



Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) karstik platosu üzerinde dolin ve uvala gelişiminin CBS tabanlı analizi

GIS-based analysis of doline and uvala development on the karst plateau of Tahtalı Mountains (Central Taurus)

Muhammed Zeynel Öztürk^{a*}, Mesut Şimşek^b, Mustafa Utlu^c

^a Niğde Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Niğde.

^b İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.

^c İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul.

MAKALE BİLGİ

Geliş/Received: 10.07.2015

Kabul/Accepted: 15.09.2015

Anahtar Kelimeler:

Dolin

Uvala

CBS

Tahtalı Dağları

Orta Toroslar

Keywords:

Doline

Uvala

GIS

Tahtalı Mountains

Central Taurus

*Sorumlu yazar/Corresponding author

(M.Z. Öztürk)

muhammed.zeynel@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.17211/tcd.22648>

ÖZ / ABSTRACT

Karstik alanların karakteristik şekillerinden olan dolin ve uvalalar Toros Karst Kuşağı içerisinde yoğun şekilde gelişme gösterir. Bu çalışmada Orta Toroslar'ın doğu kesiminde bulunan Tahtalı Dağları'nın Kayseri-Adana sınırında yer alan karstik platosu üzerinde gelişmiş dolin ve uvalalar incelenmiştir. 1/25000'lik topografya haritası ölçeğinde yapılan incelemede karstik plato üzerinde 846 adet dolin ve 146 adet uvala olmak üzere toplam 992 karstik erime çukuru tespit edilmiştir. CBS ortamında her şeklin merkez X ve Y koordinatları, yükseklik (m), alan (m²), çevre uzunluğu (m), uzun ve kısa eksen uzunluğu (m) ve uzun eksenin kuzey ile açısı (°) uzun eksenin kısa eksen oranı, yoğunluk, dairesellik ve komşuluk indis değerlerini içeren veri seti oluşturuldu. Elde edilen veriler arasındaki ilişkiler incelenerek karstik plato üzerinde dolin ve uvala gelişimini denetleyen etmenler ortaya konulmaya çalışıldı. Elde edilen verilere göre şekillerin büyük bölümü Üst Kretase kireçtaşı üzerinde 2200 - 2350 metreler arasında bulunur. Şekillerin alanları 16 - 230000 m², maksimum uzunlukları 192 metre ile 816 metre arasında değişir. Ortalama 22 adet/km² yoğunluğa sahip şekiller maksimum 46 adet/km² yoğunluğa ulaşır. Dolinlerin dairesellik değerleri ve uzun eksen/kısa eksen oranları şekillerin dairesellik özelliklerini koruduklarını ve önemli bir eliptik yapının olmadığını gösterir. En yakın komşuluk analizi ve en yakın mesafe değerlerinin dağılışı ise, şekillerin dağılışının rastgele olduğunu gösterir. Bu durum karstik plato yüzeyinde dolin dağılışını etkileyen önemli bir tektonik faktörün olmamasından kaynaklanır. Ancak gül diyagramları dolin uzun eksenlerinin dağın genel uzanım doğrultusuna paralel olarak KD-GB doğrultusunda uzandığını, uvalaların uzun eksenleri ile uydu görüntüsünden elde edilen çizgisellikler ve paleovadi eksenleri arasında ise önemli bir ilişki olduğunu gösterir. Bu ilişki Tahtalı Dağları'nda karstik çözünmenin tiltlenme nedeniyle dik konumdaki tabaka yüzeyleri arasında oluşan boşluklarda başladığını, paleovaldilere uyarak devam ettiğini gösterir.

Dolines and uvalas which are characteristic landform of karstic areas displays intensive development in Taurus Karstic Zone. In this study, dolines and uvalas on karstic plateau located at southwest of Tahtalı Mountains (Central Taurus), on borderline between Kayseri-Adana were investigated. Totally 992 karstic dissolution pits including 846 dolines and 146 uvalas have been identified on karstic plateau as result of investigation of 1/25000 scale topographic map. Center X and Y coordinates, elevation (m), area (m²), perimeter (m), long and short axis length (m), azimuth of long axis (°), ratio of long axis to short axis, density, circularity and nearest neighbor index values of each pit are calculated by GIS. By examining relationships among obtained data, factors controlling development of doline and uvalas were attempted to reveal. Most of the forms are found on Upper Cretaceous limestone at between 2200 to 2350 meters. Areas of the forms vary between 16 m² - 230000 m², while their maximum length changes between 192 - 816 meters. Mean density of the forms is 22 pit/km² while maximum density of them is reach to 46 depression/km². Circularity index and long/short axis ratios of dolines show that depressions don't have an important elliptical shape and they protect their circularity characteristics. Also nearest neighbour index and value of nearest distance indicate that distribution of the forms is random. This situation arises from absence of a tectonic factor affecting doline distribution on plateau surface. But rose diagrams show that long axis of the dolines extend along NE-SW direction in parallel with the general direction of extension of mountains. Also it indicates that there is a significant relationship between long axis of the uvalas and lineaments obtained from satellite images and paleovalley axis. These relationships display that karstic dissolution start with the gaps between the inclined layer surfaces and continue following paleovalley axis.

1. Giriş

Karstik bölgeler yüksek kaya çözünürlülüğü ve ikincil olarak gelişmiş gözeneklilik özelliklerinden kaynaklanan kendine özgü hidrolojik koşullara, zengin yerçekilleri (Jennings, 1971) ve biyoçeşitliliğe sahip eşsiz alanlardır (Culver vd., 2009). Karstik alanların sahip oldukları önemin yanı sıra kolay bir şekilde bozulmaya ve kirlenmeye elverişli alanlar olduklarından dolayı bu alanların sürdürülebilir kullanımı günümüzün önemli konularının başında gelmektedir (Bárány-Kevei, 2011).

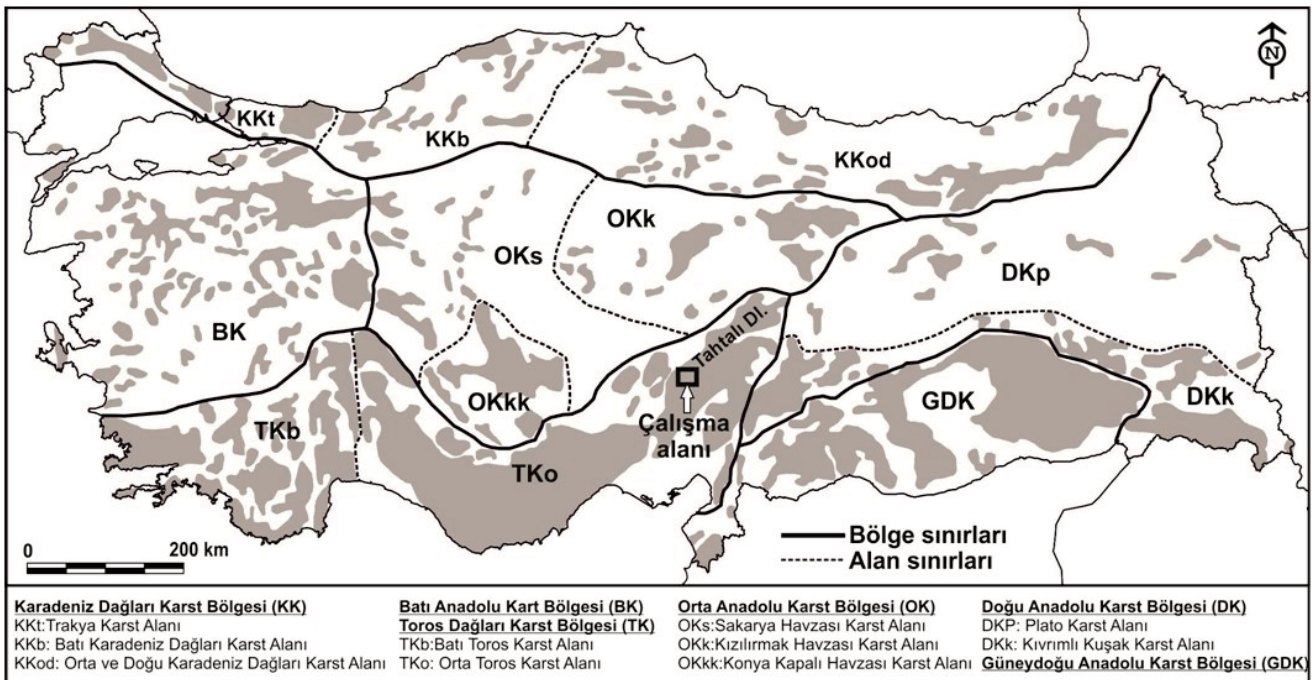
İyi gelişmiş karst alanları tüm karasal alanların yaklaşık olarak %10'unu kaplarken (Ford ve Williams, 2007) Akdeniz çevresinde bu oran daha da artmaktadır (Lewin ve Woodward, 2009). Türkiye'nin 1/3'ünü (Eroskay ve Günay, 1979) kaplayan karstik alanlar Türkiye'nin her yerine dağılmış durumdadır (Günay, 2009; Şekil 1). Başta Toroslar üzerinde olmak üzere, kireçtaşı karstı daha geniş bir yayılım gösterirken daha çok Sivas civarında gelişmiş jips karstı daha az alan (%5) kaplamaktadır (Keskin, 2011).

