

**T.C.**  
**KARABÜK ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**COĞRAFYA ANA BİLİM DALI**

**KARABÜK VE SAFRANBOLU HAVZASININ KARST**  
**JEOMORFOLOJİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan**  
**Yunus Emre TAN**

**Tez Danışmanı**  
**Prof. Dr. Mücahit COŞKUN**

**Karabük**  
**Temmuz-2019**

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	1
TEZ ONAY SAYFASI .....	4
DOĞRULUK BEYANI .....	5
ÖNSÖZ .....	6
ÖZ .....	7
ABSTRACT .....	10
ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ .....	13
ARCHIVE RECORD INFORMATION .....	14
KISALTMALAR .....	15
GİRİŞ .....	17
ARAŞTIRMANIN KONUSU .....	19
ARAŞTIRMANIN AMACI VE ALT AMAÇLARI .....	22
ARAŞTIRMANIN GEREKÇESİ, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI .....	23
ARAŞTIRMANIN MATERYALİ VE YÖNTEMİ .....	24
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	27
BİRİNCİ BÖLÜM .....	31
1. KARABÜK VE SAFRANBOLU HAVZASININ GENEL FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ .....	31
1.1. Jeolojik Özellikler .....	31
1.1.1. Lito-Stratigrafik Özellikler .....	41
1.1.2. Tektonik Özellikler .....	46
1.1.3. Jeolojik Gelişim .....	48
1.2. Jeomorfolojik Özellikler .....	52
1.3. İklim Özellikleri .....	67
1.4. Hidrografik Özellikler .....	90
1.5. Toprak Özellikleri .....	95
1.6. Bitki Örtüsü Özellikleri .....	99
İKİNCİ BÖLÜM .....	105
2. KARABÜK VE SAFRANBOLU HAVZASININ KARST JEOMORFOLOJİSİ .....	105

<b>2.1. Karstlaşma Üzerinde Etkili Olan Faktörler</b> .....	<b>105</b>
<b>2.1.1. Yapısal (Strüktürel) Faktörler</b> .....	<b>105</b>
2.1.1.1. Litolojik Özelliklerin Karstlaşmaya Etkisi .....	106
2.1.1.2. Tektonik Özelliklerin Karstlaşmaya Etkisi.....	116
<b>2.1.2. Topografik Faktörler</b> .....	<b>119</b>
2.1.2.1. Yükselti, Eğim ve Bakı Şartlarının Karstlaşmaya Etkisi .....	119
2.1.2.2. Arazinin Yarıлма Derecesinin Karstlaşmaya Etkisi.....	127
2.1.2.3. Taban Seviyesi ve Değişiminin Karstlaşmaya Etkisi .....	129
<b>2.1.3. İklim Faktörü</b> .....	<b>132</b>
<b>2.1.4. Hidrografik Faktörler</b> .....	<b>138</b>
<b>2.1.5. Toprak ve Bitki Örtüsü Faktörü</b> .....	<b>142</b>
<b>2.1.6. Zaman Faktörü</b> .....	<b>145</b>
<b>2.2. Karstik Şekiller</b> .....	<b>147</b>
<b>2.2.1. Karstik Çözünme Şekilleri</b> .....	<b>147</b>
2.2.1.1. Lapyalar .....	148
2.2.1.2. Dolinler .....	151
2.2.1.3. Uvalalar .....	153
2.2.1.4. Polyeler .....	162
2.2.1.5. Karstik Vadi Sistemleri.....	168
2.2.1.6. Doğal Köprüler.....	179
2.2.1.7. Mağaralar.....	180
<b>2.2.2. Karstik Çökelme Şekilleri</b> .....	<b>193</b>
2.2.2.1. Traverten.....	193
2.2.2.2. Sarkıtlar, Dikitler ve Sütunlar.....	196
2.2.2.3. Terra-Rossa .....	199
<b>2.3. Karst Sınıflandırmaları</b> .....	<b>200</b>
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM</b> .....	<b>202</b>
<b>3. XRF ANALİZLERİ</b> .....	<b>202</b>
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM</b> .....	<b>214</b>
<b>4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER</b> .....	<b>214</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>221</b>
<b>HARİTALAR LİSTESİ</b> .....	<b>229</b>
<b>GRAFİKLER LİSTESİ</b> .....	<b>230</b>

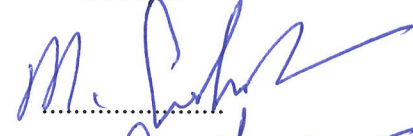
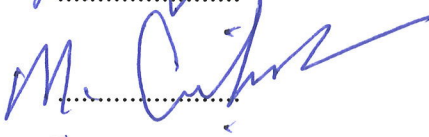
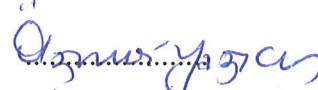

<b>TABLÖLAR LİSTESİ .....</b>	<b>231</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ .....</b>	<b>232</b>
<b>FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....</b>	<b>233</b>
<b>GÖRSELLER LİSTESİ.....</b>	<b>236</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>237</b>



## TEZ ONAY SAYFASI

### Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Yunus Emre TAN'a ait "Karabük ve Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi" adlı bu tez çalışması Tez Kurulumuz tarafından Tezli Yüksek Lisans programı tezi olarak oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

	Akademik Unvanı, Adı ve Soyadı	İmzası
Tez Kurulu Başkanı	: Prof. Dr. Mücahit COŞKUN	
Danışman Üye	: Prof. Dr. Mücahit COŞKUN	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Öznur YAZICI	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi İter Kutlu Hatipoğlu	

Tez Sınavı Tarihi: 01/07/2019

## DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı herhangi bir yola tevessül etmeden yazdığımı, araştırmamı yaparken hangi tür alıntıların intihal kusuru sayılacağını bildiğimi, intihal kusuru sayılabilecek herhangi bir bölüme araştırmamda yer vermediğimi, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserlere metin içerisinde uygun şekilde atıf yaptığımı beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak ahlaki ve hukuki tüm sonuçlara katlanmayı kabul ederim.

Adı Soyadı: Yunus Emre TAN

İmza: 

## ÖNSÖZ

‘**Karabük ve Safranbolu Havzasında Karst Jeomorfolojisi**’ adlı yüksek lisans tez çalışmasında çalışma sahasının karst morfolojisi hakkında bir araştırma yapılmıştır.

Yapılan bu çalışma dört farklı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde havzanın genel fiziki coğrafya özelliklerinden bahsedilirken, ikinci bölümde havzanın karst jeomorfolojisi konusu ele alınmıştır. Üçüncü bölümde çalışma sahası içerisinde alınan kayaç numunelerinin XRF analizi sonucunda elde edilen laboratuvar analizinden bahsedilirken, dördüncü yani son bölümde ise tartışma, sonuç ve önerilerden bahsedilerek çalışma tamamlanmıştır.

Çalışmanın başından sonuna kadar her safhada bilgisinden yararlandığım ve üzerimde çok emeği olan danışmanım Prof. Dr. Mücahit COŞKUN’a, lisans ve yüksek lisans dönemlerimde her zaman etkin bilgilerinden yararlandığım rahmetli hocam Ersin GÜNGÖRDÜ’ye, Coğrafya macerama atıldığım günden beri bizlere emek veren Karabük Üniversitesi Coğrafya Bölümü hocalarından, Dr. Öğr. Üyesi Öznur YAZICI, Prof. Dr. Fatih AYDIN, Dr. Öğr. Üyesi Ashfaq Ahmad KHAN, Prof. Dr. Ünal ÖZDEMİR, Prof. Dr. h.c. İbrahim ATALAY, Doç. Dr. Osman ÇEPNİ, Doç Dr. Güzin KANTÜRK YİĞİT, XRF analizi boyunca yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Savaş AĞDUK’a, teşekkür ederim.

Üniversite hayatımda yanımda olan arkadaşlarım Muhammet ÖZTEKİNCİ, Hüsameddin ECE, Selman ORHAN, Sıracettin GÖZALAN, Ferhat TOPRAK’a, teknik konularda yardımlarını esirgemeyen Enes TAŞOĞLU ve Yusuf İÇEL’e, maddi manevi her zaman yanımda olan abim, kardeşim Ahmet Emir, babam, biricik anneme ve tüm ruh hallerime katlanan biricik eşim Meltem’e sonsuz şükranlarımı sunarım.

**Yunus Emre TAN**

Karabük, 2019

## ÖZ

Çalışma sahası olan Karabük-Safranbolu Havzası, Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinden biri olan Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde yer almaktadır. İnceleme sahasının kuzey sınırını Çakıllı Dağı, Sarıçiçek Dağı, Sarıyer Dağı, Deli Dağı ve Çakmak Dağı oluşturmaktadır. Doğu sınırını Kara Dere mevkii, güney sınırını Kıraç Dağı, Sivri Dağ ve Çaldağı'ndan geçen hat meydana getirmektedir. Batıdan ise Şimşir Dere, İrsaksivrisi Dağı ve Gavuryatağı Dağı sınırlandırmaktadır.

Karabük-Safranbolu Havzası'nda meydana gelen karstik şekiller ile sahanın karstlaşma şartlarını; jeolojik, jeomorfolojik, iklim, hidrografik, toprak, bitki örtüsü özelliklerini ilişkilendirerek değerlendirmek tezin amacını oluşturmaktadır. Çalışma sahası için karst jeomorfolojisi hakkında ilk kez çalışılması, hem yerel ölçekte hem de Karadeniz Bölgesi ve Batı Karadeniz Bölümü için, jeomorfoloji ve özellikle karst jeomorfolojisi hakkında yeni bilgiler kazandıracak olması konuyu önemli kılmaktadır.

Araştırmada, farklı parametrelerin kullanılması yöntemin karma araştırma modelinde olmasını sağlamıştır. Araziye ait verilerin haritalanmasında ArcGIS v10.5 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları kullanılmıştır. Lazermetre ile kanyonların genişliği ve derinliği ölçülmüştür. Çalışma sahasından toplanan örneklerin jeolog çekici yardımıyla ufak boyutlara ayrılması, yıkanması ve kurutulması, öğütme makinesi sayesinde toz kıvamına getirilmesi ile birlikte, XRF yöntemli analiz uygulanmıştır.

Çalışma sahasının öncelikle genel fiziki coğrafya özellikleri belirlenmiş, daha sonra karst morfolojisinden bahsedilmiştir. Çalışma sahasında doğal ortam şartlarının kısa mesafelerde değişmesi özgün yer şekillerinin oluşmasına katkı sağlamıştır. Araştırma sahasının lito-stratigrafik özellikleri ve jeolojik zamanlar boyunca geçirdiği tektonik hareketler, sahada karmaşık bir yapı meydana getirmektedir. Karabük-Safranbolu Havzası'nda yükselti değerlerinin kısa mesafelerde farklılık göstermesi, çeşitli iklim koşullarının görülmesine sebep olmaktadır. Çalışma sahasının kuzeyinde denizel etkinin daha fazla hissedilmesinden dolayı bu bölgede Karadeniz iklimi hâkim olup, Küre ve Bolu Dağları, Karadeniz etkisinin iç kesimlere sokulmasını engellemektedir. Denizel etkinin sokulamadığı araştırma alanının güney kesiminde karasal iklimin etkileri görülmektedir. Araç ve Soğanlı havzalarının alçak kesimlerinde ise yaz mevsimi sıcak ve kurak geçmektedir. Bu da Akdeniz iklim koşullarına sebep



olmakta ve bunun sonucunda havzaların alçak kesimlerinde maki türü yayılış göstermektedir.

Karabük-Safranbolu Havzası, farklı jeolojik devirlerde meydana gelmiş çözünebilir kayaçlardan daha çok kireçtaşlarının bulunduğu bir sahadır. Bu havzada karst jeomorfolojisinin varlığı ve buna bağlı olarak oluşan çözünme ve çökeltme şekillerinin dağılışının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sahasında karstlaşma üzerinde etkili olan faktörler değerlendirilmiş ve karstlaşma seviyesini etkileyen kayaç yapısı XRF analizleri sonucunda belirlenmiştir. Analizlerde görüldüğü gibi, araştırma alanında farklı minerolojik özellikler gösteren kireçtaşları yer almaktadır. Mesozoik yaşlı kireçtaşlarının dışında Tersiyer yaşlı kireçtaşları da bulunmaktadır. Tersiyerin alt dönemi olan Paleojen yaşlı kireçtaşları daha çok organojen özellik taşımaktadır. Bu durum çalışma sahasında litolojik zenginliği sağlamaktadır.

Genel olarak sığ karst özelliği gösteren havzada, faylanma sonucu zengin mağara sistemi meydana gelmiştir. Sığ özelliğin oluşmasında killi kireçtaşlarının varlığı çok etkili olmuştur. Toros kuşağında görülen zengin karstik oluşumlara karşın, Karabük-Safranbolu Havzası'nda karstik zenginlik nispeten azdır. Bu durumun sebepleri ise kayaç yapısının XRF analizlerinde görüldüğü gibi saf kalsit mineralinden oluşmaması, özellikle plato sahasında arazinin yatay yapılı olması, sahanın killi yapıda olması ve bitki örtüsünün sık bir örtü oluşturarak çözünmenin seyrini negatif yönde etkilemesi olarak sıralanabilir.

Araştırma sahasında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgulara göre; sahada karstlaşmanın seyri yavaş bir şekilde ilerlemekte, yüksek kesimlerde artan yağış etkisiyle lapyra, dolin, uvala ve polyelere sınırlı olsa rastlanmaktadır. Mağara oluşumu ile mağara içerisinde meydana gelmiş sarkıt, dikit ve sütun oluşumları da burada görülmektedir. Alçak sahalarda ise daha çok flüvyal etkiyle kanyon oluşumları öne çıkmaktadır. Karabük-Safranbolu Havzası'nın doğu kesiminde flüvyal etkiyle meydana gelen kanyonlarla zengin karstlaşma göze çarparken, batı kesiminde ise yükseltinin artmasıyla birlikte yağışın fazlalaşmasına rağmen eğimin etkisiyle karstlaşmada negatif bir etki söz konusudur.

Karstlaşmada çalışma sahası için farklı sınıflandırmalar yapılmaktadır. Karabük-Safranbolu Havzası'nda görülen karstlaşma toprak örtülü karst ve geçiş karstı sınıfına girmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karst, Karstlaşma, Karabük-Safranbolu Havzası, XRF, Mağara.



## ABSTRACT

The study area is Karabük-Safranbolu Basin, one of Turkey's seven geographical regions located in the Black Sea Region, Department of Western Black Sea. The northern boundary of the study area consists of Çakıllı Mountain, Sarıçiçek Mountain, Sarıyer Mountain, Deli Mountain and Çakmak Mountain. The eastern border is the Kara Dere locality, the southern border is Kiraç Mountain, Sivri Mountain and the line that passes through Çaldağı. From the west, Şimşir Dere, İrsaksivrisi Mountain and Gavuryatağı Mountain are bordered.

The karstic shapes occurring in the Karabük-Safranbolu Basin and the karstification conditions of the site; The aim of the thesis is to evaluate by associating geological, geomorphological, climate, hydrographic, soil, vegetation characteristics. The first study of karst geomorphology for the study area, both locally and for the Black Sea Region and Western Black Sea Division, will provide new information about geomorphology and especially karst geomorphology.

In the research, using different parameters enabled the method to be a mixed research model. ArcGIS v10.5 Geographic Information System (GIS) software was used for mapping the land data. The width and depth of the canyons were measured with a laser meter. The samples collected from the study area were separated into small dimensions with the help of geologist hammer, washed and dried, and powdered by grinding machine and XRF method was applied.

General physical geography characteristics of the study area were first determined and then karst morphology was mentioned. The change in the natural environment conditions at short distances in the study area contributed to the formation of original ground shapes. The litho-stratigraphic characteristics of the research area and the tectonic movements during geological times create a complex structure in the area. In Karabük-Safranbolu Basin, the elevation values vary in short distances, causing various climatic conditions to be seen. The Black Sea climate prevails in this region due to the greater impact of the marine impact on the north of the study area, and the Küre and Bolu Mountains prevent the introduction of the Black Sea influence into the inland areas. In the southern part of the research area where marine impacts cannot be introduced, the effects of terrestrial climate are seen. In the low sections of the vehicle and Soğanlı basins, the summer season is hot and dry. This causes

Mediterranean climatic conditions and as a result of this, maquis type is distributed in the lower parts of the basins.

Karabük-Safranbolu Basin is a site where more limestones are found than dissolvable rocks formed in different geological periods. The purpose of this study is to determine the presence of karst geomorphology in the basin and the distribution of dissolution and precipitation patterns.

The factors affecting karstification in the study area were evaluated and the rock structure affecting the karstification level was determined by XRF analysis. As can be seen in the analyzes, limestones with different mineralogical properties are present in the research area. In addition to the Mesozoic limestones, there are also Tertiary limestones. Paleogene aged limestones, which are the lower period of the Tertiary, have more organogenic features. This provides lithological richness in the study area.

In general, shallow karst features a rich cave system as a result of faulting. The presence of clayey limestones was very effective in the formation of shallow property. Despite the rich karstic formations in the Taurus belt, karstic richness in Karabük-Safranbolu Basin is relatively low. The reasons for this situation can be listed as the fact that the rock structure does not consist of pure calcite mineral as seen in XRF analysis, especially the land in the plateau area, the land is clayey and the vegetation forms a frequent cover and negatively affects the course of dissolution.

According to the findings obtained as a result of the studies conducted in the research area; The course of karstification progresses slowly in the field, with the effect of increasing precipitation in the high parts of the lapia, doline, uvala and polyeles are encountered, albeit limited. Cave formation and stalactites, stalagmites and columns formed in the cave are also seen here. In low areas, canyon formations come to the fore with more fluvial effect. In the eastern part of the Karabük-Safranbolu Basin, rich karstification is observed with the canyons formed by the fluvial effect, while in the western part there is a negative effect in karstification due to the inclination despite the increase in precipitation with the increase of the elevation.

In the karstification, different classifications are made for the study area. Karstification in Karabük-Safranbolu Basin is classified as soil covered karst and transitional karst.

**Keywords:** Karst, Karstification, Karabük-Safranbolu Basin, XRF, Cave.



## ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ

<b>Tezin Adı</b>	Karabük ve Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi
<b>Tezin Yazarı</b>	Yunus Emre TAN
<b>Tezin Danışmanı</b>	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
<b>Tezin Derecesi</b>	Yüksek Lisans
<b>Tezin Tarihi</b>	01/07/2019
<b>Tezin Alanı</b>	Coğrafya (Fiziki Coğrafya)
<b>Tezin Yeri</b>	KBU SBE / KARABÜK
<b>Tezin Sayfa Sayısı</b>	237
<b>Anahtar Kelimeler</b>	Karst, Karstlaşma, Karabük-Safranbolu Havzası, XRF Analizi, Mağaralar.

## ARCHIVE RECORD INFORMATION

<b>Name of the Thesis</b>	Karst Geomorphology of Karabük and Safranbolu Basin
<b>Author of the Thesis</b>	Yunus Emre TAN
<b>Advisor of the Thesis</b>	Prof. Dr. Mücahit COŞKUN
<b>Status of the Thesis</b>	Master
<b>Date of the Thesis</b>	01/07/2019
<b>Field of the Thesis</b>	Department of Geography (Physical Geography)
<b>Place of the Thesis</b>	KBU SBE / KARABUK
<b>Total Page Number</b>	237
<b>Keywords</b>	Karst, Karstification, Karabük-Safranbolu Basin, XRF Analys, Caves.

## KISALTMALAR

**Akt:** Aktaran

**A:** Ağustos

**Ar:** Aralık

**B:** Batı

**CBS:** Coğrafi Bilgi Sistemleri

**D:** Doğu

**DAF:** Doğu Anadolu Fay Hattı

**°:** Derece

**E:** Eylül

**Ek:** Ekim

**F:** Flor

**G:** Güney

**GB:** Güneybatı

**GD:** Güneydoğu

**GPS:** Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)

**H:** Haziran

**K:** Kuzey

**KAF:** Kuzey Anadolu Fay Hattı

**KB:** Kuzeybatı

**KD:** Kuzeydoğu

**km:** Kilometre

**Km<sup>2</sup>:** Kilometre kare

**M:** Mart

**m:** Metre

**mm:** Milimetre



**meq/l:** Milieküvelans bölü litre

**m<sup>3</sup>/sn:** Metre küp bölü saniye

**MGM:** Meteoroloji Genel Müdürlüğü

**MTA:** Maden Tetkik ve Arama

**My:** Mayıs

**N:** Nisan

**O:** Ocak

**ODTÜ:** Orta Doğu Teknik Üniversitesi

**Ort:** Ortalama

**pH:** Potansiyel hidrojen

**°C:** Santigrat derece

**Ş:** Şubat

**T:** Sıcaklık

**TDS:** Toplam çözünmüş katı maddeler

**TPAO:** Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

**XRF:** X Işını Floresans (Kayacı oluşturan ana element oranları analizi AA-31)

**vb:** ve benzerleri

**vd:** ve diğerleri

**%:** Yüzde

## GİRİŞ

Jeomorfoloji, eski Yunanca'daki (Grekçe'de) **ge:** yer, **morphe:** şekil, **logos:** bilim kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuş bir terim olup, yer şekli bilimi anlamındadır. Jeomorfoloji, yer kabuğunda iç ve dış kuvvetlerin etkisiyle oluşan yer şekillerinin oluşumunu ve bunların özelliklerini inceleyerek tasnif yapan doğal coğrafya dalıdır (Özçağlar, 2000). Jeomorfoloji şu alt dallara ayrılmaktadır:

Flüviyal Jeomorfoloji (Akarsuların aşındırması ve biriktirmesi sonucunda meydana gelen yer şekilleri dalı), Glasyal Jeomorfoloji (Buzulların aşındırması ve biriktirmesi sonucunda meydana gelen yer şekilleri dalı), Eoliyen Jeomorfoloji (Rüzgârların aşındırması ve biriktirmesi sonucunda meydana gelen yer şekilleri dalı), Kıyı Jeomorfolojisi (Dalgaların aşındırması ve biriktirmesi sonucunda meydana gelen yer şekilleri dalı), Yapısal Jeomorfoloji (Jeolojik, tektonik ve stratigrafik yapıyla ilgili meydana gelen yer şekilleri dalı), Volkan Jeomorfolojisi (Volkanik faaliyetler sonucunda meydana gelen yer şekilleri dalı) ve Karst Jeomorfolojisidir.

Karst, İtalya'nın kuzeydoğusunda ki Trieste'nin hemen doğusundaki sınırlı sahali bir platonun ismidir (İtalyanca: Carso). Bu isim, kalkerin kimyasal çözünmesi ve yüzeysel akarsuların yerine geçmesi sonucunda meydana gelen şekilleri açıklayan bir jeomorfoloji terimidir. İlk önce eski Yugoslavya'nın Adriyatik kıyılarında İstirya'dan güneye doğru uzanan, ortalama 80 km genişlikte ve 2000 m yükseklikteki platolara uyarlanmıştır. Daha sonra özellikle Cvijic'in bu konuda çalışmasının geniş yankılar uyandırması üzerine dünyanın diğer ülkelerinde de benzer şekilleri açıklamak için kullanılan uluslararası bir terim haline gelmiştir. Karstlaşmanın temel prensibi, çözünebilir bir kayacın varlığıdır. (Alagöz, 1943; Sür, 1981; Güneysu, 1993; Erinç, 2014).

Karstlaşma, kalker, dolomit, jips, kayatuzu gibi kayaçların karbonik asitli sular tarafından çözünmesi sürecidir. Karstik şekiller, karbonik asitçe zengin suların çözünebilir kayaçların ayrışma ve çökme sırasında oluşturduğu çeşitli şekillerdir. Karst topografyası ise yaygın olarak kireçtaşlarının (kalker) çözünmesi ile oluşan sistemdir.

Karstik şekiller kendilerine has oluşumları ve ilgi çekici özellikleriyle, bazı alanlarda insan faaliyetlerini sınırlandırırken bazı alanlarda ise çeşitli yararlar

sağlamaktadır. Örneğin; zirai faaliyetlerde polye, uvala ve dolin tabanları, barınak olarak da karstik mağaralar geçmişten günümüze kadar sürekli kullanılmıştır. Turistik değeri olan mağaralar turizme açılarak gelir elde edilmekte, yine gür ve yıl içerisinde akış gösteren karstik kaynaklar çevrelerine yaşam imkânı vermektedir. Örneklerden de anlaşılacağı üzere karstik alanlar insan faaliyetlerine yardımcı olan jeomorfolojik unsurlar olarak görülmektedir. Türkiye’de Akdeniz bölgesi bu tür alanlar içerisinde önemli yerlerdendir. Batı ve Orta Toroslar ’da yaşayan konar-göçerler karstik alanlarda ülkemizde sıra dışı yaşamlara örnek oluşturmaktadır. Belirtilen alanlar kendine özgü ekolojik ortamlarla da farklı bitki ve hayvan türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Karst ekolojisi dünyada ilgi çeken ve çalışılan önemli konular arasında yer almaktadır (Atalay ve Efe, 2015; Siler, 2016; Atalay, Altunbaş, Khan, Coşkun, 2018a; 2018b).

Karstik şekiller o kadar dikkat çekicidir ki, bunların her biri hemen hemen bütün karst ülkelerinde halk tarafından adlandırılmış ve böylece zengin, fakat oldukça karışık bir tanımlama ortaya çıkmıştır. Karstlaşma, çözünme sürecinden ileri gelen bir şekillenmedir. Bundan dolayı, karst topografyası söz konusu olunca, çözünme ve çökme ile açıklanan kimyasal süreci, ayrıntılı bir şekilde gözden geçirmek gerekir. Çözünme süreci ve bununla ilgili olarak meydana gelen şekiller; iklime, aynı zamanda litolojik ve tektonik yapıya, topografyaya, kayanın yapısına ve zamana bağlı olarak oluşmaktadır. Bundan dolayı, bunlardan her birinin karstlaşma üzerindeki etkilerini incelemek gerekir. Sonuçta karstik şekillerin zamanla gelişimi konusunda rol oynayan bir taban seviyesinin söz konusu olup olmayacağının araştırılması da morfolojik bakımdan büyük önem taşımaktadır (Güneysu, 1993; Erinç, 2014; Siler, 2016).

Türkiye’nin yaklaşık %20’sini oluşturan karstik kayalar, karst olgusunu oluşturma üzerinde zengin örnekler sunmaktadır. Başta Akdeniz bölgesi olmak üzere karstik alanlar oldukça geniş yer tutar (Güneysu, 1993; Zeybek, 2004). Özellikle Akdeniz bölgesinde Toros dağları üzerinde karstlaşma ve buna bağlı olarak gelişen karstik şekiller araştırma açısından çok dikkat çekicidir.

Fiziki Coğrafya içerisinde bulunan ve coğrafyanın temel çalışma alanlarından birisi olan jeomorfolojinin bir alt dalı olan karst jeomorfolojisi, coğrafya bilimi içerisinde önemli bir yer kaplamaktadır.

## ARAŞTIRMANIN KONUSU

Dünya karalarının % 13'ü, Türkiye'nin yaklaşık 1/5'i kadarını kaplayan karstik litolojileri oluşturan kayaçlar, çözünebilir kayaçlar olarak da bilinmektedir (Güldalı, 1971). Su ve hava ile temas ettiğinde kimyasal yolla çözünerek farklı biçim ve büyüklükte yer şekillerinin oluşmasını sağlayan bu kayaç yapısının temelinde kalker (kireçtaşı) ( $\text{CaCO}_3$ ) yer almaktadır. Kimyasal bir olay olan, karstik kayaçların karbonik asitli sular tarafından çözünmesi süreci karstlaşmadır (Erinç, 2001). Bu sürecin gelişiminde özellikle iklimin (sıcaklık ve yağış) etkisi temel faktör olup, farklı iklim bölgelerinde farklı karstlaşma süreçleri meydana gelir. İklim dışında, kayacın litolojisi, tektonik özellikleri, morfolojik karakterler, bitki örtüsü ve zamanın etkileri farklılıklara yol açar.

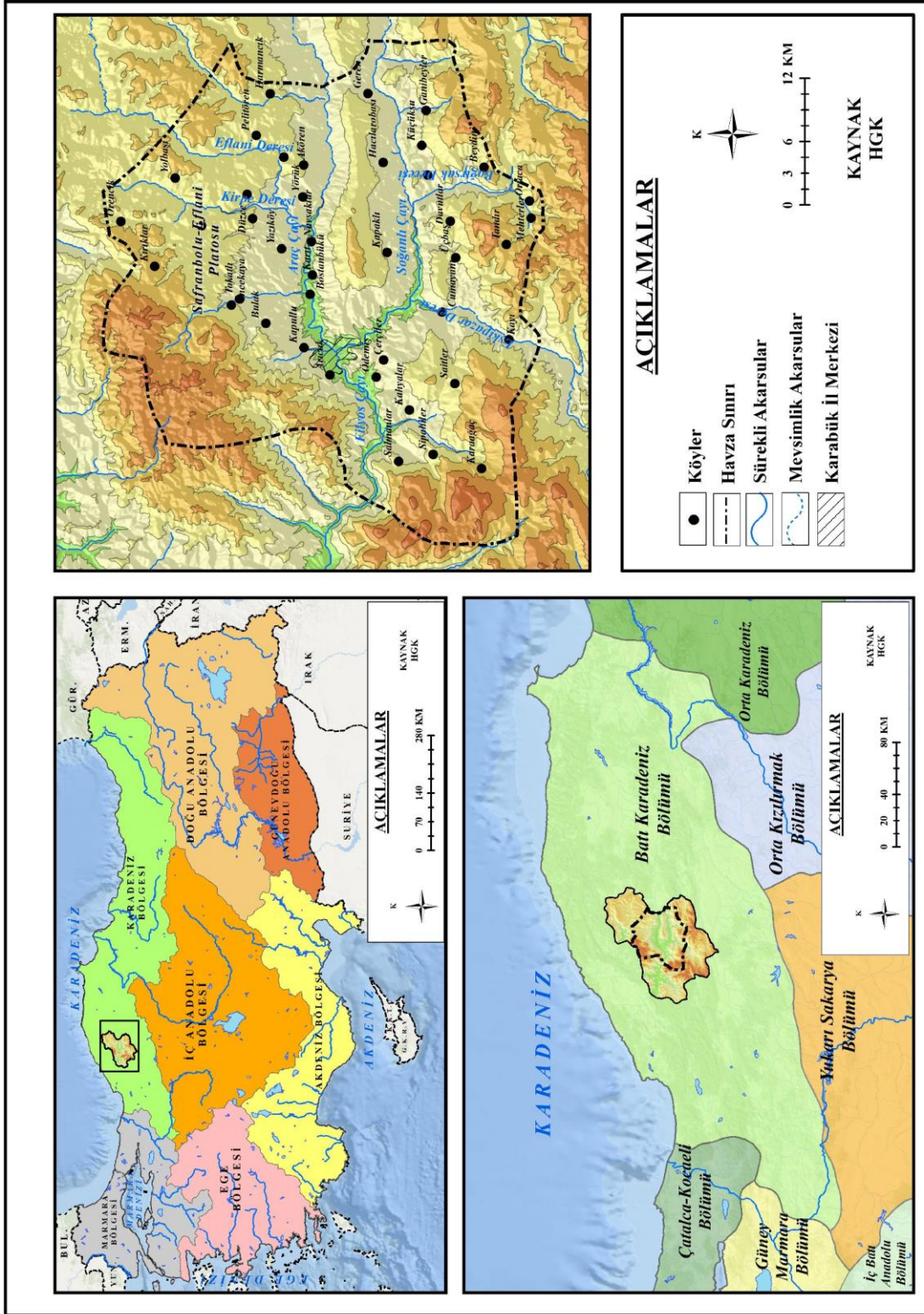
Araştırmanın konusu, Karabük ve Safranbolu havzasında karstlaşmadır. Bu sahada doğal ortam şartlarının kısa mesafelerde değişmesi farklı yer şekillerinin oluşmasına katkı sağlamıştır. İnceleme sahasının litolojik özellikleri ve jeolojik devirler boyunca geçirdiği tektonik olaylar, sahada karmaşık bir yapı oluşmasını sağlamıştır. Karabük-Safranbolu havzasının kuzeydoğu kesimleri genel olarak plato görünümünde olup, iç bölgeler ise depresyon sahası özelliği göstermektedir. Tektonik ve flüvyal süreçler, sahada yer yer tepelik ve dağlık alanlar oluşmasına neden olmuştur.

Araştırma sahasında yükselti değerlerinin kısa mesafelerde farklılık göstermesi, çeşitli iklim koşullarının görülmesine neden olmaktadır. Sahanın kuzeyinde denizel etkinin daha fazla hissedilmesinden dolayı bu bölgede Karadeniz iklimi görülürken, Küre Dağları ve Bolu Dağları, Karadeniz etkisinin iç kesimlere sokulmasını engellemektedir. Denizel etkinin sokulamadığı araştırma alanının güney kesiminde karasal iklimin etkileri görülmektedir. Araç ve Soğanlı havzalarının alçak kesimlerinde ise yaz mevsiminin sıcak ve kurak geçmesi Akdeniz iklim koşullarına sebep olmakta ve bunun sonucunda havzaların alçak kesimlerinde maki türü yayılış göstermektedir.

Çalışma sahası olan Karabük Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinden biri olan Karadeniz Bölgesinin Batı Karadeniz bölümünde yer almaktadır. İnceleme sahası Karabük ile ilçesi Safranbolu'nun bir kısmını kapsamakta ve  $40^{\circ} 15'$  ve  $40^{\circ} 50'$  kuzey enlemleri ile  $32^{\circ} 15'$  ve  $32^{\circ} 45'$  doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Araştırma

sahasının güney sınırını Ilgaz Dağları'nın batıya uzanan bölgesi, kuzey sınırını Küre Dağları, doğu sınırını Toprakcuma mevki ve batı sınırını ise Yenice Şimşir Deresi oluşturmaktadır (Harita 1).

Çalışma sahasının fiziki haritası incelendiğinde, Karabük bir depresyon (çanak) özelliği gösteren, çevresi yüksek tepelerle çevrili ve ortalama 250–500 m. yüksekliğe sahip bir bölgedir. Kuzeyde dağlık alanlardan akan yan dereler vasıtasıyla, bölgeye alüvyon malzeme taşınmıştır. Çalışma sahasında yer alan Safranbolu'ya doğru yükselti artarak 650-750 m.'ye ulaşmaktadır. Burada yer alan dağlar orojenik hareketlerle oluşmuş, kıvrımlı Kuzey Anadolu Dağları'nın bir kısmını oluşturmaktadır. Araştırma alanının en alçak noktası çalışma sahasının batısında ki Filyos vadisinde yer alan Bolkuş yakınları (186 m) iken, en yüksek noktası Keltepe (1999 m)'dir. Çalışma sahası K-G doğrultusunda 41,5 km, D-B doğrultusunda ise 48 km'lik bir uzunluğa sahipken, alansal olarak 1347 km<sup>2</sup>'dir.



**Harita 1.** Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası

## ARAŞTIRMANIN AMACI VE ALT AMAÇLARI

Bu çalışma ‘**Karabük-Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi**’ adı altında havzada bulunan karstlaşma olgusunun aydınlatılmasını amaçlamaktadır.

Teze konu olan Karabük-Safranbolu havzası, fiziki coğrafya özellikleri bakımından, ülkemizin dikkat çeken alanları arasındadır. Araştırma alanı, hem jeomorfolojik hem de diğer fiziki coğrafya şartları bakımından araştırılması gereken zenginlikler barındırmaktadır. Nitekim bu saha ve yakın çevresi için yapılan literatür çalışmasında, yıllar içerisinde farklı disiplinlerde yer bilimciler bir takım araştırmalar ortaya koymuşlardır. Karabük-Safranbolu havzasının bu zenginliğinin temelinde yatan özelliklerden en dikkat çekici unsur litolojik yapısı ve bu yapı üzerinde oluşan doğal güzelliklerdir. Çalışma sahasının genel fiziki coğrafya özellikleri coğrafyanın yararlandığı ilkeler çerçevesinde ele alınarak karstlaşmanın araştırılıp açığa kavuşturulması önemlidir. Dolayısıyla tez çalışmasında, Karabük-Safranbolu havzasında oluşmuş karstik şekiller ile sahanın karstlaşma şartlarını; jeolojik, jeomorfolojik, iklim, hidrografik, toprak, bitki örtüsü özelliklerini zamanla birlikte ilişkilendirerek değerlendirmek tezin asıl amacını oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda alt amaçlar aşağıda belirtilmiştir;

1. Karabük-Safranbolu havzasındaki temel fiziki coğrafya özelliklerinin,
2. Karabük-Safranbolu havzasındaki karstik çözünme ve çökeltme şekillerinin tespitinin,
3. Karabük-Safranbolu havzasındaki karstik şekillerin dağılışı ve dağılışını etkileyen faktörlerin,
4. Karabük-Safranbolu havzasındaki litolojik birimlerin XRF analizi yöntemiyle minerolojik özelliklerinin,
5. Karabük-Safranbolu havzasındaki karstlaşmanın hangi evrede olduğunu

belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## ARAŞTIRMANIN GEREKÇESİ, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI

Karabük-Safranbolu havzasında karst jeomorfolojisi hakkında ilk kez çalışılması konuyu önemli kılmaktadır. Ancak daha önce jeoloji, karst hidrojeolojisi amacıyla birkaç araştırmaya konu olan bu sahanın karst jeomorfolojisi hakkında da detaylandırılması gerekli bir durum olarak öne çıkmaktadır.

Karabük-Safranbolu havzasını kapsayan çalışma hem yerel ölçekte hem de Karadeniz Bölgesi ve Batı Karadeniz Bölümü için, jeomorfoloji ve özellikle karst jeomorfolojisi hakkında yeni bilgiler kazandıracaktır.

Araştırmayı sınırlandıran faktörlere bakıldığında; çalışma sahası için elde edilen meteorolojik parametreleri ölçüm süresi bakımından uzun yılları ölçüm yapmıyor olması ve yine bu rasatların alan kapsamının dar bir sahayı ölçmesi gibi faktörler iklim verilerinin tam olarak sağlıklı olmasını engellemektedir.

Kanyon vadilerin olduğu yerlerde jeomorfolojik eğimin fazla ve topografyanın arızalı olması bazı mağaralara ulaşım konusunda problem yaratırken, yüksek yerlerde sık vejetasyon örtüsü bazı uvala ve dolinlerin çıplak olarak görülmesini engellemektedir. Ayrıca sık vejetasyon örtüsü ulaşım konusunda negatif bir etkiye sahiptir. Bir başka sınırlandıran faktör ise çalışma sahasında daha önce karst jeomorfolojisi hakkında çalışmanın yapılmamasıdır.



## ARAŞTIRMANIN MATERYALİ VE YÖNTEMİ

Araştırmanın alan ve konu kapsamının belirlenmesinden sonra çalışma alanının sınırları oluşturulurken, saha üzerindeki jeomorfolojik birimler temel alınmıştır. Çalışma sahası 1/25000 Türkiye topografya haritasında; F28c2, F28c3, F29a1, F29a2, F29a3, F29a4, F29b1, F29b3, F29b4, F29c1, F29c2, F29c3, F29c4, F29d1, F29d2, F29d3, F29d4 paftalarında yer almaktadır. Bu sınırlar içerisinde sahanın, doğal ortam özellikleri ile karstlaşma arasındaki ilişkiler, coğrafya biliminin yararlandığı prensipler doğrultusunda incelenmiştir. Çalışmanın tamamlanması dört aşamada gerçekleşmiştir. Literatür taramasıyla başlayan bu çalışma, arazi çalışması, laboratuvar analizleri ve büro çalışmasıyla tamamlanmıştır.

**Literatür:** Bu araştırma için yapılan literatür taraması, saha ve konuya yönelik olarak daha önce yapılan çalışmaların derlenmesi ile başlamıştır. İlgili çalışmalar temin edilip arşivlenmiştir. Çalışma sahasının paftaları belirlenmiş olup, 1/25000 ölçekli jeoloji haritasından da yararlanılmıştır. Araziye ait verilerin haritalanmasında ArcGIS v10.5 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları kullanılmıştır. Pusula, navigasyon aleti, lazermetre, jeolog çekici, şerit metre, örnek toplama poşetleri vb. araçların teminiyle birlikte arazi çalışmalarına geçilmiştir.

**Arazi Çalışmaları:** Çalışma sahasında, jura, kretase ve eosen yaşlı litolojik birimlere ait 10 adet ölçülü stratigrafik kesit alımı gerçekleştirilmiş ve sert kaya örnekleri alınmıştır. Daha önce temin edilen araç-gereçler ile sahada lazermetre ölçümü, kayaç ve toprak gözlemi vb. gerekli çalışmalar yapılmıştır. Lazermetre ile kanyonların genişliği ve derinliği ölçülmüştür. Daha sonra araştırma sahasında bulunan karstik çözünme ve çökme şekillerinin yerleri belirlenerek fotoğraflama ve ölçeksiz çizimleri yapılarak arazi çalışmaları tamamlanmıştır.

**Laboratuvar Çalışmaları:** Laboratuvar çalışmaları bu araştırmanın başka bir kısmını oluşturmaktadır. Bu kısımda yapılanlar; toplanan örneklerin jeolog çekici yardımıyla ufak boyutlara ayrılması, ardından yıkanması, yıkanmış örneklerin ayıklanması ve kurutulması, öğütme makinesi yardımıyla un kıvamına getirilmesi ile bunlar içerisindeki maddelerin mikroskop aracılığıyla incelenmesidir. Daha sonra Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsünde uzmanlar tarafından XRF yöntemli analiz uygulanmış ve rapor haline getirilmiştir.

Araştırmada, arazi çalışmaları sırasında alınan kayaç numunelerinin laboratuvar ortamında XRF – X Işını Floresans (Kayacı oluşturan ana element oranları analizi AA-31) analizine tabi tutulması çalışmayı uygulamalı hale getirecektir. Bu uygulama yönteminin kullanılmasıyla çalışmanın önem derecesi daha da artmaktadır.

**Sert Kaya, İri Bentik Foraminifer ve İnce Kesit Alımları:** Sert bir kaya olan kireçtaşının ince kesitleri Karabük Üniversitesi Demir-elik Enstitüsünde laboratuvarda hazırlanmıştır. Nümmilit gibi mm boyutundaki eosen yaşlı bentiklerin ekvatorial ve ince kesit alımları Demir-elik Enstitüsü ince kesit laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

**Büro alışmaları:** alışma sahasından alınan bilgiler ve laboratuvar çalışmaları sonucunda ulaşılan verilerin değerlendirilmesi bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Analiz için kesit alınan yerlerin lokasyonları GPS yardımıyla belirlenerek CBS ortamında kartografik malzemeye dönüştürülmüştür. Çalışma bilgisayar ortamında CBS yöntemiyle haritalandırma, çizim ve yazım aşamaları ile tamamlanmıştır. Haritalandırma ve tablo-grafik yönteminde ESRI ArcGIS v10.5, ArcMap, ArcScene, Paint, Paint.net, MS Office (Word, Excel) ve Google Earth Pro gibi programlar kullanılmıştır.

Meteorolojik veriler Microsoft Excel 2017 programında kullanılarak Erinç yağış etkinliği indisi formülü ve Thornthwaite iklim sınıflandırmaları yapılmıştır.

**Erinç Formülü:**  $Im = P / Tom$

**Im** = Yağış etkenliği indisi

**P** = Yıllık ortalama yağış miktarı (mm)

**Tom** = Yıllık ortalama yüksek sıcaklık (°C)

Yağış Etkinliği Sınıfları:

- Kurak < 8 l
- Yarı Kurak 8 < Im < 23
- Yarı Nemli 23 < Im < 40
- Nemli 40 < Im < 55
- Çok Nemli Im > 55

### **Thornthwaite iklim sınıflandırması:**

Thornthwaite iklim sınıflandırması, yağış ile buharlaşma ve sıcaklık ile buharlaşma arasındaki ilişkiyi esas almaktadır. Bu iklim sınıflandırmasına göre yağış miktarının buharlaşmadan fazla olduğu sahalarda su fazlalığı vardır ve bu sebeple sahanın iklimi nemlidir. Yağış miktarının buharlaşmadan az olduğu sahalarda ise su noksanlığına bağlı olarak iklim kurak karakterdedir (Yılmaz, 2018).

Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre iklim tipleri belirlenirken su bilançosunun oluşturulması ve bunun grafiklerle görselleştirilmesi gerekmektedir. Su bilançosu oluşturulması için takip edilmesi gereken aşamaları sırasıyla; sıcaklık, sıcaklık indisi, düzeltilmemiş PE, düzeltilmiş PE, yağış, depo değişikliği, depolama, gerçek Evapotranspirasyon, su noksanı, su fazlası, yüzeysel akış ve nemlilik oranı parametrelere ait hesaplamalar oluşturmaktadır (Ardel vd. 1969).

## ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, konu ve saha ile ilgili farklı araştırmacılar tarafından yapılmış çalışmalar mevcuttur. *Konu ile ilgili çalışmalara baktığımızda*, XIX. Yüzyılın sonlarına doğru karstik alanlarla ilgili çalışmaları başlatan Sırp bilim adamı **Jovan Cvijić**, Toros Dağlarının devamı niteliğindeki Yugoslavya Alplerinde araştırmalar yaparak “Karst” terimini bilim dünyasına sokmuştur. Bugün dünyada birçok yerbilimci bu alanda çalışmalar yapmaktadır. Bunlardan, **I. Gams, S. Trudgill, M. M. Sweeting, J. N. Jennings, W. B. White, P. Williams ve D. C. Ford** gibi yerbilimciler dikkat çeken eserler ortaya koymuşlardır (Siler, 2016). Ülkemizde karstik alanlarla ilgili birçok eser yazılmıştır.

**Alagöz (1943), “Türkiye’de Karst Olayları Hakkında Bir Araştırma”** isimli eseriyle Türkiye’de karstlaşma ile ilgili ilk çalışmaları ortaya koyan coğrafyacı olduğu göze çarpmaktadır. C. Arif ALAGÖZ bu çalışmadan sonra şimdiye kadar Türkiye’nin çeşitli yerleri, özellikle de Toros dağlık sahalarını kapsayan birçok araştırma yapmıştır. Alagöz, Toros dağları üzerinde bulunan karstik çukurluklardan, mağaralardan, düdenlerden ve diğer bazı karstik şekillerden bahsederek, bunları fotoğraflar ve şekillerle, oluşumlarını açıklamıştır.

**Atalay (1988), “Toros Dağlarında Karstlaşma ve Karstik Alanların Ekolojisi”** isimli eserinde şunları aktarmaktadır: Toros dağları kuşağında yaygın olan farklı jeolojik zaman ve farklı litolojik bileşimde bulunan kireçtaşlarında özellikle zengin karstik çözünme şekilleri (dolin, uvala, polye, mağara vs.) gelişmiştir. Torosların Plio-Kuvaterner’de yükselmeye uğraması karstlaşmanın şiddetlenmesine ve yer yer yerüstü drenajın yeriçine kaymasına neden olmuştur. Son derece eğimli ve kayalık bir görünüm arz eden karstik alanlar zannedildiğinin aksine bitkilerin yetişmesi açısından elverişli şartlar sağlamıştır. Karstik çukurlarda ise hem toprak oluşumu hem de çok düşük ölçüde de olsa aşınan toprakların birikmesi nemlilik şartlarını artırmıştır. Bu bakımdan Toroslar ’da özellikle 1000 m'nin üzerindeki dolinler dâhilinde nemcil bitkiler bulunmaktadır. Dedegöl ve Davras dağlarındaki dolinler ve karstik vadiler dâhilindeki nemcil bitkilerin büyük bir bölümü, Kuvaternerin nemli dönemlerinde kuzeyden güneye doğru yayılmış olan Kuzey Anadolu veya Avrupa-Sibirya kökenli olan relik bitkilerdir. Torosların eğimli sahalarının toprak örtüsünden mahrum olması, bu sahalarda toprakların aşınması ile değil, toprakların çatlak ve tabakalaşma

sistemleri boyunca gelişmesiyle ilgilidir ve karstik alanlar özellikle ormanların yetişmesi ve barınması açısından büyük potansiyel arz etmektedir. Ormanların tamamen tahrip edilmediği alanlar korunmaya alındığı takdirde bitki örtüsü doğal yoldan çok kısa sürede ortama hakim olmaktadır (Siler, 2016).

**Sür (1994)**, “**Karstik Yer şekilleri ve Türkiye'den Örnekler**” isimli eserinde, çözünebilen karstik kayalar ve karstlaşma konusunda bazı tanımlar yapmıştır. Sonrasında karstik şekilleri başlıklar halinde ele almış ve Türkiye’den bazı örnekler vererek çözünme ve çökme şekilleriyle ilgili bilgiler vermiştir.

**Kırmacı (1995)**, “**Doğu Pontidler’de (KD Türkiye) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşında Gözlenen Diyajenetik Kuvars Dokuları ve Oluşum Koşulları**” adlı çalışmada yörenin transgresyon (deniz ilerlemesi) ile denizel ortama dönüştüğünü ve Üst Jura ile Alt Kretase döneminde platform özelliği kazanarak Berdiga kireçtaşlarının çökeldiğini belirtmiştir.

**Uzun (2004)**, “**Karst Morphology of Mount Yaralıgöz and Its Close Surrounding, Northern Anatolia, Turkey**” adlı çalışmada yörenin karstlaşması ve karstik şekillerinin gelişimi hakkında bilgiler vermiştir.

*Sahadaki çalışmalara baktığımızda ise;* Paleosen yaşlı Karabük - Safranbolu havzasının kömür içeriği ve Neotektonik özellikleri sebebiyle, Pazarköy ile Bolu arasında kalan kesimde birçok araştırma yapılmıştır (Uysal, 1959; Öztürk, vd. 1984). Bununla birlikte, havzanın doğu kısmındaki Karabük civarında ayrıntılı jeolojik çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bölgede amacı jeolojik bir inceleme olmayan ilk çalışmalar sırasıyla **Pekmezçiler (1937)**, **Lahn (1939)** ve **Zaralıoğlu’na (1966)** ait olup, Karabük Demir-Çelik Fabrikası’na kireçtaşı temini için yapılan ve alanın problemleriyle ilgili yapılan çalışmalardır. Bu üç çalışmacı da Karabük-Safranbolu Tersiyer havzasının kuzeyinde, GB-KD doğrultusunda uzanan Nümmilit’li kireçtaşı kornişlerinin işletilebilirliği ve kimyasal bileşimi hakkında çalışmıştır (Okur, 2014).

İlk jeolojik açıdan çalışmalar ise **Tokay (1945)**, **Blumental (1946)** tarafından başlatılmıştır. Yürütülen çalışmalar daha çok jeolojik harita (1/100.000) amaçlı olarak **MTA** ve **TPAO** tarafından yapılmıştır.

**Blumenthal (1948)**, çalışma sahasının jeolojisini konu alan ve ayrıntılı olmayan 1/100.000 ölçekli ilk jeolojik çalışmayı yapmıştır. Bu araştırmacıya göre, Karabük Tersiyer havzası bakışsımsız bir senklinal olup, havzanın kuzeybatı kenarı daha kısa ve tektoniktir. Fakat bu havzadaki tektonik ilişkinin niteliğinin, bindirme veya normal fay mı olduğu belirgin değildir. Havzanın temeli, Eosen öncesi yaşlı fliş ve metamorfitlelerden oluşurken, havzanın içi ise Orta Lütasiyen yaşlı Nümmilit’li kireçtaşları ve kırıntılı kayalarla istiflenmiştir (ODTÜ, 1986).

**Saner (1980), Batı Pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kuramıyla açıklanması** adlı çalışmasında, Safranbolu-Karabük Tersiyer havzası ile çevresinin levha tektoniği kuramıyla, jeolojik devirlerle geçmişten günümüze oluşumunu, jeolojik yapısını ve jeolojik evrimini açıklamaktadır.

**Koçyiğit (1987), “Karabük-Safranbolu Tersiyer havzası kuzey kenarının stratigrafisi ve niteliği”** adlı çalışmasında, Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası’nın güneybatı tarafının jeolojik devirler içerisinde, orojenik kıvrımlar ve ters faylarla daraldığını, kuzeydoğu tarafının ise daha geniş kaldığını ileri sürmüştür. Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası’nın bir dağ arası havzası özelliği taşıdığını ve çanak görünümünde olduğunu vurgulamıştır.

**Yergök vd. (1987), “Batı Karadeniz Bölgesi Jeolojisi”** adlı çalışmasında, çalışma alanı ile yakın çevresinde, yaşlıdan gence doğru; Ulus Formasyonu (Ku), Safranbolu Formasyonu (Tsa), Karabük Formasyonu (Tka), Çerçen Formasyonu (Tkaç), Soğanlı Formasyonu (Tso), Akçapınar Formasyonu (Ta), Yörük Formasyonu (Tör), Yamaç Molozu (Ymo), Alüvyon (Qa) bulunduğunu saptayarak bu formasyonları 1/25.000 ölçeğinde haritalanmış ve stratigrafilerine göre farklı farklı isimlendirmiştir (ODTÜ,1986).

**Aksay, Tüysüz ve Yiğitbaş (2004), “Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri”** adlı çalışmasında; Karadeniz Bölgesi, Batı Karadeniz Bölümü Litostratigrafi Birimleri isimli çalışmalarında, Karabük ve Safranbolu Havzası hakkında da bilgiler verilmiştir. Havzadaki litolojik birimler yaşlıdan gence doğru, alttan üste doğru jeolojik olarak kategorize edilmiştir ve bu litolojik birimlerin oluşumları, kalınlıkları, yaşı ve bölgesel dağılımlarına göre belirlenmiştir.

**Karabük İl Çevre Durum Raporu (2012)'na göre,** Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası hemen hemen tümüyle Eosen yaşlı tortul kayalarla dolu huni biçiminde çanaklaşma gösteren bir alandır. Karabük'te farklı dönemlere ait jeolojik oluşumlar görülmektedir. Farklı yerlerde, farklı litolojik özelliklerle oluşan bu birimler farklı zamanlardaki tektonik olaylarla kıvrılmış, kırılmış, yer yer çöküntü yer yer yükselmeler meydana getirmiştir. Bu havzanın oluşumu tektonik yapıdadır. Bu raporda sahanın Paleozoik yaşlı litolojik birimlerinden, Kuaterner yaşlı litolojik birimlerine kadar jeolojisi hakkında genel bilgi verilmektedir.

**Sinanoğlu (2012), "Safranbolu Havzası (Karabük) Eosen Yaşlı Çökellerin Foraminifer Biyostratigrafisi"** adlı yaptığı çalışmada, Safranbolu Havzası Tersiyer sedimanterinin bentik kesit topluluğunu araştırmıştır. İnceleme sahasında bulunan litolojik birimlerin özellikleri ve yaşları ile jeolojik tarihçe arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışma sayesinde Karabük ve Safranbolu Havzası'nın stratigrafik ve paleojeolojik özellikleri ortaya konulmuştur.

**Okur (2014), "Safranbolu Havzası'ndaki Eosen Alveolinlerinin Tanımları"** adlı yüksek lisans tezinde; jeolojik olarak havzanın özelliklerini ortaya koymuştur. Çalışma sahasının tektonik yapısı ile jeolojik evrimi hakkında bilgiler vermiştir. İnceleme alanında belirli yerlerden fosilli kesit olarak, laboratuvar ortamında ayrıntılı yaş verilerini incelemeye çalışmıştır.

**Coşkun (2015), "The Geomorphology of Karabük-Safranbolu Basin, West of Turkey"** adlı çalışmasında, Karabük ve Safranbolu havzasının jeomorfolojik özelliklerini konu almıştır. Karstik oluşum olarak ise sahada bulunan kanyonlar ve mağaraları inceleyerek genel bilgiler vermiştir.

**Köseoğlu (2015), "Safranbolu İlçesi'nin Fiziki Coğrafyası"** adlı yüksek lisans tezinde Safranbolu'nun fiziki coğrafya özelliklerini incelemiştir. Jeolojik ve jeomorfolojik konular hakkında genel bilgiler vermiştir.

**Coşkun (2017), "Karabük Çevresinin Vegetasyon Ekolojisi ve Sınıflandırılması"** adlı doktora tezinde araştırma alanına ait ekolojik koşulları belirlemiş, toprak türlerinden kahverengi orman toprağı, rendzina ve kırmızı Akdeniz topraklarının dağılışına ve genel fiziki coğrafya özelliklerine değinmiştir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. KARABÜK VE SAFRANBOLU HAVZASININ GENEL FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

#### 1.1. Jeolojik Özellikler

Jeolojik olaylar, yer kabuğunun görünümünü ve yapısını sürekli değiştirmektedir. Ancak yıllardır görmediğimiz bir arazinin üzerinde bulunan insan eserlerinin değişmiş olduğunu fark etsek de doğanın jeolojik kısmında bir değişiklik olduğunu anlayamayız ve kayaçların hep aynı yerde kaldığını zannederiz. Bu aldatıcı bir görünümdür. Aslında yeryüzü dinamik olduğu için sürekli değişmektedir. Bu değişikliğin farkında olamamızın sebebi, jeolojik olayların hızının çok küçük (senede birkaç milimetre veya milimetreden de az) olmasından kaynaklanmaktadır. Arazinin jeolojik yapısının değişebilmesi için insanın ömrünün yetmeyeceği, binlerce yılın geçmesi gerekmektedir (Stöcklin 1974; Ketin, 1977; Yılmaz, 1981). Yerküre, ilk olduğu günden beri dinamik yapıya sahip olarak sürekli değişmektedir.

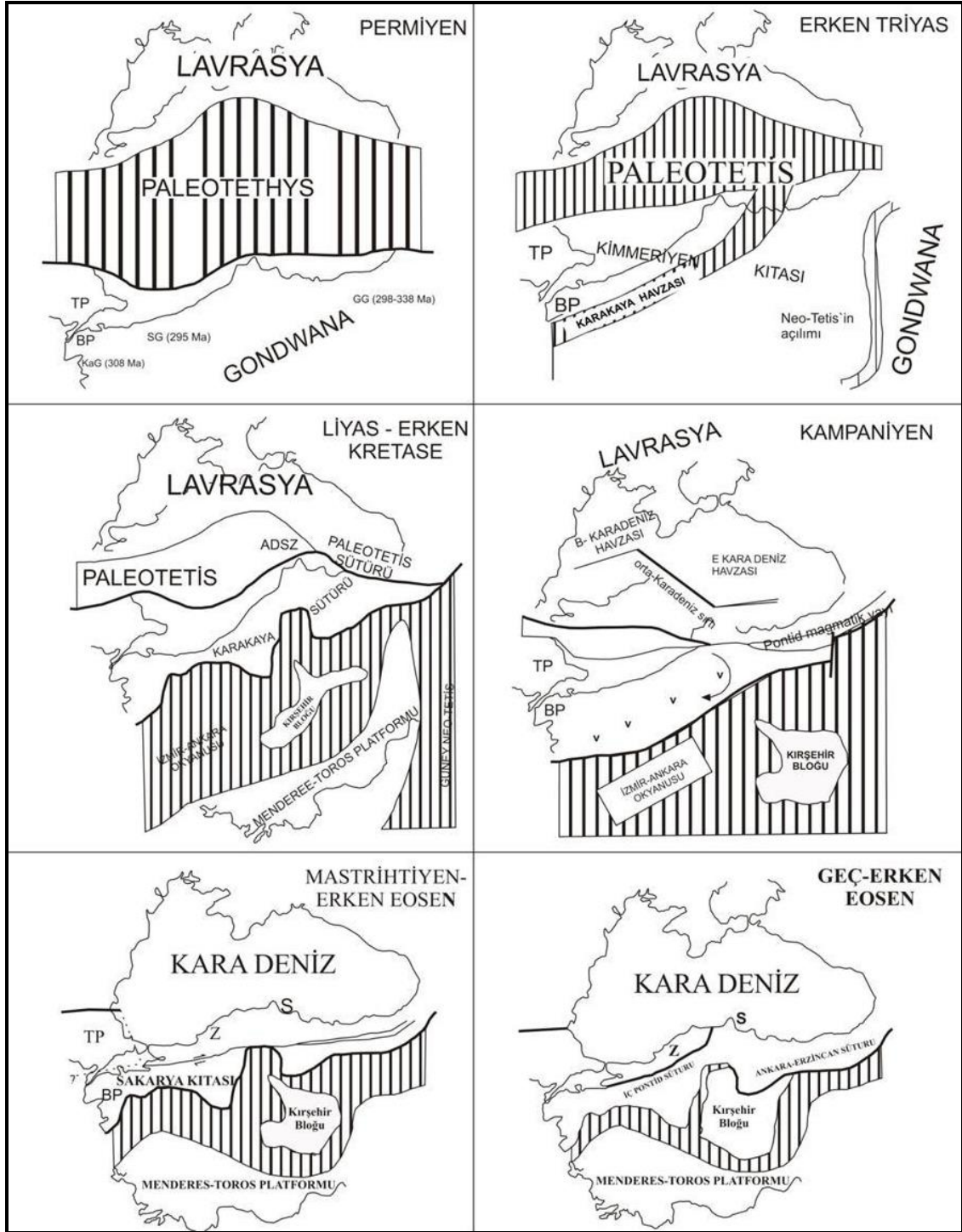
Araştırma sahası, Türkiye tektonik birliklerinden Pontid'ler üzerinde ve Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası'nda yer almaktadır. Pontid, Karadeniz kıyı dağlarını, Marmara ve Ege'yi, Karaburun yarımadasına kadar uzanan Kuzeybatı Anadolu bölümünü kapsayan jeolojik kuşaktır. Pontid'lerin oluşumu Anadolu'yu oluşturan diğer tektonik kuşaklar gibi levha tektoniği ile açıklanmaktadır. Levha tektoniği modeli, Stöcklin (1974, 1977) ile Bijou Duval'ın (1977) ürettiği temel yaklaşım üzerine kuruludur. Bu yaklaşım, Permotriyas'tan itibaren Gondvana kuzeyinden ince bir levhanın ayrılmaya başladığı ve Tetis'in yok olma sürecinde Lavrasya kıtası ile çarpıştığı düşüncesidir (Şengün vd. 1990). Paleotetis, Gondvana ile Lavrasya'yı birbirinden ayıran okyanusal alandır. Paleotetis'in kapanmasıyla Neotetis açılmıştır. Neotetis iki koldan oluşmaktadır. Neotetis'in güney kolu için de Neotetis



terimi kullanılmıştır. Anadolu mikro levhası, İzmir-Kars (Paleotetis) ile Neotetis arasında kalan ince kıtasal dilimi temsil etmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1983).

Yılmaz (1981)'e göre, Pontid'ler Tetis'in bir bölümüdür. Paleotetis'in kapanmasıyla oluşan Kimmerid ve Alpid orojenezlerinin kayıtlarını taşır ve Paleotetis'in güneyinde yer alan Kimmerid kıtası Pontid'lerin temelini oluşturmaktadır. Paleotetis'in kapanması sırasında, okyanus tabanının güneye doğru dalmasından dolayı Kimmerid kıtasında And tipi bir magmatik kuşak gelişmiştir. Bu esnada da bir yay önü havza olarak Neotetis, Kimmerid kıtasının güneyinde açılmaya başlamıştır. Neotetis'in kuzeye doğru pontidlerin altına dalmasıyla geç Kretase'de pontid ve Torid-Anatolid platformları çarpışmış ve Neotetis kapanmıştır. Bu çarpışmanın etkisiyle Orta Eosen'e kadar dağ bölgeleri yükselmeye devam etmiştir (Şekil 1).

İnceleme sahasının kuzeydoğu kesimleri genelde plato görünümünde, diğer bölgeleri ise çanak şeklinde olup, tektonik ve flüvyal süreçlerin varlığı, sahanın yer yer tepelik, dağlık alanlar oluşturmasına neden olmuştur. Araştırma sahasının yükselti değerleri genel olarak 200-2000 m'ler arasında değişmektedir. Yükselti değerleri dikkate alındığında kısa mesafelerde iklim değişimi meydana gelmektedir. MGM'den alınan ve yükselti değerleri farklı istasyonlara ait iklim parametreleri de bunu kanıtlayıcı niteliktedir. İklim parametreleri, tez çalışmasında ileriki konularda ele alınmıştır.



**Şekil 1.** Permiyen'den Eosen'e kadar Pontid'lerin tektonik değişimini gösteren paleotektonik şekil (Yılmaz 1981).

Türkiye'nin paleotektonik bölgeleri, ilk defa Egeran (1947) tarafından tanımlanmıştır. Bunlar Pontid, Anatolid, Torid ve kenar kıvrımlarıdır. Pontid'ler, Türkiye'nin kuzey kesimini oluşturmakta ve diğer tektonik birliklerden İzmir-Ankara-Erzincan zonu ile ayrılmaktadır (Şengör, 1984). Şengör, Pontid'leri Sakarya kıtası ve

Rodop-Pontid parçası şeklinde iki bölüme ayırırken, Okay (1986) Pontid'leri İstanbul ve Sakarya zonları ile Istranca masifi olmak üzere üç ana zona ayırmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Pontid'lerin temel tektonik sınırlarını da gösteren Türkiye tektonik birlikleri (Yılmaz 1981).

Pontid'ler, geç Kretase döneminde eğim yönü kuzey olan dalma batma zonu üzerinde gelişim gösteren, hem Hersiniyen yaşlı hem de Kimmeriyen yaşlı arazilerin oluşturduğu arazi üzerine kurulmuş, güney yönlü Pasifik tipi kıta kenarıdır. Bu dalma batma zonu Neotetis'in kuzey kolunu oluşturan Vardar Okyanusunu tahrip ettikten sonra, geç Kretase-Eosen aralığında meydana gelen bir kenar denizi günümüzdeki Karadeniz'i oluşturmuştur (Letouzey, 1977; Akt; Okur, 2014).

