

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader


E - ISSN: 2667 - 4238




## Araştırma Makalesi / Research Article

### SİVAS JİPS KARSTINDA DOLİN YOĞUNLUĞUNUN CBS TABANLI ANALİZİ GIS Based Analysis of Doline Density in Sivas Gypsum Karst ( TURKEY )

Murat POYRAZ<sup>a</sup>, Muhammed Zeynel ÖZTÜRK<sup>b</sup>, Abdullah SOYKAN<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kırşehir  
mpoyraz@ahievran.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-5915-6873>

<sup>b</sup> Niğe Ömer Halis Demir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Niğe  
mzozturk@ohu.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-9834-7680>

<sup>c</sup> Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir  
asoykan@balikesir.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-4093-9541>

#### Makale Tariğesi

Geliş 17 Ocak 2021  
Düzenleme 3 şubat 2021  
Kabul 5 şubat 2021

#### Article History

Received January 17, 2021  
Received in revised form February 3, 2021  
Accepted February 5, 2021

#### Anahtar Kelimeler

Jips, Karst, Dolin, CBS, Sivas

#### Keywords

Gypsum, Karst, Doline, GIS, Sivas

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

Poyraz, M., Öztürk, M.Z., Soykan, A.  
(2021) Sivas Jips Karstında Dolin  
Yoğunluğunun CBS Tabanlı Analizi /  
GIS Based Analysis of Doline Density  
in Sivas Gypsum Karst (Turkey),  
Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi /  
Journal of Geomorphological  
Researches, 2021 (6): 67-80

doi: 10.46453/jader.863090

#### ÖZET

Yukarı Kızılırmak Havzası'nda, özellikle Sivas-İmranlı arasındaki jips alanı Türkiye'nin en önemli jips karstı alanını oluşturmaktadır. Bu alandaki dolinler birçok çalışmada ele alınmış olmasına rağmen, çalışmaların hiçbirisi tüm alanı kapsamadığı için Sivas-İmranlı arasındaki dolin yoğunluğunun alansal dağılış özellikleri tam olarak aydınlatılamamıştır. Bu eksiklikten dolayı, bu çalışmada söz konusu alanda gelişmiş dolinlerin alansal dağılış özellikleri CBS tabanlı yapılan haritalama çalışmaları ile ortaya konulmuştur. Çalışmada dolin dağılışlarını belirlemek için 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ve 1/3.000-1/5.000 ölçekli uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yapılan haritalama çalışmaları sonucunda Sivas-İmranlı arasındaki 1609 km<sup>2</sup>'lik jips alanı içerisinde topoğrafya haritalarında 10.651 dolin, uydu görüntülerinde 42.127 dolin tespit edilmiştir. Kernel yöntemiyle hesaplanan yoğunluklara göre topoğrafya haritalarında maksimum dolin yoğunluğu 127 dolin/km<sup>2</sup>'ye ulaşırken, uydu görüntülerinde yoğunluk 237 dolin/km<sup>2</sup>'ye kadar ulaşmaktadır. Topoğrafya haritalarına göre jips alanının %47'sinde, uydu görüntülerinde ise %26'sında dolin gelişimi görülmemektedir. Dolin yoğunluk sınıfları açısından düşük ve çok düşük yoğunluktaki alanlar her iki veride de %46'lık orana sahiptir. Uydu görüntülerinde daha küçük boyutlu dolinlerin haritalanabilmesinden dolayı topoğrafya haritalarında sadece %0.7'lik bir alan kaplayan yüksek ve çok yüksek yoğunluktaki alanlar, uydu görüntülerinde %15.3'lük bir alan kaplamaktadır. Yoğunluk bölgelerinin alansal dağılışlarına göre; maksimum yoğunluklar, jipsi kuzeyde sınırlayan bindirme hattına paralel olarak doğu-batı doğrultusunda uzanan, yüksek plato karakterindeki alan üzerinde görülür. 1255 ve 2335 m arasında dağılış gösteren dolinlerin %90'dan fazlası 1300 ve 1700 m arasında yer alırlar. Yoğunluğun en fazla olduğu yükselti basamağı uydu görüntülerinde 1500 ve 1550 m arasındayken (%19.2), topoğrafya haritalarında 1600 ve 1650 m (%19.94) arasında yer alır.

#### ABSTRACT

The Upper Kızılırmak Basin, especially between Sivas and İmranlı, is the most important gypsum karst area in Turkey. Dolines formed on gypsum between Sivas and İmranlı are investigated in many articles. However, the spatial distribution characteristics of the doline density in the area are not fully known since none of these studies cover the whole area. Due to this deficiency, the distribution characteristic of dolines formed on gypsum between Sivas and İmranlı is investigated by GIS-based mapping in this study. In the study, 1/25.000 scaled topographic maps and 1/3.000-1/5.000 scaled satellite images are used to determine doline distribution. As a result of mapping processes performed in 1609 km<sup>2</sup>, 10.651 dolines, and 42.127 dolines are determined in topographic maps and satellite images, respectively. According to the densities calculated by the Kernel method, the maximum doline density reaches 127 doline/km<sup>2</sup> in topography maps, while the density reaches 237 doline/km<sup>2</sup> in satellite images. Besides, doline distributions are not observed in 47% of the topography map and 26% of the satellite image. Low and very low-density areas are cover 46% of gypsum in both maps. High and very high-density areas cover only 0.7% in the topography while cover

15.3% in the satellite images due to the mapping of small dolines in satellite images. The maximum doline densities are observed on the east-west oriented high plateaus extending parallel to the thrust fault in the north part of the gypsum. In the whole gypsum area, while dolines are distributed between 1255 and 2335 meters, more than 90% of dolines are located between 1300 and 1700 meters. The densest elevation ranges are 1500 and 1550 (19.2%) in satellite images, 1600 and 1650 meters (19.94%) in topography maps. The densest elevation range is 1500 and 1550 (19.2%) in satellite images and is 1600 and 1650 meters (19.94%) in topographic maps.

© 2021 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology  
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