Çapları birkaç metreden 1 km'ye kadar değişen dairesel ya da yarıdairesel karstik şekiller (Ford ve Williams, 2007) olan dolinler, karstik arazilerin (Sauro, 2003), ülkemizde ise Toros Karst Bölgesi'nin karakteristik şekillerinden bir tanesidir (Elhatip, 1997). Karstik gelişim sürecinin de en önemli göstergelerinden birisi olan dolinler herhangi bir karstik bölgenin hidrojeolojik, tektonik ve jeomorfolojik gelişiminin açıklanmasında büyük öneme sahiptir. Ancak dolin morfolojisi, dağılışı ve yoğunluğunun gelişmesinde litolojik, topografik, jeomorfolojik, tektonik, iklimik koşullar ile yüzeyaltı koşulları gibi birçok faktör etkili olmasından dolayı dolin alanlarının her birinin ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir.

1.1. Dolin oluşumu üzerinde etkili olan etmenler

Toros Dağları kuşağı içerisinde kalınlığı 1000 metreyi geçen (Atalay vd., 2008) ve CaCO₃ oranının % 90'ın üstünde olduğu

kireçtaşlarının bulunması (Nazik, 1985, 1986; Atalay, 1987; Keser, 2007; Efe, 2014) karstik şekillerin oluşumu için uygun litolojik koşulları oluşturur. Aynı litolojik birim içerisindeki 2000 metrenin üstünde ve düşük eğimli karstik platoların varlığı ise dolin oluşumu için uygun topografik koşullar yaratır (Atalay, 1987; Pekcan, 1999; Çiçek, 2001, Keser, 2007). Çünkü dolinler genellikle düşük eğimli yüksek alanlarda (Palmquist, 1977) yani platolar üzerinde (Cvijic, 1893) maksimum yoğunluğa ulaşır. Düşük eğimli yüksek karstik platolarda ise dolinlerinin gelişimi, yoğunluğu ve dağılışı üzerinde tektonik aktivite (Faivre ve Reiffsteck, 1999) özellikle de çatlak sistemlerinin (çatlak sıklığı ve doğrultusunun) büyük etkisi vardır (Chenoweth, 1997; Jemcov vd., 2001). Faylar ve çatlak sistemleri gibi zayıflık hatları boyunca yağmur ve yüzey suları daha derine işleyerek karstik şekillerin daha kolay gelişmesini sağlar (Cvijic, 1893; Elhatip, 1997; Pekcan, 1999). Bu özelliklerden dolayı dolinlerin uzanımları karstik alanlarda etkili olan fay ve çatlak sistemleri hakkında bilgi verir (Pekcan, 1999; Faivre ve Reiffsteck, 1999). Bu özelliklerinden dolayı da dolin uzanımları karstik alanların jeomorfolojik ve tektonik evrimini anlamak için önemli kayıtlar olarak kabul edilir (Ekmekçi ve Nazik, 2004). Dolinlerin yüksek karstik platolar üzerinde yoğunlaşmasının bir diğer nedeni de iklimsel koşullardır. Yüksek alanlardaki soğuk sular bünyelerinde daha fazla karbondioksit alarak karstlaşmayı hızlandırır ve karstik şekillerin daha iyi gelişmesini sağlar (Atalay, 1987). Sıcaklığın düşmesinin yanı sıra yükselti ile birlikte yağış süresi, yağış şiddeti gibi iklim öğelerinin de artış göstermesi çözünme üzerinde etkili olur (Erinç 2001). Bu açıdan Toros Dağları'nın yükselmesine neden olarak yeraltı suyu taban seviyesinin, hava ve su sıcaklıklarının düşmesine, yağış miktarının artmasına neden olan orojenik hareketler (Nazik, 1985; Atalay, 1987; Güneysu, 1993) karstik erime üzerinde ikinci etkisini yapar. Fay ve çatlak sistemlerinin yanı sıra başta paleovadiler olmak üzere aşınım yüzeyleri, güncel vadiler, alüvyon ile dolmuş büyük karstik depresyonlar gibi ana morfolojik birimlerin uzanış doğrultuları da dolinlerin dağılışı üzerinde etkilidir (Atalay, 1987; Keser, 2007).



Şekil 1. Türkiye'nin karstik bölgeleri (Nazik ve Tuncer, 2010'dan düzenlenerek).
Figure 1. Karstic regions of Turkey (rearranged from Nazik ve Tuncer, 2010).

Karstik alanlarda yüzey ile yüzeyaltı arasında en önemli bağlantılardan bir tanesi olan dolinler (Anica ve Mojca, 2010) hidrolojik açıdan yüzey sularının derine doğru sızması için potansiyel alanları oluştururlar (Angel vd., 2004; Valois vd., 2011; Bárányi-Kevei, 2011) ve karstik alanlardaki su hareketinin jeomorfolojik delilleri olarak kabul edilirler (Doğan, 2004). Bundan dolayı dolinlerin doğrultuları, karstik sistemdeki yeraltı drenaj ağı hakkında da bilgi sağlar (Aydın, 2005). Ülkemizde de hem yüksek karstik platolar hem de bu karstik platolar içerisindeki dolinler karların uzun süre erimeden kalmalarını sağlayarak karstik alanlardaki su kaynaklarını uzun süre beslerler (Şekil 2)

1.2. Toros Dağları karst bölgesindeki dolin alanları

Yukarıda kısaca açıklanan nedenler Batı ve Orta Toroslar'ın yüksek kesimlerinde tipik ve yoğun karstik şekillerin, sayıları onbinler ile ifade edilen dolinlerin oluşmasına önemli katkı sağlar (Pekcan, 1999; Doğan, 2003; Şekil 3). Toros Kuşağı içerisindeki dolinler 1000-1800 metreler arasında yaygın dağılışı göstermekle birlikte (Atalay, 1987), 2000 (Buldur, 1991; Çiçek, 2001), 2500 metreye kadar çıkabilmektedir (Çılğın vd., 2014).

Bugüne kadar yapılan çalışmalar içerisinde en kapsamlı dolin çalışması Keskin (2011) tarafından Sivas yöresindeki jipsler üzerinde gelişmiş 940 dolin ölçümü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra Batı Toroslar'da Nazik (1985) 539, Buldur (1991) 200, Keser (2007) 140, Tuncer (2004) Sakarya Nehri-Göynük Çayı arasındaki karstik platoda 488, Aydın (2005) Orta Sakarya Havzasında 357, Öztas (1992) Boğsak (Mersin-Taşucu) karst alanında 32, Demirağ (2012) Sarıçiçek Dağı'nda (Giresun) 250, Efe (2014) Çekiç ve Geyik dağları arasında 300'den fazla dolinin özelliklerini incelemiştir. Ayrıca Suğla Gölü'nün batısında

bulunan Gidengemez Dağı (Geyik Dağları) üzerinde (Alagöz, 1944; Doğu vd., 1995), Antalya'nın kuzeyinde yer alan Eynif ve Gembos polyelerini çevreleyen dağlık alanlarda (Kovacık ve Pınarcık dağları) (Alagöz, 1944), Anamas Dağı üzerinde (Alagöz, 1944; Atalay, 1987), Sertavul ve Aksıfat platolarında (Bener, 1965) Andırın-Gebenköy dolaylarında eski akarsu yataklarında (Atalay, 1987), Mut ve çevresinde (Çiçek, 2001), Döşemealtı Platosu'nda (Koçak, 2003), Tufanbeyli çevresinde (Ege ve Tonbul, 2003), Karadiken Polyesi kenarındaki plato yüzeyinde (Aksu Havzası) (Atayeter, 2005), Kurucaova Polyesi civarında (Antakya) (Özşahin, 2013) çok sayıda dolin bulunduğu belirtilmiştir.

