

## MARMARA BÖLGESİ TERMOMİNERAL KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASI

### HYDROGEOCHEMISTRY OF THE THERMOMINERAL SOURCES OF MARMARA REGION

Rüstem PEHLİVAN - Osman YILMAZ

İ. Ü. Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850, Avcılar/İstanbul.

**ÖZ:** Bu inceleme, Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek için yapılmıştır. Bu amaçla, Marmara Bölgesi'nin jeolojisi ve hidrojeolojik özellikleri bölgesel jeolojik konum içerisinde değerlendirilmiş ve Marmara Bölgesi'nde bulunan 24 adet termomineral kaynağın (içme ve kaplıcaların) tarafımızdan ve daha önceki yıllarda yapılmış olan kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Araştırmada, termomineral kaynaklarının su analiz sonuçları Yarı logaritmik Schoeller ve Piper diyagramlarında incelenerek, örneklerin ait olduğu suların hidrojeokimyası değerlendirilmiştir. Diyagramlardan elde edilen katyon ve anyon trendleri, termomineral kaynakların genelde vakanik ve asidik kayaç ile kireçtaşlarından geldiğini gösterir. Ayrıca, termomineral kaynakların  $Na+K>Ca+Mg$  ve  $(CO_3+HCO_3)>SO_4+Cl$  iyon dizilimleri ile de karışık sular grubunda yer aldıklarında belirlenmiştir. Sonuç olarak, yukarıda belirtilen kayaç tipi ve iyon dizilimlerinin uyumlu olduğu ve birbirlerini desteklediği söylenebilir.

**ABSTRACT :** This investigation was performed to determine hydrogeochemical features of thermomineral sources of Marmara region. For this purpose, hydrogeological features and geology of Marmara region were evaluated within regional geological situation. Results of the chemical analysis of the 24 thermomineral sources (thermal springs and hot springs) in Marmara region which are done in the previous years by us and others are given. In the investigation, analysis results of thermomineral sources are evaluated with respect to hydrogeochemistry view. The cation and anion trends obtained from the diagrams show that thermomineral sources derived from volcanic and asitic rock with limestone. Furthermore, thermomineral sources are mixed type waters according to their ions distribution  $Na+K>Ca+Mg$  and  $(CO_3+HCO_3)>SO_4+Cl$ . Consequently, supported to the rock type and ion distribution of thermomineral sources.

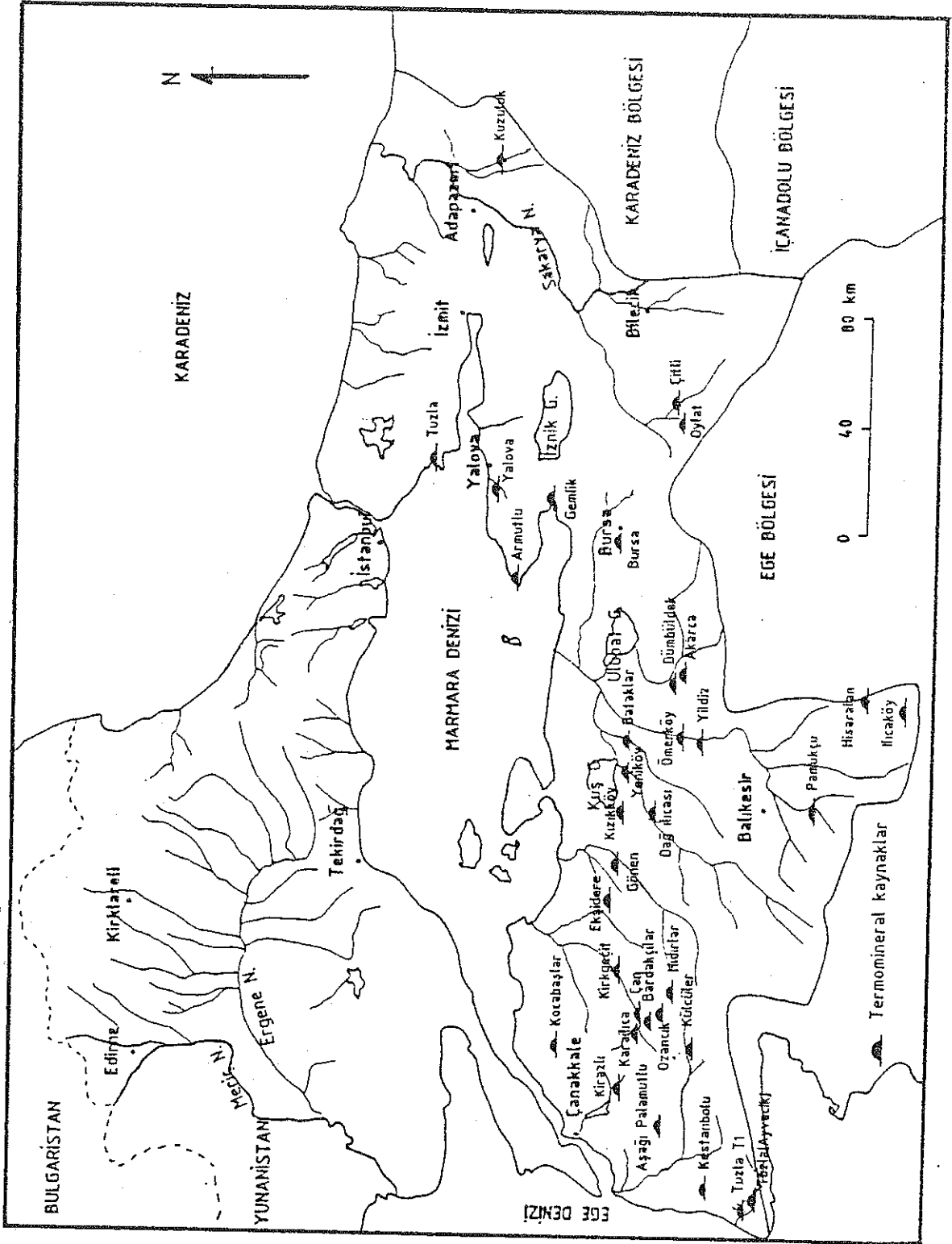
#### GİRİŞ

Marmara Bölgesi'nde gerçekleştirilen incelemede, ilk önce bölgede bulunan termomineral kaynaklarla ilgili olarak yapılmış eski çalışmalara değinilmiş sonra ise Marmara Bölgesi'nin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri bölgesel jeolojik konum kapsamında değerlendirilmiş ve termomineral kaynakların kimyasal analiz sonuçları, boşalım yerlerinin litolojilerinde dikkate alınarak hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir.

#### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Marmara Bölgesi'nde çeşitli amaçlar için büyük alanlarda gerçekleştirilen ilk çalışmaları sırasıyla Pınar (1943), Çağlar (1947), Avşaroğlu (1968), Erentöz ve Ternek (1968) yapmışlardır. Sonraki yıllarda ise Yenel ve diğerleri (1975), Türkiye Maden Suları Envanteri çıkarmak için Marmara Bölgesi'ndeki araştırmalarında bölgede bulunan 61 termomineral su kaynağının tam kimyasal analizini yapmış ve literatür ağırlıklı jeoloji

verileri ile kaynakların oluşumlarını açıklamıştır. Başkan ve Canik (1983), Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası (Ege Bölgesi)'ni hazırlarken bölgenin jeolojik, hidrojeolojik özellikleri ve hidrojeokimyasal su türleri ile birlikte Marmara Bölgesi'nde bulunan 25 termomineral su kaynağı ile ilgili fizikokimyasal özellikler vermişlerdir. İlker (1988), Türkiye'de sağlık turizmi ve kaplıca planlaması adlı eserinde Marmara Bölgesi'nde faaliyette bulunan 10 termomineral suyun tam analiz raporlarına yer vererek etkili olduğu başlıca hastalıkları belirtmiştir. Ayrıca, araştırmasında sağlık turizminin gelişmesi için önemi her geçen yıl artan kürlere hakkında bilgi ile Türkiye kaplıca ve içmeler kılavuzu da verilmiştir. Pehlivan ve Yılmaz (1995) Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının içilebilirliği ve insan sağlığına etkisi isimli araştırmalarında Marmara Bölgesi'nde bulunan 24 adet termomineral kaynağın içilebilirliklerine göre gruplandırması yapılmış, termomineral kaynakların kimyasal analiz sonuçları Dünya sağlık örgütü (WHO) ve Türk standartları (TS)'nin maden ve kaynak suları için müsa-



Şekil 1. İnceleme alanı ve termomineral kaynakların bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the investigated area and thermomineral sources.

de ettiği içme sınır değerleri ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

## BÖLGESEL JEOLJİK KONUM JEOLJİ

Marmara Bölgesi'nin jeolojisi, Bingöl (1989) tarafından derlenen ve MTA Genel Müdürlüğü'nce basılan 1/2.000.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası esas alınarak ve bölgede yapılan özgün çalışmalara değinmek suretiyle ele alınmıştır.

**Sedimanter Kayaçlar:** Türkiye Jeoloji Haritasında (Bingöl, 1989)'e göre Marmara Bölgesi'nde Paleozoyik, İstanbul Kocaeli yarımadasında, Adapazarı (Çamdağ) ve Balıkesir çevresinde görülür. Mesozoyik yaşlı birimler, Biga yarımadasında, Ulubat Gölü güneydoğusunda,

**Çizelge 1.** Marmara Bölgesi Termomineral Kaynakları  
**Table 1.** Thermomineral sources of Marmara region

İÇMELER	KAPLICALAR
Akarca (M. Kemal Paşa-Bursa)	Armutlu (Armutlu-Yalova)
Aşağı Palamutlu (Bayrami Çanakkale)	Bardakçılar (Çan-Çanakkale)
Büyük içme (İstanbul)	Bataklar (Susurluk-Balıkesir)
Çitli (İnegöl-Bursa)	Bursa (Bursa)
Ekşidere (Gönen-Balıkesir)	Çan (Çan-Çanakkale)
Ilıcaköy (Sındırgı-Balıkesir)	Gemlik (Gemlik-Bursa)
Kuzuluk maden (Akyazı-Adapazarı)	Gönen (Gönen-Balıkesir)
Küçük içme (İstanbul)	Dağ Ilıcısı (Balya-Balıkesir)
Kirazlı (Merkez-Çanakkale)	Dümbüldek (Mustafakemalpaşa-Bursa)
Ömerköy (Susurluk-Balıkesir)	Hıdırlar (Yenice-Çanakkale)
	Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir)
	Karalıca (Çan-Çanakkale)
	Kırkeçit (Biga-Çanakkale)
	Kocabaşlar (Lapseki-Çanakkale)
	Kızıkköy (Manyas-Balıkesir)
	Külcüler (Bayramiç-Çanakkale)
	Kestanbol (Ezine-Çanakkale)
	Kuzuluk (Akyazı-Adapazarı)
	Oylat (İnegöl-Bursa)
	Ozancık (Çan-Çanakkale)
	Pamukçu (Balıkesir)
	Tuzla (Ayvacık-Çanakkale)
	Tuzla T1 (Ayvacık-Çanakkale)
	Yalova (Termal-Yalova)
	Yeniköy (Manyas-Balıkesir)
	Yıldız (Susurluk-Balıkesir)

**Çizelge 2.** Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının kimyasal analiz sonuçları (değerler mg/l cinsindedir)  
**Table 2.** Results of chemical analysis of the Marmara region thermomineral sources (values in mg/l)