## 1. GİRİŐ

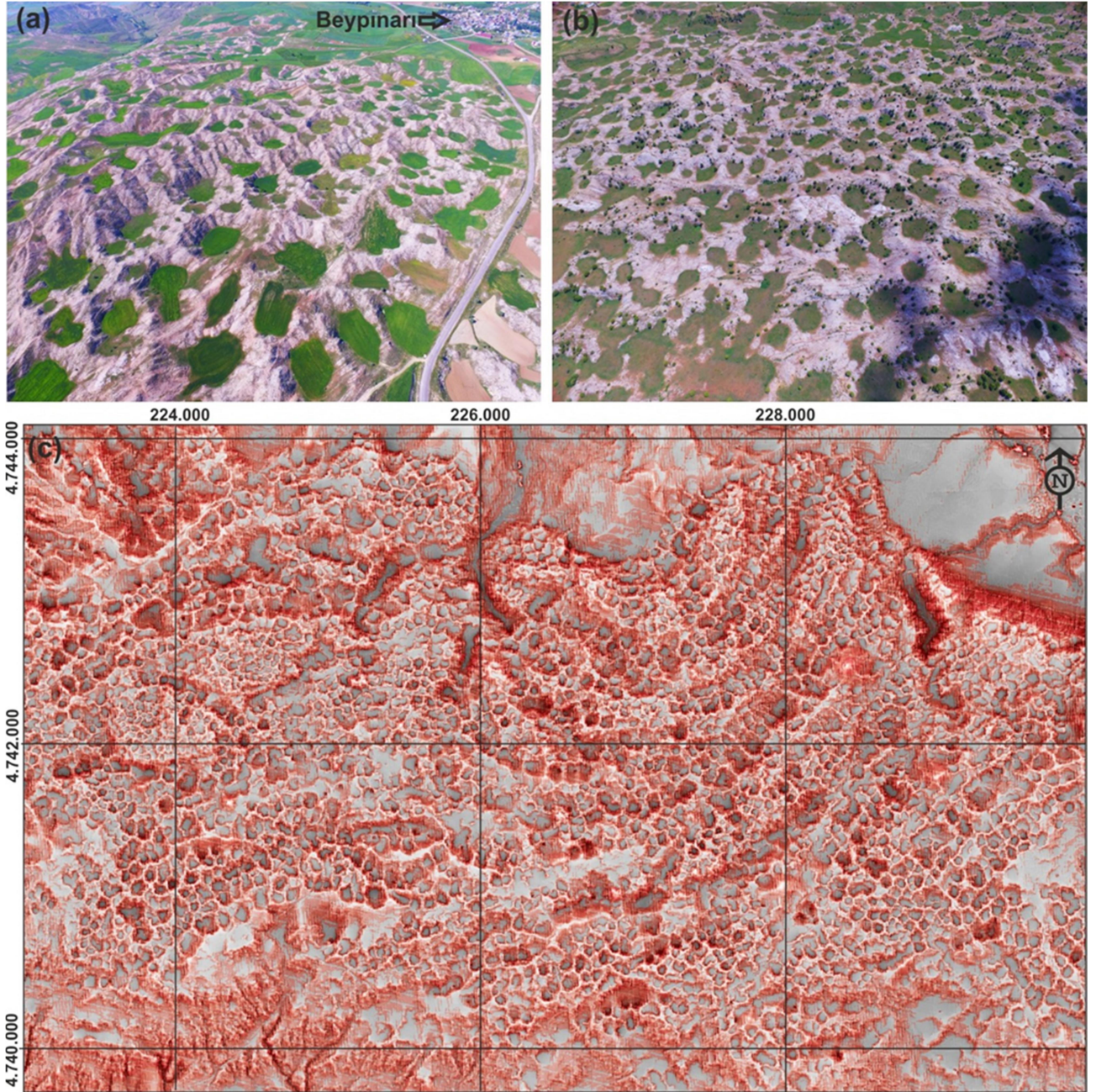
Karstik bölgelerdeki yüzey Őekillerini oluşturan ve karstlaŐma olarak isimlendirdiğimiz süreç, temel olarak karbonatlı (kireçtaŐı, mermer, dolomit) ve evaporitik kayalar (jips, kaya tuzu) üzerinde çözümlenme denetiminde gerçekteŐen bir olaydır (Erinç, 2001; Williams, 2004). KarstlaŐmaya bağlı olarak karstik alanlar lapy, düden, dolin, polye gibi yüzey Őekilleriyle kaplıdır ve bu Őekiller herhangi bir alanın jeomorfolojik ve tektonik evrimini anlamak için önemli kayıtlar olarak kabul edilirler (Ekmekçi & Nazik, 2004; Öztürk, 2020; Öztürk vd., 2017a; Şimşek vd., 2020). Çapları birkaç metreden 1 km'ye kadar deđiŐen dairesel ya da yarı dairesel Őekiller olan dolinler Dinar ve Toros Dağları gibi orta enlemlerdeki ılıman kuŐakta yer alan kıvrımlı karstik arazilerin karakteristik Őekillerindendir (Ford & Williams, 2007; Gams, 2000; Öztürk vd., 2018a). Dolinler karstik geliŐim sürecinin de en önemli göstergelerinden birisi olduğundan dolayı herhangi bir karstik bölgenin jeomorfolojik ve hidrojeolojik gelişiminin belirlenebilmesinde büyük öneme sahiptir (Doğan & Özel, 2005; Nazik, 1986; Öztürk vd., 2018b; Öztürk vd., 2015; Şimşek vd., 2019). Dolinler temel olarak çökme ve çözümlenme dolinleri olarak ele alınmakla birlikte dolin sınıflandırmasında dolinin geometrik Őekli, boyutu, oluşum biçimi, hidrolojik özellikleri, fonksiyonu, litoloji ve tektoniği gibi birçok kriter göz önünde bulundurulabilir (Car, 2001; Doğan, 2004; Sauro, 2003). 19. yy'ın sonlarında tanımlanmış (Cvijic, 1893) en yaygın dolin türü olan çözümlenme dolinleri; karstik kayaların yüzeyinin kimyasal yolla çözümlenmesi sonucunda meydana gelen, derinlik ve genişlikleri birkaç metreden onlarca metreye ulaşabilen, çay tabağı, fincan ya da huni Őeklinde dairesel veya eliptik olabilen kapalı doğal çukurluklardır (Ford &

Williams, 2007). Ülkemizde de oldukça yoğun bir dağılıŐa sahip olan bu tür dolinler, Toros karst bölgesi ve Sivas jips karstı bölgesinin karakteristik yüzey Őekillerindendir (Doğan & Özel, 2005; Keskin & Yılmaz, 2016; Öztürk vd., 2018b; Şener & Öztürk, 2019). Çözümlenme dolinlerinin yaygın olduğu alanlar “*dolin karstı*” (Doğan, 2004), dolinlerin siğ çukurlar Őeklinde geliŐtiđi ve birbirlerinden alçak sırtlarla ayrıldığı dolin karstına ise, “*poligonal karst*” ya da “*delikli karst*” (*cockpit karst*) adı verilir (Erinç, 2001; Telbisz vd., 2009; Waltham, 2002). Poligonal karsta ait örnekleri Türkiye'de Toroslar'daki yüksek karstik platolar ve Sivas jipsleri üzerinde görmek mümkündür (Doğan & Özel, 2005; Öztürk vd., 2018b) (Şekil 1). Çökme dolinleri ise, karstik yeraltı boşlukları ya da mağara tavanlarının üzerindeki yükü taşıyamayacak duruma gelmesi sonucunda; tavanın aniden çökmesiyle oluşan, dairevi görünüŐlü ya da huni Őekli, dik yamaçlara sahip, bazen içlerinde göller bulunan derin dolinlerdir (Doğan, 2004). Sivas jips karstında çökme dolinleri oldukça yaygın olarak görülür ve bu çökme dolinleri özellikle fay ve çatlak sistemlerinin yoğun olduğu alanlarda, bu süresizlikler boyunca meydana gelen hızlı çözümlenmeye bağlı olarak oluŐur (Doğan & Özel, 2005; Doğan & Yeşilyurt, 2019; Kaçaroğlu vd., 1997; Karacan & Yılmaz, 1997).

Sivas jips karstına ait dolinler, özellikle Sivas-İmranlı arasındakiler, 1967 yılından itibaren birçok araŐtırmacı tarafından ele alınmıştır (Alagöz, 1967; Doğan & Yeşilyurt, 2004, 2019; Günay, 2002; Kaçaroğlu vd., 1997; Karacan & Yılmaz, 1997; Keskin, 2011; Keskin & Yılmaz, 2016; Waltham, 2002; Yılmaz, 2007; Yılmaz vd., 2011). Alagöz (1967) Sivas çevresindeki jips karstı morfolojisinin özelliklerini ana hatları ile açıklamıştır. Kaçaroğlu vd., (1997), Karacan ve Yılmaz, (1997), Yılmaz vd., (2011) alandaki çökme dolinlerinin gelişimi üzerine

yoğunlaşmışlardır. Doğan ve Yeşilyurt (2004) İmranlı'nın güney kesimindeki jips alanındaki karstik Őekillere ait ozellikleri açıklamış, alanda çok fazla dolin bulunduğu ve dolin yoğunluğunun 100 dolin/km<sup>2</sup>'ye kadar çıktığını belirtmiştir. Benzer yoğunluk değerleri Waltham (2002) tarafından da verilmiştir. Doğan ve Ozel (2005) Hafik'in doğu kesiminde 1500 ve 1600 m arasında oznme dolinlerin

yaygın olduğunu ve bu alanlarda yoğunluğun 100 dolin/km<sup>2</sup>'ye kadar çıktığını belirtmiştir. Keskin ve Yılmaz (2016), Hafik'in güneybatısındaki 92 km<sup>2</sup>'lik bir alan içerisinde incelediği 940 doline göre dolin yoğunluğunun 166 dolin/km<sup>2</sup>'ye kadar ulaştığını hesaplamıştır. Doğan ve Yeşilyurt (2019) ise maksimum dolin yoğunluğunun 250-300 dolin/km<sup>2</sup>'ye kadar çıktığını belirtmiştir.



**Şekil 1:** alışma alanındaki jipsler üzerinde gelişmiş poligonal karsta ait görüntüler: (a) Sivas'ın kuzeydoğusundaki Beypınarı Köyü ve (b) İmranlı ilçesinin güneyine ait İHA görüntüleri ile (c) Zara ilçesinin batısına ait kırmızı rölyef haritası

**Figure 1:** Images belong to polygonal karst in the study area: UAV images from (a) Beypınar Village in the northeast of Sivas and (b) the southern part of İmranlı district, (c) red relief image map of the western part of Zara District.

Yukarıda kısaca açıklanan çalışmalarda da görüldüğü gibi Sivas-İmranlı arasındaki jipsler üzerindeki dolin yoğunlukları hakkında farklı veriler bulunmaktadır. Bu farklılıklar, önceki çalışmalarda jips alanının tamamının incelenmemiş olması, dolin sayımlarının yalnızca topoğrafya haritalarından yapılması, çalışmaların farklı büyüklük ve yoğunluktaki jips alanlarını kapsamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenlerle bu çalışmada Anadolu'daki en önemli jips alanı olan Sivas-İmranlı arasındaki tüm jipsler üzerinde gelişmiş olan dolinlerin alansal dağılış özellikleri topoğrafya haritaları ve uydu görüntüleri üzerinden gerçekleştirilen analizlere göre karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir (şekil 1, 2). Elde edilen dolin yoğunluklarının dağılışını denetleyen etkenler arazi çalışması, haritalama çalışmaları ve literatür verilerine göre kısaca açıklanmıştır.