Herhangi bir alanın tektonik, hidrojeolojik ve jeomorfolojik gelişimi açısından önemli ipuçları sunan dolinlerin ve dolin alanlarının ayrıntılı şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada Orta Toroslar'ın doğu kesiminde yer alan Tahtalı Dağları'nın batı kesiminde bulunan Bakır ve Mentеш dağları arasındaki karstik plato üzerindeki dolin ve uvalalar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve istatistiksel yöntemler ile ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2. Araştırma alanı

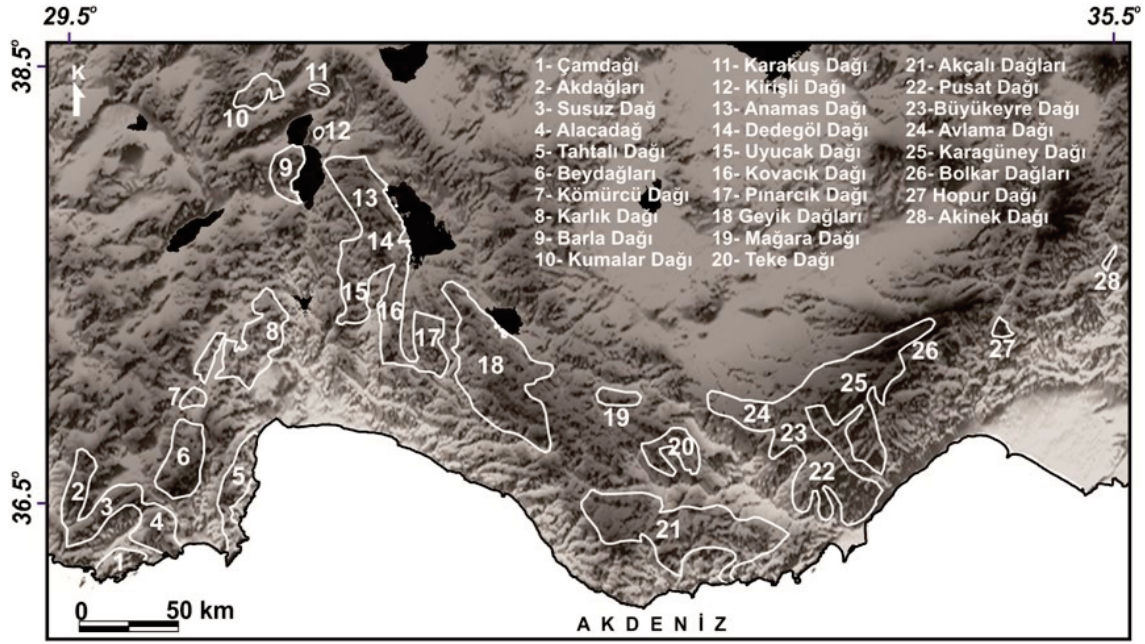
Orta Toros Karst Kuşağı'nın (Nazik ve Tuncer, 2010) doğu bölümünü oluşturan Tahtalı Dağları, Seyhan Nehri'nin iki büyük kolu olan Zamantı ve Göksu nehirleri arasında, KD-GB doğrultusunda 170 km boyunca uzanmaktadır. Dağlık kütle 2500 metrenin üstünde birçok zirveden oluşur ve bu zirvelerin bir kısmı Kuvaterner'de buzullaşmaya uğramıştır (Tonbul ve Ege, 2002).

İnceleme sahası kütlenin güneybatı ucunda, Kayseri-Adana sınırında, 35.78°-35.92°D boylamları ve 38.03°-38.15°K enlem-



Şekil 2. 7 Mayıs 2015 tarihinde Tahtalı Dağları (a) karstik platosu üstündeki ve (b) dolin içerisindeki kar örtüsü. (b'deki beyaz ok ölçeği, siyah oklar dolin içerisinde eriyen karların yerin altına geçerken oluşturdukları kar çukurlarını göstermektedir).

Figure 2. Snow cover (a) on karstic plateau and (b) in a doline on 7 May 2015 at Tahtalı Mountains (In figure b, white arrow shows scale and black arrows indicate the snow pits in dolines which are formed by snowmelt and infiltration of melt water to underground).



Şekil 3. Batı ve Orta Toroslar üzerinde dolinlerin yaygın olarak bulunduğu alanlar (Atalay, 1991'den düzenlenmiştir).

Figure 3. Areas having widespread doline formation on Western and Central Taurus (rearranged from Atalay, 1991).

leri arasında bulunan 45 km²'lik karstik platoyu kapsamaktadır. Alanın en önemli yükseltilerini batı kesimde 2721 metre yüksekliği ile Bakır Dağı ve doğu kesimde 2576 metre ile Menteş Dağı oluşturur (Şekil 4a). Plato alanı çevresinden yüksek eğimli yamaçlar ile belirgin şekilde ayrılmaktadır (Şekil 4b,c). Eğim özellikleri karstik plato içerisinde düşük değerlerde iken plato kenarlarında 40°'nin üstüne çıkabilmektedir (Şekilde 4c). Alanının merkezi ve büyük bölümü (40 km²) beyaz, kalın tabakalanmalı, rudist kavkı parçası içeren Üst Kretase Yanıktepe Kireçtaşı ile altta uyumsuz olarak bulunan Jura-Kretase Köroğlu Tepesi Formasyonu'ndan (kireçtaşı ve dolomit) oluşmaktadır (Dalkılıç, 2009; Şekil 5a). Plato üzerinde mevcut bir akarsu drenajı bulunmamakta olup vadilerin tamamı paleovadi özelliği gösterir. Dolin ve uvalaların çok büyük bir bölümü bu paleovadilerin içerisinde yer alır (Şekil 5b).

Araştırma alanının karakterize edecek bir meteoroloji istasyonu bulunmamasından dolayı alanın iklim özelliklerinin değerlendirilmesinde araştırma alanının 40 km kuzeybatısında yer alan Develi Meteoroloji İstasyonu'nun (1180 m) 1965-2014 yılları arasındaki ortalama verileri ele alınmıştır. İstasyonun ortalama sıcaklığı 11.9°C'dir. Ekim-Mayıs döneminde minimum sıcaklıklar 0°C'nin altına seyretilmekte ve -22.2°C'ye kadar düşmektedir. Yıllık toplam yağış miktarı 348 mm olup oldukça düşüktür. Egemen rüzgar yönü tüm yıl boyunca KD-GB doğrultusunda olmakla birlikte kış aylarında KD, yaz aylarında ise GB yönlü rüzgarlar egemen olur. En yüksek erime çukurunun 2520 metrede görüldüğü dikkate alındığında istasyon arasında 1340 metrelik bir yükselti farkı ortaya çıkar. Ortalama dikey sıcaklık değişim oranına göre (0.5°C/100 m) yıllık ortalama sıcaklık 5.4°C'ye düşerken, Schreiber formülüne göre (Erinç, 1996) yıllık toplam yağış miktarı 1050 mm'ye çıkar.

3. Veri ve yöntem

Çalışma temel olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), UZAL (Uzakta Algılama) ve istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmaların yanı sıra 7 Mayıs 2015 tarihinde arazi çalışması gerçekleştirilmiştir.

