

77623

Özlem Öztekin

T. C.

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELAZIĞ İLİ İÇME ve KULLANMA
SULARININ FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Özlem ÖZTEKİN

77623

Danışman: Doç. Dr. Bahattin ÇETİNDAG

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

1998

T. C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELAZIĞ İLİ İÇME ve KULLANMA
SULARININ FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Özlem ÖZTEKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez, ... Tarihinde Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Başarılı/Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

Danışman

Doç. Dr. Bahattin ÇETİNDAG

(İmza)

(İmza)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELAZIĞ İLİ İÇME ve KULLANMA SULARININ
FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Özlem ÖZTEKİN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

1998, Sayfa: 124

"Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri" başlıklı bu çalışmada Karaçalı ve Haroğlu kaynakları ile yerleşim yerlerine su veren kuyu suları incelenmiştir. Çalışma sadece belirli bir havzayı değil, Elazığ ili ve yakın çevresini kapsamaktadır. Bu nedenle su numuneleri farklı bölgelerden yeraltı su seviyesinin en alçak ve en yüksek olduğu dönemlerde alınmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bölge için yapmış olduğu 63 yıllık yağış ortalaması 427.2 mm., sıcaklık ortalaması ise 12,°9 C'dir.

Elazığ ve yakın çevresinde yaşları Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar değişen birimler yüzeylemektedir. Bu çalışma içinde adı geçen birimler yaşlıdan gence doğru Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfikleri, Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maestrihtiyen-Alt Eosen yaşlı Hazar Grubu, Alt Paleosen yaşlı Kuşçular Formasyonu, Orta Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Lütesiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ve Pliyosen göl oluşukları şeklinde bir sıralanış göstermektedirler.

Bölgede su taşıyan formasyonlar Keban Metamorfikleri, Elazığ Magmatitleri, Seske Formasyonu, Kırkgeçit Formasyonu, Pliyosen çakılları ile silt ve kumtaşlarıdır.

Kimyasal analiz neticelerine göre kaynak ve kuyu sularında bulunan başlıca anyon ve katyonların kökenleri açıklanmıştır. Bu verilerin yardımıyla suların Schoeller, Piper, üçgen, dairesel ve sütun diyagramları çizilerek suların kimyasal bileşimlerinin litolojiyle ilişkileri ortaya konulmuş, ayrıca suların birbirleriyle korelasyonu yapılmıştır. Kalsiyum, magnezyum ve bikarbonat sularda en fazla bulunan iyonlardır. Magmatik kayalardan beslenen suların mineralizasyonları, sedimenter kayalardan beslenenlere oranla oldukça düşüktür.

Su numunelerinin yapılan bakteriyolojik analizleri neticesinde sular temiz sular grubunda bulunmaktadır. Ayrıca Türk İçme Suyu Standartlarına göre de sular içmeye uygun sulardır.

ANAHTAR KELİMELELER: Elazığ, içme suları, Karaçalı Kaynakları, Haroğlu Kaynağı, Schoeller diyagramı.

ABSTRACT

Masters Thesis

**THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS
OF DRINKING AND USING WATERS OF ELAZIĞ CITY**

Özlem ÖZTEKİN

Fırat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

1998, Page: 124

Physico-chemical properties of Karaçalı and Haroğlu spring waters and the well waters of settlements have been investigated in this study, this study includes the Elazığ city and its close vicinity. Because of this, water samples have been taken from various points at the periods of high and low groundwater level.

According to the meteorological datas of Elazığ, the mean precipitation is 427.2 mm. and the mean temperature is 12°9 C over 63 years.

There are various aged units crop out in Elazığ and its close vicinity. The age of this units range from Paleozoic to Cenozoic. Permo-Triassic Keban Metamorphics, Cenonian Elazığ Magmaties, Maastrichtian-Lower Eocene Hazar Group, Lower Paleocene Kuşçular Formation, Middle Paleocene-Lower Eocene Seske Formation, Middle Eocene Maden Complex, Lutetian-Upper Oligocene Kirkgeçit Formation and Pliocene lagunar formations outcrop in the investigated areas.

In the studied areas formations bearing groundwater are Keban Metamorphics, Elazığ magmaties, Seske Formation, Kirkgeçit Formation, Pliocene aged conglomerates and Pliocene aged silt and sandstone.

The origin of the anions and cations is described according to the chemical analysis of water samples. By the help of the chemical analysis' datas Schoeller, Piper, Triangle, bar and circular diagrams have been drawn, the relationship between the chemistry of waters and lithology is found and the hydrochemical correlations have been made. The major ions in the water samples are Ca^{+2} , Mg^{+2} and HCO_3^- . The mineralization of waters recharging from magmatic rocks is lower than the water' recharging from sedimentary rocks.

Polluting materials aren't determined in water samples' bacteriological analyses. And the waters are suitable for drinking according to Turkish Drinkable water standarts.

KEY WORDS: Elazığ, drinking waters, Karaçalı Springs, Haroğlu Spring, Schoeller Diagram.

KATKI BELİRTME

"Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri" konulu tez çalışmamda bana her konuda yardımcı olan, yol gösteren, bu çalışmayı başından sonuna kadar denetleyerek her türlü katkı ve öneriyi yapan değerli hocam Doç. Dr. Bahattin ÇETİNDAG'a teşekkür ederim.

Alınan su numunelerinin kimyasal analizlerinin yapılmasında bana yardımcı olan değerli arkadaşım Jeoloji Yüksek Mühendisi Soner AKDEMİR'e; numunelerin alınması esnasında pH, sıcaklık ve elektriksel iletkenliklerin ölçümünü yapan Kimya Mühendisi Bölümü Uzmanlarından Faruk GÜR'e; bakteriyolojik analizlerin yapılmasında yardımcı olan Tarım İl Müdürlüğü çalışanlarından Süreyye ÇİLESİZ'e, şekil ve diyagramların çiziminde yardım eden İnşaat Teknikeri Deniz ERASLAN'a teşekkür ederim.

İnce kesitlerin incelenmesinde bana yardımcı olan hocalarım Yrd. Doç. Dr. Bünyamin AKGÜL ile Yrd. Doç. Dr. İbrahim TÜRKMEN'e, kesitlerin hazırlanmasında desteğini gördüğüm Fuat İSTEK'e teşekkür ederim.

Çalışmamın çeşitli aşamalarında bana her konuda yardım eden ve çalışmam süresince beni devamlı destekleyen aileme de içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	II
ABSTRACT	III
KATKI BELİRTME	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
ÇİZELGELER LİSTESİ	XI
EKLER LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2. Çalışma Yöntemleri	1
2. COĞRAFYA	1
2.1. Yer Belirleme	1
2.2. İklim	2
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
4. STRATİGRAFİ	6
4.1. Keban Metamorfitleri	6
4.2. Elazığ Magmatitleri	9
4.3. Hazar Grubu	9
4.4. Kuşçular Formasyonu	10
4.5. Seske Formasyonu	10
4.6. Maden Karmaşığı	10
4.7. Kırkgeçit Formasyonu	11
4.8. Pliyosen Çökelleri	12
4.8.1. Pliyosen çakıldaşları	12
4.8.2. Pliyosen silt ve kumtaşları	12
4.8.3. Pliyosen göl kireçtaşları	12
4.8.4. Pliyosen kil	12
5. YAPISAL JEOLJİ	13
6. HİDROJEOLJİ	15
6.1. Yeraltısuyu Taşıyan Formasyonlar	15
6.2. Su Kimyası	16
6.2.1. Kaynak sularında bulunan başlıca maddeler	16
6.2.1.1. Katyonlar	26
6.2.1.2. Anyonlar	29

