

84691

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÜMÜŞHANE VE BAYBURT YÖRESİ MİNERALLİ SU KAYNAKLARININ  
HİDROKİMYASAL VE İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ

Jeoloji Yük. Müh. Fatma GÜLTEKİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

“Doktor”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13.10.1998

Tezin Savunma Tarihi : 08.01.1999

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Remzi DİLEK

Jüri Üyesi : Prof Dr. Baki CANİK

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fikret TARHAN

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Trabzon 1999

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Gümüşhane ve Bayburt yörelerindeki mineralli su kaynaklarının fiziko-kimyasal ve izotopik özelliklerini, radyoaktivitelerini, gaz içeriklerini, iz element içeriklerini ve içmeye uygunluklarını araştırmayı amaçlayan bu çalışmaya K.T.Ü. Araştırma Fonu destek vermiştir.

Bu çalışmanın konusunu belirleyen ve çalışmalarını yakından izleyerek önerilerde bulunan tez hocam Prof. Dr. Remzi DİLEK'e içtenlikle teşekkür ederim. Kütüphanesinden yararlandığım Prof. Dr. Fikret TARHAN'a, yapıcı eleştirilerinden yararlandığım Y.Doç Dr. Suat BOYNUKALIN'a, Doç. Dr. Fikri BULUT'a, Prof. Dr. Osman BEKTAŞ'a ve Prof. Dr. Oktay TORUL'a teşekkür ederim.

Araştırmaya maddi katkı sağlayan K.T.Ü. Araştırma Fonu Yönetim Kurulu Başkanlığına; arazi çalışmalarım esnasında yardımlarını gördüğüm meslektaşlarım Jeoloji Yük. Müh. Emine TAŞHAN'a, Jeoloji Yük. Müh. Ayşe BARUT'a ve Orman Müh. Hüsnü Ali ŞAHİN'e içtenlikle teşekkür ederim.

Kimyasal analizlerin yapılmasını sağlayan Doç Dr. Güner ÜNALAN'a ve MTA Genel Müdürlüğü laboratuvar yetkililerine; izotop analizlerinin yapılmasını sağlayan Doç Dr. Hasan TOSUN'a ve DSİ 22. Bölge Müdürlüğü yetkililerine; radyoaktivite analizlerini yapan Ahmet YAYLI'ya; bakteriyolojik analizlerin yapan Trabzon Bölge Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü yetkililerine; iz element analizlerinin yapılmasını sağlayan Trabzon Su Ürünleri laboratuvarı çalışanlarına; gaz analizlerinin yapılmasını sağlayan H.Ü. öğretim elemanlarına ve çeşitli yardımlarını gördüğüm bilim dalı arkadaşlarım Jeoloji Yük. Müh. Şener CERYAN'a, Jeoloji Yük. Müh. Şule TÜDEŞ'e ve Jeoloji Müh. Aykut AKGÜN'e ve tezin yazılmasında yardımcı olan diğer arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Çalışmalarımın başından beri yardımlarını esirgemeyen, arazi ve büro çalışmalarımda yardımcı olan, anlayışı ile bana destek olan eşim Kemalettin GÜLTEKİN'e sonsuz teşekkür borçluyum.

Fatma GÜLTEKİN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu.....	1
1.3. Ulaşım ve Yerleşim .....	3
1.4. Morfoloji.....	4
1.5. İklim .....	4
1.6. Bitki Örtüsü.....	7
1.7. Akarsu ve Kaynaklar.....	7
1.8. Genel Jeoloji.....	9
1.8.1. Giriş.....	9
1.8.2. Önceki Çalışmalar.....	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. Amaç ve Metodlar.....	13
2.2. Örneklem ve Analiz Yöntemleri.....	13
2.2.1. Anyon -Kasyon Analizleri.....	13
2.2.2. İz Element Analizleri.....	14
2.2.3. İzotop Analizleri.....	14
2.2.4. Radyoaktivite Analizleri.....	15
2.2.5. Gaz Analizleri.....	15

2.2.5. Gaz Analizleri.....	15
2.2.6. Bakteriyolojik Analizler.....	15
2.3. Yerinde Ölçüm Çalışmaları.....	16
3. BULGULAR.....	17
3.1. Bölgesel Jeoloji.....	17
3.1.1. Gümüşhane Granitoyidi.....	17
3.1.2. Demirözü Formasyonu (Pmk).....	18
3.1.3. Hamurkesen Formasyonu (Jlh).....	18
3.1.4. Berdiga Formasyonu (Jkr).....	18
3.1.5. Mescitli Formasyonu (Krüf).....	19
3.1.6. Çatak Formasyonu (Krü1).....	20
3.1.7. Kızılkaya Formasyonu (Krü2).....	20
3.1.8. Çağlayan Formasyonu (Krü3).....	20
3.1.9. Kaçkar Granitotidi -I (γ2), II (γ3).....	21
3.1.10. Kabaköy Formasyonu (Ev).....	21
3.2. Bölgenin Tektoniği.....	22
3.2.1. Mineralli Su Kaynaklarının Tektonizmaya İlişkisi.....	22
3.3. Mineralli Su Kaynakları.....	26
3.3.1. Budak Mineralli Su Kaynağı.....	26
3.3.1.1. Jeoloji.....	27
3.3.1.1.1. Kaçkar Granitoyidi I.....	27
3.3.1.1.2. Alüvyon.....	29
3.3.1.1.3. Yamaç Molozu.....	29
3.3.1.1.4. Yapısal Jeoloji.....	29
3.3.1.2. Kaynağın Sıcaklığı.....	31
3.3.1.3. Kaynağın Debisi.....	31
3.3.1.4. Kaynağın pH Değeri.....	32
3.3.1.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri.....	33
3.3.1.6. Budak Mineralli Suyunun Kimyasal Bileşimi.....	34
3.3.1.7. Budak Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	36
3.3.1.8. Budak Mineralli Suyunda İyon Değişimleri ve İlişkiler.....	36

3.3.2. Tekkeköy Mineralli Su Kaynağı.....	39
3.3.2.1. Jeoloji.....	39
3.3.2.1.1. Gümüşhane Granitoyidi I.....	40
3.3.2.1.2. Hamukesen Formasyonu.....	41
3.3.2.1.3. Berdiga Formasyonu.....	42
3.3.2.1.4. Mescitli Formasyonu.....	42
3.3.2.1.5. Andezit Daykđ.....	43
3.3.2.1.6. Traverten.....	44
3.3.2.1.7. Alüvyon.....	44
3.3.2.1.8. Yamaç Molozu.....	44
3.3.2.1.9. Yapısal Jeoloji.....	45
3.3.2.2. Kaynağın Sıcaklığı.....	45
3.3.2.3. Kaynağın Debisi.....	46
3.3.2.4. Kaynağın pH Değeri.....	47
3.3.2.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri.....	48
3.3.2.6. Tekkeköy Mineralli Suyunun Kimyasal Bileşimi.....	48
3.3.2.7. Tekkeköy Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	50
3.3.2.8. Tekkeköy Mineralli Suyunda İyonlar Arası İlişkiler.....	53
3.3.3. Akgedik Mineralli Su Kaynağı.....	55
3.3.3.1. Jeoloji.....	55
3.3.3.1.1. Hamurkesen Formasyonu.....	55
3.3.3.1.2. Alüvyon.....	56
3.3.3.1.3. Yamaç Molozu.....	56
3.3.3.1.4. Yapısal Jeoloji.....	57
3.3.3.2. Kaynağın Sıcaklığı.....	57
3.3.3.3. Kaynağın Debisi.....	57
3.3.3.4. Kaynağın pH Değeri.....	58
3.3.3.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri.....	59
3.3.3.6. Akgedik Mineralli Suyunun Kimyasal Bileşimi.....	60
3.3.3.7. Akgedik Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	61
3.3.4. Yıldız Mineralli Su Kaynağı.....	63

3.3.4.1. Jeoloji.....	64
3.3.4.1.1. Mescitli Formasyonu.....	64
3.3.4.1.2. Taraça.....	65
3.3.4.1.3. Alüvyon.....	65
3.3.4.1.4. Yapısal Jeoloji.....	66
3.3.4.2. Kaynağın Sıcaklığı.....	68
3.3.4.3. Kaynağın Debisi.....	68
3.3.4.4. Kaynağın pH Değeri.....	69
3.3.4.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri.....	70
3.3.4.6. Yıldız Mineralli Suyunun Kimyasal Bileşimi.....	71
3.3.4.7. Yıldız Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	72
3.3.4.8. Yıldız Mineralli Suyunda İyonlar Arası İlişkiler.....	73
3.3.5. Yeşildere Mineralli Su Kaynağı.....	75
3.3.5.1. Jeoloji.....	76
3.3.5.1.1. Kabaköy Formasyonu.....	77
3.3.5.1.2. Yapısal Jeoloji.....	78
3.3.5.2. Kaynağın Sıcaklığı.....	80
3.3.5.3. Kaynağın Debisi.....	81
3.3.5.4. Kaynağın pH Değeri.....	81
3.3.5.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri.....	82
3.3.5.6. Yeşildere Mineralli Suyunun Kimyasal Bileşimi.....	82
3.3.5.7. Yeşildere Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	84
3.3.5.8. Yeşildere Mineralli Suyunda İyonlar Arası İlişkiler.....	85
3.3.6. İnkılap Mineralli Su Kaynağı.....	89
3.3.6.1. Jeoloji.....	89
3.3.6.1.1. Hamurkesen Formasyonu.....	89
3.3.6.1.2. Berdiga Formasyonu.....	90
3.3.6.1.3. Mescitli Formasyonu.....	90
3.3.6.1.4. Traverten.....	91
3.3.6.1.5. Alüvyon.....	91
3.3.6.1.6. Yamaç Molozu.....	91

3.3.6.2. Kaynağın Sıcaklığı.....	92
3.3.6.3. Kaynağın Debisi.....	92
3.3.6.4. Kaynağın pH Değeri.....	93
3.3.6.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri.....	94
3.3.6.6. İnkılap Mineralli Su Kaynağının Kimyasal Bileşimi.....	95
3.3.6.7. İnkılap Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	96
3.3.6.8. İnkılap Mineralli Suyunda İyonlar Arası İlişkiler.....	97
3.3.7. Güvercinlik Mineralli Su Kaynağı.....	101
3.3.7.1. Jeoloji.....	101
3.3.7.1.1. Kabaköy Formasyonu.....	101
3.3.7.1.2. Andezit Daykı.....	102
3.3.7.2. Kaynağın Sıcaklığı.....	102
3.3.7.3. Kaynağın Debisi.....	103
3.3.7.4. Kaynağın pH Değeri.....	103
3.3.7.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri.....	105
3.3.7.6. Güvercinlik Mineralli Suyunun Kimyasal Bileşimi.....	105
3.3.7.7. Güvercinlik Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar.....	106
3.3.7.8. Güvercinlik Mineralli Suyunda İyonlar Arası İlişkiler.....	108
3.3.8. Diğer Mineralli Su Kaynakları.....	109
3.4. Mineralli Su Kaynaklarındaki Başlıca Bileşenler.....	115
3.4.1. Kalsiyum ( $Ca^{++}$ ).....	116
3.4.2. Magnezyum ( $Mg^{++}$ ).....	117
3.4.3. Sodyum ( $Na^{+}$ ).....	118
3.4.4. Potasyum ( $K^{+}$ ).....	119
3.4.5. Bikarbonat ( $HCO_3^{-}$ ).....	120
3.4.6. Sülfat ( $SO_4^{-}$ ).....	121
3.4.7. Klor ( $Cl^{-}$ ).....	122
3.4.8. Silisyum ( $SiO_2$ ).....	122
3.4.9. Karbondioksit ( $CO_2$ ).....	124
3.5. Mineralli Su Kaynaklarının Fiziko- Kimyasal Karakteristikleri.....	125
3.6. Mineralli Su Kaynaklarında Karbonat Dengesi.....	136

3.7. Mineralli Su Kaynaklarında Çevresel İzotop Analizleri.....	148
3.7.1. İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi.....	150
3.7.1.1. Oksijen-18 - Döteryum İlişkisi.....	150
3.7.1.2. Döteryum- Tirityum İlişkisi.....	152
3.8. Mineralli Su Kaynaklarındaki İz Elementler.....	154
3.8.1. Manganez ( $Mn^{++}$ ).....	154
3.8.2. Demir ( $Fe^{++}$ ).....	155
3.8.3. Kurşun ( $Pb^{++}$ ).....	156
3.8.4. Çinko ( $Zn^{++}$ ).....	156
3.8.5. Bakır ( $Cu^{++}$ ).....	157
3.8.6. Kadmiyum ( $Cd^{++}$ ).....	157
3.8.7. Arsenik (As).....	158
3.9. Mineralli Su Kaynaklarında Çözünen Gazlar.....	159
3.9.1. Oksijen ( $O_2$ ).....	159
3.9.2. Karbondioksit ( $CO_2$ ).....	161
3.9.3. Azot ( $N_2$ ).....	162
3.10. Mineralli Su Kaynaklarının Radyoaktivite Özellikleri.....	163
3.11. Mineralli Su Kaynaklarının Mikrobiyolojik Özellikleri.....	164
3.12. Mineralli Su Kaynaklarının Sınıflaması.....	167
4. SONUÇLAR.....	172
5. ÖNERİLER.....	175
6. KAYNAKLAR.....	176
7. ÖZGEÇMİŞ.....	181
8. EKLER.....	182



## ÖZET

Bu araştırmada, Gümüşhane, Bayburt yörelerindeki mineralli su kaynaklarının tektonik hatlarla ilişkileri, fiziko-kimyasal özellikleri, izotopik özellikleri, iz element içerikleri, çözünmüş gaz içerikleri, radyoaktiflikleri ve içmeye uygunlukları araştırılmıştır.

Mineralli su kaynaklarının KB-GD, D-B, KD-GB doğrultulu hatlar boyunca dizilim gösterdikleri ve bu doğrultuların kırık hatlarıyla uyum sağladığı belirlenmiştir. Yerinde yapılan ölçümlerle, mineralli su kaynaklarında pH, sıcaklık ve debi değişimleri araştırılmış; kaynakların asitik özellikte olduğu ve debilerinin mevsimsel değişimlerden etkilenmediği belirlenmiştir. Mineralli su kaynaklarının kimyasal analiz sonuçlarına göre, anyon ve katyon sıralamaları belirlenmiş, hidrokimyasal yönden “kalsiyum, magnezyum ve sodyum bikarbonat” fasiyesinde, mineralli su kaynakları ile yüzey sularının aynı hidrokimyasal fasiyeslere sahip oldukları belirlenmiştir. Kalsite göre doygunluk yönünden Tekkeköy, Yıldız ve İnkılap mineralli sularının yaz mevsiminde doymun oldukları, diğer mevsimlerde doymun olmadıkları belirlenmiştir. Mineralli sularda silikat minerallerinin çözünlürlüğünü, suların kireçtaşı ve dolomit türü kayalarla dokanaklarını, katyon değişim olaylarında hangi iyonların yer aldığını, sülfatın kaynağını araştırmak amacı ile SiO<sub>2</sub>/TİK, Ca/Mg, SO<sub>4</sub>/Cl, Na/Ca oranları belirlenerek yorumlanmıştır.

İzotop analizlerinden Yeşildere ve İnkılap mineralli su kaynaklarının meteorik kökenli sular olduğu; tiryum- döteryum değerlerinden yeşildere mineralli suyunun sıg, İnkılap mineralli suyunun ise derin dolaşımli olduğu belirlenmiştir. İz element içeriklerine göre mineralli suların Cd<sup>++</sup> açısından içmeye uygun olmadıkları, Zn<sup>++</sup>, Cu<sup>++</sup> ve As konsantrasyonları açısından içmeye uygun oldukları belirlenmiştir. İncelenen mineralli su kaynaklarında O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub> gazlarının varlığı belirlenmiş; CO<sub>2</sub> gazının kaynak sıcaklıklarıyla arttığı, O<sub>2</sub> gazının ise kaynak sıcaklıklarıyla azaldığı belirlenmiştir. Mineralli su kaynaklarının radyoaktiviteleri araştırılmış ve toplam alfa aktiviteleri açısından içmeye uygun olmadıkları belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gümüşhane Mineralli Su Kaynakları, Hidrokimyasal Özellikler, Doğal İzotoplar, İz Elementler.

## SUMMARY

### **Hydrochemical and Isotopic Properties of the Mineral Springs of the Gümüşhane - Bayburt Region**

In this study, the mineral springs in the Gümüşhane- Bayburt regions are investigated in terms of their relations with tectonic lineations, their physico-chemical and isotopic features, than trace element and dissolved gas contents and their drinkability.

It is determined that mineral springs are lined along NW-SE, E-W, NE-SW directed lineations and these directions are parallel with the fracture lineations. By way of insitu measurements pH, heat and flow rate changes of the springs are investigated; and it is determined that springs are in acidic character and their flow rates are not effected by seasonal changes. According to chemical analysis results of mineral springs the anion and cation classes are determined, from the hydrochemical point of view they are "calcium, magnesium and sodium bicarbonate and surface waters are in the same hydrochemical facies. In terms of calcite saturation, Tekkeköy, Yıldız and İnkılap springs are saturated in the summer and are not saturated the other seasons. With the aim of the investigation of the solubility of silicate minerals in the mineral springs, interactions of waters with dolomite and limestones, which type ions take place in the cation exchange reactions and the source of sulfate,  $\text{SiO}_2/\text{TİK}$ ,  $\text{Ca}/\text{Mg}$ ,  $\text{SO}_4/\text{Cl}$ ,  $\text{Na}/\text{Ca}$  ratios are determined and interpreted.