	Akarca (2)	Armufu (1)	Bataklar (2)	Bursa (2)	Büyük içme(1)	Çitli (2)	Gönen (2)	Dag lıcası(2)
NH <sup>4+</sup>	0.4	0.35	-	-	-	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0.12		0.06	0.06	-	0.13	0.21	0.05
Na <sup>+</sup>	465.6	393	531.5	177	678	516.3	560.9	262.3
K <sup>+</sup>	62.1	25	23	26.3	20.4	23.4	37.5	5.47
Ca <sup>2+</sup>	301.8	295	96	112.6	207	111.3	44.1	14.4
Mg <sup>2+</sup>	13.1	26	9.79	5.3	108	7.06	1.40	2.01
Fe <sup>2+</sup>	3.2	-	0.17	0.15	0.27	0.13	1.25	0.13
Al <sup>3+</sup>	3.1	0.2	0.07	0.02	-	0.04	0.38	-
Mn <sup>2+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn <sup>2+</sup>	0.5	-	-	-	-	0.008	-	-
Pb <sup>2+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr <sup>3+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu <sup>2+</sup>	-	-	-	-	0.04	-	-	-
Hg <sup>2+</sup>	-	-	-	-	0.005	-	-	-
Ti <sup>2+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
As <sup>3+</sup>	-	-	0.05	-	0.005	-	0.021	0.08
B <sup>3+</sup>	2.2	-	6.3	2.5	-	1.1	06.4	1.8
Cl <sup>-</sup>	69	233	634	12	1260	31	278	91
I <sup>-</sup>	0.01	1.8	-	-	-	-	0.06	-
Br <sup>-</sup>	-	-	0.04	-	0.6	-	0.05	0.02
F <sup>-</sup>	1.02	0.4	1.5	3.16	-	0.32	6.0	8.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	104	757	90	245	299	87.5	616	365
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.04	0.4	0.05	0.05	8.8	4.2	19	-
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.5	-	0.38	1.1	0.14	0.49	0.12	0.28
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2105	487	590	539.2	426	1988.6	397.7	112.2
CO <sub>2</sub> (g)	1080.6	25.86	101.2	129.4	-	343	25.5	-
SiO <sub>2</sub>	41	40	-	82	-	28	59	46
T(°C)	17	57	60	47	19	13.5	52	63
pH	6.13	7.7	6.52	6.98	6.9	7.26	7.36	7.94
Ec(µmho/cm)	2880	2600	1700	590	4280	5040	1250	600
α aktivite	20.56	14.7	37.81	9.76	3.71	2.66	18.85	-
β aktivite	67.76	20.8	33.13	8.92	29.43	22.0	27.11	-

Kaynaklar

(1) Pehlivan, R. ve Yılmaz, O.(1995)

(2) Yenal ve diğerleri (1975)

Çizelge 2. (Devam ediyor)  
Table 2. (Continued)

	Dümbül- dek (2)	Ekşidere (2)	Hisaralan (2)	İncaköy (2)	Kara- lıca(1)	Kestan- bolu (2)	Kuzuluk Maden(1)	Kuzuluk sıcak (1)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.4	-	-	-	-	-	-	3.5
Li <sup>+</sup>	0.13	0.01	0.01	0.01		1.29	-	3.5
Na <sup>+</sup>	502.4	22.9	275.2	24.9	1294	7214.2	1789	740
K <sup>+</sup>	91.8	1.95	26.5	1.09	20.2	212.1	77	37
Ca <sup>2+</sup>	195.1	55.68	23.8	68.16	112	847.1	109.2	103
Mg <sup>2+</sup>	3.7	5.18	2.3	10.3	6.2	65.6	50.8	19
Fe <sup>2+</sup>	2.5	0.05	-	-	-	6.25	4.8	-
Al <sup>3+</sup>	2.17	0.15	-	0.01		1.0	2.5	-
Mn <sup>2+</sup>	0.3	-		-	0.62	-	-	-
Zn <sup>2+</sup>	0.04	-	-	-		0.348	-	-
Pb <sup>2+</sup>	-	-	-	-		-	-	-
Cr <sup>3+</sup>	-	-		-	-	-	-	-
Cu <sup>2+</sup>	-	-	-	-	0.05	-	-	-
Hg <sup>2+</sup>					0.005		-	-
Ti <sup>2+</sup>	-	-	-	-		-		
As <sup>3+</sup>	0.008	0.36	0.05	0.01	0.017	0.003	-	0.01
B <sup>3+</sup>	2.2	0.11	4.5	-		7.5	0.2	27
Cl <sup>-</sup>	64	12.4	88.5	18.4	95.7	12750	759.7	388.1
I <sup>-</sup>	0.01	-	0.005	-		0.23		
Br <sup>-</sup>	-	0.01	0.01	0.008		0.48	-	-
F <sup>-</sup>	1.84	2	0.72	0.8		4.2		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	14	80.5	8.5	839	90.5	55	58
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.03	-	-	0.03	0.015	0.77	-	-
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.47	0.17	1.48	0.46	42.5	3.83	5.3	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2005.6	212.2	600.2	282.9		305	3026	1776
CO <sub>2</sub> (g)	432.9	15.4	42.68	215.1		234.9		153
SiO <sub>2</sub>	52	22	79	12	50	62	25	131
T(°C)	47	44	98	32	49	74	14	44
pH	6.43	7.2	7.06	7.04	7.8	5.92	7.0	7.4
Ec(µmho/cm)	2800	2650	710	2390	16000	27000	130	3650
α aktivite	43.44	8.19	3.40			501.45		
β aktivite	82.25	3.18	16.61			701.76		

Kaynaklar

(1) Pehlivan, R. ve Yılmaz, O. (1995)

(2) Yenal ve diğerleri (1975)

Çizelge 2. (Devam ediyor)  
Table 2. (Continued)

	Küçük İçme (1)	Oylat (2)	Ömerköy (2)	Pamukçu (2)	Tuzla (1)	Tuzla T1(2)	Yalova (1)	Yıldız (2)
$\text{NH}_4^+$	-	-	-	-	3.1	2.66	-	-
$\text{Li}^+$	-	0.002	0.02	0.09		74		0.06
$\text{Na}^+$	501	17.9	74.48	110	18600	22250	228.54	552
$\text{K}^+$	10.5	4.3	10.1	19.9	1824	2125	5.86	23
$\text{Ca}^{2+}$	189	129.2	95.5	58	1894	5715	197.74	98.4
$\text{Mg}^{2+}$	68	7.06	17.5	4.03	72	101	2.29	12
$\text{Fe}^{2+}$	0.04	0.1	0.02	-	1.22	0.1	0.25	2.97
$\text{Al}^{3+}$	-	0.11	0.13	0.07		0.49	-	
$\text{Mn}^{2+}$	-	-	-	-	6.0		-	0.03
$\text{Zn}^{2+}$	-	0.04	-	-	-		0.015	-
$\text{Pb}^{2+}$	-	-	-	-	-		-	-
$\text{Cr}^{3+}$	-	-	-	-	-			-
$\text{Cu}^{2+}$	0.05	-	-	-	0.1		-	-
$\text{Hg}^{2+}$	0.005				0.005	0.001		
$\text{Ti}^{2+}$		-	0.5	-			-	-
$\text{As}^{3+}$	0.001	-	0.05	0.22	0.0224		-	0.05
$\text{B}^{3+}$		0.22	-	1,9		35		6.1
$\text{Cl}^-$	920	8	15.2	97.5	34700	44140	95.71	676
$\text{I}^-$		-	-	0.006	0.9	1.0	-	0.003
$\text{Br}^-$	0.9	-	0.02	0.02			0.01	0.04
$\text{F}^-$		0.22	1.3	3.2	2.5	4.3	3.50	0.6
$\text{SO}_4^{2-}$	198	215	145	89.5	171	176	805.5	89
$\text{NO}_3^-$	9.1	0.66	-	0.03	1.05	1.85	-	0.18
$\text{HPO}_4^{2-}$	0.88	0.45	0.2	0.8				0.42
$\text{HCO}_3^-$	429	194.11	373.3	241.5	87	55	48.8	592.9
$\text{CO}_2(\text{g})$		13.84	37.84	23.32			4.4	135
$\text{SiO}_2$		21	18	60	120	123	34.7	30
T(°C)	19	40	31.5	51	73	173	61	47
pH	7.0	7.26	6.67	7.2	7.0	7.0	7.75	6.54
Ec( $\mu\text{mho/cm}$ )	2450	7400	430	1150	53500	57.000	1500	2810
$\alpha$ aktivite	3.39	3.73	7.05				1.63	
$\beta$ aktivite	20.49	9.07	9.97				3.55	

Kaynaklar (1) Pehlivan, R. ve Yılmaz, O.(1995)

(2) Yenal ve diğerleri (1975)

rinde metamorfizma olayı Paleozoyik'te veya daha önce başlamış ve Jura-Alt Kretase sonuna kadar etkinliğini sürdürmüştür (Ketin,1983). Diğer taraftan Bingöl (1989) tarafından hazırlanan Türkiye Jeoloji Haritası'nda söz konusu masiflerin Prekambriyen yaşında olduğu belirtilmiştir.

**Mağmatik Kayaçlar:** Marmara Bölgesi mağmatik kayaçları Türkiye'nin doğu-batı yönlü hakim tektonik yapısı ile uyumluluk sunar. Genel tektonik gidişe uyumlu olarak kuzeyde; Istranca Masifi plütonları, Çatalca-Çavuşbaşı (İstanbul) ve Sancaktepe (Gebze) arasında granitoidler, daha güneye doğru sırasıyla Armutlu, Kapıdağ, Karabiga ve Şevketiye plütonları sıralanımı ile Ezine ve meğöl arasında ise Kestanbol, Karaköy-Çavuşlu, Eybekdağ, Çataldağ ve Uludağ plütonları aynı yatay çizgi üzerinde bulunurlar (Aslaner, 1983).

**Vokanik Kayaçlar:** Marmara Bölgesi'nde bulunan volkanik kayaçlar oluşum yaşları itibariyle Üst Kretase ve Tersiyer volkanitleri olarak sınıflanır. En yoğun buldukları yerleşim merkezleri göz önüne alınarak isimlendirilmiş olan volkanitlerden Üst Kretase yaşlı olanları Demirköy ile İstanbul-Şile, Tersiyer yaşlı olanları ise Armutlu, Mudanya-İznik, Gönen-Manyas-Susurluk, Edremit-Balya, Gülpınar, Ayvacık, Çanakkale-Bayramiç-Biga ve Enez-Keşan-İpsala volkanitleridir.

#### HİDROJEOLOJİ

Bölgede, günümüzde kullanılan tek veya bir kaç tanesi bir arada olan birbirlerinden farklı lokasyonlardaki 36 adet termomineral kaynağın (Şekil 1) 10'u içme ve 26 tanesi kaplıcadır (Çizelge 1). Termomineral kaynakların bulunduğu lokasyonlarda yeraltısuyu içeren hidrojeolojik ortamlar incelendiğinde, litolojik karakteristikleri yukarıda verilmiş olan kayaç gruplarının hidrojeolojik özelliklerine göre farklılıklar sunduğu anlaşılabacaktır. Termomineral kaynakların boşaldığı lokasyonlar dolaylarında mostra veren kayaçlardan granitoidler dışındaki birimlerin, yeraltısuyu potansiyeline önemli sayılabilecek derecede katkısı vardır. Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının vadoz (atmosferik) veya miks (karışık) kökenli sular olması da bu görüşü destekler niteliktedir.