6.2.2. Kuyu sularında bulunan başlıca maddeler	30
6.2.2.1. Katyonlar	30
6.2.2.2. Anyonlar	31
6.2.3. Kimyasal analizlerin diyagramlarla gösterilmesi	32
6.2.3.1. Schoeller diyagramı	32
6.2.3.2. Üçgen diyagramı	59
6.2.3.3. Piper diyagramı	59
6.2.3.4. Sütun diyagramlar	70
6.2.3.5. Dairesel diyagram	79
6.2.3.6. Suların içilebilme diyagramı	86
6.2.3.7. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	86
6.2.3.8. Wilcox diyagramı	100
7. SULARIN ÇEŞİTLİ KRİTERLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI	106
7.1. Suların Sertlik Dereceleri	106
7.2. Suların Elektrik İletkenliği (EC) ve Rezistiviteleri	107
7.3. Suların Sıcaklıkları	108
7.4. Suların Bakteriyolojik Özellikleri	109
8. KAYNAK VE KUYU SULARININ İÇME SUYU STANDARTLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMELERİ	111
8.1. Buharlaştırma Kalıntısı	112
8.2. pH	112
8.3. Organik Madde	112
8.4. Katyonlar	113
8.4.1. Kalsiyum	113
8.4.2. Magnezyum	113
8.5. Anyonlar	113
8.5.1. Klorür	113
8.5.2. Sülfat	114
8.6. Nitrit ve Amonyak	114
8.7. Nitrat	115
8.8. Bor	115
8.9. Serbest Karbondioksit	116
9. SONUÇLAR	120
KAYNAKLAR	122

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 2. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Elazığ bölgesi için 63 yıllık (1932-1995 yılları arası) verilerine göre yağış ve potansiyel buharlaşma-terlemenin Thornthwaite Formülüne göre yıllık değişim grafiği	4
Şekil 3. Elazığ ilinin genelleştirilmiş jeoloji haritası	7
Şekil 4. Elazığ bölgesinin Landsat fotoğrafları ve çeşitli yayınlardan yararlanılarak hazırlanan genelleştirilmiş tektonik haritası ...	14
Şekil 5. Karaçalı kaynak alanları ve yakın çevresinin jeoloji haritası ve enine kesitleri	18
Şekil 6. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Mayıs-1996 tahlillerine göre çizilen yarı-logaritmik diyagramları ...	37
Şekil 7. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Mayıs-1996 tahlillerine göre çizilen yarı-logaritmik diyagramları ...	38
Şekil 8. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları	39
Şekil 9. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları	40
Şekil 10. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları	41
Şekil 11. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları	42
Şekil 12. Haroğlu Kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları	44
Şekil 13. Çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları	45
Şekil 14. Haroğlu kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları	46
Şekil 15. Çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları	47
Şekil 16. 5681 ve N ₂ nolu kuyu sularının yarı logaritmik diyagramları	48
Şekil 17. Temmuz - 1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO ₃ 'a doygunluklarının gösterilmesi	51

Şekil 18.	Temmuz-1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doymunluklarının gösterilmesi	52
Şakil 19.	Eylül-1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doymunluklarının gösterilmesi	53
Şekil 20.	Eylül-1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doymunluklarının gösterilmesi	54
Şekil 21.	Temmuz - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaSO_4 'a doymunluklarının bulunması	55
Şekil 22.	Temmuz - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaSO_4 'a doymunluklarının bulunması	56
Şekil 23.	Eylül - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaSO_4 'a doymunluklarının bulunması	57
Şekil 24.	Eylül - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaSO_4 'a doymunluklarının bulunması	58
Şekil 25.	İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının üçgen diyagramı	60
Şekil 26.	İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının üçgen diyagramı	61
Şekil 27.	İnceleme alanlarındaki kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen üçgen diyagramı	62
Şekil 28.	İnceleme alanlarındaki kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen üçgen diyagramı	63
Şekil 29.	İnceleme alanları içerisinde bulunan kaynak ve kuyu sularının Piper diyagramı	65
Şekil 30.	İnceleme alanları içerisinde bulunan kaynak ve kuyu sularının Piper diyagramı	66

Şekil 31.	İnceleme alanlarında bulunan kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Piper diyagramı	68
Şekil 32.	İnceleme alanlarında bulunan kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Piper diyagramı	69
Şekil 33.	Kaynak ve kuyu sularının sütun diyagramları (Temmuz - 1996)	71
Şekil 34.	Kaynak ve kuyu sularının sütun diyagramları (Eylül - 1996)	72
Şekil 35.	Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen sütun diyagramları	73
Şekil 36.	Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen sütun diyagramları	74
Şekil 37.	Kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 tahlillerine göre çizilen dairesel diyagramları	80
Şekil 38.	Kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 tahlillerine göre çizilen dairesel diyagramları	81
Şekil 39.	Haroğlu Kaynağı ve inceleme alanları içerisinde bulunan bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen dairesel diyagramları	82
Şekil 40.	Haroğlu Kaynağı ve inceleme alanları içerisinde bulunan bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen dairesel diyagramları	83
Şekil 41.	Bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen dairesel diyagramları ...	84
Şekil 42.	Bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen dairesel diyagramları	85
Şekil 43.	Temmuz - 1996 tahlillerine göre suların içilebilme diyagramı	87
Şekil 44.	Temmuz - 1996 tahlillerine göre suların içilebilme diyagramı	88
Şekil 45.	Eylül - 1996 tahlillerine göre suların içilebilme diyagramı ...	89
Şekil 46.	Eylül - 1996 tahlillerine göre suların içilebilme diyagramı ...	90
Şekil 47.	Geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre suların içilebilme diyagramı	91

Şekil 48.	Geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre suların içilebilme diyagramı	92
Şekil 49.	Geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre suların içilebilme diyagramı	93
Şekil 50.	Kaynak ve kuyu sularının Mayıs - 1996 dönemine ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	95
Şekil 51.	Kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 dönemine ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	96
Şekil 52.	Kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 dönemine ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	97
Şekil 53.	Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	98
Şekil 54.	Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	99
Şekil 55.	Kaynak ve kuyu sularının Mayıs - 1996 dönemine ait Wilcox diyagramı	101
Şekil 56.	Kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 dönemine ait Wilcox diyagramı	102
Şekil 57.	Kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 dönemine ait Wilcox diyagramı	103
Şekil 58.	Haroğlu Kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Wilcox diyagramı	104
Şekil 59.	Haroğlu Kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Wilcox diyagramı	105
Şekil 60.	Kaynak ve kuyu sularında bulunan serbest karbondioksit miktarlarını belirleyen diyagram (Mayıs - 1996)	117
Şekil 61.	Kaynak ve kuyu sularında bulunan serbest karbondioksit miktarlarını belirleyen diyagram (Temmuz - 1996)	118
Şekil 62.	Kaynak ve kuyu sularında bulunan serbest karbondioksit miktarlarını belirleyen diyagram (Eylül - 1996)	119

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Bölgenin 1932 - 1995 yılları arası denetirmeli nem bilançosu	3
Çizelge 2. Kaynak ve kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları (Mayıs - 1996)	19
Çizelge 3. Kaynak ve kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları (Temmuz - 1996)	21
Çizelge 4. Kaynak ve kuyu sularının kimyasal analiz sonuçları (Eylül - 1996)	23
Çizelge 5. Elazığ Magmatitlerine ait derinlik kayaçlarının toplam kayaç ve iz element analizleri	27
Çizelge 6. Elazığ Magmatitlerine ait granitoidik kayaçların ana oksit, iz element ve normatif bileşim değerleri	28
Çizelge 7. İnceleme alanları içerisinde bulunan Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait kimyasal analiz sonuçları	33
Çizelge 8. Temmuz - 1996 dönemindeki analiz sonuçlarına göre kuyu ve kaynak sularındaki iyonların sıralanışı	35
Çizelge 9. Eylül-1996 dönemindeki analiz sonuçlarına göre kuyu ve kaynak sularındaki iyonların sıralanışı	35
Çizelge 10. Temmuz - 1996 döneminde kuyu ve kaynak sularındaki anyon ve katyonların ayrı ayrı sıralanışı	36
Çizelge 11. Eylül-1996 döneminde kuyu ve kaynak sularındaki anyon ve katyonların ayrı ayrı sıralanışı	36
Çizelge 12. Kaynak ve kuyu sularının Piper diyagramında bulunduğu bölgeler	67
Çizelge 13. Temmuz-1996 döneminde kaynak ve kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri	75
Çizelge 14. Eylül-1996 döneminde kaynak ve kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri	76
Çizelge 15. Geçmiş yıllara ait analiz neticelerine göre Haroğlu Kaynağı ile bazı kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri (Mayıs-Temmuz dönemi)	77