Araştırma alanı ve çevresinde yüzeylemiş önemli jeolojik yapılar içerisinde yaşlıdan gence doğru, iyi gelişmemiş metamorfizmlerden meydana gelen, yaşlı Jura öncesi kayaçlar; genellikle karbonatlardan oluşmaktadır. Jura-Kretase yaşlı tortullar ile kireçtaşı olistolitleri içeren ve fliş fasiyesiyle temsil edilen, Baremiyen-Albiyen yaşlı Çağlayan litolojik birimi, Eosen yaşlı volkanotortul istifdir. Eosen yaşlı karasal ve denizel tortullardan oluşan Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası, araştırma sahasında KB-KD doğrultusunda uzanan Karabük tektonik hattı ve günümüzde etkinliğini sürdüren Kuzey Anadolu Fay Kuşağı sayılabilir (ODTÜ, 1986).

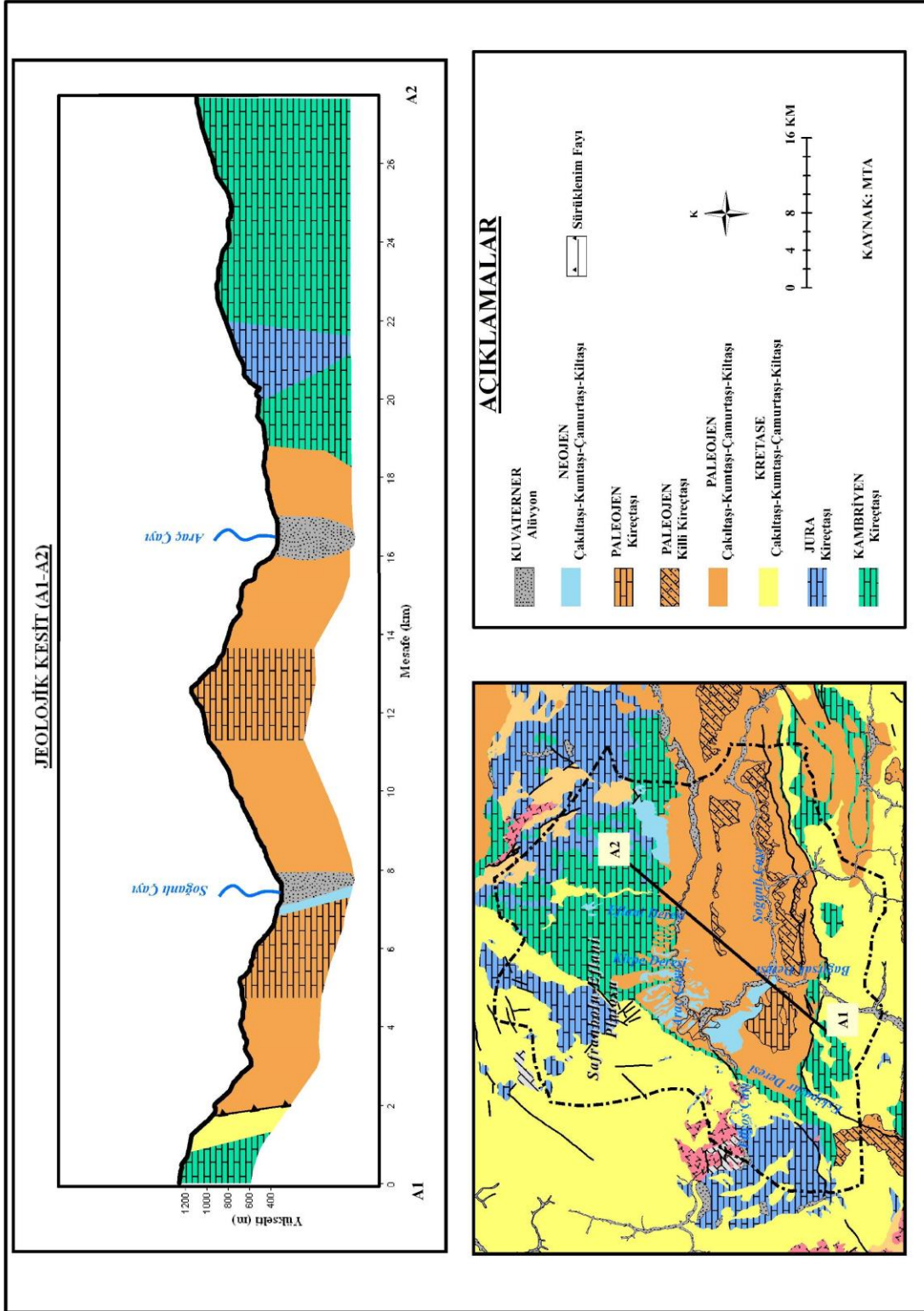
Çalışmaya konu olan alan, çoğunlukla Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası'nın Alt Lütesiyen yaşlı ince kırıntıları (silttaşı-marn) üzerine kurulu olup,

zaman zaman kütle hareketleri gibi doğal olaylara sahne olmaktadır. Bölgedeki ilk çalışmalar, tam anlamıyla jeolojik olmasa da, Karabük Demir-Çelik Fabrikasına kireçtaşı sağlanması amacıyla Grancy (1937), Pekmezciler (1937) ve Lahn (1939) tarafından yapılmıştır. Bölgenin jeolojisini konu alan fakat yeterince ayrıntılı olmayan 1/100.000 ölçekli ilk jeolojik çalışma Blumenthal (1948)'e aittir. Bu araştırmacıya göre, Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası asimetrik bir senklinal olup, havzanın kuzeybatı kenarı daha kısa ve tektoniktir. Havzanın temeli, Eosen öncesi yaşlı fliş ve metamorfitlerden oluşurken, havzanın içini Orta Lütasiyen yaşlı Nümmilit'li kireçtaşları ve kırıntılı kayalarla doldurmaktadır (ODTÜ, 1986). Çalışma alanı ve yakın çevresinde yaşlıdan gence doğru, Prekambriyen'den Kuaterner'e kadar farklı litolojik birimler görülmektedir (Harita 2). Bu oluşan jeolojik arazilere 'Lito-Stratigrafik Özellikler' başlığında değinilecektir.

Araştırma sahasında kabaca güneybatı (A1) kuzeydoğu (A2) uzantılı olan bir hat boyunca Akçaoluk (1241m) mevkiinde 1100m'ye kadar kambriyen yaşlı kireçtaşı görülmektedir. 1100m ile 750m yükselti arasında Kretase yaşlı, çakıltaşı, kumtaşı çamurtaşı ve kiltası istifli litolojik birimler yüzeylenmektedir.

Soğanlı Çayı'nın kuzeybakılı yamacının yaklaşık 750m yükseltilerinden Araç Çayı'nın güneybakılı yamacında yaklaşık 450m yükseltiye kadar genel olarak paleojen yaşlı kiltası, çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmalı litolojik birimler yer almaktadır. Bu kesimde Araç ve Soğanlı Çayları'nın taban oluşturduğu yerlerde kuaterner yaşlı alüvyal depolar bulunmaktadır.

Kepez Dağı (884m) mevkiinden başlayarak hattın kuzeydoğu sınırına kadar olan kesimde genel olarak kambriyen yaşlı kireçtaşı görülürken, Yanıktepe Dağı'nın güney yamacında (909m) Eflani Deresi yakınlarında ve Kırtalı Dağı'nın güneybatı yamacında (1000m) Jura yaşlı kireçtaşı yer almaktadır (Şekil 3).

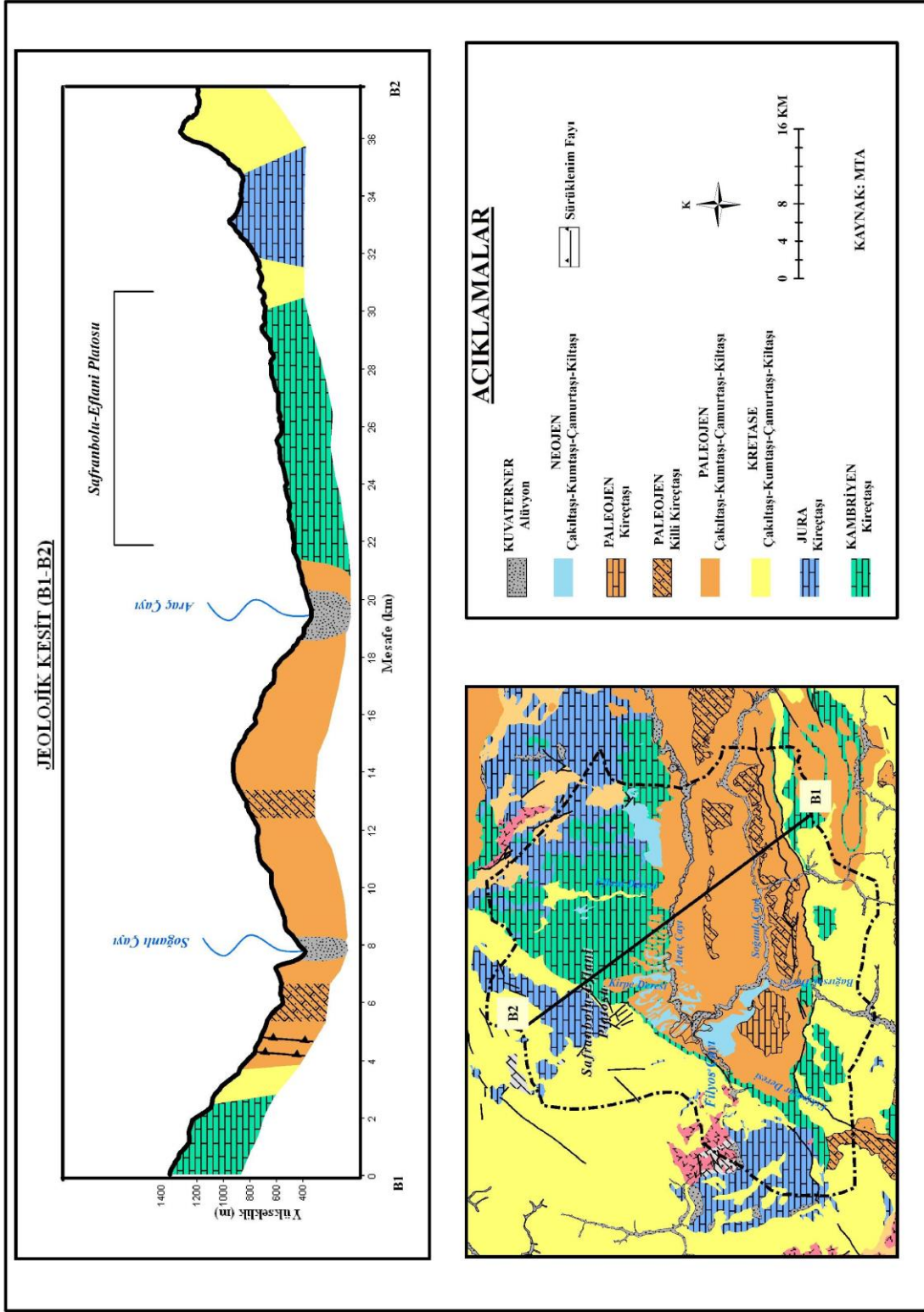


**Şekil 3.** Araştırma sahasının güneybatı (A1) kuzeydoğu (A2) uzantılı jeolojik ve litolojik yapı kesiti.

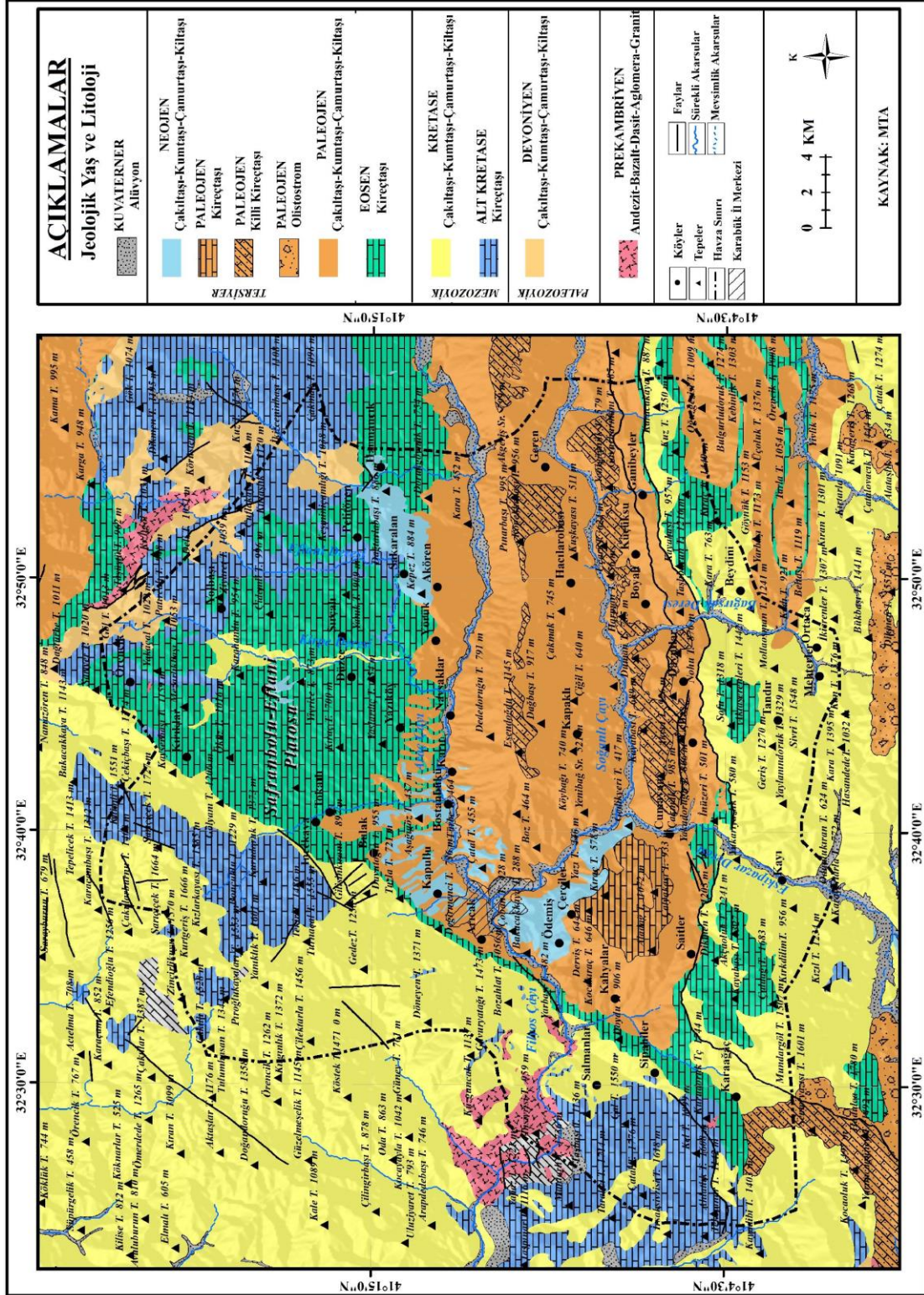
Araştırma sahasında kabaca güneydoğu (B1) kuzeybatı (B2) uzantılı olan bir hat boyunca Kırac Dağı (1400m) mevkiinde 1100m'ye kadar kambriyen yaşlı kireçtaşı görülmektedir. 1100m ile 850m yükselti arasında Kretase yaşlı, çakıltası, kumtaşı çamurtaşı ve kiltası istifli litolojik birimler yüzeylenmektedir.

Soğanlı Çayı'nın kuzeybakılı yamacının yaklaşık 850m yükseltilerinden Araç Çayı'nın güneybakılı yamacında yaklaşık 400m yükseltiye kadar genel olarak paleojen yaşlı killi kireçtaşı, kiltası, çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmalı litolojik birimler yer almaktadır. Bu kesimde Araç ve Soğanlı Çayları'nın taban oluşturduğu yerlerde kuaterner yaşlı alüvyal depolar bulunmaktadır.

Safranbolu Platosu'nun yer aldığı kesimde Araç Çayı ile Karabük fayı arasında kalan saha kambriyen yaşlı kireçtaşı iken, bu faydan itibaren Sarıçiçek Dağları genel olarak jura yaşlı kireçtaşıdır. Hattın en kuzeybatı ucunda ise Kretase ve Eosen yaşlı litolojik birimler yüzeylenmektedir (Fotoğraf 1; Şekil 4).



**Şekil 4.** Araştırma sahasının güneydoğu (B1) kuzeybatı (B2) uzantılı jeolojik ve litolojik yapı kesiti.



Harita 2. Araştırma Sahasının Jeoloji Haritası



İnceleme sahası için kullanılacak veriler Harita Genel Komutanlığı, Maden Tetkik ve Arama ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Çalışma sahasının Jeoloji haritası için MTA'nın 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'nın G28, G29, F28, F29, F30 ve G30 paftalarından faydalanılmıştır.



**Fotoğraf 1.** İncekaya yakınlarında bulunan Eosen yaşlı nümmilitli kireçtaşları.

MESOZOYİK		SENOZOYİK						ÜST SİSTEM	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KRETASE	Alt-Üst	PALEOJEN						NEOJEN	KUVATERNER	SİSTEM	SERİ	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Ulus		Paleosen-Eosen						Yörük	Kuvaterner					
Ahmet Usta		Safranbolu	Karabük	Çerçen	Soğanlı Akçapınar			Yörük	Kuvaterner					
0-1000	Aka							0-100	30	Qal			Bloklu, çakıllı kırmızı, killi alüvyon	
0-2000	Ülkü							0-100	30	Tör			Konglomera, Çakıltaşı, çakıllı ve kumlu kil	
								110-190		Ta			Beyaz, sarımsı, gri renkli killi kireçtaşı, dolomitik ve çört bantları ile karakteristik istif	
								70-300		Tso			Kireçtaşı	
								420-470		Tç			Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı	
								350-2000		Tk			Marn, kiltası, kumtaşı	
								50-200		Ts			Karbonatlı kumtaşı, killi kireçtaşı	
										Ülkü			Kumtaşı, silttaşı, kiltası, olistolitli fliş	
										Aka			Ahmet Usta çakıltaşı, polijenik konglomera	

Şekil 5. Çalışma alanındaki kaya birimlerinin genelleştirilmiş ölçeksiz stratigrafik kesiti (Yergök vd. 1987).

### 1.1.1. Lito-Stratigrafik Özellikler

Stratigrafi, yerkabuğunu oluşturan tabakalı ve tortul kayaçların meydana geliş zamanlarına göre birikimlerini ve birbirleriyle olan ilişkilerini inceleyen, zaman ve alan içindeki yayılımlarını saptayan ve gerektiğinde kayaçların petrografik özelliklerini

ele alan jeolojiye bağlı bilim dalıdır. Anadolu, Alp-Himalaya Kıvrım Sistemi Kuşaağı'nda bulunmaktadır. Bu kuşakta geręekleşen Alp Orojenezi ile birlikte, bir jeosenkinal sahası niteliğinde olan Anadolu Yarımadası, Türkiye'nin güney ve güneydoğusunda yer alan Afrika ve Arabistan levhalarının kuzey yönlü hareketleri ile güneyden sıkıştırılmıştır. Anadolu yarımadasının kuzeyinde ise Avrasya Levhası bulunmaktadır. Bu levhanın da güney yönlü hareketi sonucunda, Anadolu, Mesozoik ve Tersiyer dönemlerinde sıkışmaya uğrayarak sahada yükselme, kıvrılma ve kırılma hareketleri ortaya çıkmıştır. Kuzey Anadolu Dağları ve Toros Dağlarının oluşumu bu hareketler sonucunda geręekleşmiştir (Uysal, 1959; Canik, 1977, Saner, 1980; Sür, 1981).

Karabük ve dolaylarında Mesozoyik, Tersiyer ve Kuaterner yaşlı kayaçlar yer almaktadır. Mesozoyik yaşlı kayaçlar genellikle fliş fasiyesinde oluşmuşken aynı zamanda Tersiyer Havzası'nın da temelini meydana getirmiştir. Havzanın içinde ise, egemen olarak Eosen yaşlı ince klastikler (silttaşı, marn, kiltası), Nümmilit fosilli, kumlu kireçtaşlarından oluşan tabaka ile bu tabaka üzerinde Kuaterner yaşlı olmak üzere iki farklı dönemde birikmiş akarsu tortulları yer almaktadır (Tüysüz, Aksay, Yiğitbaş, 2004). Bu kaya birimleri Yergök vd. (1987)'nin çalışmasına göre, 1/25.000 ölçeğinde haritalanmış ve stratigrafisine göre ayrı ayrı adlandırılmıştır (Şekil 5). Bu birimler yaşlıdan gence doğru aşağıda belirtilerek açıklanmıştır.

### ***Prekambriyen (İlkel Zaman)***

Bu döneme ait araziler Eflani batısında görülmekte ve bir hat boyunca uzanmaktadır. Burada litolojik olarak gabro, granit ve granodiyorit kayaçlarına rastlanmaktadır.

### ***Paleozoik (1.Zaman)***

Paleozoik dönem arazileri birçok defa sular altında kalıp, sonrasında tekrar yükselerek yüze çıkmiştir. Bu arazilerde, zaman içerisinde çeşitli yerkabuğu hareketlerinin yanı sıra volkanik olayları da görmek olasıdır. Bu hareketlere bağlı olarak, arazide kırılma, kıvrılma ve sıcaklık ile basınç etkisiyle metamorfizma olayları geręekleşmiştir. Bundan dolayı Paleozoik oluşumlu araziler genel olarak temelde yer almakta ve çok sert yapıda olmaktadır. Bu arazilere *masif arazi* denmektedir (Şahin, 2006; Atalay, 2017).

Çalışma sahası içerisinde Paleozoik arazileri çok sınırlı bir yer kaplamaktadır. Jeoloji haritasında paleozoik birimin özellikleri ve görüldüğü yerlere baktığımızda, araştırma sahasının kuzeydoğusunda Çukurören, Sabuncular yöresinde Devoniyen yaşlı bir Paleozoik istif bulunmakta ve burada şeyl, kumtaşı, dolomit tabakalarına rastlanmaktadır.

### ***Mesozoik (2.Zaman)***

Bu jeolojik devir içerisinde Tetis Denizi, Karadeniz'in büyük bir kısmını kaplamaktadır. Anadolu'nun genelinde olduğu gibi, Batı Karadeniz Bölümü'nde de ilk volkanizma faaliyetleri bu devirde başlamış olup, çalışma sahasında volkanik arazilere rastlanmaktadır (Şahin, 2006; Atalay, 2017).

Araştırma sahasında Mesozoik'e ait olan arazilerin tümü Alt Kretase yaşlıdır. Çalışma sahasının kuzeyinde Ahmet Usta Geçidi'nin bulunduğu yerlerde Alt Kretase yaşlı tabakalar görülmektedir. Burada çoğunluk konglomeralardan oluşmaktadır. Yer yer konglomera içlerinde çok sayıda kireçtaşı tabakaları da yer almaktadır. Çimentolanma iyi gelişmiş ve genellikle karbonatlı, yer yer silisli bir çimentolanma mevcuttur. Çakıllarda boylanmadan ziyade yuvarlaklık çok daha iyi gelişmiştir. Çakıllar genellikle kireçtaşı, kuvarsit, volkanik kayaç, magmatik kayaç (granit, granodiyorit) metamorfik kayaç çakıllarından meydana gelmektedir. Sarıçiçek Dağı'nın hemen hemen her tarafı kireçtaşından oluşmaktadır. Çalışma sahasının batısında Başköy, güney kesiminde Demirciler, Burunsuz, Kayı ve Davutlar yakınlarında konglomera ile kireçtaşı ardalanmasına, kısım kısım fliş toplulukları üzerinde tabakalar halinde rastlamak mümkündür.

### ***Senozoyik***

#### ***Tersiyer (3. Zaman)***

Bu jeolojik dönemde oluşan Alp-Himalaya kıvrım sistemi dünya üzerinde geniş bir yer kaplayarak, büyük bir kıvrım sistemini meydana getirmiştir. Anadolu'da bu sistemin bir uzantısı olan Kuzey Anadolu Dağları zaman içerisinde yükselmiş ve bu yükselmeyle birlikte Pliyosen'de hızlı bir şekilde aşınmaya uğramıştır. Aşınmaya uğrayan materyallerin bir kısmının Anadolu'nun orta kısmında yer alan neojen göllerinde birikimi söz konusudur. Tersiyer dönemi arazileri, genellikle Kuzey Anadolu Dağ sıralarının çevresinde bulunan çukur sahalarda yüzeylemiştir. Kuzey

Anadolu dağ sıraları Tersiyer başlarında tamamen su yüzeyine çıkmıştır (Atalay, 2006; Şahin, 2006).

Çalışma sahası olan, Karabük-Safranbolu Havzası, Tersiyer sahası olarak adlandırılmaktadır. Araştırma sahasının güneybatısındaki Keltepe civarında bulunan Karaağaç dolaylarında, Alt Eosen yaşlı bloklu fliş ve kireçtaşları yer almaktadır. Beydini, Kamışlı dolaylarında Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı konglomera ve kireçtaşları görülürken, buranın hemen kuzeyinde Alt-Orta Eosen yaşlı kumtaşı, çakıltaşı, marn ar dalanması görülmektedir (Harita 3).

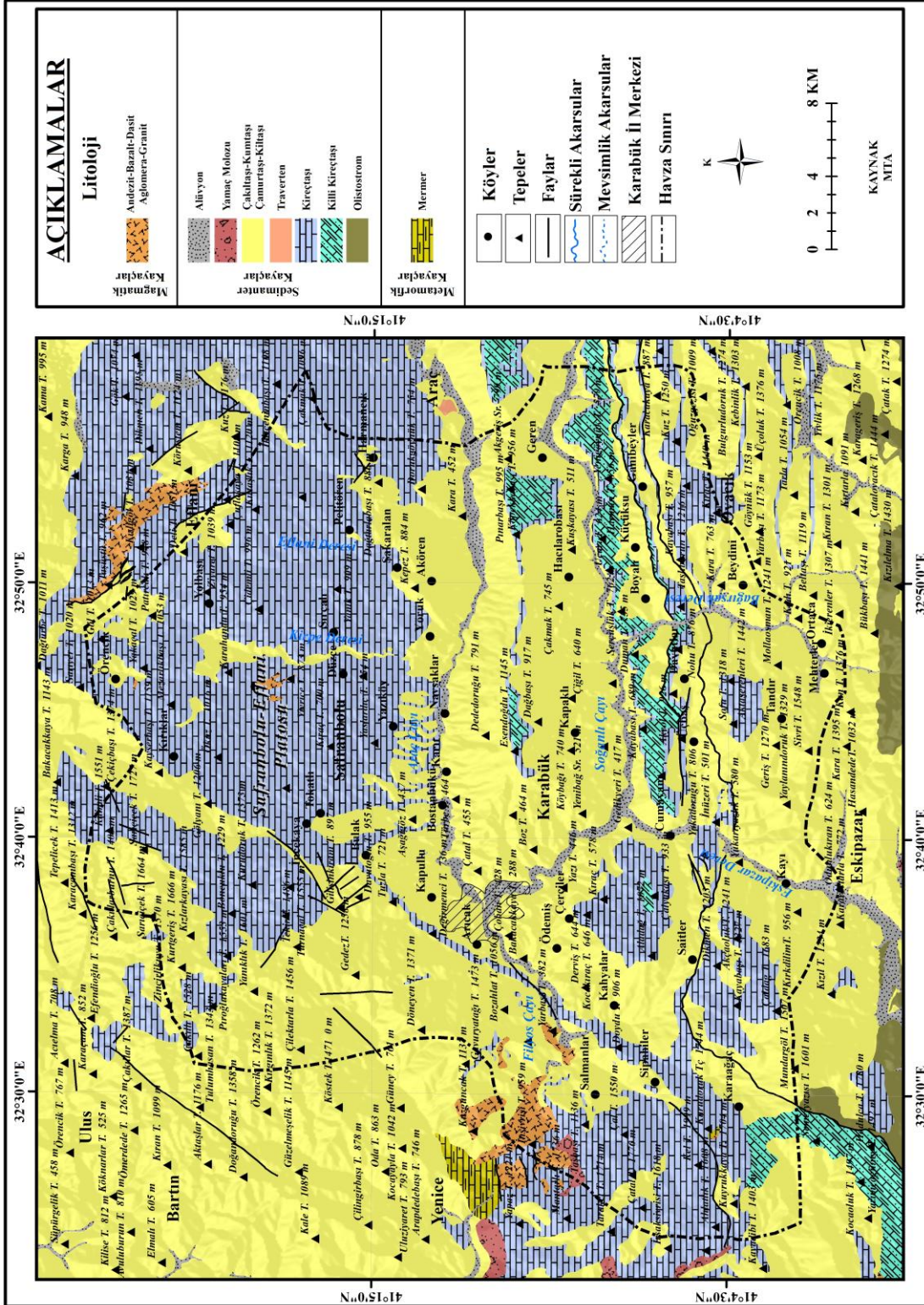
Safranbolu havzası kısmında, Değirmencik, Sırçalı, Düzce, Aşağıçiftlik, Akçasu, Pelitören, Yazıköy, Yörökköy, İncekaya, Aşağıdana dolaylarında Alt-Orta Eosen nümmilit fosilli kireçtaşı, kumtaşı ve marn dağılışı göstermektedir. Diğer Senozoyik tabakalar, Orta Eosen yaşlı olarak; Cemaller, Hacılarobası, Çerçen, Üçbölük, Çavuşlar, Bürnük, Karabük dolaylarında ve Araç Çayı ile Soğanlı Çayı arasında kalan kısmı kapsayan sahada dolomitik killi kireçtaşı ve neritik kireçtaşı görülmektedir.

Çalışma sahasının kuzeydoğusunda; Sabuncular, Yolbaşı ve Alören dolayları ile Karabük dolaylarındaki Arıcak mevki çevresinde Pliyosen yaşlı kiltası ve göl sel kireçtaşı yer almaktadır.

#### ***Kuaterner (4. Zaman)***

Anadolu şimdiki görünümüne Kuaterner başlarında Pleistosen'de kavuşmuştur. Çalışma sahası içerisinde Kuaterner kökenli alüvyon oluşumlu araziler, Araç ve Soğanlı Çayı ile bu çayların yan dere kolları olan, Eflani Deresi, Kirpe Deresi, Tabakhane Deresi, Küçükçay Deresi, Eskipazar Deresi, Bağırsak Deresi ve Ayık Deresi gibi derelerin yataklarında görülmektedir. Alüvyon birikimlerin yeni oluşumları çayların hemen yataklarında bulunurken, daha eski oluşumları çay ve dere boyunca uzanan taraçalarda yer almaktadır.

Kuaterner kökenli kolüvyal materyaller ise genellikle dağların eteklerinde bulunmaktadır. Havza genelindeki dağ eteklerinde bulunan kolüvyal materyaller özellikle çalışma sahasının kuzeybatısında bulunan Sarıçiçek Dağı eteklerinde görülmektedir.



Harita 3. Araştırma Sahasının Litoloji Haritası

### 1.1.2. Tektonik Özellikler

İnceleme alanı ve yakın çevresinde görülen yapısal şekiller Mesozoyik'ten sonra, fakat özellikle Tersiyer döneminde oluşmuştur. Alpin orojenik hareketlerinin etkin olduğu sahada, yer yer faylar göze çarpmaktadır.

Çalışma sahasının güneyindeki Gerede-İsmetpaşa hattından geçen doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay hattı aktif bir fay hattıdır. Bu hat Doğu-Batı yönlü uzanım gösterdiğinden dolayı, saha üzerinde genellikle D-B yönlü birçok yapısal ve morfolojik şekil oluşmuştur. Bölge özellikle Alp-Himalaya kıvrım sistemi üzerinde bulunduğundan dolayı, 3. jeolojik zaman içerisinde meydana gelen orojenik hareketlerin etkisinde kalarak kıvrımlanma ve faylanmaya uğramıştır. Mesozoyik dönemin başlarında etkisini gösteren Erken Alp orojenezi sonucu kara halindeki Karabük ve Safranbolu Havzası, Kretase başlarından itibaren su altına girmeye başlayarak, derin bir havza özelliği taşımaktadır. Bölgede Kretase dönemi içerisinde çevresine göre jeolojik uyumsuzluk gözlenmiş; Karabük ve Safranbolu Havzası Alp orojenezinin etkisiyle kıvrılarak yükselme göstermiştir. Daha sonra ise Paleojen birimler kıvrımlanma göstermeye başlayarak, Neojen ve Kuaterner yaşlı çökeller bu birimlerin üzerine uyumsuz bir şekilde yerleşmiştir (Koçyiğit, 1987).

Safranbolu havzasındaki diğer yapısal şekiller D-B doğrultuludur. Antiklinallerin dar olduğu, senklinallerin ise daha belirgin olduğu bir harita örneği görülmektedir. Ana kıvrımlar güneyden kuzeye sırasıyla Ömerler senklinali, Yiğitler antiklinali, Ovacık senklinali, Sonya senklinali ve Eflani senklinalıdır. Ovacık ve Sonya senklinalleri arasında Karagöl Fayı ile kuzeye itilme nedeniyle antiklinal yapısı kaybolmuştur (Aksoy, 2005). Çalışma bölgesinde, jeolojik dönemler içerisinde meydana gelen bozulmalar sonucu kıvrımlanmalar ile birlikte birçok ters fay oluşmuştur (Fotoğraf 2).

Çalışma sahasında görülen en önemli fay hattı, Karabük Havzasını KD-GB yönünde sınırlayan Karabük ters fayıdır. 60-65 km devam eden bu hat boyunca, çalışma sahasının kuzeyinde bulunan Kretase yaşlı Ovacuma çökelleri yükselme göstermiştir. Fay hattı boyunca Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları Kretase yaşlı fliş ve Tersiyer yaşlı kireçtaşları üzerine gelmiştir. Fayın her iki yanında, faya çok yakın noktalarda kırılmalar meydana gelmiştir. Özellikle Güneydoğu bloktaki Tersiyer yaşlı

Safranbolu kireçtaşları hemen hemen yatay konumda olmasına karşın fay hattındaki eğim genellikle  $10^{\circ} - 50^{\circ}$  arasında ve yatay konumda olması nedeniyle düşey ve devrik konumlar kazanmıştır. Ancak bu fay şu an aktif değildir. (Blumenthal, 1948; Akt; Saner 1980). İnceleme alanında, ana fay hattı olan Karabük fayı ile buna bağlı olarak gelişim gösteren diğer fay hatları boyunca özellikle de tortullanma ile oluşan kireçtaşlarında derince yarılmalar meydana gelmiştir.



**Fotoğraf 2.** Safranbolu Hızır mağarasının kuzeybatısında oluşmuş fay dikliği.

Depremsellik konusuna bakıldığında ise; Eski çağlardan beri çeşitli uygarlıklara mezar olan Anadolu, genç oluşumlu olmasından kaynaklı olarak sürekli depremlerle sarsılmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşundan itibaren de günümüze kadar can ve mal kaybına yol açan 40'dan fazla, büyük ve şiddetli deprem olmuş bu depremlerde 100.000 civarında can kaybı meydana gelmiş, 450.000'den



fazla yapı da yıkılmış veya ağır hasara uğramıştır. Yapılan istatistiksel çalışmalar her 35-40 yılda bir yıkıcı depremlerin etkisiyle büyük yerleşim alanlarından birinin yerle bir olduğunu göstermiştir. Türkiye topraklarının % 96'sı deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır. Ülke nüfusunun %98'i, sanayi merkezlerinin %98'i, barajların % 92'sinin de deprem bölgelerinde yer aldığı görülmektedir (Pampal, 1999; Aksoy, 2005).

Türkiye Alp-Himalaya Deprem Kuşağının aktif bölgesinde yer almaktadır. Özellikle Türkiye'nin batısından doğusuna kadar tüm Anadolu'yu kat eden, Erzincan civarında ikiye ayrılarak biri güneydoğuya doğru İran'a, diğeri ise doğuya Ermenistan'a doğru uzanan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) en aktif fay hattını meydana getirir. KAF'ın dışında, Anadolu'nun batısında Ege Graben Sistemi ve Doğu Anadolu Fayı'nın (DAF) etki alanı içinde kalan alanlar da depremsellik yönünden çok aktif bölgelerdir. Doğu Anadolu Fay hattında, Erzincan civarında kırık bakımından sıkışma olup bazı dönemlerde şiddetli depremler meydana gelirken, batıda ise graben sisteminde büyüklüğü diğere deprem bölgelerine göre daha küçük olan depremler meydana gelmektedir.

Kuzey Anadolu Fay Hattı, Karabük şehir merkezine 55 km uzaklıkta yer almaktadır. Kuzey Anadolu Fay Hattı bu bölgede Bolu-Gerede ilçesinden başlayıp, Karabük sınırında Eskipazar İlçesi İsmetpaşa dolaylarından ve Kastamonu Tosya İlçesinden geçerek uzanmaktadır. Bu bölgede 1943 yılında 7.2 şiddetinde Tosya-Lâdik depremi olmuş 25000 ağır hasarlı bina ve 2824 can kaybı yaşanmıştır. 1944 yılında ise 7.2 şiddetinde Bolu-Gerede depremi olmuş ve Karabük ilinde en büyük hasarı da bu deprem vermiştir. Bu deprem 7.2 şiddetinde 20865 yıkık ağır hasara ve 3959 cana mal olmuştur. Ayrıca Karabük yakınından ikinci bir tali Amasra-Abdipaşa-Safranbolu-Karabük-Eskipazar fay hattı da geçmektedir (Pampal, 1999).

### **1.1.3. Jeolojik Gelişim**

Günümüzde Kuzey Anadolu Dağları, Mesozoyik dönemde Anadolu levhası ile Avrasya levhası arasında kalan Tetis Denizi tarafından işgal edilmiştir. Fliş sedimenti, günümüz Karadeniz kıyılarını işgal eden Tetis Denizi'nin üst kısmında biriken kum, silt, karbonat ve kil malzemelerinden oluşmaktadır. Mesozoyik sonundaki levhaların birleşmesi sonucu dişler yavaşça kapanmaya başlamış, böylece günümüzde Kuzey Anadolu Dağları'nın çoğu bölgeleri ortaya çıkmıştır. Alpin

orojenezinden önce, çalışma alanının kuzey kısmının çöküşü sonucu oluşan ovalar, içinde ağırlıklı olarak karbonatların biriktiği Eosen sığ denizleri tarafından işgal edilmiştir (Törk, 1995; Coşkun, 2015).

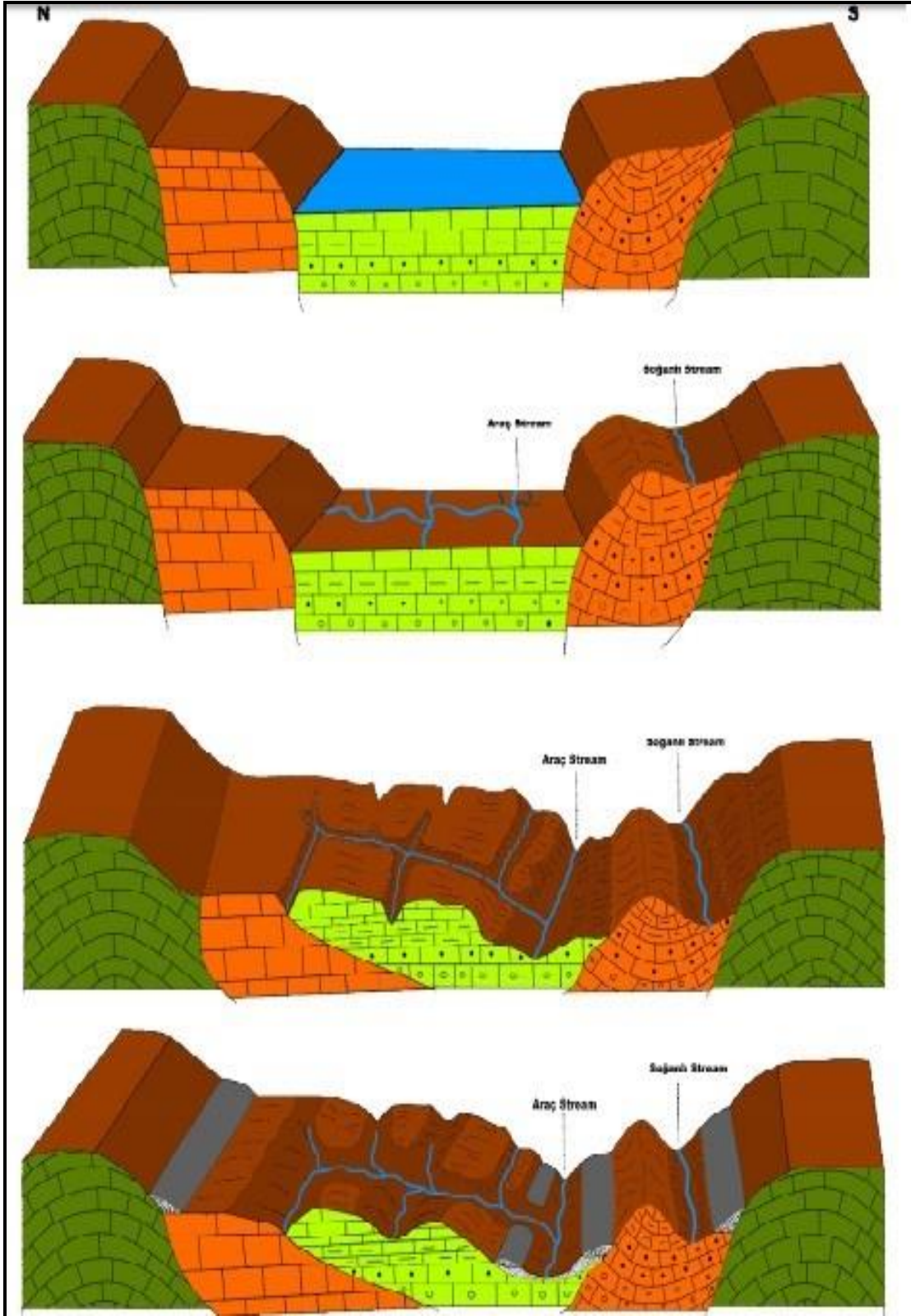
Paleozoik jeotektonik evrimi ile saha kara haline gelmiştir. Sahada Mesozoik'teki ilk transgresyonla Üst Jura-Alt Kretase yaşlı sığ denizel karakterli Zonguldak litolojik birimi çökelmiştir. Alt Kretase sonunda blok faylanmalarla birlikte çukur alanlara çöken çakılların oluşturduğu Ahmetusta çakıltaşı ve kumtaşı-şeyl ar dalanması şeklinde Ulus litolojik birimi birbiriyle üst üste çökelmiştir. Alt Kretase'de başlayan fliş çökeli Üst Kretase'de de devam etmiş, Üst Kretase sonlarında ve Paleosen'de bölge yükselmiş, su üzerine çıkarak aşınma alanı oluşmuştur. Üst Paleosen'de aşınma bölgesine deniz transgresyonu ile Safranbolu Kireçtaşı çökelmiştir. Safranbolu Kireçtaşı üzerine dereceli geçişli olarak, alt kesimleri marn olan Karabük litolojik birimi yerleşmiştir. Bu birimin üste doğru taneleri irileşmekte ve katmanları kalınlaşmaktadır (Törk, 1995).

Coşkun (2015)'un çalışmasına göre; Oligosen döneminde Kuzey Anadolu Dağları'nın tamamı Alp tektonik hareketleri tarafından oluşturulmuştur. Flüviyal etmenler tarafından taşınan malzemeler, çoğunlukla denizin dibinde kumlu ve killi malzemelerle karbonatlar olarak depolanmıştır. Alp tektonik hareketlerinin ardından Safranbolu Platosu'nun güneyinde Neotektonik hareketler başlamış ve bu yüzden faylanma hareketleri Karabük depresyonunu oluşturmuştur. Aslında, Arabistan levhasının kuzeye doğru hareketi, Anadolu'nun sıkışmasına ve yükselmesine neden olmuştur. Böylece Doğu ve Kuzey Anadolu fay hatları oluşmaya başlamıştır. Erzincan, Erbaa-Niksar, Lâdik, Kargı, Tosya, Ilgaz, Kurşunlu, Çerkeş, Gerede ve Bolu gibi çöküntülere maruz kalan bu depresyon alanı Kuzey Anadolu fay hattı bölgesine paralellik göstermektedir.

Günümüzde Karabük depresyonu, malzemelerin çoğunlukla çeşitli büyüklükteki çakıl ve kumlu malzemelerde, kil ve karbonatlarda biriktiği sığ göl ile kaplanmıştır. Neojen, günümüzdeki nehir sisteminin ana kuruluş dönemidir. İlk olarak, depresyonlara kurulan D-B yönünde akış gösteren Araç ve Soğanlı Çayları tektonik olarak, alanın yükseltilmesi ve taban seviyesinin düşmesiyle birlikte ana vadilerini oluşturmuşlardır. Bu nedenle, çoğunlukla geriye doğru olan flüviyal aşındırma bu zamanda yoğunlaşmıştır. Bolu-Gerede tektonik depresyonunda akış gösteren Gerede

Çayı, Soğanlı Çayı tarafından kapılmıştır. Öte yandan senklinaller, Karabük'ün güney kesimlerinde olduğu gibi akarsuyun oluşturulmasını da sağlamaktadır. Aslında, marn, kiltası, kumtaşı, konglomera ve çamurtaşı katmanlarından oluşan senklinal, aşındırma nedeniyle tünemiş senklinale dönüşmüştür. Burada kireçtaşı varlıkları ise senklinalin üst kısmında rahatlıkla görülmektedir. Coşkun (2015)'un çalışmasında Neojen göl çökellerinden bahsedilirken, MTA'nın bu kesim için oluşturulmuş haritasında jeolojik devir olarak Neojen yerine Eosen yaşı birimlerden bahsedilmektedir. (Şekil 6).





Şekil 6. Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzasının Jeolojik Gelişimi (Coşkun 2015).

Karabük depresyonundaki sığ göl havzası, geriye aşındırma nedeniyle Yenice Çayı tarafından kapılmıştır. Böylece bölge karasal alana dönüşmüştür. Neojen depresyonu üzerinde akan Araç ve Soğanlı çaylarında yatay yapı görülmektedir. Burada, kumlu ve konglomera tabakası üzerinde oluşmuş ve vadi boyunca marn tabakalarına göre aşındırmaya karşı çok dayanıklı olan kornişler görülmektedir. Diğer yandan, Araç ve Yenice Çayları'nın yatağını aşındırmaya devam etmesi ve ana nehrin taban seviyesinin düşmesiyle birlikte taraçalar oluşmuştur. Araç Çayı vadisinde uzanan farklı seviyedeki taraçalar rahatlıkla göze çarpmaktadır. Karstlaşma olgusunun kireçtaşları üzerinde devam etmesi ve yer altına sızmasıyla birlikte, yüzey karstının yanında derinlik karstının da hızlanmasına sebep olmuştur. Bundan dolayı, Safranbolu civarında ve Yenice'nin doğusunda görüldüğü gibi bazı mağaralar oluşmuştur.

Karabük litolojik birimi üzerine menderesli akarsu çökelleri gelmektedir. Günümüz Araç Çayı yörelerine kadar sahil çizgisinin gerilemesi ile kara haline gelen bölgede Çamlık Çakıltası litolojik birimi çökelmiştir. Paleojen sonunda transgresyona uğrayan bölge Neojen'de gösel özelliktedir ve Oligosen'e geldiğimizde ise deniz tamamen çekilmiş durumdadır (Törk, 1995). Safranbolu bölgesinde yaygın olan Eosen kireçtaşlarının varlığı bu durumu yansıtmaktadır. Araştırma sahası bugünkü görünümünü Kuaterner başında almıştır.

## **1.2. Jeomorfolojik Özellikler**

Bu bölümde, araştırma sahasında gözlenen jeomorfolojik özellikler genel olarak açıklanmış, jeomorfolojinin karstlaşmaya etkisi ise ikinci bölümde karstik özellikler kısmında incelenmiş ve anlatılmıştır.

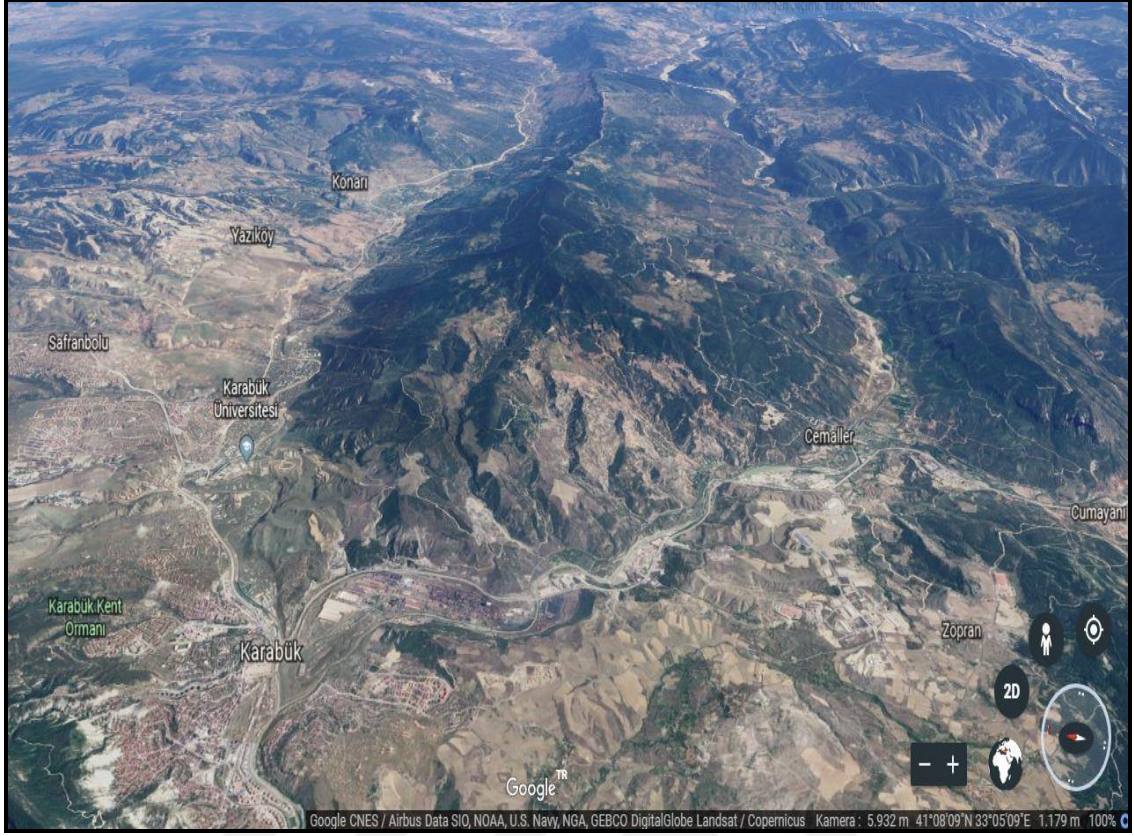
Jeomorfolojinin amacı, birbirinden farklı topografya şekillerini tanımlamak, oluşumlarını açıklamak ve bunların coğrafi dağılışı ile sınıflandırmalarını yapıp nedenlerini meydana çıkarmaktır. Ancak, bu hususları yerine getirebilmek için temel bir takım bilgilere sahip olmak gerekir. Aslında bu bilgiler “Coğrafyacı” olmanın ön koşullarıdır (Sür, 1986). Jeomorfoloji, yeryüzü şekillerini ve oluşum süreçlerini en ince ayrıntısına kadar incelemektedir. Çalışma alanında dış kuvvetlerin ortaya çıkardığı bazı jeomorfolojik unsurlar ve bunların oluşum süreçleri bu bölümde göz önüne serilecektir.

Yeryüzünde mevcut ana yer şekilleri dağlar, ovalar ve platolardan oluşmaktadır. Bunlar vadi, taraça, tepe gibi başlıca yer şekillerinin bir araya gelmesi sonucunda meydana gelmişlerdir (Hoşgören, 2010; Sarıcı, 2015). Bu ana yer şekillerinin dışında, bazı bölgelerde çok sayıda farklı jeomorfolojik oluşumlar da yer almaktadır. Örneğin karstik sahalarda meydana gelen lapy, polye, uvala, dolin, mağara gibi bazı oluşumlar bunlara örnek olabilir.

Dış kuvvetler etkisiyle meydana gelen aşındırma ve biriktirmeye maruz kalan topografya üzerinde, dirençli ve dirençsiz kayaçların birçok örneğini sahada görmek mümkündür. Ancak, dikkat edilmesi gereken bir şey ise, litolojik etkinin az çok belirli bir çerçevede içinde oluşmasıdır. Büyük yüksekliklere erişen dağ sıralarını, çok geniş depresyonları sadece litolojiye yüklemek mümkün değildir. Aksi takdirde, yükseklik ile kayaç direnci arasında gerçek bir bağlantı olması gerekir ki, gerçekte durum böyle değildir. Örneğin, yükseltisi az bazı alçak sahalarda dayanıklı kayaçların bulunmasına karşın, bazı yüksek dağlar üzerinde ise dayanıksız kayaçların yer aldığı da görülebilir (Sür, 1986).

Akarsular yeryüzünü vadiler oluşturarak şekillendirirler. Başlangıçta aşındırmayla oluştuğu sanılsa da bir taraftan çözünme ve kütle hareketlerine, diğer bir taraftan ise döküntülerin taşınmasına bağlı olarak vadilerde biriktirme yapmaktadır. Vadi yamaçları yana kazma dışında, yüzeysel akış, sel yarınmaları, çözünme ve kütle hareketleri birinci derecede rol oynamaktadır. Vadilerin sık olması yeryüzünün genç olduğunu göstermektedir. Vadinin yamaçlarının özellikleri; yapı, morfolojik evrim, litoloji ve iklim gibi etkenlerden kaynaklanmıştır. Dirençli kayaçların bulunduğu alanlarda da yamaçlar diklik arz eder (Sür, 1986; Erinç, 2000; Sarıcı, 2015). Akarsuların, eğimi daha fazla olan yüksek yerlerde akış hızının fazla olmasından dolayı çentik vadiler oluşmasına karşın, eğimin azaldığı daha alçak ve engebesiz yerlerde ise bu vadiler yana doğru genişlemektedir (Harita 4).





**Görsel 1.** Çalışma sahasının doğuya doğru genel görünümü (Google Earth görüntüsü).

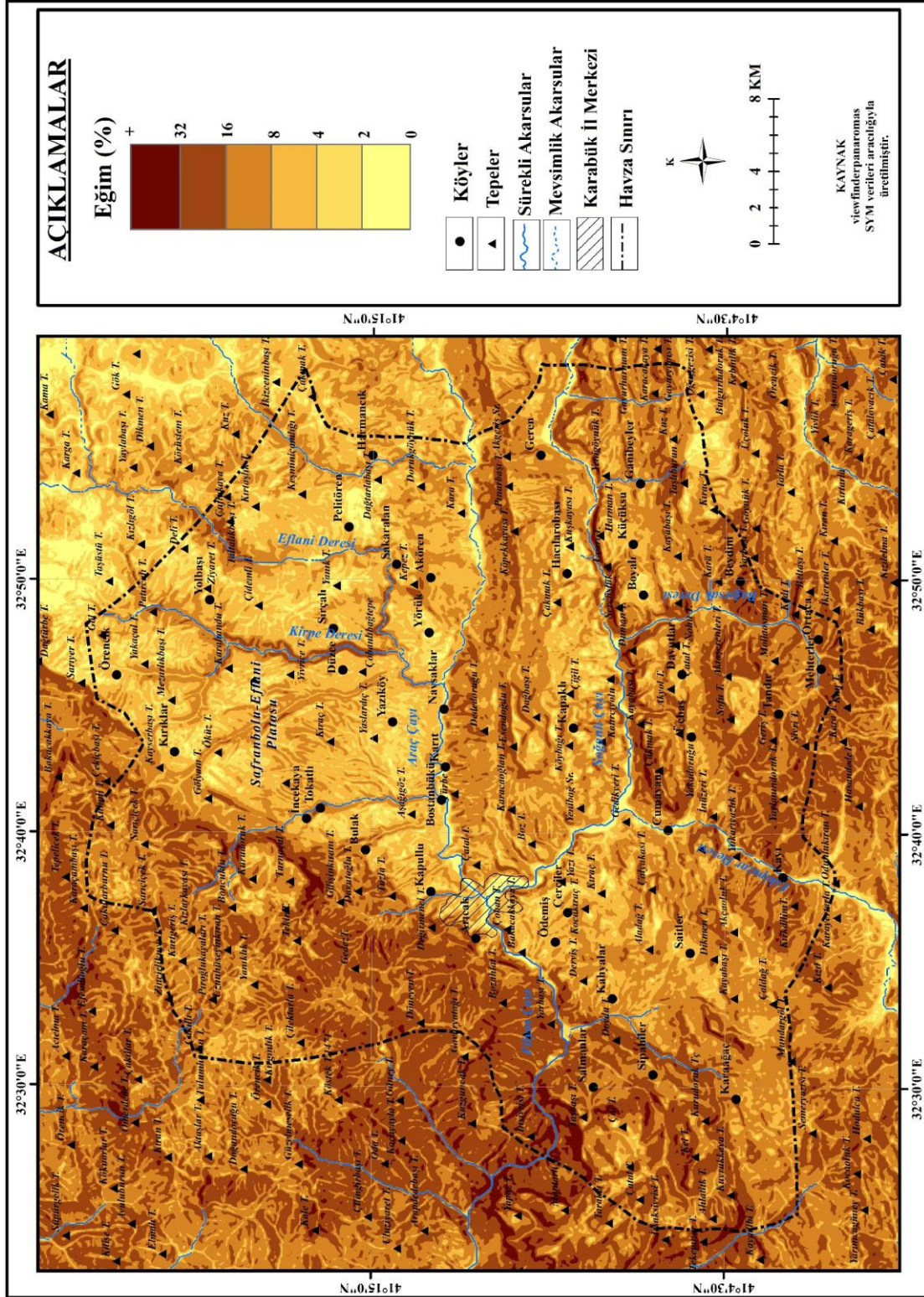
Araştırma sahasının ana jeomorfolojik birimleri arasında dağlar, platolar ve ovalar yer almaktadır. Karabük'ün güneydoğusundan gelen Soğanlı Çayı ile kuzeydoğusundan gelen Araç Çayı birleşerek Yenice Çayı'nı oluşturmaktadır. Güneybatı yönüne akan Yenice Çayı istikametinde uzanarak devam eden etrafında ki yüksek tepeler, sahadaki yerleşimin düzenli bir şekilde büyümesini engelleyerek, daha dar bir alanda bulunan düzlükler üzerinde gelişmesini sağlamıştır.





**Fotoğraf 3.** Araştırma sahası yatay yapı özelliği göstermektedir. Yapının karakteristik elemanlarından biri olan mesa oluşumuna bir örnek (Yörük köyünün kuzey kesiminden).

Karabük, Araç ve Soğanlı Çayları'nın ana akarsuya katıldıkları Yenice Çayı'nın oluşturduğu vadiler ile bunlar arasında yer alan plato sahalarından oluşmuş bir yapıdadır. Karabük ve çevresinde eğim oranı genel olarak fazladır. Karabük civarında az eğimli (%0-10) ve eğimli (%10-20) alanlar yer alırken, Karabük'ün çevresine doğru eğim oranı artmaktadır. Karabük çevresinde eğim oranına baktığımızda; dik (%20-40) ve aşırı dik (>%40) morfolojinin yer alması jeoteknik problemlere neden olmaktadır (Harita 5). Mevcut durum yerleşme dokusunu da olumsuz etkilemekte ve böylece Karabük bir çanak şeklinde gelişimi sınırlanan bir yer haline gelmektedir (Karabük İl Özel İdaresi Stratejik Plan, 2015).



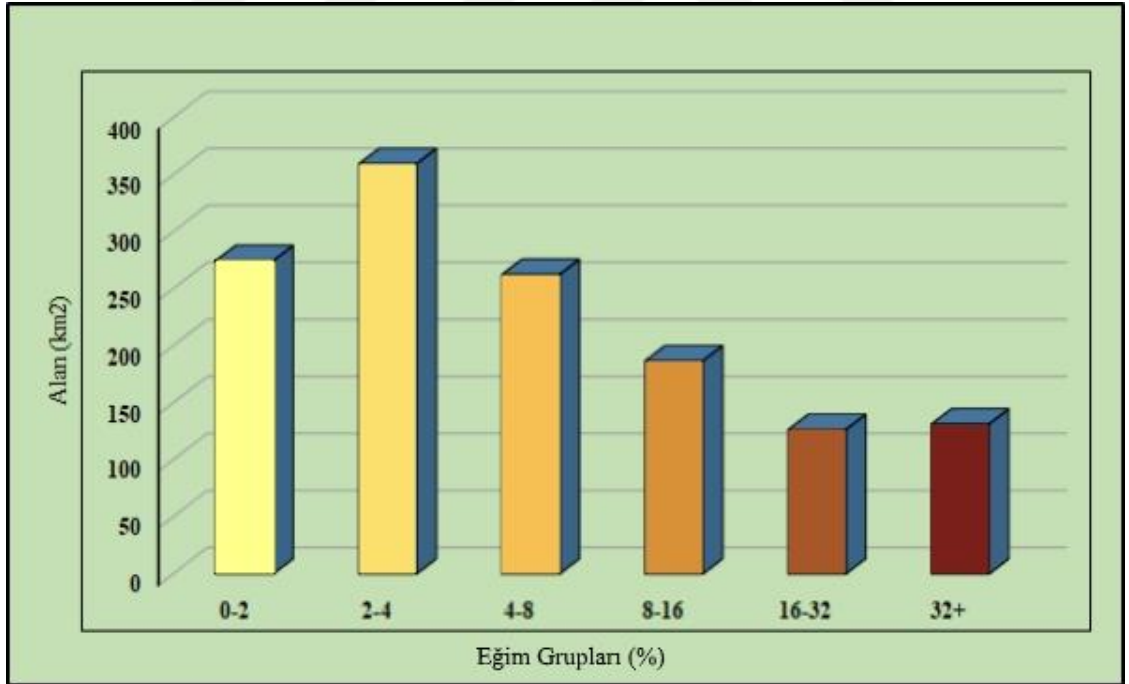
Harita 5. Araştırma Sahasının Eğim Haritası

Safranbolu ve çevresi genellikle dik ve eğimli yüksek tepelerle çevrilidir (Tablo 1; Grafik 1). Çalışma alanının doğu kesimleri akarsular tarafından derince yarılmış ve kuzeybatı kesimlere doğru dik topografyasının yanı sıra sık bir bitki örtüsüne de sahiptir. Bu sebeplerden dolayı iç kesimlerde ulaşımı sağlamak için vadiler takip edilmektedir (Görsel 2).