#### HİDROJEOKİMYA

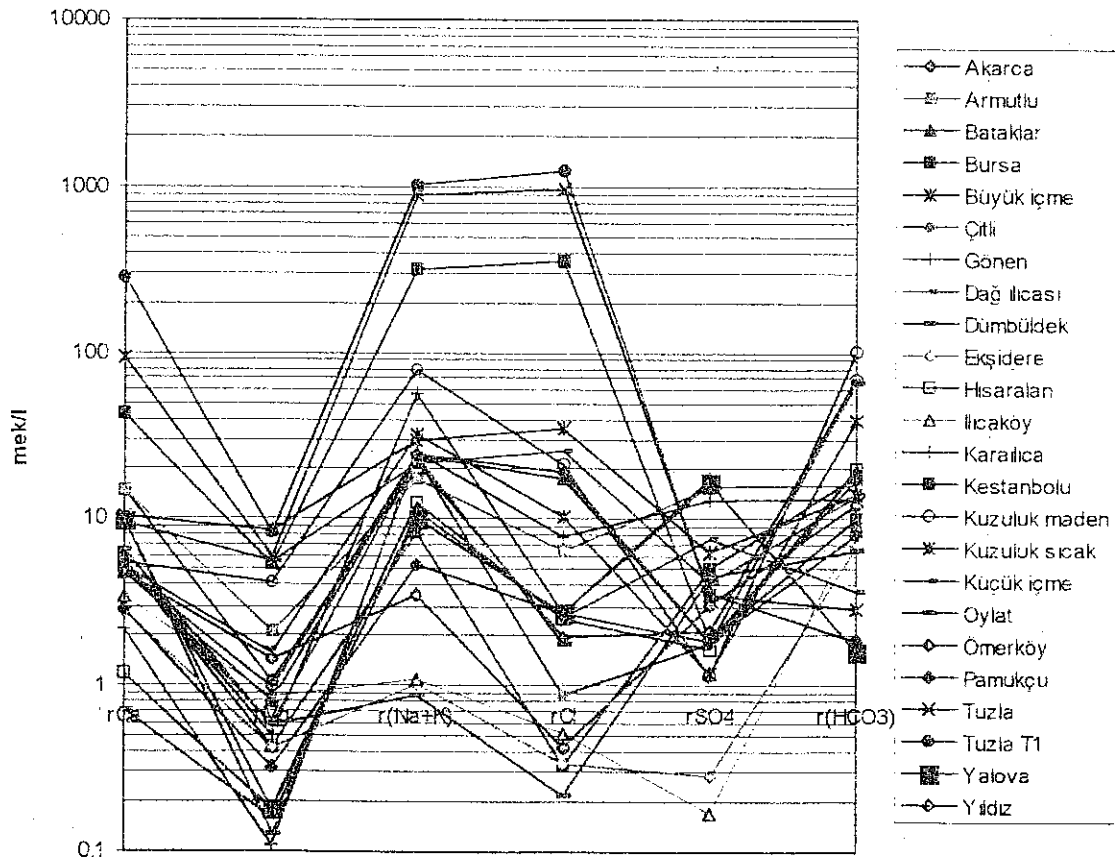
Bu bölümde, ilk önce Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarıyla ilgili olarak tarafımızdan Büyük içme, Küçük içme, Kuzuluk maden, Kuzuluk sıcak, Yalova, Armutlu, Karailca ve Tuzla termomineral kaynakları için İÜMF, ÇNAEM ile TÜBİTAK-Gebze'de yapılan (8 adet) kimyasal analiz sonucu ile daha önceki yıllarda Yenal v.d. (1975) tarafından yapılmış olan (16 adet) termomineral kaynağın kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Daha sonra söz konusu kaynakların kimyasal analiz sonuçları hidrojeokimyasal olarak incelenmiştir.

#### Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı

Bilindiği gibi, Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının çoğunluğu atmosferik (vadoz) ve miks (karışık) kökenli suların oluşur. Bu tür sular yerin derinliklerine inerken ve ısınıp tekrar yukarı doğru yükselirken temas ettikleri litolojik birimlerden mineral yüklenir ve iyon alışverişi yaparlar. Dolayısıyla termomineral suların kimyasal bileşimleri büyük oranda rezervuar kayaçların mineralojik bileşimleriyle ilişkilidir. Bunun için Çizelge 2'deki verilerden hesaplanan mek/l (mili ekvivalent/l) değerleri Yarı logaritmik Schoeller diyagramına (Schoeller, 1962) aktarılmış ve suların ideal iyon dizilimleri grafiksel olarak Şekil 2'de, anyon ve katyonların bolluklarına göre dizilimleri ise Çizelge 3'de verilmiştir. Yarı logaritmik Schoeller diyagram'nda katyonlara göre yapılan değerlendirmeler sonucunda, değerlendirmeye tabii tutulan 24 termomineral kaynağın 20 termomineral kaynağın katyon diziliminin  $r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$ , 4 kaynağın (Ekşidere, Ilıcaköy, Oylat ve Ömerköy) katyon sıralanımının ise  $r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg}$  şeklinde olduğu tesbit edilmiştir ( $r$ : % mili ekvivalent/l). Diğer taraftan anyonlarına göre yapılan değerlendirmelerde ise 15 termomineral kaynağın 9 tanesi  $r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$ , 6 tanesi  $r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$ , 6 kaynağın 4 tanesi  $r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4$ , 2 tanesi  $r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r(\text{HCO}_3)$ , 3 kaynağın (Dağ ılıca, Karailca ve Yalova) ise  $r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3)$ , 1 tanesi  $r\text{SO}_4 > r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl}$  iyonlarının ilk sırada bulunduğu görülmüştür. Böylelikle, Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının katyon dizilimleri literatürde verilen (Şahinci, 1991) asit kayaç (granit, granodiyorit, riyolit, andezit, dasit vb)  $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r(\text{Na}+\text{K})$ ,  $r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$ , volkanik kayaç  $r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$ ,  $r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3)$ , metamorfik kayaç  $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r(\text{Na}+\text{K})$ ,  $r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$ , kireçtaşı  $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r(\text{Na}+\text{K})$ ,  $r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$ , dolomit  $r\text{Mg} > r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K})$ ,  $r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$  ve kumtaşı  $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r(\text{Na}+\text{K})$ ,  $r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$  gibi litolojik birimlerden gelen suların dizilimleriyle benzer çıkarken anyon dizilimlerinde sapmalar gözlenmiştir. Termomineral kaynakları oluşturan değişik türdeki (atmosferik, juvenil ve karışık) sular yerin derinliklerine inerken, ikincil ortamda dolaşırken ve yüzeye doğru hareket ederken geçtikleri ortamların litolojik özellikleri, tektonik yapısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ayrışma dereceleri vb. gibi etkenlerin etkisiyle iyon yüklenirler. Termomineral suların ilk kimyasal bileşimleri temas halinde oldukları birbirlerinden farklı litolojik birimlerden (kayaç, mineral, cevher) çözerek bünyelerine aldıkları iyonlar yüzünden değişebilir. Bu durum, Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarındaki anyon dizilimlerinin etkilemiş olmalıdır.

#### Piper Diyagramı

Çizelge 2'deki verilerden hesaplanan %mek/l değerlerine göre incelenen termomineral kaynakların Piper di-



Şekil 2. Termomineral kaynakların yarı logaritmik Schoeller diyagramı.

Figure 2. Semi logarithmic Schoeller diagram of the thermomineral sources.

yagramındaki konumları Şekil 3'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi termomineral kaynaklar katyon oranlarına göre; 1) Na+K oranı yüksek sular (3, 5, 7, 8, 14, 15, 16, 21, 22 ve 24 nolu kaynaklar), 2) Na+K oranı yüksek kalsiyumlu sular (1, 2, 4, 19, 20 ve 23 nolu kaynaklar), 3) (Na+K)-kalsiyumlu sular (10 ve 12 nolu kaynaklar), 4) Kalsiyum oranı çok yüksek sular (11 ve 18 nolu kaynaklar) olmak üzere dört gruba dağılmıştır. Termomineral kaynaklar anyon oranlarına göre ise 1) Karbonat oranı çok yüksek sular (1, 6, 9, 10, 11, 12 ve 19 nolu kaynaklar), 2) Klorür oranı çok yüksek sular (5, 14, 17, 21 ve 22 nolu kaynaklar), 3) Karbonat oranı yüksek klorürlü sular (15 ve 16 nolu kaynaklar), 4) Karbonatlı klorürlü su (3 nolu kaynak), 5) Karbonat oranı yüksek sülfatlı sular (4 ve 20 nolu kaynaklar), 6) Karbonatlı sülfatlı su (18 nolu kaynak), 7) Karbonatlı klorürlü sülfatlı sular (2, 7 ve 8 nolu kaynaklar), 8) Sülfat oranı çok yüksek sular (13 ve 23 nolu kaynaklar), 9) Sülfatlı klorürlü su (24 nolu kaynak) gruplarına dağılmıştır.

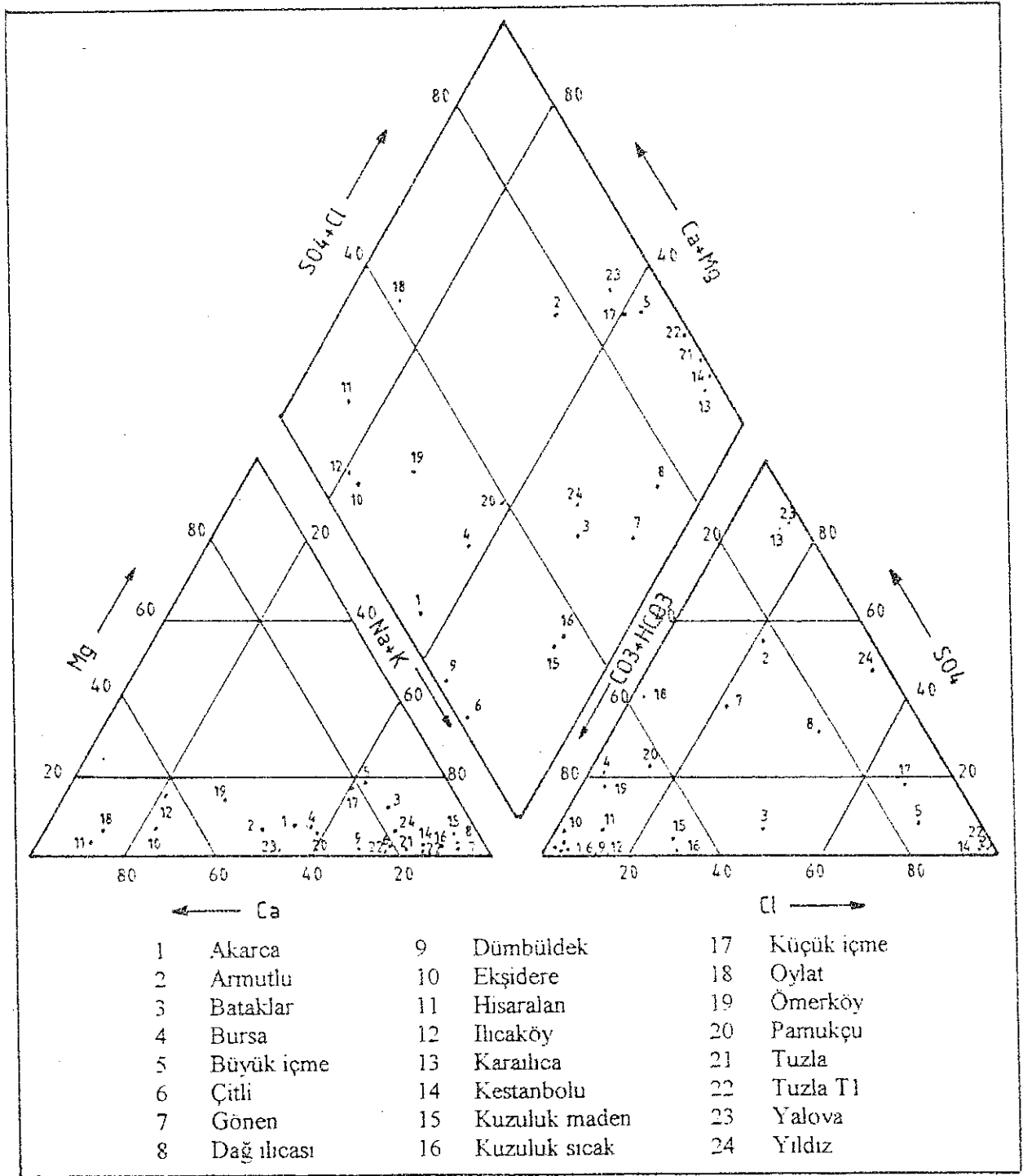
Termomineral kaynaklar, Piper paralel kenar diyagramında ise genel olarak  $Na + K > Ca + Mg$  ve  $(CO_3 +$

$HCO_3 > SO_4 + Cl$  şeklinde dizilmekte, katyon ve anyonları % 60'ı geçen karışık sular alanlarına dağılmaktadır. Böylece Piper diyagramlarından elde edilen sonuçlarla Yarı logaritmik Schoeller diyagramından elde edilen sonuçların uyumlu olduğu ve birbirlerini desteklediği söylenebilir.