Çizelge 16.	Geçmiş yıllara ait analiz neticelerine göre Haroğlu Kaynağı ile bazı kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri (Eylül-Ekim dönemi)	78
Çizelge 17.	Temmuz-1996 döneminde alınan su numunelerinin elektriksel iletkenlik ve rezistivite değerleri	108
Çizelge 18.	Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması	109
Çizelge 19.	Su numunelerinin bakteriyolojik analiz sonuçları	110
Çizelge 20.	İçilebilir suların fiziksel ve kimyasal özellikleri (TS 266; Haziran 1984)	111

EKLER LİSTESİ

EK: Kaynak ve kuyu lokasyonlarını gösteren jeoloji haritaları .

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışma, Elazığ'da içme ve kullanma amaçlı suların fizikokimyasal özelliklerini, sulara bulunan başlıca anyon ve katyonların kökenlerini, suların kimyasal bileşimleri ile litoloji arasındaki ilişkilerini, suların birbirleriyle ilişkilerini ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca suların içme ve kullanmaya uygun olup olmadıkları araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları ve bulguları insan hayatında büyük önem taşıyan ve insan sağlığını da yakından ilgilendiren su kaynaklarının özelliklerini ortaya çıkarması bakımından oldukça önem taşımaktadır.

1.2. Çalışma Yöntemleri

"Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri" başlıklı bu çalışma üç aşamada gerçekleşmiştir.

İncelenen kaynak ve kuyu sularının EC (kondüktivite), pH, sıcaklık ölçümleri kuyu başında yapılarak, bu suların beslendiği alanlardan kayaç örneklerinin alınması çalışmanın birinci aşamasını, su numunelerinin analizleri ile kayaç örneklerinin ince kesitlerinin laboratuvarda yapılması ikinci aşamayı, tüm bu donelerin büroda diyagram, tablo ve hesaplamalarla değerlendirilmesi üçüncü aşamayı oluşturmuştur.

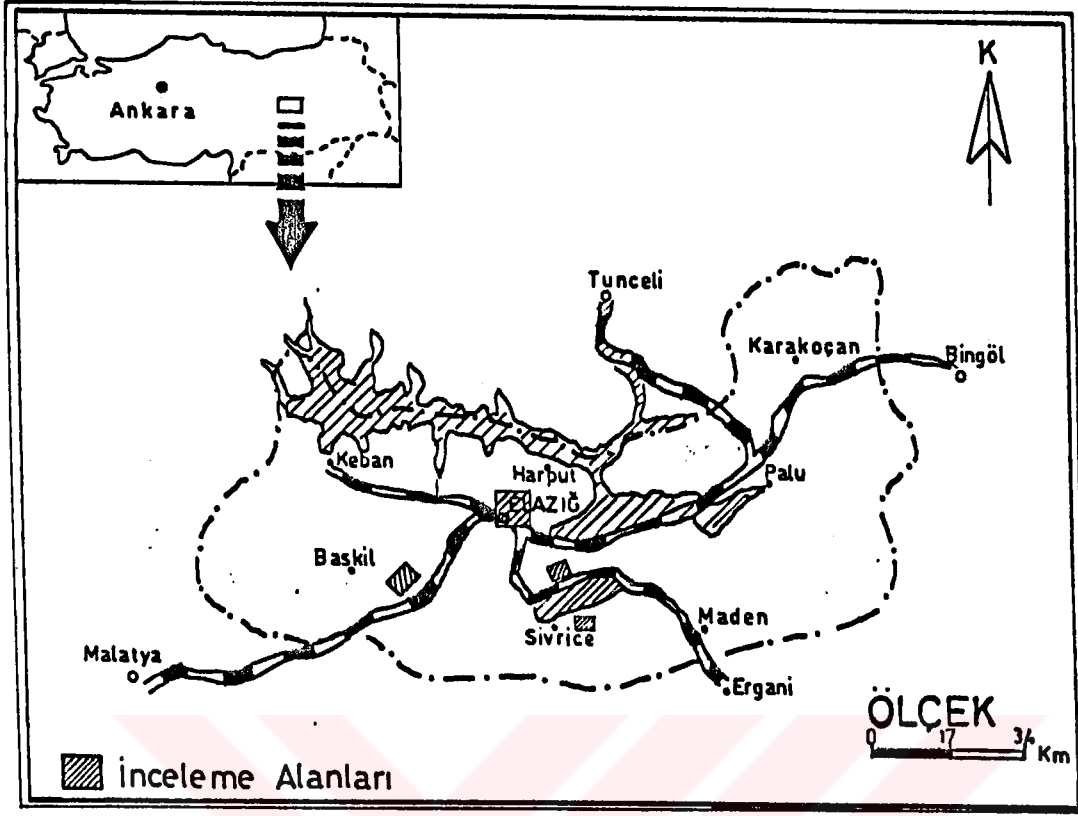
2. COĞRAFYA

2.1. Yer Belirleme

Çalışma konusu, Elazığ'ın içme ve kullanma suları olduğundan, inceleme alanı Elazığ il merkezi ve yakın çevresini kapsamaktadır (Şekil 1).

İncelemeler ağırlıklı olarak, Elazığ'ın Sivrice ilçesi yakınındaki Hazar Baba Dağı yamaçlarında 1790 m. kotundan çıkan Karaçalı kaynağında, Hazar Gölü çevresindeki yerleşim bölgelerinde, Uluova'da, Fırat Üniversitesi kampüs alanı içerisinde, Üniversite Çiftliğinde ve Haroğlu Kaynağı'nda yapılmıştır.

Bu bölgeler Türkiye 1/25.000 ölçekli Elazığ K42-C₁, K42-d₂, L42-b₁, K42-c₃ topografik harita paftalarında yer almaktadırlar. Tüm bu alanlara, Karaçalı Kaynakları hariç, yaz ve kış aylarında kolayca ulaşım sağlanabilmektedir. Karaçalı Kaynakları'na ise ulaşım Karaçalı Köyü'ne kadar stabilize bir yol ile, Karaçalı Köyü'nden sonra kaynaklara kadar patika bir yol ile yapılmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

2.2. İklim

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bölge için yapmış olduğu 63 yıllık yağış ortalaması 427.2 mm., sıcaklık ortalaması ise 12° 9 C'dir.