**Tablo 1.** Karabük-Safranbolu Havzası Eğim Gruplarının Dağılışı.

Eğim Grupları (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)
0-2	274,6	17,5
2-4	359,6	23,1
4-8	262,5	15,3
8-16	186,7	14,7
16-32	126,5	11,5
32+	131,3	13,3
<b>Toplam</b>	<b>1347,5</b>	<b>100</b>

**Kaynak:** Harita Genel Komutanlığı verilerinden üretilmiştir.

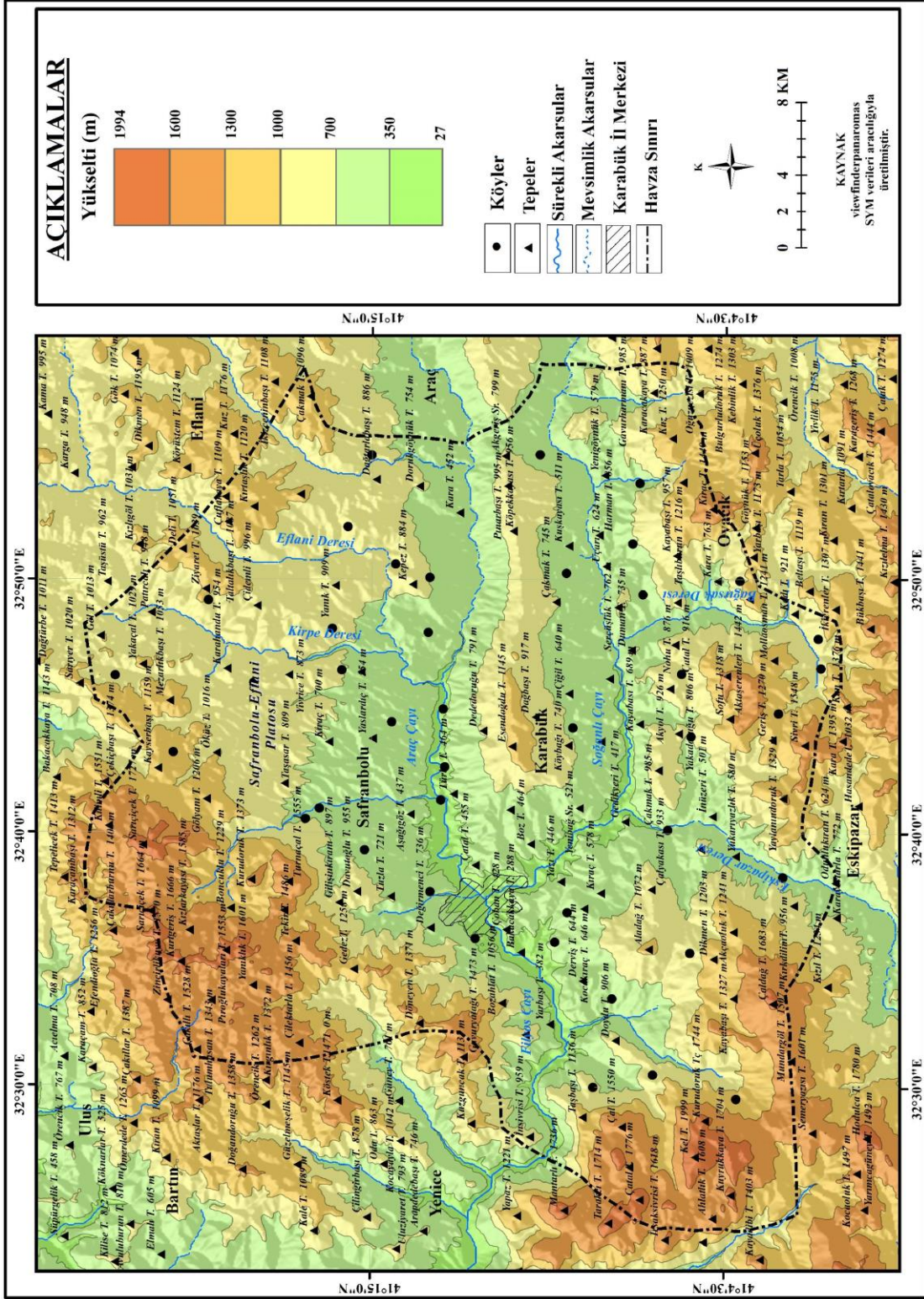


**Grafik 1.** Karabük-Safranbolu Havzasının Eğim Grupları Dağılışı.

Araştırma sahasında yer alan Karabük'ün etrafı yüksek tepelerle çevrili olduğundan dolayı bir havza özelliği göstermektedir. Ortalama 250–450 m. yüksekliğe sahip olan Karabük'te alüvyon dolgu, kuzeyden gelen tali derelerin vasıtasıyla

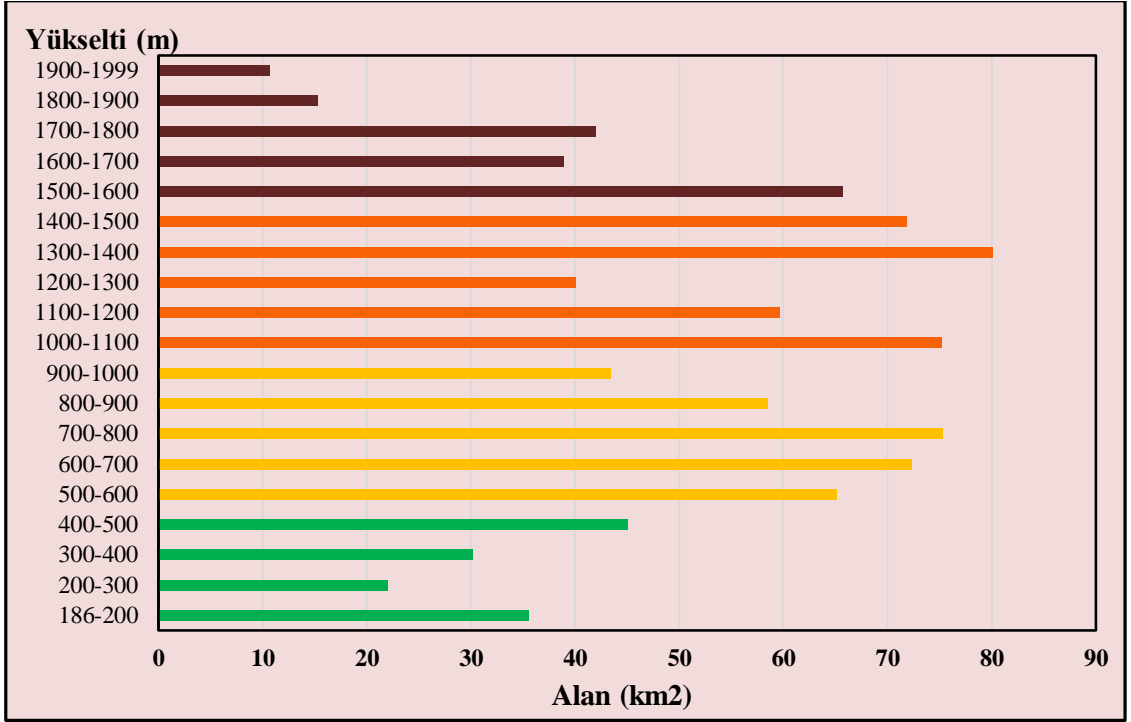
taşınmıştır. Doğusunda bulunan Safranbolu'da ortalama yükselti 700-800 m' ye ulaşmaktadır. Burada bulunan dağlar, Alp-Himalaya kıvrım sistemi içerisinde bulunan Kuzey Anadolu Dağları'nın parçası olduğu için kıvrımlı yapıdadır. Araştırma alanının en alçak noktası çalışma sahasının batısında ki Bolkuş yakınları civarı (186 m), en yüksek bölümünü Keltepe (1999 m) oluşturmaktadır. Karabük'ün ortalama yükseltisi 350 metre olup bölgedeki önemli yükseltiler Erenler Dağı (1735m), Örenler Dağı (1654m), Manastır Dağı (1555m), Yoğurtluyolbaşı Dağı (1400m), Tepedağ (1043m), Sarıçiçek Dağı (1750m) (Fotoğraf 4), Aladağlar (1040m) ve bölgede bulunan en yüksek dağ olan Keltepe (1999m)'dir (Harita 6).





Harita 6. Araştırma Sahasının Fiziki Haritası

Araştırma sahasının 100 m aralıklarla çizilmiş yükselti frekansı histogramına bakıldığında; 500-1700 m arasında yükselti yoğunluğu görülmektedir. En fazla yükselti basamağı ise 1300-1400 m aralığındadır (Grafik 2).



**Grafik 2.** Araştırma Sahasının 100 m Aralıklarla Çizilmiş Yükselti Frekansı Histogramı

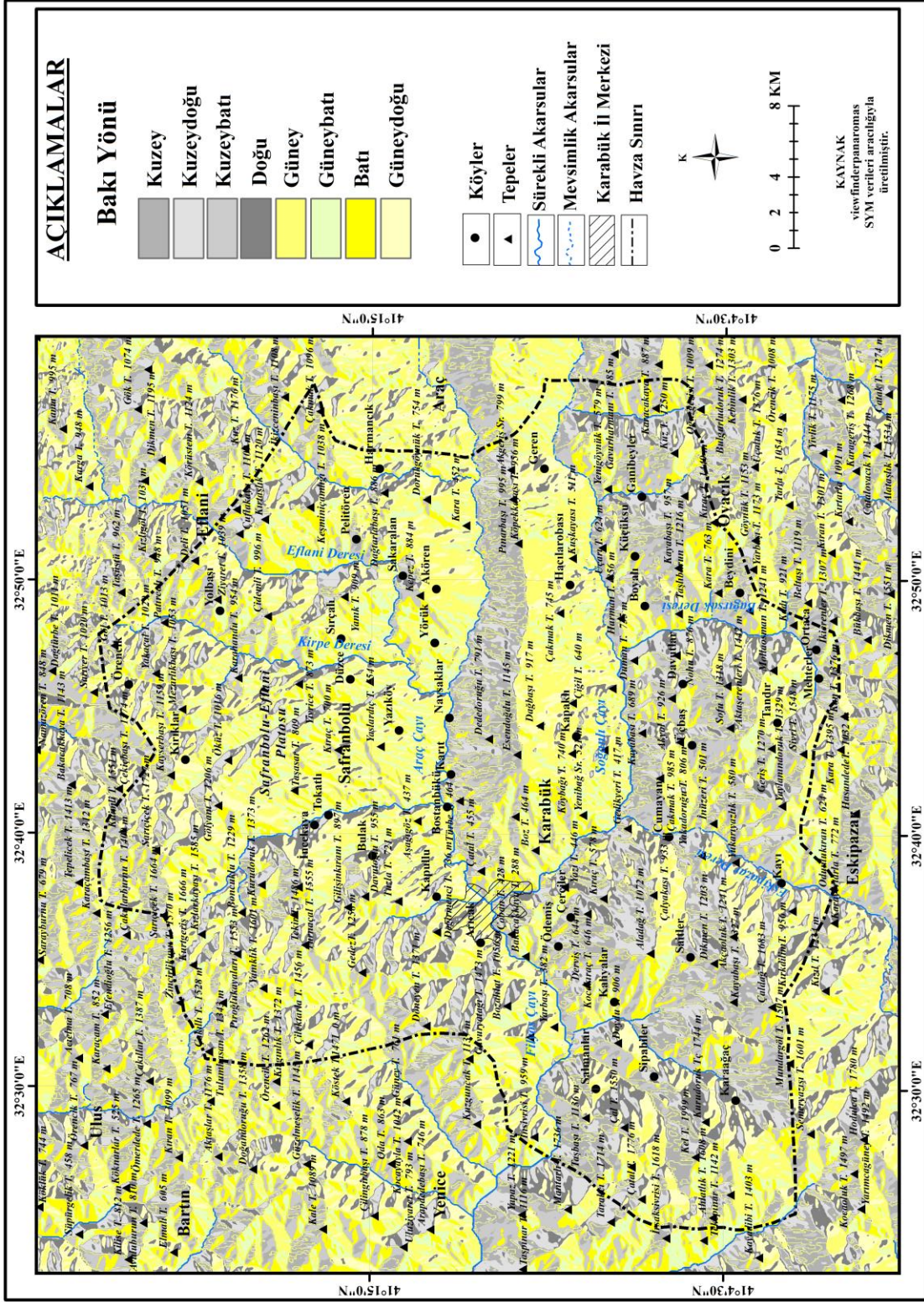


**Fotoğraf 4.** Safranbolu kuzeybatısında bulunan Sarıçiçek dağından bir görünüm.



**Görsel 2.** Çalışma sahasının kuzeye doğru genel görünümü (Google Earth görüntüsü).

Araştırma sahasında Güney yönlü bakılar %51'lik bir orana sahipken, kuzey yönlü bakılar %49'luk bir orana sahiptir. Çalışma sahasının kuzeye bakan yamaçlarında ortalama sıcaklık daha düşüktür. Çünkü dulda özelliği taşıyan yamaçlar bakı özelliği taşıyan yamaçlara göre güneş ışınlarından daha az yararlanır (Harita 7 ve Grafik 3).



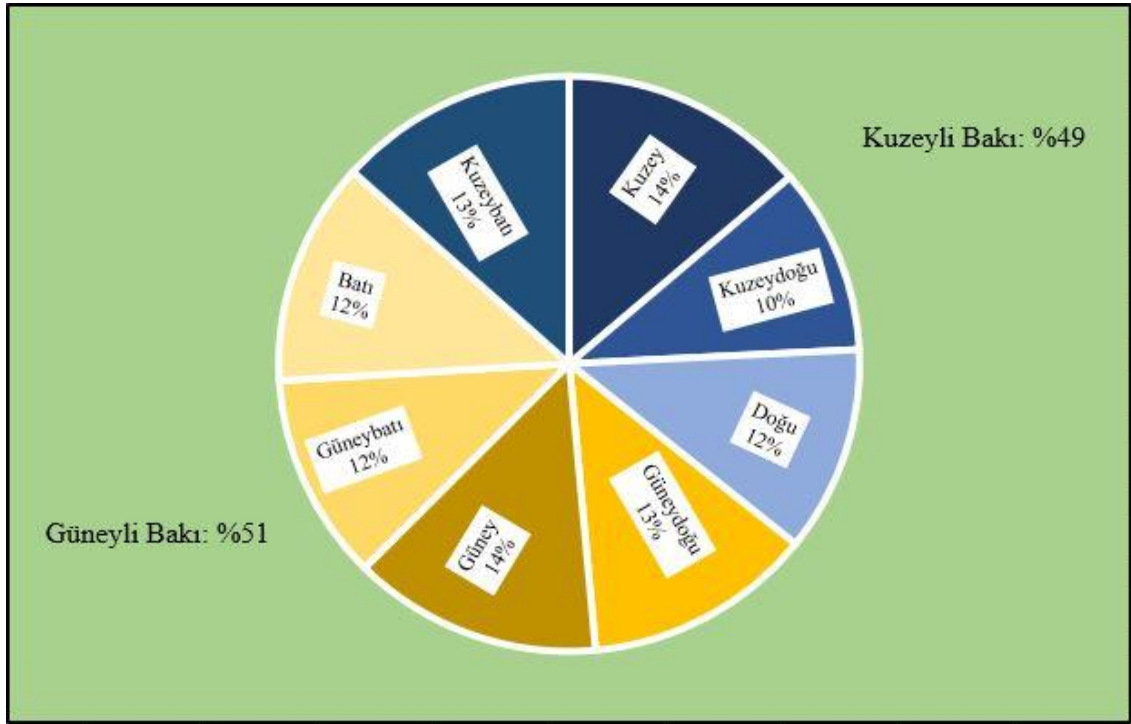
Harita 7. Araştırma Sahasının Baki Haritası



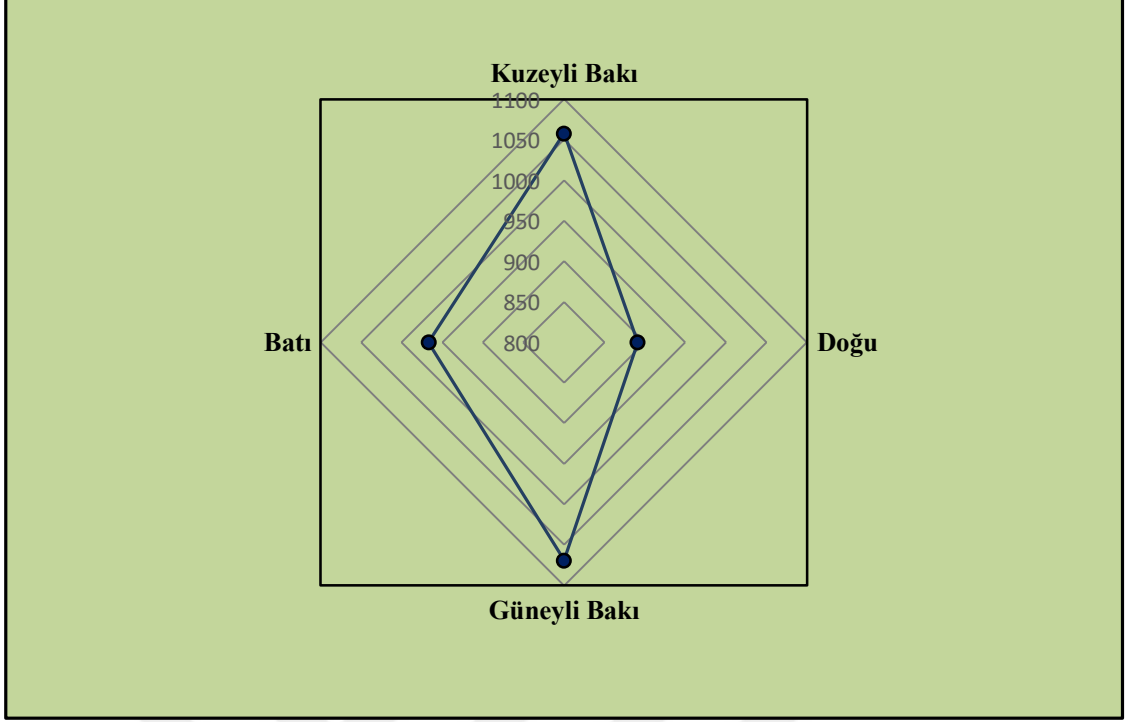
**Tablo 2.** Araştırma Sahasında Bakı Yönlerinin Oransal Dağılımı.

Yön	Bakı Oranı (km2)	Bakı Oranı (%)
Güney	1069	14,1
Kuzey	1058	13,9
Kuzeybatı	1029	13
Güneydoğu	982	12,7
Batı	967	12,5
Doğu	891	12
Güneybatı	894	11,8
Kuzeydoğu	805	10

**Kaynak:** CBS Verilerinden Üretilmiştir.



**Grafik 3.** Araştırma Sahasının Bakı Frekansları Grafiği.



**Grafik 4.** Araştırma Sahasının Bakı Frekansları Diyagramı.

Safranbolu dolaylarında, doğal güzellikteki yer şekillerinden olan kanyonlar, kireçtaşlarının sular tarafından derince işlenmesi sonucunda oluşmuştur. Çalışma sahasında bulunan kanyonların en önemlileri; Tokatlı (İncekaya), Sırçalı (Düzce) (Görsel 3; Fotoğraf 5), Bulak, Akçasu ve Sakaralan (Yaci) kanyonudur. Karabük ve Safranbolu havzasında çeşitli büyüklüklerde birçok mağara bulunmaktadır. Bunların en önemlileri, Bulak (Mencilis) ve Hızır Mağaraları'dır. Bu mağaralar karstik oluşumlu mağaralardır.



**Görsel 3.** Sırçalı Kanyonundan kuzeye doğru bir hava fotoğrafı (Google Earth görüntüsü).



**Fotoğraf 5.** Çalışma sahasının doğusunda bulunan Sırçalı (Düzce) Kanyonu (güneydoğudan kuzeybatıya doğru).

### 1.3. İklim Özellikleri

İklim; sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış gibi atmosfer koşullarının karşılıklı ilişkilerinden meydana gelen ve bunların uzun bir süre içindeki ortalama durumunu ortaya koyan özellik olarak tanımlanmaktadır (Hoşgören, 2010). İklim, coğrafi çevrenin şekillenmesini, insan yaşamının bölgeden bölgeye farklılaşmasını çok yakından etkileyen bir etmendir. İklim olayları, sıcaklığın gün ve yıl içinde farklılaşmasından kaynaklı olarak, kayaların fiziksel ve kimyasal dağılmasını, akarsuların rejimlerini, göllerin dağılışını ve sularının kimyasal özelliklerini, doğal bitki örtüsünü, insanların yeryüzündeki dağılışını, yayılışını ve ekonomik faaliyetlerini doğrudan etkiler. Yani iklim, fiziki coğrafi unsurların oluşumundan, beşeri faaliyetlere kadar coğrafya şartlarını belirleyici en önemli doğal süreçtir. Araştırma konusu olan karstlaşma ve karstik yapılar üzerinde oluşan yerüstü ve yerçi şekillerinin gelişiminde de iklim ana etmenlerden birisidir. Özellikle yağış ve sıcaklık koşulları, iklimin karstlaşma üzerindeki en temel iki unsurudur.

Bu bölümde genel iklim özelliklerinin ortaya konulması için öncelikle araştırma sahasında etkili olan planeter ve coğrafi faktörler hakkında bilgi verildikten sonra Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan rasat verileri sayesinde araştırma sahası ve yakın çevresinin genel iklim özellikleri incelenecektir.

Bölge morfolojik açıdan kuzey ve güneyden yüksek dağlarla çevrilidir. Kuzeyden Karadeniz Bölgesi'nin kıyı şeridinden gelen yağışlı havanın, yüksek dağlar nedeniyle iç kesimlerde etkili olamadığı gibi, güneyde de yüksek dağların engel görevi nedeniyle İç Anadolu Bölgesi'nin karasal iklimsel özellikleri tam etkili olamamaktadır. Bölge Karadeniz iklim kuşağından karasal iklim kuşağına geçiş zonu üzerinde yer almaktadır.

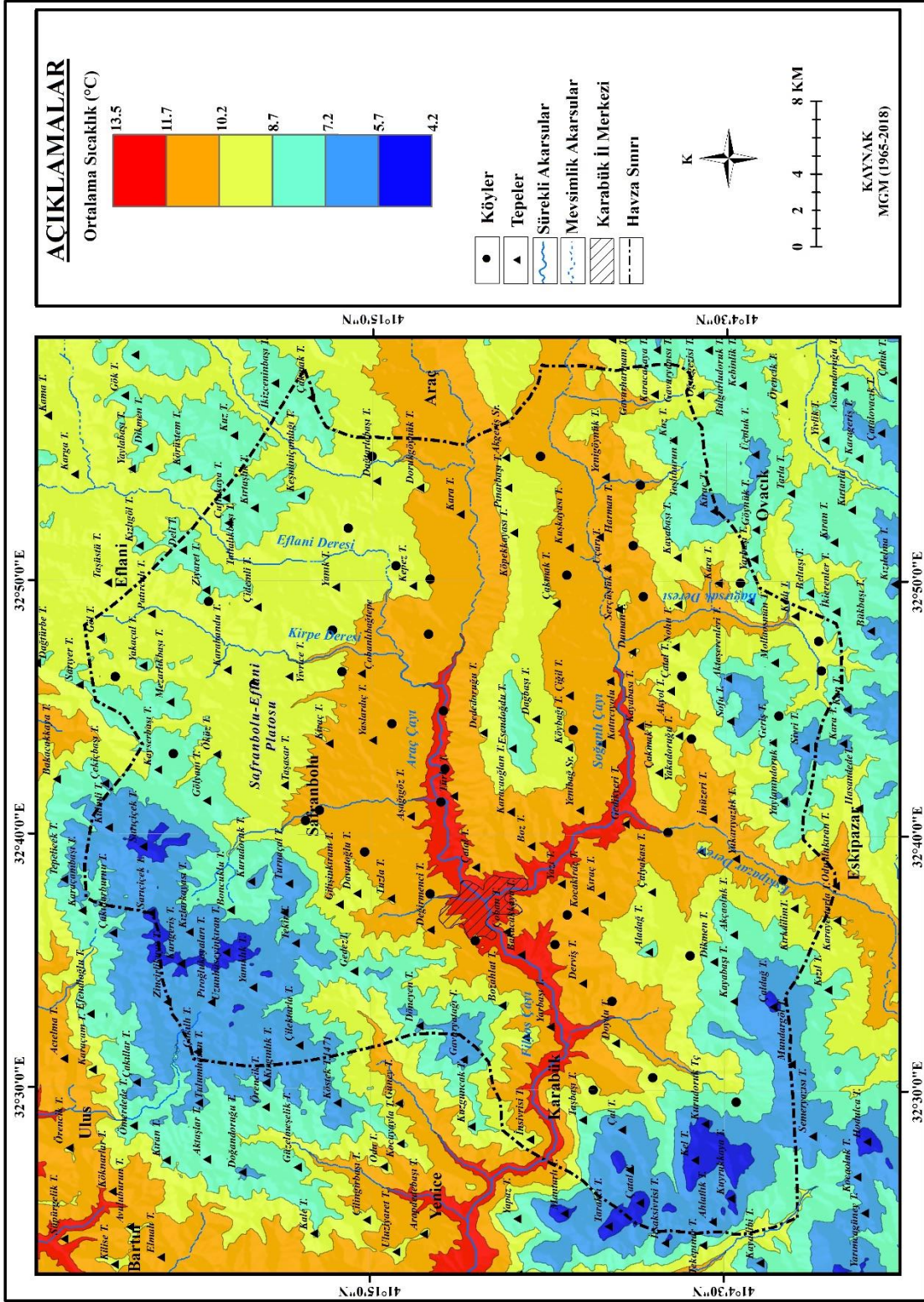
Karabük ile Safranbolu'da iklim Karadeniz iklimi, Akdeniz iklimi ve Karasal iklim arasında geçiş özelliği göstermektedir. Yüksek yerlerde karasal iklim görülürken, vadi tabanlarında iklim diğer yerlere göre daha yumuşaktır. Yazlar sıcak, kışlar soğuk, ilkbahar ve sonbahar ılık ve serindir. Yağışlar genellikle ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında görülmektedir.

Çalışma alanında farklı mevsimlerin etkisinden dolayı çeşitli hava koşullarının etkileri görülür. Kış mevsiminde atmosferik aktivite kuvvetlidir. Yüksek basınç

alanlarının kış aylarında güneye kayması ve Doğu Avrupa üzerindeki basıncın termik nedenlerle artması sonucunda Akdeniz Havzası bir alçak basınç alanı halini alır. Kuzey Avrupa üzerinden gelen Atlantik depresyonları ise, Akdeniz'e sık sık sokulan soğuk hava dalgalarını kuzeybatıya doğru iterek, fırtına ve bol yağışlara neden olmaktadır. İlkbahar mevsiminde, Akdeniz Havzası yüksek enlemlerden gelen soğuk hava kütleleri ile yine depresyonların etkileri altında bulunmaktadır. Ancak, İlkbahar'da depresyonlar, deniz yüzeyinin serinliği ve hava akımlarının Akdeniz'e ulaşmadan önce karalar üzerinde ısınmaya başlaması nedeniyle aşırı bulutluluğa ve bol yağışlara yol açacak nitelikte değildir. Sıcak ve kurak devrede ise, kontinental ve maritim polar hava kütleleri kuzeye çekilirken, Türkiye'de genel olarak tropikal hava kütlelerinin etkisi söz konusu olur. Yazdan sonbahara geçişte ise Ekim ortalarından itibaren soğuk koşullar yerleşmeye başlamaktadır.

Oldukça geniş sınırları olan çalışma alanının içerisinde bulunan meteoroloji istasyonları; Kapullu (Karabük), Baklabostan, Büyükdüz ve Safranbolu Meteoroloji istasyonlarıdır. Araştırma sahası yer şekilleri şartlarından, yükseltinin çok kısa mesafelerde önemli değişikliklerin görülmesi dolayısıyla yükseltiyle birlikte iklim elemanlarına ait verilerin de değiştiği bir sahadır. Bu nedenle temel iklim şartlarının belirlenmesinin de maksadıyla Kapullu (Karabük) (1965-2018), Baklabostan, Büyükdüz ve Safranbolu (1960-2018) meteoroloji istasyonlarının yanı sıra inceleme alanı dışında olmasına rağmen Araç (1986-2018) ve Yenice (1994-2018) meteoroloji istasyonlarından da yararlanılmıştır.

Yıllık ortalama sıcaklıklar, Büyükdüz'de 6,2 °C, Baklabostan'da 8,9 °C, Araç'ta 11,6 °C, Safranbolu'da 12,4 °C, Karabük'te 13,4 °C ve Yenice'de 14,1 °C'dir. Sıcaklığın aylara göre dağılımına baktığımızda ise en yüksek değerler, Büyükdüz'de 14,9 °C ile Ağustos ayında iken, Baklabostan'da 17,4 °C, Araç'ta 22,3 °C, Safranbolu'da 22,5 °C, Karabük'te 23,9 °C ve Yenice'de 24 °C Temmuz ayında ölçülmüştür. En soğuk aylar ise tüm istasyonlarda Ocak ayında (Büyükdüz -2,9 °C, Baklabostan -0,3 °C, Araç 1,5 °C, Safranbolu 2,3 °C, Karabük 3°C ve Yenice'de 5,3 °C) görülmektedir (Harita 8; Tablo 3; Grafik 5).

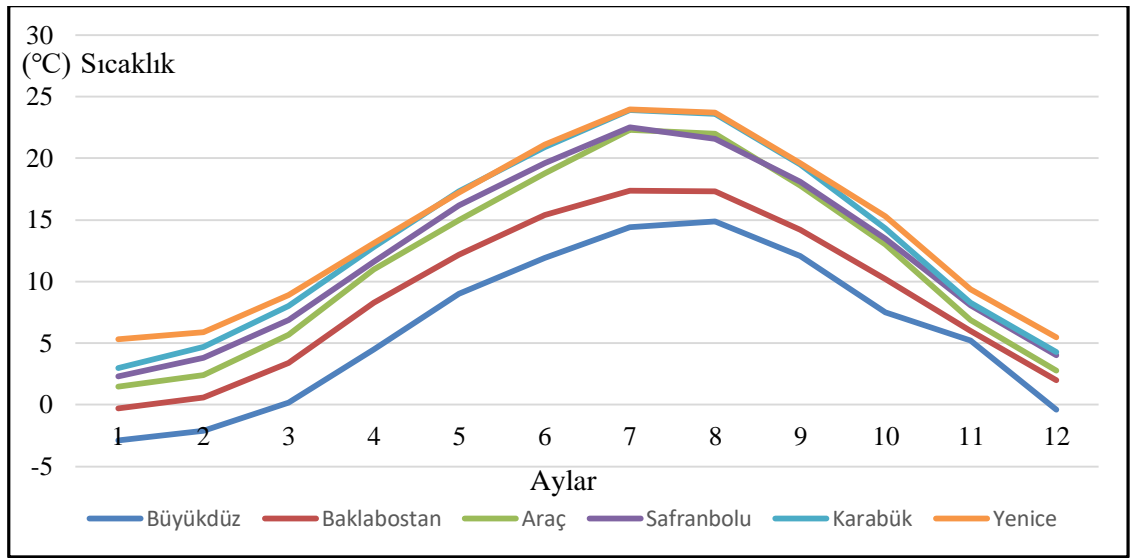


Harita 8. Araştırma Sahasının Ortalama Sıcaklık Haritası

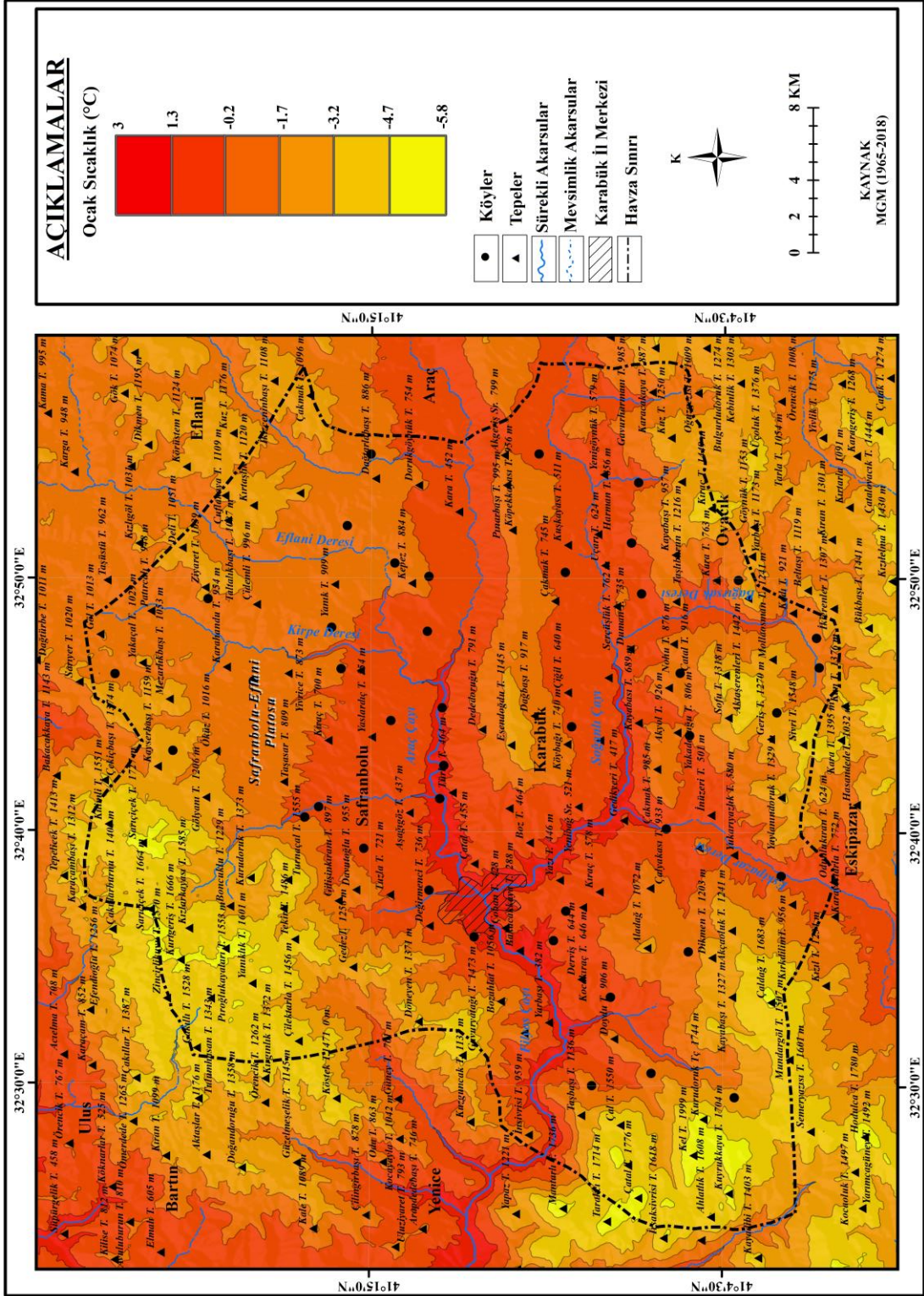
**Tablo 3.** MGM İstasyonlarının Uzun Yıllar Aylık Ortalama Sıcaklığı (1960-2018).

İstasyonlar	Rakım	Aylar												Yıl. Ort
		O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Büyükdüz	1560	-2,9	-2,1	0,2	4,5	9	11,9	14,4	14,9	12,1	7,5	5,2	-0,4	6,2
Baklabostan	860	-0,3	0,6	3,4	8,3	12,2	15,4	17,4	17,3	14,2	10,2	6	2	8,9
Araç	680	1,5	2,4	5,7	11	15	18,8	22,3	22	17,8	13	6,9	2,8	11,6
Safranbolu	581	2,3	3,8	6,9	11,6	16,2	19,6	22,5	21,6	18,1	13,5	8,1	4	12,4
Karabük	485	3	4,7	8	12,8	17,3	20,9	23,9	23,6	19,5	14,3	8,3	4,3	13,4
Yenice	182	5,3	5,9	8,9	13,1	17,2	21,1	24	23,7	19,6	15,3	9,4	5,5	14,1

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

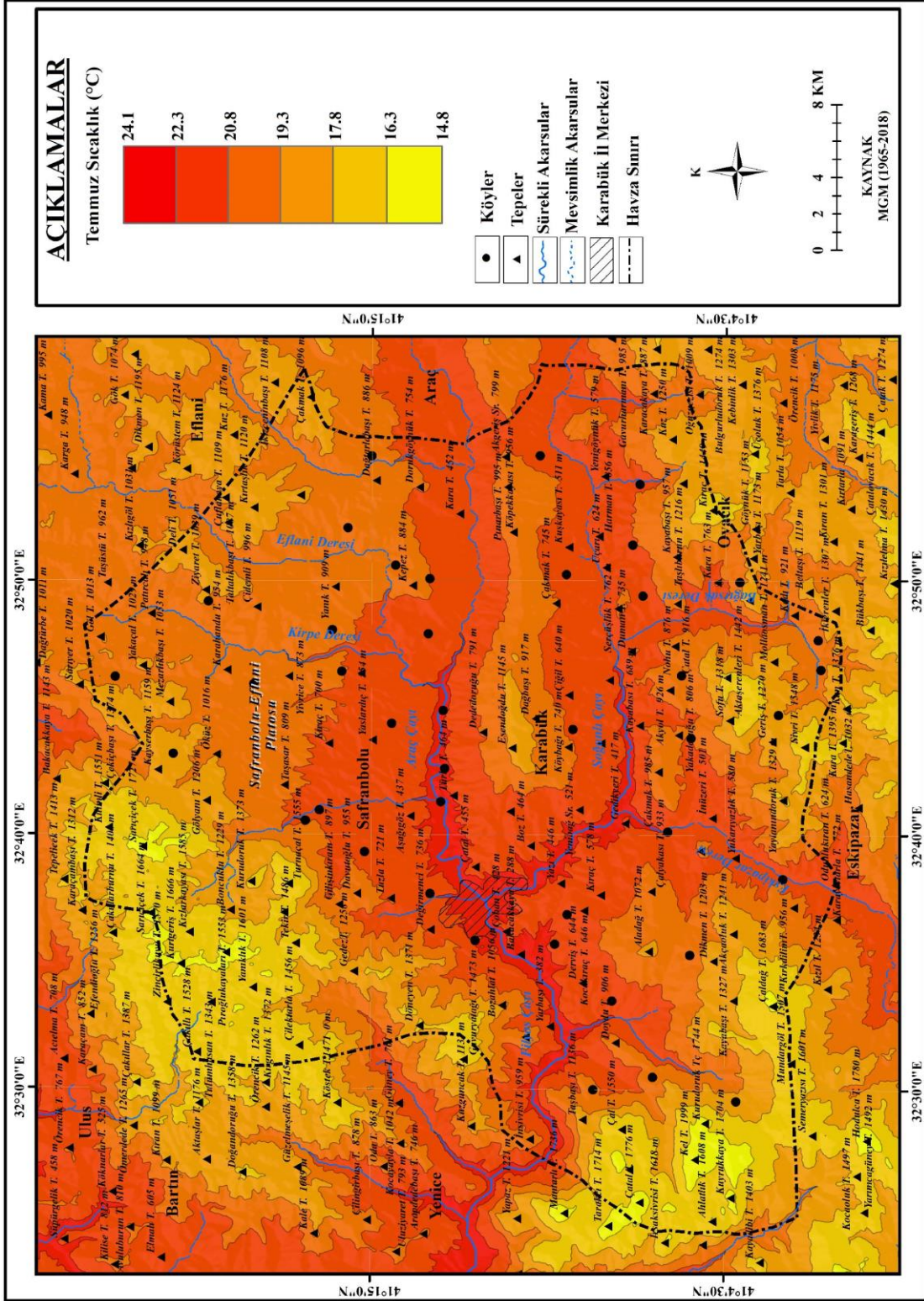


**Grafik 5.** Araştırma sahası içerisinde ve çevresinde bulunan istasyonların aylık ortalama sıcaklık grafiği.



Harita 9. Araştırma Sahasının Ocak Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası.





Harita 10. Araştırma Sahasının Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası.

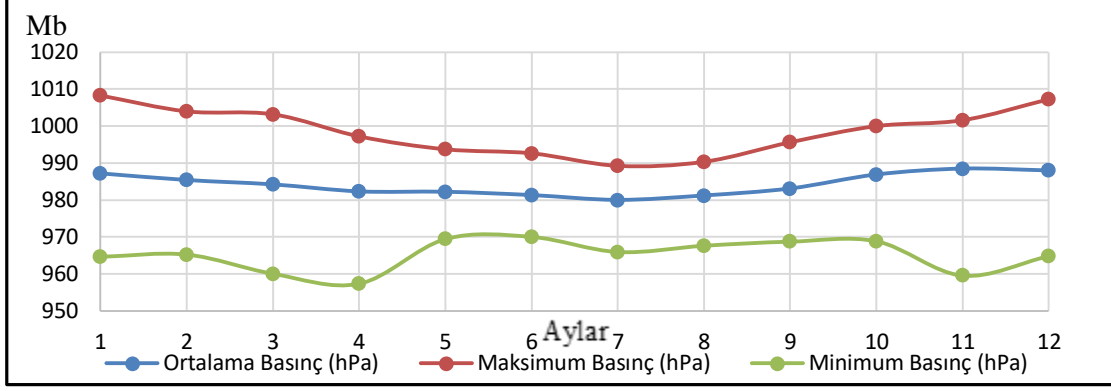
Basınç; bir kuvvetin, bir nesnenin yüzeyi üzerine uyguladığı itici, sıkıştırıcı etki ve bunun birim yüzeye isabet eden miktarı olarak tanımlanmaktadır (Hoşgören, 2010). Atmosfer basıncı ise, atmosferi oluşturan gazların sahip oldukları moleküler ağırlıklarının yerçekimi etkisiyle yeryüzüne ve üstündekilere yaptığı etkidir.

Araştırma alanında genel basınç ve rüzgâr şartlarının oluşmasında yukarıda anlatıldığı gibi, yıl içerisinde Türkiye’de etkili olan farklı hava kütlelerinin çalışma alanına etkisi söz konusudur. Sibiryaya Antisiklonunun etki alanını genişlettiği kış aylarında ortalama basınç yükselirken, Basra Alçak Basıncının alanını genişlettiği yaz aylarında ortalama basınç düşmektedir. Buna ek olarak özellikle yaz aylarında Kuzey sektörlü rüzgârların belirgin bir etkisinden söz etmek mümkündür. Bu durumun ortaya çıkmasında özellikle yaz döneminde Karadeniz üzerinde nemli ve serin ortamda oluşan yüksek basınç alanından sıcak olan Anadolu kara kütlesi üzerindeki alçak basınç sahasına doğru sürekli bir hava akımının etkisi görülmektedir (Koçman, 1993, Atalay, 2013). Yerel şartlar ise basınç ve rüzgâr karakterlerinin oluşmasını sağlamaktadır. İstasyonlarda ortalama değerler temel alındığında, yaz aylarında alçak basınç şartları hüküm sürerken, sonbahar mevsiminin başlaması ile yüksek basınç değerleri, ocak-şubat dönemi haricinde nisan ayına kadar devam etmektedir (Tablo 4-5-6; Grafik 6-7-8).

**Tablo 4.** Karabük aylık ortalama basınç tablosu (1965-2018).

<b>Karabük</b>													
<b>Aylar</b>	<b>O</b>	<b>Ş</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>H</b>	<b>T</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>K</b>	<b>A</b>	<b>Ort.</b>
<b>Ort. Basınç (hPa)</b>	987	985	984	982	982	981	980	981	983	987	989	988	<b>984</b>
<b>Mak Basınç (hPa)</b>	1008	1004	1003	997	994	993	989	990	996	1000	1002	1007	<b>1008</b>
<b>Min Basınç (hPa)</b>	965	965	960	957	970	970	966	968	969	969	960	965	<b>957</b>

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

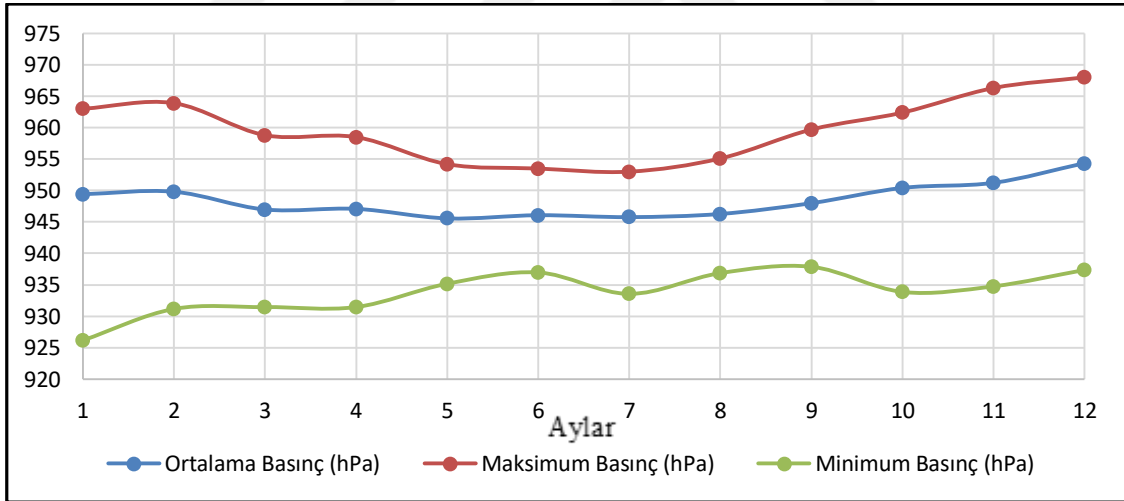


**Grafik 6.** Karabük Aylık Basınç Ortalaması Grafiği (1965-2018).

**Tablo 5.** Safranbolu aylık ortalama basınç tablosu (1960-2018).

Safranbolu													
Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Ort. Basınç (hPa)	949	950	947	947	946	946	946	946	948	950	951	954	<b>948</b>
Mak Basınç (hPa)	963	964	959	959	954	954	953	955	960	962	966	968	<b>968</b>
Min Basınç (hPa)	926	931	932	932	935	937	934	937	938	934	935	937	<b>926</b>

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

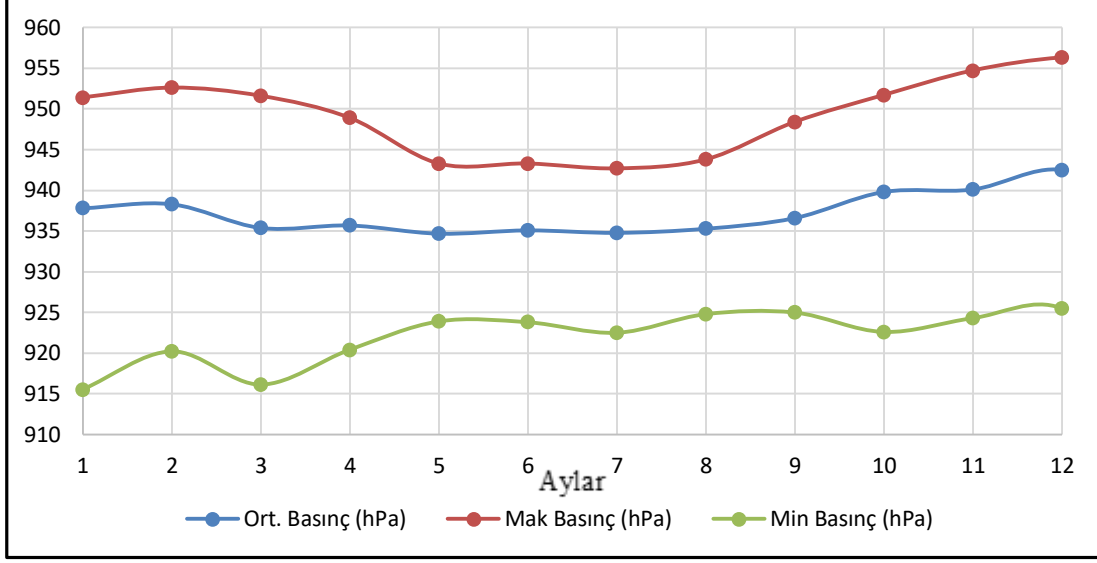


**Grafik 7.** Safranbolu aylık basınç ortalaması grafiği (1960-2018).

**Tablo 6.** Araç aylık ortalama basınç tablosu (1986-2018).

Araç													
Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Ort. Basınç (hPa)	938	938	935	936	935	935	935	935	937	940	940	943	<b>937</b>
Mak Basınç (hPa)	951	953	952	949	943	943	943	944	948	952	955	956	<b>956</b>
Min Basınç (hPa)	916	920	916	920	924	924	923	925	925	923	924	926	<b>916</b>

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.



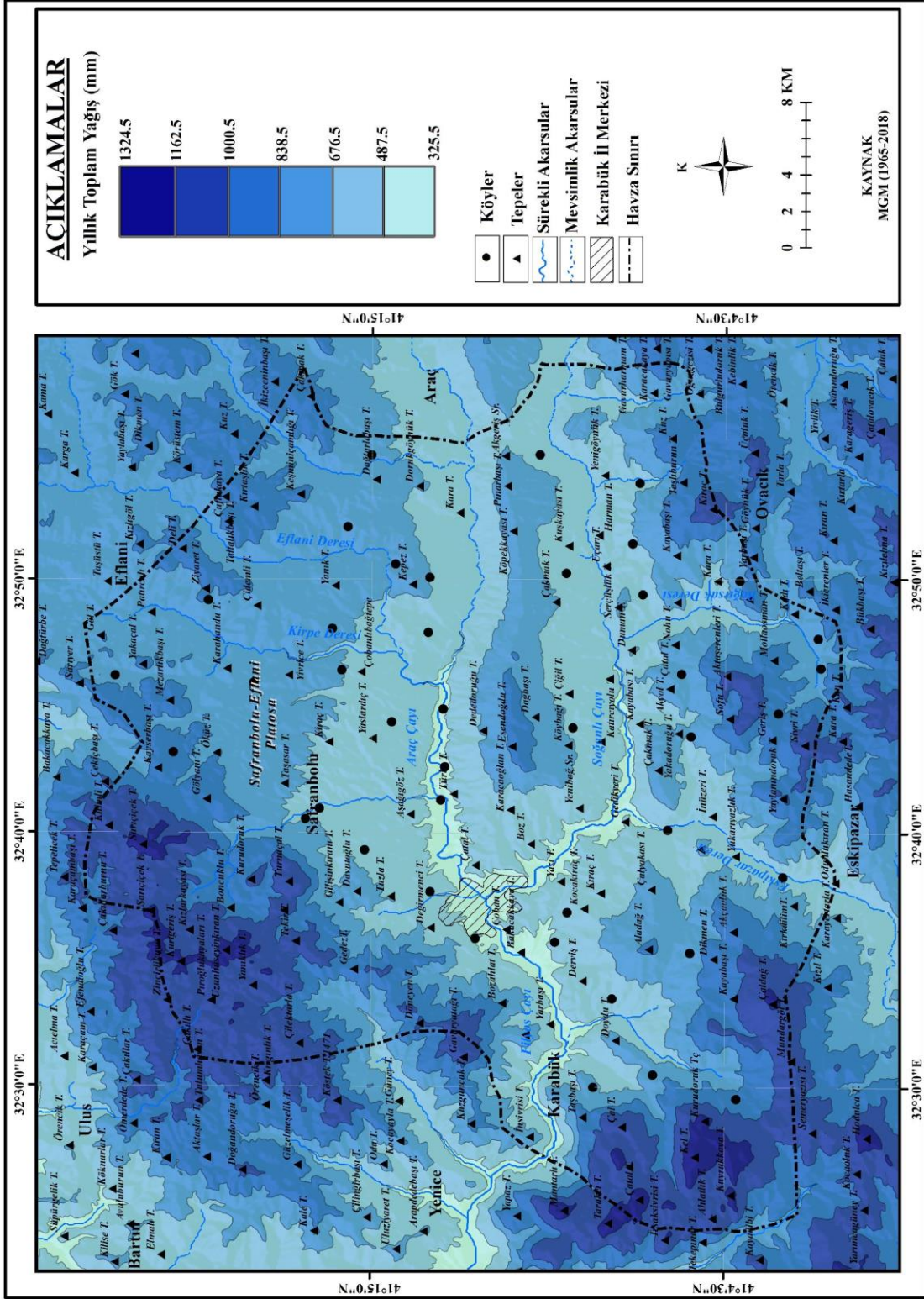
**Grafik 8.** Araç aylık basınç ortalaması grafiği (1986-2018).

Kuzeydoğu Avrupa üzerinden Karadeniz'e sokularak yurdumuzu etkileyen ve özellikle soğuk cephe boyunca yağışlara neden olan siklonlardan dolayı kışın Marmara'nın doğusundan itibaren Anadolu'nun kuzey ve doğu kesimlerinde yağışlar görülmektedir. Karadeniz'den gelen siklonlarda soğuk cephe aktif durumdadır. Yağış, soğuk cephe geçişi ve basınç yükselişi ile başlamaktadır. Cephelerin dağlar boyunca engellenerek oklüzyonlara ve orografik yağışlara da neden olması, yağışın şiddeti ve miktarını arttırmaktadır. Balkanlar'dan gelen siklonlar sonbahar başlarından ilkbahar sonuna kadar ülkemizin özellikle kuzey ve batı kesimini etkileyerek sıcaklığın düşmesine ve yağışlara neden olmaktadır (Atalay, 2013).

Çalışma sahası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının yağış verileri incelendiğinde ise coğrafi şartların etkilerinin belirgin bir şekilde kendini gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Dağların uzanışı, bakı ve yükselti faktörleri, yağışın miktarı, şekli ve dağılışı üzerinde etkili olan temel sebepleri oluşturmaktadır. İnceleme sahası içerisindeki meteoroloji istasyonlarından Büyükdüz'de uzun yıllar ortalamasına göre yıllık toplam yağış ortalaması 1324 mm'dir. Bu değer Baklabostan'da 1006,1 mm, Araç'ta 528,5 mm, Safranbolu'da 500,5 mm, Karabük'te 489,8 mm ve deniz seviyesinden 182 m yükseklikte bulunan Yenice'de 714,1 mm'dir. Yağış miktarındaki fark, kendini yükseltiyle birlikte Büyükdüz ve Baklabostan'da göstermektedir (Tablo 7).

Araştırma sahası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının verileri; konumu, yükseltisi, bakı faktörü, bitki örtüsünün dağılışı gibi etkenler ile Türkiye'nin genel yağış dağılışı haritası göz önünde bulundurularak oluşturulan yağış haritasına göre; araştırma sahasında en az yağış değerleri çalışma sahasının merkez kesimlerinde Karabük'te 489 mm'dir. Buna karşın en fazla yağış ise Büyükdüz'de kendini yükseltiyle birlikte göstererek 1324 mm değere ulaşmaktadır (Harita 11).



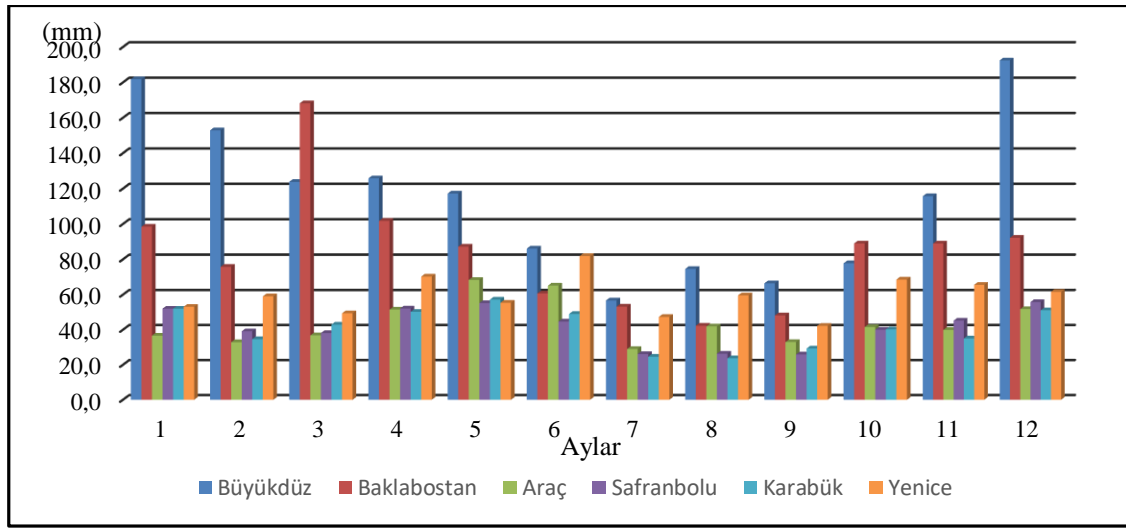


Harita 11. Araştırma Sahasının Ortalama Yağış Haritası.

**Tablo 7.** Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağışlar tablosu (mm).

İstasyonlar	Rakım	Aylar												Toplam
		O	Ş	M	N	My	H	T	A	E	Ek	K	Ar	
Büyükdüz	1560	181,8	152,9	123,8	125,8	117,2	86,1	56,7	74,6	66,5	77,8	115,7	192,4	1324,0
Baklabostan	860	98,5	75,8	168,2	101,8	87,2	60,7	53,2	42,3	48,2	89,0	89,0	92,2	1006,1
Araç	680	36,6	32,9	36,8	51,5	68,4	65,2	29	41,9	33	41,5	39,9	51,8	528,5
Safranbolu	581	52	39,1	38,1	52,1	55,2	44,7	26,1	26,3	25,9	40	45,2	55,8	500,5
Karabük	485	52	34,6	42,9	50,2	57,2	49	24,6	23,7	29,3	40,2	35	51,1	489,8
Yenice	182	53,1	59,1	49,4	70,3	55,4	81,9	47,3	59,6	42,2	68,6	65,6	61,6	714,1

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1965-2018).



**Grafik 9.** Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağış grafiği (mm) (1960-2018).

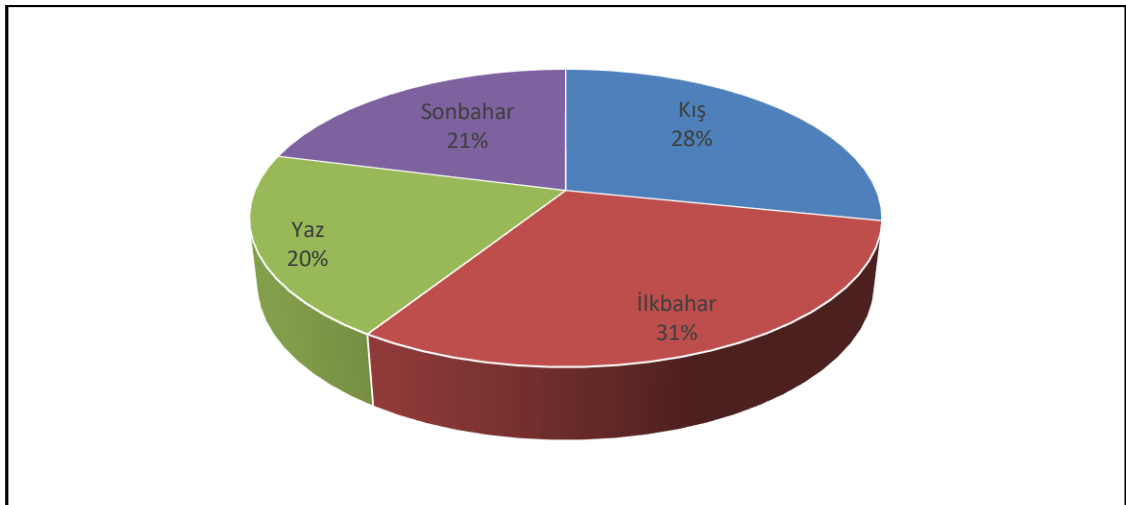
Araştırma sahasının yıllık ortalama yağış dağılışı haritası ile topoğrafya haritasına birlikte bakıldığında yağışın fazla olduğu yerlerin araştırma sahasının kuzeybatısında Yenice civarı olduğu dikkati çekmektedir. Araştırma sahasındaki yağış koşullarını belirleyen temel etken yukarıda belirtildiği gibi coğrafi koşullardır. Genel olarak Karadeniz üzerinden gelen nemli hava kütleleri Karabük'ün kuzeybatısında ki Yenice ve Safranbolu'nun kuzeyindeki ormanlık alanda etkili olurken, Karabük'ün etrafının yüksek dağlarla çevrili olması dolayısıyla çanak etkisi gösterip yağış etkisinin buraya gelmesi engellenmiştir. Yenice'den Karabük'e doğru yağış miktarında azalmalar görülmektedir. Dağların uzanış yönü ile Karadeniz üzerinden gelen hava kütlelerine karşı bu istasyonların konumu yağışın dağılışında en önemli etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Karabük'e en çok yağış %31 ile İlkbahar'da, en az yağış %20 ile Yaz mevsiminde düşerken, Safranbolu'ya en çok yağış %31' ile İlkbahar ve Kış mevsiminde, en az yağış ise %20 ile Yaz mevsiminde düşmektedir. Yağışların Kış mevsiminde genellikle kar yağışı olarak, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde ise genellikle yağmur şeklinde düştüğü gözlenmektedir. Bölgenin yağış rejimine baktığımız zaman Karadeniz ve Step arasında bir geçiş özelliği gösteren bir rejim gözlenmektedir. Bu yağış rejiminde İlkbaharın sonlarına doğru başlayan yağışlar, daha çok step iklimi etkisindeki yerlerde görülen kırkikinci yağışlarına benzemektedir. Yağışın en yüksek değeri Karabük'te 150,1 mm ile İlkbahar mevsiminde, Safranbolu'da ise 146,9 mm ile Kış mevsiminde; En düşük değeri ise Karabük'te 97,3 mm ile Yaz mevsiminde, Safranbolu'da ise 97,1 mm ile yine Yaz mevsiminde görülmektedir. Karabük ve Safranbolu'da en yağışlı aylar 50 mm civarında aldıkları yağışlarla mayıs ve aralık aylarıdır. En kurak aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır (Tablo 8-9; Grafik 10-11).

**Tablo 8.** Karabük mevsimlik toplam yağış miktarları (mm).

Karabük	Yağış(mm)
Kış	137,7
İlkbahar	150,1
Yaz	97,3
Sonbahar	102,4

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1965-2018).



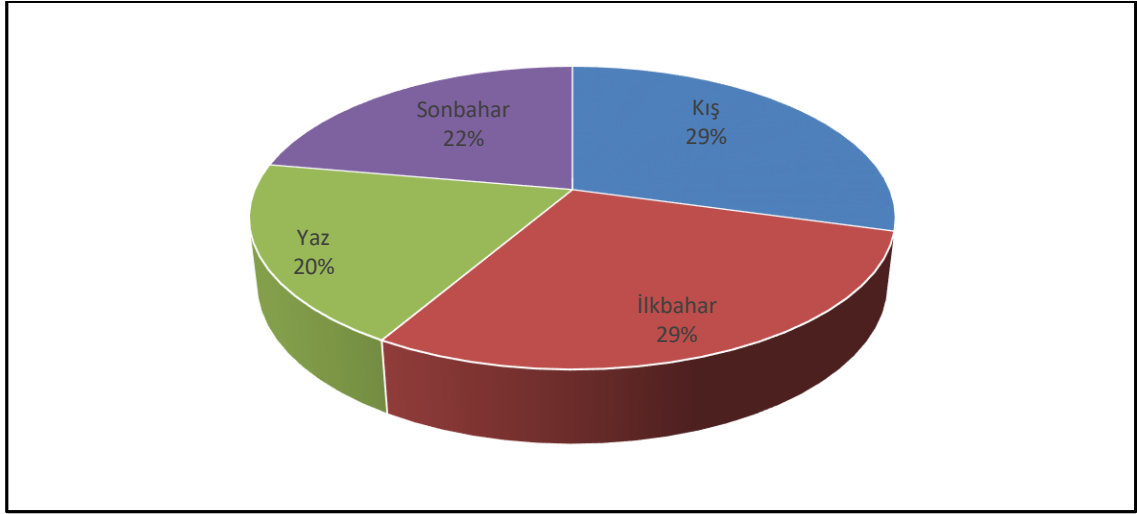
**Grafik 10.** Karabük mevsimlik toplam yağış ortalaması (mm) (1965-2018).



**Tablo 9.** Safranbolu mevsimlik toplam yağış miktarları (mm).

Safranbolu	Yağış(mm)
Kış	146,9
İlkbahar	145,4
Yaz	97,1
Sonbahar	111,1

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1960-2018).



**Grafik 11.** Safranbolu mevsimlik toplam yağış ortalaması (mm) (1960-2018).

Ülkemizde buharlaşma miktarını belirleyen faktörler çok çeşitlidir ve bölgeler arasında da buharlaşma miktarı bakımından büyük farklılıklar vardır. Buharlaşma üzerinde etkili olan en önemli faktörler genellikle sıcaklık ve havadaki bağıl nem miktarıdır (Atalay, 2004). Buharlaşmanın en fazla olduğu dönem, bağıl nemin düşük ve sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarıdır. Buharlaşma ve sıcaklık arasında doğru yönlü bir orantı olduğu dikkatimizi çekmektedir. Kış aylarında düşük olan buharlaşma sıcaklıkların artışıyla birlikte artmakta ve yaz aylarında yüksek seviyelere çıkmaktadır.

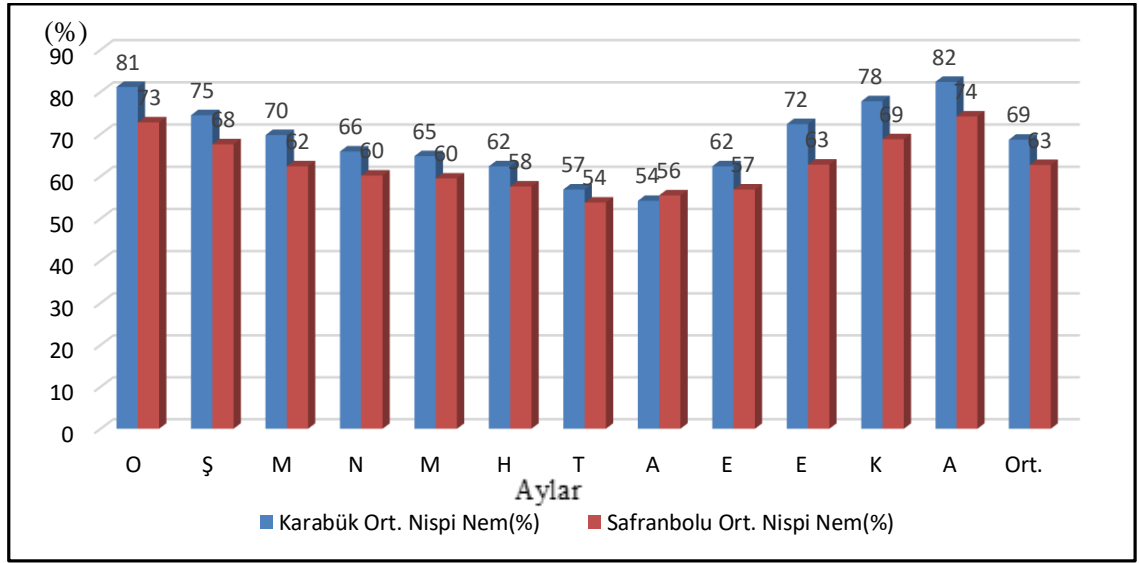
Aylık ortalama nispi nem oranına baktığımızda ise, Karabük ve Safranbolu meteoroloji istasyonlarında yıllık ortalama nispi nem yüzdeleri birbirine yakındır. Karabük'te %69 iken, Safranbolu'da %63'tür (Tablo 10). Her iki istasyonda da Yaz mevsiminde ortalama nispi nem daha düşük olmasına karşın, Kış mevsiminde en yüksek seviyesine ulaşmaktadır. Karabük'te ortalama nispi nem oranı Aralık ayında (%82) en yüksek seviyesine ulaşırken, Ağustos ayında (%54) en düşük seviyesindedir.

Safranbolu’da ise en yüksek değere yine Aralık ayında (%74) ulaşırken, Temmuz ayında (%54) en düşük seviyesindedir (Grafik 12).

**Tablo 10.** Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama nispi nem (%).

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
<b>Karabük Ort. Nispi Nem(%)</b>	81	75	70	66	65	62	57	54	62	72	78	82	<b>69</b>
<b>Safranbolu Ort. Nispi Nem(%)</b>	73	68	62	60	60	58	54	56	57	63	69	74	<b>63</b>

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1960-2018).