Based on isotopic analysis Yeşildere and İnkılap mineral waters are meteoric origine, according tritium- döterium values Yeşildere mineral spring is shallow, on the other hand İnkılap mineral spring rain deep circulated waters. All mineral springs are not drinkable according to their  $\text{Cd}^{++}$  and  $\text{Pb}^{++}$  contents, but drinkable according to their  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Cu}^{++}$  and As contents. Investigated mineral springs contain  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  and  $\text{N}_2$  gases and it is observed that  $\text{CO}_2$  is increase with the increase of spring temperature but  $\text{O}_2$  is vice versa. The radioactivities of mineral waters are investigated from the point of alpha activities and it is shown that they are not suitable for drinking.

**Key Words:** Gümüşhane Mineral Springs, Hydrochemical Properties, Enviromental Isotopes, Trace Elements.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2. İnceleme alanının yükselti alan haritası.....	5
Şekil 3. İnceleme alanının orohidrografi haritası	6
Şekil 4. Doğu Pontidlerde Mesozoyik dönemde D- B doğrultulu sol yönlü ana vrenç zonuna bağlı olarak gelişmiş antitetik Kuzey Anadolu ve sintetik Kuzeydoğu Anadolu fay sistemleri ve bunlara paralelolarak uzanan temel jeolojik unsurlar.....	23
Şekil 5. Mineralli su kaynakları ile tektonik hatlar arasındaki ilişkiler.....	24
Şekil 6. Budak mineralli su kaynağından genel bir görünüş.....	27
Şekil 7. Kaçkar granitoyidi I'den alınan 66 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.....	30
Şekil 8. Budak mineralli su kaynağının sıcaklığı ile aylık ortalama hava sıcaklığının zamanla değişimi .....	31
Şekil 9. Budak mineralli su kaynağı debisinin zamana bağlı değişimi ....	32
Şekil 10. Budak mineralli su kaynağında sıcaklık ve pH'ın zamana göre değişimi .....	33
Şekil 11. Budak mineralli su kaynağına ait elektriksel iletkenlik değerleri ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı.....	34
Şekil 12. Budak mineralli su kaynağındaki iyonların mevsimsel değişimi	35
Şekil 13. Budak mineralli su ve tatlı su kaynağı analiz sonuçlarının Schoeller diyagramındaki konumları .....	37
Şekil 14. Budak mineralli su ve tatlı su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları .....	38
Şekil 15. Budak mineralli su kaynağında iyonlar arası ilişkiler.....	38
Şekil 16. Tekkeköy mineralli su 1 nolu kaynağın genel görünüşü.....	39
Şekil 17. Tekkeköy mineralli su 2 nolu kaynağın genel görünüşü.....	40

Şekil 18. Tekkeköy mineralli su kaynağının sıcaklığı ile aylık ortalama hava sıcaklığının zamanla değişimi.....	46
Şekil 19. Tekkeköy mineralli su kaynağı debisinin zamana bağlı değişimi.	47
Şekil 20. Tekkeköy mineralli su kaynağına ait sıcaklık ve pH değişimleri.	47
Şekil 21. Tekkeköy mineralli suyuna ait elektriksel iletkenlik değerleri ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı.....	48
Şekil 22. Tekkeköy mineralli su kaynağındaki iyonların mevsimsel değişimleri.....	50
Şekil 23. Tekkeköy mineralli su ve tatlı su kaynağı analiz sonuçlarının Schoeller diyagramındaki konumları .....	51
Şekil 24. Tekkeköy mineralli su ve tatlı su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları .....	52
Şekil 25. Tekkeköy mineralli su kaynağında iyonlar arası ilişkiler.....	54
Şekil 26. Akgedik mineralli su kaynağında sıcaklığın ve aylık ortalama hava sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi .....	58
Şekil 27. Akgedik mineralli su kaynağında zamana bağlı debi değişimi ....	58
Şekil 28. Akgedik mineralli su kaynağında pH ve sıcaklık değişimi.....	59
Şekil 29. Akgedik mineralli su kaynağında elektriksel iletkenlik ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı .....	59
Şekil 30. Akgedik mineralli su kaynağının kimyasal özelliklerinin mevsimsel değişimi .....	61
Şekil 31. Akgedik mineralli su kaynağına ait analiz sonuçlarının Schoeller diyagramındaki konumu.....	62
Şekil 32. Akgedik mineralli su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları.....	63
Şekil 33. Yıldız mineralli su kaynağından genel bir görünüş.....	64
Şekil 34. Mescitli Formasyonundan alınan 61 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.....	67
Şekil 35. Yıldız mineralli su kaynağının sıcaklığı ve aylık ortalama hava sıcaklıkları değişimi.....	68
Şekil 36. Yıldız mineralli su kaynağının görünüşü.....	69
Şekil 37. Yıldız mineralli su debisinin zamana bağlı değişimi.....	69

Şekil 38. Yıldız mineralli su kaynağında sıcaklık ve pH değişimi.....	70
Şekil 39. Yıldız mineralli su kaynağında elektriksel iletkenlik ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı.....	71
Şekil 40. Yıldız mineralli su kaynağındaki iyonların mevsimsel değişimi..	71
Şekil 41. Yıldız mineralli su ve tatlı su kaynağının Schoeller diyagramındaki konumları.....	74
Şekil 42. Yıldız mineralli su ve tatlı su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları.....	75
Şekil 43. Yıldız mineralli su kaynağında iyonlar arası ilişkiler .....	75
Şekil 44. Yeşildere mineralli su kaynağının genel görünüşü.....	76
Şekil 45. Yeşildere mineralli su kaynağı güneyinden geçen F1 fayı.....	78
Şekil 46. Kabaköy Formasyonu'ndan alınan 76 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.....	79
Şekil 47. Yeşildere mineralli su kaynağının sıcaklığı ve aylık ortalama hava değişimi.....	80
Şekil 48. Yeşildere mineralli su kaynağında debi değerlerinin zamana bağlı değişimleri.....	81
Şekil 49. Yeşildere mineralli su kaynağında sıcaklık ve pH değişimleri....	82
Şekil 50. Yeşildere mineralli su kaynağında elektriksel iletkenlik ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı.....	82
Şekil 51. Yeşildere mineralli suyuna ait iyonların mevsimzel değişimi....	83
Şekil 52. Yeşildere mineralli su ve tatlı su kaynağının Schoeller diyagramındaki konumları.....	86
Şekil 53. Yeşildere mineralli su ve tatlı su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları.....	87
Şekil 54. Yeşildere mineralli suyunda iyonlar arası ilişkiler.....	88
Şekil 55. İnkılap mineralli su kaynağından genel bir görünüş.....	89
Şekil 56. İnkılap mineralli su kaynağında sıcaklık ve aylık ortalama hava sıcaklıkları değişimi.....	92
Şekil 57. İnkılap mineralli su kaynağında zamana bağlı debi değişimleri..	93
Şekil 58. İnkılap mineralli su kaynağında sıcaklık ve pH değişimleri.....	94

Şekil 59. İnkılap iineralli su kaynağında elektriksel iletkenlik ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı .....	95
Şekil 60. İnkılap mineralli suyunda iyonların mevsimsel değişimi .....	96
Şekil 61. İnkılap mineralli su ve tatlı su kaynağının Schoeller diyagramındaki konumları.....	98
Şekil 62. İnkılap mineralli su ve tatlı su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları.....	99
Şekil 63. İnkılap mineralli su kaynağında iyonlar arası ilişkiler .....	100
Şekil 64. Güvercinlik mineralli su kaynağında sıcaklık ve aylık ortalama hava sıcaklıkları değişimi.....	103
Şekil 65. Güvercinlik mineralli su kaynağında zamana bağlı debi değişimleri.....	104
Şekil 66. Güvercinlik mineralli suyunda sıcaklık ve pH değişimleri.....	104
Şekil 67. Güvercinlik mineralli su kaynağında elektriksel iletkenlik ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı.....	105
Şekil 68. Güvercinlik mineralli suyuna ait iyonların mevsimsel değişimi..	106
Şekil 69. Güvercinlik mineralli su kaynağının Schoeller diyagramındaki konumu.....	107
Şekil 70. Güvercinlik mineralli su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları.....	108
Şekil 71. Güvercinlik mineralli su kaynağında iyonlar arası ilişkiler.....	109
Şekil 72. Aktutan mineralli su kaynağının görünüşü.....	110
Şekil 73. Evren mineralli su kaynağının görünüşü.....	111
Şekil 74. Deredolu mineralli su kaynağının görünüşü.....	111
Şekil 75. Doğankavak mineralli su kaynağının görünüşü.....	112
Şekil 76. Akduran mineralli su kaynağı'nın görünüşü.....	112
Şekil 77. Pirahmet, Karamustafa, Pehlivanbaşı, Aktutan, Köstere, Söğütalan, Evren, Oylumdere, Deredolu, Doğankavak, Gezköy ve Akduran mineralli su kaynaklarının Schoeller diyagramındaki konumları.....	113

Şekil 78. Pirahmet, Karamustafa, Pehlivanbaşı, Aktutan, Köstere, Söğütalan, Evren, Oylumdere, Deredolu, Doğankavak, Gezköy ve Akduran mineralli su kaynaklarının Piper diyagramındaki konumları.....	114
Şekil 79. Sularda pH'ın fonksiyonu olarak çözünmüş karbondioksit türlerinin yüzde değerleri (25 <sup>0</sup> C ve 1 atm. Basınçta) (Hem, 1971, s 155).....	121
Şekil 80. Sıcaklık değerlerinin mineralli su kaynaklarındaki değişimi.....	125
Şekil 81. pH değerlerinin mineralli su kaynaklarındaki değişimi.....	126
Şekil 82. Mineralli su kaynaklarının elektriksel iletkenlik değerlerinin birbirleriyle karşılaştırılması.....	126
Şekil 83. Mineralli su kaynaklarının sertlik değerleri.....	127
Şekil 84. Mineralli su kaynaklarının toplam iyon içerikleri.....	127
Şekil 85. Mineralli su kaynaklarında elektriksel iletkenlik ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	128
Şekil 86 Mineralli su kaynaklarında elektriksel iletkenlik ile sertlik arasındaki ilişki .....	129
Şekil 87. Mineralli su kaynaklarında toplam iyon konsantrasyonları ile katyonlar arasındaki ilişkiler.....	132
Şekil 88. Mineralli su kaynaklarında toplam iyon konsantrasyonları ile anyonlar arasındaki ilişkiler.....	133
Şekil 89. Mineralli su kaynaklarında HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ile katyonlar arasındaki ilişkiler.....	134
Şekil 90. Mineralli su kaynaklarında SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ile katyonlar arasındaki ilişkiler.....	134
Şekil 91. Mineralli su kaynaklarında Cl <sup>-</sup> ile katyonlar arasındaki ilişkiler.....	135
Şekil 92. Mineralli su kaynaklarında toplam iyon konsantrasyonu ile sıcaklık ve pH arasındaki ilişkiler.....	135
Şekil 93. Mineralli su kaynaklarına ait doygunluk indisi diyagramı.....	149



Şekil 94. Mineralli sular ve yüzey sularının dünya meteorik doğrusuna göre konumları.....	151
Şekil 95. Çalışma alanındaki mineralli sular ve yüzey sularının dünya meteorik doğrusuna göre konumları.....	152
Şekil 96. Çalışma alanındaki mineralli sular ve yüzey sularının döteryum-trityum ilişkisi.....	153
Şekil 97. Mineralli su kaynaklarındaki gazlar.....	160
Şekil 98. Mineralli su kaynaklarında çözünmüş oksijen ile sıcaklık ve karbondioksit arasındaki ilişkiler.....	161
Şekil 99. Mineralli su kaynaklarında çözünmüş karbondioksit içeriği ile sıcaklık arasındaki ilişki .....	162





## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Gümüşhane ve Torul Meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen ortalama yağış ve sıcaklık değerleri.....	6
Tablo 2. İncelenen mineralli su kaynaklarının yükseltilerine göre düzeltilmiş ortalama hava sıcaklıkları.....	8
Tablo 3. Mineralli su kaynakları ile ilgili bilgiler.....	9
Tablo 4. Mineralli su kaynaklarının kırık hatlarına göre sınıflaması.....	26
Tablo 5. Budak mineralli suyuna ait pH, sıcaklık ve debi değerleri.....	32
Tablo 6. Budak mineralli suyuna ait kimyasal analiz sonuçları.....	34
Tablo 7. Budak tatlı su kaynağına ait kimyasal analiz sonuçları.....	35
Tablo 8. Tekkeköy mineralli suyuna ait sıcaklık, pH ve debi değerleri.....	48
Tablo 9. Tekkeköy mineralli suyuna ait kimyasal analiz sonuçları.....	49
Tablo 10. Tekkeköy tatlı su kaynağına ait kimyasal analiz sonuçları.....	49
Tablo 11. Agdedik mineralli suyuna ait sıcaklık, pH ve debi değerleri.....	60
Tablo 12. Akgedik mineralli suyuna ait kimyasal analiz sonuçları.....	61
Tablo 13. Yıldız mineralli suyuna ait sıcaklık, pH ve debi değerleri.....	70
Tablo 14. Yıldız mineralli suyuna ait kimyasal analiz sonuçları.....	72
Tablo 15. Yıldız tatlı su çeşmesi kimyasal analiz sonuçları.....	72
Tablo 16. Yeşildere mineralli suyuna ait sıcaklık, pH ve debi değerleri.....	83
Tablo 17. Yeşildere mineralli suyuna ait kimyasal analiz sonuçları.....	85
Tablo 18. Yeşildere tatlı su kaynağına ait kimyasal analiz sonuçları.....	85
Tablo 19. İnkılap mineralli suyuna ait sıcaklık, pH ve debi değerleri.....	94
Tablo 20. İnkılap mineralli su kaynağına ait kimyasal analiz sonuçları.....	95
Tablo 21. İnkılap tatlı su kaynağına ait kimyasal analiz sonuçları.....	96
Tablo 22. Güvercinlik mineralli suyuna ait sıcaklık, pH ve debi değerleri.....	104
Tablo 23. Güvercinlik mineralli suyuna ait kimyasal analiz sonuçları.....	105

Tablo 24. Mineralli su kaynaklarında katyon ve anyonların meq/l cinsinden % değerleri.....	115
Tablo 25. Mineralli su kaynaklarında inorganik karbon türlerinin yüzde değerleri.....	120
Tablo 26. Mineralli su kaynaklarında SiO <sub>2</sub> konsantrasyonları (mg/l).....	123
Tablo 27. Mineralli su kaynaklarında ölçülen serbest CO <sub>2</sub> miktarı (ppm).....	124
Tablo 28. Mineralli su kaynaklarında kimyasal karakteristikler.....	130
Tablo 29. Budak mineralli suyuna ait molalite ve aktivite katsayısı değerleri..	138
Tablo 30. Tekkeköy mineralli suyuna ait molalite ve aktivite katsayısı değerleri.....	139
Tablo 31. Akgedik mineralli suyuna ait molalite ve aktivite katsayısı değerler	140
Tablo 32. Yıldız mineralli suyuna ait molalite ve aktivite katsayısı değerleri..	141
Tablo 33. Yeşildere mineralli suyuna ait molalite ve aktivite katsayısı değerleri.....	142
Tablo 34. İnkılap mineralli suyuna ait molalite ve aktivite katsayısı değerleri.	143
Tablo 35. Güvercinlik mineralli suyuna ait molalite ve aktivite katsayısı değerleri.....	144
Tablo 36. Mineralli su kaynaklarının doygunluk indisi değerleri.....	148
Tablo 37. İnceleme alanındaki su örneklerine ait izotop ve d- parametresi değerleri.....	153
Tablo 38. Mineralli su kaynaklarında analizi yapılan iz elementler.....	158
Tablo 39. Mineralli su kaynaklarından alınan su örneklerinin içerdiği çözülmüş gazlar ve miktarları (%Hacim).....	163
Tablo 40. İnceleme alanındaki mineralli su kaynaklarının radyoaktiviteleri....	164
Tablo 41. İnceleme alanındaki mineralli su kaynaklarının mikrobiyolojik özellikleri.....	166
Tablo 42. Mineralli su kaynaklarının AIH' ya göre sınıflandırılması.....	170
Tablo 43. Mineralli su kaynaklarının sınıflandırılması.....	171

## SEMBOLLER DİZİNİ

$\alpha_i$	İyon aktivite değerleri
$\gamma_i$	İyon aktivite katsayısı
$m_i$	İyonun molalitesi
I	İyonik şiddet
mg/l	Miligram/litre
mek/l	Miliekivalan/litre
$\mu\text{mho/cm}$	Mikromho/santimetre
l/sn	Litre/saniye
EC	Elektriksel iletkenlik
pH	Hidrojen iyonu derişimi
r	Korelasyon katsayısı
$\delta$	İzotop derişiminin SMOW'dan sapma miktarı
D	Döteryum
T	Tritiyum
$^{18}\text{O}$	Oksijen-18
T.U.	Tritiyum birimi
Na	Sodyum
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
$\text{HCO}_3$	Bikarbonat
$\text{CO}_3$	Karbonat
$\text{SO}_4$	Sülfat
Cl	Klorür