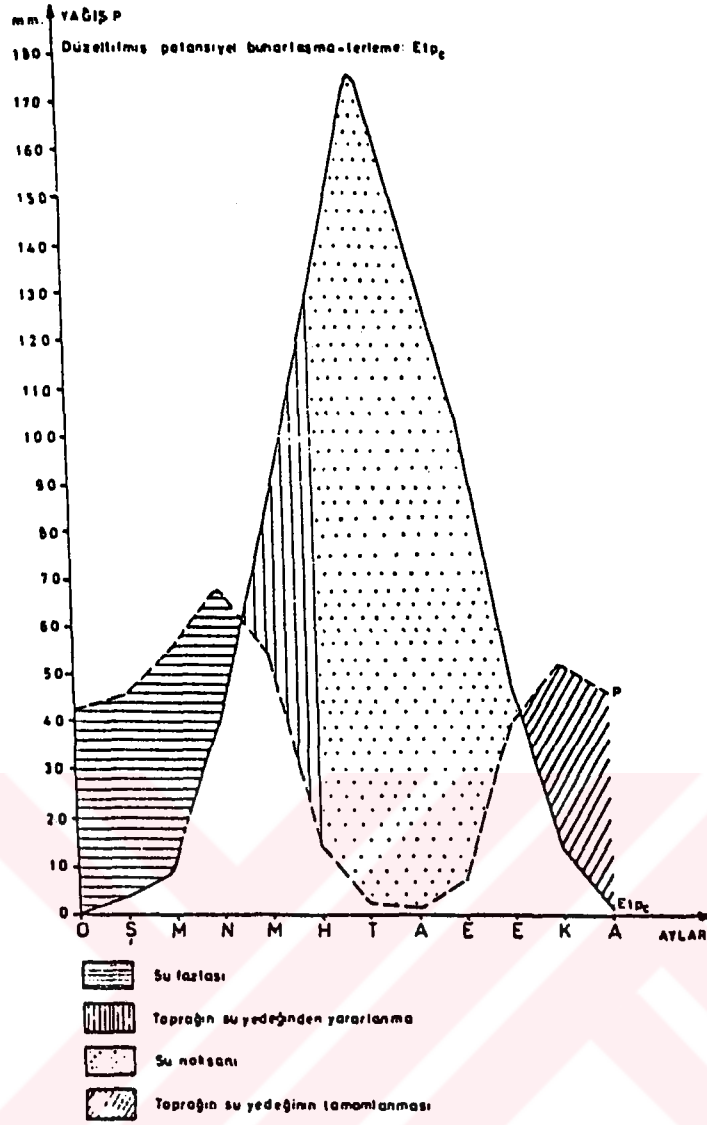
1932-1995 yılları arası yağış ve buharlaşma-terlemenin Thornthwaite Formülüne göre yıllık değişim grafiği Şekil 2'de verilmiştir. Bu grafiğe göre Nisan ayı sonuna kadar su fazlalığı vardır. Mayıs-Kasım ayları arasında buharlaşma-terleme yağıştan daha fazla olup, bu dönemde toprağın su yedeği tüketilmektedir. Haziran ayından itibaren Kasım ayına kadar su azlığı görülmektedir (Çizelge 1).

Bölgede yıllık düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terleme 617.58 mm ile yağışın % 144.56'sı olurken, gerçek buharlaşma-terleme 282.24 mm. olup, bu da yağışın % 66.06'sına karşılık gelmektedir.

Thornthwaite Yöntemi kullanılarak çıkarılan, bölgenin iklim formülü, $C_2B_1'S_2b_2'$ şeklindedir. Burada C_2 nemlilik indisine göre yarı nemliliği, B_1' sıcaklık koşuluna göre mezotermal iklimi, S_2 yağış düzenine göre yaz aylarında çokça su eksikliğini, kış aylarında ise çokça su çokluğunu, b_2' sıcaklık düzenine göre ikinci dereceden iklimi belirtir.

Çizelge 1. Bölgenin 1932-1995 yılları arası deneşirmeli nem bilançosu (Alçıçek, 1996).

AYLAR	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması °C	-1.2	0.2	5.0	11.8	17.3	22.8	27.2	26.8	22.0	14.5	7.4	1.5	12.9
Sıcaklık endisi	0	0.01	11.4	3.66	6.54	9.94	12.99	12.7	9.42	3.41	1.81	0.16	72.04
Potansiyel buharlaşma-terleme:Etp-mm.	0	0.46	8.82	35.76	66.72	104.6	139.51	136.18	98.72	50.03	16.71	1.24	
Enlem düzeltme katsayısı (35.°5 enlem için)	0.850	0.840	1.030	1.105	1.230	1.240	1.255	1.175	1.040	0.960	0.840	0.825	
Düzeltilmiş Etp-mm.	0	0.39	9.08	39.51	82.06	129.70	175.08	160.01	102.67	48.03	14.04	1.02	617.58
Yağış-mm.	42.8	45.8	55.2	67.4	54.2	14.4	2.4	1.1	7.3	39.1	51.4	46.0	427.2
Faydalı su yedeği-mm.	100	100	100	100	72.14	0	0	0	0	0	37.36	82.34	
Gerçek buharlaşma-terleme: Etr-mm.	0	0.38	9.08	39.51	82.06	86.54	2.4	1.1	7.3	39.1	14.04	1.02	282.24
Su fazlası (sellenme+süzülme) mm.	42.8	45.41	46.12	27.89	0	0	0	0	0	0	0	0	162.22
Su noksanı-mm.	0	0	0	0	0	43.16	172.26	158.91	95.37	8.93	0	0	478.63



Şekil 2. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Elazığ Bölgesi için 63 yıllık (1932-1995 yılları arası) verilerine göre yağış ve potansiyel buharlaşma-terlemenin Thornthwaite Formülüne göre yıllık değişim grafiği (Alçıçek, 1996).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kılıç (1987), Baskil kuzeydoğusunda Haroğlu Dağı çevresinde yaptığı incelemede birimleri yaşlıdan gence doğru Elazığ Magmatitleri, Kuşçular Formasyonu, Seske Formasyonu, Kırkgeçit Formasyonu, Pliyo-Kuvaterner çökelleri ve gevşek yüzey tortuları şeklinde sıralamış ve yapmış olduğu kırık analizi sonucunda yörede KD-GB doğrultulu basınç kuvvetlerinin etkili olduğunu tespit etmiştir.

Tatar (1987), Elazığ çevresinde yaklaşık 100 km. yarıçaplı bir alanın Landsat fotoğraflarını değerlendirerek bölgenin genelleştirilmiş tektonik haritasını hazırlamıştır.

Doğrultu göl diyagramları ile kırıklar üzerine yaptığı istatistiksel ön değerlendirmelerle bölgenin Alpin Orojenez devrinde K-KD yönlü sıkışma gerilmesi etkisinde kaldığını destekleyen sonuçlar elde etmiştir.

Üstüntaş (1987), Maden Karmaşığı'nın özelliklerini ve oluşumunu incelemiş, çalışmasında Maden Karmaşığı'nın oluştuğu tektonik ortam konusunda okyanus ortası ortamdan başlayarak adayayı karmaşık ortamı, adayayı basen ortamı, kıta kabuğu ve kıta içi dalım ortamına kadar çeşitli görüşlerin olduğunu belirtmiştir. Ancak, çoğunlukla kabul edilen görüşler adayaylarıyla ilişkili olanlardır.

Çetindağ (1989), Ören Çayı Havzası'nın hidrojeolojisini incelemiş, yapmış olduğu hidrojeoloji incelemeleri ile çalıştığı sahada Hankendi, Durupınar, Gölköy, Koparuşağı köyleri yöresinde Pliyosen çakıldaşları içerisinde basınçlı akiferin; Elazığ Magmatitleri, Kırkgeçit Formasyonu, Pliyosen Çakıldaşları, silt ve kumtaşları içerisinde ise serbest akiferin oluştuğunu görmüştür. İnceleme alanındaki akiferlerin beslenmesinin çoğunlukla Keban kristalize kireçtaşlarından olduğunu, Keban kristalize kireçtaşları, Seske, Kırkgeçit Formasyonları ile Pliyosen oluşuklardan beslenen kaynak ve kuyu sularının kirece doymun olduklarını, Elazığ Magmatitleri'nden beslenen kaynak ve kuyu sularının ise kirece doymun olmadıklarını tespit etmiştir.

Akgül (1991), Elazığ'ın 35 km. batısında bulunan Baskil ilçesi çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özelliklerini incelemiştir. Bu incelemeler sonunda Baskil çevresinde geniş yayılıma sahip Üst Kretase yaşındaki magmatik kayaçların gabro, diyorit, kuvarslı diyoritten granit, granodiyorit ve kuvarslı monzonite kadar bileşim değişimi gösterdiğini tespit etmiştir.