Dolin ve uvalaların dağılımlarını ortaya koymak amacıyla Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen L35c1/c2/c3/c4 kodlu 1/25000 ölçekli topografya ve Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilen L35 kodlu 1/100000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılmıştır. Tespit edilen şekiller Mapinfo 10.5 aracılığıyla poligon olarak sayısal ortama aktarılarak şekillerin temel alan bilgileri hesaplanmıştır. Yoğunluk ve komşuluk indis değerlerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için tespit edilen tüm dolin ve uvalaları içerisine alacak şekilde karstik alanın sınırı belirlenmiştir (Şekil 4). Dolin ve uvala poligonları aracılığıyla şekillerin uzun ve kısa eksenleri çizilmiş ve Arc GIS 10 içerisinde yer alan Run Easy Calculate aracı ile uzun eksenlerin kuzeye göre yaptıkları açılar hesaplanmıştır. Böylece CBS ortamında her bir şekle ait merkez X ve Y koordinat değerleri, yükseklik (m), alan (m²), toplam çevre uzunluğu (m), uzun ve kısa eksen uzunluğu (m) ve uzun eksenin kuzey ile açısını (°) içeren veri seti oluşturulmuştur. Hesaplanan bu değerler aracılığıyla da uzun eksenin kısa eksen oranı, yoğunluk miktarları, dairesellik ve komşuluk indisleri hesaplanmıştır. Hesaplanan indislerin formülleri aşağıdaki şekildedir.

Dairesellik indeksi (I_c);

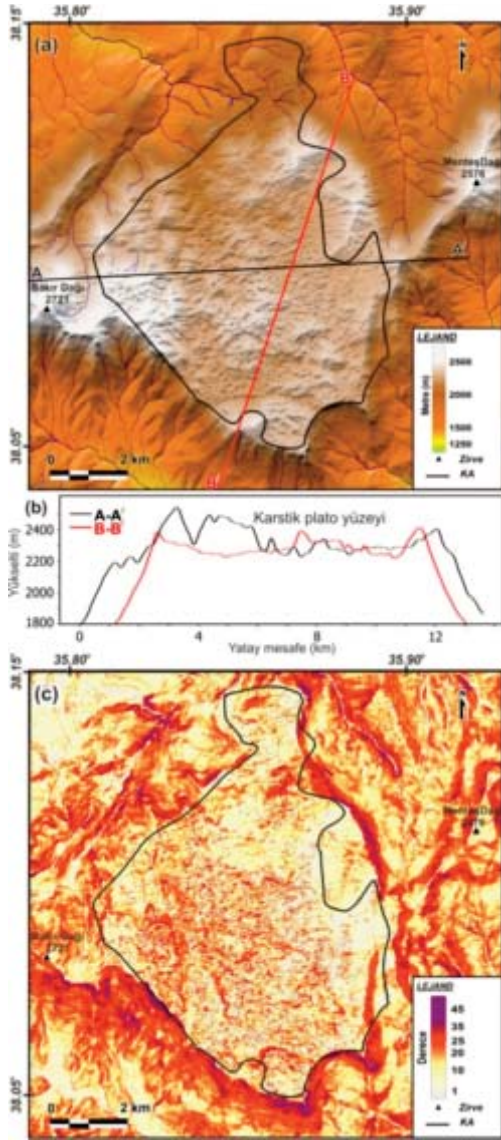
$$I_c = \frac{A_m}{\pi \left(2 \frac{A_m}{P_m}\right)^2} \quad (1)$$

Dairesellik indisindeki (I_c) A_m , şeklin sahip olduğu alanı (m²); P_m , şeklin çevre uzunluğunu (m) ifade etmektedir. Değerin 1 olması şeklin tam daire şeklinde olduğunu, değer 1'de uzaklaşması ise şeklin dairesel formunu kaybetmeye başladığını gösterir (Bahtijarevic, 1996; Davis, 1986; Şekil 6).

Uzun eksenin kısa eksene oranı (RLS);

$$R_{LS} = \frac{\text{Uzun eksen}}{\text{Kısa eksen}} \quad (2)$$

Uzun eksenin kısa eksene oranı (RLS) dolinlerin şekli hakkında fikir veren diğer bir indistir. Dairesellik indisine benzer şekilde



Şekil 4. İnceleme alanının (a) sayısal yükseklik modeli ve enine kesit hatları, (b) enine kesitler, (c) eğim haritası (KA: Karstik alan).

Figure 4. (a) Digital elevation model and cross section lines, (b) cross sections, (c) slope map belong to investigated area (KA: Border of karstic area).

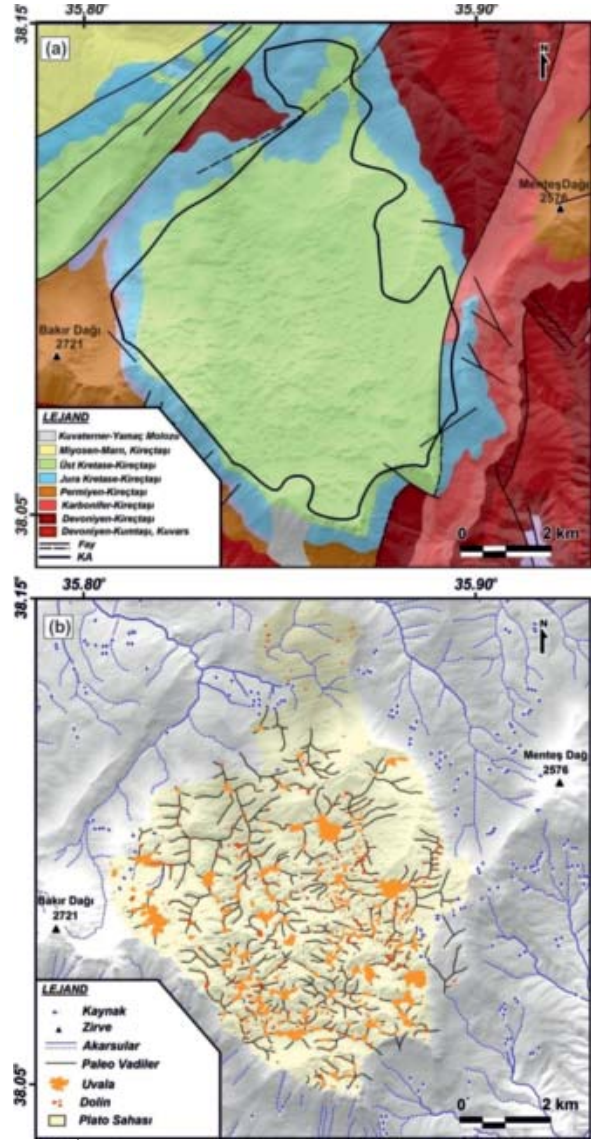
değerin 1 olması şeklin tam daire şeklinde olduğunu, değer 1'den uzaklaşması ise şeklin eliptik bir özellik almaya başladığını gösterir (Denizman, 2003; Şekil 6).

En yakın komşuluk indisi (NNI);

$$NNI = \frac{\bar{D}}{0.5 \sqrt{\frac{a}{n}}} \quad (3)$$

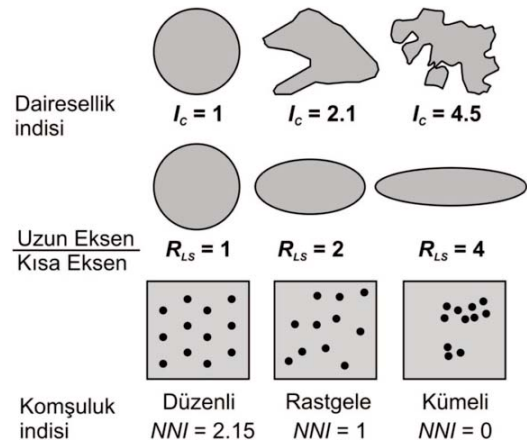
En yakın komşuluk indisindeki (NNI) \bar{D} , en yakın noktaların ortalamasını (m); a, çalışılan yerin toplam alanını (m²); n, incelenen alan içerisindeki toplam nokta sayısını gösterir. İndis, her bir noktanın en yakın komşusuna olan mesafesinin ortalamasının (\bar{D}) rasgele dağılmış noktalar arasındaki beklenen ortalama mesafeye oranını belirtir. Değerin 0 olması kümelenmenin, 1 olması rastgele bir dağılışın, 2.15 olması ise düzenli bir dağılışın olduğunu gösterir (Clark ve Evans, 1954; Şekil 6).