## SONUÇ

Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek için kullanılan su içerisinde bulunan iyonlardan Na + K, Ca ve Mg katyonları ile Cl,  $SO_4$  ve  $(CO_3 + HCO_3)$  anyonlarının Yarı logaritmik Schoeller ve Piper diyagramları değerlendirilmesi sonucunda katyon dizilimlerinin benzer, anyon dizilimlerinde ise farklılıklar bulunduğu gözlenmiştir. Bu duruma yerin derinliklerinden yüzeye doğru hareket ederken iyon yüklenen termomineral suların geçtikleri ortamların litolojik özellikleri, tektonik yapıları, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ayrışma dereceleri vb. gibi etkenlerin farklılığı sebep olmuş olmalıdır.





Şekil 3. Termomineral kaynakların Piper diyagramı.

Figure 3. Piper diagram of the thermomineral sources.

**Çizelge 3.** Termomineral kaynaklarındaki iyonların yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre dizilimi**Table 3.** İons exist in thermomineral sources are represented according to semi logarithmic Schoeller diagram

Termomineral kaynak	Boşalım yeri litolojisi	Katyon	Anyon
Akarca (M.Kemal Paşa-Bursa)	Sedimanter	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$
Armutlu (Armutlu-Yalova)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$
Bataklar (Susurluk-Balıkesir)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$
Bursa (Bursa)	Sedimanter	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$
Büyük içme (İstanbul)	Alüvyon	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg} > r\text{Ca}$	$r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r(\text{HCO}_3)$
Çifti (İnegöl-Bursa)	Sedimanter	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$
Gönen (Gönen-Balıkesir)	Alüvyon	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$
Dağ ılıcası (Balya-Balıkesir)	Granit	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{SO}_4 > r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl}$
Dümbüldek (M.Kemal Paşa-Bursa)	Sedimanter	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl}$
Ekşidere (Gönen-Balıkesir)	Volkanik	$r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$
Hisaralan (Sındırgı-Balıkesir)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$
İlcaköy (Sındırgı-Balıkesir)	Volkanik	$r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$
Karalıca (Çan-Çanakkale)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3)$
Kestanbolu (Ezine-Çanakkale)	Granit	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4$
Kuzuluk maden (Akyazı-Adapazarı)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$
Kuzuluk sıcak (Akyazı-Adapazarı)	Taraça	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$
Küçük içme (İstanbul)	Alüvyon	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r(\text{HCO}_3)$
Oylat (İnegöl-Bursa)	Sedimanter	$r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$
Ömerköy (Susurluk-Balıkesir)	Sedimanter	$r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$
Pamukçu (Balıkesir)	Alüvyon	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r(\text{HCO}_3) > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$
Tuzla (Ayvacık-Çanakkale)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r(\text{HCO}_3)$
Tuzla T1 (Ayvacık-Çanakkale)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r(\text{HCO}_3)$
Yalova (Termal-Yalova)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3)$
Yıldız (Susurluk-Balıkesir)	Volkanik	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	$r\text{Cl} > r(\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4$

**DEĞİNİLEN BELGELER**

- Aslaner, M. (1983):** Kor ve kor kırıntılı kayaçlar, K.T.İ., No:12, Trabzon
- Avşaroğlu, M.(1968):** Türkiye kaplıcaları ve içmeler kılavuzu, Cebeci, Ankara
- Başkan, E. M., Canik, B.(1983):** Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası, Ege Bölgesi, MTA, No: 189, Ankara
- Bingöl, E. (1989):** Türkiye jeoloji haritası (1/2.000.000 ölçekli), MTA, Ankara

**Çağlar, K. Ö. (1947):** Türkiye maden suları ve kaplıcaları, No:11, MTA, Ankara

**Erentöz, C., Ternek, Z. (1968):** Türkiye'de termomineral kaynaklar ve jeotermik enerji etütleri, MTA, Sayı: 70, Ankara

**Ketin, İ. (1983):** Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İTÜ, Sayı: 1259, İstanbul

**Schoeller, H. (1962):** Les eaux souterraines, 1 vol., 642p. Masson et cie., Paris

**Pehlivan, R., Yılmaz, O. (1995):** Marmara Bölgesi termomineral kaynaklarının içilebilirliği ve insan sağlığına etkisi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 47, 21-27, Ankara

**Pınar, N. (1943):** Marmara Denizi havzasının sismik jeoloji ve meteorolojisi, İ. Ü. Fen Fak. Monografileri, Sayı: 5, 64s., İstanbul

**Şahinci, A. (1991):** Doğal suların jeokimyası, reform matbaası, 546s., Beyler-İzmir

**Ülker, İ. (1988):** Türkiye'de sağlık turizmi ve kaplıca planlaması, Turizm Bakanlığı yayını, 317S., No. 1006/129, Ankara

**Yenal, O., Kanan, E., Bilecen, L., Öz, G., Öz, İ., Göksel, A., Alkan, H., Kutluat, S., Yassa, K., (1975):** Türkiye maden suları, Marmara Bölgesi, Sayı: 2, Sayfa: 212, İ. Ü. Tıp Fak. Hidro-klimatoloji Kürsüsü, İstanbul

yük çoğunluğu ikincil yataklardan sağlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı İyidere Havzası içinde yüzeylenen granitoidler ve bazik volkanitlere bağlı olarak oluşan plaserlerde zirkon ve ilmenit birlikteliğini ortaya koyarak Zr ve Ti minerallerinin dere ve sahil sedimentleri içindeki zenginleşme oranlarını saptamaktır.

### BÖLGESEL JEOLJİK KONUM

Karadeniz Bölgesinde Paleozoyik, Mesozoyik, Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimler yaygındır. Bu birimler içinde granitoidler geniş kuşaklar halindedir. Bu kuşaklar batıda Kastamonu Granitoidleri, doğuda ise Gümüşhane Granitoidi ve Rize Granitoidleri olarak tanımlanmıştır. Çoğulu (1970) Rize ve Gümüşhane civarında yapmış olduğu çalışmada bazikten- asidiğe, çeşitli kayaç gruplarını belirlemiştir. Çalışma alanında yüzeylenen ve İkizdere Yöresi Granitoidi ismi verilen (Yılmaz ve diğ. 1995) granitoidler, Rize Granitoidlerinin Ordu güneyinden Yusufeli kuzeyine kadar uzanan en büyük most-rasının merkezi kısmında yer almaktadır. Özellikle İyidere tarafından akaçlanan ve Rize - İspir yolunun yer aldığı İkizdere civarında Taner (1977), tüm mağmatik kayaçları ayrıntılı olarak incelemiş ve yöredeki asidik plütonları granodiyorit, tonalit, kuvars diyorit, olarak ayırmıştır. İkizdere yöresinde granitoidlerle birlikte yüzeylenen Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimler geniş alanlar kaplamaktadır. Volkanizma genellikle bazik karakterdedir. Bununla beraber ortaç ve asit bileşimli volkanitlere de rastlanır. Bunların bir kısmı Rize Granitoidleri tarafından kontakt metamorfizmaya uğratılmıştır (hornblend metadiyabaz, aktinolit - plajiyoklaz - epidot metadiyabaz, albit - epidot - klorit metadiyabaz ve porfi-

rik metadiyabazlar). Taner (1977) bu kesimde yüzeylenen bu volkano - sedimanter birimleri ikiye ayırmıştır.

**a. Alt Kretase yaşlı volkano - sedimanter istif:** Tabanda bir kireçtaşı seviyesi ve bunun üzerine gelen karmaşık bir volkano sedimanter istiftten ibarettir. Volkanizma genellikle bazik karakterlidir. Yer yer ortaç ve asidik bileşimli kayaçlara da rastlanır.

**b. Üst Kretase yaşlı volkano - sedimanter istif:** Bu seri de bazik volkanikler, andezitler, dasitlerle bunların piroklastik ürünleri ve pelajik kireçtaşlarından ibarettir.

### MİNERALOJİK- PETROGRAFİK VE LİTOJEOKİMYASAL İNCELEME

Taner (1977) İkizdere yöresi granitoidinde yapmış olduğu çalışmada 3 ayrı kayaç grubu belirlemiştir.

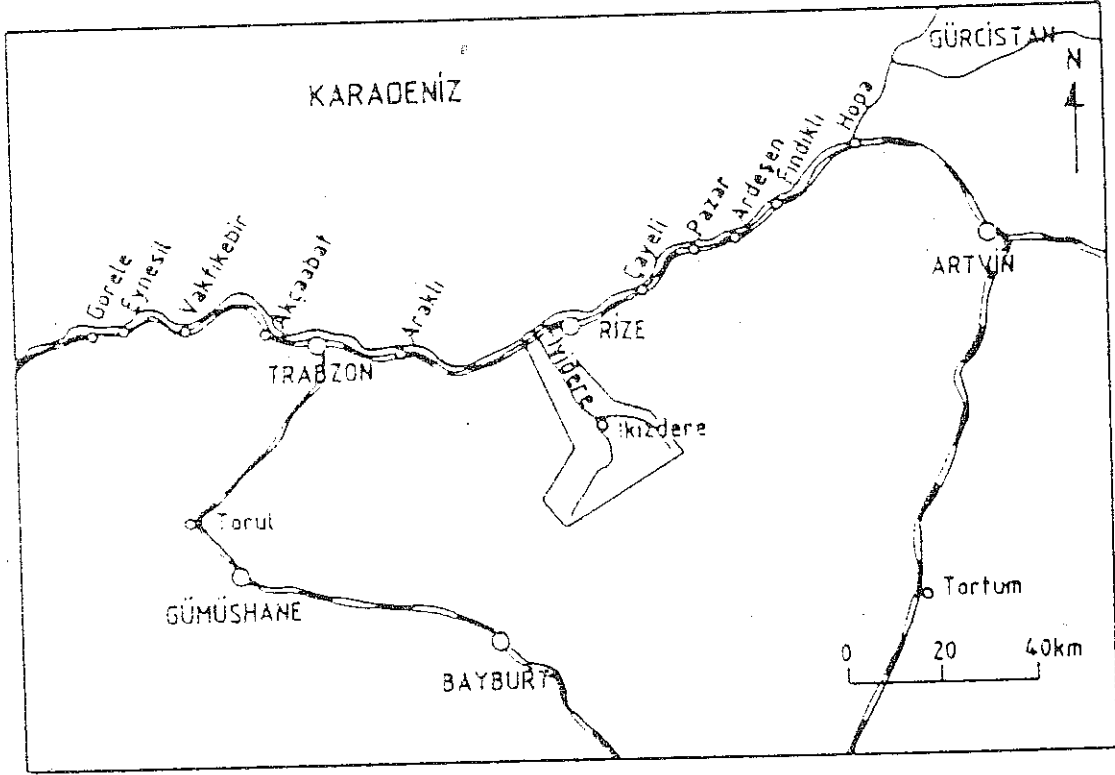
**Granodiyorit:** Ana mineral olarak plajiyoklaz, kuvars, K-feldispat, biyotit, amfibol, ikincil mineral olarak da sfen, zirkon, apatit, allanit ve opak mineralleri içermektedir. Modal analiz sonucunda granodiyorite ait 4 adet kayaç örneğinde apatit, zirkon ve sfen toplamı kapsayan ortalama % 0.32 ikincil mineral belirlenmiştir.