## 2. ÇALIşMA ALANI

### 2.1. Jeolojik zellikler

Çalışma alanı hidrolojik açıdan Yukarı Kızılırmak Havzası karst alanı (Nazik vd., 2019), jeolojik gelişim özelliği açısından Sivas Tersiyer Havzası içinde kalan, Sivas-İmranlı arasındaki 1609 km<sup>2</sup>'lik jips alanını kapsamaktadır (şekil 2).

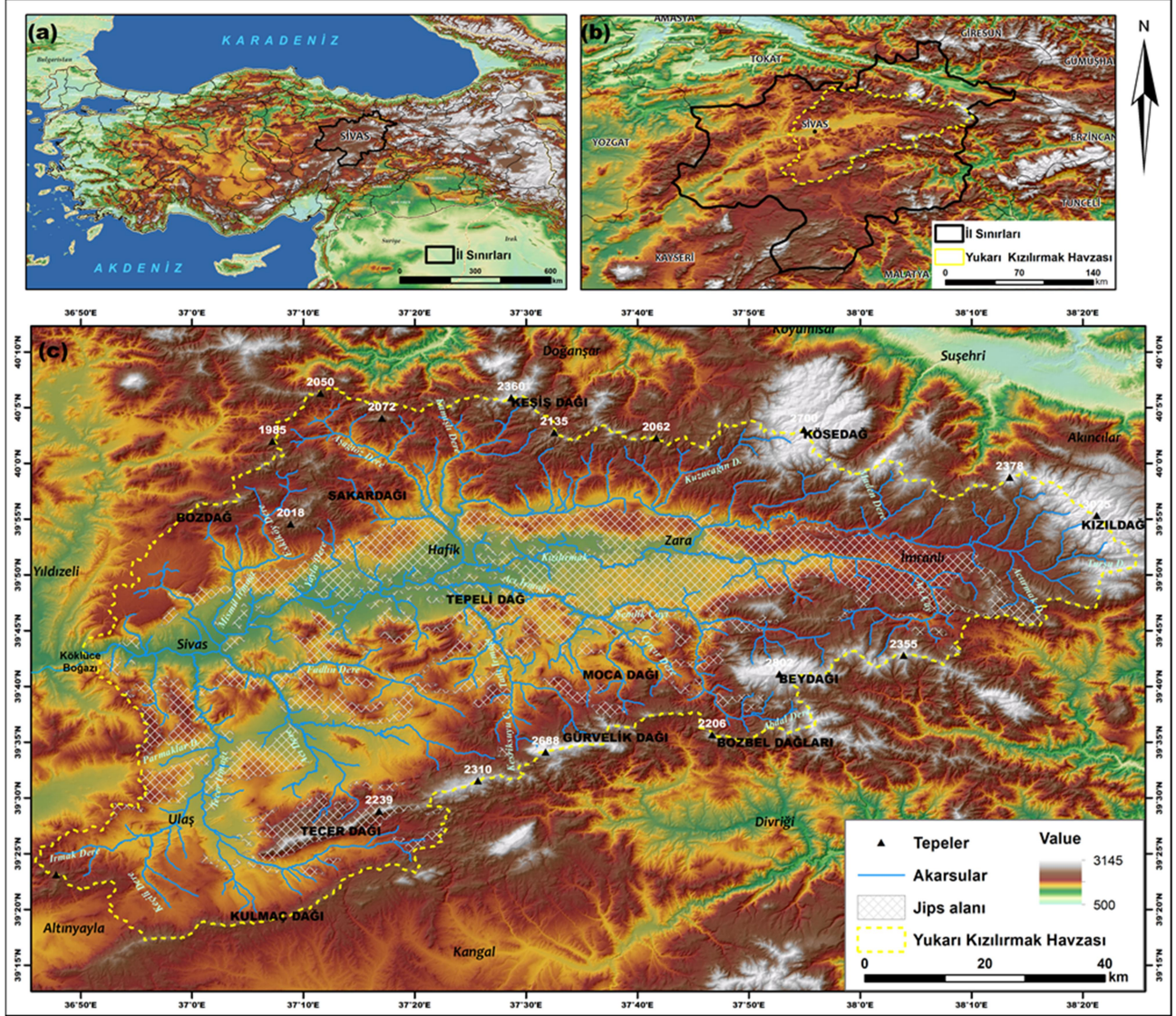
Sivas Tersiyer Havzası'nın stratigrafik ve tektonik özelliklerini ele alan çalışmalar 1938 yılından (Blumenthal, 1938) itibaren yapılmıştır. Yaklaşık 2140 km<sup>2</sup> alan kaplayan Sivas Tersiyer Havzası 280 km uzunluğa ve 55 km genişliğe sahiptir (Doğan & Yeşilyurt, 2019). Kuzeyden yaklaşık 300 km uzunluğa sahip olan Sivas Bindirme Kuşağı ile sınırlandırılan havza (Darin vd., 2018) Tetis Okyanusu kuzey kolunun Geç Kretase-Erken Paleosen dönemindeki kapanmasına bağlı olarak Toros, Pontid ve Kırşehir tektonik birlikleri arasında oluşmuştur (Callot vd., 2014).

Sivas Tersiyer Havzası içerisinde birden fazla alt havza bulunması (Ribes vd., 2017) ve havzanın karmaşık bindirme tektoniği özelliğine sahip olmasından dolayı havzayı tek bir stratigrafik dikme kesit ile temsil etmek zordur (Darin vd., 2018; Temiz, 1996; Yılmaz & Yılmaz, 2006). Her alt havza kendine özgü bir stratigrafik dizilime sahip olmakla birlikte

havzalar içerisinde genelde karasal ve siğ denizel fasiyeler birbirini izlemektedir (Callot vd., 2014; Yılmaz & Yılmaz, 2006). Sivas Tersiyer Havzası'nın temel stratigrafik özelliklerini kısaca açıklamak gerekirse; havzanın temelini, batı-kuzeybatı kenarında Kırşehir Masifi'nin doğu ucunu oluşturan Paleozoyik'e ait metamorfikler, güney kenarında ise Toros kuşağının doğu ucunu oluşturan st Triyas-st Kretase'ye ait karbonatlılar oluşturur (Temiz, 1994). Eosen birimlerini üzerleyen Oligosen kelleri, tabanda jips, silttaşı ve üstte kumtaşından oluşur. Jipsli serilerin bulunduğu, daha önceki çalışmalarda Miyosen olarak (Günay, 2002) belirtilen ancak son çalışmalara göre Oligosen'e ait olduğu anlaşılan kayaçlar (Callot vd., 2014), Kurtman (1973) tarafından iki farklı formasyona (Karacaören & Hafik formasyonları) ayrılmıştır. Karacaören Formasyonu siğ denizel ortamda kelen kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve şeyl ar dalanmasından meydana gelirken, Hafik Formasyonu lağner ortamda birikmiş jips, kumtaşı, silttaşı ve konglomeradan meydana gelmiştir. Çalışma alanının sınırını oluşturan Hafik Formasyonu'nun egemen kaya türü beyaz, bej ve gri, yer yer ince-orta-kalın tabakalı, çoğunlukla masif, sıkça kıvrımlanmış ve makaslama zonları içeren ve taban kesimlerinde yapraklanma gösteren jipslerden oluşur (Temiz, 1994). Hafik Formasyonu'na ait jipsli birimlerin kalınlığı oldukça fazla değişkenlik göstermekle birlikte bazı yerlerde 750 metreye kadar çıkmaktadır (Aktimur vd., 1990). Kalınlığın farklılık göstermesinin ana nedenlerinden biri formasyonun tektonik özellikleridir. Koşun ve iner (2002) Sivas Havzası'nın kuzeyinde gelişen sintektonik olaylar sonucu, Hafik yesi'ne ait masif jipslerin, havza içerisine doğru hareket edip ekaylanmış ve normal kalınlıklarının birkaç katına ulaşmış olduklarını belirtmektedirler. Çalışma alanı kuzey kesimlerinde tektonik nedenlerle bahsedilen kayma hareketleri görülürken, güney kesimlerde tuz tektoniği sonucu diyapirik jips yükselimleri gelişmiştir (Callot vd., 2014; Doğan & Yeşilyurt, 2019) Bu diyapirik yükselimler sonucunda Hafik Jipsleri yine normal konumlarından farklı stratigrafik düzeylere taşınmışlardır. Bu nedenle,

çoğunluğunu masif jipslerin oluşturduğu bu üye, havzanın değişik alanlarında kendisinden daha genç Miyosen birimleri üzerinde tektonik dokanakla gelir (Koşun & Çiner, 2002). Pliyosen'e ait konglomera ve kumtaşı

tabakaları, Oligosen'e ait jipsli seri üzerinde uyumsuz olarak yer almıştır. Kızılırmak ve kollarına ait vadiler içerisinde ise Kuvaterner'e ait alüvyonlar yüzeylenmektedir.