Dolin ve uvala uzun eksenlerinin yanı sıra 600 adet paleovadi ekseninin ve uydu görüntüsü analizinden elde edilen 96 çizgisel yapının da kuzeye göre açıları hesaplandı. Elde edilen değerler



Şekil 5. (a) İnceleme alanının jeoloji haritası ve (b) dolin, uvala ve palrovadilerin dağılışı (KA: Karstik alan).

Figure 5. (a) Geology map belong to investigated area and (b) distribution map of the doline, uvala and paleovalleys (KA: Border of karstic area).



Şekil 6. Çalışmada kullanılan temel indislerin grafiksel gösterimi.

Figure 6. Graphical presentation of the main indices used in the study.

dolin ve uvala uzun eksenlerinin kuzeye göre açıları ile karşılaştırıldı. Çizgisellik analizlerinde Tübitak Uzun eksenlerinin ve uydu görüntüsü analizinden elde edilen 96 çizgisel yapının da kuzeye göre açıları hesaplandı. Elde edilen değerler

nürlüğe sahip RGB-Pankromatik bandlarına sahip uydu görüntüleri kullanıldı. Elde edilen görüntülerin analizleri PCI Geomatica 2012 programında gerçekleştirildi. Elde edilen tüm açılar GeoRose programı aracılığıyla gül diyagramlarına dönüştürüldü.

4. Bulgular ve tartışma

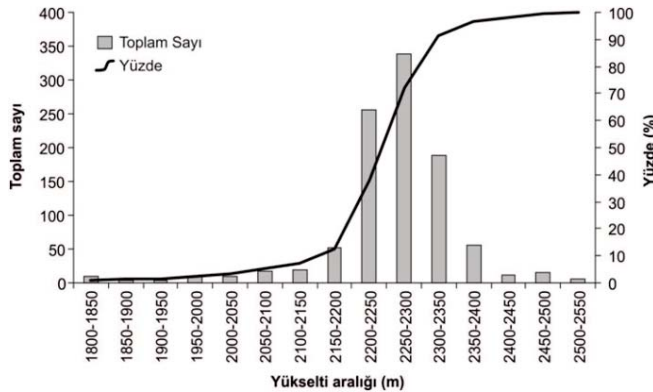
1/25000'lik harita ölçeğinde yapılan sayısallaştırma işlemleri sonucunda araştırma alanında 846 adet dolin, 146 adet uvala olmak üzere toplam 992 karstik erime çukuru tespit edilmiştir. 1810 metreden 2520 metreye kadar görülebilen şekillerin (Tablo 1) % 80'ni 2200-2350 metreleri aralığında bulunur (Şekil 7).

Tablo 1. Dolin ve uvalalara ait alansal bilgilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

Table 1. Maximum, minimum and average values of spatial information belong to doline and uvala.

	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	ÇU (m)	UE (m)	KE (m)	Dairesellik	Uzun/kısa	EYM (m)
Dolin	Mak.	2520	14800	488	192	127	2.63	5.92
	Min.	1810	16	17	7	3	1.03	1.00
	Ort.	2262	1235	116	44	28	1.22	1.57
Uvala	Mak.	2500	239000	3680	816	562	6.10	5.20
	Min.	2060	2750	222	79	31	1.11	1.00
	Ort.	2278	23300	657	223	136	1.90	1.75

(ÇU: Çevre uzunluğu, UE: Uzun eksen, KE: Kısa eksen, EYM: En yakınındaki şekil ile mesafesi).



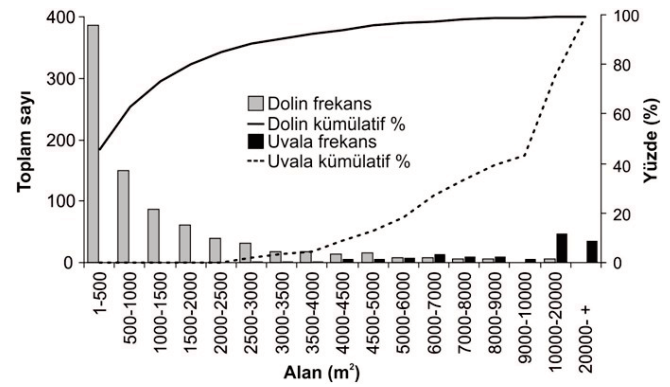
Şekil 7. Dolin ve uvala yükseltilerinin frekans dağılımları ve kümülatif yüzdesi.
Figure 7. Frequency distribution and cumulative percent of doline and uvala elevations.

Alanları 16 m²'den 14 bin m²'ye kadar değişen (Tablo 1) dolinlerin % 90'nı 3000 m²'nin altında bir alana sahip iken uvalalar (%96'sı) 4000 m²'nin üstünde alana sahiptir (Şekil 8). Erime çukurlarının toplam alanları araştırma alanının (44.93 km²) % 9.9'unu (4.45 km²) oluşturur. Kısa eksenleri 3 metreden başlayan dolinlerin uzun eksenleri 192 metreye kadar ulaşabilirken uvalalarda bu değer 816 metreye kadar ulaşır (Tablo 1). Bener (1965), Özel (2005) ve Zeybek (2010) Aksıfat Platosu, Hafik-Ekinli arası ve Reşadiye (Tokat)-Mesudiye (Ordu) arasındaki dağlık alanda dolinlerin maksimum genişliklerini 120 m, 250 m ve 180 m olarak belirtmişlerdir. Mevcut literatüre göre Tahtalı Dağı dolinlerinin uzun eksen uzunlukları ortalama değerlerdedir.

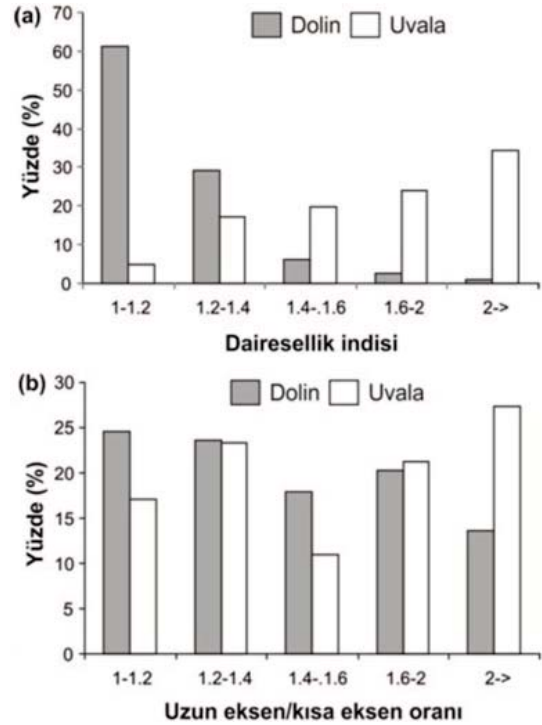
Dairesellik indisi değerlerine göre dolinlerin %90'ı 1-1.4 değerleri arasında yer alır (Şekil 9a). Bu durum dolinlerin alan değerlerine paralel olarak çevre uzunluğunun da arttığını yani dairesel şekillerini koruduklarını gösterir. Uvalaların %78'inin indis de-

ğerinin 1.4-2> aralığında olması dairesellik özelliklerini kaybettiklerini, yani çevre uzunluğu arttıkça alan değerlerinin aynı oranda artmadığını ve uvalaların daha düzensiz şekiller oluşturduğunu gösterir. Uvalaların dairesellik özelliklerini kaybetmelerinde dolinlerin birleşmesinden oluşmalarının yanı sıra uvala gelişiminin paleovadi uzanımlarına uygun bir şekilde gelişmeleri de etkilidir.

Dairesellik indisinin tersine şekillerin uzun eksen/kısa eksen oranları daha düzenli bir dağılım gösterir (Şekil 9b). Dolinlerin %86'sı, uvalaların ise %73'ünün uzun eksen/kısa eksen oranları 2 değerinin altındadır. Bu durum her iki şekilde de önemli bir eliptik yapının olmadığını gösterir. Şekillerin eliptik özellik kazanmalarında fay ve çatlak sistemleri gibi unsurların etkili olduğu göz önüne alındığında inceleme alanında dolin ve uvalalar üzerinde fay ve çatlak sistemlerinin çok fazla etkili olmadığı ortaya çıkmaktadır.