**Tonalit:** Ana mineral olarak, plajiyoklaz, kuvars, hornblend, ikincil mineral olarak da opak minerallerden ilmenit, manyetit, sfen, zirkon, apatit ve allanit gibi mineraller bulunmaktadır. Modal analiz sonucunda 3 adet tonalit örneğinde ferromagneziyen mineraller (klorit, hornblend ve epidot) ve opak mineraller (ilmenit) ortalama % 7.4 civarında, sfen, apatit ve zirkondan oluşan

**Çizelge 1.** İkizdere Yöresi Granitoidinde (İYG) Taner (1977) tarafından belirlenen kayaç türlerinin analiz sonuçlarına göre ortalama değerleri ve Clarke (1992) A/CNK(mol (AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / CaO + NaO+ K<sub>2</sub>O ) ] ve NK/A oranlarına göre kökensel sınıflaması. (A/CNK >1 = Peralümino, A/CNK < 1 ve A>NK Metalümino, A/CNK < 1 ve A< NK Peralkalen)

**Table 1.** The average result of the analysis of İkizdere Granitoid (İYG) that was defined by Taner (1977) and according to the proportion of A/CNK) A/CNK (molar (AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / CaO + NaO+ K<sub>2</sub>O)( and A/NK Clarke (1992) genetically classification. (A/CNK>1=Peraluminous, A/CNK < 1 and A>NK Metaluminous, A/CNK < 1 and A<NK Peralkaline

Bileşenler	Granodiyorit	Tonalit	Kuvars diyorit
SiO(%)	72.21	73.60	59.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.06	13.10	5.86
TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.32	1.60	4.40
MnO	0.08	0.04	0.15
MgO	0.49	0.85	2.66
CaO	2.26	2.28	5.95
Na <sub>2</sub> O	3.87	4.07	3.97
K <sub>2</sub> O	2.65	0.10	0.11
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.32	0.97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.08	0.22
A.K	0.48	0.72	0.91
Toplam	97.98	96.76	99.21
A/CNK	1.06	1.20	0.90
NK/A	0.65	0.52	0.42
Topluluk	Peralümino	Peralümino	Metalümino



Şekil 1. İnceleme alanı bulduru haritası.  
Figure 1. Location map of the studied area.

ikincil mineraller ise % 0.4 oranında belirlenmiştir. Mikroskop altında tonalit içerisinde ilmenit ve zirkon birlikliği ortaya konmuştur.

**Kuars diyorit:** Ana mineral olarak plajiyoklaz, kuvars, hornblend, opak mineraller olarak ilmenit, pirit ve manyetit bulunmaktadır. Bu kayalarda ilmenit ve zirkonun birlikliği söz konusudur. İlmenit kısmen lökoksene dönüşmüştür. Modal analizlerde 4 kuvars diyorit türü kayaç örneğinde ferromagnezyumlu mineraller olarak alınan amfibol, opak mineraller, klorit ve epidot toplamının % 11'den % 43'e kadar değiştiği belirlenmiştir. Sfen, apatit ve zirkondan oluşan ikincil mineraller ise ortalama % 0.55 oranındadır.

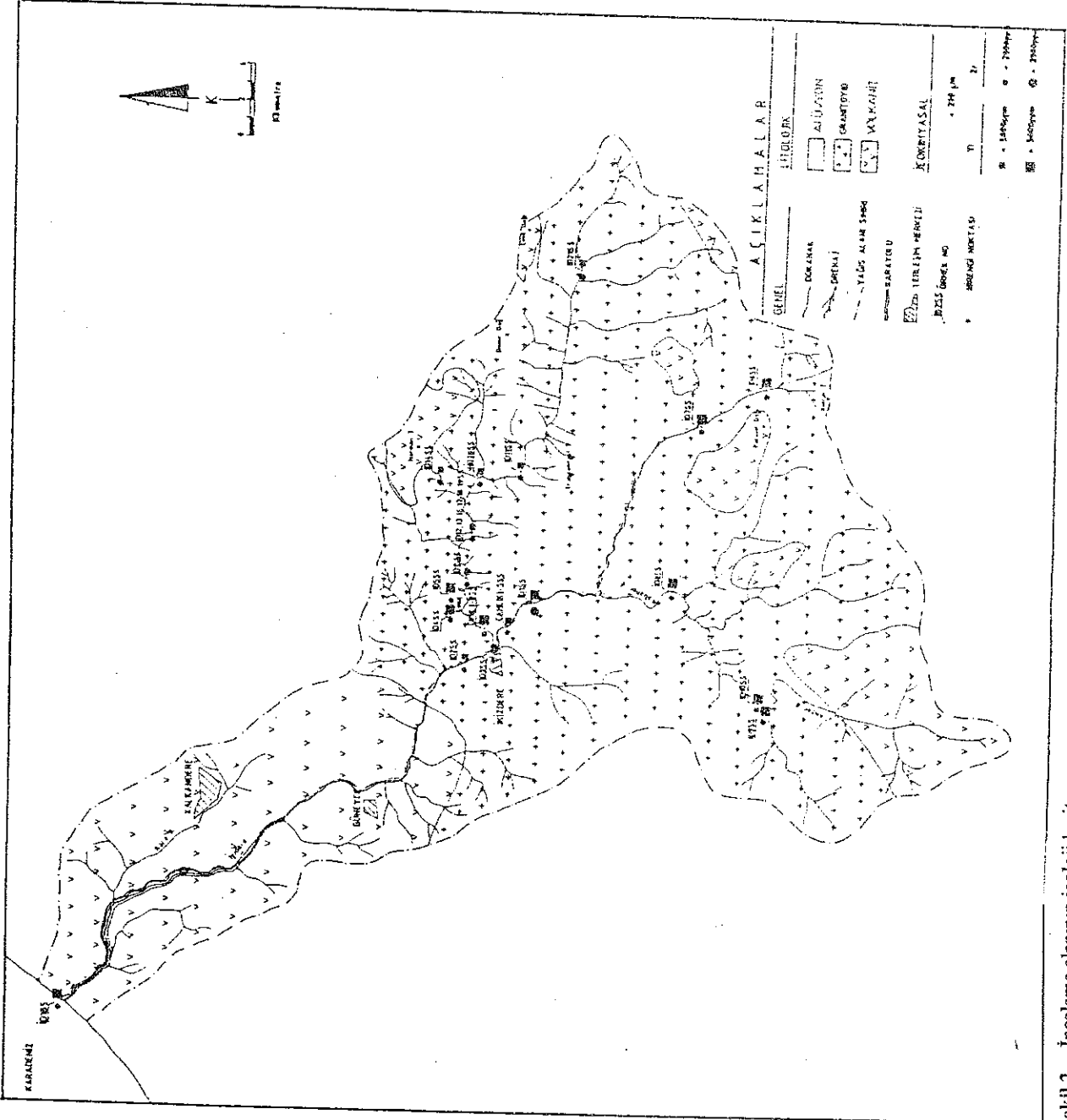
İkizdere Yöresi Granitoidinde; Taner (1977) tarafından belirlenen kayaç türlerinin analiz sonuçlarının ortalama değerleri Clarke'ın (1992) A/CNK oranlarına uygulandığında granodiyorit ve tonalitin peralümino, kuvars diyorit ise metalümino topluluğa ait olduğu ortaya çıkmaktadır (Çizelge 1). İkizdere Yöresi Granitoidlerinde tüm kayaç zirkonyum analizi yapılmamıştır. Ancak bazı kayaç türlerinde mikroskobik incelemeler sonucunda zirkona rastlanmıştır. Metamorfizmaya uğramış bazik volkanik kayaçlarda mikroskop altında ilmenit bolca gözlenmektedir ki bu durum 4 metadiyabaz örneği üzerinde yapılan analizlerde ortalama % 0.83  $TiO_2$  oranıyla da doğrulanmaktadır. Denizaltı lav akıntılarıyla karakteristik hematitli volkano sedimanter seri içerisinde gözlenen genellikle diyabaz bileşimindeki yastık lavlarda yer yer lökoksene dönüşmüş birincil ilmenite daha

fazla miktarlarda rastlanmaktadır. Bu durum yastık lav yapısındaki diyabaz bileşimli 9 adet kayaç örneğindeki % 0.77 den % 1.51'e kadar değişen  $TiO_2$  değerleriyle doğrulanmaktadır. Keza Taner (1977) tarafından belirlenen zeolit fasiyesinin geliştiği bazik bileşimli volkanitlerin 6 adet örneğinde, ortalama %  $TiO_2$  miktarı % 1.00'dür. Masif diyabazların 11 adedinde %  $TiO_2$  miktarı % 0.84 ten % 1.29 a kadar değişmektedir. Tüm bu kayaçlar içerisinde mikroskop altında kolaylıkla görülen ilmenit minerali yaygındır. Bu bölgedeki andezit ve dasit türündeki ortaç ve asit bileşimli kayaçlarda ise  $TiO_2$  miktarının genellikle baziklere göre düşük olduğu analizlerle ortaya konmuştur. Fakat bu kayaçlar içinde zirkon, mikroskop altında gözlenebilecek büyüklük ve miktarlara erişmektedir. Mikroskop altında zirkon, çoğun kırıklı bazen de kısa ve prizmatik şekilde, ilmenit ise şekilsiz taneler halinde gözlenmektedir. Sonuç olarak bölgede yaygın yüzeysel bozunma ve bunun sonucunda İyidere Havzasında ve İyiderenin denize döküldüğü yerde, granitoidler ve volkanitlerden gelen kumların karışarak biriktiği sahil plaserleri yaygındır. Burası ilmenit + zirkon birlikliğinin söz konusu olduğu bir havzadır.

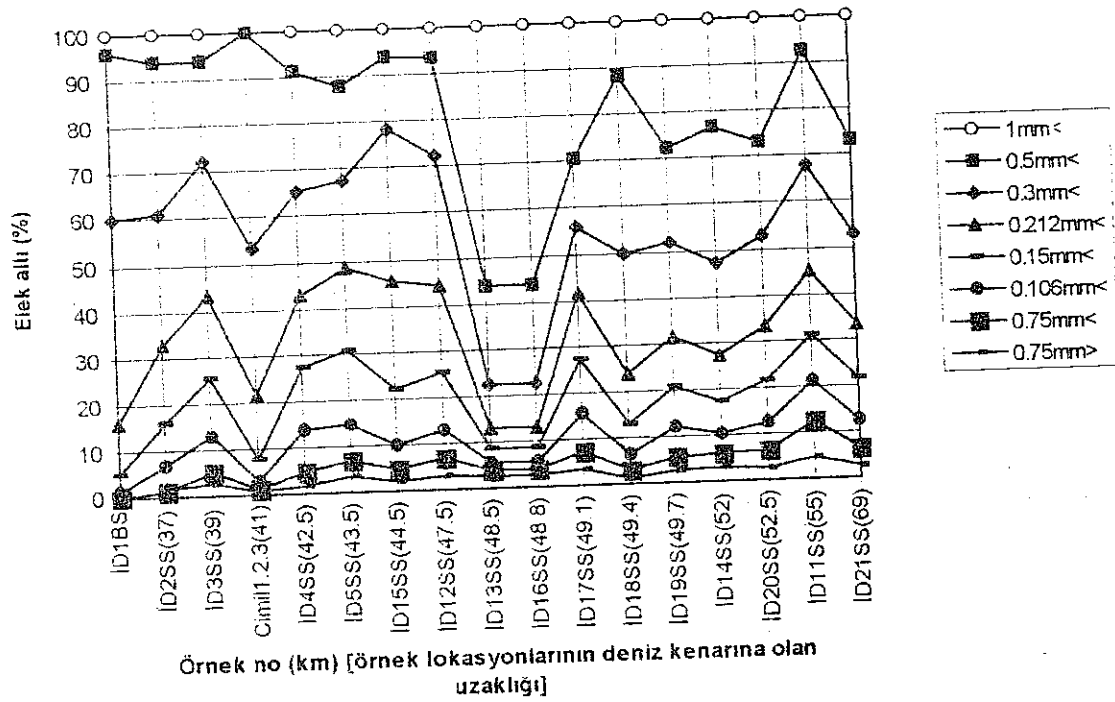
## ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

### Ön Çalışmalar

İlk aşamada bölgede yapılan tüm çalışmalar gözden geçirilmiş, 1: 100 000 ölçekli topoğrafya haritalarında granitoid sınırları işlenmiş ve en son aşamada, granito-



Şekil 2 . İnceleme alanının jeolojî haritası.  
Figure 2. Geological of the studied area.



