çadır Dağı DO tahminlemesine ait 6 iterasyon için eğitim durumu parametrelerinin grafiği...47

VI. GİRİŞ

Periglasyal süreçlerin genel anlamda meydana geldiği alanlar, Yerküre’de buzullaşmanın tam olarak gerçekleşmediği soğuk bölgelere karşılık gelmektedir. Periglasyal terimi ilk olarak Karpat Dağları’ndaki fiziksel ayrışmayı açıklamak üzere ortaya atılmıştır (Lozinski, 1909). Periglasyal kuşaklar, orta enlemlerde yüksek dağlık alanlar, yüksek enlemlerde ise buzul çevresi bölgelerdir. Periglasyal şekiller geçmiş dönemlere ait iklim koşullarını da yansıttığı için aynı zamanda proksi verilerdir. Bu nedenle geçmişteki iklimin değişimlerini ortaya koyması açısından önem taşımaktadır. Periglasyal şekiller günümüz iklim koşullarında da gelişimini devam ettirmektedir. Bu kapsamda hem geçmiş hem de günümüz iklim koşullarında meydana gelen değişimlerin de karşılaştırılması mümkün olmaktadır.

Periglasyal süreçler, donma ve çözülme olaylarının egemen olduğu alanlarda meydana gelmektedir (French, 2007). Periglasyal alanlar Dünya’da yüksek enlemler ile yüksek dağlık alanlarda sınırlanmaktadır. Anadolu ve Kafkaslar’da periglasyal şekillerin gelişimi yüksek dağlık alanlar üzerindedir (Kurter, 1991; Gobejishvili vd., 2011).

Soğuk ortam koşulları altında gelişim gösteren ve turbalıklarda oluşan çok yıllık bir don höyüğü olan palsa, on metreye kadar bir yüksekliğe ve onlarca metrelik bir çapa ulaşabilir. Sadece turba tabakasının en az 50 cm kalınlığında olduğu yerlerde oluşur (Seppälä, 2011).

Palsa, çok ince bir aktif tabaka (AL) ile karakterize edilen ve 2 metreden fazla yüksekliklere ulaşabilen bir periglasyal yapıdır. Azalmış kalınlığına rağmen son derece kararludur ve ortalama yıllık hava sıcaklığının (MAAT) 0 °C’den yüksek olmadığı alanlarda süreksiz permafrostun dağılımının bir göstergesi olarak kullanılır (Dobiński, 2020).

Palsalar, buz-lens birikiminin sonucudur. Üstte bir turba tabakasına sahiptir. Bu don höyükleri genellikle kesintili permafrost üzerinde bulunur (Michel ve Van Everdingen, 1994).

Yerküre’de periglasyal süreçler ile şekillenen periglasyal şekillerin jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesi araştırmacıların onlarca yıldır dikkatini çekmektedir (Leppiniemi vd., 2025a, b, 2023; Bast vd., 2025; Dobrowolski ve Nawrocki, 2025; Uxa vd., 2024; Fame vd., 2024; Wicky vd., 2024; Magnin vd., 2024; Lui vd., 2023; Murton vd., 2023; Fleischer vd., 2023; Kershaw vd., 2023; Oliva vd., 2022, 2018; Guglielmin vd., 2022; Bertran, 2022; Daly vd., 2022; Garankina vd., 2022; Kunz ve Kneisel, 2021; Alexeev vd., 2021; Winkler vd., 2021; Gachev, 2021; Retallack, 2021; Zhang vd., 2020; Soto ve Alberti, 2019; Gjorup vd., 2019; Rodríguez-Ochoa vd., 2019; Knight vd., 2019; Hughes, 2018; Wang vd., 2018; Wolter vd., 2018; Pollard, 2018; Pisabarro vd., 2017; Giles vd., 2017; Uxa vd., 2017; Schorghofer vd., 2017; Uxa ve Mida, 2017; Zganiacz ve Dzieduszyńska, 2017; Murton ve Ballantyne, 2017; Luethi vd., 2016; Oliva vd., 2016; Rowley vd., 2015; Millar, 2013; Hughes, 2013; Vandenberghe vd., 2012; Andre,

2009; French, 2007; Warburton, 2007; Hubberten vd., 2004; Hall, 2002; Hewitt vd., 2002; Ballantyne, 2002, 1996...).

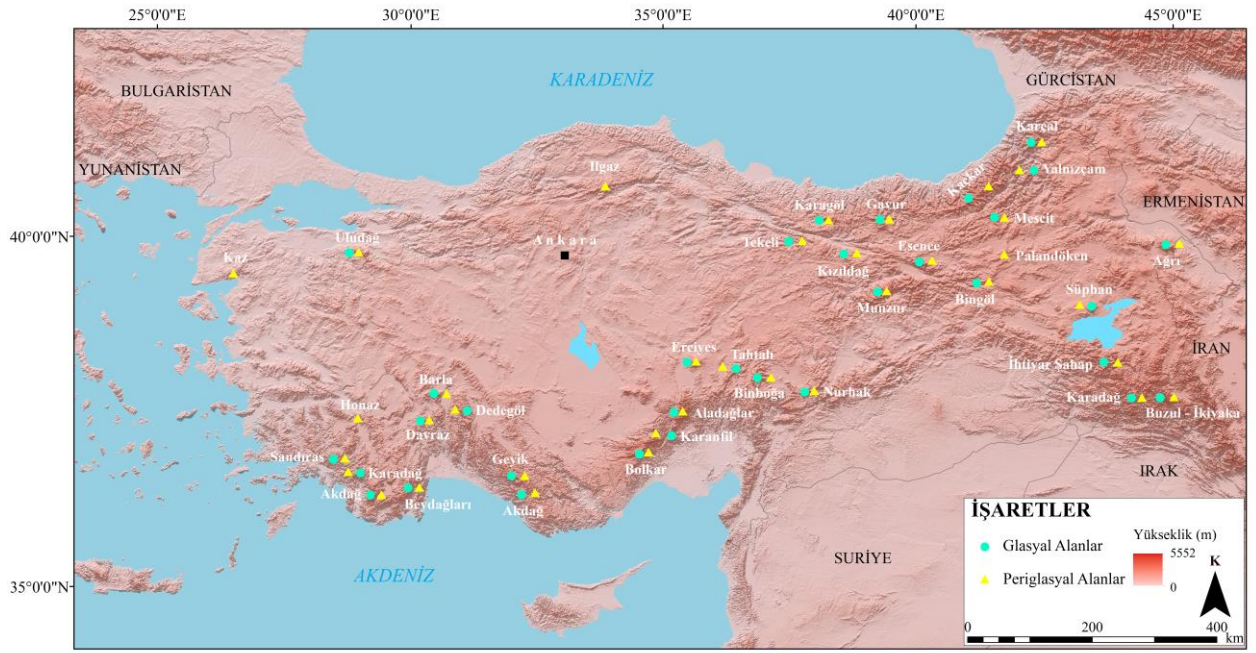
Kafkas Dağları ile Anadolu Dağları üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda ise hem glasyal hem de periglasyal şekiller 100 yılı aşkın süredir değerlendirilmektedir (Yeşilyurt, 2025a, b; Dede vd., 2024a, b, c, 2023, 2022a, 2022b, 2021, 2020, 2015; Serin vd., 2024; Öztürk ve Taşoğlu, 2024; Türkeş vd., 2023; Dede, 2023; Demirağ Turan vd., 2023; Turoğlu, 2022; Bayrakdar vd., 2020; Köse vd., 2019; Tielidze ve Wheate, 2018; Revaz vd., 2018; Çakır ve Kopar, 2017; Azzoni vd., 2017; Tielidze, 2016; Yavaşlı vd., 2015; Sarıkaya ve Çiner, 2015; Kahraman, 2015; Sarıkaya ve Tekeli, 2014; Sarıkaya, 2012; Türkeş ve Öztürk, 2011; Altın, 2006; Stokes, 2006; Çiçek vd., 2004; Akhalkatsishvili vd., 2003; Sayhan, 1999; Doğu vd., 1993; Schweizer, 1975; Tzereteli, 1974; Erinç vd., 1961; Bilgin, 1960, 1969, 1972; Birman, 1968; Planhol ve Bilgin, 1961; Spreitzer, 1958; Beret, 1956; Erinç, 1944, 1949, 1952, 1953, 1955, 1957; Bobek, 1940; Krenek, 1932; Maunsell, 1901; Palgrave, 1872; Hamilton, 1843; Ainsworth, 1842...).

Küçük Kafkaslar üzerinde yer alan Çadır Dağı'nda (3054 m) periglasyal süreçler ve buna bağlı olarak palsaların gelişimi günümüzde de devam etmektedir. Küçük Kafkaslar üzerindeki dağlık alanlardan olan Çadır Dağı'ndaki palsaların iklim ve toprak özelliklerinin belirlenerek gelişiminin ortaya konulduğu herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak farklı periglasyal bölgelerde periglasyal süreçlerin iklim ile ilişkisini ve özellikle de periglasyal şekillere ait toprakların istatistiki olarak ilişkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır (Dede vd., 2024a, 2022a, b, 2021, 2020; Gautier vd., 2021). Dede vd. (2024a) çalışmalarında Ilgaz Dağları'nın düz ve düze yakın zirveler kuşağında çemberler, taş kümeleri, tufurlar; daha eğimli kuzey ve güney yamaçlarında ise girlandlar, taş şeritleri, konjelitürbasyon depoları ve blok akıntılarının bulunduğunu tespit etmişlerdir. Güney yamaçlarda yer yer girlandlar, taş kümeleri ve çemberler iç içe geçmiş durumdadır. Dede vd. (2022a) Cin Dağı'nda yaptıkları çalışmaları ile periglasyal şekiller üzerinde oluşan toprakların erozyon duyarlılıkları ve yapay sinir ağları modellemesi ile birlikte tahminlemeler yapılması amaçlanmıştır. Toprak erozyonu duyarlılık faktörleri, strüktür stabilite indeksi (SSI), dispersiyon oranı (DR) ve kabuk oluşumu (CF) sırasıyla % 29.65, % 28.36 ve % 40.72 olarak hesaplanmıştır. YSA tarafından ele alınan erozyon duyarlılık faktörlerinin tahmini sonucunda oldukça yüksek tahmin oranları elde edilmiştir. Toprak erozyonu duyarlılık faktörlerinin doğruluk oranları ise DR için % 57, CF için % 68 ve SSI için % 78'dir. Dede vd. (2022b) çalışmalarında Kuzeydoğu Anadolu'da yer alan Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde gelişen toprakların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve bazı erozyon duyarlılık parametrelerinin (Strüktür stabilite indeksi-SSI, dispersiyon oranı-DO ve kabuk oluşumu-CF) tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Dede vd. (2021) Ilgaz Dağları'ndaki çalışmalarında; yükseltiye bağlı sıcaklık değişimlerinin, Ilgaz Dağları'nın zirve düzlüğünde bulunan periglasyal şekiller

üzerinde oluşmuş farklı toprakların fizikokimyasal özelliklerine olan etkisi belirlenmiştir. Bu amaçla, girland, taş kümesi, çember ve tufurların bulundukları yükselti basamaklarının sıcaklıkla olan ilişkisi ortaya konulmuştur. Gautier vd. (2021) araştırmalarında periglasyal şekiller üzerinde iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada permafrostun hızla bozulduğu ve bunun da hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Dede vd. (2020) Ilgaz Dağları'nda yapmış oldukları çalışmada periglasyal şekillerdeki toprakların bünye, pH, EC, organik madde, kireç, hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik özellikleri analiz edilmiş ve erozyon duyarlılık parametrelerinden agregat stabilitesi (AS), dispersiyon oranı (DO), strüktür stabilitesi indeksi (SSI), kil oranı (KO) ve kabuk oluşumu (CF) arasındaki istatistiksel olarak ilişkilerine bakmışlar ve ilişkilerin önemli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Toprak oluşum süreçleri farklı doğal çevre koşullarından etkilenmektedir. Topraklar, kendisini oluşturan faktörlerin (ana materyal, vejetasyon, iklim, organizma ve zaman) farklı oluşum süreçleri ile oluşan kompleks bir yapıdır. Toprağı oluşturan özellikler benzer olmasına karşın topraklar farklı jeomorfolojik birimlerde farklılıklar gösterebilmektedir.

Orta enlemlerde yer alan Anadolu'da soğuk ortam koşullarını yüksek dağlık alanlar sağlamaktadır. Geç Pleistosen'de (126-11.7 binyıl), soğuk ve nemli dönemler sırasında, Anadolu'da buzullaşma izlerinin görüldüğü yüksek dağlık alanlar; Doğu Karadeniz Dağları, Toros Dağları ve Bağımsız kütleler olarak üç bölüm halinde sınıflandırılmaktadır (Kurter, 1991; Çiner, 2004). Anadolu'da buzullaşmaya uğrayan bu alanlara Doğu Karadeniz Dağları üzerinde Karagöl-3036 m, Kaçkar-3932 m, Karçal-3431 m, Yalnızçam-3167 m..., Toros Dağları'nda Sandıras-2295 m, Geyikdağ-2877 m, Bolkar-3524 m, Aladağ-3756 m, İhtiyar Şahap-3508 m, Buzul (Cilo)-4168 m..., ve Bağımsız kütleler üzerinde ise Uludağ-2543 m, Erciyes-3917 m, Munzur-3463 m, Süphan-4058 m, Ağrı-5137 m... örnek oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Anadolu’da periglasyal alanların dağılışı haritası
(Kurter, 1991; Çiner, 2004; Türkeş vd., 2023; Öztürk ve Taşoğlu, 2024).

Anadolu Dağları üzerine gerçekleştirilen ve genel anlamda 1950’li yıllardan bu yana periglasyal şekillerin değerlendirildiği bilimsel çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Erinç, 1955 “*Glasiyal ve Periglasyal Morfoloji Bakımından Honaz ve Bozdağ*” adlı çalışmada Ege Bölgesinin en yüksek noktası olan Honaz ile Bozdağ incelenmiştir. Konjelitürbasyon, konjelifraksiyon ve kriyoplanasyon yüzeylerinin bulunduğu ortaya çıkarılmıştır.

Erinç, 1957 “*Uludağ’ın Periglasyalı Hakkında*” adlı makalede Uludağ üzerinde 1900 m yükseltiden sonra taş kümeleri, taş halkaları, girlandlar ve poligonal topraklar tespit edilmiştir.

Bilgin, 1960 “*Kaz Dağı ve Üzerindeki Periglasyal Şekiller Hakkında*” adlı çalışmasında Marmara Bölgesinin ikinci büyük dağı olan Kaz Dağı üzerindeki girlandlar, nivasyon sirkleri ve taş halkalarının varlığından söz etmiştir.

Erinç vd., 1961 “*İlgaz Dağı Üzerinde Periglasyal Şekiller*” adlı makalede 2587 m yükseltiye sahip Ilgaz Dağı değerlendirilmiştir. Makalede Ilgaz Dağı üzerinde girlandlar, taş kümeleri, şeritli topraklar, taş halkaları, tufurlar ve nivasyon sirklerinin bulunduğu belirtilmiştir.

Planhol ve Bilgin, 1961 “*Karagöl Kütlesi Üzerinde Pleistosen ve Aktüel Glasyasyon İle Periglasyal Topografya Şekilleri*” adlı çalışmada Aksu ile Melet ırmağı arasında bulunan Karagöl Dağları üzerinde 1600 m yükseltiden sonra nivasyon sirkleri, girlandlar, tufurlar, taş halkaları ve taş kümelerinin bulunduğu vurgulanmaktadır.

Bilgin, 1969 “*Gâvur Dağı Kütlesinde Glasyal ve Periglasyal Topografya Şekilleri*” adlı makalede Gâvur Dağları üzerinde girlandlar, şeritli topraklar, taş halkaları, poligonal topraklar ve kriyoplanasyon yüzeylerinin varlığına dikkat çekilmiştir.

Bilgin, 1972 “*Munzur Dağları Doğu Kısımının Glasyal ve Periglasyal Morfolojisi*” adlı makalede Munzur Dağları üzerinde kaya buzulları, taş halkaları, girlandlar, şeritli topraklar, taş kümeleri ve soliflüksiyon taraçaları tespit edilmiştir.

Atalay, 1984 “*Mescit Dağı’nın Glasyal Morfolojisi*” adlı çalışmada 2762 m Pleistosen kalıcı kar sınırına sahip Mescit Dağları’nda kriyoplanasyon yüzeylerinin bulunduğundan söz edilmektedir.

Sayhan, 1999 “*Erciyes’in Doğusunda Aktüel Morfodinamiğe Bağlı Olarak Gelişen Tufurların Genetik ve Morfometrik Analizi*” adlı çalışmada Erciyes Dağı doğusunda bulunan tufurlar ve iklimle olan ilişkisi değerlendirilmiştir.

Altın, 2003 “*Orta Toroslarda (Aladağlar ve Bolkar Dağları) Görülen Periglasyal Şekiller*” adlı çalışmada Orta Toroslar üzerinde taş kümeleri, taş halkaları, şeritli topraklar ve girlandların tespiti sağlanmıştır.

Altın, 2006 “*Aladağlar ve Bolkar Dağları Üzerinde Görülen Periglasyal Jeomorfolojik Şekiller*” adlı makalede Orta Toroslar üzerindeki Aladağlar ve Bolkar Dağları için donma çözülme ile güncel morfodinamik etken ve süreçler değerlendirilmiştir. Pleistosen kalıcı kar sınırı Aladağlar için 2100 m, Bolkar Dağları için 2300 m; Pleistosen periglasyal alt sınır ise Aladağlar için 1600 m, Bolkar Dağları için ise 2100 m olduğu tespit edilmiştir.

Türkeş ve Öztürk, 2008 “*Uludağ’ın Periglasyal Jeomorfolojisi*” adlı makalede Uludağ üzerindeki periglasyal şekillerin klimatolojik, istatistiksel ve jeomorfolojik yönden değerlendirilmesi yapılmıştır. Girlandlar, çemberler, taş kümeleri ve kaya buzulları tespit edilmiştir.

Turoğlu, 2009 “*Aksu Deresi Havzası (Giresun) Periglasyal Sahasında Kütle Hareketleri*” adlı makalesinde Aksu Deresi Havzası, periglasyal koşulların hâkim olduğu yüksek kesimlerinde meydana gelen yavaş ve hızlı kütle hareketlerinin topografya şekilleri oldukça yaygın olduğunu vurgulamaktadır. Bu kütle hareketlerinde güncel permafrost gelişimin kontrol ettiği donma-erime, soğuma-ısınma, ıslanma-kuruma gibi olayların kaya ve örtü malzeme üzerindeki etkinliği ile arazinin eğim, bakı, yarıлма derecesi ve yükselti gibi jeomorfolojik özellikleri çok önemli rol oynamaktadır.

Biricik, 2010 “*Nurhak Dağları’nda Glasyal ve Periglasyal Rölyef*” adlı çalışmada Güneydoğu Torosların batı kesimindeki Nurhak Dağları üzerinde soliflüksiyon taraçalarının varlığından söz edilmektedir.

Türkeş ve Öztürk, 2011 “*Uludağ’da Girland ve Çember Oluşumları*” adlı makalede Uludağ üzerinde donma ve çözülme süreçleri ile girland ve çemberlerin oluşumu arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Öztürk, 2012 “*Uludağ’daki Periglasyal Süreçlerin, Periglasyal Yerşekillerinin ve Bunları Denetleyen Etmenlerin İncelenmesi*” adlı çalışmada Uludağ’da görülen periglasyal şekillerin iklim ve ortam ile nasıl şekillendiği ortaya konulmuştur. Alanda girlandlar, çemberler, taş kümeleri ve taş halkaları tespit edilerek iklimle ilişkilendirilmiştir.

Ünal, 2013 “*Geographic Distribution of Rock Glaciers in Turkey: The Case Study of Erciyes Rock Glacier*” isimli yüksek lisans tezinde Erciyes Dağı’nda bulunan aktif bir kaya buzulu hakkında incelemeler yapmıştır.

Sarıkaya ve Tekeli, 2014 “*Satellite Inventory of Glaciers in Turkey*” adlı çalışmada kaya buzullarının Türkiye üzerindeki dağılımı ortaya konulmuştur.

Dede vd., 2015 “*Karçal Dağları’nda Kaya Buzulu Oluşumları*” adlı makalede Anadolu’nun en güzel kaya buzulu örneklerini bünyesinde barındıran Karçal Dağları incelenmiştir. Çalışma ile buzul vadilerinde yer alan ortalama 30 m dil kalınlığına, 750 m uzunluğa sahip beş kaya buzulunun tespiti ve uluslararası sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

Çakır ve Kopar, 2017 “*Palandöken Dağları’nda Tufurlar ve Doğal Ortam Özelliklerinin Tufurların Oluşumu Üzerindeki Etkileri*” isimli makalede donma ve çözülmeye bağlı olarak gelişen tufurların 2900 ile 3000 m yükseltiler arasında dağılışı gösterdiği tespit edilmiştir. Alpin çayırlar ile (*Festuca* sp.) kaplı olan tufurlar 5° ile 10° arasında değişen eğim değerlerine sahiptir. Ölçümleri yapılan tufurların boyları 13-63 cm, enleri 10-48 cm ve yükseklikleri ise 9-26 cm arasında değişmektedir.

Kızılkaya vd., 2019 “*Ilgaz Dağları’nda Farklı Periglasyal Şekiller Üzerinde Oluşmuş Topraklara Ait Özelliklerin Dehidrogenaz Enzim Aktivitesine Etkisi*” isimli makalede Ilgaz Dağları periglasyal şekillerinden girland ve taş kümeleri üzerinde oluşmuş toprakların biyolojik faaliyetlerine yönelik olarak dehidrogenaz enzim aktivitesini incelemişlerdir. Belirtilen şekillere ait topraklarda dehidrogenaz enzim aktivitelerinin yükseklik artışı ile azaldığı, toprakların organik madde içerikleri ile dehidrogenaz aktivitesi arasında önemli pozitif korelasyonların bulunduğu ortaya konulmuştur.

Dede vd., 2020 “*Ilgaz Dağları Periglasyal Şekillerinde Oluşmuş Toprakların Fizikokimyasal Özellikleri ile Bazı Erozyon Duyarlılık Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi*” isimli çalışmanın amacı ise Ilgaz Dağları’nın zirve kuşağında farklı yüksekliklerde gelişmiş periglasyal şekillerden girland, taş kümesi, çember, tufur ve konjelitürbasyon depoları içerisinde oluşmuş toprakların farklı fizikokimyasal özellikleri ile erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Ayrıca bu çalışmada, erozyon duyarlılık parametrelerinin

yükseklik ile olan ilişkisi de ele alınmıştır. Bu amaçla, 1943 m ile 2398 m yükseltileri arasında oluşmuş periglasyal şekillerden 27 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Toprakların bünye, pH, EC, organik madde, kireç, hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik özellikleri analiz edilmiş ve erozyon duyarlılık parametrelerinden agregat stabilitesi (AS), dispersiyon oranı (DO), strüktür stabilitesi indeksi (SSI), kil oranı (KO) ve kabuk oluşumu (CF) arasındaki ilişkilerin önemli olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, yükseklik ile AS, DO ve CF arasında anlamlı farklılaştırma olduğu belirlenmesine karşın, yükseklik ile SSI ve KO'nun anlamlı bir farklılaştırma göstermediği tespit edilmiştir.

Dede vd., 2021 *“İlgaz Dağları’nda Yükseltiye Bağlı Sıcaklık Değişiminin Periglasyal Şekillerdeki Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi”* isimli çalışmanın amacı; yükseltiye bağlı sıcaklık değişimlerinin, İlgaz Dağları’nın zirve düzlüğünde bulunan periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş farklı toprakların fizikokimyasal özelliklerine olan etkisinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu amaçla, gırlı, taş kümesi, çember ve tufurların bulundukları yükselti basamaklarının sıcaklıkla olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Ele alınan yükselti aralığı 1943-2398 m arasında olup, bu yükselti aralığında dağılışı gösteren periglasyal şekillerden toprak örnekleri alınmış ve farklı sıcaklık değişimleri ile toprak özellikleri istatistiksel olarak ilişkilendirilmiştir. Yapılan istatistiksel analizlerde, yükselti ile periglasyal şekillerin bünyesinde bulunan toprakların bazı fizikokimyasal özellikleri (EC: Elektriksel iletkenlik, OM: Organik madde, Na⁺, K⁺, kil, kum, HA: Hacim ağırlığı, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, YS: Yarayışlı su, DO: Dispersiyon oranı, SSI: Strüktür stabilite indeksi, KO: Kil oranı ve CF: Kabuk oluşumu) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır. Fakat, istatistiksel olmasa da analiz değerlerine göre yükselti artışı ile özellikle OM ve kil oluşumunda önemli bir azalma olduğu görülmüştür. Bu ise jeofizikokimyasal reaksiyonunda azaldığını ifade etmektedir. Ayrıca, incelenen periglasyal şekillerde oluşan toprakların kimyasal özelliklerinden kireç, Ca, Mg, pH ve fiziksel özelliklerden ise AS (Agregat stabilitesi) ve Hİ (Hidrolik iletkenlik) değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı oldukları saptanmıştır.

Dede vd., 2022a *“Effects of periglacial landforms on soil erosion sensitivity factors and predicted by artificial intelligence approach in Mount Cin, NE Turkey”* isimli çalışmalarında Cin Dağı’nda periglasyal şekiller üzerinde oluşan toprakların erozyon duyarlılıkları ve yapay sinir ağları modellemesi ile birlikte tahminlemeler yapılması amaçlanmıştır. Toprak erozyonu duyarlılık faktörleri, strüktür stabilite indeksi (SSI), dispersiyon oranı (DR) ve kabuk oluşumu (CF) sırasıyla % 29.65, % 28.36 ve % 40.72 olarak hesaplanmıştır. YSA tarafından ele alınan erozyon duyarlılık faktörlerinin tahmini sonucunda oldukça yüksek tahmin oranları elde edilmiştir. Toprak erozyonu duyarlılık faktörlerinin doğruluk oranları ise DR için % 57, CF için % 68 ve SSI için % 78’dir.

Dede vd., 2022b “*Ilgar Dağı Periglasyal Şekilleri Üzerinde Oluşmuş Toprakların Erozyon Duyarlılıklarının Belirlenmesi ve Yapay Sinir Ağları (YSA) ile Tahmin Edilmesi*” isimli çalışmalarında Kuzeydoğu Anadolu’da yer alan Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde gelişen toprakların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve bazı erozyon duyarlılık parametrelerinin (Strüktür stabilite indeksi-SSI, dispersiyon oranı-DO ve kabuk oluşumu-CF) tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Turoğlu, 2022 “*Kalkanlı Dağları’nda Kar Yaması Erozyonu İle Oluşan Nivasyon Oyukları*” adlı çalışmasında nivasyon oyukları ele alınarak, Kalkanlı Dağları’ndan (Trabzon, Gümüşhane) kaynağını alan Yanbolu Deresi yukarı çıkışı 2000-2200 m yükselti kademesindeki nivasyon oyukları örneklemelerinde onların oluşum ve gelişimlerinin açıklanması amaçlanmıştır.

Türkeş vd., 2023 “*Periglacial landforms and soil formation on summit of the Mount Ida (Kaz Dağı), Biga Peninsula-Turkey*” isimli çalışmalarında Kaz Dağı’nda jeomorfolojik özelliklerin ortaya çıkarılması ve zirve düzlüğünde meydana gelen periglasyal yer şekillerinin evriminin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçlara ulaşmak için Kaz Dağı’nın morfoiklimatik süreçler ve özellikleri ile toprak gelişimi değerlendirilmiştir.

Dede, 2023 “*Cin Dağı’nın Periglasyal Jeomorfolojisi (Küçük Kafkaslar-Türkiye)*” isimli çalışmasında Anadolu’da buzullaşmaya uğramadan, sadece soğuk iklim ortamlarına bağlı olarak gelişen periglasyal jeomorfolojik şekillerin belirlenmesi, iklim koşulları ve toprak gelişiminin analizi ana gerekçeleri oluşturmaktadır. Çalışmanın temel hipotezi Cin Dağı’ndaki periglasyal şekillerin jeomorfolojik anlamda hangi koşullarda geliştiğinin belirlenmesidir. Cin Dağı’nda yer alan girland, çamur çemberi ve taş kümelerinden oluşan periglasyal şekillerin jeomorfolojik, klimatolojik ve pedolojik boyutuyla ortaya konulduğu bu çalışmada, Küçük Kafkaslar’daki soğuk ortam koşullarının etkisi altında deviniminin belirlenmesi de amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar sadece Cin Dağı periglasyal şekillerinin gelişimine nicel veriler sağlamakla kalmamış, Anadolu ve Kafkasya periglasyal çalışmalarına da özgün katkılarda bulunmuştur.

Serin vd., 2024 “*Evaluation of periglacial landforms and formation of soil properties on the Mount Honaz, SW Türkiye*” isimli çalışmalarının amacı, Honaz Dağı’nın zirvelerinde (2571 m) periglasyal süreçleri açıklamak, periglasyal arazi şekillerini tanımlamak ve morfometrik özellikler ile topoğrafik faktörler arasındaki ilişkileri belirlemektir. Çamur çemberleri, taş kümeleri, girlandlar ve şeritli topraklar Honaz Dağı’nın zirvelerinde tespit edilmiştir. Pearson korelasyon katsayısı (r) ve lineer regresyon analizleri, 125 periglasyal şeklin morfometrik özelliklerini (uzunluk, genişlik, yükseklik) tanımlamak ve bunlar ile topoğrafik faktörler (rakım, eğim) arasındaki ilişkileri açıklamak için metrik ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir. Periglasyal şekiller ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri açıklamak için 11 periglasyal şekilden toprak

örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Bugün de Honaz Dağı'nın zirvelerinde gelişmeye devam eden periglasyal şekiller, mevcut iklim verileri ile değerlendirilmiştir. Toprak örneklerinin analizi, ana materyalin periglasyal arazi biçimlerinin oluşumundaki önemli etkisini göstermektedir.

Dede vd., 2024a "*Development of periglacial landforms and soil formation in the Ilgaz Mountains and effect of climate (Western Black Sea Region-Türkiye)*" isimli çalışmalarında Ilgaz Dağları, batıda Küçükacet Tepe (2546 m) ve doğuda ise Büyükacet Tepe (2587 m) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Ilgaz Dağları'nın düz ve düze yakın zirveler kuşağında çemberler, taş kümeleri, tufurlar; daha eğimli kuzey ve güney yamaçlarında ise girlandlar, taş şeritleri, konjelitürbasyon depoları ve blok akıntıları bulunmaktadır. Güney yamaçlarda yer yer girlandlar, taş kümeleri ve çemberler iç içe geçmiş durumdadır. Ilgaz Dağları'nda yaklaşık 1700-2000 m arası yükseltilerde genel olarak girlandlar, konjelitürbasyon depoları ve blok akıntıları gözlenirken, yaklaşık olarak 2000 m'den yukarı yükseltilerde uzanan zirveler kuşağında ise taş kümeleri, tufurlar, taş şeritleri ve çemberler yayılım göstermektedir.

Dede vd., 2024b "*Periglacial landforms on Mount Çadır and their effects on soil formation, NE Türkiye*" adlı araştırmalarında, Çadır Dağı'ndaki farklı periglasyal şekillerin jeomorfolojik gelişimini belirlemeyi ve bu periglasyal şekiller üzerinde iklim ve toprak oluşum sürecinin etkisiyle oluşan toprakları incelemeyi amaçlamaktadırlar. Çalışma yöntemi, jeomorfolojik gözlemler ve laboratuvar analizlerine dayanmaktadır. Bu bağlamda hipsometrik ölçümler yapılarak 36 toprak örneği alınmıştır. Daha sonra, veriler istatistiksel ve fizikokimyasal özellikler aracılığıyla elde edilmiştir. Çadır Dağı'nın zirve düzlüklerinde ve eğimli yamaçlarında bulunan, girlandlar, çamur çemberleri ve taş kümelerinden oluşan periglasyal şekiller, 2598-3018 m yükselti aralığında yer almaktadır.

