

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KALECİK KÖYÜ (TORUL-GÜMÜŞHANE) ÇEVRESİNİN  
KARST HİDROJEOLOJİSİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Jeoloji Mühendisi Hakan ERSOY**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”**

**Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir**

109848

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :13.08.2001**

**Tezin Savunma Tarihi :05.09.2001**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr.Remzi DİLEK**

**Jüri Üyesi : Doç.Dr.Fikri BULUT**

**Jüri Üyesi : Doç.Dr.Kenan GELİŞLİ**

**Enstitü Müdürü Prof.Dr.Asım KADIOĞLU**

A. Kadioğlu.

**TRABZON 2001**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada Gümüşhane İli, Torul İlçesi'ne bağlı Kalecik Köyü'nde bulunan karstik yapılar ve mineralli su kaynaklarının oluşum şekli, kökeni, fiziko-kimyasal özellikleri ve ekonomiye kazandırılma olanakları araştırılmıştır.

Çalışmanın konusunu belirleyen ve her aşamasını izleyerek önerilerde bulunan tez hocam Prof.Dr.Remzi DİLEK'e teşekkür ederim. Ayrıca çalışmam boyunca bilgilerinden yararlandığım Prof.Dr.Osman BEKTAŞ; Doç.Dr.Fikri BULUT, Doç.Dr.Cemil YILMAZ, Doç.Dr.Mehmet ARSLAN, Yrd.Doç.Dr.Kemal AKDAĞ, Yrd.Doç.Dr.Fatma GÜLTEKİN ve Arş.Gör. Faruk AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve büro çalışmalarımda bana yardımcı olan arkadaşım İrfan TEMİZEL'e ve çalışmalarımın başından beri her türlü desteğini esirgemeyen eşim Arş.Gör.Arzu FIRAT ERSOY'a içtenlikle teşekkür ederim.

Hakan ERSOY

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu.....	1
1.3. Ulaşım ve Yerleşim.....	1
1.4. Morfoloji.....	1
1.4.1. Havza Şekil İndisi.....	2
1.5. İklim.....	4
1.6. Bitki Örtüsü.....	5
1.7. Akarsu ve Kaynaklar.....	6
1.8. Bölgesel Jeoloji.....	6
1.9. Önceki Çalışmalar.....	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Amaç ve Metodlar.....	12
2.2. Analiz Yöntemleri.....	12
2.2.1. Anyon, Katyon ve Minör Element Analizleri.....	12
2.2.2. Yerinde Yapılan Ölçümler.....	12
3. BULGULAR.....	13
3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	13
3.1.1. Zimonköy Formasyonu.....	13
3.1.1.1. Akbulut Dasiti.....	17
3.1.1.2. Hasköy Bazaltı.....	18
3.1.2. Berdiga Formasyonu.....	18
3.1.3. Keremutdere Formasyonu.....	21

3.1.3.1.	Ardıcılık Üyesi.....	22
3.1.4	Dayklar.....	24
3.1.5	Taraça.....	25
3.1.6	Traverten.....	25
3.1.7.	Yamaç Molozu.....	26
3.1.8.	Altıvyon.....	26
3.2..	Bölgenin Tektoniği.....	27
3.2.1.	Çatlaklar.....	27
3.2.2.	Faylar.....	29
3.2.3.	Kıvrımlar.....	31
3.3.	Karst Jeolojisi.....	31
3.3.1.	Giriş.....	31
3.3.2.	Birimlerin Geçirimsizliği .....	36
3.3.3.	Analizler ve Ölçümler.....	37
3.3.3.1.	Karstik Kaynakların Sıcaklığı.....	37
3.3.3.2.	Kaynağın Debisi.....	37
3.3.3.3.	Kaynağın pH değeri ve Elektriksel İletkenliği.....	38
3.3.3.4.	Kaynağın Fiziko-Kimyasal Özellikleri.....	38
3.3.3.5.	Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	41
3.3.4.	Kaynak Sularının Kalsit ve Dolomite Doygunluğunun Hesaplanması.....	44
3.3.4.1.	Kalsite Doygunluğun Hesaplanması.....	44
3.3.4.2.	Dolomite Doygunluğun Hesaplanması.....	48
3.3.5.	Suların Çözündürebileceği CaCO <sub>3</sub> Miktarı.....	49
3.3.6.	Suların Denge pH'ı ve Sulardaki Serbest CO <sub>2</sub> Miktarı.....	50
3.3.7.	Karstik Yüzey Şekilleri.....	52
3.3.7.1.	Karenler.....	52
3.3.7.2.	Karstik Koninin Oluşumu.....	53
3.3.8.	Kaynak Sularının Ekonomik Açından Değerlendirilmesi.....	56
3.3.9.	Karstik Kaynakların Korunması.....	57
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
5.	KAYNAKLAR.....	61
6.	ÖZGEÇMİŞ.....	63

## ÖZET

Bu çalışmada Kalecik Köyü'nde ( Torul-Gümüşhane ) bulunan karstik yapılar incelenmiş ve kaynakların oluşumu, kökeni ve fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümü, Gümüşhane İli, Torul İlçesi'ne bağlı Kalecik Köyü ve çevresini içine alan, yaklaşık 40 km<sup>2</sup> lik bir bölge olup, H<sub>42</sub>-b<sub>2</sub> paftası içinde yer almaktadır.

Bölgedeki en yaşlı birim, kumtaşı, kireçtaşı ara seviyeli bazalt, andezit, dasit lav ve tüflerinden oluşan Zimonköy Formasyonu'dur. Zimonköy Formasyonu üzerinde uyumlu olarak kireçtaşlarından oluşan Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu bulunmaktadır. Bu brimin üzerine ise, bazalt, andezit, dasit lav ve tüf ara seviyeli kumtaşı, silttaşı ve kireçtaşından oluşan ve fliş fasiyesinde gelişen Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu uyumsuzlukla gelir. Bölgenin en genç birimlerini Kuvaterner yaşlı taraça, traverten, yamaç molozu ve alüvyonlar oluşturmaktadır.

Çalışma alanında bir çok kıvrım ve fay belirlenmiştir. Karstik yapı ve kaynaklar, KD-GB doğrultulu düşey bir fay ile, KB-GD yönlü verev atımlı düşey fayın kesiştiği bölgede gelişmiştir. 10 metre çap ve 15 metre derinliğe sahip koni şekilli karstik yapının çevresinde birkaç santimetre derinliğinde, 1-2 metre uzunluğunda olan karenler bulunmaktadır.

Çalışma alanında karstik kaynaklardan alınan su örneklerinin analizleri yapılmış, kaynak sularının benzer fiziksel ve kimyasal özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Kalsite doymun olan mineralli su kaynaklarının çevresinde traverten çökeli beklenmektedir. Kaynakların ortalama sıcaklık değerleri 16 °C, 1 nolu kaynağın ortalama debisi 4,5 lt/sn ve 2 nolu kaynağın ortalama debisi 0,32 lt/sn olarak ölçülmüştür. 1 nolu kaynağın pH'ı 6,67, elektriksel iletkenliği 1000 EC (25<sup>o</sup>)x10<sup>6</sup>, 2 nolu kaynağın pH'ı 6,55, elektriksel iletkenliği 1000 EC (25<sup>o</sup>)x10<sup>6</sup> dir. Kimyasal analizler sonucunda 1 nolu kaynakta toplam çözünmüş madde miktarının 1431,5 mg/lt, 2 nolu kaynakta 1425,79 mg/lt olduğu belirlenmiştir. Buna göre sular mineralli sular sınıfına girmektedir. Analiz sonuçlarından yararlanarak, sulardaki serbest CO<sub>2</sub> miktarının 31,3 mek/lt'den küçük olduğu belirlenmiş, suların çözüdürebileceği CaCO<sub>3</sub> miktarı ise 80 mg/lt olarak hesaplanmıştır. Kaynak suları, TS 9130'a ( Madensuyu İçilebilir ) göre kimyasal özellikleri açısından içmeye uygundur.

**Anahtar Kelimeler:** Karst, Karstik Kaynak, Karen, Karstik Koni

## SUMMARY

### **Karst Hydrogeology of Surround of Kalecik Village (Torul-Gümüşhane)**

Formation and origin of karstification in Kalecik (Torul-Gümüşhane) were investigated, and physico-chemical properties of karstic spring determined in this study.

Study area with 40 km<sup>2</sup> in H42-b2 section of a map locates Kalecik Village in Torul in Gümüşhane in East Blacksea Region.

In the area studied Liasic Zimonköy Formation consisting of basalt, andesite, dacite and tuff is the oldest formation. Berdiga Formation containing limestone has deposited between Dogger and Lower Cretaceous. Upper Cretaceous Kermutdere Formation consisting of limestones, sandstones, siltstones, claystones, basalt, andesite and tuff have deposited in flysch facies and overlies unconformably Berdiga Formation. The youngest lithologies are alluvial, talus, terrace and travertine.

In study area, a number of faults and folds are observed. Karstic structures and springs observed in the studied area formed as a result of two faults crossing each other. One of two faults controlling karstic structures formed is vertical with NE-SW direction. The other fault is vertical with NW-SE direction. The karstic cone has about 10 meters in diameter and 15 meters in depth. Furthermore karrens developed on the slope of the karstic cone. And it has 1-2 meters in depth and 1-2 cm length.

Cold water samples collected from karstic springs in studied area show similar chemical characteristics. The spring waters are saturated with calcite. Deposition of travertine is observed at around the outlet. Average temperature of springs is 16°C and for number spring 1, average discharge rate is 4,5 l/s, for number spring 2, average discharge rate is 0,32 l/s. pH values of number spring 1 is 6,67, pH values of number spring 2 is 6,55. Electrical conductivity value of spring waters from karstic structure are 1000 µmho/cm. Based on chemical analyses, total dissolved material is between 1431,5 and 1425,82 mg/l. Free CO<sub>2</sub> content is lower than 31,3 meq/l in waters and CaCO<sub>3</sub> content, which can be solved by spring water, is 80 mg/l. Considering the chemical properties, according to TS 9130 ( Mineral water-drinkable ), investigated spring waters are drinkable.

**Key Words:** Karst, Karstic Spring, Karren, Karstic Cone

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2. Beslenme havzasının topografik haritası.....	3
Şekil 3. Beslenme alanına ait hipsometrik eğri ve altimetrik frekans grafiği .....	4
Şekil 4. Gümüşhane İline ait ortalama yağış (mm) ve ortalama sıcaklık (°C ) değerleri ( Kot:1220metre ).....	5
Şekil 5. İnceleme alanının orohidrografi haritası .....	7
Şekil 6. Mineralli sulara ait beslenme havzasının 1/100 000 ölçekli genel jeoloji haritası.....	8
Şekil 7. Beslenme havzasına ait stratigrafik kolon kesit.....	9
Şekil 8. İnceleme alanına ait stratigrafik kolon kesit.....	14
Şekil 9. Çalışma alanının genel jeoloji haritası.....	15
Şekil 10. Çalışma alanına ait jeolojik haritadan alınan A-A' jeolojik kesiti.....	16
Şekil 11. Hamurkesen Formasyonun tabanında görülen dasitler.....	17
Şekil 12. Mikrolitik porfirik dokulu dasitlerinin ince kesit görünümü.....	18
Şekil 13. Hasköy Bazaltı içerisinde görülen kumtaşı ve kireçtaşı ara seviyeleri.....	19
Şekil 14. Mikrolitik porfirik dokulu bazaltların ince kesit görünümü.....	19
Şekil 15. Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasındaki faylı dokanak.....	20
Şekil 16. Biyointrasparitik kireçtaşlarının mikroskobik görünümü.....	21
Şekil 17. Kermutdere Formasyonu'nda siltli kireçtaşları ve silttaşları üzerinde bulunan, Ardıçlık Üyesine ait tüfler.....	23
Şekil 18. Ardıçlık üyesine ait andezitlerin mikroskoptaki görünümü.....	23
Şekil 19. Ofitik dokulu dolerit dayklarının ince kesit görünümü.....	24
Şekil 20. Travertenlerin ince kesit görünümü.....	25
Şekil 21. Kumlu kireçtaşları üzerinde bulunan taraça, traverten ve yamaç molozu.....	26
Şekil 22. Doğu Pontidler'de eşlenik doğrultu atımlı sağ yönlü (A) ve sol yönlü (B) fay ve kıvrım sistemleri ve bunların oluşturduğu blok-fay tektoniği (Bektaş ve Çapkinoğlu,1997).....	28
Şekil 23. Çalışma alanına ait 1/35 000 ölçekli hava fotoğrafı.....	30
Şekil 24. F <sub>1</sub> ve F <sub>2</sub> fayının kesiştiği bölgede, dike yakın eğim kazanmış kumlu kireçtaşları.....	31

Şekil 25. Karstik koni yakın çevresinin jeoloji haritası.....	32
Şekil 26. Karstik koni yakın çevresinin A-A' jeolojik kesiti.....	33
Şekil 27. Kalecik Köyü'nde yaklaşık 1220 metre kotunda yüzeye çıkan 1 nolu mineralli su kaynağı.....	34
Şekil 28. Kalecik Köyü'nde yaklaşık 1230 metre kotunda yüzeye çıkan 2 nolu mineralli su kaynağı.....	35
Şekil 29. Karbonatlı kayaçların çözünme sürecinin akım şeması.....	36
Şekil 30. Hava sıcaklıkları ile kaynak sıcaklıkları arasındaki ilişki.....	37
Şekil 31. Debi ve yağış arasındaki ilişki.....	38
Şekil 32. Alınan su örneklerine ait kolon diyagramlar.....	41
Şekil 33. Alınan su örneklerine ait yarı logaritmik diyagram.....	42
Şekil 34. Alınan su örneklerine ait piper diyagramı.....	43
Şekil 35. Aktivite katsayısı-İyonik şiddet abağı.....	46
Şekil 36. pH ve $PCO_2$ arasındaki ilişki (Roques,1964).....	49
Şekil 37. $CO_2$ varlığında sulardaki $CaCO_3$ çözünürlüğü (Frear ve Johnston,1929).....	50
Şekil 38. Karstik koninin dış yüzeyindeki kareler.....	53
Şekil 39. Karstik koni.....	54
Şekil 40. Karstik koninin başka bir açıdan görünümü.....	55



## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kot değerleri – Alan tablosu.....	4
Tablo 2. Gümüşhane İline ait ortalama yağış (mm) ve ortalama sıcaklık (°C) değerleri ( Kot:1220metre).....	5
Tablo 3. Alınan su örneklerinin fiziksel özellikleri.....	39
Tablo 4. Alınan su örneklerine ait majör element değerleri ve su örneklerinin diğer kimyasal özellikleri.....	39
Tablo 5. Su örneklerine ait minör ve iz elementler .....	40
Tablo 6. Suların serliğe göre sınıflanması.....	40
Tablo 7. Birimlerden suyun bileşimine katılabilecek elementler.....	41
Tablo 8. Kaynak 1 için hesaplanan M, $\gamma$ ve a değerleri.....	45
Tablo 9. Kaynak 2 için hesaplanan M, $\gamma$ ve a değerleri.....	45
Tablo 10. Su kaynaklarında bulunan iyonların $\log K_{\text{HCO}_3}$ ve $\log K_{\text{CaCO}_3}$ değerleri.....	47
Tablo 11. Dolomitin $\log K_{\text{dolomit}}$ değerleri.....	48
Tablo 12. Sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişen Langelier sabitleri (Langelier,1942).....	51
Tablo 13. Sıcaklığa bağlı Tillmans sabiti (Tillmans,1912).....	51
Tablo 14. İyonik şiddete bağlı Tillmans sabiti (Tillmans,1912).....	52
Tablo 15. TS 9130' a göre maden suyunun kimyasal özellikleri ve 1 nolu kaynak ile karşılaştırılması.....	56

## SEMBOLLER DİZİNİ

l / sn	Litre / saniye
r	İyonun mek / l değeri
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Na	Sodyum
K	Potasyum
HCO <sub>3</sub>	Sodyum Bikarbonat
Cl	Klor
SO <sub>4</sub>	Sülfat
Mmho / cm	Mikromho / santimetre
EC	Elektriksel iletkenlik
pH	Hidrojen iyonu derişimi
mek / lt	Miliekivalan / litre
mg / lt	Miligram / litre
I	İyonik şiddet
$\gamma_i$	İyonun aktivite katsayısı
$m_i$	İyonun molalitesi
$a_i$	İyonun aktivite değeri
$S_i$	Doygunluk indisi
PCO <sub>2</sub>	Kısmi karbondioksit basıncı (atm)
CCO <sub>2</sub>	Denge serbest karbondioksit miktarı (mek/lt)

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

Bu çalışmada Gümüşhane İli Torul İlçesi'ne bağlı Kalecik Köyü'nde bulunan karstik su kaynaklarının oluşum şekli, kökeni, fiziko-kimyasal özellikleri ve ekonomiye kazandırılma olanakları araştırılmış, bölgedeki karstik yapılar incelenmiştir

### **1.2. İnceleme Alanının Konumu**

İnceleme alanı, Doğu Karadeniz Bölümü, Gümüşhane İli, Torul İlçesi'ne bağlı Kalecik Köyü ve çevresini içeren ve H<sub>42</sub>-b<sub>2</sub> paftası içinde bulunan, yaklaşık 40 kilometre karelik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 1). Zigana ve Giresun Dağları arasında kalan inceleme alanının, kuzeyinde Torul, güneyinde Şiran, doğusunda Gümüşhane bulunmaktadır.

### **1.3. Ulaşım ve Yerleşim**

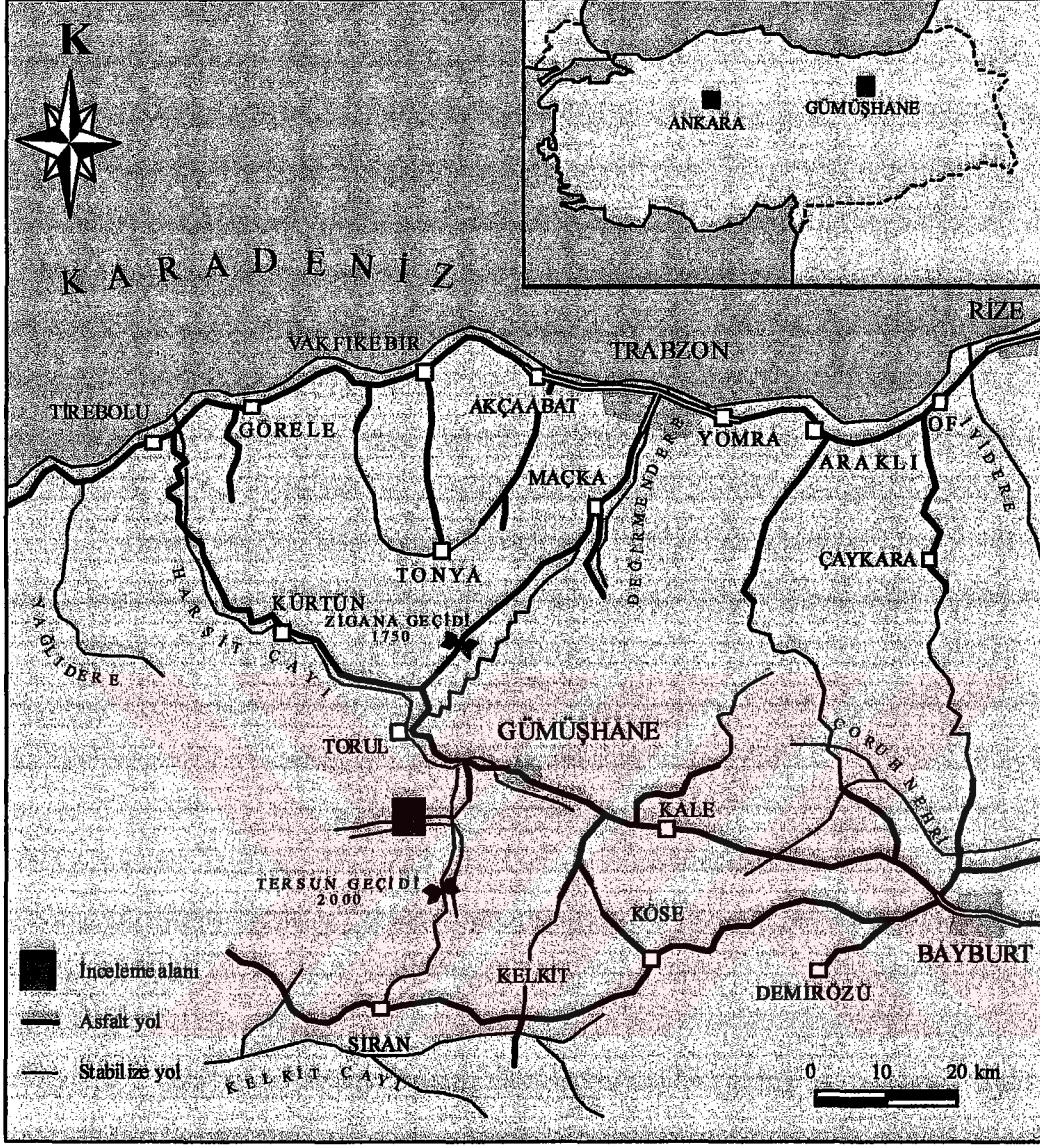
İnceleme alanına ulaşım, Trabzon-Gümüşhane devlet karayolunun 89. kilometresinden batıya doğru ayrılan Torul-Şiran karayolu ile sağlanmaktadır.

İnceleme alanındaki en önemli yerleşimler, Hasköy ve İnkılap Köyü'dür. Bölgeye en yakın ilçe 20 kilometre uzaklıktaki Torul, en yakın il ise, yaklaşık 30 kilometre uzaklıktaki Gümüşhane'dir. Mineralli su kaynaklarının bulunduğu Kalecik Köyü ve diğer çevre köyler, birkaç haneden oluşan küçük köylerdir. Çoğunlukla birleşik bir yerleşim şekli hakimdir.

### **1.4. Morfoloji**

Gümüşhane İli'nin başlıca engebelerini, Karadeniz kıyı dağlarından Harşit Vadisi ile ayrılan sıradağlar oluşturur. Gümüşhane dağları olarak adlandırılan bu yükseltiler, çalışma sahasının doğu kesimlerine kadar uzanır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin topografyasını yansıtan ve oldukça engebeli olan çalışma sahası ve çevresindeki yükseltileri ise, batıdan uzanan Giresun Dağları oluşturmaktadır. Özellikle derin vadilerle yarılmış dağlar, engebeli bir görünüme sahiptir. Kalecik mineralli suyu ve çevresi ortalama 1200 metre yükseltisinde bulunmaktadır.

Arazide ortalama eğim, yaklaşık 20-25 derecedir. Dik uçurumlar dışında, en fazla eğime sahip bölgeler, ortalama 40 derece ile, Avliya Sırtı, Yalınkavak Vadisi güney



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

kanadı, Soğuksu Mahallesi çevresi ve Kalecik Köyü güneyidir. Vadi tabanları hariç, en az eğimli bölgeler ise, 5-10 derece ile, Hişte ve Büyükdüz Mahalleleri'dir.

Yöredeki en önemli yükseltiler, İrişkin Tepesi (2176 m), Bozkaya Tepesi (2117 m), Ziyaret Tepesi (1981 m), Sakaltutan Tepesi (1833 m) ve Tenha Tepesi (1727 m)'dir.