**Şekil 2:** (a, b) Yukarı Kızılırmak havzasının lokasyonu, (c) yükselti basamakları haritası (Çalışma alanı 1c'deki tüm jips alanlarını kapsamaktadır).

**Figure 2:** (a, b) Location and (c) digital elevation model of the study area (Study area comprises all gypsum area in Fig. 1c).

## 2.2. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Çalışma alanındaki en alçak nokta, alanın batı sınırını oluşturan 1245 metre yüksekliğindeki Köklüce Boğazi'dir (Şekil 2c). Havzanın üst kesimlerinde maksimum yükseklik 3025 metreye kadar çıkmaktadır. Araştırma konusunu oluşturan jipsler ise, araştırma alanı içerisinde, 1250 ve 2250 m arasında yükseltilerde yüzeylenir. Bununla birlikte

jipslerin çoğunluğu (%82.4) 1300 ve 1650 m arasında yer alırlar. Bu yükselti koşullarının dağılışı dolinlerin dağılışı üzerinde belirleyici olmuştur.

İklim karakterleri açısından araştırma alanı Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre "Dsb" harfleri ile gösterilen ve tipik karasal iklime karşılık gelen "kışları soğuk nemli, yazları ılık ve kurak orta enlem" iklim tipi

içerisinde yer alır (Öztürk vd., 2017b). Araştırma alanında bulunan Sivas ve Zara Meteoroloji istasyonlarına göre yıllık ortalama sıcaklık 8.8°C, yıllık toplam yağış 464 mm'dir. Ortalama sıcaklıklara göre Aralık-Şubat döneminde sıcaklıklar 0°C'nin altında iken yaz

döneminde 20°C'nin üstüne çıkmaktadır. Mevsimsel olarak en fazla yağış ilkbahar ve kış mevsiminde görülür. En yüksek yağış Nisan ve Mayıs aylarında görülürken (ortalama 62 mm/ay), Ağustos ayında 6 mm'ye kadar düşmektedir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Dolin yoğunluklarının belirlenmesinde ilk olarak alana ait 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları sayısallaştırılarak çalışma sahası içerisindeki jips alanları belirlenmiştir. Belirlenen jips alanlarının sınırları uydu görüntülerine göre kontrol edilerek düzeltilmiştir. Ardından jips alanı içerisinde kalan dolinler CBS ortamında iki farklı yöntemle göre sayısallaştırılmıştır. İlk yöntemde, klasik yöntem olarak nitelendirilen 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarında gösterilen dolinler, ikinci yöntemde 1/3.000 ve 1/5.000 ölçekli uydu görüntüleri üzerinden tespit edilen dolinler CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. 1/25.000 ölçekli haritalar üzerinden gerçekleştirilen klasik yöntemde dolin tabanlarına ait en üst kapalı kontur eğrisi CBS

ortamında poligon olarak sayısallaştırılmıştır (Day, 1983; Denizman, 2003; Öztürk, 2018). En üst kapalı kontur eğrilerine ait yükseklikler dolin yükseklikleri olarak kaydedilmiştir. Tespit edilen dolin alanlarından yoğunluk haritası üretmek için poligonların merkez X ve Y değerleri kullanılarak noktasal dağılım haritası oluşturulmuştur. İkinci yöntemde ise 1/3.000 ve 1/5.000 ölçekli uydu görüntülerinden dolin olabilecek alanlar nokta olarak işaretlenmiştir ve 12.5 metre çözünürlüklü ALOS yükselti verisi kullanılarak bu noktalara ait yükseklikler hesaplanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen noktasal verilerden Kernel Yoğunluk Tahmin Haritaları (dolin/km<sup>2</sup>) üretilmiş ve bu yoğunluk dağılımları Pahernik (2012)'ye göre yorumlanmıştır (Tablo 1). Son olarak her iki veriden elde edilen yüksekliklere ait histogramlar oluşturularak dolinlerin yükseltiye göre dağılımları incelenmiştir.

**Tablo 1:** Dolin yoğunluk sınıflandırmaları (Pahernik, 2012)  
**Table 1:** The classification of doline density (Pahernik, 2012)

<i>Dolin yoğunluğu (Dy - dolin/km<sup>2</sup>)</i>	<i>Tanım</i>
10'dan küçük (Dy < 10)	Çok düşük yoğunluk
10 ile 30 arası (10 < Dy < 30)	Düşük yoğunluk
30 ile 60 arası (30 < Dy < 60)	Orta yoğunluk
60 ile 100 arası (60 < Dy < 100)	Yüksek yoğunluk
100 ile 200 arası (60 < Dy < 100)	Çok yüksek yoğunluk
200'den büyük (Dy > 200)	Aşırı yüksek yoğunluk

## 4. BULGULAR

### 4.1. Yoğunluk Sınıflarının Frekansları

Çalışma kapsamında topoğrafya haritalarından toplam 10.651 dolin tespit edilirken, uydu görüntüleri üzerinden 42.127 dolin tespit edilmiştir. Kernel yöntemiyle hesaplanan yoğunluklara göre topoğrafya haritalarında maksimum yoğunluk 127 dolin/km<sup>2</sup> iken, uydu görüntülerinde 237 dolin/km<sup>2</sup>'dir. Yoğunluk haritalarına göre topoğrafya haritalarında jips

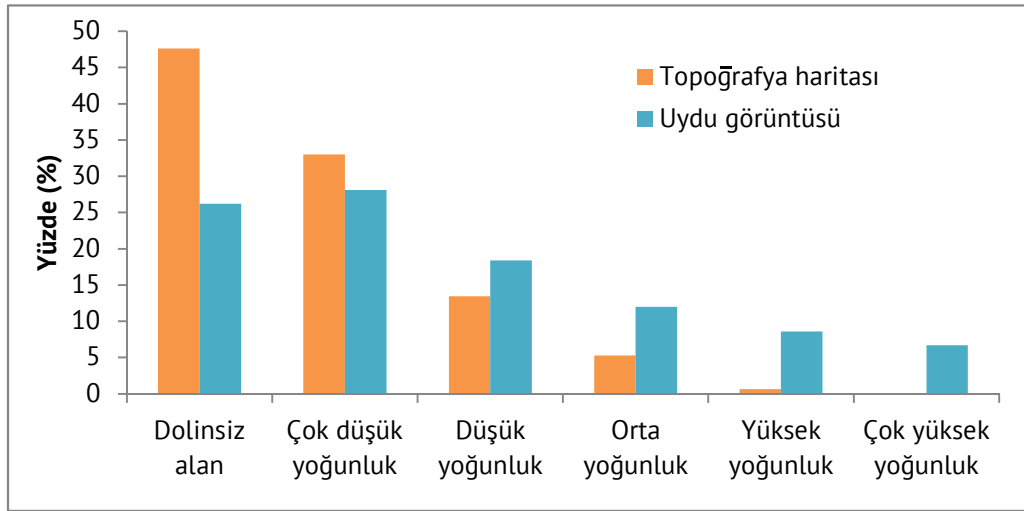
alanlarının yarısına yakınında (%47.6), uydu görüntüsünün %26.2'sinde dolin gelişimi görülmemektedir. İki harita arasında farkın bu kadar fazla olması topoğrafya haritaları ve uydu görüntülerinin ölçekleri ile ilgilidir. Çalışmada 1/3.000 ve 1/5.000 ölçekli yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanıldığı için topoğrafya haritasına yansımayan küçük dolinler uydu görüntülerinde haritalanabilmiştir. Dolin yoğunluk sınıflarından (Tablo 2, Şekil 3) çok düşük ve düşük yoğunluklu alanlar topoğrafyada

%46.4'lük bir alan kaplarken, uyduda %46.5'lik bir alan kaplamaktadır. Bu değerler açısından çok dūřuk ve dūřuk yoğunluklu alanlar her iki haritada aynı oranda alan kaplamaktadırlar. Uydud görüntülerinde kuk boyutlu dolinlerin noktasal olarak haritalanabilmesi orta ve yüksek yoğunluk grupları arasında da önemli alansal farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Orta yoğunlukta alanlar topoğrafya haritalarında %5.3, uydud görüntülerinde %12 alan kaplamaktadır.

Yüksek ve çok yüksek yoğunlukta alanlar topoğrafyada sadece %0.7'lik bir alan kaplarken uydud görüntülerinde %15.3 gibi yüksek bir değere ulaşır. Sonuç olarak uydud görüntülerinde kuk boyutlu dolinlerin noktasal olarak haritalanabilmesi yüksek yoğunluklu alanların topoğrafya haritalarına göre daha geniş alansal orana ulaşmasını sağlamıştır. Diğer taraftan bu sonuç, dolinlerin hiç görülmediği alanların daha az alandan oluştuğunu ortaya koymuştur.