Şekil 3. İyidere Havzası dere sedimentlerinin denize olan uzaklığına göre 1mm altı tane boyu dağılım diyagramı.  
Figure 3. Granulometric distribution diagram below 1 mm according to the distance from the sea of İyidere Basin stream sediment.

yidleri akaçlayan derelerden yapılacak örnekleme noktaları belirlenmiştir.

#### Saha Çalışmaları

Çalışmanın amacına yönelik örnekleme yapılmıştır. Amaç aşınmaya karşı dayanıklı olan zirkonyum ve titanyum minerallerinin en fazla zenginleştiği yerleri belirlemek olduğundan dere sedimentleri ve sahil plaserlerinden örnekleme yapılmıştır. Bu çalışmalar esnasında önceden olasılı sınırları çizilen granitoid yüzeylemelerinin alansal kontrolü yapılmış ve önceki çalışmalarla denestirmek amacıyla da gerekli görülen yerlerden tüm kayaç örnekleri alınmıştır. Sediment örnekleri alınırken sistematik örnekleme yapılmamış, örnekler dere kavşaklarının biraz üstünden, belli bir bölgeyi karakterize edecek şekilde yaklaşık 5 kg olarak alınmıştır. Zirkonyum ve titanyum mineralleri 0.212 mm elek altından itibaren zenginleştiği için örnekleme sırasında 1 mm elekten geçebilecek kumlar tercih edilmiş ve örnekler sedimentlerin yüzeyinden ve en fazla 50 cm derinliğe kadar olan kesiminden alınmıştır. Örnekleme dere kavşaklarının biraz üst kesiminde dere kenarından veya derenin ortasından drenaj alanının tümünü karakterize edecek şekilde yapılmıştır. Örnekler genellikle kuru olarak alınmaya çalışılmış, bunun olanaksız olduğu kesimlerde ise ıslak örnekleme yapılarak doğal koşullarda kurutulduktan sonra laboratuvara nakledilmiştir.

#### Laboratuvar ve Büro Çalışmaları

Araziden alınan örneklerin büyük bir çoğunluğunun analizi ICP (Induced Coupled Plasma) ve diğer bir kısmının da XRF (X-Ray Fluorescence) tekniğiyle yapılmıştır. Mineralojik çalışma için Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) laboratuvarındaki sallantılı masada çalışmalar yapılarak ağır mineral kısmı zenginleştirilmiştir. Bu ürünlerin Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarında (MıPJAL) XRF çekimleri yapılarak ağır mineral fraksiyonundaki zirkonyum ve titanyum zenginleşmeleri kontrol edilmiştir. Mineraller sistematik olarak binokülerde belirlenmiş, zenginleşmiş fraksiyonların mineralojik bileşimi ise XRD çekimleriyle denestirilmiştir. ICP ve XRF analizlerine örnek hazırlama yöntemleri Çizelge 2 ve 3'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlar büro çalışmaları sonucunda değerlendirilerek granitoidlerin işlenmiş olduğu 1 : 250 000 ölçekli haritalara yerleştirilmiştir.

#### İYİDERE HAVZASI

##### Havza Alanı

Rize ili sınırları içinde akan İyidere'nin yağış alanıyla sınırlıdır. Havza alanı 1040 km<sup>2</sup>'dir. Bunun 742 km<sup>2</sup>'si granitoidlerle kaplıdır.

##### Ortalama Akımlar

**Çizelge 2.** Dere sedimenti örneklerinin ICP'de analizlerinin akım şeması.  
**Table 2.** Flowsheet of the ICP analysis of stream sediment samples.

<b>ÇEYREKLEME</b> (5Kg)	
500 g tuvenan	
<b>ISLAK ELEK ANALİZİ</b> 1.00, 0.500, 0.300, 0.212, 0.150, 0.106, 0.075, -0.075 mm	
<b>ETÜVDE KURUTMA</b> (150 0C)	
<b>HER FRAKSİYON İÇİN ÖĞÜTME</b> (10 dakika) Tuvenan, 1.00, 0.500, 0.300, 0.212, 0.150, 0.106, 0.075, -0.075 mm	
<b>TARTIM VE ERİTİŞ</b> 350 0C da bir birim NaOH sıvanmış Nikel kroze içine 1 gram örnek konur ve iki birim NaOH eklendikten sonra 650 0C da 45 dakika bekletilir.	
<b>ÇÖZELTİYE ALMA</b>	
<b>SÜZME</b>	
<b>BUHARLAŞTIRMA</b> Hot Plate üzerinde 150 0C da her örneğe 10 ml derişik HCl eklenerek beherde 50 ml çizgisine gelinceye kadar buharlaştırma.	
<b>SÜZME</b>	
<b>ANALİZ İÇİN ÇÖZELTİYE ALMA</b> 100 ml	
<b>ICP'DE ANALİZ</b>	

EİE (1988) verilerine göre havza akım değerleri aşağıdaki gibidir

1954-1988 yılları arasındaki ortalama akım : 278 m<sup>3</sup>/sn

1954-1988 yılları arasındaki en fazla akım : 504 m<sup>3</sup>/sn  
 (02.09. 1974)

1954-1988 yılları arasındaki en az akım : 4 m<sup>3</sup>/sn  
 (02.09.1975)

#### Sediment Miktarı

EİE (1987) verilerine göre havzada taşınan sediment miktarları aşağıdaki gibidir.

1970-1984 yılları arasında taşınan ortalama sedi-

ment miktarı 520 ton/gün

1970-1984 yılları arasında taşınan en çok sediment miktarı 17.000 ton/gün (22.05.1970)

1970-1984 yılları arasında taşınan en az sediment miktarı 2 ton/gün (15.11.1984)

#### İYİDERE HAVZASI SEDİMENTLERİ

##### Sediment Örnekleri

İyidere Havzasından toplam 29 adet dere sedimenti, 1 adet sahil kumu örneği alınmıştır. İyidere Havzası dere sedimentlerinin denize olan uzaklıklarına göre tane boyu dağılımları Şekil 3'te verilmiştir.



**Çizelge 3.** Dere sedimenti örneklerinin XRF 'de analizlerinin akım şeması.  
**Table 3.** Flowsheet of the XRF analysis of stream sediment samples.

ÇEYREKLEME

5 kg örnek

500 g tuvenan.

ISLAK ELEK ANALİZİ

1.00, 0.500, 0.300, 0.212, 0.150, 0.106, 0.075, -0.075 mm

ETÜVDE KURUTMA

(150 0C)

HER FRAKSİYON İÇİN ÖĞÜTME

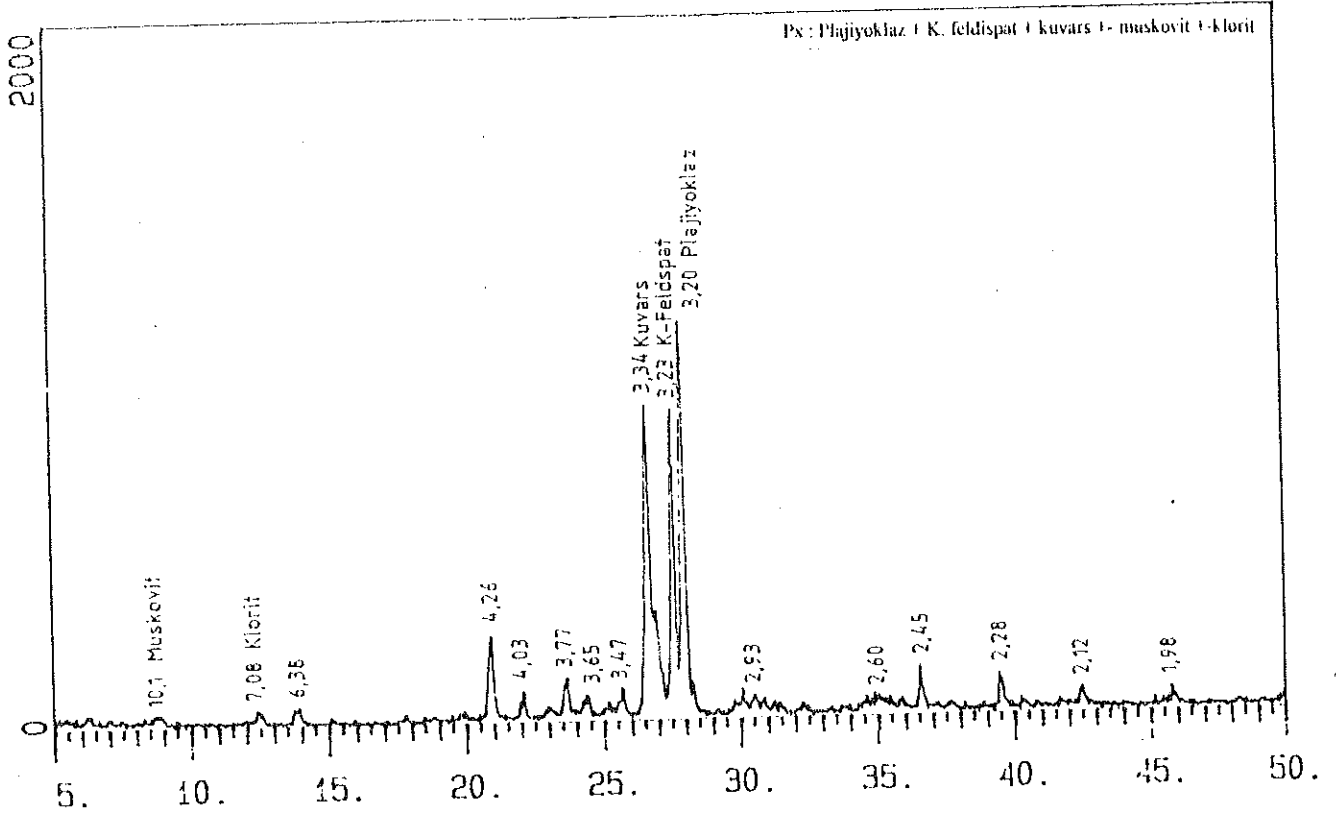
(10 dakika)

Tuvenan, 1.00, 0.500, 0.300, 0.212, 0.150, 0.106, 0.075, -0.075 mm

PASTİL YAPMA

Öğütülmüş örnek alüminyum kapsül içine yerleştirilir  
ve kapsüle 10 tonluk bir baskı uygulanarak pastil  
hazırlanır

XRF DE ANALİZ



**Şekil 4.** İyidere Havzasını temsil eden tuvenan örneğinin XRD çekimi.  
**Figure 4.** XRD attraction of tuvenan sample of İyidere Basin.

