

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**YUKARI KIZILIRMAK HAVZASI JİPS KARSTININ
MORFOMETRİK VE MORFOJENETİK ÖZELLİKLERİ**

DOKTORA TEZİ

MURAT POYRAZ

BALIKESİR, 2021

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**YUKARI KIZILIRMAK HAVZASI JİPS KARSTININ
MORFOMETRİK VE MORFOJENETİK ÖZELLİKLERİ**

DOKTORA TEZİ

MURAT POYRAZ

TEZ DANIŞMAN

PROF. DR. ABDULLAH SOYKAN

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ LÜTFİ NAZİK

BALIKESİR, 2021

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Coğrafya Anabilim Dalı'nda 201712516002 numaralı Murat POYRAZ'ın hazırladığı "YUKARI KIZILIRMAK HAVZASI JİPS KARSTININ MORFOMETRİK VE MORFOJENETİK ÖZELLİKLERİ" konulu DOKTORA tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 24/08/2021 tarihinde yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezin onayına OY BİRLİĞİ ile karar verilmiştir.

Prof. Dr. Abdullah SOYKAN
(Danışman)

Prof. Dr. İsa CÜREBAL
Üye

Prof. Dr. Alaattin KIZILÇAOĞLU
Üye

Doç. Dr. Muhammed Zeynel ÖZTÜRK
Üye

Doç. Dr. Musa ULUDAĞ
Üye

...../...../2021

Enstitü Onayı

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

24/08/2021

İmza

Murat POYRAZ

ÖNSÖZ

Türkiye'nin geniş bir bölümü karst morfolojisine ait şekillerden meydana gelmiştir. Söz konusu topoğrafyalarda karbonatlı kayaçların yanı sıra jipsler de yer alır. Yukarı Kızılırmak Havzası ülkemizde jips karstının en yaygın olduğu bölgedir. Günümüze kadar bu saha ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Söz konusu doktora tezi ile daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak jips karstının morfometrik ve morfojenetik özellikleri hem topoğrafya haritaları hem uydu görüntüleri kullanılarak ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Lisans ve lisansüstü eğitim-öğretim sürecim boyunca kazandırmış olduğu bilgi ve tecrübenin yanı sıra maddi ve manevi destekleriyle de her zaman yanımda olan, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum danışmanım Prof. Dr. Abdullah SOYKAN'a minnettarım. Jeomorfoloji konusunda özellikle de Karst Jeomorfolojisi konusunda engin bilgi birikimi ve tecrübesiyle akademik anlamda gelişmemde çok büyük katkıları olan ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Lütü NAZİK'e şükranlarımı sunarım. Doktora tezimin her aşamasında yanımda olan, benden desteklerini esirgemeyen ve en önemlisi insan hayatının en kıymetli ve yerine konulamaz sermayesi olan zamanını bana ayıran Doç. Dr. Muhamed Zeynel ÖZTÜRK'e özellikle teşekkür ederim. Ayrıca yine lisans ve lisansüstü eğitim-öğretimim boyunca bilgi ve önerilerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. İsa CÜREBAL'a, tez hazırlama sürecinde ve arazi çalışmalarında vermiş oldukları desteklerden dolayı Dr. Mustafa UTLU ve Dr. Öğr. Üyesi Mesut ŞİMŞEK'e, doktora sürecinde resmi işlerin takibi ve diğer destekleri için Dr. Yunus Emre MUTLU ve Furkan İNAN'a, insansız hava aracı desteği için Arga Grup Yönetim Kurulu Başkanı Hacı İbrahim ARGAY'a, tezin dil editörlüğünü yapan Dr. Öğr. Üyesi Fatih DİNÇER ve Araş. Gör. Dilara AVCI'ya çok teşekkür ederim.

Bu süreçte her zaman beni destekleyen kıymetli eşim Dr. Öğr. Üyesi Özlem POYRAZ'a ve son olarak her koşulda yanımda olan, beni yetiştiren annem Ayşe ve babam Şerif'e teşekkür ederim.

BALIKESİR, 2021

MURAT POYRAZ

ÖZET

YUKARI KIZILIRMAK HAVZASI JİPS KARSTININ MORFOMETRİK VE MORFOJENETİK ÖZELLİKLERİ

POYRAZ, Murat

Doktora Tezi, Coğrafya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah SOYKAN

İkinci Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Lütfi NAZİK

2021, 115 Sayfa

Jipsler, karbonatlı kayalardan sonra Türkiye'nin en yaygın karstik kayacını oluştururlar. Yukarı Kızılırmak Havzası, ülkemizde jips karstının en yaygın ve karakteristik şekillerin bulunduğu alanların başında yer alır. Bu havzadaki jips karstının en yaygın ve ilginç şeklini dolinler oluşturur. Bu dolinler, önceki birçok çalışmada incelenmiştir. Ancak bu çalışmalar küçük alanlarda yapıldığı için; Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki dolinlerin genelinin morfometrik özellikleri ve alansal dağılışı özellikleri tam olarak ortaya konulamamıştır. Tespit edilen bu eksiklikten yola çıkılarak, çalışmada söz konusu alanda gelişmiş olan dolinlerin morfometrik ve alansal dağılışı özellikleri arazi çalışmaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Dolinlerin morfometrik özelliklerini ve dağılışılarını belirlemek için 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ve 1/3.000-1/5.000 ölçekli uydu görüntüleri kullanılmıştır. Haritalama çalışmalarıyla topoğrafya haritalarından 10.651 dolin ve uydu görüntülerinden 42.127 dolin tespit edilmiştir. Yoğunluk hesaplamaları jips sınırı dikkate alınarak ve Kernel Yöntemi'ne göre yapılmıştır. Topoğrafya haritalarına göre maksimum dolin yoğunluğu 127 dolin/km²'ye ulaşırken, uydu görüntülerine göre ise maksimum yoğunluk 237 dolin/km²'ye kadar çıkmaktadır. Elde edilen yoğunluk dağılışılarında; topoğrafya haritalarına göre jipsin %47.6'sında, uydu görüntülerinde ise jipsin %26.2'sinde dolin gelişimi görülmemektedir. Dolin yoğunluk sınıflamasına göre düşük ve çok düşük yoğunluktaki alanlar her iki veride de yaklaşık %46'luk orana sahiptir. Yüksek ve çok

yüksek yoğunluktaki alanlar, topoğrafya haritalarında %0.7'lik bir alan kaplarken, uydu görüntülerinde %15.3'lük bir alan kaplamaktadır. Yoğunluğun alansal dağılımlarına göre maksimum yoğunluklar, jipsi kuzeyde sınırlayan bindirme hattına paralel olarak doğu-batı doğrultusunda uzanan, yüksek plato karakterindeki alan üzerinde görülür. Yükselti basamaklarına göre dolin yoğunluğu, topoğrafya haritalarına göre 1255-2300 metreler arasında, uydu görüntülerine göre 1293-2330 metreleri arasında dağılım göstermektedir. Dolinlerin %90'dan fazlası topoğrafya haritalarına göre 1390-1776 metreler arasında, uydu görüntülerine göre 1514-1658 metreler arasında yer alırlar. Yoğunluğun en fazla olduğu yükselti basamağı topoğrafya haritalarında 1600-1650 metreler arasında (%19.94), uydu görüntülerinde 1500-1550 metreler (%19.2) arasında yer alır. Dolinlerin uzama oranında ortalama değer 1.43'tür. Uzama oranı sınıflamasına göre dolinlerin %48'i eliptik, %22'si uzamış, %21'i dairesel-yarı dairesel ve %9'u yarı eliptik şekillere sahiptirler. Ortalama alanı 1111 m², çevre uzunlukları 127 metre olan dolinlerin %50'sinin alanı 513-2911 m²'ler arasında, çevre uzunlukları 86-210 metreler arasındadır. Bu iki veriden elde edilen dairesellik değerinin ortalaması 1.15'tir. Dolinlerin uzun eksenlerine göre belirlenen yönelimlerinde hâkim yön KD-GB, ikinci baskın yön ise KB-GD istikametlidir. Bu durum sahanın farklı tektonik kuşaklar arasında yer alması, tabaka doğrultuları ve çatlak sistemleriyle ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Jips, Karst, Dolin, CBS, Sivas

ABSTRACT

MORPHOMETRIC AND MORPHOGENETIC PROPERTIES Of GYPSUM KARST IN UPPER KIZILIRMAK BASIN

POYRAZ, Murat

PhD Thesis, Department of Geography

Advisor: Prof. Dr. Abdullah SOYKAN

Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Lütfi NAZİK

2021, 115 pages

Gypsum is the most common karst rock in Turkey after carbonate rocks. Upper Kızılırmak Basin is one of the most common and characteristic forms of gypsum karst in our country. Dolines the most common and interesting form of gypsum karst in this basin. These dolines had been studied in many former studies. Nevertheless, since these studies were carried out in small areas; the morphometric characteristics and spatial distribution characteristics of the dolines in the Upper Kızılırmak Basin could not be fully revealed. On the basis of this identified shortcoming, the morphometric and spatial distribution characteristics of the dolines developed in the area in question were revealed by field studies and Geographical Information Systems-based studies. 1/25.000 scale topographic maps and 1/3.000-1/5.000 scale satellite images were used to determine the morphometric properties and distribution of dolines. 10.651 dolines were detected from topographic maps and 42.127 dolines were detected from satellite images. Density calculations were made by considering the gypsum limit and using the Kernel Method. According to topographic maps, the maximum doline density reaches 127 dolines/km², whereas according to satellite images, the maximum density reaches 237 dolines/km². In the density distributions obtained, 47,6 % of the gypsum according to the topographic maps and 26,2 % of the gypsum in the satellite images do not show doline development. According to the higher density classification areas with low and very low density have a ratio of approximately 46% in both data. Areas of high and very high density occupy 0,7% in topographic maps and 15,3% in satellite images. According to the areal distributions of the densities, the maximum densities are seen

on the high plateau character extending in the east-west direction parallel to the thrust line limiting the gypsum to the north. According to the elevation steps, the density of the doline varies between 1255-2300 meters according to the topographic maps, and between 1293-2330 meters according to the satellite images. More than 90% of the dolines are located between 1390-1776 meters according to the topographic maps and between 1514-1658 meters according to the satellite images. The highest density elevation is between 1600-1650 meters (19.94%) on topographic maps and between 1500-1550 meters (19.2%) on satellite images. The average value in the elongation ratio of dolines is 1.43. According to the elongation rate classification, 48% of dolines have elliptical shapes, 22% elongated, 21% circular-semicircular, and 9% semi-elliptical shapes. The average area is 1111 m², the area of 50% of dolines with a perimeter length of 127 meters is between 513-2911 m², and the perimeter length is between 86-210 meters. The average of the circularity value obtained from these two data is 1.15. In the direction of the dolines determined according to their long axes, the dominant direction is NW-SW, the second dominant direction is NW-SE. This situation is related to the fact that the area is located between different tectonic belts, layer directions and fissure systems.

Keywords: Gypsum, Karst, Doline, GIS, Sivas

Bu çalışmayı; Biricik kızım Ayşegül Alpin'e

İthaf ediyorum

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem.....	2
1.2. Amaç ve Kapsam.....	3
1.3. Önem.....	3
1.4. Sınırlılıklar.....	4
1.5. Tanımlar.....	4
1.6. Araştırma Soruları.....	5
1.7. Araştırma Sahasının Konumu.....	5
2. İLGİLİ ALAN YAZIN	8
2.1. Kuramsal Çerçeve.....	8
2.2. Dolin Morfometrisi Çalışmaları.....	11
2.3. İnceleme Sahasını İlgilendiren Önceki Çalışmalar.....	15
3. YÖNTEM	18
3.1. Araştırmanın Modeli.....	18
3.2. Evren ve Örneklem.....	18
3.3. Veri Toplama Araçları ve Teknikleri.....	18
3.4. Verilerin Toplanma Süreci.....	19
3.4.1. Literatür Taraması.....	19
3.4.2. Arazi Çalışmaları.....	19
3.4.3. Haritalama Çalışmaları.....	19
3.5. Verilerin Analizi.....	21
3.5.1. Morfometrik Çalışmalar.....	21
4. FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ	25
4.1. Jeolojik Özellikler.....	25
4.1.1. Formasyonlar.....	28

4.1.2.	Stratigrafi ve Tektonizma	38
4.1.3.	Jips	41
4.2.	Genel Jeomorfolojik Özellikler	44
4.3.	İklim Özellikleri	53
4.3.1.	Sıcaklık.....	54
4.3.2.	Yağış	56
4.4.	Hidrografik Özellikler	63
5.	BULGULAR VE YORUMLAR.....	70
5.1.	Yoğunluğun Alansal Dağılışı	70
5.2.	Yoğunluğun Yükselti Basamaklarına Göre Dağılımı	77
5.3.	Uzun eksen (U), Kısa eksen (K) ve Uzama oranı (R_E).....	81
5.4.	Alan (A), Çevre Uzunluğu (P) ve Dairesellik İndisi (I_c).....	85
5.5.	Yönelim	89
6.	TARTIŞMA.....	92
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
7.1.	Sonuç.....	94
7.2.	Öneriler.....	96
KAYNAKÇA.....		97
EKLER.....		105

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Karbonatlı Kayaların Dağılımı ve Çalışma Sahası.....	1
Şekil 2: Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası (Orijinali Ek-1’de).....	6
Şekil 3: Türkiye Karst Bölgeleri Haritası.....	7
Şekil 4: Dolin Tiplerinin Blok Diyagramları.....	9
Şekil 5: Çözünme Dolini İçerisinde Gelişmiş Olan Örtü Kayası Çökme Dolini.....	10
Şekil 6: Göllerle Kaplı Çökme Dolinleri.....	10
Şekil 7: Çözünme Dolini.....	11
Şekil 8: Dolin Morfometrisinde Kullanılan Temel Parametreler.....	21
Şekil 9: Türkiye’deki Tektonik Birlikler Haritası.....	25
Şekil 10: Çalışma Alanındaki Kayaçların Jeolojik Zamanlara Göre Dağılımı.....	26
Şekil 11: Çalışma Alanını Oluşturan Kayaçların Jeolojik Dönemlere Göre Dağılımı.....	27
Şekil 12: Çalışma Alanı İçerisindeki Kayaç Türlerinin Alansal Dağılışı.....	27
Şekil 13: Çalışma İçerisindeki Formasyonların Dağılışı.....	28
Şekil 14: Çalışma Alanına Ait Ayrıntılı Jeoloji Haritası (Orijinali Ek-2’de).....	28
Şekil 15: Çalışma Alanının Kuzeybatısında Yer Alan Gnays ve Şistler.....	29
Şekil 16: Eğribucak, Gerne Köyü Civarlarında Kumtaşlarının Görünümü.....	35
Şekil 17: Karacaören Formasyonu’na ait Kumtaşı-Marn-Kiltaşı Ardalanımına Ait Bir Görünüm.....	35
Şekil 18: Özdere’nin Alüvyonlarına Ait Bir Görünüm.....	38
Şekil 19: Çalışma Alanına Ait Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesit.....	40
Şekil 20: Çalışma Alanına Ait Fay Haritası.....	41
Şekil 21: Çalışma Alanı İçerisindeki Jipslerin Yaş ve Litolojilerine Göre Dağılımları.....	44
Şekil 22: Yukarı Kızılırmak Havzası Yükselti Basamaklarının Alansal Dağılışı.....	45
Şekil 23: Yukarı Kızılırmak Havzası’nın Hipsometrik Özellikleri.....	46
Şekil 24: Yukarı Kızılırmak Havzası’nın Eğim Değerlerinin Alansal Dağılışı.....	48
Şekil 25: Yukarı Kızılırmak Havzası Eğim Haritası.....	48
Şekil 26: Yukarı Kızılırmak Havzası’nın TPI Yöntemine Göre Elde Edilen Arazi Sınıflarının Alansal Dağılışı.....	49

Şekil 27: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın TPI Yöntemine Göre Elde Edilen Arazi Şekillerinin Dağılışı (Orijinali Ek-3'de)	50
Şekil 28: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Sayısal Yükseklik Modeli	51
Şekil 29: Acısu Kanyonu'ndan Bir Görünüm	52
Şekil 30: Acısu Kanyonu Üzerinde Gelişmiş Olan Asılı Vadiye Ait Bir Görüntü ...	52
Şekil 31: Erinç Yağış Etkinlik İndisinin Alansal Dağılışı ve Çalışma Alanının Konumu	53
Şekil 32: Türkiye'nin Köppen-Geiger Alt İklim Tipleri ve Çalışma Alanının Konumu	54
Şekil 33: Yukarı Kızılırmak Havzası'nda Ortalama Sıcaklık Dağılışı	55
Şekil 34: Sivas Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri	56
Şekil 35: Zara Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri	56
Şekil 36: Yukarı Kızılırmak Havzası'nda Toplam Yağış Dağılışı	57
Şekil 37: Sivas İstasyonu Verilerine Göre Yağışlı Günler Ortalaması ve Kar Yağışı	58
Şekil 38: Zara İstasyonu Verilerine Göre Yağışlı Günler Ortalaması ve Kar Yağışı	58
Şekil 39: Sivas İstasyonu Verilerine Göre Ortalama Toprak Sıcaklıkları	59
Şekil 40: Zara İstasyonu Verilerine Göre Ortalama Toprak Sıcaklıkları	60
Şekil 41: Sivas'ın Thornthwaite Yöntemine Göre Su Diyagramı	62
Şekil 42: Zara'nın Thornthwaite Yöntemine Göre Su Diyagramı	63
Şekil 43: Strahler yöntemine göre Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Dizinleri	65
Şekil 44: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Drenaj Yoğunluğunun Alan Üzerinde Dağılışı	69
Şekil 45: Eğim Değerlerinin ve Drenaj Yoğunluğunun Arttığı Alanlardan Bir Örnek	70
Şekil 46: (a) 1/25000 Ölçekli Topoğrafya Haritasında ve (b) Uydu Görüntüsü Üzerinde Dolinlerin Gösterimi	71
Şekil 47: Topoğrafya Haritaları ve Uydu Görüntülerine Göre Dolin Dağılıklarının Sütun Grafiği	72
Şekil 48: Kızılırmak Kuzeyi, Sivas İl Merkezinin Batısından (a-b) ve İmranlı'dan (c-d) Dolinlere Ait Görünümler	73
Şekil 49: Çalışma Sahasında Dolinlerin Yoğun Olarak Bulunduğu Alanlar	74

Şekil 50: (a) 1/25.000 Ölçekli Topoğrafya Haritaları ve (b) 1/3000-1/5000 Ölçekli Uydu Görüntülerine Göre Dolin Yoğunluklarının Dağılışı Haritaları (Orijinali Ek-4'de).	75
Şekil 51: (a) 1/25.000 Ölçekli Topoğrafya Haritaları ve (b) 1/3000-1/5000 Ölçekli Uydu Görüntülerine Göre Dolin Yoğunlukları ve Fayların Dağılışı Haritaları.	76
Şekil 52: Uydu Görüntüsü ve Topografya Haritaları Üzerindeki Dolinlerin Jips Alanına Göre Dağılışı.	78
Şekil 53: Topoğrafya Haritaları ve Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Dolinlerin Yükselti Basamaklarına Göre Dağılımı.	79
Şekil 54: Topoğrafya Haritaları ve Uydu Görüntülerinden Tespit Edilen Dolinlerle Jips Alanının Yükselti Basamaklarına Göre Frekans Dağılımları.	80
Şekil 55: Uzun Eksen ve Kısa Eksen Değerlerine Ait Kutu Grafiği.	82
Şekil 56: 1/25.000'lik Topoğrafya Haritalarına Göre Alandaki Dolinlerin Uzun ve Kısa Eksen Uzunluklarına Göre Saçılım Grafiği.	82
Şekil 57: Dolinlerin (a) Uzun Eksen ve (b) Kısa Eksen Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı (Orijinali Ek: 5 ve 6'da).	83
Şekil 58: Dolin Sınıflanmasına Göre Yüzdelerik Dağılım.	84
Şekil 59: Uzama Oranı Değerlerinin Kütle Üzerindeki Dağılışının Genel Görünümü (üstte) ve Yakınlaştırılmış Görünümü (altta) (Orijinali Ek-7'de).	85
Şekil 60: Alan ve Çevre Değerlerine Ait Kutu Grafiği.	86
Şekil 61: Dairesellik Sınıflanmasına Göre Yüzdelerik Dağılım.	87
Şekil 62: 1/25.000'lik Topoğrafya Haritalarına Göre Alandaki Dolinlerin Alan ve Çevre Değerlerine Göre Saçılım Grafiği.	87
Şekil 63: Dolinlerin (a) Alan ve (b) Çevre Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı (Orijinali Ek: 8 ve 9'da).	88
Şekil 64: Dairesellik İndisi Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı (Orijinali Ek-10'da).	89
Şekil 65: Çalışma Alanındaki Dolinlerin Uzun Eksen Yönelimlerini Gösteren Gül Diyagramı.	90
Şekil 66: Çalışma Alanındaki 2.5x2.5 km'lik Gridler İçerisinde Kalan Dolinlerin Uzun Eksenlerinin Yönelimlerine Ait Gül Diyagramlarının Alansal Dağılışı (Orijinali Ek-11'de).	91

ÇİZELGELER LİSTESİ

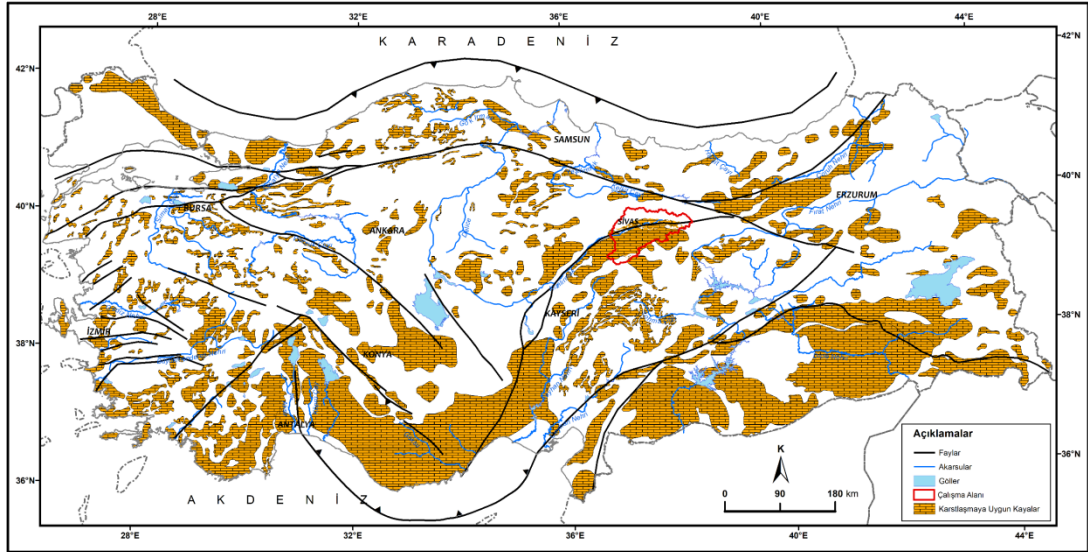
Çizelge 1: Dolin Morfometrisinde Yaygın Olarak Kullanılan Formüller.....	24
Çizelge 2: Jeolojik Zamanlara Ait Arazilerin Alansal ve Yüzde Olarak Dağılımı....	26
Çizelge 3: Jips Özelliklerini Gösterir Çizelge.....	42
Çizelge 4: Jips örneklerinde Flor (F), Lityum (L), Stronsiyum (Sr), Magnezyum (Mg) içeriklerinin ortalama değerleri.....	43
Çizelge 5: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Eğim Sınıflaması ve Alansal Dağılışı	47
Çizelge 6: Sivas meteoroloji istasyonu (1950-2014) 1285 m (Kırmızı ile gösterilen yerler, yıllık ortalamamın üzerinde olan değerlerdir.)	60
Çizelge 7: Zara meteoroloji istasyonu (1964-2014) 1348 m (Kırmızı ile gösterilen yerler, yıllık ortalamamın üzerinde olan değerlerdir.)	61
Çizelge 8: Akarsu Havzalarının Morfometrik ve Hidrografik Özelliklerini Belirlemek İçin Kullanılan Parametreler	64
Çizelge 9: Strahler Yöntemine Göre Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Dizin Özellikleri.....	65
Çizelge 10: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Çatallanma Oranı.	66
Çizelge 11: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Uzunluk Oranı.....	67
Çizelge 12: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Drenaj Sıklığı ve Alansal Dağılışı.	68
Çizelge 13: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Morfometik Özellikleri.	69
Çizelge 14: Dolin Yoğunluk Sınıflandırması.....	72
Çizelge 15: Dolinlerin Yükseltilerine Ait İstatistik Değerleri	77
Çizelge 16: Uzun Eksen, Kısa Eksen ve Uzama Oranına Ait İstatistiksel Değerler..	81
Çizelge 17: Uzama Oranı Değerine Göre Dolin Sınıflandırması.....	84
Çizelge 18: Alan, Çevre Uzunluğu ve Dairesellik İndisine Ait İstatistiksel Değerler	86

KISALTMALAR LİSTESİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
SYM-DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
İHA	: İnsansız Hava Aracı
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
TPI	: Topoğrafik Pozisyon İndeksi
YKH	: Yukarı Kızılırmak Havzası

1. GİRİŞ

Karstik bölgeler, kendine özgü hidrolojisi ve hidrojeolojisi, yoğun gözenekliliğe bağlı hızlı çözünme özellikleri ile karakteristik yüzey ve yeraltı şekillerine sahip alanlardır (Jennings, 1971; Öztürk, Şimşek ve Utlı, 2015). Dünya üzerinde özellikle Kuzey Yarımküre’de yaygın olarak, Güney Yarımküre’de ise nispeten daha kısıtlı alanlarda yayılış gösteren karstik bölgeler, karasal alanların yaklaşık %20’sini kaplamaktadır (Ford ve Williams, 1989). Türkiye’nin ise %40’ı çözünmeye uygun karbonatlı ve evaporitik kayalardan meydana gelmiştir (Şekil 1). Mağaralar da dikkate alınacak olursa bu oranın %60’ları geçeceği öngörülmektedir (Ekmekçi, 2005; Nazik ve Poyraz, 2017).



Şekil 1: Karbonatlı Kayaların Dağılımı ve Çalışma Sahası (Nazik ve Poyraz 2017’den değiştirilerek)

Jipsler çoğunlukla evaporitik ortamların oluşuklarıdır. Evaporitlerin çökelim ortamları ise kıtasal ve denizel olarak ikiye ayrılmakta, bunların arasında da geçiş ortamları ayırt edilebilmektedir. Kurak iklim bölgelerindeki göllerde, iç denizlerde veya açık denizle bağlantıları zaman zaman kesilen sığ denizlerin koy ve körfezlerinde buharlaşma hızının yüksek olduğu zamanlarda yaygın evaporitik mineraller oluşur (Ceyhan, 1987; Keskin, 2011; Schmalz, 1969). Jips karstı

gelişiminde kurak ortamların gerekliliği inancı yaygındır. Ancak, soğuk Kuzey Kutbu'ndan sıcak, kurak veya nemli tropik bölgelere, karaların en alçak bölgelerinden yüksek dağlara kadar tüm iklim kuşakları ve coğrafi ortamlarda yayılış göstermektedir (Klimchouk, Forti ve Cooper, 1996). Türkiye'nin yaklaşık %5'lik bir kısmını jipsli alanlar oluşturmaktadır (Keskin, 2011). Bu alanlar içinde yoğunluğun en fazla olduğu alan ise Sivas jips havzasındadır (Alagöz, 1967).

İnceleme alanı; litolojiye bağlı, yoğun karstik bir bölgeyi oluşturur. Bu alan, dünyada jips üzerinde dolin gelişimi ve gelişimin yoğunluğu açısından, ender alanlar arasında yer alır. Jips karstı üzerine yazılmış ulusal ve uluslararası bir çok yayında Sivas jips karstından örnekler verilmektedir (Doğan, 2002; Doğan ve Yeşilyurt, 2019; Günay, 2002; Gunn, 2004; Gutiérrez ve Cooper, 2013; Klimchouk, 2013; Klimchouk vd., 1996; Shroder, 2013). Dolinler; Karst jeomorfolojisinin morfometrik ve morfojenetik gelişim özelliklerinin belirlenmesinde ve aynı zamanda bölgenin jeolojik, tektonik, jeomorfolojik ve hidrojeolojik gelişim özelliklerinin ortaya konmasında son derece önemlidirler (Öztürk vd., 2018; Öztürk vd., 2017). Çapları birkaç metreden 1 km'ye kadar değişen dairesel ya da yarı dairesel şekiller olan dolinler, karstik arazilerin karakteristik şekillerindedir (Doğan ve Yeşilyurt, 2019; D. C. Ford ve Williams, 1989; Gams, 2000; Öztürk, 2018a; Sauro, 2013). İnceleme alanında jips dolinlerinin morfometrik ve morfojenetik gelişim özellikleri ile dağılım ve yoğunlukları, kısa mesafelerde önemli farklılıklar gösterir. Bu farklılıkta; topoğrafik, jeomorfolojik, jeolojik ve tektonik, iklimik ve özellikle jipslerin litostratigrafik özellikleri belirleyici olmuştur.

1.1. Problem

İncelemeye konu olan Yukarı Kızılırmak Havzası, Türkiye'de jipsler üzerinde gelişmiş ilginç bir karst alanıdır. Kısa mesafeler dahilinde gerek morfolojileri ve gerekse yoğunlukları önemli değişiklikler gösteren bu dolinlerin bir bütün olarak incelenmemiş olması önemli bir eksikliklerdir. Bu eksiklikler, jips karstının tanımlanmasında ve karstlaşmadan kaynaklanan çevresel sorunların çözümünde zorluklar ve karışıklıklar yaratmaktadır.

1.2. Amaç ve Kapsam

Çalışmanın amacı; topoğrafya haritaları, uydu görüntüleri ve yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modelleri ile Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki jips alanı üzerinde gelişmiş olan dolin yoğunluğunun, dolinlere ait morfometrik parametrelerin, alansal dağılışı özelliklerinin belirlenmesi ve bu dağılışı denetleyen koşullar (topoğrafik koşullar, iklim, litoloji, tektonizma vb) ile bağlantısının açıklanması ve morfojenetik özelliklerinin CBS tabanlı olarak belirlenmesidir.

Bu amaçlar kapsamında ulaşılması düşünülen başlıca hedefler;

- 1/25000 ölçekli topoğrafya haritaları ve uydu görüntüleri aracılığıyla jips alanı üzerindeki gerçek dolin sayısının ve iki veri arasındaki farkın belirlenmesi,
- Topoğrafya haritaları ve uydu görüntülerinden elde edilecek olan verilerin aralarındaki korelasyonlar hesaplanarak alandaki dolin yoğunluğunun, morfometrik özelliklerinin ve bunların alansal dağılışılarının belirlenmesi,
- Yine bu veriler aracılığıyla çatlak sistemlerinin yoğunlukları ve yönelimleri belirlenerek dolin morfometrisi üzerindeki etkisinin belirlenmesi,
- Elde edilecek tüm verilerin bütüncül olarak değerlendirilmesiyle jips alanının morfotektonik gelişiminin kavramsal modelinin oluşturulması, olarak öngörülmüştür.

1.3. Önem

İnceleme alanında dolinler ile ilgili olarak yapılan önceki çalışmalarda yoğun dolin gelişiminden söz edilir (Doğan ve Özel, 2005; Doğan ve Yeşilyurt, 2004, 2019; Keskin, 2011; Keskin ve Yılmaz, 2016). Ancak söz konusu bu çalışmaların hiç birisinde dolin sayısı, yoğunluğu ve morfometrik özelliklerinin alansal dağılışı bütün sahayı kapsayacak şekilde bütünleşik olarak ortaya konulmamıştır. Bu çalışma ile Yukarı Kızılırmak Havzası jips alanı üzerinde gelişmiş olan dolinlerin dağılışı ve morfometrik özellikleri ayrıntılı olarak belirlenmiş olacaktır. Türkiye'nin en önemli jips karstı sahasının, karst jeomorfolojisi ve evriminin yeterli düzeyde ve tüm alanı kapsayacak şekilde ortaya konulmamış olması çalışmayı önemli kılmaktadır.

1.4. Sınırlılıklar

Gerçek dolin sayısının belirlenmesinde 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları tek başına yeterli değildir.

Uydu görüntüleri gerçek dolin sayısını belirlemek için yeterlidir ancak morfometrik hesaplamalar için uygun değildir.

Gerçek dolin sayısı ve morfometrik hesaplamalar için en uygun yöntem İHA (drone) kullanımınıdır. Ancak İHA'ların küçük alanları taraması sınırlılığa neden olmaktadır.

Jeokimyasal analizlerin yapılamaması, jeokimyasal yapıyı ortaya koyma noktasında sınırlılıklara sebep olmaktadır.

1.5. Tanımlar

Karst kelimesinin kökenleri Hint-Avrupa öncesine kadar götürülebilir. Taş anlamına gelen karra/gara kökünden gelir ve türevleri Avrupa ve Orta Doğu'nun birçok dilinde bulunur. Carso, Trieste'nin iç kesimlerindeki bölgenin bölgesel adı haline gelmiştir (Ford ve Williams, 2007). Karst ismi, kireçtaşının çözünmesi dolayısıyla yüzeyde ve yeraltında oluşan makro ve mikro şekilleri ifade eden bir jeomorfoloji terimi olarak ilk defa Cvijic (1893) tarafından kullanılmıştır (Erinç, 2001; Pekcan, 1999).

Jips; Türkçe'de "alçıtaşı" olarak isimlendirilir ve kimyasal formülü ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) şeklindedir. Kurak ve yarı kurak iklimlerdeki topraklarda yaygın olarak bulunan jips evaporitik ortamların ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadırlar (Ceyhan, 1987; Pekcan, 1999).

Dolin; Slovence arazideki çukur anlamına gelen "dolina" kelimesinden türemiştir. Türkiye'de ise "koyak", "kokurdan", "dölek" gibi isimler almıştır (Alagöz, 1943; Şimşek, 2018). Karstik arazilerin makro şekillerinden biridir ve karstik gelişim sürecinin en önemli göstergelerindedir. Çapları birkaç metreden yüzlerce metreye kadar değişen dairesel ya da yarı dairesel şekillerdir (Doğan, 2004;

D. C. Ford ve Williams, 1989; Nazik, 1992).

Çözünme dolini; Cvijić (1893) tarafından tanımlanmıştır ve karstik sahaların en yaygın dolin tipidir. Çözünme dolinleri, karst yüzeyinin kimyasal yolla çözünmesi sonucunda meydana gelen, derinlik ve genişlikleri birkaç metreden onlarca metreye ulaşabilen, çay tabağı, fincan ya da huni şeklinde dairesel veya eliptik olabilen kapalı ve kısmen açılmış doğal çukurluklardır (D. C. Ford ve Williams, 1989; Şimşek, 2018).

Dolin morfometrisi; yüzey karstı araştırmalarında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Dolinlerin nasıl oluştuğu ve alan için sağlayacağı bilgileri belirlemenin temel yolu bu şekillere ait morfometrik hesaplamaların yapılmasıdır. Morfometrik teknikler, dolinlerin objektif ve kantitatif bir sistemle tanımlanmasını ve analizinin yapılmasını sağlar. Dolinler farklı geometrik özellikleri sahip olduklarından dolayı sınıflandırmaları morfometrik analizlere göre yapılmaktadır. Bu sınıflandırmalar yapılırken şekle ait tek bir parametre kullanılabileceği gibi birden fazla parametreye dayanan istatistiksel hesaplamalara göre de yapılmaktadır (Öztürk, 2018a, 2018b).

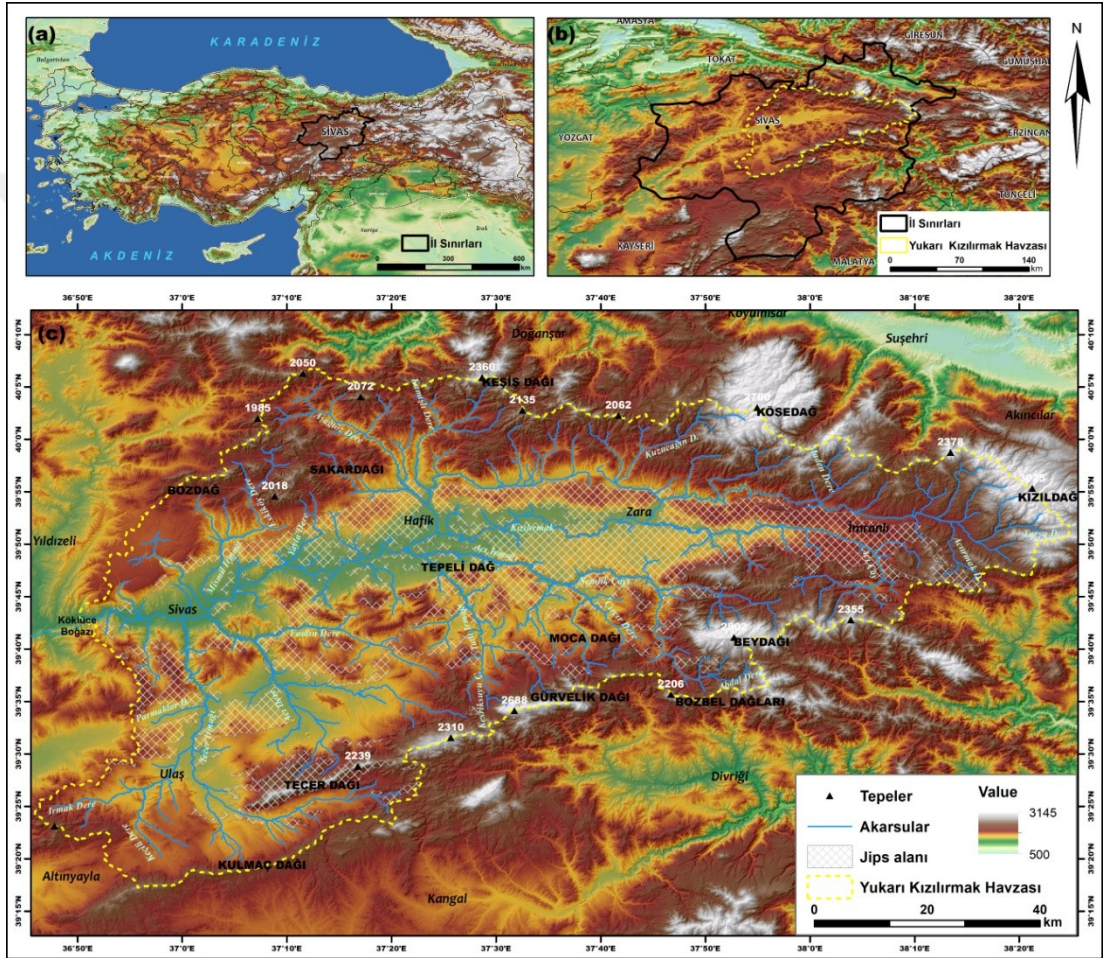
1.6. Araştırma Soruları

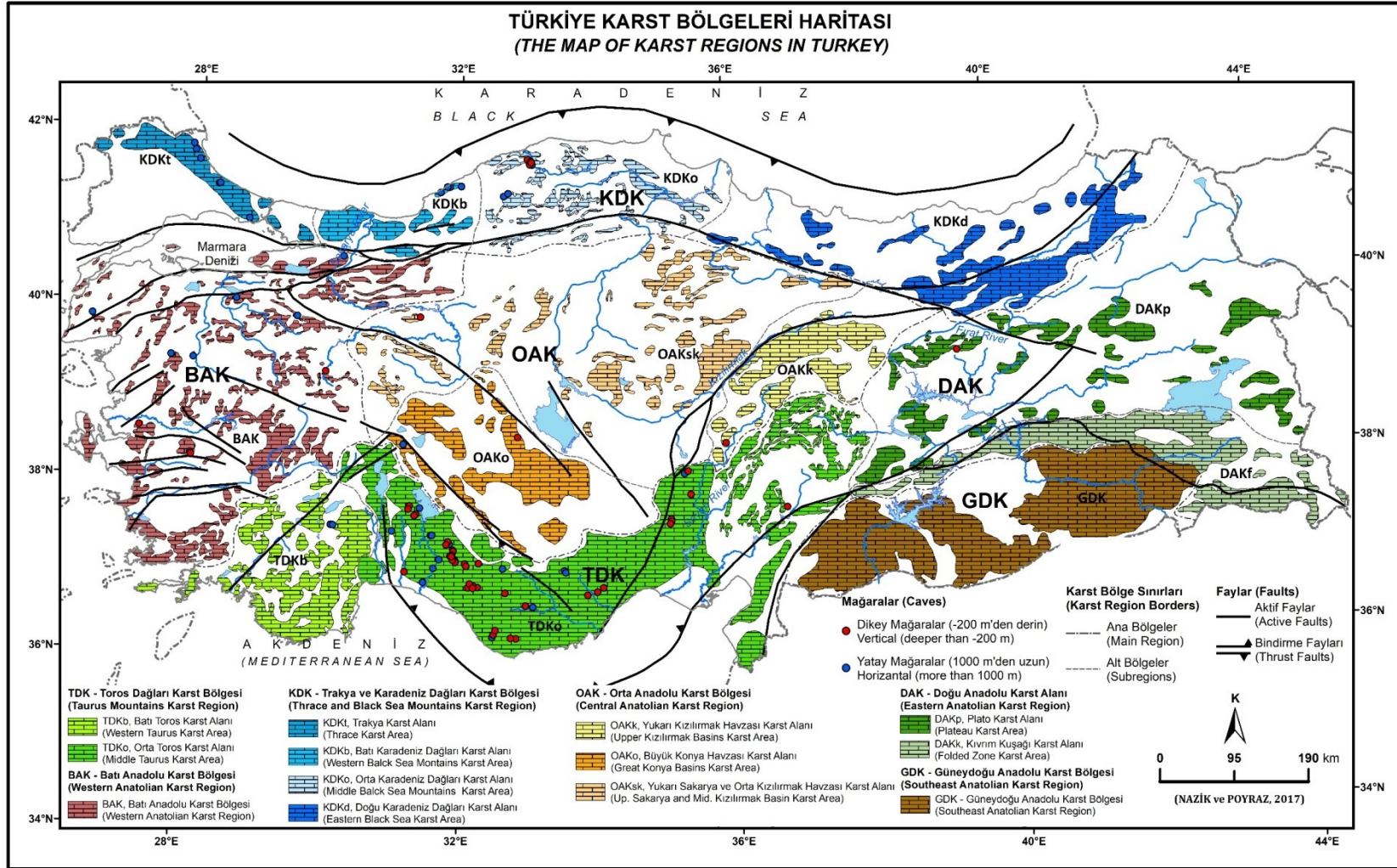
1. Yukarı Kızılırmak Havzası jips alanı üzerinde ne kadar dolin vardır?
2. Dolin yoğunlukları ve dolinlere ait morfometrik parametrelerinin alansal dağılışı nasıldır?
3. En yüksek yoğunluklar nerelindedir?
4. Her bir parametrenin dağılışını denetleyen faktörler nelerdir?
5. Dağılışı etkileyen faktörler nelerdir?

1.7. Araştırma Sahasının Konumu

Araştırma sahası olan Yukarı Kızılırmak Havzası; 36°45' - 38°24' doğu boylamları ile 39°17' - 40° 6' kuzey enlemleri arasında yer alır. İç Anadolu Bölgesi,

Yukarı Kızılırmak Bölümü, Sivas il sınırları içerisinde; Sivas, Ulaş, Hafik, Zara, İmranlı arasında kalır ve yaklaşık 6.610 km²'lik bir alanı kapsar. Türkiye Karst Bölgeleri sınıflamasında ise İç Anadolu Karst Bölgesi, Yukarı Kızılırmak Havzası karst alanı sınırları içerisinde bulunur (Şekil 2 ve 3) (Nazik ve Poyraz, 2017). Etrafı yüksek dağlarla çevrili olan Yukarı Kızılırmak Havzası, tektonik bakımdan son derece aktif bir bölgedir. Bu havza, Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar değişen yaş aralığında gelişmiş, farklı kayalardan meydana gelmiştir (Şekil 10).





Şekil 3: Türkiye Karst Bölgeleri Haritası (Nazik ve Poyraz, 2017)

2. İLGİLİ ALAN YAZIN

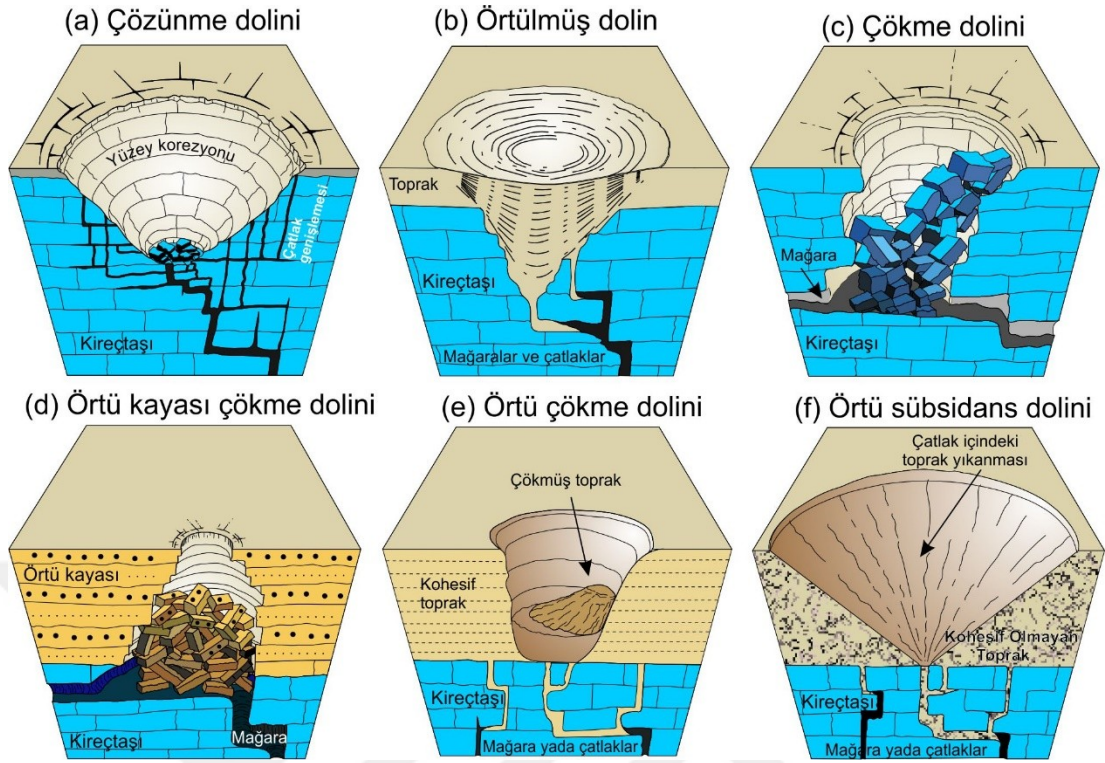
2.1. Kuramsal Çerçeve

Yukarı Kızılırmak Havzası jips alanı üzerinde karst jeomorfolojisine ait şekiller (çözünme dolinleri, çökme dolinleri, kör vadiler, karstik kaynaklar, mağaralar, lapyalar, doğal köprüler, boğazlar ve polyeler) yaygın olarak bulunur. Bu şekiller içerisinde dolinler en fazla dikkat çeken ve çalışılmış karstik şekillerin başında gelir.

Çapları birkaç metreden 1 km'ye kadar değişen dairesel ya da yarı dairesel olan dolinler, karstik gelişim sürecinin önemli göstergelerinden birisidir. Bir sahanın jeomorfolojik ve hidrojeolojik karstik gelişiminin belirlenebilmesi için öncelikle dolin tiplerinin iyi bilinmesi gerekmektedir ve karstik alanların gelişiminin açıklanmasında dolin morfometrisinin büyük önemi vardır (Doğan, 2004; D. C. Ford ve Williams, 1989; Öztürk, 2018a).

Dolinlerle ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalarda farklı sınıflamalar yapılmıştır (Alagöz, 1943; Bener, 1965; Bögli, 1980; Doğan, 2002, 2004; Jennings, 1975; Sauro, 2003). Dolinlerin sınıflamasında; geometrik şekli, boyutu, oluşum biçimi, hidrolojik yapısı ve fonksiyonu gibi birçok ölçüt kullanılmıştır (Şimşek, 2018). Ülkemizde dolin karstının ilk detaylı incelemesi Bener (1965) tarafından yapılmıştır ve jenetik farklılığa göre dolinleri a) erime ve çökme dolinleri, b) sürempoze ve mürekkep dolinler, c) yönlü dolinler ve d) subsekant dolinler şeklinde sınıflamıştır. Jennings (1975) tarafından dolinler; a) çözünme dolini, (b) çökme dolini, c) örtü kayası çökme dolini, d) sübidans dolini, e) alüvyal dolin olarak sınıflandırılmıştır. Bögli (1980) tarafından ise a) çözünme dolinleri, b) alüvyal dolin c) sübidans dolini, d) çökme dolini olmak üzere dolinler oluşum mekanizmalarına göre 4 sınıfa ayrılmıştır.

Son yıllarda yapılan çalışmalara göre dolinler; a) çözünme dolini, b) çökme dolini, c) örtülmüş dolin, d) örtü kayası çökme dolini, e) örtü çökme dolini, f) örtü sübidans/alüvyal dolini olarak (Şekil 4) 6 grupta toplanmıştır (Doğan, 2004; Öztürk, 2018b; Şimşek, 2018).