**Grafik 12.** Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama nispi nem (%) (1960-2018).

MGM verilerinden elde edilen bulutluluk oranına baktığımızda ise, Araç, Karabük ve Safranbolu’ya göre daha bulutludur. Bu istasyonların hepsinde de, yukarıda anlatıldığı gibi planeter faktörler göz önüne alınarak basınç farklılığından dolayı en yüksek bulutlanma değerleri Kış mevsiminde, en düşük bulutlanma değerleri ise Yaz mevsiminde görülmektedir. Karabük’te en yüksek bulutlanma Ocak (4,3), en düşük bulutlanma Ağustos (2,1) ayında, Safranbolu’da en yüksek bulutlanma Ocak (5,9), en düşük bulutlanma Temmuz (3,4) ayında, Araç’ta ise en yüksek bulutlanma Ocak ve Aralık (6,1), en düşük bulutlanma Temmuz ve Ağustos (3,6) aylarında gözlenmektedir (Tablo 11).

**Tablo 11.** Karabük, Safranbolu ve Araç'ın ortalama bulutluluk süresi (0-10 oranı).

Karabük (1960-2018)													
Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Ort. Bulutluluk(0-10 Oranı)	4,3	4,1	3,8	3,7	3,2	2,7	2,2	2,1	2,4	3,1	3,3	4	3,2
Safranbolu (1965-2018)													
Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Ort. Bulutluluk(0-10 Oranı)	5.9	5.6	5.3	5.1	4.5	4.0	3.4	3.6	3.9	4.7	5.0	5.7	4.7
Araç (1986-2018)													
Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Ort. Bulutluluk(0-10 Oranı)	6,1	5,9	5,5	5,4	5	4,4	3,6	3,6	4,3	4,9	5,4	6,1	5

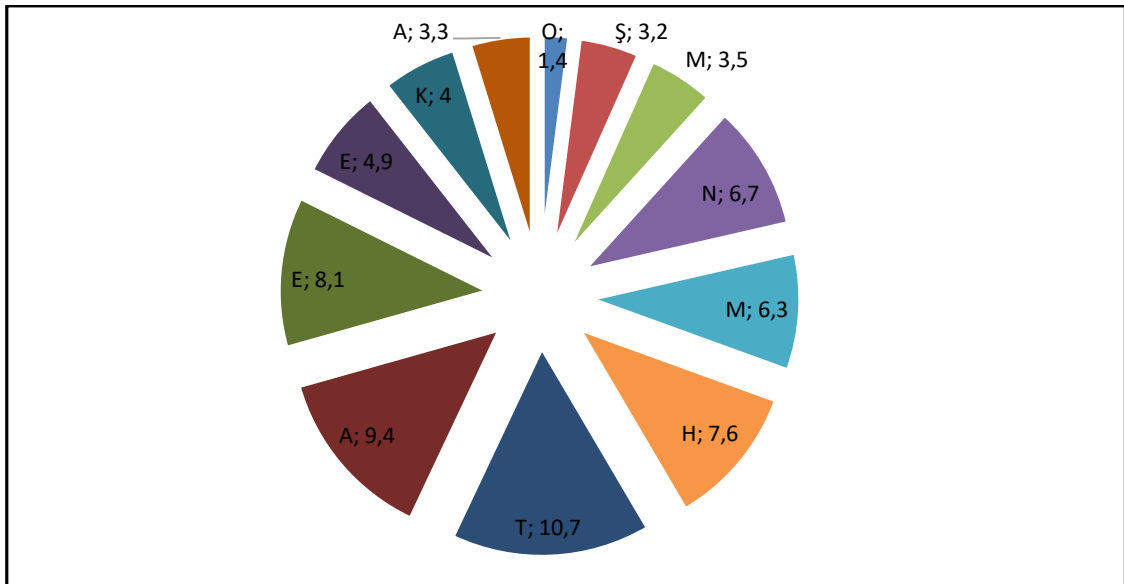
**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1960-2018).

Karabük istasyonunda ortalama güneşlenme süresi yıllık 5,8 saattir. Aylık ortalama en yüksek güneşlenme değeri Temmuz (11 saat) ayı iken, ortalama en düşük güneşlenme değeri ise Ocak (1,4 saat) ayında gözlenmektedir (Tablo 12).

**Tablo 12.** Karabük aylık ortalama güneşlenme süresi (saat).

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort.
Güneşlenme (Saat)	1,4	3,2	3,5	6,7	6,3	7,6	11	9,4	8,1	4,9	4	3,3	5,8

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1965-2018).



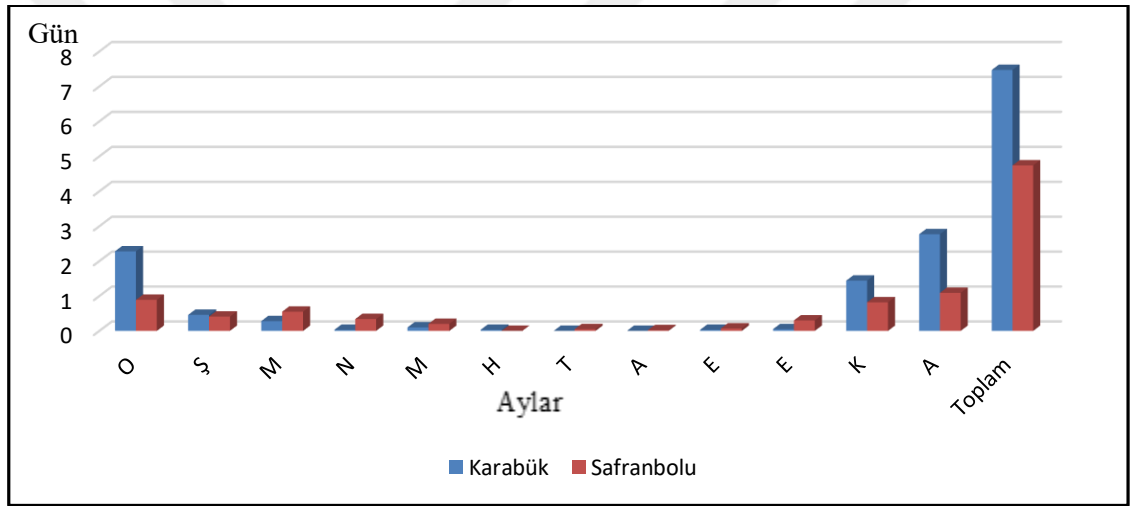
**Grafik 13.** Karabük aylık ortalama güneşlenme süresi (saat) (1965-2018).

Aylık ortalama sisli günlere baktığımızda, MGM verilerinden alınan bilgilere göre; Karabük'te yıl içerisinde toplam 7,4 gün, Safranbolu'da ise yıl içerisinde toplam 4,7 gün olduğu gözlenmektedir. Karabük ve Safranbolu'da en fazla Aralık (2,7) ayında görülürken, Yaz mevsimine göre, Karabük'te Haziran dışında, Safranbolu'da ise Temmuz ve Ağustos dışında hemen hemen hiç sis gözlenmemektedir (Tablo 13).

**Tablo 13.** Karabük ve Safranbolu'da aylık ortalama sisli günler sayısı.

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
<b>Karabük</b>	2,28	0,46	0,28	0,03	0,1	0,03			0,03	0,05	1,44	2,77	<b>7,47</b>
<b>Safranbolu</b>	0,89	0,41	0,55	0,34	0,2		0,05	0,02	0,07	0,3	0,82	1,09	<b>4,74</b>

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1960-2018).



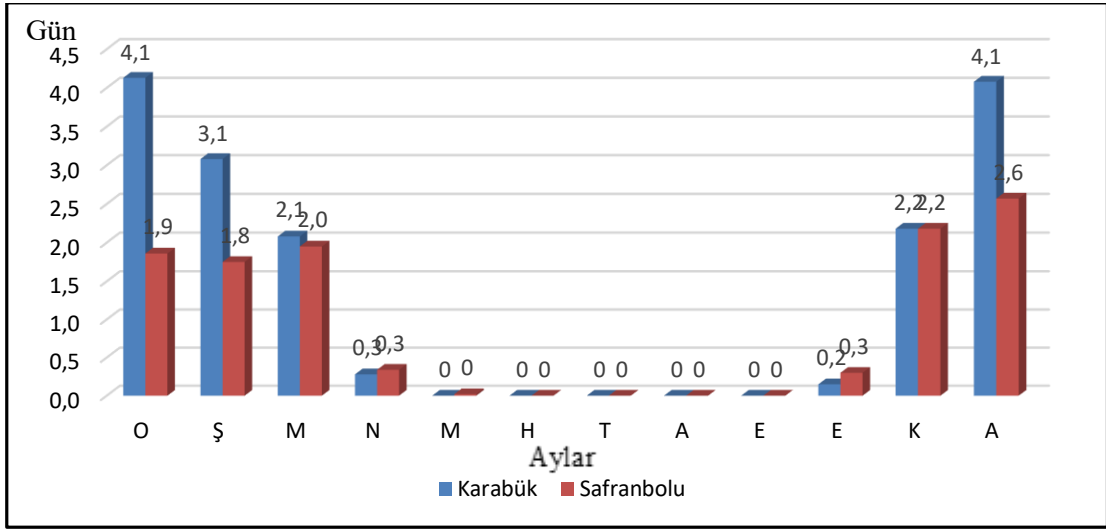
**Grafik 14.** Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama sisli günler sayısı (1960-2018).

MGM verilerinden elde edilen aylık ortalama kırılgılı günlere baktığımızda ise Karabük, Safranbolu'ya göre daha yüksek değere sahiptir. Karabük'te yıllık toplam 16 kırılgılı gün olmasına karşın Safranbolu'da yıllık toplam 11 kırılgılı gün gözlenmektedir (Tablo 14).

**Tablo 14.** Karabük ve Safranbolu istasyonlarında aylık ortalama kırılgılı günler sayısı.

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
<b>Karabük</b>	4,1	3,1	2,1	0,3	0	0	0	0	0	0,2	2,2	4,1	<b>16,0</b>
<b>Safranbolu</b>	1,9	1,8	2,0	0,3	0	0	0	0	0	0,3	2,2	2,6	<b>11,0</b>

**Kaynak:** MGM Verilerinden Üretilmiştir (1960-2018).



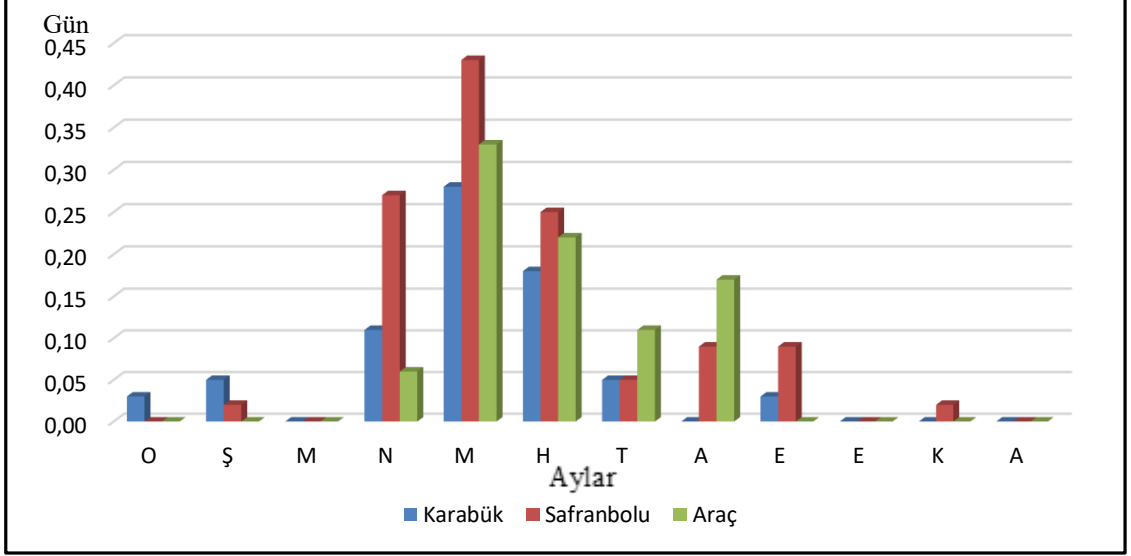
**Grafik 15.** Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama kırıgılı günler sayısı (1960-2018).

Dolu yağışlı günlere baktığımızda ise, Safranbolu, Karabük ve Araç'a göre daha yüksek değerdedir. Özellikle İlkbahar mevsimi sonlarında görülen dolu yağışı, Safranbolu'da toplamda 1 günün üzerinde (1,22) , Karabük'te ise 1 günün altındadır (0,72) (Tablo 15; Grafik 16).

**Tablo 15.** Araştırma sahasında gözlenen dolu yağışı (toplam gün).

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
<b>Karabük</b>	0,03	0,05		0,11	0,28	0,18	0,05		0,03				<b>0,72</b>
<b>Safranbolu</b>		0,02		0,27	0,43	0,25	0,05	0,09	0,09		0,02		<b>1,22</b>
<b>Araç</b>				0,06	0,33	0,22	0,11	0,17					<b>0,89</b>

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1960-2018).



**Grafik 16.** Araştırma sahası içerisinde ve çevresinde bulunan Karabük, Safranbolu ve Araç istasyonlarında ölçülen aylık ortalama dolu yağışlı günler (1960-2018).

İklim sınıflandırmasıyla ilgili birçok formül bulunmaktadır. **Karabük ve Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi** adlı bu çalışmada, Thornthwaite ve Erinç Yağış Etkinliği indisi, iklim sınıflandırmaları hesaplanmıştır.

- **Thornthwaite İklim Sınıflandırması**

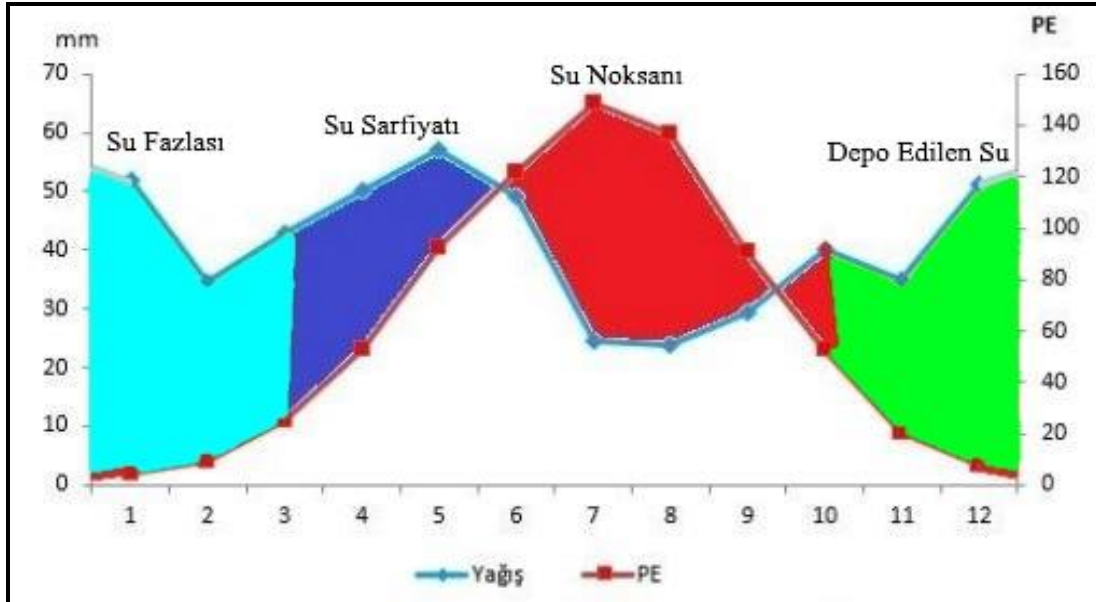
Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre **Karabük** istasyonu **Kurak-az nemli, su fazlası olmayan ya da çok az olan tali iklim ve deniz etkisine yakın iklim** koşullarının görüldüğü iklim tipinde yer almaktadır (Tablo 16).

**Tablo 16.** Karabük istasyonuna ait Thornthwaite su bilançosu.

Bilanço Elemanları	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	3	4,7	8	12,8	17,3	20,9	23,9	23,6	19,5	14,3	8,3	4,3	13,38
Sıcaklık İndisi	0,46	0,91	2,04	4,15	6,55	8,72	10,68	10,48	7,85	4,91	2,15	0,8	59,7
Düzeltilmemiş PE	5,98	11,36	24,32	47,66	73,34	96,13	116,5	114,4	87,05	55,85	25,64	10	
Güneşlenme Katsayısı	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8	
Düzeltilmiş PE	4,96	9,43	25,05	52,9	91,68	121,1	147,9	136,1	90,53	53,62	21,02	8	762,34
Yağış (mm)	52	34,6	42,9	50,2	57,2	49	24,6	23,7	29,3	40,2	35	51,1	489,8
Depo Değişikliği	42,92	0	0	-2,7	-34,4	-62,8	0	0	0	0	13,98	43,1	
Depolama	100	100	100	97,3	62,82	0	0	0	0	0	13,98	57,08	
Gerçek EVA	4,96	9,43	25,05	52,9	91,68	111,8	24,6	23,7	29,3	40,2	21,02	8	442,66
Su Noksanı	0	0	0	0	0	9,3	123,3	112,4	61,23	13,42	0	0	319,68
Su Fazlası	4,12	25,17	17,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47,14
Yüzeysel Akış	2,06	13,62	15,74	7,87	3,94	1,97	0,98	0,49	0,24	0,12	0,06	0	47,1
Nemlilik Oranı	9,48	2,67	0,71	-0,05	-0,38	-0,6	-0,83	-0,83	-0,68	-0,25	0,67	5,39	15,3

**Kaynak:** MGM verilerinden üretilmiştir (1965-2018).

Karabük istasyonu Thornthwaite su bilançosu diyagramına göre; su fazlası Ocak, Şubat ve Mart aylarında yaşanırken, su noksanı Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında yaşanmaktadır (Grafik 17).



**Grafik 17.** Karabük istasyonu Thornthwaite su bilançosu diyagramı.

Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre **Safranbolu** istasyonu **Yarı kurak-az nemli, su fazlası kış mevsiminde, orta dereceli ve denizel etkiye yakın iklim koşullarının görüldüğü iklim tipinde yer almaktadır (Tablo 17).**

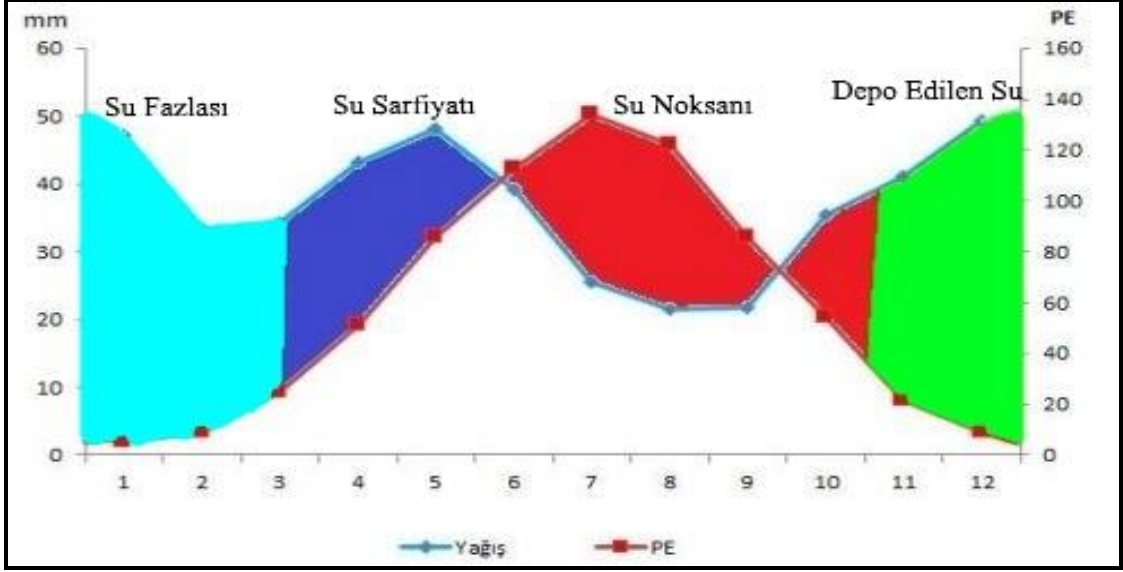
**Tablo 17.** Safranbolu istasyonuna ait Thornthwaite su bilançosu.

Bilanço Elemanları	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	2,3	3,8	6,9	11,6	16,2	19,6	22,5	21,6	18,1	13,5	8,1	4	<b>13,38</b>
Sıcaklık İndisi	0,31	0,66	1,63	3,58	5,93	7,91	9,75	9,16	7,01	4,5	2,08	0,71	<b>53,23</b>
Düzeltilmemiş PE	5,24	10,2	22,6	45,1	70,28	90,54	108,8	103	81,4	55,2	28	10,9	
Güneşlenme Katsayısı	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8	
Düzeltilmiş PE	4,35	8,48	23,3	50	87,85	114,1	138,1	122,6	84,7	52,9	22,9	8,75	<b>718,11</b>
Yağış (mm)	52	39,1	38,1	52,1	55,2	44,7	26,1	26,3	25,9	40	45,2	55,8	<b>500,5</b>
Depo Değişikliği	30,7	0	0	0	-32,7	-67,35	0	0	0	0	22,3	47,1	
Depolama	100	100	100	100	67,35	0	0	0	0	0	22,3	69,3	
Gerçek EVA	4,35	8,48	23,3	50	87,85	112,1	26,1	26,3	25,9	40	22,9	8,75	<b>436,01</b>
Su Noksanı	0	0	0	0	0	2,03	112	96,29	58,8	12,9	0	0	<b>282,1</b>
Su Fazlası	17	30,6	14,8	2,07	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>64,49</b>
Yüzeysel Akış	8,49	19,6	17,2	9,63	4,82	2,41	1,2	0,6	0,3	0,15	0,08	0	<b>47,1</b>
Nemlilik Oranı	11	3,61	0,64	0,04	-0,37	-0,61	-0,81	-0,79	-0,69	-0,24	0,97	5,38	<b>18,08</b>

**Kaynak:** MGM verilerinden üretilmiştir (1965-2018).

Safranbolu istasyonu Thornthwaite su bilançosu diyagramına göre; **su fazlası Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında yaşanırken, su noksanı Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında yaşanmaktadır (Grafik 18).**





**Grafik 18.** Safranbolu istasyonu Thornthwaite su bilançosu diyagramı.

- **Erinç Yağış Etkinliği İndisi**

Erinç yağış etkinliği indisine göre **Karabük**; **Yıllık 23,9** değeri ile **Yarı kurak iklim** tipine sahiptir. Mevsimsel olarak bakıldığında; ilkbaharda **Nemli**, yazın **Yarı Kurak**, sonbaharda **Yarı Nemli** ve kışın **Çok Nemli** özellik göstermektedir (Tablo 18-19-20).

**Tablo 18.** Karabük istasyonu Yıllık Erinç Yağış Etkinliği İndisi.

Yıllık Erinç İklim Sınıflandırması		
Sonuç	İklim Sınıfı	Bitki Örtüsü
23,9	Yarı Kurak	Step

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

**Tablo 19.** Karabük istasyonu Mevsimlik Erinç Yağış Etkinliği İndisi.

Mevsimlik Erinç İklim Sınıflandırması		
Mevsim	İklim Sınıfı	Sonuç
İlkbahar	Nemli	47,2
Yaz	Yarı Kurak	17
Sonbahar	Yarı Nemli	30
Kış	Çok Nemli	140

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

**Tablo 20.** Karabük istasyonu Aylık Erinç Yağış Etkinliği İndisi.

Aylık Erinç İklim Sınıflandırması		
Ay	İklim Sınıfı	Sonuç
Ocak	Çok Nemli	215,2
Şubat	Çok Nemli	88,3
Mart	Çok Nemli	64,4
Nisan	Nemli	47,1
Mayıs	Yarı Nemli	39,4
Haziran	Yarı Nemli	28
Temmuz	Kurak	12,3
Ağustos	Kurak	12
Eylül	Yarı Kurak	18
Ekim	Yarı Nemli	34,2
Kasım	Nemli	51,2
Aralık	Çok Nemli	146

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

Erinç yağış etkinliği indisine göre **Safranbolu**; **Yıllık 24,7** değeri ile **Yarı kurak iklim** tipine sahiptir. Mevsimsel olarak bakıldığında; ilkbaharda **Nemli**, yazın **Yarı Kurak**, sonbaharda **Yarı Nemli** ve kışın **Çok Nemli** özellik göstermektedir (Tablo 21-22-23).

**Tablo 21.** Safranbolu istasyonu Yıllık Erinç Yağış Etkinliği İndisi.

Yıllık Erinç İklim Sınıflandırması		
Sonuç	İklim Sınıfı	Bitki Örtüsü
24,7	Yarı Kurak	Step

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

**Tablo 22.** Safranbolu istasyonu Mevsimlik Erinç Yağış Etkinliği İndisi

Mevsimlik Erinç İklim Sınıflandırması		
Mevsim	İklim Sınıfı	Sonuç
İlkbahar	Nemli	43,2
Yaz	Yarı Kurak	16,5
Sonbahar	Yarı Nemli	29,7
Kış	Çok Nemli	148,5

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

**Tablo 23.** Safranbolu istasyonu Aylık Erinç Yağış Etkinliği İndisi

Aylık Erinç İklim Sınıflandırması		
Ay	İklim Sınıfı	Sonuç
Ocak	Çok Nemli	217,8
Şubat	Çok Nemli	102,8
Mart	Çok Nemli	57
Nisan	Nemli	44
Mayıs	Yarı Nemli	36,3
Haziran	Yarı Nemli	24,3
Temmuz	Kurak	14
Ağustos	Kurak	12
Eylül	Kurak	14,4
Ekim	Yarı Nemli	31
Kasım	Çok Nemli	63,4
Aralık	Çok Nemli	147,9

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.

#### 1.4. Hidrografik Özellikler

Hidrografik incelemenin odak noktasını araştırma sahasında bulunan kaynaklar, yeriçi suları ve akarsular oluşturmaktadır. Yeriçi su tablasının topografya yüzeyi ile kesiştiği yerde, yeriçi sularının doğal bir şekilde yeryüzüne çıkması, kaynak olarak adlandırılmaktadır. En kısa tanımıyla kaynak, yeriçi sularının yeryüzüne çıktığı yerdir.

Araştırma sahasının hidrografik özelliklerinin belirlenmesinde ve gelişmesinde, inceleme sahasının jeolojik, jeomorfolojik ve iklim özelliklerinin etkisi görülmektedir. Özellikle ana yeryüzü şekillerinin oluşmasında hidrografik özellikler önemli bir etkindir. Araştırma sahasının ana hidrografik karakterini ise karstik kaynaklar ve akarsular belirlemektedir. Hidrografik inceleme yapılırken su bütçesi hesaplamaları göz önüne alınmıştır. Bu hesaplamalarda Thornthwaite formülü ile havzada bulunan suyun yıllık olarak hangi düzeylerde olduğu hesaplanmıştır.

İnceleme alanındaki litolojik yapının karakteri önemli oranda çeşitli kalkerlerden meydana gelmektedir. Havzadaki kalkerlerin kil içeriği yoğun olması, topografyanın engebeli olması özellikle havzanın batı kesiminde karstlaşmayı yavaşlatarak flüvyal etkilerin ön plana çıkmasını sağlamıştır. Havzanın doğusunda ise hem eğimin azalması hem plato yüzeyinin geniş yer kaplaması sahada karstik aşınım şekillerinin yoğun olarak görülmesine ortam hazırlamıştır. Ancak burada killi kireçtaşlarının bulunması litolojinin çatlaklı yapı özelliği göstermemesi sebebiyle

infiltrasyonu zayıflatmış yer yer yüzeysel akış kanyonların oluşumunu teşvik etmiştir. Sahada görülen faylanmalar ise mağaraların oluşumunu kolaylaştırarak karstik topografyanın aşınım ve birikim şekillerine ortam oluşturmuştur.

Araştırma sahasında yer alan en önemli akarsular Filyos ve bu ırmağın iki önemli kolu olan Araç ile Soğanlı Çayları'dır. Filyos Çayı, kaynak kısmından ağız kısmına kadar farklı isimlerle anılmaktadır. Kaynaklandığı bölgede Ulusu adını alan akarsu, Gerede civarında Gerede Suyu, Eskipazar civarında Soğanlı Çayı ve Araç Çayı ile birleştiğinde Filyos adını almaktadır. Toplam uzunluğu ise 288 km'dir. Karabük'ten sonra en büyük kol Abant Dağları'ndan kaynağını alan Devrek Çayı'dır (Avcı, 1998; Karabük İl Özel İdaresi Stratejik Plan, 2015-2019).



**Fotoğraf 6.** Kirpe ve Kaya Deresi Çevrikköprü mevkiinde birleşerek Araç Çayı'na doğru güney yönünde akış göstermektedir.

Karabük-Safranbolu Havzası, Filyos Çayı ile kolları Araç ve Soğanlı Çayları'nın oluşturduğu vadilerle, bunlar arasında kalan platolardan meydana gelmiş bir yapıya sahiptir (Harita 12).

Çalışma sahasında yüzeysel akış gözlenmektedir. Drenaj ağının çıkış noktasını oluşturan kaynaklar aynı zamanda yüzeysel akışın da başlangıç noktasıdır. İnceleme sahası içerisinde 1991-1993 yılları arasında **Mencilis, Hızar ve Gürleyik** olarak belirlenen üç noktadan DSİ tarafından proje akım ölçümü yapılmıştır. Törk (1995)'in çalışmasına göre; Çalışma sahasında Mencilis ile Hızar noktalarında mağaralardan çıkan su, Gürleyik noktasında ise tabaka dokanaklarından çıkan suların birleştiği noktada akım ölçümü yapılmıştır. Akım ölçüm değerleri uzun dönemli bir periyodu kapsamamaktadır. Bu nedenle noktalara ait ölçümlerin kendi içlerinde ay bazında korelasyonları yapılamamıştır. Fakat yine de yeriçi suyu bütçesi hesaplamalarından noktalara ait verilerin aritmetiksel ortalaması alınarak o aya ait aylık akım değeri belirlenmiştir (Tablo 24).

**Tablo 24.** Akım istasyonlarına ait aylık ortalama akım değerleri (m<sup>3</sup>/sn).

Aylar	Mencilis	Hızar	Gürleyik
<b>Ocak</b>	0,55	0,16	0,01
<b>Şubat</b>	0,24	0,17	0,01
<b>Mart</b>	2,2	1,19	0,02
<b>Nisan</b>	0,81	0,3	0,01
<b>Mayıs</b>	0,48	0,26	0,01
<b>Haziran</b>	0,76	0,42	0,01
<b>Temmuz</b>	0,41	0,28	0,01
<b>Ağustos</b>	0,13	0,16	0,01
<b>Eylül</b>	0,05	0,16	0,01
<b>Ekim</b>	0,1	0,16	0,01
<b>Kasım</b>	0,3	0,16	0,01
<b>Aralık</b>	0,66	0,15	0,01

**Kaynak:** DSİ verilerinden üretilmiştir.

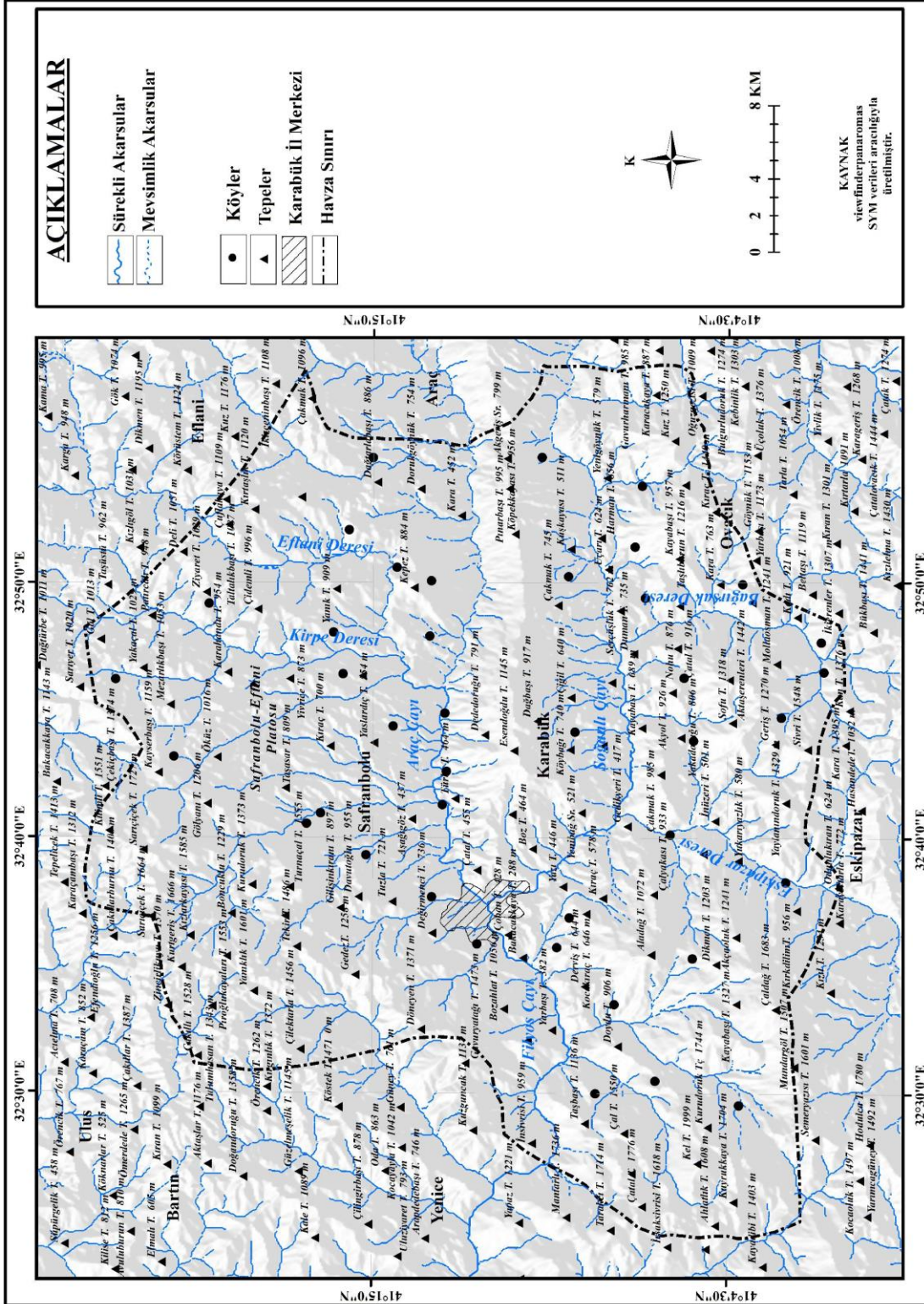
Tablo incelendiğinde Mart ayında Mencilis ve Hızar kaynaklarında ciddi artış göze çarpmaktadır. Bunun nedeni olarak eriyen kar sularının yeriçi suyu üzerindeki etkisi ile açıklanabilir. Safranbolu ve Karabük'te karın yerde kalma süresi yok denecek kadar az olmasına karşın, dağlık ve özellikle kaynakların beslenme alanında yükseltinin de fazla olması sebebiyle karın yerde kalma süresinin daha fazla olması, İlkbahar mevsiminde havaların ısınmasıyla birlikte karın eriyip kaynak sularını beslemesiyle açıklanabilmektedir.

Nisan-Haziran dönemi arasında yağıştaki artışa karşılık akım değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemektedir. Beslenme alanında kireçtaşlarının yanı sıra fliş de yer almaktadır. Yağışlar sonucunda doygun hale geçen bu birim üzerine düşen yağışı tamamen yüzey akışına vermekte ve kaynakların beslenimi azalmaktadır.

Çalışma sahasında bulunan **Hızar kaynağı**, karstik kireçtaşlarını drene eden iki önemli kaynaktan biridir. Bu kaynak Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları ile Kretase yaşlı flişin faylı dokanağında yer almaktadır. Mağaradan 820 m kotundan sifon yaparak çıkan kaynağın, buharlaşmaya rağmen yaz aylarında da düzenli bir akım rejimi vardır. Kaynak yaygın ve yerel dolaşımdaki suların beslenmektedir. Yerel beslenmeyi uvala ve dolinlerde toplanan suların, düdenler yardımıyla yeriçi sistemine geçmesiyle olmaktadır (Törk, 1995).

Çalışma sahasındaki yaygın beslenme, yağışlar vasıtasıyla doğrudan kireçtaşına düşen suların yüzeyel akışın olduğu akarsulardan yeriçine süzülmesiyle meydana gelmektedir.

**Mencilis kaynağı**, Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı ile Kretase yaşlı fliş dokanağında yer almaktadır. Kaynak, Hızar kaynağı ile birlikte karstik Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarını drene etmektedir. Mağaranın yüzeyel boşalımı Hızar kaynağında olduğu gibi karstik bir ağızdan sifon yaparak çıkmaktadır. Yaygın ve yerel dolaşımdan beslenen kaynağın akım rejimi Hızar kaynağı kadar düzenli değildir. 700 m kotunda yer alan kaynaktan, boşalım yağışlara bağlı olarak ani değişimler göstermektedir. Gürleyik kaynağı ise, kireçtaşlarının boşalımını sağlayan en kuzeydeki kaynaktır. Kaynak Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları ile fliş dokanağından çıkmaktadır. Karstik kaynak özelliğinde olmayan kaynak dokanak kaynağı görünümündedir. Gürleyik kaynağı diğer iki kaynağa oranla oldukça düşük debiye sahiptir. Kaynak 980 m kotunda bulunmaktadır (Törk, 1995).



Harita 12. Araştırma Sahasının Hidrografiya Haritası.

## 1.5. Toprak Özellikleri

Dünya kara alanlarında bulunan ve çeşitli renklerde bulunan tortul, volkanik ve metamorfik kayalar, dış etkenlerin tesiri ile fiziksel veya kimyasal ayrışmaya uğramaktadır. Kayalar ve depolar üzerinde en az birkaç mm, en fazla birkaç metreye kadar ulaşan ayrılmış kat, ya dış kuvvetler tarafından devamlı olarak taşınır ya da oldukları yerde kalmaktadır. Böylece alüvyon, volkanik kum ve tuf gibi gevşek malzeme veya granit, kireçtaşı gibi kaya üzerinde ayrılan bu kata toprak katı veya toprak tabakası denir. Ancak toprağın oluşması, sadece ana materyal olarak bilinen kaya ve depoların fiziksel ayrışma veya ufalanması sonucunda oluşmamaktadır. Dış faktörlerle ayrılan kat üzerinde, yavaş yavaş flora ve faunanın meydana geldiği, yaşadığı bir ortam oluşmaktadır. Fiziksel faktörlerle ufalanan bu kat üzerinde, bitki örtüsünden etkilenen kayalar başta suyun etkisi ile kimyasal yoldan ayrışma başlamaktadır. Nitekim suda bulunan oksijen, kayalara temas ederek bunların bünyesinde bulunan bazı minerallerin içerisine girerek onları oksitler ve oksidasyon olayı da mineralleri parçalar ve ayrıştırır. Böylece yeni kimyasallar oluşmaktadır (Atalay, 2011). Yani toprak oluşumunda ana kaya etkisinin yanı sıra, bitki örtüsünün varlığı ve iklim de çok belirleyici bir etkidir.

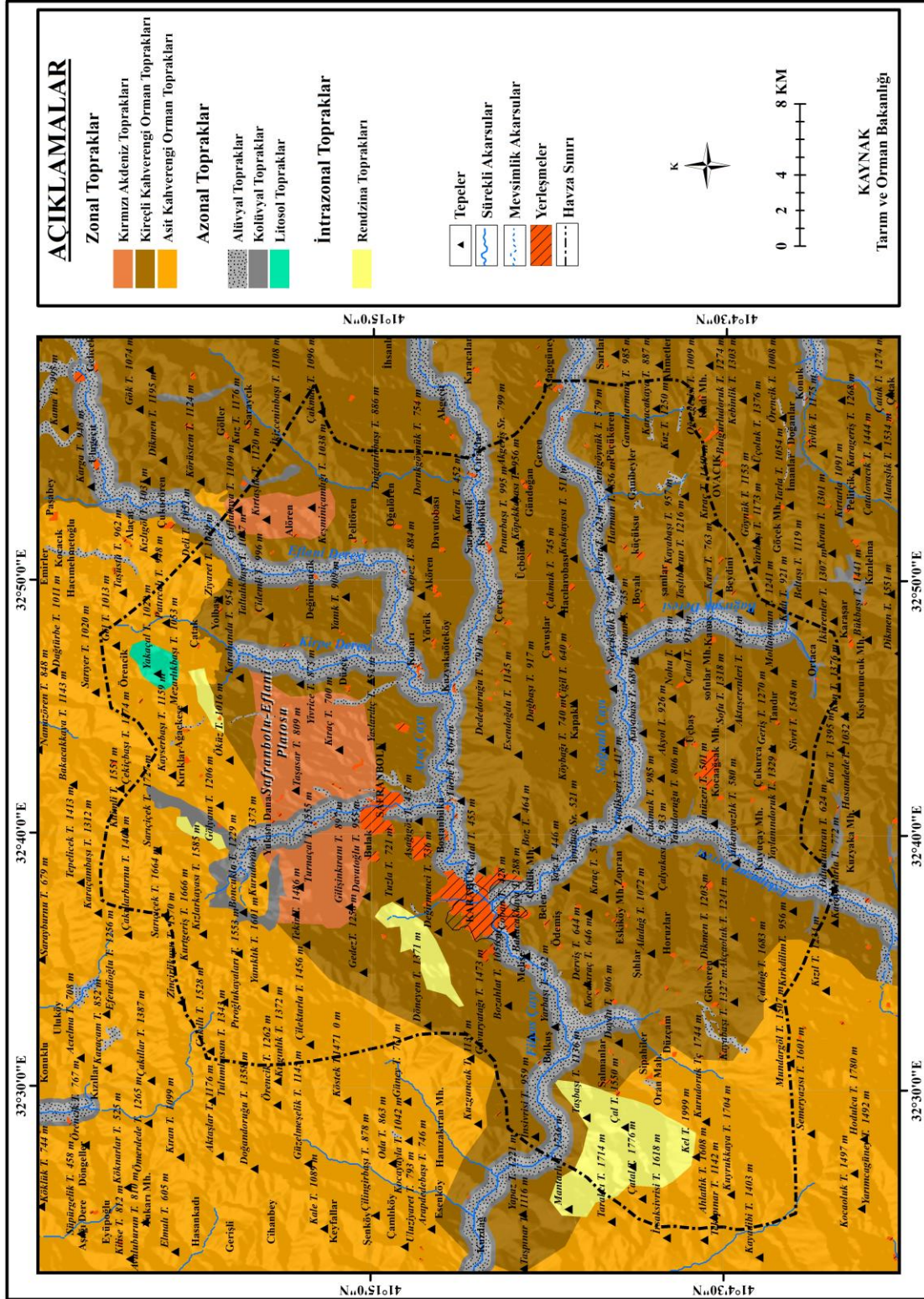
Çalışma sahasında toprağın oluşumunda ana kaya, bitki örtüsünün varlığı ve iklimin yanı sıra topografya özellikleri de önemli etkiye sahiptir. Fakat araştırma sahası içerisinde toprak oluşumunu etkileyebilecek, topografya özelliklerinin çok çeşitli olmaması ve farklı iklim koşullarının görülmemesi sebebiyle, sahadaki toprak çeşitliliği fazla değildir.

Karabük-Safranbolu çevresinde en geniş yayılış alanına sahip topraklar, asitik kahverengi orman toprakları (Fotoğraf 8) ile kireçli kahverengi orman topraklarıdır. Araştırma sahasında sıcaklık ve yağış miktarının topografik özelliklere bağlı olarak değişmesinden dolayı 700-800 m yükseklikten sonra yağışın artması toprağın daha asitik olmasına sebep olmaktadır (Harita 13).

Yağış miktarı kimyasal çözünme üzerinde etkili en temel faktördür. Yağış sayesinde topraktaki mineraller ayrışır, metal iyonları açığa çıkar ve bitkiler için besin maddeleri oluşur. Yağışla birlikte yıkanan; sülfat, karbonat ve klor gibi iyonlar birikme horizonuna geçmektedir. Yağışın yetersiz olduğu kurak veya yarıkurak arazilerde ise



toprak oluşumu daha yavaş olmaktadır. Araştırma alanının kuzeyinde Kahverengi Orman Toprağının yağış fazla olmasından dolayı toprağın pH değeri düşük olup, asidik özellik göstermektedir. Yağışın azaldığı bölgelerde ise toprakta yıkanmanın azlığından dolayı kireç birikimi meydana gelmektedir.



Harita 13. Araştırma Sahasının Toprak Haritası.

Topografik eğimin fazla olduğu yamaçlarda erozyon, kolay aşınan ana materyal ve eğime bağlı yüzeysel akış gibi nedenlerle dağ eteklerinde çeşitli boyutlardaki kumlu, çakıllı malzemenin bir araya gelmesiyle oluşan birikintiye kolüvyal depo ve bu kolüvyal depo üzerinde gelişen toprağa ise kolüvyal toprak denilmektedir (Mater, 1998; Atalay, 2016).

İnceleme sahasının kuzeydoğu kesimlerinde Safranbolu-Eflani platosu mevkiinde Kırmızı Akdeniz Toprakları (Fotoğraf 9) görülürken, Safranbolu kuzeyinde yer alan dağların eteklerinde ki kireçtaşları arasında kolüvyal depolar görülmektedir. Esentepe mevkiinde eski kolüvyal depoda oluşmuş kireçtaşları arasında kaliş denilen sert kireçler de yer almaktadır (Fotoğraf 7). Araştırma sahasında alüvyal topraklar, Araç ve Soğanlı Çayları ile bunların yan kollarının birikim alanlarında fazlaca görülmektedir. Taşınabilen, azonal toprak grubuna giren alüvyal topraklar genellikle akarsu havzalarında oluşmaktadır. Bu topraklar sürekli olarak yüzeysel akış ve erozyona uğradıklarından horizonlaşma gösterememektedir.



**Fotoğraf 7.** Safranbolu Esentepe mevkiinde (720m) eski kolüvyal depoda oluşmuş kaliş denilen sert kireçtaşları ve Kırmızı Akdeniz Toprağı.



**Fotoğraf 8.** Sariçiçek dağında ormanlık sahada kolüvyal depo üzerinde oluşmuş asit kahverengi orman toprağı.



**Fotoğraf 9.** Sariçiçek dağında kalkerli arazide meydana gelmiş olan Kırmızı Akdeniz Toprağı.

Araştırma sahasındaki alüvyal topraklar ince kumlu özellik göstermektedir. Taşındıkları malzemelerin boyutu taşkın dönemlerinde daha büyük olurken taşkınların olmadığı normal dönemlerde malzemeler daha ince yapıdadır. Çok verimli olan bu toprakların olduğu alanlarda seracılık faaliyetleri yapılmaktadır.

## 1.6. Bitki Örtüsü Özellikleri

Dünyadaki canlı hayatının büyük bölümünü oluşturan, fotosentezle üretim yaparak çeşitli tüketicilerin beslenmesini sağlayan, enerji ve madde dolaşımında aktif rol oynayan ve bu sebepten dolayı canlı hayatının vazgeçilmez unsurunu bitkiler oluşturmaktadır. Bitki toplulukları bakımından zengin olan ülkemiz üç flora bölgesi elemanlarının yayılış gösterdiği bir sahayı oluşturmaktadır. Bu flora bölgeleri Avrupa-Sibirya Flora Bölgesi, İran-Turan Flora Bölgesi ve Akdeniz Flora Bölgesinin Doğu Akdeniz bölümü içerisinde yer almaktadır. Flora ve vejetasyon açısından, ülkemizde birden fazla flora bölgesinin bulunması, üçüncü jeolojik zamanın sonunda Neojen ve özellikle Pleistosen'de meydana gelen iklim değişimleri ile ilgilidir (Atalay, 1994; Atalay 2014). Çalışma sahası ise bu flora bölgelerinden Avrupa-Sibirya Flora Bölgesi'nin Öksin alt florası içinde bulunmaktadır.

Bitki örtüsü açısından, Karadeniz bölgesiyle karşılaştırıldığında inceleme alanında belirgin bazı farkların olduğu, bu farkların ise iklim özellikleri, topografik özellikler ve litolojik şartlarla çalışma sahasında değişiklikler gösterdiği açıktır. Bitki örtüsünün dağılışında en önemli etken iklim elemanlarıdır. Bu sebeple araştırma alanının iklimi ve bitki örtüsü arasındaki ilişkinin analiz edilmesi gerekmektedir. MGM verilerine dayanılarak bu ilişkinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Araştırma alanı ve yakın çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait bazı iklim verileri incelendiğinde, Karabük ve Safranbolu çevresinde yıllık ortalama sıcaklık değerleri 12-13 °C civarındadır. Bu değerler aylara ve mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Kış aylarında sıcaklıklar 2 ile 4 °C arasında iken, yaz aylarında 23-24 °C ye kadar çıkmaktadır. Büyükdüz ve Baklabostan istasyonları ise yükselti bakımından diğer istasyonlara göre daha yüksekte bulunmaktadır. Bu istasyonlarda ise kış aylarında sıcaklıklar -2,9 (Büyükdüz) ile -0,3 °C (Baklabostan) arasında iken, yaz aylarında 14,9 (Büyükdüz) ile 17,4 °C (Baklabostan) arasında seyretmektedir. Yıllık yağış ortalamaları, Karabük ve Safranbolu çevresi için 490-500

mm civarında, deniz etkisine diğerlerine göre açık istasyon olan Yenice’de uzun yıllar ortalaması 715 mm iken, rakımı diğerlerinden daha fazla olan Büyükdüz ve Baklabostan istasyonları için; 1006 mm (Büyükdüz) ile 1324 (Büyükdüz) mm arasındadır. Çalışma sahasının denizel etkiye daha açık olan yerlerinde (Yenice yakınları gibi) yağış daha fazla iken, denizel etkiyi daha az hisseden Karabük-Safranbolu havzasında daha düşüktür. Buna bağlı olarak, rakımı yüksek olan Büyükdüz (1560m) ve Baklabostan (860m) istasyonları çevresinde yükseltinin artmasına bağlı olarak değişen yağış, nem, sıcaklık, bulutluluk ve güneşlenme gibi etkenler, bitkilerde kademeler oluşturmaktadır. Alçak seviyelerde meşe ve karaçamlarla başlayan ağaç topluluklarını kademeli olarak sarıçam, kayın ve göknar toplulukları izlemektedir. Yüksek sahalar göknar yoğunluklu göknar-sarıçam karışık ormanları ile kaplıdır.

Dağların geniş yer kapladığı Karabük ve çevresinde ormanlar yaygındır. Safranbolu ile araştırma sahasının dışında kuzeybatıda bulunan Yenice’de ormanlar gürdür. 700-750 m.ye kadar kızılçam (*Pinus brutia*) ve karaçam (*Pinus nigra*) (Fotoğraf 10), daha yükseklerde Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana*) (Fotoğraf 11), görülen ağaç türleridir. 1600 m’ ye kadar iğne ve geniş yapraklı ormanlar bir arada bulunurken, bu yükseltiden sonra yüksek dağ çayırları gözlenmektedir. Dağ çayırları içerisinde adaçayı (*Salvia officinalis*) ve kekik (*Thymus sp.*) görülmektedir. İnceleme alanında, karasal iklim özelliklerinin daha baskın olduğu yerlerde ise meşe (*Quercus sp.*) ön plandadır. Çalışma sahası yakınlarında bulunan Yenice ormanları, çok sayıda ağaç türünü barındırmaktadır. Filyos Çayı vadisinde daha ılıman bir iklim görüldüğü için buralarda sandal (*Arbutus andrachne*), menengiç (*Pistacia terebinthus*) gibi maki türleri görülmektedir (Karabük İl Çevre Durum Raporu, 2012; İğci, 2013; Coşkun, 2017). Keltepe ve Yenice’de bulunan orman sahasında porsuk (*Taxus baccata*) ve şimşir (*Buxus sempervirens*) gözlenmektedir.



**Fotoğraf 10.** Araştırma sahasında görülen dikim karaçamlar (*Pinus nigra*) (Safranbolu Kent Ormanı).



**Fotoğraf 11.** Hava sıcaklığının nispeten daha düşük seviyelerde seyredilen Sarıçiçek dağında görülen Uludağ Gökmarları (*Abies bornmülleriana*).



**Fotoğraf 12.** Gölyayla uvalası yakınlarında görülen sık ormanlık alan ve Orman İşletme Müdürlüğü'nün kesim için açtığı yol.

Çalışma sahasının yüksek kesimlerinde göknar başta olmak üzere, karaçam, gürgen, meşe, kayın ve sarıçamdan meydana gelen zengin bir orman formasyonu ile vadi tabanlarında kızılçamlar ile birlikte maki ve psödomaki türleri, sahanın vejetasyonunu meydana getirmektedir (Fotoğraf 13). Maki formasyonunun başlıcalarını; katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus*), karaçalı (*Paliurus spina*), akçakesme (*Phillyrea latifolia*), sandal (*Arbutus andrachne*), adaçayı yapraklı laden (*Cistus salviifolius*), tüylü laden (*Cistus creticus*), derici sumaçı (*Rhus coriaria*) ve menengiç oluştururken, psödomakilerin bazıları; kızılıçık (*Cornus mas*), fındık (*Corylus avellana*), ayı üzümü (*Arctostaphylos uva ursi*) ve kurtbağrı (*Ligustrum vulgare*) gibi türler oluşturmaktadır (Coşkun ve Coşkun, 2017).



**Fotoğraf 13.** Sarıçiçek dağında kalker üzerinde gelişmiş vejetasyon.





**Fotoğraf 14.** Sarıççek dağında saçak kök yapmış olan vejetasyon.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. KARABÜK VE SAFRANBOLU HAVZASININ KARST JEOMORFOLOJİSİ

#### 2.1. Karstlaşma Üzerinde Etkili Olan Faktörler

Önceki bölümlerde, araştırma sahasındaki genel fiziki coğrafya özelliklerinden bahsedilmiştir. Bu bölümde ise karstlaşma ve karstlaşma üzerinde etkisi olan bazı etmenlere değinilecektir. Karstlaşma, şekillendirici ve çözücü faktörlere bağlı olarak gelişmektedir. Bu faktörler dışında, iklim, hidrografya, toprak, bitki örtüsü ve zaman da karstlaşma üzerinde etkili olan diğer faktörlerdir. Yeryüzünde karstik alanlarda görülen karstlaşma olayları ve bunlara sebep olan faktörler çok çeşitlidir.

Türkiye’de rölyef sistemlerinin gelişiminde tektonik hareketler oldukça etkili olmuştur. Bu durum Karadeniz Bölgesi için de geçerlidir. Araştırma sahası için Törk (1995)’in yaptığı çalışmalar sonucunda jeomorfolojik olarak üç farklı rölyef sistemi belirlenmiştir. Bunlar Orta-Üst Miyosen, Pliyosen ve Kuaterner dönemleridir. Karstik oluşumlardan uvala ve polyelerin yeriçi suyu ve kaynakların beslenmesinde önemli rolü olduğu belirlenmiştir. Bundan sonraki kısımda karstlaşma üzerinde etkili olan yapısal (strüktürel), topografik, iklim, hidrografik, toprak ve bitki örtüsü faktörlerine değinilecektir.

##### 2.1.1. Yapısal (Strüktürel) Faktörler

Karstlaşmada yapısal faktörler, litolojik ve tektonik yapı olarak iki kısma ayrılmaktadır.

Karstlaşma sürecinin oluşabilmesi için öncelikle çözünebilen kayaçların saha içerisinde, yüzeyde veya suyun ulaşabildiği kadar yer altında bulunması gerekmektedir. Karstik süreç gelişiminin başlamasında birincil faktör yapısal özelliklerdir. Yani herhangi bir karstik şeklin oluşumunun başlangıç evresi,

litostratigrafik ve tektonik etkenlere bağlı olarak başlamaktadır (Koçak, 2003; Tuncer, 2004; Coşkun, 2015).

Çalışma sahası farklı jeolojik zamanlarda oluşmuş çözünebilen kayalardan, daha çok kireçtaşlarının bulunduğu bir sahadır. Bu başlık altında litolojik ve tektonik özelliklerin karstlaşmaya etkisi konuları içerisinde genel bilgiler verildikten sonra, araştırma sahasında oluşan şekiller hakkında düşüncelerin ne gibi farklılıklara yol açtığından bahsedilecektir.

#### **2.1.1.1. Litolojik Özelliklerin Karstlaşmaya Etkisi**

Karstlaşma denilince ilk akla gelen kalkerdir. Çünkü diğer çözünebilen kayaların (jips, tuz, dolomit, tebeşir vs.) yayılış alanı daha azdır. Belirtilen kayalar üzerinde en önemlileri dolinler olmak üzere, küçük karstik şekiller oluşur ve olgunluk, hatta ihtiyarlık safhasına ulaşmadan da ortadan kalkarlar. Zaman kavramı aynı kalmak şartıyla kalkerli arazilerde oluşan şekiller diğer kayalara göre daha kalıcıdır. Çünkü tüm dünyada polyeler ve mağaralar gibi en büyük şekiller kalker içerisinde gelişmiştir. Bugün bir Causses (Kos), Dinar, Tropikal, Akdeniz vs. karstında, tamamen kalkerler ön plandadır. Hiçbir yerde bir jips karstı veya tuz karstı, kalker karstı kadar önemli olmamıştır (Kurter, 1961; Pekcan, 1999; Siler, 2016).

Karstlaşmaya elverişli olan kayalar; kalker ( $\text{CaCO}_3$ ), içerisinde magnezyum karbonatın olduğu dolomit ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ), jips veya alçıtaşı ( $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ), kayatuzu ( $\text{NaCl}$ ), tebeşir ve mermerdir. Bu çözünebilen kayaların bulunduğu sahalarda, az veya çok, belirli miktarlarda çözünme meydana gelmektedir. Çözünmeyi sağlayan koşul ise bu kayalar ile temas kuran karbonik asitli sulardır (Siler, 2016). Bundan dolayı yer altında ve yer üstünde karbondioksit açısından zengin sular, çözünebilen karbonatlı kayalar ile temas etmesi halinde kalsiyum karbonatı çözerek çözünme şekillerinin oluşmasına ve bunun sonucunda ise suyun bünyesine geçen kalsiyum mineralleri, bazı alanlarda çökeliş istifleterek karstik çökeltme şekillerinin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Bu oluşumda doğal (fiziki) faktörlerin etkileri vardır. Ancak temel faktör olarak, öncelikle kimyasal olarak çözünebilen bir kayacın varlığıdır. Çataltepe mevkiinde kireçtaşları yatay duruşlu olarak lamine ve istiflenmiş bir şekilde göze çarpmaktadır (Fotoğraf 15).



**Fotoğraf 15.** Çataltepe (806 m) mevkiinde yatay duruşlu laminalı ve istiflenmiş kireçtaşları.

Çalışma sahasında oluşmuş Kambriyen, Jura, Kretase ve Eosen yaşlı kayalarda, XRF analizi sonucunda, yüksek oranda kalsit minerali ve CaO belirlenmiştir. Bundan dolayı araştırma sahasında, çözünebilen diğer kayalara göre kireçtaşı oluşumu daha fazla görülmektedir (Tablo 31). İnceleme alanında Eosen yaşlı kalkerler organojen kökenli kalker sınıfına girmektedir. Bunlar kalker kavkılı canlıların öldükten sonra bıraktıkları kabuklarının üst üste istiflenmesi ve çimentolaşması sonucunda oluşmaktadır. Eosen yaşlı Nümmilitli kireçtaşlarına İncekaya yakınlarında pek fazla rastlanmaktadır (Fotoğraf 16).

Kalkerlerin genel oluşum şartları çok farklıdır. Bunlardan detritik kökenli kalkerler, daha önce mevcut olan kalkerlerin parçalanıp dağılmasıyla ve bunların deniz, okyanus veya göllerin kenarlarında depolanmalarıyla oluşmaktadır. Kimyasal kökenli kalkerler özellikle karbonik asitli suların, kalkerli taşların kimyasal çözünmesi ile meydana gelmektedir. Organik kökenli kalkerler ise, kalker kavkılı canlıların öldükten sonra bıraktıkları kabuklarının veya iskeletlerinin üst üste istiflenip

çimentolaşmaları sonucu oluşmaktadır (Pekcan, 1999). Çalışma sahasında Kambriyen, Jura, Kretase ve Eosen yaşlı kireçtaşlarının varlığı söz konusudur (Fotoğraf 17).



**Fotoğraf 16.** İncekaya yakınlarında görülen nümmilitli kireçtaşı.



**Fotoğraf 17.** Karabük Kayı köyü yakınlarından Kretase yaşlı kireçtaşı.

Karstlaşmaya elverişli karbonatlı kayaçların oluşum ortamları ve geçirdikleri dönüşümlerin bütün özelliklerini kapsayan litolojik faktörlerin çeşitli olması; araştırma sahasında kısa mesafeler dâhilinde karstlaşmanın farklı şekillerde görülmesine sebep olmuştur.

Kalker ne kadar saf ise, karstlaşma da o derece fazla olmaktadır. En iyi biçimde oluşan karstik şekiller, içerisinde %96'nın üzerinde  $\text{CaCO}_3$  (Kalsiyum Karbonat) olan kalkerlerde görülmektedir. Geriye kalan unsurlar ise, bu durumdaki kalkerlerde fazla bir önem taşımazlar ve çözünme üzerinde büyük bir etkiye sahip değildir. Bu çözünemeyen unsurların başlıcalarını kuvars, demir, magnezyum, kil bileşikleri ve değişik boyutlarda kumlar oluşturmaktadır (Güneysu, 1993; Pekcan, 1999; Siler, 2016).



**Fotoğraf 18.** Araştırma sahasının kuzeybatısında bulunan Sarıçiçek Dağı'nda Mesozoik yaşlı kireçtaşı.

Karstik bölgelerde  $\text{CaCO}_3$  oranı %90 seviyesinin üzerinde ise karstlaşmaya çok elverişli,  $\text{CaCO}_3$  oranının %60'ın altında düştüğü yerlerde ise karstlaşma oluşumu ve karstik şekillerin gelişimi daha zayıftır (Nazik, 1985; Güneysu, 1993). Çözünemeyen unsurlar kalker içerisinde fazlalaştıkça, şekillerin oluşumu, dolayısıyla da karstlaşma olayı güçleşmektedir. Çünkü kalker içerisindeki çatlaklar, çözünemeyen unsurlar tarafından doldurulursa karstlaşma yavaşlamakta, hatta geçirimsiz kil ve marnlar ile birleşince bir yerden sonra durma eğilimi göstermektedir.

Karstlaşma olayında karbonatlı kayalarda bulunan, karstlaşmanın oluşumunu ve gelişimini etkileyen  $\text{CaCO}_3$  dışında, kayaların yapısında bulunan  $\text{MgCO}_3$  oranı da bir diğer önemli faktördür.  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ 'e göre daha yavaş çözünmektedir. Dolayısıyla çoğunluğu  $\text{MgCO}_3$  yapısında olan dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) ve dolomitik kireçtaşları daha yavaş çözünerek karstlaşmayı güçleştiren bir etken olmaktadır. Böylece dolomit ve dolomitik kireçtaşları üzerinde gelişen lapy gibi küçük yüzeysel karstik şekiller tam manasıyla gelişimini tamamlayamaz. Dolomit ve dolomitik kireçtaşları üzerinde bu nedenlerle, yeriçi karstik şekillerinden çok, yüzeysel karstik şekiller gelişme göstermektedir (Castany, 1969; Yalçınlar, 1969; Erinç, 1971;

Üşenmez, 1985; White, 1988). Ayrıca karbonatlı kayaçların yapılarında kil gibi fazla miktarda yabancı maddeler bulunması da karstlaşma temposunu etkileyen engelleyici faktörler arasındadır.

Bir başka karstik kayaç olan mermer ise metamorfizma geçirmiş kalkerdir. Mermerin oluşumuna bakıldığında, kalkerin içerisindeki kalsit mineralleri sıcaklık ve basınç etkisiyle sıkışma sonucu birbirine daha çok yaklaşır. Bu olaya kompaktlaşma denir. Mermer kompakt bir kayaçtır. Bu özelliğini metamorfizma geçirdiği için kazanmıştır (Pekcan, 1999; Uyanık, 2006). Bundan dolayı mermer kalkere nazaran daha az geçirgendir. Yani sular mermerin içerisine fazla giremez. Mermerli arazilerde derinlik karstından pek bahsedilmezken, yüzey karstı meydana gelmektedir. Fakat mermerli arazilerde tektonizma ile ilgili faylar meydana gelmişse sular, derine doğru sızarak küçük boyutlarda mağaralar meydana getirmektedir. Mermerler üzerinde oluşan karstik şekiller incelendiğinde, geçirimsiz olması ve derinlik karstının meydana gelmemesinden dolayı, en fazla lapyaların meydana geldiği görülmektedir.

Karbonatlı kayaçların mineralleri, kimyasal bileşimleri, yapı ve doku özellikleri ile karstik şekillerin oluşumları ve gelişimleri arasında bir paralellik bulunmaktadır. Karstik çözümler konusunda daha önce yapılan çalışmalara göre, karbonatlı kayaçların dokusal bileşenlerini meydana getiren karbonat çamuru (matriks), gözeneklilik (porozite) ve tanecik yapısı (allokemler) gibi olguların farklı özelliklerine bağlı olarak karstlaşma ve bundan dolayı da karstik şekillerin gelişimleri hızlanmaktadır (Bener, 1965; Castany, 1969; Erinç, 1971; Eroskay, 1978; Nazik, 1985, 1992).