#### 1.4.1. Havza Şekil İndisi

Havzaya ait yükseklikler ile bunlara karşılık gelen alanların ilişkilerini belirlemek amacıyla beslenme alanının topografik haritası hazırlanmıştır (Şekil 2). Çalışma alanındaki Büyükdere, Karamustafa ve Nivena Dereleri'nin oluşturduğu havza yaklaşık 442 km<sup>2</sup> dir.

Beslenme havzasının şekli, K ( havza şekil indisi ) değerinin tespitiyle belirlenebilir.

$$(K) = P / [2(\pi A)^{1/2}]$$

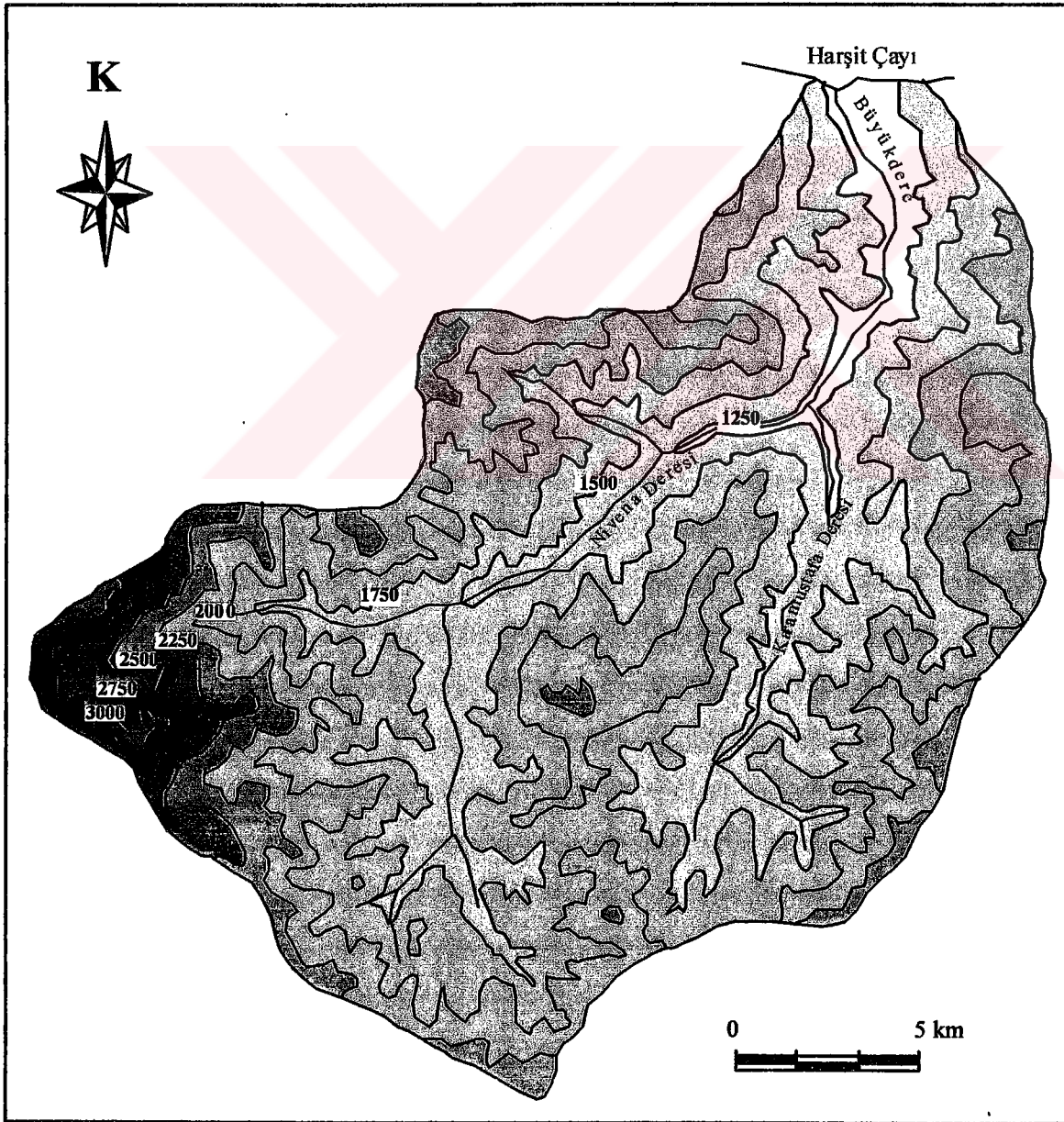
Burada;

P ( havza çevresi ) = 95,2 km

A ( havzanın alanı ) = 442 km<sup>2</sup> dir.

K = 1,28 olarak hesaplanmıştır.

K ( havza şekil indisi ) değerinin 1'e yakın olması, havza şeklinin daireye yakın olduğunu göstermektedir. Daire şekilli havzalarda, elips şekilli havzalara oranla daha fazla taşkın görülmektedir. Kalecik minerali sularının bulunduğu havzanın şeklinin elipse yakın olması taşkın riskini azaltmaktadır.

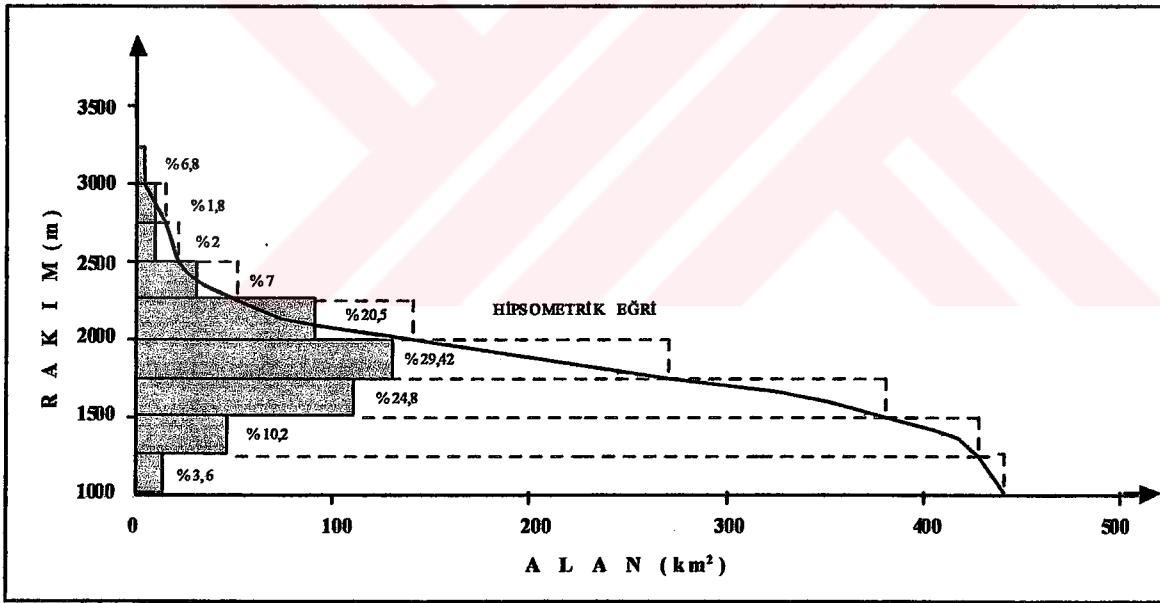


Şekil 2. Beslenme havzasının topografik haritası

Hazırlanan topografik haritadan, kot değerlerine karşılık gelen alanlar aşağıdaki tabloda verilmiş ve bu değerler yardımıyla havzaya ait hipsometrik eğri ve altimetrik frekans grafiği çizilmiştir.

Tablo1. Kot değerleri – Alan tablosu

Kot değerleri (m)	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde değerler (%)	Eklenik Alan (km <sup>2</sup> )
3000-3250	3	0,7	3
2750-3000	8	1,8	11
2500-2750	9	2	20
2250-2500	31	7	51
2000-2250	90	20,5	141
1750-2000	130	29,4	271
1500-1750	110	24,8	381
1250-1500	45	10,2	426
1000-1250	16	3,6	442



Şekil 3. Beslenme alanına ait hipsometrik eğri ve altimetrik frekans grafiği

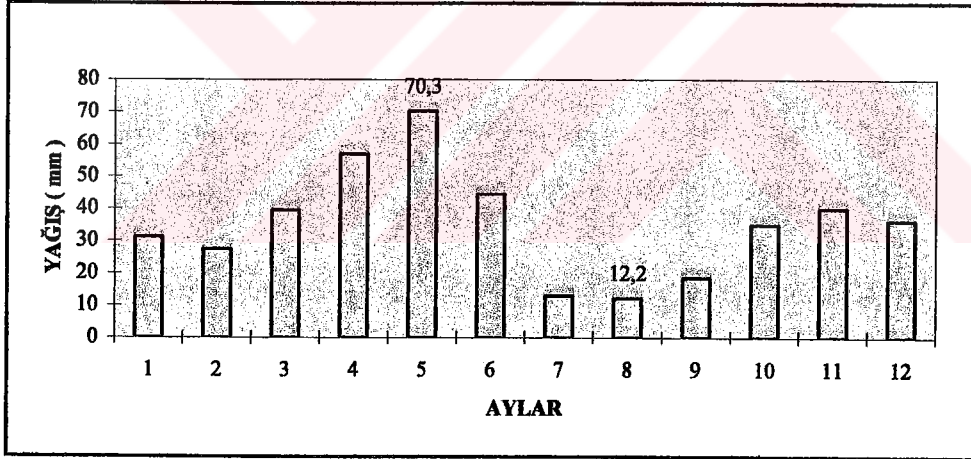
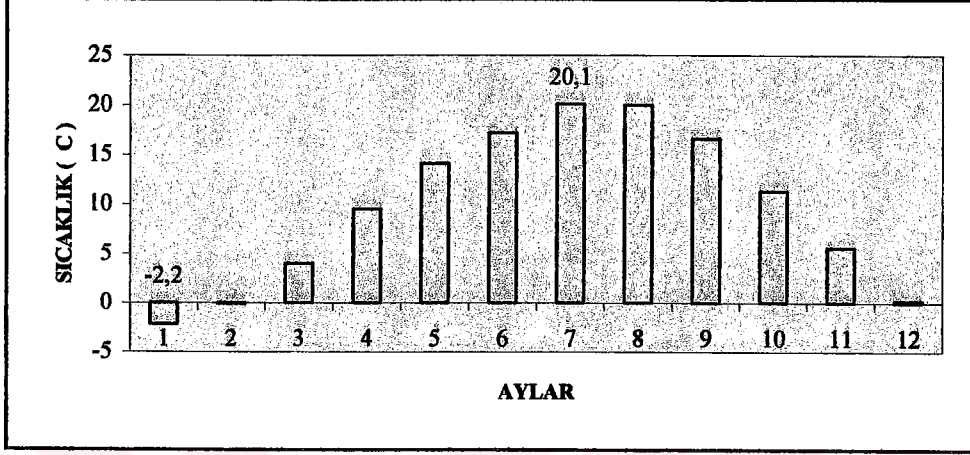
### 1.5. İklim

Harşit Vadisi'nin içinde bulunan çalışma sahasında kışlar soğuk, yazlar ise sıcak ve kuraktır.

Gümüşhane Meteoroloji Gözlem İstasyonu'ndan alınan 36 yıllık sıcaklık ve yağış değerleri Tablo 2'de verilmiştir. En yağışlı ay 70,3 mm ile Mayıs, en kurak ay 12,2 mm ile Ağustos'tur. En sıcak ay 20,1 °C ile Temmuz, en soğuk ay ise -2,2 °C ile Ocak ayıdır.

Tablo 2.Gümüşhane İline ait ortalama yağış (mm) ve ortalama sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) değerleri ( Kot:1220metre)

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YILLIK
Yağış(mm)	31,1	27,4	39,4	56,9	70,3	44,4	12,9	12,2	18,5	34,9	39,9	36,2	424,2 (toplam)
Sıcaklık( $^{\circ}\text{C}$ )	-2,2	-0,1	4	9,5	14,1	17,2	20,1	20	16,6	11,3	5,6	0,2	9,69 (ortalama)



Şekil 4. Gümüşhane İline ait ortalama yağış (mm) ve ortalama sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) değerlerini gösteren sütun diyagramlar ( Kot:1220metre )

### 1.6. Bitki Örtüsü

İnceleme alanı bitki örtüsü yönünden fakirdir. Maki türü çalılıklar bölgenin genel bitki örtüsünü oluşturmaktadır. Akarsular boyunca köylüler tarafından ekilmiş meyve ağaçları, yüksek kesimlerde ise çam, meşe, ve ardıç türü ağaçlar bulunmaktadır.

### 1.7. Akarsu ve Kaynaklar

Gümüşhane İli'nin başlıca akarsuları Kelkit ve Harşit Çayları'dır. İnceleme alanındaki Büyükdere ve Nivena Deresi Harşit Çayı'nın güney kesimindeki önemli kollarını oluşturur. Bunların dışında bulunan dereler, ana vadiye bir çok yerde birleşen ve birkaç yüz metre uzunluğunu geçmeyen kuru dere niteliğindeki yan derelerdir. Çalışma alanında Kalecik Köyü'nde iki tane mineralli su kaynağı bulunmaktadır.

### 1.8. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanının içinde bulunduğu Gümüşhane-Bayburt (KD Türkiye) bölgesinde en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı Pulur Metamorfikleridir (Ketin, 1951). Bu metamorfikler Üst Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi (Yılmaz, 1972) tarafından kesilmiştir. Bu birimler bölgede temel kayalar oluşturmaktadır. Granitoyitler çoğunlukla Gümüşhane ve çevresinde bulunurken, metamorfikler Bayburt ve çevresinde görülmektedir.

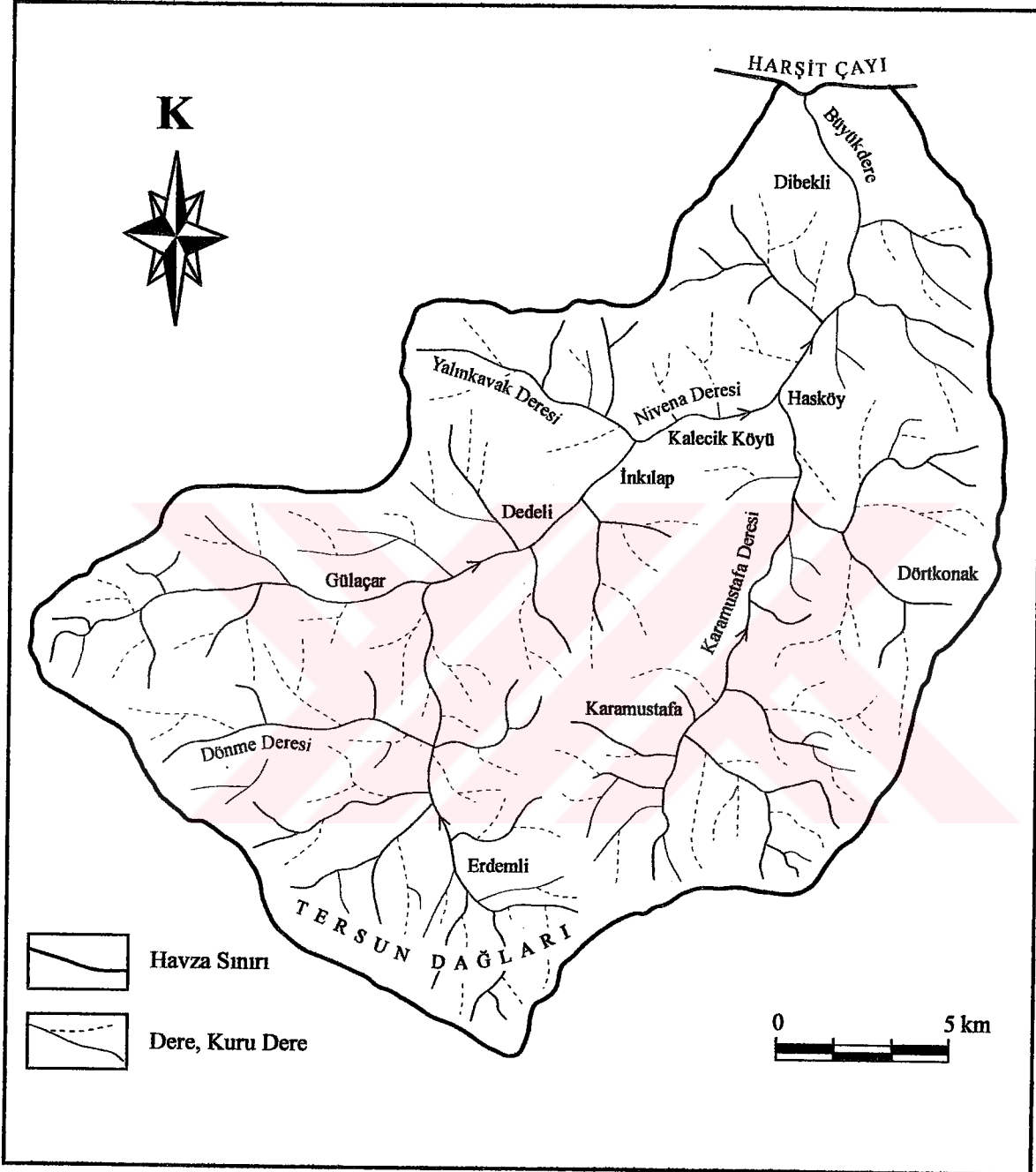
Tortul arakatlı, bazalt, andezit, dasit ve tüflerden oluşan Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu (Eren, 1983), magmatik ve metamorfiklerden oluşan temelin üstüne uyumsuzlukla gelir. Liyas'ta meydana gelen genişlemeli tektonik rejim, bu temeli etkilemiş ve derinleşen ortamda ani fasiyes ve kalınlık değişimleri gösteren rift çökeltileri oluşmuştur. Ortamın derinleşmesi neticesinde, sedimanter çökeltilerle beraber, volkanik faaliyetlerin etkisiyle oluşan kayalar, Zimonköy Formasyonu'nu geliştirmiştir.

Dogger-Malm yaşlı kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977), Zimonköy Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Kalın tabakalı ve çoğunlukla masif olan kireçtaşları, sık ortam oluşuklarıdır ve tektonik açıdan sakin bir dönemde çökelmişlerdir.

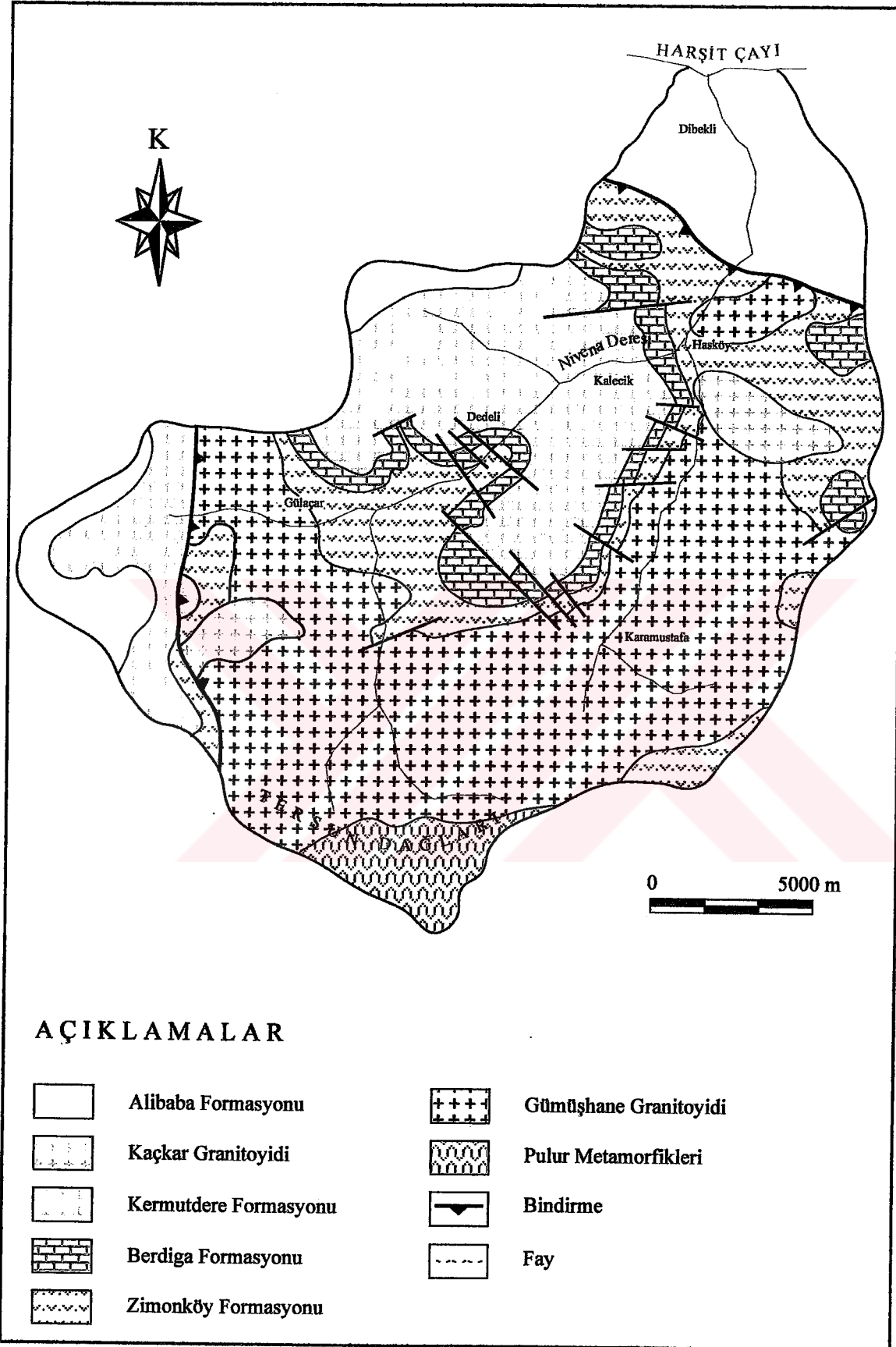
Üst Kretase'de ise bölge yeniden tektonizmanın etkisinde kalmış, bölgesel ölçekte gelişen gerilmeler, Berdiga Formasyonu'nu etkileyerek yeni bir riftleşmeye olanak kılmıştır. Ortamın derinleşmesiyle gelişen Kermutdere Formasyonu (Tokel, 1972) ise Berdiga Formasyonunun üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

Kermutdere Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunan Alibaba Formasyonu (Tokel, 1972), Eosen yaşlı volkanizmayı işaret etmektedir. Birimin yaşı, içerisinde bulunan nummulit fosillerine dayandırılarak belirlenmiştir ( Eren ve Özer, 1983 )





Şekil 5. İnceleme alanının orhidrografi haritası



Şekil 6. Mineralli sulara ait beslenme havzasının 1/100 000 ölçekli genel haritası  
(Güven, 1993)



### 1.9. Önceki Çalışmalar

Erguvanlı (1953): Görele- Gümüşhane arasındaki bölgede yaptığı çalışmada, Liyas, Üst Jura ve Alt Kretase yaşlı birimleri ayırt etmiştir.

Gattinger (1962): Gümüşhane ve çevresinin stratigrafisini, Permiyen yaşlı metaforfikler ve granitler, Liyas yaşlı kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı filişler ve Eosen yaşlı volkanikler olarak belirlemiştir.