Şekil 4: Dolin Tiplerinin Blok Diyagramları (Öztürk, 2018b)

Alandaki çökme dolinleri (Şekil 6) özellikle fay ve çatlak sistemlerinin yoğun olduğu alanlarda, bu süreksizlikler boyunca meydana gelen hızlı çözünmeye bağlı olarak oluşmaktadır (Kaçaroğlu, Değirmenci ve Cerit, 1997; Karacan ve Yılmaz, 1997). Çözünme dolinleri, Cvijić (1893) tarafından tanımlanmıştır ve karstik sahaların en yaygın dolin tipini oluştururlar. Çözünme dolinleri (Şekil 5 ve 7), karst yüzeyinin kimyasal yolla çözünmesi sonucunda meydana gelen, derinlik ve genişlikleri birkaç metreden onlarca metreye ulaşabilen, çay tabağı, fincan ya da huni şeklinde dairesel veya eliptik olabilen kapalı doğal çukurluklardır (D. C. Ford ve Williams, 1989; Şimşek, 2018). Bu tür dolinler, farklı morфометrik özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Veress (2017) tarafından morfolojik sınıflamaya göre çözünme dolinleri üçe ayrılmıştır: a) çok büyük çözünme dolinleri, b) küçük çözünme dolinleri ve c) kuyu şekilli çözünme dolinleri. Çözünme dolinlerinin yaygın olduğu alanlar “dolin karstı” olarak isimlendirilirken (Doğan, 2004), dolinlerin birbirlerinden alçak sırtlarla ayrıldığı ve birim alana düşen dolin sayısının oldukça fazla olduğu dolin karstı ise, “poligonal karst” olarak isimlendirilmiştir (Telbisz, Dragušica ve Nagy, 2009; Waltham, 2002). Poligonal karsta ait örnekler yaygın olarak Sivas jipsleri üzerinde de görülmektedir (Keskin, 2011).



Şekil 5: Çözünme Dolini İçerisinde Gelişmiş Olan Örtü Kayası Çökme Dolini.



Şekil 6: Göllerle Kaplı Çökme Dolinleri



Şekil 7: Çözünme Dolini (Doğan ve Yeşilyurt, 2021)

2.2. Dolin Morfometrisi Çalışmaları

Williams (1972), Yeni Gine poligonal karst alanında klasik yöntemle 1/15.000 ölçekli topoğrafya haritaları üzerinden gerçekleştirdiği çalışmasında, 1228 doline göre ortalama dolin yoğunluğunu $10-22/\text{km}^2$ olduğunu ve ortalama en yakın komşuluk indisi değerlerine göre ise dolinlerin büyük oranda rastgele bir dağılışı gösterdiğini hesaplanmıştır.

Kemmerly (1982), Pennyroyal Ovası'nda (Kentucky) 6.700 km^2 'lik bir alanda dolinlerin dağılımını, yoğunluğunu ve komşuluk ilişkisini araştırmıştır. 1:24.000 ölçekli topoğrafya haritaları, hava fotoğrafları ve arazi gözlemleriyle 24000 dolin tespit etmiştir. Dolinleri oluşum mekanizmalarına göre birincil ve ikincil olarak sınıflamış ve dolinleri iki alt kategoriye A ve B şeklinde ayırarak incelemiştir. Hesaplamaları; A kategorisinde 1.493 dolin üzerinden ve B kategorisinde 1.503 dolin üzerinden yapmıştır. A kategorisinde daha büyük dolinlerin (475 m uzunluk, 275 m genişlik ve 7-10 m derinlik) yoğunluğunun $4/\text{km}^2$ 'den küçük, B kategorisinde daha küçük dolinlerin (300 m uzunluk, 150 m genişlik ve 6 m derinlik) yoğunluğunun ise $4/\text{km}^2$ 'den büyük olarak hesaplamıştır.

Day (1983), Barbados’da dolin morfolojisi ve gelişimi başlıklı, hava fotoğrafları ve arazi gözlemlerine dayalı olarak yapmış olduğu çalışmasında yaklaşık 125 km²’lik alanda 1179 adet dolin tespit etmiştir. Çalışmada dolinlerin 0-269 metreler arasında geliştiğini ve 360 dolin üzerinden gerçekleştirdiği yoğunluk hesaplamalarına göre maksimum dolin yoğunluğunun 27 dolin/km² olduğunu, hâkim yönelimin ise kuzey-güney doğrultusunda olduğunu belirtmiştir.

Sauro (1991), Güney İtalya’da karstik bir plato olan Alte Murge’de 1:25000 ölçekli haritalardan 53 depresyon belirlemiş ve yüksekliklerini ortalama 550, maksimum 628, minimum 385 m olarak hesaplamıştır. Uzun-kısa eksen hesaplamalarına göre ortalama 1.65 değerini bulmuştur ve dolin yönelimlerini hesaplamıştır.

Mihevc (1998), Batı Slovenya’da Karst Platosu üzerindeki 31 km² alanda 776 adet dolin tespit etmiş ve ortalama dolin yoğunluğu 25/km², maksimum dolin yoğunluğu 240/km² olarak hesaplamıştır.

Denizman (2003), ABD’de aşağı Suwennee Nehri (Florida) havzasındaki 4063 km² alanda 1/25000 ve 1/24000 ölçekli haritalar üzerinden karstik depresyonların morfometrik özelliklerini ve alansal dağılımlarını Coğrafi Bilgi Sistemleri temelli olarak incelemiş ve 25.157 karstik depresyonun dağılım ve morfometrik özelliklerini belirlemiştir. Ortalama yoğunluğu 6.1/km², ortalama en yakın komşuluk değerini 0.9, ortalama dairesellik değerini 1.33 ve ortalama çukurlaşma indeksini 14.5 olarak hesaplamıştır.

Öztürk vd. (2015), Tahtalı Dağları’nda dolin ve uvala gelişimini CBS tabanlı olarak analiz ettikleri çalışmalarında 45 km² alanda 1/25.000’lik topoğrafya haritalarından yapılan sayısallaştırma işlemleri sonucunda 846 adet dolin, 146 adet uvala olmak üzere toplam 992 karstik erime çukuru tespit etmişler ve 46 adet/km² yoğunluğa kadar çıktığını belirtmişlerdir. Tespit edilen şekillerin çalışma sahasındaki yüzdelik dağılımları, alanları, kısa ve uzun eksen oranları, dairesellik indisleri gibi istatistiksel hesaplamalar sonucunda ise dolin uzun eksenlerinin dağın genel uzanım doğrultusuna paralel uzandığını, uvalaların uzun eksenleri ile uydu görüntüsünden elde edilen çizgisellikler ve paleovadi eksenleri arasında ise önemli bir ilişki olduğu

sonucuna ulaşmışlardır. Türkiye’de dolinler ile ilgili gerçek sayı ve istatistiksel hesaplamalar gibi ilk detaylı çalışma olması bakımından son derece önemlidir.

Öztürk vd. (2017), Bolkar Dağı karstik alanı ile ilgili çalışmalarında plato üzerindeki karst depresyonlarının mekânsal ve şekilsel dağılışı araştırılmış, bu şekillerin oluşumunda etkili olan tektonik ve jeomorfolojik süreçler açıklanmıştır. Yaklaşık 2.550 km²’lik bir alan üzerinde 1/25.000’lik haritalardan yapılan sayısallaştırma işlemleri sonucunda 30.132 karstik çöküntü tespit edilmiş ve 99 adet/km² yoğunluğa kadar çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca dolin yoğunluğu, drenaj yoğunluğu ve eğim değerleri arasında negatif korelasyon olduğu ortaya konulmuştur.

Öztürk (2018a), Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri başlıklı çalışmasında dolin morfometrisinde yaygın olarak kullanılan parametreleri Dünya’dan ve Toroslardan örnekler ile açıklamıştır. Dolinlerin morfolojilerini, boyutlarını, jeomorfolojik birimlerle ilişkilerini, içyapılarını bilmenin dolinlerin nasıl oluştuklarını anlamada ve alan için ne gibi bilgiler sağladığını belirlemede önemli olduğuna vurgu yapmıştır. Yaygın olarak kullanılan parametreleri; histogramlar, yoğunluk, çukurlaşma oranı, dolin alanı oranı, uzun eksen, kısa eksen, uzama oranı, alan, hacim, çevre uzunluğu, dairesellik indisi, çap/derinlik oranı ve simetri olarak çalışmada örnekleriyle verilmiştir.

Şimşek (2018), Geyik Dağı kütesinde (Orta Toroslar) karstik depresyonların dağılışı ve bu dağılışa etki eden faktörler başlıklı doktora tezinde, kütle üzerinde bulunan dolin ve uvalaların 1/25.000’lik harita ölçeğinde dağılışı ve fiziksel özelliklerinin ortaya konulması üzerine çalışmıştır. Ayrıca bu özelliklerin iklim, eğim koşulları, litoloji ve tektonizma gibi faktörlerle bağlantısını açıklamış, bunun yanı sıra dağlık kütlelerin farklı konumlara kurulan istasyonlar aracılığıyla Geyik Dağı’ndaki çözünme hızını belirlemiştir. Kütle üzerinde 23.785 adet dolin ve 1.814 adet uvala olmak üzere toplam 25.599 karstik kökenli depresyon tespit edilmiştir. Dolin yoğunluğu; ortalama 12.1 adet/km² ve maksimum 145 adet/km² olarak tespit edilmiştir. 8 istasyon kurularak ölçümler yapılmış ve bir yıllık ölçüm sonuçlarına göre kütle üzerindeki yıllık ayrışma hızı 0.32 mm olarak belirlenmiştir.

Öztürk vd. (2018), Toros Dağlarında CBS temelli dolin yoğunluğu başlıklı çalışmada 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından, yaklaşık 13.200 km²'lik alan kaplayan 11 yüksek karstik plato üzerinde 140.070 dolin belirlenmiştir. Dolinlerin yükseltiye göre yoğunluk ve dağılımları; %90'ı 1300-2270 metreler arasında, maksimum yoğunluk 1850-1900 metreler (%8.2) arasında ve 1330 m'nin altında sadece %5 olarak tespit edilmiştir. Maksimum yoğunluk 187 dolin/km² olarak belirlenmiştir. Toros Dağlarının litolojik, tektonik, topografik ve iklim koşullarının poligonal karstın gelişiminde etkili olduğu ortaya koyulmuştur. Batı ve Orta Toros Dağlarındaki toplam dolin sayısı ve yoğunluğu ile ilgili ilk çalışma olması bakımından son derece önemlidir.

Öztürk vd. (2018), Anamas Dağı'ndaki dolinlerin dağılışı ile ilgili yapmış oldukları çalışmada; 1/25.000 ölçekli haritalardan 10.652 dolin tespit edilmiş ve dolinlerin dağılışı, morfometrik özelliklerinin belirlenmesi ile tektonik yapı, drenaj, eğim koşullarının dolinlerin dağılım ve morfometrik özelliklerine etkilerini ortaya koymuşlardır. Tektonik yapı, dolin yoğunluğu ve yönelim özellikleri arasındaki ilişkilere göre platoda beş farklı dağılım belirlenmiştir.

Şener ve Öztürk (2018), Orta Toroslarda paleo drenajın karstik depresyonların morfometrisine ve dağılımına etkilerinin incelendiği çalışmada 1.584 km²'lik alanda 9.934 adet dolin tespit edilmiştir. 4.917 dolinin paleo vadi sınırları içerisinde, 5.017 dolinin ise bu sınırın dışında yer aldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Hidrolojik farklılıklar nedeniyle paleo vadi içerisindeki dolinler uzarken, plato üzerindeki çöküntülerin dairesel bir şekle sahip olduğu belirtilmiştir. Her iki depresyonun da hâkim yönelimleri çalışma alanının tektonik yönleriyle uyumlu olduğu, aynı tektonik evrimden etkilendikleri ve depresyonların jeomorfolojik gelişiminin paleo drenaj şekilleri ile ilişkili olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Şimşek, Öztürk ve Turoğlu (2019), Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemini konu alan çalışmada, kütle üzerinde gelişen karstik depresyonların dağılışı ile tektonizma özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. 1/25.000 ölçekli haritalardan 25.599 karstik kökenli depresyon (23.785 adet dolin ve 1.814 adet uvala) tespit edilmiştir. Karstik şekillerin yoğunluğu; ortalama 12.1 adet/km² ve maksimum 145 adet/km² olarak hesaplanmıştır. Dolinlerin büyük bir

kısmı dairesel ya da yarı dairesel şekilli oldukları ve bindirme faylarının dolin yoğunluğu üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonuçlarına yer verilmiştir.

Şimşek vd. (2019), Geyik Dağı yüzey karstı ve karst-buzul jeomorfolojisi ilişkisi ile ilgili yapılan çalışmada 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından kütle üzerinde 25.599 dolin tespit edilmiştir. Maksimum karstik depresyon yoğunluğu ise 145 adet/km² olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının baskın glasiyokarstik birimini örtülmüş/doldurulmuş dolinler oluşturduğu, Pleyistosen buzullaşmaları sonucu oluşan morenler tarafından doldurularak örtülmüş dolinleri meydana getirdiği ifade edilmektedir.

Öztürk ve Savran (2020), tarafından yapılan çalışmada İç Anadolu bozkırlarında (Niğde) yer alan bir çökme dolininin ekolojik özellikleri, mikro iklim koşulları ve bitki türleri yüksek çözünürlüklü yüzey modelleri ile belirlenmiştir. 8.708 m² alan kaplayan dolinin en uzun yeri 121 m ve en derin yeri 59 metredir. Dolinde toplam 156 bitki türü tespit edilmiştir. Topografik ve mikroklimatik özelliklerin dolindeki bitki türlerinin sayısını ve dağılımını önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

2.3. İnceleme Sahasını İlgilendiren Önceki Çalışmalar

Alagöz (1967), Sivas çevresindeki ve doğusundaki jips karstı morfolojisinin özelliklerini ana hatları ile açıklamıştır. Çalışmada büyük dolinler, uvalalar, içerisinde göl bulunan dolinler ile jips üzerinde gelişmiş diğer büyük boyutlu jeomorfolojik birimlerin (boğazlar, kanyonlar, kaynaklar) özellikleri açıklanmış ve bu büyük birimler ile ilgili dağılışı haritası hazırlanmıştır. Ancak alandaki dolin sayısı, yoğunluğu, morfometrik özellikleri, alanın morfotektonik özellikleri açısından dolinlerin önemi konularında açıklama yapılmamıştır.

Yalçınlar (1997), Sivas çevresinin strüktürel jeomorfolojisi ile ilgili kısa çalışmada bölgenin genel jeolojik, jeomorfolojik özellikleri ve jipslerle ilgili kısa bilgiler vermiştir.

Kaçaroğlu vd. (1997)'e göre Sivas-Hafik arasındaki karstik Şekiller KB-GD uzanımlı tabaka doğrultuları ile KD-GB ve KB-GD uzanımlı fay sistemleri tarafından kontrol edilmektedir. Özellikle uzama oranı yüksek dolinler bu fay uzanımları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Karacan ve Yılmaz (1997) ise jipsler çok hızlı bir Şekilde çözünebildiği için içerisinde çökme dolini yoğun bir Şekilde görülmektedir. Alandaki kme dolinleri özellikle fay ve çatlak sistemlerinin yoğun olduğu alanlarda, bu süreksizlikler boyunca meydana gelen hızlı çözünmeye bağlı olarak oluŐtuđunu belirtmişlerdir.

Günay (2002), alandaki karstik Şekillerin oluŐmasında tektonizmanın önemli bir etken olduğunu ve özellikle uzama oranı yüksek dolinlerin alandaki fay uzanımları ile ilişkili olduğunu açıklamıştır. Ancak alanda dolin oluŐumunun yaygın olması ve kıvrımlı yapıların varlığı fayların etkisinin belirlenmesini zorlaŐtırdıđını ifade etmiştir.

Doğan ve Yeşilyurt (2004), İmranlı'nın güney kesimindeki jips alanındaki karstik Şekillere ait özellikleri açıklamışlardır. Alanda çok fazla dolin bulunduğu ve dolin yoğunluğunun 100 dolin/km²'ye kadar çıktığı belirtilmekle birlikte dolinlerin sayısı ve alansal dağılış özellikleri açıklanmamıştır.

Doğan ve zel (2005), Hafik'in doğu kesimi ile ilgili, 1/25000 ölçekli haritalara göre yaptıkları çalışmalarında 1520-1600 metreler arasında çözünme dolinlerin yaygın olduğunu ve bu alanlarda yoğunluğun 80-100 dolin/km²'ye kadar çıktığını belirtmişlerdir. Çalışmada 7 adet çökme dolinine ait çap ve derinlik özellikleri de verilmiştir. Ancak alandaki toplam dolin sayısı ve bunların alansal dađılıŐları hakkında bilgi verilmemiştir.

Yılmaz (2007) ve Yılmaz vd. (2011), CBS temelli olarak hazırlamıŐ olduğu çökme duyarlılık haritalarında tektonik özellikler, drenaj özellikleri, bitki örtüsü, yollara olan uzaklık, su kaynaklarına uzaklık, eğim, bakı, yükseklik gibi birçok farklı parametreyi kullanmıŐ ve çökme dolinleri ile ilgili duyarlılık haritaları oluŐturmuŐlardır. Ancak çalışmada alandaki çökme dolinlerinin sayısı ve alansal

dağılışı hakkında bir bilgi verilmemiştir.

Keskin (2011), tarafından hazırlanan doktora tezinde Sivas jipsleri üzerindeki dolinler ile ilgili en kapsamlı çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Hafik'in güneybatısındaki 92 km²'lik bir alan içerisindeki 940 dolin 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları baz alınarak incelenmiştir. Ayrıca aynı alan içerisinde arazi çalışmaları ile süreksizlikler ölçülmüştür. Çalışmaya göre dolin yoğunluğu 166 dolin/km²'ye kadar ulaşmaktadır. 170 noktadan yaptığı süreksizlik ölçümlerine göre dolinlerde egemen uzanım yönü K25°-45°B olup alandaki egemen süreksizlik hatlarından bir tanesi ile uyumlu olduğu belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada alandaki jips alanının yaklaşık olarak %10'luk kesimi incelenmiş olup, tüm jips alanı üzerindeki dolinlerin dağılışı ve morfometrik özellikleri açıklanmamıştır.

Doğan ve Yeşilyurt (2019), Sivas Havzası'nda jips morfolojisini genel hatları ile açıkladıkları çalışmalarında dolin yoğunluğunun 250-300 dolin/km² yoğunluğa kadar çıktığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada dolinlerin çoğunun sığ oldukları ve özellikle tuz tektoniğinin etkili olduğu alanlarda daha derin dolinlerin geliştiği belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada da toplam dolin sayısı ile ilgili bir bilgi ya da dolin parametrelerine ait değerler ve haritalar bulunmamaktadır.

Gökkaya ve diğ. 2021, 2.820 km² alan kaplayan çalışmalarında, söz konusu sahada 295 örtü kayası çökme dolini ve 302 örtü sübsidance dolini tespit etmişler ve tespit edilen dolinler üzerinden yapmış oldukları analizlerle sahanın jeomorfolojik gelişim özelliklerini açıklamışlardır.

Poyraz, Öztürk ve Soykan (2021), bu doktora tezinin ilk bulgularının yayımlandığı çalışmadır.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Modeli

Araştırma kapsamında, durum çalışması ve eylem araştırması modelleri kullanılmıştır. Durum çalışması ile Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki sorunlar nicel araştırma yöntemleriyle araştırılmıştır. Elde edilen veriler birbirini teyit edecek şekilde çeşitli morfometrik indisler kullanılmış, çalışmada elde edilen bulguların geçerliliği ve güvenilirliği arttırılmaya çalışılmıştır. Eylem araştırması modeliyle morfometrik indisler ve mekânsal analizlerle tespit edilen noktalar arazi çalışmasıyla incelenmiştir.

3.2. Evren ve Örneklem

Çalışmanın evrenini Yukarı Kızılırmak Havzası oluşturmaktadır, örneklemini ise Yukarı Kızılırmak Havzası sınırları içerisindeki jips yüzey karstına ait şekiller (dolinler) oluşturmaktadır. Örneklem sahasından elde edilen bulgular, çok değişkenli istatistiksel analizler ve mekânsal analizler ile aktarılmaya çalışılmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları ve Teknikleri

Araştırmada kullanılan veri toplama araçları İHA (drone), GPS, uydu görüntüsü, topoğrafya haritaları, SYM (DEM) verileridir ve bu veriler ArcGIS Desktop, SagaGIS, MapInfo, Grapher, GeoRose ve MS Office yazılımlarıyla morfometri formüllerine göre işlenmiş ve mekânsal analizler gerçekleştirilerek elde edilen bulgular çalışmaya aktarılmıştır.

3.4. Verilerin Toplanma Süreci

3.4.1. Literatür Taraması

Çalışma kapsamında öncelikle literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması ilgili detaylar “İlgili Alan Yazın” başlığı altında verilmiştir. Literatür taramasıyla konu ve alan ile ilgili temel bilgilerin edinilmesinin ardından inceleme alanının hava fotoğrafları üzerinden bazı gözlemler yapılarak düzenlenecek olan arazi çalışmalarının güzergahı belirlenmiştir. Hava fotoğrafları üzerinden yapılan değerlendirmede araştırma maliyeti ve süresi ile ilgili hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

3.4.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları; insansız hava araçları ile yüksek çözünürlüklü ortofoto ve sayısal yükseklik modelleri oluşturmak için İHA uçmaları, dolin alanlarının fotoğraflandırılması ve alanda etkili olan fay ve kıvrımlı yapıların (antiklinal ve senklinallerin) özelliklerinin belirlenmesi için gerçekleştirilmiştir.

3.4.3. Haritalama Çalışmaları

Dolin

Haritalama çalışmalarının en önemli kısmını dolin veri tabanının doğru bir şekilde hazırlanması oluşturmaktadır. Bunun için uydu görüntüsü üzerinden her dolin nokta ile işaretlenmiştir ve 80 adet 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritası taranmıştır. Eldeki haritalar CBS programında koordinatlandırıldıktan sonra tüm dolin ve uvala alanları sayısallaştırılmıştır. Elde edilen sayısal veriler aracılığıyla her 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. Oluşturulan bu veri seti aracılığıyla istatistiksel hesaplamalar ve istatistiksel haritalar oluşturulmuştur.

Jeoloji

Çalışma alanına ait jeolojik özelliklerin belirlenmesi amacıyla MTA 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları (H38, H40, İ37, İ38, İ39, İ40, J37, J39) CBS programları ile sayısal ortama aktarılmış ve yeniden çizilmiştir. Ayrıca jips sınırları uydu görüntüleri üzerinden kontrol edilmiş ve düzeltilmiştir. Farklı özelliklerde jeoloji haritaları oluşturulmuştur.

Hidrografya

Çalışma sahasının havza sınırları, akarsuları ve drenaj özelliklerini belirlemek için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılmıştır. Sahaya ait veriler, Alaska Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü'nün Alaska Satellite Facility web sitesi üzerinden Gelişmiş Yer Gözlemeleme Uydusu'nun (ALOS) PALSAR radarı ile oluşturulmuş yüksek çözünürlüklü (12.5 m) 12 adet sayısal yükseklik modelinden (DEM - SYM) temin edilmiştir. Elde edilen veriler CBS programları ile 10 metre çözünürlüklü olarak birleştirilerek tek bir SYM üretilmiştir.

Çalışma alanına ait veri temininden sonra ArcDesktop 10x programının mekansal analiz (spatial analysis) araç seti içerisinde yer alan Hidroloji (hydrology) aracı ile Yukarı Kızılırmak'ın havza sınırları ve akarsuları sayısal veri olarak elde edilmiştir. Akarsuların topoğrafyaya uymadığı yerlerde ise ekran sayısallaştırması yöntemi kullanılarak düzeltmeler yapılmıştır.

Klimatoloji

Yukarı Kızılırmak Havzası'nın iklim özellikleri için; Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1950-2014 yılları arasında ölçüm yapan Sivas istasyonu (1285 m) ve 1964-2014 yılları arasında ölçüm yapan Zara istasyonuna (1348 m) ait veriler kullanılmıştır. İklim haritaları için küresel gridli veriler kullanılmıştır (Fick ve Hijmans, 2017). Gerekli tablo ve grafikler MS Excel'de, haritalar ise ArcGIS Desktop 10X programı ile hazırlanmıştır.

Jeomorfoloji

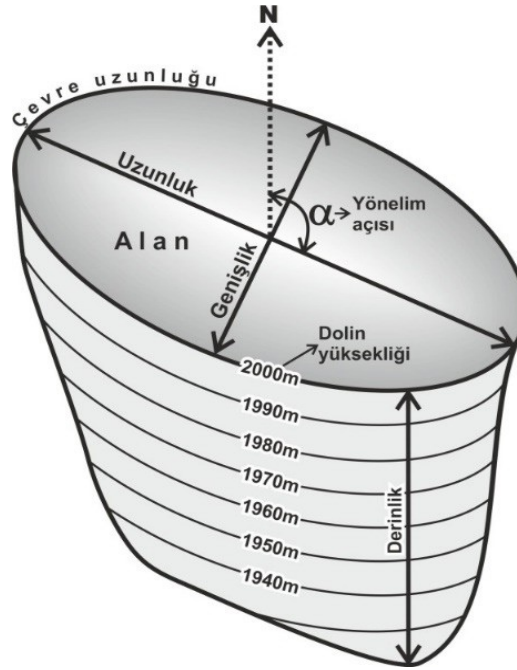
Çalışma alanı olarak belirlenen Yukarı Kızılırmak Havzası'nın yüzey şekillerinin otomatik olarak belirlenmesi için 10 m çözünürlüklü SYM verisi,

SagaGIS, ArcGIS yazılımları ve TPI (Topografik Pozisyon İndeksi) yöntemi kullanılmıştır.

3.5. Verilerin Analizi

3.5.1. Morfometrik Çalışmalar

Morfometri, yüzey karstı araştırmalarında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Dolinlerin nasıl oluştuğu ve alan için sağlayacağı bilgileri belirlemenin temel yolu şekle ait morfometrik hesaplamaların yapılmasına bağlıdır. Morfometrik teknikler, dolinlerin objektif ve kantitatif bir sistemle tanımlanmasını ve analizinin yapılmasını sağlar. Dolinler farklı geometrik özelliklere sahip oldukları için sınıflandırmaları morfometrik analizlere göre yapılmaktadır. Bu sınıflandırmalar yapılırken şekle ait tek bir parametre kullanılabileceği gibi birden fazla parametreye dayanan istatistiksel hesaplamalara göre de yapılmaktadır (Öztürk, 2018a, 2018b). Dolinler ile ilgili çok fazla sayıda morfometrik parametre hesaplanabilmektedir (Şekil 8). Çalışma kapsamında en sık kullanılan parametreler dikkate alınarak morfometrik hesaplamalar yapılmıştır (Çizelge 1).



Şekil 8: Dolin Morfometrisinde Kullanılan Temel Parametreler (Öztürk, 2018a)

Histogramlar; dolinlerin yükseklik basamaklarına göre frekansları, dolin morfometrisi ile ilgili yapılan çalışmalarda temel parametrelerdendir. Histogramlar oluşturulurken, dolini oluşturan en üst kapalı kontur eğrisinin yüksekliği dikkate alınır (Şekil 8). Tespit edilen değerlerin yükselti basamaklarına göre frekanslarının hesaplanması ile alana ait dolin histogramı oluşturulur ve bu histogramlar ile dolinlerin yükseltiye göre dağılımları açıklanır (Öztürk, 2018a).

Yoğunluk; dolin yoğunluğu (D_y) genel olarak dolin sayısının karstlaşma alanına bölünmesi ile elde edilir (Çizelge 1). Bu yoğunluk, alan hakkında tek bir değer verdiği için dolin yoğunluğunun karstik alan içerisindeki dağılışı hakkında bir ipucu veremez. Bu nedenle alan içerisinde km^2 'ye düşen dolin sayısını bulunarak dolin yoğunluğunun (dolin/km^2) alansal dağılışının ortaya konulması gereklidir (Öztürk, 2018a; Öztürk vd., 2015).

Dolin alanı oranı (R_D); dolinlerin toplam alanlarının yüzey karstının toplam alanına bölünmesi ile dolin alanı oranı elde edilir (Çizelge 1). Dolin alanı oranında en yüksek değer 1'dir. Bu oranlar, alanın ne kadarının dolinler tarafından işgal edildiğini ve dolayısıyla karstik yüzey ayrışmasının ne kadarlık alanda etkili olduğunu göstermektedir. Değerin 1'e yaklaşması alanda yüzeysel drenajın gelişmediğini ve yüzey suyunun tamamen dolinler tarafından yeraltı sistemine aktarıldığını gösterir. Bu durum özellikle poligonal karst alanlarında yaygındır. Değerlerin 1'den uzaklaşması dolinlerin daha az alan kapladığını ve yüzey drenajının geliştiğini gösterir (Day, 1976; Öztürk, 2018a; Williams, 1972).

Uzun eksen (U); (uzunluk, çap ya da uzun çap) dolinlerin ve diğer jeomorfolojik birimlerin tanımlanmasında kullanılan temel parametrelerdendir. İndiste kullanılan uzun eksen (uzunluk), dolinin en üst kapalı kontur eğrisi üzerinde birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafeyi ifade eder (Çizelge 1) (Denizman, 2003).

Kısa eksen (K); (genişlik) uzun eksene dik (90°) bir şekilde birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafeyi ifade eder (Bondesan, Meneghel ve Sauro, 1992).

Uzama oranı (R_E); Uzun eksenin kısa eksen değerine bölünmesiyle uzama oranı değerleri (R_E) bulunarak eliptik özelliklere sahip şekillerin nasıl bir dağılışı gösterdiği bulunur (Çizelge 1). Dairesellikten uzaklık olarak da isimlendirilen bu indis bazı çalışmalarda kısa eksen değerinin uzun eksen değerine bölünmesiyle elde edilmiştir (Day, 1983; Öztürk, 2018b).

Alan (A), çevre uzunluğu (P); Dolinlerin en üst kapalı kontur eğrisine göre belirlenen alan ve çevre uzunluk değerleri ve bu değerler aracılığıyla hesaplanan daireellik indisi değerleri (Çizelge 1) dolinlerin geometrik şekilleri hakkında fikir veren diğer bir parametredir (Goudie, 2003).

Dairesellik indisi (I_c); Dolinlerin geometrik şekilleri hakkında bilgi sağlayan bir parametredir. Dolinlerin en üst kapalı kontur eğrisine göre belirlenen alan ve çevre uzunluk değerleri aracılığıyla daireellik indisi hesaplanır (Çizelge 1) (Öztürk, 2018a).

Yönelim; Dolin yönelimleri alanın yapısal özelliklerinin yorumlanmasında kullanılan etkili bir parametredir. Dolinlerin yönelimleri uzun eksen çizgisinin kuzey ile yapmış olduğu açının (azimut açısı- α) hesaplanması ile belirlenir (Çizelge 1). Uzun çap yönelimi ya da çizgisellik olarak da isimlendirilen bu değerlerden oluşturulan gül diyagramları dolinlerin uzanımında egemen olan yönün belirlenmesinde kullanılır (Bondesan vd., 1992; Öztürk, 2018a).

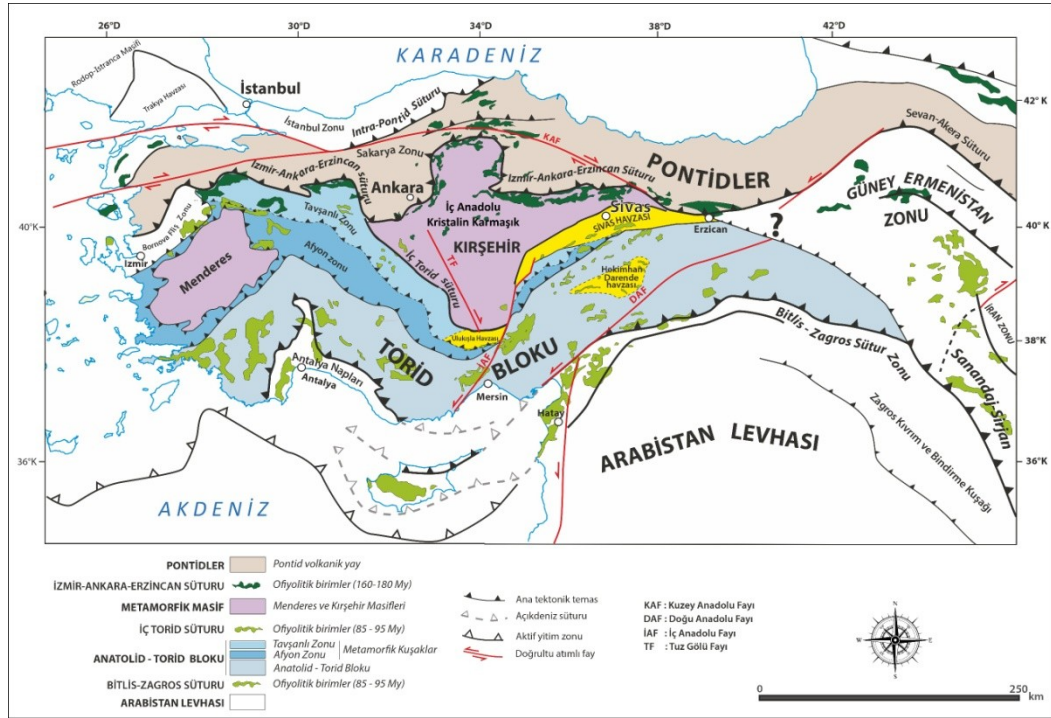
Çizelge 1: Dolin Morfometrisinde Yaygın Olarak Kullanılan Formüller

Morfometri Formülleri		
Yoğunluk (D _y)	$D_y = \frac{\text{Dolin sayısı (D}_s)}{\text{(Karstlaşmanın alanı (A))}}$	Dolin sayısının karstlaşma alanına bölünmesi ile elde edilir (Faivre, 1992)
Dolin alanı oranı (R _D)	$R_D = \frac{\text{Dolinlerin toplam alanı (km}^2)}{\text{Yüzey karstının toplam alanı (km}^2)}$	Dolinlerin toplam alanlarının yüzey karstının toplam alanına bölünmesi ile elde edilir (Bondesan ve diğ., 1992)
Uzun eksen (U)	<i>Ölçme işlemi</i>	Dolinin en üst kapalı kontur eğrisi üzerinde birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafe ölçülerek elde edilir (Denizman, 2003)
Kısa eksen (K)	<i>Ölçme işlemi</i>	Kısa eksen (genişlik) uzun eksene dik (90°) bir şekilde birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafe ölçülerek elde edilir (Bondesan ve diğ., 1992)
Uzama oranı (R _E)	$R_E = \frac{\text{Uzun eksen (m)}}{\text{Kısa eksen (m)}}$	Uzun eksenin kısa eksen değerine bölünmesiyle hesaplanır (Day, 1983)
Alan (A)	<i>Ölçme işlemi</i>	Dolinlerin en üst kapalı kontur eğrisine göre elde edilir (Goudie, 2003)
Çevre uzunluğu (P)	<i>Ölçme işlemi</i>	Dolinlerin en üst kapalı kontur eğrisine göre elde edilir (Goudie, 2003)
Dairesellik indisi (I _c)	$I_c = \frac{A}{\pi \left(\frac{2P}{\pi} \right)^2}$	Alan ve çevre uzunluğuna göre hesaplanır (Denizman, 2003)
Yönelim	<i>Açı hesaplama</i>	Dolinlerin yönelimleri uzun eksen çizgisinin kuzey ile yapmış olduğu açının (azimut açısı-α) hesaplanması ile belirlenir (Bondesan ve diğ., 1992)

4. FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

4.1. Jeolojik Özellikler

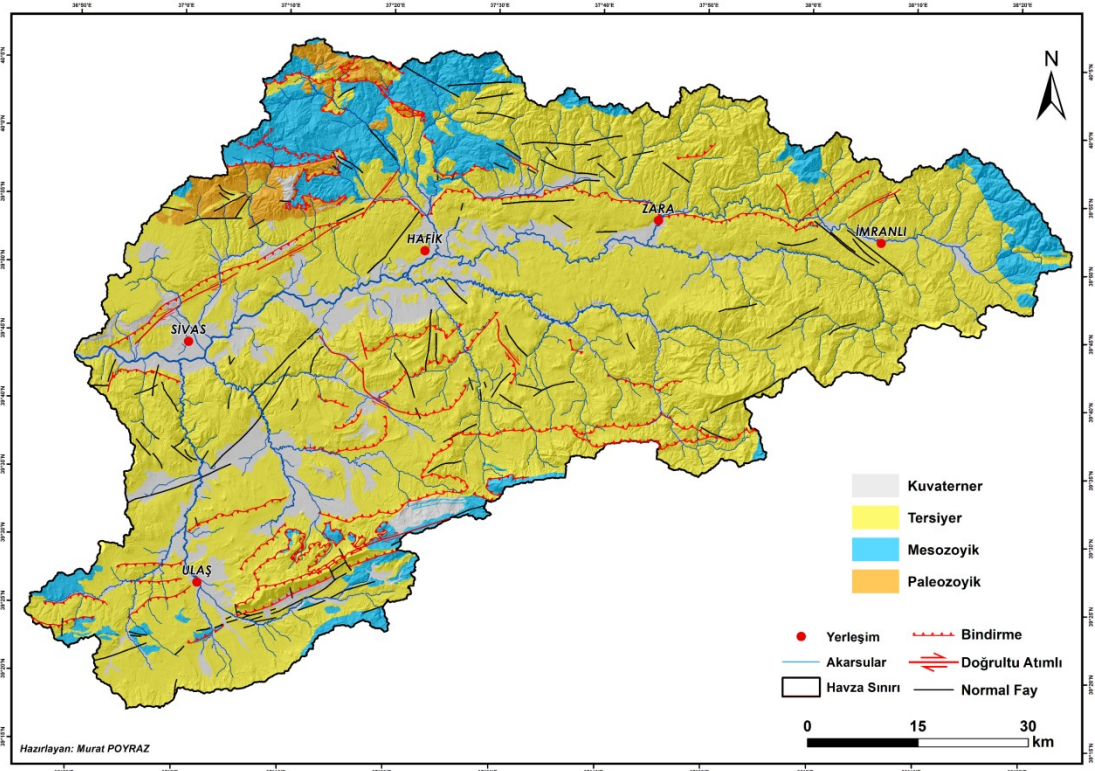
Çalışma alanı olarak belirlenen Yukarı Kızılırmak Havzası; Sivas il sınırları içerisinde Sivas, Ulaş, Hafik, Zara, İmranlı arasında kalır ve yaklaşık 6.610 km²'lik bir bölgeyi kapsar. Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'nde, Sivas Havzası içinde bulunan sahada (Şekil 9) Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar farklı zaman aralığında meydana gelmiş çeşitli kayaçlar yer alır. Kuvaterner'e ait araziler Kızılırmak ve kollarının yatakları ile yakın çevrelerinde yaklaşık 761 km²'lik alanda dağılış göstermektedir. Tersiyer yaklaşık 5.013 km² ile çalışma sahasında en fazla alanı kaplamaktadır. Mesozoyik arazileri alanın kuzey, kuzeybatı, kuzeydoğusunda daha geniş, güney ve güneybatısında ise daha sınırlı bir alanda yaklaşık 653 km² alan kaplamaktadır. Paleozoyik arazileri ise yaklaşık 183 km² alan kaplamakta ve bu zamana ait kayaçlar çalışma alanının kuzey ve kuzeybatısında sınırlı bir alanda yüzeylenmektedir (Çizelge 2 ve Şekil 10).



Şekil 9: Türkiye'deki Tektonik Birlikler Haritası (Legeay vd., 2018)'den değiştirilerek

Çizelge 2: Jeolojik Zamanlara Ait Arazilerin Alansal ve Yüzde Olarak Dağılımı

ZAMAN	ALAN (km ²)	ALAN (%)
Kuvaterner	761 km ²	%12
Tersiyer	5.013 km ²	%76
Mesozoyik	653 km ²	%10
Paleozoyik	183 km ²	%3

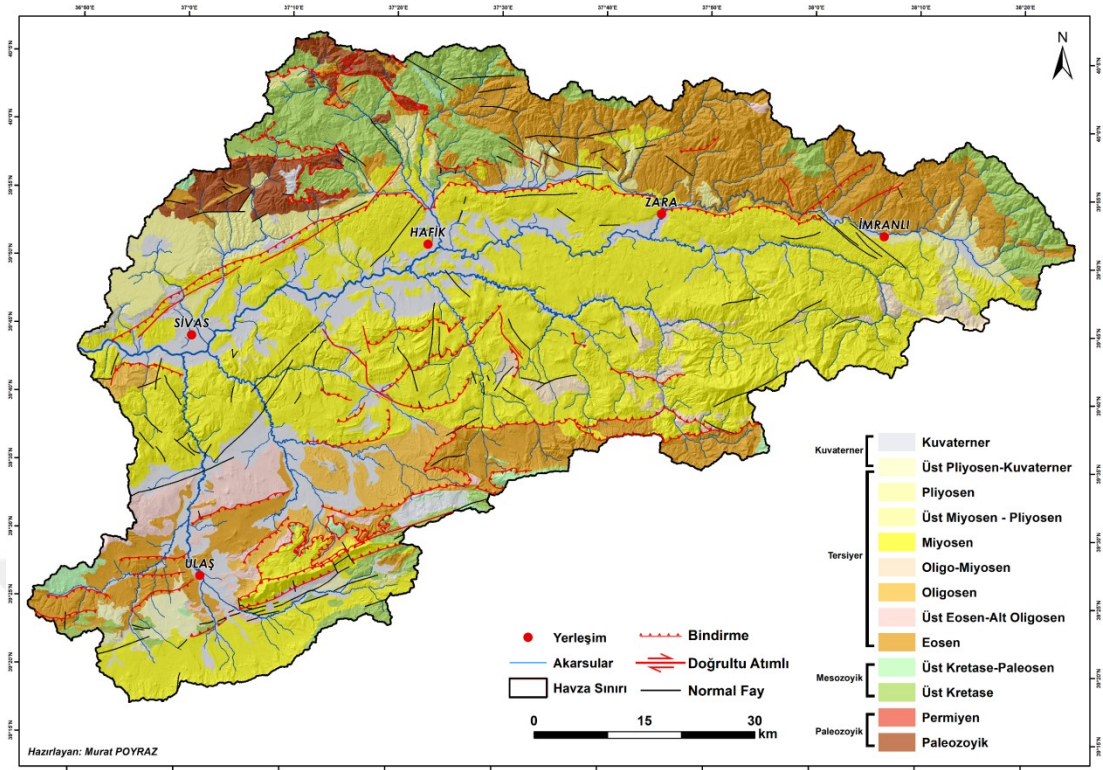


Şekil 10: Çalışma Alanındaki Kayaçların Jeolojik Zamanlara Göre Dağılımı (MTA 1/100.000 ölçekli H38, H40, İ37, İ38, İ39, İ40, J37, J38 Jeoloji haritalarından düzenlenerek)

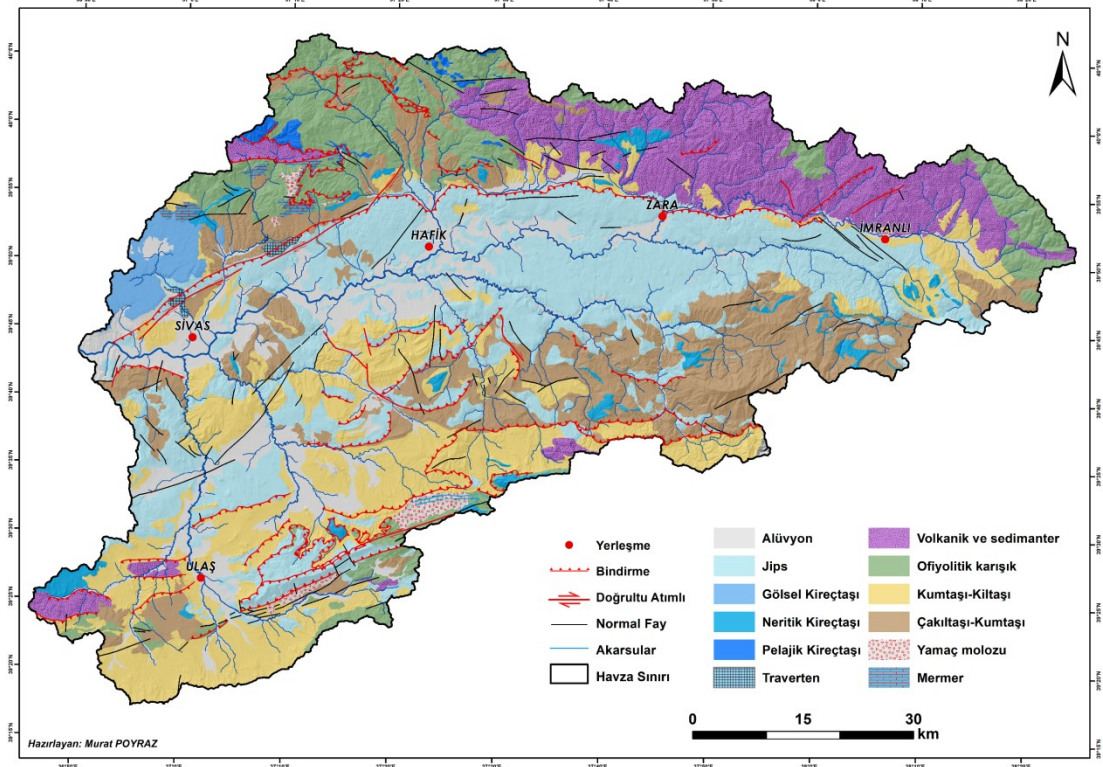
Havza; Paleozoik, Üst Kretase ve Eosen'e ait birimler tarafından kuzey ve güneyden sınırlandırılmaktadır. Havzanın merkezi kesimi ve güneyindeki küçük bir alan ise yaygın olarak Miyosen kayaçlarından oluşmuştur. Miyosen birimlerinin içerisinde drene olan Kızılırmak ve kollarına ait vadi tabanlarında bulunan alüvyonlar ise çalışma alanındaki en önemli Kuvaterner birimlerini oluşturur. Temeli oluşturan kayaçların birbirleri ile olan sınırları tektonik dokanaklıdır (Şekil 11).

Çalışma alanının kuzey kesiminin büyük kısmında volkano sedimanterler ve ofiyolitikler, güney kesiminde çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı ile sınırlı olarak ofiyolitik kayaçlar, bunların arasında kalan orta kesimlerde ise jips, kireçtaşı, traverten ve

alüvyon gibi birimler yer alır (Şekil 12).



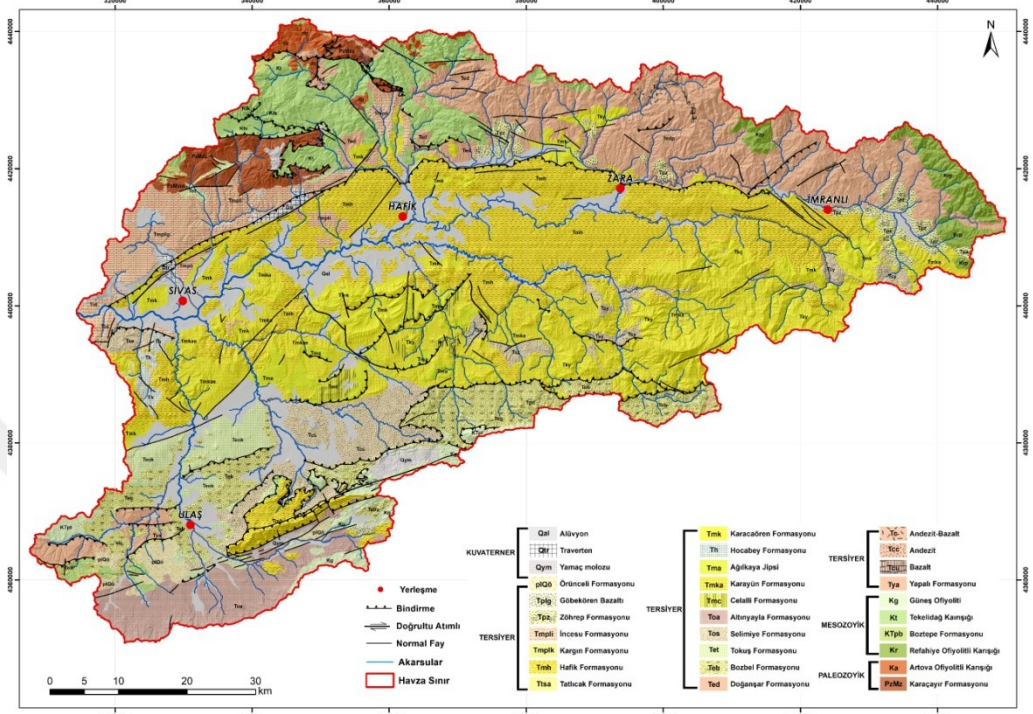
Şekil 11: Çalışma Alanını Oluşturan Kayaların Jeolojik Dönemlere Göre Dağılımı (MTA 1/100.000 jeoloji haritalarından düzenlenerek)



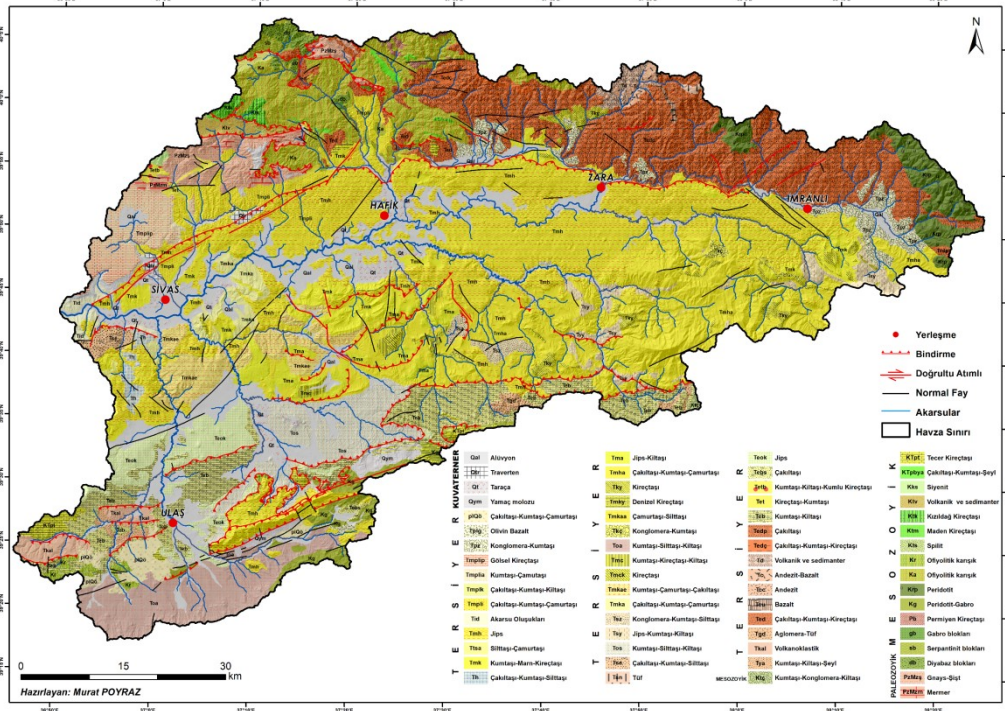
Şekil 12: Çalışma Alanı İçerisindeki Kayaç Türlerinin Alansal Dağılışı (MTA 1/100.000 jeoloji haritalarından düzenlenerek)

4.1.1. Formasyonlar

Çalışma alanının jeolojik özelliklerini daha iyi anlayabilmek için alan içerisinde bulunan kayaçlar formasyonlar düzeyinde açıklanacaktır (Şekil 13).