Gürocak (1993), Sivrice (Elazığ) çevresinde yaptığı araştırmada yaklaşık 80 km²'lik bir alanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak bölgenin stratigrafisi ve tektonik özelliklerini incelemiştir. Araştırmacı, bölgede Elazığ Magmatitleri'nin gabro, diyabaz, bazalt ve andezitlerle, Maden Karmaşığı'nın ise volkanik arakatlı çamurtaşı, kumtaşı, tuf, andezit, bazalt ve volkanik breşlerle temsil edildiğini belirtir.

Turan (1993), Elazığ yakın civarındaki tektonik yapıları konu alan çalışmasında söz konusu bölgede Üst Kretase-Alt Paleosen arasında, Orta Eosen sonunda ve Orta Miyosen ve daha geç dönemlerde meydana gelen kıvrımlı ve kırıklı türden önemli tektonik yapıların bulunduğunu belirtmiştir. Bu yapıları Neotetis'in güney kolunun Üst Kretase-Alt Miyosen arasındaki kapanma ve onu takip eden Orta Miyosen'deki kıta-kıta çarpışması ile ilişkilendirmiştir.

Alçıçek (1996), Elazığ Bölgesi'nde meydana gelmiş önemli bazı heyelanları inceleyerek bölgenin jeoloji yapısını, iklimini ve depremselliğini araştırmıştır.

Çetindağ (1996), Haringet Havzası'nda yapmış olduğu çalışmada havzadaki akifer suların kökenini, fiziko-kimyasal karakterlerini ve yan kayaçlarla ilgilerini

araştırmıştır. Bikarbonat, magnezyum, kalsiyum, sodyum ve potasyumun kaynak ve kuyu sularında bulunan en fazla iyonlar olduğunu ve Schoeller'in içilebilme diyagramında suların 1. ve 2. kalite devamlı içilebilen sular bölgesinde gruplandığını belirtmiştir.

Özkul ve Kerey (1996), yapmış oldukları çalışmada Elazığ batısında KD-GB doğrultusunda uzanan Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'nun çoğunlukla derin-deniz, az miktarda şelf fasiyes topluluklarından oluşan kompleks bir depolanma örneği sunduğunu belirlemişlerdir.

Çelik (1997), Maden Karmaşığı üzerinde yaptığı çalışmasında Maden Karmaşığı'nın volkanik arakatlı, kırmızı renkli taban konglomerası ile başladığını ve üste doğru sığ kireçtaşları ile devam eden istifin uyumlu olarak pelajik kireçtaşlarına geçtiğini belirtmiştir.

Çetindağ (1997), Ören Çayı Havzası'nın yeraltı suyu kimyası incelemesinde inceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularında en fazla bulunan iyonların bikarbonat, kalsiyum ve magnezyum olduğunu; Piper diyagramlarında magmatik kayalardan beslenen kaynak sularının karışık sular bölgesinde, diğer birimlerden beslenen kaynak ve kuyu sularının ise karbonat sertliği % 50'den fazla olan bölgede gruplandığını belirlemiştir.

4. STRATİGRAFİ

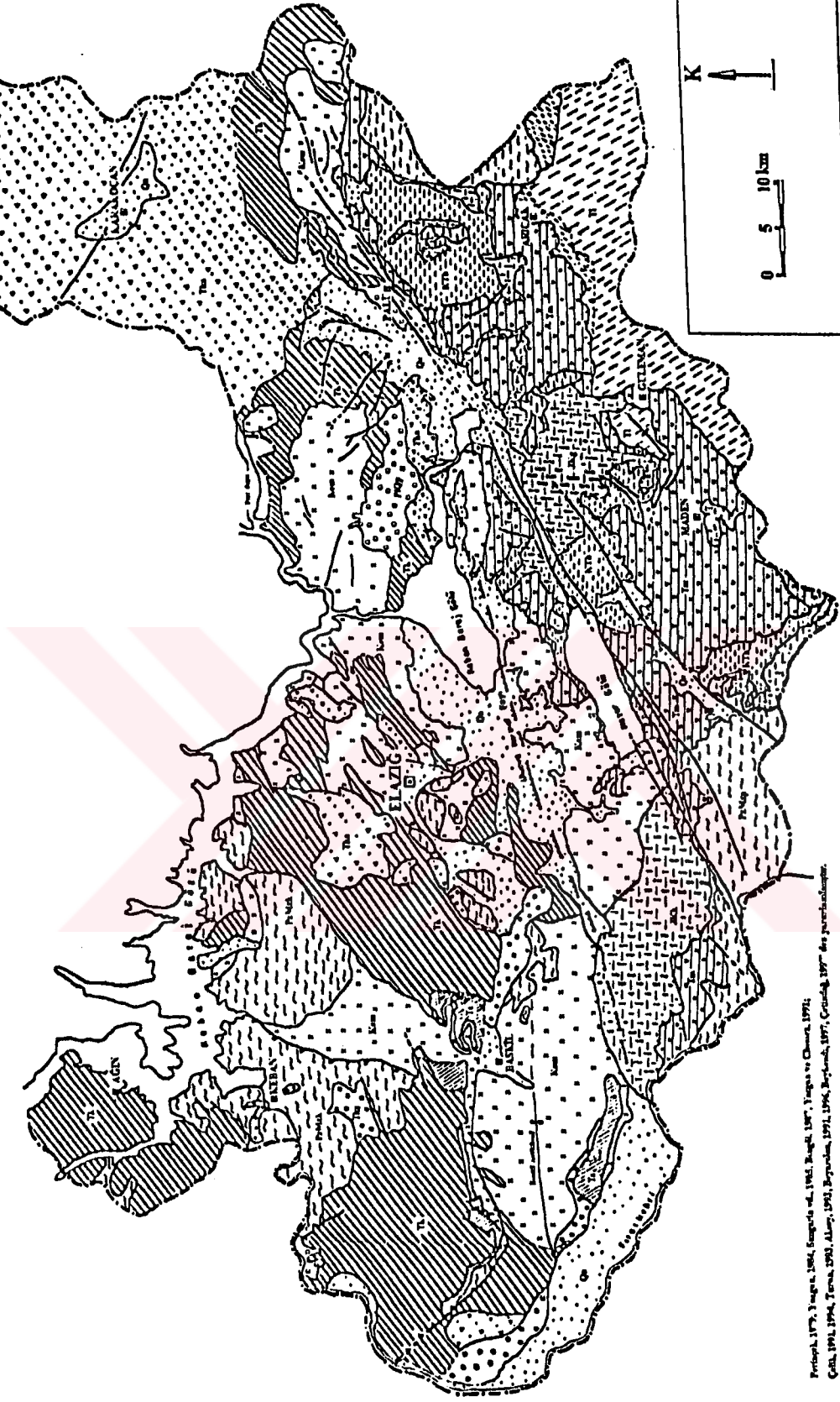
Tez konusu, su kimyası ağırlıklı olduğundan çalışılan bölgenin jeolojisi literatür taraması şeklinde yapılmış ve herhangi bir kavram kargaşasına neden olmamak için çalışma alanı içinde yüzeyleyen birimler üzerinde daha önceden çalışma yapmış araştırmacıların tanımlamaları aynen kullanılmıştır.

Elazığ ve yakın çevresinde Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar değişen yaşlarda birimler yüzeylemektedir. Bu çalışma içinde adı geçen birimler yaşlıdan gence doğru; Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfittleri, Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maestrihtiyen-Alt Eosen yaşlı Hazar Grubu, Alt Paleosen yaşlı Kuşçular Formasyonu, Orta Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Lütisiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Pliyosen göl oluşukları şeklinde bir sıralanış göstermektedirler. Elazığ ili ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası Şekil 3'de verilmiştir.

4.1. Keban Metamorfittleri (Permo-Triyas, PzMzk)

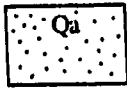
Genellikle rekristalize kireçtaşları ile temsil olunan Keban Metamorfittleri bölgenin en yaşlı oluşuğudur. Bu birim, Elazığ ve yakın çevresinde en geniş yayılımını Keban ilçesi çevresinde sunmaktadır (Şekil 3). Birim, ilk defa Özgül (1976) tarafından adlanmış ve Batı Toroslar'da görülen Alanya Birliği'ne dahil edilmiştir.