**Tablo 2:** alışma alanı içerisinde dolin yoğunluğu sınıflarının kapladıkları alanlar ve yüzdeleri  
**Table 2:** Areas and percentages of doline density classes in the study area

Tanım	Topoğrafya haritası		Uydud görüntüsü	
	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde
Dolinsiz alan	766	47.6	422	26.2
Çok dūřuk yoęunluk	531	33.0	452	28.1
Dūřuk yoęunluk	216	13.4	296	18.4
Orta yoğunluk	85	5.3	193	12.0
Yüksek yoğunluk	10	0.6	138	8.6
Çok yüksek yoğunluk	0.6	0.04	108	6.7



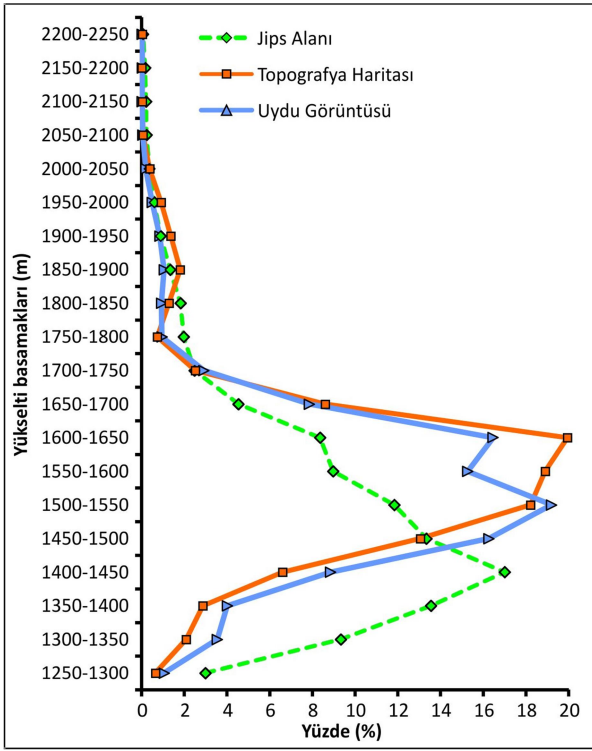
**Şekil 3.** Topoğrafya ve uydud görüntülerine göre çalışma alanındaki dolin yoğunluk sınıflarının oranları.

**Figure 3.** Percentages of doline density classes in the study area, according to topography maps and satellite images.

#### 4.2. Yoğunluğun Yükseltiye Göre Dağılışı

Dolinlerin yükseltiye göre dağılışının jips alanları ile olan ilişkisini ortaya koymak amacıyla tüm jips alanına ait yükselti basamakları da hesaplanmıştır. Alandaki dolinler 1255 m'den başlayarak 2335 m ykseklige kadar görülmektedir (Şekil 4). 1350 m'nin üzerinde hızla artmaya başlayan dolinler

uydud görüntülerinde 1500 ve 1550 m arasında (%19.2), topoğrafya haritalarında ise 1600 ve 1650 m arasında (%19.94) maksimum yoğunluğa ulaşmaktadır. Her iki veride de 1700 m'den sonra yoğunluklar çok azalmaktadır ve topoğrafya haritalarında tespit edilen tüm dolinlerin %90.2'si (9390 adet), uydud görüntülerinde ise %91.4' (37.030 adet) 1300 ve 1700 m arasında bulunmaktadır.



**Şekil 4:** Topoğrafya haritaları ve uydu görüntülerinden tespit edilen dolinlerin ve jips alanının yükselti basamaklarına göre frekans dağılımları / **Figure 4:** Elevation frequencies of gypsum and dolines determined in topography maps and satellite images.

Dolin sayılarının yükseltiye göre dağılışı jips alanlarının yükselti basamaklarının dağılışı ile büyük oranda paralellik göstermektedir. Jips formasyonları maksimum yüzeyleme 1400 ve 1450 m arasında ulaşmaktadır ve jipsin %42'lik kesimi 1450 m'nin altında yer almaktadır. Ancak bu kesimde yoğun dolin gelişimi görülmektedir. Bu durumun temel nedeni alçak jips alanlarında yeraltı suyu taban seviyesinin yüksek olması (Drahor, 2019) ve genişleyen çatlak sisteminin etkisidir (Doğan ve Yeşilyurt, 2019). Yüksek yeraltı suyu taban seviyesi jips içerisindeki dikey su hareketini engelleyerek, karst taban seviyesinin yüzeye yakın olmasını sağlar. Yüksek karst taban seviyesi ise sığ karst koşullarının egemen olmasını sağlayarak dolin gelişimini sınırlandırmaktadır. Ancak jipsin yükselti seviyesi artıp plato karakteri kazandıkça üzerinde gelişen dolin sayısı da artmaktadır. Bu nedenle dolinler, yüksek platolarda yüksek yoğunluğa sahipken, alçak platolarda daha düşük yoğunluklara sahiptir (Doğan & Yeşilyurt, 2019).

### 4.3. Yoğunluğun Alansal Dağılışı

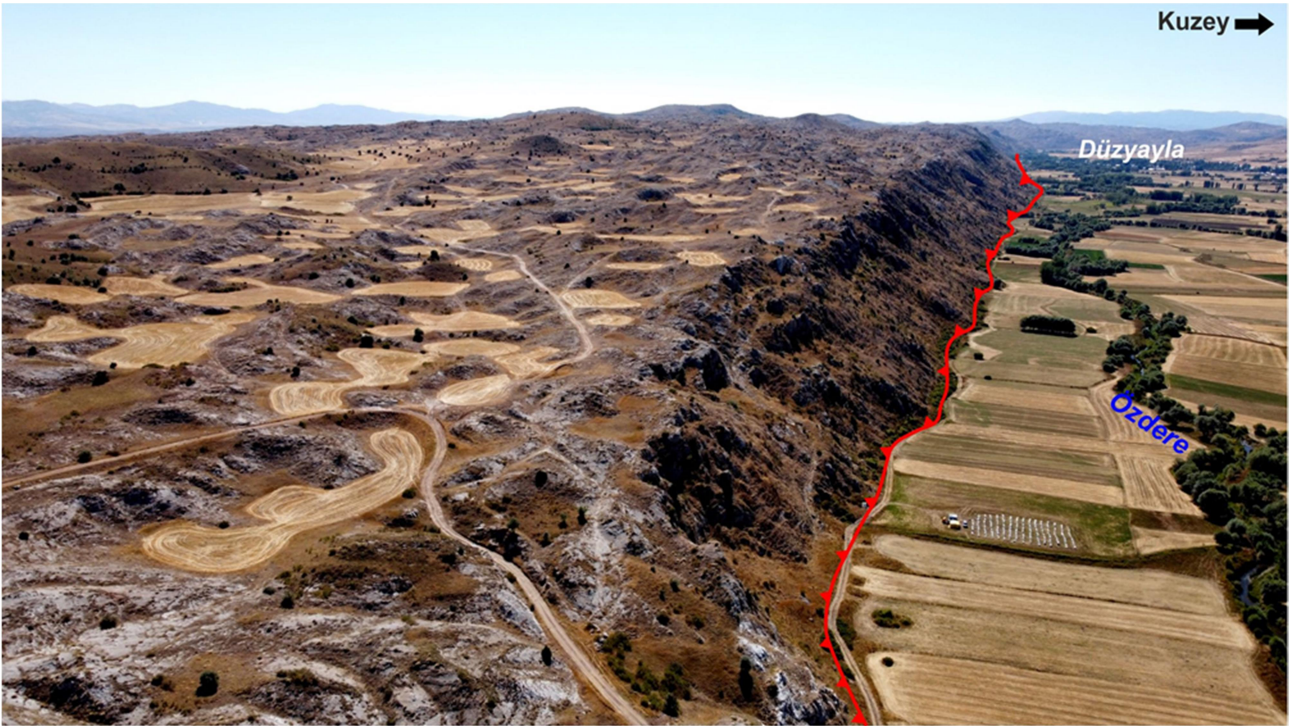
Dolin oluşumu üzerinde etkili olan faktörler; çatlak ve fay sistemlerinin yoğunluğu, günümüz iklim koşulları ve geçmiş dönemlerdeki iklimsel değişimler, alanın hidrolojik özellikleri, antiklinal ve senklinal gibi kıvrımlı yapıların varlığı ve yerel taban seviyelerindeki farklılıklardır. Ayrıca hem jipsin çözünme hızının yüksek oluşu hem de jipsin litolojik koşullarının alansal olarak farklılık göstermesinden dolayı dolinlerin alansal dağılışı kısa mesafeler dahilinde farklılık göstermektedir (Çubuk & İnan, 1998; Doğan & Özel, 2005; Gutiérrez vd., 2008). Bu çalışmada elde edilen yoğunluk haritalarında da dolin yoğunlukları homojen bir dağılım göstermemektedir. Dolinlerin alansal dağılışı özelliklerini incelediğimizde; dolin yoğunluğunun en az olduğu alanlar, jipsin taban seviyesine yakın kesimlerine karşılık geldiği tesit edilmiştir (Drahor, 2019; Özel ve Darıcı, 2020). Her iki haritada da maksimum yoğunlukların jipsi kuzeyde sınırlayan ve Sivas Bindirmesi olarak adlandırılan (Passion vd., 1992) bindirme hattına paralel uzanan yüksek platoluk alanlar üzerinde gelişmiştir (Şekil 5, 6 ve 7). Maksimum yoğunlukların kuzey kesimdeki platolar üzerinde toplanmış olmasını sağlayan birkaç neden bulunmaktadır. Bunlardan birincisi karst taban düzeyinin derinliğine bağlı olarak gelişmiş yükselti farkıdır (Doğan & Özel, 2005; Doğan & Yeşilyurt, 2019). Kuzey kesimdeki maksimum dolin yoğunluğu alanları aynı zamanda Sivas-İmranlı arasındaki jipslerin en yüksek kesimine karşılık gelmektedir. Örneğin Zara'nın batısındaki maksimum yoğunluk alanı ile bu alanın kuzeyi ve güneyindeki vadi tabanları arasında 300 ve 340 m ulaşan yükselti farkı bulunur. Jipsin su tutma kapasitesinin çok düşük olmasından dolayı bu fark jips yüzeyine düşen yağmur sularının düşey olarak taban suyu seviyesine inmesi ve bu esnada hızlı çözünmeye bağlı olarak jips yüzeyinde dolinlerin gelişmesine olanak vermiştir. Hatta bu düşey hidrolojik iletim jips içerisinde yer yer çökme dolinlerinin gelişimini de sağlamıştır (Doğan & Özel, 2005). Kızılırmak Nehri'nde Kuvaterner döneminde gerçekleşmiş olan taban düzeyi değişimleri, karstik gençleşmeyi