Dede vd., 2024c "*İki Farklı Coğrafi Bölgedeki Dağlık Kütlelerde (Akbaba Dağı ve Ilgaz Dağları) Gelişen Periglasyal Yerşekillerindeki (Girlandlar) Toprakların Mineralojik Özelliklerinin Karşılaştırılması*" isimli araştırmalarında, birbirlerinden farklı coğrafi bölgelerde olan iki dağlık alanda (Akbaba Dağı-3026 m ve Ilgaz Dağları-2587 m) bulunan periglasyal şekillerden olan girlandlar üzerinde oluşan toprakların mineralojik özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, toprak örneklerinde detay kil XRD difraktogram çekimi, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntü alma ve analiz işlemleri uygulanmıştır. Akbaba Dağı'ndaki girlandlardan alınan örnekteki sonuçlarda birincil mineral olarak albit, muskovit, kuvars ve klinoklor mineralleri tespit edilmiştir. Ilgaz Dağları'ndaki bulgularda ise, belirlenen başat mineral klorittir. Sonuç olarak, yerel alanlarda benzer yer şekilleri üzerinde oluşmuş topraklar gerek farklı ekolojik ortamlar gerekse de farklı litolojik özelliklerden dolayı farklı mineralojik karakterlere sahip olabilmektedir.

Öztürk ve Taşoğlu, 2024 “*Alpine periglacial zones in Anatolia: spatial distribution and main characteristics*” isimli çalışmalarında Anadolu’nun yüksek dağlık alanlarındaki periglasyal şekillerin gelişiminin görüldüğü alanların haritalarını hazırlamışlardır. Ayrıca Anadolu’daki Alp periglasyal çalışmaları 1950’li yıllara dayanmasına rağmen periglasyal alanların dağılımı ve genel özellikleri yeterince bilinmediğini vurgulamışlardır. Günümüzde coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri permafrost ve periglasyal özelliklerinin tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Çalışmalarında, Anadolu’nun Alp periglasyal bölgeleri, yıllık ortalama sıcaklık, Köppen-Geiger iklim tipi, karla kaplı ay sayısı, arazi örtüsü ve arazi sınıflandırma verileri kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme yöntemi kullanılarak tespit edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Anadolu’daki periglasyal bölgeler, katsayı değerine göre zayıf, orta ve şiddetli olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Sonuçlar, periglasyal alanların 92.362 km²’lik bir alanı kapladığını ve bu alanın Türkiye’nin % 11’ine karşılık geldiğini göstermektedir. Periglasyal bölgelerin çoğu zayıf periglasyal bölgede yer alırken yalnızca % 2’si orta ve şiddetli periglasyal bölgelerdedir. Periglasyal alanlar 1750-3500 m arasında yaygın olarak gözlenmekte olup, şiddetleri yükseldikçe artmaktadır.

Yeşilyurt, 2025a “*Derebaşı (Kaçkar Dağı) Kaya Buzulunun Jeomorfolojisi Ve Kinematik Özellikleri*” adlı makalesinde Türkiye’nin en geniş periglasyal alanlarından biri olan Kaçkar Dağları’ndaki Derebaşı Kaya Buzulu’nun jeomorfolojik özelliklerini ve kinematik davranışlarını incelemeyi amaçlamıştır. GNSS destekli İHA fotogrametrisi kullanılarak yüksek çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modelleri (SYM) ve ortofotolar üretilmiş ve 2023-2024 yılları arasındaki yıllık hareket, yüzey deformasyonu ve aktivite durumu analiz edilmiştir. Bulgular, Derebaşı Kaya Buzulu’nun aktif, inaktif ve relikt bölümler içeren karmaşık bir morfolojiye sahip olduğunu ve hem glasyal (buz çekirdekli) hem de periglasyal (permafrost) süreçler tarafından şekillendiğini göstermektedir. Kaya buzulunun 3. lobu (LB3), yıllık maksimum 60 cm yatay hareket hızıyla en aktif bölüm olarak belirlenirken, LB1’in cephe kısmı bitki örtüsü ve durağan topoğrafyası ile relikt kaya buzulu karakteri sergilemektedir. LB1’in orta bölümü, derin sırt-oluk yapılarıyla permafrost hareketinin izlerini taşıırken, LB3’ün dışbükey gövde yapısı ve düzgün yüzeyi buz çekirdeğinin varlığına işaret etmektedir. Kinematik analizler, topoğrafik kısıtlamalar ve döküntü beslenmesi ile şekillenen heterojen hareket paternlerini ortaya koymuştur. LB1’de sıkıştırmalı akışa bağlı deformasyon yapıları gözlenirken, LB3’te gerilmeli deformasyon desenleri belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca bölgedeki dağ permafrostunun güncel alt sınırının yaklaşık 2900 m olduğu hesaplanmıştır. Tespit edilen hareketler permafrost istikrarsızlığına işaret etse de, tek yıllık gözlem periyodu uzun vadeli eğilimler hakkında kesin sonuçlar çıkarmaya yetmemektedir. Bu araştırma, Derebaşı Kaya Buzulu’nun yüksek çözünürlüklü kinematik değerlendirmesini sağlayarak, jeomorfolojik evrimi ve iklim değişikliğine duyarlılığı konusunda önemli bilgiler sunmaktadır.

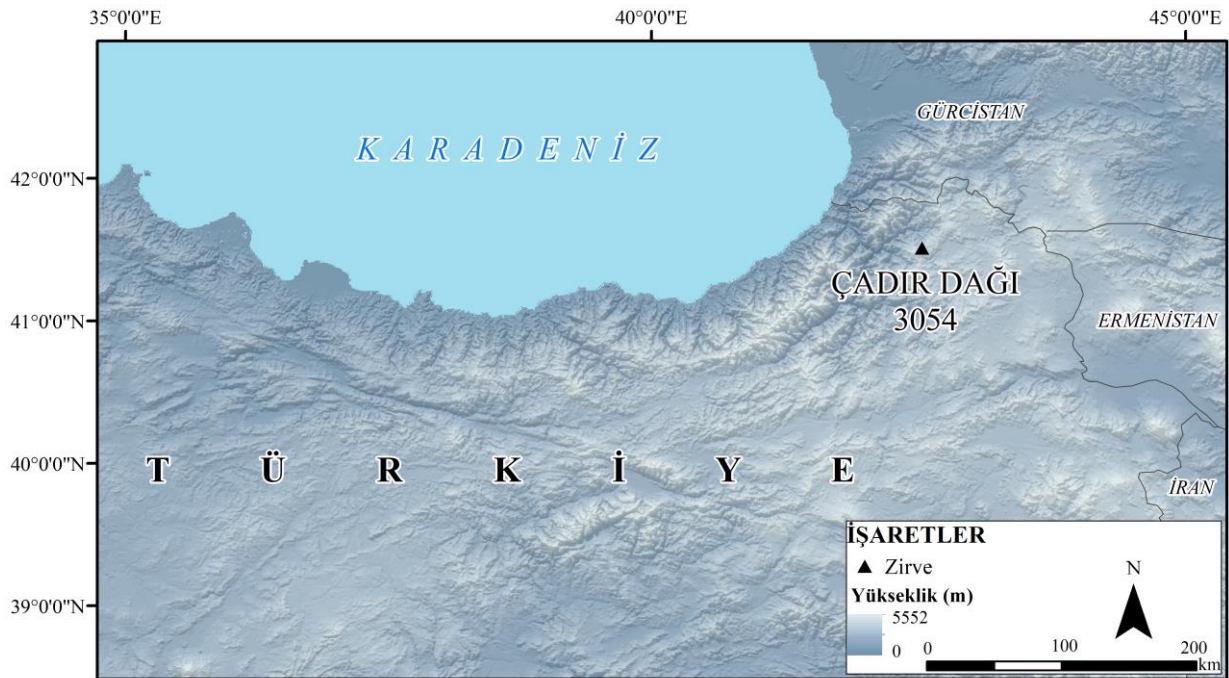
Yeşilyurt, 2025b “*The role of Little Ice Age glaciation in shaping the rock glacier morphology of Mount Kaçkar, Türkiye*” isimli makalede Doğu Karadeniz Dağları, buzullar ve kaya buzulları arasındaki etkileşimler için önemli bir yer olan Kaçkar Dağı ile Türkiye'nin en büyük periglasyal bölgesine ev sahipliği yaptığını vurgulamaktadır. Bu çalışma, Kaçkar Dağı'ndaki kaya buzullarının jeomorfolojik evrimini inceleyerek, Küçük Buz Çağı (LIA) buzullaşmasının dağdaki kaya buzul gelişimi üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır. İHA tabanlı fotogrametri kullanılarak oluşturulan yüksek çözünürlüklü dijital yüzey modelleri ve ortofotolar, kaya buzullarının morfometrik özelliklerini ve buzul ilerlemelerine ve çekilmelerine tepkilerini analiz etmek için kullanılmıştır. Sonuçlar, denge çizgisi yüksekliğine (ELA) yakın konumlanmış kaya buzullarının, morenlerin konumu ve tazeliği gibi jeomorfolojik kanıtlara dayanarak LIA'ya atfedilen buzul ilerlemeleri sırasında köklenme bölgelerinde oluştuğunu göstermektedir, ancak bu morenler sayısal olarak tarihlendirilmemiştir. Bu jeomorfolojik kanıtlar ayrıca bu buzul ilerlemelerinin Kaçkar kaya buzullarını önemli ölçüde etkilediğini, çünkü muhtemelen baskı uyguladıklarını ve kök bölgelerinde erozyona neden olduklarını göstermektedir. Bu buzulların geri çekilmesi, kök bölgesi çöküntülerinin oluşumuna yol açarak kütle dengesini bozmuş ve kaya buzullarının aktivitesini azaltmıştır. Kök bölgelerindeki yivli ve terminal morenler, Küçük Zaman Dilimi sırasında buzul-kaya buzulu etkileşimlerini daha da doğrulayarak buzul dinamikleri nedeniyle önemli morfolojik değişiklikleri vurgulamaktadır. Bu çalışma, kaya buzullarının geçmiş iklim koşullarının göstergeleri ve çağdaş iklim değişikliğine karşı kırılganlıkları olarak rolünü vurgulamaktadır. Sonuçlar, termokarst gelişimi ve istikrarsızlaştırma süreçleri de dâhil olmak üzere periglasyal manzaralar üzerindeki ısınma eğilimlerinin etkilerini tahmin etmek için sürekli izlemenin önemini vurgulamaktadır.

Türkiye periglasyal alanları üzerine gerçekleştirilen yukarıda belirtilen çalışmalar (Yeşilyurt, 2025a, b; Dede vd., 2024a, b, c, 2023, 2022a, b, 2021, 2020; Serin vd., 2024; Dede, 2023; Türkeş vd., 2023; Demirağ Turan vd., 2023; Serin, 2019; Öztürk, 2012; Türkeş ve Öztürk 2008, 2011 hariç) genel olarak tanımsal betimleyici özelliktedir. Çadır Dağı üzerindeki palsaları değerlendiren bu proje verileri ışığında, yapılan tanımsal çalışmalara analitik ölçüm verileri ve toprak analizleri eklenmiştir. Böylelikle toprak gelişimi ile jeomorfolojik gelişim arasındaki ilişki nicel veriler ışığında belirlenme imkânı bulmuştur.

Toprakların, toprak oluşumu için geçen zaman süreci içerisindeki değişimleri çevresel özelliklere bağlı olarak oldukça farklılık gösterdiği uzun yıllardan beri bilinmektedir. Bu değişimler içinde toprakların pedolojik gelişimlerine etki eden konular içerisinde mineralojik parçalanma, biyolojik ayrışma ve etkileşimler, jeokimyasal değişimler ile toprak bitki su sistemindeki döngüleri yer alır (Dengiz ve Başkan, 2010). Toprakların bireysel ayrışma oranları, toprak özelliklerindeki değişimler ve çevre şartlarındaki farklılıklar nedeniyle çok değişkendir. Bu

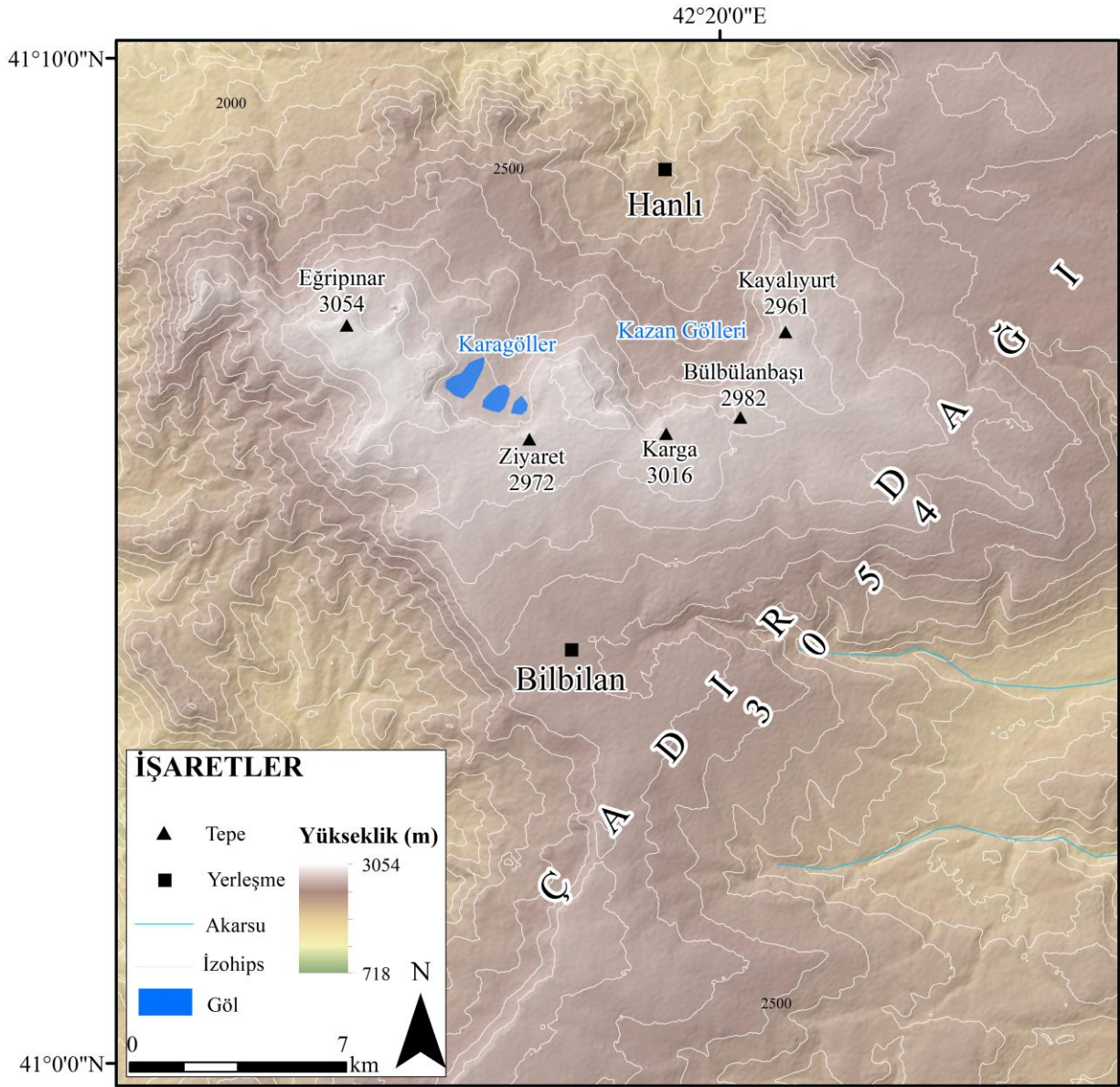
nedenle topraklar, toprak oluşturan faktörlerin (ana materyal, vejetasyon, iklim, organizma ve zaman) farklı birleşim etkileri sonucu oluşan karmaşık bir sistemdir. Toprak yapan bu kuvvetler kesin değerler içermezler ve sayısal olarak ifade edilemezler. Bu nedenle toprak oluş faktörlerinin doğru olarak tahmin edilmeleri oldukça güçtür. Ayrıca bu faktörler kendi aralarında da etkileşim içindedir (Tunçay ve Dengiz, 2016). Bu nedenle, sadece bazı faktörlerin değişmediği ancak değişen faktörün toprak özelliklerine yansımaları belirlemek suretiyle toprak oluş faktörlerinin etkilerini yorumlamak mümkündür. Toprakların iklim, bitki örtüsü ve ana materyal özellikleri benzer karakterde olmalarına karşın farklı jeomorfolojik ve topografik özelliklere sahip olmaları toprakların mineralojik ve morfometrik özelliklerde değişim yapabilmektedir. Bu kapsamda, Dengiz ve Şenol (2018) yaptıkları çalışmada yarı humid iklim koşulları altında, bazalt ana materyali üzerinde oluşmuş dört farklı toprağın mineralojik ve pedolojik özelliklerini incelemiştir. Plato düzlüğü ve etek arazilerinde oluşan topraklarda ana materyalin etkisinin kalmadığını ve Typic Haplustert ile Typic Calciustert olarak sınıflandırmışlardır. Buna karşılık, eğimli ve yamaç araziler üzerinde yer alan toprakları hala ana materyalin etkisi altında A horizon dışında pedolojik bir gelişim göstermeyen Lithic Ustorthent olarak sınıflandırılan genç topraklar olarak nitelendirmişlerdir. Ayrıca, toprakların kil mineralojik özelliklerinde ise genç topraklarda hâkim kil minerali olarak kaolin belirlenirken diğer topraklarda ise 2:1 tipi kil olan smektit kilinin daha yaygın olduğunu belirlemişlerdir.

Çadır Dağı, Kuzeydoğu Anadolu'da Erzurum-Kars Bölümü'nde 41° 06' Kuzey enlemi ile 42° 16' Doğu boylamının kesişim noktasında yer almaktadır (Şekil 2).



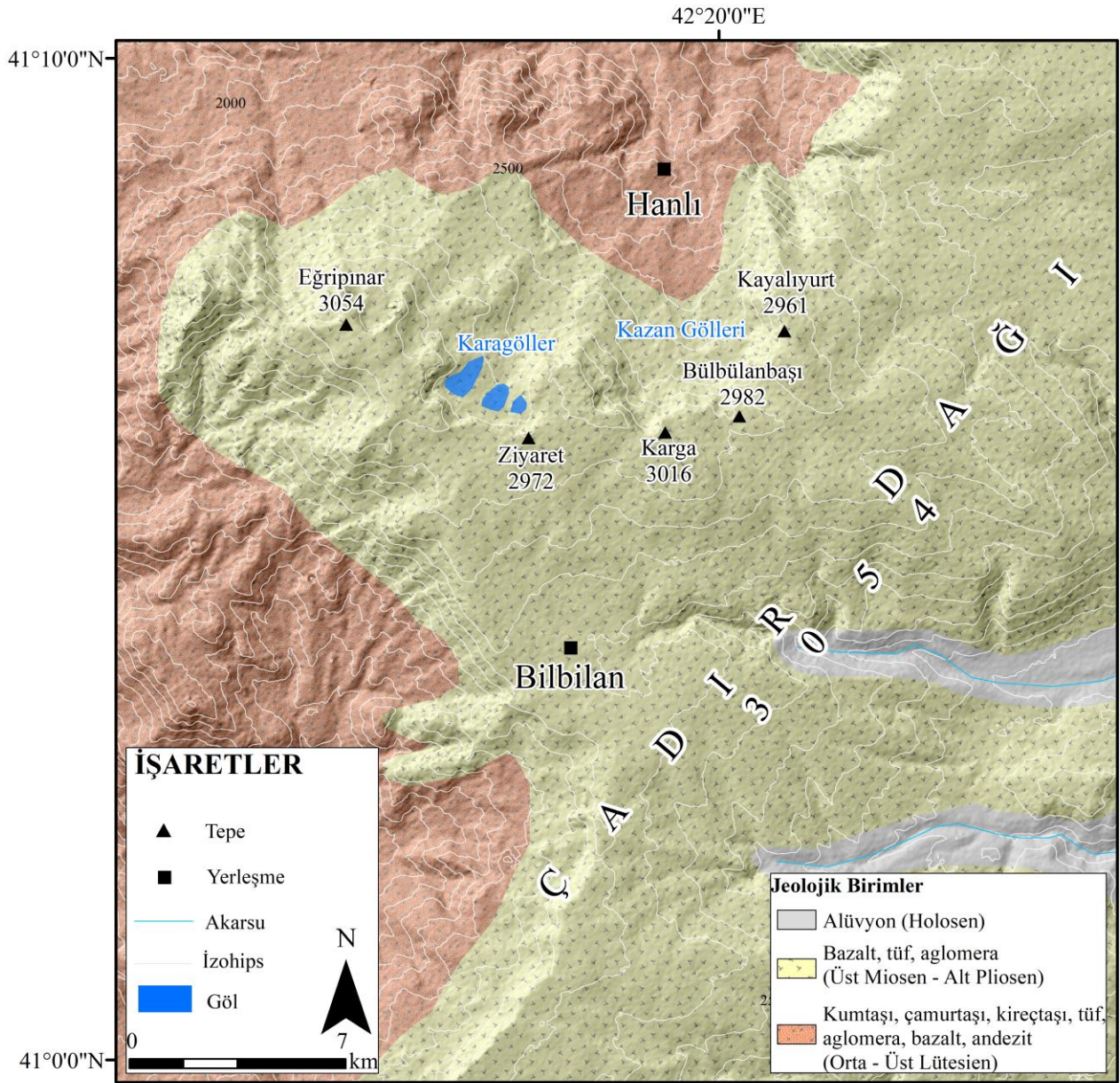
Şekil 2. Çadır Dağı'nın yer bulduru haritası.

Çadır Dağı, Ardahan şehir merkezinin (1825 m) batısında kısa mesafede adeta duvar gibi yükselmektedir. Çadır Dağı, üzerinde yer yer 2500 m'yi aşan zirveler düzlüğüne sahiptir. Çadır Dağı zirvesinin (Eğripınar Tepe-3054 m) doğusunda; Ziyaret Tepe (2972 m), Karga Tepe (3016 m), Bülbülanbaşı Tepe (2982 m) ve Kayalıyurt Tepe (2961 m) bulunmaktadır. Çadır Dağı'nı kuzeyden Şavşat Deresi ile doğudan Kura Nehri drene etmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Çadır Dağı'nın topografya haritası.

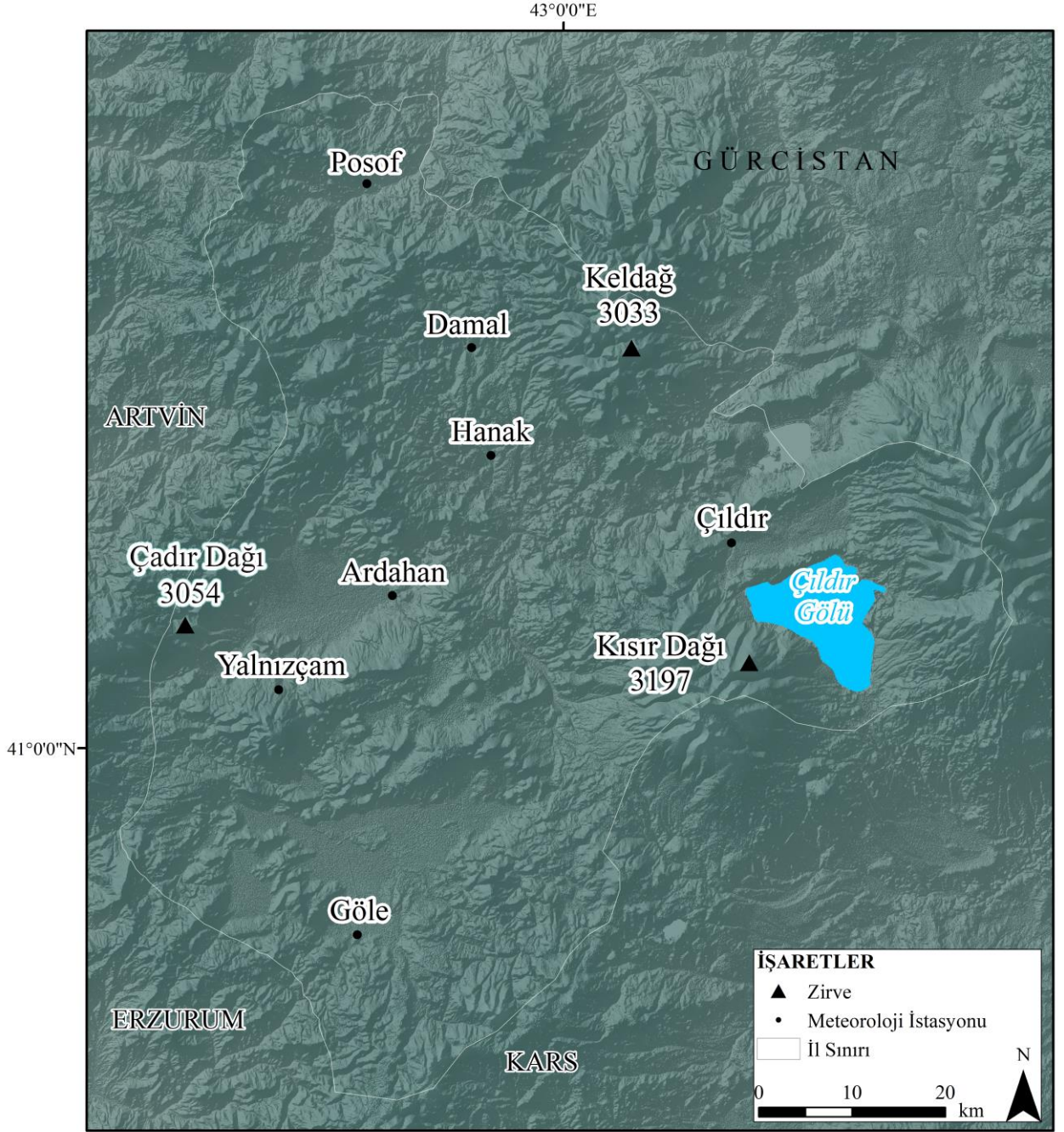
Çadır Dağı'nın jeolojik yapısı zirveler düzlüğünde Üst Miosen-Alt Pliosen yaşlı bazalt, tüf ve aglomeralardan; batı eğimli yamaçlarda ise Orta-Üst Lütesien yaşlı kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, tüf, aglomera, bazalt ve andezitlerden meydana gelmektedir (Keskin, 2013a, b) (Şekil 4).



Şekil 4. Çadır Dağı'nın jeolojik yapısı (Keskin, 2013a, b).

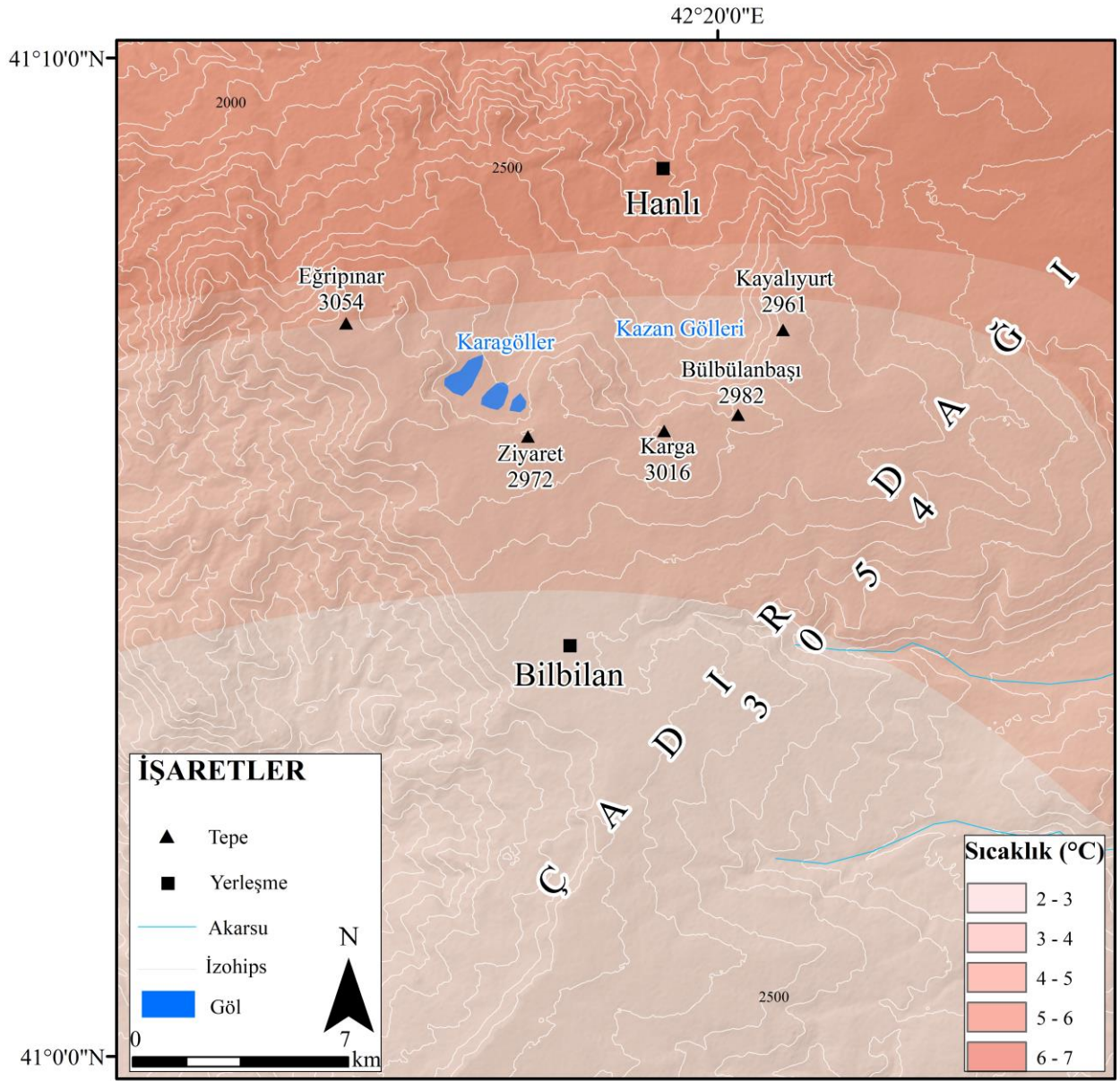
Çadır Dağı, Geç Pleistosen'de günümüz iklim koşullarına göre daha farklı iklimsel özelliklere sahiptir. Bu kapsamda paleoiklim koşullarının değerlendirildiği buzul modelleri, daha soğuk koşulların hüküm sürdüğünü göstermektedir. Çalışma sonuçları, Anadolu'da Son Buzul Maksimumu'nda (30-18 binyıl) iklimin 8-11 °C daha soğuk ve 1.5-2 kat daha yağışlı olduğunu ortaya koymaktadır (Sarıkaya ve Çiner, 2015). Bir başka çalışma Geç Buzul Dönemi'nde (18-13 binyıl) iklimin 4.5-6.4 °C daha soğuk ve % 50 daha nemli olduğunu vurgulamaktadır (Sarıkaya, 2009). Belirtilen iklim koşulları periglasyal şekillerin gelişimi için uygun zemin oluşturmaktadır.

İklim analizleri için Çadır Dağı çevresinde yer alan Ardahan (1825 m), Posof (1550 m), Çıldır (1925 m), Göle (2006 m), Hanak (1825 m), Damal (2090 m) ve Yalnızçam Kayak Merkezi (1945 m) ile toplam yedi meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır (Şekil 5).