Özsayar ve diğerleri (1981): Doğu Pontitlerde yapmış oldukları çalışmada, Üst Kretase'yi kuzey ve güney zon olarak ikiye ayırmış, güney sınırını Çorum-Amasya-Sivas-Erzurum, iki zon arasındaki sınırı Niksar-İspir-Ardanuç olarak belirlemiştir

Tokel (1983): Gümüşhane-Alucra-Şebinkarahisar-Gölköy yörelerinde yaptığı çalışmalarda, Eosen volkaniklerinin, adayayı volkanizmasına ait olduklarını belirlemiştir.

Türk-Japon Ekibi (1985): İnceleme alanını içine alan ve Harşit'ten Gümüşhane'ye kadar uzanan bölgenin, 1/25 000 ölçekli jeolojik haritasını çıkararak, bölgede maden yatakları ve jeokimya ağırlıklı çalışmalar yapmıştır.

Gülibrahimoğlu ve diğerleri (1985): Trabzon-Maçka güneyini içine alan bölgenin, 1/25 000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlayarak, stratigrafi ve cevherleşmeler ile ilgili bilgiler vermişlerdir.

Köprübaşı (1992): Aşağı Harşit bölgesinin magmatik petrojenezi ve masif sülfidlerde jeokimyasal hedef saptama uygulamaları adı altında çalışmalar yapmıştır.

Güven ve diğerleri (1993): Karadeniz Bölgesinin 1/25 000 ölçekli metallojeni haritasını hazırlamış, çalışmaları yeniden derleyerek, Pontidler'in kuzey ve güney zonlarına ait iki farklı stratigrafik kolon kesit önermiştir.

Gedik ve diğerleri (1996): Doğu Pontidler'in en yaşlı biriminin Permo-Karbonifer öncesi kabul edilen metamorfiklerin olduğunu, bu birimin Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Granitoyidi tarafından kesildiğini ve Doğu Pontidler'deki Liyas havzalarının uzaklaşan bir transform fay sisteminin ürünü olduğunu belirlemiştir.

Bektaş ve Çapkınoğlu (1997): Doğu Pontidlerde yapmış oldukları çalışmada, Mesozoyik havzaların kinematikiğini ve tektonikiğini açıklamışlardır.

Yılmaz (1997): Gümüşhane bölgesinde yaptığı çalışmada, Kretase yaşlı havza gelişiminde sedimantolojik kayıtlar adlı çalışmasında, Kermutdere Formasyonu'nun riftleşme sonucu geliştiğini ortaya koymuştur.

Yılmaz ve Korkmaz (1999): Doğu Pontidler'de (Kuzey Doğu Türkiye) Jura'dan Kretase'ye havza gelişimine açıklık getirmişlerdir

Gültekin (1998): Gümüşhane ve Bayburt'ta bulunan mineralli su kaynaklarının, fiziko-kimyasal ve izotopik özelliklerini, radyoaktivitelerini, gaz ve iz element içerikleri ile içmeye uygunluklarını incelemiş ve bunların, çoğunlukla içmeye uygun olmadıklarını belirlemiştir.



## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Amaç ve metotlar**

Kalecik Köyü (Torul-Gümüşhane) mineralli suyunun fizikokimyasal özelliği, içmeye uygunluğu, oluşumu, tektonizma ile ilişkisini ve Kalecik Köyü karstik konisinin gelişimini araştırmayı amaçlayan çalışmada, ilk önce bölgenin 1/25000 ve 1/5000 ölçekli jeolojik haritası ve kesitleri hazırlanmıştır. Daha sonra bu harita ve kesitler A4 kağıt boyutuna sığacak şekilde küçültülmüştür. Jeolojik harita hazırlanırken saha gözlemlerinin yanı sıra, araziden alınan örneklerin ince kesitleri yapılarak, polarizan mikroskopta incelenmiştir. Ayrıca, hava fotoğrafları yardımıyla bölgenin genel tektonik özellikleri belirlenmiştir.

Mineralli su kaynağından alınan su örneklerinin majör ve minör element analizleri yapılmış, sıcaklık ve debi yerinde, pH değerleri ise laboratuarda ölçülmüştür.

### **2.2. Analiz Yöntemleri**

Kalecik mineralli suyuyla ilgili, hem arazide çeşitli ölçümler, hem de alınan su örneklerinin laboratuarlarda kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu analizler ışığında suyun çeşitli özellikleri belirlenmiş, suyun oluşum ve kökenini araştırmak amacıyla, analiz sonuçları diğer arazi çalışmalarıyla karşılaştırılmıştır.

#### **2.2.1. Anyon, Katyon ve minör element analizleri**

Suyun fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla anyon, katyon ve minör element analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçları, Kalecik mineralli su kaynağının hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesinde, kaynak suyunun oluşum ve kökeninin havza ile ilişkisinin tespitinde kullanılmıştır.

#### **2.2.2. Yerinde Yapılan Ölçümler**

Arazi çalışmaları kapsamında, kaynak sularındaki fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimini belirlemek için çeşitli tarihlerde sıcaklık ve debi değerleri ölçülmüştür.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanında en yaşlı birim, Liyas yaşlı (Eren, 1983) Zimonköy Formasyonu'dur. Volkana-tortul özelliğindeki bu birim, kumtaşı ve kireçtaşı ara katkılı andezit, bazalt, dasit ve piroklastlardan oluşmaktadır. Dasitik birimler ile andezitik ve bazaltik birimler 1/25 000 ölçekli haritada, üye mertebesinde ayırt edilmiştir.

Zimonköy Formasyonu üzerine kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu uyumlu olarak gelmektedir. Birimin yaşı Malm-Dogger olarak verilmiştir (Pelin, 1977).

Çalışma alanında fliş fasiyesinde gelişen Kermutdere Formasyonu, uyumsuz olarak Berdiga Formasyonu üzerinde bulunmaktadır. Üst Kretase yaşlı (Tokel, 1972) olan birim, kumtaşı, silttaşı, kumlu ve siltli kireçtaşı, andezit, bazalt ve tüflerden oluşmaktadır. Bu birimlerden yalnızca volkanik birimler üye mertebesinde haritalanmıştır.

İnceleme alanının en genç birimleri ise Kuvaterner yaşlı taraça, traverten, yamaç molozu ve alüvyonlardır.

#### 3.1.1. Zimonköy Formasyonu

İnceleme alanında, Gümüşhane Granitoyidi'nden sonra en yaşlı birim olan volkano-tortul seri, Eren (1983) tarafından tanımlanan ve tortul ara katkılı volkanik kayalardan oluşan Zimonköy Formasyonu ile benzer özellikler taşıdığı için, aynı isim ile adlandırılmıştır. Hasköy güneyinde ve Arılı Köyü çevresinde yüzeylemekte olan birim, kumtaşı ve kireçtaşı ara seviyeli bazik ve asidik volkanikler şeklinde mostra vermektedir.

Çoğunlukla andezit, bazalt, dasit ve proklastları ile dolerit dayklarından oluşan birimde, tabaka kalınlıkları 10-30 cm. arasında değişen tortul seviyelere de rastlanmıştır. Tortul seviyeleri oluşturan kumtaşı ve kireçtaşları, alterasyon nedeniyle yer yer tabakalı yapılarını kaybetmiştir.

Zimonköy Formasyonu oluşturan farklı litolojik özellikteki birimler, 1/25 000 ölçekli jeolojik haritada üye düzeyinde ayırt edilebilmiştir. Bunlar yaşlıdan gence doğru Akbulut Dasiti ve Hasköy Bazaltıdır.

Zimonköy Formasyonu, arazide koyu rengi, dağılganlığı ve ileri derecede alterasyonu ile diğer birimlerden ayırt edilmektedir. Formasyonun kalınlığı 800 metre olarak belirlenmiştir.

Gümüşhane granitoyidi üzerine uyumsuz olarak gelen birimin yaşı Liyas'tır (Eren, 1983).

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOİK	KUVATERNER						Alüvyon ( blok,çakıl,kum,silt,kil )
							Yamaç Molozu
							Traverten
					2		Taraça
MESOZOİK	KRETASE	ÜST KRETASE	KERMUTDERE	ARDEÇLİK	500		Kırmızı renkli kireçtaşı
							Bazalt, andezit ve tuf
MESOZOİK	JURAS	DOGGER-MALM	BERDİGA		150		İnce tabakalı, kırılğan silttaşı, siltli kumlu, gri renkli kireçtaşı
							Koyu gri renkli ince tabakalı silttaşı
MESOZOİK	JURAS	LİYAS	ZİMONKÖY	HASKÖY BAZALITI	800		İnce tabakalı, aşırı ayrılmış, gri, mor renkli kumtaşı ve tuf
							Koyu yeşil renkli dolerit daykı
				AKBULUT DASİTİ			Tamamen ayrılmış, dağınık, açık yeşil, sarı renkli dasit

ölçeksiz

Şekil 8. İnceleme alanına ait stratigrafik kolon kesit





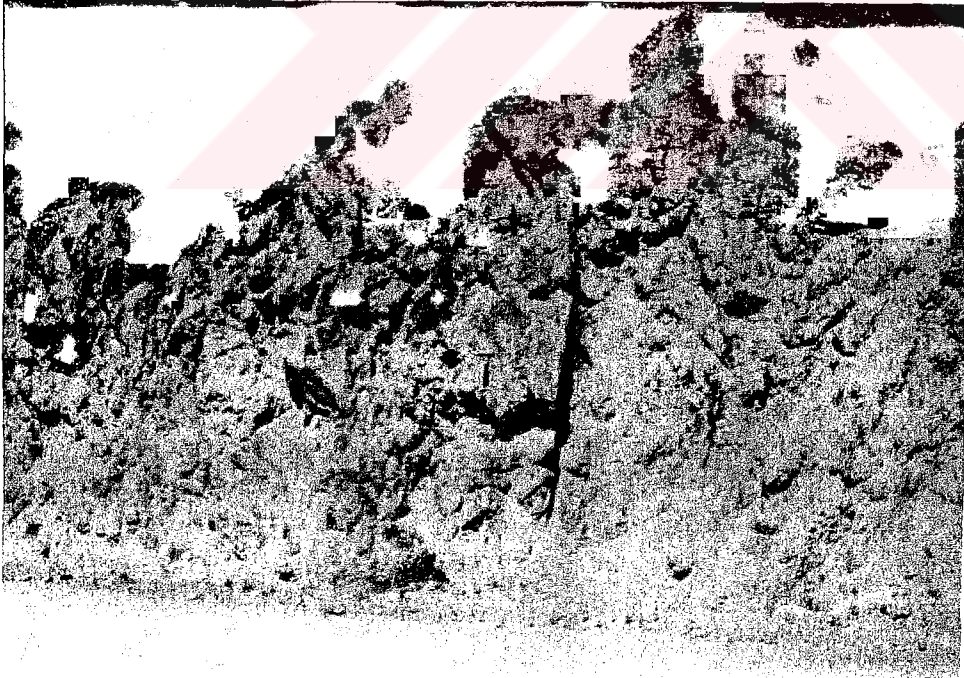


Şekil 10. Çalışma alanına ait jeolojik haritadan alınan A-A' jeolojik kesiti

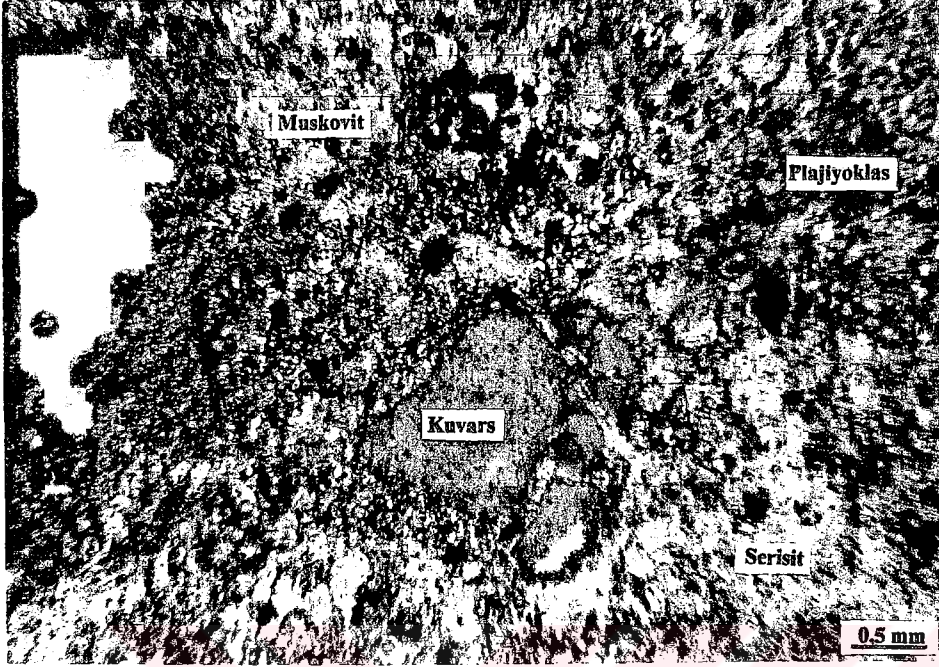
### 3.1.1.1. Akbulut Dasiti

Formasyonun en alt kesiminde bulunan ve dasit ve tüflerden oluşan üye, bölgede en iyi Akbulut Mahallesi ve çevresinde yüzeylendiği için aynı adla adlandırılmıştır. Yoğun bir şekilde alterasyona uğramış, kahverengi ve yeşilimsi sarı renkli dasitler, arazide sert çıkıntılar şeklinde görülmesine rağmen, kolay dağılıbilir özelliktedir. Dasidik tüfler, dasitlere göre daha fazla ayrılmıştır.

Arazi çalışmalarının yanı sıra, alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskopta incelenmiştir. Mikrolitik porfirik dokulu dasitlerde, ayrışmadan dolayı serisitleşen plajiyoklaslar zor ayırt edilmektedir. Nadir olarak görülen kalsit porfirik plajiyoklasların, epidot ise hamur içerisinde bulunan plajiyoklas mikrolitlerinin ayrışma ürünüdür. Kayaç içerisinde net olarak seçilen ve ince kristaller halinde bulunan kuvarslar, yer yer gruplaşmalar göstermektedir. İnce taneli mikrokristalin kuvars ve kalsit kristallerinden oluşan bir bağlayıcıya sahip dasitik tüflerde, kuvars bol miktarda ve ince taneler halinde bulunmaktadır. Genellikle bu taneler köşeli yapı göstermektedir. Nadir görülen muskovitler kataklastik metamorfizmanın ürünüdür.



Şekil 11. Zimonköy Formasyonunun tabanında görülen dasitler



Şekil 12. Mikrolitik porfirik dokulu dasitlerinin ince kesit görünümü

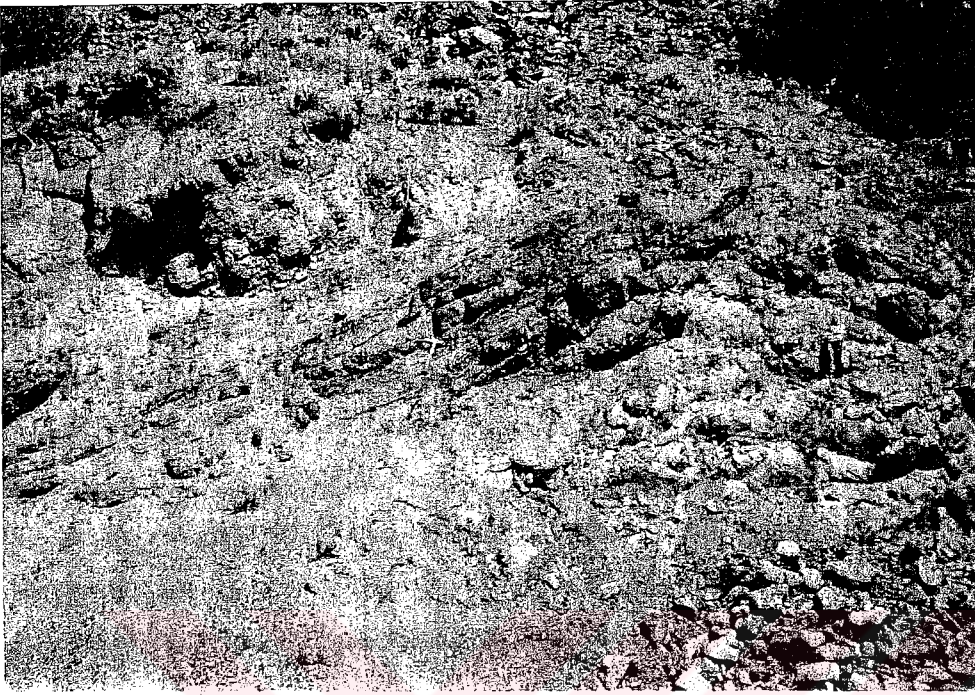
### 3.1.1.2. Hasköy Bazaltı

Dasitlerin üzerinde yer alan andezit ve bazaltlar, çalışma alanında en iyi Hasköy ve çevresinde yüzeylendiği için, aynı isimle adlandırılmıştır. Kahverengi, gri ve mor renklerde olan bu kayalar, alterasyona bağlı olarak ufalanmıştır. Andezit ve bazaltlar içerisinde, kalınlıkları 3-4 metreye varan kumtaşları ve kireçtaşları, ara seviyeler halinde bulunmaktadır. Tabaka kalınlıkları 10-15 cm arasında değişmektedir.

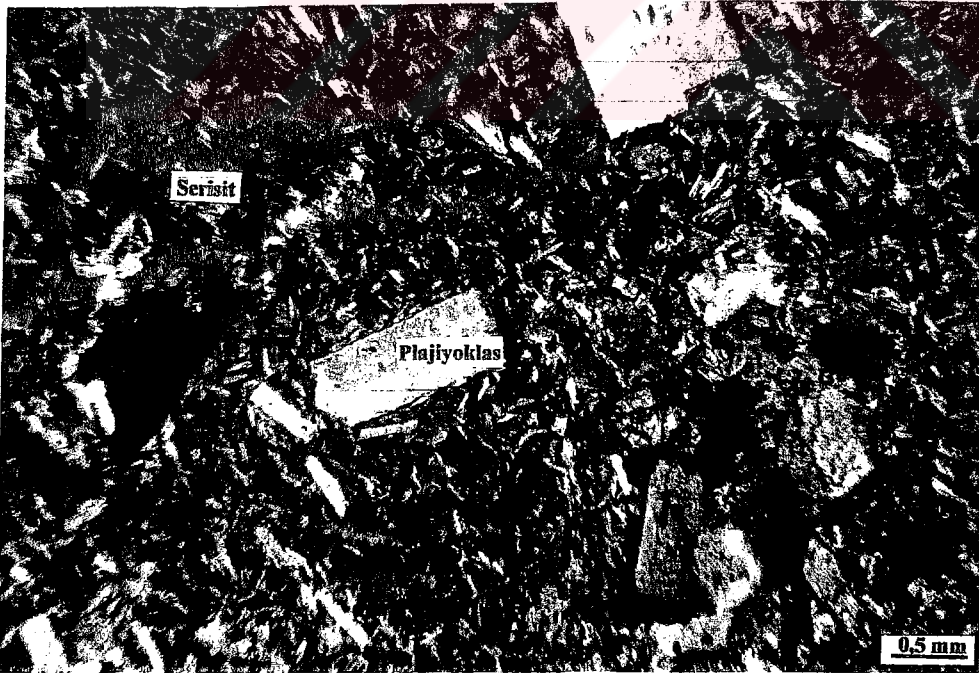
Bazaltlardan alınan ince kesitlerden, plajiyoklasların labrador oldukları belirlenmiştir. Bunlar, bol miktarda ve iri latalar halinde bulunmaktadır. Glomerofirik doku gösteren labradorlar ayrışarak ikincil kalsiti oluşturmuştur. Az miktarda ve ince taneler halinde bulunan olivinlerin çoğunlukla opaklaşmıştır.

### 3.1.2. Berdiga Formasyonu

Zimonköy Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birim, Pelin (1977) tarafından tanımlanan Berdiga Formasyonu ile benzer özellikler taşıdığı için, aynı isimle adlandırılmıştır. Avsallı, Arılı ve Soğuksu Mahalleri'nde yüzeylenen birim, dolomitik kireçtaşı ve kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Berdiga Formasyonu tek tip litolojiden oluştuğu için, Taslı tarafından 1984 yılında Berdiga Kireçtaşı ismi önerilmiştir.



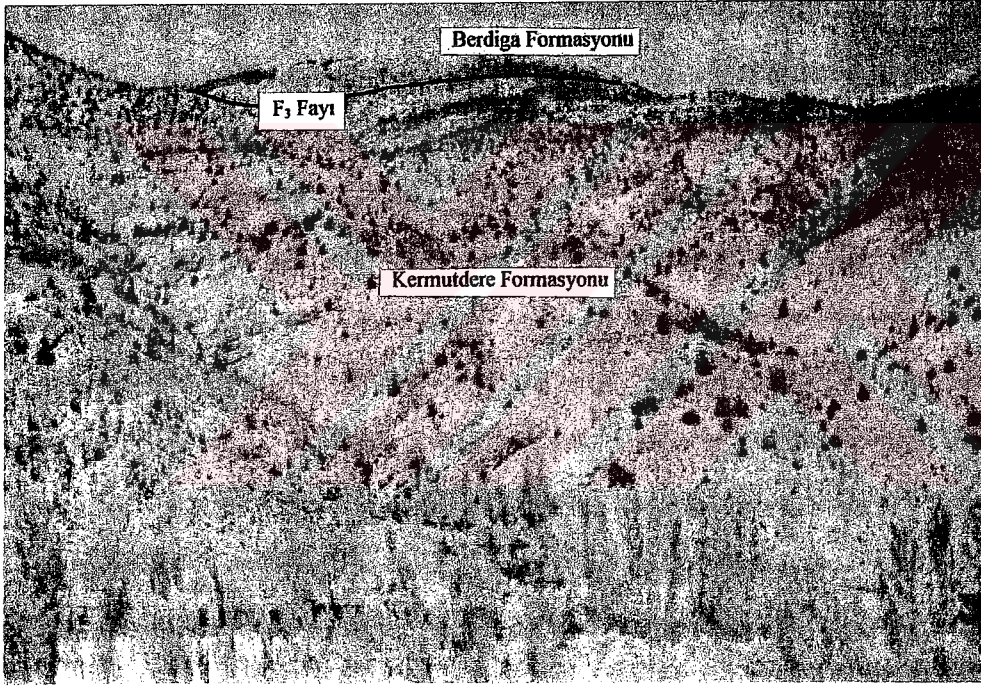
Şekil 13. Hasköy Bazaltı içerisinde görülen kumtaşı ve kireçtaşı ara seviyeleri



Şekil 14. Mikrolitik porfirik dokulu bazaltların ince kesit görünümü

Çoğunlukla gri,grimsi beyaz renklerde olan birim, çok çatlaklı, masif olması ve sarp kayalıklar şeklinde gözlenmesi ile çevre birimlerden ayırt edilebilmektedir.