Şekil 13: Çalışma İçerisindeki Formasyonların Dağılışı (MTA 1/100.000 jeoloji haritalarından düzenlenerek)



Şekil 14: Çalışma Alanına Ait Ayrıntılı Jeoloji Haritası (MTA 1/100.000 jeoloji haritalarından düzenlenerek (Orijinali Ek-2'de)).

4.1.1.1. Paleozoyik

Karaçayır Formasyonu (Akdağmadeni Metamorfikleri - PzMz)

Bu formasyon çalışma alanının kuzeybatısında dar bir alanda gnays, şist, amfibolit, mermer, kuvarsit gibi metamorfik kayalarla ve bu metamorfik kayaları kesen gabro, granit, granitoidlerden oluşmaktadır (Şekil 14 ve 15). Akdağmadeni Metamorfikleri; beyaz, gri, sarı, kırmızımsı renkli, çok çatlaklı, kırıklı, kuvarsit ve şist ara düzeyli iri kristalli mermerler, kırmızı, beyaz, pembe renkli, sert, kırılma kenarlı, bol eklemli mermer ve mikaşist ara düzeyli kuvarsitler, yeşil renkli, yer yer asbestleşmiş siyenit dayklar tarafından kesilmiş amfibolit ve mermer ara düzeyli şist ile granatlı, mikalı gözlü gnayslardan oluşur. Maastrichtiyen-Paleosen öncesinde metamorfizmaya uğrayan kayaçlar; yapraklanmalı şist, kalkşist, gnays ardalanımı (**PzMzş**) ve daha üstte yer alan şist-mermer ardalanımı ile mermerlerden (**PzMzm**) oluşur. İstifin ve bölgesel metamorfizmanın yaşı Maastrichtiyen-Paleosen öncesi olarak verilmiştir (Bilgiç, 2014).



Şekil 15: Çalışma Alanının Kuzeybatısında Yer Alan Gnays ve Şistler

Artova Ofiyolitli Karışığı

Serpantinit, kumtaşı, aglomera ve tüften oluşan matriks içinde değişik boyut ve yaştaki tortul kaya, magmatit, volkanit ve metamorfik blokların oluşturduğu karışıktır (Şekil 14). Karışık içindeki Paleozoyik'e ait bloklar; gri, koyu gri, siyah renkli, alt düzey masif, üst düzeyleri ince-orta katmanlı, kalsit damarlı, kırılğan kireçtaşlarından oluşan Permien kireçtaşı blokları **(Pb)**, yeşilimsi, mavimsi renkli, kırılğan, içinde yer yer olivin ve ortopiroksen görünen serpantinit blokları **(sb)**, taze yüzeyi koyu yeşil, ayrışma yüzeyi kahverengi, koyu gri renkli, ofiyolitik dokulu, yer yer serpantinitler üzerinde veya içinde yer alan diyabaz blokları **(db)**, taze yüzeyi açık benekli yeşil, ayrışma yüzeyi açık gri, sarımsı renkli, masif, katmanlı ve iri taneli gabro blokları **(gb)**'ndan oluşur. Birimin yaşı Kampaniyen öncesi olarak verilmiştir (Sümengen, 2013a).

4.1.1.2. Mesozoyik

Boztepe Formasyonu (KTpb)

Çalışma alanının kuzeybatısında dar bir alanda yüzeylenen bu formasyon; çakıltaşı, kumtaşı, şeyl, pelajik ve neritik kireçtaşı ile olistostromal düzeylerden oluşur (Şekil 14). Tabanda gri, yeşilimsi gri, bordo renkli, orta-kalın katmanlı, şist, mermer, volkanit, ofiyolit ve kireçtaşı, çakıllı kötü boylanmış çakıltaşı, gri, sarımsı, kırmızı renkli, ince-orta katmanlı, yer yer dereceli katmanlı çamurtaşı ve tüfit ara düzeyli kumtaşı, sarımsı, yeşilimsi renkli, ince-orta katmanlı, kırık ve kıvrımlı pelajik kireçtaşı, sarımsı, beyazımsı renkli, orta-kalın katmanlı, kıvrımlı, yer yer volkanik çakıltaşı ve kumtaşı ara düzeyli neritik kireçtaşı ve kalınlıkları 30 cm ile 100 metre arasında değişen ve bileşenleri peridotit, gabro, diyabaz, serpantinit, bazalt, granit, şist, mermer, radyolarit, pelajik kireçtaşı çakıl ve bloklarından oluşan merceksi olistostromal düzeylerden oluşur. Artova Ofiyolitli Karışığı üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alan Geç Kretase-Paleosen yaşlı Boztepe Formasyonu geç Lütésiyen yaşlı Doğanşar Formasyonu tarafından üzerlenir. Çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, şeyl ve yer yer pelajik kireçtaşı ara düzeylerinden oluşan birim Yakaboyu Üyesi **(KTpbya)** olarak isimlendirilmiştir. Birim kalınlığı yaklaşık 200-250 metre, yaşı ise Geç Kretase-Paleosen olarak verilmiştir (Sümengen, 2013a)

Tekelidağ Karışığı (Kt)

Çalışma alanında yaygınca yüzeyleyen bu karışık; koyu renkli, yer yer gaz boşluklu ve yastık yapılı spilit ve splitik bazaltlar ile yeşilimsi, mavimsi renkli serpantinit, peridotit ve gabro gibi ofiyolitik kayalar ile volkano sedimenter kayalardan meydana gelmiştir (Şekil 14). Volkano sedimanter kayalar (**Ktv**) sarı, yeşil renkli, tabakalı, türbiditik özellikler sunan kumtaşı-tüf-kiltaşı ve aglomeralardan oluşur. Spilit (**Kts**) yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, mor renkli, yer yer gaz boşluklu ve yastık yapıdadırlar. Geç Senoniyen yaşlı Maden kireçtaşı (**Ktm**); pembe renkte, ince-orta tabakalı, mikritik, pelajik kireçtaşlarından oluşur. Senomaniyen yaşlı Kızıldağ kireçtaşı (**Ktk**) gri, koyu gri renkli, orta kalınlıkta tabakalı, mikritik kireçtaşlarından oluşur. Karaçayır siyeniti (**Kks**), alanın kuzeybatısında sınırlı bir alanda yüzeyleyen intrüzif granitik plütondur. Bozulmuş yüzeyleri kirli sarı, kahverenkli, taze yüzeyi gri renklidir. İntrüzyon yaşı Geç Kretase, soğuma yaşı Geç Kretase sonu-Paleosen başıdır (Bilgiç, 2014).

Güneş Ofiyoliti (Kg)

Bu ofiyolitler yeşil, kahverenkli serpantinleşmiş harzburjitler, peridotit, gabro, dayk karmaşığı ve yastık lav gibi ofiyolitik meydana gelmiştir ve Geç Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı, gri, koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı, erime boşluklu, kırıklı ve çatlaklı, mikro-makro fosilli, resifal kireçtaşlarından oluşan Tecer kireçtaşı (**KTpt**) tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür. Birim yaşı Üst Kretase olarak verilmiştir (Bilgiç, 2014).

Refahiye Ofiyolitli Karışığı (Kr)

Dunit, peridotit, serpantinit, amfibolit, gabro karışımı ile farklı yaşlarda metamorfik kayaç, metavolkanit, radyolarit, sipilit ve mermer blokları birimi meydana getirir (Sümengen, 2013a). Karışık; Erzincan, Refahiye, Kızıldağ, Çavuşdağı, Tecer Dağı, Söğütlü, Divriği civarlarında ve Munzurlar'ın kuzey eteklerinde Tersiyer havzasının tabanında yüzeylemektedir (Şekil 14). Peridotit (**Krb**) ve serpantinitler en yaygın kaya türleridir (Aktimur, 1988).

4.1.1.3. Tersiyer

Yapalı Formasyonu (Tya)

Çalışma alanın güneydoğusunda sınırlı bir alanda yüzeyleyen bu formasyon, gri, sarımsı renkli, orta-ince katmanlı kumtaşı, kıltaşı, şeyl ardalanımının alt düzeylerinde kanal yapıları, orta ve üst düzeylerinde yer yer olistostromal yapılardan oluşur (Şekil 14). Formasyon sınırı şelf ortamının ürünü olan kayalarla temsil edilir ve kapsadığı fosillere göre Lütésiyen yaşta olduğu değerlendirilmiştir (Yılmaz vd., 1989).

Bozbel Formasyonu (Teb)

İnceleme alanının güney-güneybatısında yüzeyleyen, genel olarak yarı pelajik, derin denizel ortamda depolanmış ve üst kısmı ise regresif sığ denizel ortamı temsil eden, Orta-Geç Eosen yaşlı türbiditiktir (Bilgiç, 2014). Tütüncü ve Aktimur, (1988) bu birimi Gülandere Formasyonu olarak isimlendirmişlerdir. Genellikle türbiditik fliş özelliğindeki çökel kayalardan oluşan formasyonu kumtaşı, kıltaşı, konglomera ile Diştaş Aglomerası olarak ayırt edilen, gri, boz renkli, kalın tabakalı, blokumsu ayrışmalı aglomeralar ve gri, yeşil renkli, ince tabakalı tüf ardalanmaları (**Tebd-Tgd**) oluşturur (Şekil 14). Kalınlığı 10-100 metre arasında değişen bu üye içerisinde fosile rastlanmağı için formasyon yaşı ile aynı olarak değerlendirilmiştir (Tütüncü ve Aktimur, 1988). Sahanın güneyinde çok dar bir alanda yüzeyleyen Orta Eosen yaşlı, yaklaşık 50 metre kalınlıkta, sığ denizel ortamda depolanmış ve genellikle ofiyolitik bileşenlerden (serpantinit, peridotit) oluşan, koyu yeşil renkli, kalın tabakalı, çakıltaşlarına Söğütlü Konglomerası (**Tebs**) adı verilmiştir (Bilgiç, 2008).

Doğansar Formasyonu (Ted)

Kumtaşı killi-kumlu kireçtaşı, çakıltaşı, tüfit, aglomera, andezitik ve bazaltik lav ardalanmasından oluşan formasyon; tabanda kırmızı, yeşilimsi renkli, kalın katmanlı, tane ve matriks destekli, andezit, bazalt, gabro çakıllarından oluşan çakıltaşı ile başlar. Kırmızı ve mor renkli, ince taneli, yer yer iri taneli, karbonat çimentolu, orta boylanmalı, ince andezit ara düzeyli kumtaşları ile devam eder (Şekil 14). Görünür kalınlığı 1000 metreden fazla ve Artova Ofiyolitli Karışığı, Tokat

Metamorfikleri ve Boztepe Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelen bu formasyonun yaşı Geç Lütésiyen olarak değeriendirilmiştir. Formasyon içerisinde Pusat Çakıltaşı Üyesi (**Tedp**); genellikle ofiyolitli karışıktan türemiş, gri, koyu gri renkli çakıltaşlarından meydana gelmiştir (Sümengen, 2013b).

Tokuş Formasyonu (Tet)

Akdağmadeni Metamorfikleri üzerinde uyumsuzlukla gelen bu formasyon, üste doğru derinleşen, transgresif ve sığ denizel ortamda depolanan birimlerden oluşmuştur (Şekil 14). Genellikle metamorfik bileşenler içeren kırmızı renkli çakıltaşı-kumtaşı gibi karasal kırıntılılarla başlayan formasyon, mikro-makro fosili bol olan kireçtaşları ile devam eder ve türbiditik özellikler sunan kumtaşı-kıltaşı-kumlu kireçtaşı ile son bulur. Formasyon yaşı Orta-Geç Eosen olarak belirlenmiştir (Bilgiç, 2014).

Tokuş Formasyonu'nu oluşturan Küçüktuzhisar Jipsi (**Teok**) Bozel Formasyonu üzerinde yer alır. Geç Eosen-Erken Oligosen yaşlı bu jipsler, gel-git düzlüğü ortamında çökelmişlerdir (Yılmaz vd., 1997).

Selimiye Formasyonu (Tos - Tse)

Alanın batısında sınırlı alanlarda yüzeyleyen formasyon; karasal ortamlarda çökelmiş Oligosen yaşlı, kırmızı, üst düzeye doğru gri renkli, orta-kalın ve orta ince katmanlı çakıltaşı-kumtaşı-silttaşı (**Tse**) aralanmalarından meydana gelmiştir (Yılmaz vd., 1997). Güney-güneybatıda ise daha geniş alanda yayılış gösteren ve sığ denizel ortamda çökelen formasyon genel olarak koyu kırmızı-bordo renkli, düzenli tabakalı kumtaşı-silttaşı-çamurtaşı (**Tos**) ve yer yer jips tabakaları aralanmalarından meydana gelmiştir (Bilgiç, 2014). Jips-kumtaşı-kıltaşı (**Tsy**) ve konglomera-kumtaşı-silttaşı (**Tsz**) olarak harita üzerinde belirtilen birimler, Tütüncü ve Aktimur (1988) ve Aktimur (1988) tarafından Yağbasan ile Zikri Üyesi olarak ayırt edilmiştir. Kırmızı, gri, yeşilimsi, beyaz renkli, ince-orta tabakalı, sığ deniz, lagün ve karasal ortamda çökelmiş ve yaklaşık 800-900 metre kalınlıkta kumtaşı, kıltaşı, çamurtaşı, jips ve konglomera aralanmasından oluşan çökeller Yağbasan Üyesi (**Tsy**) olarak isimlendirilmiştir. Zikri Üyesi ise (**Tsz**) genellikle kırmızı renkli, ince-orta-kalın katmanlı, çapraz tabakalanma ve laminalanmalı, 200 metre kalınlıkta, delta ortamında çökelmiş konglomera, kumtaşı ve silttaşlarından oluşmuştur (Tütüncü ve

Aktimur, 1988).

Altınyayla Formasyonu (Toa)

Tecer Dağı güneyinde yüzeyleyen, menderesli akarsu ortamında çökelmiş, genel olarak koyu kırmızı, sarı-gri, yeşil renkli, kanal dolgulu, çakıltaşları-çakıllı kumtaşları ve bunlarla ardalanmalı ince-orta tabakalı kıltaşı, silttaşı ve kumtaşlarından oluşan bu formasyon Oligosen yaşlıdır (Bilgiç, 2014).

Ağıkaya Jipsi (Tma)

Kıyı (gel-git düzlüğü) ortamında depolanmış, yaklaşık 475 metre kalınlıkta, Erken Miyosen yaşlı, Hacıali Formasyonu üzerinde, genel olarak beyaz renkli, orta-ince, kalın tabakalı veya masif jipslerden oluşmuştur (Bilgiç, 2014).

Celalli Formasyonu (Tmc)

Erken Miyosen yaşlı, gri ve yeşil renkli, tabakalı kumtaşı-kumlu kireçtaşı-kıltaşı-marn aradalanımlı, sığ denizel ortamda depolanmış bu formasyonun görünür kalınlığı 250-450 merteler arasında değişir. Formasyon üzerinde Karayün Formasyonu uyumlu olarak yer alır (Bilgiç, 2014).

Karayün Formasyonu (Tmka)

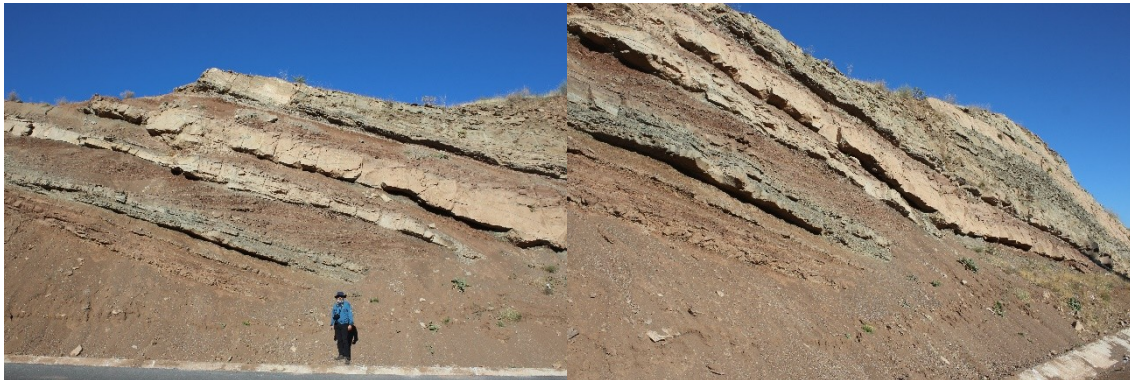
Bu formasyon; kırmızı renkli çamurtaşı, ince kumtaşı-silttaşı ardalanımından oluşan Ağıldere Üyesi (**Tmkaa**) ve kırmızı renkli, büyük ölçekli çapraz tabakalı, çamurtaşı arakatkılı kumtaşları ve çakıltaşlarından oluşan Eğribucak Üyesi (**Tmkae**) ile şeyl, jips-kumtaşından oluşan Daniştepe Üyelerinden meydana gelir (Şekil 16). Eğribucak Üyesi formasyonun en yaygın ve kalın tabakalarını oluşturur. Geniş bir alanda yüzeyleyen ve akarsu-göl ortamında çökelen, 1000 metre civarında kalınlığı olan bu formasyonun yaşı Erken Miyosen'dir (Bilgiç, 2014).



Şekil 16: Eğribucak, Gerne Köyü Civarlarında Kumtaşlarının Görünümü.

Karacaören Formasyonu (Tmk)

Havzada geniş bir alanda yüzeylenen ve genel olarak sığ denizel kireçtaşlarından oluşan bu formasyon, Kemah Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Aktimur, 1988). Genel olarak sarı-beyaz renkli, bol makro-mikro fosilli kireçtaşları (**Tmky**) ile gri-yeşil renkli, fosilli kumtaşı-marn-kiltaşı ardalanımından (Bilgiç, 2014b) ve kirlili beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, kalsit damarlı kireçtaşından (**Tky**) oluşur (Şekil 17). Görünür kalınlığı yaklaşık 700 metre olan formasyon Erken-Orta Miyosen yaşlıdır (Tütüncü ve Aktimur, 1988).



Şekil 17: Karacaören Formasyonu'na ait Kumtaşı-Marn-Kiltaşı Ardalanımına Ait Bir Görünüm.

Hocabey Formasyonu (Th)

Çalışma alanının batısında sınırlı bir alanda yüzeyleyen, karasal ortamlarda çökelmiş kırmızı-bordo, gri-yeşil renkli, orta-ince katmanlı, genel olarak kiltaşı, siltaşı, çamurtaşı ve yer yer kumtaşından oluşan formasyon Alt-Orta Miyosen yaşlıdır (Yılmaz vd., 1997).

Hafik Formasyonu (Tmh)

Sivas havzasında yaygın olarak yüzeyleyen jips ağırlıklı bu formasyon, genel olarak beyaz renkli, yer yer ince, çoğunlukla orta-kalın tabakalı ve yer yer de mercekli masif jipslerden oluşur. İnce kiltası veya marn ara katkıları ile kayatuzu tabakları ve tuzlu su kaynakları da içerir. Karayün ve Karacaören formasyonları üzerinde uyumlu olarak yer alan Hafik Formasyonu Erken-Orta Miyosen yaşlıdır (Bilgiç, 2014).

Çalışma konusunu oluşturan jips karstına ait şekillerin büyük bir bölümü bu formasyon üzerinde gelişmiştir. Bu nedenle formasyona ait detaylı bilgiler “Jips” başlığı altında verilmiştir.

İncesu Formasyonu (Tmpli - Ti)

Akarsu ve gölsel oluşuklardan meydana gelen formasyon; genel olarak turuncu renkli, çakıltası, kumtaşından (**Tid**) oluşmuştur. Başlangıçta akarsu, sonrasında gölsel ortamlarda oluşumunu sürdüren formasyonun alt kesimleri Üst Miyosen, üst kesimleri ise Pliyosen yaşında olduğu değerlendirilmiştir (Yılmaz vd., 1997). Bilgiç (2014) ise bu formasyonu; sarı-beyaz renkli ve orta-kalın tabakalı olan kireçtaşları (**Tmplip**) Porsuk Üyesi, kireçtaşlarının altında yer alan ve kumtaşı-çamurtaşı (**Tmplia**) gibi ince taneli çökellerden oluşan düzey Aydoğmuş Üyesi olarak tanımlanmış ve Geç Miyosen-Pliyosen'e ait olduğunu ifade etmiştir (Şekil 14).

Göbekören Bazaltı (Tplg)

Geç Pliyosen yaşlı, siyah, koyu kahve renkli, levhamsı ayrışmalı veya olivin bazaltlardan oluşan birim, gaz boşluklu, sütunsal soğumalı veya yer yer yastık yapılıdır (Bilgiç, 2008).

Kargın Formasyonu (Tmplk)

Karasal ortam koşullarında çökelmiş olan formasyon, genel olarak bordo renkli, çakıltası, kumtaşı, kiltası ve çakıllı kumtaşı ardalanmasından oluşmuştur (Şekil 14). Görünür kalınlığı yaklaşık 80 metre olan formasyon Geç Miyosen-

Pliyosen yaşlıdır (Sümengen, 2013b).

Zöhrep Formasyonu (Tpz)

Gri-boz renkli, yer yer kil ve karbonat arakatlı, gevşek tutturulmuş konglomera ve kumtaşlarından oluşan, yaklaşık olarak 150-200 metre kalınlıkta olan bu formasyon Pliyosen yaşlıdır. Konglomeralar kalın, kumtaşları ise ince tabakalıdır (Tütüncü ve Aktimur, 1988).

4.1.1.4. Kuvaterner

Örünceli Formasyonu (plQö)

Akarsu ortamında çökelmiş karasal kırıntılılardan oluşan formasyon, sarı-gri renkli, orta-kalın tabakalı çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı ardalanımından oluşmuş ve yarı tutturulmuş gevşek dokulu, çapraz tabaklanmalı, Geç Pliyosen-Kuvaterner yaşlıdır (Bilgiç, 2014).

Traverten (Qtr)

Düzyayla Fayı'na bağlı olarak geliştiği düşünülen birim, sarı-kirli beyaz renkli, kalın tabakalı, gözenekli, sert, çatlaklı ve kırıklı yapıya sahiptir (Bilgiç, 2014).

Yamaç Molozu (Qym)

Alanın güney-güneydoğusunda, Çavuş ve Sakar Dağları ile Tecer Fayı'nın yükselttiği alanın önünde oluşan, tutturulmuş veya yarı tutturulmuş, blok boyu bileşende içeren, kötü boylanmalı çakıl ve kum bileşenlerinden meydana gelmiş çökellerdir (Bilgiç, 2014).

Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarında oluşan, çakıl, kum ve çamurtaşı gibi çökel depolardır (Şekil 18) (Sümengen, 2013a).



Şekil 18: Özdere'nin Alüvyonlarına Ait Bir Görünüm.

4.1.2. Stratigrafi ve Tektonizma

Sivas Tersiyer Havzası (STH) içerisinde kalan Yukarı Kızılırmak Havzası'nda 1938 yılından (Blumenthal, 1938) günümüze kadar stratigrafik ve tektonik özelliklerinin belirlenmesi açısından birçok çalışma yapılmıştır (Aktimur, Tekirli ve Yurdakul, 1990; Baysal ve Ataman, 1980; Blumenthal, 1938; Ceyhan, 1987; Çiner ve Koşun, 1996; Çiner, Kosun ve Deynoux, 2002; Darin ve Umhoefer, 2019; Gökçen ve Kelling, 1985; Görür, Tüysüz ve Şengör, 1998; Kavak, 2005; Kavak ve İnan, 1996; Keskin ve Yılmaz, 2016; Klimchouk ve Andrejchuk, 1996; Koşun ve Çiner, 2002; Kurtman, 1961, 1973; Legeay vd., 2019, 2018; Tekin, 2001; Tekin vd., 2002; Tekin, Varol ve Friedman, 2001; Temiz, 1994, 1996; van Hinsbergen vd., 2016; Yılmaz ve Yılmaz, 2006).

Sivas Havzası farklı tektonik kuşaklar arasında yer almaktadır. Bunlar; kuzeybatı kenarında Kırşehir Masifi, kuzey kenarında İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ve Pontidlere ait ofiyolitler ve ofiyolitik melanjlara, güney kenarında ise Torid üzerini yapısal olarak örten ve Sivas Ofiyoliti olarak adlandırılan ofiyolitik masif kuşaklardır (Legeay vd., 2019). Kurtman (1973) sahayı üç ayrı tektonik zona ayırmıştır; Kuzeyde Sakar Dağ-Köse Dağ Yükselimi, orta kesimde Hafik-Zara-İmranlı Depresyonu ve güneyde Tecer-Gürlevik Yükselimi. Tecer-Gürlevik Yükseliminin güneyden kuzeye doğru Hafik-Zara-İmranlı Depresyonu üzerine büyük bir bindirme ile itildiğini ve bu depresyonun Eosen'den Pliyosen'e kadar çok kalın bir sedimanter istif oluşturduğunu belirtmektedir.

Havza ile ilgili yapılan son detaylı sedimantolojik, stratigrafik ve yapısal çalışmalar (Darin ve Umhoefer, 2019, 2020; Kergaravat vd., 2016; Kergaravat vd.,

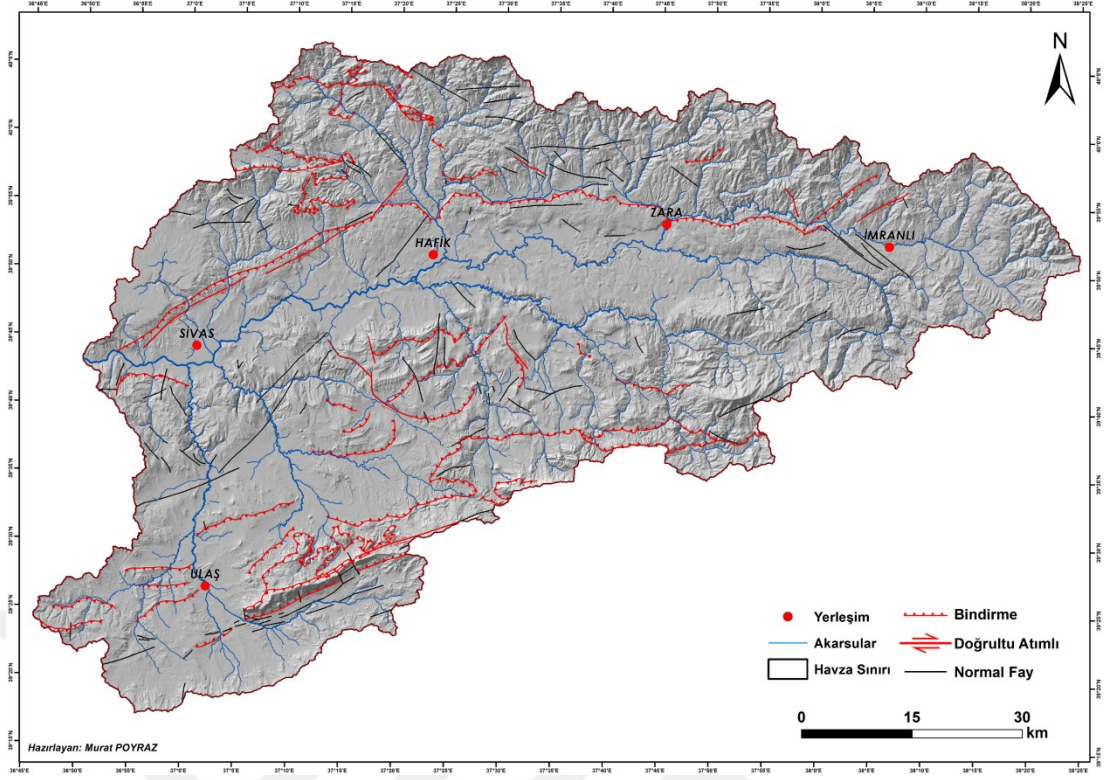
2017; Legeay vd., 2018; Pichat vd., 2018; van Hinsbergen vd., 2016) Geç Kretase ofiyolit üzerlemesi ile ilişkili erken havza evrimi ve Sivas Bindirme Kuşağı'nın kuzey kenarı boyunca tuz tektoniği tarafından kontrolünün temel rol oynadığını öne sürmektedirler. Orta Anadolu havzalarının çoğunda olduğu gibi Sivas Havzası'nın stratigrafik özellikleri ile ilgili Paleosen-Eosen sığ deniz kireçtaşlarından ve türbiditlerden, Oligo-Miyosen denizaltı olmayan kıvrıntılı tortulaşmaya doğru tipik bir evrim gösterdiği ileri sürülmektedir. Havzanın kuzeyi tuz tektoniği süreçleri ile kontrol edilirken, güney kesimlerinin ise klasik kıvrım kuşağı ile kontrol edildiği yorumları yapılmıştır (Darin ve Umhoefer, 2019).

Tuz Gölü ve Çankırı Havzalarından sonra Orta Anadolu Havzaları arasında üçüncü büyük havza olan (Görür, Tüysüz ve Şengör, 1998) Sivas Tersiyer Havzası içerisinde birden fazla alt havza ayırt edilmiştir. Bu nedenle havzayı tek bir stratigrafik kesitle açıklamak zordur (Temiz, 1996; A. Yılmaz ve Yılmaz, 2006). Her alt havza kendine özgü bir stratigrafik dizilime sahip olmakla birlikte havzalar içerisinde genelde karasal ve sığ denizel (yer yer kısmen pelajik) fasiyesler birbirini izlemektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2006).

Sivas Havzası'nın temel stratigrafik özelliklerini kısaca özetlemek gerekirse (Şekil 19); havzanın temelini, batı-kuzeybatı kenarında Kırşehir Masifi'nin doğu kenarını oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfikler (gnays, kuvarsit, amfibolitşist, mikaşist, serisitşist ve mermer) güney kenarını ise Toros Kuşağının doğu ucunu oluşturan Üst Triyas-Üst Kretase yaşlı karbonatlar oluşturur (Temiz, 1994). Eosen yaşlı birimleri üzerleyen Oligosen yaşlı birimler; tabanda kalın jipsten ve silttaşlarından, üstte ise kumtaşlarından oluşur. Miyosen kayaları Kurtman (1973) tarafından Karacaören ve Hafik Formasyonları olmak üzere 2 farklı formasyona ayrılmıştır. Karacaören Formasyonu sığ denizel ortamda çökelmiş kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve şeyl ardalanmasından meydana gelirken, Hafik Formasyonu ise lagüner ortamda birikmiş jips, kumtaşı, silttaşı ve konglomeradan oluşur. Formasyonun egemen kaya türü beyaz, bej ve gri, yer yer ince-orta-kalın katmanlı çoğunlukla masif, sıkça kıvrımlanmış ve makaslama zonları içeren ve taban kesimlerinde yapraklanma gösteren jipslerden meydana gelmiştir (Temiz, 1994). Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve travertenler havzanın bazı bölgelerinde yüzeylenmektedir (Kurtman, 1973).

ZAMAN	My	LİTOLOJİ	FORMASYON	ÇÖKELME ORTAMLARI	KALINLIK (m)	
KUVATERNER						
TERSİYER	Pliyosen	Piyasenzilyen	Merakom	Alüvyon teraslar ve travertenler	50 - 200	
		Zankleyen		Göl		
	Miyosen	Messiyen	Benlikaya	Flüvyal	Birim 2: Playa Gölü Birim 1: Alüvyal fan ve örgülü akarsu	500 - 1000
		Tortoniyen				
		Serravaliyen				
		Langiyen				
		15.97				
		Burdigaliyen				
		20.44				
	Akitaniyen	Karacaören	Birim 4: Delta ovası ve sınırlı kıyı lagünü Birim 2: Karşık deltaik ve sıg deniz karbonatları	1000 - 2500		
	23.03		Unit 1: Karşık deltaik ve sıg deniz karbonatları			
	Oligosen	Şattiyen	Karayün	Unit 3: Flüvyal-tuzlu göl	1000 - 2500	
		28.1		Birim 2: Karşık örgülü akarsu		
		Rupeliyen		Birim 1: Flüvyal arakatlı playa göl		
				TUZ ÖRTÜSÜ		?
Eosen	Priyaboniyen	Selimiye	Playa Göl - Flüvyal	1500 - 2500		
	Bartoniyen	Tuzhisar	Sabka Deniz Platformu	OTOKTON SEVİYE	>200 ?	
		41.3	Tokuş	Sıg su türbiditleri	100 - 1500	
	Lütəsiyen	Bozbel	Tokuş: Nummulitik platformlar (sınırlar boyunca) Bazaltik girintili ince tabakalı türbiditler			
	Paleosen	İpresiyen	Yapalı	Kalsitürbiditler	50 - 100	
			Kozluca	Kalın tabakalı türbiditler ve volkanoklastik fan deltası	100 - 600	
			Bahçecik	Ya : Yağmurluseki Fm		
	KRETASE	Tanesiyen	Gazibey	Kırmızımsı şistler	100 - 2000	
Selandiyen		Ko	Ce : Cercepindere			
Daniyen		Ka	Ko : Konakyazı			
66.0		Tecer	Ka : Kaleköy			
SIVAS HAVZISI'NIN TEMELİ	Geç Kretase	Tecer	Tecer	Sıg su karbonat platformları	3000 ?	
		Torid Ofiyoliti	Yer yer magmatik sokulumlu serpantinlenmiş peridotit napı			
	Jura - Orta Kretasa	Ofiyolitik melanaj	Santoniyen-Kampaniyen boyunca üzerleme	> 50		
Ayrışmamış	Munzur Birimi	Ayrışmamış karbonat platformları Zayıf metamorfizma	?			

Şekil 19: Çalışma Alanına Ait Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesit (Legeay vd., 2018'den düzenlenerek).



Şekil 20: Çalışma Alanına Ait Fay Haritası (MTA 1/100.000 jeoloji raporlarından değiştirilerek).

4.1.3. Jips

Jipsler çoğunlukla evaporitik ortamların ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Evaporitlerin çökeltim ortamları ise karasal ve denizel olarak ikiye ayrılmakta ve bunların arasında da geçiş ortamları ayırt edilebilmektedir. Kimyasal çökeltmenin hâkim olduğu bu ortamlarda CO_3 , SO_4 , Cl, F, Br gibi anyonlarla, Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} gibi kationlar miktarları yeterli doygunluğa ulaştıklarında kristalleşerek çökeltirler. Bu kimyasal çökeltmenin başlıca oluşukları; jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4), halit (NaCl), silvit (KCl), bişofit ($\text{MgCl}_6\text{H}_2\text{O}$) gibi minerallerdir (Ceyhan, 1987).

Kurak ve yarı kurak iklimlerdeki topraklarda yaygın olarak bulunan ve kimyasal formülü ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) olan jipsin bileşimi bazen göz ardı edildiği için yanlış ifade edilmektedir ve en yaygın hata ise kalsiyum sülfata (anhidrit) (CaSO_4) jips olarak atıfta bulunmaktır (Herrero, Artieda ve Hudnall, 2009). Jipsin fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3: Jips Özelliklerini Gösterir Çizelge (Kahraman ve Erşahin, 2016)

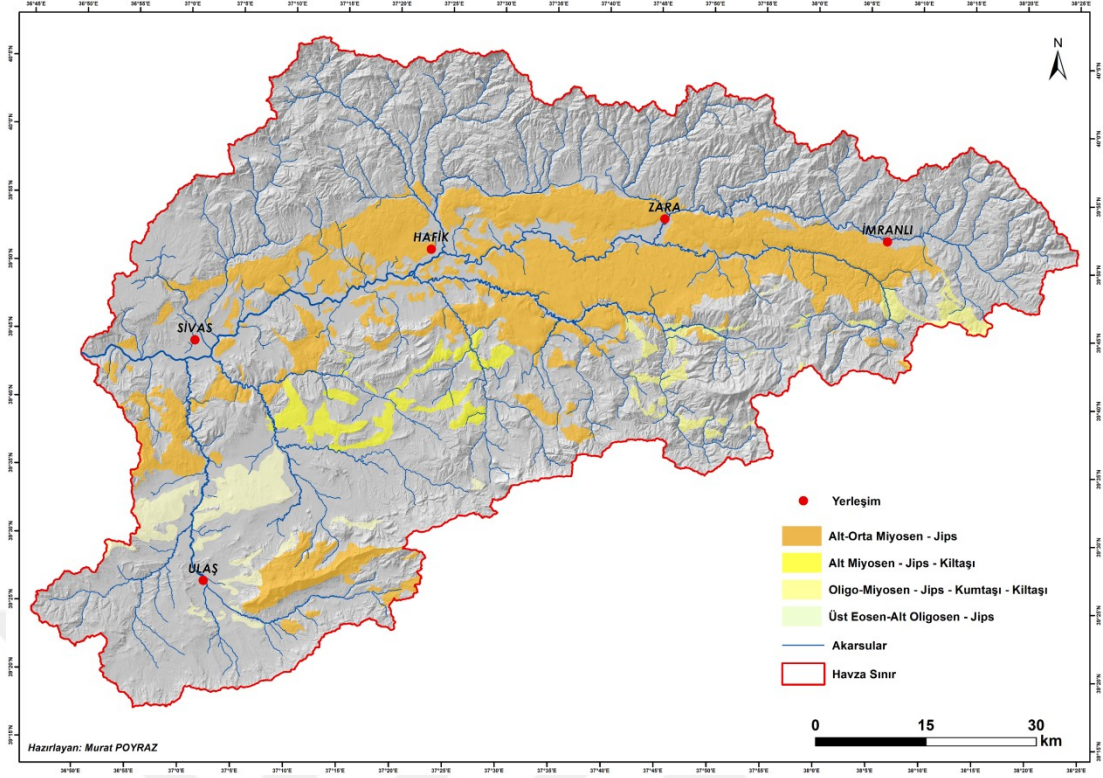
Jips	Özellikler
Kimyasal Formülü	CaSO ₄ .2H ₂ O Jips'in % 22.3'ü kalsiyum (Ca), %18.6'sı ise kükürt (S) dür.
Renk	Renksiz, saydam, beyaz, gri, sarımsı, kırmızı, kahve, siyah, şeffaf-yarı şeffaf, çizgi rengi beyazdır.
Parlaklık	Sedefsi, camsı, kendine özgü inci parlaklıktadır
Yapı	Amorf (şekilsiz), telsel veya gelişi güzel kristaller şeklindedir. Kristal biçimi ince-kalın, levhamsı kristalli; kısa-uzun, prizmatik, iğnemsî, masif, taneseldir.
Dilinim	Çok iyidir, üç yönde dilinimi vardır.
İkizlilik	Yüzeyinde kırılma kırığı, mızrak ve kelebek ikizleri oldukça tipiktir.
Sertlik	2 (Mohs)
Özgül ağırlık	2.32 (g.cm ⁻³)
Ekivalent ağırlığı	86 (g)
Çizilme durumu	Tırnak ile çizilir
Kristal sistemi	Monoklinal
Ayırıcı özelliği	Düşük sertliği ve dilinimi
Kırılma	Biri çok düzgün olan iki kırılma yüzeyine sahiptir

Jipslerin farklı ortamlarda çökebilmesi (Klimchouk ve Andrejchuk, 1996) Sivas Havzası'ndaki evaporitlerin çökme ortamları ile ilgili farklı teorilerin oluşmasına yol açmıştır. Sivas jipsleri üzerinde Baysal ve Ataman (1980) tarafından Sivas'ın doğusu ile Zara'nın batısı arasında kalan yedi farklı bölgeden alınan 58 jips örneği üzerinde flor, lityum, stronsiyum, magnezyum için X ışını kristalografisi ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Oligosen'den Üst Myiyosen'e kadar jips sedimentasyonunun mineroloji ve jeokimyasını ortaya koymayı amaçlayan çalışmanın analiz sonuçları çizelge 4'te verilmiştir. Araştırmacılar, analiz sonuçlarına göre sahada yer alan jipslerin Kızıldeniz tipi çökelim veya taşınmış evaporitler olabilecekleri düşüncesine varmışlardır. Ceyhan (1987) tarafından açık denizle zaman zaman bağlantısı kesilen sığ deniz kıyısında, Tekin (2001) ise sığ karakterli algli lagünlerde, sığ sahil sabkalarında, menderesli akarsuların terk edilmiş kanalları içerisinde ve denizel transgresyon sonucunda oluştuğu ileri sürülmüştür.

Çizelge 4: Jips örneklerinde Flor (F), Lityum (L), Stronsiyum (Sr), Magnezyum (Mg) içeriklerinin ortalama değerleri (Baysal ve Ataman, 1980).

Yaş	Örnek Sayısı	F (ppm)	Li (ppm)	Sr (ppm)	Mg (ppm)	Mg/Sr	F/Li
Üst Miyosen	7	8.1	4.2	1249	5614	4.49	1.9
Orta Miyosen	10	34.0	3.2	1640	10780	6.57	10.6
Alt Miyosen	10	6.6	2.5	306	977	3.19	2.6
Alt Miyosen	7	3.4	2.7	122	1139	9.33	1.2
Alt Miyosen	8	9.9	2.9	216	1324	6.12	3.4
Alt Miyosen	10	15.5	1.9	500	2345	4.69	8.1
Oligosen	4	46.3	3.0	2160	3366	1.51	15.4
Ortalama	58	16.1	2.8	783	3741	4.77	5.9

Sivas Havzası'ndaki sedimanterler Geç Eosen-Erken Oligosen'e ait Selimiye Formasyonu ile başlar ve bu formasyon üste doğru sabkha ortamında depolanmış jipslerden oluşmuş olan evaporitik Hafik Formasyonu'na geçiş yapar (Callot vd., 2014; Çiner, Koşun ve Deynoux, 2002; Doğan ve Yeşilyurt, 2021) Hafik Formasyonu çalışma konusunu oluşturan jipsli birimlerin büyük kısmını kapsamaktadır (Şekil 21). Bu formasyonunun kalınlığı oldukça fazla değişkenlik göstermekle birlikte yer yer 750 metreye kadar çıkar (Aktimur, Tekirli ve Yurdakul, 1990). Kalınlığın farklılık göstermesinin ana nedenlerinden biri formasyonu etkileyen tektonik hareketlerdir. Koşun ve Çiner (2002), Sivas Havzası'nın kuzeyinde gelişen sintektonik olaylar sonucu, Hafik Formasyonu'na ait masif jipslerin havza içerisine doğru hareket edip ekaylanmış ve normal kalınlıklarının birkaç katına ulaşmış olduklarını belirtmektedirler. Çalışma alanı kuzey kesimlerinde bu tektonik hareketlerle kaymalar görülürken, güney kesimlerde de sıkışma rejimi sonucu diyapirik jips yükselimleri gelişmiştir (Çiner vd., 2002; Doğan ve Yeşilyurt, 2004). Bu diyapirik yükselimler sonucunda Hafik Jipsleri yine normal konumlarından farklı stratigrafik düzeylere taşınmışlardır. Bu nedenle, çoğunlukla masif jipslerden oluşan bu formasyon havzanın değişik alanlarında kendisinden daha genç olan Miyosen birimleri üzerinde, tektonik bir dokanakla yer alırlar. Buna karşılık Pliyosen yaşlı konglomera ve kumtaşları Miyosen jipsli seriler üzerinde uyumsuz olarak yer alırlar (Koşun ve Çiner, 2002).



Şekil 21: Çalışma Alanı İçerisindeki Jipslerin Yaş ve Litolojilerine Göre Dağılımları (1/100.000 ölçekli MTA raporlarından değiştirilerek).

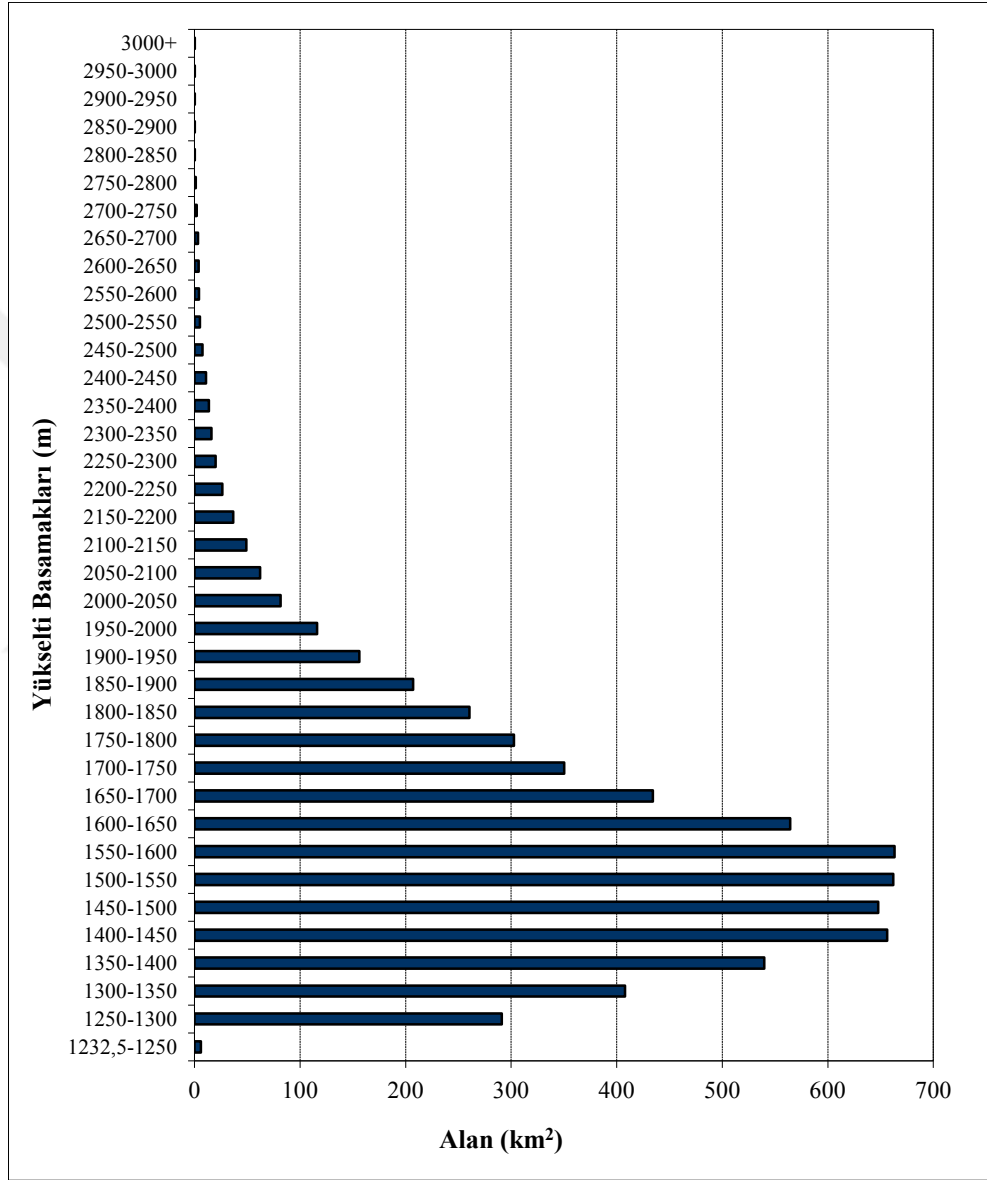
4.2. Genel Jeomorfolojik Özellikler

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağı, yerbilimi araştırmalarında büyük kolaylıklar sağlayan ve çok geniş saha araştırmalarında bile hassas sonuçlar veren önemli teknolojik gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Bunlar; Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Uzaktan Algılama yazılımları, uydular, insansız hava araçları gibi ürünlerle veri üretme, işleme, analiz etme konusunda yer bilimleri çalışmaları için son derece önemli ve kullanışlı teknolojik gelişmelerdir. Çalışma alanının jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesinde de CBS teknolojileri sıklıkla kullanılmıştır.

Yukarı Kızılırmak Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerini; farklı tektonik kuşaklar (kuzeybatı kenarında Kırşehir Masifi, kuzey kenarında İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ve Pontidlere ait ofiyolitler ile ofiyolitik melanjlara, güney kenarında ise Torid üzerini yapısal olarak örten ve Sivas Ofiyoliti olarak adlandırılan ofiyolitik masif kuşaklar) arasında yer alması ve Kızılırmak'ın varlığı belirlemiştir.