Karbonatlı kayaçların karstik araziler üzerinde ince olması, suyun tabakalarda daha fazla yüzey ile teması halinde karstlaşmanın daha çok gelişmesine sebep olmaktadır. Fakat ince tabakalar halinde olan karbonatlı kayaçlar üzerinde farklı farklı karstik şekillerin ve derinlik karstının oluşabilmesi için, bu tabakaların tortullanma kalınlıklarının da fazla olması gerekmektedir (Nazik, 1985; Güneysu, 1993). Bu tabakaların ince olması halinde derinlik karstı oluşumu güç olmakta ve sığ karst özelliği gösterebilmektedir. Yani bu tabakaların yüzeyinde karstik şekillerin oluşumu çok gelişmezken aynı zamanda yerinde derinlik karstı oluşumu neredeyse imkânsızdır.

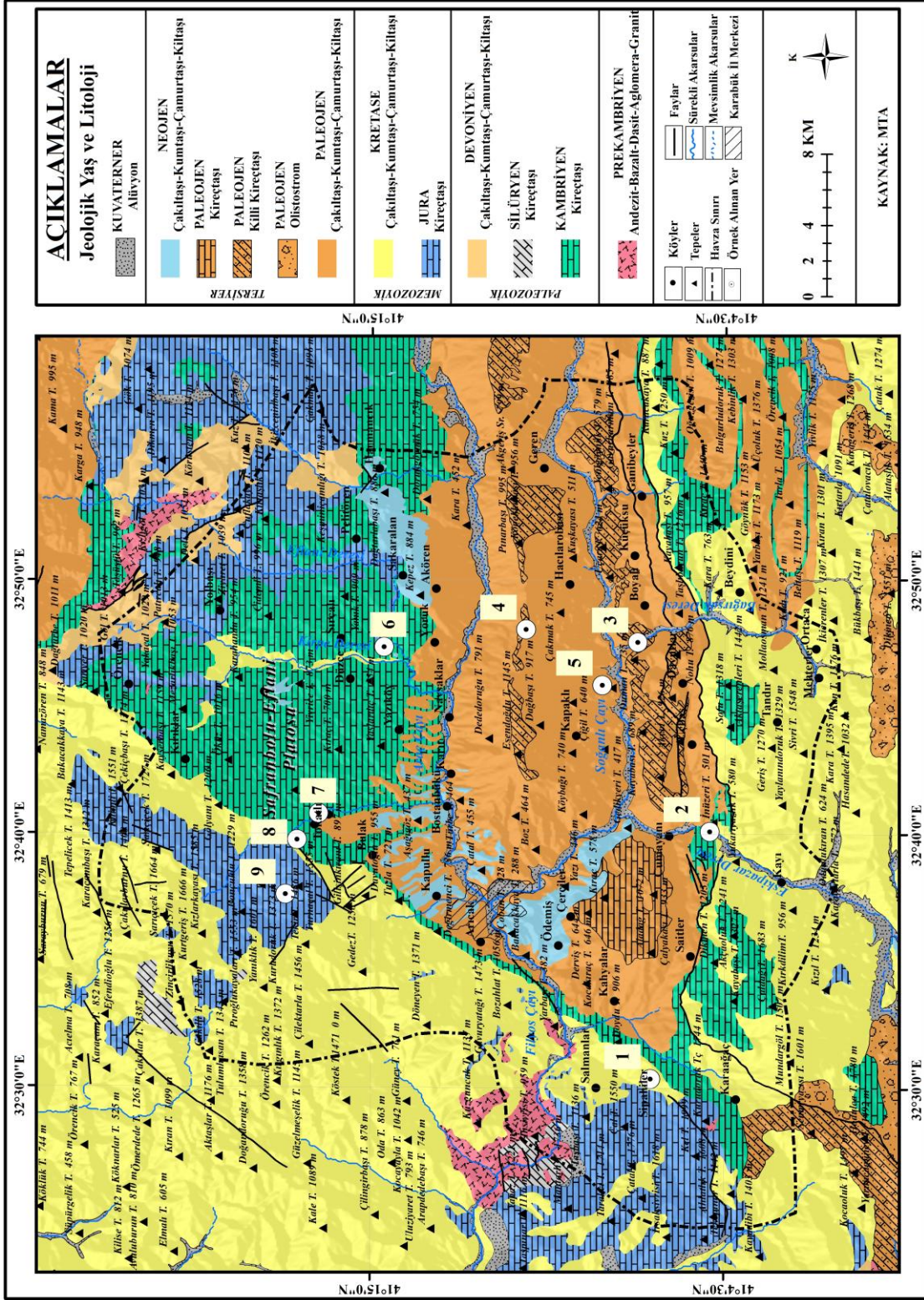


İnceleme alanında farklı kalınlıkta yayılış gösteren karbonatlı kayalar üzerinde gelişen karstlaşma olayı, geçirimsiz tabakalarda karst taban seviyesini oluşturmuştur. Araştırma sahasında karbonatlı kayalar içinde kalınlığı en fazla olan litolojik birim, Safranbolu litolojik birimidir. Safranbolu kuzeyinin karst hidrojeolojisi bakımından önceki çalışmalara konu olması da bu bölgenin karstlaşma açısından önemine vurgu yapmaktadır. Bazı litolojik birimleri oluşturan karbonatlı kayalar yayılış alanı gösterebilir bile, kimyasal bileşimleri ve kalınlıklarının düşük olması nedeniyle karstlaşma açısından pek elverişli değildir. Bu kayalar üzerinde ancak bazı lapa türleri gelişebilmektedir (Ör: Çalışma sahasının güneydoğusunda bulunan Ovacık kuzeyi ve Araç çayı boyunca devam eden güzergâh).

Çalışma sahası bünyesindeki çözünebilir yapıların yukarıda bahsi geçen nitelik ve nicelikleri birbirinden farklı olup, bunlardan her birinin özellikleri, farklı ölçeklerde karstlaşmaya ve oluşan karstik şekline karakterine yansımaktadır. Bu farklılıkların ortaya konulması ve çözünebilir kayanın türüne göre karstlaşmanın niteliklerinin belirlenmesi amacıyla **10** adet numune toplanmıştır (Fotoğraf 20-21; Harita 14). Bu numunelere, kayacı oluşturan minerallerin oranları ve kayacın yapısal özellikleri ile türünün belirlenmesi için Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsü laboratuvarında öğütme ve XRF (Kayacı oluşturan ana element oranları analizi AA-31) gibi test analizleri yaptırılmıştır (Fotoğraf 19).



**Fotoğraf 19.** Kayacı oluşturan minerallerin oranları ve kayacın yapısal özellikleri ile türünün belirlenmesi için Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsü laboratuvarında öğütme yapan makine.





**Fotoğraf 20.** Çalışma sahasında belirlenen bazı noktalardan XRF analizi yapmak amacıyla kayaç numunesi toplanması.

Bu bölümde karst olgusu ile gelişen bu kayaçların litolojik özellikleri, Demir-Çelik Enstitüsü analiz laboratuvarında yapılan analizlerin sonuçlarına göre ‘XRF Analizleri’ konu başlığı altında açıklanmış olup, meydana gelen şekiller üzerinde nasıl etkili oldukları hakkında değerlendirmelerde bulunulmuştur.



**Fotoğraf 21.** XRF analizi için toplanan kayaç numunelerinin kilitli poşete koyulması.

#### **2.1.1.2. Tektonik Özelliklerin Karstlaşmaya Etkisi**

Karstik arazilerde bulunan çözünebilir kayaçların yapısal özellikleri, karstlaşmayı önemli bir ölçüde etkilemektedir. Çözünebilir kayaçların oluşturduğu tabakaların kalınlığı, duruşu (monoklinal, kıvrımlı ya da yatay yapıda olması), faylarla parçalanması, sahadaki epirojenik hareketlerin varlığı, tektonik özelliklere bağlı olarak karstlaşma koşulları bakımından değişiklik göstermektedir. Bu tür tektonik aktivitelere bağlı olarak bu tabakalar, kırılmalar, kıvrılmalar, diaklaz sistemleri ile birlikte bir tarafa doğru eğimlenmeler gösterebilmektedir (Güneysu, 1993; Siler, 2016). Araştırma sahasının tektonik özellikleri en az litolojik özellikler kadar, karstlaşma konusunda etkili bir faktördür. Yapısal özellikler; tabakalar, diyaklazlar (kırık hatları, faylar) gibi

yapısal süreksizlikler ile kıvrımlar ve araştırma sahasını etkileyen yatay ve dikey doğrultulu hareketler karstlaşmayı etkileyen durumları ortaya koymaktadır.

Araştırma alanında görülen en önemli fay hattı, Karabük-Safranbolu Havzası'nı KD-GB yönünde sınırlayan Karabük ters fayıdır. 60-65 km devam eden bu hat boyunca, çalışma sahasının kuzeydoğusunda yer alan Kretase yaşlı kireçtaşlarında tortul tabakalar yükselme göstermiştir. Fay hattı boyunca Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları Kretase yaşlı fliş ve Tersiyer yaşlı kireçtaşları üzerine binmiştir. Fayın her iki yanında, faya çok yakın noktalarda kırılmalarla birlikte dirsekler meydana gelmiştir. Özellikle Safranbolu'nun güneyindeki Eosen yaşlı kireçtaşları hemen hemen yatay konumda olmasına karşın, fay hattındaki eğim genellikle  $10^{\circ}$  –  $50^{\circ}$  arasında ve yatay konumda olması nedeniyle düşey ve devrik konumlar kazanmıştır. Ancak bu fay şu an aktif değildir. (Blumenthal, 1948; Akt; Saner 1980).

İnceleme alanında, ana fay hattı olan Karabük fayı ile buna bağlı olarak gelişim gösteren diğer faylanmalar boyunca özellikle de tortullanma ile oluşan kireçtaşlarında derince yarılmalar meydana gelmiştir. Bundan dolayı fay hattını izleyen doğrultuda Hızır ve Mencilis mağaraları, Gölyayla uvalası, Öküzovası polyesi ve kanyon vadiler gibi karstik şekiller oluşmuştur.

Kalkerler üzerindeki orijinal rölyef şekillerinin kalın ve kıvrımlı kalker tabakalarının içerisinde ve üzerinde daha iyi ve geniş ölçüde geliştikleri bilinmektedir. Çünkü böyle kalın ve kıvrımlı kalker tabakaları çok fazla çatlak içermektedir. Diğer taraftan tektonik, karstlaşmaya yön veren önemli unsurlardan biridir. Burada ki önemli unsur faylardır. Hemen pek çok yerde, pek çok karstik şekil, bu fayları takip etmektedir. Bazı fluviyo-karstik şekiller ile dolinlerin, uvalaların ve polyelerin uzanımları faylarla ilgilidir. Sular, bu kırıkların içerisine çok kolay girer ve o kısımdaki kalkerlerin çözünmesini sağlamaktadır (Atalay, 1973; Pekcan, 1999; Doğan, 2004).

Öncelikle lapyalar, daha sonra küçük dolinler ve bunların birleşmeleriyle büyük dolinler, daha sonra uvalalar ve son olarak da polyeler çözünme şekillerinin en önemli biçimleridir. Çalışma sahasında bulunan mağaralarda faylanmanın etkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü faylanma sonucunda oluşan çatlakların arasına kolayca giren sular çözünme faaliyetini etkilemektedir. Sahada yer alan önemli mağaralardan olan

Mencilis ve Hızır, Karabük fayının yakınlarında oluşmuştur. Bu da mağaralarda faylanmanın etkisini göz önüne sermektedir.

Çözünabilen kayaçların masif veya tabakalı bir yapı göstermeleri; tabakaların yatay, monoklinal, kıvrımlı veya faylı gibi çeşitli yapıda olmaları da karstlaşma üzerinde etkili olmaktadır. Örneğin monoklinal yapıya sahip olan kalkerler, eğimli tabaka yüzeyleri boyunca derin kısımlara sokulan suların etkisine daha fazla maruz kalmaktadır. Kırıklı veya faylı yapı da buna benzer bir etkiye yol açmaktadır. Kırık ve fay düzlemleri boyunca çatlaklar fazla olduğundan sular, rahatlıkla kayaçların iç kısımlarına doğru sokulurlar ve bu kısımlarda çözünme faaliyeti gerçekleştirirler. Buna bağlı olarak da lapy, dolin ve kanyon vadi gibi karstik yer şekilleri meydana gelmektedir (Güldalı, 1971; Güneysu, 1989; Hoşgören, 2015).

Tabaka eğimlerinin çok az olduğu (yatay) yerler karstlaşma için elverişli sahalardan değildir. Çünkü suda pek dolaşım olmadığı için çözünme son bulmaktadır. Eğer suda dolaşım olursa, kalker çözdükten sonra, yerine geçecek sular tekrar bu faaliyetlerine devam ederler. Suyun her maddeye göre bir çözme kapasitesi bulunmaktadır. Eğimin olmadığı bir kalkerli alan düşünüldüğünde burada biriken sular, bir miktar kalker çözer ve doyma noktasına gelince de çözünme tamamen durur. Ancak bu suyun akıp gitmesi veya çatlak ve kuyulardan aşağılara sızması ile karstlaşma, yeni gelen su ile tekrar döngü halinde devam etmesini sağlamaktadır.

Yatay yapı sahalarda, diğer etkili faktörler aynı kalmak koşuluyla, sızma miktarı nispeten azdır. Bu durum çözünme şiddeti üzerinde etkili olmaktadır. Ayrıca, bu gibi sahalarda, kalker tabakalarının geçirimsiz kayaçlara ait tabakalarla ardışık olarak bulunmaları karstlaşmanın derin kısımlara sokulmasını güçleştirerek sığ bir karst oluşmasına sebep olmaktadır (Güneysu, 1989; Nazik, 1989; Hoşgören, 2015). Dolayısıyla üst kısımlardan sızan sular geçirimsiz tabakalara ulaştığında, bu tabakanın altında yer alan kalker tabakalarına sokulması engellenir. Eğer yüzeyde yer alan kalker tabakasının kalınlığı yeteri düzeyde değilse karstlaşma olayı derine doğru gerçekleşemez ve bu şekilde sadece yüzeydeki kalker tabakasında karstik yer şekilleri meydana gelmektedir. Bununla birlikte yüzeysel ve nispeten az sayıda karstik şekil oluşmaktadır. Bu tip karsta sığ karst veya yüzey karstı gibi isimler verilmektedir.

İleri derecede karstlaşmanın meydana gelebilmesi ve suların yavaş bir şekilde akabilmesi için çok hafif yamaç eğimlerine gereksinim vardır. Böylece derinlik karstı meydana gelebilmektedir.

Yeryüzünde tatlı su fasiyeslerinde oluşmuş karbonatlı kayaçlar, karstlaşma açısından daha etkisiz kalırken, denizel fasiyeste oluşmuş karbonatlı kayaçlar ise karstlaşma açısından daha etkin litolojileri oluşturmaktadır (Eroskay, 1980; Jennings, 1985).

İnceleme alanında görülen Mencilis ve Hızar mağaralarının oluşumunu başlatan en önemli faktörlerden birisi bu alanda bulunan fay hatlarının varlığıdır. Bu kırık hatlarının oluşturduğu zayıf zonlar boyunca mağara oluşumları daha kolay olmaktadır. Mencilis ve Hızar mağaralarının oluşumunda da bu faktörün etkisi büyüktür.

### **2.1.2. Topografik Faktörler**

Karstik şekillerin, boyut, şekil ve oluşan şeklin türü ile bunların dağılışı üzerinde etkiye sahip olan topografik faktörler aynı zamanda diğer etkenlerin de değişmesine neden olmaktadır. Bu açıdan topografik etkinin karstlaşma üzerinde hem direkt hem de dolaylı etkileri söz konusudur. Topografik unsurlardan olan, yükselti, eğim, bakı, yer şeklinin doğrultusu gibi etkenlere göre iklim, hidrografiya, bitki örtüsü ve toprak koşulları da değişimler göstermekte, dolayısıyla karstlaşma koşulları da değişen bu ortamlara göre kendine özgü durumlarda gelişebilmektedir (Alagöz, 1943; Koçak, 1991; Tuncer, 2004; Siler, 2016).

Topografik özelliklerin karstlaşmaya etkileri yükselti, eğim, bakı ve arazinin yarıлма derecesi gibi faktörlerle oluşmaktadır. Karstlaşma üzerinde etkili olan topografik faktörler başlığı altında araştırma sahasındaki yükselti, eğim ve bakı şartlarının karstlaşmaya etkisi, yarıлма derecesinin karstlaşmaya etkisi, karst taban seviyesi ile bunların değişiminin karstlaşmaya etkilerinden bahsedilecektir.

#### **2.1.2.1. Yükselti, Eğim ve Bakı Şartlarının Karstlaşmaya Etkisi**

Karstik şekiller, deniz seviyesinde oluştukları gibi yüksek yerlerde de oluşabilmektedir. Hatta tipik ve büyük şekillere yüksek yerlerde daha çok rastlanmaktadır (Dinar, Akdeniz ve Yunan karstında olduğu gibi). Deniz düzeyinde olan karst, birçok defa denizin Kuaterner'deki seviye değişikliklerine yani 'östatik'



hareketlere uyum göstermektedir. Nitekim deniz kıyılarındaki denizaltı karstik kaynakları bunu kanıtlamaktadır. Çünkü suların alçaldığı bir devrede (örneğin, Würm glasyasyonu esnasında, -90m) karstlaşma da normal olarak o seviyeye inme eğilimi gösterir. Daha sonra, suların yükselmesi ve eski seviyesini almasıyla birlikte kıyı bölgelerindeki kalanklar dolar, eski su çıkanlar ise denizaltında kalır. Böylece denizaltı karstik kaynaklarını oluştururlar (Tuncer, 1995; Pekcan, 1999; Ford ve Williams, 2007). Deniz seviyesi altında karstlaşma süreci çok ağır bir şekilde gelişir. Bir yerde deniz seviyesinin yükselmesi ise karstlaşmayı yavaşlatarak, hatta durdurarak daha çok engelleyebilmektedir.

Karstlaşmanın en iyi şekilde gelişebilmesinin temel faktörü kalkerden meydana gelen yüzeyin, daimi taban seviyesinden yeteri kadar yüksekte olmasıdır. Bu koşulun sağlanmasıyla birlikte karstlaşma süreci, diğer koşulların da elverişli olmasıyla, derine doğru gelişebilir ve karst topografyasının yeriçi drenajı ile yer şekillerini meydana getirebilir. Yükselti ayrıca iklime de etki yaparak karstlaşma üzerinde rol oynamaktadır (Hoşgören, 2015).

Yüksek bölgelere çıkıldıkça karstik şekillerde büyük zenginlik göze çarpmaktadır. Bütün Akdeniz sektörü düşünülürse alpin orojenik hareketlerle yükselmiş olan kütlelerde karstlaşmanın hızlanması bu yükselmelerle doğru orantılıdır. Yükselme, hemen tüm bu sektörlerde orojenik hareketlerin sonrasında meydana gelen epirojenik hareketlerle ilgilidir. Bunun sonucunda yüzeysel sular ilk aşamada derine doğru inme eğilimi göstermişlerdir. Böylece yüzeyde susuz karstik bölgeler meydana gelmiştir (Pekcan, 1999).

Çalışma sahasındaki karstik yapıların bulunduğu yükselti karstlaşma açısından farklılıklara sebep olmuştur. Çünkü yükselti arttıkça yağış miktarında genel bir artış, sıcaklık koşullarında ise düşüşler yaşanmaktadır. Bu durum ise karstlaşmanın koşullarını değiştirmektedir. Buna bağlı olarak bitki örtüsü ve toprak tiplerinin değişmesiyle oluşan şekillerde farklılıklar meydana gelmektedir. Yine yükseltinin artmasıyla genel taban seviyesi daha aşağılarda kaldığı için derine doğru çözünme gelişmekte ve yer altı karstı da buna bağlı olarak zenginleşmektedir (Siler, 2016). Yükseltinin artması, yukarıda belirtildiği gibi sıcaklık ve yağış koşullarının değişmesine, buna bağlı olarak ise çözünmeyi sağlayan suyun daha soğuk olmasına neden olmaktadır. Karst gelişimi, iklimin durumuna göre farklılıklar gösterdiğinden

dolayı, kalkerı çözen suyun ısısı önemli bir rol oynamaktadır. Soğuk sularda, sıcak sulara göre daha fazla CO<sub>2</sub> bulunur. Bu durum ise karstik gelişimin değişmesine sebep olmaktadır.



**Fotoğraf 22.** Sariçiçek dağında (1300 m) çözülmüş kalker.

Çalışma sahasında olduğu gibi, sığ karstların olduğu alanlarda, karst taban seviyesi üzerinde ince tortulanmalar oluşturmaktadır. Karst taban seviyesinin topografya yüzeyine yakın uzaklıkta olduğu karbonatlı kayaçlar, diğer şartların uygun olmasına rağmen karstlaşma açısından pek fazla gelişim gösterememiştir. Dolin, uvala gibi karstik şekiller sığ karstların olduğu arazilerde az sayıda oluşabilirler. Bu arazilerde karstlaşma derinlere doğru pek gelişemezken, yanlara doğru gelişme meydana getirmektedir.

Derinlik karstlarının olduğu alanlarda, karst taban seviyesi üzerinde kalın tortulanmalar oluşturmaktadır. Dolayısıyla karst taban seviyesinin topografya yüzeyinden uzak derinlerde olduğu karbonatlı kayaçlar, yoğun karstik şekillerin oluşmasına ve derinlere kadar inmesine olanak tanımaktadır. Lapyta, dolin, uvala, polye gibi şekillerin yer aldığı bu arazilerde, karstlaşmanın derinlemesine doğru geliştiği gözlenebilmektedir (Örneğin Sariçiçek dağlarının yüksek yerlerinde tam derin olmasa da iyi bir karstlaşma gözlenmiştir).

Karstlaşma açısından topografik faktörlerden bir diğeri ise eğimdir. Karstik bir arazide eğim şartlarına bağlı olarak, karstlaşma düzeyi gelişmekte veya zayıf kalmaktadır. Buna bağlı olarak farklı karstik şekiller ortaya çıkmaktadır.

Eğim derecesinin fazla olduğu araziler, karstlaşma bakımından, düz veya düze yakın eğime sahip arazilere göre daha elverişsiz şartlar içerirler. Topografya yüzeyi eğiminin fazla olduğu sahalarda yağışlarla yeryüzüne düşen sular yerüstü akışı halinde ve hızla oradan uzaklaşırlar. Bu durumda hem yüzeysel çözünme hem de sızma miktarı azalmaktadır. Buna karşılık, düz veya az eğimli zeminler üzerinde su daha uzun bir süre oyalanır, bir takım göllenmeler meydana gelmekte ve dolayısıyla da hem yüzeysel çözünme hem de sızma miktarı artmaktadır (Erinç, 1971; Hoşgören, 2015).

Yağış sularının karbonatlı kayalar üzerinde daha fazla kalmasından dolayı çözünme daha fazla olmakta ve bu gibi yerlerde lapyalar, dolinler, uvalalar, polye gibi karstik şekiller daha yaygın gelişmektedir. Eğimi fazla olan yamaçlarda veya tabakalarda su çok hızlı akıp gideceğinden, kalkerleri çözümlenecek zaman bulamaz. Oysaki suyun bir müddet kalker yüzeyinde kalması şarttır. Bu tip eğimli bölgelerdeki yamaçlarda en çok lapyalar ile iklim şartları elverişli karlı alanlarda, nivo-karstik şekiller meydana gelmektedir (İnandık, 1962; Bener, 1965; Eroskay, 1980; Jennings, 1985; Nazik, 1985; Güneysu, 1993).

Karstik alanlarda, yerüstü sularının, kalkerlerdeki boşluk ve gözeneklerden yer altına sızması sebebiyle yüzeysel akış son derece fakir kalmaktadır. Bu alanlarda akarsu aşındırmasıyla oluşan vadiler bulunmakta ve bunlar birbirleriyle birleşerek düzenli vadi ağları meydana getiremezler. Yamaçların sel ve seyelan sularıyla işlenmeleri önemsiz olduğundan, vadiler genel olarak dar ve derin; boğaz veya kanyon şeklinde oluşmaktadır (Fotoğraf 23). Karstik sahalardaki akarsuların taşıdıkları detritik madde (katı yük) miktarı nispeten az, buna karşılık, çözülmüş yük miktarı nispeten fazladır (Erinç, 1971; Güneysu, 1993; Hoşgören, 2015).



**Fotoğraf 23.** Hızır deresinin yüksek ve engebeli yerlerden geçerek derin ve dar şekilde oluşturduğu İncekaya kanyon vadisi.

Karstlaşmaya uygun karbonatlı kayaçların bulunduğu arazilerde topografik eğimin yatay veya yataya yakın olduğu yerlerde karstik şekillerin oluşumu daha elverişlidir. Yataya yakın topografik eğim bulunan bu arazilerde oyuklu lapyalar, delikli lapyalar, kamenitsalar, diyaklaz lapyaları, dolinler, uvalalar ve polye oluşumları gibi karstik oluşum şekilleri yaygın olarak görülmektedir. Fakat saf kalker (CaO) oranının düştüğü (MgO, SiO vb. oranların fazla olduğu) kayaçlarda karstlaşma daha yavaştır (Fotoğraf 24). Araştırma sahası üzerinde topografik eğimin  $10^\circ$ 'yi bulduğu karstik kayaçlar üzerinde, eğimin artmasına paralel olarak lapyalar, dolinler, uvalalar gibi şekillerin eğim doğrultusunda uzunlamasına biçim özelliği göstermektedir.



**Fotoğraf 24.** Yataya yakın topografik eğim bulunan yerlerde oluşmuş ufak boyutlu oyuklu lapyalar. Araştırma alanının güneydoğusunda yer alan Hacılarobası yakınlarında MgO oranı fazla olan Eosen yaşlı kireçtaşı üzerinde seyri yavaş olan oyuklu lapyaya oluşumu.

Topografik eğimin  $30^\circ$  den fazla olduğu alanlarda sızmayı sağlayan çatlakların etkisi azalmakta ve böylece çözünme temposu da gittikçe düşmektedir. Bu alanlarda, daha çok fiziksel aşındırma sonucu oluşan ve derinlikleriyle uzunlukları büyük boyutlara ulaşan oluklu ve kanalcıklı lapyalar meydana gelmektedir (Fotoğraf 25-26). Buna karşılık eğimin  $60^\circ$  ve yukarısında olduğu yamaçlarda, karstlaşma çok yavaşlamaktadır. Bu yüzeye düşen suların neredeyse tamamı hızlı bir şekilde akışa geçmektedir. Bu tür alanlarda karstlaşmanın hızı azalır ve karstik yüzeylerde derinliği fazla olmayan, suların fiziksel aşındırmasından kaynaklanan, küçük boyutlarda yer yer diyaklaz ile oluklu lapyalar oluşmaktadır (Nazik, 1992) (Fotoğraf 25-26).



**Fotoğraf 25.** Araştırma alanının kuzeyinde yer alan İncekaya Kanyonu civarında oluşmuş kanalcıklı lapyalar.



**Fotoğraf 26.** Sırçalı kanyonu güney yamaçlarında (700m) killi kireçtaşları üzerinde yer alan oluklu lapyalar.

Araştırma sahasında eğim genel olarak fazladır. Saha %0-2 eğimi çok az, %2-4 eğimi az %4-8 hafif eğimli, %8-16 eğimli, %16-32 dik ve %32+ çok dik olarak altı kategoriye ayrılmaktadır. Araştırma sahasının çevresi yüksek tepelerle çevrili bir havza

özelliği taşıdığından dolayı eğim merkezden çevreye doğru artmaktadır. Akarsular tarafından derince parçalanmış bir plato özelliği gösteren Safranbolu-Eflani arasında eğim kuzeybatıya doğru artmakta ve bu eğim değerin in plato yüzeyinde %4-8 civarında eğimli olduğu gözlenmektedir. Eğim oranı çalışma sahasının doğusunda Araç çayına doğru azalmaktadır.

Çalışma sahasında eğimin karstlaşmaya etkisine bakıldığında, topografik eğim değerlerinin az olduğu yerlerde karstik oluşum şekilleri daha iyi gelişebilirken, topografik eğimin fazla olduğu arazilerde karstik oluşum şekilleri sekteye uğramaktadır (Çalışma sahasının eğim haritasına bakıldığında çalışma sahasının batısında eğim oranı çok fazla olduğundan karstik şekiller gözlenmemiştir). İleri derece karstlaşmanın meydana gelebilmesi ve suların yavaş bir şekilde akabilmesi için eğimin çok hafif olması gerekmektedir.

Çalışma sahasında %51'lik güney bakılı etki söz konusudur. Bundan dolayı kuzeye bakan yamaçlarda ortalama sıcaklıklar daha düşük olduğundan dolayı yağmur ve kar erimeleri ile sahada yüzeysel şekilde akan sular nispeten güney bakılı yamaçlarda ki sulara göre daha soğuktur. Bu durum kuzeye bakan yamaçlarda soğuk suların daha fazla CO<sub>2</sub> barındırmasıyla karstlaşmanın da daha etkili bir yapıya sahip olmasına yol açmaktadır.

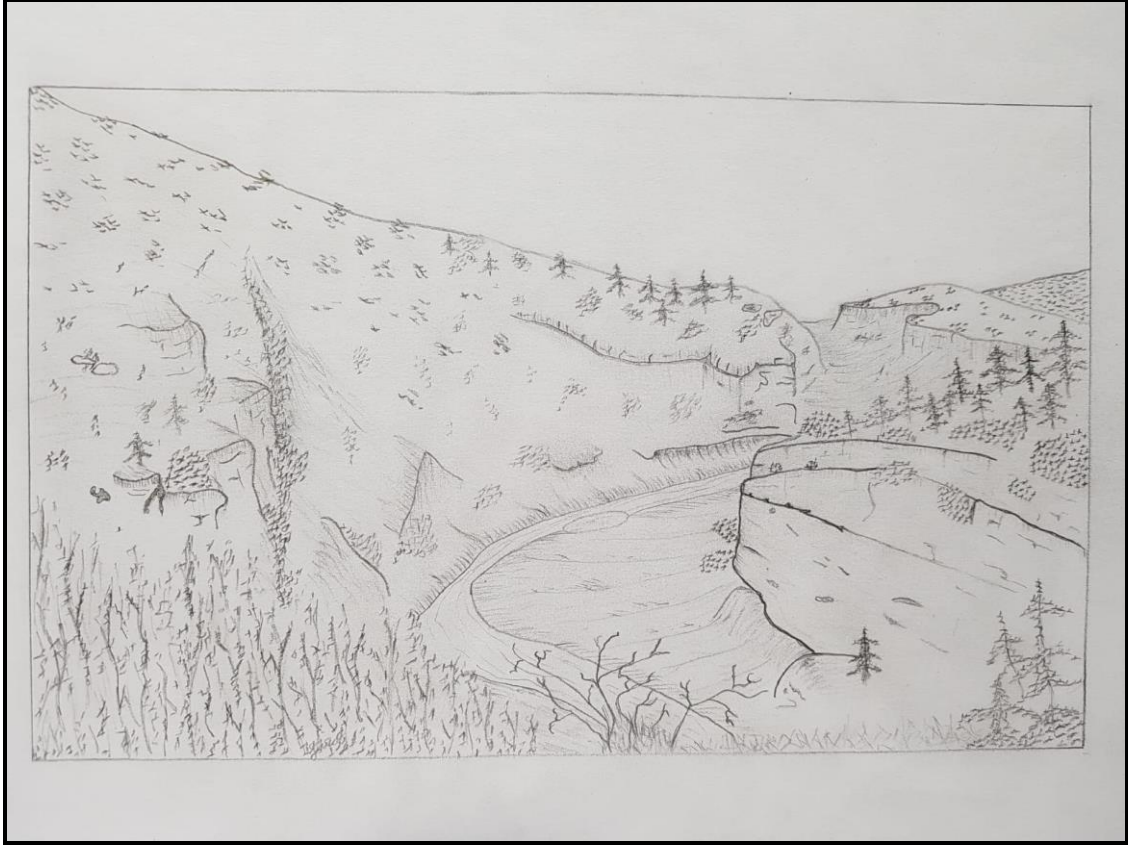
#### **2.1.2.2. Arazinin Yarıлма Derecesinin Karstlaşmaya Etkisi**

Herhangi bir bölgenin gerek faylanma etkisiyle parçalanma gerekse akarsularla derine kazılmaları sonucu oluşan yarıлма, arazide topografik diskordans meydana getirmektedir. Karbonatlı kayaçların kalın olduğu ve aralarında geçirimsiz alanların bulunmadığı bölgelerde yarıлма, karstlaşma üzerinde etkili olmaktadır. Morfolojik taban seviyesine bağlı olmadan derin bir karst meydana gelmektedir. Buna karşılık, karbonatlı kayaçların arasında geçirimsiz birimlerin bulunması halinde; karstlaşmanın değışiminde herhangi bir durum söz konusu olamaz. Ancak burada karstlaşmadan ziyade flüviyal süreçler etkinlik kazanabilmektedir (Nazik, 1985).

Çalışma sahasında tortul kütleler üzerine kurulan Eskipazar Deresi, Cildikısık mevkiinde bu kütle yi aşındırarak eski temele saplanmıştır. Temelin yapı ve eğim özelliklerine ters bir şekilde akış gösteren Eskipazar Deresi, Cildikısık mevkiinde bir sürempoze boğaz oluşturmuştur. Kuzey Anadolu Dağları'nın Alp-Himalaya kıvrım sisteminin bir parçası olmasından dolayı ve sürempoze boğaz oluşumu, orojenik olarak



burada bir yükselme görülmesinin kanıtıdır (Şekil 7). Bu durum sonucunda karst taban seviyesindeki değişiklik karstlaşmanın derinleşmesine sebep olmuştur. Araç Çayı'nın Balıklar Kayası mevkiinde ise antesedant vadi oluşumu göze çarpmaktadır (Fotoğraf 27).



**Şekil 7.** Eskipazar çayı tarafından yarıлма, çökme ve aşınmaya maruz kalmış sürempoze vadi (Karabük-Ankara yolu 10. km. Çizen Yusuf İÇEL)



**Fotoğraf 27.** Araç Çayı tarafından oluşturulan antesedant vadi (Karabük Üniversitesi Balıklar Kayası mevki).

İnceleme alanında Safranbolu-Eflani platosunu oluşturan akarsuların derince yarılması karstlaşma üzerinde hızlandırıcı etki yapmıştır. Bir sahada faylanmalar veya akarsuların derine aşındırmasıyla oluşan yarılmalar karstlaşma üzerinde hızlandırıcı bir etki yapmaktadır. Karst taban seviyesinin morfolojik taban seviyesinden yukarıda olduğu karst bölgelerinde, yeriçi sularının boşalımı hızlanır ve karstlaşma derinliği artar. Morfolojik taban seviyesinin alçalmasına bağlı olarak güçlenen akarsular yataklarını iyice derinleştirerek karst ve morfolojik taban seviyesi arasındaki yükselti farkını iyice artırmaktadır. Bunun sonucu olarak da yüzeye düşen suların yeriçine doğru sızması, miktar ve hız olarak artar. Böylece bu sızan suların kayaçları çözündürmesi de artmış olur. Akarsulardaki derinleşme devam ettiği sürece özellikle karstlaşma düşey yönde derinleşmektedir (Tuncer, 2004).

### **2.1.2.3. Taban Seviyesi ve Değişiminin Karstlaşmaya Etkisi**

Karstlaşmanın derinliğini ve gelişimini belirleyen karst taban seviyesi, karst jeomorfolojisinde önemli bir faktördür. Karbonatlı kayaçların altında veya aralarında bulunan litolojik olarak geçirimsiz tabakalar, karst taban seviyesini oluştururlar. Flüviyal aşınım, yerel veya daimi taban seviyesine bağlı olarak gelişim gösterdiği

halde, karstik çözümlenme, bu seviyelere bağlı değildir. Bu düzey morfolojik taban seviyesinin altında veya üstünde bulunabilir (Nazik, 1992; Güneysu, 1993).

Morfolojik taban seviyesi ve değişimi, karstlaşmaya dolaylı olarak etki etmektedir. Bu düzeyin alçalması veya yükselmesi, kendine bağlı akarsuların hareketlerini, bunlar da karstik bölgelerdeki yeriçi sularını kontrol eder. Böylece karstlaşma yerel olarak canlanır veya yavaşlayabilir. Ayrıca karstlaşma için temel bir durum olan karstik taban seviyesi ile olan yükselti farkı, karstik gelişimin hızı üzerinde etkili olur. Bu iki seviye arasındaki yükselti farkı ne kadar fazla ise, kaynakların boşalımı ve bağlı olarak çözümlenme o derece fazla olmaktadır. Buna karşılık, karstik ve morfolojik taban seviyelerinin birbirlerine yakın yüksekliklerde bulunması, karstlaşmayı yerel olarak yavaşlatır. Çünkü buralarda, kaynaklardan olan yeriçi suyu boşalımı en aza iner. Suyun yavaşlamasından dolayı çözümlenme de azalmaktadır (Sür, 1994; Zeybek, 2004; Tuncer, 2004). Araştırma sahasında bulunan Mencilis mağarasında fosil katların bulunmasının nedeni jeolojik devirler içerisinde yükselmelerin görülmesidir. Morfolojik taban seviyesinin yükselmesi veya alçalması, mağara içerisinde akan yeriçi sularının, karstlaşmayla birlikte alt katlara seviye oluşturmaya sebep olmuştur.

Çalışma sahasının güneyinde yer alan ve doğuya doğru akış gösteren Araç Çayı, 280 m yükseltisiyle araştırma alanının en alçak yerlerindedir. Araç Çayı'na katılan yan kollar genel olarak dandritik drenaj özelliği göstermektedir. Araç Çayı üzerinde aktığı depolar üzerinde yer yer menderesler meydana getirmiştir. Buna karşın bu akarsu, yatağı boyunca karşısına çıkan engelleri aşarken bazı yerlerde dik ve derin boğaz vadiler de oluşturmuştur.

Köseoğlu (2015)'na göre, Araç Çayı vadisinin güneyinde dik ve dağlık kütlelerin akarsuyun ilksel evresinde ona yataklık eden ve senklinal özellik gösteren bir alan olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca jeolojik devirlerde yükselmeye birlikte devam eden tektonik ve östatik hareketler sonucunda akarsuyun güneye kaydığı, kayma yüzeylerinin dağlık kütlede yamaçlar üzerinde çizgisel kuşak oluşturduğu görülmektedir. Araç Çayı vadi kenarları kuzeye bakan tarafta daha siltli bir yamaç oluştururken güneye bakan dağlık kütle tarafında oldukça dik bir yamaç özelliği göstermektedir. Bu gelişimin karstlaşmaya etkisine bakıldığında, taban seviyelerinde

bazı dönemlerde görülen yükselmeler daha önce belirtildiği gibi karstlaşmanın seyrini hızlandırmaktadır.

Tektonik hareketlerin etkili olduğu bölgelerde, alçalıp yükselmelere bağlı olarak karst taban seviyesi sık sık değişerek inip çıkmakta, dolayısıyla karstlaşmanın seyri de değişmektedir. Karstlaşmanın derinliği bu seviyeye bağlıdır. Karst taban seviyesi, morfolojik anlamdaki geçici veya daimi taban seviyesine uymayabilir. Deniz, göl ve ova tabanı ile nehir yatağı morfolojik anlamdaki taban seviyesi olabilirler. Karstik bölgelerde karst taban seviyesi, çözünebilen karbonatlı kayalar altında bulunan geçirimsiz tabakalardır. Fakat bu seviye kalıcı değildir. Bazı bölgelerde karstlaşmanın deniz seviyesi altında da (yaklaşık 100-150 m) devam ettiği gözlenmiştir. Ancak karbonatlı kayaların büyük kalınlığa eriştikleri karstik bölgelerde bu şekilde derin karst görülür. Buradaki kaynakların boşalımı, kalıcı veya geçici morfolojik taban seviyesine göre olmaktadır. Buna karşılık karstik tabakalar altında, morfolojik taban seviyesinden yukarıda geçirimsiz bir birimin bulunması durumunda, bu birim, gerek karstlaşma gerekse boşalım için taban seviyesini oluşturur. Burada karst sığ ve yukarıda meydana gelmektedir (Nazik, 1985; Güneysu, 1993).

Topografya yüzeyinin yer yer sürekli akışa sahip derin vadilerle yarılmış bulunması, yeriçi sularının çözünme yoluyla bünyelerine aldıkları maddelerin kolaylıkla sahadan uzaklaştırılmalarına yardımcı olur. Yeriçi sularının, bu tür vadilerin yamaç ve tabanlarında kaynaklar şeklinde yüzeye çıkmaları ve akarsulara katılmaları çözülmüş maddelerin uzak yerlere taşınmalarına sebep olmaktadır. Böylece çözülmüş maddelerin hareket etmesiyle birlikte, tekrar çökelerek kalkerin içindeki gözenek veya boşlukları tıkamaları kısmen önlenir (Hoşgören, 2015).

Karstik bir arazide; karst taban seviyesi, çözünebilen karbonatlı kayalar altında bulunan geçirimsiz tabakalardır. Araştırma sahasında karstik ve morfolojik taban düzeylerinin birbirlerine yakın yüksekliklerde bulunması, karstlaşmayı yerel olarak yavaşlatmıştır. Çünkü buralarda, yeriçi suyu boşalımı kaynaklarda en aza iner. Suyun yavaşlaması da çözünmeyi yavaşlatır.

Karstik tabakalar altında, morfolojik taban seviyesinden yukarıda geçirimsiz bir birimin bulunması durumunda, bu birim, gerek karstlaşma gerekse boşalım için taban seviyesini oluşturur. Burada karst oluşumu sığ ve yukarıda meydana gelmektedir.

Bundan dolayı araştırma sahasında bulunan mağaralarda geçirimsiz tabakanın yüzeye yakın olması, karstik taban seviyesi ve morfolojik seviye arasındaki ilişkiden dolayı, genel olarak yatay mağara sisteminin gelişmesine sebep olmuştur. Çalışma sahasında yer alan uzun mağara sistemleri bunu güçlendirir niteliktedir. Tektonik hareketlerin etkili olduğu bölgelerde, alçalıp yükselmelere bağlı olarak karst taban seviyesi sık sık değişerek inip çıkmakta, dolayısıyla karstlaşmanın seyri değişmektedir. Karstlaşmanın derinliği de bu duruma bağlı olarak zaman içerisinde değişiklik göstermektedir. Hem tektonik hareketlerle hem de östatik hareketler sonucunda eskiden günümüze şekillenen morfografi, son olarak flüvyal bir süreçle karstik arazilerde son şeklini almıştır. Araç Çayı kuzeyinde yer alan irili ufaklı birçok kanyonun içerisinde akarak Araç Çayı'na dökülen derelerin varlığı, taban seviyesi ve değişimin karstlaşmaya etkisine güzel bir örnektir.

### **2.1.3. İklim Faktörü**

İklim, karstlaşmayı belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Diğer karstik etkenlerdeki gibi yerelden çok, geniş bir etki alanına sahiptir. Buna bağlı olarak ayrı ayrı iklimlerde, birbirinden farklı karstik bölgeler ortaya çıkar. İklim tiplerinin dağılışındaki gibi dünya üzerinde bölgeler halinde farklı karst alanları ortaya çıkmıştır (Dinar dağ kuşağı, Toros dağ kuşağı, Helen dağ kuşağı, Apenin dağ kuşağı, Pirene dağ kuşağı ile Alpler ve Karpatlar). İklim elemanlarından olan yağış ve sıcaklık ile bunların etkileri, çözünme üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı olarak etki etmektedir.

İklim her şeyden önce, yağış unsuruyla birlikte çözünme olayı için gerekli olan suyu sağlamaktadır. Çözünme miktarı ve hızı üzerinde yağışla birlikte sıcaklığın da etkisi vardır. Kimyasal reaksiyon hızı her 10 °C'de iki kat artmaktadır. İklim, çözünme olayında dolaylı yoldan da etkili olmaktadır. Bu etki, onun bitki örtüsü ile toprak özelliklerini belirlemesi yoluyla gerçekleşir. Yeryüzünde, gür bitki örtüsüyle kaplı veya toprakla örtülü olduğu sahalarda suyun derin kısımlara sızması gecikmektedir. Ayrıca gür bitki örtüsü, yüzeysel suların topografya yüzeyinde oyalanmasını sağlar. Bunun sonucunda atmosferle daha fazla temasta bulunan su atmosferik karbon dioksit gazıyla yüklenir. Ayrıca toprak havasında, bitki köklerinin solunumu ve humus parçalanması dolayısıyla karbondioksit miktarı çok fazladır. Bu ise, kalkerin çözünmesinde çok önemli katkı sağlar. Yani kalkerin çözünmesinde atmosferik CO<sub>2</sub>'in

yanı sıra biyolojik karbon dioksit ile humus asidi gibi toprak asitlerinin de çok önemli rolü vardır. Bunların miktar ve etkinlik durumları ise, sıcaklık ve nemliliğe bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, gür bir bitki örtüsüne sahip olan sıcak-nemli tropikal bölgeler, mübadele katsayısının küçük olmasına rağmen, karstlaşma ve karstik şekiller bakımından, soğuk iklim bölgelerine göre, büyük gelişme göstermişlerdir (Jakucs, 1978; Güneysu, 1993; Hoşgören, 2015).

İklimin, karstlaşma üzerindeki önemli etkisinden bir önceki paragrafta bahsedilmişti. Karstlaşmada özellikle yağış ve sıcaklık iki temel etkidir. Bu iklim özelliklerinin çözünme üzerinde doğrudan etkilerinin yanında toprak yapısı ve bitki örtüsünü yönlendirerek karstlaşma üzerinde dolaylı etkileri de vardır. Karstlaşmada en önemli etmen çözünme olayıdır. Çözünme ise jeolojik ve jeomorfolojik etmenler dışında, bir yandan sıcaklık ve yağışa, bir yandan da toprak ve bitki örtüsüne bağlıdır. Yağış ve ortalama sıcaklığın artmasına paralel olarak çözünme de artmaktadır.

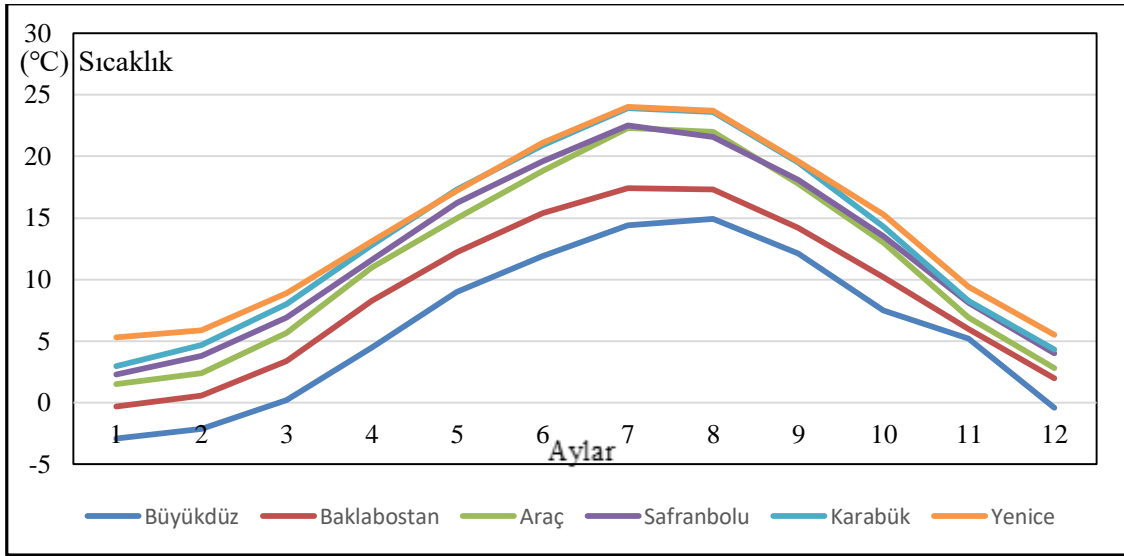
Yıllık ortalama sıcaklıklar, Büyükdüz'de 6,2 °C, Baklabostan'da 8,9 °C, Araç'ta 11,6 °C, Safranbolu'da 12,4 °C, Karabük'te 13,4 °C ve Yenice'de 14,1 °C'dir. Sıcaklığın aylara göre dağılışı incelendiğinde ise en yüksek değerler, Büyükdüz'de 14,9 °C ile Ağustos ayında, Baklabostan'da 17,4 °C, Araç'ta 22,3 °C, Safranbolu'da 22,5 °C, Karabük'te 23,9 °C ve Yenice'de 24 °C Temmuz ayında ölçülmüştür. En soğuk aylar ise tüm istasyonlarda Ocak ayında (Büyükdüz -2,9 °C, Baklabostan -0,3 °C, Araç 1,5 °C, Safranbolu 2,3 °C, Karabük 3°C ve Yenice'de 5,3 °C) görülmektedir (Tablo 25; Grafik 19).

Karstik gelişim, iklim tabiatına göre farklılıklar gösterir. Bunda, kalker çözen suyun ısı önemli bir rol oynar. Sanıldığı gibi aksine, soğuk sular, ılık sulara nazaran daha fazla CO<sub>2</sub> içerirler. Fakat ılık sular soğuk sulara nazaran kalker çözerler (Jakucs, 1978; Pekcan, 1999).

**Tablo 25.** İstasyonların aylık ve yıllık ortalama sıcaklık verileri.

İstasyonlar	Rakım	Aylar												Yıl. Ort
		O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Büyükdüz	1560	-2,9	-2,1	0,2	4,5	9	11,9	14,4	14,9	12,1	7,5	5,2	-0,4	6,2
Baklabostan	860	-0,3	0,6	3,4	8,3	12,2	15,4	17,4	17,3	14,2	10,2	6	2	8,9
Araç (1986-2018)	680	1,5	2,4	5,7	11	15	18,8	22,3	22	17,8	13	6,9	2,8	11,6
Safranbolu (1960-2018)	581	2,3	3,8	6,9	11,6	16,2	19,6	22,5	21,6	18,1	13,5	8,1	4	12,4
Karabük (1965-2018)	485	3	4,7	8	12,8	17,3	20,9	23,9	23,6	19,5	14,3	8,3	4,3	13,4
Yenice (1994-2018)	182	5,3	5,9	8,9	13,1	17,2	21,1	24	23,7	19,6	15,3	9,4	5,5	14,1

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır.



**Grafik 19.** İstasyonların aylık ortalama sıcaklık grafiği.

Çalışma sahası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının yağış verileri incelendiğinde ise coğrafi şartların etkilerinin belirgin bir şekilde kendini gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Dağların uzanışı, bakı ve yükselti faktörleri, yağışın miktarı, şekli ve dağılışı üzerinde etkili olan temel sebepleri oluşturmaktadır. İnceleme sahası içerisindeki meteoroloji istasyonlarından Büyükdüz’de uzun yıllar ortalamasına göre yıllık toplam yağış 1324 mm’dir. Bu değer Baklabostan’da 1006,1 mm, Araç’ta 528,5 mm, Safranbolu’da 500,5 mm, Karabük’te 489,8 mm ve deniz seviyesinden 182 m yükseklikte bulunan Yenice’de 714,1 mm’dir. Yağış miktarındaki fark, kendini yükseltiyle birlikte Büyükdüz ve Baklabostan’da göstermektedir (Tablo 26).

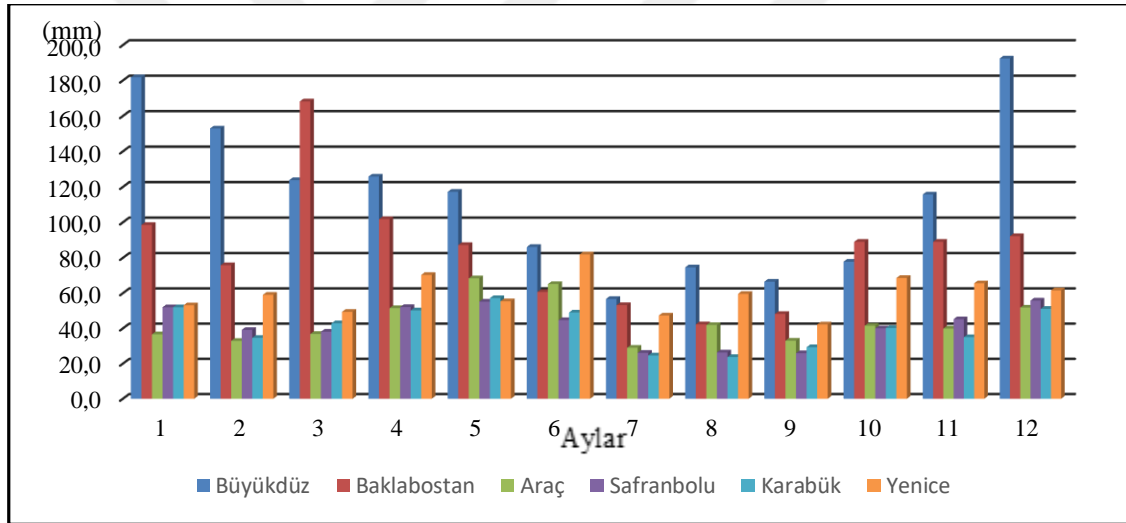
Araştırma sahası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının verileri; konumu, yükseltisi, bakı faktörü, bitki örtüsünün dağılışı gibi etkenler ile Türkiye’nin genel yağış dağılışı haritası göz önünde bulundurularak oluşturulan yağış haritasına göre;

araştırma sahasında en az yağış değerleri çalışma sahasının merkez kesimlerinde Karabük'te 489 mm dir. Buna karşın en fazla yağış ise 1324 mm değer ile Büyükdüz'de görülmektedir (Grafik 20).

**Tablo 26.** Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağışlar tablosu (mm).

İstasyonlar	Rakım	Aylar												Toplam
		O	Ş	M	N	My	H	T	A	E	Ek	K	Ar	
Büyükdüz	1560	181,8	152,9	123,8	125,8	117,2	86,1	56,7	74,6	66,5	77,8	115,7	192,4	1324,0
Baklabostan	860	98,5	75,8	168,2	101,8	87,2	60,7	53,2	42,3	48,2	89,0	89,0	92,2	1006,1
Araç	680	36,6	32,9	36,8	51,5	68,4	65,2	29	41,9	33	41,5	39,9	51,8	528,5
Safranbolu	581	52	39,1	38,1	52,1	55,2	44,7	26,1	26,3	25,9	40	45,2	55,8	500,5
Karabük	485	52	34,6	42,9	50,2	57,2	49	24,6	23,7	29,3	40,2	35	51,1	489,8
Yenice	182	53,1	59,1	49,4	70,3	55,4	81,9	47,3	59,6	42,2	68,6	65,6	61,6	714,1

**Kaynak:** MGM verilerinden yararlanılmıştır (1965-2018).



**Grafik 20.** Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağış grafiği (mm) (1965-2018).

Karabük'e en çok yağış %31 ile İlkbahar'da, en az yağış %20 ile Yaz mevsiminde düşerken, Safranbolu'ya en çok yağış %31' ile Kış ve İlkbahar mevsiminde, en az yağış ise %20 ile Yaz mevsiminde düşmektedir. Yağışların Kış mevsiminde genellikle kar yağışı olarak, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde ise genellikle yağmur şeklinde düştüğü gözlenmektedir.

Bölgenin yağış rejimi incelendiğinde, Safranbolu'da 1. tip Akdeniz iklim rejimi, Karabük'te ise 2. tip Akdeniz iklim rejimi görülmektedir. 1. tip Akdeniz iklim rejimi, en fazla yağışın Kış mevsiminde düştüğü tipik Akdeniz iklim özelliklerini



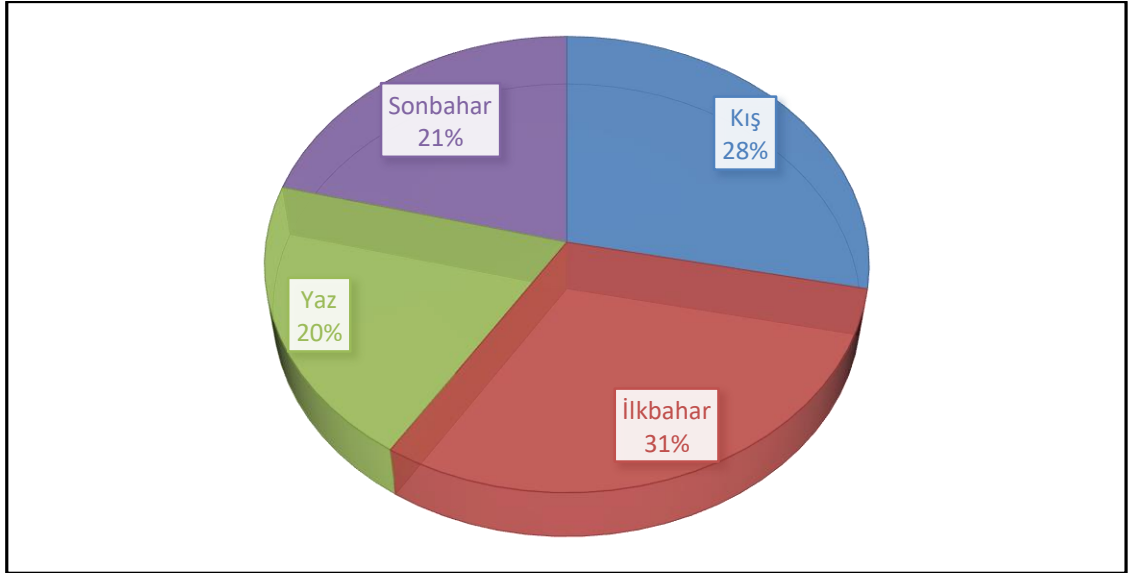
gösteren iklim tipidir. 2. tip Akdeniz iklim rejimi ise Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında geçiş özelliği göstermektedir. 2. tip rejimde enlem farkı nedeniyle sıcaklık ortalamaları asıl Akdeniz iklim tipine göre daha düşüktür. Ayrıca yaz mevsiminde düşen yağışlar nispeten daha fazladır.

Yağışın en yüksek değeri Karabük'te 150,1 mm ile İlkbahar mevsiminde, Safranbolu'da ise 146,9 mm ile Kış mevsiminde; En düşük değeri ise Karabük'te 97,3 mm ile Yaz mevsiminde, Safranbolu'da ise 97,1 mm ile yine Yaz mevsiminde görülmektedir. Karabük ve Safranbolu'da en yağışlı aylar 50 mm civarında aldıkları yağışlarla mayıs ve aralık aylarıdır. En kurak aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır (Tablo 27-28; Grafik 21-22).

**Tablo 27.** Karabük istasyonu mevsimlere göre toplam yağış miktarı (mm).

Karabük	Yağış(mm)
İlkbahar	150,1
Kış	137,7
Sonbahar	102,4
Yaz	97,3

**Kaynak:** MGM verilerinden üretilmiştir (1965-2018).

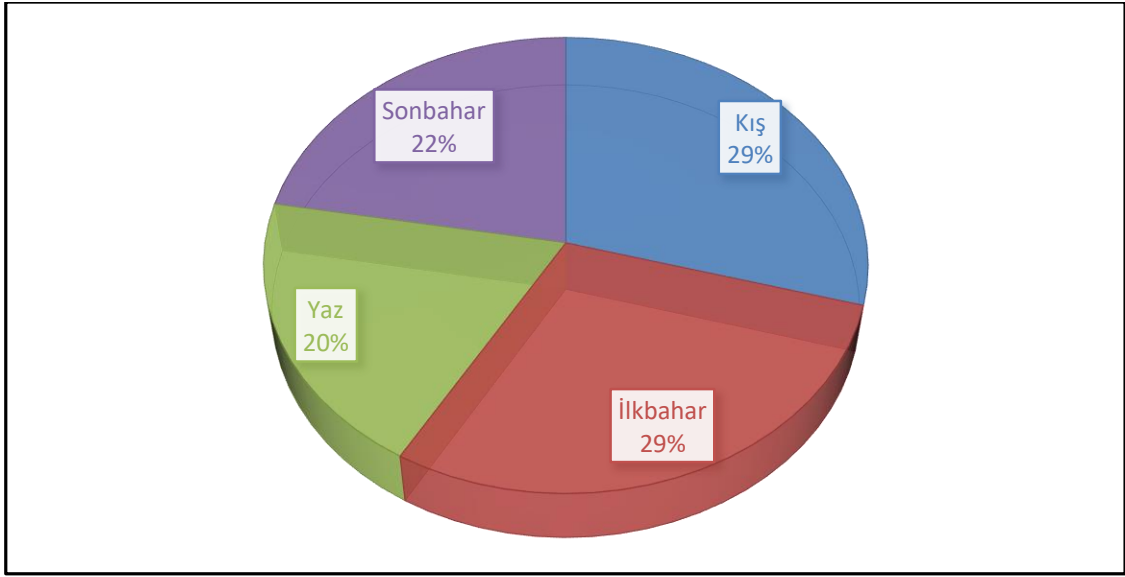


**Grafik 21.** Karabük istasyonu mevsimlik toplam yağış yüzdeleri (mm) (1965-2018).

**Tablo 28.** Safranbolu istasyonu mevsimlere göre toplam yağış miktarı (mm).

Safranbolu	Yağış(mm)
Kış	146,9
İlkbahar	145,4
Sonbahar	111,1
Yaz	97,1

**Kaynak:** MGM verilerinden üretilmiştir (1960-2018).



**Grafik 22.** Safranbolu istasyonu mevsimlik toplam yağış yüzdeleri (mm) (1960-2018).

İklim elemanlarından olan sıcaklık ve yağış karbonatlı kayaların çözünmesinde doğrudan bir etki sahibidir. Atmosfer sıcaklığı, karstik sahaya düşen yağışın ve yeriçi sularının sıcaklığını belirler. Sıcaklık 0°C üzerinde olduğu sürece ve yağış arttıkça çözünme de hızlanır. Bu etki nedeniyle, dünya üzerindeki iklim kuşaklarında farklı karst bölgeleri oluşmuştur. Yani iklim, büyük karstik kuşaklar oluşturacak kadar geniş boyutlu bir etki alanına sahipken, diğer faktörler kısa mesafelerde değiştikleri için karstlaşmayı da değiştirebilmektedir (Pekcan, 1999; Tuncer, 2004).

Araştırma sahasındaki sıcaklık ve yağış değerleri karstlaşma üzerinde etkilidir. Yılmaz (2018)'in 'Batı Karadeniz Bölümü'nde Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizi' adlı çalışmasında; Batı Karadeniz Bölümü'nde sıcaklık değerleri trend analizine göre anlamlı ve artış yönünde seyretmektedir. Yani kış yağışlarında

gözlemlenen azalış ve sıcaklık değerlerindeki artış, yağış etkisinin azalmasıyla birlikte karstlaşmanın seyrinin yavaşlamasına yol açacağı düşünülmektedir. Karstik süreçler yıl boyunca farklı hızlarda devam etmektedir. Bu meteorolojik değerlere bakıldığında karstlaşma, yağışlı devrelerde özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde hızlanmakta, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise daha yavaş olmaktadır. Bu durum yüzey karstı için geçerlidir. Özellikle çalışma alanının kuzeybatısı, Mencilis ve Hızar kaynaklarına yakın yerlerde daha büyük bir karstik saha olmasından dolayı yeriçine sızan sular yıl boyunca yer altı faaliyetlerine buralarda devam ederler. Dolayısıyla mevsimsel olarak araştırma sahasında yer altı karstında belirgin bir yavaşlamanın olmadığı düşünülmektedir. Çünkü karstik kaynakların çoğu yıl boyunca akış göstermektedirler.

Çalışma sahasının sıcaklık ve yağış haritası ile karstlaşma durumu ilişkilendirildiğinde; araştırma sahasının kuzeyi ve kuzeybatısına doğru gidildikçe yükselti artmaktadır. Buna bağlı olarak da sıcaklıklarda düşüş, yağış koşullarında ise artış gerçekleşmektedir. Yüzeysel ve yer altı sularının nispeten bu bölgede daha soğuk olması, su içerisindeki CO<sub>2</sub> seviyesini artırmaktadır. Araştırma sahasının kuzey kesimlerinde karstlaşma koşulları daha iyi gelişmiştir (örneğin bu kesimlerde oluşan lapy ve uvalalar bunu desteklemektedir).

Araştırma sahasında farklı yükseltilere ve litolojik yapılara sahip dağlar ile tepeler yaygın olarak yer almaktadır (Harita 2; Harita 6). Sahada dikey yönlü tektonik hareketler (üç kez), eğim değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Tektonik hareketlerin dışında, yükseltinin artmasıyla değişen iklim koşulları ve Araç Çayı ile kolları tarafından farklı derinliklerde parçalanan tepelik alanlar, morfolojik olarak arızalı bir görünüm ortaya koymuştur. Bunun kanıtı ise, sahada gözlenen fay diklikleri, katlı mağara oluşumu ve kanyon vadileridir.

#### **2.1.4. Hidrografik Faktörler**

Yeriçi sularının özellikleri sayesinde, derin karst şekilleri (mağaralar ve mağara içi oluşumlar) ve travertenler oluşarak zamanla gelişmektedir. Ana kayada bulunan çatlakların zamanla genişleyerek lapy, dolin, uvala, polye ve mağara boşluklarına dönüşebilmeleri su ile mümkündür. Suyun kimyasal çözücü etkisi ve çökmesini sağlayan durumlar ise içerisinde bulunan kimyasallara bağlı olarak değişimler göstermektedir.