Şekil 8. Dolin ve uvala alanlarının frekans dağılımı ve kümülatif yüzdesi.
Figure 8. Frequency distribution and cumulative percent of doline and uvala areas.



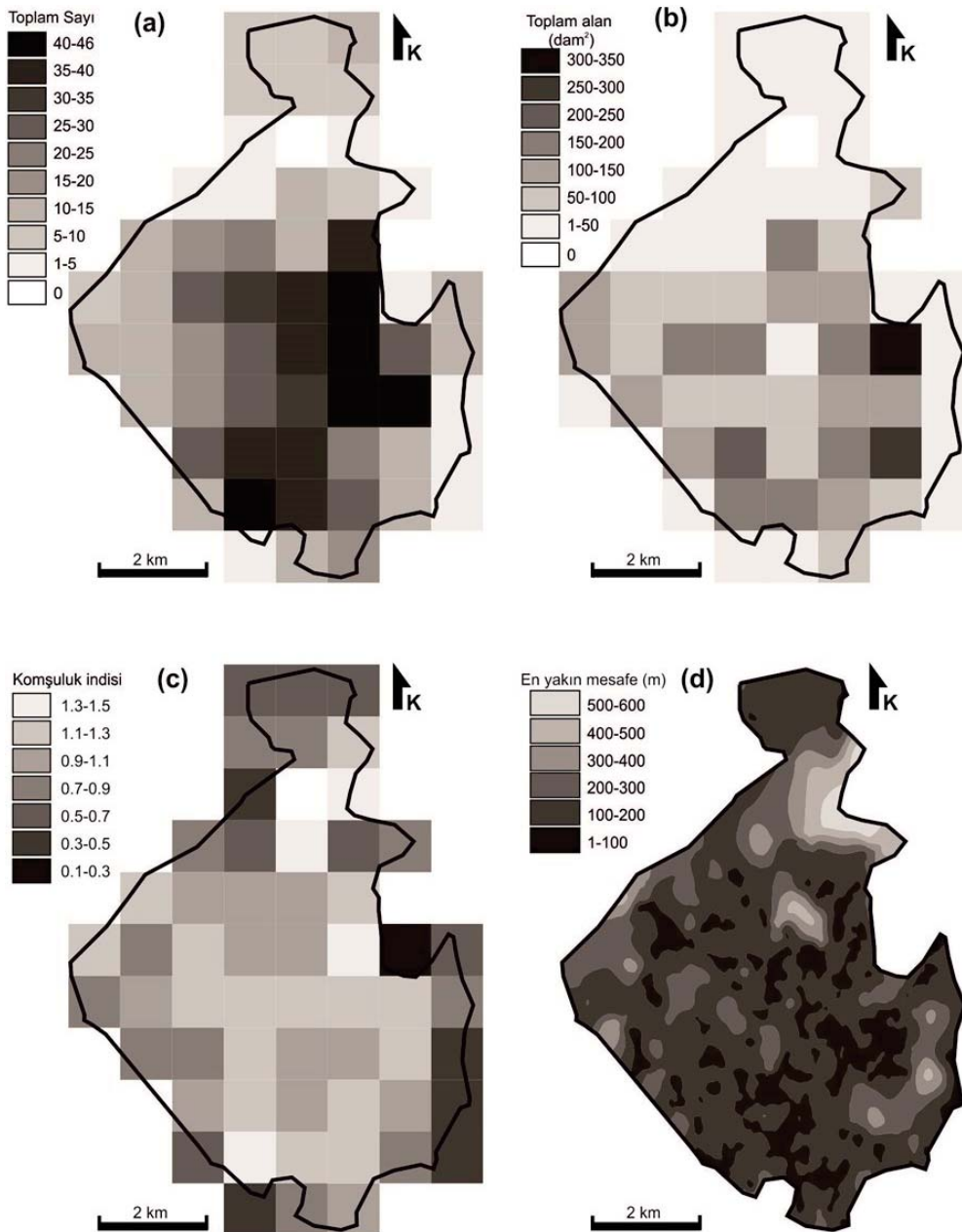
Şekil 9. Dolin ve uvalaların (a) dairesellik indisi, (b) uzun eksen/kısa eksen oranlarının frekans dağılımları.
Figure 9. Frequency distribution of (a) circularity index (b) long axis/short axis ratios of dolines and uvalas..

Araştırma alanında toplam olarak 992 adet erime çukuru tespit edilmiş olmakla birlikte bunların dağılışı homojen bir yapı göstermemektedir. Erime çukuru yoğunluğu 1-46 adet/km² arasında değişmekte, özellikle batı ve güney kesimlerinde yoğunluk artmaktadır. (Şekil 10a). Şekillerin dağılışına bağlı olarak km² içerisinde toplam dolin ve uvala farklılık gösterir ve km²'deki yoğunluğa paralel olarak toplam alanda batı kesiminde artış gösterir (Şekil 10b). Çeşitli çalışmalarda erime dolinlerinin maksimum yoğunlukları 110 adet/km² (Bener, 1965), 80 adet/km² (Özel, 2005) ve 166 adet/km² (Keskin, 2011) olarak belirtilmiştir. Bu değerler ile karşılaştırıldığında Tahtalı Dağları'ndaki dolin yoğunluğunun literatürde belirtilen diğer alanlardan düşük olduğu görülür.

Tüm inceleme alanı için en yakın komşuluk indisi değeri 1.08 yani rastgele çıkmaktadır. Gridler içerisinde ise bu indis değeri 0.1 yani kümeli ile 1.5 yani rastgele arasında değişir (Şekil 10c). Düşük indis değerleri inceleme alanının kenar kesimlerinde yer

alan gridlerde görülür. Bu durum inceleme alanı kenarında bulunan gridlerde az sayıda erime çukurunun gridin inceleme alanı içerisinde kalan küçük kesiminde toplanmasından kaynaklanır. Ancak erime çukuru sayısının fazla ve tamamının inceleme alanı içerisinde kaldığı gridlerde indis değeri rastgele çıkar. İnceleme alanı içerisinde önemli bir tektonik unsurun, litolojik farklılaşmasının olmaması şekillerinin rastgele bir dağılışı göstermesinde etkili olur. Rastgele dağılışı gösteren erime çukurları arasındaki mesafe ise 18 metre ile 579 metre arasında değişir (Tablo 1). En yakın mesafe değerinin de inceleme alanında düzenli bir dağılışı göstermesi rastgele dağılışı destekler (Şekil 10d).

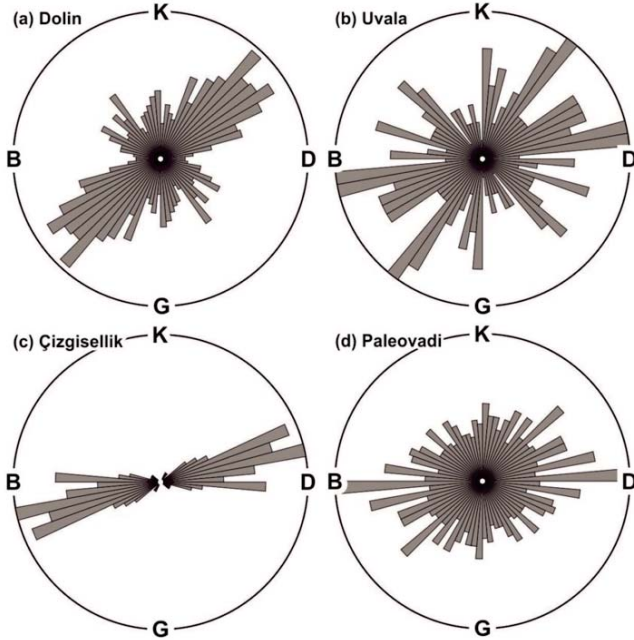
Dolin uzun eksenlerinin kuzey ile açılına göre uzun eksenler Tahtalı Dağları'nın genel uzanım doğrultusuna paralel olarak KD-GB doğrultusunda uzanır (Şekil 11a). Uvalalarda ise, tüm yönlere doğru bir uzanım görülmekte birlikte KD-GB ve DKD-BGB doğrultularının diğer yönlere göre daha baskındır (Şekil



Şekil 10. Dolin ve uvalaların toplam (a) sayısı (b) alanı ile (c) en yakın komşuluk indisi ve (d) en yakın mesafe değerlerinin dağılışı (gridler 1x1 km'lidir).