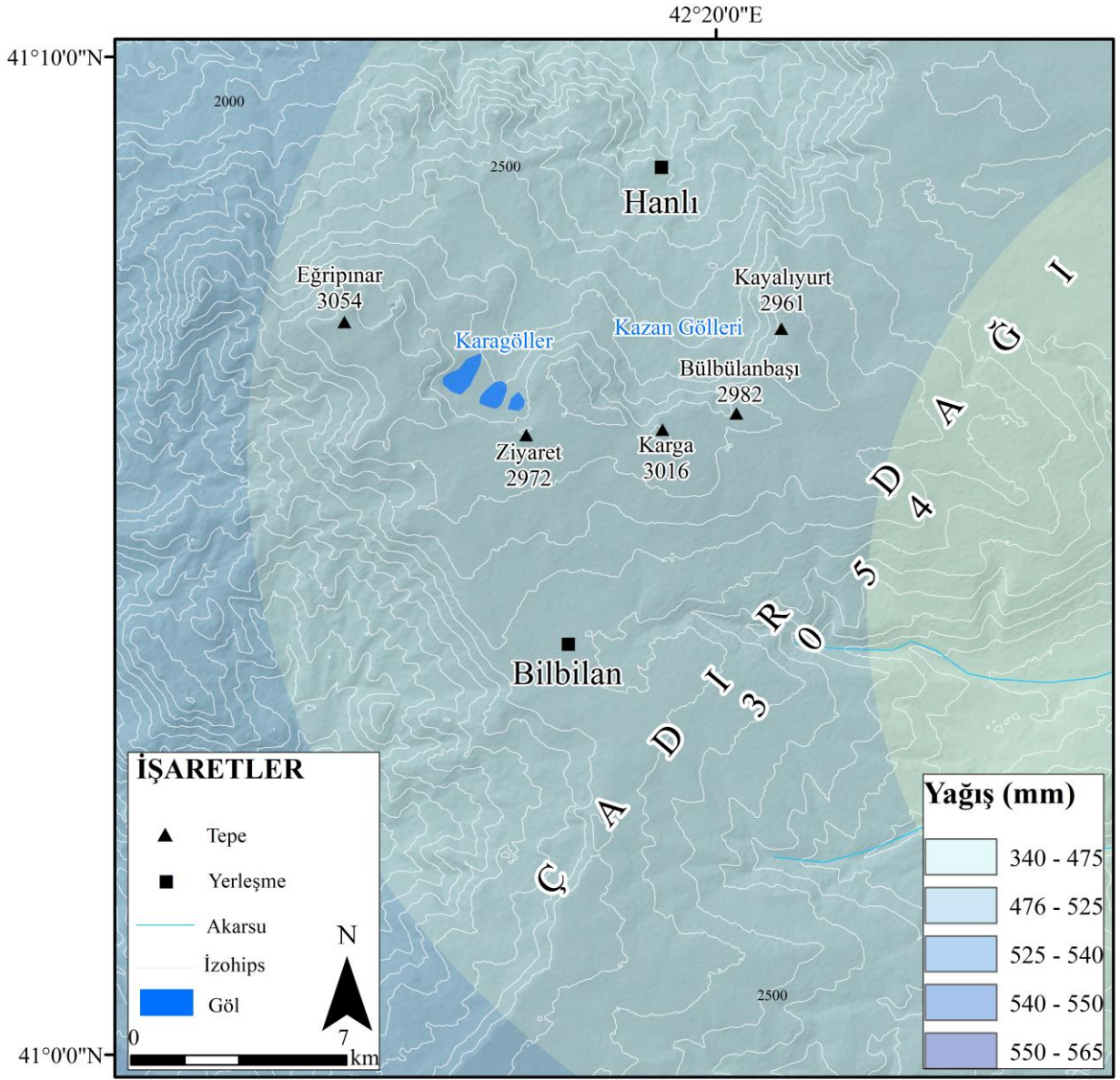


Şekil 5. Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyonlarının dağılışı haritası.

Çadır Dağı zirveler kuşağında yapılan klimatik analizler neticesinde yıllık ortalama hava sıcaklığının 3-4 °C civarında, yıllık ortalama toplam yağış miktarının ise 476-525 mm arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 6, 7).

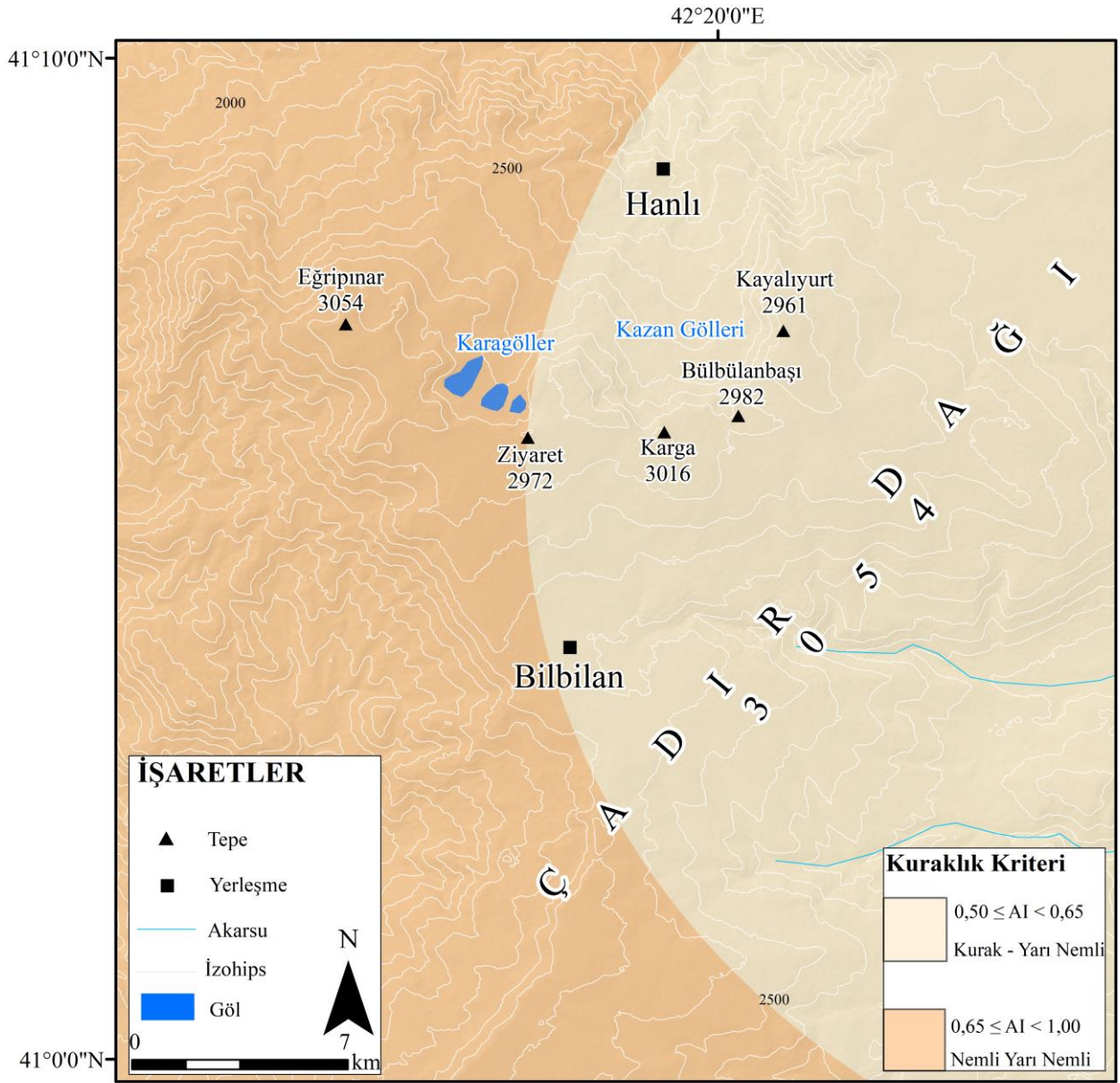


Şekil 6. Çadır Dağı'nın yıllık ortalama sıcaklık haritası.

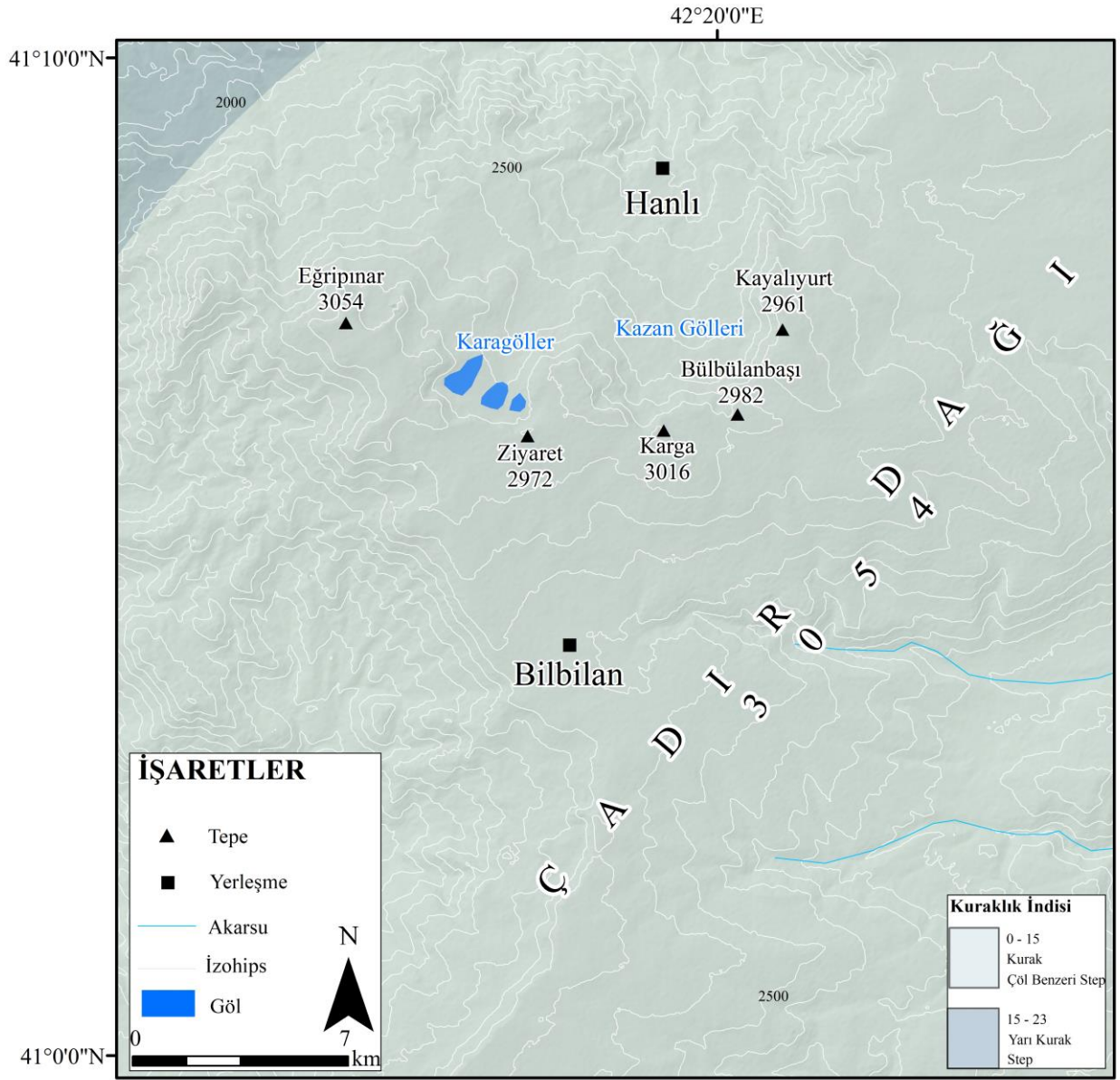


Şekil 7. Çadır Dağı'nın yıllık toplam yağış haritası.

Çadır Dağı'nın Unep Aridite ve Erinç İndislerine göre iklim tipi nemli-yarı nemli, vejetasyon tipi ise çöl benzeri step olarak ortaya konulmuştur (Şekil 8, 9).



Şekil 8. Çadır Dağı'nın UNEP-UNCCD aridite indisine göre iklim tipi haritası.



Şekil 9. Çadır Dağı'nın Erinch indisine göre iklim tipi haritası.

Çalışmada periglasyal süreç analizi için klimatolojik sınır koşulları aşağıdaki şekilde uygulanmıştır (French, 2007).

- 1- Gün içerisinde minimum ve maksimum sıcaklıkların 0 °C'nin altında olduğu günler **donmanın** gerçekleştiği,
- 2- Minimum sıcaklığın 0 °C'nin altında ve maksimum sıcaklığın 0 °C'nin üzerinde olduğu günler **donma-çözülmenin** gerçekleştiği,
- 3- Minimum ve maksimum sıcaklıkların 0 °C'nin üzerinde olduğu günler ise **çözülmenin** gerçekleştiği günler olarak belirlenmiştir.

Çadır Dağı alpin bitki kuşağı içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanları alpin bitkiler ile kaplı durumdadır (Şekil 10).



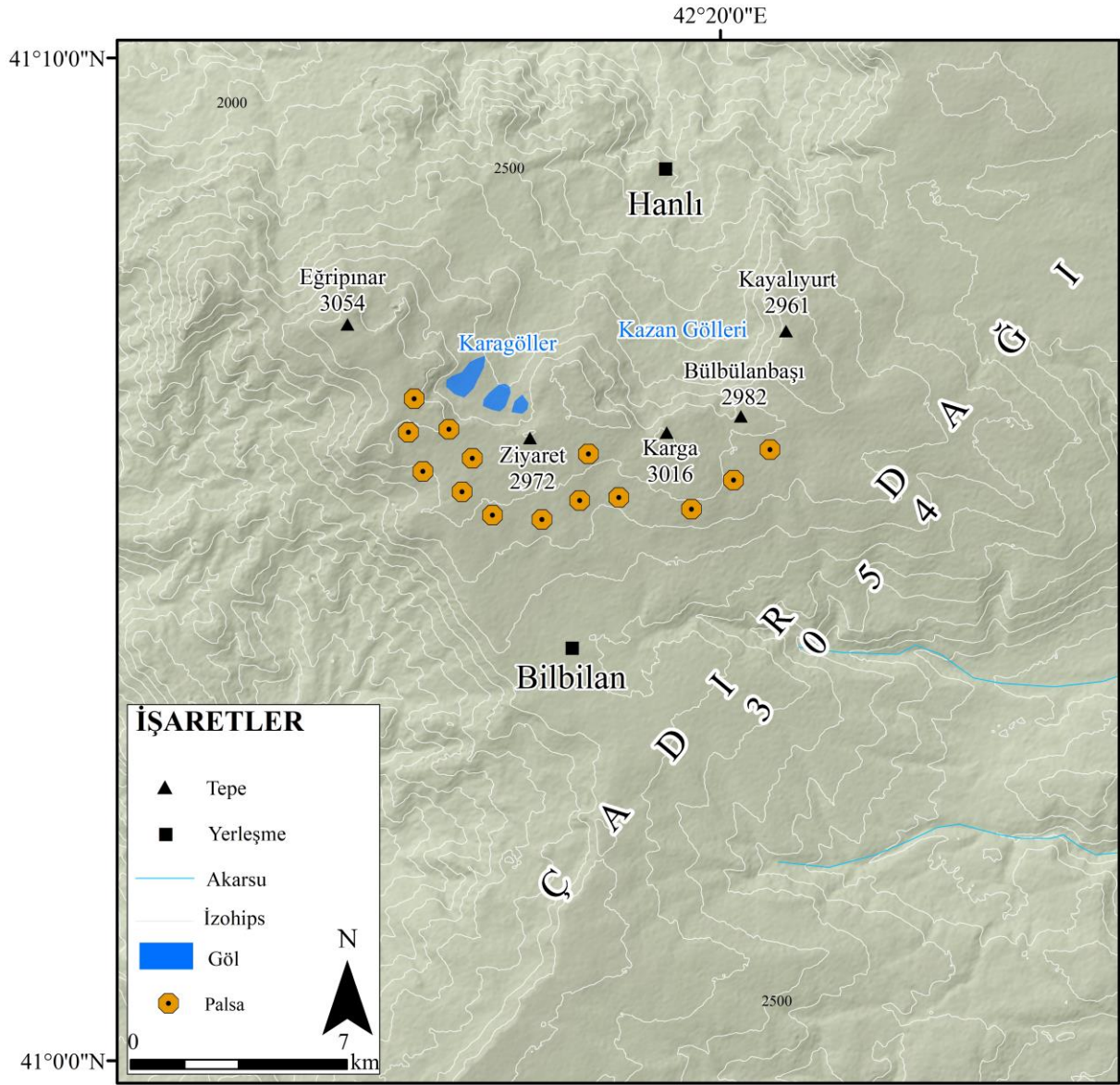
Şekil 10. Çadır Dağı'nın genel görünümü.

VII. MATERYAL VE METOD

Proje, jeomorfolojik gözlem ve haritalama, örnekleme, laboratuvar analizi ile analiz değerlendirme olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

Jeomorfolojik gözlem ve haritalama; Jeomorfolojik gözlem 11-20 Ağustos 2024 tarihleri arasında yapılan 10 günlük arazi çalışması neticesinde tamamlanmıştır. Çadır Dağı için 1/25.000 ölçekli Ardahan F48-c4 pafta numaralı topografya haritası sayısallaştırılmıştır. Jeolojik yapının değerlendirilmesi amacıyla Çadır Dağı için 1/ 100.000 ölçekli Ardahan-F48 ile Ardahan-F49 paftaları sadeleştirilerek yeniden çizilmiştir. Elde edilen haritalar ve arazi çalışmaları verileri yardımı ile jeomorfoloji haritasının taslağı oluşturulmuştur. ArcGIS 10.2 programı yardımıyla ayrıntılı jeomorfoloji haritası sayısallaştırılmıştır. Jeomorfolojik gözlemler neticesinde Çadır Dağı'nda düz ve düze yakın zirveler kuşağında palsaların bulunduğu tespit edilmiştir.

Çadır Dağı'nda, Ziyaret Tepe (2972 m) güneyinde, Karga Tepe (3016 m) güneyinde ve Bülbülanbaşı Tepe (2982 m) güneyinde palsalar belirlenmiştir. Çadır Dağı'ndaki palsalar 3002 ile 2878 m yükselti aralığında bulunmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Çadır Dağı'nın palsa dağılışı haritası.

Arazi çalışmaları ile Çadır Dağı üzerinde 180 palsaya ait uzunluk, genişlik, yükseklik, yükselti ve koordinat değerleri ölçülmüştür. Daha sonra, bunların tanımsal istatistikleri, aralarındaki korelasyonlar (ilişkiler) hesaplanarak bu ilişkileri nesnel olarak açıklayabilmek amacıyla grafiksel ve istatistiksel çözümlemeler gerçekleştirilmiştir. Temel tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon analizleri için IBM SPSS Statistics 23v. programı kullanılmıştır (IBM Corp, 2015).

Korelasyon analizi, en az iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini belirlemek için kullanılmaktadır. Analizler sonrasında elde edilen bulgular anlamlılık seviyelerine göre değerlendirilerek çıkarımlarda bulunulur. Çıkan sonuçlara göre değerler pozitif olarak gerçekleşirse ilişki arasında pozitif yönde bir artış olduğu, eğer negatif olarak gerçekleşirse negatif yönde bir azalış olduğu ifade edilerek, değişkenler arasındaki bağlantılar değerlendirilmektedir.

Çadır Dağı'ndaki hâkim iklim tipleri, hem Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın Kuraklık İndeksi (AI) hem de Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNEP/UNCCD) ve Erinç'in Kuraklık (Yağış Verimliliği) İndeksi (Erinç, 1965) aracılığıyla tespit edilmiştir. AI, için aşağıdaki denklem kullanılır (UNEP, 1993):

$$AI = \left(\frac{P}{PET} \right)$$

P, yıllık yağış (mm) ve PET, potansiyel evapotranspirasyon toplamıdır (mm). PET değerleri, Thornthwaite'in (1948) metodolojisine dayalı olarak hesaplanmıştır. Türkiye için düzenlenen AI değerlerinin sınıflandırılması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. UNEP/UNCCD kuraklık indeksine göre Türkiye iklim tipi sınıflandırması (Türkeş, 2020).

AI Kriter	İklim Tipi
> 0.20	Kurak
0.20 ≤ AI < 0.50	Yarı-kurak
0.50 ≤ AI < 0.65	Kurakça-Yarı nemli
0.65 ≤ AI < 1.00	Yarı-nemli
1.00 ≤ AI < 2.00	Nemli
2.00 ≤	Çok nemli

Erinç'in Kuraklık İndeksi (Im), beş ana sınıfa ayrılır (Tablo 2) ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$I_m = \left(\frac{\bar{P}}{\bar{T}_{max}} \right)$$

(P), yıllık yağışın (mm) uzun vadeli ortalamasıdır ve $\bar{T}_{max}$, yıllık maksimum sıcaklıktır (°C).

Tablo 2. Erinç'in Kuraklık İndisine (I_m) göre iklim sınıflandırması ve vejetasyon formasyonları (Kutiel ve Türkeş, 2005).

I_m Kriter	İklim Tipi	Vejetasyon Tipi
< 15	Kurak	Çöl benzeri step
15 – 23	Yarı-kurak	Step
23 – 40	Yarı-nemli	Kuru orman
40 – 55	Nemli	Nemli orman
> 55	Çok-nemli	Çok nemli orman

French (2007)'e dayanarak, gün içerisinde minimum (Tmin.) ve maksimum (Tmak.) sıcaklıkların 0 °C'nin altında (Tmin. ve Tmak. ≤ 0 °C) olduğu günler donmanın gerçekleştiği; minimum sıcaklığın 0 °C'nin altında ve maksimum sıcaklığın 0 °C'nin üzerinde (Tmin. ≤ 0 °C < Tmak.) olduğu günler donma-çözülmenin gerçekleştiği; minimum ve maksimum sıcaklıkların 0 °C'nin üzerinde (0 °C < Tmin. ve Tmak.) olduğu günler çözülmenin gerçekleştiği günler olarak belirlenmiştir. Tüm bu değişkenlere göre istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin çalışma şeklini taklit eden güçlü bir yapay zekâ tekniğidir. Son yıllarda bu konu çok büyük ilgi görmüş ve büyük veri setleri üzerinde çalışırken,

esneklikleri ve yüksek öğrenme kapasiteleri nedeni ile iklim tahmini (Mohammadi vd., 2021), su kaynakları yönetimi (Najah vd., 2013), enerji ve çevre (Fadare, 2010), arazi kullanımı ve değişimi (Moghadam vd., 2017) ve ekonomi (Feng ve Zhang, 2014) gibi birçok farklı alanda uygulanmıştır (Schmidhuber, 2015). YSA'ların en önemli avantajlarından biri, doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilme yetenekleridir. Geleneksel yöntemler, verilerin doğrusal bir yapıya sahip olduğunu varsaymaktadır. Bu nedenle karmaşık sistemleri tam anlamıyla temsil edemezler. YSA'lar ise çok katmanlı yapıları sayesinde bu tür karmaşık ilişkileri anlayabilir ve modelleyebilir (Goodfellow vd., 2016). Bu özellikleri, mühendislik, finans ve tıp gibi alanlarda geniş bir uygulama alanına sahip olmalarını sağlamaktadır.

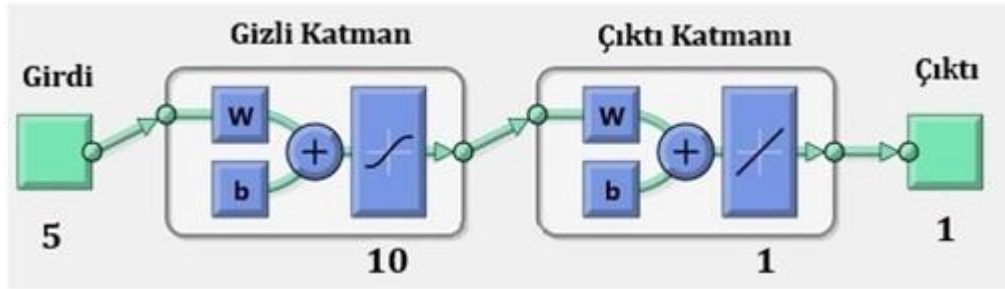
Toprak bilimi alanındaki çalışmalar, YSA'ların toprak parametrelerini tahmin etme konusunda ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Odabaş vd. (2016) tarafından yapılan araştırmada YSA'ların fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini modellemede ne kadar başarılı olduğunu ortaya konulmuş, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağladığı, özellikle karmaşık ilişkileri daha iyi anladığı belirtilmiştir.

YSA'ların eğitimi, büyük veri setleri üzerinde gerçekleştirilmekte ve bu süreçte ağırlık öğrenme yeteneklerini optimize etmek için çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. Levenberg-Marquardt (LM) algoritması, bu eğitimlerde sıkça tercih edilen bir yöntemdir (Hagan ve Menhaj, 1994). Bu algoritma, özellikle daha küçük ve orta büyüklükteki veri setlerinde hızlı ve etkili sonuçlar verir, böylece modelin öğrenme sürecini hızlandırır. Sonuç olarak, YSA'lar, doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesi ve karmaşık veri ilişkilerinin anlaşılması için güçlü bir araçtır. Literatürde yapılan araştırmalar, YSA'ların geleneksel yöntemlere kıyasla daha üstün performans sergilediğini göstermektedir (Goodfellow vd., 2016; LeCun vd., 2015; Schmidhuber, 2015). Bu nedenle, YSA'ların gelecekteki araştırma ve uygulamalarda daha yaygın olarak kullanılacağı açıktır. Bu çalışmada Çadır Dağı'ndan 30 adet toprak örneğinde fiziko-kimyasal toprak analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar kullanılarak YSA uygulanmıştır. YSA uygulanırken iki dağ iki ayrı veri seti olarak işlenmiş ve bu veri setlerinde kum, silt, kil, organik madde (OM), agregat stabilitesi (AS), hacim ağırlığı (HA), hidrolik iletkenlik (Hİ) girdi verileri; dispersiyon oranı (DO) ise hedef olarak kullanılmıştır.

Dispersiyon oranı, toprak degradasyonunun önemli parametrelerinden birisidir. Toprak degradasyonu tarım alanlarının en büyük problemlerindendir (Tefera vd., 2002). Toprak degradasyonu ekosistemin niteliğinde bir gerilemeye sebep olur. Erozyon, organik maddenin ve biyoçeşitliliğin azalması, verimliliğin düşmesi ve element içeriğinde meydana gelen dengesizlik, asitleşme ve tuzlulaşma gibi etkenler degradasyonu hızlandırır. Agregat stabilitesinin yükselmesi ise degradasyonu azaltır (Lal, 2015). Toprak degradasyonunun neticesinde strüktürel yapıda bozulma başlamaktadır (Chan vd., 2003). Agregatların dispers olması ile meydana gelen toprak

strüktüründeki bozulma ve toprak organik karbon içeriğinin eksilmesi toprak yüzey erodibilitesinin artmasında önemli etkenlerdir (Charman ve Murphy, 2007). Toprak organik madde miktarı arttıkça, toprak agregasyonu ve strüktürel yapısı gelişirken dispers olmaya karşı direnci yükselir (Obalum vd., 2017).

Matlab ile uygulanan YSA'da, ağı eğitmek için Levenberg-Marquardt (LM) algoritması gerçekleştirilmiştir (Şekil 12). LM algoritması, Gauss-Newton (GN) ile Gradient-Descent (GD) algoritmaları arasında, bir aracı optimizasyon algoritması olarak bilinmektedir (Farhat ve Cheok, 2017; Temizel vd., 2014). Çadır Dağı veri setinde toplam örneklem sayısı 30 olup, bu örneklerin % 70'i eğitim, % 15'i test ve kalan % 15'i ise doğrulama verisi olarak kullanılmıştır. Girdi, gizli ve çıktı katmanlarından oluşan model, ayrıca birden fazla düğüm katmanından meydana gelmektedir. Şekil 12'deki tek gizli katmanlı ağ modeli; kil, silt, kum, OM, AS, HA, Hİ olmak üzere 7 parametre girdi verisi; 10 nörondan meydana gelen gizli katman; gizli katmanlardan gelen verilerin toplandığı çıktı katmanı ve ağın çıktı verilerini ortaya koymaktadır. Gizli katmanda kullanılan nöron sayısı çalışmalarda çok önemlidir. Çünkü çok fazla nöron aşırı uyum sorunlarına neden olabilmektedir (Huang ve Foo, 2002).



Şekil 12. Tek gizli katmanlı ağ modeli.