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

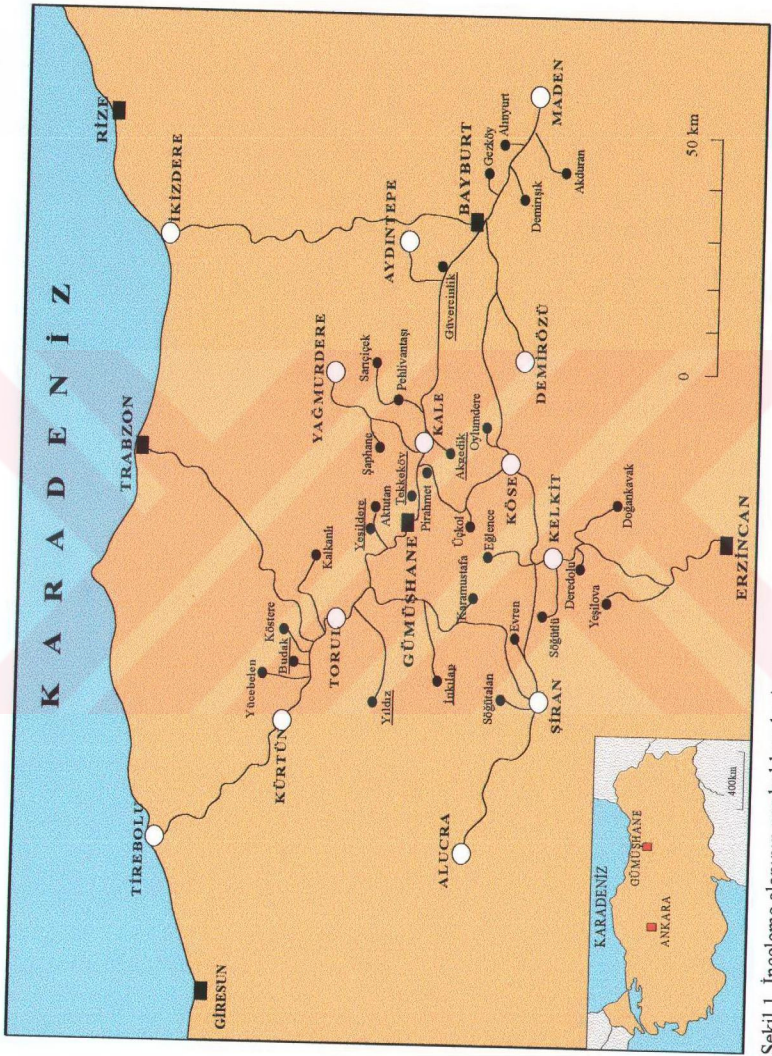
Şifalı suların kullanımı ile ilgili bilgiler MÖ.' lere kadar dayanmaktadır. Mineralli sular açısından çok zengin olan ülkemizde ekonomik değere sahip 650 mineralli su kaynağının varlığı bilinmektedir. Bu kaynaklar, bir çoğunda gerekli kimyasal analizler mevcut olmamasına rağmen yöre halkı tarafından kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde mineralli su kaynakları önemli bir ekonomik potansiyel oluşturmaktadır. Çoğu Avrupa ülkesinde mineralli sular içme suyu tüketiminin önemli bir bölümünü oluşturur. Ne yazık ki mineralli sular bakımından zengin olan ülkemizde bu kaynakların ekonomik olarak değerlendirildiği söylenemez.

Sıcak ve mineralli sular bakımından en önemli yörelerimiz Ege, Marmara ve İç Anadolu Bölgeleridir. İnceleme alanı yakın çevresindeki en önemli sıcak kaynak ise Ayder (Rize-Çamlıhemşin) Kaplıcaları' dır. Ancak mineralli sular (maden suları) bakımından Doğu Karadeniz Bölümü oldukça zengindir. Tektonik hareketlerin yoğun olarak gözlemlendiği Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde çok sayıda mineralli su kaynaklarının varlığı bilinmektedir.

Bu araştırmada, Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde bulunan mineralli su kaynaklarının çoğunun yerleri belirlenmiş, oluşum şekilleri, fiziko-kimyasal özellikleri ve yüzey sularıyla ilişkileri arazi ve laboratuvar çalışmaları ile araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında Budak, Tekkeköy, Akgedik, Yıldız, Yeşildere, İnkılap ve Güvercinlik mineralli su kaynakları ayrıntılı çalışılmış, diğer kaynaklarla ilgili kısa bilgiler verilmiştir.

### **1.2. İnceleme Alanın Konumu**

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümü, Gümüşhane İli sınırları içinde yer almaktadır. İncelenen mineralli su kaynakları Gümüşhane İline bağlı Yeşildere, Akgedik, Güvercinlik köyleri, Tekkeköy Beldesi ve Torul İlçesine bağlı Budak, Yıldız ve İnkılap köylerinde olmak üzere birbirinden farklı yedi bölgede yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası



### 1.3. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanlarından Budak mineralli su kaynağına ulaşım, Trabzon - Gümüşhane karayolundan ayrılan Torul - Kürtün karayolu ile sağlanır. Torul - Kürtün karayolunun 8. km'sinden sonra Budak mineralli su kaynağına stabilize köy yolu ile ulaşılır.

Yıldız mineralli su kaynağına Torul - Gümüşhane karayolundan Torul'un çıkışından batıya doğru ayrılan stabilize köy yolu ile ulaşım sağlanmaktadır.

İnkılap mineralli su kaynağına ulaşım Torul Gümüşhane karayolundan İkisü Mevkii'nden ayrılan Şiran eski yolu ile sağlanmaktadır. Çoğunluğu asfalt olan bu yoldan Hasköy'den batıya ayrılan stabilize köy yolu ile ulaşılmaktadır.

Yeşildere mineralli su kaynağına Trabzon - Gümüşhane karayolundan Gümüşhane'nin Trabzon girişinden kuzey-doğuya doğru ayrılan stabilize köy yoluyla ulaşım sağlanmaktadır.

Tekkeköy mineralli su kaynağına Gümüşhane - Erzurum karayolunun 8. km'sinden itibaren kuzeye Çorak Dere vadisi boyunca yürünerek ulaşılmaktadır.

Akgedik mineralli su kaynağına Gümüşhane - Erzurum karayolundan güneye Akgedik Köyü'ne ayrılan stabilize köy yolu ile ulaşım sağlanmaktadır.

Güvercinlik mineralli su kaynağına Gümüşhane - Erzurum karayolu ile ulaşılmaktadır. Mineralli su kaynağı karayoluna 100 m uzaklıkta bulunmaktadır.

Kış mevsiminde kar yağışı nedeniyle stabilize köy yolları ile ulaşım biraz güçlüklerle sağlanmaktadır.

İnceleme alanındaki en önemli yerleşim merkezleri Gümüşhane İli, Torul İlçesi ve Tekkeköy Beldesi'dir. Diğer yerleşim merkezleri ise bu merkezlere bağlı köylerdir. Köylerde genellikle Doğu Anadolu Bölgesi yerleşimine benzer şekilde bir arada yerleşim görülmektedir.

Gümüşhane İl merkezine Yeşildere ve Tekkeköy mineralli su kaynakları yaklaşık 8 km uzaklıkta, Akgedik mineralli su kaynağı 20 km, Güvercinlik mineralli su kaynağı 31 km uzaklıkta, Torul İlçe merkezine Budak mineralli su kaynağı 9 km, Yıldız mineralli su kaynağı 14 km ve İnkılap mineralli su kaynağı 22 km uzaklıktadır.

#### 1.4. Morfoloji

Doğu Pontidlerin güney zonunda yer alan Gümüşhane İli 1150 m yükseltiyeye sahiptir. Yöre Doğu Pontidlerin kuzey zonuna oranla daha az engebeldir. Ancak Harşit Çayı ve yan kollarının oluşturduğu vadiler oldukça engebeldir. İncelenen maden suyu kaynaklarının da içerisinde bulunduğu alanın genel görünümü şekil 2’de verilen yükselti- alan haritasında gösterilmiştir.

İncelenen mineralli su kaynaklarının bulunduğu köylerden Budak 1100 m, Yıldız 1260 m, İnkılap 1250 m, Yeşildere 1460 m, Tekkeköy 1300 m, Akgedik 1450 m, Güvercinlik 1850 m yükseltisinde bulunmaktadır.

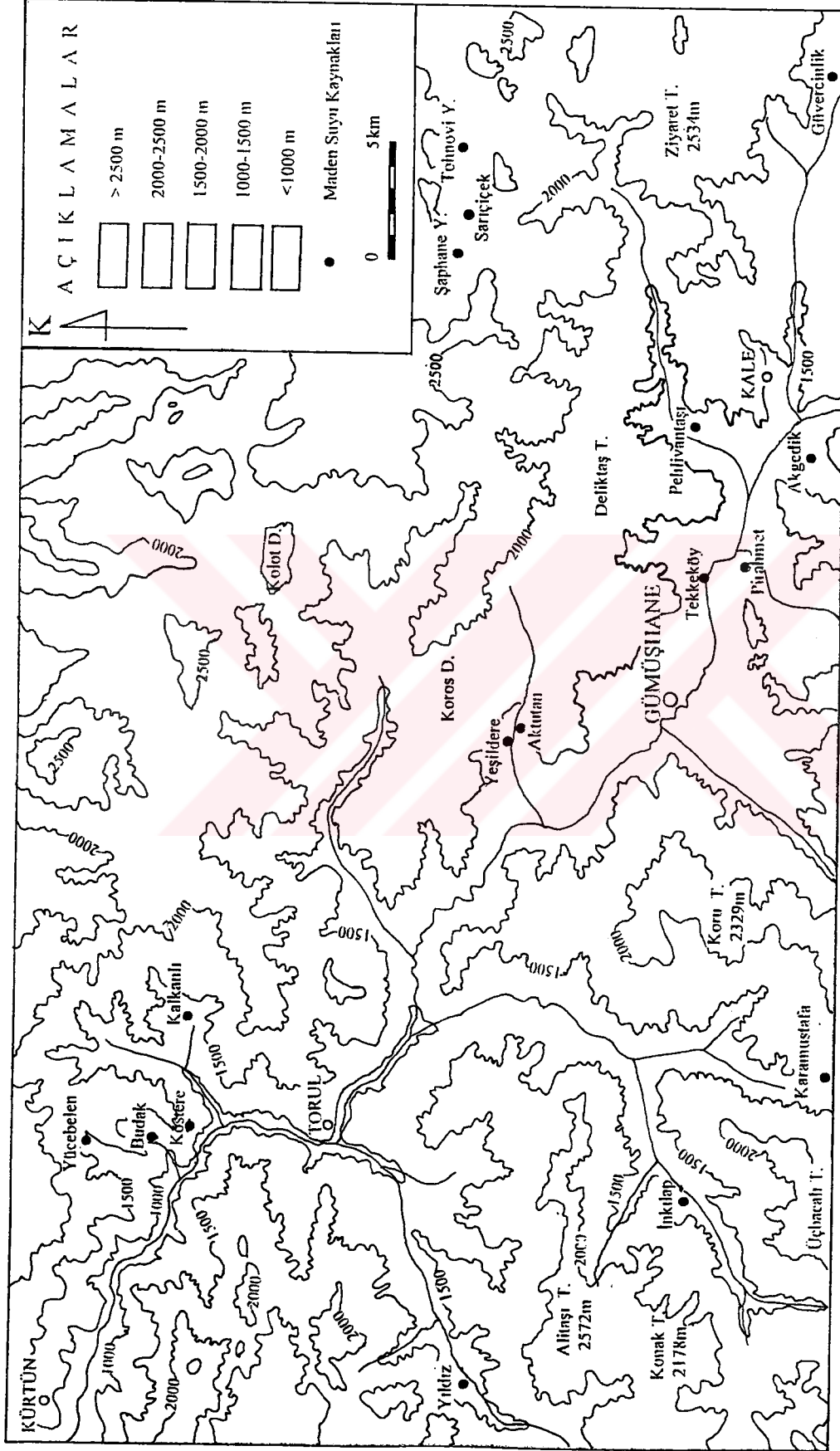
Yöredeki en önemli yükseltiler güneyde Kuru T. (2329 m) ve Üçbacalı T. (2339m), batıda Alitaşı T. (2572 m) ve Konak T.(2178 m), doğuda Ziyaret T. (2534 m) ve Deliktaş T. (1985 m), orta bölümde ise Koros Dağı (2000 m)’dir.

#### 1.5. İklim

Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesi ile sınır olması nedeniyle her iki iklim özelliklerini taşıyan geçiş iklimi gösterir. Karadeniz bölgesine oranla yazları daha kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır.

Yörede biri Gümüşhane İl merkezinde, diğeri Torul İlçe merkezinde olmak üzere iki adet Meteoroloji İstasyonu bulunmaktadır. Torul İlçe merkezindeki istasyonda 1983 yılına kadar sadece yağış değerleri ölçülmüş, 1983 yılından sonra yağışla beraber sıcaklık değerleri de ölçülmüş olup, istasyon 1989 yılında kapatılmıştır. Gümüşhane il merkezindeki meteoroloji istasyonunda yağış değerleri 1958 yılından, sıcaklık değerleri ise 1965 yılından beri ölçülmektedir. Bu istasyonlara ait bilgiler Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilmiştir (Tablo 1).

Gümüşhane ve Torul Meteoroloji Gözlem istasyonlarında ölçülen sıcaklık değerleri yardımıyla mineralli su kaynaklarının bulunduğu yükseltilere göre düzeltmeler yapılmıştır (Özdemir, 1978). En yakın istasyon olması nedeniyle Budak, Yıldız ve İnkılap Köyleri



Şekil 2. İnceleme alanının yükselti alan haritası



Tablo 1. Gümüşhane ve Torul meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen ortalama yağış(mm) ve sıcaklık (°C) değerleri

İstasyon Adı	Gözlem Aralığı	Ölçülen Parametre	A Y L A R												Yıllık
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Gümüşhane	1958-96	Yağış (mm)	35	31	40	58	68.5	64	13.3	14.5	19.8	37.3	40.3	42.8	448.3 (toplam)
"	1965-96	Sıcaklık (°C)	-1.92	-1.03	3.46	9.43	13.8	17.03	19.80	19.77	16.56	11.25	4.93	0.22	9.46 (ort.)
Torul	1953-89	Yağış (mm)	34.3	33.7	34.6	46	63.4	40.3	12.4	11.5	24.1	32	37.1	44.1	411.6 (toplam)
"	1983-89	Sıcaklık (°C)	0.43	0.32	4.55	9.68	13.76	18.08	19.9	20.9	17.65	13.02	8.05	1.18	10.9 (ort.)

Tablo 2. İncelenen mineralli su kaynaklarının yükseltilerine göre düzeltilmiş ortalama hava sıcaklıkları (°C)

Kaynakların Yer Aldığı Merkezler	A Y L A R												Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Budak Köyü	-1.1	-0.6	3.0	8.1	12.3	16.5	18.4	19.4	16.1	11.5	6.5	-0.4	9.4
Tekkeköy	-3.5	-2.2	2.2	8.0	13.3	15.5	18.4	18.3	15.1	9.6	4.4	-1.2	8.0
Akgedik Köyü	-5.1	-3.9	0.6	6.4	10.7	13.8	16.8	16.7	13.5	8.0	2.8	-3.4	6.4
Yıldız Köyü	-2.6	-2.1	1.5	6.7	10.8	15.0	16.9	17.9	14.6	10.0	5.0	-1.9	7.9
Yeşildere Köyü	-5.0	-3.8	0.7	6.5	10.8	14.0	16.9	16.8	13.6	8.1	2.9	-3.3	6.5
İnkılap Köyü	-2.7	-2.2	1.3	6.6	10.7	14.8	16.8	17.8	14.5	9.9	4.9	-2.1	7.8
Güvercinlik Köyü	-9.0	-7.8	-3.3	2.5	6.8	10.0	12.9	12.8	9.6	4.1	-2.9	-7.3	2.5

için Torul Meteoroloji Gözlem İstasyonu, Yeşildere, Tekkeköy, Akgedik ve Güvercinlik Köyleri için ise Gümüşhane Meteoroloji Gözlem İstasyonu baz alınmıştır. Yükseklik düzeltilmesi yapılmış sıcaklık değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. ve Tablo 2. incelendiğinde aylık ortalama en fazla yağış miktarı Gümüşhane’de 68.5 mm, Torul’da 63.41 mm ile Mayıs ayındadır. En sıcak aylar 20.9 °C ile Torul yöresinde Ağustos, 19.80 °C ile Gümüşhane yöresinde Temmuz ayları, en soğuk aylar ise Torul’da 0.32 °C ile Şubat, Gümüşhane’de -1.92 °C ile Ocak aylarıdır.