Figure 10. Distribution of total (a) number and (b) area, (c) nearest neighborhood indices (d) closest distance values of dolines and uvalas (grid cells have 1x1 km).

11b). Uydu görüntülerinden elde edilen çizgisellikler DKD-BGB doğrultusunda (Şekil 11c), paleovadiler ise tüm yönlere doğru bir uzanış gösterir (Şekil 11d).



Şekil 11. Dolin ve (b) uvalaların uzun eksenlerine, (c) uydu görüntüsünde elde edilen çizgiselliklere ve (d) paleovadi eksenlerine ait gül diyagramları.
Figure 11. Rose diagrams belong to longitudinal axis of (a) doline (b) uvalas, (c) lineaments obtained from satellite images and (d) paleovalley axis.

Gül diyagramları arasındaki ilişkiler incelendiğinde uvalaların gelişmesinde paleovadilerin, çizgisel yapıların ve dağın genel uzanım doğrultusunun etkili olduğunu görülür. Paleovadilerin doğrultularının ne dağın genel uzanımına ne de uydu görüntüsünden elde edilen çizgiselliklere uymaması bu vadilerin tektonik yükselmeden önce oluştuğunu gösterir. Paleovadiler tektonik yükselme sonucunda vadilerin askıda kalarak karstlaşmaya maruz kalması sonucunda gelişmiş olmalıdır. Dolinlerdeki doğrultunun paleovadiler ile uyum göstermemesi ise dolin oluşumunda paleovadilerin etkili olmadığını, dolinlerin gelişiminde kireçtaşı tabakalarının tiltlenmesi sonucunda tabaka yüzeyleri arasında ortaya çıkan boşlukların etkili olduğunu gösterir. Batı Toroslar'da (Nazik, 1985; Doğan, 2003), Sakarya Nehri-Göynük Çayı arasındaki karstik platoda (Tuncer, 2004), Çankırı civarında (Doğan, 2002) ve Sivas jips alanındaki (Keskin, 2011) dolinlerinin sıralanışı ve uzun eksenlerin doğrultularında da fay ve sürekizlik hatlarına paralellik görüldüğü belirtilmiştir. Ancak inceleme alanı içerisinde faylı ve çatlaklı herhangi bir yapının bulunmaması Tahtalı Dağları dolinlerinde tabaka yüzeyleri arasındaki boşlukların etkili olduğunu gösterir. Ancak dolinlerin genişleyip birleşmesi sonucunda oluşan uvalalar ise paleovadilere uygun bir gelişme gösterir. Andırın-Gebenköy dolaylarında (Atalay, 1987) Batı Toroslar'da Dumanlıdağ ve Katran dağı üzerinde de (Keser, 2007) paleovadilerin karstik çözünmeyi denetlediği belirtilmiştir. Kısaca Tahtalı Dağları'nda karstik çözünmenin başlangıcında tabakaların tiltlenme sonucunda dik konuma gelerek yüzeye çıkan ve zayıflık zonu oluşturan tabakalar arasındaki boşluklar etkili iken (Şekil 12), gelişme aşamasında paleovadiler daha belirleyicidir.

şumunda paleovadilerin etkili olmadığını, dolinlerin gelişiminde kireçtaşı tabakalarının tiltlenmesi sonucunda tabaka yüzeyleri arasında ortaya çıkan boşlukların etkili olduğunu gösterir. Batı Toroslar'da (Nazik, 1985; Doğan, 2003), Sakarya Nehri-Göynük Çayı arasındaki karstik platoda (Tuncer, 2004), Çankırı civarında (Doğan, 2002) ve Sivas jips alanındaki (Keskin, 2011) dolinlerinin sıralanışı ve uzun eksenlerin doğrultularında da fay ve sürekizlik hatlarına paralellik görüldüğü belirtilmiştir. Ancak inceleme alanı içerisinde faylı ve çatlaklı herhangi bir yapının bulunmaması Tahtalı Dağları dolinlerinde tabaka yüzeyleri arasındaki boşlukların etkili olduğunu gösterir. Ancak dolinlerin genişleyip birleşmesi sonucunda oluşan uvalalar ise paleovadilere uygun bir gelişme gösterir. Andırın-Gebenköy dolaylarında (Atalay, 1987) Batı Toroslar'da Dumanlıdağ ve Katran dağı üzerinde de (Keser, 2007) paleovadilerin karstik çözünmeyi denetlediği belirtilmiştir. Kısaca Tahtalı Dağları'nda karstik çözünmenin başlangıcında tabakaların tiltlenme sonucunda dik konuma gelerek yüzeye çıkan ve zayıflık zonu oluşturan tabakalar arasındaki boşluklar etkili iken (Şekil 12), gelişme aşamasında paleovadiler daha belirleyicidir.

5. Sonuç

Bu çalışmada Toroslar'ın yüksek karstik platolarından bir tanesi olan, Tahtalı Dağları karstik platosu üzerinde gelişen dolin ve uvalaların özellikleri CBS temelli olarak incelenmiştir. Plato üzerinde 846 adet dolin ve 146 adet uvala olmak üzere toplam 992 karstik erime çukuru tespit edilmiştir. Şekillerin çok büyük bir bölümü 2200-2350 metreleri arasında bulunur. Alanları 16 m² - 230000 m² arasında değişen şekillerin maksimum uzunlukları da 192 metre ile 816 metre arasında değişir. Ortalama 22 adet/km² yoğunluğa sahip şekiller maksimum 46 adet/km² yoğunluğa ulaşır. Dolinlerin dairesellik değerleri ve uzun eksen/kısa eksen oranları şekillerin dairesellik özelliklerini koruduklarını ve önemli bir eliptik yapı oluşturmadıklarını, en yakın komşuluk analizi ve en yakın mesafe değerleri ise, şekillerin dağılışının rastgele olduğunu gösterir. Bu durum karstik plato yüzeyinde dolin morfolojisini etkileyen fay gibi önemli bir



Şekil 12. Dolinlerin gelişimindeki en önemli unsur olan tabakalar arasında oluşan boşluklar.
Figure 12. Dolinlerin gelişimindeki en önemli unsur olan tabakalar arasında oluşan boşluklar.

yapısal faktörün olmamasından kaynaklanır. Ancak gül diyagramları dolin uzun eksenlerinin dağın genel uzanım doğrultusuna paralel olarak KD-GB doğrultusunda uzandığını, uvalaların uzun eksenleri ile uydu görüntüsünden elde edilen çizgisellikler ve paleovadi eksenleri arasında ise önemli bir ilişki olduğunu gösterir. Bu ilişki Tahtalı Dağları'nda karstik çözünmenin tiltlenme nedeniyle dik konumdaki tabaka yüzeyleri arasında oluşan boşluklarda başladığını, paleovadilere uyararak devam ettiğini gösterir.