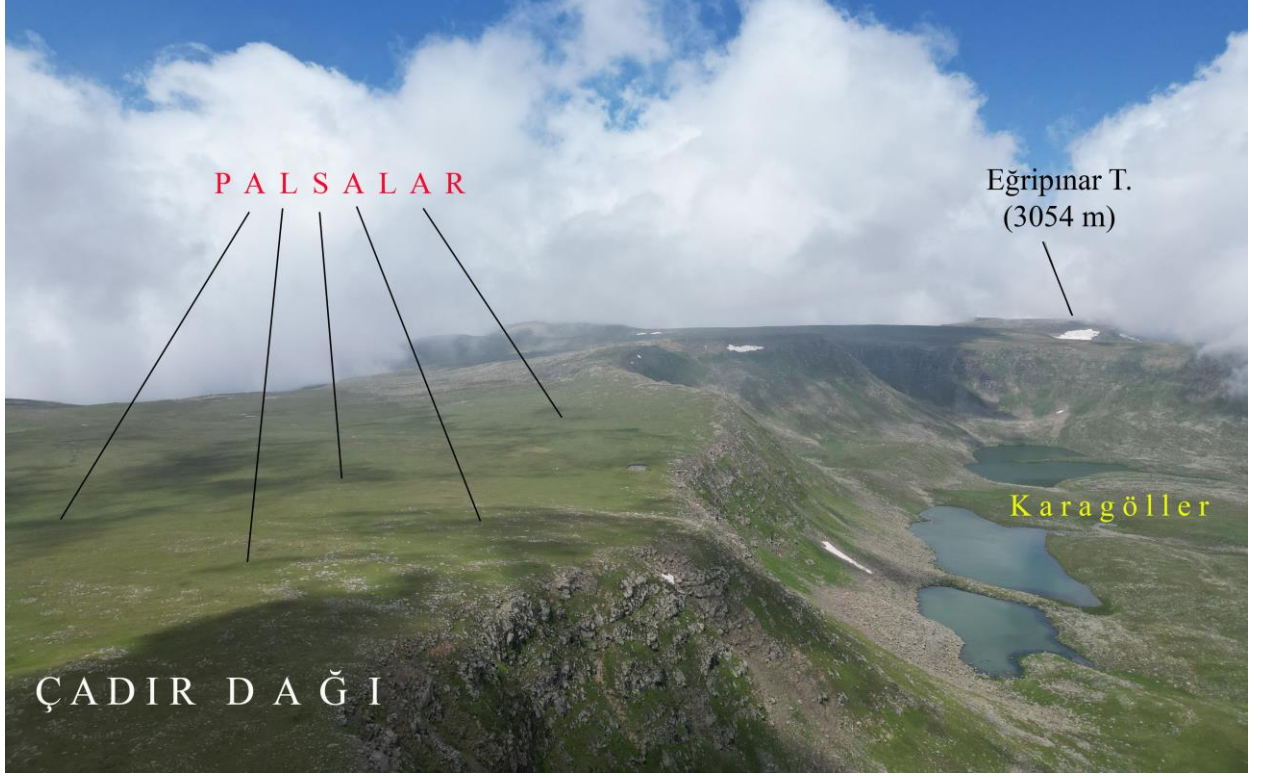
Tasarlanan YSA, 7 adet girdi ve 1 adet çıktı kullanılarak eğitilmiştir. Tüm ağırlık değerleri belirlendiğinde ve YSA girdi değerlerinin bir fonksiyonu olarak çıktı verileri hedef verilerine tam olarak yaklaştığında eğitim süreci sona ermiştir. Ağda farklı sayıda gizli katman, nöronlar ve katmanlar arasındaki farklı transfer fonksiyonları vardır. Bu çalışmada elde edilen model, çıktı katmanında 10 nöron ve sigmoid fonksiyonu ile 1 gizli katmandan meydana gelmektedir. Burada oluşturulan YSA'nın performansını değerlendirmek için Ortalama Kareler Tahmin Hatası (MSE) ve Belirleme Katsayısı (R^2) dikkate alınmıştır. Bu kriterler aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır (Hosseinpour vd., 2016).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{ai} - y_{pi})^2}{N-1}$$

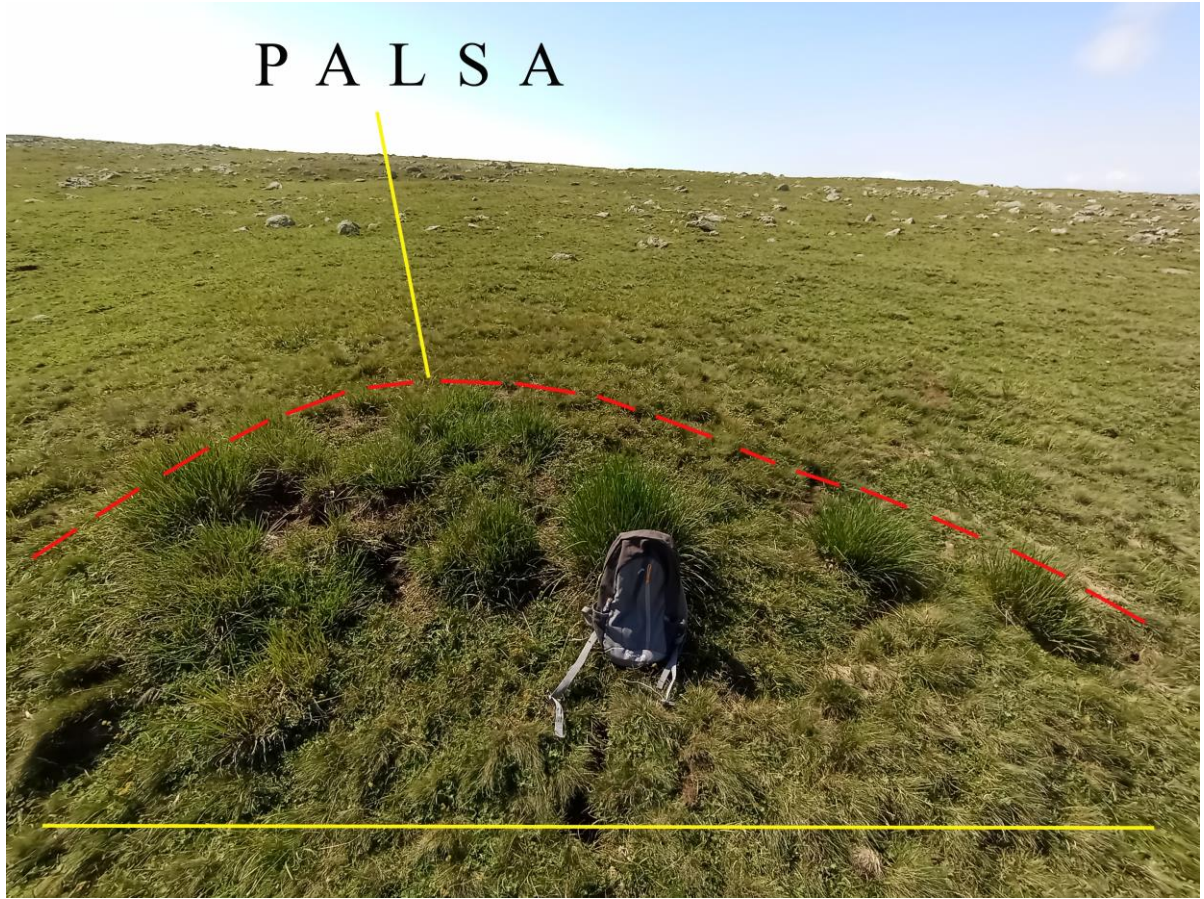
$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^N (y_{ai} - y_a)(y_{pi} - y_p)]}{\sum_{i=1}^N (y_{ai} - y_a)^2 (y_{pi} - y_p)^2}$$

Burada y_i ve y_{pi} ölçülen ve tahmin edilen DO değeridir.

Örnekleme; Arazi çalışmaları esnasında tespiti yapılan uygun palsalar üzerinden örnekleme yapılmıştır. Örnekler çekiç, keski ve kürek yardımıyla alınmıştır. Örnekleme esnasında orijinal toprak yüzeyleri tercih edilmiş, yaklaşık 500-700 gram olacak şekilde örnek alınmıştır. Arazide örnekleme yapılırken gerekli olan tüm diğer veriler (koordinatlar, yükseklik, örnek kalınlığı, ufuk açıları, fotoğraflama, vb.) kaydedilmiştir. Arazi çalışmaları esnasında Çadır Dağı'ndan 30 toprak örneği alınmıştır (Şekil 13, 14).



Şekil 13. Çadır Dağı'nda yer alan palsaların dağılışı.



Şekil 14. Çadır Dağı'nda yer alan palsaların genel görünümü.

Laboratuvar analizi; Arazi çalışmaları esnasında alınan 30 toprak örneği öncelikle, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ndeki Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Burada hazırlanan örnekler üzerinde fizikokimyasal ile biyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Sonrasında toprak örnekleri içerisinde seçilen temsil örneklerine, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda detay kil XRD difraktogram çekimi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntü alma ve analiz işlemleri uygulanmıştır. Detay kil XRD difraktogram çekimi işleminde, kil örneklerinin standart (2° - 70° arası), normal (2° - 30° arası), etilen glikol (2° - 30° arası), 300°C ısı (2° - 30° arası) ve 550°C ısı (2° - 30° arası) işlem çekimleri yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntü alma işleminde ise yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilmektedir. Bu işlemlerin sonucunda toprak gelişiminin ayrıntılı değerlendirilmesi de mümkün olmuştur. Toprak analizi palsaların olduğu ortam ve zemin özelliklerini açıklamak için kullanılmaktadır. Araziden alınan örnekler analizlerin uygulanması için öncelikle laboratuvar ortamında kurutulma yapılmıştır. Sonrasında kurutulmuş örnekler öğütülerek 2 mm'lik elekten

geçirilmiş, amaca uygun yöntemler ile numuneler analiz edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçlar doğrultusunda palsaların olduğu ortamların zemin yapısı ve içeriği, morfojenetik bölge sınıflandırması değerlendirilerek çıkarımlarda bulunulmuştur.

Analiz değerlendirme; Palsalara ait elde edilen ait veriler ile güncel iklim verileri ve toprak analiz sonuçlarına göre jeomorfolojik gelişim belirlenmeye çalışılmıştır. Günümüzdeki sıcaklık ve yağış koşulları ile tespiti yapılan toprak analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Böylelikle Çadır Dağı'na ait palsalardaki toprak gelişimi hakkında değerlendirme yapmak mümkün olmuştur. Günümüzde iklimin değişmesi ile küresel ısınma daha da dikkat çekici bir hal almıştır. Bu kapsamda gelecek iklim koşullarının tespiti geçmişteki koşulların ortaya çıkarılması ve anlaşılmasından geçmektedir.

VIII. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çadır Dağı'nda arazi çalışmaları ile ölçümü gerçekleştirilen 180 adet palsalara ait tanımlayıcı istatistikler özeti Tablo 3'te ve detaylı Ekler kısmında verilmiştir. Çadır Dağı palsalarının tanımlayıcı istatistikleri şu şekildedir: Ortalama uzunluk 621,70 cm, genişlik 288,18 cm, yükseklik 38,87 cm ve son olarak yükselti 2942,24 m şeklindedir. Varyasyon katsayıları ise sırasıyla 14761,17, 8326,52, 103,83 ve son olarak 1226,20 şeklinde hesaplanmıştır (Tablo 3-a1).

Çadır Dağı'nın üç farklı alanından elde edilen ölçüm verilerinin, Spearman korelasyon analizine göre; palsaların uzunluk ile genişlik (0,843**) ve uzunluk ile yükseklik arasında (0,636**) pozitif yönde 0,01 düzeyinde istatistik olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (Tablo 3-a2) Ayrıca aynı alanda genişlik ile yükseklik (0,783*) arasında da 0,01 düzeyinde pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.

Tablo 3. Çadır Dağı'ndan elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri ve korelasyon matrisleri.

a1) Palsa (n=180) tanımlayıcı istatistikleri				a2) Palsa (n=180) korelasyon katsayıları				
	Ortalama	Standart Sapma	Varyans		Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Yükselti
Uzunluk (cm)	621,70	121,49	14761,17	Uzunluk	1,000	0,843**	0,636**	0,101
Genişlik (cm)	288,18	91,24	8326,52	Genişlik	0,843**	1,000	0,783**	0,123
Yükseklik (cm)	38,87	10,18	103,83	Yükseklik	0,636**	0,783**	1,000	0,073
Yükselti (m)	2942,24	35,01	1226,20	Yükselti	0,101	0,123	0,073	1,000

(*). (**): Sırasıyla 0.05, 0.01 ve seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı korelasyon katsayıları.

Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları neticesinde Çadır Dağı zirveler kuşağında palsaların gelişimi ve evrimi tespit edilmiştir. Bu kapsamda palsalardan toplam 30 adet toprak örneği alınmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Çadır Dağı'ndan alınan toprak örneklerine ait arazi ölçüm bilgileri.

Örnek Kodu	Şekil Adı	Koordinatları (K/D)	Yükseltisi (m)	Lokasyonu
PAL24-01	Palsa	41° 06.230 / 42° 15.540	3000	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-02	Palsa	41° 06.190 / 42° 16.100	3002	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-03	Palsa	41° 06.150 / 42° 16.040	2993	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-04	Palsa	41° 06.110 / 42° 16.080	2983	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-05	Palsa	41° 06.080 / 42° 16.120	2963	Ziyaret Tepe Güneyi

PAL24-06	Palsa	41° 06.040 / 42° 16.230	2939	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-07	Palsa	41° 06.020 / 42° 16.020	2936	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-08	Palsa	41° 05.580 / 42° 16.560	2947	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-09	Palsa	41° 05.550 / 42° 17.090	2955	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-10	Palsa	41° 05.560 / 42° 17.330	2939	Ziyaret Tepe Güneyi
PAL24-11	Palsa	41° 06.010 / 42° 17.340	2954	Karga Tepe Güneyi
PAL24-12	Palsa	41° 06.080 / 42° 17.510	2963	Karga Tepe Güneyi
PAL24-13	Palsa	41° 06.040 / 42° 18.030	2956	Karga Tepe Güneyi
PAL24-14	Palsa	41° 06.060 / 42° 18.190	2969	Karga Tepe Güneyi
PAL24-15	Palsa	41° 05.570 / 42° 18.240	2921	Karga Tepe Güneyi
PAL24-16	Palsa	41° 05.590 / 42° 18.390	2940	Karga Tepe Güneyi
PAL24-17	Palsa	41° 05.520 / 42° 18.480	2947	Karga Tepe Güneyi
PAL24-18	Palsa	41° 05.500 / 42° 19.030	2958	Karga Tepe Güneyi
PAL24-19	Palsa	41° 05.560 / 42° 19.100	2976	Karga Tepe Güneyi
PAL24-20	Palsa	41° 05.500 / 42° 19.180	2968	Karga Tepe Güneyi
PAL24-21	Palsa	41° 06.060 / 42° 19.140	2917	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-22	Palsa	41° 06.100 / 42° 19.220	2921	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-23	Palsa	41° 06.050 / 42° 19.200	2916	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-24	Palsa	41° 06.040 / 42° 19.280	2913	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-25	Palsa	41° 05.580 / 42° 19.260	2907	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-26	Palsa	41° 05.540 / 42° 19.360	2899	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-27	Palsa	41° 05.560 / 42° 19.420	2885	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-28	Palsa	41° 05.520 / 42° 19.400	2887	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-29	Palsa	41° 05.510 / 42° 19.460	2881	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi
PAL24-30	Palsa	41° 05.530 / 42° 19.490	2878	Bülbülanbaşı Tepe Güneyi

Çadır Dağı palsalarına ait toprak örneklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait analiz sonuçları Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Tanımsal istatistik değerlendirmede ortalama standart sapma, değişkenlik katsayısı, varyans, en düşük ve en yüksek değerler, çarpıklık ve basıklık özellikler değerlendirmeye alınmıştır. Normal dağılım simetrik bir dağılımdır. Normal dağılımda simetrikliğin bozulma derecesine çarpıklık (skewness) denir. Dağılım sağa uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu ise sola (negatif) çarpık olarak adlandırılır. Normal dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesine basıklık (kurtosis) denir (Yıldız vd., 1998).

Tablo 5. Çadır Dağı toprak örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları.

Fiziksel Özellikler										Kimyasal Özellikler								
Örnek Kodu	AS (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	HA	HI	SSI	DO	CF	pH	EC	CaCO ₃ (%)	Ca (mek/100 g)	Mg (mek/100 g)	Na (mek/100 g)	K (mek/100 g)	OC (%)	OM (%)
PAL24-01	58,02	23,94	33,36	42,70	1,11	31,13	34,05	9,01	34,47	5,04	0,09	4,53	4,01	0,80	0,20	0,26	11,46	19,75
PAL24-02	56,39	16,64	26,13	57,23	1,11	51,26	31,67	32,20	55,88	4,83	0,14	4,79	2,73	1,62	0,18	0,22	13,86	23,90
PAL24-03	63,21	20,86	31,45	47,68	1,10	38,43	26,29	31,09	42,91	4,96	0,09	4,55	2,31	3,12	0,15	0,32	13,02	22,45
PAL24-04	66,25	20,12	34,69	45,19	1,07	43,34	25,91	11,42	41,05	5,18	0,22	4,59	4,56	5,07	0,22	0,19	13,05	22,50
PAL24-05	61,51	13,54	33,41	53,04	1,04	67,84	12,40	52,99	62,29	5,03	0,03	3,98	5,34	3,90	0,23	0,41	16,97	29,25
PAL24-06	64,27	14,97	29,89	55,14	1,07	61,90	21,60	22,26	72,45	5,33	0,24	1,55	5,45	4,11	0,17	0,42	18,85	32,50
PAL24-07	69,67	15,90	42,58	41,52	1,01	61,04	27,36	25,37	38,73	4,88	0,21	4,16	2,54	3,15	0,20	0,20	13,14	22,65
PAL24-08	80,96	5,90	17,95	76,15	1,04	128,71	28,47	13,90	117,19	5,32	0,13	4,19	3,89	2,46	0,19	0,32	16,21	27,95
PAL24-09	63,86	13,52	28,40	58,07	1,07	66,58	16,51	27,43	67,38	4,60	0,06	3,72	4,66	0,61	0,16	0,34	16,39	28,25
PAL24-10	59,16	18,80	38,09	43,11	1,05	47,99	28,70	20,82	37,79	5,50	0,08	3,48	3,43	3,33	0,15	0,15	12,47	21,50
PAL24	50,54	9,15	36,68	54,16	0,98	99,67	26,44	26,01	50,62	4,96	0,04	4,93	1,99	2,49	0,15	0,18	13,46	23,20

-11																		
PAL24-12	97,71	17,03	39,08	43,89	1,03	55,87	20,74	31,10	37,16	5,41	0,06	4,75	3,50	2,80	0,21	0,16	12,09	20,85
PAL24-13	59,98	10,80	49,52	39,69	0,93	87,28	31,28	21,74	47,50	5,08	0,48	5,13	3,93	1,55	0,19	0,26	16,62	28,65
PAL24-14	58,48	18,34	25,36	56,30	1,11	47,05	26,25	17,67	52,63	4,69	0,15	5,44	1,62	3,43	0,18	0,14	13,34	23,00
PAL24-15	64,68	13,12	32,12	54,76	1,04	73,10	26,35	24,83	71,73	5,50	0,26	4,39	6,21	3,26	0,27	0,37	18,82	32,45
PAL24-16	46,56	11,78	36,27	51,95	1,01	79,69	34,05	9,01	56,81	5,12	0,11	4,57	2,02	2,73	0,20	0,20	15,84	27,30
PAL24-17	78,10	10,84	33,78	55,38	1,01	85,66	31,67	32,20	67,01	4,77	0,20	3,78	3,61	3,09	0,19	0,22	17,34	29,90
PAL24-18	56,97	17,38	37,42	45,19	1,04	55,50	26,29	31,09	47,80	5,98	0,08	5,43	5,85	3,43	0,16	0,25	15,20	26,20
PAL24-19	40,19	7,66	42,14	50,20	0,95	106,85	25,91	11,42	63,56	5,53	0,26	4,82	7,94	4,78	0,25	0,28	18,36	31,65
PAL24-20	75,56	21,47	38,51	40,02	0,90	105,94	12,40	52,99	33,93	5,56	0,07	5,21	4,64	3,53	0,17	0,17	11,80	20,35
PAL24-21	61,09	14,21	38,67	47,13	1,01	69,37	21,60	22,26	47,00	5,40	0,10	4,80	3,34	4,56	0,19	0,18	14,41	24,85
PAL24-22	60,15	9,80	33,35	56,86	1,01	92,37	27,36	25,37	58,76	5,76	0,09	5,02	5,17	4,56	0,19	0,18	14,70	25,35
PAL24-23	56,22	17,08	39,09	43,83	1,03	55,87	28,47	13,90	39,79	5,74	0,13	4,95	5,20	4,30	0,17	0,18	12,96	22,35
PAL24-24	53,04	18,40	42,59	39,01	1,01	53,58	16,51	27,43	36,07	5,43	0,08	5,20	3,52	4,62	0,21	0,14	12,76	22,00
PAL24-25	56,54	18,40	37,13	44,47	1,04	51,60	28,70	20,82	37,91	5,54	0,10	5,20	4,42	2,91	0,18	0,16	12,21	21,05
PAL24-26	69,10	19,54	33,96	46,49	1,08	42,91	26,44	26,01	45,60	5,44	0,16	5,63	4,82	2,61	0,18	0,25	14,15	24,40
PAL24-27	66,65	17,62	33,49	48,89	1,07	49,67	20,74	31,10	49,99	5,73	0,17	5,21	6,85	4,84	0,20	0,36	14,82	25,55
PAL24-28	65,35	14,51	22,35	63,14	1,11	59,60	31,28	21,74	78,53	5,76	0,28	4,77	7,15	4,93	0,20	0,57	16,79	28,95
PAL24-29	67,67	12,05	33,54	54,40	1,02	79,37	26,25	17,67	58,56	5,03	0,12	4,99	3,12	3,53	0,23	0,30	15,49	26,70
PAL24-30	67,59	10,48	38,68	50,85	0,98	92,68	26,35	24,83	53,71	5,42	0,09	5,24	1,92	3,44	0,20	0,20	15,31	26,40

AS: Agregat Stabilitesi, HA: Hacım Ağırlığı, HI: Hidrolik İletkenlik, SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, DO: Dispersiyon Oranı, CF: Kabuk Oluşumu, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, CaCO₃: Kalsiyum Karbonat, Ca: Kalsiyum, Mg: Magnezyum, Na: Sodyum, K: Potasyum, OC: Organik Karbon, OM: Organik Madde.

Tablo 6. Çadır Dağı toprak örneklerinin biyolojik analiz sonuçları.

Örnek Kodu	Mikrobia Biomass Karbon (MBC) (mgCg ⁻¹ kuru toprak)	Toprak Solunumu (mgCO ₂) (µgCO ₂ -Cg ⁻¹)	Metabolik Bölüm (qCO ₂)	Örnek Kodu	Mikrobia Biomass Karbon (MBC) (mgCg ⁻¹ kuru toprak)	Toprak Solunumu (mgCO ₂) (µgCO ₂ -Cg ⁻¹)	Metabolik Bölüm (qCO ₂)
PAL24-01	36,53	0,20	0,0054	PAL24-16	31,62	0,22	0,0069
PAL24-02	23,67	0,19	0,0081	PAL24-17	39,12	0,49	0,0127
PAL24-03	33,30	0,17	0,0053	PAL24-18	36,93	0,19	0,0052
PAL24-04	40,77	0,19	0,0046	PAL24-19	30,36	0,23	0,0076
PAL24-05	45,63	0,37	0,0081	PAL24-20	19,15	0,13	0,0068
PAL24-06	46,42	0,25	0,0053	PAL24-21	25,89	0,24	0,0093
PAL24-07	29,30	0,25	0,0086	PAL24-22	20,20	0,19	0,0093
PAL24-08	46,30	0,48	0,0103	PAL24-23	33,23	0,18	0,0055
PAL24-09	31,79	0,25	0,0079	PAL24-24	19,99	0,14	0,0069
PAL24-10	25,44	0,19	0,0076	PAL24-25	19,82	0,18	0,0092
PAL24-11	14,90	0,12	0,0078	PAL24-26	33,76	0,21	0,0063
PAL24-12	21,26	0,14	0,0064	PAL24-27	45,87	0,20	0,0045
PAL24-13	25,76	0,26	0,0100	PAL24-28	48,67	0,34	0,0070

PAL24-14	22,05	0,20	0,0091	PAL24-29	33,67	0,34	0,0101
PAL24-15	43,33	0,29	0,0067	PAL24-30	27,06	0,24	0,0090

Çadır Dağı'nda 3002 ile 2878 m yükseltileri arasında bulunan palsalardan alınan 30 toprak örneği üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler incelenmiş ve bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır (Tablo 7).

Çadır Dağı palsaları hafif ile orta kuvvetli asit reaksiyon arasında değişmekte olup ortalama pH değerleri ortalama 5,28'dir. Palsa toprakları organik madde değerleri fazla değişkenlik göstermekte olup, % 19,75 ile % 32,50 arasında değişmektedir. Yükseklik arttıkça toprak organik maddesinde azalma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Kireç ise % 1,55 ile % 5,63 arasında değişmektedir. Topraklar içerisinde hâkim katyon Ca iyonu olup arkasından Mg iyonu gelmektedir. Toprakların kil % 5,90 ile % 23,94 arasında, silt % 17,95 ile % 49,52 ve kum ise % 39,01 ile % 76,15 arasında değişmektedir. Kum oranları oldukça yüksektir. Bu şekillere ait topraklarda dikkati çeken diğer bir özellik ise yükseklik artışı ile agregat stabilitelerinin azalmasıdır. Agregat stabilitesi gerek toprakların yapısal gelişimlerinde gerekse de erozyona karşı dirençlerinde önemli bir faktördür. Bu durum yükseklik artışı ile gerek organik maddede ve kısmen de olsa kil miktarında azalma gerekse de sıcaklık değişimlerinin yükseklik arttıkça agregat oluşumunun engellenmesinden kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, Tablo 7 incelendiğinde çarpıklık katsayıları kil, silt, pH, Ca mek/100g, organik karbon, organik madde, MBC mgCg⁻¹ ve qCO₂ normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılmayan özelliklerden strüktür stabilite indeksi, Ha, CaCO₃ ve Mg (mek/100g) negatif sola çarpıkken, diğer özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır. Wilding (1985), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<% 15), orta (% 15-35) ve yüksek (>% 35) olarak sınıflandırmaktadır (Mallants vd., 1996). Buna göre çalışma alanında kil, silt, strüktür stabilitesi indeksi ve MBC mgCg⁻¹ orta değişkenliğe sahip, agregat stabilitesi, kum, hidrolik iletkenlik, dispersiyon oranı ve kabuk oluşumu yüksek değişkenliğe sahip iken, diğer toprak özellikleri ise düşük değişkenliktedir.

Tablo 7. Çadır Dağı palsalarından alınan toprak örneklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri (n:30).

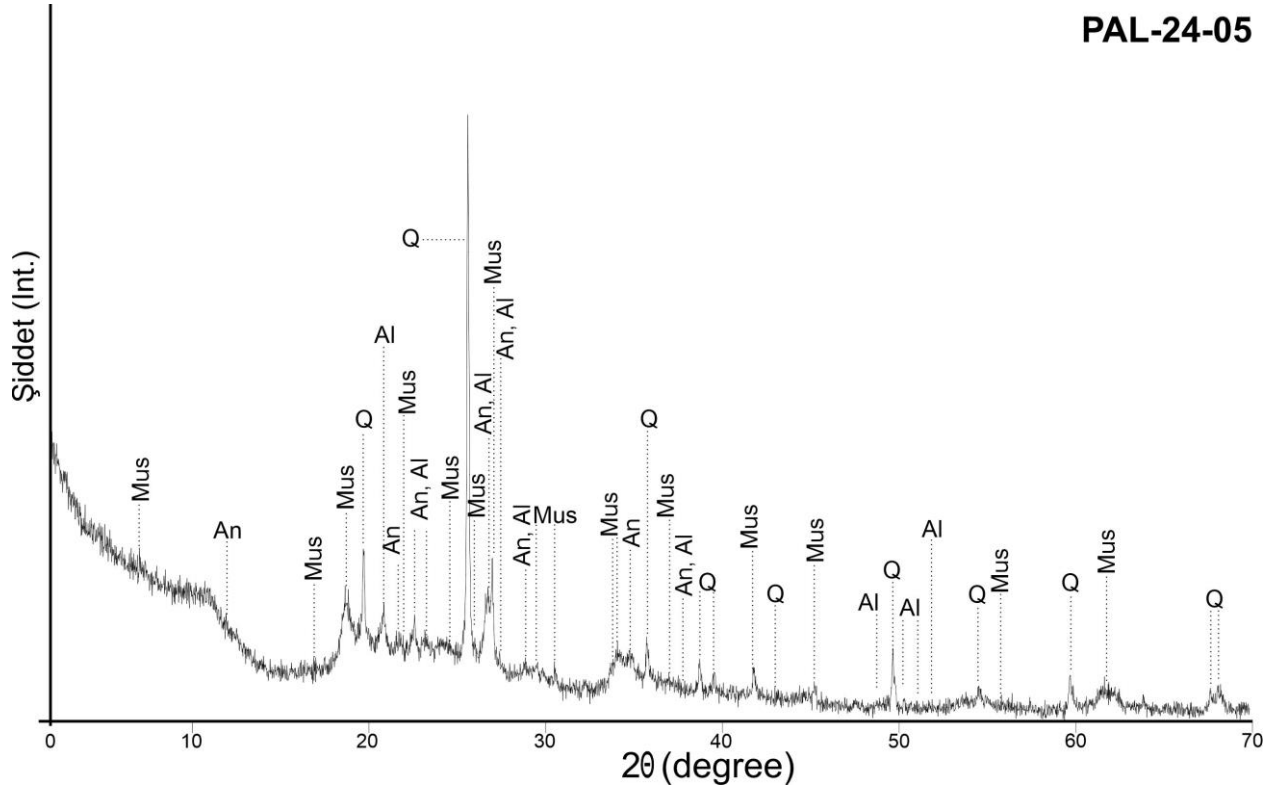
Özellikler	Ortalama	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı	Varyans	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Çarpıklık	Basıklık
AS (%)	63,18	10,77	57,52	116,11	40,19	97,71	0,92	2,95
Kil (%)	15,12	4,38	18,04	19,19	5,90	23,94	-0,16	-0,55
Silt (%)	34,65	6,42	31,57	41,32	17,95	49,52	-0,44	1,07
Kum (%)	50,21	8,02	37,14	64,36	39,01	76,15	1,09	2,27
HA	1,03	0,05	0,21	0,003	0,90	1,11	-0,57	0,37
Hİ	68,06	23,36	97,58	545,87	31,13	128,71	0,76	0,07
SSI	25,60	5,63	21,65	31,73	12,40	34,05	-0,89	0,51

DO	24,52	10,39	43,98	107,99	9,01	52,99	1,08	2,23
CF	53,49	17,29	83,26	299,01	33,93	117,19	1,80	5,14
pH	5,28	0,35	1,38	0,12	4,60	5,98	-0,10	-0,79
EC	0,14	0,09	0,45	0,009	0,03	0,48	1,77	4,39
CaCO ₃ (%)	4,63	0,79	4,08	0,62	1,55	5,63	-2,20	7,11
Ca (mek/100g)	4,19	1,62	6,32	2,62	1,62	7,94	0,42	-0,28
Mg (mek/100g)	3,31	1,16	4,46	1,36	0,61	5,07	-0,56	0,07
Na (mek/100g)	0,19	0,02	0,12	0,001	0,15	0,27	0,74	0,84
K (mek/100g)	0,25	0,10	0,43	0,01	0,14	0,57	1,31	1,92
OC (%)	14,72	2,13	7,39	4,53	11,46	18,85	0,39	-0,83
OM (%)	25,39	3,67	12,75	13,48	19,75	32,50	0,39	-0,82
MBC mgCg ⁻¹	31,72	9,65	33,77	93,21	14,90	48,67	0,19	-1,03
mgCO ₂ µgCO ₂ -Cg ⁻¹	0,23	0,09	0,37	0,008	0,12	0,49	1,51	2,29
qCO ₂	0,007	0,001	0,008	0,00	0,004	0,01	0,44	0,08

Çadır Dağı palsalarının analiz sonuçları korelasyon analizi de (Spearman korelasyon katsayısı) yapılmıştır. Palsalardaki korelasyon analizi sonuçlarına göre, 63 adet istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$; $p < 0,01$) ilişki belirlenmiştir. 63 adet istatistik arasında en yüksek korelasyon organik karbon ve organik madde arasında (1,000**) % 1 düzeyinde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Palsalardaki toprak özelliklerinin en düşük ilişkisi ise K (mek/100g) ile CaCO₃ (%) arasında (0,635*), % 5 düzeyinde negatiftir (Ek 1-2).