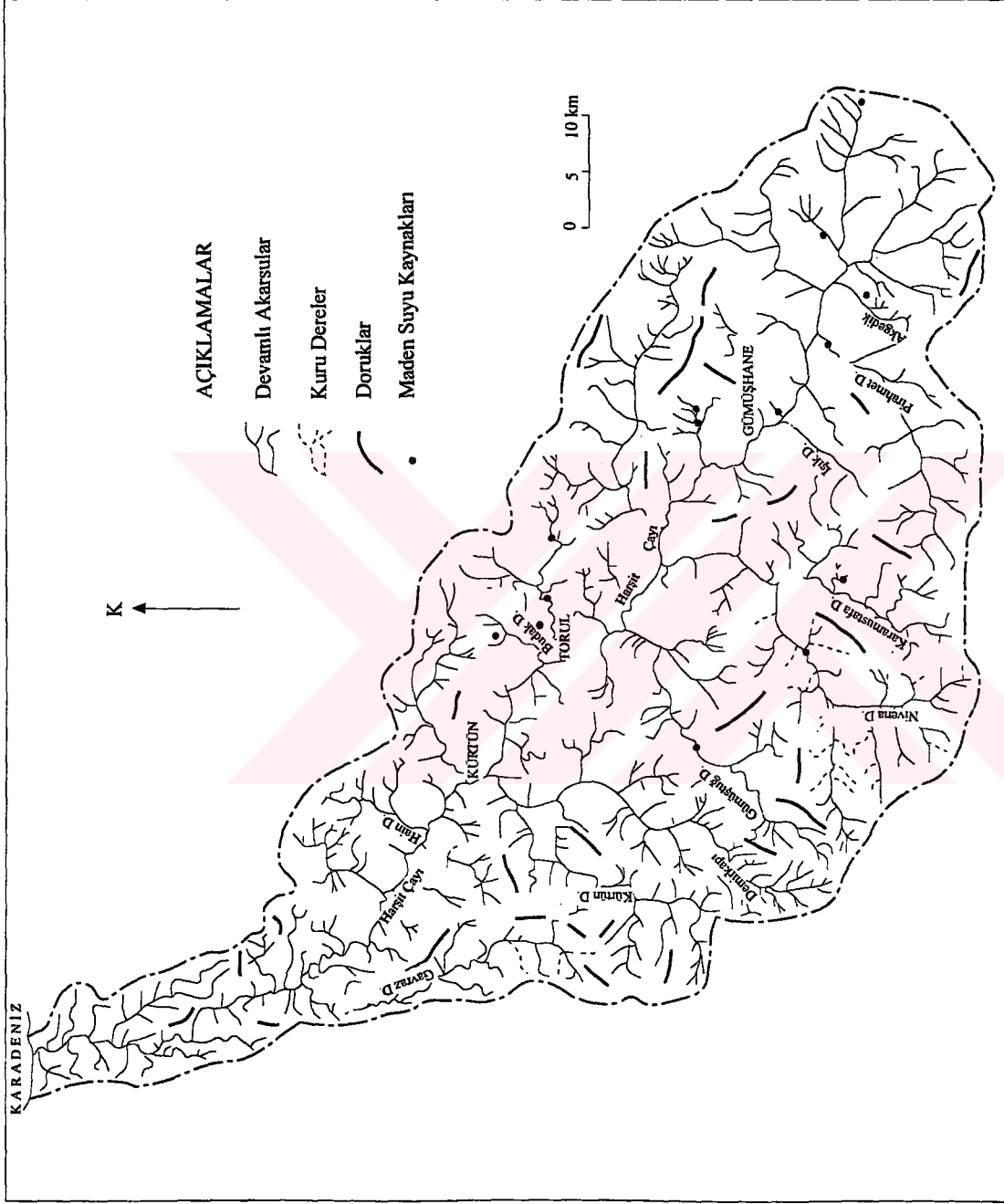
### **1.6. Bitki Örtüsü**

Çalışılan bölge bitki örtüsü bakımından fakirdir. Genellikle akarsu yatakları boyunca elma, vişne, ceviz, kayısı, ve dut ağaçlarından oluşan meyve bahçeleri ile kavaklıklar ve söğüt ağaçları görülmektedir. Doğal bitki örtüsünü yaygın olarak çalılıklar, yersel olarak çam ve pelit (meşe) ağaçlarının yanısıra son yıllarda değer kazanan kuşburnu çalılıkları oluşturmaktadır.

### **1.7. Akarsu ve Kaynaklar**

İnceleme alanındaki en önemli akarsu Harşit Çayı’dır. Harşit Çayı Havzasının akarsu ağı Şekil 3’de verilen orohidrografik haritada görülmektedir. Ortalama debi değeri en düşük 3.20 m<sup>3</sup>/sn, en yüksek 192 m<sup>3</sup>/sn olan Harşit Çayı’nın kollarını oluşturan diğer akarsular ise mebadan mansaba doğru sırasıyla Akgedik, Kabaköy, Pirahmet, Işık, Nivena, Körüm, Gümüştüğ, Budak, Manastır, Kürtün, Hain, Göçük ve Gavraz Dereleridir. Bunlardan Budak, Nivena, Gümüştüğ, Akgedik (Zimon ), Çorak ve Yıkıkların Dereleri vadilerinde mineralli su kaynakları yer alır.

Çalışma alanında çok sayıda tatlı su ve maden suyu kaynakları bulunmaktadır. Ancak gerek tatlı su, gerekse maden suyu kaynakları oldukça küçük debilidir. Tatlı su kaynaklarının birçoğu yazın kurumaktadır. Mineralli su kaynaklarına ait veriler Tablo 3’de, ayrıntılı bilgiler ise Bölüm 3’te verilmiştir.



Şekil 3. İnceleme alanının orohidrografi haritası

Tablo 3- Mineralli su kaynakları ile ilgili bilgiler

Bileşenler	1/25000 Ölçekli Haritada Yeri	1/25000 Ölçekli Haritada Kaynak Koordinatları	Kaynağın Yüzeğe Çıktığı Yükselti (m)	Kaynağın Ortalama Debisi (l/sn)	Kaynağın Ortalama Sıcaklığı (°C)
Kaynak Adı		X Y			
Budak Mineralli Suyu	Trabzon G43-c <sub>4</sub>	96800 25000	1080	0.89	14.5
Tekkeköy Mineralli Suyu	Trabzon H43-a <sub>1</sub>	74500 48800	1300	1.40	14.4
Akgedik Mineralli Suyu	Trabzon H43-a <sub>2</sub>	69875 54750	1483	0.03	10.8
Yıldız Mineralli Suyu	Trabzon H42 - a <sub>2</sub>	83300 14125	1260	0.76	17.9
Yeşildere Mineralli Suyu	Trabzon G43-d <sub>4</sub>	83750 43600	1475	0.067	10.1
İnkılap Mineralli Suyu	Trabzon H42-b <sub>1</sub>	74500 24060	1275	0.98	17.3
Güvercinlik Mineralli Suyu	Trabzon H43-b <sub>4</sub>	69700 70250	1850	0.036	10.8

## 1.8. Genel Jeoloji

### 1.8.1. Giriş

Gümüşhane yöresi maden yatakları yönünden zengin olması nedeniyle çok eskiden beri birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Bu nedenle daha önce yapılan jeolojik çalışmaların çoğu maden araştırmaları ile ilgilidir. Günümüzde maden yataklarının yanısıra jeolojisi ile de araştırmacıların dikkatini çekmektedir.

### 1.8.2. Önceki Çalışmalar

Ketin, İ (1948,1950,1951): Aşkale, Bayburt ve Gümüşhane bölgesinin jeolojisini içeren bu çalışmada; Yörenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Bu araştırmada; Liyas'ın volkano-tortul karakterli olduğu, Paleozoyik yaşlı metamorfik temel üzerinde transgressif olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Ammonitlere dayanılarak serinin yaşının Sinemuriyen-Toarsiyen ve kalınlığının 2000 m olduğu belirtilmiştir.

Baykal, F., (1949-1952): Kelkit- Şiran yörelerindeki çalışmasında Paleozoik yaşlı metamorfik ve granitik temel kayalarlarıyla, Jura, Alt - Üst Kretase, Eosen ve Neojen yaşlı tortul kayaları saptamıştır.

Erguvanlı, K.,(1950): Trabzon - Gümüşhane arasındaki Pontidlerin bir kesiti adlı çalışmasında yörenin 1/100 000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Bu çalışma da Pontidlerde Senoniyen ve Lütésiyen yaşında iki kompleksin varlığından bahsetmektedir. Üst Kretase kompleksinde fliş ve Torul civarındaki kalker ve marnlı kalkerlerin yer aldığı, Lütésiyen kompleksinde ise porfirik yapılu andezitlerle aralarında mercekler halinde bulunan Lütésiyen flişinin yer aldığı belirtilmektedir. Ayrıca Trabzon - Gümüşhane arasındaki pontidlerde biri Senoniyen'den yeni ve diğeri eski olan iki tip granit varlığından söz etmektedir.

Gattinger, T., E., (1962): 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası kapsamına giren sahanın jeolojisine çok az değinmektedir. Gattinger, Gümüşhane yöresinde stratigrafik dizilimi Permiyen yaşlı metamorfik seriler ve granitler, Liyas yaşlı kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı flişler ve Eosen yaşlı volkanik ve fliş serisi olarak belirlemiştir.

Çoğulu, E., (1970): Gümüşhane - Rize bölgelerinde bulunan granitik kayaç topluluklarını jeolojik, petrolojik ve jeokronometrik yönden incelenmiştir. Gümüşhane plütununun Üst Paleozoik yaşlı olduğunu belirlemiştir. Yazar, plütону; granodiyorit, kuvars monzonit ve granit olmak üzere üç fasiyese ayırmıştır.

Tokel, S., (1972): Gümüşhane yöresinde yaptığı çalışmada bölge stratigrafisini ve volkanik tarihçesini incelemiş, Üst Kretase ve Eosen volkanitlerinde petrokimyasal çalışmalar yapmıştır. Tokel, Üst Kretase yaşlı flişleri ilk olarak Kermutdere Formasyonu olarak ve Eosen yaşlı volkano-tortul istifini de Alibaba Formasyonu olarak tanımlamıştır.

Yılmaz, Y., (1974): Gümüşhane Graniti'nin yerleşimi ve bileşimi hakkında çalışmalar yapmıştır. Homojen görünümlü Gümüşhane granitlerini petrografik özelliklerine dayanarak granodiyorit, Çamlıca Adamelliti, Gümüşhane Adamelliti ve Porfiritik mikrogranit olmak üzere dört fasiyese ayırmıştır.

Baytekin, A., ve Uslu, A., (1974): Gümüşhane - Torul - Ayana - Kocadal yöresine ait çalışmalarında kayaçları şu şekilde sıralanmıştır:

En altta Paleozoik Granit, üzerine Paleozoik yaşlı riyolit, riyolitik tuf ve breşlerden oluşan piroklastik seri, Jura yaşlı andezitik, bazaltik seri ve bunların tuf breş - aglomeraları, kırmızı kireçtaşları gelmektedir. daha sonra tüffitik kumtaşı - tüfler ve kireçtaşları yer alır.

Zaralıoğlu, M, (1977): Gümüşhane - Torul - Zigana Geçidi - Kepli yaylası arasında kalan sahanın 1/ 10 000 ölçekli jeoloji raporu adlı çalışmasında kayaçların altta asit lav ve

piroklastları, üstte bazik lav ve piroklastları, ayrıca bu serileri kesen granit ve granodiyoritler şeklinde dizilimi olduğunu belirtmiştir.

Eren, M, (1983): Gümüşhane - Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesine yönelik çalışmasında Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer alan Liyas yaşlı oluşuklar için ilk kez Zimonköy Formasyonu adını kullanmıştır. Gümüşhane Granitlerinde yapılan petrografik incelemeler sonucu beş ayrı fasiyes saptamış olup kenar zonuna ait dasitlerin varlığını ilk kez ortaya koymuştur. Zimoköy Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen, dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu'nun Dogger - Malm yaşlı olup, formasyonu oluşturan karbonat kayaçlarının gel-git içi ve üstü ortamlarında oluştuğunu belirtmiştir. Eren çalışmasında, Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasında ve Kermutdere Formasyonu ile Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu arasında açılal uyumsuzluk olduğunu saptamıştır Eosen'de yörede şiddetli bir volkanik etkinlik görüldüğünü, belirten Eren, bu dönemde denizin yüksek enerjili, sığ ortam karakterinde olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca Tekkeköy civarında yer alan travertenlerin, çöküntü havzasında oluşmuş göl çökelleri olduğunu belirtmiştir.

Çınar, S., ve diğerleri (1983): Gümüşhane İli ve Güneybatı Yöresinin Jeolojisi ile Maden Zuhurlarına İlişkin Rapor adlı çalışmalarında yöredeki kayaçların Üst Permokarbonifer ile Eosen aralığında oluştuklarını belirtmişlerdir. Paleozoik ile Jura arasında ve Üst Kretase ile Eosen yaşlı birimler arasında diskordans olduğunu ve hemen tüm kayaç birimlerinin Alpin Orojenezi'nin değişik fazlarının etkisinde kaldığını belirtmektedirler. Yazarlar, yöredeki kayaçların daha çok kıvrım tektoniği etkisinde kaldığını ve genel doğrultularının KB-GD yönünde, kırık tektoniğinin de yine bu yönde olduğunu belirtmişlerdir.

Gülibrahimoğlu, İ. ve diğerleri (1985): Trabzon - Maçka Güneyi Yöresinin Jeoloji Raporu adlı çalışmalarında, yöredeki en eski kayaçların Jura yaşlı andezit - bazalt lav ve piroklastları olduğu, bu birimi Jura - Alt Kretase yaşlı yarı kristalize kireçtaşı ve Alt Kretase yaşında varsayılan ardalanmalı tortul serinin uyumlu olarak üstlendiğini belirtmişlerdir. Üst Kretase yaşlı dasitik lav ve piroklastikleri ise yarı kristalize kireçtaşlarını ve Jura yaşlı andezit - bazalt lav ve piroklastlarını aşınma uyumsuzluğu ile üstlediğini vurgulamışlardır.

Türk -Japon Heyeti (1985-1986): The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area adlı rapor iki bölüm olarak

hazırlanmıştır. Çalışmada yörenin 1/50 000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmış, intrüzif kayaçların yaşları belirlenmiştir. Yaşlı intrüzif kayaçların yaşı Rb-Sr yöntemiyle 406 milyon yıl, genç intrüziflerin yaşı 100 milyon yıl olarak belirlenmiştir.

Kahraman, İ. ve diğerleri (1986): Gümüşhane İli Yöresinin cevherleşme olanaklarının araştırılması ve 1/25 000 ölçekli jeoloji haritasının yapılması amaçlanan bu çalışmada, yörede Paleozoik'ten Eosen'e kadar değişik yaşta ve farklı litolojide kayaç birimlerinin olduğu belirtilmiştir. Çalışmaya göre yöredeki hakim kayaçlar intrüzifler, daha sonra sırasıyla volkanitler, tortullar, metamorfitle ve damar kayaçlarıdır. Ayrıca yörede Hersinyen ve Alpin dağ oluşum hareketlerine bağlı olarak, Alt Kimmerik, Üst Kimmerik, Austrik ve Laramik fazlarının etkili olduğu vurgulanmıştır. Dağ oluşum hareketleri sonucu yörede diskordanslar, kıvrım ve kırık yapıları, kırılmalar sonucu ise blok ve bindirme fayları oluşmuştur.

Gedik, İ. ve Diğerleri (1996): Doğu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi adlı çalışmalarında; Doğu Pontidlerin en yaşlı birimini yaşları Permo-Karbonifer öncesi kabul edilen metamorfitle oluşturduğunu ve bu metamorfik birimin Hersinyen Orojenezi ürünü olan Gümüşhane Graniti olarak adlandırılan Geç Karbonifer öncesi yaşta granitik kayaçlar tarafından kesildiği belirtilmiştir. Yazarlar, Hersinyen temel üzerine gelen Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu'nun sık yanal ve dikey fasiyes değişiklikleri göstermesi ve birkaç on metreden yaklaşık 2000 m'ye varan kalınlıklar sunması, Liyas döneminde, birbirine yakın, fakat birbirinden kopuk farklı çökel ortamlarının ( pull-apart havzalar) varlığına işaret ettiğini belirtmişlerdir. Bu formasyonun tabanını oluşturan Ammonitico - rosso fasiyesindeki kırmızı kireçtaşı dolgulu, yaygın neptuniyen dayk oluşumları gözlenir. Bu dayklar ortalama K5-10 D doğrultulu olup, bu doğrultu Liyas döneminde etkili olan bazı normal fayların doğrultularıyla çakışmaktadır. Ayrıca kayaçların ortalama doğrultuları yaklaşık K40B ve K25D olan çatlak sistemleri içerdikleri belirtilmiştir. Araştırmacılar bu verilere dayanarak Doğu Pontidlerdeki Liyas havzalarının uzaklaşan (divergent) bir transform (transtensiyonel) fay sisteminin ürünü olduklarını belirtmişlerdir.



## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Amaç ve Metodlar**

Ülkemizde oldukça fazla sayıda bulunan mineralli sular (maden suları) ve kaplıcaların bir kısmı değerlendirilirken, büyük bir çoğunluğu boşa akmaktadır. Bir çoğunun ise yerleri sadece çevresinde yaşayan insanlar tarafından bilinmektedir. Gümüşhane İli ve çevresinde bir çok mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Ancak bunlardan sadece bir kaçı bilinmekte, fakat hiç biri değerlendirilmemektedir. Bu çalışmada Gümüşhane yöresinde çok sayıda olan mineralli su kaynaklarının belirlenmesi, bunlardan seçilen bazı kaynakların fiziko- kimyasal özelliklerinin araştırılıp, hidrojeokimyasal karakterinin belirlenmesi, içilebilme standartlarına uygun olup olmadıklarının araştırılması ve ekonomik değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Arazi ve örnekleme çalışmalarına 1994 yılında başlanmış, 1997 yılında tamamlanmıştır. Bu süre içerisinde seçilen mineralli su kaynaklarının yakın çevresini kapsayan 1/ 2 000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmış, mineralli su kaynaklarından alınan örneklerde major anyon - katyon analizi, iz element analizi, izotop analizleri, radyoaktivite analizleri, gaz analizleri ve bakteriyolojik analizler yapılmıştır. Mineralli su kaynaklarının pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen (O<sub>2</sub>) ve serbest karbondioksit (CO<sub>2</sub>) değerleri ise yerinde ölçülmüştür.

### **2.2. Örnekleme ve Analiz Yöntemleri**

#### **2.2.1. Anyon- Katyon Analizleri**

Major anyon - katyon analizleri için 1995 yılı Mart, Haziran, Eylül ve 1997 yılı Ocak aylarında olmak üzere dört defa örnekleme yapılmıştır. Örnekleme çalışmalarında TSE 266 ve APHA ve diğ. (1980)'de önerilen yöntemler uygulanmıştır. Örnekleme biri anyon, diğeri katyon analizleri için olmak üzere ikişer adet 1 litrelik polietilen şişeler kullanılarak yapılmıştır. Katyon analizi için alınan örneklere pH<2 olacak şekilde



hidroklorik asit (HCl) ilave edilerek, iyonların analize kadar çökmeksizin çözeltide kalmaları sağlanmıştır.