Çalışma alanına ait 10 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinden 50

metre aralıklı yükselti basamakları verisi oluşturulmuştur. Bu veri üzerinden yükselti basamaklarının alansal dağılımlarının toplam alan (6610 km²) içindeki yüzdeleri hesaplanmıştır. Yükseltisi 1500 metreye kadar olan alanlar %39, 1500-2000 metre arasında olan alanlar %56 ve 2000 metre üzerinde olan alanlar ise %5'tir. En fazla oransal değerlere (%56) sahip alanlar 1350-1650 metreler arasındadır (Şekil 22).



Şekil 22: Yukarı Kızılırmak Havzası Yükselti Basamaklarının Alansal Dağılışı.

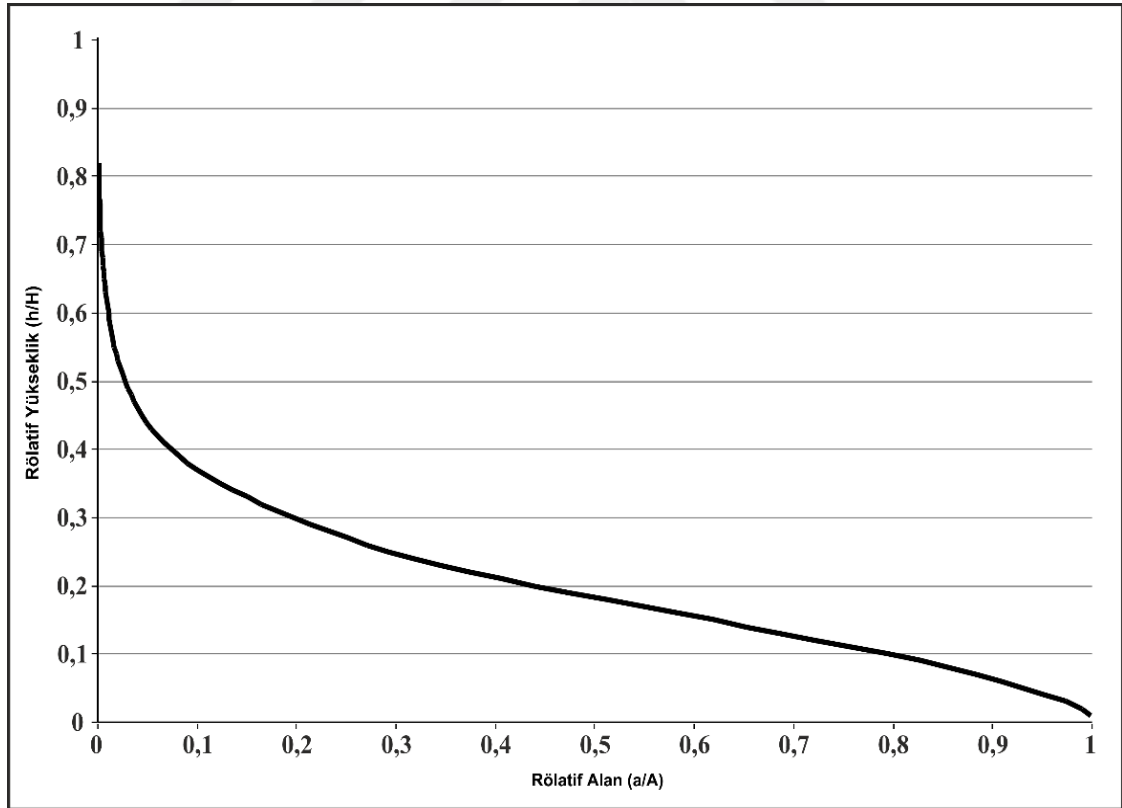
Yükselti basamaklarının oransal dağılışı hesaplanarak oluşturulan hipsografik eğrinin şekli ve oransal değerler havzanın jeomorfolojik özelliklerinin ifade edilmesine katkı sağlamaktadır. Hipsometrik eğri, nispi yükselti (h/H) ve nispi alanın (a/A) belirlenmesiyle tespit edilebilmektedir. Oluşturulan grafikte eğrinin dışbükey

çıkması havzadaki topoğrafyanın daha genç olduğunu, içbükey olması daha yaşlı olduğunu göstermektedir.

Hipsometrik İntegral, $Hi = \frac{Ort. Yüksek. - Min. Yüksek.}{Maks. Yüksek. - Min. Yüksek.}$ formülü ile

hesaplanır, toplam yükseklik değerlerinin toplam alana olan oranı olarak ve 0-1 arasında bir değerle ifade edilir. Hipsometrik integral değerinin 1'e yaklaşması topoğrafyanın yüksekliğinin bir göstergesidir. Değerlerin 0'a yaklaşması ise fazla aşındırılmış ve parçalanmış bir topoğrafyayı göstermektedir (Cürebal ve Erginal, 2007; Özdemir, 2011; Strahler, 1952a).

İnceleme alanının hipsografik eğrisi SYM (DEM) verisi yardımıyla 50 m yükselti aralığı ile üretilmiştir. Çalışma sahasının hipsometrik eğrisinin şekli, iç bükeydir ve bu durum sahanın fazla aşındırılmış ve parçalanmış yaşlı bir topoğrafya özelliğinde olduğunu göstermektedir. Hipsometrik integral değeri ise ArcGIS Hipsometric Integral araç seti ile hesaplanmış ve 0.20 değerine ulaşılmıştır. Bu değer de sahanın olgunluk safhasında olduğunu göstermektedir (Şekil 23).



Şekil 23: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Hipsometrik Özellikleri.

4.2.1. Eğim Özellikleri

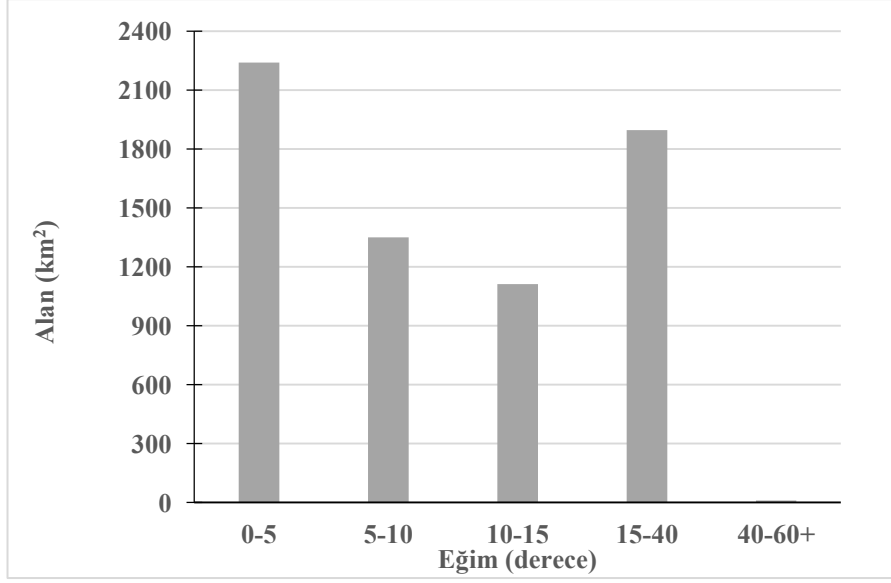
Jeomorfolojik birimlerin oluşum ve gelişim süreçlerinin açıklanmasında eğim ve yükselti koşulları önemli bir etkiye sahiptir. Farklı eğim ve yükselti koşullarının meydana gelmesinde ise tektonik hareketler ve dış kuvvetler etkilidir. Çalışma alanı olarak seçilen Yukarı Kızılırmak Havzası'nın farklı tektonik kuşaklar arasında yer alması ve Kızılırmak'ın varlığı; eğim değerlerinin de farklı olmasına neden olmuştur. Çalışma alanının eğim değerlerinin belirlenmesi ve haritalanmasında CBS kullanılmış ve eğim sınıflaması Tunçdilek (1969)'e göre yapılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Eğim Sınıflaması ve Alansal Dağılışı

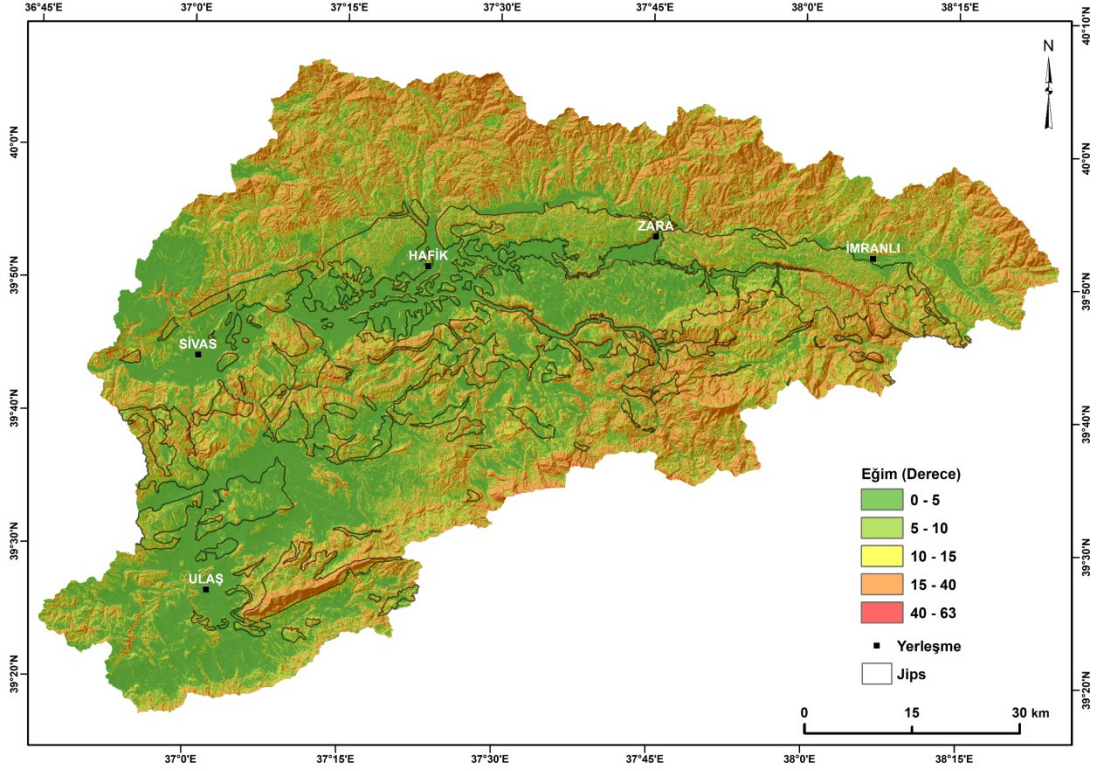
Tunçdilek, 1969		Çalışma Alanı	
Eğim sınıfları (°)	Açıklama	Alan (km ²)	Oran (%)
0-5	Düz ve hafif eğimli	2240	34
5-10	Orta eğimli, hafif dalgalı	1350	20
10-15	Çok eğimli	1112	17
15 ve üzeri	Dik eğimli	1908	29
TOPLAM		6610	100

Çalışma sahasına ait eğim değerlerinin dağılışı incelendiğinde, alanın %54'ünün düz ve orta eğimli (10⁰'ye kadar), %46'sının çok ve dik eğimli (10⁰ ve üzeri) olduğu görülmektedir. Ortalama eğimin 11.5⁰'lik bir değere sahip olması sahanın çok eğimli olduğunu ortaya koymaktadır. Eğimin az olduğu yerler Kızılırmak ve kollarının oluşturduğu taşkın ovaları ile sırt ve zirve düzlüklerine karşılık gelirken, eğimin fazla olduğu yerler tektonik hareketlere bağlı olarak yükselmiş olan dağlık alanlara ve yine Kızılırmak ve kollarının bu alanları derin olarak yarıdığı vadilere karşılık gelmektedir. Jipsli birimlerin eğim sınıflarına göre dağılımına bakıldığında, çoğunlukla düz ve orta eğimli alanlara karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 24 ve 25).

Eğim değerlerinin dağılışı ile dolin yoğunluklarının dağılışı arasında ters ilişki vardır. Eğim değerlerinin arttığı yerlerde (kaya ile suyun temas süresi azaldığından dolayı) dolin yoğunluğu azalmaktadır (Öztürk vd., 2017).



Şekil 24: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Eğim Değerlerinin Alansal Dağılışı.

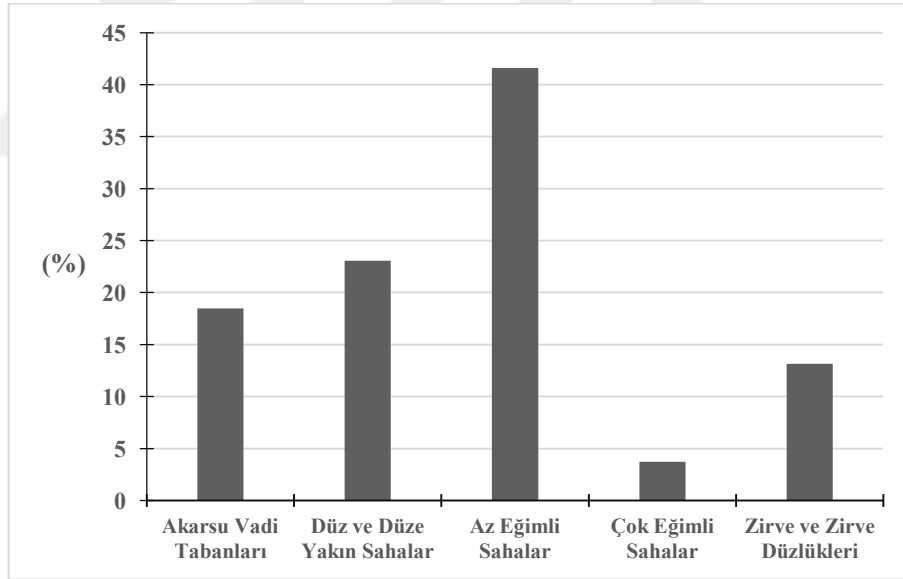


Şekil 25: Yukarı Kızılırmak Havzası Eğim Haritası

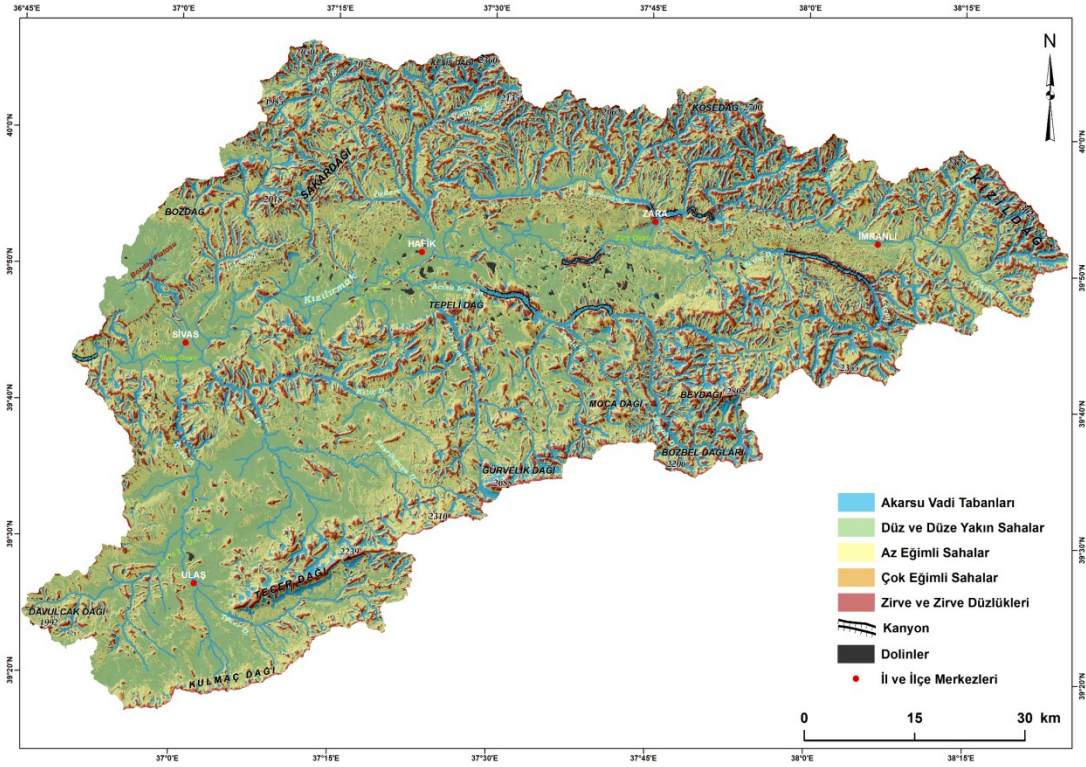
CBS teknolojileri ve SYM (DEM-Sayısal Yükseklik Modeli) arazi şekillerinin otomatik olarak çıkarılmasında 2000'li yıllardan sonra araştırmacılar tarafından kullanılmaya başlanmıştır (Burrough, van Gaans ve MacMillan, 2000; De Reu vd., 2013; Hengl ve Reuter, 2009; Iwahashi ve Pike, 2007; Mokarram, Roshan ve Negahban, 2015). Çalışma alanı olarak belirlenen Yukarı Kızılırmak Havzası'nın

yüzey şekillerinin otomatik olarak belirlenmesi için 10 m çözünürlüklü SYM verisi, SagaGIS, ArcGIS yazılımları ve TPI (Topografik Pozisyon İndeksi) yöntemi kullanılmıştır.

TPI analiz sonucuna göre çalışma sahasında farklı arazi şekilleri tespit edilmiştir. Bu şekilleri; vadi tabanları, düz ve düze yakın sahalar, az eğimli sahalar, çok eğimli sahalar ile zirve düzlükleri ve zirveler olarak beş sınıfa ayırmak mümkündür (Şekil 27). Az eğimli sahalar yaklaşık 2750 km² (%42) ile çalışma alanında en fazla alan kaplayan şekillerdir. Düz ve düze yakın şekiller yaklaşık 1525 km² (%23) alan kaplamakta, vadi tabanları ve az eğimli sahalar arasında görülmektedirler. Akarsu vadi tabanları yaklaşık 1220 km² (%18) alan kaplamakta, akarsu yatakları ve yakın çevrelerinde yer almaktadırlar. Sahanın en yüksek kesimlerini oluşturan zirveler, yaklaşık 868 km² (%13) alan kaplamaktadır. En az alan kaplayan ise yaklaşık 247 km² lik (%4) alan kaplayan çok eğimli sahalardır (Şekil 26).



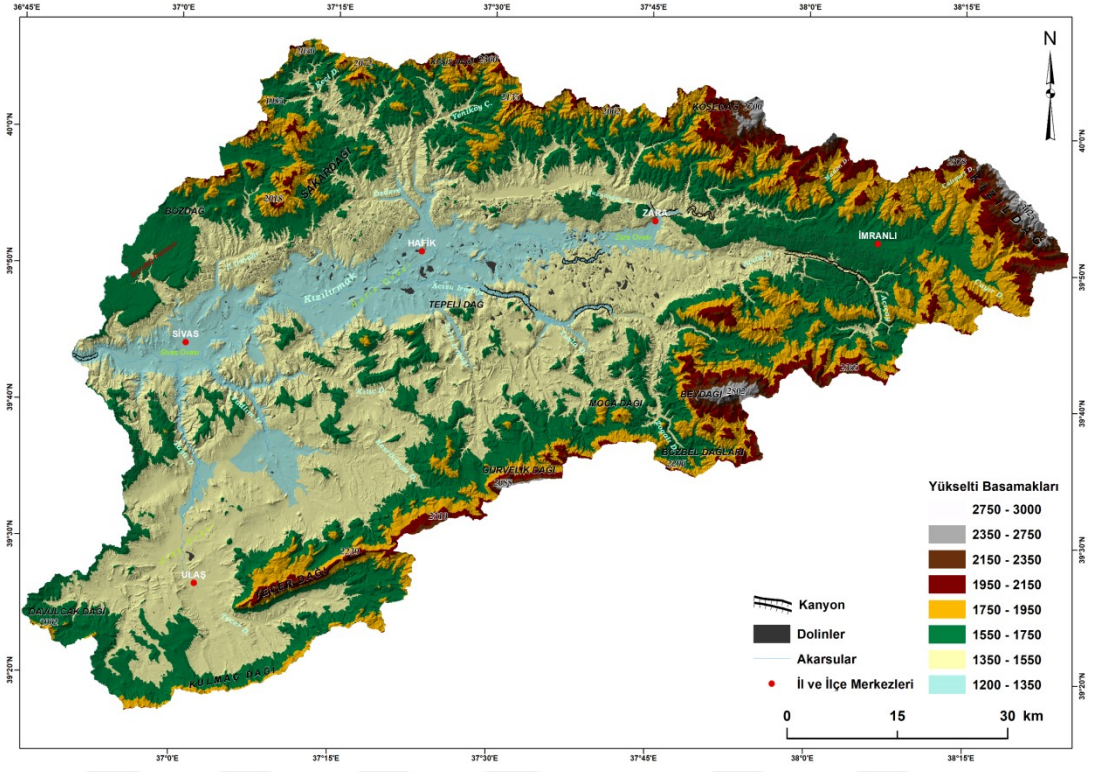
Şekil 26: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın TPI Yöntemine Göre Elde Edilen Arazi Sınıflarının Alansal Dağılışı.



Şekil 27: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın TPI Yöntemine Göre Elde Edilen Arazi Şekillerinin Dağılışı (Oriijinali Ek-3'de).

Çalışma sahası, İç Anadolu düzlükleri ile Doğu Anadolu yüksek ve dağlık topoğrafyaları arasında geçiş özelliği göstermektedir. Yüksek ve dağlık bir plato özelliği gösteren havza içindeki basık tepeler önemli yer şekilleri elemanlarını oluşturmaktadır (Sağdıç ve Koç, 2012). Yüksek ve dağlık alanlarla çevrili olan havzanın doğu sınırında D-B uzanımlı Kızıldağ (Kızılarsivrisi T. 3025 m), güneyinde KD-GB uzanımlı Beydağı (2802 m), Bozbel Dağları (Başyurt T. 2206 m), Gürvelik Dağı (2688 m), Tecer Dağı (Kuşkayası T. 2239 m) ve Kulmaç Dağı, batısında Davulcak Dağı (Düynükkaya T. 1992 m) ve Bozdağ, kuzeyinde ise Sakardağı (Çilcenin T. 2018), Keşiş Dağı (2360 m) ve Kösedag (Danelintaş T. 2700 m) yer almaktadır. Havzanın yükseltisi 1200 metrenin üzerindedir ve yer yer 2500 m üzerinde yükseltilere çıkmaktadır. Havzanın yüksek ve dağlık kesimlerinde asılı vadiler ve kanyonlar da oluşmuştur (Şekil 29 ve 30). Ortalama yükseltisi 1535 m olan havzanın başlıca kanyonları; Sivas'ın batısında yer alan Kurbalı Kanyonu, Tepelidağ'ın doğusunda Acısu ve Kırıklı kanyonları, Zara Ovası güneyinde Akkaya Kanyonu, Zara'nın kuzeyinde Kuzacağın ve Zara kanyonları, İmranlı'nın güneyinde ise Acıçay Kanyonu'dur. En önemli düzlüklerini, Kızılırmak ve kolları boyunca gelişmiş olan taşkın ovaları oluşturmaktadır. Jips karstına bağlı olarak gelişen

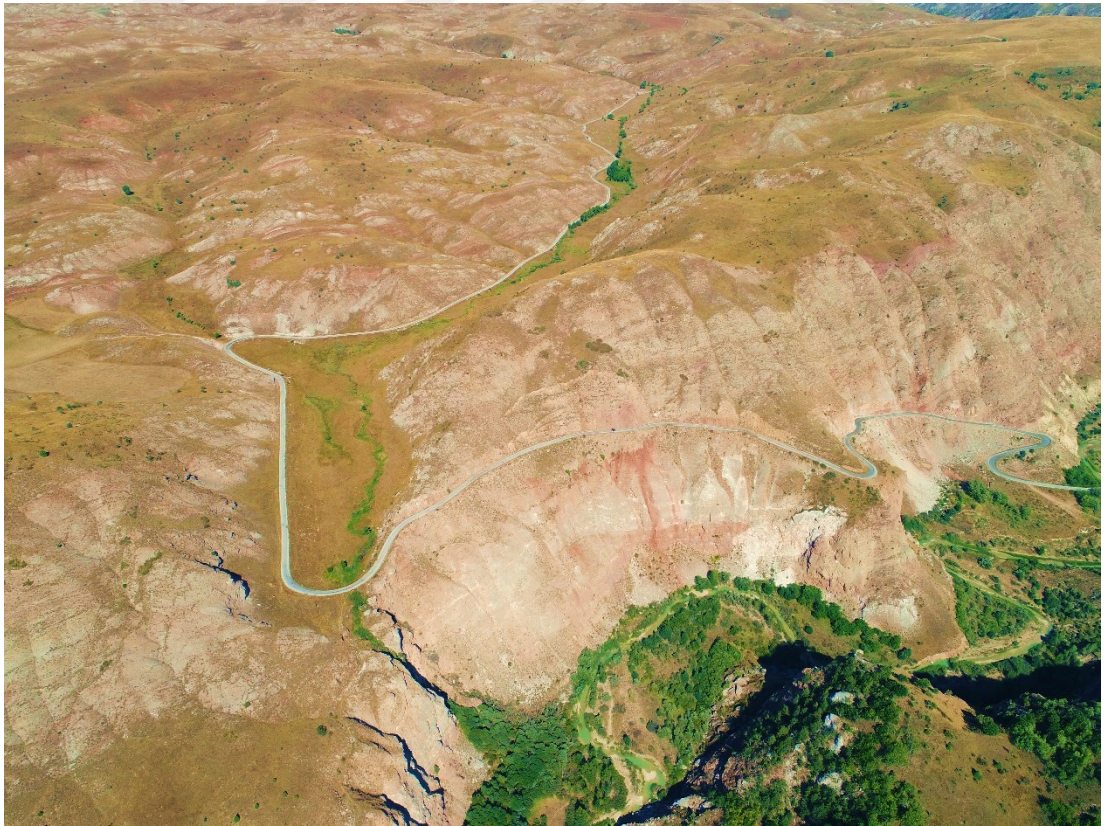
dolinlerin dağılışı Kızılırmak yatağı boyunca ve 1600 metre yükseltilere kadar çıkmaktadır (Şekil 28).



Şekil 28: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Sayısal Yükseklik Modeli.



Şekil 29: Acısu Kanyonu'ndan Bir Görünüm.



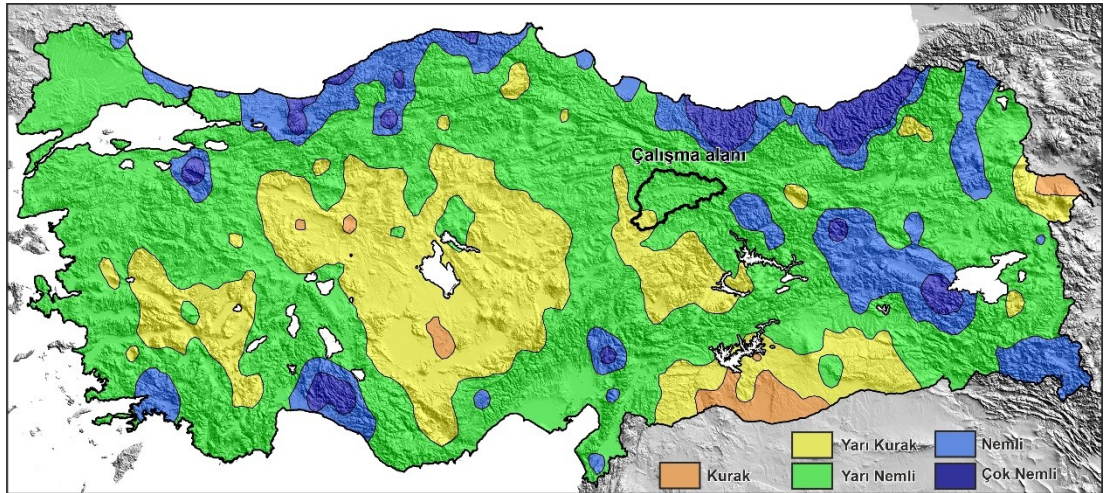
Şekil 30: Acısu Kanyonu Üzerinde Gelişmiş Olan Aslı Vadiye Ait Bir Görüntü.

4.3. İklim Özellikleri

Yukarı Kızılırmak Havzası'nın iklim özellikleri için; Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Sivas İstasyonu (1950-2014 1285 m) ve Zara İstasyonuna (1964-2014 1348 m) ait veriler kullanılmıştır. İklim haritaları için küresel gridli veriler kullanılmıştır (Fick ve Hijmans, 2017). Gerekli tablo ve grafikler MS Excel'de, haritalar ise ArcGIS Desktop 10.X programı ile hazırlanmıştır.

Çalışma sahasında kış döneminde batı ve kuzeybatıdan ülkemize sokulan cephelerin etkisinden çok; Doğu Anadolu'dan İç Anadolu'ya sarkan kuru ve soğuk (polar) hava etkilidir. Bu nedenle soğuk geçen kış mevsiminde yağış miktarı fazla değildir. İlkbahar başlarında daha çok güney ve batıda etkili olan polar cephe kuzeye doğru çekilerek havzaya bu mevsimde bol miktarda yağış bırakmaktadır. İlkbahar sonu ve yaz başlarında ise konveksiyonel yağışlar görülmektedir. Yaz döneminde havzaya güneyden sokulan tropikal kuru cephe sahayı etkisi altına almakta, sıcak ve kurak hava şartları görülmektedir. Karadeniz üzerinden gelen cepheler yağış getirirse de yağış miktarı yaz döneminde oldukça azdır (Atalay ve Mortan, 2017).

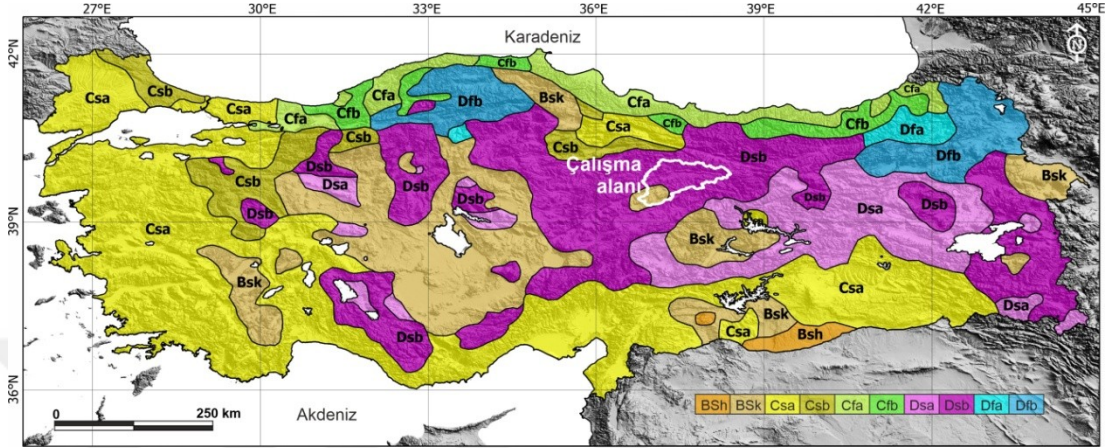
Erinç Yağış Etkinlik İndisi'ne göre (Aydın vd., 2019), çalışma alanının büyük kısmı yarı nemli iklim bölgesinde, güneybatı kesimde küçük bir alan ise yarı kurak iklim bölgesinde yer almaktadır (Şekil 31).



Şekil 31: Erinç Yağış Etkinlik İndisinin Alansal Dağılışı ve Çalışma Alanının Konumu (Aydın vd., 2019).

Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanının büyük kısmı

kışları soğuk nemli orta enlem iklim tipi (D) bölgesinin Ilık yaz (Dsb) alt iklim tipi içerisinde, çalışma sahasının güneybatısında sınırlı bir alan ise kışları ılıman nemli orta enlem iklim tipi (C) bölgesinin Sıcak yaz (Csa) alt iklim tipi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 32) (Öztürk, Çetinkaya ve Aydın, 2017).

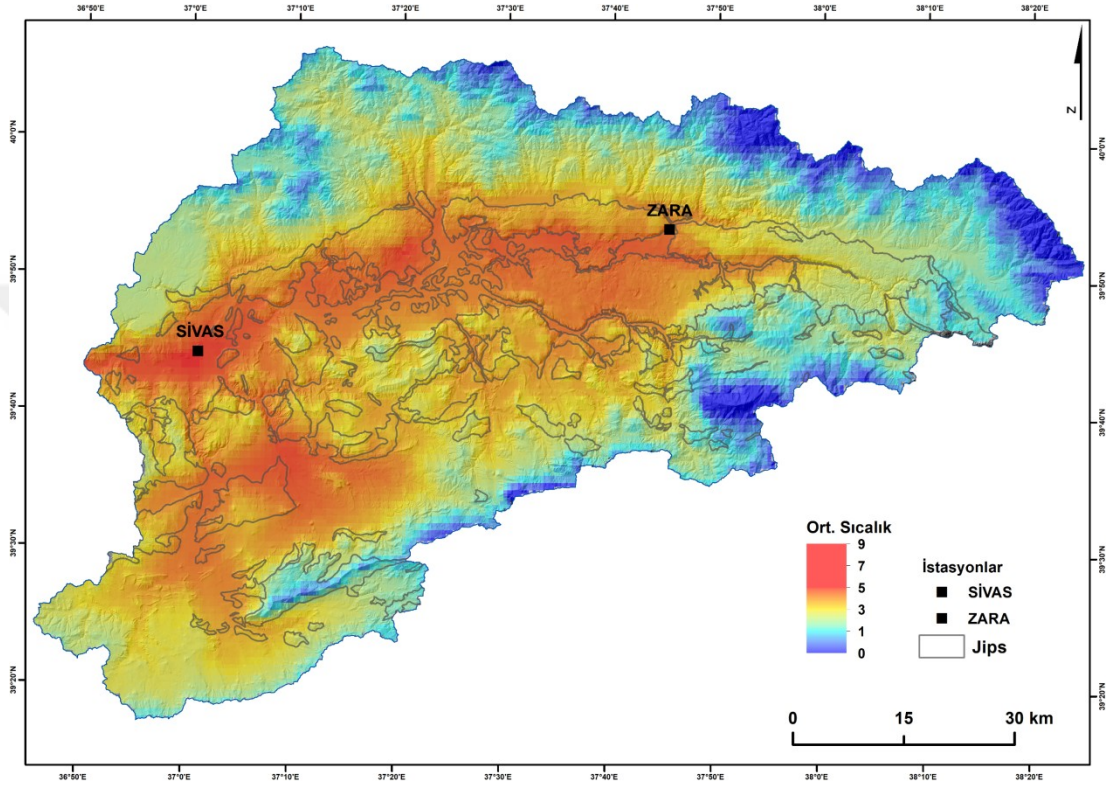


Şekil 32: Türkiye'nin Köppen-Geiger Alt İklim Tipleri ve Çalışma Alanının Konumu (Öztürk, Çetinkaya, ve diğerleri, 2017).

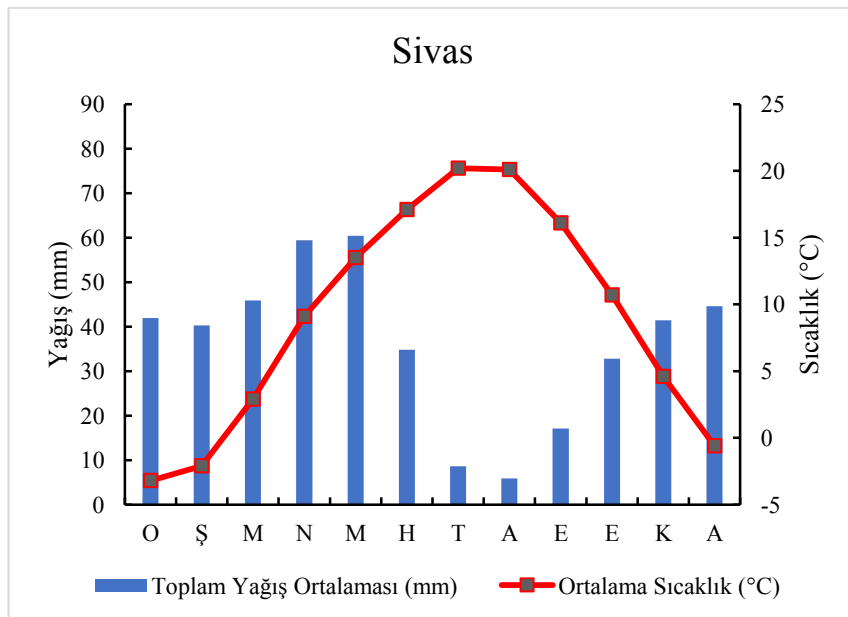
4.3.1. Sıcaklık

Çalışma sahasında yıllık ortalama sıcaklık değerleri Kızılırmak ve kolları tarafından oluşturulan vadi tabanından dağlık alanlara doğru (batıdan-doğuya) bir azalma göstermektedir. Yıllık ortalama sıcaklık, Sivas'ta 9°C, Zara'da, 8.7°C, İmrallı'da 6.8°C ve havza sınırını oluşturan yüksek kesimlerde (özellikle doğu sınırlarında) ise yer yer 0°C'ye kadar düşmektedir. Çalışma sahasının 200 metre aralıkla oluşturulan yükselti basamakları haritasına göre sıcaklıklar; 2000-2600 metreler arası yüksek dağlık sahalarda yıllık ortalama sıcaklık değerleri 2 - 4°C'ye kadar düşmektedir. Havzanın doğusundaki zirvelerde (2800-3000 metre) ise 0°C'ye kadar düşmektedir (Şekil 33). En sıcak aylar; Sivas'ta temmuz ayında 20.2°C, Zara'da temmuz ve ağustos ayında 19.7 °C'dir. En soğuk sıcaklık değerleri her iki istasyonda da ocak ayıdır. Sivas -3.2°C ve Zara -3.6°C'dir. Temmuz ve ocak ayı sıcaklık farkları; Sivas'ta 23.4°C ve Zara'da 23.3°C ile her iki istasyonda da oldukça fazladır. Ortalama sıcaklık değeri (9°C) Sivas istasyonunda nisan-ekim ayları arasında (7 ay) ortalamanın üzerinde iken, kasım-mart ayları arasında (5 ay) ortalamanın altındadır. Zara istasyonunda (8.7°C) ise mayıs-ekim ayları arasında (6

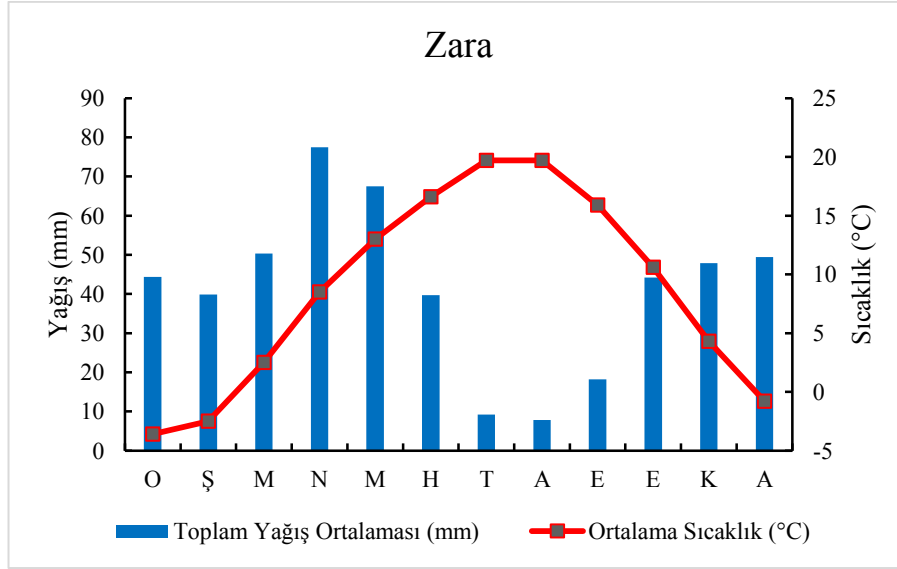
ay) ortalamasının üzerinde ve kasım-nisan ayları arasında (6 ay) ise ortalamasının altındadır. Harita, tablo ve grafiklerde görüldüğü üzere araştırma sahasında kışlar sert, yazlar ise sıcak geçmektedir. Geçiş mevsimlerinde ise değerler dereceli olarak artmakta ve azalmaktadır. Bu koşullar alanın genelinde karasal termik rejimin egemen olduğunu göstermektedir (Şekil 33-34-35).



Şekil 33: Yukarı Kızılırmak Havzası'nda Ortalama Sıcaklık Dağılışı.



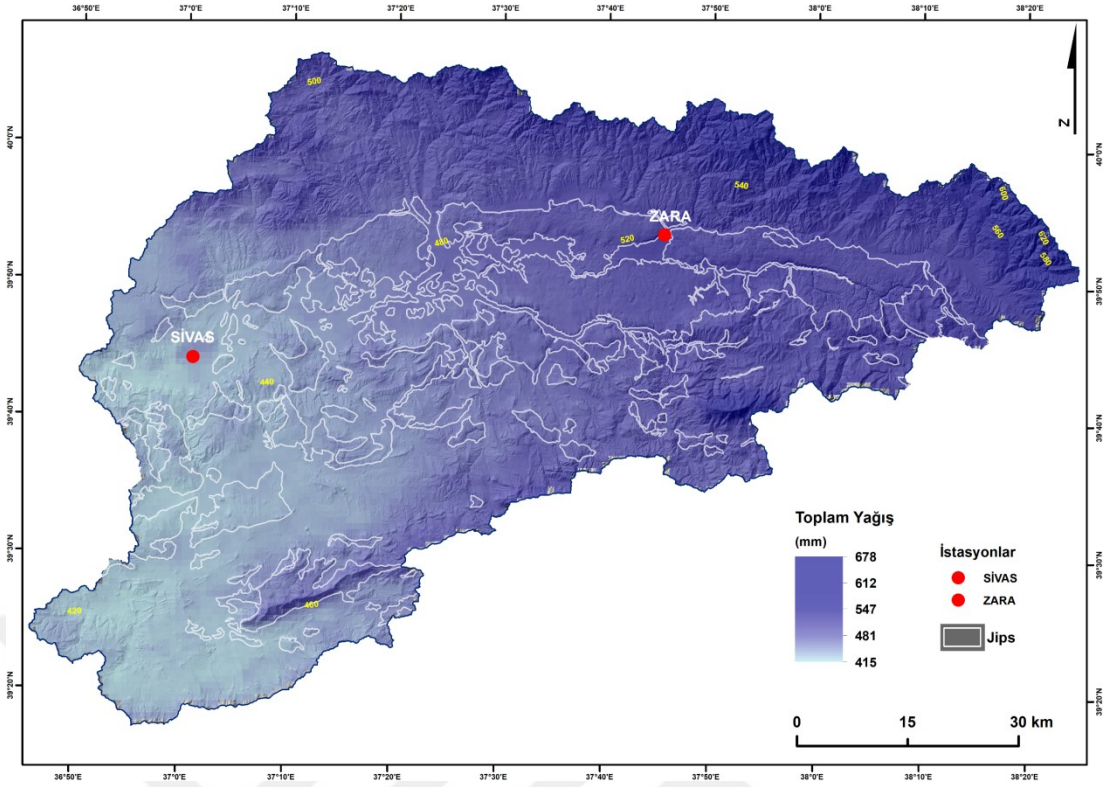
Şekil 34: Sivas Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri.



Şekil 35: Zara Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri.

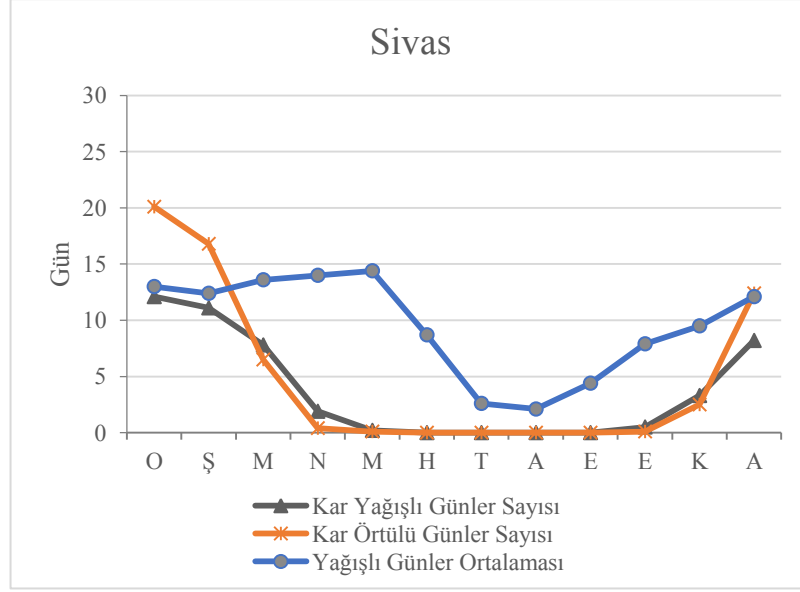
4.3.2. Yağış

Havzada yıllık ortalama yağış miktarı yükseltiye ve nem yüklü hava kütlelerinin havza içindeki etkisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Sağdıç ve Koç, 2012). Yıllık ortalama yağış miktarı 1285 metre yükseltideki Sivas'ta 433 mm ve 1348 metre yükseltideki Zara'da 496 mm'dir. Havzada batıdan doğuya doğru yükseltinin artması ve Karadeniz üzerinden gelen hava kütlelerinin havzanın bu kesimlerine ulaşması yağış miktarının artmasında etkili olmaktadır. Çalışma sahasının ortalama yağış miktarı 415-678 mm arasında değişmektedir (Çizelge 6 ve 7). Yağış miktarının en düşük olduğu alanlar, havzanın batı ve güneybatısıdır. Doğuya doğru yükseltinin artmasıyla yağış miktarlarında da artış görülmektedir (Şekil 36).

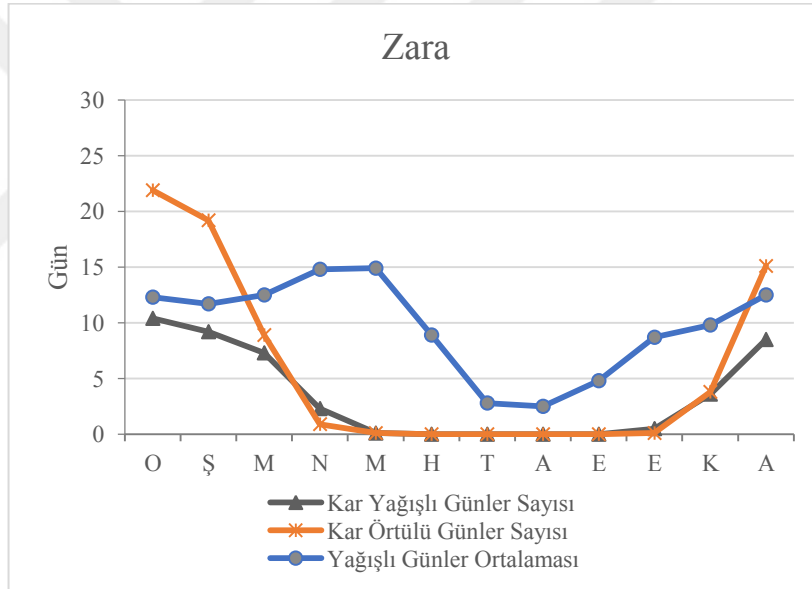


Şekil 36: Yukarı Kızılırmak Havzası'nda Toplam Yağış Dağılışı.

Yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı Sivas'ta 45 ve Zara'da 42'dir. Hem Sivas hem de Zara'da ortalama kar yağışlı gün sayısı en fazla ocak ayındadır. Her iki istasyonda da haziran-ekim ayları arasında kar yağışlı gün görülmemektedir. Ortalama kar örtülü gün sayısı Sivas'ta 59 ve Zara'da 70'tir. Yükseltinin havzanın doğusuna doğru artması ve sıcaklığın düşmesi gibi etkenler kar örtülü gün sayısının artmasına yol açmaktadır (Şekil 37 - 38).

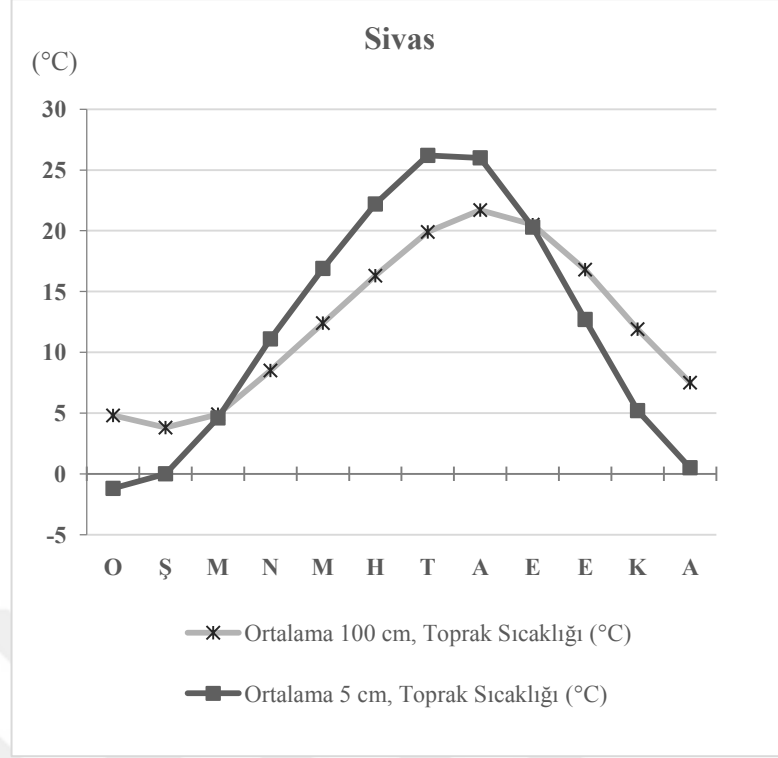


Şekil 37: Sivas İstasyonu Verilerine Göre Yağışlı Günler Ortalaması ve Kar Yağışı.