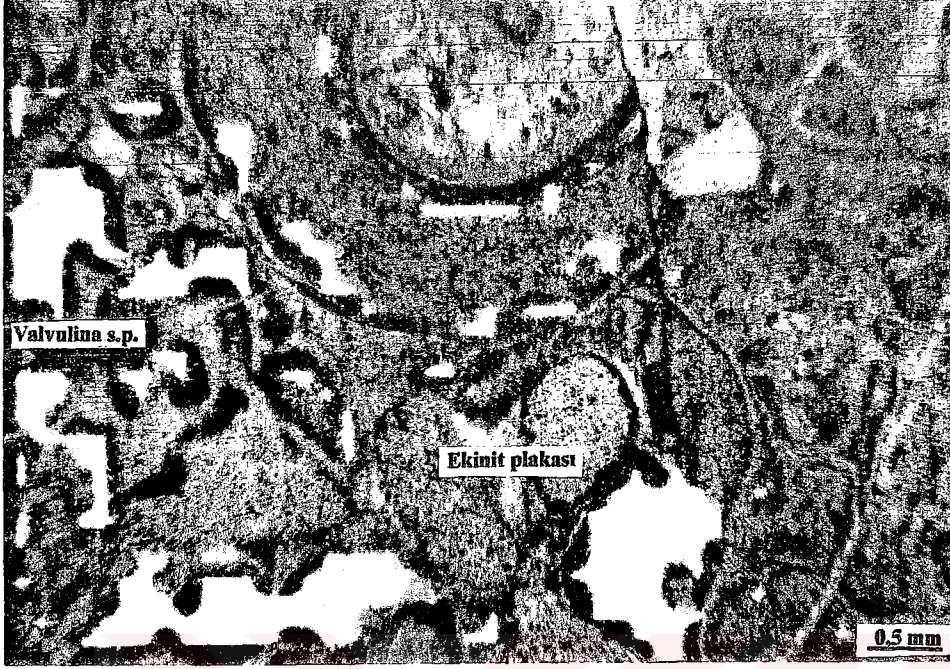
Mikroskopik incelemelerde, spartit çimentolu kireçtaşlarının, biyoklast ve intraklastlardan oluştuğu belirlenmiştir. Pelesipod ve alg parçaları, ekinit plakaları ve bentik foraminiferlerden ( *miliolidae s.p.*, *valvulina s.p.* ) oluşan biyoklastlar, kayaç içerisinde % 15 oranında olup, genellikle parçalı halde bulunmaktadır. Kayaç içerisinde % 25 oranında bulunan intraklastlar ise, oval tanelidir. Düşük enerjili sığ deniz ortamında oluşmuş olan kireçtaşları, Folk'a (1962) göre biyointraspantik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır.



Şekil 15. Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasındaki faylı dokanak

Birimin kalınlığı, jeolojik harita ve arazi bulguları yardımıyla 150 metre olarak belirlenmiştir.

Zimonköy Formasyonu üzerine gelen birimin yaşı, Dogger-Malm olarak verilmiştir (Pelin, 1977).



Şekil 16. Biyointrasparitik kireçtaşlarının mikroskopik görünümü

### 3.1.3. Kermutdere Formasyonu

Berdiga Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunan birim, Tokel (1972) tarafından tanımlanan Kermutdere Formasyonu ile benzer özellikler taşıdığı için aynı isimle adlandırılmıştır. Filiş özelliği taşıyan Kermutdere Formasyonu, İnkılap, Yalınkavak ve Kalecik Köyü çevresinde geniş alanlar kaplamaktadır.

Birim tabandan tavana doğru, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, silttaşı, siltli kireçtaşı, kırmızı kireçtaşı, andezit ve bazalt, kaba taneli tuf ve ince taneli tuf şeklindedir. 1/25 000 ölçekli jeolojik haritada sadece volkanik birimler üye mertebesinde ayırt edilmiştir.

Birimin en alt kesiminde kumtaşları ve kumlu kireçtaşları bulunmaktadır. Çoğunlukla kırılğan bir yapı gösteren ve koyu gri, gri renkli kayaçlarda, tabaka kalınlığı, 5-40 cm arasında değişmektedir. Birimin üst kesimlerine doğru kumtaşları ve kireçtaşları yerini daha açık renkli silttaşları ve siltli kireçtaşlarına bırakmaktadır. Tabaka kalınlıkları yer yer 25 cm'ye varan açık gri, bej renkli siltli kireçtaşları ile, yaklaşık 1-5 cm tabaka kalınlığına sahip silttaşları ardışıklı olarak bulunmaktadır. Bu kayaçlar, formasyonun taban kesiminde bulunan kayaçlara nazaran daha kırılğan özelliktedir. Bunların üzerine kırmızı renkli kireçtaşları ara seviye halinde gelmektedir.

Birim, yer yer limonitleşmeye uğramış olup, alterasyon derecesi Zimonköy Formasyonu'na oranla daha azdır.

Makroskobik örneklerde, kireçtaşları gri renkleri ve mat görünüşleriyle, kumtaşları, koyu gri renkleri ve kireçtaşlarına nazaran daha pürüzlü yüzeyleriyle, siltaşları ise, daha açık renkleri, aşırı kırılmalı ve gevşek yapılarıyla tanınabilmektedir. Ayrıca tortul seviyelerde bazı sedimanter yapılar da görülmektedir.

Mikroskobik olarak incelendiğinde, % 25 oranında biyoklastlardan oluşan kırmızı kireçtaşlarında, biyoklastları pelajik foraminiferler ( *globotruncana s.p.* ) ve radyolarya oluşturmaktadır. Çimentosu mikrit olan ve düşük enerjili, derin deniz ortamında oluşan kireçtaşları, Folk'a (1962) göre kırmızı biyomikritik kireçtaşı olarak adlanmıştır.

Koyu gri-gri renkli kireçtaşları mikroskobik olarak incelendiğinde, mikritik bir çimento içerisinde, pelajik foraminiferler ( *globotruncana s.p.* ), radyolarya ve az oranda bentik foraminiferlerin olduğu ( *valvolina s.p.* ) belirlenmiştir. Düşük enerjili derin deniz ortamında oluşan kireçtaşları, Folk'a (1962) göre biyomikritik kireçtaşı olarak adlanmıştır.

Birimin kalınlığı 500-550 metre arasında değişmektedir.

Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen birimin yaşı Üst Kretase olarak belirlenmiştir. ( Tokel, 1972 )

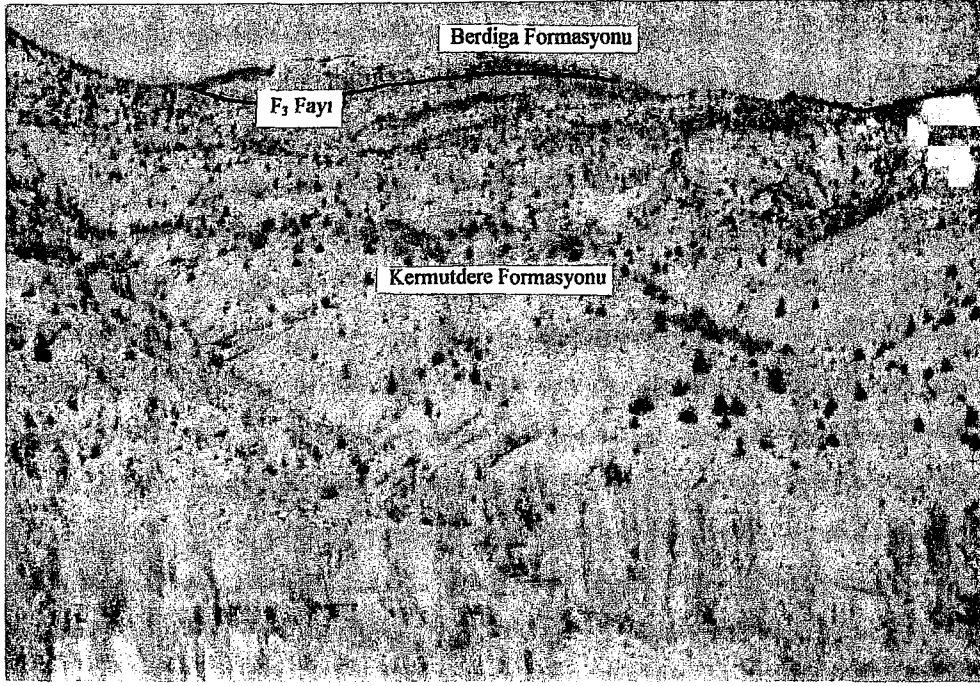
### 3.1.3.1. Ardıçlık Üyesi

Tamamen volkanik birimlerden oluşmaktadır. En iyi şekilde Ardıçlık Tepesi'nde yüzeylendiği için aynı isimle adlandırılmıştır. Kermutdere Formasyonu'nun üst kesimlerinde andezit, bazalt ve tüfler ile alt kesimlerinde sadece tüfler ile karakteristiktir. Taban kesimlerde bulunan tüfler tabakalı olup, tavan kesimlerde bulunanlara oranla daha koyu renkli ve daha kaba tanelidir Lav akıntıları ise, koyu yeşil, bazen mor renkleri ile tanınabilmektedir.

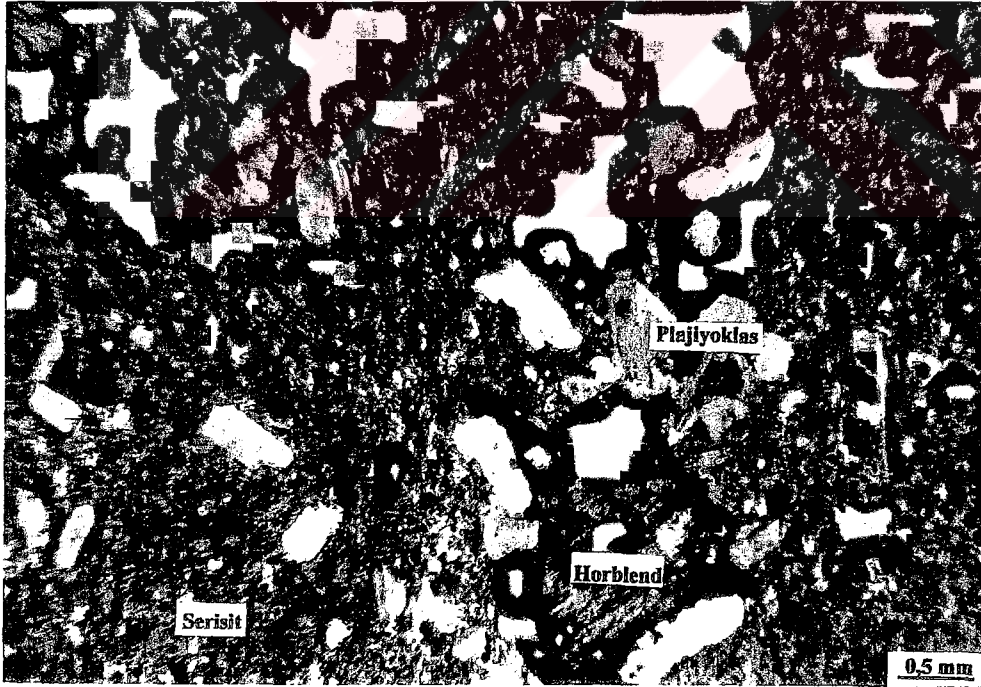
Yapılan mikroskobik incelemelerde, mikrolitik porfirik dokulu bazaltlarda, albit ve labrador türü plajiyoklaslar, bol miktarda bulunmaktadır. Çoğunlukla polisentetik ikiz, nadiren zonlu yapı göstermektedir. İnce ve öz şekilsiz kristaller halinde görülen ojitler kayada çok az miktarda bulunmaktadır. Plajiyoklasların ayrışması sonucu gelişen ikincil kalsit ve kloritler ince taneler halindedir.

Plajiyoklas, hornblend ve biyotit minerallerinden oluşan andezitlerde, çoğunlukla serisitleşmiş olan plajiyoklasların, andezin oldukları belirlenmiştir. Hornblendler genellikle ince taneli ve yarı öz şekillidir. Biyotit ve hornblend minerallerinin ayrışması sonucunda bol miktarda ikincil opak mineral gelişmiştir.





Şekil 17. Kermutdere Formasyonu'nda siltli kireçtaşları ve silttaşları üzerinde bulunan, Ardıçlık Üyesine ait tüfler



Şekil 18. Ardıçlık üyesine ait andezitlerin mikroskoptaki görünümü

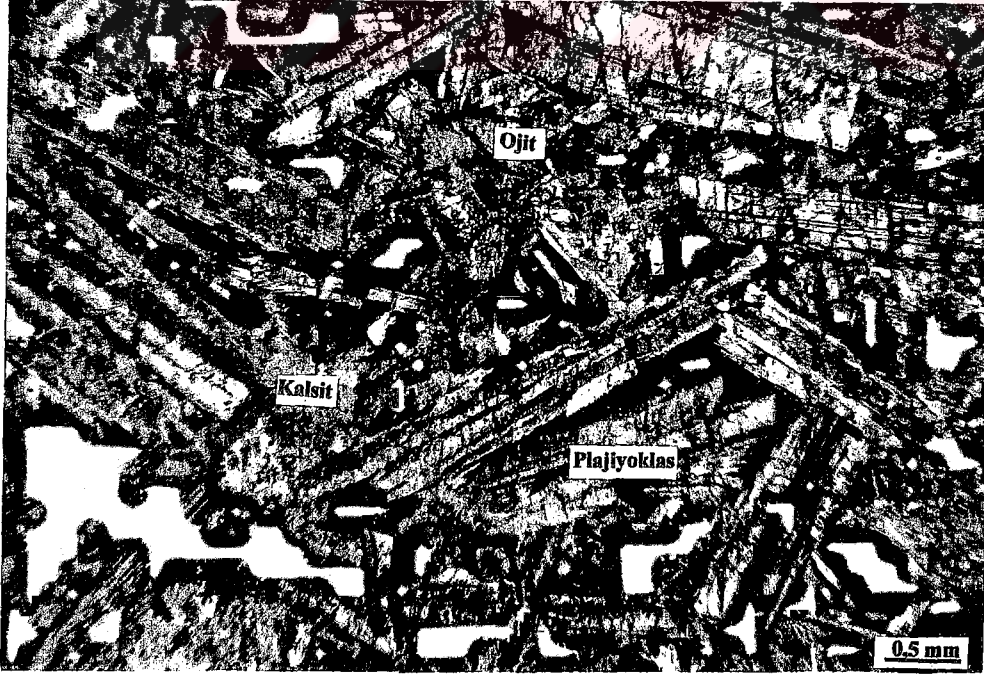
### 3.1.4. Dayklar

Çalışma alanı ve çevresinde her birim içinde değişik boyutlu bir çok dayka rastlanmıştır.

Zimonköy Formasyonu içinde dolerit daykları, Kermutdere Formasyonu içinde bazalt daykları bulunmaktadır.

Kalınlıkları yer yer 10 metreye varan dolerit daykları, koyu gri, yeşil renklidir. Bu dayklar, Zimonköy Formasyonu'nda sadece Hasköy Bazaltı içinde yer almaktadır. Mikroskobik olarak ofitik doku gösteren doleritlerde, andezin oldukları belirlenen plajiyoklaslar, fenokristaller halinde ve bol miktarda bulunmaktadır. Kenarlarından birbirlerine kenetlenmiş durumda olan plajiyoklasların arasında, öz şekilli ve iri taneli ojitler bulunmaktadır. Olivin çok az miktardadır ve çoğunlukla iddingsitleşmiştir. Birincil opak mineraller kayaç içerisinde nadiren görülmektedir. Çok bol olarak bulunan ikincil opak mineraller, ojit ve olivinlerin alterasyon ile demirce zenginleşmesi sonucunda oluşmuştur. Kalsitler ise ojit kristallerinin alterasyonu ile gelişmiştir.

Bazalt daykları yer yer 1 metreye kadar kalınlık göstermektedir. Yapılan mikroskobik incelemelerde, bazalt dayklarının tamamen plajiyoklas, ojit, olivin ve opak minerallerden oluştuğu ve mikrolitik porfirik doku gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 19. Ofitik dokulu dolerit dayklarının ince kesit görüntüsü

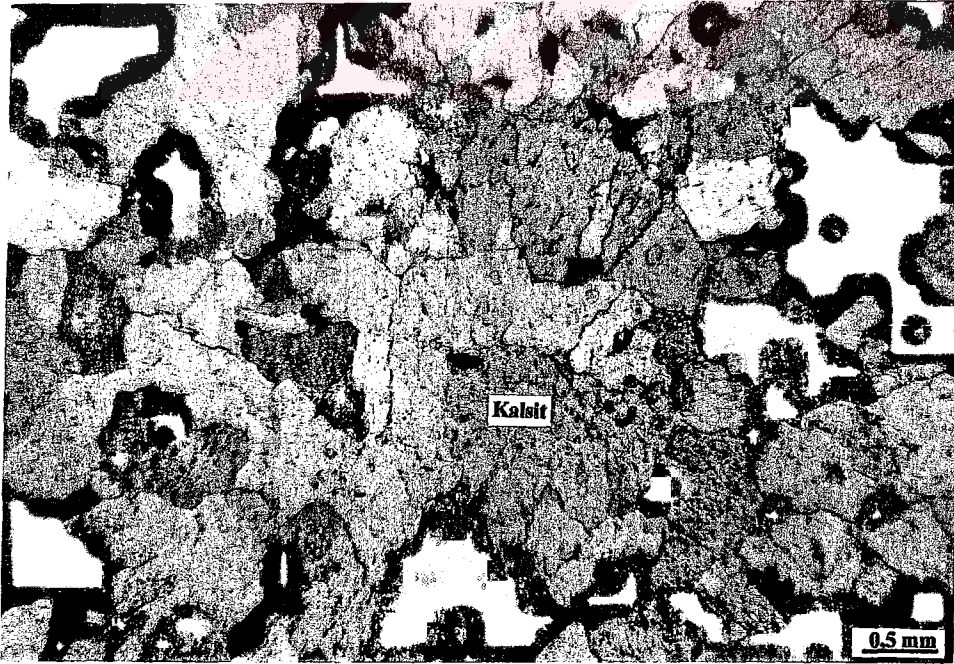
### 3.1.5. Taraça

Nivena Deresi boyunca, dere yatağına yakın yerlerde bulunan taraçalar, yaklaşık 2 metre kalınlıktadır. Taraçaların elemanlarını kireçtaşları, bazaltlar ve kumtaşları oluşturmaktadır. Bu elemanların boyutları kilden iri bloğa kadar değişmektedir.

### 3.1.6. Traverten

İnceleme alanında, bir çok yerde, gerek oluşumu sona ermiş, gerekse devam eden travertenlere rastlanmıştır.. Arazi gözlemleri sayesinde Kalecik Köyü mineralli su kaynaklarının oluşturduğu travertenlerin kalınlığı, yaklaşık 48 metre olarak tespit edilmiştir. Beyazımsı gri renklere olan travertenler, az boşluklu ve sert bir yapı göstermektedir. Bunların yaşları Kuvaterner olarak verilmiştir.

Kalecik Köyü'nde gelişen travertenlerden yapılan ince kesitlerde kayacın tamamını kalsit kristallerinin oluşturduğu belirlenmiştir. Tek nikelde, röliyef pleokroizması ve dilinimleri tipiktir. Çimento türü mozaik olup, bu çimento birincil evrede gelişen çimento üzerinde uyumsuz olarak gelişmiştir. Her iki çimento kristalleri arasında şekil, boyut ve yönlenme bakımından belirgin bir uyumsuzluk bulunmaktadır. Mozaik çimento düşük Mg oranını gösterir.



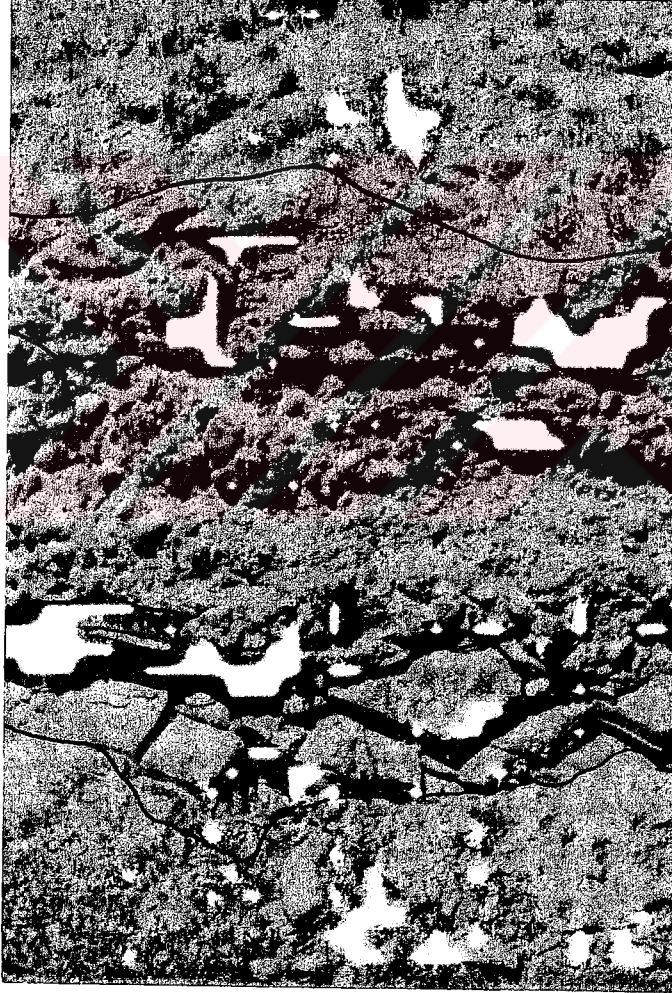
Şekil 20. Travertenlerin ince kesit görüntüsü

### 3.1.7. Yamaç Molozu

Çoğunlukla Kalecik çevresinde görülen yamaç molozları, küçük alanlar kaplamaktadır. Elemanlarının boyutu genellikle 10 cm'yi aşmamaktadır. Travertenlerin üzerine gelen yamaç molozları Kuvaterner yaşlıdır.

### 3.1.8. Alüvyon

Akarsu yatakları boyunca gözlenen alüvyonlar, vadiler boyunca dar alanlar kaplamaktadır. Çalışma alanında en geniş yayılım Hasköy çevresinde görülmektedir. Yaşı Kuvaterner olan alüvyonlar, blok, çakıl, kum, silt ve kil türü malzemelerden oluşmaktadır.



Şekil 21. Kumlu kireçtaşları üzerinde bulunan taraça, traverten ve yamaç molozu

### 3.2. Bölgenin Tektoniği

Çalışma alanı ve çevresi, geçirmiş olduğu tektonik faaliyetler sebebiyle oldukça ilgi çekici bir yapıya sahiptir.

Çalışma alanını da içine alan Doğu Pontid'lerde tektonizmayı, sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı faylar ve bunların oluşturdukları blok fay sisteminin kontrol etmektedir.

Mesozoyik döneminde Liyas ve Kretase'deki çok safhalı riftleşmeyi ve tektonik rejimi, neptünyen daykları doğrulamaktadır. Doğu Pontid'lerde Malm-Erken Kretase yaşlı havzaların, karbonat platformundan pelajik ortama geçiş döneminin Albiyen ve Kampaniyen yaş aralığını kapsadığı ve ofiyolitik melanjin söz konusu karbonat platformu üzerinde sedimanter dokanakla geliştiği bilinmektedir. Neptünyen dayklarının kinematik analizleri, Mesozoyik havzalarının oluşumunu sağlayan KB doğrultulu sağ yönlü ve KD doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı fayların, bu dönemde çalışan D-B doğrultulu sol yönlü wrench fayının bileşenleri olduğunu ortaya koymuşlardır (Bektaş ve Çapkinoğlu,1997) (Şekil 22).