Major anyon - katyon analizleri MTA (Maden Tetkik Arama) Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  analizleri için APHA ve diğ. (1980) tarafından önerilen yöntemler uygulanmıştır.  $K^+$  ve  $Na^+$  analizleri Eppendof marka Alev fotometrede ( Spektrofotometrik yöntem) yapılmıştır.  $HCO_3^-$  ve  $CO_3^-$  analizleri APHA ve diğ. (1980)' de verilen 403 numaralı yönteme göre yapılmıştır.  $SO_4^{--}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $F^-$  ve  $PO_4^-$  analizleri iyon kromatografi tekniği ile yapılmıştır.  $SiO_2$  analizi APHA ve diğ. (1980)' de önerilen spektrofotometrede kolorimetrik yöntemle tayin edilmiştir.

### 2.2.2. İz Element Analizleri

Aynı süre içerisinde bir defa olmak üzere iz element analizleri için örnekleme yapılmıştır. Örnekler 1 litrelik polietilen şişelere alınarak  $pH < 2$  olacak şekilde nitrik asit ( $HNO_3$ ) ilave edilmiştir. İz element analizleri Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Laboratuvarlarında yapılmıştır. İz elementlerden  $Mn^{++}$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Pb^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Cu^{++}$  ve  $Cd^{++}$  analizleri GBC 905 AA Model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında Alev (Flame) yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz sırasında kullanılan standartların konsantrasyon aralıkları  $Mn^{++}$  için 0.25- 3 mg/l,  $Fe^{++}$  için 0.1- 10 mg/l,  $Pb^{++}$  için 0.1- 0.4 mg/l,  $Zn^{++}$  için 0.1- 1.6 mg/l,  $Cu^{++}$  için 0.1- 0.8 mg/l,  $Cd^{++}$  için ise 0.1- 0.4 mg/l olarak alınmıştır. As ise GBC 905 AA Model Atomik Absorbsiyon spektrofotometre cihazında Hidrür Sistemi ile analiz edilmiştir. Analiz esnasında  $NaBH_4$  çözeltisi ve derişik HCl kullanılmıştır. As için kullanılan standart konsantrasyonu aralıkları 0.5- 4 ppb'dir.

### 2.2.3. İzotop Analizleri

İzotop deneyleri için yağışlı, kurak ve ara periyotta olmak üzere seçilen mineralli su kaynaklarından ve hemen yakınındaki yüzey (dere) sularından üç kez örnekleme yapılmıştır. Örnekler biri oksijen-18 ve döteryum, diğeri tiryum izotopları için iki adet

bir litrelik polietilen şişelere alınmıştır. Örnekleme IAEA (International Atomic Energy Agency) tarafından belirlenen kurallara uygun olarak yapılmıştır. İzotop deneylerinde DSİ (Devlet Su İşleri) Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı, İzotop Laboratuvarında Kütle spektrometresi kullanılmıştır.

#### **2.2.4. Radyoaktivite Analizleri**

Maden suyu kaynaklarından ve o yöredeki bir adet tatlı su kaynağından alfa ( $\alpha$ ) ve beta ( $\beta$ ) vericilerini belirlemek amacıyla 1 litrelik polietilen şişeler kullanılarak örnekleme yapılmıştır. Analizler Küçük Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır.

#### **2.2.5. Gaz Analizleri**

Mineralli sulardaki çözünmüş gaz oranlarını belirlemek üzere kaynaklardan 1 litrelik polietilen şişeler kullanılarak bir kez örnekleme yapılmıştır. Gaz analizleri Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM) Laboratuvarlarında yapılmıştır. Laboratuvarda maden suyu örnekleri önce içlerindeki çözünmüş gazları serbest hale getirmek amacıyla ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur (Gündüz, 1990). Serbest hale getirilen bu gazlar Gaz Kromatografi cihazına verilerek analizler yapılmıştır. Analiz sırasında taşıyıcı gaz olarak Argon gazı kullanılmıştır. Analiz sonucunda belirlenen gazlar % hacim cinsinden belirlenmiştir.

#### **2.2.6. Bakteriyolojik Analizler**

Bakteriyolojik analizler için Trabzon Bölge Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü'nden alınan 50 ml'lik koyu renkli steril cam şişeler kullanılarak örnekleme yapılmıştır. Analizler Trabzon Bölge Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

### 2.3. Yerinde Ölçüm Çalışmaları

Mineralli su kaynaklarının ve yakınlarında seçilen bazı tatlı su kaynaklarının pH, sıcaklık, serbest karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), çözülmüş oksijen ( $\text{O}_2$ ) parametrelerine ait değerler belirlenmiştir.

pH ve sıcaklık değerleri Wissenschaftlich Technische Werkstätten (WTW) marka , ph 96 model - microprocessor pocket pH-mV metre ve combined elektrod ile ölçülmüştür. pH ölçümü öncesinde pH' ı 4.00 ve 7.00 olan tampon çözeltiler kullanılarak aletin kalibrasyonu yapılmıştır.

Mineralli sularda serbest  $\text{CO}_2$  ölçümü laboratuvarında hazırlanan NaOH, NaK tartarat (seignette tuzu), fenol ftalein gibi kimyasal maddeler ile büret ve erlen gibi laboratuvar gereçleri götürülerek titrasyon yöntemiyle kaynak başında yapılmıştır.



### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Bölgesel Jeoloji**

Yörenin genel jeolojisi daha önce yapılan çalışmalardan derlenerek hazırlanmıştır (Ek 1). Mineralli su kaynaklarının çıktığı yer ve yakın çevresinin jeolojisi ise 1/2 000 ölçeğinde yapılmıştır.

İncelenen mineralli su kaynaklarının içinde bulunduğu alan Doğu Pontid jeotektonik ünitesi (Ketin, 1966)'nde yer almaktadır. Doğu Pontid jeotektonik ünitesi litostratigrafik özellikleri bakımından kuzey ve güney zon olmak üzere birbirinden farklı iki bölgeye ayrılmaktadır (Özsayar ve diğ.,1981). İncelenen mineralli su kaynaklarından Budak, Kalkanlı, Köstere, Saranoy Y., Yücebelen mineralli su kaynakları Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda, diğerleri ise Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer almaktadır.

İnceleme alanını içeren yörenin jeolojisinde Güven ve diğ., (1993)'nin çalışmaları esas alınmış, litolojik birimler ise diğer çalışmalarla denetlenmiştir.

##### **3.1.1. Gümüşhane Granitoyidi**

Gümüşhane Plütону (Çoğulu, 1970), Gümüşhane Graniti (Yılmaz, 1974) ya da Gümüşhane Granitoyidi (Güven, 1993), Liyas yaşlı formasyonlarla ayrılmış biri Gümüşhane İli'nin de üzerinde bulunduğu kuzey masif, diğeri ise Köse Dağlarını meydana getiren Güney masif olmak üzere iki ayrı masiften oluşmaktadır (Çoğulu, 1975).

Gümüşhane Granitoyidi içerisinde başlıca Granodiyorit (Çoğulu, 1970; Tokel, 1972; Yılmaz, 1974; Eren, 1983; Çınar ve diğ., 1983), Kuvars Monzonit (Çoğulu, 1970), Adamellit (Yılmaz,1974; Tokel, 1972), Siyenogranit (Eren, 1983), Granit (Çoğulu, 1970; Yılmaz, 1974), Mikrogranit (Yılmaz, 1974), Granofir (Çoğulu, 1970; Eren, 1983) ve Aplit (Çoğulu, 1970) kayaç grupları yer almaktadır.

Gümüşhane Granitoyidi Paleozoik yaşlı kayaçlar içerisine sokulum yaparak onları metamorfizmaya uğratmıştır. Liyas yaşlı oluşuklar hem Paleozoik yaşlı kayaçları hem de Gümüşhane Granitoyidi'ni örtmektedir (Çoğulu, 1975).

Çoğulu (1970), Gümüşhane Granitoyidi'nin yaşını total-kurşun yöntemiyle 298-338 milyon yıl olarak bulmuş ve plütönizmayı Hersinyen Orojenezi'ne bağlamıştır.

### 3.1.2. Demirözü Formasyonu (Pmk)

Güven, (1993) tarafından tanımlanan birim Gümüşhane Granitoyidi üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Çakıltası, kumtaşı, arkoz, kuvarsit, şeyl ve kireçtaşıdan oluşan birim 1100 m kalınlığındadır. Yer yer kömür katmanları içeren birim Permo-Karbonifer yaşlıdır (Güven, 1993).

Demirözü Formasyonu, Ağar (1977) tarafından Bayburt yöresinde tanımlanan Çatalçeşme Formasyonu ile deneştirilebilir özelliktedir.

### 3.1.3. Hamurkesen Formasyonu (JLh)

Bayburt- Demirözü yöresinde Ağar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonu adı ile tanımlanan birim, inceleme alanında da Üst Jura- Alt Kretase kireçtaşları altında bulunmakta ve çoğunlukla volkanitlerden oluşmaktadır. Birimin içinde yer yer killi kireçtaşı, şeyl ve kumtaşı ara tabakaları bulunmakla beraber, bazalt, andezit, dasitik lav ve piroklastları çoğunlukla yaygındır (Güven ve diğ., 1993).

Metamorfik temel üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelen formasyonun yaşı Liyas'tır (Ağar, 1977).

Hamurkesen Formasyonu, Gümüşhane - Kale arasında çalışan Eren (1983) tarafından Ammonitli, yumrulu kırmızı renkli kireçtaşları ile başlayan ve yeşilimsi gri ve sarı renkli, volkanik ara katkılar içeren marn, kumtaşı ve kiltası ardışımı şeklinde devam eden volkano- tortul istif Zimonköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Hamurkesen Formasyonu, gerek litolojik, gerekse yaş yönünden Zimonköy Formasyonu ile deneştirilebilir.

### 3.1.4. Berdiga Formasyonu (Jkr)

Pelin (1977) tarafından Giresun - Alucra güneyinde tanımlanan formasyon Hamurkesen Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir.

Birim genellikle gri renkli ve orta tabakalı killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşur. Birimin kalınlığı 100- 200 m arasında değişir. Formasyon için Üst Jura - Senomaniyen yaş aralığı belirlenmiştir (Güven ve diğ., 1993).

Kırmacı (1992) tarafından tek tip litolojiden oluştuğu için Berdiga Kireçtaşı olarak tanımlanan birim, Berdiga Formasyonu ile litolojik olarak deneştirilebilir, ancak yaş yönünden farklıdır. Berdiga Kireçtaşı'nın yaşı Dogger- Alt Kretase olarak belirlenmiştir (Kırmacı, 1992).

Gümüşhane yöresinde Tokel (1972) tarafından tanımlanan Harşit Formasyonu, litolojik yönden Berdiga Formasyonu'na çok benzemesine rağmen yaş yönünden farklıdır. Harşit Formasyonu Üst Kretase yaşlıdır.

Ağar (1977) Demirözü (Bayburt) yöresinde yaptığı çalışmalarında Üst Jura- Alt Kretase yaşlı birimleri Hozbirikyayla Kireçtaşları olarak tanımlamıştır. Bu birim ile Berdiga Formasyonu arasında deneştirilebilir özellikler bulunmaktadır.

### 3.1.5. Mescitli Formasyonu (Krüf)

Doğu Pontid Güney Zonu'nda, Üst Kretase dönemini temsil eden fliş karakterinde bir birimdir.

Gümüşhane - Mescitli köyü civarında izlenen birim Güven (1993) tarafından Mescitli Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Berdiga formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan formasyonun taban seviyesinde kalınlığı 2-3 m kadar olan pelajik kırmızı killi kireçtaşları bulunur. Üst seviyeler gri ve sarımtırak renkli kumtaşı, kiltası, marn ve şeyl aralanmasından oluşur. Mescitli Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu bulunur. Kalınlığı 600- 800 m arasında değişen birim için Türoniyen - Paleosen yaş aralığı tespit edilmiştir (Güven ve diğ., 1993).

Mescitli Formasyonu Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda Üst Kretase dönemini kapsayan beş adet formasyona karşılık gelmektedir.

Tokel (1972) tarafından Gümüşhane yöresinde Kermutdere Formasyonu olarak tanımlanan ve kumlu kireçtaşları, renkli pelajik kireçtaşları ve flişe benzer seri ile devam eden istiflenmesi Mescitli Formasyonu ile deneştirilebilir özelliktedir.

Alucra yöresinde Pelin (1977) tarafından yapılan çalışmada Üst Kretase, Kındıralık Dere, Elmalı Dere ve Tepeköy Formasyonları olmak üzere üç ayrı formasyonda toplanmıştır. Bunlardan Kındıralık Dere ve Elmalı Dere Formasyonlarının tamamı, Tepeköy Formasyonunun ise alt kısımlarını oluşturan kumtaşı -şeyl aralanması Mescitli Formasyonu ile deneştirilebilmektedir.

### 3.1.6. Çatak Formasyonu (Krü1)

Formasyon Trabzon- Maçka yöresinde Güven (1993) tarafından Çatak Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birim, bazaltik ve andezitik karakterli lav ve piroklastikleri ile birlikte ardalanmış kumtaşı, silttaşı, kırmızı- bordo killi kireçtaşı ve marnlardan oluşur (Güven, 1993).

Kalınlığı yaklaşık 900 m olan formasyonun üzerine Kızılkaya Formasyonu uyumlu olarak gelir (Güven ve diğ., 1993).

Formasyon içerdiği fosil türlerine göre Türoniyen- Santoniyen yaş aralığında kabul edilmektedir (Güven ve diğ., 1993).

Boynukalın (1990), Giresun- Dereli yöresinde yaptığı çalışmasında, tabanında olistostromlarla başlayan ve andezitik, bazaltik lav, tuf ve aglomera ile kumtaşı, çamurtaşı, kırmızı renkli kireçtaşlarından oluşan birimi Yavuzkema Formasyonu olarak adlandırmıştır. Yavuzkema Formasyonu yaş olarak Çatak Formasyonundan daha geniş zaman aralığını kapsamaktadır. Litolojik yönden benzerlikleri olan bu ki formasyonunun denestirilmeleri mümkündür.

### 3.1.7. Kızılkaya Formasyonu (Krü2)

Birim Güven (1993) tarafından Giresun - Espiye İlçesi Kızılkaya mevkiinde tanımlanmıştır.

Riyodasit- dasitik lav ve piroklastiklerinden oluşan Kızılkaya Formasyonu Çatak formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Güven ve diğ., 1993).

Kalınlığı 150- 200 m arasında değişen formasyonun yaşı Çatak formasyonu üzerinde uyumlu bulunması nedeniyle göreceli olarak Türoniyen - Santoniyen olarak kabul edilmiştir (Güven ve diğ., 1993).

### 3.1.8. Çağlayan Formasyonu (Krü3)

Birim ilk olarak Güven (1993) tarafından Trabzon yöresinde tanımlanmıştır.

Formasyon volkano- tortul karakterde bir istif yapısına sahiptir ve bu şekilde bazalt lav ve piroklastiklerinin kumtaşı, marn ve çamurtaşı ara seviyeleri ile ardalanmasından oluşmaktadır (Güven ve diğ., 1993).

Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Çağlayan Formasyonunun üzerinde Çayırbağ Formasyonu uyumlu olarak bulunur.

Kalınlığı yaklaşık 800 m kadar olan formasyonun yaşı içerdiği fosil türlerine göre Kampaniyen- Maestrichtiyen olarak belirlenmiştir (Güven,1993).



### 3.1.9. Kaçkar Granitoyidi - I ( $\gamma_2$ ), II ( $\gamma_3$ )

Doğu Karadeniz Bölgesinde, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı istifler içine sokulum yapan Rize Graniti (Çoğulu,1970), Dereli Granitoyidi (Boynukalın,1990), Kürtün Granodiyorit ve Torul Granodiyorit (MTA,1985) gibi adlarla anılan plütonik kayalar Güven (1993) tarafından Kaçkar Granitoyidi adı altında toplanmıştır.

Mesozoyik yaşlı istifler içine sokulum yapan ve Senozoyik yaşlı istiflerden daha yaşlı olduğu tespit edilen intrüzifler Kaçkar Granitoyidi -I ( $\gamma_2$ ) olarak, Senozoyik yaşlı istifler içine sokulum yapanlar ise Kaçkar Granitoyidi -II ( $\gamma_3$ ) olarak ayrılmış ve haritalanmıştır (Güven ve diğ., 1993).

Kaçkar Granitoyidi - I, granit, granodiyorit, kuvarşlı diyorit ve diyoritlerden oluşur. Granitoid Üst Kretase boyunca gelişimini sürdürerek Paleosen sonunda yerleşimini büyük ölçüde tamamlamıştır. Bu granitoidler çoğunlukla Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonuna aşınma uyumsuzluğu ile örtülüdür. Eosen'de tekrar intrüzyon yapan granitoidler (Kaçkar Granitoyidi -II ( $\gamma_3$ )) bu defa Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonunun içine de sokulum yapmıştır (Güven,1993).

### 3.1.10. Kabaköy Formasyonu (Ev)

Formasyon ilk olarak Güven (1993) tarafından Gümüşhane - Kabaköy yöresinde tanımlanmıştır.

Kabaköy Formasyonu kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara seviyeleri içeren gri renkli, bol ojitli ve hornblendli bazalt lav ve piroklastiklerinden oluşur (Güven ve diğ., 1993).

Üst Kretase dönemine ait çeşitli birimler üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelen Kabaköy Formasyonu 700 m kalınlığında ve Alt - Orta Eosen yaşlıdır (Güven, 1993).