Karstik kaynaklar; karstik bölgeleri oluşturan kalker, jips, dolomit vb. kayaların çatlaklar, yarıklar ve çözümler sonucu açılmış obruk, düden ve mağara gibi yer altı boşluklarına ulaşarak buralardan daha derinlere sızan suların tekrar yeryüzüne çıkması ile oluşan kaynaklardır. Bu kaynakların oluşmasında esas rolü karstik çözümlere bağlı olarak oluşmuş yeriçi suyolları, yeriçi boşluk ve çanaklarının tabanında bulunan geçirimsiz tabaka ya da zonların varlığı belirlemektedir (Erinç, 1971; Doğanay ve Sever, 2011; Demirağ, 2012).

Daha önce bahsedildiği gibi; ılık sular, soğuk sulara nazaran daha az CO<sub>2</sub> içermektedir. Ilık suların daha az CO<sub>2</sub> içermesinden dolayı kalkeri daha az kimyasal çözülmeye uğratar. Çünkü sıcaklık arttıkça, buharlaşma daha çok olacağından içerisindeki gazlar (CO<sub>2</sub>) uçar. Oysa soğuk sular, bu gazları daha çok muhafaza ederler; çünkü buharlaşma düşüktür. Yine su miktarı ne kadar fazla olursa, karstlaşma o kadar şiddetli olmaktadır. Bu bakımdan burada iki zıt kutup söz konusudur. Ancak suyu bol ılıman iklim bölgelerinde (tropikal bölgeler) karstik şekiller çok büyüktürler; polyeler yüzlerce kilometrekarelik alanları kaplamaktadır (Pekcan, 1999; Koçak, 2003). Çalışma sahasında yılın yaklaşık yarısında, yani nispeten soğuk ve yağışlı kış ayları ile diğer yarısında ise nispeten sıcak ve yağışın az olduğu yaz ayları durumu vardır. Yaz aylarında karstlaşma, kış aylarına göre çok yavaşlamakta veya durmaktadır. Yani çalışma sahasında yıl içerisinde iki zıt durum da yaşanmaktadır.

Kalkerli arazide, birkaç akarsudan başka yüzeyde az sayıda da olsa dere ve çay göze çarpmaktadır. Buna karşılık, yeriçinde galerilerden geçerek kendisine zamanla genişleyen bir yol açan yeriçi sularının çok olduğu görülmektedir. Bunların yer yer birleştikleri veya kollara ayrıldıkları, sonunda birçoğunun büyük vadilerin taban kısımlarında veya kapalı depresyonların kenarlarında, dağ ve vadi yamaçlarında meydana çıkarak kaynaklar şeklinde açık yüzeyle buluştukları tespit edilmektedir. Kalkerli arazide yeriçi suları oldukça fazladır. Fakat bunların bazıları yüzeye yakın veya derinde oluşu, kalker tabaka ve kütlelerinin kalınlığına, iklim şartlarına bir de aşınma devresindeki safhalara bağlıdır (Yalçınlar, 1969; Jakucs, 1978).

Herhangi bir bölgede çözünme sonucuyla oluşan karstlaşmanın hızı hakkında karstik şekillere bakarak, yüzeysel da olsa fikir sahibi olunabilir. Ancak, laboratuvar çalışmaları sonucunda matematiksel olarak kesin yargılara varmak mümkündür. Bunun için karstik kaynaklar üzerinde bir takım analizler yapmak gerekmektedir. Bu

ölçümlerde suda bulunan anyon ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$  ve  $\text{HCO}_3$ ) ve katyonlar ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Mg}$  ve  $\text{Ca}$ ), pH, toplam sertlik,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  gibi miktarlar tespit edilebilmektedir (Nazik, 1985; Siler, 2016).

Törk (1995)'in çalışmasına göre; Araştırma sahasında hidrojeokimyasal örnekleme noktası olarak, akım ölçümlerinin yapıldığı Mencilis ve Hızar mağara kaynakları ile Gürleyik kaynağında analiz ölçümleri yapılmıştır. Alınan örneklerin arazide pH,  $\text{CO}_2$ , sertlik ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Laboratuvar analizleri ile de ana katyon ( $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ) ve Anyon ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$ ) değerleri belirlenmiştir. Yapılan arazi ölçümü ve laboratuvar analiz sonuçları çizelgede belirtilmiştir (Tablo 29-30; Fotoğraf 28).

Kaynak suyu analizlerinin ortam yorumlarına baktığımızda ise sular  $\text{Ca}$  ve  $\text{HCO}_3$ 'ca zengin su sınıfına girmektedir. Bu iyonların daha yüksek oranda olmaları, kaynaklardan çıkan suların kireçtaşıyla doğrudan temasta, dolayısıyla güncel yağışlardan yerine geçen sulardan beslendiğini göstermektedir. Araştırma sahasının jeoloji haritası incelendiğinde de kireçtaşıyla fliş dokanağında yer alan kaynakların beslenme alanını büyük oranda Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarının oluşturduğu belirtilebilir.

**Tablo 29.** Mencilis, Hızar ve Gürleyik kaynaklarının kimyasal element özellikleri.

Örnek	Na	K	Mg	Ca	$\text{SO}_4$	Cl	$\text{HCO}_3$	TDS
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Mencilis	1,08	0,29	0,79	3,17	0,17	0,13	4,9	427
Hızar	0,7	0,23	0,66	3,86	0,19	0,15	4,7	455
Gürleyik	0,5	0,22	0,58	5,85	0,25	0,15	7	589

**Kaynak:** DSİ verilerinden oluşturulmuştur.

**Tablo 30.** Mencilis, Hızar ve Gürleyik kaynaklarının kimyasal bazı özellikleri

Örnek	pH	T	EC	$\text{CO}_2$	( $\text{CaCO}_3$ )	Sertlik (F)
		$^{\circ}\text{C}$	mho/cm	mg/l	mg/l	meq/l
Mencilis	7,46	8,4	350	2,1	32,5	19,84
Hızar	7,5	9,5		2	68	22,2
Gürleyik	7	10,3		6	10,7	32,1

**Kaynak:** DSİ verilerinden oluşturulmuştur.

Polat (2019)'ın 'Araç Çayı Havzası'nın Uygulamalı Hidrografyası' adlı çalışmasına göre; Araç Çayı Havzası boyunca taraçaların mevcudiyeti ve meca üzerindeki yarma boğazlar gibi somut deliller, hem havzada görülen tektonik hareketlerin etkisini, hem de günümüzdeki akarsu havzasının yatağını derine ve geriye aşındırması sonucunda meydana geldiğini göstermektedir. Çalışmasında yaptığı morfolometrik analizler ve arazi çalışmaları, Araç Çayı Havzası'nın kanal morfolojisi ve havza gelişiminin tektonik faaliyetlerle sıkı bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Araç Çayı'na kuzeyden ve güneyden birçok tali kol konsekant akarsuya bağlanmıştır. Vadi tabanında meydana gelen yükselmeler sonucunda ana akarsu, havzayı derin boğazlar şeklinde parçalamıştır. Bundan dolayı tektonik hatların yön verdiği havzanın drenaj şebeke ağı dandritik ağ şeklindedir (Polat, 2019).

Araştırma sahasının kuzeydoğusunda yer alan kanyonların olduğu kesim için, Polat (2019)'ın çalışmasında yer alan analiz raporlarına göre infiltrasyonun minimum seviyede çıkması, akarsu yoğunluğu ve sıklığın ise havzaya oranla düşük olması kil ve silis oranının belirli bir etkiye sahip olduğunu da kanıtlamaktadır.



**Fotoğraf 28.** Bulak (Mencilis) mağarası fosil girişinin 130 m altından çıkarak Bulak deresine karışan karstik (voklüz) kaynak.

### 2.1.5. Toprak ve Bitki Örtüsü Faktörü

Karstlaşma üzerinde etkili olan faktörlerden bir diğeri ise toprak ve bitki örtüsü faktörüdür. Toprak ve bitki örtüsünün arazi üzerinde varlığına bağlı olarak karstlaşma hızlanmakta, karstik şekiller gelişmektedir. Nemli tropiklerde de görüldüğü gibi özellikle bol yağışlı, sıcak iklime sahip bölgelerde kimyasal çözünme faaliyetlerinin hızlanmasıyla birlikte toprak oluşumu gelişmekte, bu toprak üzerinde zengin bir bitki örtüsü yayılış göstermektedir. Böylece, organik maddece zengin, biyolojik aktivitenin yüksek olduğu toprak bünyesi, yüksek oranda CO<sub>2</sub> içermektedir. Dolayısı ile yağışlarla, CO<sub>2</sub>'ce zengin bu topraklardan zemine sızan suların çözücü özelliği de daha fazla olmakta ve bu gibi bölgelerde görülen yoğun karstlaşmanın en önemli nedenini oluşturmaktadırlar (Atalay, 1991; Güneysu, 1993).

Jeolojik ve jeomorfolojik etmenler ile iklimin ortaklaşa belirlediği bitki örtüsü, karstik gelişimi denetleyen faktörler arasında yer almaktadır. Ancak bu etki doğrudan değil, dolaylı olarak kendini göstermektedir. Çözünme üzerinde doğrudan etkili olan

CO<sub>2</sub>, yoğun bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerde yüksek oranlara ulaşır. Gerek bitki artıklarının meydana getirdiği organik asitler, gerekse de toprak yapısında bulunan biyolojik CO<sub>2</sub> ve inorganik asitler; çözülmeye bağlı olarak karstlaşmayı sürekli artırır (Törk, 1995; Tuncer, 2004).

Kireçtaşları üzerinde ve çatlak ile tabakalar arasında oluşmuş topraklar kırmızı renklidir. Bu durum çatlaklar boyunca iyi olan su dolaşımı ve havalandırma dolayısıyla oksidasyonun ilerlemesine ve toprağın kırmızı renk almasına neden olmuştur. Karstik arazilerdeki Kırmızı Akdeniz toprakları (Alfisol/Luvisol) oldukça verimlidir (Staff, 2014).

Çalışma sahasında yer alan kireçtaşlarından oluşmuş topraklar genellikle killi bünyededir. Bunun nedeni, ayrışma sırasında kalsiyum karbonatın karbondioksitli suların etkisiyle kalsiyum bikarbonat (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) halinde suyun bünyesinde taşınması ve kayacın bünyesinde ise kilin kalmasıyla ilgilidir. Nitekim kireçtaşının renginin açık olması, güneş radyasyonunu fazla yansıttığı için oldukça serin ortam meydana getirmektedir. Ayrıca çatlaklar arasındaki topraklarda kapillarite (kılcallık) ile su kaybı da önemsenmeyecek derecede düşüktür (Atalay, 2011).

Araştırma sahasında da olduğu gibi, karstlaşma olayında bitki örtüsünün (vejetasyon) gür veya seyrek olması karstlaşmanın seyrini yavaşlatıcı etkiye sahiptir. Çünkü sık ormanlık kesimlerde toprak da buna bağlı olarak kalın bir tabakadan ibarettir. Dolayısıyla nemli tropiklerde olduğu gibi topraktan sızan suların yeriğine ulaşması zor olmaktadır. Buna karşılık gür bitki örtüsü nedeniyle, kalkerin çözünebilmesi için gerekli olan CO<sub>2</sub> miktarı fazladır. Çünkü bilindiği gibi bir bölgede ağaç ne kadar fazlaysa fotosentez olayı fazladır, dolayısıyla CO<sub>2</sub> miktarı da artar. Bu olay ise genellikle geceleri olmaktadır.

Bitki örtüsü bakımından fakir olan bölgelerde ise normal olarak havadaki CO<sub>2</sub> azalmaktadır. Yağışla oluşan sular CO<sub>2</sub>'siz olarak kalkere ulaşır. Her ne kadar bir miktar kalker CO<sub>2</sub>'ye bağlı olmadan suda çözünüyorsa da bu durum çözünmeyi güçleştirir. Bu durumda bitki örtüsünün seyrek olduğu yerlerde, bu ikisi eşit durumda olduğundan karstlaşma uygun şartlar göstermektedir. Buna rağmen nemli tropiklerdeki yağmur içerisine nüfuz eden CO<sub>2</sub>, burada her ne kadar toprak tabakası kalın olsa da



suyun miktarı fazla olduğu için büyük derinliklere kadar inmekte ve karstik oluşumu pozitif yönde etkilemektedir (Atalay, 1991; Koçak, 1991; Pekcan, 1999).

Çalışma sahasının karstik sahalarında bitki örtüsünün yoğun veya seyrek olduğu bölümler bulunmaktadır. Bu sahada, Toros kuşağına göre vejetasyonun daha sık olması karstik oluşumları yavaşlatıcı ve engelleyici bir durum olarak göze çarpılmaktadır. Sonuç olarak çalışma sahasında karstlaşma üzerinde toprak tabakası ve bitki örtüsünün etkileri vardır. Araştırma sahasında da olduğu gibi, çıplak kaya yüzeylerinde yaşama alanı bulan kara yosunları, likenler karstlaşma açısından lapyaların gelişiminde daha çok etki göstermektedir. Liken ve yosunlar, üzerine yerleştikleri lapyaların keskin kenarlarını salgıladıkları asitleri sayesinde yumuşatır ve oluşumlarını yavaşlatırlar (Fotoğraf 29). Araştırma alanında eğimin arttığı karstik alanlarda bitki tutunması ve yoğunluğu, diğer kayaç türlerinin dağılışı gösterdiği alanlarda ki kadar yoğun olarak görülmemektedir (Coşkun, 2017).

Coşkun (2017)'un 'Karabük Çevresinin Vejetasyon Ekolojisi ve Sınıflandırılması' ile DüNDAR (2019)'ın Karabük-Safranbolu Havzası'nda Güncel ve Paleosol Toprakların Belirlenmesi' adlı çalışmalarında yapılan toprak analizlerine göre; Safranbolu kireçtaşı üzerinde A horizonundan alınan numunede kil oranının %60,03, B horizonundan alınan numunede ise kil oranının %44 olduğu görülmektedir. Karabük-Safranbolu Havzası'nda yaygın olarak killi tekstür yapısında olan topraklar yer almaktadır. Yapılan kil analizlerinde ise kil fraksiyonu olarak illit kilinin yaygın olduğu belirlenmiştir. Bu durumun sebebi ise havzada kimyasal ayrışma şiddetinin düşük, pedojenik süreçlerin yavaş ve gençlik safhasında olması olarak değerlendirilebilir. Katyon değişme kapasitesi çok yüksek olmayan bu kil türünün, bitki beslenmesinde zayıf bir role sahip olduğu düşünülmektedir. Karabük-Safranbolu Havzası'nda yer alan kireçtaşlarının killi bünyede olması, suyun yerine geçişini zorlaştırmakta ve karstlaşma üzerinde yavaşlatıcı etkide bulunmaktadır. Çalışma sahasının kuzeydoğusunda yer alan kanyonların oluşumunda bu durumun etkisinin olduğu düşünülmektedir.



**Fotoğraf 29.** Kayaç üzerinde oluşmuş yosunlar. Liken ve yosunlar, üzerine yerleştikleri lapyaların keskin kenarlarını salgıladıkları asitleri sayesinde yumuşatır ve oluşumlarını yavaşlatırlar.

#### **2.1.6. Zaman Faktörü**

Herhangi bir sahanın jeomorfolojik özelliklerini kazanmasında, zaman faktörünün etkileri oldukça belirgin ve çeşitlidir. Zamanın doğrudan etkisi zamanın akışına, yani süreye bağlı olarak meydana gelmektedir. Karbonatlı kayalardan oluşsun veya oluşmasın herhangi bir sahada etkinlik gösteren dış etken ve süreçlerle biçimlenen her jeomorfolojik şeklin kazandığı özellik, zaman geçtikçe değişim göstermektedir.

Bütün canlı ve cansız tabiat varlıklarında olduğu gibi; karstik şekillerin de gelişebilmeleri için yeterince zamana ihtiyacı vardır. Karstik oluşumları etkileyen faktörler değişikliğe uğramadığı sürece, karstik şekiller, zamanla gelişerek büyük boyutlara ve değişik şekillere dönüşürler. Bu karstik şekiller, bölgenin jeomorfolojik ve karstik gelişimine bağlı olarak zamanla gelişmekte, büyümekte, olgunlaşmakta ve yaşlanıp ölmektedir (Tuncer, 2004). Jeolojik devirler içinde, çevre koşullarının karstlaşmaya elverişli olduğu (nemli şartların yaşandığı) dönemlerde, bazı karstik şekiller meydana gelmiştir. Jeolojik devirlerle birlikte eskiden günümüze kadar meydana gelmiş karsta paleokarst adı verilmektedir.

Zaman içerisinde meydana gelen tektonik olaylar, faylanma ve epirojenik hareketler, aşınma ve taşınma olayları, kayacın sertleşmesi ve meydana gelen iklim olayları gibi değişiklikler karstlaşma üzerinde zamanın etkisi başlığı altında değerlendirilmektedir.

Herhangi bir şeklin oluşması için yeterince bir sürenin geçmesi gerekmektedir. Bu süre geçtikçe gençlik, olgunluk ve yaşlılık safhaları yaşanarak her bir dönemde karstik şekiller farklı dış görünüşler gösterirler (Siler, 2016). Jeolojik zamanlar içinde meydana gelen iklim değişiklikleri, deniz seviyesi oynamaları (östatik hareketler), kabuk hareketleri, karstik şekillenmenin evriminde karışıklıklara, duraklamalara ve kesintilere yol açabilmektedir (Pekcan, 1999).

Araştırma sahasında Orta Miyosen'den günümüze kadar geçen sürede; jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik özelliklerdeki değişimler sahanın karstlaşmasında bazı kesintiler, duraklamalar ve bazen de canlanmalar yaşatmıştır.

Karstlaşma açısından özellikle çalışma sahasında neotektonik hareketlerle ortaya çıkan daha çok dikey yönlü toptan yükselimler, KAF 'da bulunan bazı faylanmalar ve gerilmeler, zaman içerisinde meydana gelen iklim değişiklikleri gibi olaylar elbette yaşanmıştır. Fakat karstik sahalarda bu eski dönemlerin izlerini görmek olanaksız görünmektedir. Karstik sahaların günümüzdeki şeklini alması genellikle Kuaterner başlarından itibaren günümüze kadar olan dönem aralığında meydana gelmiştir.

Sonuç olarak çalışma sahasında günümüzde karstlaşma süreci halen devam etmektedir. Mağaralarda fosil katların bulunması, çok iyi şekilde gelişmemesine

rağmen bir polyenin yer alması, mağara ve polyenin bulunduğu kesimlerde karstlaşmanın geç olgunluk evresinde olduğunu göstermektedir. Karabük-Safranbolu Havzası'nın genel olarak olgunluk döneminde olduğu düşünülmektedir.

## **2.2. Karstik Şekiller**

Bu bölümde karstik çözünme şekilleri olan; lapyalar, dolinler, uvalalar, polyeler, karstik vadi sistemleri, doğal köprüler ve mağaralar ile karstik çökme şekilleri olan; travertenler, özellikle mağaralar içerisinde oluşan sarkıtlar, dikitler ve sütunlardan bahsedilecektir.

### **2.2.1. Karstik Çözünme Şekilleri**

Bunlar karstik çözümlerin etkin olması sonucunda oluşan şekillerdir. Aşağıda araştırma alanındaki karstik şekillerin, oluşumları, büyüklükleri, dağılışı hakkında, bu şekillere ait fotoğraflar ile bilgiler verilip farklı özellikleri açısından açıklanacaktır. Çalışma sahasında topografyada, yüzeysel akış gösteren akarsular tarafından derince yarılarak yüksek düzlüklerde plato sahası ve derin kanyonlar oluşmuştur. Kanyonlarda yamaçlar oldukça dik şekilde meydana gelmiştir (Fotoğraf 30).



**Fotoğraf 30.** Sırçalı kanyonunda kuleli karst oluşumu başlangıcı (sağda). Topografya yüksek ve parçalanmış vaziyette, yamaçlar ise oldukça dik bir şekildedir.

#### **2.2.1.1. Lapyalar**

Lapyalar, karstik arazilerde görülen en küçük şekillerdir. Alagöz (1943) çalışmasında ‘karren’ olarak adlandırmaktadır. Daha doğrusu, karstik gelişimin gençlik safhasının ilk belirginleşen ve ortaya çıkan şekilleridir. Ancak, gelişimin diğer safhalarında da, özellikle kalkerli yamaçlarda, eskimiş olsalar bile, yine de lapyalar mevcuttur. Lapyalar kalkerli araziler üzerinde, derinliği birkaç santimetre ile birkaç metre arasında değişen düz veya keskin sırtlarla birbirinden ayrılan kanallardan oluşan şekilleri içeren yerleri ifade etmek için kullanılan terimdir (Koçak, 1991; Güneysu, 1993; Pekcan, 1999).

Karst üzerine çalışmaları olan Bögli, lapyaları jenetik olarak sınıflandırmıştır. Ona göre farklı lapyalar şekillerinin oluşumunda asıl etken, kalker üzerinde korrozif etkiler yapan suların akış durumlarıdır. Bu etkenden dolayı akışın serbest bir şekilde oluşturduğu çıplak sahalara, toprak ve bitki örtüsü ile kısmen kaplı ve sonuçta

zeminin tamamen örtülü olduğu sahalarda birbirinden farklı lapyaya şekilleri oluşmaktadır. Buna göre de serbest lapyalar, yarı serbest lapyalar ve örtülü lapyalar olmak üzere üç esas lapyaya çeşidi bulunmaktadır (Güldalı, 1971; Erinç, 2001).

Topografya yüzeyinin yatay veya çok az eğimli olduğu sahalarda, genellikle delik, oyuk, çukur ve kazan şeklinde, düşey doğrultuda gelişmiş, lapyalar meydana gelmektedir. Buna karşılık eğimli yüzeylerde oluk ve kanal şeklinde lapyalar gelişmektedir. Lapyaların oluşumlarında çözünme sürecinin yanında, oyuk, delik (lochkarren), oluk (rillenkarren) ve kanalcıkları (rinnenkarren) genişletmek ve derinleştirmek suretiyle fiziksel parçalanma da rol oynamaktadır (Ford ve Williams, 2007; Hoşgören, 2015). Araştırma sahasında görülen lapyalar iki kısımda incelenebilir. Birincisi Sarıçiçek Dağı gibi yüksek sahalarda görülen oyuklu lapyaya ve sahanın muhtelif yerlerinde eğimden kaynaklanan oluklu lapyalar iken, ikincisi sık toprak ve vejetasyon örtüsünden kaynaklanan toprak örtülü karst sınıfındaki toprak örtüsü altında oluşan lapyalardır.

Serbest lapyalar, suyun kalker üzerinde serbestçe aktığı sahalarda oluşmaktadır. Zeminde toprak veya humus tabakası yoktur. Bu lapyaya türü, yüzeysel akışla ve sızma yoluyla oluşan lapyalar olarak iki alt grupta incelenir. Yarı serbest lapyalar, kısmen çıplak, kısmen de toprak ve humus ile örtülü kalker sahalalarında görülürken, örtülü lapyalar ise toprak, humus ve bitki örtüsü altında oluşmuş lapyalardır (Güneysu, 1993; Erinç, 2001).

Araştırma sahasında lapyalar yaygın bir şekilde gözlenmemektedir. Özellikle yüksek kesimlerde, sadece küçük delikli lapyalar ve toprak örtüsü altında oluşan lapyaya gelişimi gözlenmektedir. Bu tür lapyaya oluşumlarının gelişmesinde en önemli etken toprak ve bitki örtüsünün yoğun olması, killi kireçtaşlarının varlığı ve kireçtaşlarının konumu ile kimyasal bileşimidir. Çalışma sahasında, kireçtaşlarının bulunduğu sahalarda, Karabük fayına yaklaştığı alanlar dışında düşük eğimlere sahiptir. Bu da yüzeye düşen yağışın akış hızının düşük olması nedeniyle fiziksel aşındırmada etkili olamamaktadır. XRF analizi sonucunda elde edilen verilere göre; kimyasal olarak %20'lere varan  $Mg(CO_3)_2$  (magnezyum karbonatlı bileşim) içeriği de bu aşınmanın yavaş olmasına yol açmaktadır.

Çalışma sahasında lapyta oluşumlarının çok fazla gelişme gösterememesinin temel sebebi karstik kireçtaşlarının tabanlarının dolomitik özellik göstermesidir. Dolomitik özellik gösteren yerlerde ise kanalcıklı lapyta oluşumları göze çarpmaktadır (Örneğin Araç Çayı havzasının güney yamacı, Sırçalı Kanyonu'nun yüksek taraçalarında ve Hacılarobası, Üçbölük mevkiinde). Kalkerin saflık oranı azaldıkça karstik gelişim zayıfladığı için lapytalar da yüzeysel olarak zayıf kalmıştır. Saflık oranından ziyade kil oranı da değişkenlik gösteren bir unsurdur. Çalışma sahasında lapytaların hemen hemen hepsi yüksek kesimlerde görülmektedir (Fotoğraf 31-32).



**Fotoğraf 31.** Araştırma sahasının özellikle yüksek yerlerinde özgün bir şekilde oluşmuş delikli lapytalar mevcuttur. Sarıçiçek dağında (1300m) oluşmuş delikli lapyta örneği.



**Fotoğraf 32.** Sariçiçek dağında (1300m) oluşmuş bir delikli lapyta.

#### **2.2.1.2. Dolinler**

Dolinler, karstik bölgelerin çözünme şekillerinden biridir. Tam karst alanlarında dolinler yoğundur. Ancak kısmi karst alanlarında ise sadece eski dolinlerin parçaları kalmıştır. Önemli karstlaşma sahalarında binlerce dolin bulunabilir. Dolin terimi Slavca bir kelimedir ve aslında vadi anlamına gelmektedir. Fakat bugün karstlaşma sonucunda oluşmuş, daha küçük boyuttaki kapalı depresyonları açıklamak için kullanılan uluslararası bir terim haline gelmiştir. Benzer şekiller Türkçe’de Bener, Alagöz ve İzbrak’a göre tava, kokurdan ve koyak gibi isimlerle de anılır. Bunlar uvalalardan daha küçük olan şekillerdir. Yuvarlak veya elips şeklinde olan dolinlerin genellikle genişlikleri, derinliklerine göre daha fazladır. Çok büyük bir kısmı, yeriçi suları ile ilişkilidir. Bazen bu küçük çukurlar içerisinde biriken sular yeriçine doğru sızarak kaybolurlar. Bazen de tersine, yeriçi suları özellikle yağışlı dönemlerde yukarıya doğru çıkarak bu çukurlukları işgal ederek su birikintilerine sebep olmaktadır (Pekcan, 1999; Erinç, 2001; Tuncer, 2004).

Çapları genellikle derinliklerinden fazla olan ve 10 m ile 200 m arasında değişen dolinlerin derinlikleri ise 2-100 m arasında değişmektedir. Dolinler, anakaya ve iklim etkisine göre çeşitli şekillerde oluşurlar. Bazıları nispeten basık ve bir tavayı



andırırken; bazıları ise sarp ve yüksek kenarları, çok dar tabanları ile bir huniye benzer. Kuyu şeklinde olanları da görülmektedir. Dolinlerin çoğunun tabanı kurudur fakat bazılarının tabanları ise sürekli veya geçici göllerle kaplı olabilmektedir. İçerisinde yüzeysel suların hızla yer altına sızmasına olanak sağlayan düdenlerin de yer alabildiği bu şekiller kırmızı renkli ve killi bir toprakla örtülü şekilde bulunmaktadır. Elverişli olan dolin tabanlarında ise zirai faaliyet yapılabilir (Hoşgören, 1998; Doğan, 2004).

Dolinler şekil bakımından farklı çeşitlere ayrılmaktadır. Bunlardan bir kısmı diğerlerine göre daha basıktır; buna karşılık olarak bazıları ise huni şeklindedir. Hatta doğada kuyu veya silindir şekli gösteren dolinler de görülmektedir. Bütün bu dolin tipleri çözünme süreci ile ilgili olmakla birlikte, ayrıntılı olarak incelendiğinde bunları çözünme ve çökme dolinleri olarak ayırmak olasıdır.

Çalışma sahasında dolinler büyük çoğunlukla Sarıçiçek civarında yüzeyleyen kireçtaşları üzerinde oluştuğu görülmektedir. İnceleme sahasının kuzeybatısında, dolinler oluşmuştur (Fotoğraf 33). Törk (1995)'in çalışmasına göre, dolinlerin diğer karstik şekiller gibi polisikli gelişim özelliği gösterdiği görülmektedir. Miyosen yaşlı kireçtaşları üzerinde kapalı dolinler, pliyosen yaşlı kireçtaşları üzerinde ise kırık sistemlerine bağlı olarak, az eğimli yamaçlarda bozulmuş, yarı açılmış veya uzamış dolinler oluşmuştur.



**Fotoğraf 33.** Gölyayla uvalası civarında oluşmuş bir dolin. Araştırma sahasında vejetasyon gelişimi oldukça iyi ve sık olduğundan dolayı dolinler net bir şekilde gözlenememektedir.

### **2.2.1.3. Uvalalar**

Uvalalar, genişleyen dolinlerin birbiriyle birleşmesi sonucu meydana gelmiştir (Yalçınlar, 1969). Karstik bir sahada oluşan dolinler zamanla genişler ve derinleşirler. Daha uygun durumda olan dolinler ise daha büyük bir hızla gelişmektedir. Özellikle vadi tabanında yer alan ve belirli bir sıralanış gösteren çözünme dolinleri, dağınık dolinlere oranla bu bakımdan daha uygun durumdadır. Gerçekten sıralanmış dolinler fazla su topladıklarından dolayı çözünme süreçleri daha etkindir ve aralarındaki uzaklık da fazla değildir. Bunun sonucunda komşu dolinleri ayıran yamaçlar birçok taraftan aynı zamanda eritilir ve geriletilir. Bu şartlarla birlikte daha kısa bir zaman sonra dolinleri ayıran kısımlar ortadan kalkar ve dolin çukurları bir diğeri ile birleşir. Bu şekilde oluşan karstik depresyonları açıklamak için Slav kökenli bir kelime olan uvala terimi kullanılmaktadır (Erinç, 2001, Koçak, 2003).

Dolinlerin birleşmesiyle oluşan uvalaların tabanları düz, genellikle de terra rosa ve otsu bitkilerle kaplıdır. Bazı uvalaların tabanlarında önceki dolinlerin sırtlarını işaret eden anakaya kalıntılarına rastlamak da mümkündür. Dolinlerin toplandıkları

sahalar uvala oluşumuna daha uygundur. Böyle bir sıralama veya toplanma, yapı veya litoloji ile ilgili olabileceği gibi karstlaşmaya karşılık gelen aşamadaki topografya şekilleri ile de ilişkili olabilir. Gerçekten normal bir vadinin karstlaşması halinde dolinlerin gelişimine en uygun eğim şartlarını, vadinin taban kısımları göstermektedir. Bu nedenden burada birçok dolin ardarda oluşur. Bunlar da zamanla yukarıda açıklanan mekanizmaya göre genişleyerek birbiriyle birleşip uvalayı oluştururlar. Bu durumda dolin ve uvalanın uzanışı, eski normal vadinin uzanışına bağlı olmaktadır (Güneysu, 2003; Erinç, 2001; Doğan, 2004).

Çalışma sahasında, Gölyayla (Fotoğraf 34-35-36), Çüklük (Fotoğraf 37-38-39), Turnalı Düzü, Kızlarkayası ve Tekir-Turnadüzü olmak üzere beş uvala yer almaktadır (Harita 16). Hızar mağarasının batısında bulunan bu uvalalar, mevsimsel olarak yağışın fazla olduğu dönemlerde gelen suları havzalarında toplayarak düdenler yardımıyla yer içine sızdırırlar ve yeriçi suyunu besleyerek karstik sisteme iletirler. Uvalalar genel olarak aynı doğrultuda bulunan kırık hattı boyunca gelişmiştir. Törk (1995)'in çalışmasına göre; Uvalalardan karstik sisteme iletilen suların büyük olasılıkla Hızar mağarasına drene olduğu tahmin edilmektedir. 1/25000 ölçeğindeki topografik haritanın sayısallaştırılması sonucunda elde edilen görüntüden de anlaşılacağı gibi bu uvalalar arasında Gölyayla uvalası, mağara kaynaklarının beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Görsel 4). Uvalalarda da polisiklik gelişimi gösteren yamaç profili ve taban yapıları vardır. Özellikle Gölyayla uvalasının tabanı üç farklı yükseltide gelişme göstermiştir.



**Fotoğraf 34.** Çalışma sahasının kuzeybatısında oluşmuş Gölyayla uvalası (1200m).



**Fotoğraf 35.** Gölyayla uvalası içerisinde batıya doğru bir bakış.



**Fotoğraf 36.** Gölyayla uvalası kuzey kısmında çözünme sonrası kalmış kireçtaşları.



**Görsel 4.** Gölyayla uvalasının Google Earth görüntüsü.



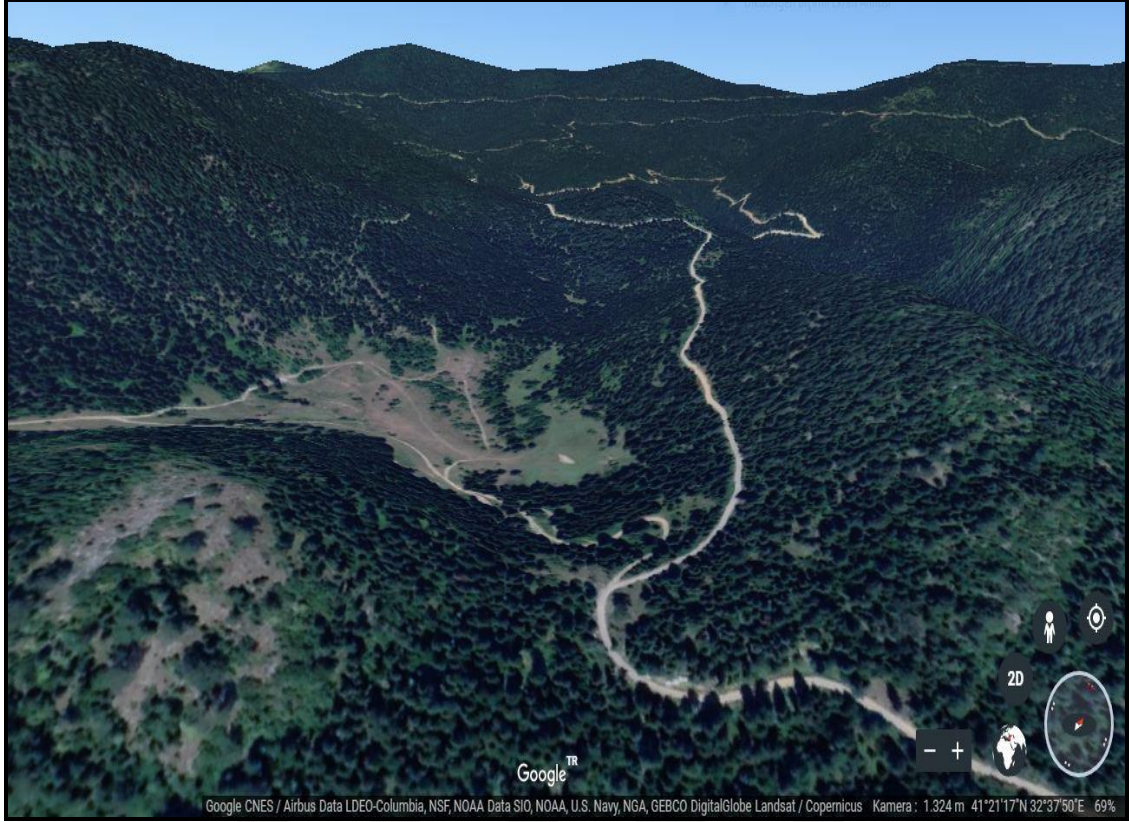
**Fotoğraf 37.** Araştırma sahasının kuzeybatısında yer alan üklük Uvalası.



**Fotoğraf 38.** Araştırma sahasının kuzeybatısında yer alan üklük Uvalası (güneybatıya doğru).



**Fotoğraf 39.** Araştırma sahasının kuzeybatısında yer alan üklük Uvalası.

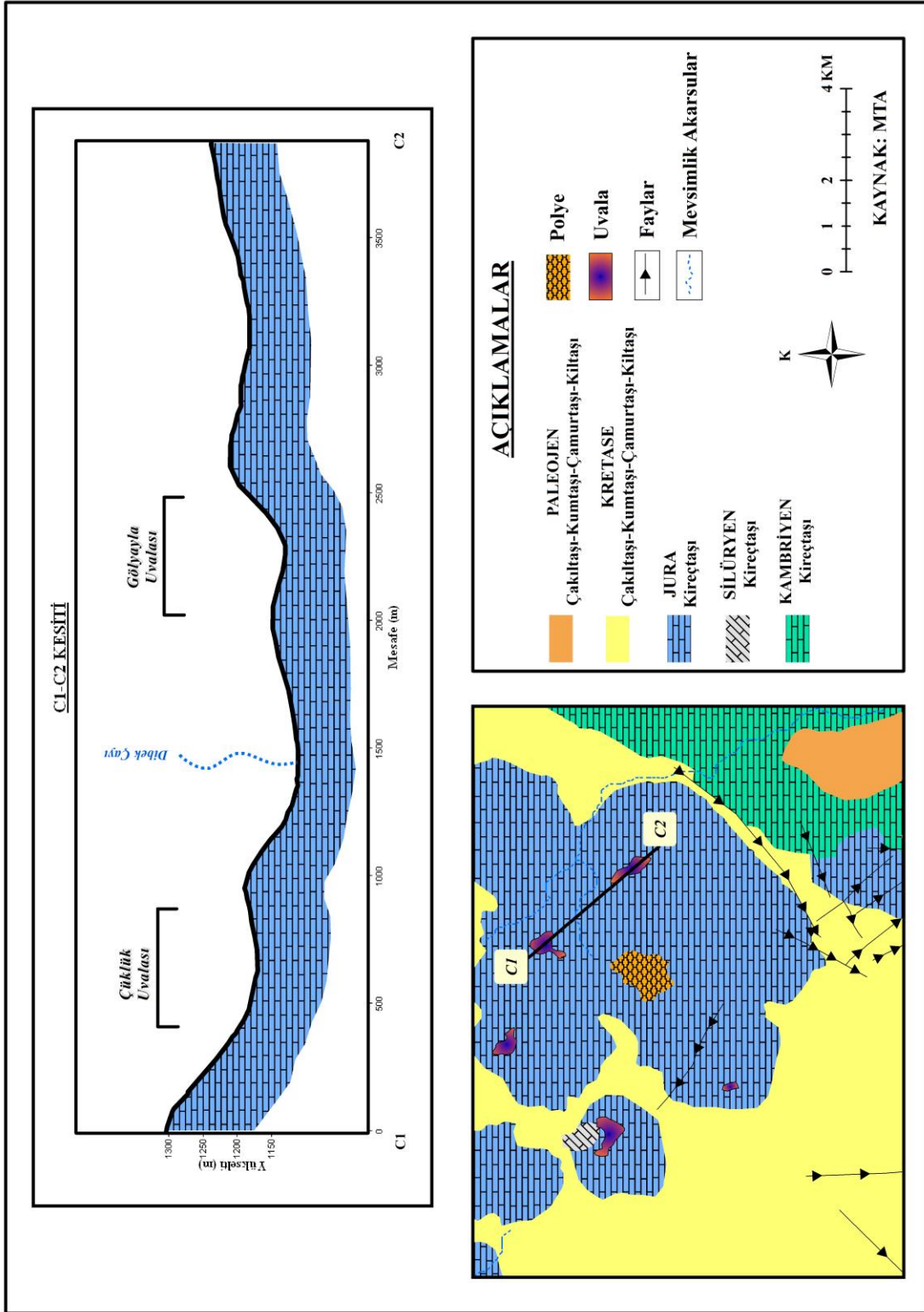


**Görsel 5.** Çüklük Uvalasının Google Earth görüntüsü.

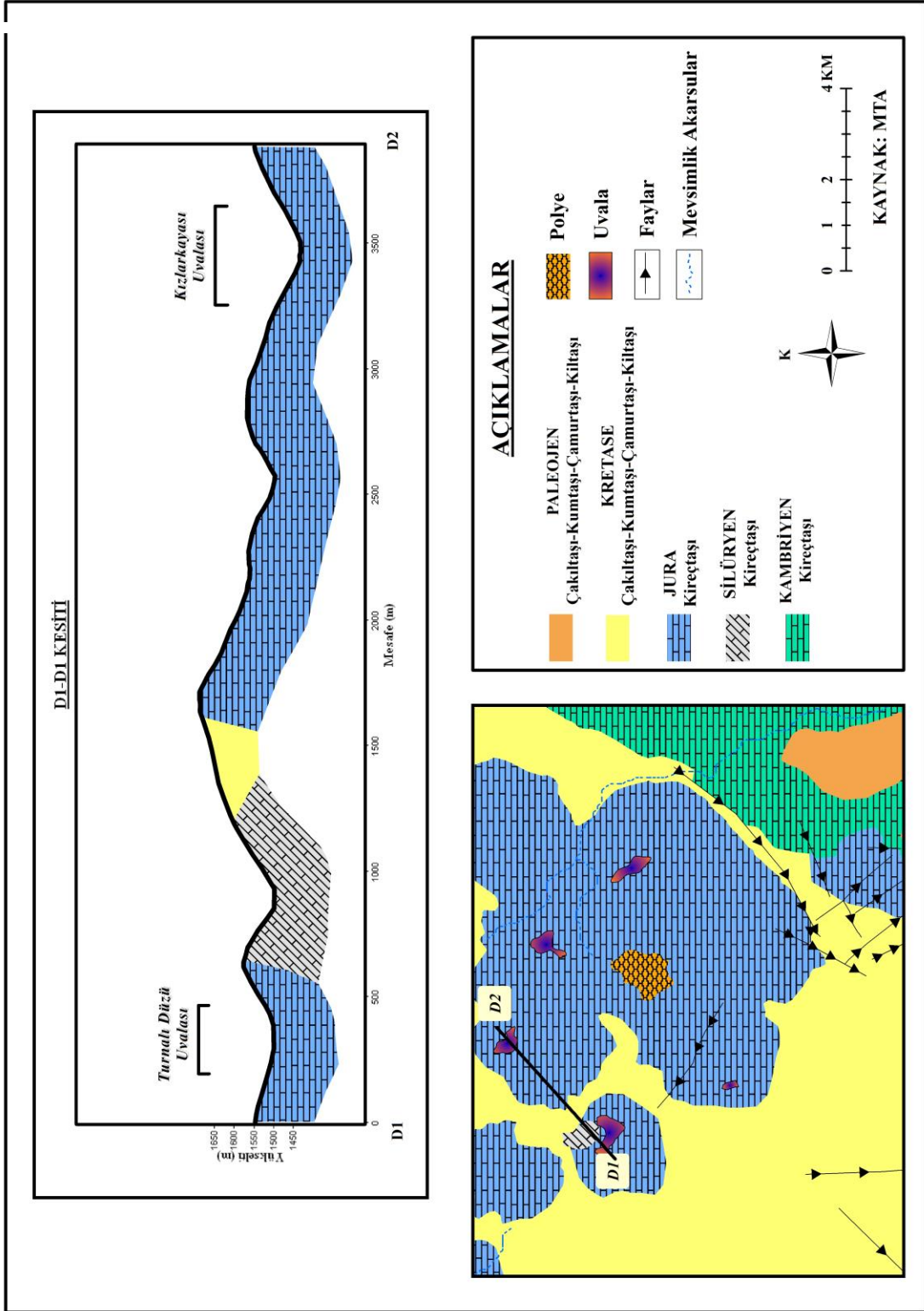
Jura yaşlı kireçtaşları üzerinde gelişen uvalalar C1-C2 kesiti ve D1-D2 kesitinde gösterilmiştir. C kesiti üzerinde Sarıçiçek Dağları üzerinde oluşmuş Çüklük uvalası ve güneydoğusunda yer alan Gölyayla uvalası 1150-1250 m civarında çözünmüş karstik şekillerdir (Şekil 8).

Jura yaşlı kireçtaşları üzerinde gelişen uvalaları gösteren kesitlerden bir başkası D kesitidir. Bu kesitte Sarıçiçek Dağları üzerinde oluşmuş Turnalı Düzü uvalası ve kuzeydoğusunda yer alan Kızlarkayası uvalası 1440-1540 m civarında oluşmuş karstik şekillerdir (Şekil 9).





**Şekil 8.** Gölyayla ve Çüklük uvalasını gösteren kesit.



Şekil 9. Kızılarkayası ve Turnalı Düzü uvalasını gösteren kesit.

#### 2.2.1.4. Polyeler

Karstlaşma ve tektonik hareketlerle oluşan daha büyük depresyonlar, bir slaverimi olan polye kelimesi ile ifade edilmektedir. Bunlar uvalalara oranla çok daha büyüktür. Uzunluk ve genişlikleri kilometrelerce olabilir, kenarları genellikle eğimlidir. Tabanları ise, çevrelerine oranla genellikle birkaç yüz metre daha alçak bir seviyededir. Bu kısım çevreden gelen alüvyonlarla doldurulmuş olduğundan düz bir ova halindedir ve başlıca zirai faaliyet ve yerleşme alanını oluştururlar. Polyeleri bazen bir akarsu kat etmektedir. Fakat genellikle bir polyeye giren akarsular polye tabanında veya kenarında kaybolmaktadır. Polyelerin tabanında veya polyeyi çeviren yamaçların eteklerinde genellikle suyutan mağara ağızları bulunmaktadır. Düden veya ponor adı verilen bu suyutan mağaraları, yeriçi yataklarının ağızlarıdır ve polye sularını dışarıya boşaltırlar. Karstlaşmanın yanında tektonik olayların da etkisiyle oluşan polyeler, daha çok senklinal eksenleri ile horst-graben sistemleri içinde dairemsi veya elips şeklinde gelişirler. Tabanları oldukça düz ve alüvyonlarla kaplı önemli zirai faaliyet alanlarıdır (Erinç, 2001; Koçak, 2003, Zeybek, 2004).

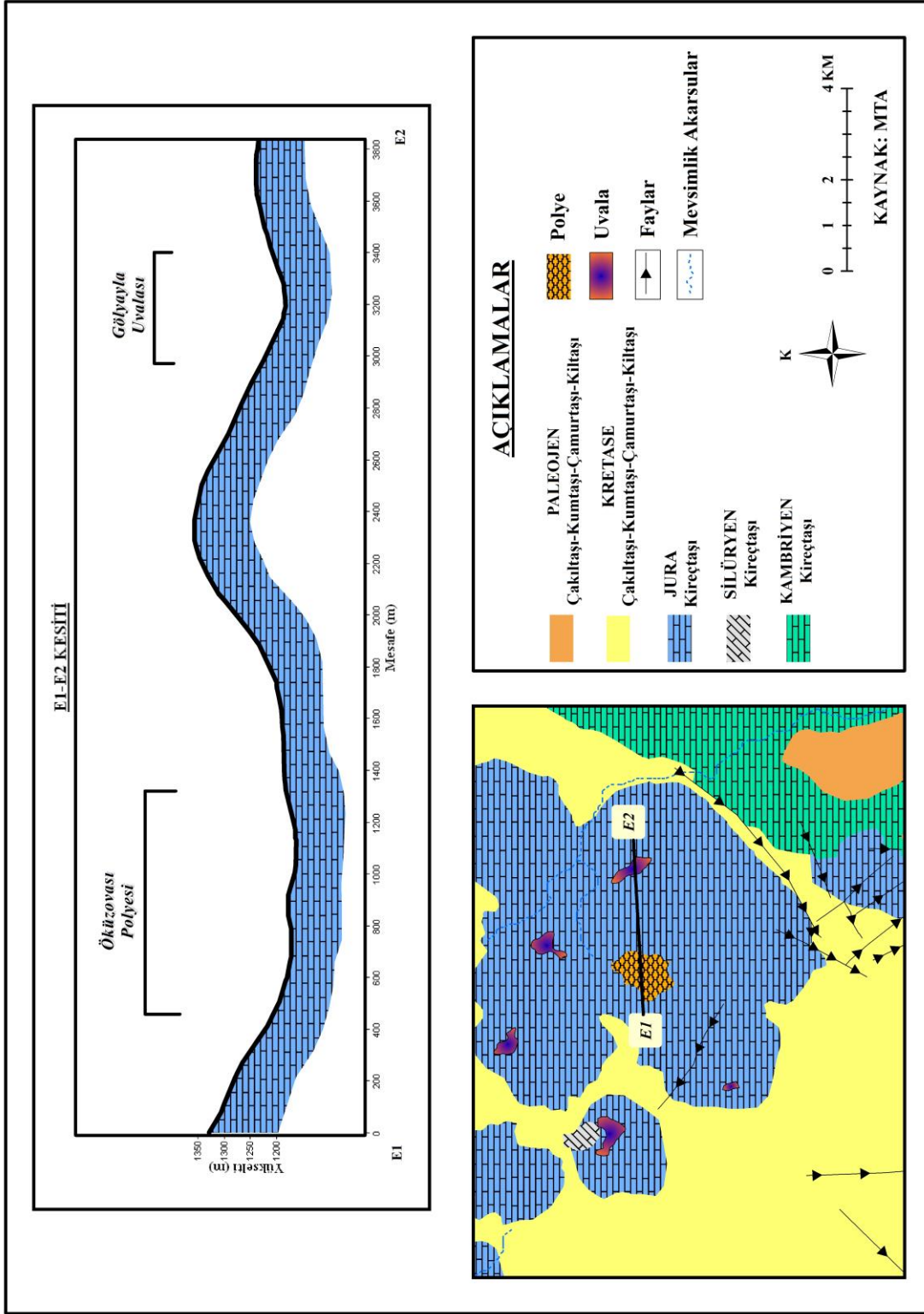
Araştırma sahasında, Öküzovası adında bir polye vardır (Fotoğraf 40; Harita 15). Burası aşınmaya maruz kalıp bozulduğundan dolayı polye görünümü zayıflamıştır. Törk (1995)'ün çalışmasına göre Öküz Ovası polyesinin yüzey drenajına bakıldığında sistemin, Gölyayla Uvalası ile ilişkili olduğunu ileri sürmektedir. Sonuç olarak da Hızır mağara sisteminin neden daha düzenli akım rejimi gösterdiği açıklanabilir. Öküzovası polyesi, Üst Miyosen rölyef sisteminin parçasıdır. İlk oluştuğu konuma göre, şu anda bozulmuş ve parçalanmıştır. Tabanında kalın bir toprak örtüsü bulunmaktadır. Bu toprak, çözünme artığı ile akarsuların getirdiği alüvyonların aşınması ve taşınmasıyla oluşmuştur.



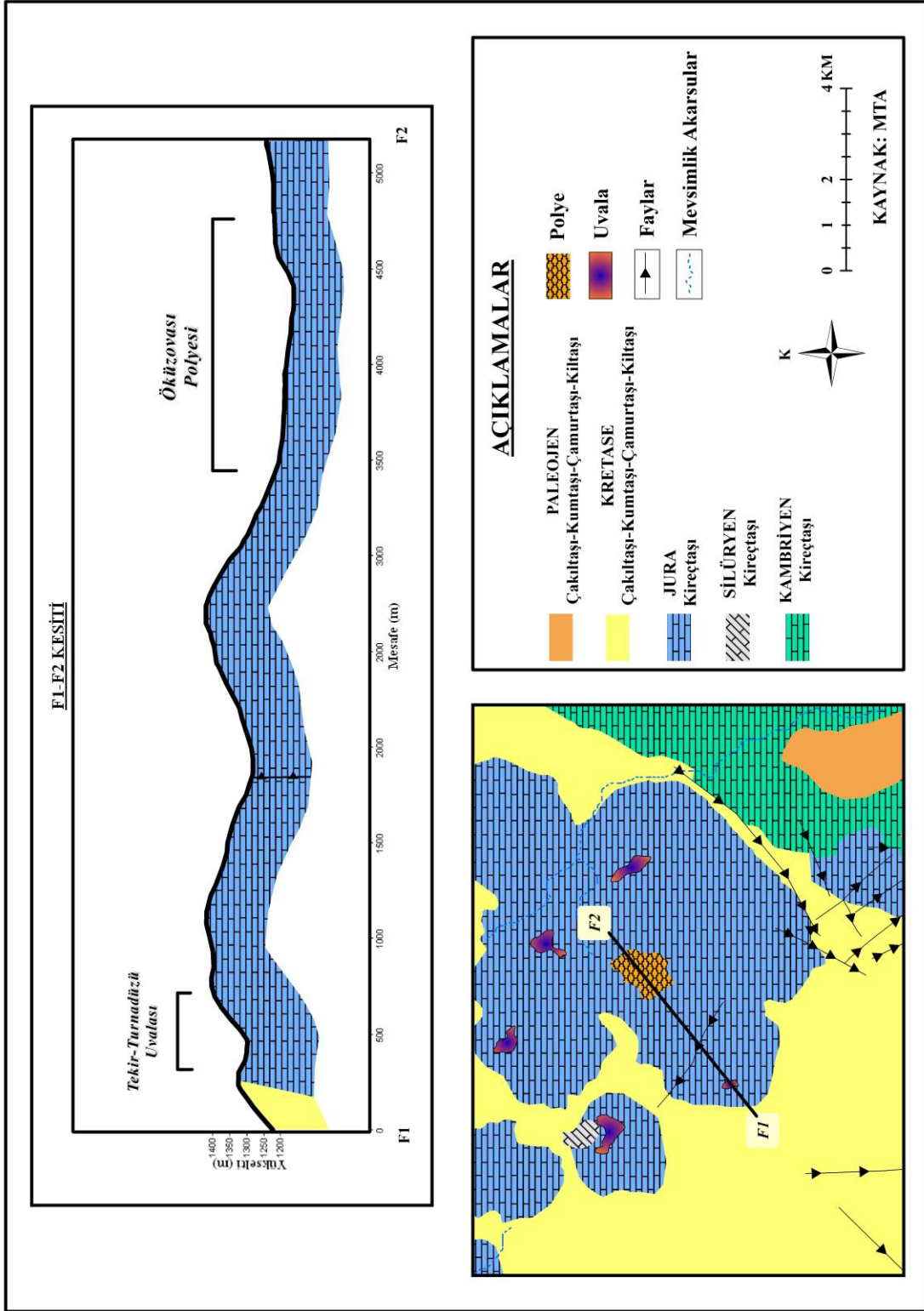
**Fotoğraf 40.** Gölyayla uvalası (1200m) ve Kurudoruk dağı'nın (1373m) batısında yer alan Öküzovası polyesi (1200m).

Jura yaşlı kireçtaşları üzerinde gelişen polye ve uvalalar E1-E2 kesiti ve F1-F2 kesitinde gösterilmiştir. E kesiti üzerinde Sarıçiçek Dağları üzerinde oluşmuş Öküzovası polyesi ve doğusunda yer alan Gölyayla uvalası 1150-1200 m civarında çözünmüş karstik şekillerdir (Şekil 10-12).

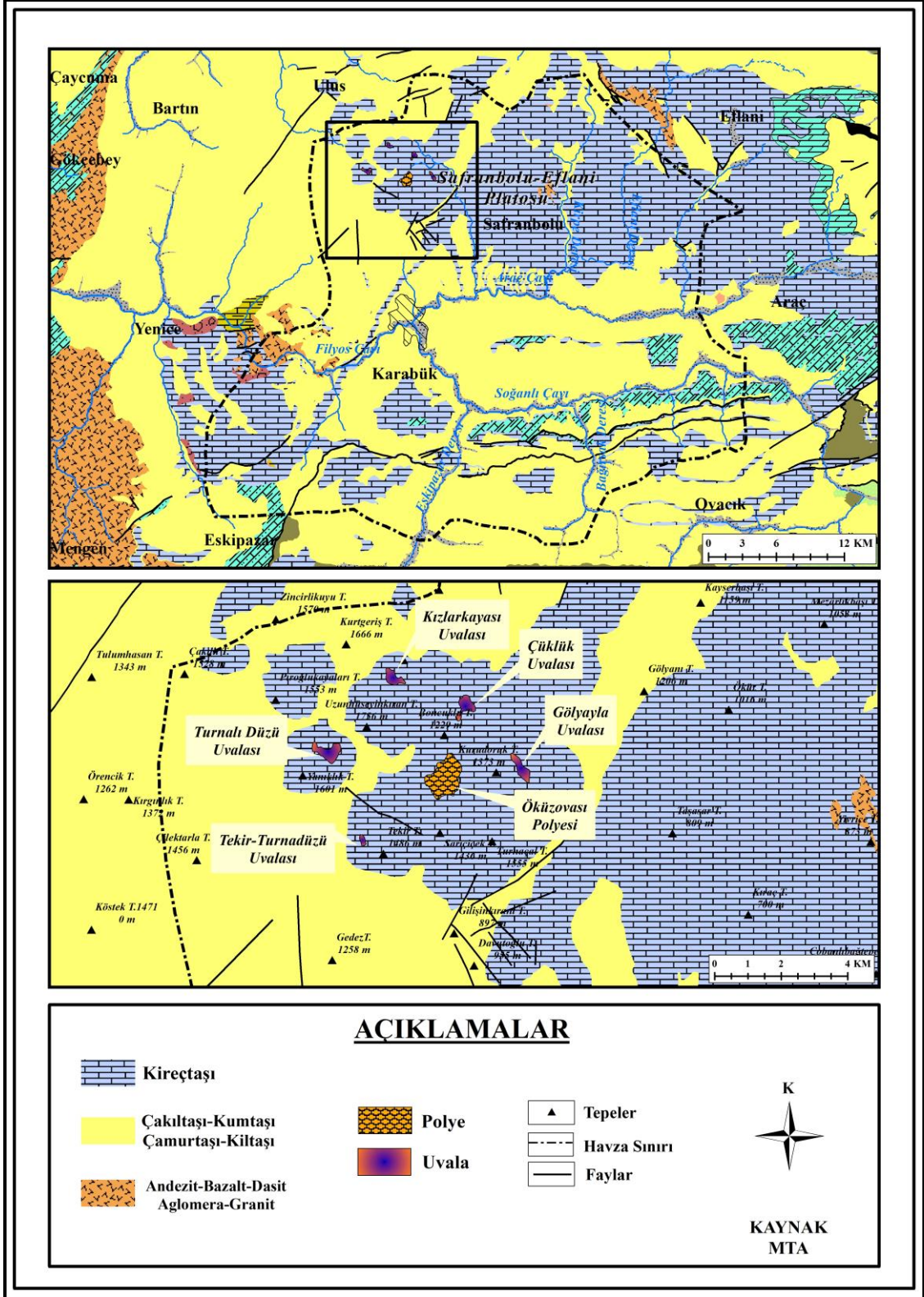
Jura yaşlı kireçtaşları üzerinde gelişen uvalaları gösteren kesitlerden bir başkası F kesitidir. Bu kesitte Sarıçiçek Dağları üzerinde oluşmuş Tekir-Turnadüzü uvalası ve kuzeydoğusunda yer alan Öküzovası polyesi 1200-1400 m civarında oluşmuş karstik şekillerdir (Şekil 11).



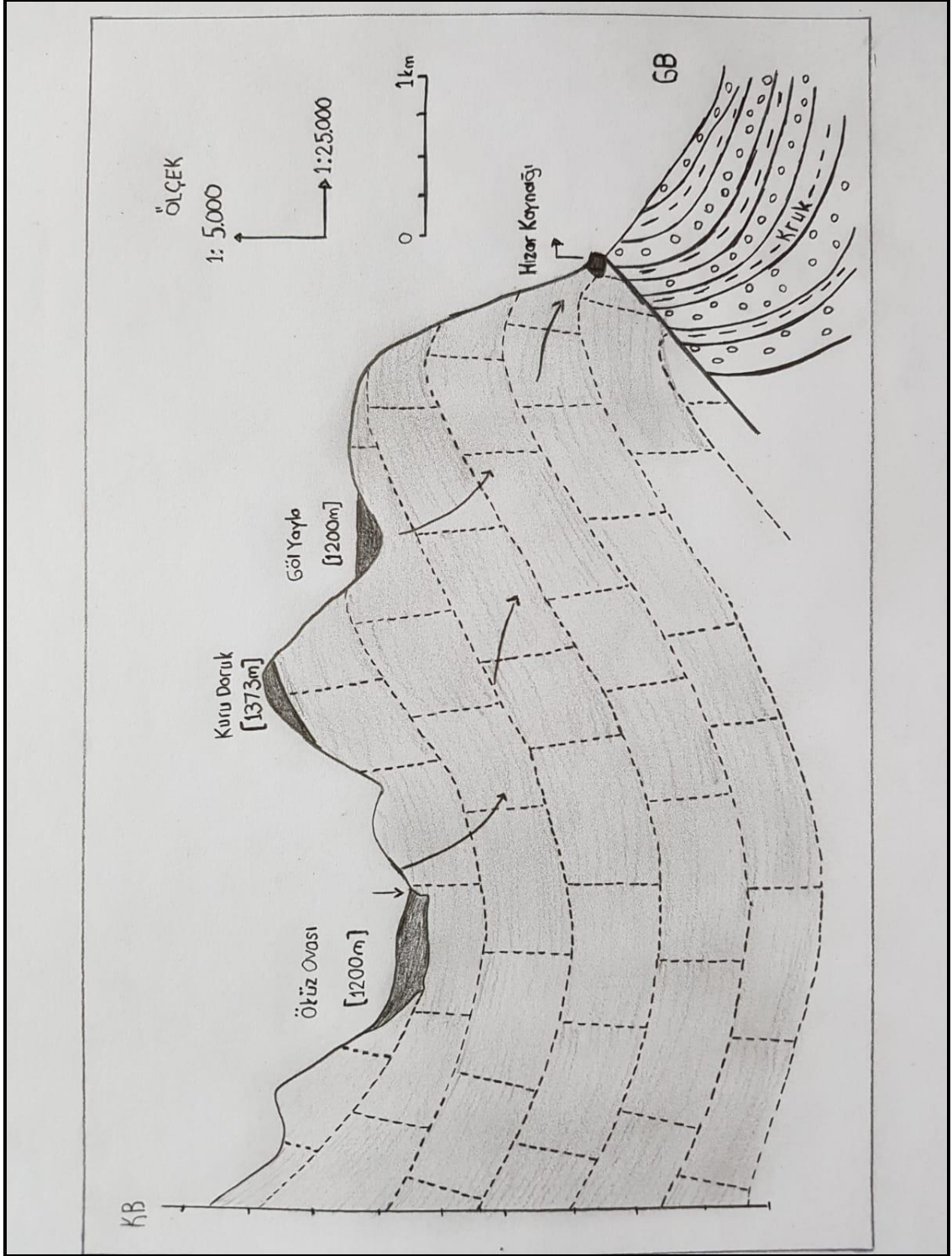
**Şekil 10.** Öküzovası polyeni ve Gölyayla uvalasını gösteren kesit.



Şekil 11. Öküzovası polyesi ve Tekir-Turnadüzü uvalasını gösteren kesit.



Harita 15. Çalışma sahasında yer alan polye ve uvalalar.



**Şekil 12.** Öküzovası polyesi ve Gölyayla uvalasını gösteren ölçekli kesit (Törk 1995'den alınarak Yusuf İÇEL tarafından yeniden çizilmiştir).



### 2.2.1.5. Karstik Vadi Sistemleri

Karstik arazide uzanan ve yamaçları normal vadi yamaçlarına nazaran daha dik olan vadilere kanyon denilmiştir. C. Arif Alagöz, kanyon vadilere, Türkiye'nin bazı bölgelerinde 'kapız' denildiğini tespit etmiştir. Kanyonlar, granitler ve bazalt lavları üzerinde de oluşmuştur. Fakat en tipik kanyonlara kalker arazide rastlamak daha mümkündür. Kanyonların kalkerler üzerinde açılmış olan dik yamaçlarında su tutunamayarak ya kalker içerisine girip dibe inmekte, ya da fazla olan eğim yüzünden akıp gitmektedir. Böyle yamaçlarda kimyasal çözünme fazla değildir. Bundan dolayı, dik yamaçlar bir defa oluştuğunda bozulmadan uzun zaman mevcudiyetini muhafaza etmektedir. Bazı karstik kanyonların karstik bölgenin civarında bulunan ve daha ziyade su geçirmeyen taşlardan meydana gelmiş olan araziden doğan sularla açıldıkları görülmektedir (Yalçınlar, 1969; Nazik, 1989; Güneysu, 1993).

Araştırma sahasının güneyinde yer alan Araç Nehri'nin, Üst pliyosen sonrasında yatağına gömülmesi sonucu, bu nehre bağlı yan kollar da yataklarını derince yarmışlardır (Törk, 1995). Bunun sonucu olarak büyük ölçüde yüzey yarılıp parçalanmıştır. Akarsular dandritik drenaj ağı ile kanyon vadi veya derin boğazlar içerisinde akmaktadır. Ayrıca bazı kesimlerde de akarsu kapmaları olmuştur.