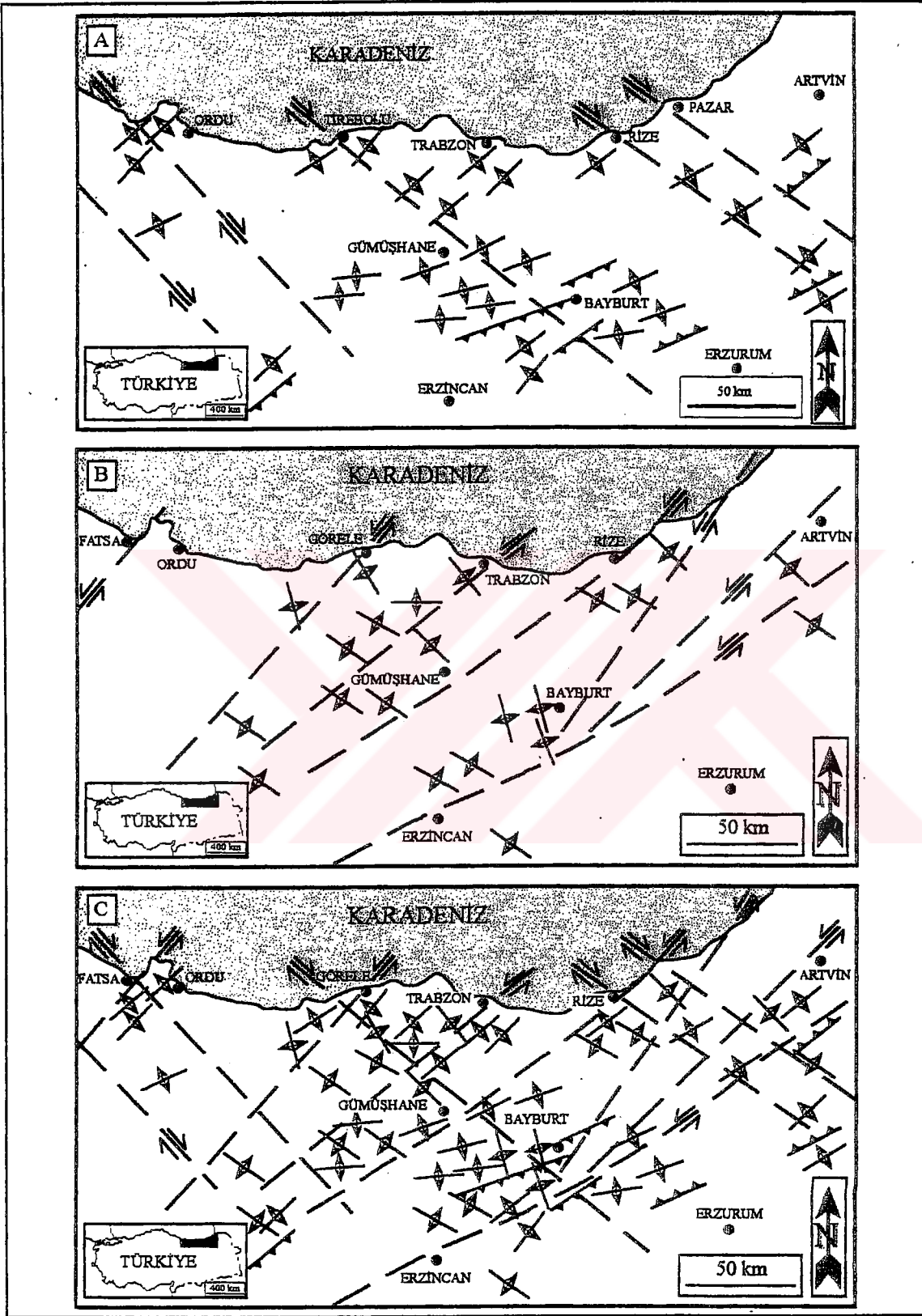
#### 3.2.1. Çatlaklar

Çalışma alanında, çatlaklar, her birim için ayrı ayrı incelenmiştir.

Liyas yaşlı volkanik birimler aşırı çatlaklı bir görünüme sahiptir. Dasitlerde gelişen çatlakların açıklıklarının 1-15 cm arasında değiştiği , bu çatlakların genellikle kil dolgulu olduğu görülmüştür. Ayrıca bu birimden alınan 100 çatlak ölçüsü yardımıyla çatlak-kontur diyagramı hazırlanmış ve yorumlanmıştır. Çatlak açıklıkları 0,5-8 cm arasında değişen bazalt ve andezitlerde, çatlakların arası volkanik birimlerin ayrışma ürünü olan killerle doludur.

Masif ve az çatlaklı bir yapı gösteren Berdiga Formasyonu'nda, çatlaklar çoğunlukla dolgusuzdur. Özellikle faylı bölgelerde çatlak sıklığı artmaktadır.

Berdiga Formasyonu'nda olduğu gibi az çatlaklı olan Üst Kretase flişlerinde de, fay zonlarına yakın bölgelerde çatlak sıklığı artmaktadır. Açıklıkları 0,2-3 cm arasında değişen çatlaklar genellikle kil, silt dolguludur.



Şekil 22. Doğu Pontidler'de eşlenik doğrultu atımlı sağ yönlü (A) ve sol yönlü (B) fay ve kıvrım sistemleri ve bunların oluşturduğu blok-fay tektoniği (Bektaş ve Çapkınoğlu, 1997)

### 3.2.2. Faylar

Çalışma alanında 1/35 000 ölçekli hava fotoğraflarından yararlanılarak yedi adet düşey fay belirlenmiştir.

F<sub>1</sub> fayı: Nivena Vadisi boyunca uzanmaktadır. Fay 1/35 000 ölçekli hava fotoğraflarında net bir şekilde görülmektedir. KD-GB doğrultulu olan fay yaklaşık 5 km'dir. Fayın düşey atımı 20 metre olarak belirlenmiştir. Fay çeşitli mineralli su kaynaklarının oluşmasını denetlemektedir.

F<sub>2</sub> fayı: 1/35 000 ölçekli hava fotoğraflarında net bir şekilde görülen bu fay, verev atımlı düşey bir faydır. Fay, Kalecik Köyü'nde F<sub>1</sub> fayı ile kesişmiş ve F<sub>1</sub> fayını yaklaşık 90 metre ötelemiştir. Bölgede gelişen mineralli su kaynakları ve gelişimini henüz tamamlamamış olan karstik koni, bu iki fayın kesişme noktasında gelişmiştir. Üst Kretase yaşlı birim içinde bulunan fayların kesiştiği bölgede, tabakalar aşırı kıvrımlanmış ve yaklaşık düşeye yakın bir eğim kazanmıştır. Bunun yanı sıra flişler faylı olmayan bölgelere kıyasla daha kırılğan bir yapı göstermektedir.

F<sub>3</sub> fayı: Bozkaya Tepesi'nde Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasında bulunan bu fay, DB doğrultulu ve yaklaşık 3 km'dir. Eğimli topografik şevler oluşturan bu fayın düşey atımı 50 metre olarak belirlenmiştir. Hidrojeolojik açıdan önemli değildir.

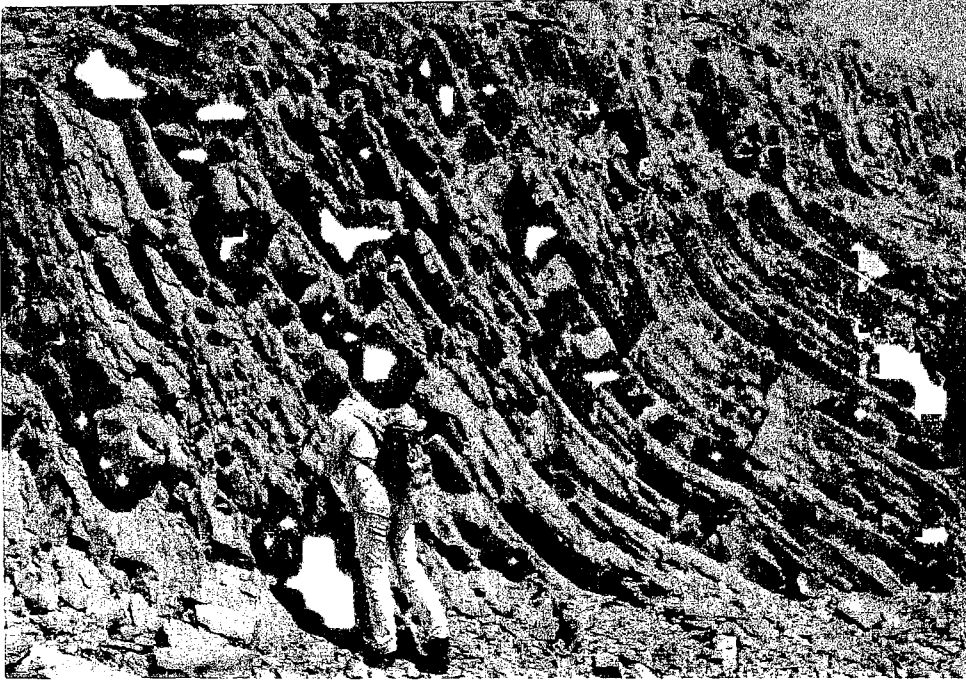
F<sub>4</sub> ve F<sub>5</sub> fayı: Hişte ve Konak Mahalleleri'nde görülen düşey faylar, hidrojeolojik açıdan bir öneme sahip değildir. Kermutdere Formasyonu ile Berdiga Formasyonu arasında dokanak oluşturan fayların düşey atımı belirlenememiştir.

F<sub>6</sub> ve F<sub>7</sub> fayı: Tenha Tepesi'nde gelişen bu faylar arazi çalışmaları sırasında çok net bir şekilde görülmektedir. Bu bölgede, yüksek yarlar şeklinde görülen Berdiga Formasyonu'nun aniden kesilip, başka bir bölgede devam etmesi fayların tanınmasını kolaylaştırır. F<sub>6</sub> fayının düşey atımı 150, F<sub>7</sub> fayının düşey atımı 100 metre olarak belirlenmiştir.



Şekil 32. 1/35 000 ölçekli hava fotoğrafı





Şekil 24.  $F_1$  ve  $F_2$  fayının kesiştiği bölgede, dike yakın eğim kazanmış kumlu kireçtaşları

### 3.2.3. Kıvrımlar

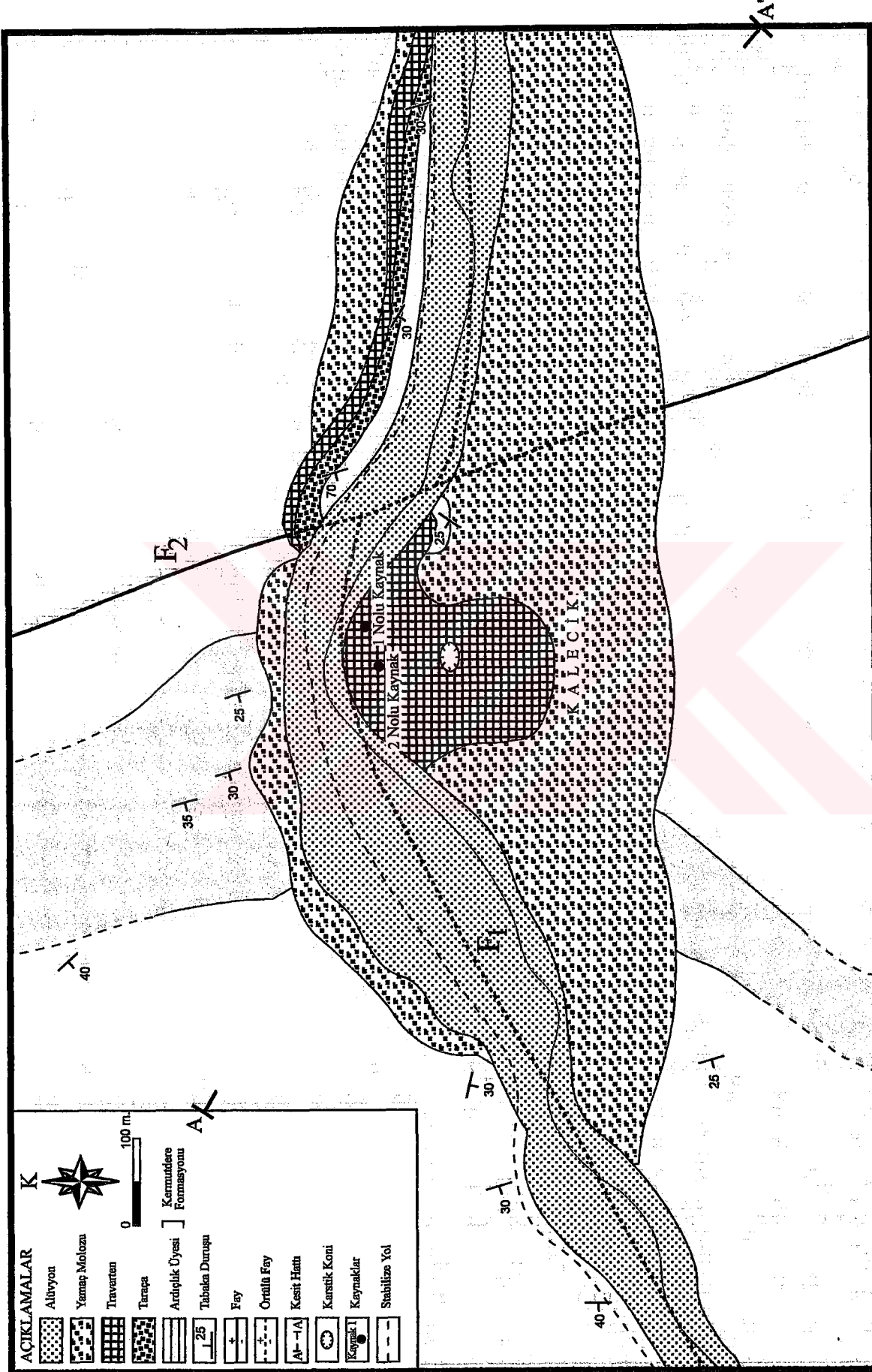
Yapılan saha çalışmaları sonucunda, çalışma alanında dört adet kıvrım tespit edilmiştir. Bunlardan  $A_1$  kıvrımı KD-GB doğrultulu, KD ya dalımlı bir antiklinal,  $A_2$  kıvrımı yaklaşık K-G doğrultulu bir senklinal,  $A_3$  kıvrımı, D-B doğrultulu bir antiklinal ve  $A_4$  kıvrımı çalışma alanını boydan boya kat eden, KD-GB doğrultulu, KD'ya dalımlı bir senklinaldir.

## 3.3. Karst Hidrojeolojisi

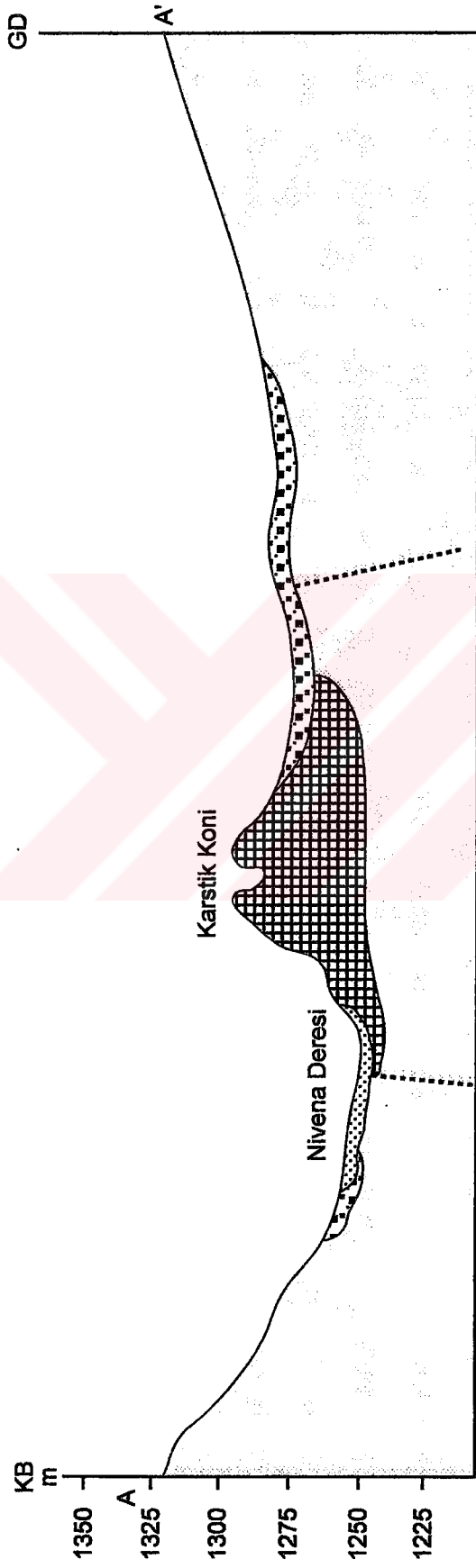
### 3.3.1. Giriş

Kalecik mineralli su kaynaklarının ve karstik yapıların hidrojeolojik olarak incelenmesindeki amaç, kaynağın beslenme, köken, oluşum, fiziko-kimyasal özellikleri ve karstik oluşumların tektonik hatlarla ilişkisinin belirlenmesidir. Bu amaçla, 1/25 000 lik jeolojik haritanın yanı sıra daha ayrıntılı 1/5 000 lik jeolojik harita ve kesitler hazırlanmış, suyun özelliklerini belirlemek amacıyla kimyasal analizler ve yerinde ölçümler yapılmıştır.

Kalecik mineralli su kaynakları, Gümüşhane İli, Torul İlçesi'ne bağlı Kalecik Köyü merkezinde, yaklaşık 1220 ve 1230 metre kotlarında yüzeye çıkmaktadır. Kaynağa ait iki çıkış yeri belirlenmiştir (Şekil 27 ve 28). Her iki kaynak, önceden yine bu kaynaktan çıkan suların oluşturduğu, travertenin çatlaklarından yüzeye çıkmaktadır.



Şekil 25. Karstik Koni yakın çevresinin jeoloji haritası



Şekil 26. Karstik koni yakın çevresinin A-A' jeolojik kesiti



Şekil 27. Kalecik Köyü'nde yaklaşık 1220 metre kotunda yüzeye çıkan 1 nolu mineralli su kaynağı

Çalışma alanındaki karstik koni etrafındaki travertenin çapı yaklaşık 200 metre, kalınlığı ise 48 metredir.

Travertenler iki ayrı yolla oluşabilir.

Bunlardan ilki,  $\text{CaCO}_3$  içeriği yüksek olan sularda, buharlaşma etkisiyle  $\text{CaCO}_3$  içeriğinin yükselmesidir. Bu sayede oluşan kayalara evaporit adı verilir.

İkinci tür oluşum,  $\text{CO}_2$  basıncının, atmosferdeki kısmi  $\text{CO}_2$  basıncından yüksek olduğu durumda,  $\text{CO}_2$  gazının ayrılarak, ortamın  $\text{CaCO}_3$ 'a aşırı doymun hale gelmesi şeklinde gelişir.

Kalecik Köyü'nde gelişen travertenler, ikinci tür oluşuma güzel bir örnektir.



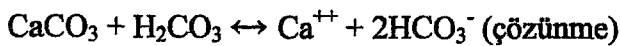
Şekil 28. Kalecik Köyü'nde yaklaşık 1230 metre kotunda yüzeye çıkan 2 nolu mineralli su kaynağı

Karstlaşma genel anlamda, kimyasal çözünmeden çok fazla etkilenen kayaların meydana getirdiği özel arazi şekilleridir.

Karstlaşabilir kayalar ise, çözünabilirliği, doğal sularda en yüksek değere ulaşan kayalardır. Bu durumda, karstlaşmaya en uygun kayalar karbonatlı kayalardır.

Karbonatlı bir kayaç olan kireçtaşının, iki ana bileşeni olan kalsit ve dolomitin saf suda çözünürlüğü az olmasına rağmen, doğal suların çözücülüğü asit içeriği ile artmaktadır. Kalsit ve dolomitin çözünmesinde en önemli etken, karbondioksitin suda çözünmesiyle oluşan karbonik asittir. Çözünme süreci, Şekil 29'deki gibi gerçekleşmektedir.

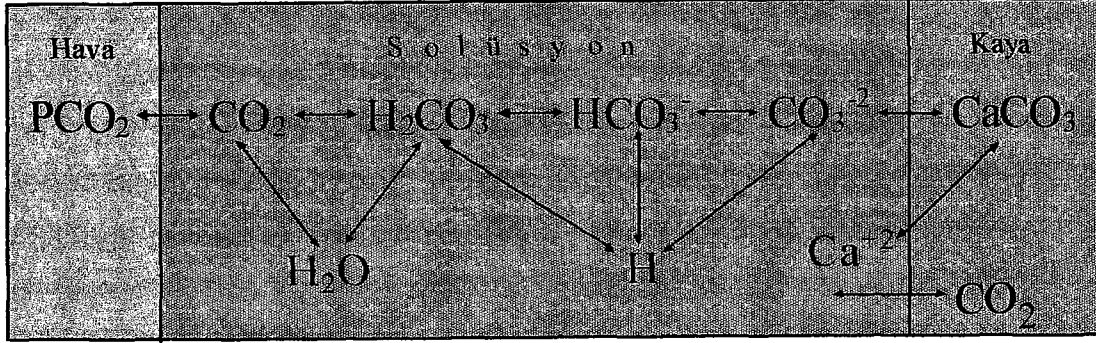
Şemada görüldüğü gibi karbonik asidin oluşumu ile karbonatlı kayaların çözümleri aşağıdaki reaksiyonlarla kontrol edilmektedir.



Tersinir olan bu reaksiyonların soldan sağa devam etmesi ile karstlaşma, sağdan sola devam etmesi ile ise traverten çökelişi gerçekleşmiştir.

Kaynak sularının yeryüzüne çıktığı bölgelerde, karbonik asitçe zengin sular, kaynağın çıkış noktasını yaklaşık olarak 10 metre çapında genişletmiş, ve CO<sub>2</sub> kaynağının tükenmesi

sonucunda traverten çökelişi gerçekleşmiştir. Traverten çökelişininin devamı ise karstik koninin oluşumuna olanak kılmıştır.



Şekil 29. Karbonatlı kayaların çözünme sürecinin akım şeması

### 3.3.2. Birimlerin Geçirirliği

Çalışma alanında bulunan birimlerin, litolojilerine ve geçirirlilik özelliklerine göre, karstlaşmaya uygun olup olmadıkları incelenmiştir. Bu amaçla birimler, geçirirli, geçiririmsiz ve yarı geçirirli birimler olarak üçe ayrılmıştır.

Alüvyon ve travertenler, çalışma alanı ve çevresinde geçirirliği en yüksek birimlerdir.

Kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu'nun, içerdiği çatlaklar ve faylar boyunca geçirirliliği yüksektir. Yer altı suyu, çatlak ve fay zonları boyunca hareket ederken, kayada çözünmeye neden olduğu için birim, karstlaşma açısından da önem taşır.