**Çizelge 4.** İyidere havzası tuvenan örneği sallantılı masa konsantresi örneklerinde Zr (ppm) ve Ti (ppm) dağılımı.

**Table 4.** Distribution of Zr (ppm) and Ti (ppm) values the concentration of the shaken table tuvenan samples of İyidere Basin

	Zr (ppm) ppm	Ti(ppm)
İyidere konsantre (Manyetik)	174	22096
İyidere konsantre (Manyetik olmayan)	1692	17246

### Havzanın Tuvenan Mineralojisi

İyidere Havzasını temsil eden tuvenan örnek hazırlanırken, bu havzadan alınan dere kumu ve sahil kumu örneklerinin her birinin yarısı harmanlanarak havza tuvenan örneği elde edilmiştir. Havza tuvenan örneği 1.00 mm'lik elekten geçirildikten sonra bölücülerle homojenleştirilmiştir. Kimyasal ve mineralojik analizler için örnek bölücüsü kullanılarak tuvenan örnek 200 grama kadar sürekli bölünmüştür. Elde edilen 200 gramlık örnek Reich marka öğütücüde 200 meşin altına kadar öğütülerek örnek analize hazır hale getirilmiştir. İyidere Havzasının tuvenan örneğinden hazırlanmış preparatın XRD çekimi yapılarak bolluk sırasına göre plajiyoklaz + K. feldispat + kuvars + - muskovit + - klorit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 4).

### Havzanın Tuvenan Sallantılı Masa Konsantresi Zr/Ti Değerleri

Havzayı temsil eden tuvenan örneği tümüyle sallantılı masadan geçirilerek konsantre ürün elde edilmiştir. Bölücüden geçirilerek homojenleştirilen konsantre ürün doğal manyetik ve doğal manyetik olmayan kısım olarak ayrılmıştır. Her birinden yaklaşık 200 gramlık kısım, Reich marka öğütücüde öğütülmüştür. ICP de yapılan analiz sonucunda doğal manyetik kısmındaki Zr : 174 ppm, Ti : 22096 ppm ve manyetik olmayan kısmındaki % Zr: 1692 ppm Ti : 17746 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

### Havzanın Sallantılı Masa Konsantresi Mineralojisi

Kimyasal analiz için hazırlanmış doğal manyetik kısımdan ve doğal manyetik olmayan kısımdan XRD çekimi yapılmış ve doğal manyetik kısımda manyetit + ilmenit + kuvars + - zirkon, doğal manyetik olmayan kısımda ise kuvars + epidot + ilmenit + - amfibol + - klorit + - plajiyoklaz mineralleri saptanmıştır (Şekil 5-6).

### ZİRKONYUM ZENGİNLEŞMESİ

İyidere Havzasındaki tuvenan ortalama Zr değeri granitoidlerinkine göre yüksektir. Bu durum, havzadaki granitoidlerin toplam havza alanının % 72'sini oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Granitoid ortalama değeri 175 ppm'dir (Rose ve diğ., 1979). Dere kumlarındaki ortalama 308 ppm, 1.76'lık bir doğal zenginleşmenin ortaya çıktığını göstermektedir. İD 1 BS sahil kumundaki 2.03 oranındaki doğal zenginleşme ise, sahil ve kıta sahanlığı plaserlerini ayrıntılı ağır mineral prospeksiyonu

nu için ilginç kılmaktadır. İyidere Havzası, 0.150 + 0.106, -0.106 + 0.0075 ve - 0.0075 mm fraksiyonlarında yüksek sayılabilecek granülometrik zenginleşmeler göstermektedir (Çizelge 5). Havzadaki örneklerden hazırlanan tuvenan örneğinin, sallantılı masa konsantresinin manyetik olan kısmında 174 ppm Zirkon, manyetik olmayan kısmında ise 0.34 1692 ppm zirkon değeri belirlenmiştir.

### TİTANYUM ZENGİNLEŞMESİ

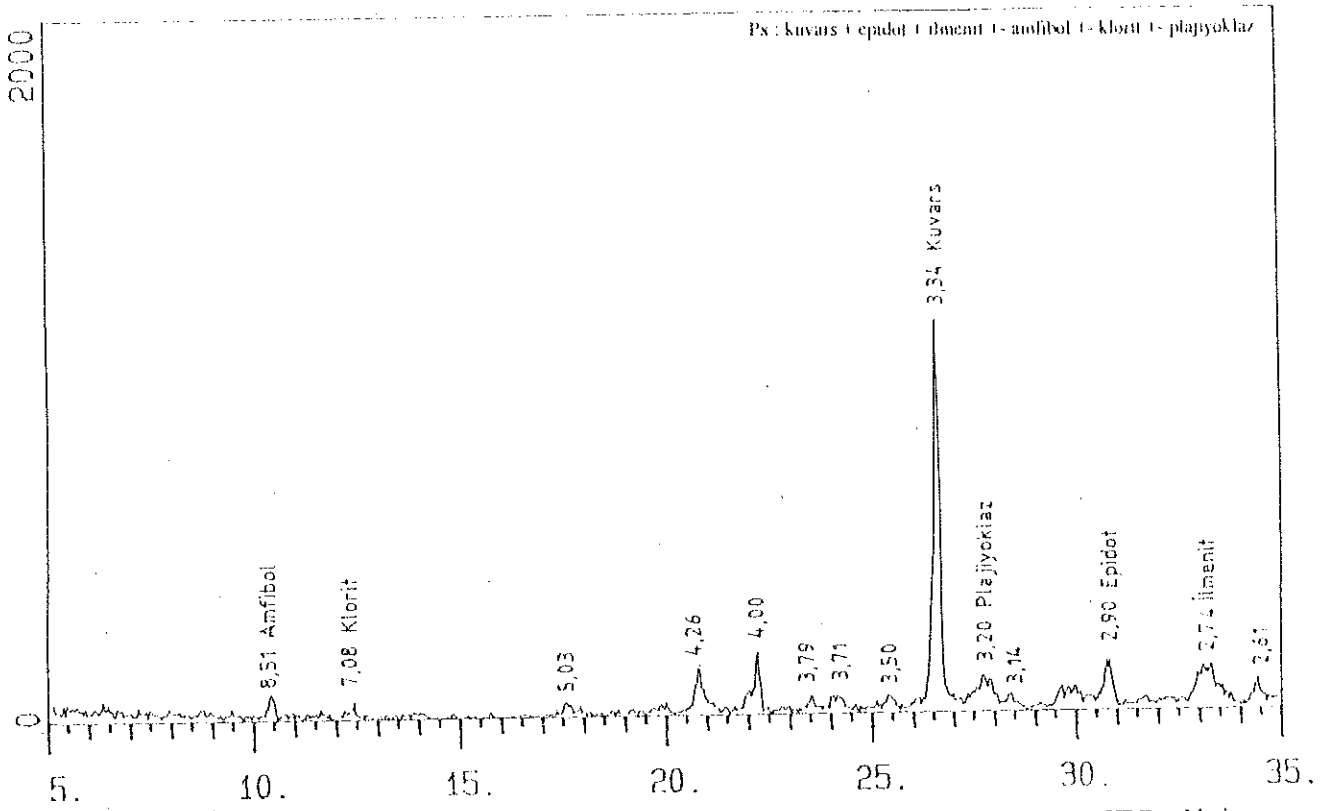
İyidere Havzası örneklerinde ortalama Ti değeri % 0.1359 olup bu değer % 0.22 TiO<sub>2</sub>'ye karşılık gelmektedir. Zr değerlerine paralellik gösteren granülometrik zenginleşmeler 0.212 mm den itibaren başlamaktadır (Çizelge 6). Havzadaki örneklerden hazırlanan tuvenan örneğinin sallantılı masa konsantresinin manyetik olan kısmında 22096 ppm Ti değeri, manyetik olmayan kısmında ise 17246 Ti değeri belirlenmiştir. Buradaki Ti yöredeki granitoidlerle dokanak ilişkisi gösteren bazik volkanik kayaların fiziksel bozunması sonucunda zenginleşmiştir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

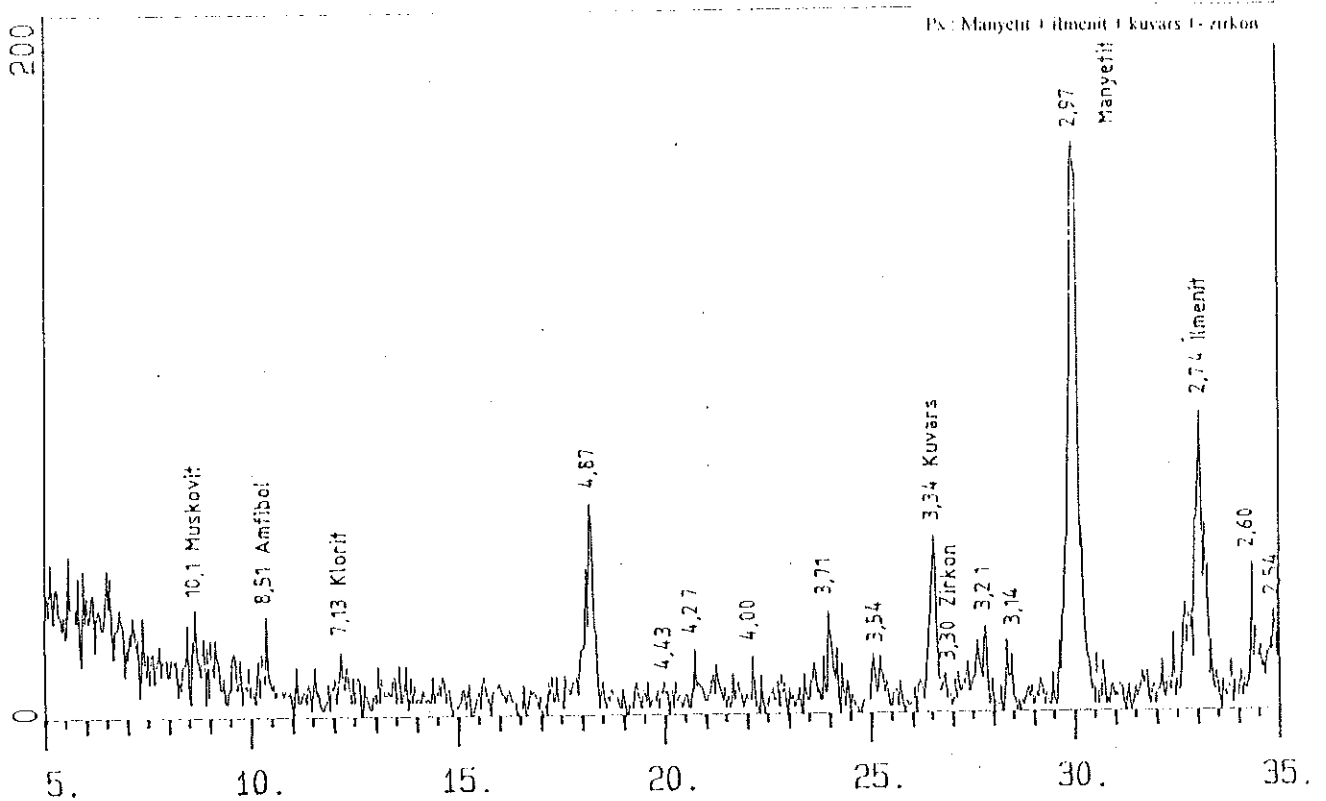
İyidere Havzası dere sedimentlerinden alınan örneklerdeki Zr ve Ti içerikleri ile İyidere Havzası dere sedimentlerinin biriktiği sahil şeridindeki sahil plaserlerinin Zr ve Ti içerikleri, ayrıntılı jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarının, önemli bir plaser birikim havzası olan İyidere Havzası sahil plaserlerinin biriktiği İyidere Delta'sında yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle bu kesimde ayrıntılı ağır mineral prospeksiyon çalışmasının yapılması zirkon ve ilmenit plaser yatağı açısından -0.212+0.150, -0.150+0.106 ve -0.106+0.075 mm fraksiyonlarında ilginç olabilir.