ELAZIĞ İLİ JEOLojİ HARİTASI



Şekil 3. Elazığ ilinin genelleştirilmiş jeoloji haritası (Çelik, 1997). Açıklamalar bir sonraki sayfada verilmiştir.

AÇIKLAMALAR



Alüvyonlar
(Kuvaterner-Güncel)



Kuşçular Formasyonu
(Alt Paleosen)



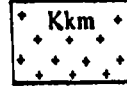
Palu Formasyonu
(Pliyo-Kuvaterner)



Hazar Grubu
(Maastrichtiyen-Alı Eosen)



Karabakır (Çaybağı) Formasyonu
(Üst Miyosen-Pliyosen)



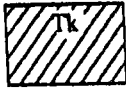
Keban Magmatitleri
(Üst Kretase-Paleosen)



Lice Formasyonu
(Alt Miyosen)



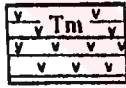
Harami Formasyonu
(Üst Maastrichtiyen)



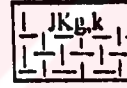
Kırkeçit Formasyonu
(Orta Eosen- Alt Miyosen)



Elazığ Magmatitleri
(Senoniyen)



Maden Karmaşığı
(Orta Eosen)



Ofiyolitler (Guleman, Kömürhan)
(Jura-Üst Kretase)



Seske Formasyonu
(Orta Paleosen-Alı Eosen)



Metamorfitleler (Keban, Pütürge)
(Permo-Triyas)

Antiklinal eksen

Normal fay

Bindirme fayı

Doğrultu atımlı fay

Tabaka duruşu

Kırıklar

Formasyon sınırı

İl sınırı

Muhtemel formasyon sınırı

Muhtemel fay ve kırık hatları

İlçe yerleşim merkezleri

Şekil 3'ün açıklaması .

Asutay (1988; Alçiçek 1996'dan), Keban Metamorfitleri'ni alt şist üyesi, alt mermer üyesi, üst şist üyesi, üst mermer üyesi olmak üzere dört ayrı üyeye ayırmıştır. Turan ve Bingöl (1991; Alçiçek, 1996'dan), Kovancılar-Baskil arasının tektonostratigrafik özellikleri ile ilgili yaptıkları çalışmada; bu bölgede Jura-Kretase yaşlı rekristalize kireçtaşlarının bulunmadığını belirterek, Alt Triyas yaşlı birimler ile temsil edilen metamorfik kayaçları Keban Metamorfitlerin olarak adlandırmışlardır. Araştırmacılar bölgesel metamorfitleri tabandan tavana doğru rekristalize kireçtaşı-kalkşistler, mermerler ve metakonglomera-kalkfillitler şeklinde bir sıralanım sunduğunu belirtirler (Alçiçek, 1996).

4.2. Elazığ Magmatitleri (Senoniyen, Kem)

Elazığ çevresinde gabro, diyorit, monzonit, tonalit, granodiyorit, granit, diyabaz, andezit gibi magmatik kayaçlar, piroklastikler ve pelajik çökellerden oluşmaktadır.

Yazgan (1981), Elazığ Magmatitlerini derinlik, yarı derinlik ve volkanik kayaçlardan oluştuğunu ve Üst Maestrihtiyen yaşında olduğunu belirtir. Araştırmacı, bu birimin genellikle derinlik kayaçlarının yüzeylendiğini ve birimi oluşturan kayaçların etkin bir kıta kenarı mağmasal ürünleri olarak yorumlamıştır. Akgül (1993), Elazığ Magmatitleri'ne ait magmatik kayaçların birbirini izleyen üç farklı evrede oluştuğunu; birinci evrede bazik bileşimli derinlik ve yüzey kayaçları, ikinci evrede asit bileşimli derinlik ve yüzey kayaçları, üçüncü evrede ise aplit ve lamprofir bileşimli damar kayaçlarının oluştuğunu belirtir.

Elazığ Magmatitleri ile Keban Metamorfitleri arasındaki zon tamamen ezilmiş ve gevşek bir yapıdadır. Asutay (1988; Alçiçek, 1996'dan) mermerlerin kalsit ve dolomitten meydana geldiğini, özellikle magmatik kayaçlarla olan dokunaklarında olivin, granat, spinel ve manyetit gibi piroksen-hornfels fasiyesi metamorfizma koşullarını yansıtan mineral toplulukları bulunduğunu belirtir (Alçiçek, 1996).

4.3. Hazar Grubu (Maestrihtiyen-Alt Eosen, KTh)

Birim ilk olarak Rigo de Righi ve Cortesini tarafından Hazar Ünitesi olarak tanımlanmıştır. Özkaya (1978) tarafından Hazar Formasyonu olarak adlandırılan birimi; Sungurlu (1974), grup seviyesinde ele alarak Simaki, Şepken ve Gehroz formasyonlarına ayırmıştır (Gürocak, 1993). Birim tipik yüzeylemelerini Hazar Gölü'nün doğusunda ve Maden ilçesi kuzeyinde vermektedir.

Hazar Gölü'nün doğusunda gri renkli kumtaşı-silttaşı-marn ve şeyl aralanmasıyla temsil edilir. Temelde konglomeralar bulunur ve gri-kahverenkli şeyl ve kireçtaşlarıyla üstte doğru devam eder. Kireçtaşları gri renkli ve killidir, ayrıca lamelli

branş kabuk parçaları içermekte olup yaklaşık 200 m kalınlığındadır. Bu kalınlık Hazar Gölü'nün doğusunda ve Palu-Aricak karayolunda 1000 m'ye ulaşır (Çelik, 1997).

4.4. Kuşçular Formasyonu (Alt Paleosen, Tkş)

Kuşçular Formasyonu ilk defa E.İ.E.İ. jeologları (1972) tarafından Keban ilçesine bağlı Kuşçular Köyü çevresinde tanımlanmıştır. Aynı formasyon Malatya kuzeybatısında Hakyemez ve Örçen (1982; Kılıç, 1987'den) tarafından Medik Formasyonu olarak adlanmıştır. Turan (1984; Kılıç, 1987'den) bu formasyonu Seske Formasyonu'nun taban konglomeraları olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada Seske Formasyonu'ndan ayrı ortam özellikleri sergileyen bu kayalar için Kuşçular Formasyonu adı uygun görülmüştür.

Bölgede kırmızı renkli konglomeralarla temsil edilmektedir. Formasyonu oluşturan çakıllar kumlu karbonat çimento ile tutturulmuştur. Birimi oluşturan çakılların boylanması düzensizdir. Yuvarlaklık iyi gelişmemiş ve kötü derecelenme gösterir. Çakıllar çoğunlukla hamur destekli olup, matriks kum boyu malzemeden oluşmaktadır. Çakılları çoğunlukla Keban Metamorfitlerinden, kısmen de Elazığ Magmatitlerinden ve diğer tortul birimlerden türemiştir. Formasyona tipik kırmızı renk, muhtemelen çimentosundaki demirli bileşenlerden gelmiştir (Çetindağ, 1989).

4.5. Seske Formasyonu (Orta Paleosen-Alt Eosen, Ts)

Formasyon ilk defa Erdoğan (1975, Çetindağ, 1989'dan) tarafından Gölbaşı dolayında Seske Köyü civarında tanımlanmış ve adlanmıştır. Formasyon, Hasan Dağı ve Haroğlu Köyleri ile Dilekköy'ü batısında mostra vermektedir. Seske Formasyonu çalışma alanı içinde Kuşçular Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Baskil kuzeyinde Elazığ Magmatitleri üzerine aşıl uyumsuzlukla transgresif olarak gelmektedir. Tabanda gri-beyaz renkli kumtaşları ile başlayan birim üstte doğru dereceli olarak kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Birim genelde, masif görünümde olup, üst seviyelerde bazen orta-kalın tabakalanma sunar. Kırıklı, Çatlaklı ve karstik boşluklu olan bu birim bol mikrofosillidir (Çetindağ, 1989).