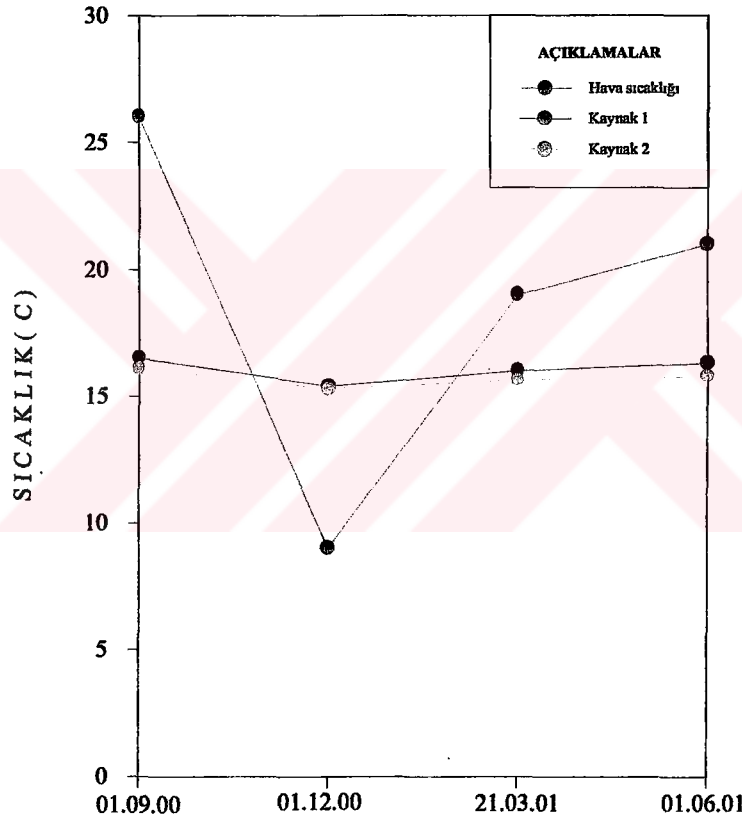
Bölgesel ölçekte düşünüldüğünde, fliş karakterindeki birimler, içerdikleri kil, silt gibi ince taneli malzemeler nedeniyle geçiririmsiz kayalar sınıfına girmektedir. Fakat çalışma alanı ve çevresinde, fliş özelliğindeki Kermutdere Formasyonu kumlu kireçtaşlarının bulunduğu kesimlerde, yeraltı suyu açısından yarı geçirirlidir. Çalışma alanında bulunan bir çok kaynak ve mineralli su, bu birimden yüzeye çıkmaktadır. Fakat karstlaşma açısından incelendiğinde, birim saf kireçtaşlarından oluşmadığı için sınırlı karstlaşma özelliğine sahiptir.

Çalışma alanı ve çevresindeki geçiririmsiz birimler ise Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'nda bulunan kiltası, siltaşı ve Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu'nu oluşturan volkanik kayalardır.

### 3.3.3. Analizler ve Ölçümler

#### 3.3.3.1. Karstik Kaynakların Sıcaklığı

Kalecik mineralli su kaynağının sıcaklığının, değişen mevsimsel koşullarla ilişkisini tespit etmek amacıyla değişik tarihlerde sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda 1 nolu kaynağın sıcaklığının 15,4 °C ile 16,5 °C arasında, 2 nolu kaynağın sıcaklığının ise 15,3 °C ile 16,1 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Hava sıcaklığı ile kaynak sıcaklığı arasındaki ilişki Şekil 30'da verilmiştir. Buradan havadaki ısı değişimleriyle kaynak sıcaklıklarının birbirine paralellik gösterdiği, ancak kaynak suyu sıcaklıklarının, atmosfer sıcaklığındaki ani değişikliklerden etkilenmediği anlaşılmıştır.

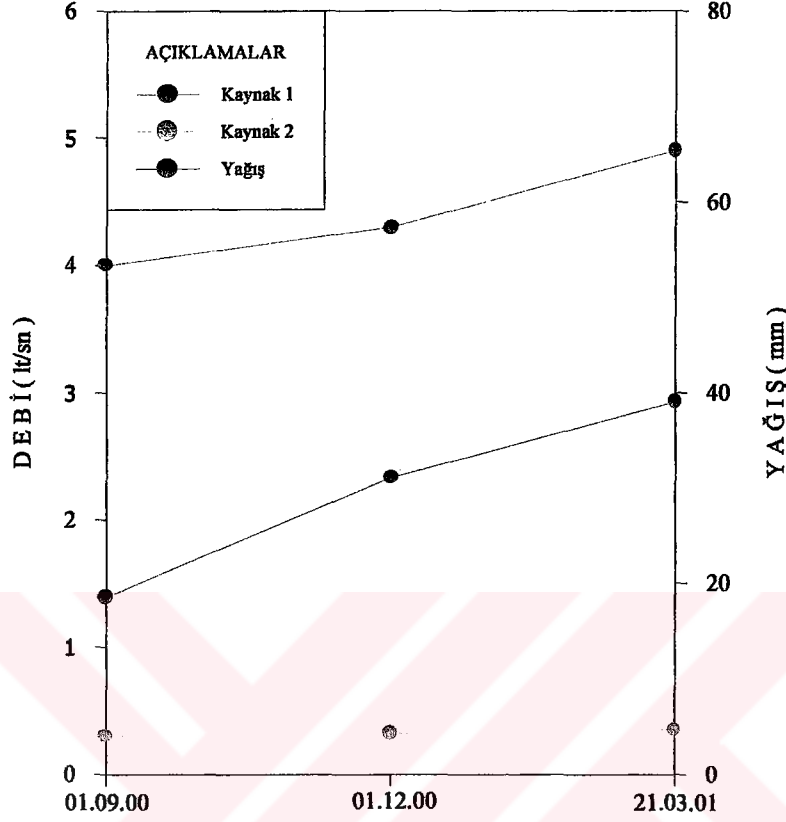


Şekil 30. Hava sıcaklıkları ile kaynak sıcaklıkları arasındaki ilişki

#### 3.3.3.2. Kaynağın Debisi

Kalecik Köyü mineralli su kaynaklarına ait debi değerleri, değişik tarihlerde ölçülmüş ve debi artışının, mevsimsel yağışlardan azda olsa etkilendiği belirlenmiştir. Kaynak 1'in debisi 4,0 ile 4,9 lt/sn arasında, Kaynak 2'nin debisi 0,3 ile 0,35 lt/sn arasında değişmektedir. Değişik tarihlerde ölçülen debi ve yağış arasındaki ilişki Şekil 31'de verilmiştir. Bu tarihler arasında, yağıştaki artış miktarı % 50 olmasına karşın 1 nolu kaynakta debinin ancak % 18, 2 nolu kaynakta ise % 14 arttığı görülmüştür. Bu da yüzey

sularının, kaynak sularına yüzeye yakın kısımlarda ve az miktarda karıştığını göstermektedir.



Şekil 31. Debi ve yağış arasındaki ilişki

### 3.3.3.3. Kaynağın pH Değeri ve Elektriksel İletkenliği

Kalecik Köyü 1 ve 2 nolu mineralli su kaynaklarından alınan örneklerin pH değerleri sırasıyla 6,67 ve 6,55 olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik ise her iki kaynak içinde  $1000 \text{ EC } (25^\circ) \times 10^6$  dir.

### 3.3.3.4. Kaynağın Fiziko-Kimyasal Özellikleri

Hidrojeolojik çalışmalarda, suyun fiziko-kimyasal özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşır. Bu amaçla 1 ve 2 nolu kaynağın içerdiği iyonların kimyasal analizler, Köy Hizmetleri 11. Bölge Müdürlüğü Kimya Laboratuvarı ve Acme (Kanada) Kimya Laboratuvarı'nda yaptırılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3, 4 ve 5'te verilmiştir.

Bu tablolardan yararlanarak 1 nolu kaynak için toplam çözünmüş madde miktarı 1431,5 mg/lt, 2 nolu kaynak için ise 1426,79 mg/lt bulunmuştur. Hakim iyonlar  $\text{Ca}^{++}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  olarak belirlenmiştir. Buradan anlaşılacağı gibi, her iki kaynak, 1000 mg/lt'den fazla çözünmüş madde içerdiği için "mineralli su" sınıfına girmektedir.



Tablo 3. Alınan su örneklerinin fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Kaynak 1	Kaynak 2	Nivena Çayı
Görünüş	Berrak	Berrak	Berrak
Renk	Renksiz	Renksiz	Renksiz
Koku	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Tat	Minerali su	Minerali su	Normal

Tablo 4. Alınan su örneklerine ait majör element değerleri ve su örneklerinin diğer kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	Kaynak 1		Kaynak 2		Nivena Çayı	
	mg/lt	mek/lt	mg/lt	mek/lt	mg/lt	mek/lt
Ca <sup>++</sup>	262,9	13,145	254,68	12,734	16,4	0,82
Mg <sup>++</sup>	55,8	4,65	59,89	4,991	3,72	0,31
Na <sup>+</sup>	16,8	0,73	16,22	0,705	3,45	0,15
K <sup>+</sup>	2	0,051	2	0,051	0,8	0,021
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1029	16,87	1029	16,87	47	0,77
Cl <sup>-</sup>	58	1,634	58	1,634	7,1	0,2
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	7	0,146	7	0,146	16,08	0,35
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	-	-
PH	6,67		6,55		7,98	
EC (25°) x 10 <sup>6</sup>	1000		1000		130	
Total Tuz (ppm)	640		640		83	
Fransız Sertlik	47		47,1		5,8	
Organik Madde x 0,02/t	2,5		2,2		3,5	

Tablo 5. Su örneklerine ait minör ve iz elementler

Kimyasal Özellikler	Kaynak 1 Mg/lt	Kimyasal Özellikler	Kaynak 1 mg/lt
Ag	<0,005	Mo	0,005
Al	0,2	Ni	0,015
As	<0,03	P	0,02
B	<0,536	Pb	<0,01
Ba	<0,028	Sb	<0,01
Be	<0,002	Se	<0,02
Bi	<0,02	Si	11,07
Cd	0,002	Te	<0,01
Ce	<0,03	Ti	<0,01
Co	<0,005	Tl	<0,01
Cr	<0,02	U	<0,05
Cu	0,005	V	<0,01
Fe	0,07	W	<0,01
Li	<0,05	Zn	0,201
Mn	<0,01		

Tablo 6. Suların serliğe göre sınıflandırılması

FRANSIZ SERTLİĞİ	SUYUN SINIFI
0-7	Çok yumuşak
7-14	Yumuşak
14-22	Az sert
22-30	Oldukça sert
30-54	Sert
54'den fazla	Çok sert

Tablo 6'da suların sertlik değerlerinin, 1 nolu kaynak için 47, 2 nolu kaynak için 47,1 olduğu görülmektedir. Yukarıdaki tablodan yararlanarak suların "sert sular" sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.

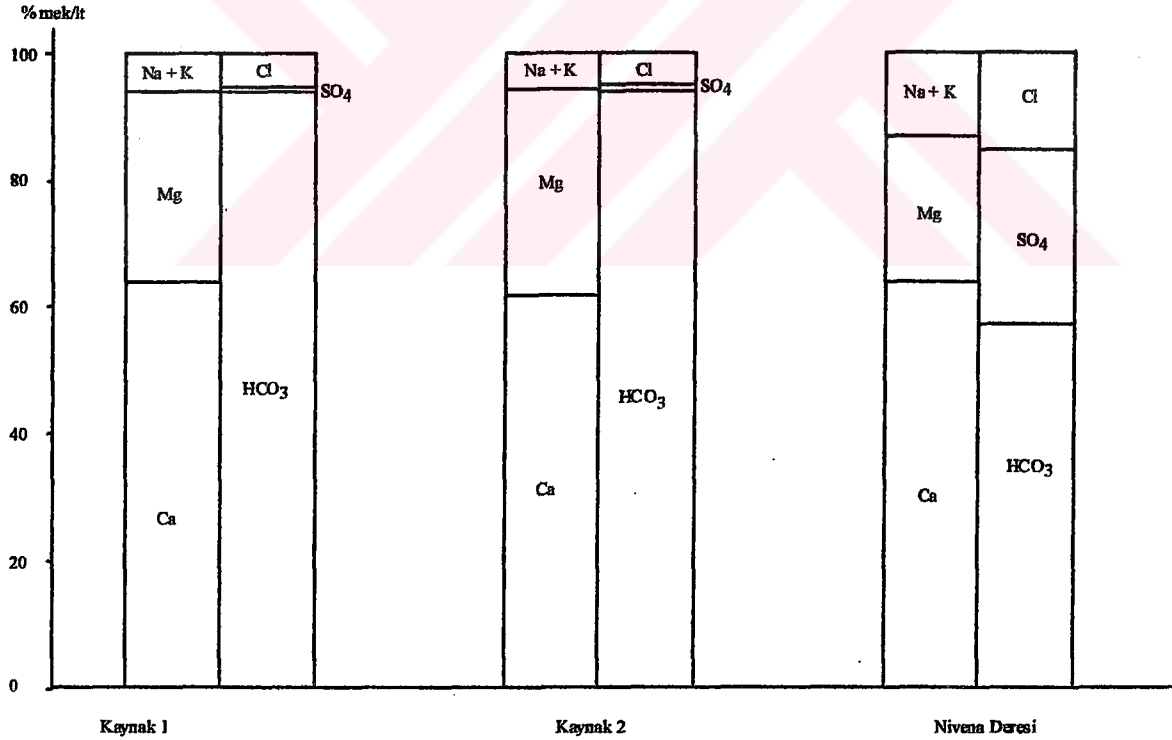
Kimyasal analiz sonuçlarından, suyun bileşiminde en fazla Ca, Mg ve HCO<sub>3</sub> iyonlarının olduğu belirlenmiştir. Topografik havza koşulları göz önünde bulundurulduğunda, kalsiyum hemen hemen tüm birimlerden, magnezyum Eosen, Lias ve Üst Kretase yaşlı volkanik birimlerden, suyun bileşimine girmektedir. CO<sub>3</sub> ise Berdiga Formasyonu, metamorfik birimler ve flişlerden suyun bileşimine katılmaktadır (Tablo 7).

Tablo 7. Birimlerden suyun bileşimine katılabilecek elementler

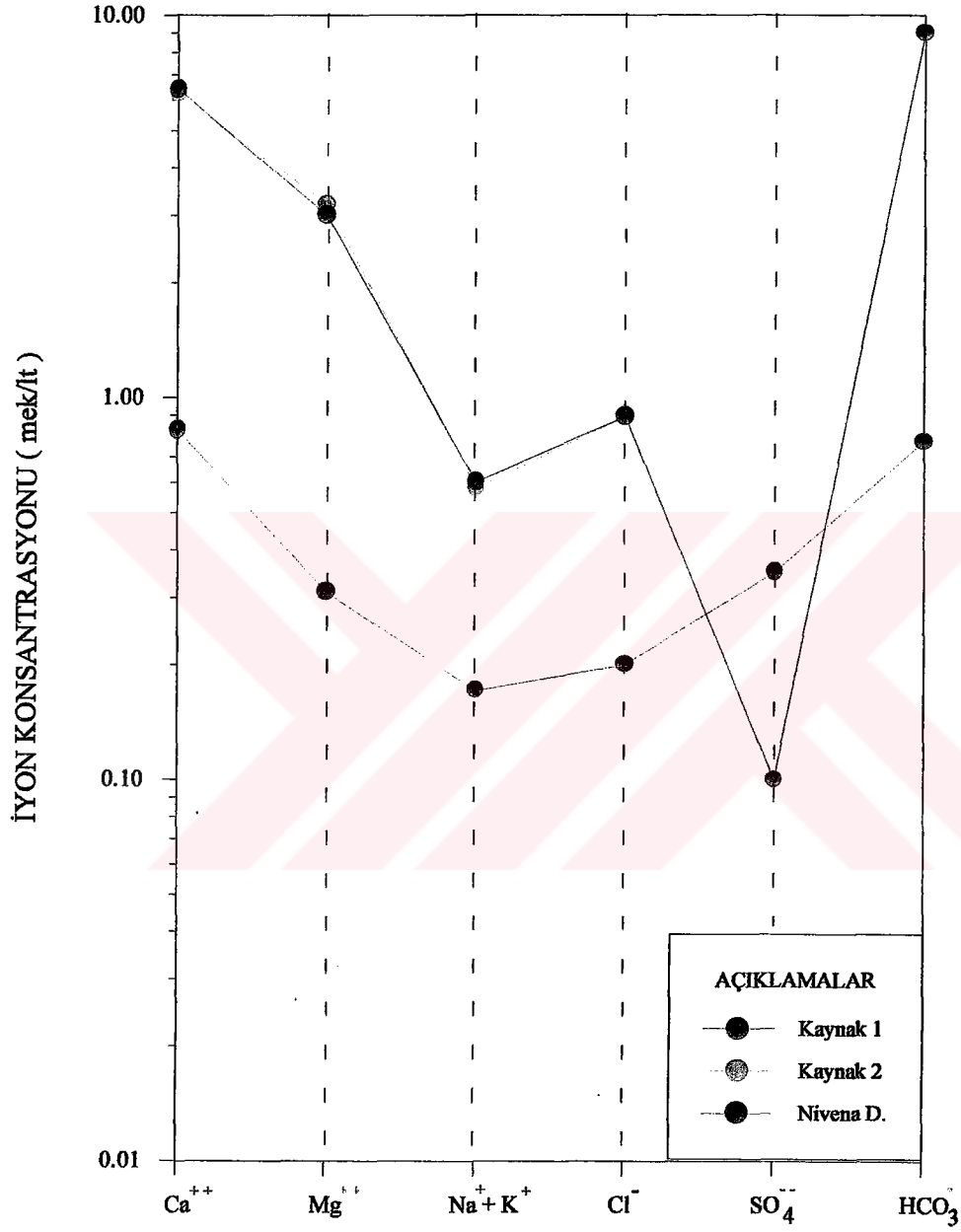
Formasyon Adı	Alibaba	Kermutdere	Gümüşhane Granitoyidi	Zimonköy	Berdiga	Pulur Metamorfitleri
Kayaç Adı	Bazalt, andezit	Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, bazik ve andezitik dayk	Granit, dasit	Bazalt, andezit	Kireçtaşı	Gnays, fillat, mermer, metabazalt
Mineraller	Anortit, ojit, olivin	Kalsit, anortit, horblend, biyotit	Ortoklas, albit, biyotit horblend,	Anortit, albit, ojit, horblend, biyotit	Kalsit	Ortoklas, albit, horblend, biyotit, muskovit, kalsit
Element	Ca, Mg	Cl, SO <sub>4</sub> , Na, CO <sub>3</sub>	K, Na, Ca	Ca, Mg, K, Na	Ca, CO <sub>3</sub>	Ca, K, Na, CO <sub>3</sub>

### 3.3.3.5. Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar

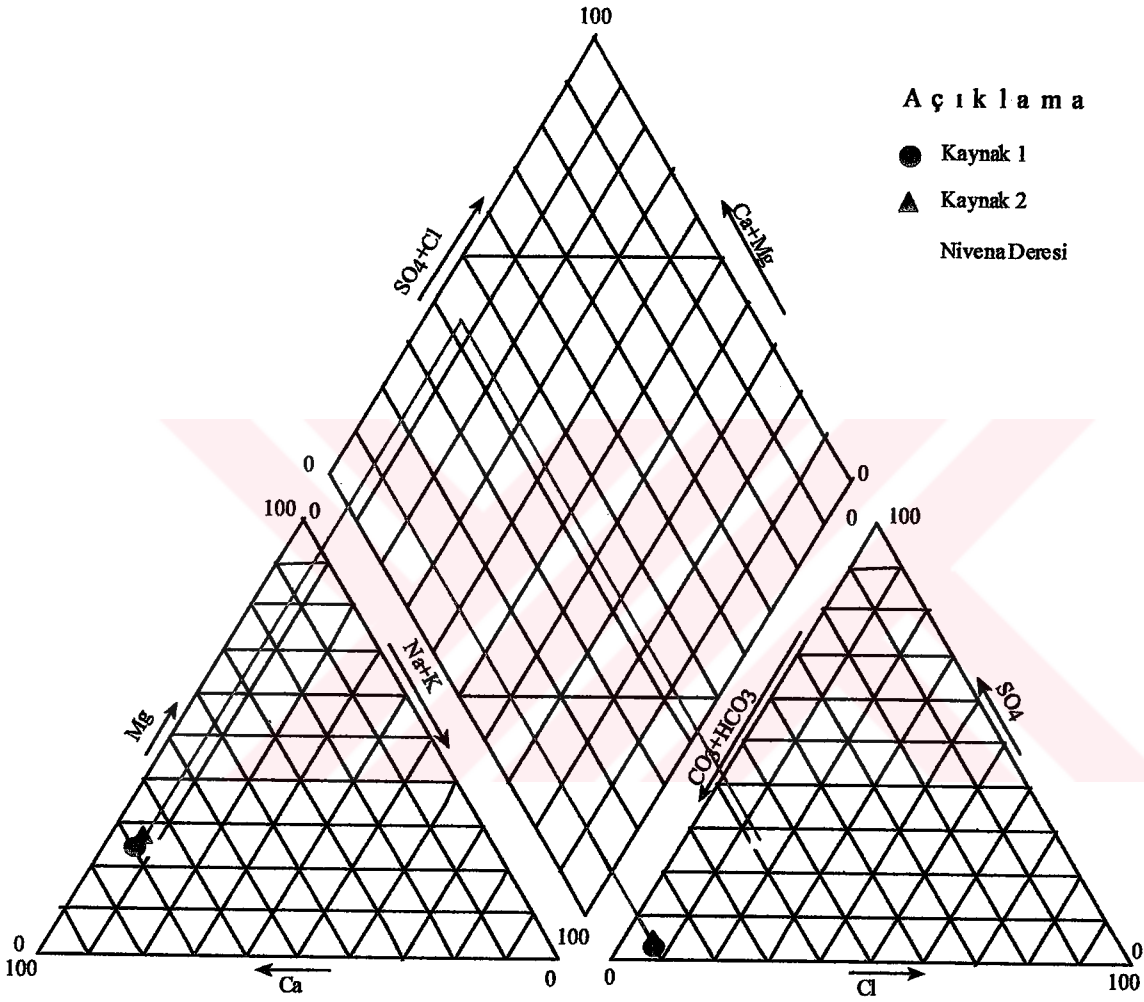
Tablo 4'te verilen analiz sonuçları yardımıyla çizilen kolon diyagramı Şekil 32'de, yarı logaritmik (schoeller) diyagramını Şekil 33'te, piper diyagramını ise Şekil 34'te verilmiştir.



Şekil 32. Alınan su örneklerine ait kolon diyagramları.



Şekil 33. Alınan su örneklerine ait yarı logaritmik diyagram



Şekil 34. Alınan su örneklerine ait piper diyagramı

Bu diyagramların incelenmesinden, majör iyonların 1 ve 2 nolu mineralli su kaynakları için  $rCa^{++} > rMg^{++} > rNa^+ + rK^+$ ,  $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^{--}$  şeklinde sıralandığı, kaynak sularının aynı kökenden geldiği ve aynı bileşimli olmasına karşın, kaynak suları ile Nivena Deresi suyunun birbirlerinden çok farklı olduğu görülmüştür.

Piper diyagramına göre ise, sular, “karbonat sertliği % 50’den fazla olan sular” sınıfına girmektedir.

### 3.3.4. Kaynak Sularının Kalsit ve Dolomite Doygunluğunun Hesaplanması

#### 3.3.4.1. Kalsite Doygunluğunun Hesaplanması

Mineralli suların kalsite ( $CaCO_3$ ) doygunluğu hesaplanırken ilk adım iyonların molalite değerlerinin bulunmasıdır. İyonların molalite değerleri aşağıda verilen formül yardımıyla belirlenmektedir.

$$\text{molalite ( M )} = (\text{ppm} \times 10^{-3}) / \text{Formül Ağırlığı}$$

1 ve 2 nolu mineralli su kaynaklarından alınan örneklere ait iyonların ppm cinsinden değerleri Tablo 4’te verilmiştir.