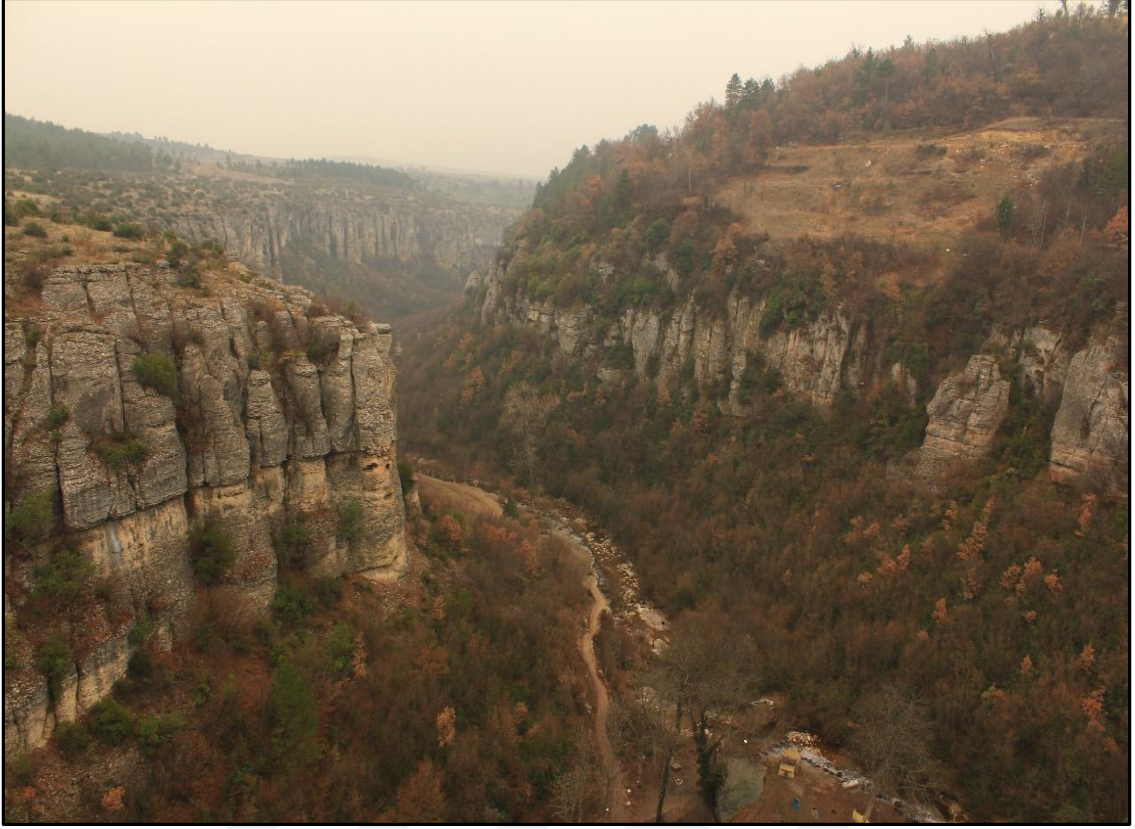
Çalışma sahasında yer alan ve doğal bir çekiciliği olan kanyonlar, Post-Alpin dönem sonrasında akarsuların kalker tabakalarını derince parçalaması sonucu oluşmuştur (Köseoğlu, 2015). Kanyonların en önemlileri ise; Tokatlı (İncekaya), Akçasu, Sırçalı (Düzce), Bulak ve Sakaralan (Yacı) Kanyonu'dur.

#### ***Tokatlı (İncekaya) Kanyonu***

Danaköy 'den başlayan kanyon, İncekaya ve Tokatlı köyleri civarından geçerek Gümüş mahallesine kadar uzanmaktadır (Fotoğraf 41-42 ve Görsel 6). Kanyonun deniz seviyesine göre yükseltisi 309-567 m arasında değişmektedir. Yüksekliği 50-88 m. arasında değişirken, genişliği ortalama 200 m, en geniş yerde ise 412 m'dir. Hızar Deresinin bulunduğu İncekaya-Tokatlı Köyü arası kanyon uzunluğu yaklaşık 1000-1100 m. olmasına rağmen diğer yan kollarla beraber toplam uzunluğu 8300 m'yi bulmaktadır.



**Fotoğraf 41.** Tokatlı (İncekaya) kanyonundan ilkbahar görüntüsü (kristal cam terastan güneye doğru).



**Fotoğraf 42.** Tokatlı (İncekaya) kanyonundan sonbahar görüntüsü (kristal cam terastan güneye doğru).

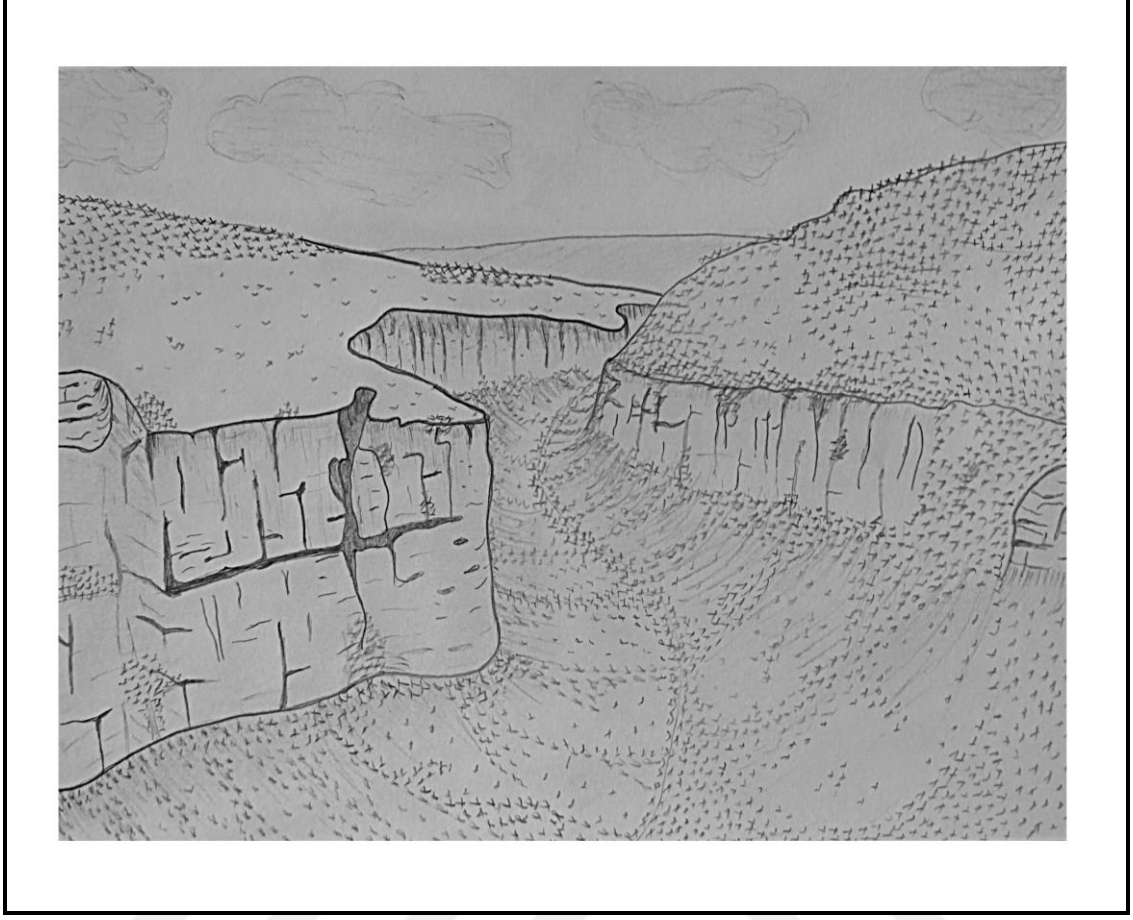
Tokatlı kanyonu, son yıllarda üzerinde turistik amaçla yapılan kristal cam teras ile içerisinde bulunan yürüyüş parkuru sayesinde turistik cazibe merkezi haline gelmiştir (Fotoğraf 43, Fotoğraf 44).



**Fotoğraf 43.** Tokatlı kanyonuna turistik amaçla yapılan kristal cam teras.



**Fotoğraf 44.** Tokatlı kanyonuna turistik amaçla yapılan yürüyüş parkuru.



**Görsel 6.** Tokatlı Kanyonu üzerinde yer alan kristal cam terastan güneye doğru karakalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL).



**Fotoğraf 45.** Suyu karşı tarafa taşımak için 17. yy da yapılmış, 117 metre uzunluğunda, 6 kemerden oluşan Tokatlı Kanyonu üzerinde bulunan İncekaya Su Kemerini.

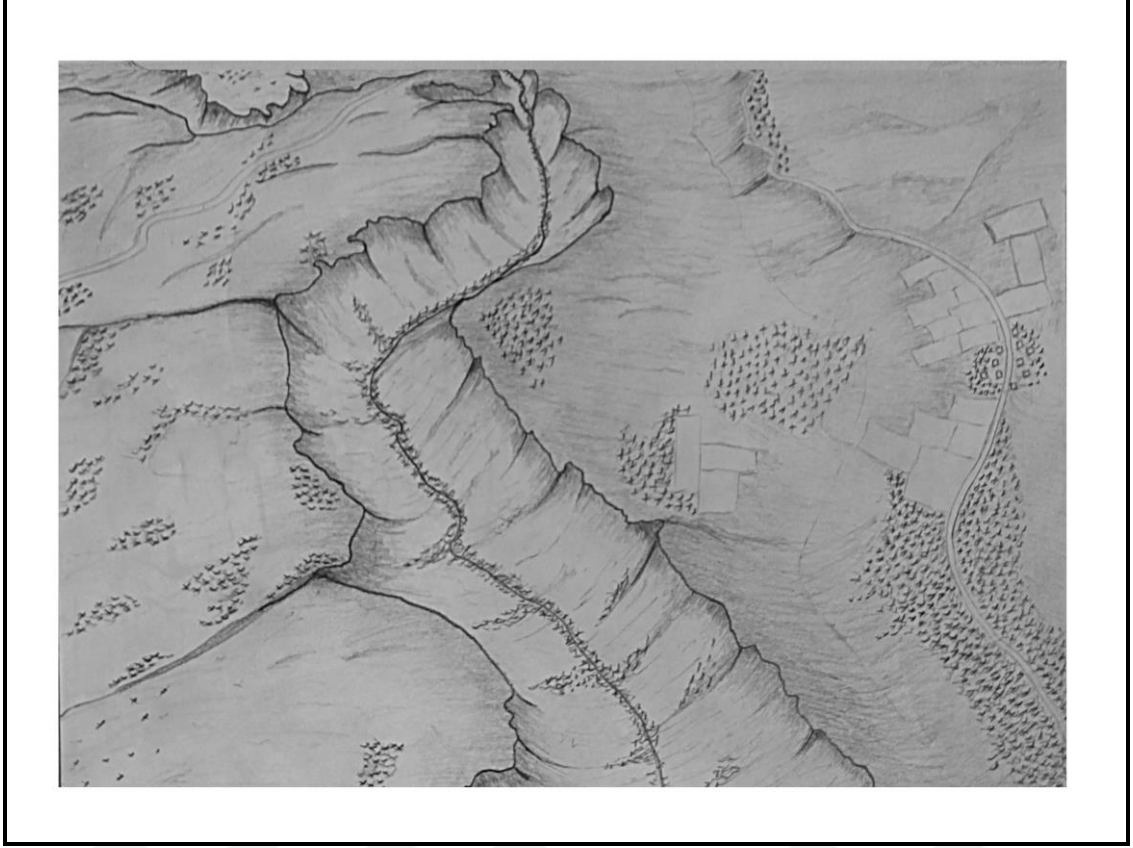
### ***Akçasu Kanyonu***

Safranbolu Eskiçarşı mevkiinden güneye doğru akış gösteren Akçasu Deresi ile yine Eskiçarşı mevkiinde akış gösteren Tabakhane Deresi'nin birleşmesiyle güçlenen akarsu daha sonra güneye doğru Araç Çayına karışmaktadır. Bu bölgede oluşan karstik vadi sistemi Akçasu Kanyonu'nu meydana getirmektedir. Kanyonun deniz seviyesine göre yükseltisi 425-560 m arasında değişmektedir. Yüksekliği 39 m, en geniş yeri ise 285 m'dir. Yan kollarla beraber toplam uzunluğu 3100 m'yi bulmaktadır.

### ***Sırçalı Kanyonu***

Düzce ve Sırçalı Köyleri arasında yer alan ve Safranbolu'ya 13 km. uzaklıkta bulunan bu kanyon Doğal Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nce yaban hayatı koruma alanı ilan edilmiş olup zengin bir flora ve faunaya sahiptir (Fotoğraf 46, Görsel 7-8). Kanyonun deniz seviyesine göre yükseltisi 430-850 m arasında değişmektedir. Yüksekliği 135 m, en geniş yeri ise 877 m'dir. Kanyonun Kirpe deresinden meydana

gelen kısmı 9900 m civarındayken, yan kollarla beraber toplam uzunluğu 14800 m'yi bulmaktadır.



**Görsel 7.** Sırçalı Kanyonu'nun Düzce ve Sırçalı köyleri arasındaki kanyonun orta kesimini gösteren kara kalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL).



**Görsel 8.** Sırçalı Kanyonu'nun Karapınar köyü mevkiinde yukarı kesiminden kara kalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL).

Kanyonu oluşturan Kirpe Deresi; Çatak Köyü mevkiinden güneye doğru akan Kalandualtı Deresi, batıdan Değirmen Dere, doğudan ise Kavaklıdere'nin birleşmesiyle oluşmaktadır. Birleşen bu dereler daha sonra Sakaralan Kanyonu'nu oluşturan Kayaderesi'ne katılarak güçlenmekte ve aşındırma faaliyetini çözünebilen kalkerli arazi üzerinde yapmaya devam ederek Araç Çayı'na dökülmektedir. 2001 yılında yaban hayatı koruma sahası olarak ilan edilen Sırçalı Kanyonu'nda yaban domuzu, tilki, karaca ve tavşan gibi bazı yaban hayvanlarına rastlamak mümkündür.





**Fotoğraf 46.** Sırçalı Kanyonu'nun yukarı kesimleri (güneydoğuya doğru).

### ***Bulak Kanyonu***

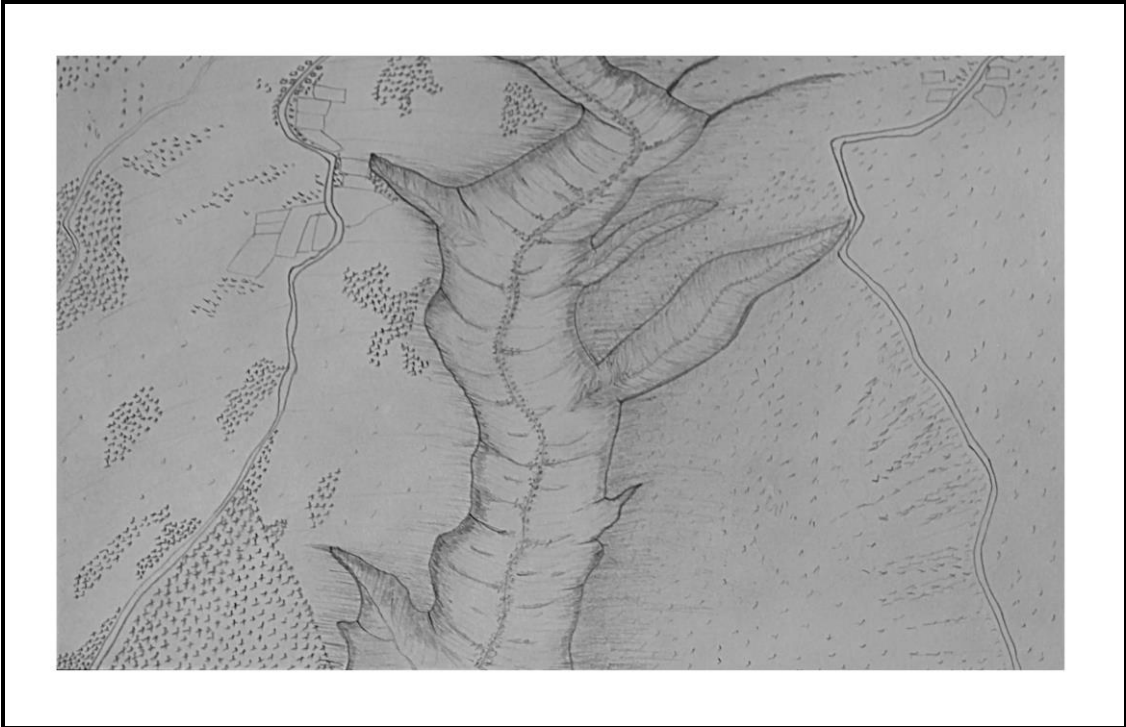
Bulak köyü civarında yer alan Mencilis (Bulak) Mağarası'ndan çıkan yer altı suyunun kalkerli arazide oluşturduğu kanyon, Karabük-Safranbolu karayolu tarafından kesintiye uğradığı Kireçkuyusu civarına kadar yaklaşık 9,5 km sürmekte, yolun diğer tarafına doğru Araç Çayına kadar da yaklaşık 1,2 km. devam etmektedir (Fotoğraf 47; Görsel 9). Kanyonun toplam uzunluğu 10,7 km'dir. Kanyonun deniz seviyesine göre yükseltisi 302-870 m arasında değişmektedir. Yüksekliği 52 m, en geniş yerde ise 615 m'dir. Yüzüncü Yıl ve Beşbinevler Mahallesi olarak adlandırılan bölgede son yıllarda artan yapılaşma ile inşaatlardan meydana gelen toprak ve molozların kanyona dökülmesiyle doğallığı bozulmuş ve bazı kesimlerinde zarar görmüştür (Fotoğraf 48). Kanyonun içinden geçen Bulak deresi güneye doğru devam ederek Araç çayına ulaşmaktadır.



**Fotoğraf 47.** Bulak Kanyonu'nun, kanyon köprüsü üzerinden görünümü (güneyden kuzeye doğru).



**Fotoğraf 48.** Bulak Kanyonu ve yakın çevresinde son yıllarda artış gösteren konut inşaatları ve kanyon içerisinde taraçalarla birlikte yapılan yol inşaatı. Bu inşaatlar kanyonun doğal güzelliğini bozmakta ve canlı yaşamını da etkilemektedir (Kanyon köprü üzerinden güneye doğru).



**Görsel 9.** Bulak Kanyonu'nun Safranbolu ve Beşbinevler Mahallesi mevkiinde, orta kesiminden karakalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL).

### ***Sakaralan (Yaci) Kanyonu***

Konarı ile Yörük köyleri arasında yer alan Sakaralan Kanyonu'nun Safranbolu'ya uzaklığı 11 km'dir. Sakaralan Kanyonunu oluşturan akarsu, kuzeyden gelen Eflani Deresi bir müddet sonra Ayırık Dere olarak, daha sonra Bent Deresi ve Kaya Deresi ismini almaktadır. Kanyon içinde yer alan dere Kaya Deresi'dir. Sakaralan Köyünün Yağcı mahallesine yakınlığı nedeniyle Yağcı (Yaci) adlarıyla da anılan bu kanyon Konarı Köyü yakınlarında Sırçalı (Düzce) Kanyonuyla birleşerek Araç Çayına ulaşmaktadır (Görsel 10). Kanyonun deniz seviyesine göre yükseltisi 440-760 m arasında değişmektedir. Yüksekliği 59 m, genişliği ortalama 150 m, en geniş yerde ise 267 m'dir.



**Görsel 10.** Sakaralan (Yaci) Kanyonu'nun Akören köyü mevkiinden Google Earth görüntüsü.

#### **2.2.1.6. Doğal Köprüler**

Doğal köprüler, yeriçi akarsu yatağının tavanının zamanla yıkılarak kısılması ve sonuçta bir köprü boyutuna inmesi sonucunda oluşurlar. Birbirine çok yakın iki obruk veya karst penceresi arasında da yine aynı mekanizmaya göre oluşmuş doğal köprüler gözlenir (Erinç, 2001). İnceleme alanında Mencilis mağarası civarında bir doğal köprü örneği vardır (Fotoğraf 49).



**Fotoğraf 49.** Bulak (Mencilis) mağarası girişi civarında oluşmuş bir doğal köprü.

#### **2.2.1.7. Mağaralar**

Sahip olduğu canlı ve cansız varlıkları ile büyük bir ekosistem oluşturan ve insanların sosyo-ekonomik faaliyetleri ile iç içe bulunan mağara; yüzeye açıklmaları olan ve en az bir insanın sürünerek girmesine olanak verecek genişlik ve yüksekliğe sahip olan yer altı boşluklarına verilen isimdir. Doğal mağara oluşumlarından, ikincil mağaralar sınıfında bulunan karstik mağaralar, hidrografik özellikleri, gelişim süresi, gelişim dönemi, topografik özellikleri ve iklimik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır (Günay, 1992; Baykara, 2007; Nazik, 2008).

Derinlik karstı şekillerinin en önemlilerinden biri olan ve gerek boyut ve gerekse oluşum özellikleri bakımından karst topografyasının en özgün şekillerinden

birini oluşturan mağaralar, ana hatları ile suların kimyasal çözünmesi ve kısmen de mekanik aşındırması ile meydana gelirler (Zeybek, 1996).

Mağaralar geçirimsiz tabakalar üzerinde oluşurlar. Bu tabakalar üzerinde biriken sular, üstteki kalkerleri eritmeye başlarlar. Ancak bu suların hareket halinde olması gerekir. Durgun veya hareketsiz olursa  $\text{CaCO}_3$ 'a doymuş sular, eritme özelliklerini kaybederler. Su ne kadar hareketli olursa eritme gücü de bir o kadar güçlü olur. Kimyasal çözünme veya aşındırma, başlangıçta kalkerli kütlelerin çatlak ve ek yerlerini genişletir. Ancak bu çatlak ve ek yerlerinin genişlemesi ile meydana gelen boşluklar büyürse, diğer çatlaklardan gelen sızıntı şeklindeki sular da bu boşlukta toplanarak bir yeriçi akarsuyu oluştururlar. Yeriçi suyu kütlesi bir boşluğu doldurduğu takdirde, yani su kütlesinin tavana kadar ulaştığı yerlerde, yukarıya doğru da çözünme kendini göstermektedir. Yeriçi boşluğunu doldurmuş olan su kütlesinde zamanla aşağıya ve yanlara doğru sızıntılar belirdiğinde artık boşluktaki su tavana kadar yükselmez, bazen yeriçi sularının dibinde bir yeriçi akarsuyu oluşur ve yeryüzünde oluşmuş akarsular gibi aşındırma yaparlar. İlerledikleri yerlerde rastladıkları eğim kırılma yerlerinde çağlayanlar oluşturarak tahrip ederler. Gelişimin bu safhasında çözünmeyle birlikte normal erozyon da etkisini göstermeye başlamaktadır (Günay, 1992; Pekcan, 1999; Karaca, 2013).

İnceleme alanına baktığımızda mağara açısından oldukça zengin bir yapı göze çarpmaktadır. Bunun en önemli sebebi ise kalkerli arazinin geniş yer kaplaması ve tektonik çizgilerin olmasıdır. İnceleme sahasında birçok irili ufaklı in ve mağara bulunmaktadır. Bu mağaralardan, Ağzıkara, Cildikısık (Fotoğraf 50), Yarasaini (Fotoğraf 51), Mencilis (Fotoğraf 52) ve Hızar (Fotoğraf 56-57) mağaraları Karabük-Safranbolu Havzası'nda önemli mağaralardandır (Tablo 31).

**Tablo 31.** Karabük-Safranbolu havzası yer alan mağaralar.

	<b>Mağara Adı</b>	<b>İlçe</b>	<b>Köy</b>	<b>Uzunluk(m)</b>
1	<b>Yüzüncü Yıl 1 Mağarası</b>	Karabük/Merkez	<b>Yüzüncü Yıl</b>	803
2	<b>Yüzüncü Yıl 2 Mağarası</b>	Karabük/Merkez	<b>Yüzüncü Yıl</b>	19
3	<b>Çobanini Mağarası</b>	Karabük/Merkez	<b>Cumayanı</b>	
4	<b>Cildikısık Mağarası</b>	Karabük/Merkez	<b>Cumayanı</b>	
5	<b>Subatan Düden Mağarası</b>	Karabük/Merkez	<b>Sipahiler</b>	
6	<b>Ağzıkara Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Harmancık</b>	508
7	<b>Akçasu Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Düzce</b>	89
8	<b>Cıngırlı Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Ovacuma</b>	
9	<b>Çatalpoyraz 1 Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Kırıklar</b>	150
10	<b>Çatalpoyraz 2 Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Kırıklar</b>	60
11	<b>Hızar Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Gayza</b>	525
12	<b>Daniel Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Bulak</b>	40
13	<b>Kızılın Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Konarı</b>	152
14	<b>Konarı Değirmen Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Konarı</b>	
15	<b>Mencilis Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Bulak</b>	5350
16	<b>Örümcekli Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Harmancık</b>	15
17	<b>Samanini Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Konarı</b>	20
18	<b>Sarıköy Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Sarıköy</b>	
19	<b>TU M1 Göpçek Mağarası</b>	Safranbolu		
20	<b>TU M2 Mağarası</b>	Safranbolu		
21	<b>TU M4 Mağarası</b>	Safranbolu		317
22	<b>Uluyayla Düden Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Ovacuma</b>	1255
23	<b>Uluyayla (Kırlangıç) Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Ovacuma</b>	450
24	<b>Yarasaini Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Konarı</b>	559
25	<b>Yazıköy Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Kırıklar</b>	60
26	<b>Yazıköy Değirmen Mağarası</b>	Safranbolu	<b>Yazıköy</b>	

**Kaynak:** Anonim.

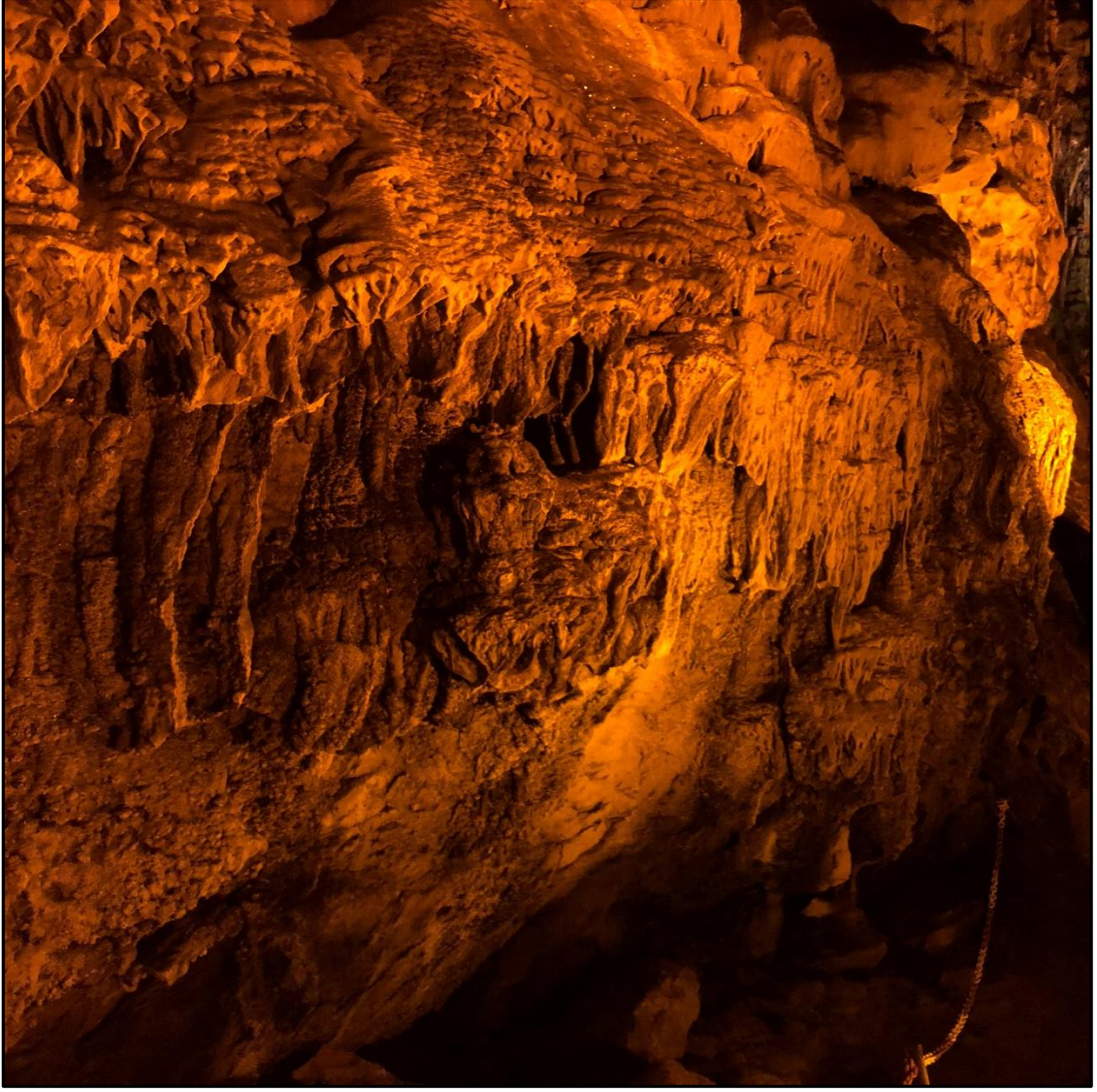


**Fotoğraf 50.** Karabük-Ankara yolu 10. km de yer alan Cildikısık Mağarası.



**Fotoğraf 51.** Konarı köyü yakınlarında, Sakaralan Kanyonu'na kuzeyden bağlanan yan kolun batı bakılı yamacında yer alan Yarasaini Mağarası.





**Fotoğraf 52.** Mencilis mağarasında çekilmiş bir fotoğraf.

Çalışma sahasında mağaralar, Miyosen sonrasında gelişen karstlaşma süreci için en önemli verileri içermektedirler. Farklı kotlarda yer alan mağaraların her biri tektonik ve karstik gelişimin, karst taban seviyesinin derinleşmesinin izlerini taşımaktadır. Çalışma sahasındaki mağaraların gelişmesindeki en önemli tektonik etki, Karabük fayı ve buna bağlı gelişen kırık sistemleridir. Karabük fayının oluşumuyla beraber Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları daha genç yaşlı birimler üzerine ötelenmiştir. Fay sonucu oluşan tektonik hat boyunca mağara ağzları, dolayısıyla boşalım noktaları zaman içerisinde gelişmeye başlamıştır. Yukarıda da değinildiği gibi karstlaşmanın derine doğru gelişmesi sürecinde, alt kotlara doğru yeni boşalım ağzları gelişmeye başlamış ve günümüzdeki durumunu almıştır (Törk, 1995).

Safranbolu’da bulunan mağaralar genellikle yatay yönde oluşmuştur. Yatay yönde oluşumun en önemli sebebi ise, kalker tabakasının ince olmasıyla birlikte tabanının geçirimsiz bir tabaka özelliği göstermesidir. Mencilis mağarası, Bartın-Safranbolu arasındaki dağlık alanın en yüksek zirvelerini oluşturan Sarıçiçek dağlık kütlelerinde, Safranbolu’nun kuzeybatısında yer almaktadır.

Batı Karadeniz Dağları karst alanında yer alan Karabük’e bağlı Safranbolu ilçesi yakınında bulunan ve hidrolojik olarak kaynak konumlu olan Mencilis (Bulak) Mağarası; 6052 m toplam uzunluğu ile Türkiye’nin en uzun beşinci ve çalışma sahası ve çevresinin en önemli mağarasıdır. Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları içinde gelişen mağara; birbirine bağlı, farklı dönemlerde oluşmuş üç mağara gelişim katından meydana gelmiştir. Aktif, yarı aktif ve fosil aşamalarında bulunan bu katlara ait üç girişi bulunan mağaranın, en uzun ve en genç bölümü alt kattır. Hidrolojik olarak aktif olan bu bölümün içinde, debisi mevsimlere bağlı olarak 0.55-2.20 m<sup>3</sup>/sn arasında değişen ve yaz-kış belirgin akışı olan büyük bir yeriçi deresi ve değişik büyüklükte çok sayıda göl bulunur. Araştırması son derece zor olan bu bölümdeki göllerin çoğu kapalı sifon durumundadır. Bu sifonlar, ancak balık adam donanımı ile dalarak geçilebilmektedir. Mencilis Mağarası Sistemi’nin en karakteristik ve en güzel bölümünü Orta Kat oluşturmaktadır. Ana girişten 100 m yukarda girişi bulunan ve görünüşleri son derece güzel, her türden damlataşlarla kaplı olan bu bölüm, 1200 m sonra alt kat ile birleşmektedir. Buna karşılık Mencilis’in en üst katını fosil galeri oluşturur. Mağaranın ilk oluşan bölümü olan bu kat, bütünüyle havalanma zonunda kalmıştır (Ferudun, Poyraz, Nazik, Tuncer, 2010).

Mencilis mağarasının üç girişi bulunmaktadır. İlk giriş su çıkışının olduğu bir ağızdan yapılmaktadır. Ancak 30 m. sonra bu çıkış bir sifonla sonlanmaktadır. Söz konusu giriş yörede su mağarası olarak da bilinmektedir. İkinci giriş, yaklaşık 300 m. kuzeyde vadi yamacında olan asıl giriştir. Mencilis Mağarasının asıl girişi, Mağara Deresinin kollarından biri olan Bulak deresinin açmış olduğu vadinin batıya bakan yamacı üzerinde gelişmiştir. Mağaranın vadi tabanından yüksekliği yaklaşık 75 m, deniz seviyesinden yükseltisi ise 800 m. kadardır. Vadi tabanından mağaraya olan çıkış, 148 basamaklı bir merdiven vasıtasıyla sağlanmaktadır. Üçüncü girişin yeri tam olarak bilinmemekle birlikte, su mağarasının (ilk giriş) üzerindeki yamaçta bulunduğu ifade edilmektedir (Özdemir, 2005; Ferudun, Poyraz, Nazik, Tuncer, 2010).

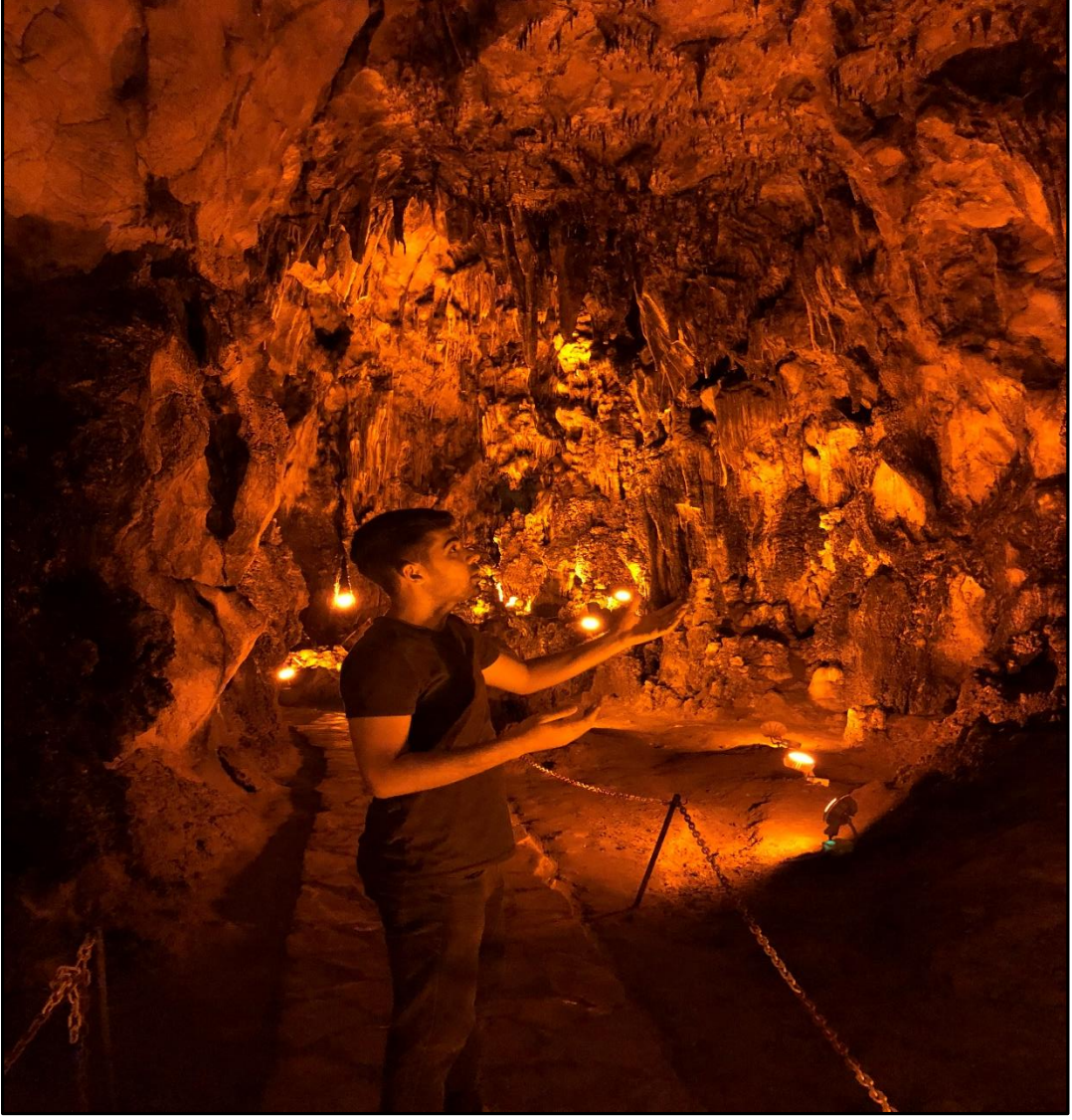
Mağaranın girişi 860 m kotundaki kuru ağızdan olmaktadır. Mağara fosil ve aktif iki bölümden oluşmaktadır. Mağara içerisinde Üst Miyosen'den günümüze kadar geçen üç farklı tektonik hareketin izleri, mağara taban seviyelerinde meydana gelen ani değişiklikler şeklinde olmaktadır. Genel olarak baktığımızda bu tektonik evreler yüzeyde Öküz polye ovasında gözlenen tektonik gelişimle paralellik göstermektedir. Tektonik gelişimin iki evresi mağarada fosil bölümlerde kendini göstermektedir. Güncel evre ise aktif bölümü oluşturmaktadır. Bu bölümde sifondan mağaraya giren yeriçi nehri, daha sonra tekrar sifon yaparak mağara içinde kaybolmakta ve kaynak ağzından 700 m kotundan yüzeye çıkmaktadır (Türk, 1995; Özdemir 2005).

Mencilis mağarası damlataş oluşumu açısından zengindir ve mağara dış tahribata kapalı olduğu için doğal görünümü pek bozulmamıştır diyebiliriz. Fosil bölümünde bulunan sarkıt, dikit, sütun ve perde (Fotoğraf 58) oluşumları göze çarpmaktadır (Fotoğraf 54).



**Fotoğraf 53.** Mencilis mağarasında oluşmuş bir dikit örneği.

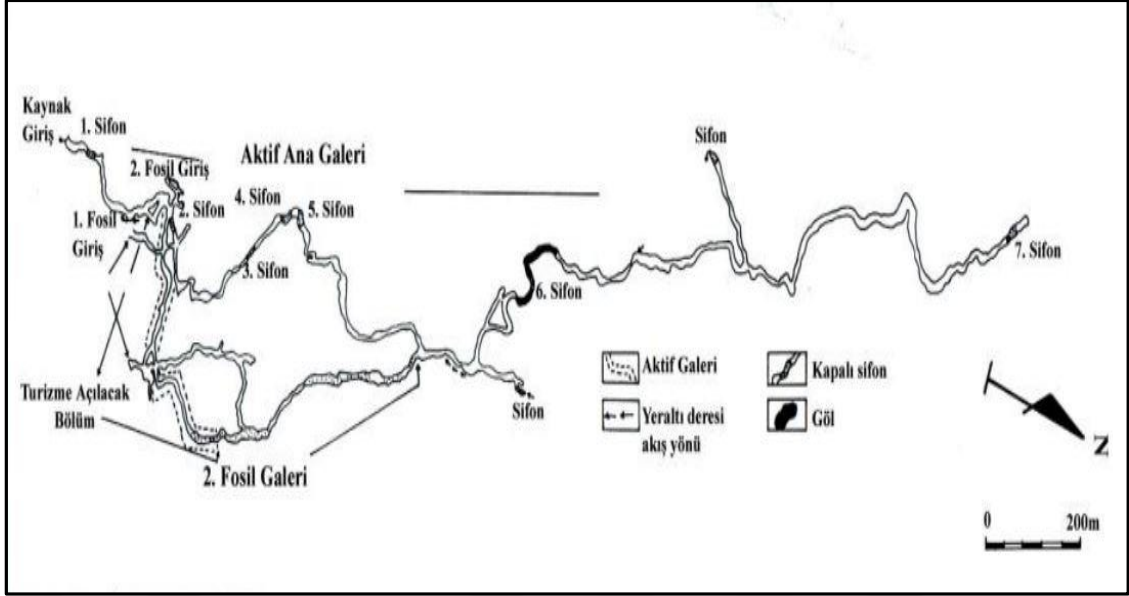
Mencilis mağarası, yatay yönde daha çok olmak üzere; hem yatay hem de dikey yönde gelişmiş bir mağara özelliği taşımaktadır (Fotoğraf 55). Üç katlı bir yapıdan oluşan mağaranın giriş kısmı oldukça dardır. Ana girişin üst kısmında bulunan, *Horasan sıvası* olarak adlandırılan eski bir inşa malzemesinden yapılmış ve *Horasan duvarı* olarak adlandırılan bir yapının varlığı bu mağaranın çok eskilerde korunma amaçlı olarak kullanıldığını göstermektedir (Özdemir, 2005). Dar giriş kısmı geçildikten sonra sarkıt, dikit ve sütunların bulunduğu geniş bir galeriye açılmaktadır. Hidrolojik bakımdan mağaranın en alt katını oluşturan bölüme açılan galeride bir yeriçi nehri bulunmaktadır. Bu nehir 15 m' lik bir şelale oluşturmakta, ardından yeriçine dalarak 250 m. kadar aşağıdan tekrar yerüstüne çıkmaktadır.



**Fotoğraf 54.** Mencilis mağarasında oluşmuş bir salon.



**Fotoğraf 55.** Mencilis mağarasında oluşmuş sarkit örnekleri.



Şekil 13. Mencilis Mağarası Planı (Nazik, 2000).

Çalışma sahasındaki diğer önemli mağara olan Hızır Mağarası ise, toplam uzunluğu 325 m olan girişi 840 m kotunda bulunan kuru (fossil) ağızdan olmaktadır. Mağaranın giriş galerisinin 10 m üstünde üç evreli tektonik gelişimin ilk aşamasını belirleyen birinci kat yer almaktadır. Tektonizmaya bağlı meydana gelen değişimler mağara içerisinde de gözlenmektedir. Bu bölümde ayrıca Karabük fayının gelişimine bağlı olarak Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarının ters fay olarak daha genç yaşlı birimler üzerine geldiği fay dokanak noktası gözlenebilmektedir. Dar bir kanaldan girilen aktif bölümde 70 m ilerlendikten sonra sifona ulaşılmaktadır. Sifon büyük olasılıkla altta yer alan asıl kanala bağlantılı baca şeklindedir. Kanalda bulunan sedimanlara ve duvarda yer alan su izlerine bakıldığında, suyun fazla olduğu dönemlerde bu sifondan suyun yükseldiği ve geriye doğru kabardığı gözlenmiştir. Mağaranın sifon kolunun yüzeye çıkış kotu da 820 m dir (Törk,1995).



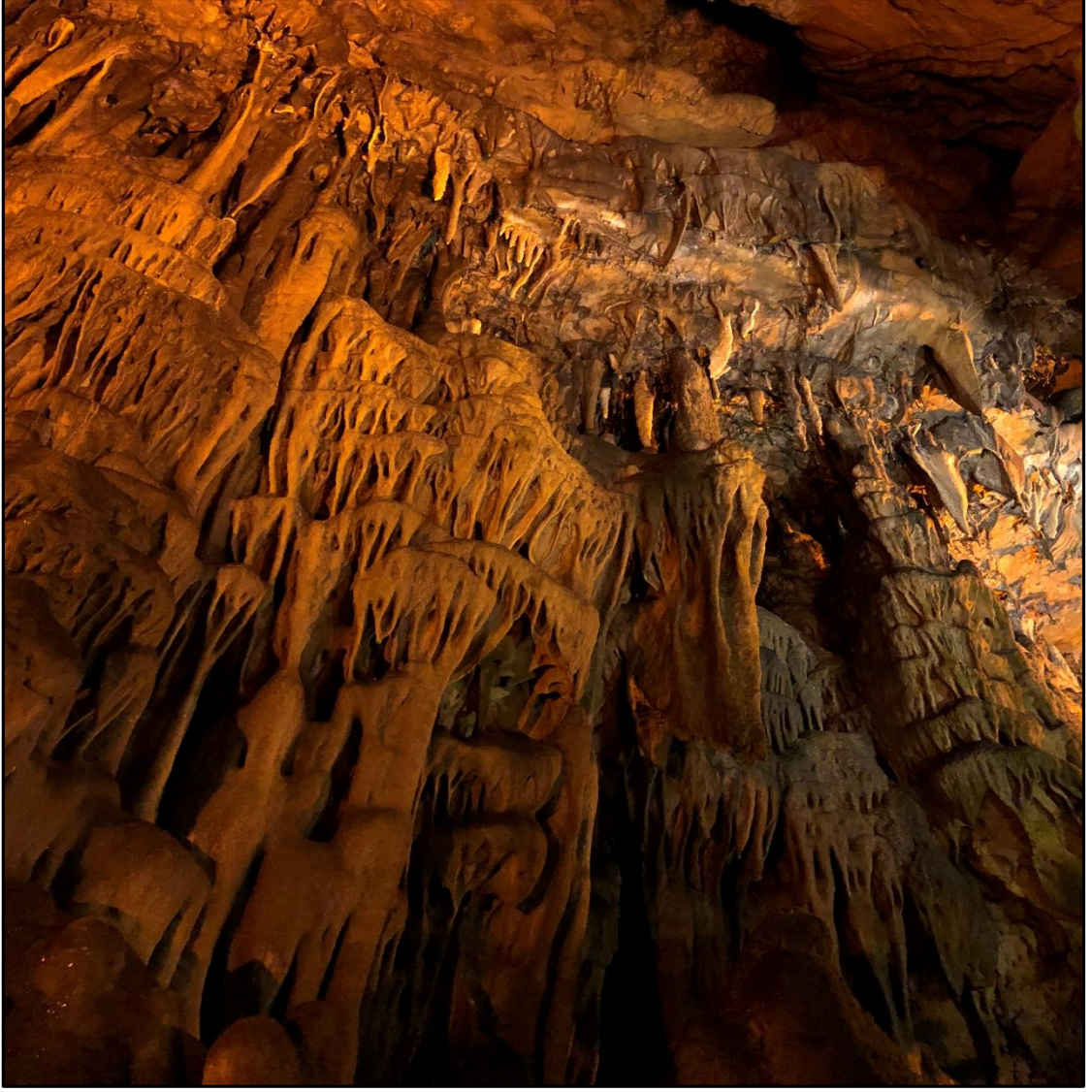
**Fotoğraf 56.** Hızır mağarasının fosil girişi.

Hızır mağarası, atmosferik etkiler ve mağara girişinin geniş olmasından kaynaklı olarak, Mencilis mağarasına göre fiziksel tahribatlara daha açıktır. Bu sebeplerden başka Hızır mağarasının Mencilis'e göre beşeri etkilere daha açık olması da tahribat sebeplerindedir. Hızır ve Mencilis mağaraları, çevrenin su ihtiyacını karşılamasından dolayı da bölge için önemli bir yere sahiptir.





**Fotoğraf 57.** Hızır mağarasının ağız kısmı geniş olduğundan dolayı dış etkilere fazla maruz kalmıştır.



**Fotoğraf 58.** Mencilis mağarası içerisinde oluşmuş perde.

### **2.2.2. Karstik Çökelme Şekilleri**

Karstik alanlardaki sulara çözülmüş durumda bulunan kirecin, sıcaklık etkisiyle birlikte suyun buharlaşması, CO<sub>2</sub> miktarındaki düşüş, basıncın azalması ve su sıcaklığının düşmesi gibi bazı etmenler sonucunda çökelmeye başlaması, özellikle mağaralar içerisinde sarkıt, dicit ve sütun oluşmasına olanak sağlamaktadır. Bunun dışında karstik kaynaklardan çıkan sularla birlikte travertenler de oluşmaktadır.

#### **2.2.2.1. Traverten**

Karstik çökelme şekillerinden biri olan travertenin oluşumunda, kalkeri çözen karbonikasitli sular, kalsiyum bikarbonat olarak yüzeye çıkarlar ya da mağara içlerine sokulurlar. Bu durumda basıncın azalması nedeniyle, karbondioksit uçar, su da akıp

giderse, geriye kalan  $\text{CaCO}_3$  olduğu yerde çökelmeye başlar. Bu olayın tekrarıyla birlikte travertenler ve traverten taraçaları meydana gelir. Karstik su kaynaklarının büyüklüğünden kaynaklı olarak da, daha büyük traverten taraçaları oluşabilmektedir.

Çökeltmede; buharlaşma, yeriçi suyunun içerdiği karbondioksit miktarının azalması, yeriçi suyu üzerindeki basıncın azalması ve bitkilerin etkisi gibi koşullar rol oynamaktadır. Çökeltme hızı travertenlerin fiziksel özellikleri üzerinde etkili olur. Çökeltmenin yavaş olması sonucu, travertenlerin kristalli, yoğun ve sert, hızlı olması ise, sünger gibi gözenekli, gevşek, hafif ve dayanıksız olmalarına yol açmaktadır (Günay, 1992; Hoşgören, 2015; Siler, 2016).

Travertenler, hem sıcak, hem de soğuk sulu kaynakların eseri olabilirler. Sıcak sulu kaynaklarda su içerisindeki  $\text{CO}_2$  daha çabuk uçacağından, oluşum daha hızlıdır (Pamukkale'de olduğu gibi). Soğuk sulu kaynaklarda ise daha uzun zamanda meydana gelir. Travertenler ya bir oyuk, kuyu ya da çatlakları takiben çıkan suların eseridirler. Çökeltme ne kadar yavaş meydana gelirse, oluşan kayaç o kadar masif karakteri gösterir. Diğer durumda ise daha gevşek ve toz halinde de meydana gelmektedir (Pekcan, 1999).

Çalışma sahasında mevsimsel yağışın fazla olduğu dönemlerde özellikle Gölyayla uvalasının bulunduğu sahadaki düdenler sayesinde kireçtaşları içerisinde yeriçine su sızmaları gerçekleşir. Yeriçinde seviye olarak daha düşük debide akan yeriçi suyunun oluşturduğu akmataş yapısı bu bölgede mağaralarda meydana gelmektedir (Törk, 1995). Çalışma sahasında traverten oluşumu zayıftır. Ancak Siphahiler mevkiinde yağış etkisiyle yukarı kesimlerden aşağıya doğru akan karbonik asitli suyun yüzeye çıktığı bölgede suyun buharlaşması sonrasında çökeltmek yerli bir traverten oluşumuna sebebiyet vermiştir (Fotoğraf 59).



**Fotoğraf 59.** Sipahiler mevkiinde yağış etkisiyle yukarı kesimlerden aşağıya doğru akan karbonik asitli suyun yüzeye çıktığı bölgede suyun buharlaşması sonrasında çökelerek oluşmuş traverten.

#### 2.2.2.2. Sarkıtlar, Dikitler ve Sütunlar

Mağara gibi doğal oluşumlu yeriçi boşluklarının tavanlarından sarkan çubuk şeklindeki oluşumlardır. Mağara tavanlarına saçaklı görünüm katan sarkıtlar, tavandan sızarak damlayan yeriçi sularının içeriğinde bulunan kalsiyum karbonatın çökerek, birbiri üzerine eklemeye yaparak yerçekimi etkisiyle aşağıya doğru uzamasıyla meydana gelmektedir. Sarkıtların oluşmasıyla birlikte, tavandan tabana doğru damlayan yeriçi sularının çökelttiği kalsiyum karbonatın üst üste tortulanması ve giderek yükseklik kazanmasıyla meydana gelir.

Dikitlerin sarkıtlara nazaran kubbe şeklinde oluşması, damlaların tavandan düşmesiyle birlikte yanlara doğru sıçramalarından kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı sarkıtlar sivri ve uzun, dikitler ise kubbemsi olmaktadır. Damlaların düştüğü kısımlarda, dicitin üzerinde ise damlaların çarpması sonucunda küçük çukurluklar oluşur. Zamanla sarkıt ve dikitler birbirleri ile birleşerek sütunları meydana getirirler (Pekcan, 1999).

Çalışma sahasında en önemli mağara konumunda olan Mencilis mağarası, dış tahribata pek açık olmadığından dolayı doğal görünümü bozulmamış ve fosil bölümünde görülen sarkıt, dicit, sütun ile perde oluşumu bakımından da zengin bir mağaradır (Fotoğraf 60-61-62). Hızır mağarasının, Mencilis mağarasına göre giriş ağzının büyük olması nedeniyle dış etkilere ve tahribatlara daha açık durumdadır. Bu sebepten dolayı karstik oluşumlar Hızır mağarası içerisinde daha zayıf kalmıştır.



**Fotoğraf 60.** Mencilis mağarasında oluşmuş sarkıt örnekleri.



**Fotoğraf 61.** Mencilis mağarasında oluşmuş dikit örnekleri.



**Fotoğraf 62.** Mencilis mağarasında oluşmuş bir sütun örneği.

### 2.2.2.3. Terra-Rossa

Terra Rossa, kırmızı toprak anlamına gelmektedir. Genellikle kalkerin içerisinde bulunan demir bileşiklerinin, kalkerin çözünmesi sonucunda, çözünemeyerek açıkta kalmaları sonucu meydana gelmektedir. Kırmızı rengi de bu sebeptendir ve oksidasyonun bir sonucu olarak oluşmaktadır. Kalker yüzeylerinde, çatlaklarında veya harabe rölyefi gösteren kısımlarda gerek demir bileşikleri, gerekse kuvars birikmeye başlar. Terra Rossa, bu çatlaklar içerisinde birikendir. Terra-Rossaların içlerinde çakıl taşları, enkaz, bitki kırıntıları vs. bulunur (Uyanık, 2006; Siler, 2016).

Araştırma sahasında, en fazla alan kaplayan zonal toprak türü kahverengi orman toprağıdır. Bu toprak kireççe zengin ana madde üzerinde oluşmuştur. Horizonları belirgindir ve A horizonu çok gelişmiş olduğundan belirgin bir şekilde



görülmektedir. Terra Rossa toprağı, kahverengi orman toprağıın olduğı alanlarda kireçtaşı arasında meydana gelmiştir. Gölyayla uvalası ve Öküz polyesinin çevresindeki anakaya üzerinde kireçtaşının hâkim olması ve orta eğimde veya çok eğimli olması Kırmızı Akdeniz Toprağıın (Terra Rossa) oluşmasına olanak sağlamıştır. Arazide genel olarak kireçtaşı çatlaklarında korunmuş Terra Rossa topraklarına rastlanmaktadır (Fotoğraf 63).



**Fotoğraf 63.** Gölyayla uvalası civarında (1200m) kireçtaşı çatlakları arasında oluşmuş Kırmızı Akdeniz (Terra-Rossa) toprakları.

### **2.3. Karst Sınıflandırmaları**

Karst jeomorfolojisi hakkında yapılan çalışmalarda, karstik bir araziden bahsederken, arazinin karst modelini veya karst sınıflamasını belirlemek gerekmektedir. Karst sınıflamasının belirlenmesinde en önemli parametreler; karstik çözünme ve çökeltme şekillerinin görünümü, lito-stratigrafik, tektonik, jeomorfolojik, iklim, hidrografik, bitki örtüsü ve toprak özellikleridir (Lengeranlı, 1986).

Birçok çalışmada farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Herak (1977)'ın sınıflandırmasına göre; karstlaşmanın güncel durumundan ziyade, bölgenin tektonik geçmişini de göz önünde bulundurarak karstlaşma derecesini ifade etmiştir. Buna göre çalışma sahasının 'orojenik-merceksel karst' olduğu ifade edilebilir. Yani arazinin

üçüncü jeolojik zamanda yükselmesiyle birlikte karstlaşma, çalışma sahasında bazı belirli bölgelerde eskiden günümüze kadar devam etmektedir.

Gvozdevkiy (1965)'in sınıflandırmasına göre, beş farklı kategori bulunmaktadır. Bunlar; kireçtaşı karstı, dolomit karstı, tebeşir karstı, alçıtaşı karstı ve kaya tuzu karstıdır. Karabük ve Safranbolu havzası ise bunların arasından 'kireçtaşı karstına' girmektedir.

Yüzey örtüsünün varlığı ve özelliğine göre Sawicki (1909)'nin sınıflandırması bulunmaktadır. Buna göre; çıplak karst ve toprak örtülü karst kategorileri vardır. Çalışma sahası ise bunlar arasından 'toprak örtülü karst' sınıflandırmasına girmektedir.

Coğrafi bölgelere dolayısıyla iklime göre belirlenen Gvodeckiy (1965)'in sınıflamasına göre, belirli iklim koşullarında özel yeriçi ve yerüstü özellikleri kazanan karstlaşmayı belirlemek öngörülmüştür. Buna göre; çıplak karst, toprak örtülü karst, gömülü karst (kireçtaşlarından sonra oluşan diğer kayalarla örtülmüş karst türü), tropikal karst ve permafrost karst sınıflamaları yapılmıştır. Çalışma sahası bunlar içerisinde 'toprak örtülü karst' sınıfına girmektedir.

Son olarak Cvijic (1924) sınıflamasına göre üç ayrı karst tipi bulunmaktadır. Bunlar tam karst (holokarst), yarım karst (merokarst) ve geçişli karst (karsta özgü yüzey ve yeriçi biçimleri, tam karsttan az fakat yarım karsttan fazla gelişmiştir) sınıflarıdır. Çalışma sahasında ise; lapyta, dolin, uvala, polye, mağara, kanyon vadi ve damlataşlar görülmektedir fakat yeryüzü çözünme şekilleri tam olarak gelişemediği için 'geçişli karst' sınıfına girdiği düşünülmektedir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. XRF ANALİZLERİ

Karstlaşmayı etkileyen faktörlerden en önemlisi kayacın petrografik yapısıdır. Çalışma sahasından alınan **10 adet** kayaç numunesi, kimyasal yapılarının tespit edilmesi amacıyla X-ışınları floresans analizine (XRF) tabi tutulmuştur (Fotoğraf 64-65). Kayaç örnekleri, öncelikle belirlenen yerlerden titizlikle alınmış, daha sonra XRF cihazına alınmak üzere, öncelikle jeolog çekici yardımıyla ufak parçalara ayrılmıştır. Numuneler laboratuvar ortamında öğütme makinası sayesinde toz haline getirildikten sonra, sırasıyla numune poşetlerine alınma, kızdırma kaybı testi, presleme (Fotoğraf 66) vb. gibi işlemlerden geçirilerek asıl numune haline getirilmiştir. Hazırlanan numuneler, daha sonra XRF cihazına konulduktan sonra makinanın yaydığı X ışınları sayesinde numuneler içerisindeki oksitlerin oranları ile elementlerin değerleri belirlenmiş ve kimyasal analiz işlemi tamamlanmıştır (Harita 16; Tablo 32).

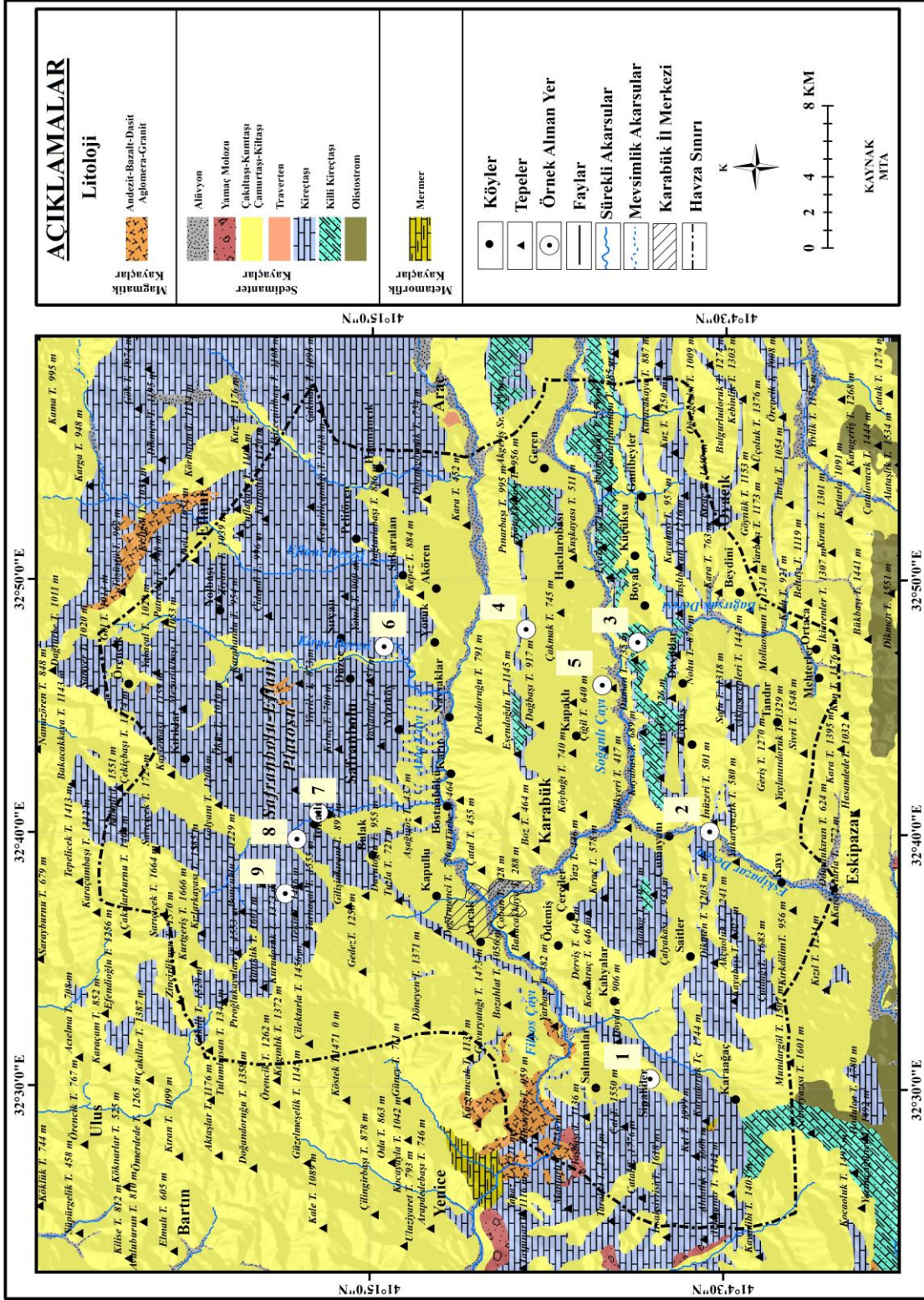
Analizlerden elde edilen bileşim ve elementler Kalsiyum oksit (CaO), Magnezyum oksit (MgO), Silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>), Alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve Demir (III) oksit veya ferrik oksittir (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).



**Fotoğraf 64.** XRF analizi yapan cihaz. 10 adet kayaç numunesinin XRF analizi Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsünde yapılmıştır.



**Fotoğraf 65.** XRF analizi yapan cihaz.



Harita 16. XRF analizi yapmak amacıyla çalışma sahasından alınan numunelerin litoloji haritası üzerinde gösterilmesi.



**Fotoğraf 66.** XRF analizine hazırlanan numunelerin preslenmesi.

Güneysu (1993) ve Atalay'ın (2017) çalışmalarına göre, herhangi bir karstik arazide karstlaşmanın gelişimi ve yoğunluğu üzerinde etkili olan parametreler aşağıda maddeler halinde verilmiş olup araştırma sahasında karstlaşmanın seyri bu parametreler dikkate alınarak belirlenmiştir:

1- Karbonatlı çözünebilir kayaçların varlığı ve bunların yayılım alanları (dar veya geniş alanlı yayılış göstermeleri),

2- Kayacın kimyasal bileşimi ( $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  oranları),

3- Kayacın minerolojik bileşimi (Tane boyutu, çatlaklılık durumu, gözeneklilik durumu) (Kaymak, 2018).







**Fotoğraf 67.** Numunelerin öğütülmeden önceki durumu.



**Fotoğraf 68.** XRF analizi için hazırlanan kayaçların öğütülmesi.



**Fotoğraf 69.** Numunelerin öğütüldükten sonraki durumu.

**Tablo 32.** Çalışma sahasından alınan kayaç numunelerinin XRF analizi sonuçları.

No	Bölge	Coğrafi Koordinat	Rakım (m)	Zaman	XRF Analizi(%)				
					CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	Sipahiler	41,1126K 32,5062D	903	Kretase	97,3	0,6	1,01	0,3	0,2
2	Cildikısık	41,0832K 32,6719D	367	Eosen	93,5	1,1	2,8	1,3	0,6
3	Bağırsak Deresi	41,1198K 32,7986D	426	Eosen	93,5	1,1	3,07	1,02	0,3
4	Bürnük Tepesi	41,1377K 32,7698D	450	Eosen	49,2	26,2	18,1	2,9	1,7
5	Hacılarobası	41,1763K 32,8071D	930	Eosen	78,6	17,5	1,8	0,4	0,5
6	Sırçalı	41,2483K 32,7953D	601	Eosen	95,5	0	2,2	1,2	0,5
7	İncekaya	41,2810K 32,6837D	600	Eosen	93,7	0,8	4,01	0,8	0,2
8	Sarıçiçek	41,2998K 32,6159D	1100	Jura	96,4	1,3	1,1	0,5	0,4
9	Bulak	41,2738K 32,6256D	717	Jura	82,5	3,06	8,2	3,01	2,3
10	Safranbolu Kireçoçağı	41,2450K 32,6598D	375	Eosen	89,5	2,5	5,4	2,5	1,5

**Kaynak:** Çalışma sahasından toplanan numunelerin Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsü Margem (Malzeme Araştırma ve Geliştirme Merkezi)'de XRF cihazı vasıtasıyla yapılan analizlerinden alınmıştır.

Sipahiler köyü yakınlarından alınan **1 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%97,3**, diğer oranlar ise **% 2**'nin altında olarak analiz edilmiş ve buna göre kalsit minerali ile saf kalker yapısı olduğu dikkat çekmektedir.