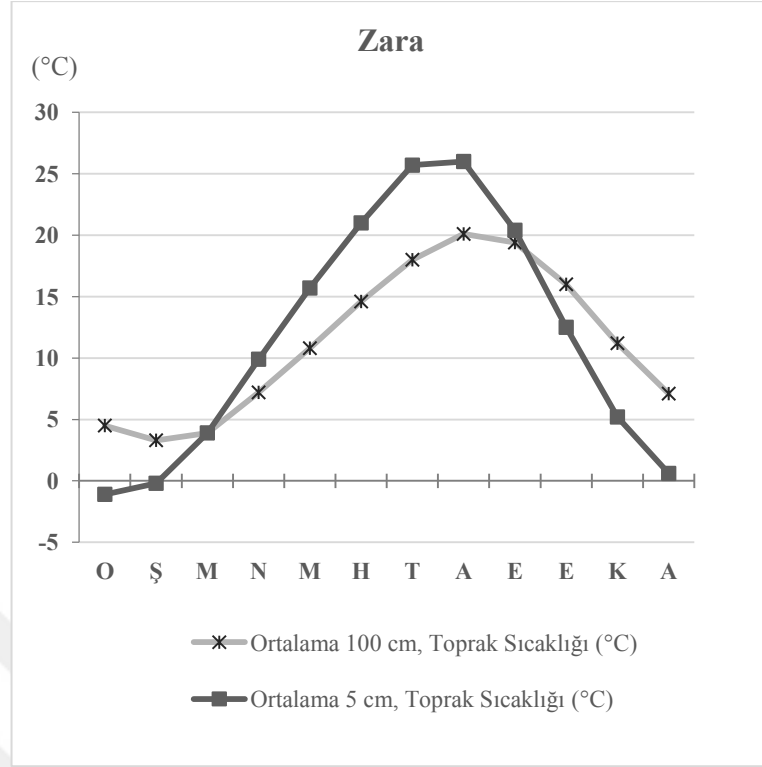
Şekil 38: Zara İstasyonu Verilerine Göre Yağışlı Günler Ortalaması ve Kar Yağışı.

Sivas istasyonu verilerine göre ortalama toprak sıcaklıkları; ortalama toprak üstü minimum sıcaklıklar kasım-mart ayları arasında 0°C'nin altında eksi değerlerde, en düşük değer -8.2°C ile ocak ayındadır. En yüksek değerler ise 10°C ile temmuz ve ağustos aylarındadır. Ortalama 5 cm toprak sıcaklığı sadece ocak ayında -1.2°C ile eksi değerde iken diğer aylarda 0°C ve üzerindedir. En sıcak değer ise 26°C temmuz ayındadır. Ortalama 100 cm toprak sıcaklığında eksi değerler görülmemektedir. En düşük sıcaklık şubat ayında 3.8°C, en yüksek sıcaklık ise 22°C ile ağustos ayındadır (Şekil 39 ve Çizelge 6).



Şekil 39: Sivas İstasyonu Verilerine Göre Ortalama Toprak Sıcaklıkları.

Zara istasyonu verilerine göre ortalama toprak sıcaklıkları; ortalama toprak üstü minimum sıcaklıklar kasım-mart ayları arasında 0°C'nin altında eksi değerlerde, en düşük değer -9.1°C ile ocak ayındadır. En yüksek değerler ise 8.7°C ile temmuz ayındadır. Ortalama 5 cm toprak sıcaklığı ocak ve şubat ayında eksi değerde iken diğer aylarda 0°C ve üzerindedir. En sıcak değer ise 26°C ağustos ayındadır. Ortalama 100 cm toprak sıcaklığında eksi değerler görülmemektedir. En düşük sıcaklık şubat ayında 3.3°C, en yüksek sıcaklık ise 20°C ile ağustos ayındadır (Şekil 40 ve Çizelge 7).



Şekil 40: Zira İstasyonu Verilerine Göre Ortalama Toprak Sıcaklıkları.

Çizelge 6: Sivas meteoroloji istasyonu (1950-2014) 1285 m (Kırmızı ile gösterilen yerler, yıllık ortalamanın üzerinde olan değerlerdir.)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
Ortalama Sıcaklık (°C)	-3.2	-2.1	2.9	9.1	13.5	17.1	20.2	20.1	16.1	10.7	4.6	-0.6	9.0
Maksimum Sıcaklıklar (°C)	14.6	18.1	25.2	29.0	32.0	35.5	40.0	39.4	35.7	30.5	22.8	19.4	28.5
Minimum Sıcaklıklar (°C)	-34.6	-34.4	-27.6	-10.9	-4.2	-0.3	3.4	3.2	-3.8	-8.1	-24.4	-27.0	-14.1
Gün İçindeki Maksimum Sıcaklık Farkı (°C)	22.7	24.4	23.4	22.9	22.0	24.8	26.2	26.0	25.5	25.1	22.2	21.9	23.9
Ortalama Nem (%)	75.9	74.0	68.9	62.3	61.3	57.8	54.3	53.5	56.6	63.6	71.5	76.2	64.7
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	41.9	40.3	45.9	59.4	60.4	34.8	8.6	5.9	17.1	32.8	41.4	44.6	36.1
Maksimum Yağış (mm)	44.2	25.7	23.3	36.7	55.0	34.4	27.7	30.9	32.0	47.5	34.4	38.8	35.9
Kar Yağışlı Günler Sayısı	12.1	11.1	7.8	1.9	0.2				0.0	0.5	3.3	8.2	3.8
Kar Örtülü Günler Sayısı	20.1	16.8	6.5	0.4	0.1					0.1	2.5	12.4	4.9
Maksimum Kar Kalınlığı (cm)	96	110	65	8	10					10	48	44	32.6
Yağışlı Günler Ortalaması	13	12.4	13.6	14	14.4	8.7	2.6	2.1	4.4	7.9	9.5	12.1	9.6
Ortalama Toprak Üstü Minimum Sıcaklık (°C)	-8.2	-7.3	-3.0	2.0	5.4	8.0	10.1	10.0	6.4	2.6	-1.9	-5.6	1.5
Ortalama 5 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	-1.2	0.0	4.6	11.1	16.9	22.2	26.2	26.0	20.3	12.7	5.2	0.5	12.0
Ortalama 100 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	4.8	3.8	4.9	8.5	12.4	16.3	19.9	21.7	20.5	16.8	11.9	7.5	12.4

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

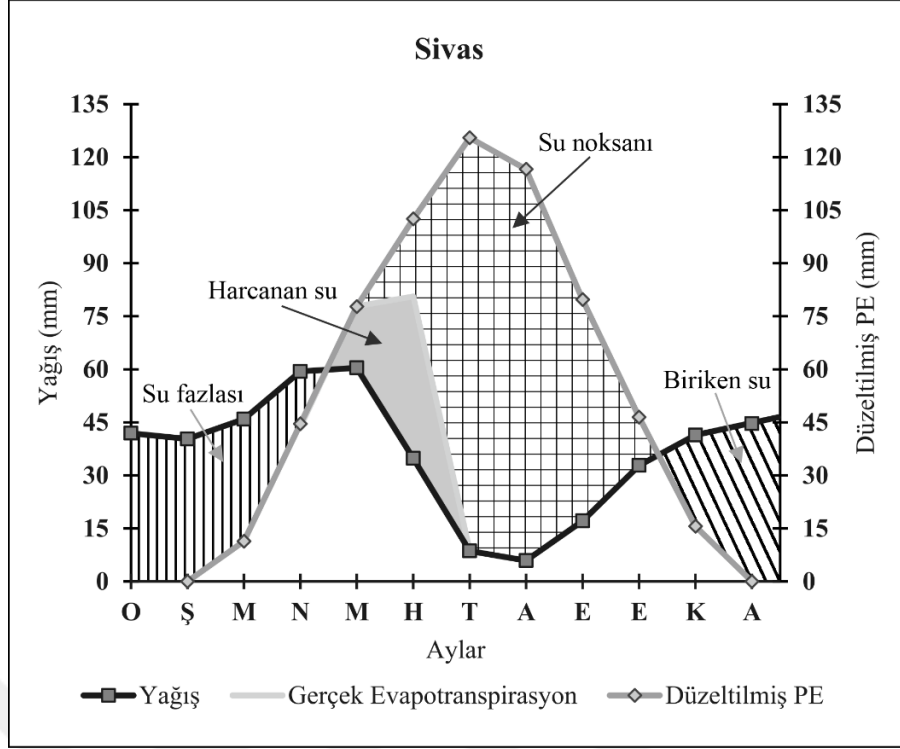
Çizelge 7: Zara meteoroloji istasyonu (1964-2014) 1348 m (Kırmızı ile gösterilen yerler, yıllık ortalamanın üzerinde olan değerlerdir.)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Ortalama Sıcaklık (°C)	-3.6	-2.5	2.5	8.5	13.0	16.6	19.7	19.7	15.9	10.6	4.3	-0.8	8.7
Maksimum Sıcaklıklar (°C)	14.9	15.8	22.9	27.8	31.4	33.5	39.2	38.4	34.3	30.4	22.0	21.7	27.7
Minimum Sıcaklıklar (°C)	-36.2	-30.4	-29.0	-11.3	-3.2	-1.2	2.8	3.2	-3.2	-8.2	-23.5	-29.4	-14.1
Gün İçindeki Maksimum Sıcaklık Farkı (°C)	24.6	24.5	25.4	25.3	23.8	24.8	26.2	27.1	26.6	25.9	25.7	24.0	25.3
Ortalama Nem (%)	72.7	71.4	66.2	62.1	61.2	58.9	55.9	55.9	56.5	63.1	68.6	72.9	63.8
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	44.4	39.9	50.3	77.5	67.5	39.7	9.2	7.8	18.2	44.2	47.9	49.4	41.3
Kar Yağışlı Günler Sayısı	10.4	9.2	7.3	2.3	0.1					0.5	3.6	8.5	3.5
Kar Örtülü Günler Sayısı	21.9	19.2	8.9	0.9	0.1					0.1	3.8	15.1	5.8
Maksimum Kar Kalınlığı (cm)	59	73	60	15	15					18	49	34	26.9
Yağışlı Günler Ortalaması	12.3	11.7	12.5	14.8	14.9	8.9	2.8	2.5	4.8	8.7	9.8	12.5	9.7
Ortalama Toprak Üstü Minimum Sıcaklık (°C)	-9.1	-8.2	-3.7	0.9	3.8	6.2	8.7	8.4	4.6	1.6	-2.6	-6.1	0.4
Ortalama 5 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	-1.1	-0.2	3.9	9.9	15.7	21.0	25.7	26.0	20.4	12.5	5.2	0.6	11.6
Ortalama 100 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	4.5	3.3	3.9	7.2	10.8	14.6	18.0	20.1	19.4	16.0	11.2	7.1	11.3

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

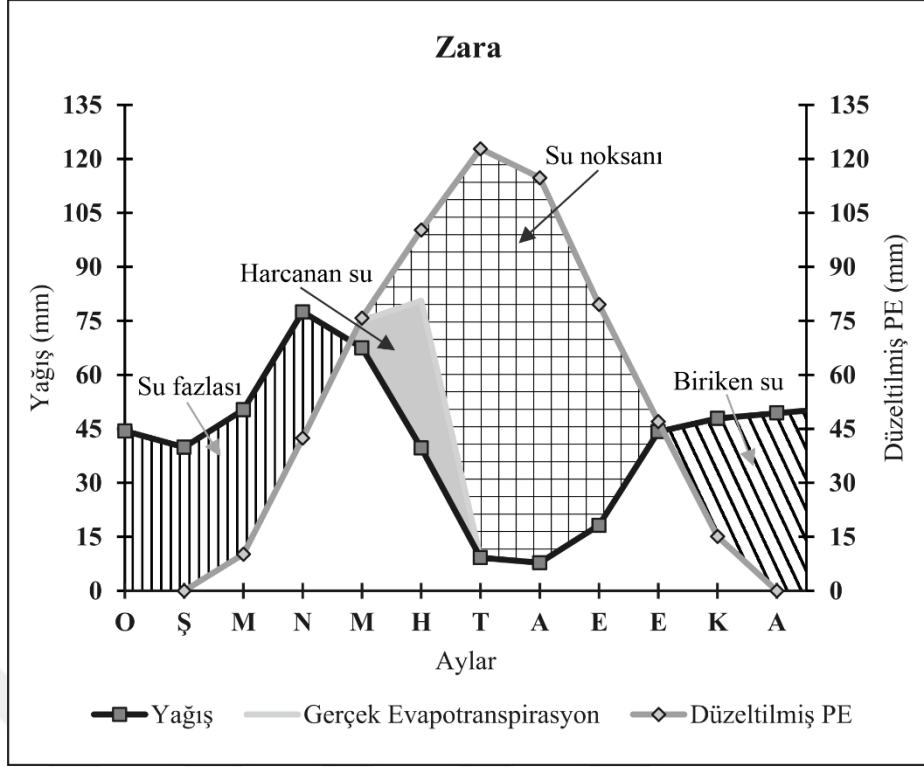
Havzanın su bilançosundaki değişim Sivas ve Zara meteoroloji istasyonlarının verileri ve Thornthwaite su bilançosu yöntemine göre hazırlanan grafikler ile değerlendirilmiştir.

Sivas'ta ekim ayından itibaren toprakta suyun birikmeye başladığı görülmektedir. Ocak ayından itibaren yağışların artması ile su fazlası görülmeye başlar ve mayıs ayına kadar su fazlalığı devam eder. Mayıs ayından itibaren sıcaklıkların artmasına bağlı olarak artan buharlaşma ile toprakta su azalmaya başlamaktadır. Temmuz ayında su noksanlığı başlar ve ekim ayına kadar devam eder, yani bu dönemde kuraklığın yaşandığı görülmektedir (Şekil 41).



Şekil 41: Sivas'ın Thornthwaite Yöntemine Göre Su Diyagramı.

Zara'da da ekim ayından itibaren toprakta suyun birikmeye başladığı görülmektedir. Yine ocak ayında artan yağış miktarı ile su fazlası görülmeye başlar ve su fazlalığı mayıs sonuna kadar devam eder. Haziran ayında sıcaklıkların artmasına bağlı olarak artan buharlaşma nedeniyle toprakta su azalmaya başlamaktadır. Temmuz ayında su noksanlığı başlar ve ekim ayına kadar devam eder, yani kuraklığın yaşandığı görülmektedir (Şekil 42).



Şekil 42: Zara'nın Thornthwaite Yöntemine Göre Su Diyagramı.

4.4. Hidrografik Özellikler

Akarsu havzalarının morfolojik ve hidrografik özelliklerini belirlemek için hidromorfolojik analiz yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır (Turoğlu, 1997; Cürebal, 2006; Poyraz, Taşkın ve Keleş, 2011). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın drenaj özelliklerinin belirlenmesinde, 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından elde edilen 10 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (SYM) ve ArcGIS 10 yazılımı kullanılmıştır. Hidrolojik analizlerde SYM verisi kullanımı düz alanlarda hatalı drenajların oluşmasına neden olmaktadır, bu hataların en aza indirilmesi için verinin yüksek çözünürlüklü olması ve hataların giderilmesi gerekmektedir (Özdemir, 2006). Bu çalışmada kullanılan SYM verisi havzanın yüksek alanları için yeterli, ancak havzanın düz kesimleri için yetersiz olmuştur. Çalışmada, akarsu dereceleri Strahler yöntemine göre belirlenmiş (Strahler, 1957). Morfolojik özelliklerin belirlenmesinde ise çizgisel, alansal ve rölyefe bağlı (dizin hesaplamaları, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, engebelilik oranı, akarsu sıklığı, tektür oranı ve relief özellikleri gibi) parametreler dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplama ve analizler için kullanılan metod ve formüller Çizelge 8'de verilmiştir.

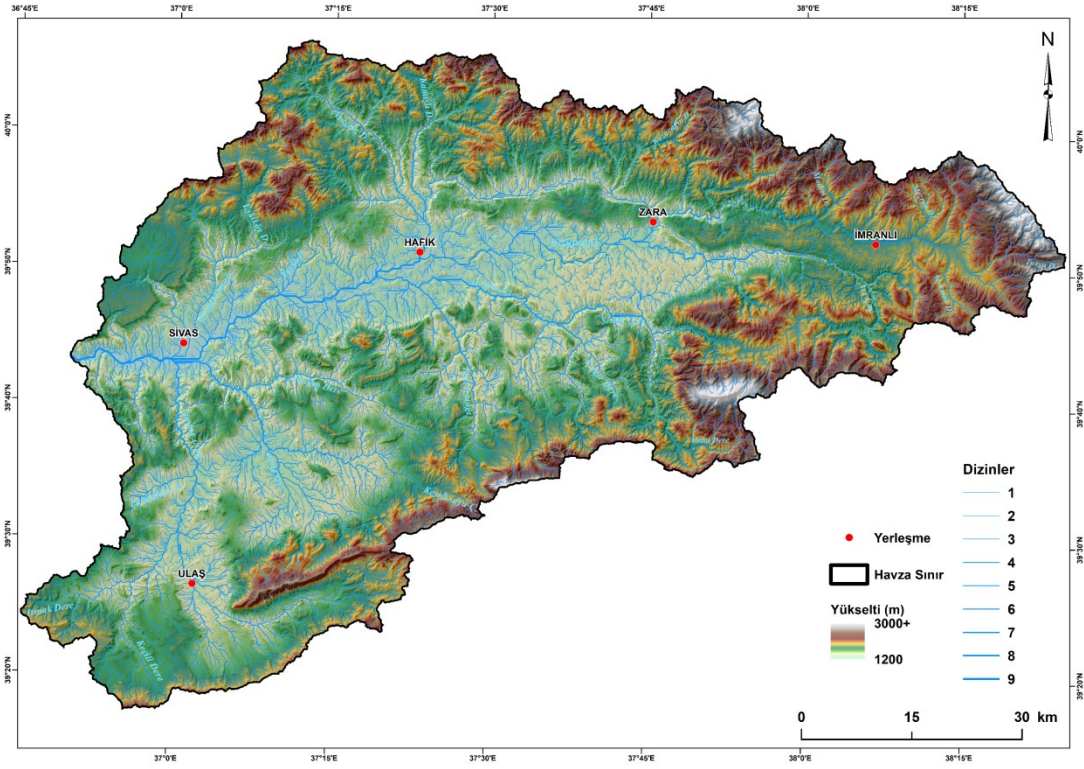
Çizelge 8: Akarsu Havzalarının Morfometrik ve Hidrografik Özelliklerini Belirlemek İçin Kullanılan Parametreler

Çizgisel Morfometrik Parametreler		
Toplam Dizin Sayısı (N)	$(\sum N_u)$	Bütün dizinlerin toplamı (Horton, 1945)
Toplam Dizin Uzunluğu (L)	$(\sum L_u)$	Dizinlerin toplam uzunluğu (Horton, 1945)
Çatallanma Oranı (R_b)	$R_b = N_u + N_{u+1}$	Herhangi bir dizin sayısının kendisinden daha yüksek dizine sayısına oranı (Schumm, 1956)
Uzunluk Oranı (R_L)	$R_L = L_u / L_{u+1}$	Bir dizinin toplam uzunluğunun bir sonraki dizinin toplam uzunluğuna oranı (Horton, 1945)
Tekstür Oranı (T)	$T = N_{D1} (I/P)$	1. dizin sayısının havza çevre uzunluğuna oranı (Strahler, 1957)
Alansal Morfometrik Parametreler		
Havza alanı (A)	<i>Alan hesabı</i>	(Horton, 1945)
Havza çevresi (P)	<i>Çevre ölçümü</i>	(Horton, 1945)
Drenaj Yoğunluğu (D_d)	$D_d = \sum L/A$	Dizinlerin toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi (Horton, 1932)
Akarsu Sıklığı (F_u)	$F_u = \sum N_u / A$	Toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesi (Horton, 1932)
Drenaj Sıklığı (D_s)	$D_s = D_d^2 \times 0,694$	Drenaj yoğunluğu karesinin 0.694 sabit sayısı ile çarpımı (Scheidegger, 1961)
Rölyef Morfometrik Parametreler		
Havza Rölyefi (B_h)	$B_h = H_{max} - H_{min}$	En yüksek ve en alçak noktası arasındaki yükselti farkı (Strahler, 1957)
Engebelilik Oranı (R_n)	$R_n = B_h \times D_d$	Havza reliefi ve drenaj yoğunluğunun çarpımı (Melton, 1957)
Havza Şekli (R_f)	$R_f = A / L_b^2$	Havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine oranı (Horton, 1932)

Havza alanı 6.610 km², çevre uzunluğu 546 km, yükseltisi ise 1232-3005 metreler arasında değişmektedir. Havza içerisinde genellikle D-B yönlü bir akış görülmekle beraber, Kızılırmak'a kuzey ve güneyden birçok kol dahil olmaktadır. Çalışma alanında yer alan başlıca akarsular; Kızılırmak, İrmak D., Keçili D., Parmaklar D., Tecer Irmağı, Acı D., Kesriksuyu Ç., Fadlın D., Tatlı Irmağı, Çırçır D., Abdal D., Şemlik Ç., Acı Irmağı, Acı Ç., Acırmak D., Turşu D., Mezraa D., Maden D., Kuzucağın D., Kamışlı D., Aşağıöz D., Yayla D., Eskiköy D. ve Mismil Irmağı'dır (Şekil 28).

Havza içindeki akarsu ve kolları, havzanın şekilsel özellikleri ve minimum-maksimum yükseklik özelliklerine bağlı olarak havzaların genel morfolojik karakterlerini anlamak mümkündür. Havza içerisinde akarsu ağının yoğun olması,

geçirimsiz zemin, eğimin koşulları veya bitki örtüsünden yoksunluk nedenleriyle açıklanabilmektedir (Özdemir, 2011). ArcGIS 10 yazılımı ile Strahler yöntemi kullanılarak Yukarı Kızılırmak Havzası için akarsu dizinleri belirlenmiştir. 10 m çözünürlüklü SYM verisine göre havzada 9 derece kol ayırt edilmiştir (Şekil 43 ve Çizelge 9).



Şekil 43: Strahler yöntemine göre Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Dizinleri.

Dizin hesaplamaları

Havza içerisinde 1. dizini oluşturan kollar yüksek kesimlerde yoğunlaşmaktadır ve yaklaşık %50'lik değerle en yüksek orana sahiptir. Daha sonra sırasıyla en fazla yoğunluk 2. (%23.4), 3. (%11.9) ve 4. (%6.9) dizinlere aittir. 9. dizine kadar olan kollar (5-8 arası) ise toplam %7.5'luk bir değere sahiptir. Ana kolu oluşturan 9. dizin ise %0.2'lik bir değere sahiptir (Çizelge 9). Yukarı Kızılırmak Havzası'nda 9 derece olarak ayırt edilen kollar arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır, bu farklılıklar akarsuyun taban seviyesinin tektonik ve östatik hareketlerden etkilendiğini göstermektedir (Cürebal, 2006).

Çizelge 9: Strahler Yöntemine Göre Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Dizin Özellikleri.

Derece	Dizin Sayısı	Dizin Uzunluğu (m)	Dizin Oranı (%)
1. Dizin	16863	7504647	50.2
2. Dizin	7859	3580848	23.4
3. Dizin	4016	1674255	11.9
4. Dizin	2303	824408	6.9
5. Dizin	1411	455846	4.2
6. Dizin	671	221025	2.0
7. Dizin	334	124863	1.0
8. Dizin	101	43268	0.3
9. Dizin	1	16134	0.2

Çatallanma oranı (R_b)

Yukarı Kızılırmak Havzası için ortalama çatallanma oranı 2.1 olarak hesaplanmıştır. Çatallanma oranının yüksek veya düşük çıkması havzalardaki yağışın topoğrafya, yüzey geçirimsizliği ve bitki örtüsü ile olan ilişkisini ortaya koymaktadır (Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018). Çatallanma oranı (R_b) 3-5 arasında değerlere sahip olan havzalar için genel olarak, litolojik özelliklerin homojen olduğu ve topoğrafik engebeliğin ön plana çıkmadığı değerlendirilmektedir (Schumm, 1956; Strahler, 1952b; Verstappen, 1983). Havza geneli çatallanma oranı 1.6-3.3 arasında değişen düşük değerlere sahiptir (Çizelge 10). Bu oranlar, tektonik hareketlerin akarsu drenaj sistemi üzerinde bozucu ya da yönlendirici etkisinin belirgin olmadığını, havza yüzeyinin az geçirimsiz, düşük sızma kapasitesine sahip olduğunun ve buna bağlı olarak havzada yoğun yüzeysel akış, yüksek ve güçlü debiye sahip bir drenaj sistemi olduğunun göstergesidir (Strahler, 1957; Turoğlu ve Aykut, 2019; Verstappen, 1983).

Çizelge 10: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Çatallanma Oranı.

Derece	Dizin Sayısı	Dizin Uzunluğu (m)	Çatallanma Oranı
1. Dizin	16863	7504647	2.1
2. Dizin	7859	3580848	2.0
3. Dizin	4016	1674255	1.7
4. Dizin	2303	824408	1.6
5. Dizin	1411	455846	2.1
6. Dizin	671	221025	2.0
7. Dizin	334	124863	3.3
8. Dizin	101	43268	1.6
9. Dizin	1	16134	

Uzunluk oranı (R_L)

Havza içerisindeki kolların uzunluk oranları, üst kollardan akışa geçen suların tutulma süreleri ve buna bağlı olarak alt kollarda taşkın riskinin belirlenmesi açısından önemlidir. Uzunluk oranı, üst kollardan gelecek olan suyun taşınmasında, alt kolların uzunluklarının yeterli olup olmaması hakkında fikir verir. Uzunluk oranı (R_L) değeri düşük olan havzalar dar ve uzun, yüksek olan havzalar ise genişlik ve uzunlukları birbirine yakındır. R_L değeri yüksek olan akarsu havzalarında; alt dizinlerden gelen suların aynı anda bir araya gelmesi, kolayca büyük hacimdeki su kütlesine ulaşılması ve kanal su taşıma kapasitesinin üstüne çıkılması nedeni ile taşkınlara duyarlılık derecesi yüksektir. (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019; Utlu ve Özdemir, 2018).

Yukarı Kızılırmak Havzası'ndan elde edilen R_L değerleri incelendiğinde değerlerin çok yüksek olmadığı ancak ana kola su sağlayan üst dizinlerin fazla olduğu, alt kolların ise kısa ve yetersiz olduğu görülmektedir (Çizelge 11). Yukarı Kızılırmak Havzası'nda ana kola su taşıyan 1. ve 2. dizinlerin fazlalığına bağlı olarak taşkın üretme potansiyelinden söz etmek mümkündür.

Çizelge 11: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Uzunluk Oranı.

Derece	Dizin Sayısı	Dizin Uzunluğu (m)	Uzunluk Oranı (R_L)
1. Dizin	16863	7504647	2.1
2. Dizin	7859	3580848	2.1
3. Dizin	4016	1674255	2.0
4. Dizin	2303	824408	1.8
5. Dizin	1411	455846	2.1
6. Dizin	671	221025	1.8
7. Dizin	334	124863	2.9
8. Dizin	101	43268	2.7
9. Dizin	1	16134	

Tekstür oranı (T)

Tekstür değeri; akarsu dizinlerinin nispi aralıklarını, sıklık derecelerini sayısal olarak temsil eden bir ifadedir ve havzaların jeolojik özellikleri, yüzey geçirimsizliği, bakı durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Değerin yüksek veya düşük çıkması, ana kola su gönderen 1. düzeydeki kolların fazla veya az çıkması ile doğru orantılıdır. T değeri dairesel havzalarda daha yüksek, uzunlamasına havzalarda ise

daha düşük değerlerdedir (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019).

Yukarı Kızılırmak Havzası için hesaplanan (T) değeri 30.88'dir. Bu değer havzada 1. düzeyde su toplayan kolların fazlalığını ve taşkın tehlikesi riskinin söz konusu olduğunu göstermektedir.

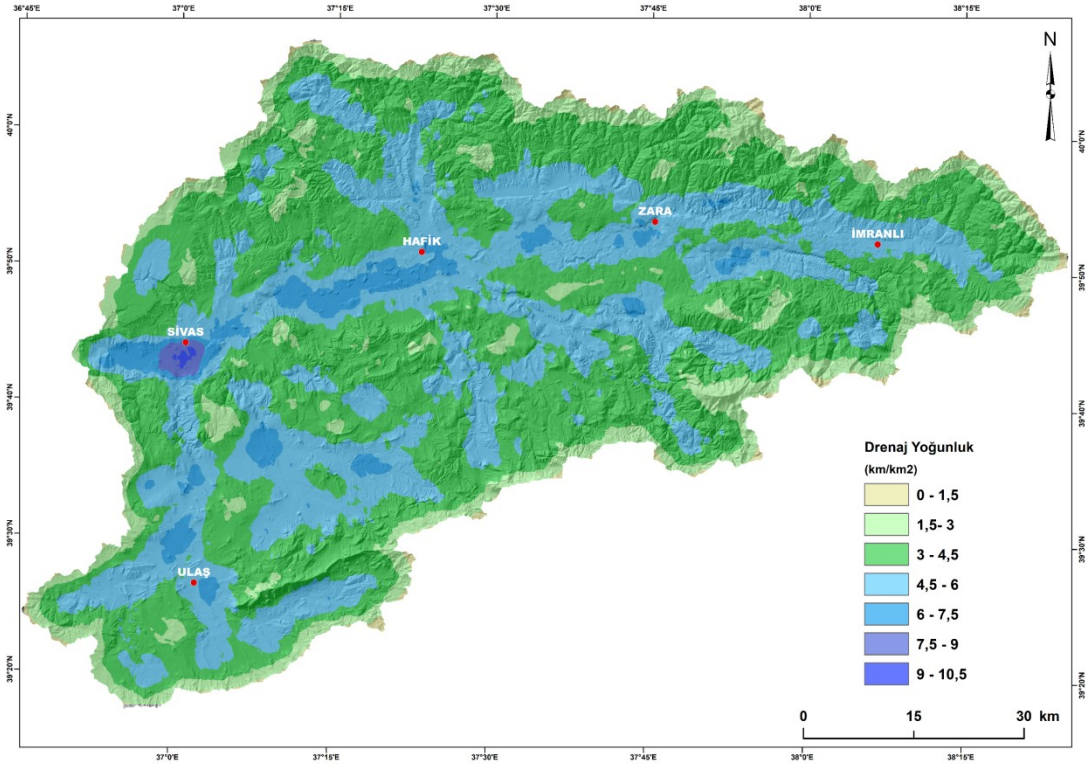
Drenaj yoğunluğu (Dd)

Yukarı Kızılırmak Havzası için Drenaj Yoğunluğu (Dd) ortalaması 2.2 olarak hesaplanmıştır.

Drenaj yoğunluk değeri, akarsu havzasındaki toplam drenaj uzunluğunun, toplam havza alanına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Horton, 1932; Strahler, 1957). Dd değeri havzaların akarsular tarafından parçalanma derecesini vermekte ve havzaların parçalanmasında önemli bir etkiye sahip olan jeolojik, jeomorfolojik, iklimatik ve bitki örtüsü özellikleri hakkında bilgi vermesi açısından da önemlidir. Düşük Dd değerine sahip havzalarda yüzeysel suların yeraltına sızdığı ve yeraltı akımlarını oluşturduğu, yüksek Dd değerine sahip havzalarda ise yüzeysel akışlarla aşındırmanın ve parçalanmanın hakim olduğu görülmektedir (Özdemir, 2011). Dolin yoğunluklarının dağılışı ile drenaj yoğunluklarının dağılışı arasında ise ters ilişki vardır (Öztürk vd., 2017) (Şekil 44 ve Çizelge 12).

Çizelge 12: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Drenaj Sıklığı ve Alansal Dağılışı.

Drenaj Sıklığı	Alan (km²)	Yüzde
0-1.5	70	1.1
1.5-3	855	12.9
3-4.5	3305	50.0
4.5-6	2101	31.8
6-7.5	254	3.8
7.5-9	21	0.3
9-10.5	4	



Şekil 44: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Drenaj Yoğunluğunun Alan Üzerinde Dağılışı.

Akarsu sıklığı (Fs)

Fs değeri, drenaj sisteminin havzadaki gelişme seviyesinin sayısal olarak ifadesidir. Yüksek Fs değerleri, topoğrafyanın yüksek, bitki örtüsünün seyrek ve sızma kapasitesinin düşük olduğu havzalar, düşük Fs değerleri ise yükseltinin az, bitki örtüsünün sık, sızmanın daha fazla olduğu havzaları ifade eder (Turoğlu ve Aykut, 2019; Utlı ve Özdemir, 2018). Yukarı Kızılırmak Havzası için hesaplanan Fs değeri 5'dir. Değerin yüksek olması sahadaki sızma oranının düşük, bitki örtüsünün seyrek, yükseltinin fazla olduğunu göstermektedir (Çizelge 13).

Çizelge 13: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Morfometik Özellikleri.

Toplam Dizin Sayısı (N)	Toplam Dizin Uzunluğu (L)	Drenaj Yoğunluğu (Dd)	Akarsu Sıklığı (Fs)	Havza Reliefi (Bh)	Engebelilik Değeri (Rn)
33619	14445293	2.2	5	1773	4

5. BULGULAR VE YORUMLAR

5.1. Yoğunluğun Alansal Dağılışı

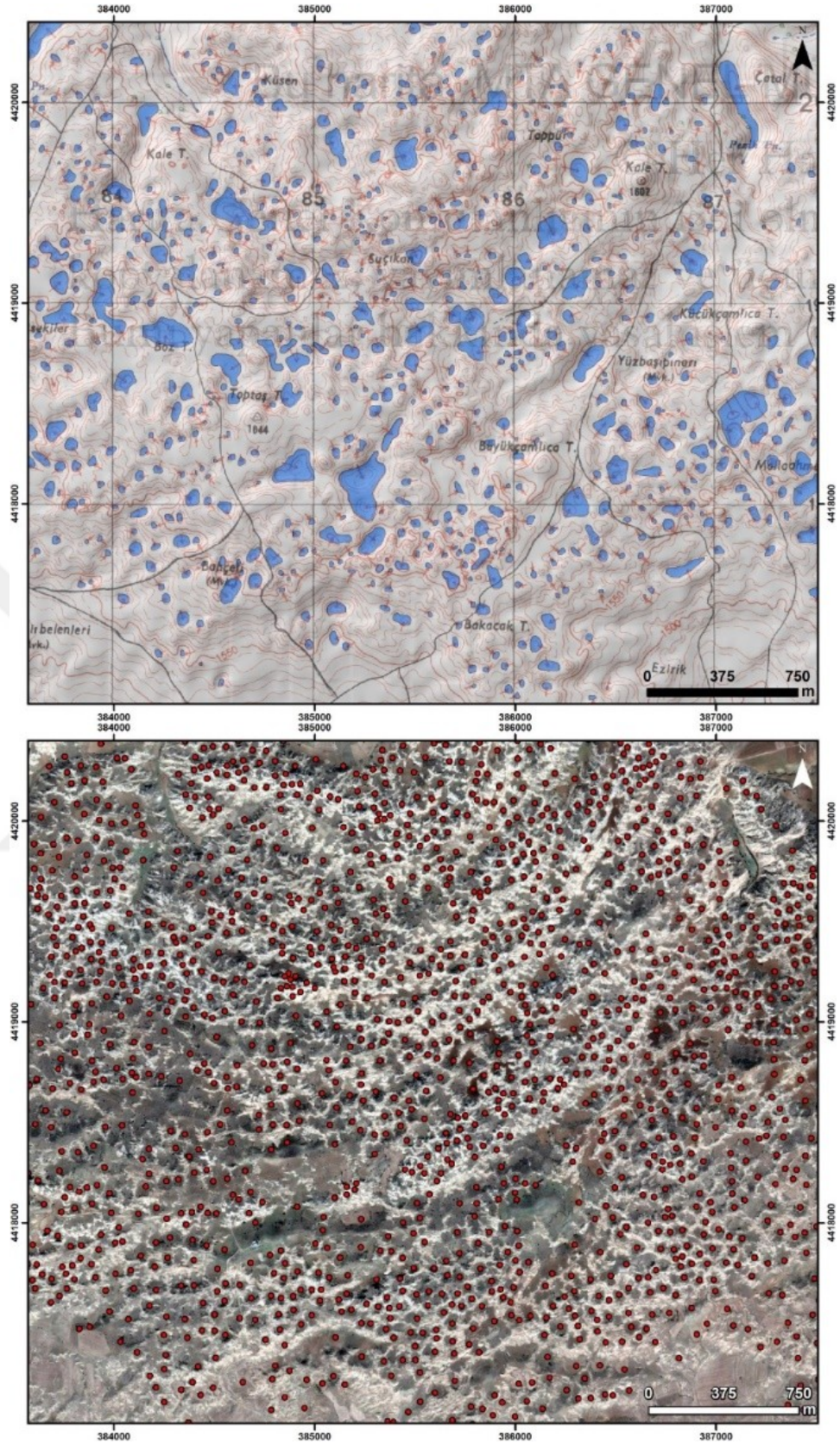
Dolin yoğunluğu (D_y); çalışma alanındaki toplam dolin sayısının (D_s), toplam karstik alana (A) bölünmesiyle hesaplanmaktadır (D. C. Ford ve Williams, 1989). Bu formülle tek bir değer elde edildiği için alan içerisindeki dolin dağılışı hakkında yeterli bilgi vermemektedir. Bu nedenle alan içerisinde km^2 'ye düşen dolin sayısı bulunarak dolin yoğunluğunun (dolin/km^2) alansal dağılışı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yoğunluklar, istatistiksel hesaplamalara dayanan “çekirdek yoğunluk tahmini” olarak da isimlendirilen Kernel sistemine göre (1 km^2 olarak) hesaplanmıştır (Öztürk, 2018; Öztürk vd., 2015).

Yukarı Kızılırmak Havzası sınırları içerisinde $1/25.000$ ölçekli topoğrafya haritalarından 10.651 adet, uydu görüntüleri üzerinden ise 42.127 adet dolin belirlenmiştir (Şekil 46). Çalışma alanında jipsler yaklaşık 1.609 km^2 alan kaplamaktadır. Dolin yoğunluğu hesaplanırken jips sınırları dikkate alınmıştır. Topoğrafya haritalarına göre maksimum dolin yoğunluğu $127 \text{ dolin}/\text{km}^2$ 'ye ulaşırken, uydu görüntülerine göre $237 \text{ dolin}/\text{km}^2$ 'ye kadar ulaşmaktadır. Karstlaşmaya uygun alanların dolin yoğunlukları için Pahernik (2012) tarafından yapılmış olan sınıflandırmaya göre Yukarı Kızılırmak Havzası dolin dağılışı Çizelge 14 ve Şekil 47'de verilmiştir.

Dolin yoğunluklarının dağılışı ile drenaj yoğunluklarının ve eğim değerlerinin dağılışı arasında ters ilişki vardır (Öztürk vd., 2017). Eğim değerlerinin ve drenaj yoğunluklarının arttığı yerlerde dolin yoğunluğu azalmaktadır (Şekil 45).



Şekil 45: Eğim Değerlerinin ve Drenaj Yoğunluğunun Arttığı Alanlardan Bir Örnek.



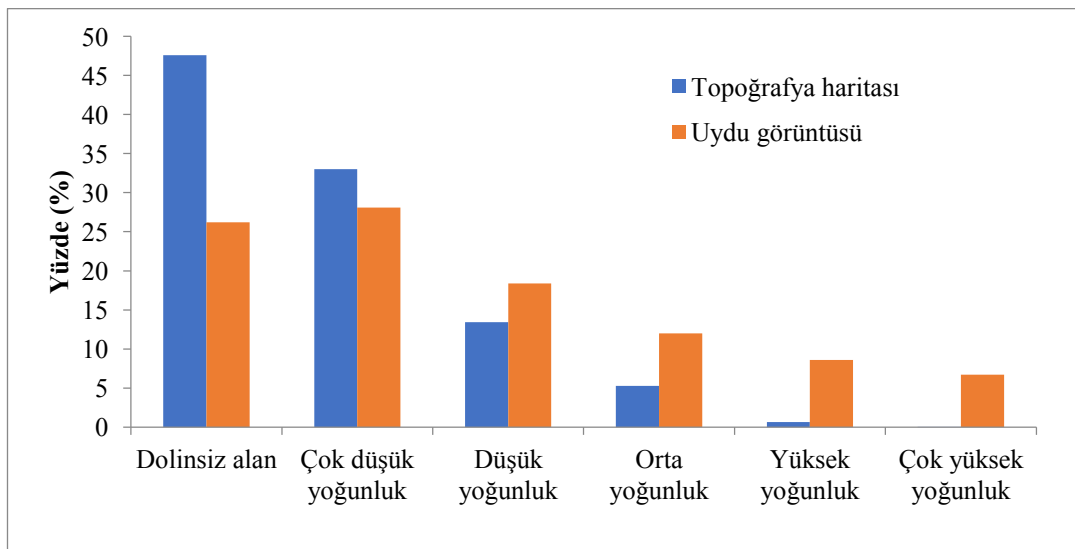
Şekil 46: (a) 1/25000 Ölçekli Topoğrafya Haritasında ve (b) Uydu Görüntüsü Üzerinde Dolinlerin Gösterimi.

Çizelge 14: Dolin Yoğunluk Sınıflandırması

Dolin yoğunluğu (dolin/km ²)	Tanım	Topoğrafya haritası		Uydu görüntüsü	
		Alan (km ²)	Yüzde	Alan (km ²)	Yüzde
0	Dolinsiz alan	766	47.6	422	26.2
1-10	Çok düşük yoğunluk	531	33.0	452	28.1
10-30	Düşük yoğunluk	216	13.4	296	18.4
30-60	Orta yoğunluk	85	5.3	193	12.0
60-100	Yüksek yoğunluk	10	0.6	138	8.6
100->	Çok yüksek yoğunluk	0.6	0.04	108	6.7

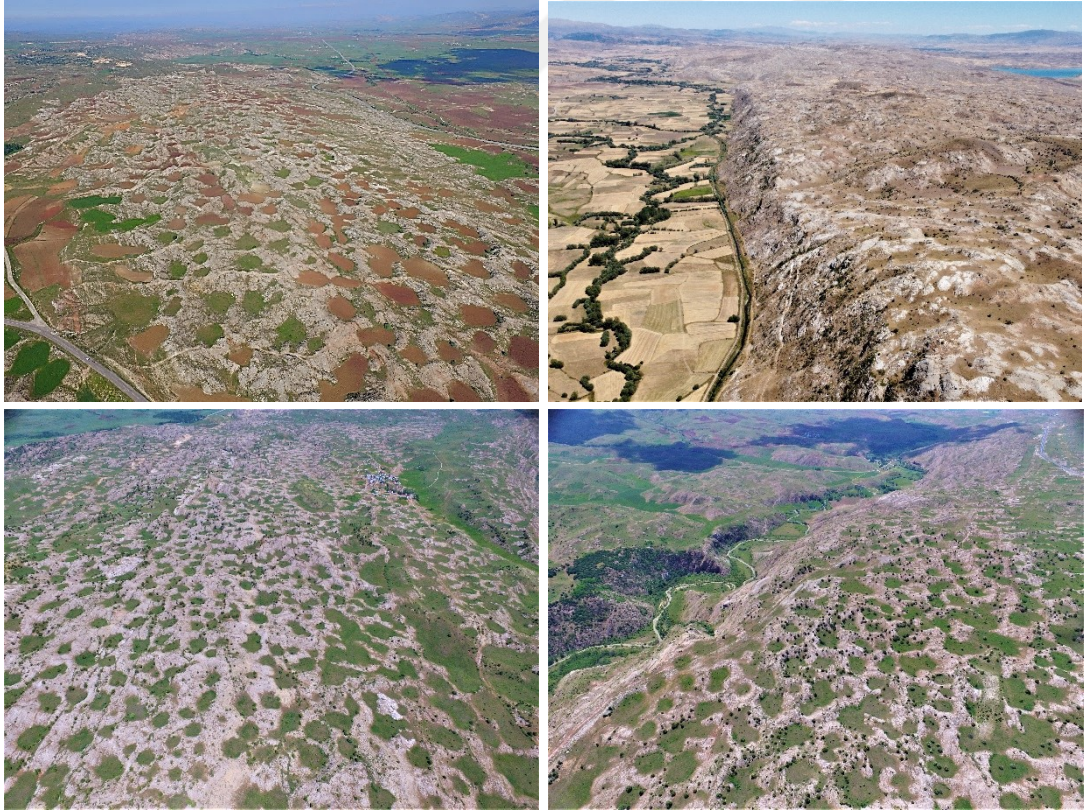
Kaynak: Pahernik, 2012'ye göre

Jips alanı dikkate alınarak yapılan dağılış hesaplamasında; 1/25.000'lik topoğrafya haritalarına göre jips alanlarının yaklaşık %48'i dolinsiz alana karşılık gelirken, %46'sı çok düşük-düşük yoğunlukta, yaklaşık %6'sı orta yoğunlukta ve yaklaşık %1'i ise yüksek-çok yüksek yoğunlukta. Uydu görüntülerine göre yapılan dağılış hesaplamasına göre ise; jips alanının yaklaşık %26'sı dolinsiz alana karşılık gelirken, %46'sı çok düşük-düşük yoğunlukta, yaklaşık %12'si orta yoğunlukta ve yaklaşık %15'i ise yüksek-çok yüksek yoğunlukta (Çizelge 14 - Şekil 47). Bu sonuçlara göre uydu görüntülerinde dolinlerin daha geniş alanlara yayıldığı tespit edilmiştir. Her iki yöntemde de çok düşük ve düşük yoğunluklar birbirlerine yakın oranlara sahiptirler. Ancak orta, yüksek ve çok yüksek alanların uydu görüntüsünde çok geniş alan kapladıkları görülmektedir. s

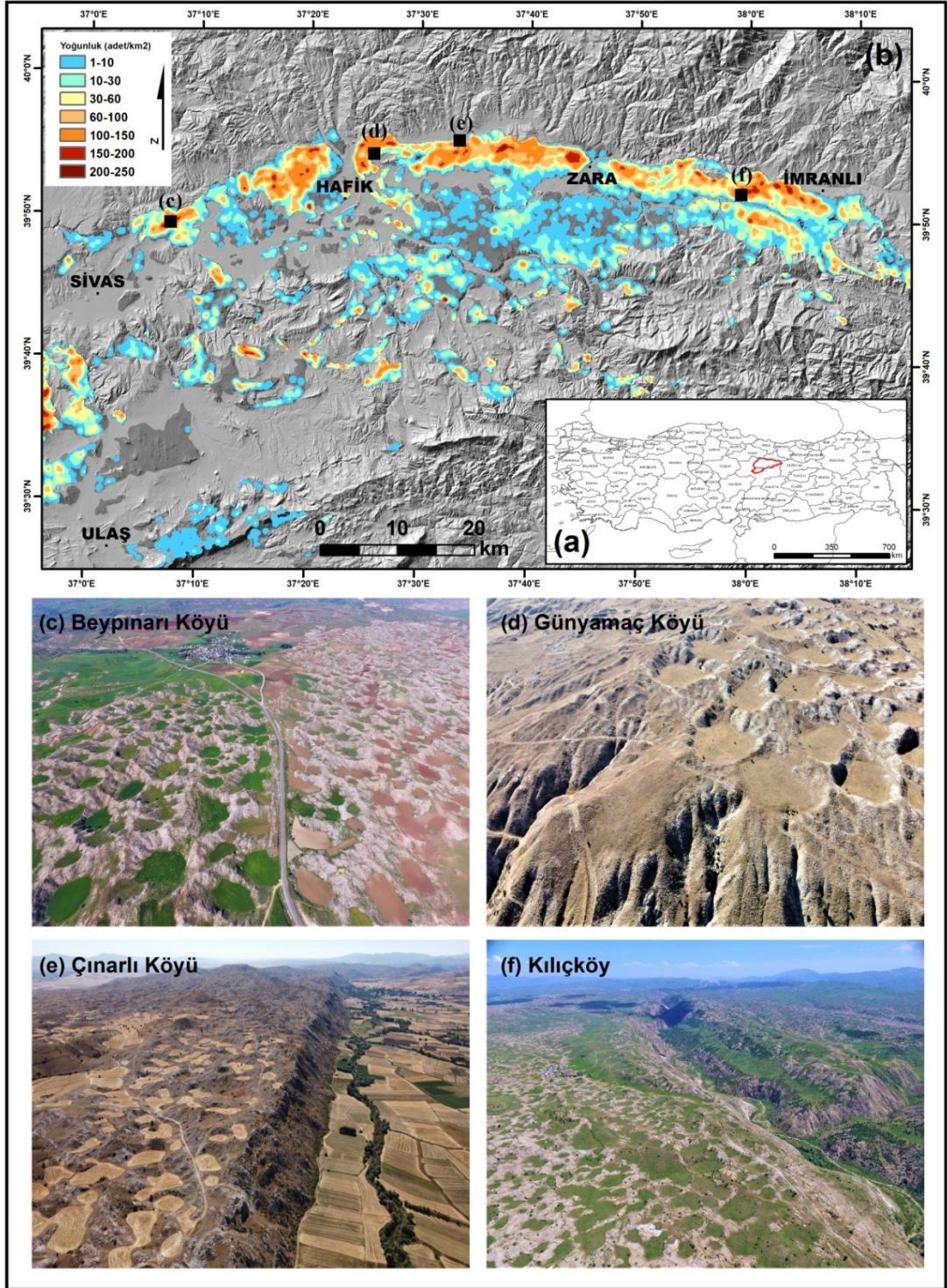


Şekil 47: Topoğrafya Haritaları ve Uydu Görüntülerine Göre Dolin Dağılışlarının Sütun Grafiği.