Çözeltilerin iyonik şiddet ( I ) değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir ;

$$I = 1 / 2 ( \sum m Z^2 )$$

Burada ;

I = iyonik şiddet

m = iyonların molalite cinsinden miktarı

Z = iyon yükü

Alınan su örneklerindeki majör iyonlar için I değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır ;

$$I = 1 / 2 [ 4 (Ca^{++}) + 4 (Mg^{++}) + (Na^+) + 4 (SO_4^-) + (Cl^-) + (HCO_3^-) ]$$

Burada ;

I = iyonik şiddet

( ) = iyonların molalite değerleridir.

Buna göre,

1 ve 2 nolu kaynak için I = 0,045 olarak hesaplanmıştır.

Mineralli su kaynaklarına ait iyonik şiddet değerleri kullanılarak iyonlara ait aktivite katsayısı ( $\gamma$ ) Şekil 35’te verilen abaktan belirlenmiştir. Bulunan değerler Tablo 8 ve 9’da verilmektedir.

Sıcak su kaynaklarındaki iyonlar için aktivite katsayısı değerleri belirlendikten sonra her iyon için aktivite (a) değeri hesaplanmaktadır. Aktivite değeri aşağıda verilen formül ile belirlenmektedir.

$$a_i = m_i \times \gamma_i$$

burada

$a_i$  : kaynaktaki i bileşenin aktivitesi

$m_i$  : kaynaktaki i bileşenin molalite cinsinden konsantrasyonu

$\gamma_i$  : kaynaktaki i bileşenin aktivite katsayısıdır.

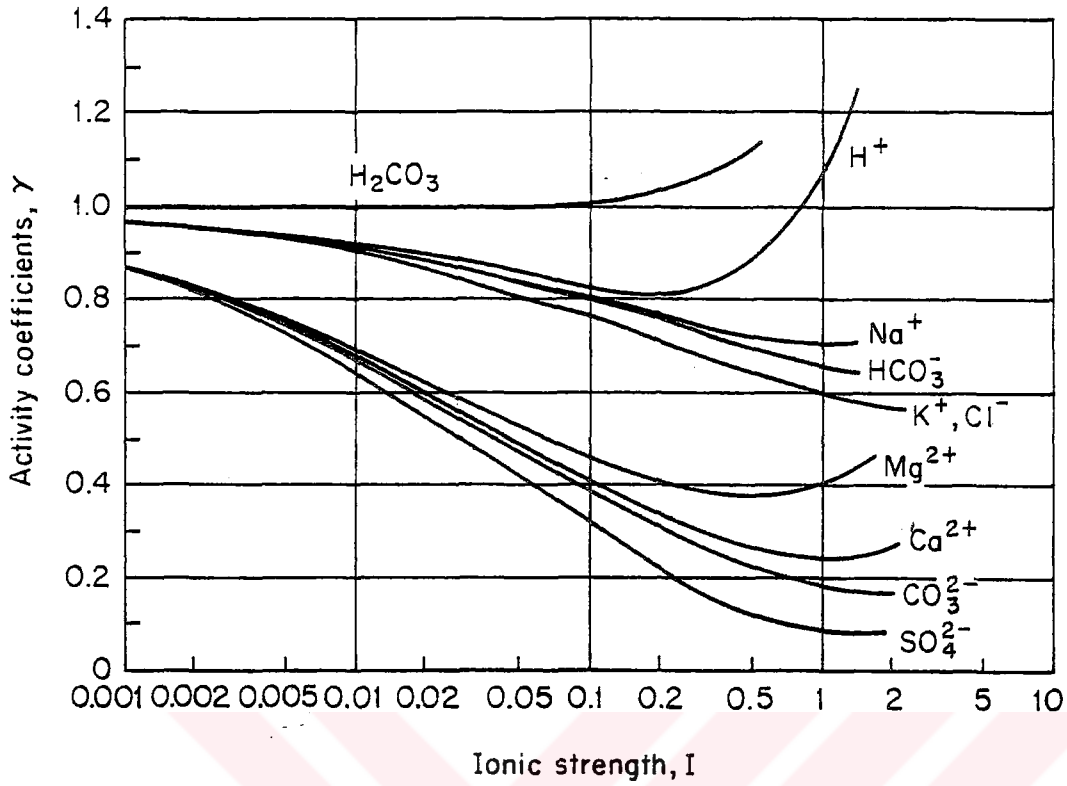
İncelenen su örneklerindeki majör iyonlara ait hesaplanan aktivite değerleri tablo verilmektedir.

Tablo 8. Kaynak 1 için hesaplanan M,  $\gamma$  ve a değerleri

KAYNAK 1			
İYONLAR	Molalite ( M ) x 10 <sup>-3</sup>	Aktivite Katsayısı ( $\gamma$ )	Aktivite ( a ) x 10 <sup>-3</sup>
Ca <sup>++</sup>	6,57	0,5	3,285
Mg <sup>++</sup>	2,33	0,53	1,235
Na <sup>+</sup>	0,73	0,83	0,61
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,87	0,8	13,5
Cl <sup>-</sup>	1,634	0,8	1,3
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,146	0,46	0,067

Tablo 9. Kaynak 2 için hesaplanan M,  $\gamma$  ve a değerleri

KAYNAK 2			
İYONLAR	Molalite ( M ) x 10 <sup>-3</sup>	Aktivite Katsayısı ( $\gamma$ )	Aktivite ( a ) x 10 <sup>-3</sup>
Ca <sup>++</sup>	6,367	0,5	3,184
Mg <sup>++</sup>	2,495	0,53	1,32
Na <sup>+</sup>	0,705	0,83	0,59
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,87	0,8	13,5
Cl <sup>-</sup>	1,634	0,8	1,3
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,146	0,46	0,067



Şekil 35. Aktivite katsayısı-İyonik şiddet abağı (Freeze, Cherry, 1979)

Termodinamiğin yasalarına göre suların kalsite doygunluğunun belirlenmesinde aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır.

$$S_i = Q_{\text{kalsit}} / K_{\text{kalsit}}$$

Burada ;

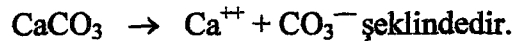
$S_i$  = doygunluk indeksi

$Q$  = reaksiyon oranı

$K$  = denge sabiti

olarak tanımlanmaktadır.

Kalsitin çözünme reaksiyonu,



Burada,

$$Q_{\text{kalsit}} = [Ca^{++}] [CO_3^{--}] = a_{Ca^{++}} \times a_{CO_3^{--}} \text{ olarak ifade edilmektedir.}$$

[ ] = etkin konsantrasyon değeridir.

Buradan ;

$$S_i = [Ca^{++}] [CO_3^{--}] / K_{CaCO_3} \text{ ifadesi elde edilmektedir.}$$

$$S_i = (a_{Ca^{++}}) (a_{CO_3^{--}}) / K_{CaCO_3} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$





$K_{\text{HCO}_3^-} = [\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}] / [\text{HCO}_3^-] = (\text{aH}^+) (\text{aCO}_3^{2-}) / (\text{aHCO}_3^-)$  ifadesi elde edilir.

Buradan ;

$(\text{aCO}_3^{2-}) = K_{\text{HCO}_3^-} \times (\text{aHCO}_3^-) / (\text{aH}^+)$  şeklinde yazılmaktadır.

$\text{CaCO}_3$ 'e doygunluğun hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$S_i = (\text{aCa}^{++}) \times K_{\text{HCO}_3^-} \times (\text{aHCO}_3^-) / K_{\text{CaCO}_3} \times (\text{aH}^+)$$

$\text{CaCO}_3$ 'e doygunluğun hesaplanmasında kullanılan iyonların logK cinsinden değerleri

Tablo 10 yardımıyla belirlenmiştir.

1 ve 2 nolu mineralli su kaynağının 16 °C sıcaklığı için tablo değerlerden enterpolasyonla hesaplanan  $K_{\text{HCO}_3^-}$  ve  $K_{\text{CaCO}_3}$  değerleri aşağıda verilmektedir.

$$K_{\text{HCO}_3^-} = 3,806 \times 10^{-11}$$

$$K_{\text{CaCO}_3} = 5,87 \times 10^{-9}$$

Tablo 10. Su kaynaklarında bulunan iyonların  $\log K_{\text{HCO}_3^-}$  ve  $\log K_{\text{CaCO}_3}$  değerleri (Robert M. Garrels, Charles L. Christ, 1965)

Sıcaklık °C	$-\log K_{\text{HCO}_3^-}$	$-\log K_{\text{CaCO}_3}$
0	10,62	8,02
5	10,56	8,09
10	10,49	8,15
15	10,43	8,22
20	10,38	8,28
25	10,33	8,34
30	10,29	8,40
40	10,22	8,52
50	10,17	8,63
80	10,12	8,98

Buradan 1 nolu mineralli su kaynağı için,

$$S_i = 1,356$$

2 nolu mineralli su kaynağı için,

$$S_i = 1,247$$

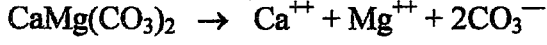
olarak hesaplanmıştır.

$S_i > 1$  olduğu için kaynak suları kalsite doygundur. Fakat bu değer 1'e çok yakın olduğu için (denge durumu) kaynakların çevresinde çok az miktarda mineral çökeli mi meydana gelebilir.

### 3.3.4.2. Dolomite Doygunluğun Hesaplanması

Minerali su kaynaklarının  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 'ye (dolomit) doğunluğunun hesaplanmasında kullanılan ifadeler aşağıda verilmektedir.

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 'nin ayrışma denkleminde ;



Buradan,

$$Q_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2} = [\text{Ca}^{++}][\text{Mg}^{++}][\text{CO}_3^{-}]^2 \text{ yazılabilir.}$$

$$S_i = Q_{\text{dolomit}} / K_{\text{dolomit}}$$

$$S_i = [\text{Ca}^{++}][\text{Mg}^{++}][\text{CO}_3^{-}]^2 / K_{\text{dolomit}} \text{ elde edilmektedir.}$$

Bu ifadeye  $(\text{CO}_3^{-})_2$  eşitliği yerine yazıldığında ;

$$S_i = [(\text{Ca}^{++})(\text{Mg}^{++}) / K_{\text{dolomit}}] \times [\text{K}_{\text{HCO}_3} \times (\text{aHCO}_3) / (\text{aH}^+)]^2 \text{ elde edilmektedir.}$$

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 'ye doğunluğun hesaplanmasında kullanılan iyonların logK cinsinden değerleri Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11. Dolomitin  $\log K_{\text{dolomit}}$  değerleri ( şahinci, 1991)

Sıcaklık $^{\circ}\text{C}$	$-\log K_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2}$
0	16,56
5	16,63
10	16,71
15	16,79
20	16,89

1 ve 2 nolu minerali su kaynakları için

$$\text{K}_{\text{HCO}_3} = 3,806 \times 10^{-11}$$

$$\text{K}_{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2} = 1,555 \times 10^{-17} \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

Buradan 1 nolu minerali su kaynağı için,

$$S_i = 1,22$$

2 nolu minerali su kaynağı için,

$$S_i = 0,64$$

olarak hesaplanmıştır.

1 nolu kaynak için  $S_i > 1$  olduğu için kaynak suları kalsite doğundur ve minerali su kaynakları çevresinde kimyasal çökeltme olabilir.

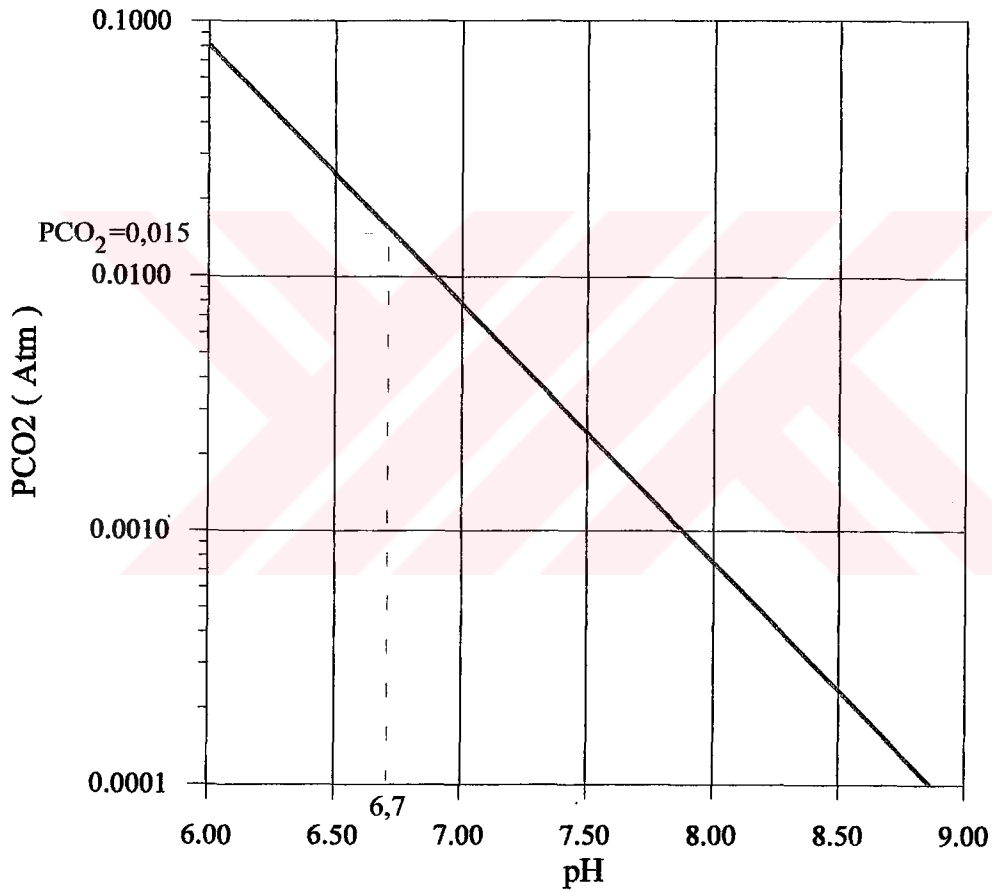
2 nolu kaynak için  $S_i < 1$  olduğu için, su doğun değildir ve temas ettiği mineralleri çözmektedir.

### 3.3.5. Suların Çözündürebileceği CaCO<sub>3</sub> Miktarı

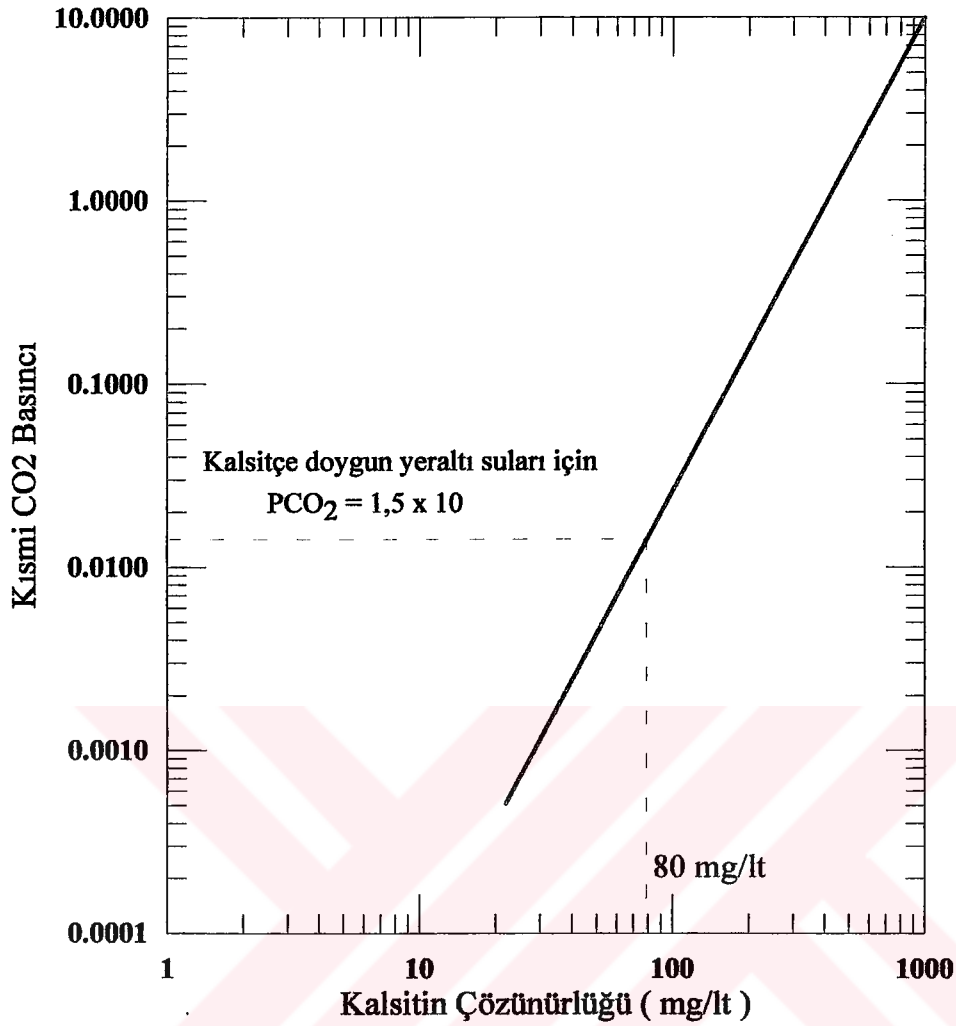
Saf sularda CaCO<sub>3</sub> çözünürlüğü düşüktür (15mg/lt) (Garrel,Christ,1965). Suların çözündürebileceği CaCO<sub>3</sub> miktarı sularda çözünmüş kısmi CO<sub>2</sub> basıncıyla (PCO<sub>2</sub>) ilgilidir (Şekil 36). Bu değer çözünmüş CO<sub>2</sub> miktarının artmasıyla artış gösterir (Şekil 37).

Burada pH değerinin 6,7 olduğu 1 nolu kaynak suları için karbondioksit kısmi basıncının  $1,5 \times 10^{-2}$  atmosfer olduğu görülmektedir (Şekil 36).

PCO<sub>2</sub>,  $1,5 \times 10^{-2}$  atmosfer olduğu durumda suda çözünen CaCO<sub>3</sub> miktarı 80 mg/lt'dir (Şekil 37).



Şekil 36. pH ve PCO<sub>2</sub> arasındaki ilişki (Roques,1964)



Şekil 37. CO<sub>2</sub> varlığında sulardaki CaCO<sub>3</sub> çözünürlüğü (Frear ve Johnston, 1929)

### 3.3.6. Suların Denge pH'ı ve Sulardaki Serbest CO<sub>2</sub> Miktarı

Suların denge pH'ı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$pH_{\text{denge}} = pK^* - \log Ca^{++} - \log HCO_3^- + \log f_L \text{ (Langelier, 1942)}$$

$$\log f_L = (2,5 \times I^{1/2}) / (1 + 5,3 \times I^{1/2} + 5,5 \times I)$$

Burada,

I : İyonik şiddet

pK\* : Langelier Sabiti (Tablo 12)

Ca<sup>++</sup> : mek/lt 'dir.

Değerler yerine konulduğunda

$$pH_{\text{denge}} = 6,36 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

pH<sub>ölçüm</sub> > pH<sub>denge</sub> olduğu için sularda CaCO<sub>3</sub> çökmesi beklenir.

Tablo 12. Sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişen Langelier sabitleri (Langelier, 1942)

t (°C)	PK* (mek/lt)
10	8,639
11	8,614
12	8,589
13	8,565
14	8,54
15	8,515
16	8,492
17	8,468
18	8,445

Denge serbest CO<sub>2</sub> miktarı, denge pH'ında olduğu gibi suların çözünürlüğünü etkileyen önemli bir faktördür.

Sular CaCO<sub>3</sub>'a doymun oldukları durumda, denge serbest CO<sub>2</sub> miktarı, sularda çözülmüş CO<sub>2</sub> miktarından fazladır (Tillmans ve Heublin,1912). Denge serbest CO<sub>2</sub> miktarı (CCO<sub>2</sub>) aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$CCO_2 = (K_T \times (HCO_3^-)^2 \times Ca^{++}) / f \quad (\text{Tillmans, 1912})$$

Burada,

$K_T$  : Sıcaklığa bağlı Tillmans sabiti (Tablo 13)

$f$  : İyonik şiddete bağlı Tillmans sabiti (Tablo 14)

$Ca^{++}$  : mek/lt'dir.

Tablo 13. Sıcaklığa bağlı Tillmans sabiti (Tillmans,1912)

t (°C)	$K_T$ (mek/lt) x 10 <sup>-2</sup>
10	1,339
11	1,389
12	1,441
13	1,492
14	1,548
15	1,606
16	1,67
17	1,729
18	1,790

Tablo 14. İyonik şiddete bağlı Tillmans sabiti (Tillmans,1912)

I (iyonik şiddet)	f (mek/lt)
36,8	1,939
37,2	1,942
37,6	1,945
38	1,948
38,4	1,951
38,8	1,954
39,2	1,957
39,6	1,960
40	1,963

Tablolardan elde edilen veriler formülde yerine konulduğunda,

$CCO_2 \text{ denge} = 31,3 \text{ mek/lt}$  olarak belirlenmiştir.

Sular kalsite doymun oldukları için sularda bulunan serbest  $CO_2$  miktarı bu değer altındadır.

Bu değer tekrar 31,3 mek/lt'nin üstüne çıkarsa çökelme durur ve yeniden karstlaşma başlar.

### 3.3.7. Karstik Yüzey Şekilleri

Karstik arazi şekilleri, yüzeysel aşınma ve karbonatlı kayaların çözünmesine bağlı olarak gelişir. Çalışma alanında başlıca karst yüzey şekilleri kareler ve karstik konidir.

#### 3.3.7.1. Kareler

$30^\circ$  veya daha eğimli yamaçlarda gelişen, 1-2 metreye erişen uzunluklarda, ve 1-100 cm derinliğinde, birbirine paralel karstik yapılarıdır.

Çalışma alanındaki kareler 70-80 cm uzunluğunda, 1-2 cm derinliğinde dalga şekilli oluşuklardır.