Cildikısık mevkiinden alınan **2 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%93,5**, **SiO<sub>2</sub>** oranı **%2,8** ve diğer oranlar **%2**'nin altında analiz edilmiştir. Buna bağlı olarak saf kalker koşulları sağlanırken, **%2,8**'lik silisyum oranı killi yapıyı ihtiva ederek karstlaşmanın derinlere inmesini genel olarak yavaşlatmıştır. Cildikısık mevkiinde ufak boyutlu sığ oluşumlu bir mağara da söz konusudur.

Bağırsak deresi mevkiinden alınan **3 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%93,5**, **SiO<sub>2</sub>** oranı **%2,8** ve diğer oranlar **%2**'nin altında analiz edilmiştir. Bu mevki ile Cildikısık civarından alınan numuneler hemen hemen benzer

oranları yansıtırsa da, burada eğimin %50-60'lara ulaşmasından dolayı karstlaşma yavaş seyretmiştir. Yamaçlarda kuvvetli eğim değerleri nedeniyle dolin, uvala, polye gibi büyük şekiller çalışma sahasının bu bölgelerinde oluşma imkânı bulamamıştır. Yine de aynı litolojik birimin parçaları olduğu da hem yakınlık hem de oransal benzerlik bakımından anlaşılmaktadır.

Bürnük Tepesi mevkiinden alınan **4 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%49,2**, **MgO** oranı **%26,2** ve **SiO<sub>2</sub>** oranı **%18,1** analiz edilmiştir. Numunede %26,2 MgO ve %18,1'lik SiO<sub>2</sub>'lik oranlar dikkat çekmektedir. Bu oranlara göre numuneler içerisindeki bileşenler kayacın dolomitik olduğunu, kalsit mineralinin az, kireçtaşının saflığının diğer numunelere göre daha az olduğunu göstermektedir. Bu da karstlaşmayı yavaşlatmaktadır.

Hacılarobası mevkiinden alınan **5 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%78,6**, **MgO** oranı **%17,5**, diğer oranlar ise **%2**'nin altında analiz edilmiştir. Buna göre MgO oranı kayacın dolomitik olmasına ve kalsit tanelerinin basınç etkisiyle metamorfizmaya maruz kaldığını, kayacın biraz daha sert yapıda olmasına sebep olmuştur. Dolomitik kireçtaşlarında CaCO<sub>3</sub> oranının azalması ve buna karşılık olarak MgCO<sub>3</sub> oranının artması karstlaşmayı sınırlandırmıştır. Kayacın dolomitik özellik göstermesinin yanı sıra yamaç eğim değerlerinin fazla olması da karstlaşmayı olumsuz yönde etkilemiştir.

Sırçalı Kanyonu'nun batı tarafından alınan **6 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%95,5**, **SiO<sub>2</sub>** oranı **%2,2** ve diğer oranlar ise **%2**'nin altında analiz edilmiştir. Kirpe Deresi ve yan kollarının, kireçtaşlarını derin bir şekilde yararak flüvyal etkiyle birlikte muntazam bir kanyon vadi oluşumu bu bölgede sağlamıştır.

İncekaya mevkiinden alınan **7 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%93,7**, **SiO<sub>2</sub>** oranı **%4,01**, diğer oranlar ise **%2**'nin altında analiz edilmiştir. Eosen yaşlı fosilli bir arazi olan İncekaya'da bu durum ise saf bir kalker oluşumuna sebep olmuştur. Kilde bulunan SiO<sub>2</sub> oranı karstlaşmanın derinlere inmesini engellemiş ve flüvyal etkiyle birlikte kanyon oluşumuna katkı sağlamıştır.

Sarıçiçek mevkiinden alınan **8 numaralı** numunenin analiz raporuna göre, **CaO** oranı **%96,4**, diğer oranlar ise **%2**'nin altında analiz edilmiştir. Bu durum saf bir kireçtaşı yapısına neden olurken, kayacın kimyasal yapısı, eğim, iklim koşulları vb.

etkenlerle birlikte lapyta, dolin, uvala gibi karstik Şekillerin oluşmasına katkı sağlamıştır. Sarıçiçek mevkiinde karstik Şekillerin derinlere doğru inememesinin sebebi ise killi kireçtaşlarının varlığıdır.

Bulak mevkiinden alınan **9 numaralı** numunenin analiz raporuna gĐre, **CaO** oranı **%82,5**, **SiO<sub>2</sub>** oranı **%8,2**, **MgO** oranı **%3,06**, **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** oranı **%3,01** ve **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** oranı ise **%2,3** olarak analiz edilmiştir. Ferrik oksitten dolayı yer yer kayaç yapısında turuncu-kırmızımsı renk sahada gĐze çarpmaktadır. SiO<sub>2</sub>, MgO oranlarının ise bu mevkiide derinlik karstına engel olduğu dŐŐünlmektedir.

Safranbolu Kireçocağı mevkiinden alınan **10 numaralı** analiz raporuna gĐre, **CaO** oranı **%89,5**, **SiO<sub>2</sub>** oranı **%5,4**, **MgO** ve **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** oranı **% 2,5** ve diğer oranlar se %2'nin altında analiz edilmiştir.

Kayacın kimyasal özelliği, çĐzünme olayı üzerinde önemli hatta belirleyici olmakla beraber; ayrıca kayacın minerolojik-petrografik yapısı, yükselti, topografik eğim, tektonizma sonucu gelişmiş kırık ve diaklaz sistemleri, geçirimsiz kayaçların geniş alan kaplaması ve çĐzünebilir karbonatlı kayaçların bu kayaçlarla sık olarak kesilmesi gibi koşullar da karstlaşmanın seyrini belirleyen diğer koşullardır (Kaymak, 2018).

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

‘**Karabük ve Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi**’ adlı tez çalışmasının *sonuçları* aşağıdadır:

#### ***Genel fiziki özellikleriyle ilgili sonuçlar;***

Çalışma sahası olan **Karabük-Safranbolu Havzası**, Karadeniz Bölgesi’nin Batı Karadeniz Bölümü’nde yer almaktadır. Karabük-Safranbolu Havzası’nda litostratigrafik açıdan iki farklı oluşum söz konusudur. İlk olarak araştırma alanının kuzeyinde yer alan Sarıçiçek dağları Mesozoik yaşlı kireçtaşlarından oluşmuş ve üçüncü jeolojik zamanda meydana gelen orojenik etkiyle birlikte kıvrım sistemi gelişmiştir. Bir diğer oluşum ise çalışma sahasının orta bölgesi ve güneyinde Eosen yaşlı kireçtaşlarından meydana gelen yatay yapı oluşumudur.

Araştırma alanındaki jeomorfolojik şekillerin oluşumunda topografya, litoloji, tektonizma, iklim ve flüvyal süreçlerin etkisi görülmektedir. Çalışma sahası Alp-Himalaya kıvrım sistemi içerisinde kalmakta olup, üçüncü jeolojik zaman içerisinde meydana gelen orojenik hareketlerin etkisinde kıvrımlanma ve faylanmaya maruz kalarak yükselmiştir.

Kuzey Anadolu Fay Hattı, Karabük şehir merkezine 55 km uzakta bulunmaktadır. Fay Hattı bu bölgede Bolu-Gerede ilçesinden başlayıp, Karabük sınırında Eskipazar İlçesi İsmetpaşa dolaylarından ve Kastamonu Tosya İlçesinden geçerek uzanmaktadır. Ayrıca Karabük yakınından ikinci bir tali Amasra-Abdipaşa-Safranbolu-Karabük-Eskipazar fay hattı da geçmektedir. Bu fay hatlarında meydana gelebilecek büyük ölçekli bir deprem yıkıcı etkiye ve hasara yol açabilir. Karabük ve çevresinde eğim oranı genel olarak fazladır. Karabük civarında az eğimli (%0-10) ve

eğimli (%10-20) alanlar yer alırken, Karabük'ün çevresine doğru eğim oranı artmaktadır. Karabük çevresinde eğim oranına baktığımızda; dik (%20-40) ve aşırı dik (>%40) morfolojinin yer alması jeoteknik problemlere neden olmaktadır.

Çalışma sahasında iklim özellikleri Karadeniz iklimi ve step iklimi arasında bir geçiş özelliği taşımaktadır. Sıcaklık bakımından yazları sıcak kışları ise soğuktur. Yıllık yağış toplamı 500 mm (Safranbolu istasyonu rakım 581m) civarında olup bu değer mesozoik kireçtaşlarından oluşan Sarıçiçek dağlarında (1871m) yükseltinin etkisiyle yaklaşık 1400 mm ye çıktığı tahmin edilmektedir.

### ***Karst jeomorfolojisi özellikleri ile ilgili sonuçlar;***

Çalışma sahasında Mesozoik yaşlı kireçtaşlarının daha geçirgen özellikleri sayesinde yerici akarsu sistemleri gelişmişken, Senozoik yaşlı arazilerde kil oranının yüksek olmasından dolayı geçirgenlik zayıflamaktadır. Bu nedenle yüzeysel akışa sahip akarsular zengin kanyon vadi sistemlerinin gelişimini sağlamıştır. Araştırma alanında toprak ve bitki örtüsünün yoğun olması, killi kireçtaşları ve kayaların kimyasal yapısının dolomitik olarak magnezyum karbonatlı bileşim içeriğinin fazla olması karstik çözünme şekillerinden lapyta oluşumunu olumsuz etkilemiştir. Araştırma alanında yüzey, ana materyal ve vejetasyon örtüsüyle kaplıdır. Bu durum lapyta gibi yüzey karstının toprak altında gelişmiş olmasına sebep olmuştur.

Lapyalar genellikle Sarıçiçek Dağı gibi yüksek kesimlerde ve eğimin %30-40 seviyelerinde dolomitik kireçtaşlarının olduğu sahalarda meydana gelme olanağı bulmuştur. Yüksek kesimlerde oyuklu lapyalar görülürken, magnezyum oksit ihtiva eden eğimli sahalarda ise kanalcıklı lapyalar göze çarpmaktadır. Çalışma sahasında makro karstik yüzey şekillerinden dolin, uvala ve polye Sarıçiçek Dağları üzerinde tespit edilmiştir. Araştırma sahasında dolinler diğer karstik şekiller gibi polisiklik gelişim özelliği göstermektedir. Eosen yaşlı kireçtaşları üzerinde kapalı dolinler, Pliyosen yaşlı kireçtaşları üzerinde ise kırık sistemlerine bağlı olarak, az eğimli yamaçlarda bozulmuş, yarı açılmış veya uzamış dolinler oluşmuştur.

Çalışma sahasında, Gölyayla, Çüklük, Turnalı Düzü, Kızlarkayası ve Tekir-Turnadüzü olmak üzere beş uvala yer almaktadır. Bu uvalalar arasında Gölyayla uvalası, mağara kaynaklarının beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Araştırma sahasında, Öküzovası adında bir polye vardır. Burası aşınmaya maruz kalıp



bozulduğundan dolayı polye görünümü zayıflamıştır. İlk oluştuğu konuma göre, şu anda bozulmuş ve parçalanmıştır. Tabanlarında kalın bir toprak örtüsü bulunmaktadır. Bu toprak, çözünme artışı ile akarsuların getirdiği alüvyonların aşınması ve taşınmasıyla oluşmuştur.

Araç Çayı'na kuzeyden bağlanan yan kolları tarafından Tokatlı (İncekaya), Akçasu, Sırçalı (Düzce), Bulak ve Sakaralan (Yacı) kanyonları özellikle flüvyal etkiyle oluşturulmuştur. Karst topografyasının özgün şekillerinden birisi olan mağaralar, ana hatları ile suların kimyasal çözünmesi ve kısmen de mekanik aşındırması ile Mencilis (Bulak), Hızır ve Ağzıkara mağaraları ile irili ufaklı birçok in ve mağara meydana getirmiştir.

Karstik mağara çökellerinden olan sarkıt, dikit, sütun ve traverten gibi damlataş oluşumlarının Mencilis mağarası içerisinde özgün örneklerine rastlanmaktadır. Hızır mağarasında ise; Mencilis mağarası gibi korunaklı yapının olmaması, yani ağız kısmının daha geniş olması, dış etmenlere daha açık olması sebebiyle, mağara içerisinde daha fazla bozulma meydana getirerek damlataş oluşumları olumsuz etkilemiştir.

Araştırmada karstlaşmanın sınıflandırılması konusunda; bölgede hem güncel hem de tektonik geçmiş beraber değerlendirildiği zaman 'orojenik-merceksel karst', kayaç yapısı bakımından 'kireçtaşı karstı' belirlenmiştir. Yüzey örtüsü varlığı ve iklim açısından 'toprak örtülü karst' ve son olarak yeryüzü çözünme şekilleri tam olarak gelişemediği için, yani karsta özgü yüzey ve yeriçi biçimleri, tam karsttan az fakat yarım karsttan fazla geliştiğinden dolayı 'geçişli karst' sınıfına girmektedir.

Çalışma sahasında günümüzde karstlaşma süreci halen sürmektedir. Mağaralarda fosil katların ve sifonların bulunması, bir polyenin yer alması, mağara ve polyenin bulunduğu kesimlerde karstlaşmanın geç olgunluk evresinde olduğunu göstermektedir. Karabük-Safranbolu Havzası'nın ise genel olarak olgunluk döneminde olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sahasından alınan **10 adet** kayaç numunesi, kimyasal yapılarının tespit edilmesi amacıyla X-ışınları floresans analizine (XRF) tabi tutulmuştur. 1, 2, 3, 6, 7 ve 8 numaralı numuneler CaO bakımından zengin bir içeriğe sahiptir. 4, 5, 9, 10 numaralı numuneler ise MgO ve SiO oranları daha yüksektir. Bundan dolayı

karstlaşmanın seyri 4, 5, 9 ve 10 numaralı numunelerin yaygın olduğu arazilerde (MgO ve SiO'ten dolayı) yavaştır.

'Karabük ve Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi' adlı tez çalışmasının *tartışmaları* aşağıdadır:

Bu tez çalışmasıyla, Türkiye'de yer alan bütün karst bölgelerini konu alan, Nazik ve Poyraz (2017)'in 'Türkiye Karst Jeomorfolojisi Genelini Karakterize Eden Bir Bölge: Orta Anadolu Platoları Karst Kuşağı' çalışması karşılaştırılmıştır. Bunun dışında, Siler (2016)'in 'Anamur Çevresinin Karst Jeomorfolojisi', Nazik (1985)'in 'Beyşehir Gölü (Konya) Yakın Güneyinin Karst Jeomorfolojisi', Demirağ (2012)'in 'Sarıçiçek Dağı'nda (Alucra/ Giresun) Karstlaşma ve Karstik Şekiller' çalışmaları da karşılaştırıldığında aşağıdaki tartışma maddelerine ulaşılmıştır.

Nazik ve Poyraz (2017)'in çalışmasında, karst gelişim modellerine göre Türkiye'de 6 makro 11 mikro olmak üzere 17 farklı bölge belirlenmiştir. Makro bölgeler, Toros Dağları Karst Bölgesi, Batı Anadolu Karst Bölgesi, Trakya ve Karadeniz Dağları Karst Bölgesi, İç Anadolu Karst Bölgesi, Doğu Anadolu Karst Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Karst Bölgesidir. Mikro bölgeler ise, Batı Toroslar karst alanı, Orta Toroslar karst alanı, Trakya karst alanı, Batı Karadeniz Dağları karst alanı, Orta Karadeniz Dağları karst alanı, Doğu Karadeniz Dağları karst alanı, Büyük Konya Havzası karst alanı, Yukarı Kızılırmak Havzası karst alanı, Doğu Anadolu platolar kesimi karst alanı ve Doğu Anadolu kıvrımlı kuşak karst alanıdır.

Siler (2016)'in çalışmasına göre, Toros Dağları Karst Bölgesi'nde oluşum ortamları, yaşları, metamorfizma ve lito-stratigrafik özellikleri ve farklı tektonik birliklerin bir araya gelmesi, yatay ve düşey doğrultuda kesintisiz bir karst kuşağı oluşturmuştur. Ayrıca Toros Dağları Karst Bölgesi'nde saf kireçtaşı oluşumları ile çok dönemli-çok kökenli karst gelişim özelliği de holokarst sınıfında karst oluşumuna neden olmuştur. Karabük-Safranbolu Havzası'nda ise eğim, killi kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşlarının varlığı karstlaşmayı zayıflatan sebeplerden biridir. Özellikle eğim en önemli zayıflatıcı sebeptir. Çalışma sahasında Toroslarda olduğu gibi tam karst oluşumu gözlenemediği için 'geçişli karst' sınıfındadır.

Nazik ve Poyraz (2017)'in çalışmasına göre, Batı Anadolu Karst Bölgesi'nde karbonatlı kayaların lito-stratigrafik özellikleri nedeniyle belirgin bir karst taban

seviyesinin gelişemediği bölge genelinde, morfolojik taban seviyesinde yukarıda ve farklı yükseltilerde tünemiş veya askıda kalmış olarak, birbirinden bağımsız karst taban seviyeleri ve yer yer fosil mağara girişleri gelişmiştir. Bundan dolayı Batı Anadolu Karst Bölgesi'nde, yatay ve düşey devamlılığı olan belirgin bir karstlaşmadan söz edilemez. Batı Anadolu'da yoğun tektonik deformasyondan dolayı yüzeyde hidrotermal karstın karakteristik şekilleri gelişmiştir. En güzel örneği ise Denizli Pamukkale travertenleridir. Karabük-Safranbolu Havzası'nda da morfolojik taban seviyesinin, jeolojik devirlerde epirojenik yükselmelerden kaynaklı olarak farklı karstik taban seviyeleri gelişmiştir. Mağaralarda yer alan fosil girişler ve katlar bunun en önemli göstergelerindedir.

Nazik ve Poyraz (2017)'in çalışmasında, Trakya ve Karadeniz Dağları Karst Bölgesi'nin Trakya kesiminde Permo-Triyas yaşlı mermerler ve Eosen yaşlı kireçtaşları yer almaktadır. Karstlaşma açısından oldukça uygun litolojik özellikleri barındıran bölgede, özellikle Eosen yaşlı kireçtaşlarının kalınlığı son derece azdır. Ayrıca bu kireçtaşlarının deniz seviyesine yakın olmalarından dolayı sığ karst gözlemlenmiştir. Karabük-Safranbolu Havzası'nda da kireçtaşlarının killi bünyede olması ve deniz seviyesine yakın olmasından dolayı sığ karst gözlenmektedir.

Demirağ (2012)'in çalışmasına göre, Orta Karadeniz Dağları karst alanında özellikle Kızılırmak ve kolları tarafından derin şekilde yarılarak parçalanmış plato karakterli yüzeylerde yüksek-derin karst ve çok dönemli-çok kökenli derin mağara sistemleri yaygındır. Ayrıca paleo ve neo karst bu kesimde iç içe geçmiştir. Bundan dolayı yüksek kesimlerde uzanan parçalanmış polye ve uvalalarla birlikte derinliği 800 metreyi bulan mağaralar Kastamonu doğusunda meydana gelmiştir. Doğu Karadeniz Dağları karst alanı incelendiğinde ise yüksek kesimlerde Jura-Kretase kireçtaşları ve daha aşağı seviyelerde ise çözünmeyen birimler arasında aralanmalı olarak yer alan Eosen yaşlı killi kireçtaşları yer almaktadır. Bundan dolayı Doğu Karadeniz Dağları karst alanında belirgin bir mağara gelişiminden söz edilemediği gibi yanal ve düşey doğrultuda devamlılık göstermeyen bir bölge oluşmuştur. Sadece paleo karstik döneme ait parçalanmış polye, uvala ve dolinler ile yarı-aktif çok gelişemeyen yatay uzanımlı mağaralar yer almaktadır. Karabük-Safranbolu Havzası'nda ise genel hatlarıyla benzer karst gelişimi görülmesine rağmen, Eosen yaşlı kireçtaşlarının Trakya Karst alanı ve

Doğu Karadeniz karst alanına göre kalın ve akarsularca yarılmının daha fazla olması karstik şekillerin daha iyi gelişebilmesine olanak sağlamıştır.

Nazik (1985)'in 'Beyşehir Gölü (Konya) Yakın Güneyinin Karst Jeomorfolojisi' çalışmasına göre, İç Anadolu Karst bölgesi genel olarak 'epirojenik havza karstı' (Herak, 1977) sınıfında, Büyük Konya Havzası, Yukarı Kızılırmak Havzası, Yukarı Sakarya ve Orta Kızılırmak Havzası olmak üzere üç karst alanına ayrılmıştır. Büyük Konya Havzası'nda epirojenik derin havza karstı benzeri karstlaşmanın geliştiği ve karst taban seviyesinin morfolojik taban seviyesinin altında kaldığı ve alçak plato sahaları ile bu karst alanı, Orta Toroslar, Batı Toroslar ve Batı Karadeniz Dağları karst alanları ile birlikte en karakteristik karstik oluşumları barındırır. Büyük Konya Havzası'nda gömülü tektonik hatlar boyunca polyeler ve karakteristik olarak obrukların görüldüğü bir havzadır. Buna karşın Karabük-Safranbolu Havzası'nda polye ve obruk oluşumları; litolojik yapı, tektonizma, killi kireçtaşlarının varlığı, eğim ve sık vejetasyon örtüsünden dolayı zayıf kalmıştır.

Nazik ve Poyraz (2017)'in çalışmasına göre; Güneydoğu Anadolu Karst Bölgesi'nde Fırat ve Dicle Nehirleri tarafından yarılmaya bağlı oluşan morfolojik gençleşmenin sınırlı alanlarda kalmasından dolayı parçalanmış ve derinliği fazla olmayan dolin, uvala ve polyeler yer almaktadır. Safranbolu-Karabük Havzası'nın da içerisinde yer aldığı Batı Karadeniz Dağları karst alanında, tektonik olarak yükselme rejimi etkisi altında gelişim gösteren, özellikle kanyonların yer aldığı kesimlerde plato karakterli derin karsttan farklı olarak, Güneydoğu Anadolu Karst Bölgesi'nde güneyden kuzeye doğru yükseltisi artan, sığ plato karstı gelişmiştir.

Nazik ve Poyraz (2017)'in çalışmasında, Doğu Anadolu Karst Bölgesi Orta Miyosen'den bu yana sürekli sıkışma ve yükselim alanı konumundadır. Ofiyolitik melanaj, volkanizma, iklim ve tektoniğin karstlaşmayı kontrol ettiği bölgede, çözünebilen kayaçların stratigrafik konumundan dolayı belirgin bir karstlaşma söz konusu değildir. (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şengör vd. 1985). Doğu Anadolu Karst Bölgesi'nde belirgin sınırlarla birbirinden ayrılan 'plato karst alanı' ve 'kıvrımlı kuşak alanı' olmak üzere iki alt bölge vardır. Fırat ve Aras Nehirleri tarafından derin boğaz şeklinde parçalanmış vadiler ve sığ karstın karakteristiği olan, genellikle akarsularca parçalanmış flüviyo-karstik havza, uvala ve yer yer polyeler yer almaktadır. Buna karşılık olarak Jura yaşlı karbonatlı kayaçlardan oluşan yüksek yerlerde (örneğin

Munzur Dağları), çok dönemli gelişim özelliği gösteren karstik, glasiyo karstik şekiller görülmektedir. Karabük-Safranbolu Havzası'nda da aynı şekilde 'plato karst alanı' genellikle akarsularca parçalanmış flüviyo-karstik özellikler taşımaktadır. Bunun sonucunda kanyonlar çalışma sahasının doğusunda göze çarparken batı kesiminde yükseltinin artmasıyla yağışın fazlaşmasına rağmen eğimin etkisiyle karstlaşmada negatif bir etki söz konusu olmuştur.

'Karabük ve Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi' adlı tez çalışmasının **önerileri** aşağıdadır:

Çalışma sahasında faylanmanın olduğu yerlerde tekrar enerji birikimi sonucunda meydana gelebilecek büyük ölçekli bir deprem, yıkıcı etkiye ve hasara yol açabilir. Bu yüzden yeni imar planı ile daha güvenli bir yapı sağlanabilir. Ayrıca çok katlı bina yapımından da kaçınmak gerekmektedir.

Karabük çevresinde eğim oranı olarak, dik (%20-40) ve aşırı dik (>%40) morfolojinin yer alması jeoteknik problemlere neden olmaktadır. Heyelan riskine karşı denetim artırılmalı ve riskli bölgelerde yerleşim yerleri olmamalıdır.

Turistik cazibesi olan kanyonlara bakım çalışmaları, çevre düzenlemesi yapılmalıdır. Turizm potansiyelini güçlendirici kanyon turizmine yönelik çalışmalar artırılmalıdır.

Çalışma sahasında mağaralar önemli yer tutmaktadır. Karabük-Safranbolu Havzası'nda en önemli mağara niteliğinde olan Mencilis mağarası, mağaracılık eğitimi açısından bölgede önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu potansiyeli arttırmak bölge ekonomisine daha fazla katkı sağlamasına yardımcı olabilir.

Mencilis mağarası kötü ışıklandırma sebebiyle ve kaldırma kapasitesinin üzerinde turizm faaliyetlerinden dolayı olumsuz etkilenmiştir. Mencilis mağarası içerisinde turistik amaçla yapılan aydınlatmaların daha teknolojik olması gerekmektedir. Eski tip aydınlatmalar damlataşlarda kararmalar meydana getirmektedir. Böylelikle sarkıt, dikit ve sütunlarda meydana gelen kararmaların önüne geçilmesi sağlanabilir.

## KAYNAKÇA

- Aksoy, Y. (2005). *Karabük İli Yerleşim Alanının Jeolojik İncelemesi ve Olası Yerleşim Alanlarının Belirlenmesi*. Zonguldak: Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Alagöz, C. A. (1943). Türkiye'de Karst Olayları Hakkında Bir Araştırma. *Türk Coğrafya Dergisi*(1), 86-92.
- Atalay, İ. (1973). Toros Dağlarında Karstlaşma ve Toprak Teşekkülü Üzerine Bazı Araştırmalar. *Jeomorfoloji Dergisi*(5), 135-152.
- Atalay, İ. (1988). Toros Dağlarında Karstlaşma ve Karstik Alanların Ekolojisi. *Jeomorfoloji Dergisi*(16), 1-9.
- Atalay, İ. (1991). Soil forming in the karstic terrains of Turkey. *Jeomorfoloji Dergisi*(19), 139-145.
- Atalay, İ. (1994). *Türkiye Vejetasyon Coğrafyası*. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
- Atalay, İ. (2004). *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*. İzmir: Meta Basım.
- Atalay, İ. (2006). A Case Study From The Northern Anatolian Mountains and Taurus Mountains. *High Mountain Remote Sensing Cartography International Symp.*, (s. 17-26).
- Atalay, İ. (2011). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık.
- Atalay, İ. (2013). *Uygulamalı Klimatoloji*. İzmir: Meta Basım.
- Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık.
- Atalay, İ. (2017). *Türkiye Jeomorfolojisi*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık.
- Atalay, İ., & Efe, R. (2015). *Türkiye Biyocoğrafyası*. İzmir: Meta Basım Yayıncılık.
- Atalay, İ., Altunbaş, S., Coşkun, M., & Khan, A. A. (2018b). The Mountain Ecology of the Taurus Mountains and Its Effects on Nomadism. *TÜCAUM 30.Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, (s. 623-640). Ankara.
- Atalay, İ., Altunbaş, S., Khan, A. A., & Coşkun, M. (2018a). The Effects of Tectonic Movements on The Shaping of Topography, Karstification and Soil Formation in The South Western Part of Taurus Mountains in Turkey. *TÜCAUM 30.Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, (s. 608-622). Ankara.

- Avcı, S. (1998). Filyos Çayı Havzasının (Karabük-Filyos Arası) Coğrafi Etüdü 1:Fiziki Şartlar. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*(6), 275-344.
- Baykara, M. O. (2007). *Çokrağan-Yukarı Karacahisar (Banaz-Uşak) Karstik Kaynaklarının Hidrojeolojik İncelenmesi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Bener, M. (1965). *Göksu Vadisi ve Taşeli Platolarında Karst*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü, (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Blumenthal, M. (1948). Bolu Civarı ile Aşağı Kızılırmak Mecrası Arasındaki Kuzey Anadolu Silsilelerinin Jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, 265.
- Canik, B. (1977). *Bolu Sıcak Su Kaynaklarının Hidrojeoloji İncelemesi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Castany, G. (1969). Yeraltı Suları Hakkında Pratik Uygulamalar (Çeviri: Karacadağ, K.) . *DSİ Yayını*, 638-692.
- Coşkun, M. (2015). The Geomorphology of Karabük-Safranbolu Basin, NW of Turkey. *Biodiversity and Cultural Heritage the Turkish-Romanian Geographical Academic Seminar* (s. 84-90). İstanbul: İnkılap Basımevi .
- Coşkun, M., & Coşkun, S. (2017). An Analysis on the Distribution of Maquis-Shrubland: Karabuk-Safranbolu Basin (Turkey). *International Journal of Sciences*, 63-70.
- Coşkun, M., Gök, M., & Coşkun, S. (2017). Climate Characteristics of Safranbolu (Karabuk) and Saffron Cultivation. *International Journal of Geography and Geology*(6), 58-69.
- Coşkun, S. (2017). *Karabük Çevresinin Vejetasyon Ekolojisi ve Sınıflandırılması*. Karabük: Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Cvijic, J. (1924). Das Karstphanomen. *Geography Abh. Wien*, 215-329.
- Demirağ, İ. (2012). *Sarıçiçek Dağında (Alucra/Giresun) Karstlaşma ve Karstik Şekiller*. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Doğan, U. (2004). Dolin Sınıflamasında Yeni Yaklaşımlar. *Ankara: Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*(24), 249-269.
- Doğanay, H., & Sever, R. (2011). *Genel ve Fiziki Coğrafya*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

- Duval, B. (1977). From The Tethys Ocean to The Mediterranean Seas. *Editions Technip*, 143-164.
- Dündar, Ö. (2019). *Karabük-Safranbolu Havzası'nda Güncel ve Paleosol Toprakların Belirlenmesi*. Karabük: Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Erinç, S. (2000). *Jeomorfoloji I (Güncelleştirenler Ahmet Ertek, Cem Güneysu)*. İstanbul: Der Yayınları (Güncelleştirilmiş 5.Basım).
- Erinç, S. (2014). *Jeomorfoloji II (Güncelleştirenler: Ahmet Ertek, Cem Güneysu)*. İstanbul: Der Yayınları (Güncelleştirilmiş 4.Basım).
- Eroskay, S. O. (1978). Kocaeli Yarımadası Güneyindeki Kireçtaşlarının Hidrojeolojisi ve Karst Parametrelerinin Analizi. *TÜBİTAK TBAG-124 Projesi*.
- Eroskay, S. O. (1980). Karst Kaynaklarının Geliştirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*(23).
- Ferudun, D., Poyraz, M., Tuncer, K., & Nazik, L. (2010). Türkiye'de Mağara Turizminin Unsurları ve Mencilis Mağarası (Safranbolu-Karabük) Örneği. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu*. Afyon.
- Ford, D., & Williams, P. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. West Sussex: Wiley.
- Grancy, W. (1937). Taşkömür Ümit Edilen Arıtdere, Gürendere ve Pelitovası Sahalarında Yapılan Jeolojik Tetkikler Hakkında Rapor. *Maden Tetkik Arama Raporu No 30*, Yayımlanmamış.
- Güldalı, N. (1971). Karstik Araştırmaların Türkiye İçin Önemi. *Jeomorfoloji Dergisi*(3), 54-61.
- Günay, G. (1992). Karst Hidrojeolojisi Araştırmalarında Uygulanan Yeni Yöntemler ve Türkiye'den Örnekler. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi*, 8(60.Yıl Özel), 139-146.
- Güneysu, A. C. (1989). Karst Araştırmalarında Jeomorfolojinin Rolü. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*(6), 137-142.
- Güneysu, A. C. (1993). *Kovada Gölü Doğusunun (Isparta) Karst Jeomorfolojisi*. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Herak, M. (1977). *Tecto-Genetic Approach to The Classification of Karst Terrains*. Yugoslavia: KRS Jugoslavie.



- Hoşgören, M. Y. (1998). *Jeomorfolojinin Ana Çizgileri 2*. İstanbul: Çantay Kitabevi 2.Basım.
- Hoşgören, M. Y. (2010). *Jeomorfolojinin Ana Çizgileri 1*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- İğci, B. K. (2013). *Karatepe'nin (Karabük) Liken Florası*. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- İnandık, H. (1962). *Karst Morfolojisi*. İstanbul: Baha Matbaası.
- Jakucs, L. (1978). Karstik Erimenin Nicel ve Nitel Düzeni Üzerine İklimin Etkisi (Çeviren:Nuri Güldalı). *Jeomorfoloji Dergisi*(7), 71-85.
- Jennings, J. N. (1985). *Karst*. Cambridge: The M.I.T. Press.
- (2012). *Karabük Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Karabük İl ve Çevre Durum Raporu*. Karabük.
- (2015-2019). *Karabük İl Özel İdaresi Stratejik Plan*. Karabük.
- Karaca, M. (2013). *Jeofizik Elektrik ve Elektromanyetik yöntemler ile Karstik Alanlarda Boşluk Yapılarının Aranması*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Kaymak, H. (2018). *Dim Çayı Havzasının (Alanya) Karst Ekosistemi*. Afyonkarahisar: Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmış Doktora Tezi).
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. *M.T.A Dergisi*(66), 23-24.
- Ketin, İ. (1977). *Genel Jeoloji*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Kırmacı, M. Z. (1995). Doğu Pontidlerde (KD Türkiye) Üst Jura-alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşında Gözlenen Diyajenetik Kuvars Dokuları ve Oluşum Koşulları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 38(1), 81-93.
- Koçak, İ. (1991). *Şarkikaraağaç Güneydoğusunun Karst Jeomorfolojisi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Koçak, İ., & Arıbaş, K. (2003). Akkoç Polyesi (Antalya). *Türk Coğrafya Dergisi*(41), 77-96.
- Koçman, A. (1993). *Türkiye İklimi*. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi.
- Koçyiğit, A. (1987). Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası Kuzey Kenarının Stratigrafisi ve Niteliği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 30(Şubat Sayısı), 61-69.

- Köseoğlu, N. (2015). *Safranbolu İlçesinin Fiziki Coğrafyası*. Karabük: Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Kurter, A. (1961). Zonguldak-Safranbolu Arasında Morfolojik Müşahedeler. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*(12), 174-183.
- Lahn, E. (1939). Karabük Civarındaki Kalker Zuhuratının Jeolojik Etütüne Ait rapor. *M.T.A Genel Müdürlüğü, Data Bank*, Rapor No 830, s. 11.
- Lengeranlı, Y. (1986). Karst, Karstlaşma, Karst İçi Çökeltme ve İlgili Kurşun-Çinko Yataklarının Oluşumları ve Sınıflandırılması. *M.T.A. Genel Müdürlüğü*.
- Letouzey, J. B. (1977). The Black Sea: A marginal basin. Geophysical Geophysical and geological data; Biji-Duval, B. and Montadert, L. Ed., Structural History of the Mediterranean Basins de. Editions Technip. Paris, 363-376.
- Mater, B. (1998). *Toprak Coğrafyası*. İstanbul: Çantay Yayınları.
- Nazik, L. (1985). *Beyşehir Gölü (Konya) Yakın Güneyinin Karst Jeomorfolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Nazik, L. (1989). Mağara Morfolojisinin Belirlediği Jeolojik-Jeomorfolojik ve Ekolojik Özellikler. *Jeomorfoloji Dergisi*(17), 53-63.
- Nazik, L. (1992). *Beyşehir Gölü Güneybatısı ile Kemboş Polyesi Karst Jeomorfolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Nazik, L. (2008). Mağaraların Araştırılma, Koruma ve Kullanım İlkeleri. *M.T.A. Genel Müdürlüğü, Yerbilimleri ve Kültür Serisi-2*, Ankara.
- Nazik, L., & Poyraz, M. (2017). Türkiye Karst Jeomorfolojisi Genelini Karakterize Eden Bir Bölge: Orta Anadolu Platoları Karst Kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*(68), 43-56.
- Nazik, L., & Törk, K. (2000). Orta Torosların Karstik Gelişim Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirisi*, 235-236.
- ODTÜ. (1986). *Karabük Yerleşim Alanı Jeoloji Etüdü, Proje Kod:86-03-09-01-02*.
- Okay, A. (1986). Denizli-Tavas Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. *TPAO Arama Grubu Raporu: 2042*.
- Okur, K. (2014). *Safranbolu Havzasındaki Eosen Alveolinlerinin Tanımları*. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Rasat Yıllıkları*. (1960-2018).

- Özçağlar, A. (2000). *Coğrafyaya Giriş*. Ankara: Hilmi Usta Matbaacılık.
- Özdemir, Ü. (2005). Mencilis Mağarası. *Doğu Coğrafya Dergisi*(13), 135-150.
- Pampal, S. (1999). Depremlerin Ulaşım Yapılarına Etkisi, Alınacak Tedbirler. *İsfalt Yol Kültürü Dergisi*, 6-7.
- Pekcan, N. (1999). *Karst Jeomorfolojisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi (Güncellenmiş 2.Basım).
- Pekmezçiler, S. (1937). Karabük Demir-Çelik Fabrikası İçin Tetkik Edilen Balıksık ve Panayırtepe Kalkerlerine Ait Jeolojik Etüd Raporu. *M.T.A. Genel Müdürlüğü, Data Bank Rapor No: 565*, s. 31.
- Polat, N. (2019). *Araç Çayı Havzası'nın Uygulamalı Hidroğrafyası*. Karabük: Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Saner, S. (1980). Batı Pontidlerin ve Komşu Havzaların Oluşumlarının Levha Tektoniği Kuramıyla Açıklanması. *M.T.A. Enstitüsü Dergisi*(93), 1-19.
- Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M., & Bürkan, K. A. (1980). Safranbolu Havzası'nın Jeolojik Yapısı ve Tersiyer Paleocoğrafyası. *Türkiye Beşinci Petrol Kongresi Bildirileri*. Ankara.
- Sarıcı, G. (2015). *Araç İlçesinin Fiziki Coğrafya Özellikleri*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Sawicki, L. (1909). *O Młodszych Ruchach Gorotworczych w Karpatach*. Krakow: Kosmos.
- Siler, M. (2016). *Anamur Çevresinin Karst Jeomorfolojisi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmış Doktora Tezi).
- Sinanoğlu, D. (2012). *Safranbolu Havzası (Karabük) Eosen Yaşlı Çökellerin Foraminifer Biyostratigrafisi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Staff, S. (2014). *Keys to Soil Taxonomy*. Washington, DC: 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service.
- Stöcklin, J. (1974). *Possible Ancient Continental Margins in Iran*. Sprenger, Berlin.
- Stöcklin, J. (1977). *Structural Correlation of The Alpine Ranges Between Iran and Central Asia*.
- Sür, A. (1994). Karstik Yerşekilleri ve Türkiye'den Örnekler. *Türkiye Coğrafya Arş. ve Uyg. Merk. Dergisi*(3), 1-28.
- Sür, Ö. (1981). *Stratigrafi*. Ankara: DTCF Basımevi.

- Sür, Ö. (1986). *Strüktürel Jeomorfoloji*. Ankara: Ankara Üniversitesi DTCF Yayınları.
- Sweeting, M. (1973). *Karst Landforms*. London: The Macillan Press Ltd.
- Şahin, C. (2006). *Türkiye Fiziki Coğrafyası*. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
- Şengör, A. C. (1984). The Cimmeride Orogenic System and The Tectonics of Eurasia. *Geology Society*, 195.
- Şengör, A. C., & Yılmaz, Y. (1983). Pontidlerde Neo-Tetis'in Kuzey Kolunun Açılmasına İlişkin Sedimentolojik Veriler. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*.
- Şengün, M., Keskin, H., Akçören, F., Altun, İ., Sevin, M., Akat, U., & Acar, Ş. (1990). Kastamonu Yöresinin Jeolojisi ve Paleotetisin evrimine İlişkin Jeolojik Sınırlamalar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 33, 1-16.
- Törk, K. (1995). *Safranbolu(Zonguldak) Kuzeyinin Karst Hidrojeolojisi İncelemesi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Tuncer, K. (1995). *Ula-Yerkesik Arasının Karst Jeomorfolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tuncer, K. (2004). *Sakarya Nehri-Göynük Çayı Çatak Çayı Arasındaki Sahanın Karst Jeomorfolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Basılmamış Doktora Tezi).
- Tüysüz, O., Aksay, A., & Yiğitbaş, E. (2004). Litostratigrafi Birimleri Serisi 1. *M.T.A. Genel Müdürlüğü*, 1-92.
- Uyanık, S. (2006). *Karst Topografyası Kavramlarının Gösteri Yöntemiyle Öğretimi*. Ankara: Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Uysal, H. (1959). Bolu-Merkeşler Bölgesinin Jeolojisi ve Linyit İmkanları. *M.T.A. Enstitüsü Dergisi*(52), 107-115.
- Üşenmez, Ş. (1985). Sedimentoloji ve Sedimanter Kayaçlar. *Gazi Üniversitesi Yayın No 57*, Ankara.
- White, W. B. (1988). *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford : Oxford Univ Press.
- Yalçınlar, İ. (1969). *Strüktürel Jeomorfoloji*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Yergök, A. F., Akman, Ü., İplikçi, E., Karabalık, N., Keskin, İ., Mengi, H., . . . Çetinkaya, A. (1987). Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi. *M.T.A. Rap. No: 8273*.

- Yılmaz, A. (2018). *Batı Karadeniz Bölümü'nde Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizi*. Karabük: Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).
- Yılmaz, Y. (1981). Sakarya Kıtası Kenarının Tektonik Evrimi. *İstanbul Yer Bilimleri*(1-2), 33-52.
- Zaralıoğlu, M. (1966). *Jeolojik Etüd Raporu*. İmar ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- Zeybek, H. İ. (1996). Akçakale Mağarası (Gümüşhane). *Türk Coğrafya Dergisi*(31), 413-433.
- Zeybek, İ. H. (2004). Türkiye'de Karstik Alanların Korunma Gerekliliği ve Alınabilecek Bazı Önlemler. *Doğu Coğrafya Dergisi*(11), 93-115.



## HARİTALAR LİSTESİ

<b>Harita 1.</b> Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası .....	21
<b>Harita 2.</b> Araştırma Sahasının Jeoloji Haritası .....	39
<b>Harita 3.</b> Araştırma Sahasının Litoloji Haritası .....	45
<b>Harita 4.</b> Araştırma Sahasının Morfografya Haritası .....	54
<b>Harita 5.</b> Araştırma Sahasının Eğim Haritası .....	57
<b>Harita 6.</b> Araştırma Sahasının Fiziki Haritası.....	60
<b>Harita 7.</b> Araştırma Sahasının Bakı Haritası .....	63
<b>Harita 8.</b> Araştırma Sahasının Ortalama Sıcaklık Haritası.....	69
<b>Harita 9.</b> Araştırma Sahasının Ocak Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası. ....	71
<b>Harita 10.</b> Araştırma Sahasının Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası. ....	72
<b>Harita 11.</b> Araştırma Sahasının Ortalama Yağış Haritası. ....	77
<b>Harita 12.</b> Araştırma Sahasının Hidrografya Haritası. ....	94
<b>Harita 13.</b> Araştırma Sahasının Toprak Haritası.....	96
<b>Harita 14.</b> XRF analizi yapmak için toplanan numuneleri gösteren jeoloji haritası. .	114
<b>Harita 15.</b> Çalışma sahasında yer alan polye ve uvalalar. ....	166
<b>Harita 16.</b> XRF analizi yapmak maksadıyla çalışma sahasından alınan numunelerin litoloji haritası üzerinde gösterilmesi. ....	205

## GRAFİKLER LİSTESİ

<b>Grafik 1.</b> Karabük-Safranbolu Havzasının Eğim Grupları Dağılışı.....	58
<b>Grafik 2.</b> Araştırma Sahasının 100 m Aralıklarla Çizilmiş Yükselti Frekansı Histogramı .....	61
<b>Grafik 3.</b> Araştırma Sahasının Bakı Frekansı Grafiği.....	64
<b>Grafik 4.</b> Araştırma Sahasının Bakı Frekansları Diyagramı.....	65
<b>Grafik 5.</b> Araştırma sahası içerisinde ve çevresinde bulunan istasyonların aylık ortalama sıcaklık grafiği.....	70
<b>Grafik 6.</b> Karabük Aylık Basınç Ortalaması Grafiği (1965-2018).....	74
<b>Grafik 7.</b> Safranbolu aylık basınç ortalaması grafiği (1960-2018).....	74
<b>Grafik 8.</b> Araç aylık basınç ortalaması grafiği (1986-2018).....	75
<b>Grafik 9.</b> Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağış grafiği (mm) (1960-2018).....	78
<b>Grafik 10.</b> Karabük mevsimlik toplam yağış ortalaması (mm) (1965-2018).....	79
<b>Grafik 11.</b> Safranbolu mevsimlik toplam yağış ortalaması (mm) (1960-2018).....	80
<b>Grafik 12.</b> Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama nispi nem (%) (1960-2018).....	81
<b>Grafik 13.</b> Karabük aylık ortalama güneşlenme süresi (saat) (1965-2018).....	82
<b>Grafik 14.</b> Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama sisli günler sayısı (1960-2018).....	83
<b>Grafik 15.</b> Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama kırılgılı günler sayısı (1960-2018).....	84
<b>Grafik 16.</b> Araştırma sahası içerisinde ve çevresinde bulunan Karabük, Safranbolu ve Araç istasyonlarında ölçülen aylık ortalama dolu yağışlı günler (1960-2018).....	85
<b>Grafik 17.</b> Karabük istasyonu Thornthwaite su bilançosu diyagramı.....	86
<b>Grafik 18.</b> Safranbolu istasyonu Thornthwaite su bilançosu diyagramı.....	88
<b>Grafik 19.</b> İstasyonların aylık ortalama sıcaklık grafiği.....	134
<b>Grafik 20.</b> Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağış grafiği (mm) (1965-2018).....	135
<b>Grafik 21.</b> Karabük istasyonu mevsimlik toplam yağış yüzdeleri (mm) (1965-2018). .....	136
<b>Grafik 22.</b> Safranbolu istasyonu mevsimlik toplam yağış yüzdeleri (mm) (1960-2018). .....	137

## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Karabük-Safranbolu Havzası Eğim Gruplarının Dağılışı. ....	58
<b>Tablo 2.</b> Araştırma Sahasında Bakı Yönlerinin Oransal Dağılımı. ....	64
<b>Tablo 3.</b> MGM İstasyonlarının Uzun Yıllar Aylık Ortalama Sıcaklığı (1960-2018)...	70
<b>Tablo 4.</b> Karabük aylık ortalama basınç tablosu (1965-2018).....	73
<b>Tablo 5.</b> Safranbolu aylık ortalama basınç tablosu (1960-2018). ....	74
<b>Tablo 6.</b> Araç aylık ortalama basınç tablosu (1986-2018).....	74
<b>Tablo 7.</b> Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağışlar tablosu (mm). ....	78
<b>Tablo 8.</b> Karabük mevsimlik toplam yağış miktarları (mm).....	79
<b>Tablo 9.</b> Safranbolu mevsimlik toplam yağış miktarları (mm). ....	80
<b>Tablo 10.</b> Araştırma sahasında bulunan Karabük ve Safranbolu istasyonlarında ölçülen aylık ortalama nispi nem (%). ....	81
<b>Tablo 11.</b> Karabük, Safranbolu ve Araç'ın ortalama bulutluluk süresi (0-10 oranı)....	82
<b>Tablo 12.</b> Karabük aylık ortalama güneşlenme süresi (saat). ....	82
<b>Tablo 13.</b> Karabük ve Safranbolu'da aylık ortalama sisli günler sayısı. ....	83
<b>Tablo 14.</b> Karabük ve Safranbolu istasyonlarında aylık ortalama kırağılı günler sayısı. ....	83
<b>Tablo 15.</b> Araştırma sahasında gözlenen dolu yağışı (toplam gün). ....	84
<b>Tablo 16.</b> Karabük istasyonuna ait Thornthwaite su bilançosu. ....	86
<b>Tablo 17.</b> Safranbolu istasyonuna ait Thornthwaite su bilançosu.....	87
<b>Tablo 18.</b> Karabük istasyonu Yıllık Erinç Yağış Etkinliği İndisi. ....	88
<b>Tablo 19.</b> Karabük istasyonu Mevsimlik Erinç Yağış Etkinliği İndisi.....	88
<b>Tablo 20.</b> Karabük istasyonu Aylık Erinç Yağış Etkinliği İndisi.....	89
<b>Tablo 21.</b> Safranbolu istasyonu Yıllık Erinç Yağış Etkinliği İndisi. ....	89
<b>Tablo 22.</b> Safranbolu istasyonu Mevsimlik Erinç Yağış Etkinliği İndisi .....	89
<b>Tablo 23.</b> Safranbolu istasyonu Aylık Erinç Yağış Etkinliği İndisi .....	90
<b>Tablo 24.</b> Akım istasyonlarına ait aylık ortalama akım değerleri (m <sup>3</sup> /sn). ....	92
<b>Tablo 25.</b> İstasyonların aylık ve yıllık ortalama sıcaklık verileri. ....	134
<b>Tablo 26.</b> Karabük ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama verilerine göre aylık ve yıllık toplam yağışlar tablosu (mm). ....	135
<b>Tablo 27.</b> Karabük istasyonu mevsimlere göre toplam yağış miktarı (mm).....	136
<b>Tablo 28.</b> Safranbolu istasyonu mevsimlere göre toplam yağış miktarı (mm). ....	137
<b>Tablo 29.</b> Mencilis, Hızır ve Gürleyik kaynaklarının kimyasal element özellikleri..	140
<b>Tablo 30.</b> Mencilis, Hızır ve Gürleyik kaynaklarının kimyasal bazı özellikleri .....	140
<b>Tablo 31.</b> Karabük-Safranbolu havzası yer alan mağaralar. ....	182
<b>Tablo 32.</b> Çalışma sahasından alınan kayaç numunelerinin XRF analizi sonuçları... 211	



## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1.</b> Permiyen'den Eosen'e kadar Pontid'lerin tektonik değişimini gösteren paleotektonik şekil (Yılmaz 1981). ....	33
<b>Şekil 2.</b> Pontid'lerin temel tektonik sınırlarını da gösteren Türkiye tektonik birlikleri (Yılmaz 1981). ....	34
<b>Şekil 3.</b> Araştırma sahasının güneybatı (A1) kuzeydoğu (A2) uzantılı jeolojik ve litolojik yapı kesiti. ....	36
<b>Şekil 4.</b> Araştırma sahasının güneydoğu (B1) kuzeybatı (B2) uzantılı jeolojik ve litolojik yapı kesiti. ....	38
<b>Şekil 5.</b> Çalışma alanındaki kaya birimlerinin genelleştirilmiş ölçeksiz stratigrafik kesiti (Yergök vd. 1987). ....	41
<b>Şekil 6.</b> Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzasının Jeolojik Gelişimi (Coşkun 2015). .	51
<b>Şekil 7.</b> Eskipazar çayı tarafından yarıлма, çökme ve aşınmaya maruz kalmış sürempoze vadi (Karabük-Ankara yolu 10. km. Çizen Yusuf İÇEL) .....	128
<b>Şekil 8.</b> Gölyayla ve Çüklük uvalasını gösteren kesit. ....	160
<b>Şekil 9.</b> Kızılarkayası ve Turnalı Düzü uvalasını gösteren kesit. ....	161
<b>Şekil 10.</b> Öküzovası polyesi ve Gölyayla uvalasını gösteren kesit. ....	164
<b>Şekil 11.</b> Öküzovası polyesi ve Tekir-Turnadüzü uvalasını gösteren kesit. ....	165
<b>Şekil 12.</b> Öküzovası polyesi ve Gölyayla uvalasını gösteren ölçekli kesit (Törk 1995'den alınarak Yusuf İÇEL tarafından yeniden çizilmiştir). ....	167
<b>Şekil 13.</b> Mencilis Mağarası Planı (Nazik, 2000). ....	190

## FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

<b>Fotoğraf 1.</b> İncekaya yakınlarında bulunan Eosen yaşlı nümmilitli kireçtaşları. ....	40
<b>Fotoğraf 2.</b> Safranbolu Hızar mağarasının kuzeybatısında oluşmuş fay dikliği. ....	47
<b>Fotoğraf 3.</b> Araştırma sahası yatay yapı özelliği göstermektedir. Yapının karakteristik elemanlarından biri olan mesa oluşumuna bir örnek (Yörük köyünün kuzey kesiminden). ....	56
<b>Fotoğraf 4.</b> Safranbolu kuzeybatısında bulunan Sarıçiçek dağından bir görünüm. ....	61
<b>Fotoğraf 5.</b> Çalışma sahasının doğusunda bulunan Sırçalı (Düzce) Kanyonu (güneydoğudan kuzeybatıya doğru). ....	66
<b>Fotoğraf 6.</b> Kirpe ve Kaya Deresi Çevrikköprü mevkiinde birleşerek Araç Çayı'na doğru güney yönünde akış göstermektedir. ....	91
<b>Fotoğraf 7.</b> Safranbolu Esentepe mevkiinde (720m) eski kolüvyal depoda oluşmuş kalış denilen sert kireçtaşları ve Kırmızı Akdeniz Toprağı. ....	97
<b>Fotoğraf 8.</b> Sarıçiçek dağında ormanlık sahada kolüvyal depo üzerinde oluşmuş asit kahverengi orman toprağı. ....	98
<b>Fotoğraf 9.</b> Sarıçiçek dağında kalkerli arazide meydana gelmiş olan Kırmızı Akdeniz Toprağı. ....	98
<b>Fotoğraf 10.</b> Araştırma sahasında görülen dikim karaçamlar (Pinus nigra) (Safranbolu Kent Ormanı). ....	101
<b>Fotoğraf 11.</b> Hava sıcaklığının nispeten daha düşük seviyelerde seyredilen Sarıçiçek dağında görülen Uludağ Gökarnları (Abies bornmülleriana). ....	102
<b>Fotoğraf 12.</b> Gölyayla uvalası yakınlarında görülen sık ormanlık alan ve Orman İşletme Müdürlüğü'nün kesim için açtığı yol. ....	102
<b>Fotoğraf 13.</b> Sarıçiçek dağında kalker üzerinde gelişmiş vejetasyon. ....	103
<b>Fotoğraf 14.</b> Sarıçiçek dağında saçak kök yapmış olan vejetasyon. ....	104
<b>Fotoğraf 15.</b> Çataltepe (806 m) mevkiinde yatay duruşlu lamine ve istiflenmiş kireçtaşları. ....	107
<b>Fotoğraf 16.</b> İncekaya yakınlarında görülen nümmilitli kireçtaşı. ....	108
<b>Fotoğraf 17.</b> Karabük Kayı köyü yakınlarından Kretase yaşlı kireçtaşı. ....	109
<b>Fotoğraf 18.</b> Araştırma sahasının kuzeybatısında bulunan Sarıçiçek Dağı'nda Mesozoik yaşlı kireçtaşı. ....	110
<b>Fotoğraf 19.</b> Kayacı oluşturan minerallerin oranları ve kayacın yapısal özellikleri ile türünün belirlenmesi için Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsü laboratuvarında öğütme yapan makine. ....	113
<b>Fotoğraf 20.</b> Çalışma sahasında belirlenen bazı noktalardan XRF analizi yapmak maksadıyla kayaç numunesi toplanması. ....	115
<b>Fotoğraf 21.</b> XRF analizi için toplanan kayaç numunelerinin kilitli poşete koyulması. ....	116
<b>Fotoğraf 22.</b> Sarıçiçek dağında (1300 m) çözünmüş kalker. ....	121
<b>Fotoğraf 23.</b> Hızar deresinin yüksek ve engebeli yerlerden geçerek derin ve dar şekilde oluşturduğu İncekaya kanyon vadisi. ....	123

<b>Fotoğraf 24.</b> Yataya yakın topografik eğim bulunan yerlerde oluşmuş ufak boyutlu oyuklu lapyalar. Araştırma alanının güneydoğusunda yer alan Hacılarobası yakınlarında MgO oranı fazla olan Eosen yaşlı kireçtaşı üzerinde seyri yavaş olan oyuklu lapy oluşumu.....	124
<b>Fotoğraf 25.</b> Araştırma alanının kuzeyinde yer alan İncekaya Kanyonu civarında oluşmuş kanalcıklı lapyalar. ....	125
<b>Fotoğraf 26.</b> Sırçalı kanyonu güney yamaçlarında (700m) killi kireçtaşları üzerinde yer alan oluklu lapyalar. ....	126
<b>Fotoğraf 27.</b> Araç Çayı tarafından oluşturulan antesedant vadi (Karabük Üniversitesi Balıklar Kayası mevkii).....	129
<b>Fotoğraf 28.</b> Bulak (Mencilis) mağarası fosil girişinin 130 m altından çıkarak Bulak deresine karışan karstik (voklüz) kaynak. ....	142
<b>Fotoğraf 29.</b> Kayaç üzerinde oluşmuş yosunlar. Liken ve yosunlar, üzerine yerleştikleri lapyaların keskin kenarlarını salgıladıkları asitleri sayesinde yumuşatır ve oluşumlarını yavaşlatırlar. ....	145
<b>Fotoğraf 30.</b> Sırçalı kanyonunda kuleli karst oluşumu başlangıcı (sağda). Topografya yüksek ve parçalanmış vaziyette, yamaçlar ise oldukça dik bir şekildedir. ....	148
<b>Fotoğraf 31.</b> Araştırma sahasının özellikle yüksek yerlerinde özgün bir şekilde oluşmuş delikli lapyalar mevcuttur. Sarıçiçek dağında (1300m) oluşmuş delikli lapy örnekleri. ....	150
<b>Fotoğraf 32.</b> Sarıçiçek dağında (1300m) oluşmuş bir delikli lapy. ....	151
<b>Fotoğraf 33.</b> Gölyayla uvalası civarında oluşmuş bir dolin. Araştırma sahasında vejetasyon gelişimi oldukça iyi ve sık olduğundan dolayı dolinler net bir şekilde gözlenememektedir. ....	153
<b>Fotoğraf 34.</b> Çalışma sahasının kuzeybatısında oluşmuş Gölyayla uvalası (1200m). ....	155
<b>Fotoğraf 35.</b> Gölyayla uvalası içerisinden batıya doğru bir bakış. ....	155
<b>Fotoğraf 36.</b> Gölyayla uvalası kuzey kısmında çözünme sonrası kalmış kireçtaşları. ....	156
<b>Fotoğraf 37.</b> Araştırma sahasının kuzeybatısında yer alan Çüklük Uvalası. ....	157
<b>Fotoğraf 38.</b> Araştırma sahasının kuzeybatısında yer alan Çüklük Uvalası (güneybatıya doğru). ....	158
<b>Fotoğraf 39.</b> Araştırma sahasının kuzeybatısında yer alan Çüklük Uvalası. ....	158
<b>Fotoğraf 40.</b> Gölyayla uvalası (1200m) ve Kurudoruk dağının (1373m) batısında yer alan Öküzovası polyesi (1200m). ....	163
<b>Fotoğraf 41.</b> Tokatlı (İncekaya) kanyonundan ilkbahar görüntüsü (kristal cam terastan güneye doğru). ....	169
<b>Fotoğraf 42.</b> Tokatlı (İncekaya) kanyonundan sonbahar görüntüsü (kristal cam terastan güneye doğru). ....	170
<b>Fotoğraf 43.</b> Tokatlı kanyonuna turistik amaçla yapılan kristal cam teras. ....	171
<b>Fotoğraf 44.</b> Tokatlı kanyonuna turistik amaçla yapılan yürüyüş parkuru. ....	171

<b>Fotoğraf 45.</b> Suyu karşı tarafa taşımak için 17. yy da yapılmış, 117 metre uzunluğunda, 6 kemerden oluşan Tokatlı Kanyonu üzerinde bulunan İncekaya Su Kemerli. ....	173
<b>Fotoğraf 46.</b> Sırçalı Kanyonu'nun yukarı kesimleri (güneydoğuya doğru). ....	176
<b>Fotoğraf 47.</b> Bulak Kanyonu'nun, kanyon köprü üzerinden görünümü (güneyden kuzeye doğru).....	177
<b>Fotoğraf 48.</b> Bulak Kanyonu ve yakın çevresinde son yıllarda artış gösteren konut inşaatları ve kanyon içerisinde taraçalarla birlikte yapılan yol inşaatı. Bu inşaatlar kanyonun doğal güzelliğini bozmakta ve canlı yaşamını da etkilemektedir (Kanyon köprü üzerinden güneye doğru). ....	178
<b>Fotoğraf 49.</b> Bulak (Mencilis) mağarası girişi civarında oluşmuş bir doğal köprü. ..	180
<b>Fotoğraf 50.</b> Karabük-Ankara yolu 10. km de yer alan Cildikısık Mağarası. ....	183
<b>Fotoğraf 51.</b> Konarı köyü yakınlarında, Sakaralan Kanyonu'na kuzeyden bağlanan yan kolun batı bakılı yamacında yer alan Yarasaini Mağarası. ....	183
<b>Fotoğraf 52.</b> Mencilis mağarasında çekilmiş bir fotoğraf. ....	184
<b>Fotoğraf 53.</b> Mencilis mağarasında oluşmuş bir dikit örneği. ....	187
<b>Fotoğraf 54.</b> Mencilis mağarasında oluşmuş bir salon. ....	188
<b>Fotoğraf 55.</b> Mencilis mağarasında oluşmuş sarkıt örnekleri. ....	189
<b>Fotoğraf 56.</b> Hızır mağarasının fosil girişi. ....	191
<b>Fotoğraf 57.</b> Hızır mağarasının ağız kısmı geniş olduğundan dolayı dış etkilere fazla maruz kalmıştır. ....	192
<b>Fotoğraf 58.</b> Mencilis mağarası içerisinde oluşmuş perde. ....	193
<b>Fotoğraf 59.</b> Sipahiler mevkiinde yağış etkisiyle yukarı kesimlerden aşağıya doğru akan karbonik asitli suyun yüzeye çıktığı bölgede suyun buharlaşması sonrasında çökerek oluşmuş traverten. ....	195
<b>Fotoğraf 60.</b> Mencilis mağarasında oluşmuş sarkıt örnekleri. ....	197
<b>Fotoğraf 61.</b> Mencilis mağarasında oluşmuş dikit örnekleri. ....	198
<b>Fotoğraf 62.</b> Mencilis mağarasında oluşmuş bir sütun örneği. ....	199
<b>Fotoğraf 63.</b> Gölyayla uvalası civarında (1200m) kireçtaşı çatlakları arasında oluşmuş Kırmızı Akdeniz (Terra-Rossa) toprakları. ....	200
<b>Fotoğraf 64.</b> XRF analizi yapan cihaz. 10 adet kayaç numunesinin XRF analizi Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsünde yapılmıştır. ....	203
<b>Fotoğraf 65.</b> XRF analizi yapan cihaz. ....	204
<b>Fotoğraf 66.</b> XRF analizine hazırlanan numunelerin preslenmesi. ....	206
<b>Fotoğraf 67.</b> Numunelerin öğütülmeden önceki durumu. ....	208
<b>Fotoğraf 68.</b> XRF analizi için hazırlanan kayaçların öğütülmesi. ....	209
<b>Fotoğraf 69.</b> Numunelerin öğütüldükten sonraki durumu. ....	210

## GÖRSELLER LİSTESİ

<b>Görsel 1.</b> Çalışma sahasının doğuya doğru genel görünümü (Google Earth görüntüsü). .....	55
<b>Görsel 2.</b> Çalışma sahasının kuzeye doğru genel görünümü (Google Earth görüntüsü). .....	62
<b>Görsel 3.</b> Sırçalı Kanyonundan kuzeye doğru bir hava fotoğrafı (Google Earth görüntüsü). .....	66
<b>Görsel 4.</b> Gölyayla uvalasının Google Earth görüntüsü. ....	156
<b>Görsel 5.</b> Çüklük Uvalasının Google Earth görüntüsü. ....	159
<b>Görsel 6.</b> Tokatlı Kanyonu üzerinde yer alan kristal cam terastan güneye doğru karakalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL). .....	172
<b>Görsel 7.</b> Sırçalı Kanyonu'nun Düzce ve Sırçalı köyleri arasındaki kanyonun orta kesimini gösteren kara kalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL). .....	174
<b>Görsel 8.</b> Sırçalı Kanyonu'nun Karapınar köyü mevkiinde yukarı kesiminden kara kalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL). ....	175
<b>Görsel 9.</b> Bulak Kanyonu'nun Safranbolu ve Beşbinevler Mahallesi mevkiinde, orta kesiminden karakalem çizimi (Çizen Yusuf İÇEL). ....	178
<b>Görsel 10.</b> Sakaralan (Yacı) Kanyonu'nun Akören köyü mevkiinden Google Earth görüntüsü. ....	179

## ÖZGEÇMİŞ

Yunus Emre TAN 1991 yılında Adana Seyhan'da dünyaya geldi. Lise eğitimini 2009'da Adana Yüreğir Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'ne kayıt yaptırdı. 2015 yılında bu bölümden mezun oldu. 2015-2016 eğitim-öğretim yılında Adana'da özel bir lisede Coğrafya Öğretmeni olarak görev yaptı. 2016 yılında Yüksek Lisans için, Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya A.B.D. kayıt yaptırdı. 2018-2019 eğitim-öğretim yılında Ankara'da özel bir lisede Coğrafya Öğretmeni olarak görev yaptı. Yüksek Lisans tez konusu olarak tez danışmanı ile birlikte **'Karabük ve Safranbolu Havzasının Karst Jeomorfolojisi'** konusunu belirledi. Evli ve İngilizce bilmektedir.