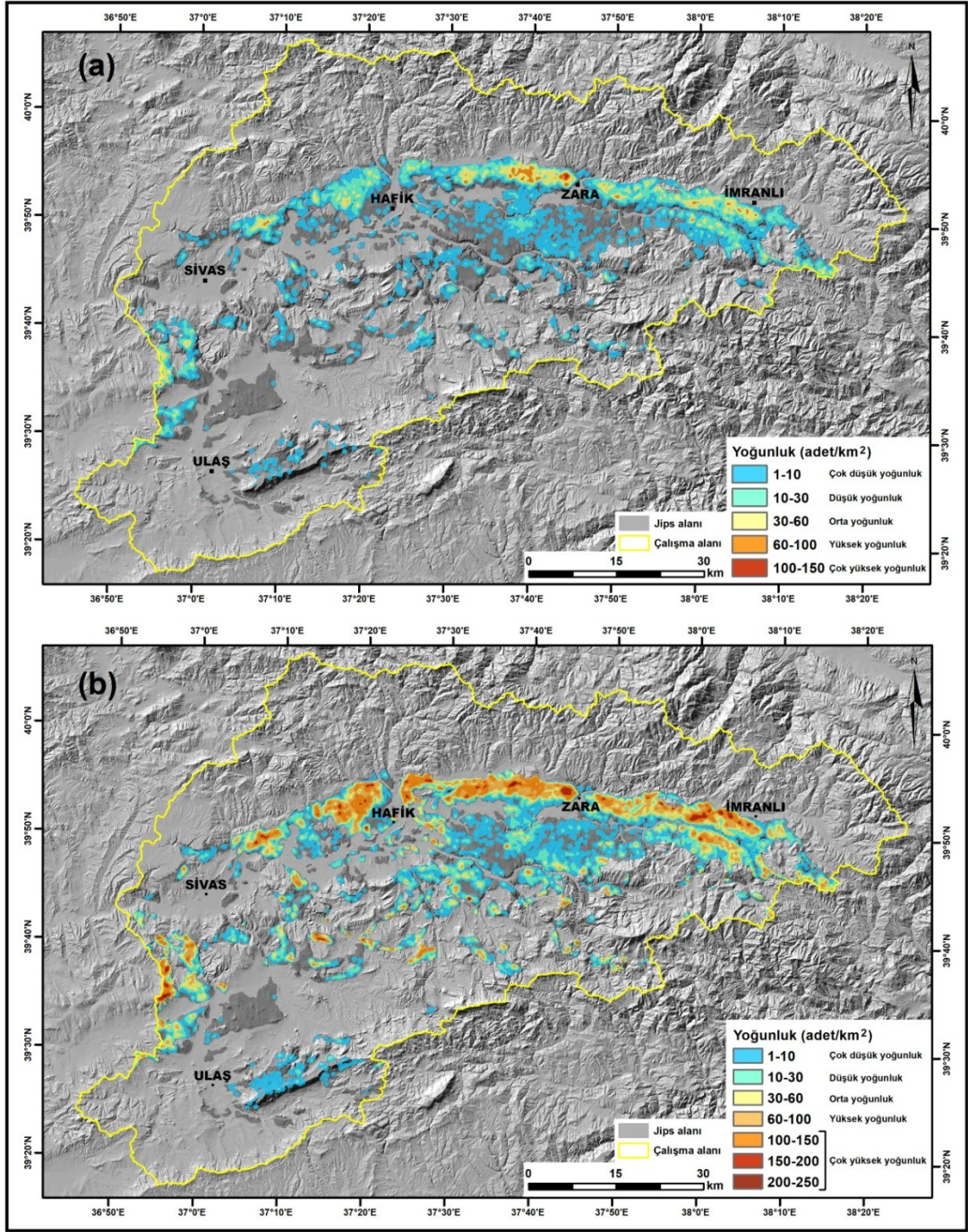
Yoğunluğun alansal dağılışını incelediğimizde, dolin yoğunluklarının en fazla olduğu alanlar Kızılırmak Nehri'nin kuzey kesimlerinde bulunan yüksek plato karakterindeki jips alanlarına karşılık geldiği ve bu yoğun alanın Sivas'ın doğusundan itibaren Hafik, Zara ve İmranlı'ya kadar devam ettiği tespit edilmiştir (Şekil 50 ve 51). En yüksek yoğunluğun bu bölgede olmasının temel sebepleri ise Kızılırmak'ın kuzeyinde yer alan bindirme fayına bağlı olarak fay ve çatlak sisteminin yoğunlaşması, tuz tektoniğinin etkisi, topoğrafik olarak yüksekte bulunmasından dolayı karst taban seviyesinin daha alçakta yer alması, düşük eğimli yüksek plato özelliği gösteren ve kalınlığının fazla olduğu (750 metrelere kadar) Hafik Formasyonu'nun varlığıdır (Doğan ve Yeşilyurt, 2019; Öztürk vd., 2017). Dolinlerin dağılımını sınırlayıcı faktörlerin başında ise drenaj yoğunluğu ve eğim koşulları gelmektedir. Bu nedenle jips alanlarının kenar kesimlerinde yoğunluk hızlı bir şekilde azalırken, jipsin akarsulardan en uzak noktası olan merkezi kesimlerinde ise yoğunluk artmaktadır (Şekil 48 ve 49).



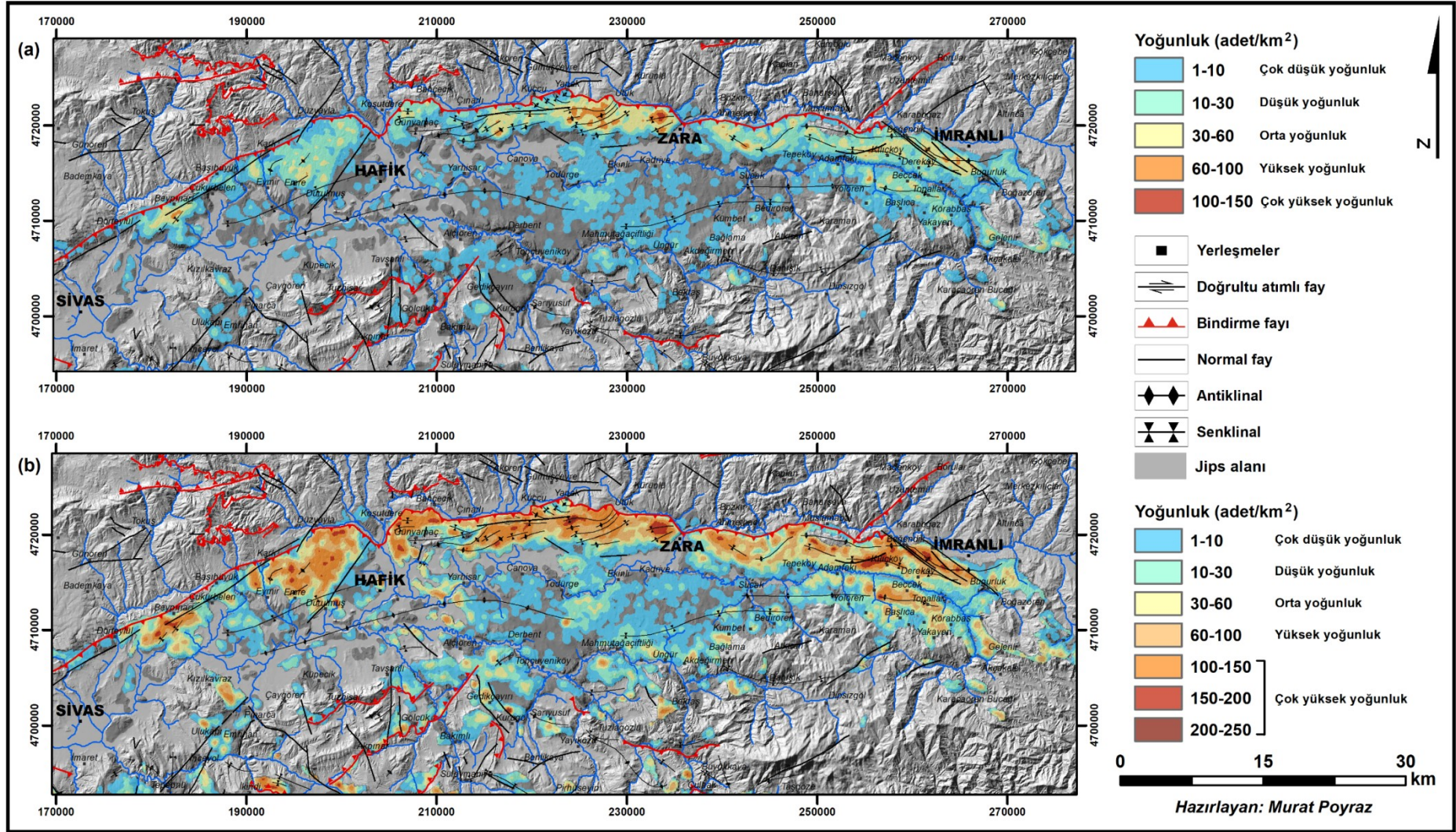
Şekil 48: Kızılırmak Kuzeyi, Sivas İl Merkezinin Batısından (a-b) ve İmranlı'dan (c-d) Dolinlere Ait Görünümler.



Şekil 49: Çalışma Sahasında Dolinlerin Yoğun Olarak Bulunduğu Alanlar.



Şekil 50: (a) 1/25.000 Ölçekli Topoğrafya Haritaları ve (b) 1/3000-1/5000 Ölçekli Uydu Görüntülerine Göre Dolin Yoğunluklarının Dağılım Haritaları (Orijinali Ek-4'de).



Şekil 51: (a) 1/25.000 Ölçekli Topoğrafya Haritaları ve (b) 1/3000-1/5000 Ölçekli Uydu Görüntülerine Göre Dolin Yoğunlukları ve Fayların Dağılım Haritaları.

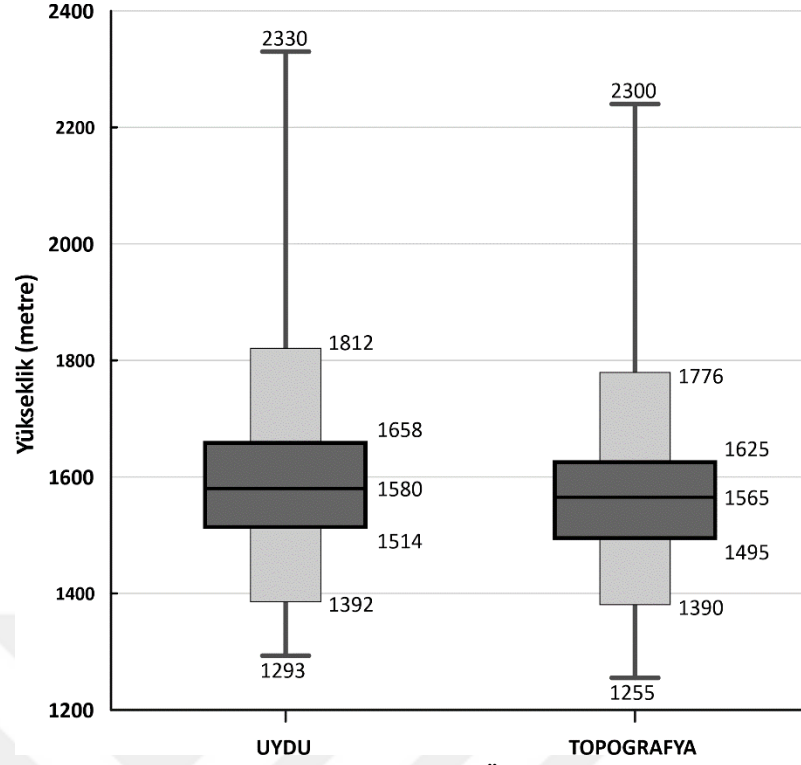
5.2. Yoğunluğun Yükselti Basamaklarına Göre Dağılımı

Histogramlar dolin morfometrisi ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan temel parametrelerdendir (Öztürk, 2018a, 2018b; Öztürk vd., 2015, 2017; Şimşek, 2018). 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından elde edilen 10.651 adet dolinin yükseklik basamaklarına göre frekansları oluşturulurken dolini gösteren en üst kapalı eşyüksekti eğrisinin yüksekliği dikkate alınmıştır. Uydu görüntüleri üzerinden elde edilen nokta bazlı 42.127 adet dolin için 12.5 metre çözünürlüklü ALOS PALSAR'ın SYM'den elde edilen yükseklik verileri dikkate alınmıştır. Elde edilen değerlerin yükselti basamaklarına göre frekanslarının hesaplanması ile alana ait dolin histogramları oluşturulmuştur (Şekil 53).

Topoğrafya haritaları üzerinden tespit edilen 10.651 dolin dikkate alındığında dolinler, 1255-2300 metreleri arasında yaklaşık olarak 1045 metrelik yükselti aralığında dağılım gösterirken, uydu görüntülerinden tespit edilen 42.127 dolin dikkate alındığında ise dolinler, 1293-2330 metreleri arasında 1037 metrelik yükselti aralığında dağılım göstermektedir. Dolin dağılımları kütle üzerinde ve yükselti basamaklarına göre homojen değildir (Çizelge 15 ve Şekil 52). Yukarı Kızılırmak Havzası'nda topoğrafya haritaları üzerinden tespit edilen dolinlerin ortalama yükseltisi 1565 metre, uydu görüntüsü üzerinden tespit edilen dolinlerin ortalama yükseltisi ise 1580 metredir. Topoğrafya verilerine göre dolinlerin %50'si 1495-1625 metreleri arasında, uydu görüntüsü verilerine göre ise 1514-1658 metreleri arasında dağılım göstermektedir. Topoğrafya haritalarına göre dolinlerin %90.2'si (9.390 adet) 1390-1776 metreler arasında, uydu görüntülerine göre ise %91.4'ü (37.030 adet) 1392-1812 metreleri arasında bulunmaktadır.

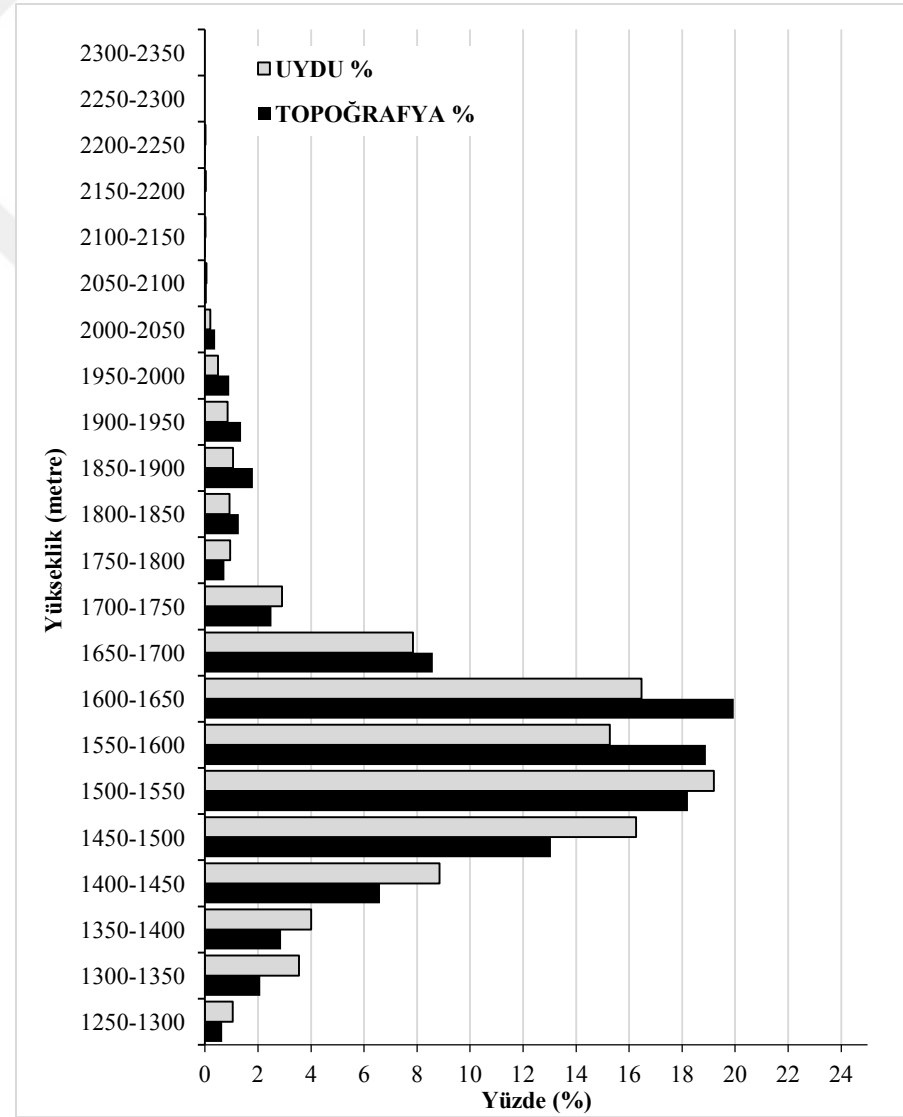
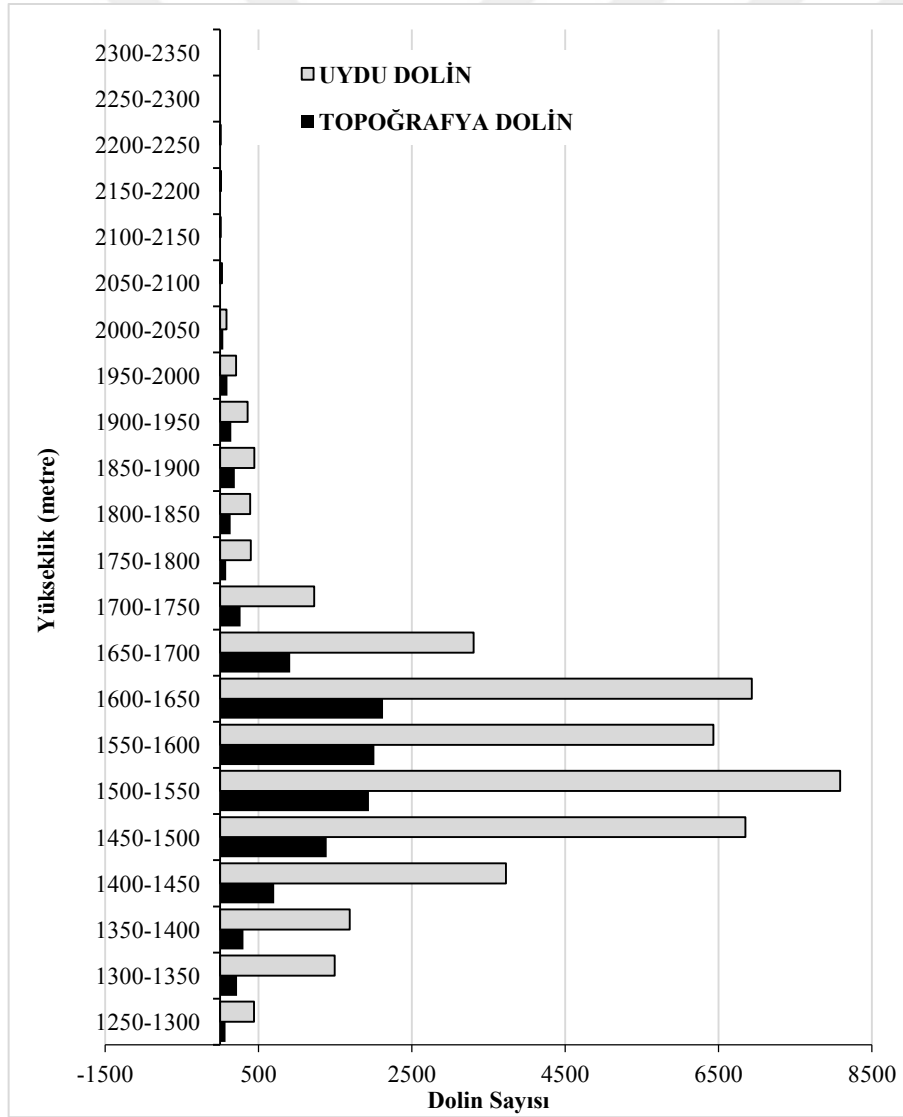
Çizelge 15: Dolinlerin Yükseltilerine Ait İstatistik Değerleri

	UYDU	TOPOĞRAFYA
En Düşük	1293	1255
%5	1392	1390
%25	1514	1495
Ort.	1580	1565
%75	1658	1625
%95	1812	1776
En Yüksek	2330	2300



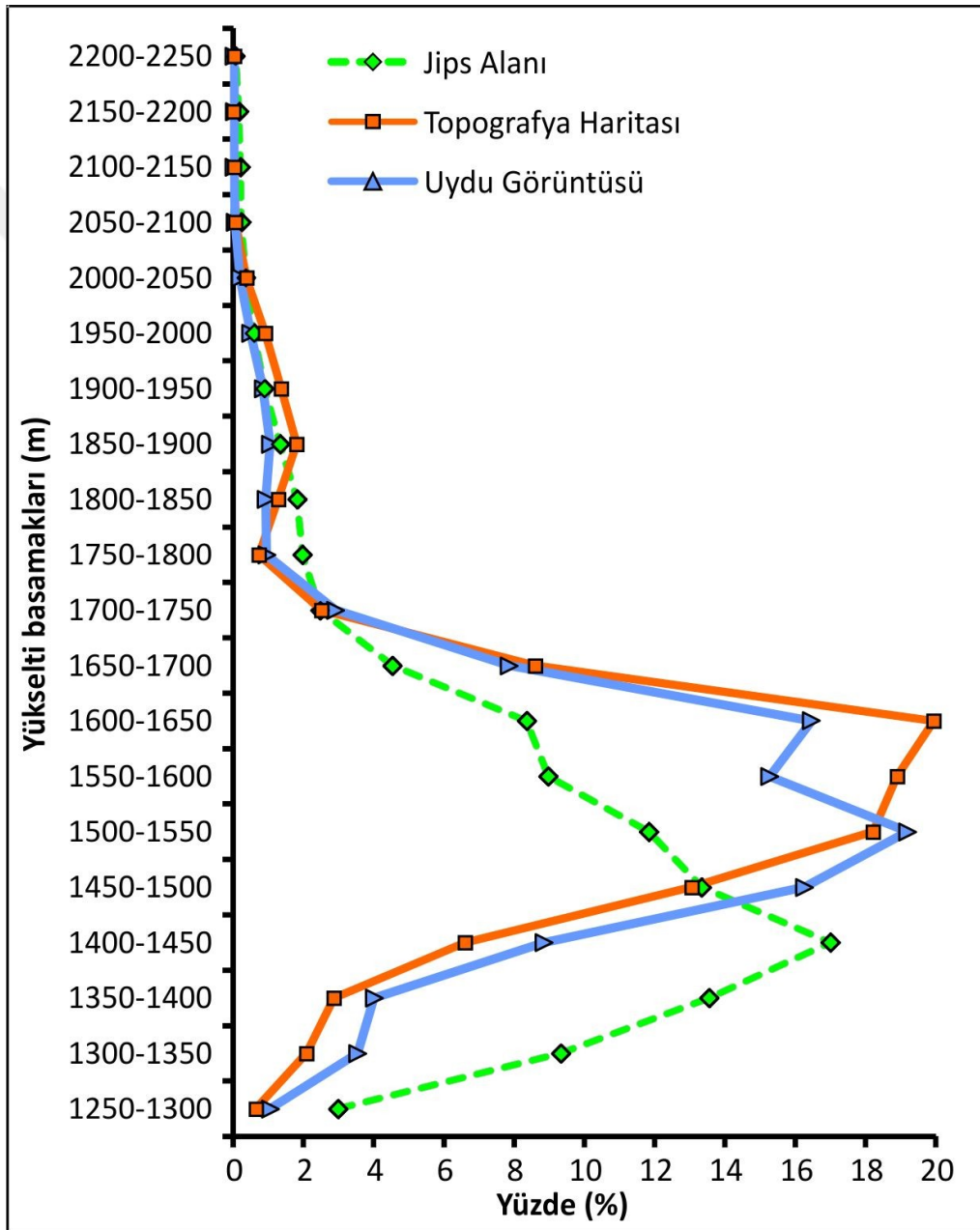
Şekil 52: Uydu Görüntüsü ve Topografya Haritaları Üzerindeki Dolinlerin Jips Alanına Göre Dağılımları.

Dolinlerin yükselti basamaklarına göre dağılımlarına baktığımızda homojen olmayan bir dağılım görülmektedir. Alandaki dolin sayıları 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarına göre 1250-1650 metreler arasında düzenli olarak artış göstermekte iken, uydu görüntülerine göre 1250-1550 metreler arasında düzenli olarak artış göstermektedir. Başka bir ifade ile topoğrafya haritalarında dolin sayısının en fazla olduğu yükselti basamağı 1600-1650 metre iken uydu görüntülerinde en yoğun yükselti basamağı 1500-1550 metreye karşılık gelmektedir (Şekil 52). Ancak hem topoğrafya haritalarına hem de uydu görüntülerine göre 1650 metreden sonra yoğunlukta çok hızlı bir düşüş gerçekleşmektedir. Yükselti basamaklarının alansal dağılımında da 1450-1700 metreleri arası, sahada en fazla alan kaplayan yükseltilerdir ve dolin yoğunluğunun en fazla olduğu alanlara karşılık gelmektedir (Şekil 53).



Şekil 53: Topoğrafya Haritaları ve Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Dolinlerin Yükselti Basamaklarına Göre Dağılımı.

Çalışma sahasındaki jips alanlarının yükselti basamakları da hesaplanmış ve dolinlerin yükseltiye göre dağılışının jips alanları ile olan ilişkisi ortaya koyulmuştur. Dolin sayılarının yükseltiye göre dağılışı ile jips alanlarının yükselti basamaklarının dağılışı arasında büyük oranda paralellik bulunmaktadır. Jips formasyonları (özellikle Hafik formasyonu) maksimum yüzeleme 1400 ve 1450 metreleri arasında ulaşmaktadır ve jipsin %42'lik kesimi 1450 metrenin altında yer almaktadır. Ancak bu kesimde yoğun dolin gelişimi görülmemektedir (Şekil 54).



Şekil 54: Topoğrafya Haritaları ve Uydu Görüntülerinden Tespit Edilen Dolinlerle Jips Alanının Yükselti Basamaklarına Göre Frekans Dağılımları (Poyraz vd., 2021).

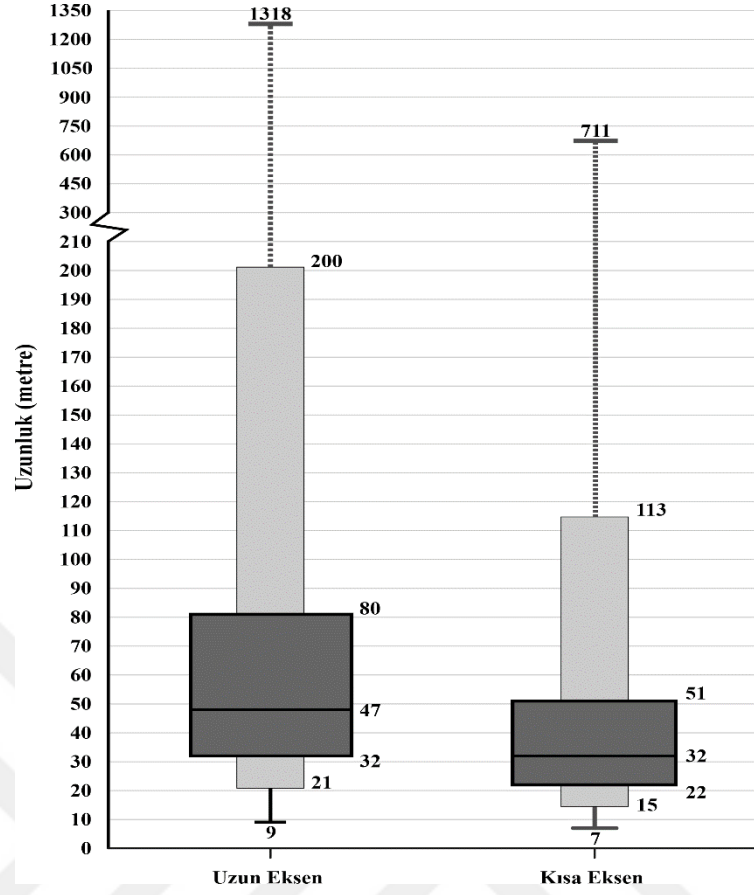
5.3. Uzun eksen (U), Kısa eksen (K) ve Uzama oranı (R_E)

Uzun eksen (U, uzunluk), dolinin en üst kapalı kontur eğrisi üzerinde birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafeyi ifade ederken, kısa eksen (K, genişlik) uzun eksene dik şekilde (90°) birbirine en uzak iki nokta arasındaki yatay mesafeyi ifade etmektedir (Bondesan vd., 1992; Denizman, 2003). Çalışma kapsamında 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları üzerinden dolinlerin en üst kapalı eşyüksele eğrisi alan (poligon) olarak sayısallaştırılmıştır. Elde edilen veri seti üzerinden ArcGIS 10.5 yazılımı ile uzun eksenler otomatik olarak çıkarılmış, kısa eksenler ise ekran sayısallaştırması yöntemiyle çizilmiş ve uzunluk hesaplamaları yapılmıştır. Uzama oranı (R_E), uzun eksen değerlerinin kısa eksen değerine bölünmesiyle elde edilmiştir ve eliptik özelliklere sahip şekillerin nasıl bir dağılım gösterdiği bulunmuştur. Değerin 1'e yaklaşması şeklin dairesel, 1'den uzaklaşması ise eliptik özellikte olduğunu göstermektedir ((Basso vd., 2013; Öztürk, 2018b).

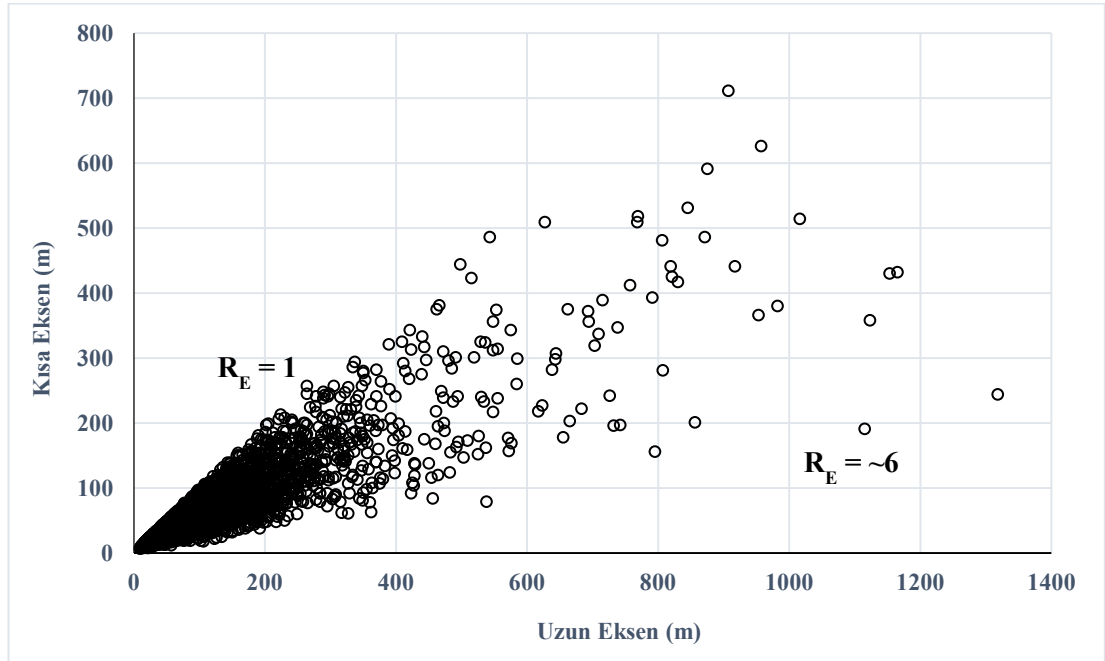
Uzun eksenlerde en küçük değer 9 metre, kısa eksenlerde 7 metredir. En yüksek değer ise uzun eksende 1318 metre, kısa eksende 711 metre olarak hesaplanmıştır (Çizelge 16). Çalışma alanındaki dolinlerin ortalama uzunlukları, kısa eksende 32 metre, uzun eksende 47 metredir. Dolinlerin %50'sinde uzun eksen değeri 32-80 metreleri arasında, %90'nında 21-200 metreleri arasındadır. Kısa eksen değerinde ise %50'si 22-51 metreleri arasında, %90'nı 15-113 metreleri arasında değişmektedir (Çizelge 16 - Şekil 55).

Çizelge 16: Uzun Eksen, Kısa Eksen ve Uzama Oranına Ait İstatistiksel Değerler

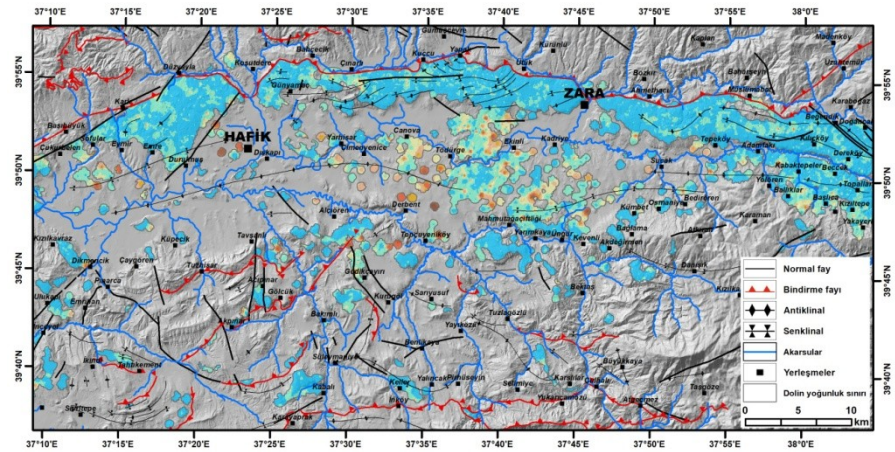
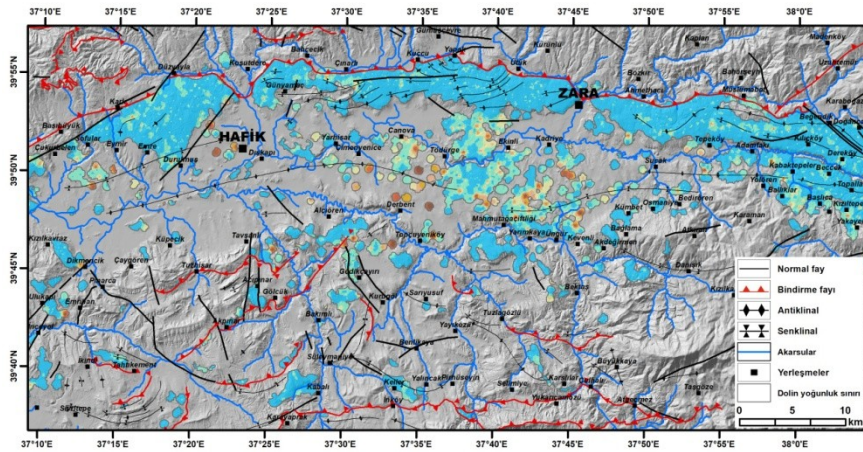
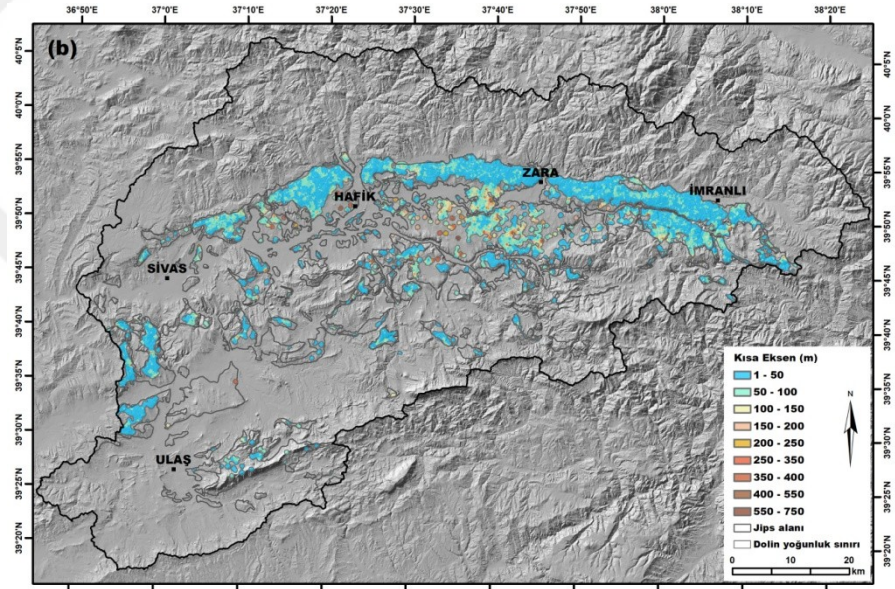
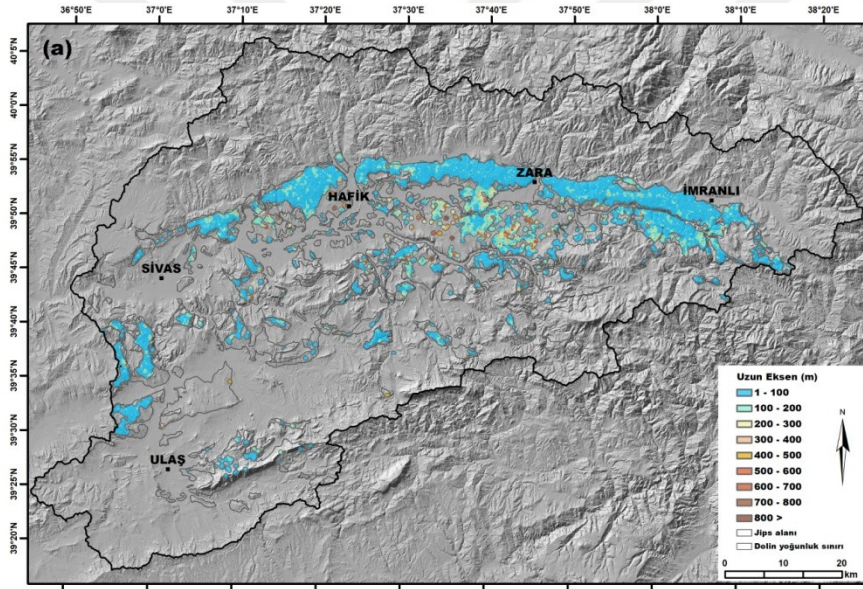
	Uzun Eksen (m)	Kısa Eksen (m)	Uzama Oranı
En Düşük	9	7	1.00
%5	21	15	1.09
%25	32	22	1.24
Ort.	47	32	1.43
%75	80	51	1.74
%95	200	113	2.48
En Yüksek	1318	711	6.81



Şekil 55: Uzun Eksen ve Kısa Eksen Değerlerine Ait Kutu Grafiği.



Şekil 56: 1/25.000'lik Topoğrafya Haritalarına Göre Alandaki Dolinlerin Uzun ve Kısa Eksen Uzunluklarına Göre Saçılım Grafiği.



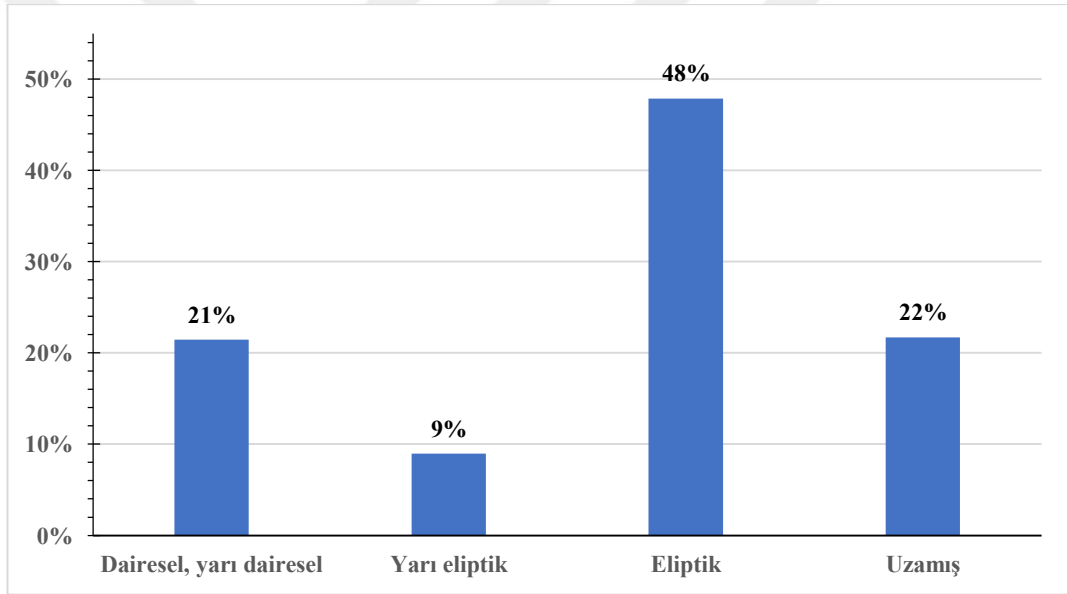
Şekil 57: Dolinlerin (a) Uzun Eksen ve (b) Kısa Eksen Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı (Orijinali Ek: 5 ve 6'da).

Dolinlerin uzama oranında ise tüm dolinlerin ortalama uzama oranı değeri 1.43'tür. Dolinlerin %50'si 1.24-1.74 arasında, %90'nı ise 1.09-2.48 arasında değişen değerlere sahiptir. Basso vd. (2013) tarafından yapılan sınıflama dikkate alındığında (Çizelge 17), dolinlerin %21'i dairesel-yarı dairesel, %9'u yarı eliptik, %48'si eliptik ve %22'si uzamış formlardadır (Şekil 58).

Çizelge 17: Uzama Oranı Değerine Göre Dolin Sınıflandırması.

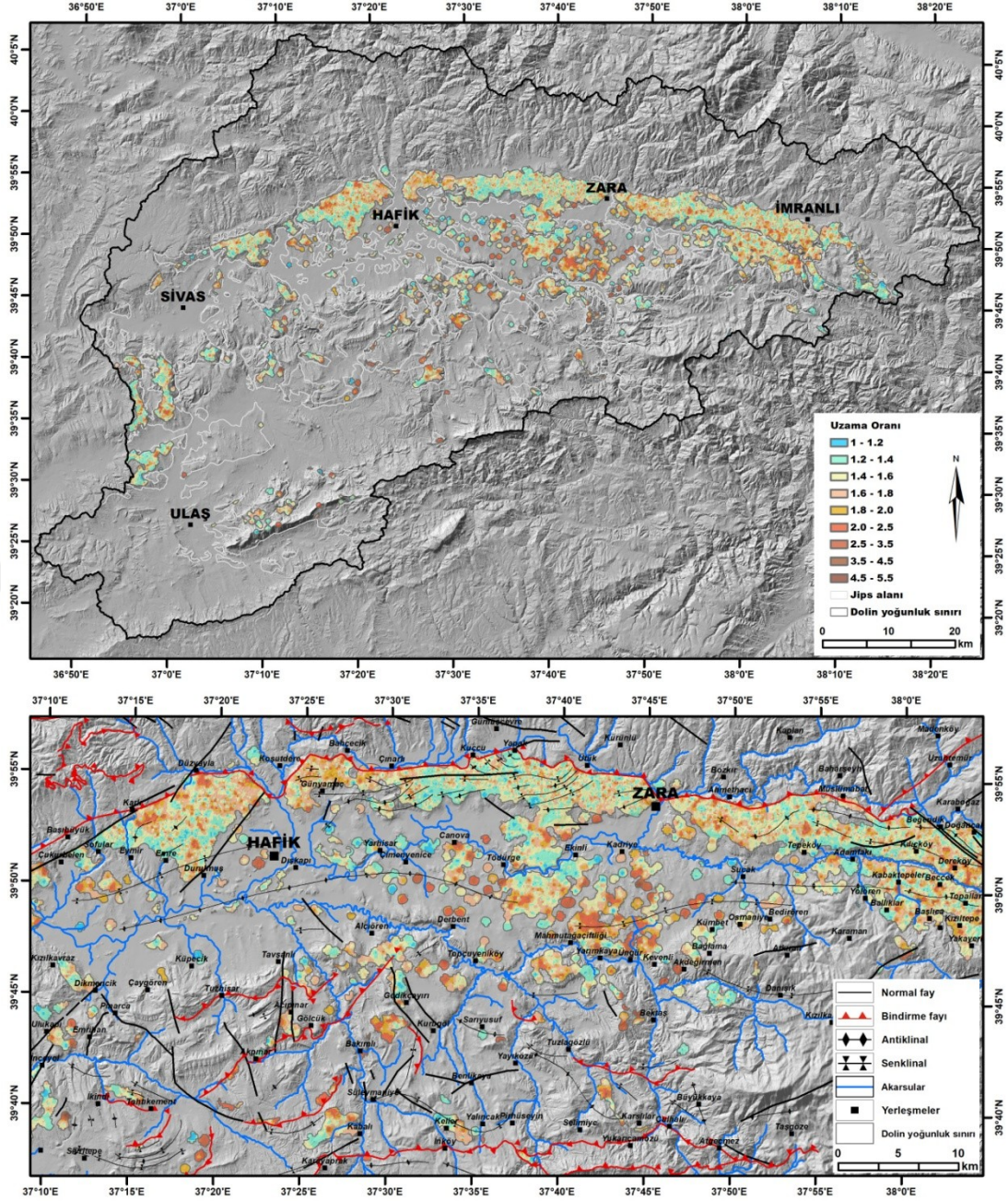
Uzaman oranı değeri (R_E)		Tanım
1.21'den küçük	($R_E < 1.2$)	Dairesel, yarı dairesel
1.21 ile 1.65 arası	($1.21 < R_E < 1.65$)	Yarı eliptik
1.65 ile 1.8 arası	($1.65 < R_E < 1.8$)	Eliptik
1.8'den büyük	($R_E > 1.8$)	Uzamış

Kaynak: Basso vd, 2013



Şekil 58: Dolin Sınıflanmasına Göre Yüzdeleri Dağılımı.

Kızılırmak Nehri'nin güney kesimlerindeki alçak platoluk alan üzerinde, dolin yoğunluğu azalırken, dolinlerin uzun eksen, kısa eksen ve uzama oranı değerlerinde artışlar olduğu tespit edilmiştir. Dolin yoğunluğunun düştüğü, karst taban seviyesinin yüzeye yakın olduğu alanlarda dairesel şekilleri bozulmuş dolinler (eliptik ve uzamış) gelişim göstermektedir (Şekil 57 ve 59).



Şekil 59: Uzama Oranı Değerlerinin Kütle Üzerindeki Dağılımının Genel Görünümü (üstte) ve Yakınlaştırılmış Görünümü (altta) (Orijinali Ek-7’de).

5.4. Alan (A), Çevre Uzunluğu (P) ve Dairesellik İndisi (Ic)

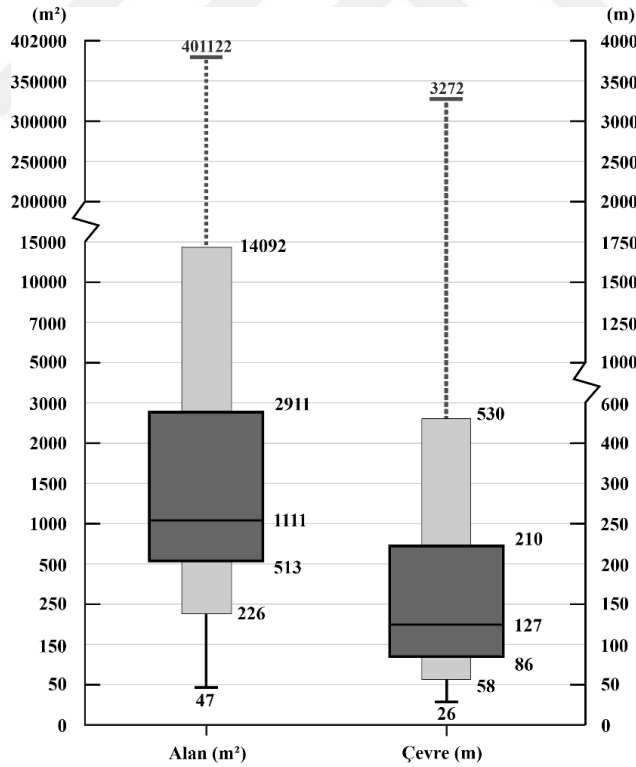
Alan ve çevre uzunlukları 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarına göre dolinin en üst kapalı eşyüksele eğrisine göre ArcGIS 10.5 yazılımı ile hesaplanmıştır ve elde edilen değerlerle dairesellik indisi hesaplanmıştır. Dairesellik indisi, dolinlerin geometrik şekilleri hakkında fikir vermektedir. Değerin 1 olması şeklin daire biçiminde olduğunu, 1’den uzaklaşması dairesel şeklin bozulduğunu ve daha

düzensiz bir biçim aldığını göstermektedir (Goudie, 2003).