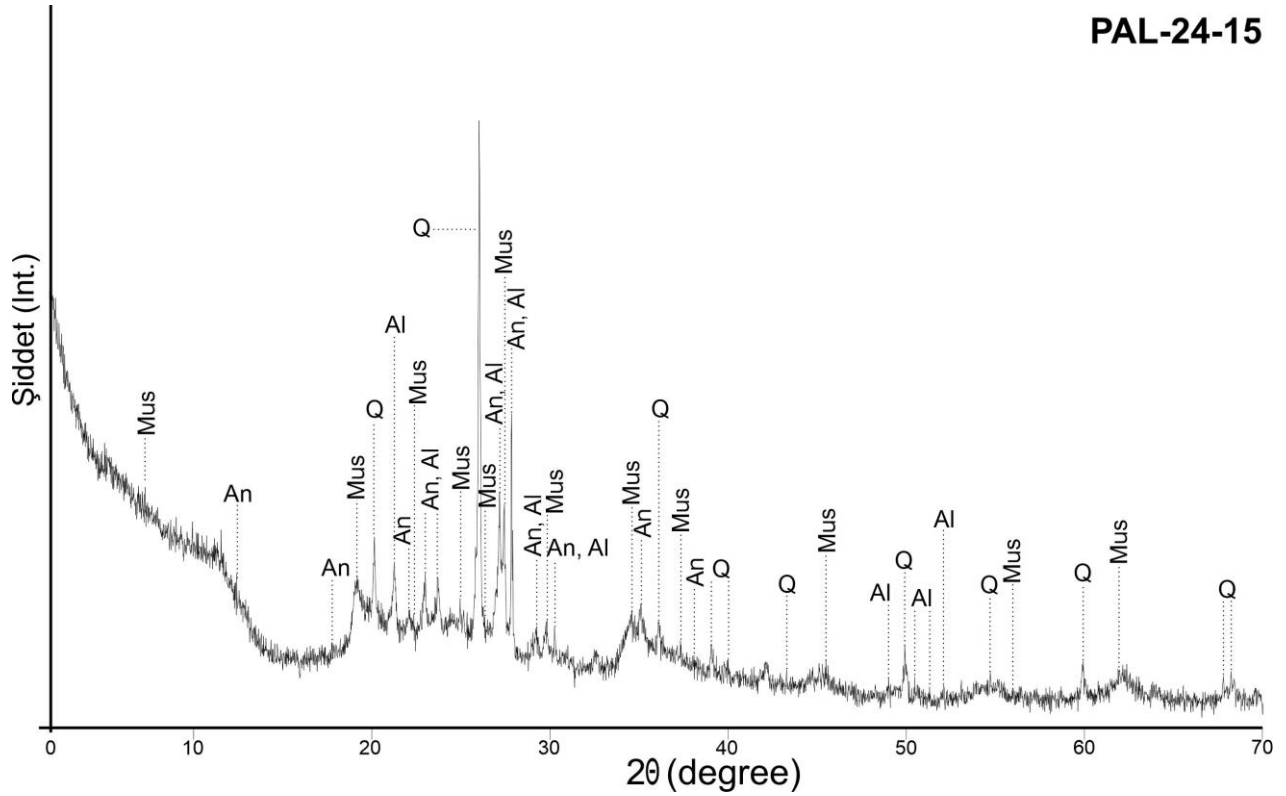
Çadır Dağı'ndaki palsalardan alınan toprak örneklerinde (PAL24-05, PAL24-15 ve PAL24-25) primer ve sekonder mineral tanımlamaları yapılmıştır. Bu kapsamda toprak örneklerinde primer minerallerin kompozisyonunu belirlemek amacı ile 2 mm'den küçük toprak örnekleri agat havanda 38 mikrondan geçecek şekilde öğütülmüş ve 2-70° 2θ aralığında X-Ray difraksiyonları Shimadzu XRD-6000 cihazı ile Cu antikatod tüp ve K filtre (40 kV, 35 mA) kullanılarak yapılmıştır (Jackson, 1979). Mineraller ve bolluk dereceleri XRD bazal mesafelerine ve XRD pik şiddetlerine göre yapılmıştır (Egli vd., 2003).

Çalışma alanından alınan PAL24-05 nolu palsa örneğinde yapılan birincil mineral belirleme çalışmaları sonucu, bolluk sırasına göre kuvars, muskovit, albit ve anortit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. PAL24-05 nolu örneğin primer minerallere ait X-Işın kırınimleri
(Al: Albit, An: Anortit, Mus: Muskovit, Q: Kuvars).

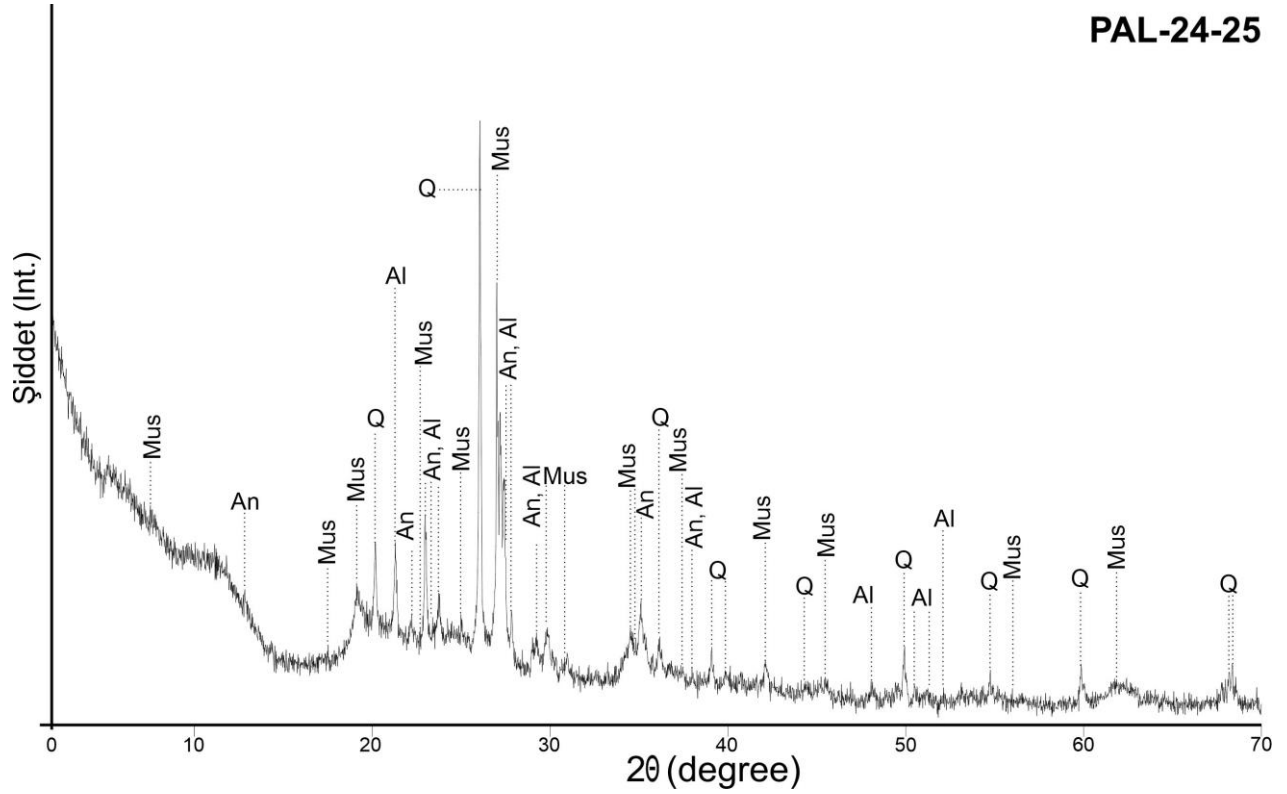
Çalışma alanından alınan PAL24-15 nolu palsa örneğinde yapılan birincil mineral belirleme çalışmaları sonucu, bolluk sırasına göre kuvars, muskovit, albit ve anortit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. PAL24-15 nolu örneğin primer minerallere ait X-Işın kırınımları

(Al: Albit, An: Anortit, Mus: Muskovit, Q: Kuvars).

Çalışma alanından alınan PAL24-25 nolu palsa örneğinde yapılan birincil mineral belirleme çalışmaları sonucu, bolluk sırasına göre kuvars, muskovit, albit ve anortit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. PAL24-25 nolu örneğin primer minerallere ait X-Işın kırınımları

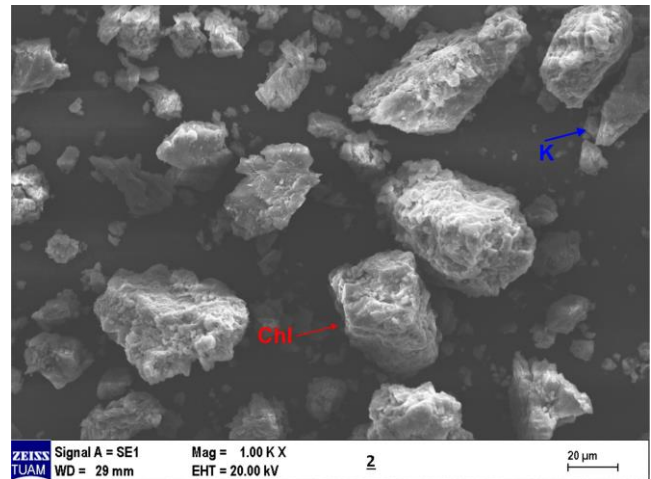
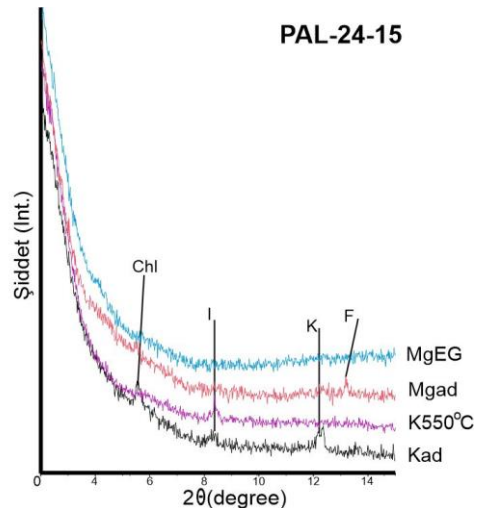
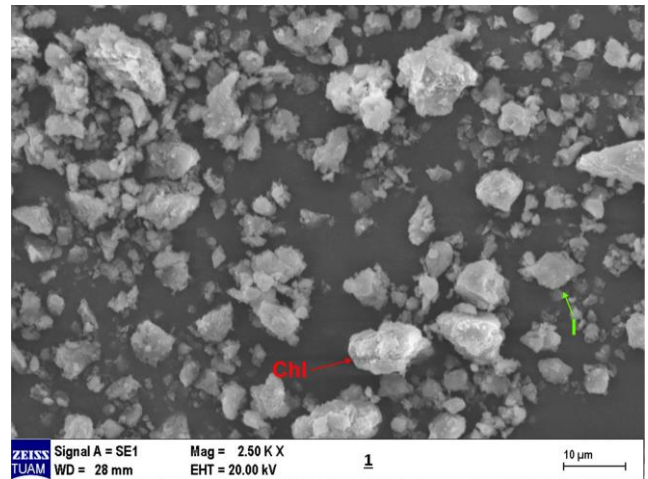
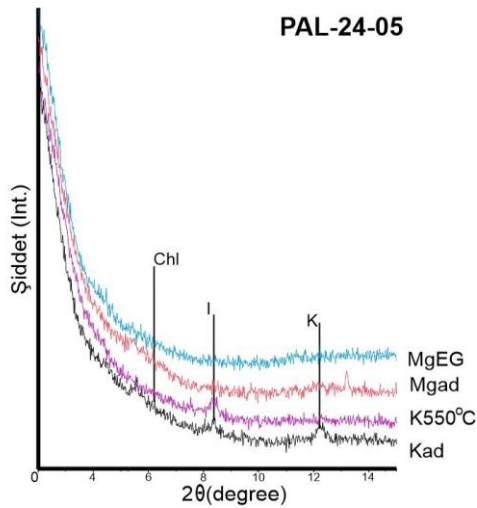
(Al: Albit, An: Anortit, Mus: Muskovit, Q: Kuvars).

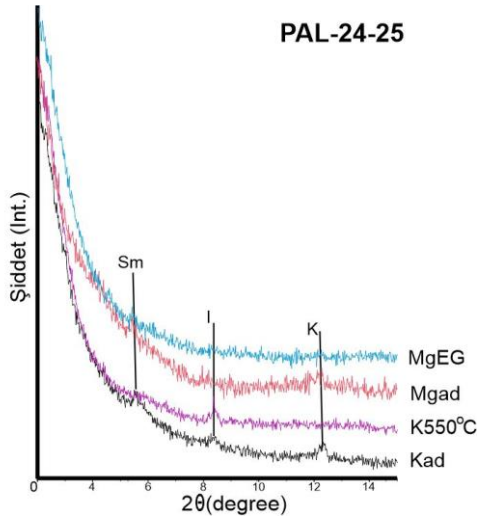
Çadır Dağı'ndan alınan PAL24-05 nolu palsa örneğinde kuvars, muskovit, albit ve anortit mineralleri tespit edilmiştir. Kil mineral tayini yapılan örneğin tüm uygulamalarında 13.75-14.19 Å aralığındaki zayıf pikler Klorit (Chl) kil mineraline aittir. Aynı şekilde tüm uygulamalarda 9.91-10.04 Å aralığındaki pikler kristalize illit (I) kil mineralininidir. Sırası ile potasyum hava kuru (Kad), Magnezyum hava kuru (Mgad) ve magnezyum etilen glikol (MgEG) doyurmalarında 7.06 Å, 7.14 Å ve 7.13 Å da görülen pikler potasyum ısıtma işlem sonrası (K550°C) kaybolmuştur. Görülen kristalize pikler kaolinit (K) pikleridir (Şekil 18).

Çadır Dağı'ndan alınan PAL24-15 nolu palsa örneğinde kuvars, muskovit, albit ve anortit mineralleri tespit edilmiştir. Kil mineral tayini yapılan örneğin tüm uygulamalarında 13.52-14.10 Å aralığındaki zayıf pikler (Kad hariç) Klorit (Chl) kil mineraline aittir. Aynı şekilde tüm uygulamalarda 9.96-10.06 Å aralığındaki pikler kristalize illit (I) kil mineralininidir. Sırası ile

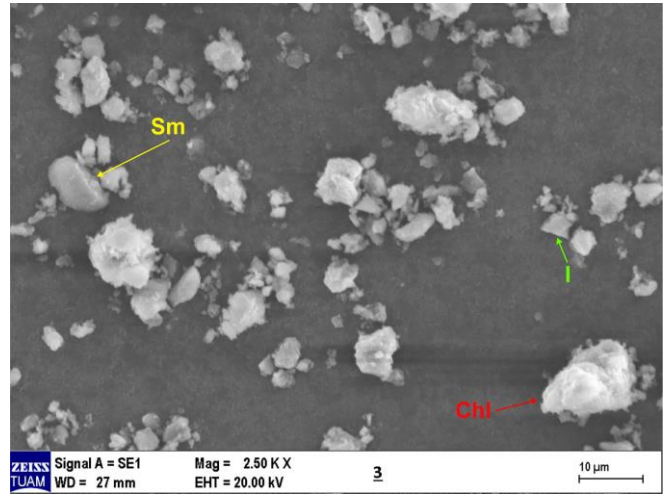
potasyum hava kuru (Kad), Magnezyum hava kuru (Mgad) ve magnezyum etilen glikol (MgEG) doyurmalarında 7.03 Å, 7.12 Å ve 7.06 Å da görülen pikler potasyum ısıtma işlem sonrası (K550°C) kaybolmuştur. Görülen kristalize pikler kaolinit (K) pikleridir. Magnezyum uygulamalarında 6.64 Å ve 6.23 Å'da görülen pikler feldspat mineraline aittir (Şekil 18).

Çadır Dağı'ndan alınan PAL24-25 nolu palsa örneğinde kuvars, muskovit, albit ve anortit mineralleri tespit edilmiştir. Kil mineral tayini yapılan örneğin tüm uygulamalarında potasyum normal kuru, ısıtma işlem ve magnezyum normal kuru çekimlerinde sırası ile 14.19 Å, 14.06 Å ve 14.28 Å'da görülen pik magnezyum etilen glikol uygulamasında 16.41 Å'a kaymıştır. Görülen zayıf kristalize pik smektit kil mineraline aittir. Tüm uygulamalarda 9.91-10.35 Å aralığındaki pikler kristalize illit (I) kil mineralidir. Sırası ile potasyum hava kuru (Kad), Magnezyum hava kuru (Mgad) ve magnezyum etilen glikol (MgEG) doyurmalarında 7.06 Å, 7.06 Å ve 7.15 Å da görülen pikler potasyum ısıtma işlem sonrası (K550°C) kaybolmuştur. Görülen kristalize pikler kaolinit (K) pikleridir (Şekil 18).





(a)



(b)

Şekil 18. Çalışma alanı toprak örnekleri (a) primer minerallere ait X-Işın kırınımları

(I: İllit, K: Kaolinit, Sm: Smektit, Chl: Klorit, F: Feldispat) ve (b) aynı örneklere ait SEM mikrofotografıları.

Toprakların erozyona hassasiyetini belirlemede önemli bir kriter olarak kullanılan DO, toprakların tekstürü ile toprak taneciklerinin dispers olabilme hassasiyeti esasına dayanmaktadır. Genellikle, toprak örneğinden ayrılan kilin toplam kile oranı olarak hesaplanan dispersiyon oranı; kil fraksiyonunun ne kadarının su etkisiyle serbest hale geldiğini gösterir. Bu oran, toprağın yapısal stabilitesi ve erozyona karşı duyarlılığı hakkında önemli bilgiler sunar (Emerson, 1967). Kolayca dispers olabilen kil içeriği fazla topraklar, yüksek dispersiyon oranına sahiplerdir ve daha düşük oran gösteren topraklara kıyasla erozyona daha müsaittir (Lutz ve Chandler, 1947).

Results			
	Samples	MSE	R
Training:	20	2.73499e-2	9.99910e-1
Validation:	5	7.07170e-0	9.89940e-1
Testing:	5	20.16003e-0	9.64382e-1

Şekil 19. Tahminlemede kullanılan verilerin dağılımı.

Çadır Dağı'na ait DO'nun tahmin edilmesinde Levenberg-Marquardt (LM) kombinasyonu kullanılmış ve tahminlemede eğitim (20 adet) doğrulama (5 adet) ve test (5 adet) olarak kullanılan örnek noktaları model tarafından random olarak seçilmiştir (Şekil 20).

Algorithms

Data Division: Random (dividerand)

Training: Levenberg-Marquardt (trainlm)

Performance: Mean Squared Error (mse)

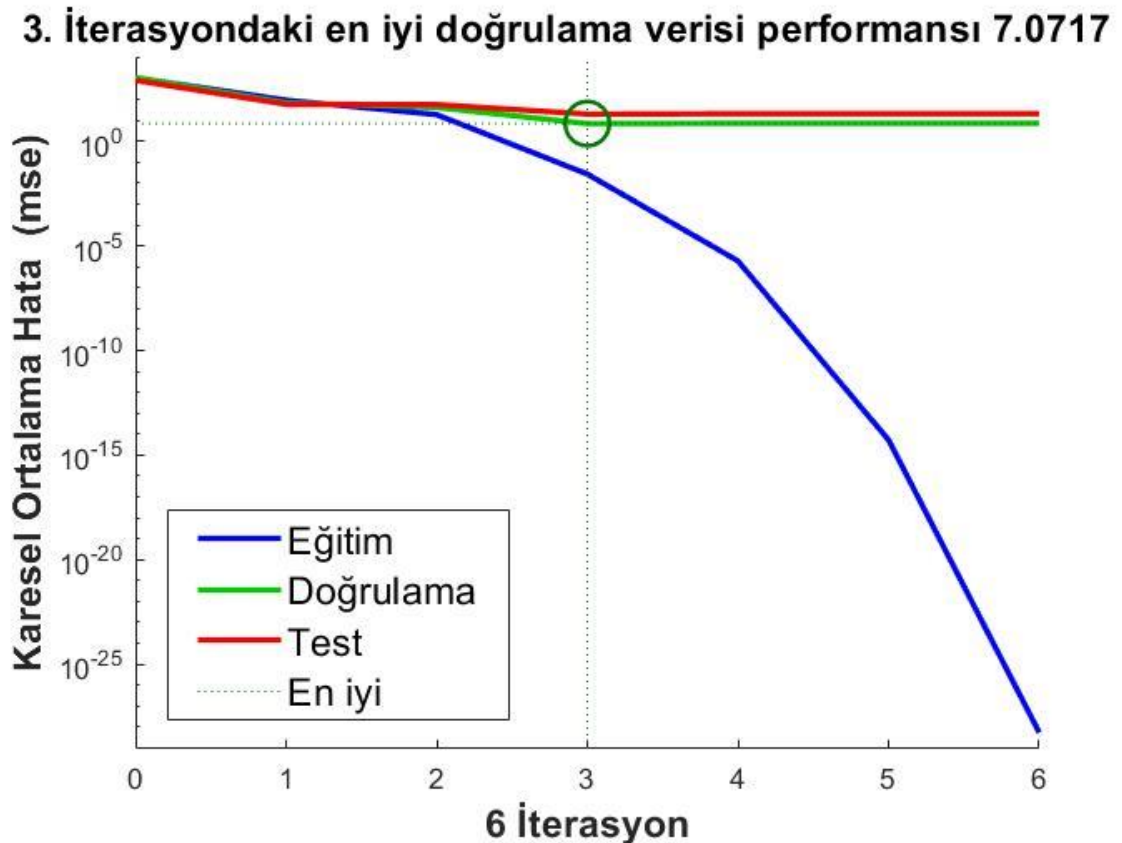
Calculations: MEX

Progress

Epoch:	0	6 iterations	1000
Time:		0:00:00	
Performance:	1.10e+03	5.52e-29	0.00
Gradient:	3.26e+03	2.62e-13	1.00e-07
Mu:	0.00100	1.00e-09	1.00e+10
Validation Checks:	0	3	6

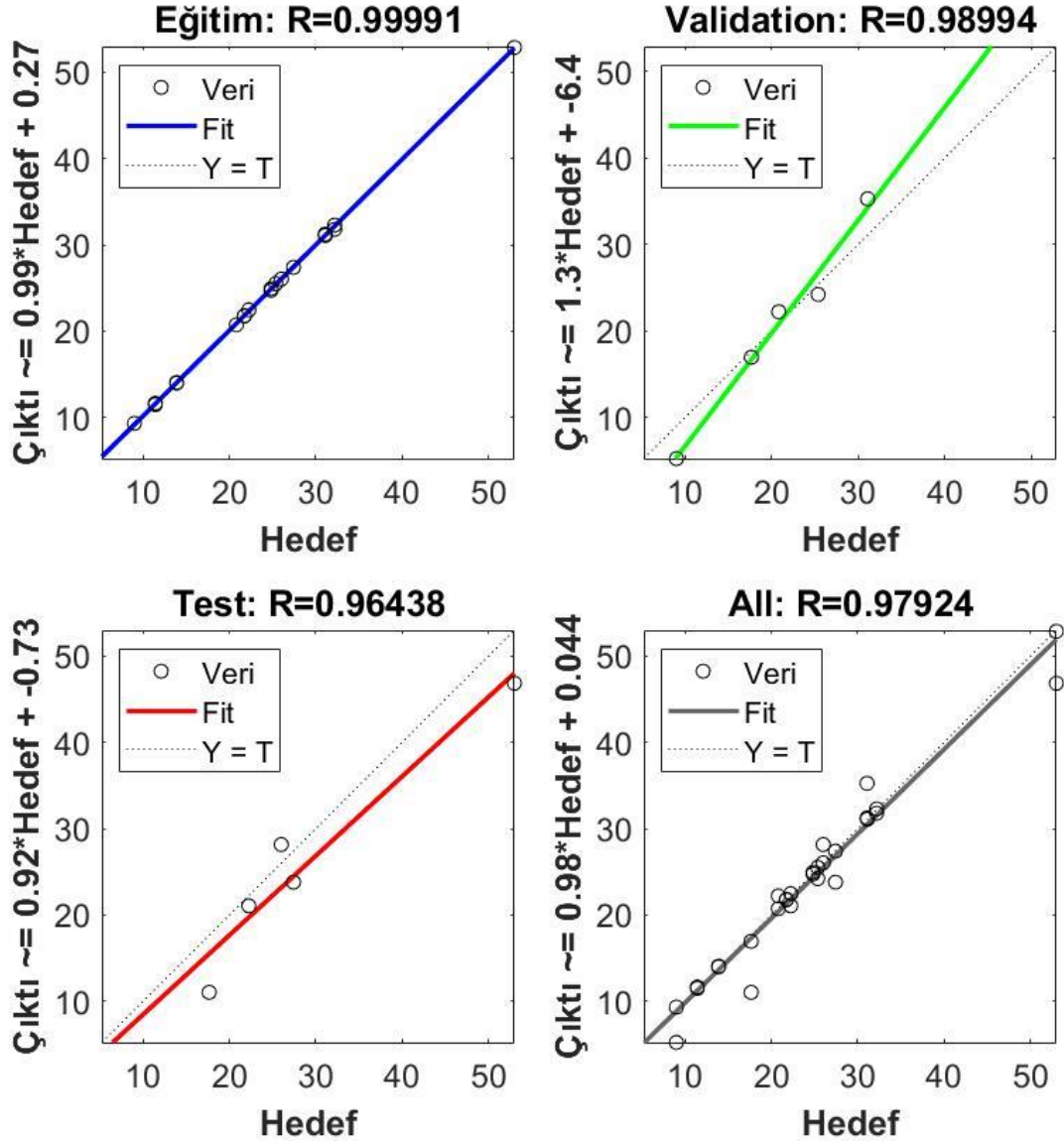
Şekil 20. Tahminleme sırasında modelin kullandığı algoritma ve süreç.

DO tahminlenmesi sırasında model 6 iterasyon kullanmış ve en iyi doğrulama verisi performansını 7.0717 ile 3. iterasyonda göstermiştir. (Şekil 21). Eğitim, doğrulama ve test verilerinin tümü 1. iterasyona kadar hafif bir düşüş göstermiş daha sonra doğrulama ve test verileri hafif bir şekilde 2. iterasyona kadar yükseliş gösterirken eğitim verileri hafif bir şekilde düşmeye devam etmiştir. 2. iterasyondan sonra doğrulama ve test verileri hafif bir şekilde düşüşe geçmiş ancak eğitim verisi hızlı bir düşüş göstermiş ve tüm veriler 3. iterasyonda en iyi doğrulama verisi performansını sergilemiştir.



Şekil 21. Çadır Dağı'na ait DO tahminlemede Levenberg-Marquardt kombinasyonu performans grafiği.

Çadır Dağı'na uygulanan YSA'dan elde edilen sonuçlar DO'nun belirlenmesinde eğitim % 99, doğrulama % 98, test % 96 ve tüm veriler % 97 oranında doğrulukla tahmin edilebilir olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 22). Ayrıca Tablo 8'de her bir noktaya ait hesaplanan ve tahmin edilen DO değerleri verilmiştir.



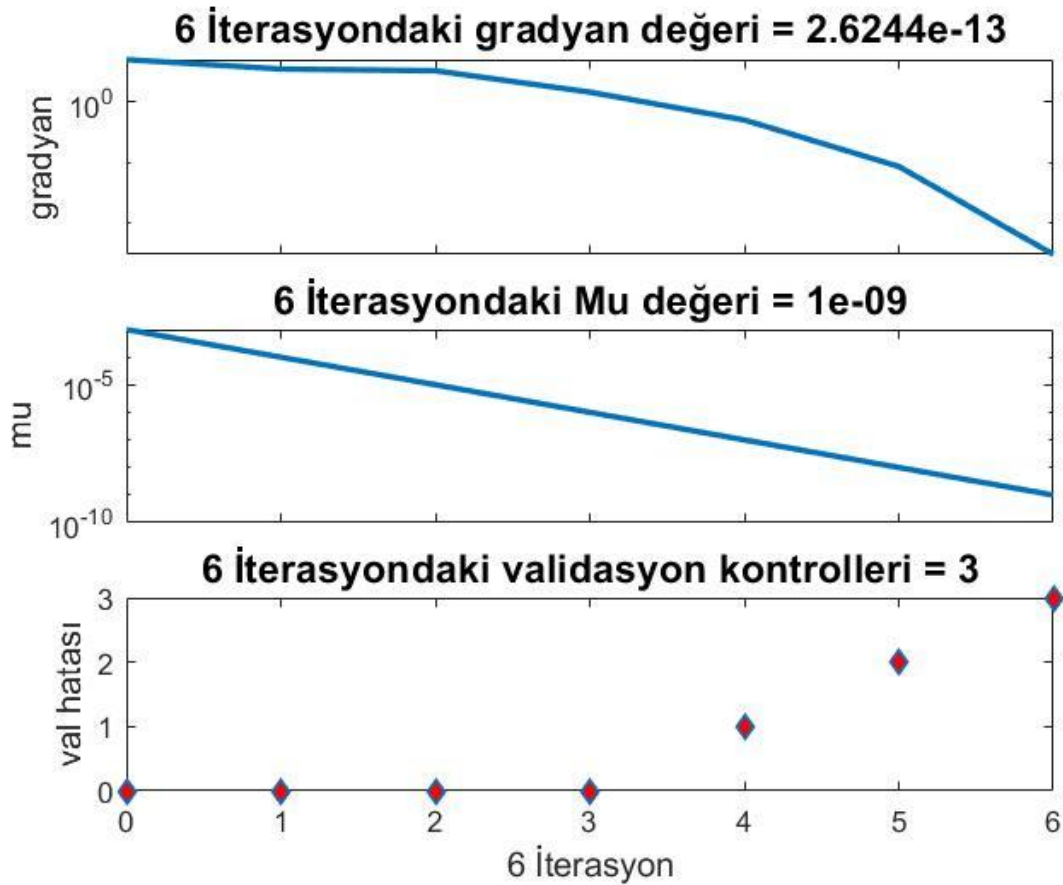
Şekil 22. Çadır Dağı'na ait DO tahmin edilmesinde Levenberg-Marquardt yaklaşımı için çıktı verileri ve hedefler arasındaki regresyon sonuçları.

Tablo 8. Çadır Dağı'nda her bir noktaya ait hesaplanan ve tahmin edilen dispersiyon oranı değerleri.

Örnek Kodu	DO	YSA-DO	Örnek Kodu	DO	YSA-DO	Örnek Kodu	DO	YSA-DO
PAL24-01	9,01	9,33	PAL24-11	26,01	28,16	PAL24-21	22,26	21,07
PAL24-02	32,20	31,80	PAL24-12	31,10	31,24	PAL24-22	25,37	24,21
PAL24-03	31,09	31,24	PAL24-13	21,74	21,75	PAL24-23	13,90	13,98
PAL24-04	11,42	11,50	PAL24-14	17,67	16,95	PAL24-24	27,43	27,40

PAL24-05	52,99	46,84	PAL24-15	24,83	24,96	PAL24-25	20,82	22,21
PAL24-06	22,26	22,48	PAL24-16	9,01	5,24	PAL24-26	26,01	26,04
PAL24-07	25,37	25,51	PAL24-17	32,20	32,29	PAL24-27	31,10	31,10
PAL24-08	13,90	14,07	PAL24-18	31,09	35,26	PAL24-28	21,74	21,81
PAL24-09	27,43	23,80	PAL24-19	11,42	11,66	PAL24-29	17,67	11,04
PAL24-10	20,82	20,74	PAL24-20	52,99	52,86	PAL24-30	24,83	24,74

Çadır Dağı için veri seti için de ağırlarda yineleme sayısı (iterasyon-epoch) gerçekleştirilmiş ve tek nöron tabanlı sinir ağı için uygulanan iterasyon sayısının 6 olduğu kontrol edilmiştir. Eğitimde gradyan, mu ve doğrulama kontrolünün elde edilen iterasyon değerleri Çadır Dağı için Şekil 23'te gösterilmiştir.



Şekil 23. Çadır Dağı DO tahminlemesine ait 6 iterasyon için eğitim durumu parametrelerinin grafiği.

Elde edilen sonuçlar Çadır Dağı palsa topraklarının kum içeriklerinin kil ve silt içeriklerine göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Toprakların kum içeriğinin kil ve silt fraksiyonlarına göre daha yüksek olması, genel olarak dispersiyon oranlarını azaltıcı yönde etki eder. Bunun temel nedeni, kum partiküllerinin büyük, inert ve düşük yüzey alanına sahip olmasıdır; bu nedenle su ile temas ettiklerinde diğer fraksiyonlar gibi ayrışma ya da şişme eğilimi göstermezler (Rengasamy vd., 1984). Ayrıca kum, toprağın gözenekliliğini artırarak suyun toprak içerisinde daha hızlı hareket etmesini sağlar ve agregatların uzun süre suya maruz kalarak

parçalanmasını engeller (Levy ve Mamedov, 2002). Bununla birlikte, aşırı kumlu topraklarda agregat oluşumu zayıf olduğundan stabilite düşük olabilir; ancak dispersiyon, kil içeriği yüksek topraklara kıyasla genellikle sınırlıdır (Le Bissonnais, 1996).