Ağar (1977), Demirözü yöresinde Kabaköy formasyonuna benzer özellikler gösteren birimleri Sırataşlar ve Kızılyar formasyonları olarak adlandırmıştır. Bu iki formasyon ile Kabaköy Formasyonu gerek litolojik gerekse yaş yönünden deneştirilebilir kanısındayız.

Kabaköy Formasyonu Gümüşhane yöresinde ilk kez Tokel (1972) tarafından tanımlanan ve kumlu kireçtaşı, tüffitler ve aglomeralar, hornblendli andezit ve tüffit arakatkısı içeren yastık lav ve aglomeralardan oluşan Alibaba Formasyonu ile litolojik olarak deneştirilebilir, ancak Alibaba Formasyonu'nun yaşı Eosen'dir.

Kuvaterner yaşlı yamaç breşi, traverten, yamaç molozu ve alüvyonlardan oluşan birim Doğu Pontid Güney Zonu'nda stratigrafik olarak en üst seviyede yer alır.



### 3.2. Bölgenin Tektoniği

İnceleme alanının da içerisinde yer aldığı Doğu Pontidler'de istiflenme granitik bir temel üzerine aşınma uyumsuzluğu ile oturur. Pontidlerin özellikle Alpin dağ oluşumu esnasında yatay sıkıştırma hareketlerinden etkilendiği ortak bir kanıdır. plaka yatay sıkıştırma ürünü olan dağ oluşum hareketleri, düşey blok hareketlerinin, uyumsuzlukların ve az da olsa kıvrım yapılarının gelişiminde etkili olmuştur.

Hersinyen orojenezi ile şekillenmiş bir kıtadan kopmuş olan Doğu pontidlerde (Gedik ve diğ.,1996), bölge Geç Karbonifer'de kıvrımlanıp faylanarak granitoyid yerleşimi gerçekleşmiş, Liyas'ta ekstansiyonel tektonik faz sonucu KD-B ve KB-D yönlü blok faylanmalar gelişmiştir (Bektaş ve diğ.,1995).

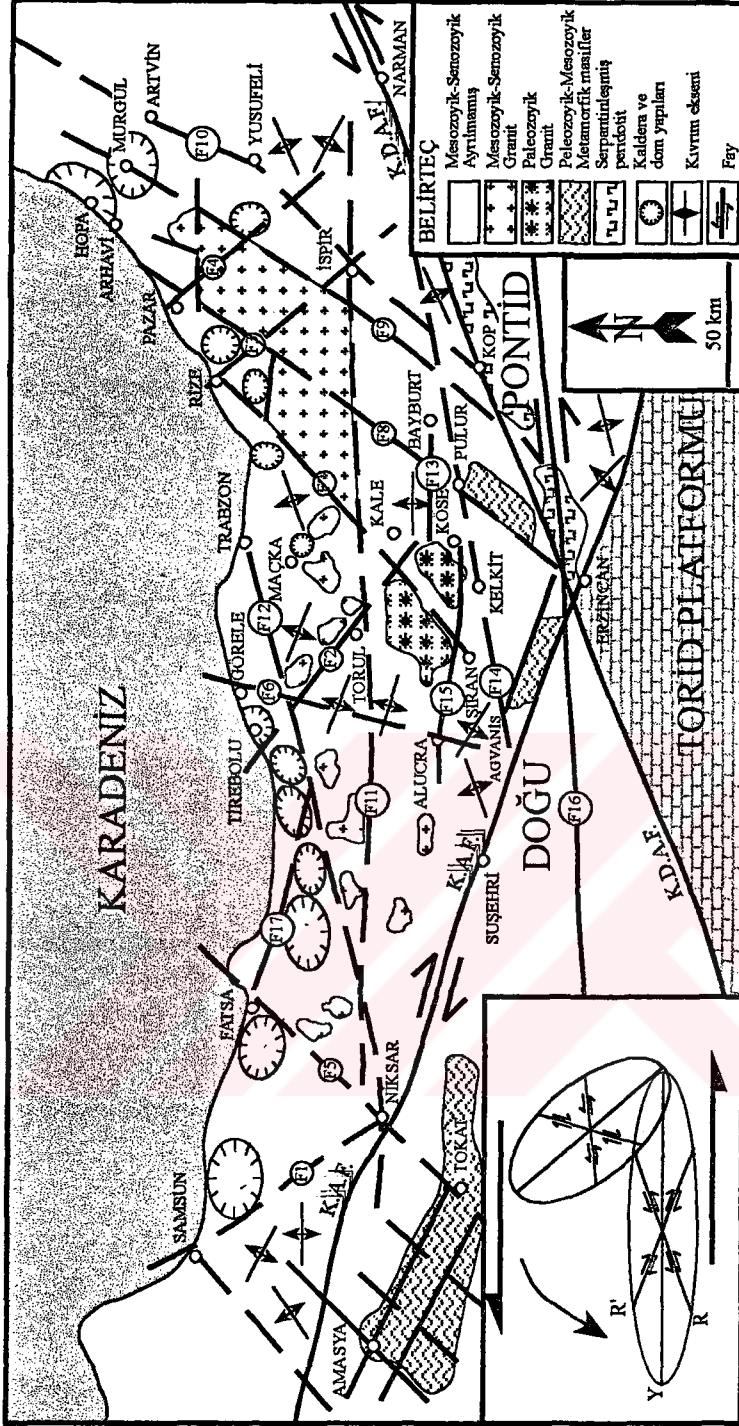
Bektaş ve Çapkınoğlu (1997)'na göre uydu ve hava fotoğraflarından elde edilen fotolineasyonlar Doğu Pontid jeolojisine uyarlandığında, bu fotolineasyonların, bölgenin Mesozoyikte çalışan temel fay tektoniğine karşılık gelir ve D-B, KB-GD ve KD-GB doğrultularında gelişmiş olan bu faylar orojenik kuşağın blok fay tektoniğinin çatısını ve buna bağlı olarak gelişmiş ortogonal kıvrım sistemini oluşturur (Şekil 4).

İnceleme alanında farklı birkaç bölgede yapılan kontur diyagramlarından bölgede KB-GD, D-B, KD-GB ve K-G yönlü kırık doğrultuları saptanmıştır. Bu kırık doğrultuları bölgedeki genelde KB-GD doğrultulu olan kıvrım sistemleriyle birlikte yorumlandığında K-G doğrultusu ana basınç gerilmesi yönü olarak belirlenmiştir.

#### 3.2.1. Mineralli Su Kaynaklarının Tektonizma İle İlişkisi

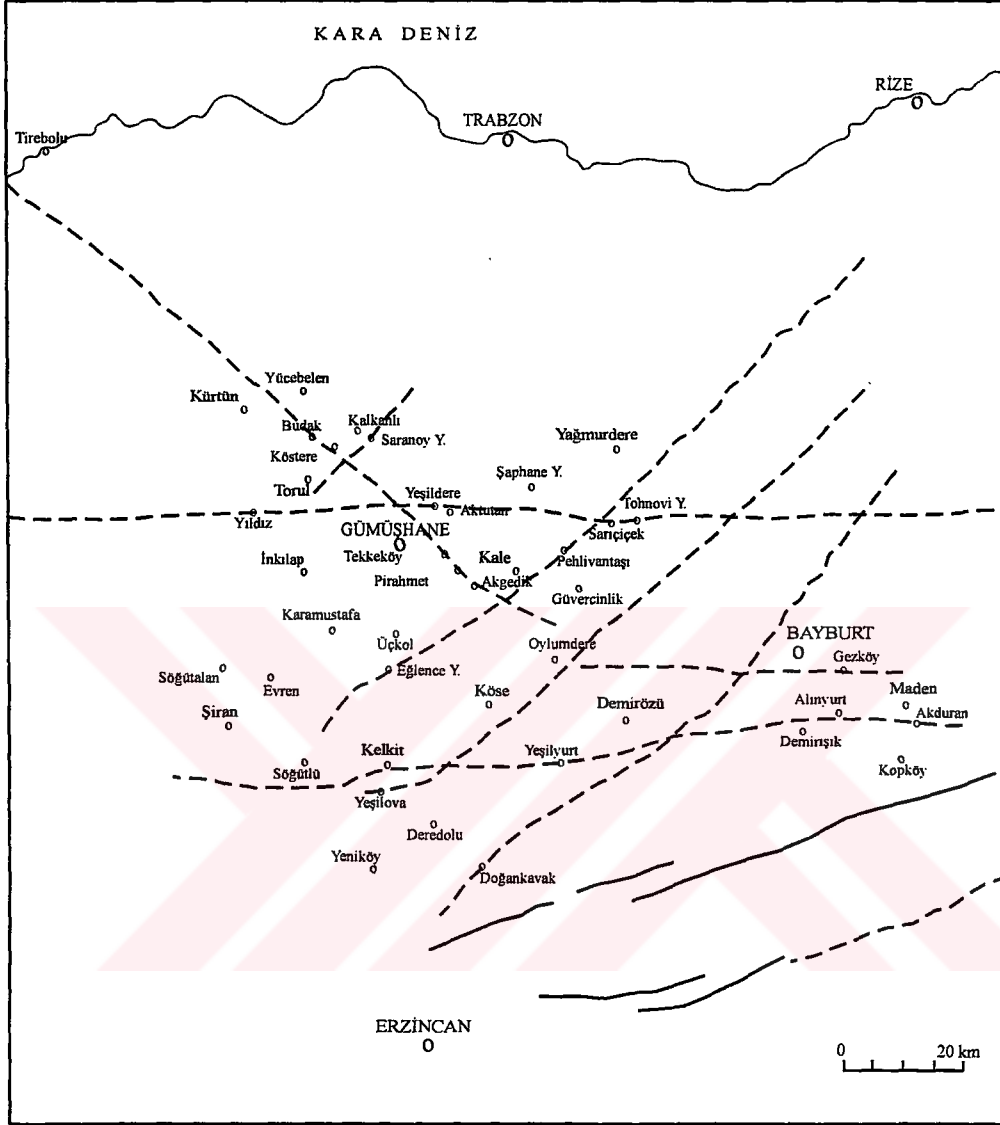
Bilindiği gibi sıcak ve mineralli suların yüzeye çıkışlarını genellikle tektonik hatlar kontrol eder. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda yer alan inceleme alanında, mineralli su kaynakları D-B, KB-GD ve KD-GB doğrultularında belirgin bir dizilim gösterirler.

KB-GD doğrultulu kırık hatlarından Tirebolu Fayı boyunca Yücebelen, Budak, Köstere, Tekkeköy, Pirahmet ve Akgedik, D-B doğrultulu kırık hatlarından Niksar- İspir Fayı boyunca Yıldız, Yeşildere, Aktutan ve Tohnovi Yaylası, Kelkit Fayı boyunca Yeşilova, Yeşilyurt, Akduran ve Alinyurt, KD-GB doğrultulu kırık hatlarından Kırıklı Fayı boyunca Sarıçiçek, Pehlivantaşı, Akgedik ve Eğlence Yaylası, Pulur Fayı boyunca ise yedi ayrı noktadan çıkan Doğanakavak mineralli su kaynaklarının yer aldığı görülür (Şekil 5).



Şekil 4. Doğu Pontidlerde Mesozoik döneminde D-B doğrultulu sol yönlü ana wrenç zonuna bağlı olarak gelişmiş antitetik Kuzey Anadolu ve sentetik Kuzeydoğu Anadolu fay sistemleri ve bunlara paralel olarak uzanan temel jeolojik unsurlar. (F1. Samsun, F2. Tirebolu, F3. Rize, F4. Pazar, F5. Fatsa-Niksar, F6. Görele, F7. Kırıklı, F8. Pulur, F9. Murgul, F10. Artvin, F11. Niksar-İspir, F12. Niksar- Trabzon, F13. Kale, F14. Kelkit, F15. Alucra, F16. Sivas- Erzurum, F17. Fatsa Fayı). (Bektaş ve Çapkınoğlu 1997'den)

Mineralli su kaynaklarının tektonik hatlarla ilişkileri ve kaynaklara ait sıcaklık, debi, pH ve hidrokimyasal fasiyesi ile ilgili bilgiler Ek 2’de verilmiştir.



Şekil 5. Mineralli su kaynakları ile tektonik hatlar arasındaki ilişki

Mineralli su kaynaklarının çevresindeki çatlak ölçülerine ait kontur diyagramlarındaki hakim çatlak yönleri, mineralli su kaynaklarının dizilim yönleri ile uyumludur. Bu diyagramlara göre Yeşildere mineralli su kaynağı çevresinde Eosen volkanitlerinde hakim çatlak konumlarının K83B/52GB ve K30B/70KD olduğu belirlenmiştir. K83B doğrultusunun Niksar-İspir Fayı ile aynı doğrultuda olduğu görülür. Yıldız mineralli su kaynağı çevresinde yüzeylenen Eosen yaşlı volkano-tortul kayalarda hakim çatlak doğrultularının K75B, K-G, K48B ve K20D olduğu belirlenmiştir. Bu

doğrultulardan K75B'nın yaklaşık Niksar- İspir Fayı'na paralel olduğu görülür. Budak mineralli su kaynağı çevresinde Kaçkar Granitoyidi I'de hakim çatlak konumları K55B/34KD, K85D/70GB ve K10D/ 0 olarak belirlenmiştir. Bu çatlak doğrultularından K55B, Tirebolu Fayı ile aynı doğrultudur.

Maden yataklarının da genellikle paleotektonik kırıklarla ilişkili olduğu bilinmektedir. Bölgede bulunan bazı maden yataklarındaki cevher damarlarının ve cevhersiz kırıkların konumları incelendiğinde Karamustafa - Midi (Torul- Gümüşhane) Çinko yatağında cevher damarlarının genellikle D-B doğrultulu, cevherli fay zonlarının KD-GB doğrultulu ve cevhersiz kırıkların ise KB-GD ve KD-GB doğrultulu olduğu görülür (Yalçınalp, 1998). Gümüşki (Maçka-Trabzon) Çinko- Kurşun cevherleşmesinde ise cevher damarları KD-GB ve KB-GD, cevhersiz kırıklar ise KB-GD, KD-GB ve D-B doğrultuludur (Yalçınalp,1997). Bu maden yataklarındaki damarların doğrultularının mineralli sularının yüzeye çıkışını kontrol eden kırık doğrultularıyla aynı olması, bu fayların çoğunun paleotektonik dönemde etkin olduğu, günümüzde ise bir kısmının yeniden aktif duruma geçerek diri fay özelliği kazandığını gösterir. Öte yandan Doğu Pontidler'in kuzeyindeki Üst Kretase volkanitlerinin de kırıklar boyunca kalderalar şeklinde yerleştiği bilinmektedir. Bu da yöredeki volkanizmanın yerleşimini, kırık tektoniğinin kontrol ettiğini gösterir. Bu bölgede çok genç volkanların bulunması, yörede üst mantonun yükselmesi ve buna bağlı olarak kısmi ergimeyle magma oluşumunu gerekli kılmaktadır. Ayrıca manto yükselmesini gösteren jeofizik veriler de (Kadinsky-Cade ve diğ., 1981; Arthur ve diğ., 1997) bulunmaktadır. Bu tür magmatik faaliyetler mineralli su kaynaklarının oluşumunu ve kaynakların bol miktarda CO<sub>2</sub> gazı içermelerini sağlamıştır. Fay (kırık sistemi) - magma yerleşimi - gaz üçlü birliğinin en güzel örneği bu bölgede Erzincan'da görülmektedir. Kuzey Anadolu Fay zonu boyunca hem genç volkanların, hem de mineralli su kaynaklarının varlığı buna en güzel örnektir.

### 3.3. Mineralli Su Kaynakları

Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde belirlenen (Ek 2) otuz dört mineralli su kaynağından yirmi tanesinde kimyasal analiz yapılmıştır (Ek Tablo 8). Bu yirmi kaynak içerisinde önemli görülen yedi tanesinde her mevsimde bir tane olmak üzere dörder kez kimyasal analiz yapılmıştır.

Aşağıda, tektonik hatlar boyunca dizilimlerine göre kaynaklar sınıflandırılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Mineralli su kaynaklarının kırık hatlarına göre sınıflaması

Yer Aldığı Kırık Doğrultusu	Mineralli Su Kaynağı
KB-GD	Budak, Köstere, Tekkeköy, Pirahmet, Akgedik
D-B	1. Yıldız, Yeşildere, Aktutan, Sarıçiçek, Tohnovi Yaylası 2. Yeşilyurt, Alinyurt, Akduran
KD-GB	1. Soranoy Yaylası 2. Pehlivantaş 3. Oylumdere, Yeşilova 4. Doğankavak 5. Kopköy
Sistemsiz	Yücebelen, Kalkanlı, Şaphane Yaylası, İnkılap, Güvercinlik, Karamustafa, Üçkol, Eğlence Yaylası, Söğütalan, Evren, Deredolu, Yeniköy, Demirişik

Tablodan görüldüğü gibi bu çalışma kapsamında ayrıntılı çalışılan mineralli su kaynaklarından Budak, Tekkeköy ve Akgedik mineralli su kaynakları KB-GD doğrultusunda, Yıldız ve Yeşildere mineralli su kaynakları D-B doğrultusunda, İnkılap ve Güvercinlik mineralli su kaynakları ise belirlenen bu kırık hatları dışında yer alırlar.

#### 3.3.1. Budak Mineralli Su Kaynağı

Mineralli su kaynağı Gümüşhane İli, Torul İlçesi kuzey batısında Budak Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Yüzeeye çıkış kotu 1080 m olan kaynak 1/ 25.000 ölçekli topoğrafik haritada Trabzon G 42- c4 paftasında yer almaktadır. Mineralli su birbirine yaklaşık paralel olan üç ayrı çatlaktan boşalmaktadır (Şekil 6).