### KATKI BELİRTME

Bu çalışmaların yürütülmesi sırasında gerek saha, gerekse laboratuvar çalışmalarında bizlerden hiç bir yardımı esirgemeyen Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezine (ÇNAEM), Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Laboratuvarı (MİPJAL) çalışanlarına, 90 K 120570 nolu Karadeniz Bölgesi Granitoid Kuşaklarına Bağlı Zirkon Oluşumlarının Belirlenmesi projesini destekleyen Devlet Planlama Teş-



Şekil 5. İyidere Havzasını temsil eden tuvenan örneğin sallantılı masa konsantresi manyetik olmayan kısmın XRD çekimi.  
Figure 5. XRD attraction of unmagnetic part of the tuvenan sample for shaken table concentration of İyidere Basin sample.



Şekil 6. İyidere Havzasını temsil eden tuvenan örneğin sallantılı masa konsantresi manyetik kısmın XRD çekimi.  
Figure 6. XRD attraction of magnetic part of the tuvenan sample for shaken table concentration of İyidere Basin sample.

Çizelge 5. İyidere Havzasının Zr Değerleri (%)  
Table 5. Zr values(%) of İyidere Basin

Örnek No	E l e k F r a k s i y o n l a r ı								Tuvenan
	+1.00	-1.00/ +0.500	+0.500/ 0.300	0.300/ 0.212	0.212/ 0.150	0.150/ 0.106	0.106/ 0.075	-0.075	
ID 1 BS	0.0080	0.0410	0.0370	0.120	0.0165	0.0403	0.1044	a.y.	0.0355
ID 1 SS	0.0080	0.0180	0.0310	0.0840	0.1163	0.2763	0.7400	1.5464	0.0823
ID 2 SS	0.0025	0.0040	0.0092	0.0112	0.0161	0.0765	0.1910	0.1344	0.0117
ID 3 SS	0.0045	0.0088	0.0155	0.0210	0.0088	0.0460	0.1382	0.2300	0.0240
ID 4 SS	0.0018	0.0097	0.0221	0.0314	0.0325	0.1630	0.4500	0.7200	0.0440
ID 5 SS	0.0035	0.0090	0.0140	0.0185	0.0249	0.0544	0.0942	0.1810	0.0180
ÇAMLIK 1	a.y.	0.0050	0.0080	0.0110	0.0025	0.0063	0.0645	0.0604	0.0085
ÇAMLIK 2	0.0025	0.0062	0.0102	0.0185	0.0271	0.0416	0.1162	0.1250	0.0037
ÇAMLIK 3	0.0012	0.0025	0.0044	0.0092	0.0208	0.0791	0.1966	0.2715	0.0043
ÇAMLIK 4	0.0020	0.0022	0.0052	0.0065	0.0093	0.0199	0.0520	0.1130	0.0040
ÇAMLIK 5	a.y.	0.0012	0.0032	0.0043	0.0069	0.0165	0.0391	0.1061	0.0038
CİMLİ 1	a.y.	0.0068	0.0070	0.0070	0.0070	0.0078	0.0250	0.0792	0.0080
CİMLİ 2	0.0025	0.0090	0.0160	0.0205	0.0318	0.0590	0.1359	0.1918	0.0180
CİMLİ 3	0.0015	0.0027	0.0041	0.0069	0.0080	0.0121	0.0321	0.0662	0.0036
ID 6 SS	0.0058	0.0097	0.0105	0.0120	0.0162	0.0587	0.0713	0.1640	a.y.
ID 7 SS	0.0065	0.0080	0.0110	0.0145	0.0341	0.0446	0.1539	0.1732	a.y.
ID 8 SS	0.0859	0.0855	0.0120	0.1073	0.7790	1.4472	3.0872	7.9433	0.0158
ID 9 SS	0.0142	0.0070	0.0130	0.0985	0.1091	0.4705	1.4971	3.1229	0.0102
ID 10 SS	0.0080	0.0110	0.0095	0.0130	0.1400	0.1010	1.2360	1.2350	0.0118
ID 11 SS	0.0032	0.0044	0.0028	0.0054	0.0037	0.0160	0.0422	0.1119	0.0447
ID 12 SS	0.0088	0.0092	0.0085	0.0112	0.0086	0.0103	0.0287	0.0893	0.0976
ID 13 SS	0.0064	0.0080	0.0098	0.0096	0.0079	0.0093	0.0373	0.0664	0.0336
ID 14 SS	0.0028	0.0065	0.0084	0.0092	0.0028	0.0052	0.0033	0.0395	0.0913
ID 15 SS	0.0098	0.0090	0.0110	0.0115	0.0129	0.0645	0.1483	0.2091	0.0746
ID 16 SS	0.0075	0.0082	0.0091	0.0085	0.0089	0.0202	0.0895	0.2998	0.0350
ID 17 SS	0.0070	0.0092	0.0098	0.0120	0.0034	0.0078	0.0377	0.1473	0.0322
ID 18 SS	0.0085	0.0078	0.0092	0.0125	0.0097	0.0237	0.0378	0.1543	0.0785
ID 19 SS	0.0070	0.0085	0.0092	0.0084	0.0017	0.0015	0.0168	0.0170	0.0476
ID 20 SS	a.y.	a.y.	a.y.	a.y.	0.0112	0.0146	0.0317	0.0644	0.0137
ID 21 SS	a.y.	0.0010	0.0010	0.0025	0.0040	0.0085	0.0065	0.0180	0.0069
Ortalama	0.0088	0.0110	0.0111	0.0206	0.0494	0.1068	0.2952	0.6097	0.0308
Zenginleşme oranı	0.28	0.36	0.36	0.67	1.60	3.47	9.58	19.79	1.00

kilatına, Doç. Dr. Durmuş BOZTUĞ'a, Prof. Dr. Bedri İPEKOĞLU'na ve Prof. Dr. Osman YILMAZ'a teşekkür ederiz.

#### YARARLANILAN KAYNAKLAR

Clarke, D.B., 1992. Granitoid rocks. Topics in the Earth Sciences 7, University of Cambridge, 283 s.

Çoğulu, E., 1972. Gümüşhane ve Rize granitik plütonlarının mukayeseli petrolojik ve jeokronometrik etüdü. Doktora tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi İstanbul, (Yayınlanmamış).

Debon, F., Le Fort P., 1982. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Transactions of Royal Soc. of Edinburg. Earth Sci., 73, 135-149.

EİE, 1991. 1988 Su Yılı Akım Değerleri. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü yayını, No. 91 - 95, 318 s., Ankara.

EİE, 1987. Türkiye akarsularında sediment gözlemleri ve sediment taşınım miktarları. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü yayını, No. 87-44,494 s., Ankara.

Çizelge 6. İyidere Havzasının Ti Değerleri (%)  
Table 6. Ti values(%) of İyidere Basin

Örnek No	E l e k F r a k s i y o n l a r ı								Tuvenan
	+1.00	-1.00/ +0.500	+0.500/ 0.300	0.300/ 0.212	0.212/ 0.150	0.150/ 0.106	0.106/ 0.075	-0.075	
ID 1 BS	0.0640	0.2825	0.3690	0.4900	0.9000	1.4900	0.8050	a.y.	0.3034
ID 1 SS	0.0845	0.0940	0.2965	0.4326	1.6000	2.0000	1.2000	0.7500	0.4848
ID 2 SS	0.0345	0.0990	0.1215	0.1490	0.4171	0.5783	0.4880	0.3899	0.1990
ID 3 SS	0.0240	0.865	0.1490	0.2325	0.4214	0.4520	0.4242	0.4162	0.2400
ID 4 SS	0.0825	0.1120	0.1640	0.1890	0.1700	2.7926	1.5240	0.8367	0.6200
ID 5 SS	0.0110	0.0820	0.1945	0.2810	1.1314	0.6396	0.3235	0.3348	0.3750
ÇAMLIK 1	a.y.	0.0760	0.1110	0.1400	0.1580	0.2167	0.3050	0.3100	0.1276
ÇAMLIK 2	0.0225	0.0510	0.0770	0.1440	0.2667	0.3350	0.3050	0.2970	0.0601
ÇAMLIK 3	0.0395	0.0840	0.1345	0.2010	0.3202	0.4610	0.4502	0.3334	0.1159
ÇAMLIK 4	0.0403	0.0522	0.0905	0.1212	0.1688	0.2383	0.2589	0.2855	0.0799
ÇAMLIK 5	a.y.	0.0464	0.0982	0.1125	0.1573	0.2387	0.2472	0.2722	0.1215
CİMİL 1	a.y.	0.0790	0.0920	0.1210	0.1724	0.1693	0.2659	0.3041	0.1158
CİMİL 2	0.0645	0.0980	0.1710	0.2980	0.4405	0.6402	0.8514	0.9848	0.1930
CİMİL 3	0.0322	0.0613	0.0915	0.1211	0.1774	0.1939	0.2390	0.2723	0.0910
ID 6 SS	0.0400	0.0550	0.0980	0.1420	0.3621	0.4608	0.6218	1.5795	a.y.
ID 7 SS	0.0480	0.0670	0.1020	0.1910	0.4152	0.4611	1.6456	2.4333	a.y.
ID 8 SS	0.0889	0.9277	0.1513	0.2419	0.8068	1.3139	1.4087	1.2073	0.1765
ID 9 SS	0.0567	0.0690	0.0891	0.1506	0.3063	1.1127	0.7879	0.8395	0.1460
ID 10 SS	0.0130	0.0195	0.0150	0.0201	0.4600	0.7010	0.6000	0.4170	0.0924
ID 11 SS	0.0678	0.0841	0.0880	0.0920	0.1430	0.1637	0.1890	0.2590	0.0105
ID 12 SS	0.0841	0.0910	0.0909	0.1120	0.1310	0.1820	0.2410	0.3099	0.0133
ID 13 SS	0.0765	0.0790	0.0980	0.0992	0.1089	0.1178	0.1425	0.2795	0.0050
ID 14 SS	0.0845	0.0990	0.1170	0.1210	0.1196	0.1273	0.1447	0.2778	0.0054
ID 15 SS	0.1518	0.1580	0.1890	0.1985	0.2474	0.3326	0.3045	0.2887	0.0079
ID 16 SS	0.0490	0.0495	0.0582	0.0604	0.0602	0.1533	0.1790	0.1177	0.0136
ID 17 SS	0.0325	0.0380	0.0365	0.0370	0.0324	0.0471	0.0994	0.1410	0.0143
ID 18 SS	0.0892	0.0920	0.1450	0.1874	0.2518	0.3145	0.3067	0.3241	0.0085
ID 19 SS	0.0870	0.0985	0.1090	0.1375	0.1575	0.1735	0.1464	0.1472	0.0090
ID 20 SS	a.y.	a.y.	a.y.	a.y.	0.2260	0.2840	0.3080	0.3870	0.2270
ID 21 SS	a.y.	0.0610	0.0640	0.0995	0.1390	0.1790	0.1970	0.2290	0.1538
Ortalama	0.0587	0.1135	0.1245	0.1696	0.3422	0.5439	0.4905	0.4857	0.1359
Zenginleşme oranı	0.43	0.83	0.92	1.45	2.52	4.00	3.60	3.57	1.00

Rose, A.W., Hawknes H.E. ve Webb, J.S. 1979. Geochemistry in Mineral Exploration. Academic Press, London, 557 s.

Taner, M. F., 1977. Etude géologique et pétrographique de la region de Güneyce-İkizdere, située au sud de Rize (Pontides Orientales, Turquie). Doktora tezi. Université de Geneve, 180 s., (yayınlanmamış).

Yılmaz, O., İpekoğlu, B., Boztuğ, D., Pehlivan, R., Güngör, Y., Sezer, H., Güreli., L., Birdane, G., 1995. Karadeniz Bölgesi Granitoid Kuşaklarına Bağlı Zirkon Oluşumlarının belirlenmesi. DPT 90 K 120570 nolu teknolojik araştırma projesi. İst. Üniv. Jeo. Müh. Böl. İstanbul, 249 s., 2 ek (yayınlanmamış).