Çizelge 18: Alan, Çevre Uzunluğu ve Dairesellik İndisine Ait İstatistiksel Değerler

	Alan (m ²)	Çevre (m)	Dairesellik
En Düşük	47	26	1.02
%5	226	58	1.06
%25	513	86	1.10
Ort.	1111	127	1.15
%75	2911	210	1.27
%95	14092	530	1.77
En Yüksek	401122	3272	4.44

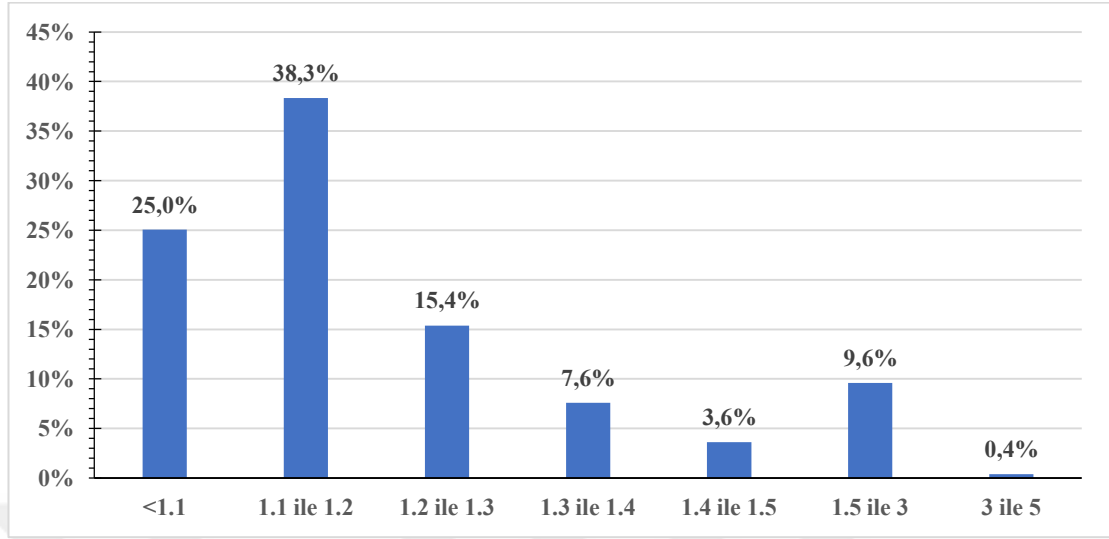
Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki dolinlerin ortalama alanı 1111 m², ortalama çevre uzunlukları 127 metredir. Dolinlerin alanı, %50'sinde 513-2911 m², %90'nında 226-14092 m² arasındadır. Çevre uzunlukları dolinlerin %50'sinde 86-210 m, %90'nında 58-530 m arasındadır (Çizelge 18 ve Şekil 60-63-64).



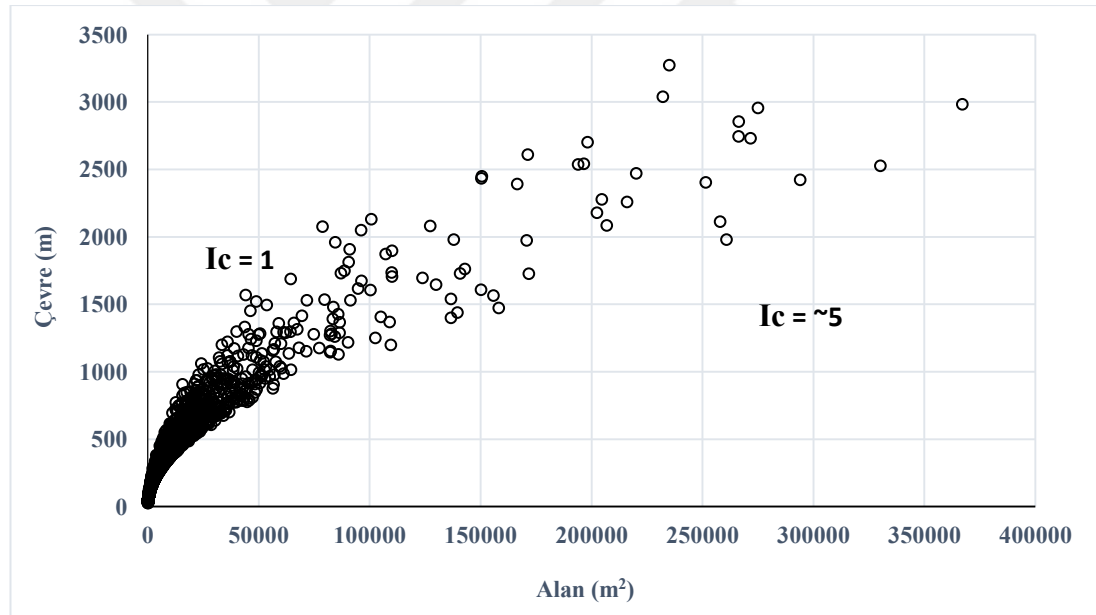
Şekil 60: Alan ve Çevre Değerlerine Ait Kutu Grafiği.

Alan ve çevre uzunluklarına göre belirlenen dairesellik indisi değeri ortalama 1.15'dir. Bu oran dolinlerin %50'sinde 1.10-1.27, %90'nında 1.06-1.77 arasında

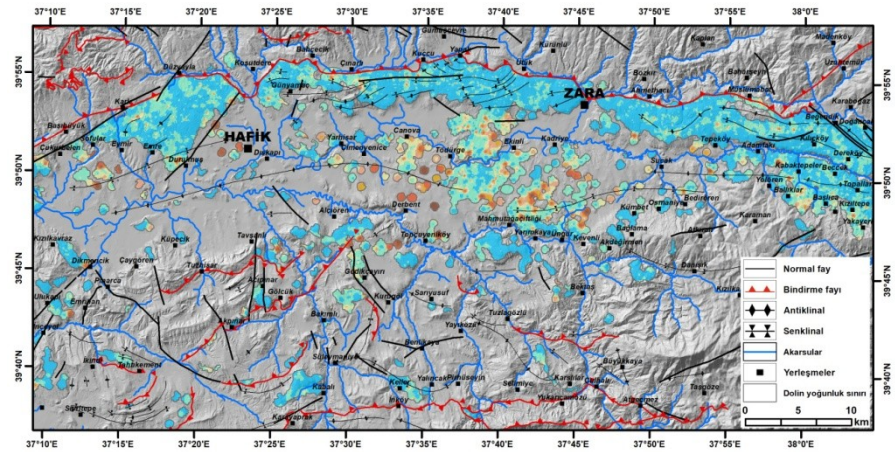
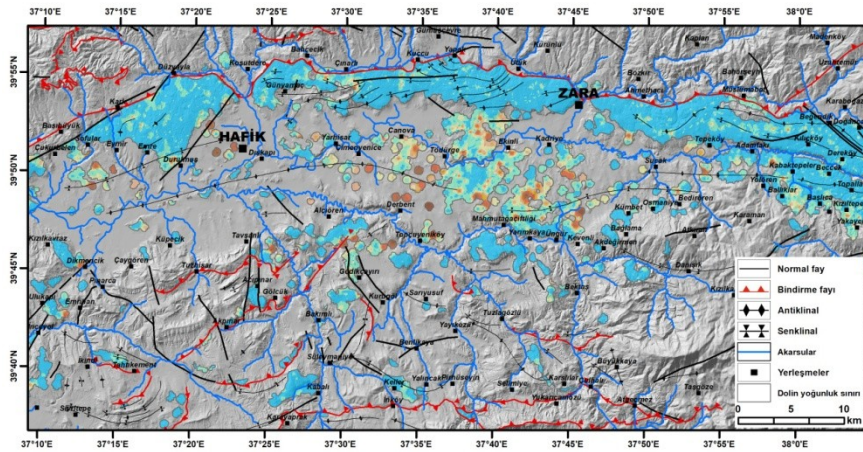
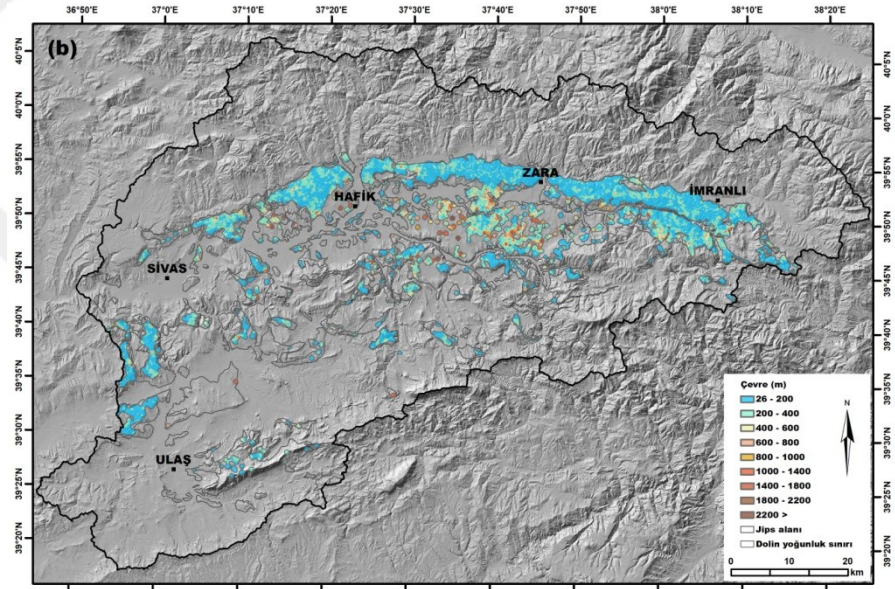
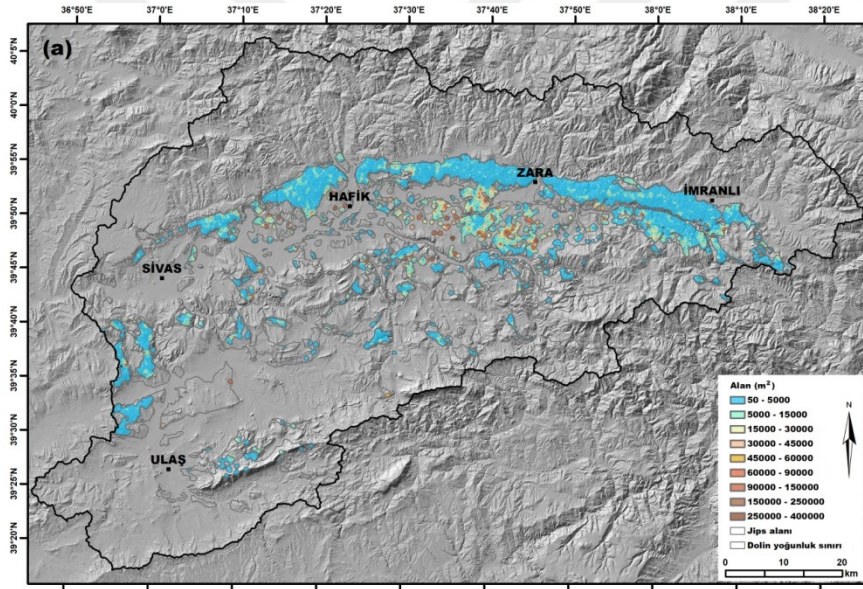
değişmektedir (Şekil 61 ve 62).



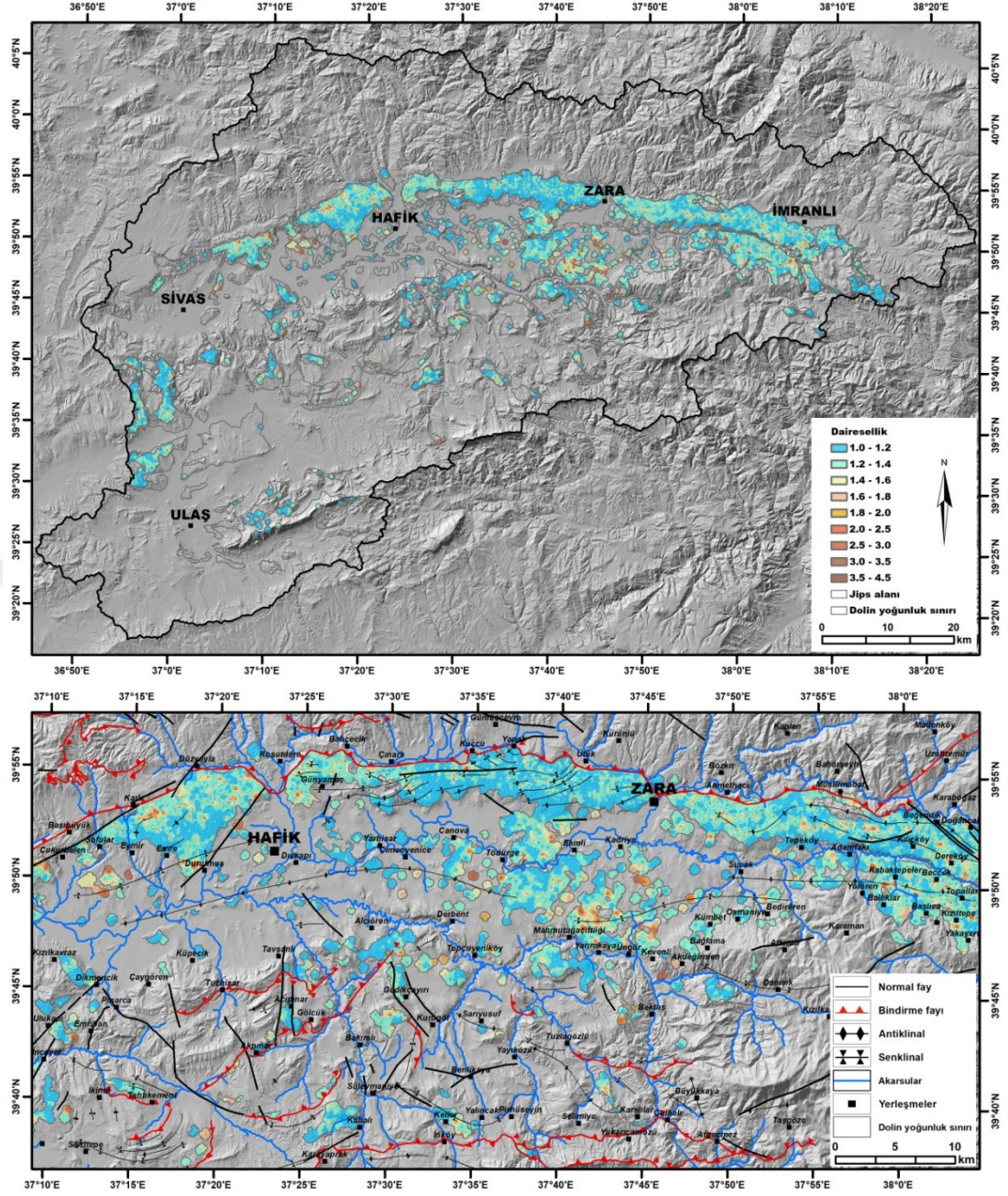
Şekil 61: Dairesellik Sınıflanmasına Göre Yüzdeleri Dağılımı.



Şekil 62: 1/25.000'lik Topoğrafya Haritalarına Göre Alandaki Dolinlerin Alan ve Çevre Değerlerine Göre Saçılım Grafiği.



Şekil 63: Dolinlerin (a) Alan ve (b) Çevre Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı (Orijinali Ek: 8 ve 9'da).



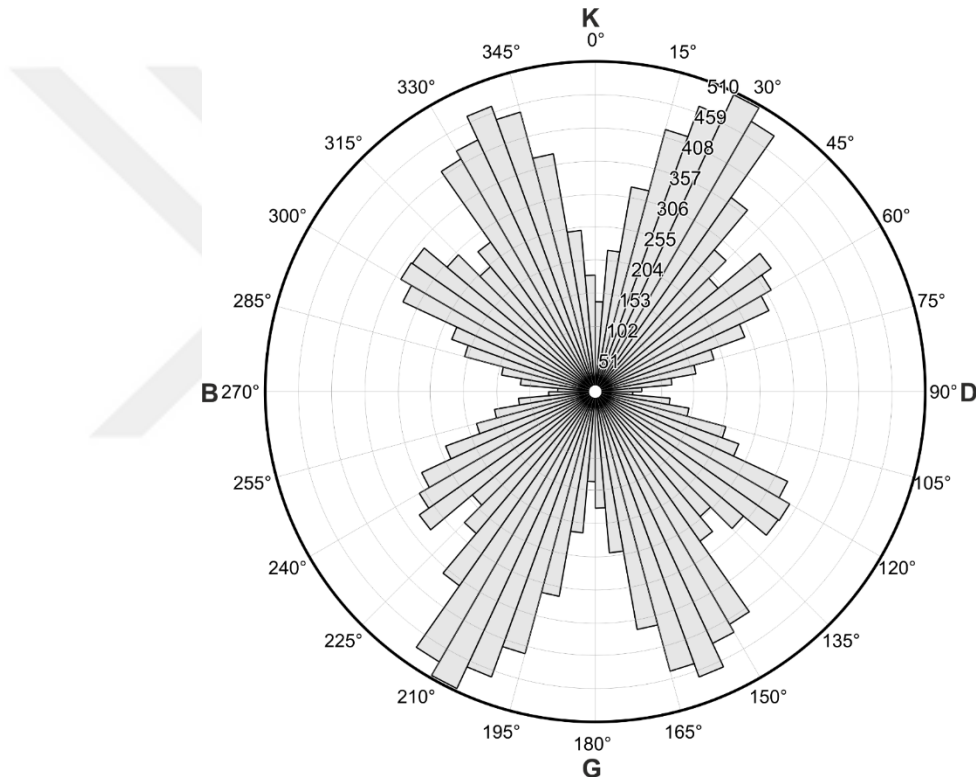
Şekil 64: Dairesellik İndisi Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı (Orijinali Ek-10'da).

5.5. Yönelim

Dolin yönelimleri uzun eksen çizgisinin kuzey ile yapmış olduğu açının hesaplanması ile belirlenmiştir. Yönelimin belirlenmesinde MapInfo Pro yazılımı kullanılmıştır ve elde edilen değerlerden GeoRose programı ile gül diyagramları oluşturulmuştur. Karstlaşmanın şekillenmesinde en etkili süreçlerden biri de çatlak ve yarık sistemleridir (Nazık, 1986). Dolinlerin yönelimleri de karstik alanlarda etkili

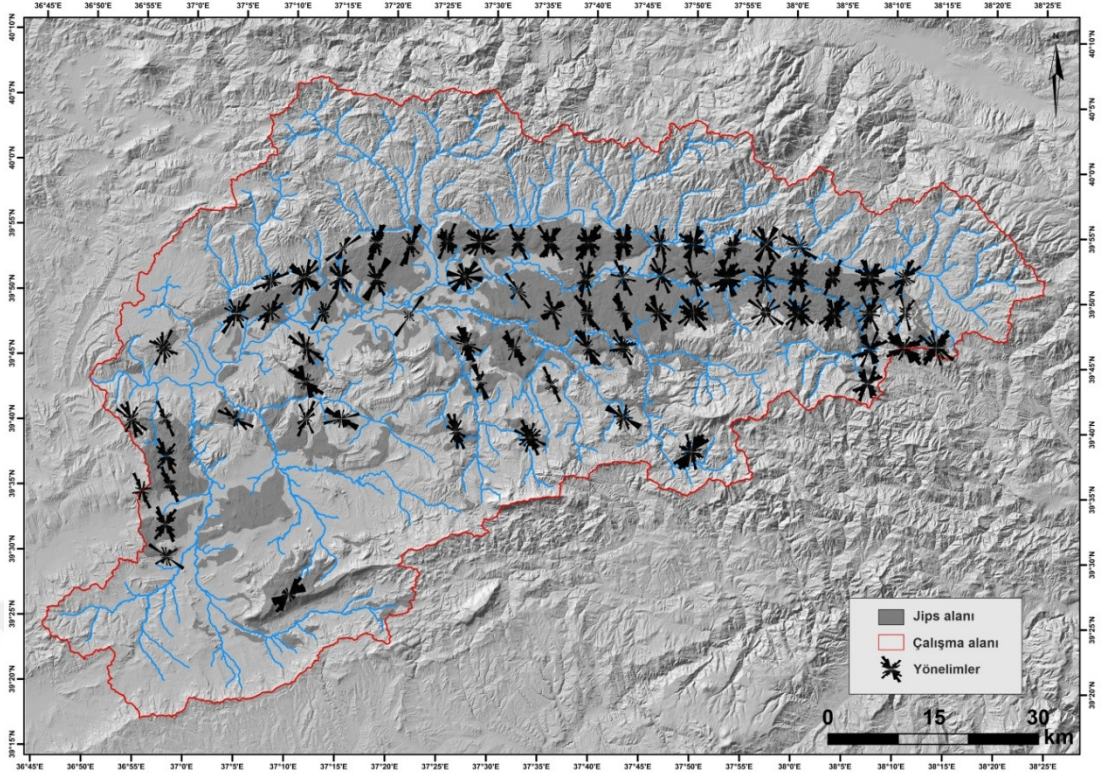
olan çatlak ve yarık sistemleri ile uyumludur. Bu nedenle dolin yönelimleri sahanın yapısal özelliklerinin yorumlanmasında etkili bir parametredir (Öztürk, 2018b). Yönelimler üzerinde de genel olarak çatlak sistemleri ve ana fay hatlarının uzanımı etkili olduğundan dolayı; dolin yönelimlerinden elde edilen yön değerleri alandaki etkili olan fay ve çatlak sistemleri hakkında bilgi vermektedir (Öztürk vd., 2017; Şener ve Öztürk, 2018).

Çalışma alanında yer alan dolinlerin uzun eksen yönelimlerini gösteren gül diyagramı incelendiğinde hâkim doğrultunun KD-GB doğrultulu olduğu ve ikinci baskın yönün ise KB-GD olduğu görülmektedir (Şekil 65).



Şekil 65: Çalışma Alanındaki Dolinlerin Uzun Eksen Yönelimlerini Gösteren Gül Diyagramı.

Dolinlerin genel yönelimleri yanı sıra, yönelimin inceleme alanı içerisinde nasıl bir alansal dağılış gösterdiğini ortaya koymak için 72 adet 2.5x2.5 km'lik gridlerden ayrı ayrı gül diyagramları oluşturulmuştur. Böylece alan içerisinde uzun eksen yöneliminin farklılıkları ortaya konulmaya çalışılmıştır (Şekil 66).



Şekil 66: Çalışma Alanındaki 2.5x2.5 km'lik Gridler İçerisinde Kalan Dolinlerin Uzun Eksenlerinin Yönelimlerine Ait Gül Diyagramlarının Alansal Dağılışı (Orijinali Ek-11'de).

Kızılırmak Nehri'nin kuzeyinde dolin yönelimleri KD-GB doğrultulu, çalışma alanının batısı ve Kızılırmak Nehri'nin güneyinde ise hakim yön KB-GD doğrultuludur. Dolin yönelimlerinin havza içerisinde farklılıklar göstermesinin temel nedeni havzanın farklı tektonik kuşaklar arasında yer almasıdır (kuzeybatı kenarında Kırşehir Masifi, kuzey kenarında İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ve Pontidlere ait ofiyolitler ve ofiyolitik melanjlara, güney kenarında ise Torid üzerini yapısal olarak örten ve Sivas ofiyoliti olarak adlandırılan ofiyolitik masif kuşaklar) (Legeay vd., 2018). Geç Kretase ofiyolit üzerlemesi ile ilişkili erken havza evrimi ve Sivas Bindirme Kuşağı'nın kuzey kenarı boyunca havzanın kuzeyi tuz tektoniği süreçleri ile kontrol edilirken, güney kesimlerinin ise klasik kıvrım kuşağı ile kontrol edilmesi (Darin ve Umhoefer, 2019; Kergaravat vd., 2016, 2017; Legeay vd., 2018, 2019; Pichat vd., 2018; van Hinsbergen vd., 2016) dolin yönelimlerinin farklılaşmasının temel nedenleridir.

6. TARTIŞMA

Dolin yoğunlukları ile ilgili yapılan çalışmalarda, dolinlerin düşük eğimli ve yüksek plato karakterindeki alanlarda en fazla yoğunluğa ulaştığı tespit edilmiştir (Cvijić, 1893; Doğan ve Özel, 2005; Öztürk vd., 2017). Bu çalışmada da maksimum dolin yoğunlukları jips sahasının kuzey kesiminde, bindirme hattına paralel olarak doğu-batı doğrultusunda kesintisiz bir kuşak boyunca uzanan ve eğim değerleri 0-15 derece arasında olan yüksek platoluk alan üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanı ile ilgili yapılmış olan farklı çalışmalarda dolin yoğunlukları; 80-100 dolin/km², 250-300 dolin/km² ve 166 dolin/km² olarak hesaplanmıştır (Doğan ve Özel, 2005; Doğan ve Yeşilyurt, 2004, 2019; Keskin, 2011). Bu çalışmada ise maksimum dolin yoğunlukları topoğrafya haritalarından elde edilen verilere göre 127 dolin/km² iken uydu görüntülerinden elde edilen verilere göre 237 dolin/km²'dir. Maksimum dolin yoğunluklarının daha önce yapılan çalışmalardan farklı çıkmasının nedenleri; önceki çalışmaların sahanın tamamını kapsamaması ve kullanılan uydu görüntülerinin daha yüksek çözünürlüğe sahip olmalarına bağlı olarak daha küçük boyutlu dolinlerin tespitinin mümkün olmasıdır.

Klasik yöntemle topoğrafya haritaları üzerinden elde edilen dolin sayıları ile uydu görüntüleri veya yüksek çözünürlüklü sayısal yükselti modellerinden elde edilen dolin sayıları arasında yaklaşık 4 kat fark olduğu yapılan bazı çalışmalarda ortaya konmuştur (Bauer, 2015). Bu çalışmada da topoğrafya haritalarından (10.651 dolin) ve uydu görüntülerinden (42.127 dolin) elde edilen dolin sayıları arasında yaklaşık 4 kat fark olduğu tespit edilmiştir.

Dolinlerin yoğun olarak 1520-1600 metreler (Doğan ve Özel, 2005) ve 1350-1610 metreler (Keskin, 2011) arasında dağılışı gösterdiği ifade edilmektedir. Bu çalışmada ise dolinlerin, topoğrafya haritalarında en fazla olduğu yükselti basamağı 1600-1650 metre iken uydu görüntülerinde en yoğun yükselti basamağı 1500-1550 metreye karşılık gelmektedir. Bulgunun, daha önce yapılan çalışmalardan farklı çıkmasının nedenleri; önceki çalışmaların sahanın tamamını kapsamaması ve sayısal yükseklik modelinden elde edilen yükseklik değerlerinin daha hassas olmasıyla ilgilidir.

Jipslerin maksimum yüzeyleenimine 1400 ve 1450 metreleri arasında ulaştığı tespit edilmiştir. Ancak bu kesimde yoğun dolin gelişimi görülmemektedir. Bu durumun temel nedeni; jips kalınlığının az olması, alçak jips alanlarında yeraltı suyu taban seviyesinin yüksek olması ve genişleyen çatlak sisteminin etkisidir (Doğan ve Yeşilyurt, 2019; Drahor, 2019; Poyraz vd., 2021).

Dolinlerin gelişimi, dağılışı ve morfometrik özellikleri üzerinde tektonik hareketlerin, fay ve çatlak sistemlerinin büyük etkisi vardır (Nazik, 1992; Öztürk vd., 2017) Çalışma sahasındaki dolinlerin %79'unun yarı eliptik, eliptik ve uzamış formda olduğu tespit edilmiştir. Kaçaroğlu vd. (1997), Sivas-Hafik arasındaki karstik şekiller KB-GD uzanımlı tabaka doğrultuları ile KD-GB ve KB-GD uzanımlı fay sistemleri tarafından kontrol edildiğini ve özellikle uzama oranı yüksek dolinlerin bu fay uzanımları ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Keskin (2011) ise sahadaki dolinlerin ortalama yönelimlerinin KB-GD istikametinde olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada dolinlerde hâkim doğrultunun KD-GB olduğu ve ikinci baskın yönün ise KB-GD olduğu tespit edilmiştir. Bu tür bir yönelimde, Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki tektonik hareketlerin dolin gelişimi üzerinde belirleyici etken olduğunu göstermektedir.

Dolinlerin genişlemesine bağlı olarak tüm parametrelerin değerlerinde değişimler meydana gelmektedir. Uzun eksen ve alan değerleri arttıkça kısa eksen ve çevre uzunluğu değerleri de artmakta ve bu parametrenin artışına bağlı olarak uzama oranı ve dairesellik indisi değerleri artmaktadır (Öztürk, 2018). Sonuç olarak parametreler arasında pozitif korelasyonlar bu çalışmada da tespit edilmiştir.

Bu çalışmayı, saha ile ilgili daha önce yapılan çalışmalardan farklı kılan en önemli tarafları; daha geniş alanı kapsamaması ve hem topoğrafya haritaları hem de uydu görüntülerinden elde edilen verilerin kullanılmasıdır. Ayrıca, iki farklı veri ile dolinlerin yoğunluk ve dağılıklarının karşılaştırılması ve dolin morfometrisi ile ilgili en sık kullanılan parametrelerle saha üzerinde bulunan dolinlerin morfometrik özelliklerinin detaylı olarak ilk kez ortaya konmuş olmasıdır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1. Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye'nin en önemli jips karstı alanı olan Yukarı Kızılırmak Havzası karst alanı (6.610 km²) içerisinde yaklaşık 1.609 km²'lik jips alanı üzerinde gelişmiş olan dolinler; topoğrafya haritaları, uydu görüntüleri ve arazi gözlemlerine göre CBS tabanlı incelenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Çalışma sahasının baskın dolin tipi çözünme dolinidir. Bununla birlikte; çökme dolini, örtü kayası çökme dolini, örtü çökme dolini, örtü sübidans/alüvyal dolini ve örtülmüş dolin tipleri de sahada yer almaktadır.
- Çalışma sahasında, topoğrafya haritaları üzerinden 10.651 dolin ve uydu görüntüleri üzerinden ise 42.127 dolin tespit edilmiştir.
- Farklı alanlarda daha önce yapılan çalışmalarda topoğrafya haritaları üzerinden tespit edilen dolin sayıları ile yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modellerinden tespit edilen dolin sayıları arasında yaklaşık 4 kat fark olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada da iki yöntem arasında yaklaşık 4 kat fark olduğu tespit edilmiştir.
- Topoğrafya haritalarından elde edilen dolinlerin maksimum yoğunluğu 127 dolin/km² iken uydu görüntülerinden elde edilen dolinlerin yoğunluğu 237 dolin/km²'dir.
- Jips alanı dikkate alınarak yapılan dağılım hesaplamasında; 1/25.000'lik ölçekli haritalara göre jips alanlarının yaklaşık %48'i dolinsiz alana karşılık gelirken, uydu görüntülerine göre jips alanının yaklaşık %26'sı dolinsiz alana karşılık gelmektedir. Topoğrafya haritalarına göre alanın %1'i yüksek-çok yüksek yoğunlukta iken, uydu görüntülerinde alanın %15'i yüksek-çok yüksek yoğunluktadır. Bu farklılık, uydu görüntülerinin daha yüksek çözünürlüğe sahip olmalarından ve bu sayede çok daha küçük boyutlu dolinlerin belirlenebilmesinden kaynaklanmaktadır.
- Dolinlerin büyük bölümü (%90) 1300-1700 metreler arası yüksekliklerde yer alır. Topoğrafya haritaları üzerinden tespit edilen dolinler dikkate alındığında,

dolinler 1255-2300 metreler arasında yaklaşık olarak 1045 metrelik yükselti aralığında dağılış gösterirken, uydu görüntülerinden tespit edilen dolinler ise 1293-2330 metreleri arasında, 1037 metrelik yükselti aralığında dağılış göstermektedir.

- Dolin yoğunluklarının dağılımı homojen değildir. Maksimum yoğunluklar özellikle Hafik Formasyonu üzerinde, jips sahasının kuzey kesiminde, bindirme hattına paralel olarak doğu-batı doğrultusunda kesintisiz bir kuşak boyunca uzanan ve eğim değerlerinin 15 dereceyi geçmediği yüksek platoluk alan üzerinde görülür.
- Kızılırmak Nehri'nin kuzeyindeki yüksek platoluk alandaki jipslerin kalınlığının fazla olması ve buradaki antiklinal eksenleri, yüksek yoğunluktaki alanların dağılışı üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır.
- Kızılırmak Nehri'nin güneydeki alçak platoluk alanda karst taban düzeyinin yüzeye yakın olmasından dolayı, sığ karstın karakteristiği olarak, dolin yoğunluğu düşük kalmıştır.
- Kızılırmak Nehri'nin güney kesiminde dolin yoğunluğunun düşük olmasının diğer bir nedeni ise hem tektonik özellikler hem de akarsu aşındırmasının bir sonucu olarak bu kesimdeki jipslerin parçalanarak aşırı korozyona uğramış olmalarıdır.
- Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki dolinlerin ortalama alanı 1111 m^2 , ortalama çevre uzunlukları 127 metredir. Alan ve çevre uzunluklarına göre belirlenen dairesellik indisi değeri ortalama 1.15'dir.
- Tüm dolinlerin ortalama uzama oranı değeri 1.43'tür. Basso vd. (2013) tarafından yapılan sınıflama dikkate alındığında, dolinlerin %21'i dairesel-yarı dairesel, %9'u yarı eliptik, %48'si eliptik ve %22'si uzamış formlardadır. Bu sonuçlara göre çalışma sahasındaki dolinlerin %79'unun yarı eliptik, eliptik ve uzamış olması; Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki tektonik hareketlerin dolin gelişimi üzerinde belirleyici etken olduğunu göstermektedir.
- Çalışma alanında yer alan dolinlerin uzun eksen yönelimlerinde hâkim yön KD-GB ve ikinci baskın yön ise KB-GD doğrultuludur. Dolinlerin yönelimleri, KB-GD uzanımlı tabaka doğrultuları ile KD-GB ve KB-GD uzanımlı çatlak sistemleriyle uyumludur.

- Dolinlerin yöneliminde iki baskın yön çıkması; havzanın farklı tektonik kuşaklar arasında yer alması ve Sivas Bindirme Kuşağı'nın kuzey kenarı boyunca havzanın kuzeyinin tuz tektoniği, güney kesimlerinin ise klasik kıvrım kuşağı ile kontrol edilmesindedir.

7.2. Öneriler

Karstik bölgeler yeraltı ve yerüstü sularına kaynak sağlaması bakımından son derece önemlidir. Yüzey karstının en yaygın jeomorfolojik şekli olan dolinler de önemli su toplama alanlarıdır. Dolin alanları üzerinde yapılan beşeri faaliyetler, özellikle tarım alanı olarak kullanılmaları, hem Toros karst bölgesinde hem de Sivas jips karstı sahasında sıklıkla görülmektedir. Su rezervuarı olarak işlevleri olan bu alanlarda tarımsal faaliyetlerin yapılması ve bu faaliyetler sırasında gübre ve ilaç kullanımı yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Tarım faaliyetleri yapılırken bu durumun dikkate alınması önem arz etmektedir.

Yine arazi çalışmaları sırasında görülen diğer bir beşeri kaynaklı problem ise çöplerin dolin içerilerine veya yakınlarına atılmasıdır. Bu durum yine suların kirlenmesine ve görsel kirliliğe neden olmaktadır. Dolinlerin içerisine veya yakınına atılan bu çöplerin kaldırılması gerekmektedir.

Jipslerde çözünme hızı yüksek olduğu için afet riski de söz konusudur. Çözünme hızının fazla olması ani çökmelere, kütle hareketlerine (heyelan ve taş düşmesi gibi) ve zemin oturmalarına neden olmakta, bu durum can ve mal güvenliği açısından risk oluşturmaktadır. Ayrı bir çalışmanın konusunu oluşturan bu durum dikkate alınarak riskli bölgelerin belirlenmesi ve önlem alınması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Aktimur, H. T. (1988). *Divriği - F 26 (İ40) Paftası*. MTA, Ankara.
- Aktimur, H. T., Tekirli, M. E. ve Yurdakul, M. E. (1990). Sivas-Erzincan Tesriyer Havzasının Jeolojisi. *MTA Dergisi*, 111, 25–36.
- Alagöz, C. A. (1943). Türkiye’de karst olayları hakkında bir araştırma. *Türk Coğrafya Dergisi*, (1), 86–92.
- Alagöz, C. A. (1967). *Sivas çevresi ve doğusunda jips karstı olayları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları Yayın No 175.
- Atalay, İ. ve Mortan, K. (2017). *Türkiye Bölgesel Coğrafyası* (7. bs.). İstanbul: İnkılap Kitabevi.
- Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya, G. ve Öztürk, M. Z. (2019). Erinç Yağış Etkinlik İndisi’ne Göre Belirlenen Türkiye İklim Bölgelerinin Rejim Karakteristikleri. *I. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi*, İstanbul. doi:10.26650/PB/PS12.2019.002.074
- Basso, A., Bruno, E., Parise, M. ve Pepe, M. (2013). Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area of southern Apulia (Italy). *Environmental Earth Sciences*, 70(6), 2545–2559. doi:10.1007/s12665-013-2297-z
- Bauer, C. (2015). Analysis of dolines using multiple methods applied to airborne laser scanning data. *Geomorphology*, 250, 78–88. doi:10.1016/j.geomorph.2015.08.015
- Baysal, O. ve Ataman, G. (1980). Sedimentology, mineralogy and geochemistry of a sulphate series (Sivas-Turkey). *Sedimentary Geology*, 25(1–2), 67–81. doi:10.1016/0037-0738(80)90054-8
- Bener, M. (1965). *Göksu Vadisi ve Çevresindeki Platolarda Karst*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi.
- Bilgiç, T. (2008). *Divriği - J 39 Paftası*. MTA, Ankara.
- Bilgiç, T. (2014). *Sivas - İ 38 Paftası*. MTA, Ankara.
- Blumenthal, M. M. (1938). *Şarki Toros mintikasında Hekimhan-Kangal-Hasançelebi irtifasında jeolojik araştırmalar*. MTA, Ankara.
- Bögli, A. (1980). *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-67669-7
- Bondesan, A., Meneghel, M. ve Sauro, U. (1992). Morphometric analysis of dolines. *International Journal of Speleology*, 21(1/4), 1–55. doi:10.5038/1827-806X.21.1.1
- Burrough, P. A., van Gaans, P. F. M. ve MacMillan, R. A. (2000). High-resolution landform classification using fuzzy -means. *Fuzzy Sets and Systems*, 113(1), 37–52. doi:10.1016/S0165-0114(99)00011-1

- 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*, 33–42. doi:10.2113 / gssgfbull.185.1.33
- Ceyhan, F. (1987). *Sivas güneydoğusundaki tuz ve jips yataklarının jeolojisi, oluşumu, kökeni ve ekonomik özellikleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çiner, A., Koşun, E. ve Deynoux, M. (2002). Fluvial, evaporitic and shallow-marine facies architecture, depositional evolution and cyclicity in the Sivas Basin (Lower to Middle Miocene), Central Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21(2), 147–165. doi:10.1016/S1367-9120(02)00042-1
- Cürebal, İ. (2006). Strahler yöntemiyle komşu akarsu havzalarının karşılaştırmalı analizi: Mıhlı ve Şahin Dereleri. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2, 71–84.
- Cürebal, İ. ve Erginal, E. (2007). Mıhlı Çayı Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfik indislerle analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(6), 126–135.
- Cvijić, J. (1893). Das Karstphänomen: Versuch einer morphologischen Monographie. *Geographische Abhandlungen*, 5(3), 218–329.
- Darin, M. H. ve Umhoefer, P. J. (2019). Structure and kinematic evolution of the Southern Sivas Fold-Thrust Belt, Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 28(6), 834–859. doi:10.3906/yer-1907-29
- Darin, M. H. ve Umhoefer, P. J. (2021). Palaeogene stratigraphy and chronology of the western Sivas Basin, central Anatolia (Turkey): Tectono- sedimentary evolution of a well- preserved basin along the northern Neotethys suture zone. *Basin Research*, 33(2), 903–932. doi:10.1111/bre.12498
- Day, M. (1976). The morphology and hydrology of some Jamaican karst depressions. *Earth Surface Processes*, 1(2), 111–129. doi:10.1002/esp.3290010203
- Day, M. (1983). Doline Morphology and Development in Barbados. *Annals of the Association of American Geographers*, 73(2), 206–219. doi:10.1111/j.1467-8306.1983.tb01408.x
- De Reu, J., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., De Smedt, P., ... Crombé, P. (2013). Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. *Geomorphology*, 186, 39–49. doi:10.1016/j.geomorph.2012.12.015
- 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. (2002). Çankırı Doğusunda Jips Karstlaşmasıyla Oluşan Sübsidans Dolinleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 67–82. doi:10.17152/gefd.20867
- Doğan, U. (2004). Dolin Sınıflamasında Yeni Yaklaşımlar. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1), 249–269. doi:10.17152/gefd.34940
- Doğan, U. ve Özel, S. (2005). Gypsum karst and its evolution east of Hafik (Sivas, Turkey). *Geomorphology*, 71(3–4), 373–

388.doi:10.1016/j.geomorph.2005.04.009

- Doğan, U. ve Yeşilyurt, S. (2004). Gypsum karst south of Imranli, Sivas, Turkey. *Cave and Karst Science*, 31(1), 7–14.
- Doğan, U. ve Yeşilyurt, S. (2019). Gypsum Karst Landscape in the Sivas Basin. *Landscapes and landforms of Turkey* içinde (ss. 197–206). Springer. doi:10.1007/978-3-030-03515-0_6
- Doğan, U. ve Yeşilyurt, S. (2021). Sivas Jips Karstı Sahasının Jeomorfolojik Özellikleri. *Jeomorfoloji Derneği Bülteni*, 35–47.
- 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. doi:10.1016/j.enggeo.2019.02.019
- Ekmekçi, M. (2005). Karst in Turkish Thrace: Compatibility between geological history and karst type. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14(1), 73–90.
- Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II*. İstanbul: Der Yayınları.
- Faivre, S. (1992). The analysis of doline density on the north Velbit and Senjsko bilo. *Izvorni znanstveni rad*, 19, 13–24.
- Fick, S. E. ve Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. doi:10.1002/joc.5086
- Ford, D. C. ve Williams, P. W. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. Springer Netherlands.
- Ford, D. ve Williams, P. W. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology (II)*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Gams, I. (2000). Doline Morphogenetic Processes from Global and Local Viewpoints. *Acta Carsologica*, 29(2). doi:10.3986/ac.v29i2.453
- Gökkaya, E., Gutiérrez, F., Ferk, M. ve Görüm, T. (2021). Sinkhole development in the Sivas gypsum karst, Turkey. *Geomorphology*, 386. doi:10.1016/j.geomorph.2021.107746
- Görür, N., Tüysüz, O. ve Celal Şengör, A. M. (1998). Tectonic Evolution of the Central Anatolian Basins. *International Geology Review*, 40(9), 831–850. doi:10.1080/00206819809465241
- Goudie, A. S. (2003). *Geomorphological techniques: Second edition*. Taylor & Francis Group. Routledge Taylor & Francis Group. doi:10.4324/9780203430590
- Günay, G. (2002). Gypsum karst, Sivas, Turkey. *Environmental Geology*, 42(4), 387–398. doi:10.1007/s00254-002-0532-0
- Gunn, J. (2004). *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Routledge. doi:10.4324/9780203483855
- Gutiérrez, F. ve Cooper, A. H. (2013). Surface Morphology of Gypsum Karst. *Treatise on Geomorphology* içinde (C. 6, ss. 425–437). Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-374739-6.00114-7
- Hengl, Tomislav ve Reuter, H. I. (2009). *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. (T Hengl ve H. I. Reuter, Ed.) *Developments in Soil Science*,

- Developments in Soil Science (C. 33). Elsevier. doi:10.1016/S0166-2481(08)00036-6
- Herrero, J., Artieda, O. ve Hudnall, W. H. (2009). Gypsum, a tricky material. *Soil Science Society of America Journal*, 73(6), 1757–1763. doi:10.2136/sssaj2008.0224
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions of American Geophysics Union*, 13(1), 350–361. doi:10.1029/TR013i001p00350
- Horton, R. E. (1945). Erosion development in stream and their drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 56(1), 275–370. doi:10.1130/0016-7606(1945)56
- Iwahashi, J. ve Pike, R. J. (2007). Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. *Geomorphology*, 86(3–4), 409–440. doi:10.1016/j.geomorph.2006.09.012
- Jennings, J. N. (1975). Doline Morphometry as a Morphogenetic Tool: New Zealand Examples. *New Zealand Geographer*, 31(1), 6–28. doi:10.1111/j.1745-7939.1975.tb00793.x
- Jennings, Joseph Newell. (1971). *Karst*. Australia: Australian National University Press.
- Kaçaroğlu, F., Değirmenci, M. ve Cerit, O. (1997). Karstification in Miocene gypsum: an example from Sivas, Turkey. *Environmental Geology*, 30(1–2), 88–97. doi:10.1007/s002540050136
- Kahraman, G. ve Erşahin, S. (2016). Jips: Özellikleri, çevresel davranışları ve toprak ıslah maddesi olarak kullanımı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 2(1–2), 45–53.
- Karacan, E. ve Yılmaz, I. (1997). Collapse dolines in miocene gypsum: an example from SW Sivas (Turkey). *Environmental Geology*, 29(3–4), 263–266. doi:10.1007/s002540050125
- Kemmerly, P. (1982). Spatial analysis of a karst depression population: clues to genesis. *Geological Society of America Bulletin*, 93(11), 1078–1086. doi:10.1130/0016-7606(1982)93<1078:SAOAKD>2.0.CO;2
- Kergaravat, C., Ribes, C., Callot, J. ve Ringenbach, J.-C. (2017). Tectono-stratigraphic evolution of salt-controlled minibasins in a fold and thrust belt, the Oligo-Miocene central Sivas Basin. *Journal of Structural Geology*, 102, 75–97. doi:10.1016/j.jsg.2017.07.007
- Kergaravat, C., Ribes, C., Legeay, E., Callot, J., Kavak, K. S. ve Ringenbach, J.-C. (2016). Minibasins and salt canopy in foreland fold-and-thrust belts: The central Sivas Basin, Turkey. *Tectonics*, 35(6), 1342–1366. doi:10.1002/2016TC004186
- Keskin, İ. (2011). *Jipslerde Dolinlerin Oluşum Mekanizmaları Açısından Süreksizlik Özelliklerinin Etkilerinin Araştırılması: KD Sivas Örneği*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Keskin, İ. ve Yılmaz, I. (2016). Morphometric and geological features of karstic depressions in gypsum (Sivas, Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 75(12), 1040. doi:10.1007/s12665-016-5845-5

- Klimchouk, A. (2013). Evolution of Intrastratal Karst and Caves in Gypsum. *Treatise on Geomorphology* içinde (C. 6, ss. 438–450). Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-374739-6.00123-8
- Klimchouk, A. ve Andrejchuk, V. (1996). Sulphate rocks as an arena for karst development. *International Journal of Speleology*, 25(3/4), 9–20. doi:10.5038/1827-806X.25.3.1
- Klimchouk, A., Forti, P. ve Cooper, A. (1996). Gypsum karst of the world: a brief overview. *International Journal of Speleology*, 25(3/4), 159–181. doi:10.5038/1827-806x.25.3.12
- 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. doi:10.19076/MTA.63941
- Legeay, E., Mohn, G., Callot, J., Ringenbach, J.-C., Ulianov, A. ve Kavak, K. S. (2019). The Pre- Obduction to Post- Obduction Evolution of the Sivas Ophiolite (Turkey) and Implications for the Precollisional History of Eastern Anatolia. *Tectonics*, 38(6), 2114–2141. doi:10.1029/2018TC005114
- Legeay, E., Pichat, A., Kergaravat, C., Ribes, C., Callot, J., Ringenbach, J.-C., ... Temiz, H. (2018). Geology of the Central Sivas Basin (Turkey). *Journal of Maps*, 15(2), 406–417. doi:10.1080/17445647.2018.1514539
- Melton, M. A. (1957). *An Analysis of the Relations Among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology*. New York.
- Mihevc, A. (1998). Dolines, their morphology and origin. Case study: Dolines from the Kras, West Slovecia (The Škojan karst). *Suplement Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 3(4), 69–74.
- Mokarram, M., Roshan, G. ve Negahban, S. (2015). Landform classification using topography position index (case study: salt dome of Korsia-Darab plain, Iran). *Modeling Earth Systems and Environment*, 1(4). doi:10.1007/s40808-015-0055-9
- Nazik, L. (1992). *Beyşehir Gölü Güneybatısı ile Kemboş Polyesi Arasının Karst Jeomorfolojisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü.
- Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin incelenmesi. *Jeomorfolojis Dergisi*, (14), 65–77.
- Nazik, L. ve Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 43–43. doi:10.17211/tcd.300414
- Özdemir, H. (2006). Taşkın Çalışmaları Açısından Topografik Haritalardan ve DEM'den Üretilmiş Akarsu Morfometrik Özelliklerin Karşılaştırılması. *1. Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli*, İstanbul.
- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel* içinde (ss. 507–526). Türk Coğrafya Kurumu Yayınları.
- Öztürk, M. Z. (2018a). Karstik Kapalı Depresyonların (Dolinlerin) Morfometrik

- Analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (April), 1–13. doi:10.26650/jgeog371149
- Öztürk, M. Z. (2018b). *Orta Toroslar'da Dolinlerin Dağılışı ve Morfometrik Özellikleri*. İstanbul: Kriter.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. ve Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17–27. doi:10.26650/JGEOG295515
- Öztürk, M. Z. ve Savran, A. (2020). An oasis in the Central Anatolian steppe: the ecology of a collapse doline. *Acta Biologica Turcica*, 32(2), 100–113.
- Öztürk, M. Z., Şener, M. F., Şener, M. ve Şimşek, M. (2018). Structural controls on distribution of dolines on Mount Anamas (Taurus Mountains, Turkey). *Geomorphology*, 317, 107–116. doi:10.1016/j.geomorph.2018.05.023
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F. ve Utlı, M. (2018). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77(14), 1–13. doi:10.1007/s12665-018-7717-7
- 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*, 0(65), 59–68. doi:10.17211/tcd.22648
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Utlı, M. ve Şener, M. F. (2017). Karstic depressions on Bolkar Mountain plateau, Central Taurus (Turkey): distribution characteristics and tectonic effect on orientation. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 26(4), 302–313. doi:10.3906/yer-1702-3
- Pahernik, M. (2012). Spatial Density of Dolines in the Croatian Territory. *Croatian Geographical Bulletin*, 74(02), 5–26. doi:10.21861/HGG.2012.74.02.01
- Pekcan, N. (1999). *Karst Jeomorfolojisi* (2. bs.). İstanbul: Filiz Kitapevi.
- Pichat, A., Hoareau, G., Callot, J., Legeay, E., Kavak, K. S., Révillon, S., ... Ringenbach, J.-C. (2018). Evidence of multiple evaporite recycling processes in a salt-tectonic context, Sivas Basin, Turkey. *Terra Nova*, 30(1), 40–49. doi:10.1111/ter.12306
- Poyraz, M., Öztürk, M. Z. ve Soykan, A. (2021). Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki (Sivas) Jipsler üzerindeki dolin yoğunluğunun CBS tabanlı analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2021(6), 67–80. doi:10.46453/jader.863090
- Poyraz, M., Taskın, S. ve Keles, K. (2011). Morphometric approach to geomorphologic characteristics of Zeytinli Stream basin. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (C.19,ss.322–330). Elsevier. doi:10.1016/j.sbspro.2011.05.138
- Sağdıç, M. ve Koç, H. (2012). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın iklimi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (58), 1–20. doi:10.17211/tcd.62593
- Sauro, U. (1991). A polygonal karst in Alte Murge (Puglia, southern Italy). *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 35(2), 207–223.
- Sauro, U. (2003). Dolines and Sinkholes: Aspects of Evolution and Problems of Classification. *Acta Carsologica*, 41–52.
- Sauro, U. (2013). Landforms of mountainous karst in the middle latitudes: Reflections, trends and research problems. *Acta Carsologica*, 42(1), 5–16.