Şekil 6. Budak mineralli su kaynağından genel bir görünüş

### 3.3.1.1. Jeoloji

Budak mineralli su kaynağı ve yakın çevresini kapsayan alanda incelenmiş 1/2 000 ölçekli jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Ek 3).

Çalışma alanında Kaçkar Granitoyidi I, alüvyon ve yamaç molozu birimleri ayırt edilmiştir.

#### 3.3.1.1.1. Kaçkar Granitoyidi I

Kaçkar Granitoyidi I (Güven,1993) olarak isimlendirilen bu kütlelin uzanımı KD-GB yönündedir. Açık gri, açık kahverengi ve pembe renklerde gözlenen granitoid, granit, granodiyorit, kuvarslı monzodiyorit, diyorit, mikrogranit ve dasit kayaç gruplarını içermektedir. Mineralli su kaynağının yer aldığı vadinin memba tarafında granitoid içerisinde gözle rahatlıkla ayırt edilebilen pirit kristalleri gözlenmektedir. Bu kesimde yüzeylenen granitoid oldukça ayrıışmıştır. Ayrıışmanın etkisi ile renkleri sarımsı gri ve kahverengimsi gri renklerde olup dağılgan özellik kazanmıştır.

İnceleme alanında yüzeylenen granitoid örneklerinin mikroskopik incelemelerinde granit, kuvarslı monzodiyorit ve mikrogranit oldukları belirlenmiştir.

Mikroskopta taneli strüktür gösteren granitlerde kuvarslar birbirine kenetlenmiş öz şekilsiz kristaller şeklinde, plajyoklaslar genellikle fenokristaller şeklinde çok az miktarda küçük kristaller şeklindedir. Cinsleri oligoklas ( $An_{20}$ ) olarak belirlenmiştir. Alkali feldispat, plajyoklaslardan daha az oranda ve ayrılmıştır. Amfibol öz ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde bulunmaktadır. Biotit, amfibole oranla daha az ve küçük öz ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde bulunmaktadır. Ayrışma ürünü olarak epidot az miktarda ve amfibollerin etrafında gözlenmektedir. Opak mineral iri ve küçük kristaller şeklinde, bazen kare kesitli, bazen de öz şekilsiz kristaller şeklinde gözlenmektedir.

Kuvarslı monzodiyoritlerin mikroskopik incelemelerinde taneli strüktür gösterdikleri belirlenmiştir. Plajyoklaslar açık renkli minerallerin %60'ını oluşturmaktadır. Ayrışmadan dolayı cins tayini yapılamamıştır. Ortoklaslar açık renkli minerallerin yaklaşık %25'ini oluşturmaktadır. Genelde plajyoklasların etrafını çevreler durumda ve çok fazla ayrılmış ve killeşmiştir. Açık renkli minerallerin %10'unu oluşturan kuvars plajyoklas ve feldispatların arasını doldurur şekilde bulunmaktadır. Koyu renkli ferromagnezyen minerallerin çok büyük bir kısmını oluşturan biyotit öz ve yarı öz şekilli kristaller şeklindedir. Kısmen ayrılmış ve kloritleşmiştir. Ayrışma ürünü olarak klorit, serisit ve kalsit mineralleri gözlenmektedir. Opak mineraller hem iri hem de küçük taneler şeklinde bazıları biyotitlerin dilinimleri boyunca dizilmiş halde bulunmaktadır.

Mikrogranitler mikroskopik incelemelerinde ince taneli strüktür göstermektedirler. Kuvars öz şekilsiz kristaller şeklinde ve yer yer dalgalı sönme gösterir. Plajyoklaslar yarı öz şekilli kristaller şeklinde ve yapılan sönme açısı tayinlerinden cinslerinin andezin ( $An_{18}$ ) ve oligoklas ( $An_{22}$ ) olduğu belirlenmiştir. Ortoklaslar öz şekilsiz fenokristaller şeklinde ve ayrılmıştır. Opak mineraller iri ve küçük kristaller şeklinde görülmektedir.

İnceleme alanındaki granitoid oldukça çatlaktır. Genel olarak üç çatlak sistemi gelişmiştir. Çatlaklar genellikle ayrışmanın az etkili olduğu yerlerde dolgunsuz, çatlak yüzeyleri genellikle düz, bazen pürüzlü, çatlak ara uzaklıkları 1 cm'den 50 cm'ye kadar değişmektedir. Çatlak açıklıkları ise genellikle 1 - 5 mm bazen 1 cm olarak değişmektedir. Ayrışmanın etkili olduğu yerlerde çatlaklar kil dolguludur.



Kaçkar Granitoyidi I'nin yaşı MTA, (1985) tarafından Rb-Sr ve K-Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinden 100 milyon yıl (Kretase- Tersiyer) olarak belirlenmiştir.

#### **3.3.1.1.2. Alüvyon**

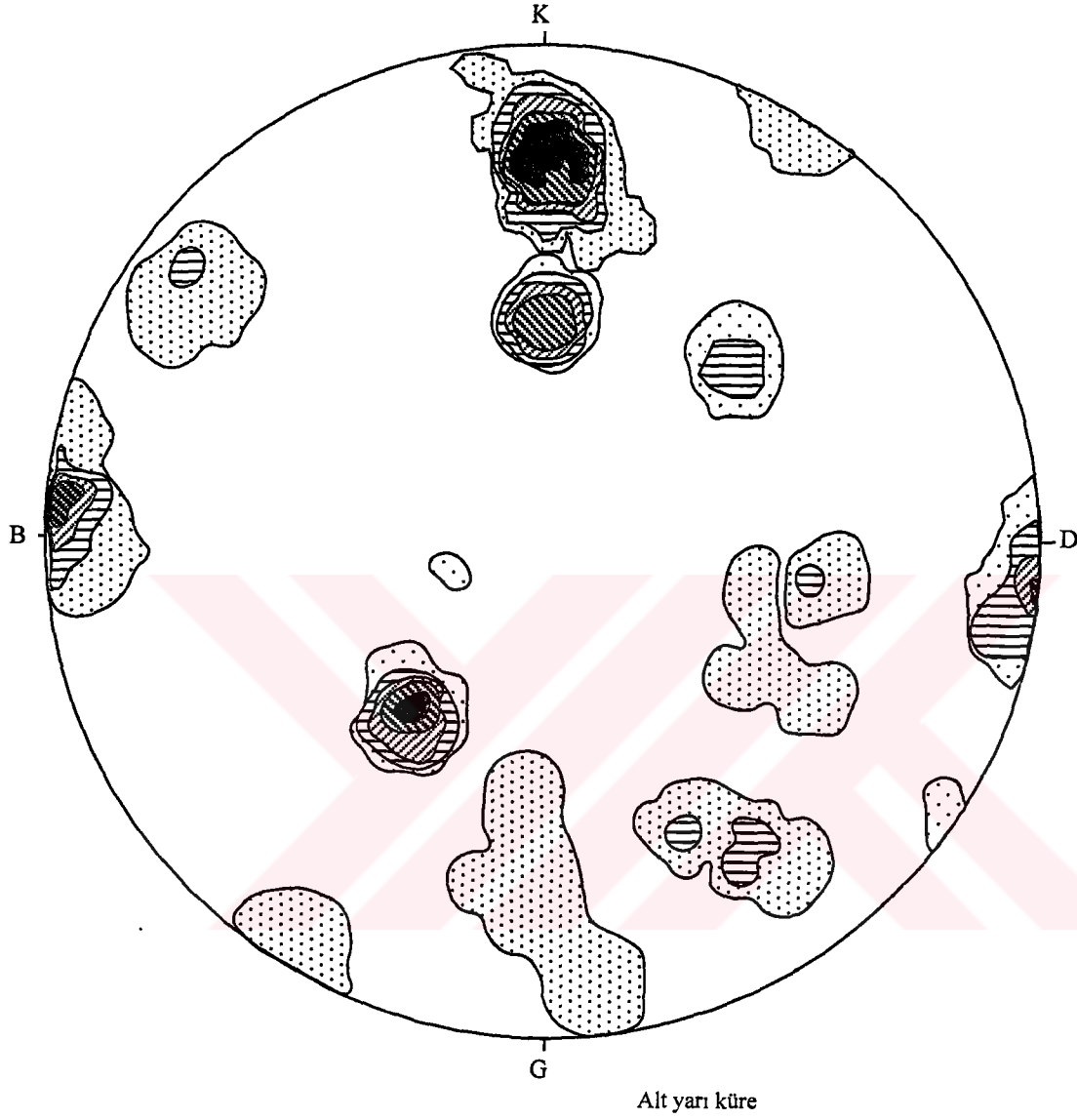
Budak Deresi boyunca yüzeyleyen alüvyonlar, vadinin de şekline göre 10 - 30 m genişliktedir. İçerisinde yer yer çok iri blokların da görüldüğü alüvyonun elemanlarını genelde yuvarlak şekilli volkanik ve magmatik kayaçların çakıl ve kum boyutundaki kırıntılılar oluşturur.

#### **3.3.1.1.3. Yamaç Molozu**

Kaçkar Granitoyidi I üzerinde yaklaşık 10 m kalınlığındaki birim vadi içerisindeki az eğimli alanları oluşturur. Alt kısımlarında genelde iri ve köşeli kayaçlar içeren yamaç molozları üst kısımlarda hemen hemen tamamen bitkisel toprağa dönüşmüştür. Köy halkı tarafından tarım arazisi olarak kullanılmaktadır.

#### **3.3.1.1.4. Yapısal Jeoloji**

Çatlaklı bir yapı gösteren Kaçkar Granitoyidi'nde çatlak yönlerini belirlemek üzere, eşit alanlı projeksiyon ağı kullanılarak kontur diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagramların yorumlanması sonucu hakim çatlak konumlarının K55B/34KD, K85D/70GD ve K10D/ 0 olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). Çatlak konumlarının bölüm 3.2 'de belirlenen kırık hatlarıyla uyum sağladığı görülmektedir. Kontur diyagramlarındaki kırık konumlarına göre kırıkların mekanik olarak normal fay ve doğrultu atımlı fay oldukları anlaşılmıştır.

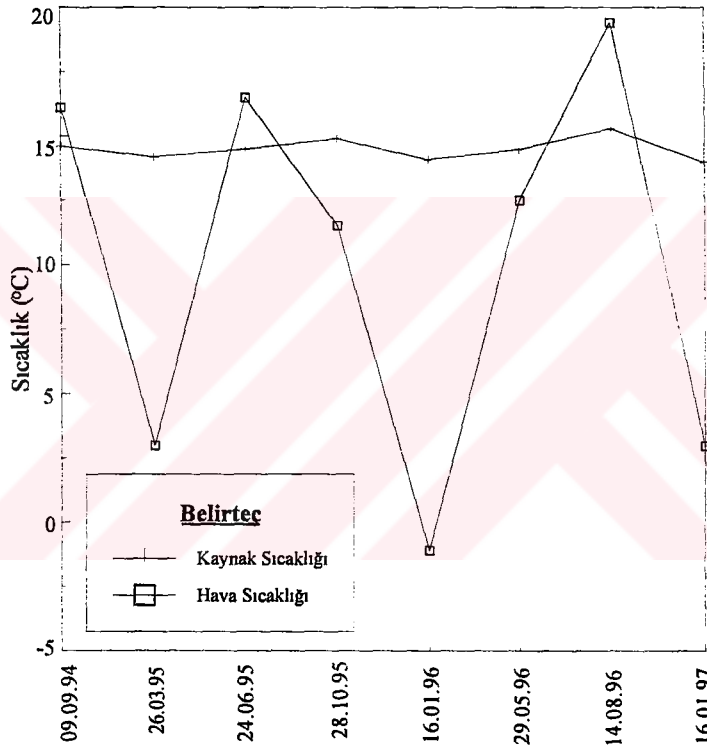


İŞATERLER						
%Değerleri	9-7.5	7.5-6	6-4.5	4.5-3	3-1.5	1.5-0

Şekil 7. Kaçkar Granitoyidi I'den alınan 66 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı

### 3.3.1.2. Kaynağın Sıcaklığı

Budak mineralli su kaynağının farklı tarihlerde ölçülen sıcaklığı 14- 15.3°C arasında değişmektedir. Ölçülen sıcaklık değerleri Tablo 5' de verilmiştir. Mineralli suyun sıcaklığı ile aynı yörede ölçülen ortalama aylık hava sıcaklıkları karşılaştırıldığında kaynak sıcaklığı ile hava sıcaklığının birbirine paralel olduğu görülmektedir (Şekil 8). Grafiğin incelenmesinden mineralli suyun sıcaklığının atmosfer sıcaklığından ihmal edilecek kadar az etkilendiğini, bu durum ise kaynağın kökeninin atmosfer sıcaklığının etkilediği zonunun daha altında olduğunu göstermektedir.

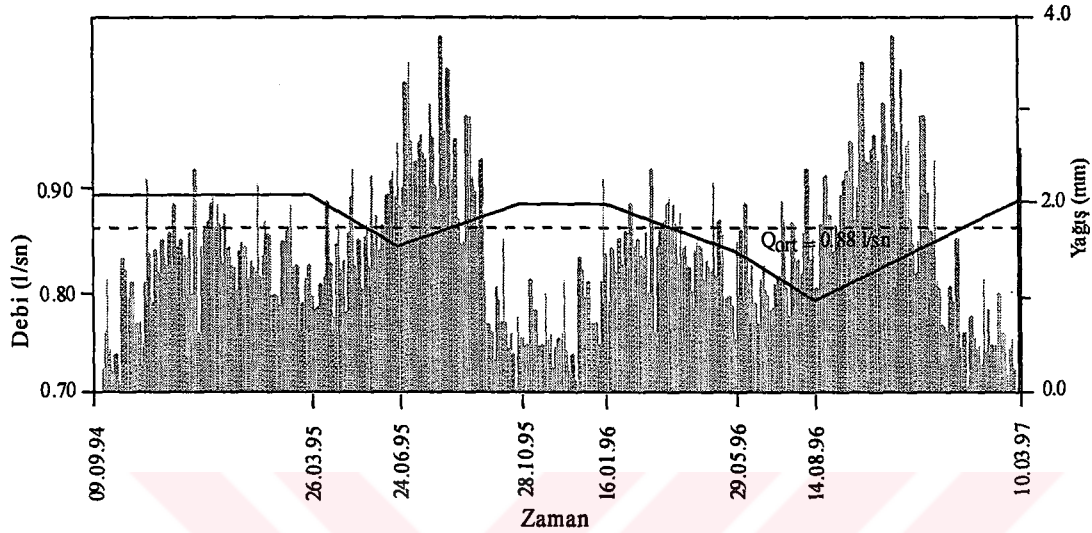


Şekil 8. Budak mineralli su kaynağının sıcaklığı ile aylık ortalama hava sıcaklığının zamanla değişimi

### 3.3.1.3. Kaynağın Debisi

Budak mineralli suyu, çevresinde yüzeylenen granitik kayaçların çatlaklarından çıkmaktadır. Birbirine yaklaşık paralel K52B/48KD, K75B/37KD ve K27B/44GB konumlu olan bu çatlaklardan yüzeye çıkan mineralli su kaynağında herhangi bir kaptaj bulunmamaktadır. Bu nedenle mineralli suyun debisi çok sağlıklı ölçülememektedir. Ancak değişik tarihlerde, bu üç çatlaktan gelen mineralli suyun debisi aynı şekilde

ölçülmüştür (Tablo 5). Kaynağın debisinin zaman içindeki değişimi Şekil 9’ da görülmektedir. Mineralli su kaynağına ait debi değerleri yörede ölçülen yağışlarla karşılaştırıldığında, kaynağın Mart- Nisan aylarındaki bahar yağmurlarından etkilendiği görülmektedir. Mart- Nisan aylarında kaynak debisinin yükselmesi, yüzey sularının kaynak sularına yüzeyle çok yakın bir yerde karıştığını belirtir.



Şekil 9. Budak mineralli su kaynağı debisinin zamana bağlı değişimi

Tablo 5. Budak mineralli suyuna ait sıcaklık, pH ve debi değerleri

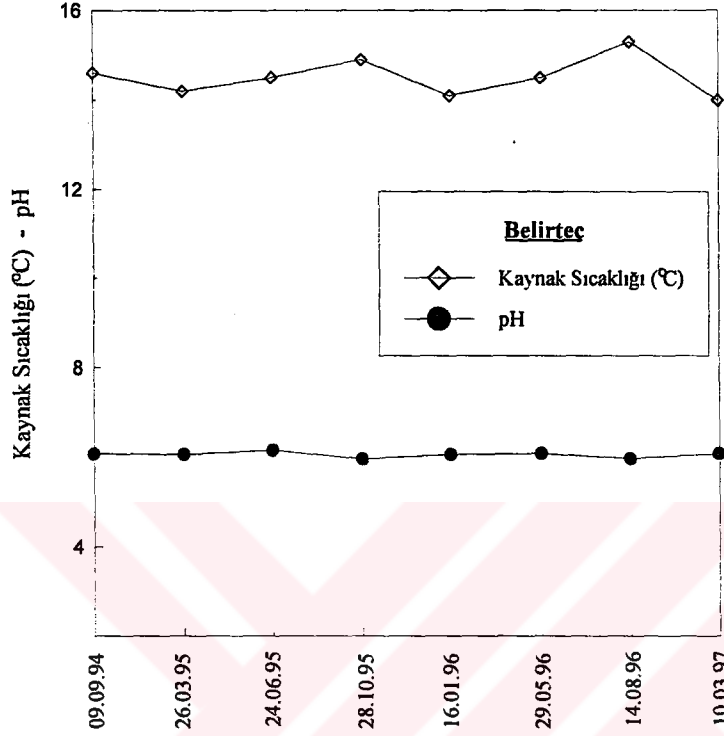
Ölçüm Tarihi	Sıcaklık (°C)	pH	Debi (l/sn)
09.09.1994	14.6	6.09	0.90
26.03.1995	14.2	6.08	0.90
24.06.1995	14.5	6.17	0.85
28.10.1995	14.9	5.98	0.90
16.01.1996	14.1	6.08	0.90
29.05.1996	14.5	6.12	0.85
14.08.1996	15.3	5.99	0.90
10.03.1997	14.0	6.10	0.90

### 3.3.1.4. Kaynağın pH Değeri

Sularda hidrojen iyonunun aktivitesi olarak tanımlanan pH, hidrojen iyonu aktivitesinin -logaritmasıdır. Suyun denge sabiti  $K_w = [H^+] [OH^-]$  şeklindedir.  $K_w$  nötr

sularda 25°C'de  $10^{-14.00}$  'e eşittir. Sıcaklığın artmasıyla  $K_w$  değeri artar, dolayısıyla pH değeri düşer (Cavington ve diğ.,1966).