Çalışma alanında kum içeriğinin yüksek olmasına rağmen agregat stabilitesinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, genellikle yüksek kum içeriğiyle, zayıf yapısal bütünlük beklenmesine karşın, toprakta bulunan yüksek organik madde içeriği ve mikrobiyal biyomas karbon (MBC) düzeylerinin agregat oluşumunu pozitif yönde etkilemesiyle açıklanabilir. Organik madde, toprak taneciklerini bağlayarak stabil agregatların oluşumunu teşvik eder; aynı zamanda mikroorganizmaların salgıladığı polisakkaritler ve mantar hifleri gibi biyolojik yapılar, agregatları fiziksel olarak bir arada tutar (Tisdall ve Oades, 1982; Haynes ve Naidu, 1998). Mikrobiyal biyokütle, bu bağlayıcı maddelerin başlıca üreticisi olarak toprakta aktif bir yapılandırıcı rol oynar (Glaser vd., 2004). Özellikle mikroorganizma yoğunluğunun fazla olduğu topraklarda, kum tanecikleri bile bu biyolojik bağlarla stabil agregatlar oluşturabilir. Bu nedenle, çalışma alanında gözlenen yüksek agregat stabilitesi, toprakların sadece fiziksel özelliklerine değil, aynı zamanda topraktaki biyolojik aktivite ve organik katkıların zenginliğine de dayanmaktadır. Çalışmada ayrıca Çadır Dağı'nın erozyon duyarlılık faktörlerinden biri olan dispersiyon oranının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi sonucu ve elde edilen bulgulara göre; dispersiyon oranı % 97 oranında doğrulukla tahmin edilmiştir. Bu durum dispersiyon oranının YSA ile oldukça yüksek tahmin oranları ile saptanabilir olduğunu ortaya koymuştur.

Çadır Dağı'ndan elde edilen veriler Anadolu ve Kafkas Dağları açısından önem taşımaktadır. Daha önce Küçük Kafkaslar'ın en batı uzantısını oluşturan Karçal Dağları'nda yer alan kaya buzullarının yaşlandırıldığı bir çalışma bulunmaktadır. Karçal Dağları'ndan elde edilen ³⁶Cl buzul kronolojisi yaşları fosil kaya buzulunun 17.3 ± 1.1 - 14.6 ± 2.2 binyıl aralığında gelişime başladığını ortaya çıkarmıştır (Dede vd., 2017). Günümüzde de gelişim ve devinimi devam etmektedir. Kafkas Dağları üzerinde periglasyal şekillerin jeomorfolojik gelişiminin toprak özellikleri ve iklim ilişkisi ile değerlendirildiği ilk çalışma Cin Dağı'nda yapılmıştır (Dede vd., 2022a). Çadır Dağı palsalarının jeomorfolojik gelişimi projesi ve Karçal Dağları'ndaki çalışma ile Küçük Kafkas Dağları'nın periglasyal gelişimini daha da aydınlatılmıştır.

Anadolu Dağları'nda periglasyal şekillerin bulunduğu yüksek dağlık alanlarda onlarca yıldır sürdürülen çalışmalar bulunmaktadır (Öztürk ve Taşoğlu, 2024; Turoğlu, 2022, 2009; Dede vd., 2021, 2017; Çakır ve Kopar, 2017; Bayrakdar ve Özdemir, 2010; Biricik, 2010; Türkeş ve Öztürk, 2008; Altın, 2006; Sayhan, 1999; Bilgin, 1972, 1969, 1960; Erinç vd., 1961; Planhol ve Bilgin, 1961; Erinç, 1957, 1955...). Ancak Anadolu Dağları'nda periglasyal şekillerden toprak örnekleri alınarak iklim özellikleri ile jeomorfolojik gelişimin ortaya konulduğu çalışmalar sınırlı

sayıdadır (Yeşilyurt, 2025a, b; Serin vd., 2024; Dede vd., 2024a, b, c, 2022a, 2022b, 2020; Dede, 2023; Türkeş vd., 2023; Serin, 2019; Öztürk, 2012; Türkeş ve Öztürk, 2011).

Kuzey Anadolu’da yer alan Ilgaz Dağları (2587 m), batıda Küçükhacet Tepe (2546 m) ve doğuda ise Büyükhacet Tepe (2587 m) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Ilgaz Dağları’nın düz ve düze yakın zirveler kuşağında çemberler, taş kümeleri, tufurlar; daha eğimli kuzey ve güney yamaçlarında ise girlandlar, taş şeritleri, konjelitürbasyon depoları ve blok akıntıları bulunmaktadır. Güney yamaçlarda yer yer girlandlar, taş kümeleri ve çemberler iç içe geçmiş durumdadır. Ilgaz Dağları’nda yaklaşık 1700-2000 m arası yükseltilerde genel olarak girlandlar, konjelitürbasyon depoları ve blok akıntıları gözlenirken, yaklaşık olarak 2000 m’den yukarı yükseltilerde uzanan zirveler kuşağında ise taş kümeleri, tufurlar, taş şeritleri ve çemberler yayılış göstermektedir (Dede vd., 2024a).

Kuzeydoğu Anadolu’da yer alan Cin Dağı (2957 m) Anadolu’da buzullaşmaya uğramadan, sadece soğuk iklim ortamlarına bağlı olarak gelişen periglasyal jeomorfolojik şekillerin belirlenmesi, iklim koşulları ve toprak gelişiminin analizi ana gerekçeleri oluşturmaktadır. Çalışmanın temel hipotezi Cin Dağı’ndaki periglasyal şekillerin jeomorfolojik anlamda hangi koşullarda geliştiğinin belirlenmesidir. Cin Dağı’nda yer alan girland, çamur çemberi ve taş kümelerinden oluşan periglasyal şekillerin jeomorfolojik, klimatolojik ve pedolojik boyutuyla ortaya konulduğu bu çalışmada, Küçük Kafkaslar’daki soğuk ortam koşullarının etkisi altında deviniminin belirlenmesi de amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar sadece Cin Dağı periglasyal şekillerinin gelişimine nicel veriler sağlamakla kalmamış, Anadolu ve Kafkasya periglasyal çalışmalarına da özgün katkılarda bulunmuştur (Dede, 2023; Dede vd., 2022a).

Batı Karadeniz’de yer alan Ilgaz Dağları (2587 m) bölgenin en yüksek kütlesidir. Periglasyal şekiller açısından da oldukça zengindir. Zirveler bölümü üzerinde girland, çember, taş kümesi, tufur ve konjelitürbasyon depoları yer almaktadır. Kütlenin 1943 m yukarısında yer alan periglasyal şekillerden 27 adet toprak örneği alınmıştır. Ilgaz Dağları periglasyal şekillerinde oluşmuş toprakların fizikokimyasal özellikleri ile erodobilite parametrelerindeki farklılıkları incelendiğinde, toprakların bünye, pH, EC, organik madde, kireç, hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik özellikleri ile erozyon duyarlılık parametrelerinden agregat stabilitesi, dispersiyon oranı, strüktür stabilitesi, kil oranı ve kabuk oluşumu arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğunu belirlenmiştir (Dede vd., 2020).

Güneybatı Anadolu’da yer alan en yüksek kütle Honaz Dağı’ndan (2571 m) 5 çember, 5 taş kümesi ve 1 girland olmak üzere toplam 11 örnek alınmıştır. Toprak örneklerinin analizi ile elde edilen toprak sonuçlarına göre, girland oluşumundan alınan örnek dışında diğer örneklerin bütününde pH değerleri 7 civarındadır. Söz konusu pH değerinin 7 ve altı çıktığı alanlar 122 nemli

bölge topraklarını, 7 ve üstü çıktığı alanlar ise yarı kurak, kurak bölge topraklarını açıklamak için kullanılır. Analiz sonuçlarına göre Honaz Dağı'nın güneyinden alınan örneklerin tümü nemli ve yarı kurak arazi toprakları için kullanılan sınır değerleri arasındadır. Bu sonuç yapılan iklim analizleri ile de uyumlu olup, iklim sınıflandırması açısından çıkan sonuçlar ile örtüşmektedir. Kuzeye bakan yamaçlarda gelişen girland üzerinden alınan örnek ise nemli bölgelerin karakteristik toprak özellikleri içinde değerlendirilmiştir. Buna göre kuzey yamaçların güney yamaçlara oranla daha nemli ve yağışlı alan bir alan olması, büyük ve küçük kütle hareketlerinin neden bu alanda yoğunlaştığını açıklamaktadır. Kuzey yamaçlarda şiddetli şekilde yamaç yıkanması olurken, güney yamaçlarda yamaç yıkanması etkisi daha azdır. Anakayanın kireçtaşı olmasından dolayı, örneklerin çoğunda kireç oranı yüksek olarak çıkmıştır. Araştırma alanının genelinde yıkanma ve süpürülme süreçlerinin varlığı açıktır. Alansal farklılıklara göre yıkanmanın şiddeti de farklılık göstermektedir. EC sonuçlarına göre örneklerin alındığı alanların tümünde yıkanma sürecinin etken olduğu görülürken, kuzey yamaçlarda bu değerlerin çok az çıkması bu alanda yıkanmanın daha şiddetli şekilde gerçekleştiğini açıklamaktadır. Bu sonuçlarda iklim bölgesi analizleri, kütle hareketleri ve yamaç gelişimi ile uyum göstererek birbirlerini desteklemektedir. Örneklerin organik madde sonuçları değerlendirildiğinde çember oluşumları bünyesinden alınan örneklerin organik madde oranlarının yüksek çıktığı görülmektedir. Buna göre çember şekillerinin gelişmesi ile merkezi kısımlarında kalan bitki kök ve kalıntılarının bu oranı etkilediği görülmektedir. Taş kümesi örnekleri içinse aynı sonuç geçerli değildir. Taş kümelerinden alınan örneklerde organik madde miktarı düşük seviyelerdedir. Aynı şekilde girland oluşumundan alınan örnekte de organik madde oranı düşük çıkmıştır. Genel olarak çemberlerin oluşumunda alpin bitkilerin ön planda olduğu ve toprak bünyesi organik madde bakımından zengin olduğu sonucuna ulaşılırken, taş kümesi ve girlandlarda daha çok toprak enkazı ve kırıntılarca zengin yapılar olduğu görülmüştür. Çember oluşumları büyük oranda tınlı topraklar içinde değerlendirilirken, taş kümelerinin bünyesinde kum, kil ve silt oranları birbirine yakın değerler olarak değerlendirilmiştir. Girland oluşumlarının bünyesinde ise kil ve silt oranlarının fazla çıkması ile sınıflandırmada killi tın olarak değerlendirilmiştir (Serin vd., 2024; Serin, 2019).

Batı Anadolu'da yer alan Uludağ'da (2543 m) yapılan çalışmada ise periglasyal şekillerin 1943 m yukarı kesimlerde olduğu tespit edilmiştir. Arazi ölçümleri eğimli alanlarda girlandların, düz ve düze yakın alanlarda ise çemberlerin varlığını ortaya çıkarmıştır. Girland ve çemberlerin olduğu zirveler bölümünde 8 toprak örneği alınmıştır (Türkeş ve Öztürk, 2011). Örneklerin birçoğu mermer anakaya üzerinde yer alan topraklar üzerinden alınmasına karşın, CaCO_3 oranı çok düşük değerlidir. Düşük çıkan EC sonuçlarının da desteklediği bu durum, yıkanmanın fazla olduğunu gösterir. Kil ve silt oranının az olması ise, yıkanma ile rüzgâr süreçlerinin bir sonucudur. Bu süreçler sonucunda topraklar kumlu tın ve tınlı kum özelliği gösterir. Başka bir deyişle toprak

analiz sonuçlarına göre, yamaç yıkanması alan üzerinde egemen bir süreçtir. Aynı zamanda yamaç yıkanmasına rüzgâr süpürmesi de eşlik etmektedir. Analiz sonuçlarında organik madde miktarının yüksek çıkması girlandların ve çemberlerin oluşmasında etkili olan alpin bitkilerin varlığıyla bağlantılı olmalıdır. Hem girlandların hem de çemberlerin gelişimi sırasında bitki kök artıklarının girland gerisinde ve çember alan içerisinde kalması, bu alanlardaki topraklarda organik madde tutarının yüksek olmasına neden olur (Öztürk, 2012).

Büyük Kafkas Dağları üzerine yapılan çalışmalar, genellikle uydu görüntüleri kullanılarak buzulların geri çekilmesini irdelemektedir (Tielidze vd., 2024, 2022, 2015a, 2015b, 2015c; Tielidze ve Wheate, 2018; Holobaca, 2016; Solomina vd., 2016; Tielidze, 2016; Shahgedanova vd., 2014; Messenger vd., 2013; Gobejishvili vd., 2011; Ollivier vd., 2010; Stokes vd., 2006, 2007; Akhalkatsishvili vd., 2003...). Ancak literatürde Büyük Kafkas Dağları'nda periglasyal şekillerin değerlendirildiği özgün bir çalışmaya rastlanmamıştır. Toprak oluşum faktörlerini (örneğin, ana materyal, iklim, topografya, bitki örtüsü ve zaman) anlamak, toprakların fiziksel, mineralojik ve morfolojik özelliklerini tanımlamak için önemlidir. Bilindiği gibi, ana materyalin kimyasal ve mineralojik bileşimi ile fiziksel yapısı, gelen toprağın başlangıç koşullarını belirler (Voortman, 2011). Rölyef ve yer şekilleri ise, erozyon kayıpları nedeniyle toprak oluşumunu ve bitki örtüsünün dağılımını etkileyen başka bir faktördür (Sebastiá, 2004), dolayısıyla mikro iklim koşulları sağlar (Grzyl vd., 2014).

Dünya'nın farklı periglasyal bölgelerinde periglasyal şekillerin ve içerisinde palsaların gelişimi yıllardır incelenmektedir (Leppiniemi vd., 2025a, b, 2023; Dobrowolski ve Nawrocki, 2025; Bast vd., 2025; Carraha vd., 2024; Murton vd., 2023; Wan vd., 2022; Frappier ve Lacelle, 2021; Siewert vd., 2021; Morgenstern vd., 2020; Rodriguez-Ochoa vd., 2019; Uxa vd., 2017; Chauhan ve Thakuri, 2017; D'Amico vd., 2015; Lehmkuhl, 2015...).

Yerküre'de palsaların değerlendirildiği çalışmalar sayesinde jeomorfolojik gelişim ile alansal dağılışın değişimi ortaya konulmaktadır. Kuzey Yarım Küre permafrost bölgesi üzerine 1950-200 yılları arasındaki verilerin kullanıldığı çalışma sonuçları oldukça dikkat çekicidir. Çalışma sonuçlarına göre; palsalar ve turba platoları için uygun ortamlar Kuzey Yarımküre'nin her yerinde bulunabilir; bunların en yoğun görüldüğü yerler Kuzey Avrupa, Batı Sibirya ve Hudson Körfezi, Quebec ve Kanada'nın Kuzeybatı Toprakları çevresidir. Palsalar ve turba platoları için uygun ortamların dramatik bir şekilde 2041-2060 yılları arasında, 2061-2080 yılları arasında ise neredeyse tamamen kaybolacağı tahmin edilmektedir. Düşük ve orta emisyon senaryolarında (RCP2.6 ve RCP4.5), arazi şekilleri yakın dağıtım alanının en soğuk kısımlarında varlığını sürdürebilir, ancak iklim değişikliğinin hafifletilmesi başarısız olursa (RCP8.5), uygun ortamların neredeyse tüm Kuzey Yarımküre'den kaybolacağı tahmin edilmektedir (Leppiniemi vd., 2023).

İsveç'teki palsa bataklığı kompleksinde yapılan çalışma sonuçlarına göre; Vissátvuopmi'deki palsaların oldukça tehdit altında olduğu ve büyük olasılıkla 20. yüzyılın başlarından beri bozulma aşamasında olduğu belirlenmiştir. Küresel ısınma eğilimleri göz önüne alındığında, palsa gelişimi için gerekli iklim koşulları artık çalışma alanında mevcut değildir. Bu alanda toplam palsa kaybının nispeten kısa bir zaman ölçeğinde gerçekleşmesi ve hidroloji, flora, fauna ve insanlar üzerinde ciddi etkilere sahip olması beklenmektedir (Olvmo vd., 2020).

Yüksek çözünürlüklü (0,2-0,5 m) hava görüntüleri kullanılarak, Kuzey Norveç'teki sporadik permafrost bölgesinde 250 m'lik ızgaralarda palsaların ve turba platolarının oluşumunu sistematik olarak haritalanmıştır. Ayrıca, hem kıyı hem de daha kıtasal iç bölgeleri kapsayan bir NESW transekti boyunca dört çalışma alanında palsaların ve turba platolarının kesin sınırlarını belirlenmiştir. 1950'lerden 2010'lara kadar tekrarlanan hava görüntüleri kullanılarak, zaman içinde alansal kapsamdaki değişiklikler değerlendirilmiştir. Finnmark'ın yaklaşık 110 km²'lik alanının (kara yüzeyinin yaklaşık % 0,2'sine karşılık gelir) şu anda palsalar ve turba platolarıyla kaplı olduğu ve tahmini belirsizliğin yaklaşık 10 km² olduğu belirlenmiştir (Borge vd., 2017).

İsveç'teki dört palsa bataklığında yapılan araştırmalar, palsa aşaması, hidroloji, bitki örtüsü türü kompozisyonu ve yapısı, kar örtüsü ve çözülme derinliği arasında etkileşim olduğunu göstermektedir. Palsaların büyümesi sırasında hidrofilik bitki örtüsünden kuraklığa daha dayanıklı türlere doğru bir değişim olmaktadır. Palsa yüksekliği arttıkça daha fazla ekolojik niş ve daha fazla bitki türü vardır, bunların en uzun olan *Betula nana*, palsa gelişiminin yükselme aşamasından bozulma aşamasına doğru daha uzun hale gelmektedir (Zuidhoff ve Kolstrup, 2005).

Labrador kıyılarında yapılan çalışmanın sonuçları; palsa içeren alanların, turba platoları içeren alanlardan daha hızlı bozulduğunu ve bozulma süreçlerinin palsa alanları, turba platosu alanları ve karma alanlar arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Palsa alanlarında bireysel arazi şekillerinin daha fazla tamamen kaybı meydana gelirken, turba platolarında ve karma alanlarda daha fazla yanal ve içsel kayıp meydana gelmiştir. Diğer bölgelerde olduğu gibi, permafrost kaybı ısınan bir iklimle ilişkilidir, ancak aynı zamanda artan yeşillenme gibi ekosistem değişiklikleriyle de bağlantılıdır (Wang vd., 2023).

Kuzey Yarım Küre'de Hudson Körfezi, İzlanda, Kuzey Fennoskandinavya ve Batı Sibirya olmak üzere dört bölge arasında karşılaştırmalı bir çalışma sonuçları, iklim ve hidrolojik koşulların, palsa ve turba platolarının oluşumunu etkileyen birincil, ancak bölgesel olarak farklı faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca sonuçlar, tüm palsaların ve turba platolarının Kuzey Yarımküre'de benzer çevresel alanlarda bulunmadığını göstermektedir. Özellikle İzlanda palsaları ve turba platoları, bölgesel ölçekte diğer araştırma alanlarından farklı olan belirgin çevresel ortamlarda meydana gelmektedir. Bu durum, ağırlıklı olarak İzlanda'nın 500°C–800°C günlük

aralığına sahip deniz iklimi ve daha fazla yağış (> 500 mm, hem kış hem de yaz aylarında) nedeniyledir (Leppiniemi vd., 2025a).

Fin palsa bataklıklarının morfo-ekolojik durumunu belirlemek amacıyla yapılan çalışmada daha küçük, kubbe şeklindeki palsaların, daha büyük, plato şeklindeki palsalara göre iyi bir morfo-ekolojik durumda olma olasılığının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kış koşullarının incelenen ölçekte palsa bataklıklarının morfo-ekolojik durumunu etkilemede daha önemli faktörler olduğu, ancak yaz yağışlarının da palsaların durumunu etkilediği görülmektedir. Tahminler, Fin palsa bataklıkları için belgelenen tarihsel verilerin gösterdiğinden biraz daha düşük bir bozulma oranı olduğunu göstermektedir (Leppiniemi vd., 2025b).

Kuzey Norveç'te termal modelleme ile yapılan çalışmada permafrost bölgelerinde ortalama yıllık yer yüzeyi sıcaklığı genellikle 2-2,5 °C olarak gözlemlendiği, permafrost olmayan bölgelerde çoğunlukla 3,5 ile 4,5 °C arasında değerler belirlenmiştir (Martin vd., 2019). Palsaların oluşumu ile ilgili Kuzey Fennoscandia'dan iki polen kaydı değerlerine göre; her iki palsanın oluşumu 2400–2200 cal BP döneminde meydana gelmiştir. Geç Holosen'in en şiddetli iklim değişimlerinden biriyle aynı zamana denk gelmektedir. Bu bulgu, palsa oluşumunun iki ana dönemiyle ilgili önceki sonuçları destekliyor niteliktedir: 2600-2100 cal BP ve sonrasında Küçük Buz Çağı (Jankovská vd., 2025).

Rusya Yakutistan Batagay bölgesinde 80 hektar alan ve 55 m yüksekliğe ulaşan bir çözülme çökmesi meydana gelmiştir. Bu oluşum oyuklaşma, erime çökmesi ve büyük çökme şeklinde gerçekleşmiştir. Çöküş günümüzde de devam etmektedir. Yapılan incelemeler permafrost yatakları dizisinin ortaya çıkarılmasını sağlamıştır (Murton vd., 2023).

Donmamış su içeriğini tahmin etmek için Qinghai-Tibet Platosu'ndaki siltli killi bir toprak malzemesi için çeşitli sıcaklıklarda mevcut donmamış su içeriği verileri kullanılarak analitik bir model geliştirilmiştir. Sonuçlar, donmamış su içeriği ile eşdeğer temas açısı arasında yakın bir ilişki olduğunu ve sıcaklık düştükçe eşdeğer temas açısının arttığını ortaya koymaktadır (Wan vd., 2022).

Kanada'nın Yukon merkezindeki dağlık bir permafrost bölgesi olan Tombstone Territorial Park'taki buz kama poligonlarının dağılımını, morfometrisini ve kama buz içeriğini değerlendiren çalışma sonuçları buz kaması poligonlarının parkın % 2.6'sını kapladığını ve tercihen $\leq 1^\circ$ yamaçlarda Blackstone ve Doğu Blackstone nehirlerinin alt kısımları boyunca odunsu saz turba, buzul-akış ve alüvyon birikintilerinde geliştiğini göstermektedir (Frappier ve Lacelle, 2021).

Tundra bölgesinde toprağın organik toprak altı değişkenliği tanımlanmıştır. Üç tipik tundrada santimetreden büyük ölçeğe kadar karbon ve öğütülmüş buz içeriği Kuzey Kutbu bölgesinde yaygın olan arazi türleridir. Toprak pedon ölçeğinde, yani santimetreden 1-2 m'ye kadar değişkenlik kriyotürbasyondan kaynaklanır. Arazi ölçeği, metreden onlarca metreye kadar

değişkenlik, farklı nesil buz kamalarından kaynaklanır. Peyzaj ölçeğindeki değişkenlik, yani yüzlerce metre arasında değişen jeomorfoloji ile ilişkilidir. Farklı süreçlerin ve yer şekillerinin birlikte ortaya çıkması ve örtüşmesi permafrost ortamlara özgü bir mekânsal yapı oluşturur. Karbon varyasyon katsayısı pedon ölçeği (% 21-73), arazi ölçeğinde (% 17-66) ve hatta peyzaj ölçeğinde (% 24-67) oranını aşmaktadır. Mekânsal çeşitlilik için bu kadar yüksek değerler, aksi takdirde bölgesel ile kıta ölçeğinde bulunur. Açıkça, permafrost topraklar Tobler yasasına uymaz, ancak Dünya'daki en değişken topraklar arasındadır. Bu çeşitli yöntemlerle permafrost karbon geri bildirimlerinin haritalanmasında ve tahminlerinde hesaba katılması gerekir (Siewert vd., 2021).

Sibirya Laptev Denizi'ne bitişik buz bakımından zengin kıyı ovalarındaki termo-erozyonal vadilerin envanterinin çıkarıldığı çalışmada benzer jeolojik (Yedoma Buz Kompleksi) ancak farklı jeomorfolojik koşullara sahip üç çalışma alanı, vadi alanı kapsamı, kesik derinliği ve dallanma geometrisi bakımından farklılık oluşturmaktadır. Çalışma sonuçları termo-erozyonal vadilerin, bozulan Sibiry Yedoma Buz Kompleksi'ndeki biyojeokimyasal döngü, tortu taşınması ve hidroloji üzerindeki etkilere katkıda bulunan, şimdiye kadar gözden kaçan permafrost bozunma yer şekillerinin belirgin olduğunu göstermektedir (Morgenstern vd., 2020).

Avrupa'da bir orta enlemde (41°49' K) ve 300 m yükseklikte bir akarsu taraçasının kireçli topraklarında kalıntı periglasyal özellikler tespit edilmiştir. Toprak horizonları, derin mevsimsel don koşulları nedeniyle toprak bileşenlerinin deformasyonu ve bozulması ve materyalin yer değiştirmesi ile ilgili, tarladan mikroskopa kadar farklı ölçeklerde çeşitli kriyopedojenik özellikler gösterir. Bölgede benzersiz olan bu makro ve mikro özellikler, soğuk, kuru, mevsimsel donlu iklim ve farklı don duyarlılığına sahip toprak materyalleri altında sık bir su tablasının oluşmasıyla ilgili özel edafik koşulların sonucudur. İncelenen periglasyal özellikler 12 bin yıl öncesinde gelişmiştir. Orta Ebro Vadisi topraklarındaki kriyopedojenik özelliklerin varlığı, bu ve diğer orta enlemdeki kalkerli toprakların jeokronoloji ve paleo-çevresel yeniden yapılanma için kullanımıyla ilgili önemli etkilere sahip olabilir. Toprakların kalkerli bileşimi, göze çarpan mikro özelliklerin oluşumuna yol açmıştır. Sütunlu karbonat sarkıtları için olası bir kriyojenik oluşum önerilmiştir. Calcic horizonlardaki özelliklerle ilişkili spesifik kriyojenik süreçler üzerinde daha fazla çalışma ve bu özelliklerin daha kesin bir tarihlemesi gereklidir (Rodríguez-Ochoa vd., 2019).

Kuzey Billefjorden, merkezi Svalbard'da 290 sıralanmış daire ve çokgen araştırmalarına dayanarak belirtilen şu sonuçlara ulaşılmıştır. Taş halkaları ve poligonlar, desen morfolojisinde önemli ölçüde farklılık gösteren iki farklı yükseklik bölgesi oluşturur. Yüksek rakımlardaki desenler daha küçük çaplara ve daha sık sıralama derinliklerine sahiptir. Çünkü yükseklik arttıkça ALT azalır, bu da sıralı modellerin, desenler başlatıldığında iklim koşullarını ve zemin termal durumunu (yani sürekli don veya mevsimsel olarak donmuş zemin) gösterdiğini gösterir. Buna karşılık, daha yüksekte taş halkaları ve poligonların yükseklikleri ve yükseklik-genişlik oranları

daha büyüktür. Anakaya litolojisinin, desen morfolojisinde yalnızca ince ölçekli değişikliklere neden olduğuna inanılmaktadır. Taş halkaları ve poligonlarda desen çapının sıralama derinliğine oranları, (ortanca 3.54) ve dolaşım mekanizmalarını içeren desenli zemin oluşumunun teorik modelleriyle tutarlı olarak 3.57'lik bir medyana sahiptir. Bu, eski aktif katmanları ve ilgili sıcaklık koşullarını yeniden oluşturmak için kullanılabilen desenli zemin yüzey morfolojisine dayalı sıralama derinliğinin tahmin edilmesini sağlar. Bu yüksek Kuzey Kutbu ortamında taş halkaları ve poligonlar, daha düşük enlemlerdeki aksine, asırlık zaman çizelgelerinde gelişebilir. Taş halkaları ve poligonlar muhtemelen günümüz iklim koşullarıyla dengede değildir. Taş halkaları ve poligonlar muhtemelen Holosen boyunca oluşmuşlardır (Uxa vd., 2017).

Nepal Himalaya'daki periglasyal ortam ($80^{\circ}04' - 88^{\circ}12'$ Doğu boylamı ve $26^{\circ}22' - 30^{\circ}27'$ Kuzey enlemi), ilk rapor edilmiş olmasına rağmen, biraz bilimsel ilgi görmüş bir araştırma alanıdır. İlk periglasyal araştırma 1958'de yapılmıştır. İlk periglasyal araştırmadan sonra, sadece 22 çalışma rapor edilmiştir. Çalışmalar esas olarak periglasyal yer şekillerine ve dağ permafrostunun alt sınırını belirlemeye odaklanılmıştır. Bu ortalama permafrost (LLP) alt sınırı ve kaya buzullarının boyutu, doğudan (5239 m) Nepal'in batı kısmına (4513 m) kadar permafrost sınırındadır. Oran Nepal Himalaya'da iklim değişikliğine tepki olarak LLP'deki değişimin miktarı $1,3-2,6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dır. Üzerinde model IPCC iklim senaryolarına dayalı permafrost değişim senaryosu, LLP'nin yükseleceğini gösteriyor. 2009 ile 2039 yılları arasında sıcaklık artışı ile 188 m'dir. Bitki örtüsü gibi periglasyal yer şekilleri desenli zemin (toprak tümsekleri, çimenli teraslar), sıralı çokgenler, sıralı şeritler, soliflüksiyon ve Nepal Himalayaları'ndan loblar, çizgili zemin ve kaya buzulları tespit edilmiştir. Mekânsal ve Nepal Himalayaları'ndaki periglasyal araştırmaların zamansal kapsamı çok düşüktür. Periglasyal arena permafrost dağılım modellemesi, periglasyal tehlikeler, periglasyal ekoloji, ilişkiler gibi araştırmalar permafrost ve mera arasında ve dağ geçim kaynakları, küresel ısınma ve periglasyal değişim önümüzdeki günlerde potansiyel araştırma alanlarıdır (Chauhan ve Thakuri, 2017).

Kriyojenik desenli zemin, muhteşem periglasyal manzaralarını temsil etmektedir. Alplerde, sıralanmış/sıralanmamış permafrostlu veya permafrostsuz derin mevsimsel kriyotürbasyonla oluşturulmuş, 1 m'den büyük desenli zemin özellikleri, yüksek irtifalarda açıkta kalan, sabit yüzeyleri işgal eder ve bitki yaşamı için özellikle zorlu bir habitatı temsil eder. Tipik aktif desenli zemin özellikleri (sıralanmış/sıralanmamış daireler) aracılığıyla enine kesitler boyunca topraklar analiz edilmiştir. Batı İtalya'da dört yaygın litotiptedir (kalkıştler, serpantinit, gabrolar ve gnays). Kriyotürbasyon, özellikler arasında yanal/dikey dokusal sıralama ile ilişkilendirilmiştir, çoğunlukla silt üzerinde görünür ve kaba kum, ancak sıralı ve sıralanmamış desenli zemin tiplerinde zıt eğilimler vardır. Güçlü bir yanal değişkenlik organik karbondan daha iyi bitkilendirilmiş kenarlara yakın yüksek değerler ve merkezlerde düşük içerik ile tespit edilmiştir.

Değiştirilebilir bazlar, ağır metaller ve besinler aynı dağılımı izlemiştir. İklim, yüksek irtifa ekosistemlerinin ana itici gücüdür, toplam bitki örtüsünü azaltır ve kriyotürbasyona neden olur, bu da küçük mesafelerde güçlü edafik gradyanlar yaratır. Bitki türleri ve toplulukları iyi bir uyum içindedir. Değiştirilebilir Ca ve ağır metaller gibi ana malzemelerden miras alınan edafik özelliklerle ilgilidir (D'Amico vd., 2015).