4.6. Maden Karmaşığı (Orta Eosen, Tm)

İlk defa Rigo de Righi ve Cortesini (1964; Gürocak, 1993'den) tarafından Maden Birimi olarak tanımlanan oluşuğu Özkaya (1974; Gürocak, 1993'den) Baykan Grubu, Baştuğ ve Açıkbaz (1974; Gürocak, 1993'den) Yazpınar Formasyonu, Sungurlu (1974; Gürocak, 1993'den) Baykan Karmaşığı ve Erdoğan (1982; Gürocak 1993'den) Maden Grubu olarak adlandırmışlardır.

Maden Karmaşığı en geniş şekilde Maden bölgesinde yüzeyler Ayrıca Bitlis Kenet Kuşağı veya Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı boyunca Bitlis, Pötürge Metamorfikleri altında Pervari'den Kahramanmaraş'a kadar uzanır. Birçok Cu cevherleşmelerini içermesi ve ayrıca Türkiye'nin önemli tektonik kuşaklarından birisi üzerinde bulunması nedeniyle Maden Karmaşığı çok sayıda araştırmaya konu olmuştur (Üstüntaş, 1987).

Çalışma alanı içinde Maden Karmaşığı Hazar Baba Tepe, Kırmızı Tepe dolaylarında yüzeylenmektedir. Bölgede Maden Karmaşığı'na ait kayalar Pötürge Metamorfikleri ile Simaki Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelirken, Elazığ Magmatitlerine ait kayalar tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Bu bölgede Maden Karmaşığı esas olarak volkano-tortul kayalar, kireçtaşları, andezit, bazalt, volkanik breş ve bunları kesen diyabaz dayklarından oluşmaktadır.

Kırmızı Tepe KD'sunda Satık Dere içerisinde Simaki Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen birimin tabanında yanal yönde devamsız ve içerisinde Simaki Formasyonuna ait az yuvarlaklaşmış çakıllar içeren konglomeratik seviyeler bulunmaktadır. Bu konglomera seviyelerinden sonra volkanik arakatkılı kırmızı ve gri renkli çamurtaşları ile bunlar üzerinde yer alan andezit ve bazaltlarla devam eden birim, en üst seviyelerinde volkanik breşlerle son bulur (Gürocak, 1993).

4.7. Kırkgeçit Formasyonu (Lütesiyen-Üst Oligosen, Tk)

Doğu Anadolu'da özellikle Elazığ ve Van yörelerinde geniş yayılımı olan Alt Tersiyer tortulları ilk kez Van'ın güneydoğusunda TPAO jeologları tarafından Kırkgeçit Formasyonu adı altında incelenmiştir (Perinçek, 1979; Özkul ve Kerey, 1996).

Elazığ bölgesinde geniş bir yayılıma sahip olan Kırkgeçit Formasyonu; Hankendi, Harput ve Elazığ ilinin çevresinde yüzeyler. Bölgede Kırkgeçit Formasyonu genel olarak kumtaşı, marn, kumlu-killi kireçtaşı ve konglomera ile temsil olunup, kendinden yaşlı birimler üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmektedir. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu, Kırkgeçit Formasyonu'nu aşıl uyumsuzluk ile örterler (Alçıçek, 1996).

Formasyon yatay ve düşey yönde sıkça litoloji değişiklikleri sunar. Bu nedenle farklı sahalardaki yüzleklerinde aynı litolojik sıralanımı görmek mümkün değildir (Turan ve Bingöl, 1991; Alçıçek, 1996).

Çetindağ (1989), Ören Çayı Havzası'nda yapmış olduğu çalışmada Kırkgeçit Formasyonu'nun ince bir çakıltası seviyesi ile Keban Metamorfikleri, Elazığ Magmatitleri ve Seske Formasyonu üzerine transgresif olarak geldiğini ve bunları da Pliyosen oluşuklarının aşıl uyumsuzlukla örttüğünü belirtmiştir.

4.8. Pliyosen Çökelleri

4.8.1. Pliyosen çakıldaşları (Plçt)

Göl oluşukları Ören Çayı Havzası'nda çakıldaş, kaba taneli kumtaşı, silt, yer yer kalışı-karbonatlı çökellerle temsil edilmiş olup çakıldaşının elemanları zayıf, kumlu bir çimento ile tutturulmuştur (Çetindağ, 1989).

4.8.2. Pliyosen silt ve kumtaşıları (Plkm)

Birim çalışma alanı içerisinde Ören Çayı Havzası ve Haringet Çayı Havzası'nda yüzeylenmektedir. Ören Çayı Havzası'nda kahverengi kil, silt ve kireçtaşı yumrulu birimlerle bunların arasında kama ve mercek şeklinde ince kum ve küçük çakıllı seviyelerden oluşan bir litoloji ile temsil edilmektedir. Havzada kum ve çakıllar çoğu zaman kil ve killi kum ile aralanmalıdır. Alt seviyelere inildikçe sarı ve gri renkte killer çoğunluktadır. Yer yer ara seviyeli kalış türü kireçtaşı ve jipsli seviyeler gözlenmektedir (Çetindağ, 1989).

Haringet Çayı Havzası'nın ova bölümünün kenar kısımlarını oluşturan Pliyosen silt ve kumtaşıları yer yer ara seviye şeklinde tuzlu, jipsli ve anhidritli katmanlar içermektedir (Çetindağ, 1996).

4.8.3. Pliyosen göl kireçtaşıları (Plkçt)

Gösel kireçtaşıları kirli beyaz ve gri renktedir. Üzerlerinde düzensiz karst yapılar oluşmuştur. Tabanda pizolitik kireçtaşıları ile başlayıp, yatay tabakalı ve oldukça kırılmalıdır. Pizolitlerin çapları 1,5-3 cm.'dir. Bunlar CaCO_3 'la çimentolanmış ve konglomeratik bir yapı kazanmışlardır. Bu birim Pliyosen'in diğer oluşukları (çakıldaşları, silt, kil, kum vb.) ile yanal geçişlidir (Çetindağ, 1989).

4.8.4. Pliyosen kil (Plk)

Bu litoloji Haringet Çayı Havzası'nın orta kesimlerinde Akçakiraz, Yazıkonak, Mollakendi, Şintil ve Kuyulu köyleri yörelerinde yüzeylenmektedir. Merceksi bir konumda olup, açılan sondajlarda 60-70 metrelik bir kalınlığa sahip olduğu görülmüştür (Çetindağ, 1996).