Budak mineralli suyunda değişik tarihlerde pH ölçümü yapılmıştır. pH değerlerinin zamana bağlı değişimleri ve kaynağın sıcaklığı şekil 10' da verilmiştir.

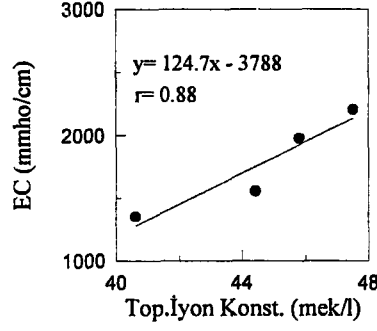


Şekil 10. Budak mineralli su kaynağında sıcaklık ve pH'ın zamana göre değişimi

### 3.3.1.5. Kaynağın Elektriksel İletkenlik (EC) Değeri

Doğal sularda elektriksel iletkenlik, suyun içerdiği çözülmüş iyon miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Saf suda elektriksel iletkenlik en düşük değerini alırken, deniz suyu gibi yüksek iyon konsantrasyonuna sahip sularda en yüksek değere ulaşır.

Budak mineralli suyunda ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri 1354- 2207  $\mu\text{mho/cm}$  arasında değişmektedir. Mineralli suyun elektriksel iletkenlik değerleri ile toplam iyon konsantrasyonları arasında artan yönde doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Şekil 11).



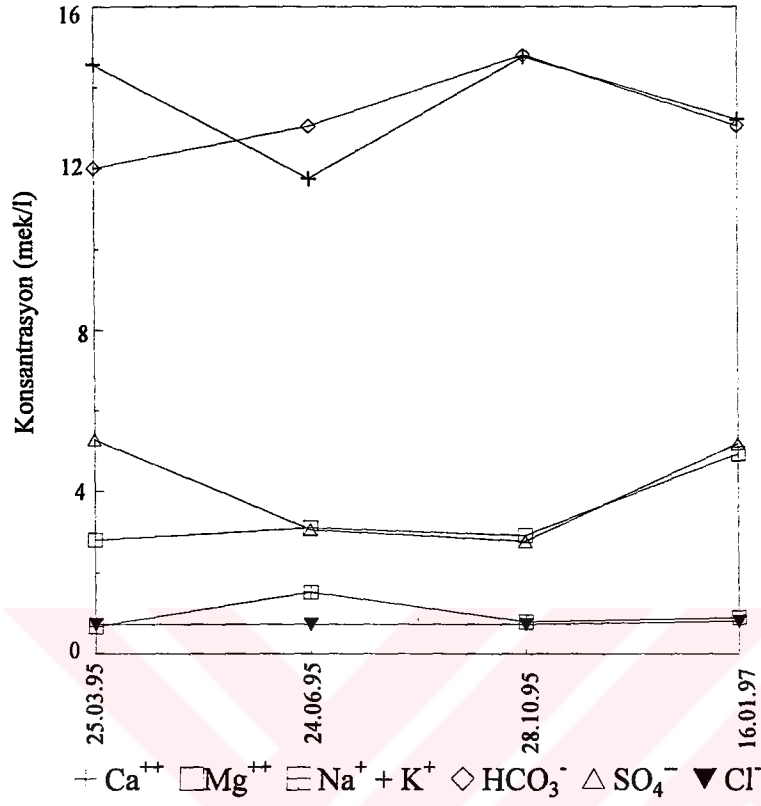
Şekil 11. Budak mineralli su kaynağına ait elektriksel iletkenlik değerleri ile toplam iyon konsantrasyonu arasındaki bağıntı

### 3.3.1.6. Budak Mineralli Suyunun Kimyasal Bileşimi

Budak mineralli suyundan kimyasal özelliklerinin zamana bağlı değişimlerinin belirlenmesi için farklı mevsimlerde örnekleme yapılmıştır. Mineralli suda belirlenen iyonların mevsimsel değişimi şekil 12’ de verilmiştir. Yüzey sularıyla, mineralli suyun kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması amacı ile en yakın noktadaki tatlı su kaynağından örnekler alınmıştır. Alınan örneklere ait analiz sonuçlarından mineralli suya ait major iyon analizleri tablo 6’da, analizlerin tamamı Ek Tablo 1’de ve tatlı su kaynağına ait analiz sonuçları ise tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. Budak mineralli suyuna ait kimyasal analiz sonuçları

Özellikler	Tarihler			
	24.3.1995	25.6.1995	28.10.1995	10.3.1997
EC( $\mu$ mho/cm, 25°C’de)	1558	1354	1979	2207
Sertlik (°FS)	95	78.5	110.5	113
Sıcaklık (°C)	14.2	14.5	14.9	14
pH	6.08	6.17	5.98	6.1
Ca <sup>++</sup> (mek/l)	18.2	14.68	18.44	16.5
Mg <sup>++</sup> (mek/l)	3.50	3.87	3.64	6.15
Na <sup>+</sup> (mek/l)	0.79	1.83	0.93	1.04
K <sup>+</sup> (mek/l)	0.04	0.06	0.05	0.07
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mek/l)	15.0	16.3	18.5	16.3
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> (mek/l)	6.60	3.81	3.46	6.46
Cl <sup>-</sup> (mek/l)	0.90	0.90	0.90	1.00



Şekil 12. Budak mineralli su kaynağındaki iyonların mevsimsel değişimi

Tablo 7. Budak tatlı su kaynağına ait kimyasal analiz sonuçları

Tarih	14. 08. 1995	04. 03. 1996
EC (µmho/cm) (25°C'de)	400	395
Sertlik (FS)	18	19
Sıcaklık (°C)	14.8	13.9
pH	6.30	6.80
Ca <sup>++</sup> (mek/l)	0.90	1.60
Mg <sup>++</sup> (mek/l)	0.90	0.60
Na <sup>+</sup> (mek/l)	0.02	0.17
K <sup>+</sup> (mek/l)	0.60	0.48
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mek/l)	3.50	3.24
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mek/l)	0.32	0.70
Cl <sup>-</sup> (mek/l)	0.20	0.15



### 3.3.1.7. Budak Mineralli Suyu Analiz Sonuçlarına Ait Diyagramlar

Mineralli su kaynağından farklı mevsimlerde alınan örneklerin analiz sonuçları Schoeller diyagramına yerleştirildiğinde, iyonların mek/l değerlerini birleştiren doğruların birbiriyle genelde çakıştığı ve çok yakın paralel geçtiği görülmektedir (Şekil 13). Bu durum mineralli suyun mevsimsel değişimlerden etkilenmediğini göstermektedir. Mineralli su yakınındaki tatlı su kaynağından alınan örneklerin Schoeller diyagramındaki konumları incelendiğinde  $SO_4^{--}$  iyonunun tatlı su kaynağında daha düşük olduğu görülmektedir.

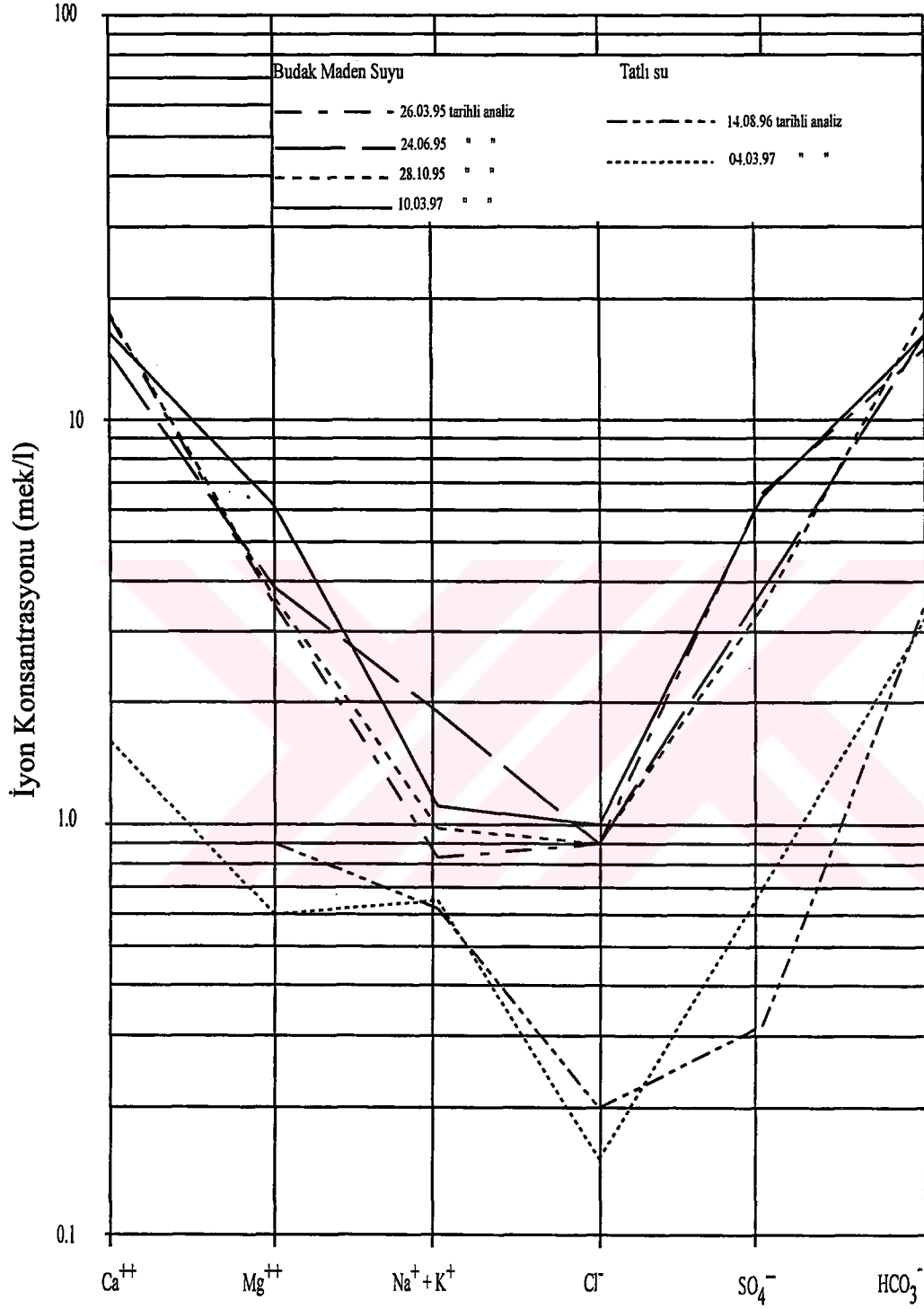
Mineralli su örneklerinin hidrojeokimyasal fasiyes özelliklerinin açıklanmasında Piper diyagramından yararlanılmıştır (Şekil 14). Piper diyagramındaki konumları incelendiğinde, Budak mineralli suyunun "Kalsiyum Bikarbonat" su sınıfında olduğu anlaşılmaktadır. Mineralli suda  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonları toplamı  $Na^+ + K^+$  iyonları toplamından fazladır ve mineralli su, karbonat sertliği karbonat olmayan sertlikten fazla ve %50'den büyük olan sular bölgesindedir.

Piper diyagramından tatlı su kaynağının konumu incelendiğinde, tatlı su kaynağının katyonlarına göre yağışlı sezonda  $Ca$ 'lu, kurak sezonda karışık sular, anyonlarına göre ise her iki sezonda bikarbonat tipi sular sınıfında olduğu görülür. Tatlı su kaynağında karbonat sertliği, karbonat olmayan sertlikten fazla ve %50'nin üzerindedir.

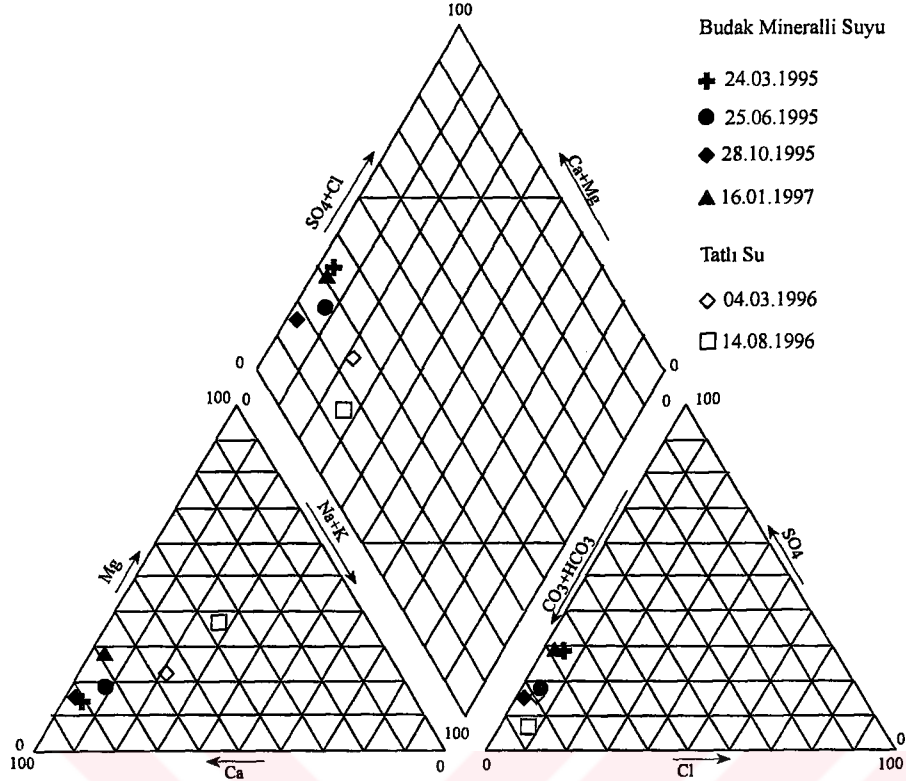
### 3.3.1.8. Budak Mineralli Suyunda İyon Değişimleri ve İlişkiler

Budak mineralli suyuna ait katyonlar üçgen diyagramda kalsiyumlu sular bölgesinde gruplanırken, anyonlar bikarbonatlı sular bölgesinde gruplanmaktadır.

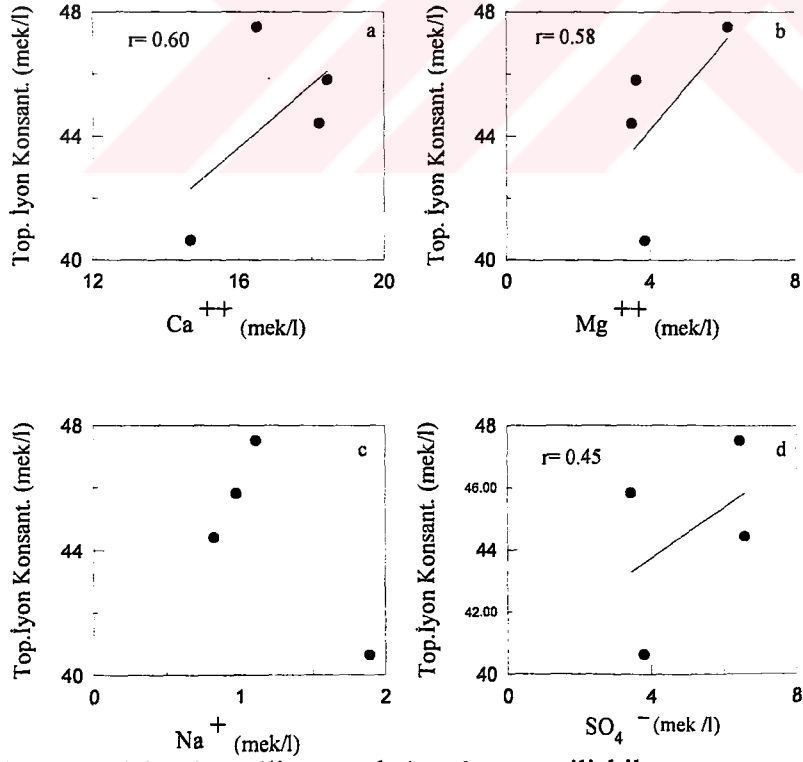
Toplam iyon konsantrasyonları ile iyonlar arasındaki ilişkiler incelendiğinde,  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonları artan yönde bir ilişki gözlenirken (Şekil 15 a,b),  $Na$  iyonu ile belirgin bir ilişki yoktur (Şekil 15 c).



Şekil 13. Budak mineralli suyu ve tatlı su kaynağı analiz sonuçlarının Schoeller diyagramındaki konumları



Şekil 14. Budak mineralli suyu ve tatlı su kaynağına ait analiz sonuçlarının Piper diyagramındaki konumları



Şekil 15. Budak mineralli suyunda iyonlar arası ilişkiler