Orta ve Yüksek Asya'nın kıta bölgelerinde, periglasyal yer şekilleri, tortul yapıları ve süreçleri esas olarak donma-çözülme döngüleri sırasında toprak neminden etkilenir ve belirlenir. Bu kriyojenik süreçler, soliflüksiyon, toprak tümsekleri veya desenli zemin gibi periglasyal yer şekilleri ile sonuçlanır. Permafrostun açık göstergeleri olarak kaya buzullarının dağılımı ayrıca büyük kayalardan (örneğin granit) oluşan kaya düşmesi veya moren döküntüsü tarafından belirlenir. Geçmiş iklim koşullarını yeniden yapılandırmak için periglasyal özellikler kullanılmıştır. Örneğin kalıntı kıvrımlar ve buz kamaları, Son Buzul Maksimumu için eski permafrost dağılımı açısından kanıt sağlar. Geçmiş sıcaklıklar, örneğin ortalama yıllık hava sıcaklıkları, bu periglasyal özelliklerden tahmin edilebilir ve diğer kanıt verileriyle karşılaştırılabilir. Altay, Khangai ve kuzeydoğu Tibet Platosu'ndaki geç Holosen soliflüksiyon aktivitesinden örnekler, sıcaklıktaki düşüş ve daha yüksek toprak nemi nedeniyle geç Holosen ve Küçük Buz Devri sırasında farklı bir soliflüksiyon süreci yoğunluğunu göstermektedir. Bazı bölgelerde geçmişteki donmuş tabakanın dağılımı, tortu yapılarının farklı yorumlarından dolayı hala tartışma konusudur. Bazen buz kaması kalıpları olarak tanımlanan özellikler, kil bakımından zengin tortuların kurumasına bağlı olarak kökler veya kuruma çatlaklarından kaynaklanabilmektedir. Sismik olarak deforme olmuş konsolide olmayan sismitler da periglasyal kıvrımlar olarak yanlış yorumlanabilmektedir. Belirli yer biçimi topluluklarının ve tortu yapılarının olmaması, bölgede permafrost olmadığı anlamına gelmez. Nem koşulları da büyük ölçüde periglasyal yerçekli oluşumunu belirleyebilmektedir. Orta Asya'da (en yüksek nem mevcudiyetinden en düşüğe doğru): soliflüksiyon; kaya buzulu, permafrost kıvrımları, buz kamaları, kum kamaları olarak sıralanabilmektedir (Lehmkuhl, 2015).

IPCC raporunda (2013), iklim değişikliğindeki küçük bir değişim, havanın ısınması periglasyal alanlarda önemli etkilere neden olabileceği belirtilmektedir. Ponti vd. (2021) çalışmalarında periglasyal sahalarda hem topografik hem de iklimsel değişimleri esas alarak yüzeysel değişimleri hesaplamışlardır. Çadır Dağı için gerçekleştirilen iklim analizleri sonucunda, bölgenin yarı nemli iklim sınıfı içerisinde değerlendirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Aalto vd. (2017)'e göre yüksek alpin kuşaklar için etkili olan periglasyal süreçler için sıcaklık değerlerinin genel olarak -2 °C ile +2 °C civarında olabileceği ve küresel ölçekte yaşanan ısınma eğiliminden dolayı 2100 yılına kadar permafrost ve periglasyal alanların yeryüzünde alansal olarak küçüleceği vurgulanmıştır. Çadır Dağı'nın iklim analizleri ise kütlede sıcaklık değerlerinin 3-4 °C olduğunu

ortaya koymaktadır. Anadolu Dağları'nda etkili olan periglasyal süreçler küresel ölçekte yaşanan ısınmaya tepki verecek önemli alanlar olarak değerlendirilmektedir. Çadır Dağı'nda yaşanan iklim süreçlerinin ve toprak örneklerinin analizleri Dünya'da periglasyal alanların karakteristik özellikleri ile uygunluk gösterdiği yorumu yapılabilir. Uxa vd. (2017) periglasyal bölgelerde iklim koşulları ile zemin termal durumu arasında önemli bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Elde ettiği bulgular doğrultusunda meydana gelen poligonal toprakların Holosen boyunca oluştuğunu bildirilmiştir. Çadır Dağı için de benzer sonuçlar kabul edilebilir. Güncel iklim koşulları altında devinimine devam ettiği düşünülen yer şekillerinin, muhtemelen paleoiklim şartları altında meydana geldiği düşünülmektedir. Yine, Uxa vd. (2017)'e göre desenli zeminlerin morfolojisinin değerlendirilmesi sonucunda şekillerden elde edilen parametrelerin ölçüm sonuçları için uzunluk verilerinde $r=0.50$, genişlik verileri için ise $r=0.53$ olarak sonuçlar elde edilmiştir. Çadır Dağı'nda ise palsalar için uzunluk, genişlik ve yükselti arasında anlamlı sonuçların 0,636 ile 0,843 arasında değiştiği sonuçlar elde edilmiştir. Křížek ve Uxa (2013) ile Uxa vd. (2017) daha fazla yükseltilerde, genellikle daha düşük yükseltilerden önemli ölçüde daha küçük yatay boyutlara sahip desenleri barındırdığını belirtmiştir. Çadır Dağı'nda gelişen palsaların uzunluk ve genişlik ve yükseklikliğe göre verileri değerlendirildiğinde palsa için uzunluk ile genişlik ve yükseklik arasında pozitif yönde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca palsalarda yükselti ile diğer özellikler arasında bir ilişkiye rastlanmamıştır.

Anadolu'da Batı Karadeniz'de yer alan Ilgaz Dağları (2587 m) bölgenin en yüksek kütlesidir. Dede vd. (2020) bu dağın periglasyal şekiller açısından da oldukça zengin olduğunu belirtmiş olup, zirveler bölümü üzerinde girland, çember, taş kümesi, tufur ve konjelitürbasyon bulunduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, kütlenin 1943 m yukarısında yer alan periglasyal şekillerden toprak örneği alınmış, bu toprakların fizikokimyasal özellikleri ve mineralojileri incelenmiştir. Araştırmacılar, şekiller arasında toprakların fizikokimyasal ve mineralojik özelliklerinin oldukça önemli farklılıklar gösterdiğini belirlemişler ve bunun nedenini şekillere ait mikro topoğrafyanın etkisinin yanı sıra gerek yükseltinin (1943-2398 m) gerekse de jeolojik materyalin (marn, kireçtaşı ve kumtaşı) etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Batı Anadolu'da yer alan Uludağ'da (2543 m) yapılan çalışmada ise periglasyal şekillerin 1943 m yukarı kesimlerinde olduğu tespit edilmiştir. Girland ve çemberlerin olduğu zirveler bölümünde 8 toprak örneği alınmıştır. Arazi ölçümleri eğimli alanlarda girlandların, düz ve düze yakın alanlarda ise çemberlerin varlığını ortaya çıkarmıştır (Türkeş ve Öztürk, 2011). Juilleret vd. (2011) yaptığı çalışma ile periglasyal süreçler sonucunda oluşan soliflüksiyon yapılarından alınan toprak örnekleri ve pedolojik incelemeler sonucunda toprakların pH değerlerinin 3 ile 5 arasında olduğu ve düşük baz yoğunluğuna sahip asidik bir toprağı karakterize ettiği tespit edilmiştir. Toprak reaksiyonuna ait sonuçlar Çadır Dağı'ndaki palsalardan elde edilen veriler (pH 4,60-5,98) ile

uyum sağlamaktadır. Serin vd. (2024) ile Serin (2019)'a göre periglasyal şekillerden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarında pH değerlerinin 5,7-7,65 arasında, EC değerlerinin ise 0,06-0,24 dS/m arasında olduğu belirlenmiştir. Sahada yıkanma süreçlerinin etkili olduğu da belirtilmiştir. Özellikle, Anadolu Dağları'nda sınırlı olan çalışma sonuçları ile Çadır Dağı'ndan elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Çadır Dağı'ndaki palsalardan alınan örneklerde EC değerlerinin 0,03 ile 0,48 arasında olduğu görülmüştür. Çadır Dağı palsaları için ulaşılan sonuçlar önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında Anadolu Dağları'nda soğuk iklim bölgelerinde yıkanma süreçlerinin etkili olduğu yorumuna ulaşılabilir. Bu bağlamda elde edilen bulgular Çadır Dağı palsalar için Anadolu Dağları'nda etkili olan periglasyal süreçleri açıklamak adına önemli bir veri seti oluşturmaktadır. Rodriquez-Ochoa vd. (2019)'a göre periglasyal bölgelerde oluşan toprak horizonları, derin mevsimsel don koşulları nedeniyle toprak bileşenlerinin deformasyonu, bozulması ve materyalin yer değiştirmesi ile ilişkilidir. Bu alanlarda soğuk, kuru, mevsimsel donlu iklim ve farklı don duyarlılığına sahip toprak materyallerinin meydana geldiği tespit edilmiştir. Fitzpatrick (1978)'e göre, periglasyal ortamlarda gelişen yerşekilleri ile vejetasyon arasında önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm topraklarda derinlikle azalan A1 horizonunda organik madde içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kokelj vd. (2002)'e göre permafrost aktif tabakada OM oranının yüzeyden derinlere doğru azaldığı (% 3-25) tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Çadır Dağı için de elde edilmiş olup, OM değerleri % 19,35-%32,50 arasında belirlenmiştir. Burada, Çadır Dağı için elde edilen bulgular ile daha önce farklı periglasyal alanlarda yapılan çalışma sonuçları açısından oldukça yakın benzerlik göstermektedir. Genellikle, Periglasyal şekillerin geliştiği yüzeyde ince bir toprak katmanı varlığı ve OM değerlerinin yüzeyden derinlere doğru azaldığı tespit edilmiştir.

Dengiz vd. (2013), Typic Ustifluvent ve Typic Haplustept ait topraklarda meydana gelen doğal agregatlarda mikrobiyolojik etkiler üzerine bir çalışmada toprakların gelişim ve olgunluk kazanmalarında strüktürel gelişmelere yönelik agregat oluşumu ve agregat büyüklüğü olduğu belirtilerek, elde edilen sonuçlara göre makro agregatların (> 250µm) Typic Haplustept topraklarda daha fazla olduğu bu durumda özellikle organik madde miktarı, kil, gözenek dağılımı ve miktarını, arttırarak mikroorganizmaların faaliyetinde olumlu etki yaparak, topraklarda strüktürel gelişmeye olumlu yansıdığını belirtmişlerdir. Bir buzul ekosisteminde altta yatan toprak oluşum aşamalarını araştıran bir çalışmada (Mavris vd., 2010), kaba malzemenin fiziksel ayrışma ile azaldığı ve ayrışmanın kil fraksiyonunun artmasıyla asitleşmeye neden olduğu belirlenmiştir. Montmorillonit gibi 2:1 katmanlı kafes yapısına sahip kil mineralleri, geniş bir spesifik yüzey alanı ve yüksek yük ile karakterize edilir, bu da su tutma ve katyon değişim kapasitesini arttırır (Fissore vd., 2016). Ayrıca, smektit kil mineralinin mikro agrega oluşumu üzerindeki etkileri

(Fernández-Ugalde vd., 2012) gibi çalışmalar, toprakların stabilitesinde kil minerallerinin türünün gerekli olduğunu göstermiştir (Morgan, 2005).

IX. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma Çadır Dağı üzerindeki zirveler kuşağının farklı noktalarında yer alan palsaların jeomorfolojik gelişimini ortaya koymaktadır. Palsaların dağılışı 3002-2878 m yükselti aralığındadır. Çadır Dağı üzerindeki palsaların gelişim gösterdiği zirveler düzlüğü bazalt, tüf ve aglomeralardan oluşmaktadır.

Çadır Dağı'nın zirveler kuşağında yapılan iklimsel analizler neticesinde yıllık ortalama hava sıcaklığının ise 3-4 °C civarında, yıllık ortalama toplam yağış miktarının 476-525 mm olduğu belirlenmiştir.

Çadır Dağı'nda arazi çalışmaları ile ölçümü gerçekleştirilen 180 adet palsaya ait tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon sonuçlarına göre ortalama uzunluk 621,70 cm, 288.18 cm, yükseklik 38,87 cm ve son olarak yükselti 2942,24 m şeklindedir. Varyasyon katsayıları ise sırasıyla 14761,17, 8326,52, 103,83 ve son olarak 1226,20 şeklinde hesaplanmıştır. palsaların uzunluk ile genişlik (0,843**) ve uzunluk ile yükseklik arasında (0,636**) pozitif yönde 0,01 düzeyinde istatistik olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Ayrıca aynı alanda genişlik ile yükseklik (0,783*) arasında da 0,01 düzeyinde pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.

Çadır Dağı palsalarına ait toprak örneklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait tanımsal istatistikleri yapılmıştır. Çalışma alanında 3002 ile 2878 m yükseltileri arasında bulunan palsalardan alınan 30 toprak örneği üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler incelenmiştir. Buna göre çarpıklık katsayıları kil, silt, pH, Ca mek/100g, organik karbon, organik madde, MBC mgCg⁻¹ ve qCO₂ normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılmayan özelliklerden strüktür stabilite indeksi, Ha, CaCO₃ ve Mg (mek/100g) negatif sola çarpıkken, diğer özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır. Palsalardaki topraklarda kil, silt, strüktür stabilitesi indeksi ve MBC mgCg⁻¹ orta değişkenliğe sahip, Agregat stabilitesi, kum, hidrolik iletkenlik, dispersiyon oranı ve Kabuk oluşumu yüksek değişkenliğe sahip iken, diğer toprak özellikleri ise düşük değişkenliktedir.

X. KAYNAKLAR

- Aalto, J., Harrison, S., Luoto, M. 2017. Statistical modelling predicts almost complete loss of major periglacial processes in Northern Europe by 2100. *Nature Communications*, 8(1), 1-8.
- Ainsworth, W.F. 1842. *Travels and researches in Asia Minor, Mesopotamia. Chaldea and Armenia*, J. W. Parker, London.
- Akhalkatsishvili, M.D., Gobejishvili, R.G., Tutberidze, B.G. 2003. Role of glaciation in transformation of the volcanic relief of Samsari Range. *Geography-Geology*, In: *Proceedings of I. Javakhishvili Tbilisi State University*, Tbilisi, 118-125.
- Alexeev, S.V., Alexeeva, L.P., Vasil'chuk, Y.K., Svetlakov, A.A., Kulagina, N.V. 2021. Permafrost of the Oka Plateau (Eastern Sayan Ridge). *Permafrost and Periglacial Processes*, 32, 368-391.
- Altın, T. 2003. Orta Toroslarda (Aladağlar ve Bolkar Dağları) görülen periglasyal şekiller. *Sırrı Erinç Sempozyumu, Bildiri Özleri*, 206-210.
- Altın, T. 2006. Aladağlar ve Bolkar Dağları üzerinde görülen periglasyal jeomorfolojik şekiller. *Türk Coğrafya Dergisi*, 46, 105-122.
- Andre, M.F. 2009. From climatic to global change geomorphology: Contemporary shifts in periglacial geomorphology. *Geological Society of London, Special Publications*, 320, 5-28.
- Atalay, İ. 1984. Mescit Dağı'nın glasyal morfolojisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 2, 129-138.
- Azzoni, R.S., Zerboni, A., Pelfini, M., Garzonio, C.A., Cioni, R., Meraldi, E., Smiraglia, C., Diolaiuti, G.A. 2017. Geomorphology of Mount Ararat/Ağrı Dağı (Ağrı Dağı National Park, Eastern Anatolia, Turkey). *Journal of Maps*, 13(2), 182-190.
- Ballantyne, C.K. 1996. Formation of miniature sorted patterns by shallow ground freezing: A field experiment. *Permafrost and Periglacial Processes*, 7(4), 409-424.
- Ballantyne, C.K. 2002. Paraglacial geomorphology. *Quaternary Science Reviews*, 21(18-19), 1935-2017.
- Bast, A., Pavoni, M., Lichtenegger, M., Buckel, J., Boaga, J. 2025. The use of textile electrodes for electrical resistivity tomography in periglacial, coarse blocky terrain: A comparison with conventional steel electrodes. *Permafrost and Periglacial Processes*, 36(1), 110-122.

- Bayrakdar, C., ılğın, Z., Keserci, F. 2020. Traces of Late Quaternary glaciations and paleoclimatic interpretation of Mount Akdağ (Alanya, 2451 m) Southwest Turkey. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2(1), 135-151.
- Bayrakdar, C., zdemir, H. 2010. Kaçkar Dağı'nda bakı faktörünün glasyal ve periglasyal topoğrafya gelişimi üzerindeki etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 54, 1-13.
- Beret, B. 1956. Çakırğöl Dağı'nda glasyal izler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 15-16, 115-125.
- Bertran, P. 2022. Distribution and characteristics of Pleistocene ground thermal contraction polygons in Europe from satellite images. *Permafrost and Periglacial Processes*, 1-15.
- Bilgin, T. 1960. Kaz Dağı ve üzerindeki periglasyal şekiller hakkında. *Türk Coğrafya Dergisi*, 20, 114-123.
- Bilgin, T. 1969. Gâvur Dağı kütlesinde glasyal ve periglasyal topoğrafya şekilleri. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1494.
- Bilgin, T. 1972. Munzur Dağları doğu kısmının glasyal ve periglasyal morfolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1757.
- Biricik, A.S. 2010. Nurhak Dağları'nda glasyal ve periglasyal rölyef. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (Prof. Dr. Oğuz Erol Anısına) Bildiriler Kitabı*, 220-242.
- Birman, J.H. 1968. Glacial reconnaissance in Turkey. *Geological Society of American Bulletin*, 79, 1009-1026.
- Bobek, H. 1940. Die gegenwärtige und eiszeitliche Vergletscherung im zentral-kurdischen Hochgebirge. *Zeitschrift für Gletscherkunde*, 27, 50-87.
- Borge, A.F., Westermann, S., Solheim, I., Etzel Müller, B. 2017. Strong degradation of palsas and peat plateaus in northern Norway during the last 60 years. *The Cryosphere Discussions*, 1-31.
- Carraha, J., García, J.L., Nussbaumer, S.U., Fernández-Navarro, H., Gärtner-Roer, I. 2024. Late Pleistocene to Holocene glacial, periglacial, and paraglacial geomorphology of the upper Río Limarí basin (30–31° S) in the Andes of central Chile. *Journal of Maps* 20(1), 2329179.
- Chan, K.Y., Heenan D.P., So H.B. 2003. Sequestration of carbon and changes in soil quality under conservation tillage on light-textured soils in Australia: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, 325-334.

- Charman, P., Murphy B. 2007. Soils: Their Properties and Management. Third edition Oxford University Press, 461 pp, Melbourne, Australia.
- Chaudhari, R., Dodha, V., Vidya, D., Chakravarty, M., Maity, S. 2013. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of coimbatore soil. International Journal of Scientific and Research Publications, 3(2), 1-8.
- Chauhan, R., Thakuri, S. 2017. Periglacial environment in Nepal Himalaya: Present contexts and future prospects. Nepal Journal of Environment Science, 5, 35-40.
- Çakır, Ç., Kopar, İ. 2017. Palandöken Dağları'nda tufurlar ve doğal ortam özelliklerinin tufurların oluşumu üzerindeki etkisi. Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu, 12-14 Ekim 2017, Bildiriler Kitabı, 103-110.
- Çiçek, İ., Gürgen, G., Tunçel, H., Doğu, A.F. 2004. Glacial morphology of Eastern Black Sea Mountains (Turkey). Caucasian Geography Reviews, 4, 46-51.
- Çiner, A. 2004. Turkish glaciers and glacial deposits. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (Eds.), Quaternary Glaciations: Extent and Chronology, Part I: Europe, Elsevier, Amsterdam, pp. 419-429.
- D'Amico, M., Gorra, R., Freppaz, M. 2015. Small-scale variability of soil properties and soil-vegetation relationships in patterned ground on different lithologies (NW Italian Alps). Catena, 135, 47-58.
- Daly, S.V., Bonnaventure, P.P., Kochtitzky, W. 2022. Influence of ecosystem and disturbance on near-surface permafrost distribution, Whati, Northwest Territories, Canada. Permafrost and Periglacial Processes, 33(4), 339-352.
- Dede, V. 2023. Cin Dağı'nın Periglasyal Jeomorfolojisi (Küçük Kafkaslar-Türkiye). 1. Baskı, 104 s., Kriter Yayınevi, No: 45353. ISBN: 978-625-6894-41-9.
- Dede, V., Çiçek, İ., Sarıkaya, M.A., Çiner, A., Uncu, L. 2017. First cosmogenic geochronology from the Lesser Caucasus: Late Pleistocene glaciation and rock glacier development in the Karçal Valley, NE Turkey. Quaternary Science Reviews, 164, 54-67.
- Dede, V., Çiçek, İ., Uncu, L. 2015. Karçal Dağları'nda kaya buzulu oluşumları. Hacettepe Üniversitesi, Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yer Bilimleri Dergisi, 36(2), 61-80.

- Dede, V., Demirağ Turan, İ., Dengiz, O., Serin, S., Pacci, S. 2022a. Effects of periglacial landforms on soil erosion sensitivity factors and predicted by artificial intelligence approach in Mount Cin, NE Turkey. *Eurasian Soil Science*, 55(12), 1857-1870.
- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Zorlu, K., Pacci, S., Serin, S. 2022b. Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılıklarının belirlenmesi ve yapay sinir ağları (YSA) ile tahmin edilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 47, 258-279.
- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Şenol, H. 2023. Periglasyal şekillerden taş kümelerinde oluşan toprakların mineralojik özellikleri pilot çalışma; Çadır ve Göze Dağları (KD Anadolu). 5. Uluslararası Antalya Bilimsel Araştırmalar ve Yenilikçi Çalışmalar Kongresi, Bildiri Özleri Kitabı, s. 423-432.
- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Türkeş, M., Gökçe, C., Serin, S. 2020. Ilgaz Dağları periglasyal şekillerinde oluşmuş toprakların fizikokimyasal özellikleri ile bazı erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18, 99-123.
- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Türkeş, M., Şenol, H., Serin, S. 2024a. Development of periglacial landforms and soil formation in the Ilgaz Mountains and effect of climate (Western Black Sea Region-Türkiye). *Journal of Geographical Sciences*, 34(3), 543-570.
- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Şenol, H. 2024b. Periglacial landforms on Mount Çadır and their effects on soil formation, NE Türkiye. *Mediterranean Geoscience Reviews*.
- Dede, V., Dengiz, O., Şenol, H., Demirağ Turan, İ. 2024c. İki farklı coğrafi bölgedeki dağlık kütlelerde (akbaba dağı ve ılgaz dağları) gelişen periglasyal yerşekillerindeki (girlandlar) toprakların mineralojik özelliklerinin karşılaştırılması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14, 4, 1776-1789.
- Dede, V., Dengiz, O., Zorlu, B.Ş., Zorlu, K. 2021. Ilgaz Dağları'nda yükseltiye bağlı sıcaklık değişiminin periglasyal şekillerdeki toprak özellikleri üzerine etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 78, 23-32.
- Demirağ Turan, İ., Dengiz, O., Dede, V., Şenol, H. 2023. Çadır ile Göze Dağları (KD Anadolu) üzerinde yer alan periglasyal şekillerden çemberlerde oluşan toprakların mineralojik değerlendirilmesi. *Başkent 4. Uluslararası Multidisipliner Bilimsel Çalışmalar Kongresi, Bildiri Özleri Kitabı*, s. 75-82.

- Dengiz, O., Başkan, O. 2010. Characterization of soil profile development on different landscape in semi-arid Region of Turkey a case study; Ankara-Soğulca catchment. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 25(2), 106-112.
- Dengiz, O., Sağlam, M., Özeytekin, H.H, Başkan, O. 2013. Weathering rates and some physico-chemical characteristics of soils developed on a calcic toposequences. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8(2), 13-24.
- Dengiz, O., Şenol, H. 2018. Effect of toposequences on geochemical mass balance and clay mineral formation in soils developed on basalt parent material under subhumid climate condition. *Indian Journal of Geo Marine Science*, 47(9), 1809-1820.
- Dobiński, W. 2020. Permafrost active layer. *Earth-Science Reviews*, 208, 103301.
- Dobrowolski, R., Nawrocki, J. 2025. Weichselian permafrost degradation rate controlled by the heat flow and effective porosity-data from the spring-fed fens' deposits in Poland. *Permafrost and Periglacial Processes*, 36(1), 151-163.
- Doğu, A.F., Somuncu, M., Çiçek, İ., Tunçel, H., Gürgen, G. 1993. Kaçkar Dağı'nda buzul şekilleri, yaylalar ve turizm. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Dergisi*, 2, 157-183.
- Egli, M., Mirabella, A., Sartori, G., Fitze, P. 2003. Weathering rates as a function of climate: results from a climosequence of the Val Genova (Trentino, Italian Alps). *Geoderma*, 111(1-2), 99-121.
- Emerson, W.W. 1967. A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Australian Journal of Soil Research*, 5(1), 47-57.
- Erinç, S. 1944. Doğu Karadeniz Dağları'nda Glasyal Morfoloji Araştırmaları. *İ.Ü Coğrafya Enstitüsü Doktora Tezleri Serisi*, No: 1.
- Erinç, S. 1949. Uludağ üzerinde glasyal morfoloji araştırmaları. *Türk Coğrafya Dergisi*, 11-12, 79-94.
- Erinç, S. 1952. Glacial evidences of the climatic variations in Turkey. *Geografiska Annaler*, 34, 89-98.
- Erinç, S. 1953. Van'dan Cilo Dağları'na. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 3-4, 89-106.
- Erinç, S. 1955. Glasyal ve periglasyal jeomorfoloji bakımından Honaz ve Bozdağ. *Türk Coğrafya Dergisi*, 13-14, 24-44.

- Erinç, S. 1957. Uludağ'ın periglasyalı hakkında. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 8, 91-94.
- Erinç, S. 1965. Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No: 41.
- Erinç, S., Bilgin, T., Bener, M. 1961. Ilgaz üzerinde periglasyal şekiller. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 12, 90-99.
- Fadare, D.A. 2010. The application of artificial neural networks to mapping of wind speed profile for energy application in Nigeria. Applied Energy, 87(3), 934-42.
- Fame, M.L., Chilton, K.D., Spotila, J.A., Kelly, M.A., Caton, S.A. 2024. Periglacial resurfacing of hillslopes and channels with large boulders in the Virginia Appalachians. Earth Surface Processes Landforms, 49(1), 432-450.
- Farhat, A., Cheok, K.C. 2017. Improving adaptive network fuzzy inference system with Levenberg Marquardt Algorithm. 2017 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon). Montreal, QC, Canada.
- Feng, L., Zhang, J. 2014. Application of artificial neural networks in tendency forecasting of economic growth. Economic Modelling, 40, 76-80.
- Fernandez-Ugalde, O., Barré, P., Hubert, F., Virto, I., Girardin, C., Ferrage, E., Caner, L., Chenu, C. 2012. To what extent clay mineralogy affect soil aggregation? Insights from fractionation analyses conducted on soils under different land-uses. EGU General Assembly, p. 6427.
- Fissore, C., Jurgensen, M.F., Pickens, J., Miller, C., Page-Dumroese, D., Giardina, C.P. 2016. Role of soil texture, clay mineralogy, location, and temperature in coarse wood decomposition-a mesocosm experiment. Ecosphere, 7(11), 01605.
- Fitzpatrick, R.W. 1978. Periglacial soils with fossil permafrost horizons in southern Africa. Annals of the Natal Museum, 23, 2.
- Fleischer, F., Haas, F., Altmann, M., Rom, J., Ressler, C., Becht, M. 2023. Glaciogenic periglacial landform in the making-geomorphological evolution of a rockfall on a small glacier in the Horlachtal, Stubai Alps, Austria. Remote Sensing, 15, 1472.
- Frappier, R., Lacelle, D. 2021. Distribution, morphometry, and ice content of ice-wedge polygons in Tombstone Territorial Park, central Yukon, Canada. Permafrost and Periglacial Processes, 32(4), 587-600.

- French, H. 2007. *The Periglacial Environment*. Third edition, John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-1-118-68494-8, London.
- Gachev, E. 2021. Periglacial landforms and the geological controlling factors: examples from the highest mountains of the Balkan Peninsula. *Journal of the Bulgarian Geographical Society*, 44, 39-47.
- Garankina, E.V., Lobkov, V.A., Shorkunov, I.G., Belyaev, V.R. 2022. Identifying relict periglacial features in watershed landscape and deposits of Borisoglebsk Upland, Central European Russia. *Journal of the Geological Society*, 179, 5.
- Gautier, E., Depret, T., Cavero, J., Costard, F., Virmoux, C., Fedorov, A., Konstantinov, P., Jammet, M., Brunsten, D. 2021. Fifty-year dynamics of the Lena River islands (Russia): Spatio-temporal pattern of large periglacial anabranching river and influence of climate change. *Science of the Total Environment*, 783, 1-15.
- Giles, D., Griffiths, J., Evans, D., Murton, J. 2017. Geomorphological framework: glacial and periglacial sediments, structures and landforms. In J.S. Griffiths, & C.J. Martin (Eds.), *Engineering Geology and Geomorphology of Glaciated and Periglaciated Terrains: Engineering Group Working Party Report*, 28, 59-368, Geological Society of London.
- Gjorup, D.F., Francelino, M.R., Michel, R.F.M., Senra, E.O., Schaefer, C.E. 2019. Pedoclimate monitoring in the periglacial high mountain soils of the Atacama Desert, northern Chile. *Permafrost and Periglacial Processes*, 30(4), 310-329.
- Gobejishvili, R., Lomidze, N., Tielidze, L. 2011. Late Pleistocene (Würmian) glaciations of the Caucasus. In: *Quaternary Glaciations: Extent and Chronology*, Ehlers, J., Gibbard, P. L., Hughes, P. D., (Eds.), Elsevier, Amsterdam, 141-147.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. 2016. *Deep Learning*. The MIT Press, Cambridge.
- Glaser, B., Turrión, M.B., Alef, K. 2004. Amino sugars and muramic acid-biomarkers for soil microbial community structure analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(3), 399-407.
- Grzyl, A., Kiedrzyński, M., Zielińska, K.M., Rewicz, A. 2014. The relationship between climatic conditions and generative reproduction of a lowland population of *Pulsatilla vernalis*: The last breath of a relict plant or a fluctuating cycle of regeneration. *Plant Ecology*, 215, 457-466.
- Guglielmin, M., Bonasera, M., Fubelli, G., Tellini, C., Dramis, F. 2022. Permafrost-based geomorphology of the Mt. Foscagno-Mt. Forcellina ridge (Adda-Inn River basins, Central Italian Alps). *Journal of Maps*, 18(2), 441-447.