sağlayarak alçak plato üzerinde çökme dolinlerinin oluşumu üzerinde önemli bir etki yaratmıştır (Doğan & Yeşilyurt, 2019).

Kuzey kesimde dolin yoğunluğunun fazla olmasını sağlayan diğer bir etken ise yapısal özelliklerdir. Faylar, bindirme hatları ve antiklinal kuşakları; dolin yoğunluğu üzerinde etkili olan en önemli unsurlardır. Bindirme zonlarının üst kesimlerinde ve antiklinal eksenleri boyunca oluşan yoğun çatlak sistemleri dolinlerin bu alanlarda yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Benzer durumlar hem Toroslar'daki hem de dünyanın farklı kesimlerindeki poligonol karst

kuşaklarında da gözlenmiştir (Favre & Reiffsteck, 1999; Jennings, 1975; Klimchouk vd. 2006; Öztürk vd., 2018b). Toroslar'da özellikle Jura-Kretase kireçtaşları içerisinde maksimum yoğunluklar bindirme faylarına bağlı olarak yükselmiş yoğun açılma çatlaklı karst platoları üzerinde gözlenir (Şimşek vd., 2019). Miyosen kireçtaşlarında ise antiklinal eksenleri üzerinde oluşan yoğun çatlak sistemleri hem yoğunluğun fazla olmasına hem de dolinlerin bu çatlak sistemlerinin uzanışına paralel gelişmelerine neden olmuştur (Öztürk vd., 2017a).

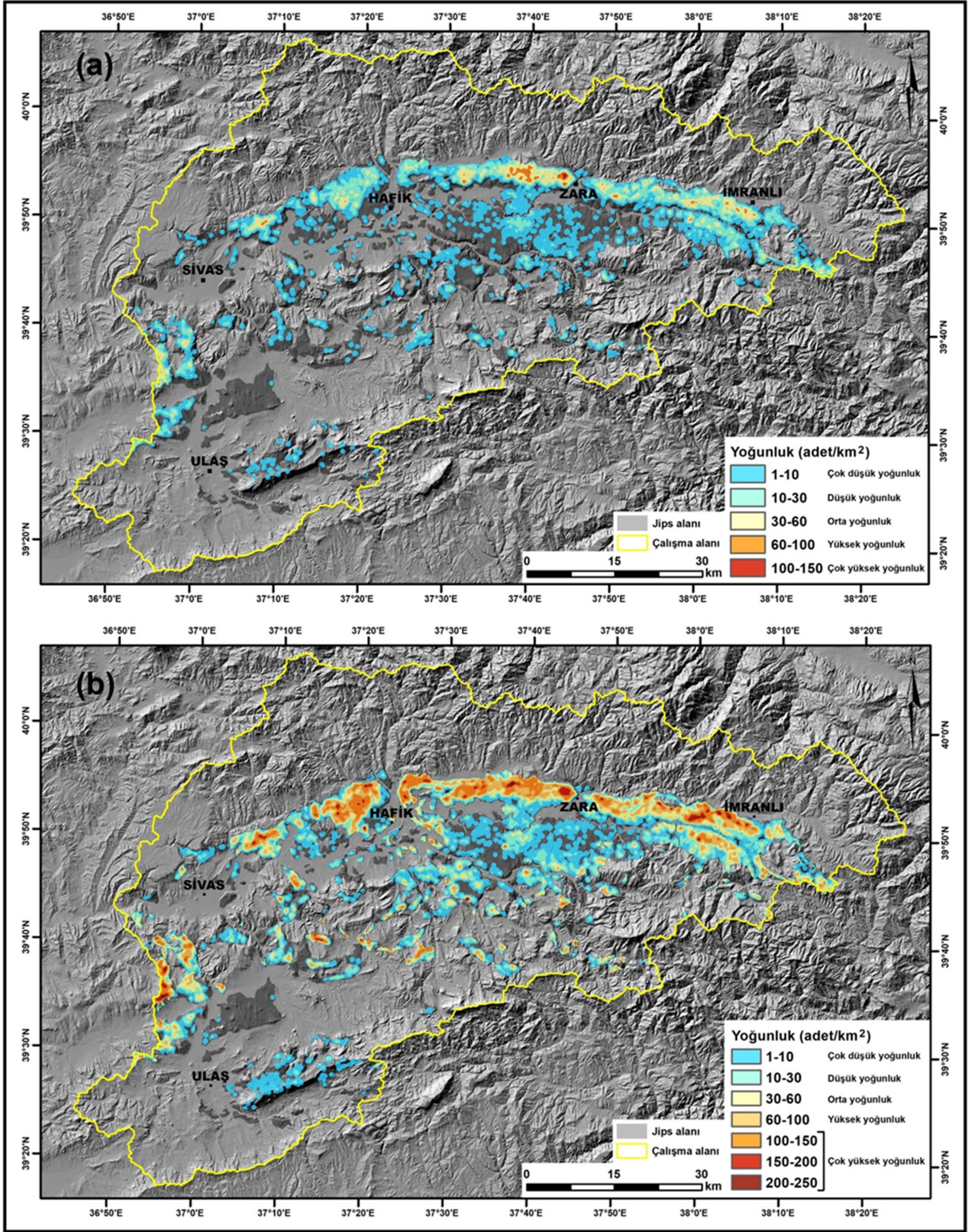


**Şekil 5:** Dolin yoğunluğunun kuzey sınırını oluşturan bindirme hattına ait İHA görüntüsü  
**Figure 5:** UAV image showing thrust line which forms the northern boundary of the study area.

Çalışma alanındaki yapısal unsurların genel dağılış özelliklerine baktığımızda kuzeyden bir bindirme hattı ile sınırlandırılmış jips alanı içerisinde çok sayıda antiklinal ve senklinal ekseninin yer aldığı görülür (Şekil 7). Hem bindirme hattı hem de bu kıvrımlı yapılar jips yüzeyinde yoğun çatlak sistemlerinin gelişmesini sağlamış ve bu durum da dolin yoğunluğunu arttırmıştır. Legeay vd., (2018) tarafından oluşturulan jeoloji haritasında güney kesimde de kıvrım eksenleri haritalanmış (Şekil 7) olmakla birlikte, burada