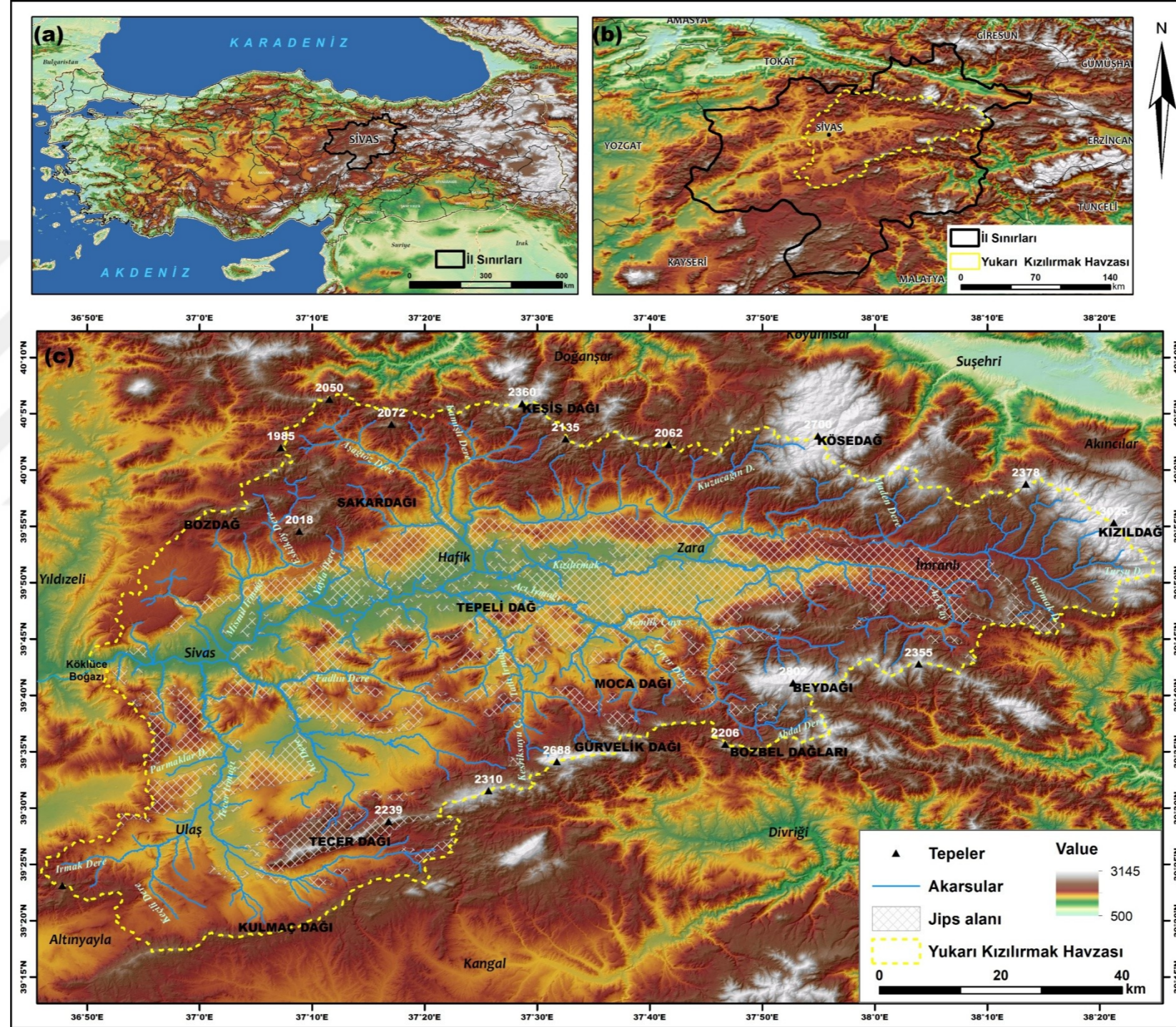
doi:10.3986/ac.v42i1.629

- Scheidegger, A. E. (1961). *Theoretical Geomorphology*. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Schmalz, R. F. (1969). Deep-Water Evaporite Deposition: A Genetic Model. *AAPG Bulletin*, 53(4), 798–823. doi:10.1306/5d25c7fd-16c1-11d7-8645000102c1865d
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society Of America Bulletin*, 67(5), 597–646. doi:10.1130/0016-7606(1956)67
- Şener, M. F. ve Öztürk, M. Z. (2018). 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. doi:10.4311/2018ES0111
- Shroder, J. F. (2013). *Treatise on Geomorphology*. Amsterdam: Elsevier.
- Şimşek, M. (2018). *Geyik Dağı Kütlesi'nde (Orta Toroslar) Karstik Depresyonların Dağılışı ve Bu Dağılışa Etki Eden Faktörler*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z. ve Turoğlu, H. (2019). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotekronik önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 72, 13–20. doi:10.17211/tcd.501724
- Şimşek, M., Utlu, M., Poyraz, M. ve Öztürk, M. Z. (2019). Geyik Dağı Kütlesinin Yüzey Karstı Jeomorfolojisi ve Kütle Üzerindeki Karst-Buzul Jeomorfolojisi İlişkisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 28(2), 97–110.
- Strahler, A. N. (1952a). Dynamic Basis of Geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63(11), 1117–1142. doi:10.1130/0016-7606(1952)63
- Strahler, A. N. (1952b). Hypsometric (area-altitude curve) analysis analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63(11), 1117–1142. doi:10.1130/0016-7606(1952)63
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38(6), 913–920.
- Sümengen, M. (2013a). *Tokat - H 38 Paftası*. MTA, Ankara.
- Sümengen, M. (2013b). *Giresun H - 40 Paftası*. MTA, Ankara.
- Tekin, E. (2001). Stratigraphy, Geochemistry and Depositional Environment of the Celestine-bearing Gypsiferous Formations of the Tertiary Ulaş-Sivas Basin, East-Central Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10(1), 35–49.
- Telbisz, T., Dragušica, H. 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. doi:10.21861/hgg.2009.71.02.01
- Temiz, H. (1994). *Sivas Tersiyer Havzası'nın Kemah (Erzincan) ve Hafik (Sivas) yörelerindeki tektonostratigrafisi ve tektonik deformasyon biçimi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Temiz, H. (1996). Tectonostratigraphy and Thrust Tectonics of the Central and Eastern

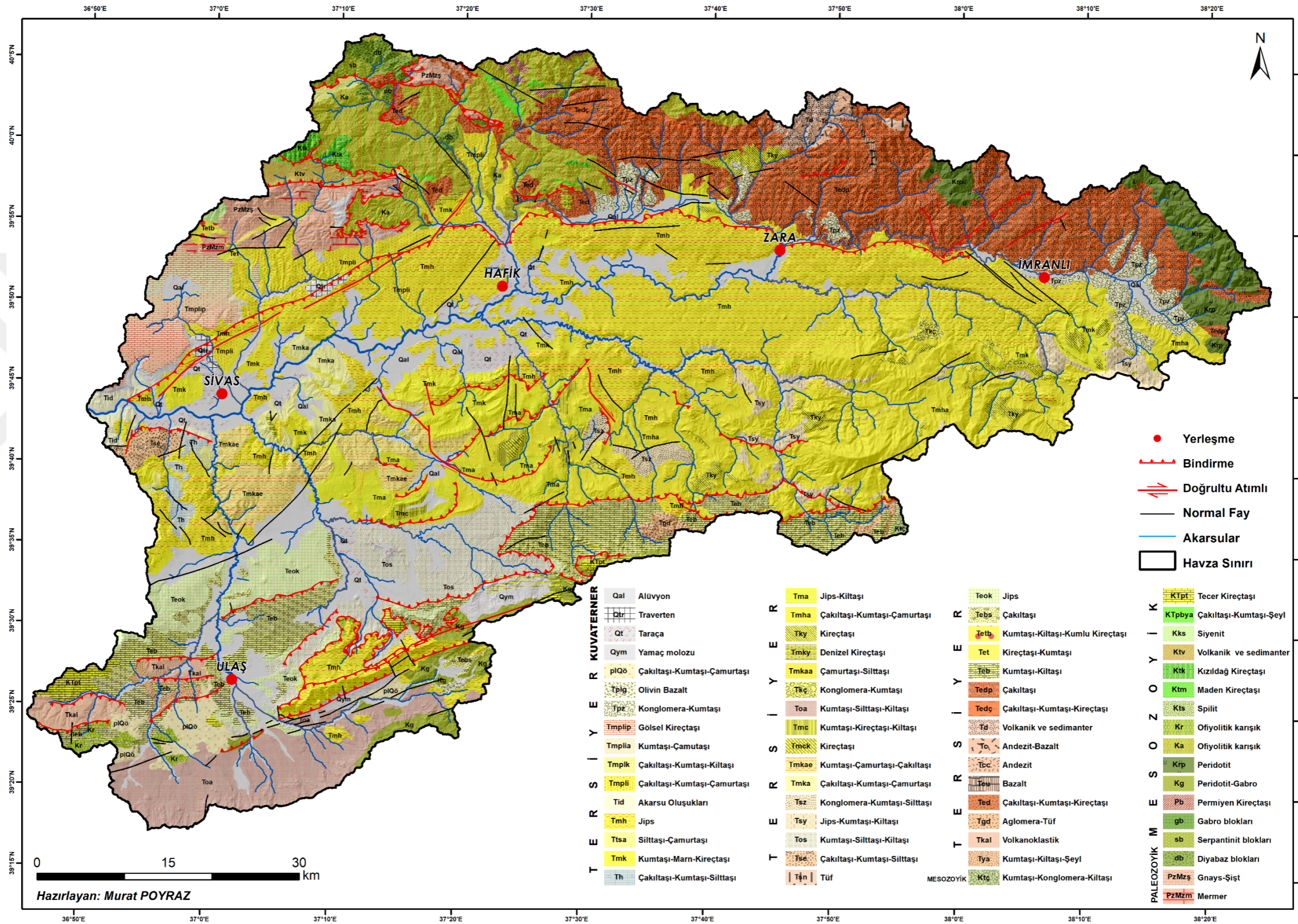
- Parts of the Sivas Tertiary Basin, Turkey. *International Geology Review*, 38(10), 957–971. doi:10.1080/00206819709465374
- Tunçdilek, N. (1969). Türkiye eğim haritası. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları*.
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (32), 355–364. doi:10.17211/tcd.28833
- Turoğlu, H. ve Aykut, T. (2019). Ergene Nehri Havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (2), 1–15.
- Tütüncü, K. ve Aktimur, H. T. (1988). *Divriği F 25 (İ39) Paftası*. MTA, Ankara.
- Utlu, M. ve Özdemir, H. (2018). Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36, 49–62. doi:10.26650/JGEOG408101
- van Hinsbergen, D. J. J., Maffione, M., Plunder, A., Kaymakcı, N., Ganerød, M., Hendriks, B. W. H., ... Vissers, R. L. M. (2016). Tectonic evolution and paleogeography of the Kırşehir Block and the Central Anatolian Ophiolites, Turkey. *Tectonics*, 35(4), 983–1014. doi:10.1002/2015TC004018
- Veress, M. (2017). Solution Doline development on Glaciokarst in alpine and Dinaric areas. *Earth-Science Reviews*, 173(August), 31–48. doi:10.1016/j.earscirev.2017.08.006
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development*. Amsterdam: Elsevier.
- Waltham, T. (2002). Gypsum karst near Sivas, Turkey. *Cave and Karst Science*, 29.
- Williams, P. W. (1972). Morphometric Analysis of Polygonal Karst in New Guinea. *Geological Society Of America Bulletin*, 83(March), 761–796.
- Yalçınlar, İ. (1997). Sivas çevresinin strüktürel jeomorfolojisi üzerine. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 6.
- Yılmaz, A., Sümengen, M., Terlemez, İ. ve Bilgiç, T. (1989). *Sivas - G 23 (J37) Paftası*. MTA, Ankara.
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Ağan, A., Göç, D. ve Aydın, N. (1997). *Sivas - F 23 (İ37) Paftası*. MTA, Ankara.
- 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. doi: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. doi:10.1016/J.ENGGEOL.2006.12.004
- Yılmaz, Işık, Marschalko, M. ve Bednarik, M. (2011). Gypsum collapse hazards and importance of hazard mapping. *Carbonates Evaporites*, 26, 193–209. doi:10.1007/s13146-011-0055-4

EKLER

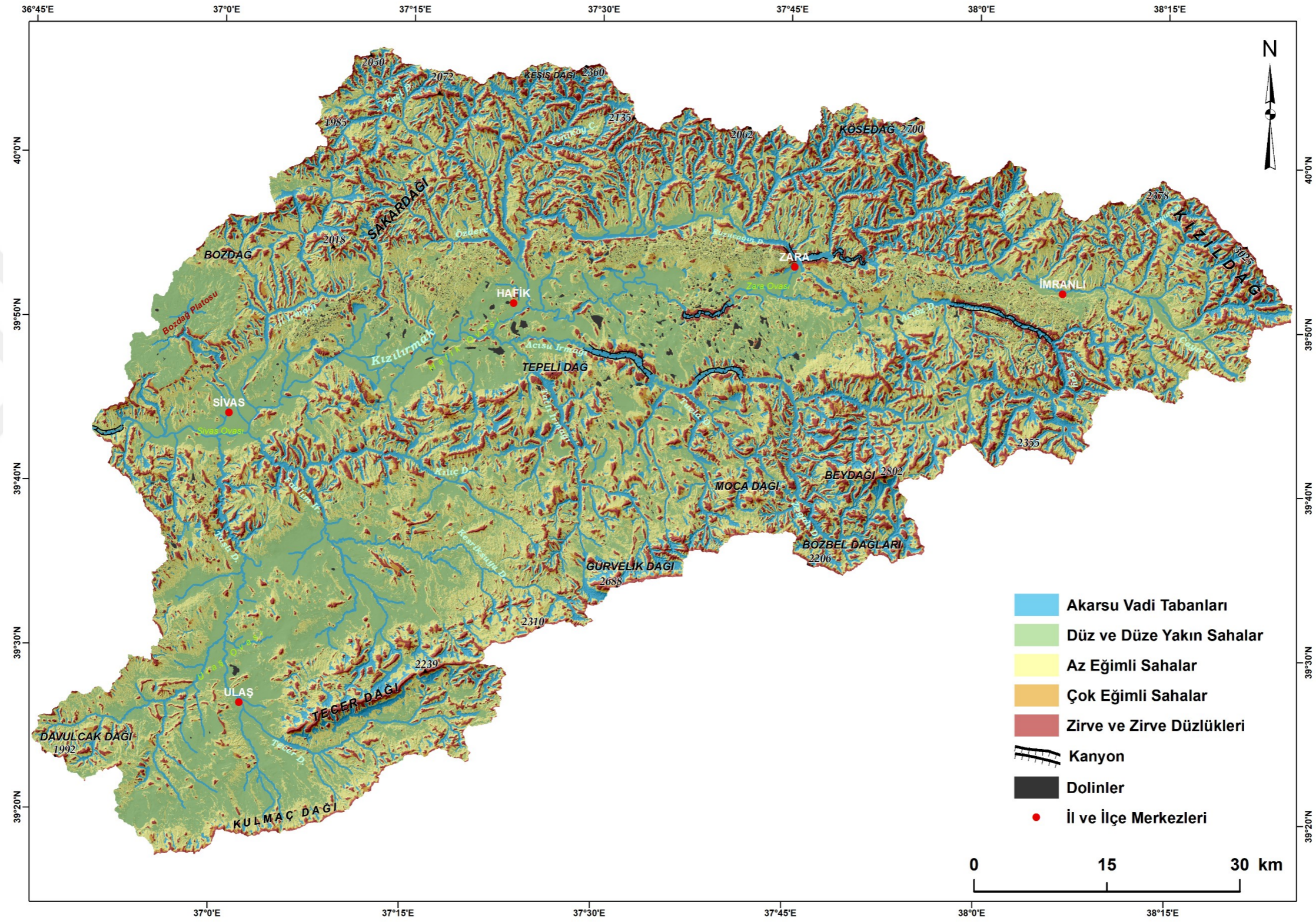
EK-1



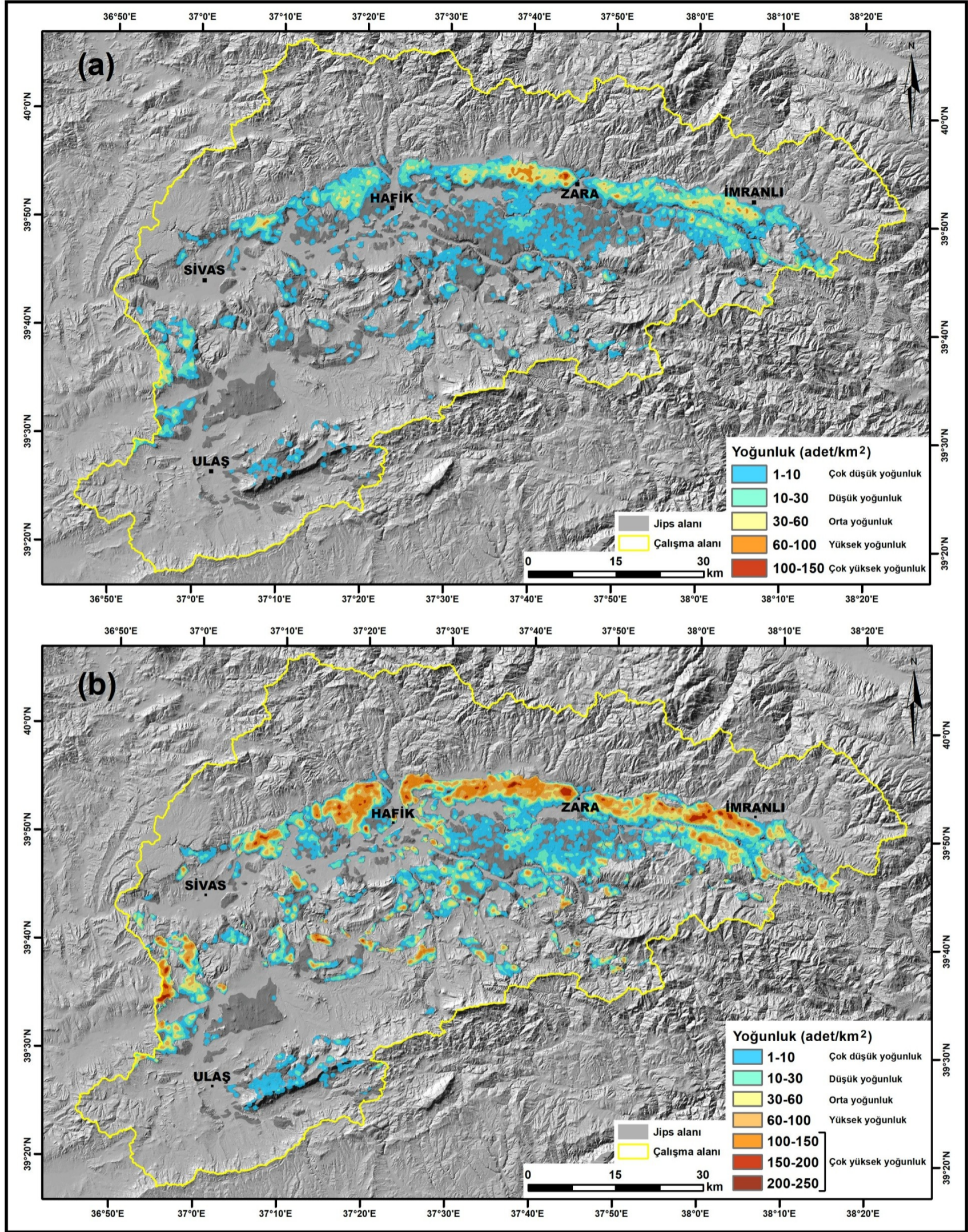
Şekil 2: Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası



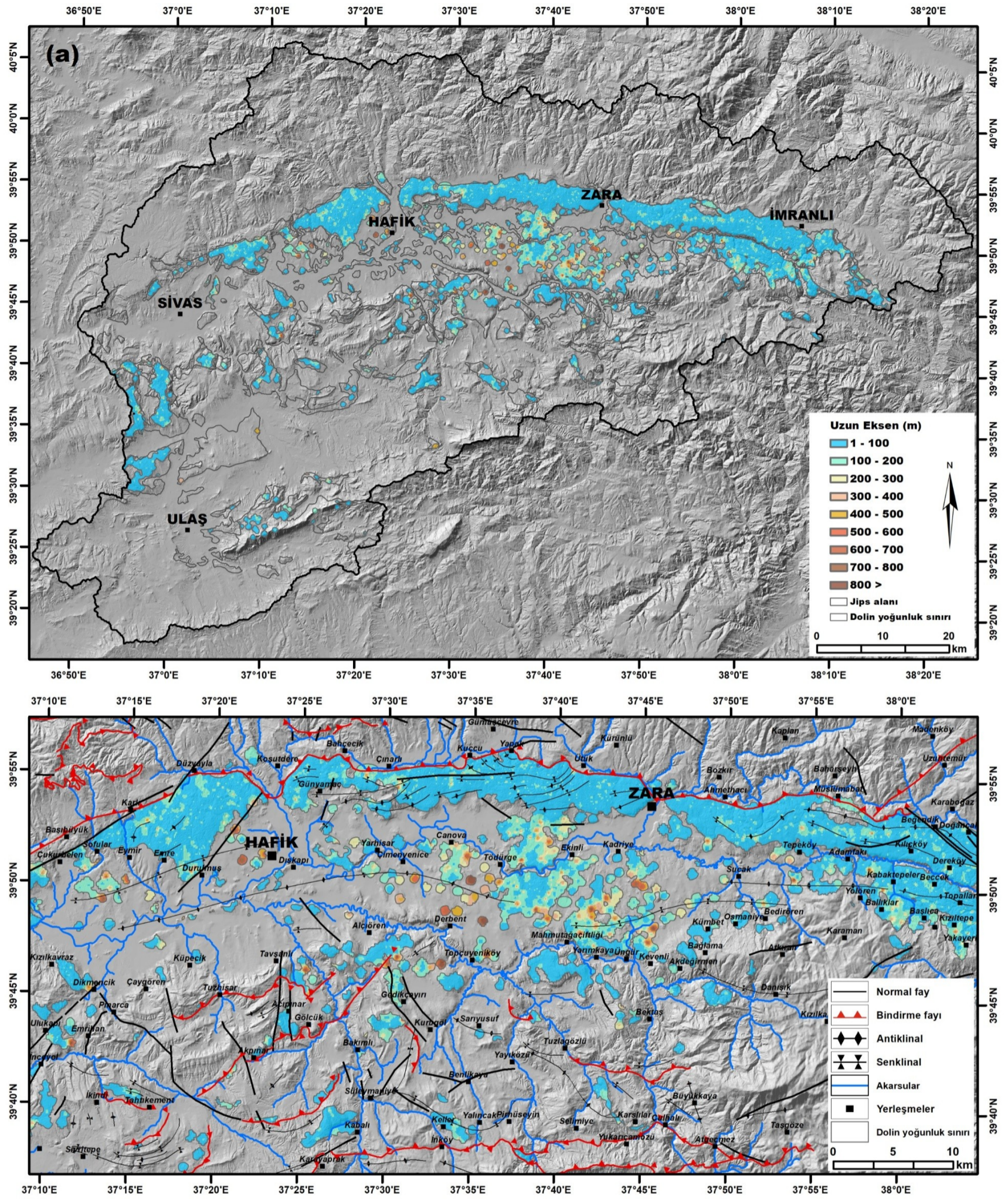
Şekil 14: Çalışma Alanına Ait Ayrıntılı Jeoloji Haritası (MTA 1/100.000 jeoloji haritalarından düzenlenerek.)



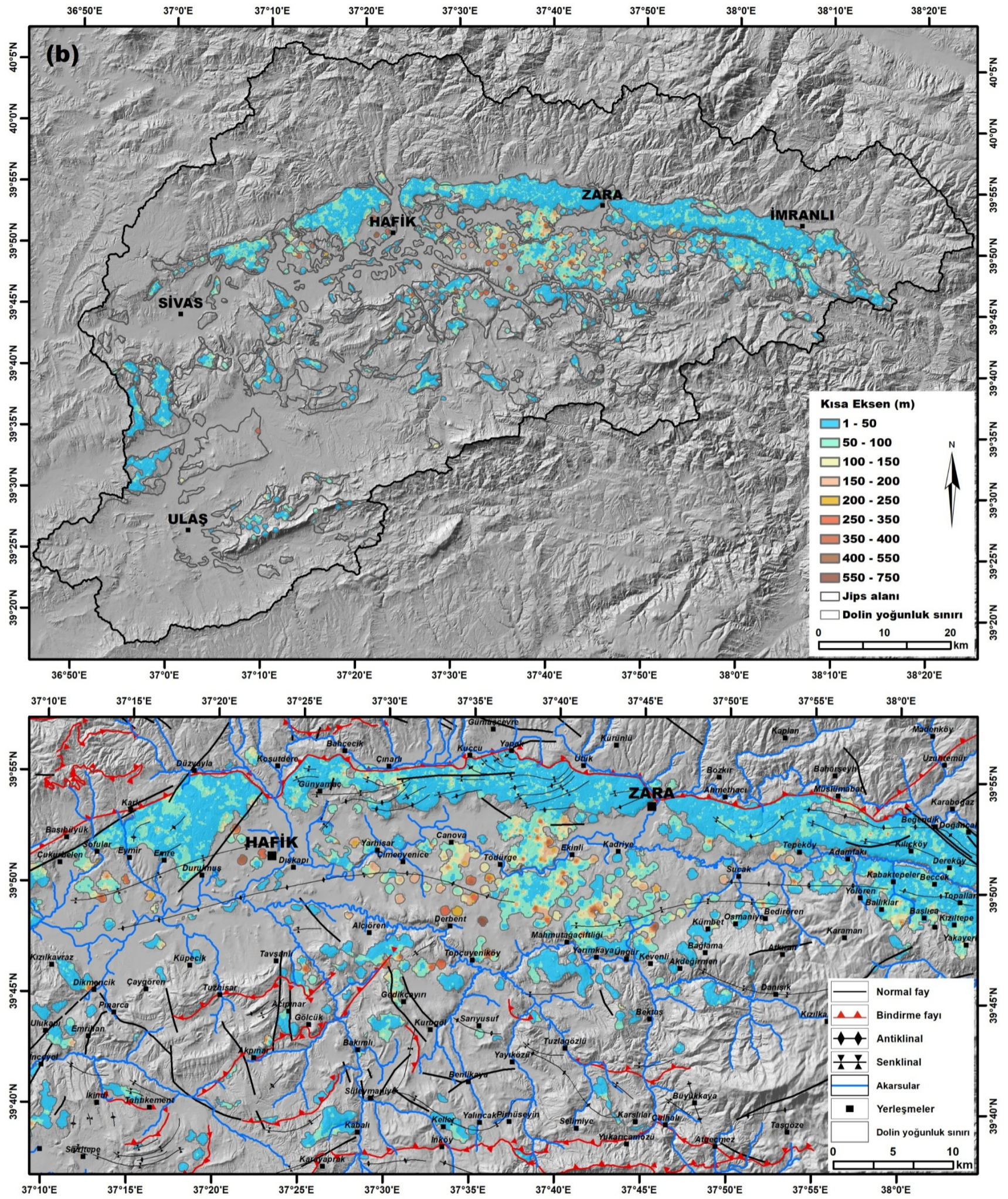
Şekil 27: Yukarı Kızılırmak Havzası'nın TPI Yöntemine Göre Elde Edilen Arazi Şekillerinin Dağılışı.



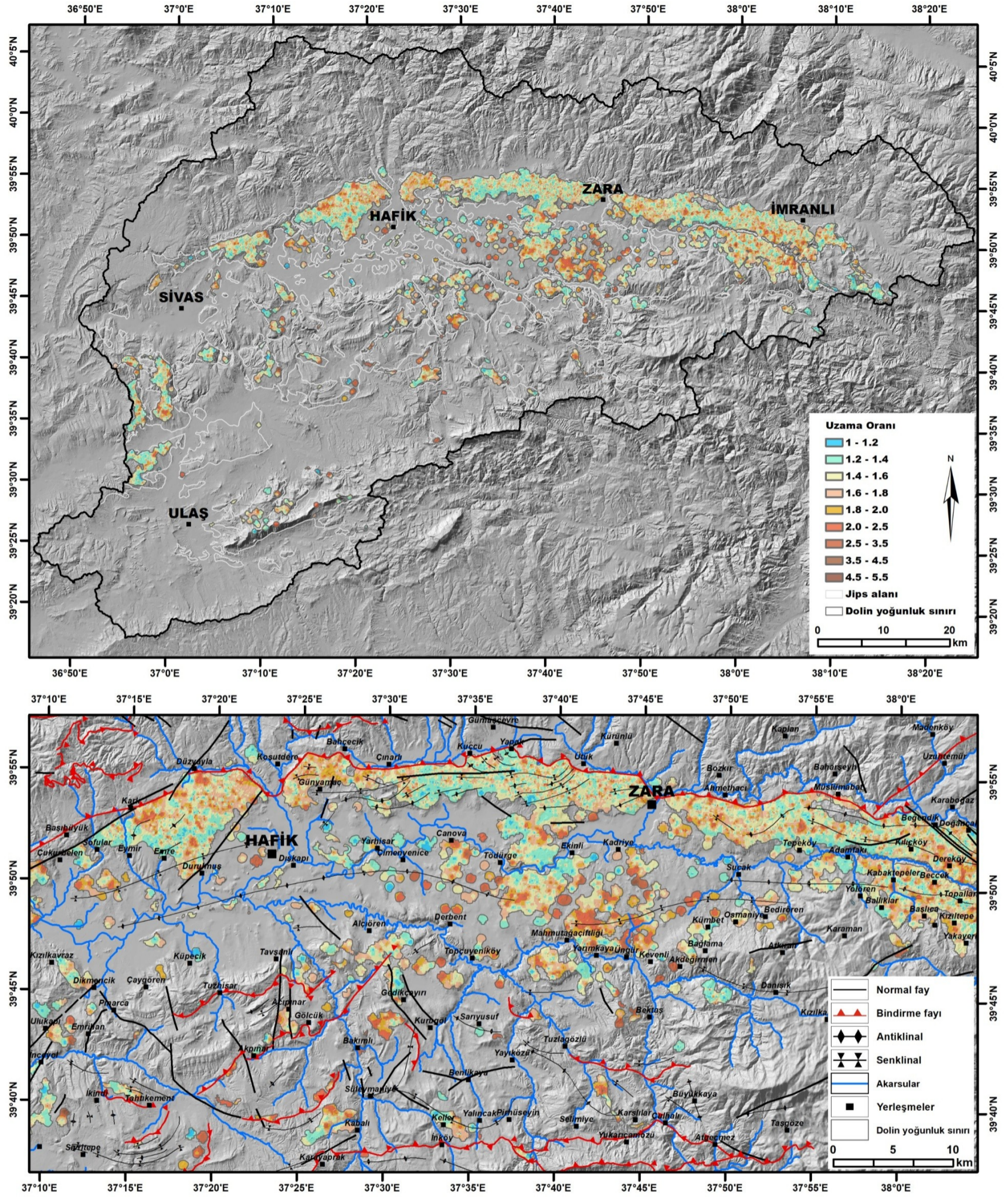
Şekil 50: (a) 1/25.000 Ölçekli Topografya Haritaları ve (b) 1/3000-1/5000 Ölçekli Uydu Görüntülerine Göre Dolin Yoğunluklarının Dağılım Haritaları



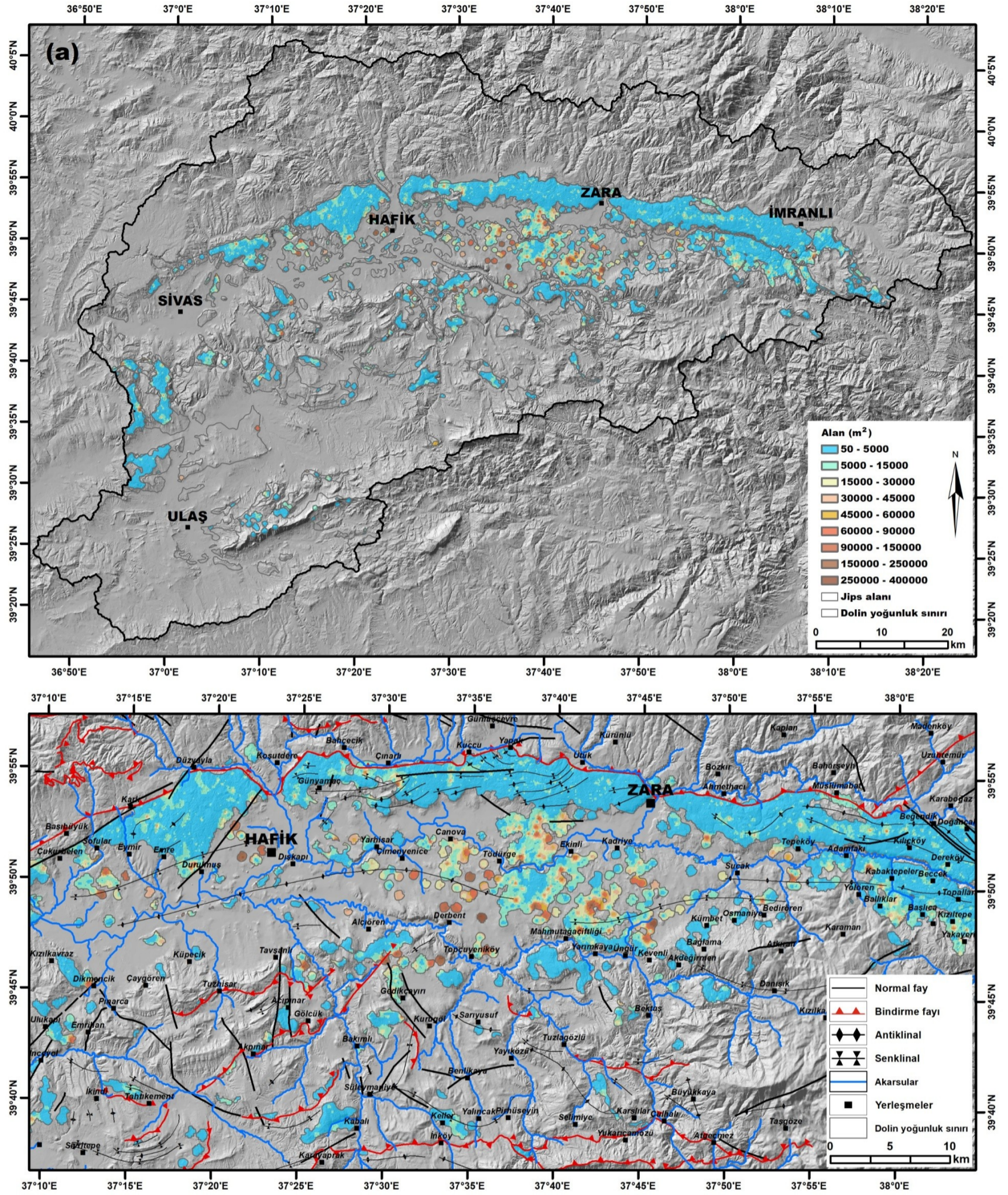
Şekil 57 a: Dolinlerin Uzun Eksen Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı.



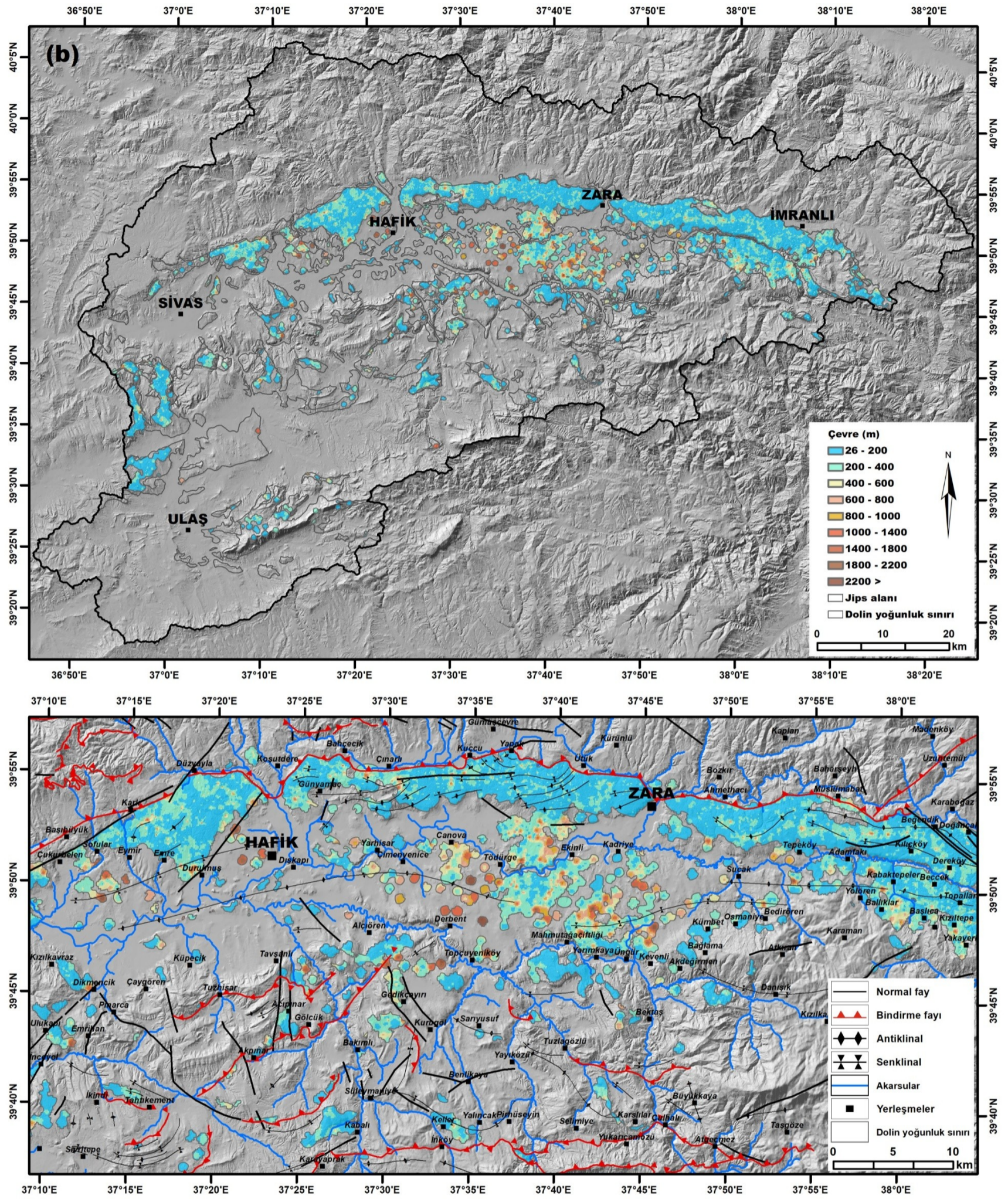
Şekil 57 b: Dolinlerin Kısa Eksen Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı.



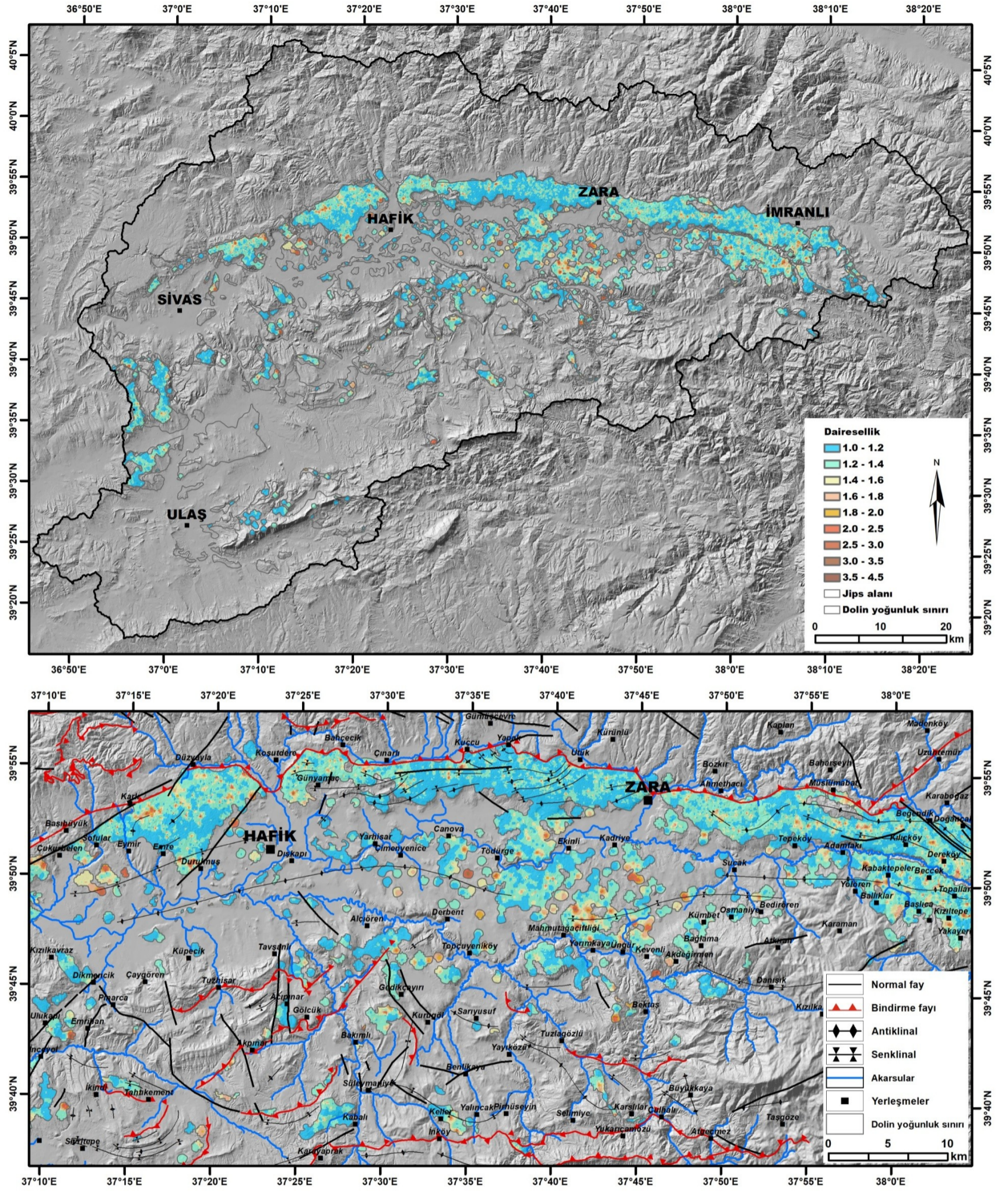
Şekil 59: Uzama Oranı Değerlerinin Kütle Üzerindeki Dağılımının Genel Görünümü (üstte) ve Yakınlaştırılmış Görünümü (altta)



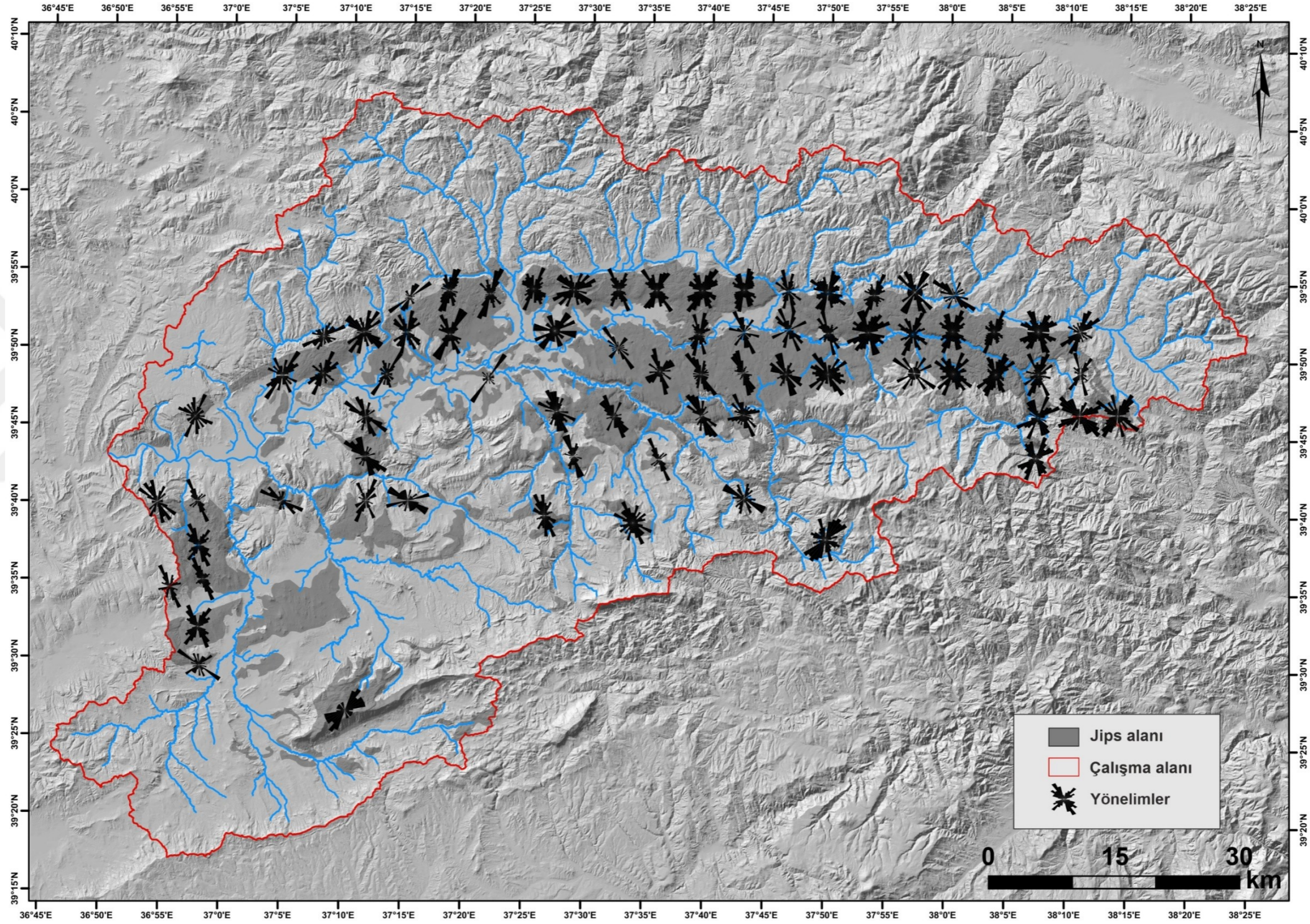
Şekil 63 a: Dolinlerin Alan Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı.



Şekil 63 b: Dolinlerin Çevre Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı.



Şekil 64: Dairesellik İndisi Değerlerinin Kütle Üzerinde Dağılışı.



Şekil 66: Çalışma Alanındaki 2.5x2.5 km'lik Gridler İçerisinde Kalan Dolinlerin Uzun Eksenlerinin Yönelimlerine Ait Gül Diyagramlarının Alansal Dağılışı.