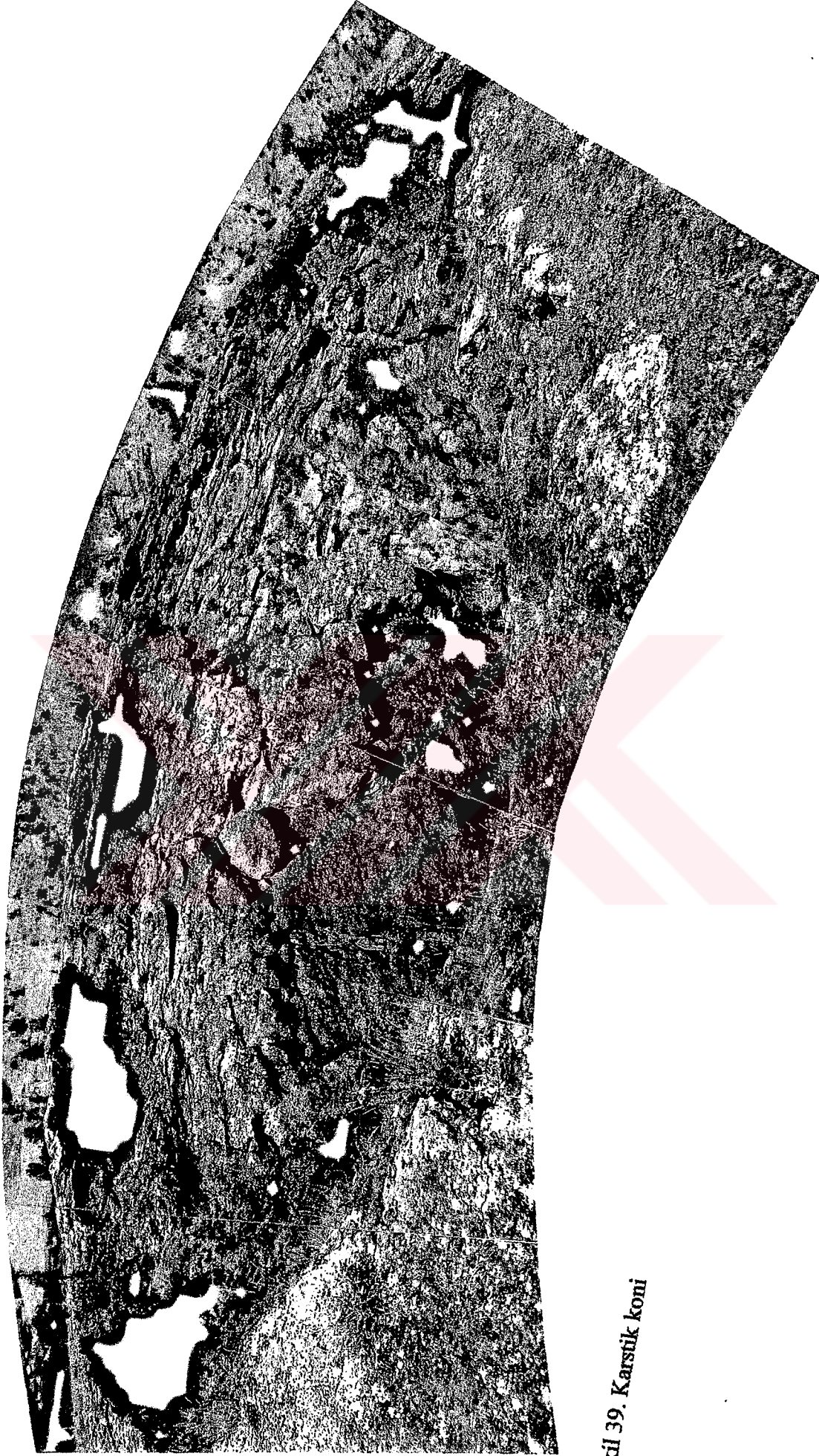
Karstik koninin dış yüzeyi karelerle kaplıdır (Şekil 38).



Şekil 38. Karstik koninin dış yüzeyindeki karenler

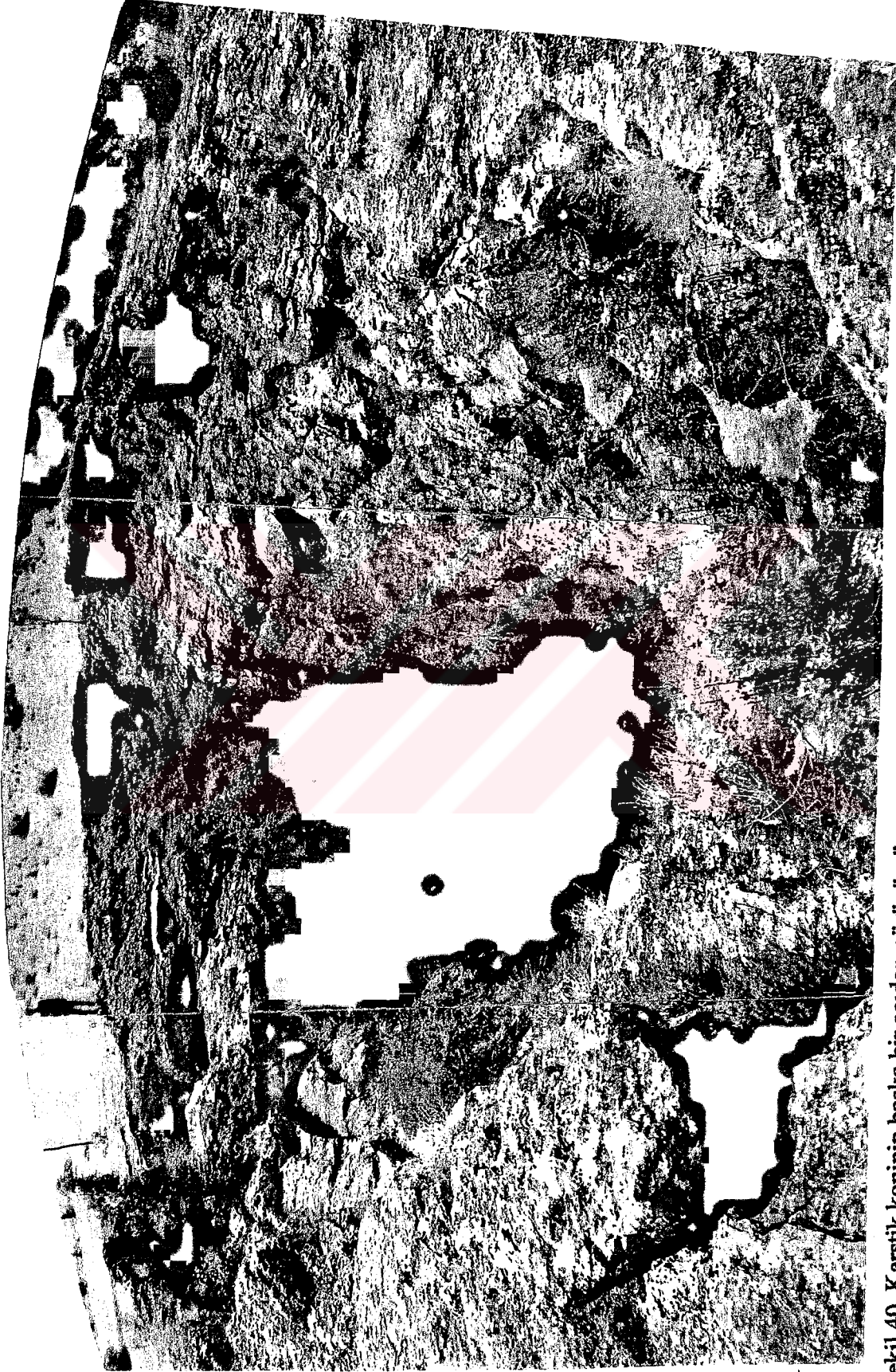
### 3.3.7.2. Karstik Koni Oluşumu

Çalışma alanında gelişmiş olan kesik koni şeklindeki karstik yapı, kalsite doymun kaynak sularının çıkışta bıraktığı kalsit kristallerinin ( traverten ) birikimi ile oluşmuştur. 1992 yılına kadar içinde su bulunan karstik koni, meydana gelen bir deprem sonucu dibinden çatlayarak içi boşalmış ve 1 ve 2 nolu kaynaklar şeklinde mineralli sular yeryüzünden boşalmaya başlamıştır. Karstik koni terimine, incelenen hiçbir literatürde rastlanmamış ve bu terim, tarafımızdan ilk olarak Kalecik Köyü'nde (Torul-Gümüşhane) bulunan üst boşluk çapı yaklaşık 10 metre ve derinliği yaklaşık 15 metre olan karstik yapı için kullanılmıştır.



Şekil 39. Karstik koni





Şekil 40. Karstik koninin başka bir açıdan görünümü

### 3.3.8. Kaynak Sularının Ekonomik Açısından Değerlendirilmesi

Kalecik Köyünde bulunan mineralli sular, çeşitli özellikleri göz önünde bulundurularak sınıflandırılmıştır.

Bu sınıflamada suların analizlerin sonuçlarından belirlenen, fiziksel ve kimyasal özellikler TS 9130 (Maden suyu, içilebilir) standardında belirtilen özelliklerle karşılaştırılmış ve suların içmeye uygun olup olmadıkları tespit edilmiştir.

Kalecik Köyü su kaynakları, kimyasal özellikleri açısından TS 9130'a (Maden Suyu – İçilebilir) göre içmeye uygundur. Fakat suların içmeye uygunluklarının belirlenmesinde sadece kimyasal özellikler yeterli değildir. Sular radyoaktivite açısından da incelenmeli, radyoaktif kirlenmelerin olup olmadığı belirlenmelidir.

Tablo15. TS 9130' a göre maden suyunun kimyasal özellikleri ve 1 nolu kaynak ile karşılaştırılması

ÖZELLİK	SINIRLAR ( en çok mg/lt )	KAYNAK 1 ( mg/lt )
Amonyak	Bulunmamalı	-
Organik kısımlar	3	-
Nitrit	Bulunmamalı	-
Amonyum	0,05	-
Arsenik	0,05	<0,03
Nitrat	25	-
Krom	0,05	<0,02
Bakır	1	0,005
Mangan	0,5	<0,01
Çinko	3	0,2
Kadmiyum	0,005	0,002
Civa	0,001	-
Nikel	0,05	0,015
Kurşun	0,05	<0,01
Antimon	0,01	<0,01
Selenyum	0,01	<0,02
Siyanür	0,01	-
Baryum	1	<0,028
Flortir	1,5	-
Bor	6	<0,536

### 3.3.9. Karstik Kaynakların Korunması

Bir su kaynağını kirletici etkenlere karşı koruma planlarının hazırlanmasında, su kaynağı, noktasal olarak düşünülür ve kaynak çevresinde, topografya, litoloji ve tektonik özelliklere göre uygun koruma alanı hazırlanır. Bu genellikle olumlu bir sonuç verir. Koruma alanı dışında, fakat havza içinde bulunan kirleticiler de, yeraltında bulunan kum, silt, çakıl içeren ve doğal bir filtre özelliği sunan birimlerde etkisiz hale gelir. Bunun aksine karstik ortamlarda, karstın yapısı gereği suyun doğal yollarla filtrelenerek temizlenmesi mümkün olmamaktadır. Çünkü yeraltı suyu akımı, büyük bir hızla, çeşitli boyutlardaki erime kanallarında meydana gelmektedir. Tamamen kireçtaşlarından oluşan birimler söz konusu olduğu için, kum, çakıl ve silt gibi doğal filtreler de mevcut değildir. Bu yüzden karstik olduğu belirlenen su kaynaklarının koruma planları, noktasal olarak değil, beslenme alanları da dikkate alınarak yapılmalıdır.

Buradan da anlaşılacağı gibi karstik kaynakların koruma planlarının yapılması, noktasal açıdan değil, geniş bir çerçeve içinde düşünülmelidir.

Bu zorluklar Kalecik Köyü mineralli su kaynakları açısından da önemlidir. Çünkü mineralli suların içinde bulunduğu havzada, bir çok karstik yapı bulunmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Gümüşhane İli Torul İlçesi'ne bağlı Kalecik Köyü'nde bulunan karstik su kaynaklarının oluşum şekli, kökeni, fiziko-kimyasal özellikleri ve ekonomiye kazandırılma olanakları araştırılmış, bölgedeki karstik yapılar incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Bölgenin 1/25 000 ve 1/5 000 ölçekli jeolojik haritaları hazırlanmış ve yaşlıdan gence doğru, Zimonköy Formasyonu, Berdiga Formasyonu, Kermutdere Formasyonu, taraça, traverten, yamaç molozu ve alüvyon olmak üzere 7 birim ayırt edilmiştir.

2. Çalışma alanında 7 adet fay ve 4 büyük ölçekli kıvrım belirlenmiştir. Bu faylardan F<sub>1</sub> fayı, KD-GB doğrultulu düşey fay, F<sub>2</sub> fayı KB-GD doğrultulu verev atımlı düşey fay, F<sub>3</sub>, F<sub>6</sub> ve F<sub>7</sub> fayları yaklaşık DB doğrultulu düşey fay, F<sub>4</sub> ve F<sub>5</sub> fayları ise KB-GD doğrultulu düşey faylardır. Kıvrımlardan A<sub>1</sub> kıvrımı KD-GB doğrultulu KD'ya dalımlı antiklinal, A<sub>2</sub> kıvrımı KG doğrultulu senklinal, A<sub>3</sub> kıvrımı DB doğrultulu antiklinal ve çalışma alanını boydan boya kat eden A<sub>4</sub> kıvrımı KD-GB doğrultulu KD'ya dalımlı bir senklinaldir. Çalışma alanında çatlaklar, her birim için ayrı ayrı incelenmiştir. Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu'nda çatlak açıklığı 0,5-15 cm, çatlak dolgusu genellikle kil, Kermutdere Formasyonu'nda çatlak açıklığı 0,2-3 cm, çatlak dolgusu kil ve silttir. Berdiga Formasyonu ise genellikle çatlaksızdır. Tortul birimler çalışma alanının doğu kesimlerinde genellikle KG doğrultulu, batıya eğimli, batı kesimlerinde ise KG doğrultulu, doğuya eğimlidir. Tabaka eğimleri 25-45° arasında değişmektedir.

3. Hidrojeolojik çalışmalarda, jeolojik birimler geçirimsizlik ve buna bağlı olarak karstlaşabilme özelliklerine göre bölümlere ayrılmıştır. Alüvyon ve travertenler, çalışma alanı ve çevresinde geçirimsizliği en yüksek birimlerdir. Kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu'nun, içerdiği çatlaklar ve faylar boyunca geçirimsizliği yüksektir ve birim karstlaşma açısından da önem taşır. Fliş özelliğindeki Kermutdere Formasyonu kumlu kireçtaşlarının bulunduğu kesimlerde, yeraltı suyu açısından yarı geçirimsizdir. Çalışma alanında bulunan bir çok kaynak ve mineralli su, bu birimden yüzeye çıkmaktadır. Fakat karstlaşma açısından incelendiğinde, birim saf kireçtaşlarından oluşmadığı için sınırlı karstlaşma özelliğine sahiptir. Çalışma alanı ve çevresindeki geçirimsiz birimler ise Üst

Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'nda bulunan kiltası, silttaşı ve Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu'nu oluşturan volkanik kayalardır.

4. Kalecik mineralli su kaynağının sıcaklığının ve debisinin, değişen mevsimsel koşullarla ilişkisini tespit etmek amacıyla değişik tarihlerde ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler neticesinde 1 nolu kaynağın sıcaklığının 15,4 °C ile 16,5 °C arasında, 2 nolu kaynağın sıcaklığının ise 15,3 °C ile 16,1 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca Kaynak 1'in debisi 4,0 ile 4,9 lt/sn arasında, Kaynak 2'nin debisi 0,3 ile 0,35 arasında değişmektedir.

5. Kalecik Köyü 1 ve 2 nolu mineralli su kaynaklarından alınan örneklerin pH değerleri sırasıyla 6,67 ve 6,55 olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik ise her iki kaynak içinde 1000 EC (25°) x 10<sup>6</sup> dır.

6. 1 nolu kaynak için toplam çözünmüş madde miktarı 1431,5 mg/lt, 2 nolu kaynak için ise 1426,79 mg/lt bulunmuştur. Hakim iyonlar Ca<sup>++</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> olarak belirlenmiştir. Buradan anlaşılacağı gibi, her iki kaynak, 1000 mg/lt'den fazla çözünmüş madde içerdiği için "mineralli su" sınıfına girmektedir.

7. Karstik kaynakların kalsite ve dolomite doymun olup olmadıkları araştırılmıştır. Buna göre 1 nolu kaynağın kalsit ve dolomite, 2 nolu kaynağın ise sadece dolomite doymun olduğu belirlenmiştir.

8. Kimyasal özelliklerden yararlanılarak çizilen diyagramlarda majör iyonların 1 ve 2 nolu mineralli su kaynakları için  $rCa^{++} > rMg^{++} > rNa^{+} + rK^{+}$ ,  $rHCO_3^{-} > rCl^{-} > rSO_4^{--}$  şeklinde sıralandığı, kaynak sularının aynı kökenden geldiği ve aynı bileşimli olmasına karşın, kaynak suları ile Nivena Deresi suyunun birbirlerinden çok farklı olduğu görülmüştür.

9. Suda çözünen CaCO<sub>3</sub> miktarı 80 mg/lt, suların denge pH'ı 6,36, sulardaki serbest CO<sub>2</sub> miktarı 31,3 mek/lt olarak belirlenmiştir.

10. Bölgede, üst boşluk çapı yaklaşık 10 metre ve derinliği yaklaşık 15 metre olan karstik bir koni bulunmaktadır. Karstik koninin dış yüzeyi karelerle kaplıdır. Karstik koni terimine, incelenen hiçbir literatürde rastlanmamış ve bu terim tarafımızdan ilk olarak Kalecik Köyü'nde (Torul-Gümüşhane) bulunan karstik yapı için kullanılmıştır.

11. Kalecik Köyü su kaynakları, kimyasal özellikleri açısından TS 9130'a (Maden Suyu – İçilebilir) göre içmeye uygundur. Fakat suların içmeye uygunluklarının belirlenmesinde sadece kimyasal özellikler yeterli değildir. Sular radyoaktivite açısından da incelenmeli, radyoaktif kirlenmelerin olup olmadığı belirlenmelidir.

12. Mineralli suların içinde bulunduğu havzada bir çok karstik yapı bulunduğu için karstik kaynakların koruma planları, noktasal açıdan değil, geniş bir çerçeve içinde düşünölmelidir.



## 5.KAYNAKÇA

- Akdeniz,N.,Hasanov,H.M.,Nağiyev,V.N., Kuzeydoğu Anadolu ile İlgili K Kavkasların Korelasyonu : Pontidlerin Jeolojisine Bir Bakış, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, S:173-191. Ankara, 2000.
- Arıkan,A., ve Diğ., evre Kirliliği Açısından Karst ve Karst Hidrojeolojisi alışmaları, evre, 2, 15-23, Ankara, 1986.
- Aslaner,M., Kor ve Kor Kırıntılı Kayaçlar, KT, MMF, Genel Yayın No:140, Fakülte Yayın No:49, Trabzon, 1989.
- Bayarı,C.S., Aşağı Zamantı Havzası (Aladağlar) Karst Hidrojeoloji İncelemesi, Doktora Tezi, H.., Ankara, 1991.
- Bektaş,O.,apkınoğlu,ř., Doğu Pontid Magmatik Arkında (KD,Türkiye) Neptnyen Dayklar ve Blok Tektoniği : Mesozoyik Havzaların Kinematıği ile İlgili Bulgular, 20, Eğitim Yılı Sempozyumu, Bildiri zetleri, 1997,Adana.
- Bgli,A., Karst Hydrogeology and Pyhsical Spelology, Translated by June C. Schmid, Berlin Heidelberg, Newyork, 1980.
- Canik,B., Hidrojeoloji, Yer altı Sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası, A.. Jeoloji Mühendisliği, Ankara, 1998.
- ongar,B., ve Diğ., Jeoloji El Kitabı, TMMOB Jeoloji Mühendisliği Odası Yayınları :41-117 s. Ankara,1994.
- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ortalama Exterm Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, Ankara, 1984.
- Ekmekçi,M., Ceyhan-Berke Barajı ve Yakın Dolayının Karst Hidrojeoloji İncelemesi, Doktora Tezi, H.., Ankara,1992.
- Ekmekçi,M., ve Diğ., Pamukkale Sıcak Sularının Traverten keltme zelliklerinin CO<sub>2</sub> Kaybı-kelme Kinetiği İlişkileri Açısından İrdelenmesi, H.. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 26 s., Ankara, 1995.
- Eren,M., Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, KTÜ,Fen Bilimleri Enstitüsü, MMLS Tezi, 197 s., Trabzon, 1983.
- Folk,R.L., The Natural History of Cristalline Calcium Carbonate ; Effect of Magnezium Content and Salinity, J.Sed.Pet.,44,1974.
- Frear,G.,Johnston,J., Solubility of Calcium Carbonate (calcite) in Certain Aqueous Solutions at 25°C. J.Am.Chem.Soc., 51, pp.2082-2093, Easton, PA, 1929
- Freeze,R.A., Cherry,J.A., Groundwater Prentice-Hall, Inc., Engzewood Cliffa, New Jersey USA, 1979.
- Garrels,R.M., Christ,C.L., Solutions, Mineral and Eqilibria, Library of Congress Catalog Card Number :65-12674, New York, 1965.
- Gültekin.F., Gümüşhane ve Bayburt Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının Hidrokimyası ve İzotopik zellikleri, Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon, 1998.

Güven,İ.H., 1/250 000 Ölçekli Doğu Karadeniz Bölgesi Genel Jeoloji Haritası, MTA Bölge Müdürlüğü, Trabzon, 1993.

Herman,J.,Lorah,M., CO<sub>2</sub> Outgassing and Calcite Precipitation in Falling Pring Creek, Chemical Geology, V.62,P.251-262, Virginia.

Ketin,İ., Bayburt Yöresinin Jeolojisi,İ.Ü. Fen Fakültesi, M.C.16, İstanbul,1951.

Langelier,W.F., Graphical Methods for Indicating The Mineral Character of Natural Waters, J.Am. Water Works Assoc., 34, 3, pp.335-352, Baltimore, 1942.

Matthess,G.,The Properties of Groundwater, Translated by John C. Harvey, Department of Enviromental Sciences, London, 1982.

Mercado,A.,Bilings,G.K., The Kinetics of Mineral Dissolution in Carbonate Aquifers as a Tool for Hydrological Investigatins, Journal of Hydrology, P: 303-331, Amsterdam, 1975.

Milanoviç,P., Ekmekçi,M., Karst Hydrogeology, International Seminar on Water and Land Development, Lecture Notes, Chapter 1, Ankara, 1990.

Pelin,S., Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, KTÜ Yayını, No:87,Trabzon,1977.

Roques,H., Chimie Des Carbonates, Ann.Speleol., 19, 258-484, 1964

Schlische,R. W., Geometry and Origin of Fault-Related Fold in Extensional Setting, AAPG Bulletin, V 79, No 11, 1661-1678. 1995.

Şahinci,A, Doğal Suların Jeokimyası,İzmir,1991.

Şahinci,A., Karst, İzmir, 1991.

Şenalp,M.,Fakıoğlu,M., Bulantı Akıntıları ve Türbiditler, MTA,s 25-39, Ankara, 1977.

Tillmans,J.,Über Die Kohlensauren Kalk Angreifende Kohlensaure Der Naturlichen Wasser, Gessund-Ing., 35, pp.669-667, München, Berlin, 1912

Tokel,S., Stratigraphical and Volcanic History of Gümüşhane Region, Phd Thesis, Univ. of College, London, 1972.

TSE 9130, Mineralli Su İçilebilir, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yılmaz,C.,Kandemir,R., Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimantolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, Trabzon, 2001.

Yılmaz,C., Munzur Kireçtaşı'nın Çökelme Koşulları ve Mikrofasiyes Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon, 1991.

Yılmaz,C.,Korkmaz,S., Basin Development in the Estern Pontides, Jurassic to Cretaceous, NE Turkey, Zbl. Geol. Palaont. H.10-12, 1485-1494, Stuttgart, 1999.

Yılmaz,Y., Petrology and Structure of Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, NE Anatolia, Phd Thesis, Univ. Of London, (yayınlanmamış) 1972.

Yüksel,S., Sedimantoloji Ders NotlarıKTÜ, MMF, Fakülte Yayın No:37, Trabzon, 1993.



## 7.ÖZGEÇMİŞ

Hakan ERSOY 1975 yılında Hopa'da doğdu. İlk öğrenimini Konya'da, orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 1998 yılında lisans öğrenimini tamamladı. Aynı yıl yüksek lisans öğrenimine başlayan Hakan ERSOY, KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evlidir ve İngilizce bilmektedir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**