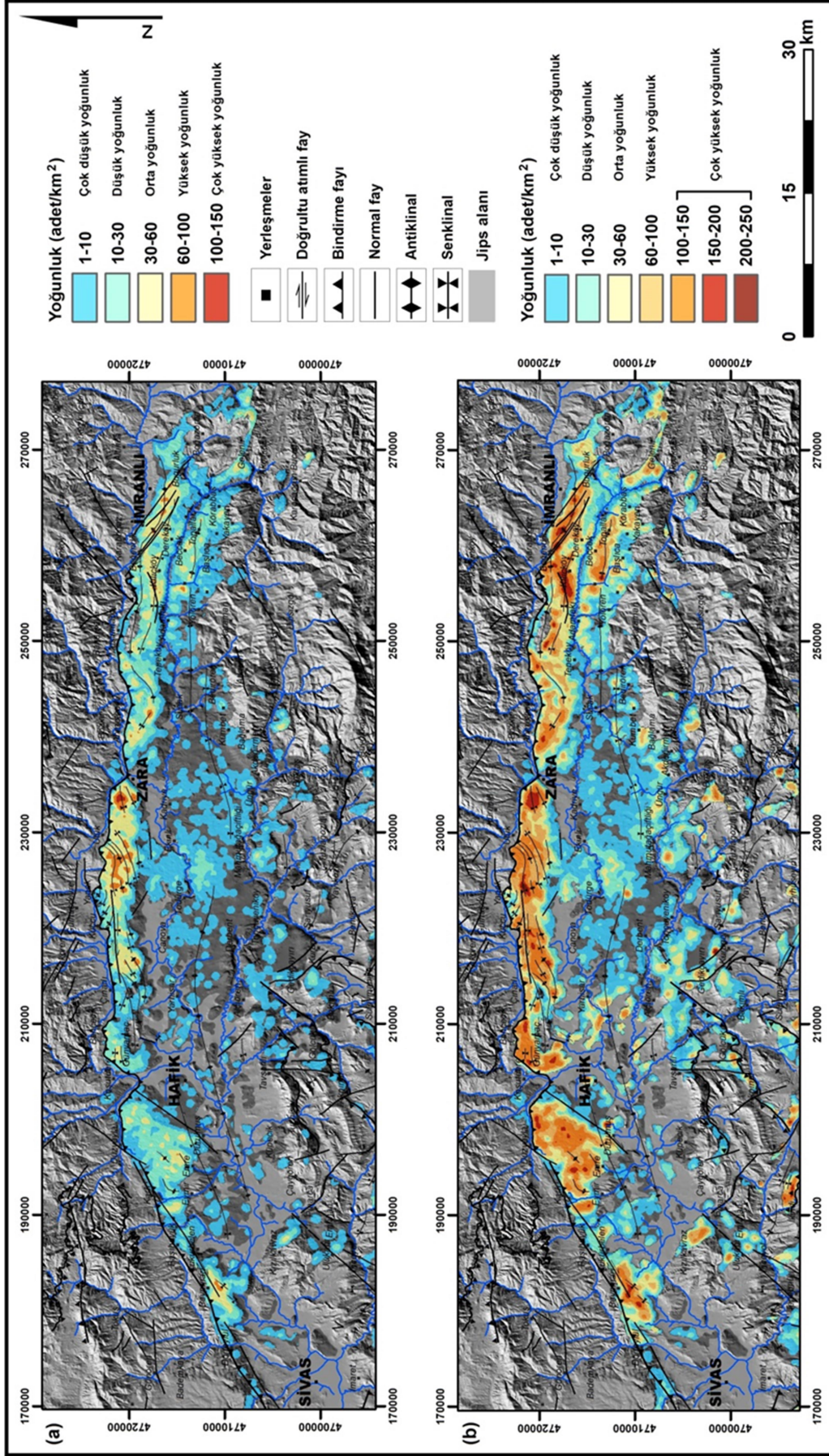
karst taban düzeyinin yüzeye yakın olmasından dolayı, dolin gelişimi sınırlı boyut ve alanda kalmıştır.

Yoğunluğun alansal dağılışı üzerinde etkili olan bir diğer etken jips alanlarının güneye doğru gidildikçe hem kalınlığının azalması hem de kesintili şekilde bulunmasıdır. Jipsler kuzey kesimde Sivas-İmranlı arasında oldukça kalın kesintisiz bir kuşak oluştururlar.



**Şekil 6.** Yukarı Kızılırmak havzasında dolin yoğunluklarının alansal dağılışı haritası: (a) topoğrafya haritasına göre, (b) uydu görüntüsüne göre.

**Figure 6.** Spatial distribution of doline density according to (a) topography maps and (b) satellite images in the Upper Kızılırmak Basin.



**Şekil 7.** Sivas-İmranlı arasındaki yapısal unsurlar ile dolin yoğunluğu dağılışı haritası: (a) topografya haritasına göre (b) uydu görüntüsüne göre (Yapısal unsurlar, Legeay vd, 2018'den alınmıştır).  
**Figure 7.** Spatial distribution of structural units and doline densities between Sivas and İmranlı (Structural units rearranged from Legeay et al., 2018), (a) Doline densities in topography maps and (b) doline densities in satellite images.

Kuzeyden güneye doğru gidildikçe hem alanın tektonik yapısı hem de akarsu aşındırmasının bir sonucu olarak jips alanlarının kalınlığı azalmakta ve diğer litolojik birimler içerisinde küçük parçalar halinde gözlenmektedir (merceksel karst). Bu parçaların oluşmasını sağlayan tektonik koşullar, evaporitler ve tuzlar içerisinde gerçekleşen diyapir

## 5. SONUÇLAR

Bu alışmada Türkiye'nin en önemli jips karstı alanı olan Yukarı Kızılırmak Havzası karst alanı içerisinde, temel olarak Sivas-İmranlı arasındaki, yaklaşık 1.609 km<sup>2</sup>'lik jips alanı üzerinde gelişmiş olan dolinler; topoğrafya haritaları ve uydu görüntülerine göre CBS tabanlı incelenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Alanda, topoğrafya haritaları üzerinden 10.651 dolin ve uydu görüntüleri üzerinden ise 42.127 dolin tespit edilmiştir.
- Topoğrafya haritalarında maksimum yoğunluk 127 dolin/km<sup>2</sup> iken uydu görüntülerinde 237 dolin/km<sup>2</sup>'dir.
- Dolinlerin büyük bölümünün (% 90) 1300-1700 metreler arası yüksekliklerde yer alır.

## KATKI BELİRTME

Bu alışma ilk yazarın doktora tez çalışmasındaki bulguların bir kısmını içermektedir.

Makalenin hazırlık sürecindeki katkılarında dolaylı Dr. Öğr. Üyesi Ltfi Nazik'e ve Doç. Dr. Mehmet Furkan şener'e, arazi çalışmasına katkılarında dolaylı Dr. Öğr. Üyesi Mesut şimşek ve Dr. Mustafa Utlu'ya, ayrıca metnin revize edilmesi ve olgunlaşması sürecinde emek veren hakemlere ve editör kuruluna çok teşekkür ederiz.

yükselimler ile bindirme kuşaklarında görülen klip yapılarının oluşturduğu tepelik alanlar ile ilişkilidir (Callot vd., 2014; ubuk & İnan, 1998; Doğan ve Yeşilyurt, 2004; Yılmaz & Yılmaz, 2006). Ayrıca jipsler içerisinde bulunan killi seviyeler geçici karst taban düzeyi oluşturarak derine gelişmesine engel olmuştur.

- Dolin yoğunlukları homojen bir dağılım göstermemektedir. Maksimum yoğunluklar jips sahasının kuzey kesiminde, bindirme hattına paralel olarak doğu-batı doğrultusunda kesintisiz bir kuşak boyunca uzanan yüksek plato üzerinde görülür.
- Kızılırmak Nehri'nin kuzeyindeki bu yüksek platodaki antikalinal eksenlerinin yüksek yoğunluktaki alanların dağılışı üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır.
- Kızılırmak Nehri'nin güneydeki alçak platoda karst taban düzeyinin yzeyeye yakın olasından dolayı, sığ karstın karakteristiği olarak, dolin yoğunluğu düşük kalmıştır.
- Kızılırmak Nehri'nin güney kesiminde dolin yoğunluğun düşük olmasının diğer bir nedeni ise hem tektonizmanın etkisi hem de akarsu aşındırmasının bir sonucu olarak bu kesimdeki jipslerin parçalı bir dağılış kazanmış olmasıdır.

## KAYNAKÇA

- Aktimur, H. T., Tekirli, M. E. ve Yurdakul, M. E. (1990). Sivas-Erzincan Tersiyer Havzasının Jeolojisi. MTA Dergisi, 111, 25–36.
- Alagöz, C. A. (1967). Sivas evresi ve doğusunda jips karstı olayları. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları No 175.
- Blumenthal, M. M. (1938). şarkı Toros mıntıkasında Hekimhan-Kangal-Hasançelebi irtifasında jeolojik araştırmalar. MTA raporu, no:570 (Yayınlanmamış), Ankara
- Callot, J. P., Ribes, C., Kergaravat, C., Bonnel, C., Temiz, H., Poisson, A., Ringenbach, J. C. (2014). Salt tectonics in the Sivas basin (Turkey): Crossing salt walls and minibasins. Bulletin de La Societe Geologique de France, 185(1), 33–42. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.185.1.33>