Katkı belirtme

Arazi çalışmasındaki katkılarından dolayı Emrah ÖZPOLAT'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Alagöz, C. A. (1944). Türkiye'de karst olayları hakkında bir araştırma. Türk Coğrafya Kurumu Yayınları Sayı: 1, Ankara.
- Anica, C.G., Mojca, Z. (2010). The impact of human activities on dolines (sinkholes) – typical geomorphologic features on karst (Slovenia) and possibilities of their preservation. *Geographica Pannonica* 14 (4): 109-117
- Angel J.C., Nelson, D.O., Panno, S.V. (2004). Comparison of a new GIS-based technique and a manual method for determining sinkhole density: An example from Illinois' sinkhole plain. *Journal of Cave and Karst Studies*, 66 (1): 9-17.
- Atalay, İ. (1987). Türkiye jeomorfolojisine giriş, 2. Basım. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 9.
- Atalay, İ. (1991). Soil forming in the karstic terrains of Turkey. *Bulletin of Geomorphology* 19: 139-144.
- Atalay, İ., Efe, R., Soykan, A. (2008). Mediterranean ecosystems of Turkey: Ecology of Taurus Mountains. In: Efe, R., Cravins, G., Öztürk, M., Atalay, İ. (Eds). *Environment and Culture in the Mediterranean Region I*: 3-37.
- Atayeter, Y. (2005). Batı Toroslar'da Aksu Çayı Havzası'nın karst jeomorfolojisi. *Burdur Eğitim Fakültesi Dergisi* 6 (10): 87-100
- Aydın, H. (2005). Harmanköy-Beyayla (Bilecik) Karst Sisteminin Morfoloji-Hidrojeoloji İlişkileri açısından İncelenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 206s. Ankara.
- Bárány-Kevei, I. (2011). Changes in the vegetation of dolines in Aggtelek and Bükk Mountains. *Acta Climatologica et Chorologica* 44-45: 25-30
- Bahtijarevic, A. (1996). Morphometric analysis of the Northern Florida karst. University of South Florida, MA thesis, 96 p.
- Bener, M. (1965). Göksu Vadisi ve Taşeli platolarında karst. İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Buldur, A.D. (1991). Karaman-Çumra (Konya) Arasındaki Karstik Şekiller. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Chenoweth, M.S. (1997). The Spatial Distribution and Morphometric Analysis of Dolines Buffalo National River, Newton County Arkansas. University of Miami, Unpublished thesis.
- Clark, P. J., Evans, F. C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35: 445-453.
- Culver, D.C., Pipan, T., Schneider, K. (2009). Vicariance, dispersal and scale in the aquatic subterranean fauna of karst regions. *Freshw Biol* 4(54):918-29.
- Cvijic, J. (1893). Das Karstphanomen. Versuch einer morphologischen Monographie. *Geographische Abhandlungen*. 5 (3): 218-329
- Çilgin, Z., Bayrakdar, C., Oliphant, J. S. (2014). An example of polygenetic geomorphologic development (Karst/Glacial-Tectonics) on Munzur Mountains: Kepir Cave-Elbaba spring karstic system. *International Journal of Human Sciences*, 11(1), 89-104.
- Çiçek, İ. (2001). Mut ve yakın çevresinin jeomorfolojisi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 11 (2): 1-20.
- Dalkılıç, H. (2009). 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:124, Kayseri-L35 Paftası. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Davis, J.C. (1986). *Statistics and data analysis in geology*. John C. Wiley & Sons, 646 pp., New York.
- Demirbaş, İ. (2012). Sarıçiçek Dağı'nda (Alucra/Giresun) Karstlaşma ve Karstik Şekiller. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. *Journal of Cave and Karst Studies* 65 (1): 29-35.
- Doğan, U. (2002). Çankırı doğusunda jips karstlaşmasıyla oluşan sübidans dolinleri. *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* 22 (1): 67-82.
- Doğan, U. (2003). Dipsiz Göl Kapalı Havzası'ndaki çökme ve sübidans dolinleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 13 (2): 1-21.
- Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar, *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 24 (1): 249-269.
- Doğu, A.F., Çiçek, İ., Gürgen, G. (1995). Orta Toroslar (Seydişehir-Gülner) Karstlaşma Tipleri. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 3: 130-139.
- Efe, R. (2014). Ecological properties of vegetation formations on karst terrains in the Central Taurus Mountains (Southern Turkey). *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 120: 673-679.
- Ege, İ., Tonbul, S. (2003). Tufanbeyli havzası ve yakın çevresinin (Adana) jeomorfolojisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 1(2), 103-122
- Ekmekçi, M., Nazik, L. (2004). Evolution of Golpazarı-Huyuk karst system (Bilecik-Yurkey): indications of morpho-tectonic controls. *International Journal of Speleology* 33 (1/4): 49-64
- Elhatip, H. (1997). The influence of karstic features on environmental studies in Turkey. *Environmental Geology* 31 (1-2), 27-33.
- Erinç S. (1996). *Klimatoloji ve Metodları (Genişletilmiş 4. Baskı)*. Alfa Yayınları, İstanbul.
- Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II* (3. Basım, Güncelleştirenler: Ertek, T.A. ve Güneysu, C.). Der Yayınları, Yayın no: 294, İstanbul.
- Eroskay, O, Günay, G. (1979). Tecto-genetic classification and hydrogeological properties of the karst regions in Turkey. *International Seminar on Karst Hydrogeology, Proceeding; 1-41 Antalya, Turkey*
- Faivre, S., Reiffsteck, P. (1999). Spatial distribution of dolines as an indicator of recent deformations on the Velebit mountain range (Croatia). *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement* 2: 129-142.
- Ford, D.C., Williams, P.W. (2007). *Karst Geomorphology and Hydrology*, London: Chapman and Hall.
- Günay, G. (2009). Case Study: Geological and hydrogeological properties of Turkish karst and major karstic springs. In: Kresic, N., Stevanovic, Z. (eds) *Groundwater Hydrology of Springs*, 479-197.
- Güneysu, A.C. (1993). Batı Toroslar'da neotektonik hareketleri karstlaşma üzerindeki etkileri ve karstlaşmanın evrimi. *Türk Coğrafya Dergisi* 28: 329-336.
- Jennings, J.N. (1971). *Karst*. Cambridge: The M.I.T. Pres.
- Jemcov, I., Cupkovic, T., Pavlovic, R., Stevanovic, Z. (2001). An example of the influence of fault patterns on karst development. In: Günay, G., Johnson, K.S., Ford, D., Johnson, A.I. (eds) *Present State and Future Trends of Karst Studies*, 703-709.
- Keser, N. (2007). Akyazı (Lengüme) Depresyonu ve Akdağ güneyinin (Batı Toroslar) jeomorfolojisi. *Türk Coğrafya Dergisi* 48: 111-132.
- Keskin, İ. (2011). Jipslerde Dolinlerin Oluşum Mekanizmaları Açısından Süreksizlik Özelliklerinin Etkilerinin Araştırılması: Kuzeydoğu Sivas Örneği. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Sivas.
- Koçak, İ. (2003). Döşemealtı platosu kuzeybatısında (Antalya) karst-orman tahribatı ilişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Eğitim Fakültesi Dergisi* 4(5):129-146.
- Lewin, J., Woodward, J. (2009). *Karst Geomorphology and Environmental Change In: The Physical Geography of the Mediterranean*, ed. Woodward, J.C, 287-317.

- Nazik, L. (1985). Beyşehir Gölü (Konya) Yakın Güneyi Karst Jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin incelenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi* 14: 65-77.
- Nazik, L. Tuncer, K. (2010). Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi, Karst ve Mağara Araştırmaları* 1: 7
- Özel, S. (2005). Hafik-Ekinli Arasında (Kızılırmak Çevresinde) Jips Karstı. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Özşahin, E. (2013). Amanos Dağlarında bir paleokarstik vadinin jeomorfolojik özellikleri ve gelişimi. *Turkish Studies*8(9): 2111-2128.
- Öztaş, T. (1992). Boğsak karst kaynağı (Mersin-Taşucu) dolayının karst ve karstlaşma özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği* 41: 118-130.
- Palmquist, R.C. (1977). Distribution and density of dolines in areas of mantled karst. In: Dilamarter, R.R., Csallany, S.C. *Hydrologic Problems in Karst Regions*. Bowling Green Kentucky: Western Kentucky University Press.
- Pekcan, N. (1999). Karst Jeomorfolojisi. Filiz Kitabevi, İstanbul.
- Sauro, U. (2003). Dolines and sinkholes: Aspects of evolution and problems of classification. *Acta carsologica* 32/ 2: 41-52.
- Tonbul, S., Ege, İ. (2002). Tahtalı Dağlarında buzul şekilleri. *Doğu Coğrafya Dergisi* 7: 165-187.
- Tuncer, K. (2004). Sakarya Nehri-Göynük Çayı Çatak Çayı Arasındaki Sahanın Karst Jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Valois, R., Camerlynck, C., Dhemaied, A., Guerin, R., Hovhannissian, G., Plagnes, V., Rejiba, F., Robain, H. (2011). Assessment of doline geometry using geophysics on the Quercy plateau karst (South France). *Earth Surface Processes and Landforms* 36: 1183-1192.
- Zeybek, İ. (2010). Canik Dağlarının güneydoğu bölümünde karstlaşma ve karstik şekiller. *Doğu Coğrafya Dergisi* 24: 93-115.
- <https://www.gezgin.gov.tr/rasat/app/main;jsessionid=A9852AC7620B4DBB9D76D7B6B3CEDFBA?execution=e1s1> son erişim tarihi 5 Temmuz 2015.