- Hagan, M.T., Menhaj, M.B. 1994. Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. *IEEE transactions on Neural Networks*, 5(6), 989-993.
- Hall, K. 2002. Review of Present and Quaternary periglacial processes and landforms of the maritime and sub-Antarctic region. *South African Journal of Science*, 98, 71-81.
- Hamilton, W.J. 1843. Researches in Asia Minor, Pontus, and Armenia; with some account of the irantiquities and geology. *Journal of the Royal Geographical Society of London*, 13, 148-156.
- Haynes, R.J., Naidu, R. 1998. Influence of Lime, Fertilizer and Manure Applications on Soil Organic Matter Content and Soil Physical Conditions: A Review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123-137.
- Hewitt K., Bryne, M.L., English, M., Young, G. 2002. *Landscapes in Transition: Landform Assemblages and Transformations in Cold Regions*. ISBN: 978-90-481-6037-2, London.
- Holobacă, I.H. 2016. Recent retreat of the Elbrus glacier system. *Journal of Glaciology*, 62, 231, 94-112.
- Hosseinpour, S., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Khalife, E. 2016. Exact estimation of biodiesel cetane number (CN) from its fatty acid methyl esters (FAMES) profile using partial least square (PLS) adapted by artificial neural network (ANN). *Energy Conversion and Management*, 124, 389-98.
- Huang, W., Foo, S. 2002. Neural network modeling of salinity variation in Apalachicola River. *Water Research*, 36(1), 356-362.
- Hubberten, H.W., Andreev, A., Astakhov, V.I., Demidov, I., Dowdeswell, J.A., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark-Nielsen, M., Jakobsson, M., Kuzmina, S., Larsen, E., Lunkka, J.P., Lysa, A., Mangerud, J., Möller, P., Saarnisto, M., Schirrmeister, L., Sher, A., Siegert, C., Siegert, M., Svendsen, J.I. 2004. The periglacial climate and environment in northern Eurasia during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews*, 23(11-13), 1333-1357.
- Hughes, P.D. 2013. Quaternary-Pleistocene Glacial and Periglacial Environments. In *Treatise on Geomorphology*, 8: Glacial and Periglacial Geomorphology, 30-44, Elsevier.
- Hughes, P.D. 2018. Little Ice Age glaciers and climate in the Mediterranean Mountains: A new analysis. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44, 15-46.
- IBM Corp. 2015. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0*. IBM Corp, Armonk, NY.

- IPCC. 2013. Climate change 2013: the physical science basis: working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, USA.
- Jackson, M.L. 1979. Soil chemical analysis. Advanced course. 2nd edition. Published by the Madison, WI.
- Jankovská, V., Kociánová, M., Dudová, L. 2025. Late Holocene palaeo formation in northern Fennoscandia: Fossil pollen indication and climatic trigger. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 334, 105253.
- Juilleret, J., Iffly, J.F., Pfister, L., Hissler, C. 2011. Remarkable Pleistocene periglacial slope deposits in Luxembourg (Oesling): pedological implication and geosite potential. *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*, 112, 125-130.
- Kahraman, N. 2015. Mescit Dağları'nda buzul izleri. *The Journal of Academic Social Science Studies (JASSS)*, 34, 41-51.
- Kars, N., Ekberli, İ. 2019. Çarşamba Ovası'nda işlenen tarım alanlarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(2), 210-219.
- Kershaw, G.G.L., English, M.C., Wolfe, B.B. 2023. Seasonally distinct runoff-recharge partitioning in an alpine tundra catchment. *Permafrost and Periglacial Processes*, 34(1), 94-107.
- 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.
- Kızılkaya, R., Dede, V., Dengiz, O., Ay, A. 2019. Ilgaz Dağları'nda farklı periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş topraklara ait özelliklerin dehidrogenaz enzim aktivitesine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7, 121-127.
- Knight, J., Harrison, S., Jones, D.B. 2019. Rock glaciers and the geomorphological evolution of deglaciating mountains. *Geomorphology*, 324, 14-24.
- Kokelj, S.V., Smith, C.A.S., Burn, C.R. 2002. Physical and chemical characteristics of the active layer and permafrost, Herschel Island, western Arctic Coast, Canada. *Permafrost and Periglacial Processes*, 13(2), 171-185.

- Köse, O., Sarıkaya, M.A., Çiner, A., Candaş, A. 2019. Late Quaternary glaciations and cosmogenic ^{36}Cl geochronology of Mount Dedegöl, south-west Turkey. *Journal of Quaternary Science*, 34(1), 51-63.
- Krenek, L. 1932. Gletscher im pontischen Gebirge (Lazistan). *Zeitschrift für Gletscherkunde*, 20, 129-131.
- Křížek, M., Uxa, T. 2013. Morphology, sorting and microclimates of relict sorted polygons, Krkonoše Mountains, Czech Republic. *Permafrost and Periglacial Processes*, 24(4), 313-321.
- Kunz, J., Kneisel, C. 2021. Three-dimensional investigation of an open-and a closed-system Pingo in Northwestern Canada. *Permafrost and Periglacial Processes*, 32(4), 541-557.
- Kurter, A. 1991. Glaciers of Middle East and Africa-Glaciers of Turkey. In: *Satellite Image Atlas of the World*, R. S. Williams, J. G. Ferrigno (Eds.). USGS Professional Paper, 1386-G-I, 1-30.
- Kutiel, H., Türkeş, M. 2005. New evidence about the role of the North Sea-Caspian Pattern (NCP) on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 87, 501-513.
- Lal, R. 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.
- LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. 2015. Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Lehmkuhl, F. 2015. Modern and past periglacial features in Central Asia and their implication for paleoclimate reconstructions. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 40, 3.
- Leppiniemi, O., Karjalainen, O., Aalto, J., Luoto, M., Hjort, J. 2025a. Environmental drivers of palsa and peat plateau occurrences: A regional comparison across the Northern Hemisphere. *Permafrost and Periglacial Processes*, 36(1), 37-50.
- Leppiniemi, O., Karjalainen, O., Aalto, J., Luoto, M., Hjort, J. 2023. Environmental spaces for palsas and peat plateaus are disappearing at a circumpolar scale. *The Cryosphere*, 17, 3157-3176.
- Leppiniemi, O., Karjalainen, O., Aalto, J., Yletyinen, E., Luoto, M., Hjort, J. 2025b. The morpho-ecological state of palsa mires in sub-arctic Fennoscandia: insights from high-resolution spatial modelling. *Catena*, 257, 109203.

- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of crustability and erodibility: 1. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 47(4), 425–437.
- Levy, G.J., Mamedov, A.I. 2002. High-Energy-Moisture-Characteristics Aggregate Stability as a Predictor for Seal Formation. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6), 1603-1609.
- Lozinski, W. 1909. Über die mechanische Verwitterung der Sandstein im gemässigten Klima. *Bulletin international de l'académie des sciences et des lettres de Cracovie, classe des sciences mathématiques et naturelles*, 1, 1-25.
- Luethi, R., Phillips, M., Lehning, M. 2016. Estimating non-conductive heat flow leading to intra-permafrost talik formation at the Ritigraben Rock Glacier (Western Swiss Alps). *Permafrost and Periglacial Processes*, 28(1), 183-194.
- Lui, W., Li, R., Shi, X., Wu, T., Wu, X.D. 2023. Hotspots and trends in frozen soils research in 2010-2019. *Permafrost and Periglacial Processes*, 34(2), 169-179.
- Lutz, J.H., Chandler, F.R. 1947. *Forest Soils*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Magnin, F., Ravanel, L., Bodin, X., Deline, P., Malet, E., Krysiecki, J.M., Schoeneich, P. 2024. Main results of permafrost monitoring in the French Alps through the PermaFrance network over the period 2010-2022. *Permafrost and Periglacial Processes*, 35(1), 3-23.
- Mallants, D., Mohanty, B.P., Jacques, D., Feyen, J. 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161(3), 167-181.
- Maunsell, F.R. 1901. Central kurdistan. *The Geographical Journal*, 18(2), 121-144.
- Mavris, C., Egli, M., Plötze, M., Blum, D.J., Mirabella, A., Giaccai, D., Haeberli, W. 2010. Initial stages of weathering and soil formation in the Morteratsch proglacial area (Upper Engadine, Switzerland). *Geoderma*, 155, 359-371.
- Messenger, E., Belmecheri, S., Von Grafenstein, U., Nomade, S., Ollivier, V., Voinchet, P., Puaud, S., Courtin-Nomade, A., Guillou, H., Mgeladze, A., Dumoulin, J.P., Mazuy, A., Lordkipanidze, D. 2013. Late Quaternary record of the vegetation and catchment-related changes from Lake Paravani (Javakheti, South Caucasus). *Quaternary Science Reviews*, 77, 125-140.
- Michel, F.A., Van Everdingen, R.O. 1994. Changes in hydrogeologic regimes in permafrost regions due to climatic change. *Permafrost and Periglacial Processes*, John Wiley & Sons, 5(3), 191-195.

- Millar, S. 2013. Mass Movement Processes in the Periglacial Environment. In *Glacial and Periglacial Geomorphology*, 8, 374-391, Elsevier.
- Moghadam, H., Tayyebi, A., Helbich, M. 2017. Transition index maps for urban growth simulation: application of artificial neural networks, weight of evidence and fuzzy multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 300.
- Mohammadi, B., Mehdizadeh, S., Ahmadi, F., Lien, N.T.T., Linh, N.T.T., Pham, Q.B. 2021. Developing hybrid time series and artificial intelligence models for estimating air temperatures. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 35, 1189-1204.
- Morgan, R.P.C. 2005. *Soil erosion and conservation*. 3rd Edition, Blackwell publishing, Oxford, UK, 303 pp.
- Morgenstern, A., Overduin, P.P., Günther, F., Stettner, S., Ramage, J., Schirrmeister, L., Grigoriev, M.N., Grosse, G. 2020. Thermo-erosional valleys in Siberian ice-rich permafrost. *Permafrost and Periglacial Processes*, 32(1), 59-75.
- Murton, J., Opel, T., Wetterich, S., Ashostina, K., Savvinov, G., Danilov, P., Boeskorov, V. 2023. Batagay megaslump: A review of the permafrost deposits, Quaternary environmental history, and recent development. *Permafrost and Periglacial Processes*, 34(3), 399-416.
- Murton, J.B., Ballantyne, C.K. 2017. *Periglacial and permafrost ground models for Great Britain*. Geological Society of London, 28, 501-597.
- Najah, A., El-Shafie, A., Karim, O.A., El-Shafie, A.H. 2013. Application of artificial neural Networks for water quality prediction. *Neural Computing and Applications*, 22, 187-201.
- Obalum, S.E., Chibuike G.U., Peth S., Ouyang Y. 2017. Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(4), 176.
- Odabaş, M.S., Kayhan, G., Ergun, E., Şenyer, N. 2016. Using artificial neural network and multiple linear regression for predicting the chlorophyll concentration index of Saint John's Wort Leaves. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(2), 237-245.
- Oliva, M., Nyylt, D., Fernandez-Fernandez, J.M. (eds) 2022. *Periglacial Landscapes of Europe*. Springer, 523 p. ISBN: 978-3-031-14894-1.
- Oliva, M., Serrano, E., Gomez-Ortiz, A., Gonzalez-Amuchastequi, M., Nieuwendan, A., Palacios, D., Perez-Alberti, A., Pellitero-Ondicol, R., Ruiz-Fernandez, J., Valcarcel, M., Vieira, G., Antoniades, D. 2016. Spatial and temporal variability of periglaciation of the Iberian Peninsula. *Quaternary Science Reviews*, 137, 176-199.

- Oliva, M., Žebre, M., Guglielmin, M.M., Hughes, P., Çiner, A., Viera, G., Bodin, X., Andrés, N., Colucci, R.R., García-Hernández, C., Mora, C., Nofre, J., Palacios, D., Pérez-Alberti, A., Ribolini, A., Ruiz-Fernández, J., Sarıkaya, M.A., Serrano, E., Urdea, P., Valcárcel, M., Woodward, J., Yıldırım, C. 2018. Permafrost conditions in the Mediterranean basin since the Last Glaciation. *Earth-Science Reviews*, 185, 397-436.
- Ollivier, V., Nahapetyan, S., Roiron, P., Gabrielyan, I., Gasparyan, B., Chataigner, C., Joannin, S., Cornée, J.J., Guillou, H., Scaillet, S., Munch, P., Krijgsman, W. 2010. Quaternary volcano-lacustrine patterns and palaeobotanical data in southern Armenia. *Quaternary International*, 223-224, 312-326.
- Olvmo, M., Holmer, B., Thorsson, S., Reese, H., Lindberg, F. 2020. Sub-arctic palsa degradation and the role of climatic drivers in the largest coherent palsa mire complex in Sweden (Vissátvuopmi), 1955–2016. *Scientific Reports*, 10, 8937.
- Özdemir, N. 2019. Farklı topoğrafik yapı ve arazi kullanım koşullarında hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 86-91.
- Öztürk, M.Z., Taşoğlu, E. 2024. Alpine periglacial zones in Anatolia: spatial distribution and main characteristics. *Mediterranean Geoscience Reviews*.
- Öztürk, M.Z. 2012. Uludağ'daki Periglasyal Süreçlerin, Periglasyal Yerçekillerinin ve Bunları Denetleyen Etmenlerin İncelenmesi. Nilüfer Akkılıç Kütüphanesi Yayınları, No: 10.
- Palgrave, W.G. 1872. Vestiges of the glacial period in Northeastern Anatolia. *Nature*, 5, 444-445.
- Pisabarro, A., Pellitero, R., Serrano, E., Gómez-Lende, M., González-Trueba, J.J. 2017. Ground temperatures, landforms and processes in an Atlantic mountain. Cantabrian Mountains (Northern Spain). *Catena*, 149(2), 623-636.
- Planhol, X., de Bilgin, T. 1961. Karagöl kütlesi üzerinde Pleistosen ve aktüel glasyasyon ile periglasyal şekiller. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 12, 127-146.
- Pollard, W. 2018. Chapter 15-Periglacial Processes in Glacial Environments. Editor(s): John Menzies, Jaap J.M. van der Meer, *Past Glacial Environments (Second Edition)*, 537-564.
- Ponti, S., Cannone, N., Guglielmin, M. 2021. A new simple topo-climatic model to predict surface displacement in paraglacial and periglacial mountains of the European Alps: The importance of ground heating index and floristic components as ecological indicators. *Ecological Indicators*, 120.

- Rengasamy, P., Greene, R.S.B., Ford, G.W., Mehanni, A.H. 1985. Identification of dispersive behaviour and the management of red-brown earths. *Australian Journal of Soil Research*, 22(4), 413-431.
- Retallack, G.J. 2021. Ediacaran periglacial sedimentary structures. *Journal of Palaeosciences*, 70(1-2), 5-30.
- Revaz, K., Koba, K., Kukuri, T., Giorgi, C. 2018. Ancient glaciation of the Caucasus. *Open Journal of Geology*, 8, 56-64.
- Rodríguez-Ochoa, R., Olarieta, J.R., Santana, A., Castaneda, C., Calle, M., Rhodes, E., Bartolome, M., Pena-Monne, J.L., Sancho, C. 2019. Relict periglacial soils on Quaternary terraces in the Central Ebro Basin (NE Spain). *Permafrost and Periglacial Processes*, 30, 364-373.
- Rowley, T., Giardino, J.R., Granados-Aguilar, R., Vitek, J.D., 2015. Chapter 13-Periglacial Processes and Landforms in the Critical Zone. Editor(s): John R. Giardino, Chris Houser, *Developments in Earth Surface Processes*. 19, 397-447.
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A. 2015. Türkiye'nin Geç Pleistosen buzullaşması ve paleoiklimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 151, 107-127.
- Sarıkaya, M.A. 2009. Late Quaternary glaciation and paleoclimate of Turkey inferred from cosmogenic ^{36}Cl dating of moraines and glacier modeling. Ph.D Thesis, University of Arizona, Tucson, AZ, USA.
- Sarıkaya, M.A. 2012. Recession of the ice cap on Mount Ağrı (Ararat), Turkey, from 1976 to 2011 and its climatic significance. *Journal of Asian Earth Sciences*, 46, 190-194.
- Sarıkaya, M.A., Tekeli, A.E. 2014. Satellite inventory of glaciers in Turkey. *Global Land Ice Measurements from Space*, Kargel, J. S., Leonard, G. J., Bishop, M. P., Kaab, A., Raup, B. (Eds.), Praxis- Springer (Publisher), Berlin Heidelberg, 465-480, 876 pp.
- Sayhan, H. 1999. Erciyes'in doğusunda aktüel morfodinamiğe bağlı olarak gelişen tufurların genetik ve morfometrik analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 34, 141-165.
- Seppälä, M. 2011. Synthesis of studies of palsa formation underlining the importance of local environmental and physical characteristics. *Quaternary Research*, 75(2), 366-370.
- Schmidhuber, J. 2015. Deep learning. *Scholarpedia*, 10(11), 32832.
- Schorghofer, N., Leopold, M., Yoshikawa, K. 2017. State of high-altitude permafrost on tropical Maunakea Volcano, Hawaii. *Permafrost and Periglacial Processes*, 28(4), 685-697.

- Schweizer, G. 1975. Untersuchungen zur Physiogeographie von Ostanatolien und Nordwestiran. *Tübinger Geographische Studien*, 60(9), 145 p.
- Sebastiá, M.T. 2004. Role of topography and soils in grassland structuring at the landscape and community scales. *Basic and Applied Ecology*, 5, 331-346.
- Serin, S. 2019. Honaz Dağı'nın Periglasyal Jeomorfolojisi (Denizli). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Coğrafya Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Serin, S., Uncu, L., Dede, V., Türkeş, M. 2024. Evaluation of periglacial landforms and formation of soil properties on the Mount Honaz, SW Türkiye. *Journal of Mountain Science*, 21(9), 3047-3067.
- Shahgedanova, M., Nosenko, G., Kutuzov, S., Rototaeva, O., Khromova, T. 2014. Deglaciation of the Caucasus Mountains, Russia/Georgia, in the 21st century observed with ASTER satellite imagery and aerial photography. *The Cryosphere*, 8, 2367-2379.
- Siewert, M.B., Lantuit, H., Richter, A., Hugelius, G. 2021. Permafrost causes unique fine-scale spatial variability across tundra soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 35.
- Solomina, O., Busheva, I., Dolgova, E., Jamelli, V., Alexandrin, M., Mikhalev, V., Matskovsky, V. 2016. Glacier variations in the Northern Caucasus compared to climatic reconstructions over the past millennium. *Global and Planetary Change*, 140, 28-58.
- Soto, A.V., Alberti, A.P. 2019. Periglacial deposits as indicators of paleotemperatures A case study in the Iberian Peninsula: The mountains of Galicia. *Permafrost and Periglacial Processes*, 29, 1-15.
- Spreitzer, H. 1958. Frührezente und rezente Hochstande der Gletscher des Kilikischen Ala Dag im Taurus. *Geographische Forschungen*, 60, Innsbruck.
- Stokes, C.R., Gurney, S.D., Shahgedanova, M., Popovnin, V. 2006. Late-20th-century changes in glacier extent in the Caucasus Mountains, Russia/Georgia. *Journal of Glaciology*, 52, 99-109.
- Stokes, C.R., Popovnin, V., Aleynikov, A., Gurney, S.D., Shahgedanova, M. 2007. Recent glacier retreat in the Caucasus Mountains, Russia, and associated increase in supraglacial debris cover and supra-/proglacial lake development. *Annals of Glaciology*, 46, 195-203.
- Tefera, B., Ayele, G., Atnafe, Y., Jabbar, M.A., Dubale, P. 2002. Nature and causes of land degradation in the Oromiya Region: A review. *Socio-economics and Policy Research*

- Working Paper 36. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. 82 pp.
- Temizel, K.E., Odabaş, M.S., Şenyer, N., Kayhan, G., Bajwa, S., Çalışkan, O., Ergun, E. 2014. Comparison of some models for estimation of reflectance of hypericum leaves under stress conditions. *Central European Journal of Biology*, 9(12), 1226-1234.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- Tielidze, L.G., Iacob, G., Holobacă, I.H. 2024. Mapping of Supra-Glacial Debris Cover in the Greater Caucasus: A Semi-Automated Multi-Sensor Approach. *Geosciences*, 14(7), 178.
- Tielidze, L.G., Nosenko, G.A., Khromova, T.E., Paul, F. 2022. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020. *The Cryosphere*, 16, 489-504.
- Tielidze L.G., Lomidze, N., Asanidze, L. 2015c. Glaciers retreat and climate change effect during the Last One Century in the Mestiachala River Basin, Caucasus Mountains, Georgia. *Earth Sciences*, 4(2), 72-79.
- Tielidze, L.G. 2016. Glaciers change over the last century, Caucasus Mountains, Georgia, observed by the old topographical maps, Landsat and ASTER satellite imagery. *The Cryosphere*, 10, 713-725.
- Tielidze, L.G., Chikhradze, N., Svanadze, D. 2015a. Glaciers amount and extent change in the Dolra River Basin in 1911-1960-2014 years, Caucasus Mountains, Georgia, observed with old topographical maps and Landsat Satellite Imagery. *American Journal of Climate Change*, 4, 217-225.
- Tielidze, L.G., Kumladze, R., Asanidze, L. 2015b. Glaciers reduction and climate change impact over the last one century in the Mulkhura River Basin Caucasus Mountains, Georgia. *International Journal of Geosciences*, 6, 465-472.
- Tielidze, L.G., Wheate, R.D. 2018. The Greater Caucasus glacier inventory (Russia, Georgia and Azerbaijan). *The Cryosphere*, 12, 81-94.
- Tisdall, J. M., Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33(2), 141–163.
- Tunçay, T., Dengiz, O. 2016. Chemical weathering rates and geochemical-mineralogical characteristics of soils developed on heterogeneous parent material and toposequence. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11, 583-598.

- Turoğlu, H. 2009. Aksu Deresi Havzası (Giresun) periglasyal sahasında kütle hareketleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 52, 41-54.
- Turoğlu, H. 2022. Kalkanlı Dağları'nda kar yaması erozyonu ile oluşan nivasyon oyukları. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 8, 61-77.
- Türkeş, M. 2020. Climate and Drought in Turkey. In: Harmancıoğlu, N. B., Altınbilek, D., (eds) *Water Resources of Turkey, World Water Resources 2*, Springer, Switzerland, 85-125.
- Türkeş, M., Dede, V., Dengiz, O., Şenol, H., Serin, S. 2023. Periglacial landforms and soil formation on summit of the Mount İda (Kaz Dağı), Biga Peninsula-Turkey. *Physical Geography*, 44(5), 531-580.
- Türkeş, M., Öztürk, M.Z. 2008. Uludağ'ın periglasyal jeomorfolojisi. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (Prof. Dr. Mehmet Ardos Anısına) Bildiriler Kitabı*, 387-395.
- Türkeş, M., Öztürk, M.Z. 2011. Uludağ'da girland ve çember oluşumları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(2), 239-257.
- Tzereteli, D.V. 1974. La glaciation Quaternaire dans le Caucase. *Revue de Geographie Physique et de Geologie Dynamique*, 16(3), 293-298.
- Unep, 1993. *World Atlas of Desertification*. The United Nations Environment Programme (UNEP), London.
- Uxa, T., Mida, P. 2017. Rock glaciers in the Western and High Tatra Mountains, Western Carpathians. *Journal of Maps*, 13, 844-857.
- Uxa, T., Mida, P., Krizek, M. 2017. Effect of climate on morphology and development of sorted circles and polygons. *Permafrost and Periglacial Processes*, 28, 663-674.
- Uxa, T., Krizek, M., Krause, D., Moska, P., Murton, J. 2024. Optically-Stimulated-Luminescence ages and paleo-environmental implications of relict frost wedges in North-Central Bohemia, Czech Republic. *Permafrost Periglacial Processes*, 35(3), 294-383.
- Ünal, A. 2013. Geographic distribution of rock glaciers in Turkey: The case study of Erciyes rock glacier. Fatih University, Institute of Social Sciences (Unpublished master thesis).
- Vandenberghe, J., Renssen, H., Roche, D. M., Goose, H., Velichko, A. A., Gurbanov, A., Levavasseur, G. 2012. Eurasian permafrost instability constrained by reduced sea-ice cover. *Quaternary Science Reviews*, 34, 16-23.

- Voortman, R. 2011. Explorations into African land resource ecology on the chemistry between soils, plants and fertilizers (PhD dissertation). Faculty of Economics and Business, Vrije Universiteit, pp. 264.
- Wang, Y., Way, R.G., Beer, J. 2023. Multi-decadal degradation and fragmentation of palsas and peat plateaus in coastal Labrador, northeastern Canada. *Environmental Research Letters*, 19, 014009.
- Wan, X., Pei, W., Lu, J., Qiu, Z., Yan, Z., Pirhadi, N., Zhu, J. 2022. Analytical model to predict unfrozen water content based on the probability of ice formation in soils. *Permafrost and Periglacial Processes*, 33(4), 436-451. <https://doi.org/10.1002/ppp.2167>.
- Wang, L., Jolivel, M., Marzahn, P., Bernier, M., Ludwig, R. 2018. Thermokarst pond dynamics in subarctic environment monitoring with radar remote sensing. *Permafrost and Periglacial Processes*, 29(4), 231-245.
- Wang, L., Yi, C. 2011. Properties and periglacial processes in alpine meadow soils, Western Nyainqentanglha Mountains, Tibet. *Quaternary International*, 236, 65-74.
- Warburton, J. 2007. Sediment budgets and rates of sediment transfer across cold environments in Europe: a commentary. *Geografiska Annaler*, 89, 1, 95-100.
- Wicky, J., Hilbich, C., Delaloye, R., Hauck, C. 2024. Modeling the link between air convection and the occurrence of short-term permafrost in a low-altitude cold talus slope. *Permafrost and Periglacial Processes*, 35(2), 202-217.
- Wilding, L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *Soil Spatial Variability*. (Eds: Nielsen, D.R. and Bouma, J.) Pudoc, Wageningen, The Netherlands, p. 166-194.
- Winkler, S., Donner, A., Suntrup, A.T. 2021. Periglacial landforms in Jotunheimen, Central Southern Norway, and Their altitudinal distribution. In: Beylich, A.A. (eds) *Landscapes and Landforms of Norway*. World Geomorphological Landscapes. Springer, Cham.
- Wolter, J., Lantuit, H., Wetterich, S., Rethemeyer, J., Fritz, M. 2018. Climatic, geomorphologic and hydrologic perturbations as drivers for mid to late Holocene development of ice-wedge polygons in the western Canadian Arctic. *Permafrost and Periglacial Processes*, 29(3), 1-18.
- Yavaşlı, D.D., Tucker, C.J., Melocik, K.A. 2015. Change in the glacier extent in Turkey during the Landsat Era. *Remote Sensing of Environment*, 163, 32-41.

- Yeşilyurt, S. 2025a. Derebaşı (Kaçkar Dağı) kaya buzunun jeomorfolojisi ve kinematik özellikleri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 14, 74-96.
- Yeşilyurt, S. 2025b. The role of Little Ice Age glaciation in shaping the rock glacier morphology of Mount Kaçkar, Türkiye. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 1-22.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., Bircan, H. 1998. *İstatistiğe Giriş*. Şafak Yayınevi, Erzurum.
- Zganiacz, J.P., Dzieduszyńska, D.A. 2017. Palaeoenvironmental proxies for permafrost presence during the Younger Dryas, Central Poland. *Permafrost and Periglacial Processes*, 28, 726-740.
- Zhang, J., Lai, Y., Zhao, Y., Li, S. 2020. Study on the mechanism of crystallization deformation of sulfate saline soil during the unidirectional freezing process. *Permafrost and Periglacial Processes*, 32(1), 102-118.
- Zuidhoff, F.S., Kolstrup, E. 2005. Palsa Development and Associated Vegetation in Northern Sweden. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 37(1), 49-60.

XI. EKLER

Ek 1. Çadır Dağı palsalarının tanımlayıcı istatistikleri.

Tanımlayıcı İstatistikler	Uzunluk (cm)	Genişlik (cm)	Yükseklik (cm)	Yükselti (m)
Ortalama	621,70	288,18	38,87	2942,24
Standart sapma	121,49	91,24	10,18	35,01
Varyans	14761,17	8326,52	103,83	1226,20
Değişkenlik katsayısı	800,00	700,00	50,00	124,00
Çarpıklık	0,54	3,05	0,488	-0,27
Basıklık	2,36	15,37	-0,44	-1,01
Minimum (cm)	400,00	200,00	25,00	2878,00
Maximum (cm)	1200,00	900,00	75,00	3002,00
n	180	180	180	180

Ek 2. Çadır Dağı palsalarının toprak analiz sonuçlarının korelasyon analizi.

PALSA	AS (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	HA	Hİ	SSI	DO	CF	pH	EC	CaCO ₃ (%)	Ca (mek/100g)	Mg (mek/100g)	Na (mek/100g)	K (mek/100g)	OC (%)	OM (%)	MBC mgCg ⁻¹	mgCO ₂ µgCO ₂ - Cg ⁻¹	qCO ₂
AS (%)	1,000																				
Kil (%)	0,016	1,000																			
Silt (%)	- 0,172	0,026	1,000																		
Kum (%)	0,119	- 0,544**	- 0,798**	1,000																	
HA	0,039	0,507**	- 0,714**	0,312	1,000																
Hİ	0,107	- 0,826**	0,168	0,283	- 0,770**	1,000															
SSI	- 0,218	-0,147	-0,106	0,091	0,108	-0,045	1,000														
DO	0,309	0,109	-0,020	0,020	-0,054	0,006	- 0,400*	1,000													
CF	0,103	- 0,723**	- 0,596**	0,887**	0,096	0,475**	0,067	- 0,052	1,000												
pH	- 0,071	0,124	0,253	-0,244	-0,137	0,046	- 0,060	- 0,071	-0,138	1,000											
EC	0,125	-0,159	-0,108	0,163	0,130	0,000	0,328	- 0,382*	0,354	0,055	1,000										
CaCO ₃ (%)	- 0,153	0,158	0,290	-0,244	-0,184	-0,050	- 0,125	0,062	-0,308	0,407*	-0,027	1,000									
Ca (mek/100g)	0,034	0,022	-0,115	0,061	0,143	0,024	- 0,212	0,053	0,269	0,614**	0,282	-0,024	1,000								
Mg (mek/100g)	0,000	0,080	0,141	-0,044	-0,094	0,008	- 0,442*	- 0,058	0,041	0,527**	0,203	0,201	0,401*	1,000							
Na (mek/100g)	0,180	-0,242	0,130	-0,005	-0,169	0,167	- 0,143	- 0,195	0,165	0,055	0,306	-0,042	0,187	0,344	1,000						
K (mek/100g)	0,240	-0,275	- 0,508**	0,461*	0,318	0,108	- 0,025	0,054	0,659**	-0,072	0,367*	-0,365*	0,506**	-0,014	0,213	1,000					
OC (%)	0,096	- 0,711**	-0,305	0,623**	-0,093	0,509**	- 0,008	- 0,009	0,902**	-0,076	0,455*	-0,266	0,373*	0,098	0,273	0,713**	1,000				
OM (%)	0,096	- 0,711**	-0,305	0,623**	-0,093	0,509**	- 0,008	- 0,009	0,902**	-0,076	0,455*	-0,266	0,373*	0,098	0,273	0,713**	1,000**	1,000			
MBC mgCg ⁻¹	0,350	-0,060	- 0,478**	0,360	0,455*	-0,117	0,028	- 0,123	0,528**	0,043	0,441*	-0,387*	0,510**	0,189	0,265	0,812**	0,569**	0,569**	1,000		
mgCO ₂ µgCO ₂ - Cg ⁻¹	0,373*	- 0,532**	-0,319	0,482**	0,037	0,344	0,149	- 0,158	0,711**	-0,259	0,480**	-0,398*	0,189	-0,040	0,395*	0,659**	0,791**	0,791**	0,646**	1,000	
qCO ₂	0,090	- 0,602**	-0,009	0,324	- 0,383*	0,537**	0,256	- 0,063	0,319	-0,347	0,024	-0,034	-0,387*	-0,233	0,071	-0,151	0,249	0,249	-0,294	0,450*	1,000

(*). (**): Sırasıyla 0.05, 0.01 ve seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı korelasyon katsayıları.

PROJE YÖNETİCİSİNİN ADI SOYADI	Doç. Dr. Volkan DEDE
TELEFON	0532 485 3562
E-POSTA	volkandede@ardahan.edu.tr
TARİH	10.08.2025
İMZASI	

NOT: Verilen sonuç raporu bir (1) nüsha olarak CD ile de sunulmalıdır.