- Car, J. (2001). Structural bases for shaping of dolines. *Acta Carsologica*, 30, 239–256.
- Çubuk, Y., ve İnan, S. (1998). İmranlı ve Hafik güneyinde (Sivas) Miyosen havzasının stratigrafik ve tektonik özellikleri. *M.T.A. Dergisi*, 120, 45–60.
- Cvijic, J. (1893). *Das Karstphanomen. Versuch einer morphologischen Monographie. Geographische Abhandlungen*, 5(3), 218–329.
- Darin, M. H., Umhoefer, P. J., ve Thomson, S. N. (2018). Rapid Late Eocene Exhumation of the Sivas Basin (Central Anatolia) Driven by Initial Arabia-Eurasia Collision. *Tectonics*, 37(10), 3805–3833.
- Day, M. (1983). Doline Morphology and Development in Barbados. *Annals of the Association of American Geographers*, 73(2), 206–219.
- Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, lower Suwanee River basin, Florida. *Journal of Cave and Karst Studies*, 65(1), 29–35.
- Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1), 249–269.
- Doğan, U., ve Özel, S. (2005). Gypsum karst and its evolution east of Hafik (Sivas, Turkey). *Geomorphology*, 71(3–4), 373–388. <https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2005.04.009>
- Doğan, U., ve Yeşilyurt, S. (2004). Gypsum karst south of İmranlı, Sivas, Turkey. *Cave and Karst Science*, 31(1), 7–14.
- Doğan, U., ve Yeşilyurt, S. (2019). Gypsum Karst Landscape in the Sivas Basin. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and Landforms of Turkey* (pp. 197–206). Springer, Cham.
- Drahor, M. G. (2019). Identification of gypsum karstification using an electrical resistivity tomography technique: The case-study of the Sivas gypsum karst area (Turkey). *Engineering Geology*, 252, 78–98.
- Ekmekçi, M. ve Nazik, L. (2004). Evolution of Golpazari-Huyuk karst system (Bilecik-Turkey): indications of morpho-tectonic controls. *International Journal of Speleology*, 33(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.33.1.5>
- Eriņç, S. (2001). *Jeomorfoloji II. Der Yayınları*.
- Faivre, S. ve Reiffsteck, P. (1999). Spatial distribution of dolines as an indicator of recent deformations on the Velebit mountain range-Croatia. *Géomorphologie*, 5(2), 129–142. <https://doi.org/10.3406/morfo.1999.983>
- Ford, D. ve Williams, P. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Gams, I. (2000). Doline morphogenetic processes from global and local viewpoints. *Acta Carsologica*, 29(2), 123–138.
- Günay, G. (2002). Gypsum karst, Sivas, Turkey. *Environmental Geology*, 42(4), 387–398. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0532-0>
- Gutiérrez, F., Guerrero, J. ve Lucha, P. (2008). A genetic classification of sinkholes illustrated from evaporite paleokarst exposures in Spain. *Environmental Geology*, 53(5), 993–1006.
- Jennings, J. N. (1975). Doline morphometry as a morphogenetic tool: New Zealand examples. *New Zealand Geographer*, 31(1), 6–28. <https://doi.org/10.1111/j.1745-7939.1975.tb00793.x>
- Kaçaroğlu, F., Değirmenci, M. ve Cerit, O. (1997). Karstification in Miocene gypsum: an example from Sivas, Turkey. *Environmental Geology*, 30(1–2), 88–97.
- Karacan, E., ve Yılmaz, I. (1997). Collapse dolines in miocene gypsum: an example from SW Sivas (Turkey). *Environmental Geology*, 29(3–4), 263–266.
- Keskin, İ. (2011). Jipslerde dolinlerin oluşum mekanizmaları açısından süreksizlik özelliklerinin etkilerinin araştırılması: KD Sivas örneği. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Sivas*.
- Keskin, İ. ve Yılmaz, I. (2016). Morphometric and geological features of karstic depressions in gypsum (Sivas, Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 75(12), 1040.
- Klimchouk, A., Bayarı, S., Nazik, L., Törk, K., (2006). Glacial destruction of cave systems in high mountains, with a special reference to the Aladağlar massif, Central Taurus, Turkey. *Acta Carsologica*, 35/2.
- Koşun, E. ve Çiner, A. (2002). Zara Güneyi (Sivas Havzası) Karasal-Sığ Denizel Miyosen Çökellerinin Litostratigrafisi ve Fasiyes Özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 125(125), 65–88.
- Kurtman, F. (1973). Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 80, 1–33.
- Legeay, E., Pichat, A., Kergaravat, C., Ribes, C., Callot, J., Ringenbach, J. C. ve Temiz, H. (2018). Geology of the Central Sivas Basin (Turkey). *Journal of Maps*, 15(2), 406–417.
- Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin

- incelenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 14, 65–77.
- Nazik, L., Poyraz, M. ve Karabıyıkoglu, M. (2019). Karstic Landscapes and Landforms in Turkey. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and Landforms of Turkey* (pp. 181–196). Springer, Cham.
- Özel, S., Darıcı, N. Environmental hazard analysis of a gypsum karst depression area with geophysical methods: a case study in Sivas (Turkey). *Environ Earth Sci* 79, 115 (2020).
- Öztürk, M. Z. (2018). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (36), 1-13.
- Öztürk, M. Z. (2020). Fluvio-karstic evolution of the Taşeli Plateau (Central Taurus, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(5), 733–746. <https://doi.org/10.3906/yer-1908-1>
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Utlı, M. ve Şener, M. F. (2017a). Karstic depressions on Bolkar Mountain plateau, Central Taurus (Turkey): Distribution characteristics and tectonic effect on orientation. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 26, 302–313.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. ve Aydın, S. (2017b). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Journal of Geography*, 35, 17–27.
- Öztürk, M. Z., Şener, M. F., Şener, M. ve Şimşek, M. (2018a). Structural controls on distribution of dolines on Mount Anamas (Taurus Mountains, Turkey). *Geomorphology*, 317, 107–116.
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F. ve Utlı, M. (2018b). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77(536), 536.
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M. ve Utlı, M. (2015). Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) karst platosu üzerinde dolin ve uvala gelişiminin CBS tabanlı analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 65, 59–68.
- Poisson, A.M., Temiz, H. ve Gürsoy, H., (1992). Pliocene thrust tectonics in the Sivas Basin near Hafik (Turkey): Southward fore thrusts and associate back thrusts. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A, Yerbilimleri*, 9, 19-26
- Pahernik, M. (2012). Spatial density of dolines in the Croatian Territory. *Croatian Geographical Bulletin*, 74(2), 5–26.
- Ribes, C., Kergaravat, C., Crumeyrolle, P., Lopez, M., Bonnel, C., Poisson, A., Ringenbach, J. C. (2017). Factors controlling stratal pattern and facies distribution of fluvio-lacustrine sedimentation in the Sivas mini-basins, Oligocene (Turkey). *Basin Research*, 29, 596–621.
- Sauro, U. (2003). Dolines and Sinkholes: Aspects of Evolution and Problems of Classification. *Acta Carsologica*, 32(2), 41–52.
- Şener, M. F. ve Öztürk, M. Z. (2019). Relict drainage effects on distribution and morphometry of karst depressions: a case study from Central Taurus (Turkey). *Journal of Cave and Karst Studies*, 81(1), 33–43.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z. ve Turoğlu, H. (2019). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 13–20.
- Şimşek, M., Utlı, M. ve Öztürk, M. Z. (2020). Gidengelmaz Dağları'nın Yüzey Karstı Özellikleri (Orta Toroslar). In S. Birinci, Ç. K. Kaymaz, & Y. Kızılkın (Eds.), *Coğrafi Perspektifle Dağ ve Dağlık Alanlar (Sürdürülebilirlik-Yönetim-Örnek Alan İncelemeleri)* (pp. 1–18). Kriter Yayınevi.
- Telbisz, T., Draguşica, D. ve Nagy, B. (2009). Doline morphometric analysis and karst morphology of Biokovo Mt (Croatia) based on field observations and digital terrain analysis. *Hrvatski Geografski Glasnik*, 71(2), 5–22.
- Temiz, H. (1994). Sivas Tersiyer Havzası'nın Kemah (Erzincan) ve Hafik (Sivas) yörelerindeki tektonostratigrafisi ve tektonik deformasyon biçimi. *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi*, Sivas.
- Temiz, H. (1996). Tectonostratigraphy and Thrust Tectonics of the Central and Eastern Parts of the Sivas Tertiary Basin, Turkey. *International Geology Review*, 38(10), 957–971.
- Waltham, T. (2002). Gypsum karst near Sivas, Turkey. *Cave and Karst Science*, 29(1), 39–44.
- Williams, P. (2004). Doline. In J. Gunn (Ed.), *Encyclopedia of Cave and Karst Science* (pp. 304–310).
- Yılmaz, A. ve Yılmaz, H. (2006). Characteristic features and structural evolution of a post collisional basin: The Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27(2), 164–176. <https://doi.org/10.1016/J.JSEAES.2005.02.006>
- Yılmaz, I. (2007). GIS based susceptibility mapping of karst depression in gypsum: A case study from Sivas basin (Turkey). *Engineering Geology*, 90(1–2), 89–103.
- Yılmaz, I., Marschalko, M. ve Bednarik, M. (2011). Gypsum collapse hazards and importance of hazard mapping. *Carbonates Evaporites*, 26, 193–209. <https://doi.org/10.1007/s13146-011-0055-4>