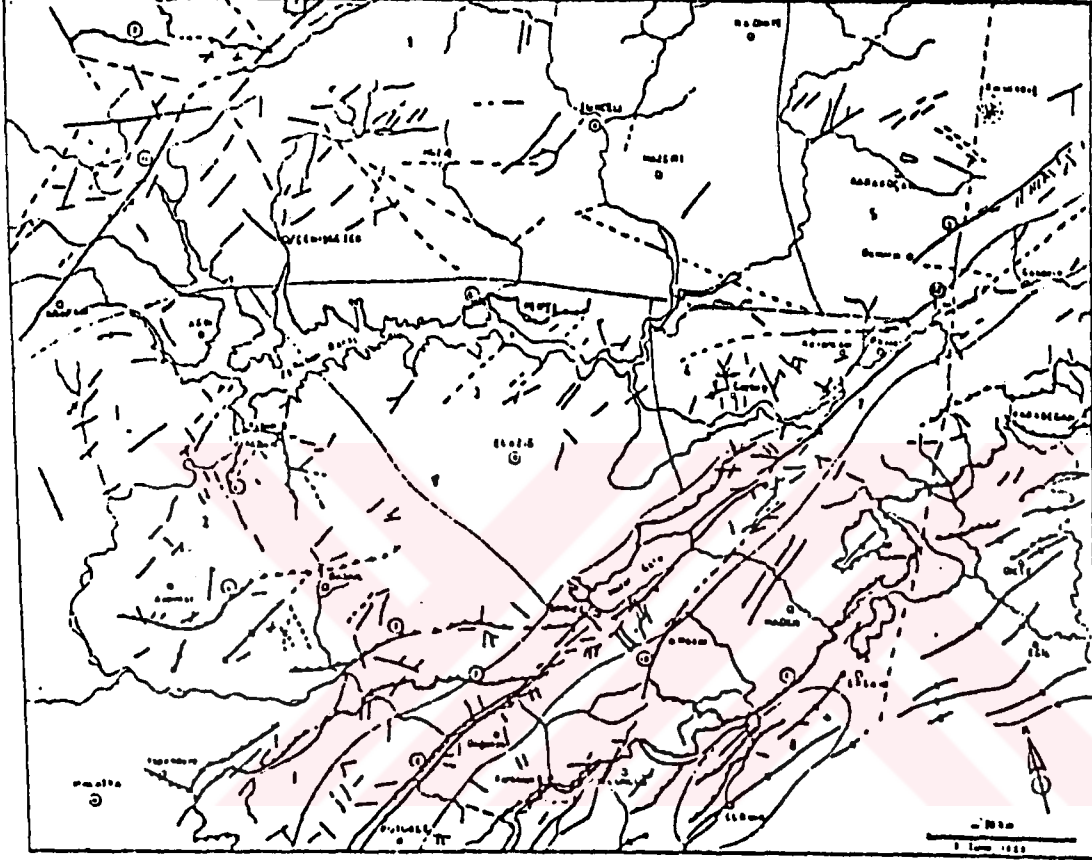
5. YAPISAL JEOLJİ

Çalışma sahası Elazığ merkez ve yakın çevresini kapsadığından bu başlık altında Elazığ bölgesinin genel tektonik özellikleri, bölgede yapılmış önceki çalışmalara bağlı olarak verilecektir.

Türkiye arazisi Alpin Orojenik kuşağı içinde kalır ve esas itibariyle Alpin orojenez devrinde oluşmuş, jeolojik bakımdan genç bir arazidir. Türkiye arazisi, özellikle Alpin dönemdeki jeolojik evrimi ile yapısal nitelikleri dikkate alınarak Ketin (1966, 1983; Tatar, 1987'den) tarafından kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar kıvrımları birlikleri olmak üzere dört ana tektonik birliğe ayrılmıştır. Elazığ bölgesi ise Toridler tektonik birliği içinde kalmaktadır.

Tatar (1987) Elazığ bölgesine ait Landsat fotoğraflarını değerlendirerek yaklaşık 20.000 km² genişlikteki bir alanın genelleştirilmiş tektonik haritasını hazırlamıştır (Şekil 4). Doğrultu gül diyagramları vasıtasıyla kırıklar üzerinde yapılan istatistiksel ön değerlendirmeler, bölgenin Alpin Orojenez devrinde K-KD yönlü sıkışma gerilmesi etkisinde kaldığını destekleyen sonuçlar vermiştir.

Elazığ ve yakın civarı hem Paleotektonik hem de Neotektonik döneme ait kıvrımlı ve kırıklı türden önemli tektonik yapılar içermektedir. Bu yapılar yörenin gerek Paleotektonik gerekse Neotektonik dönemde çok etkin tektonizma faaliyetlerine maruz kaldığının açık bir göstergesidir. Torosların bu kesimi yer tarihinin en genç kıta-kıta çarpışmasının olduğu kesimlerinden birine karşılık gelmektedir (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1983; Yazgan, 1984; Şengör vd., 1985; Dewey vd. 1986; Turan, 1993'ten).



Şekil 4. Elazığ bölgesinin Lantsat fotoğrafları ve çeşitli yayınlardan yararlanılarak hazırlanan genelleştirilmiş tektonik haritası (Tatar, 1987).

Çalışma alanı içinde bulunan Doğu Anadolu Fayı, Türkiye'nin Kuzey Anadolu Fayı ile birlikte Dünya literatürüne girmiş önemli doğrultu atımlı faylarından birisidir. Kahramanmaraş'ın Türkoğlu ilçesinden başlayarak kuzeydoğuya doğru 400 km kadar devam edip, Karlıova'da Kuzey Anadolu fayı ile kesişir. Fayın güneybatıya uzantısı ise Ölüdeniz Fayı ile birleşmektedir. Günümüzde de etkinliğini koruyan sol yanal atımlı, bu fay, tek bir fay hattı olmaktan ziyade, çoğu kesimlerinde dallanarak birçok kollara ayrılmış fay zonu görünümü sergilemektedir (Turan, 1993).

Doğu Anadolu Fay kuşağında yapılan çalışmalar (Arpat ve Şaroğlu 1972 ve 1975; Seymen ve Aydın, 1972; Yalçın, 1979; Ercan, 1979) faylanmanın yaşının Miyosen sonrası; toplam atımın da en fazla 27 km kadar olabileceğini göstermiştir (Tatar, 1987).

Hazarbaba Fayı ile Kırmızı Tepe Fayı inceleme alanında görülen diğer faylardır. Hazarbaba Fayı, Hazarbaba Tepe (2289 m)'nin kuzey yamacından ve zirveye yakın bir yerden geçen normal bir faydır (Şekil 5). Fayın göreceli olarak KB bloğu düşmüş, GD bloğu ise yükselmiştir. Arazide faylanmadan etkilenen en genç birim Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'dır. Daha önceki çalışmalara bağlı olarak fayın oluşum yaşı Üst Miyosen sonrasıdır.

Gürocak (1993) yaptığı arazi gözlemleri sırasında Kırmızı Tepe Fayı'nın Kırmızı Tepe kuzeyinde Simaki Formasyonu ile Maden Karmaşığı'nı karşı karşıya getirdiğini ve bu durumun fayın eğik atımlı bir fay olduğuna kanıt sayılabileceğini söyler. Fayın KB bloğu düşmüş, GD bloğu yükselmiştir. Fay, Hazarbaba Fayı ile aynı yaşıdır (Şekil 5).

6. HİDROJEOLJİ

6.1. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar

İnceleme yapılan sahalarda su taşıyan formasyonlar Keban Metamorfitleri, Elazığ Magmatitleri, Seske Formasyonu, Kırkgeçit Formasyonu, Pliyosen çakıllarları, silt ve kumtaşılarıdır.

Keban Metamorfitleri'ne ait kristalize kireçtaşlarının birincil gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Ancak metamorfizmadan sonra ve bölgede meydana gelen tektonizmaya bağlı olarak çatlaklı, kırıklı bir yapı kazanmışlardır. Bu çatlaklı ve kırıklı yapı karstlaşmayı daha da geliştirmiştir. Bu nedenle bu kayalarda geçirimsizlik ve ikincil porozite oldukça yüksek olup, su depolayabilmektedirler.

Elazığ Magmatitlerine ait magmatik ve volkanik kayaların birincil gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Ancak bu kayalarda gelişen alterasyon, çatlak ve kırık sistemleri ikincil gözeneklilik ve geçirimsizlik oluşturmuşlardır. Bu nedenle bu kayalar da

yeraltısuunu depolayabilmektedirler. Elazığ Magmatitleri kendisinden daha yaşlı Keban Metamorfitleri ile dokanaklarında bol miktarda su taşımaktadırlar.

Seske Formasyonu'na ait kireçtaşları, çatlaklı, kırıklı, erime boşluklu ve faylı bir yapıda olmaları nedeniyle bol miktarda su depolayabilmektedirler (Çetindağ, 1989).

Kırkgeçit Formasyonunun tavan birimini oluşturan kireçtaşları çatlaklı ve erime boşluklu olmaları nedeniyle su depolamaktadırlar. Çetindağ (1989)'ın Ören Çayı Havzası'nda yaptığı çalışmada formasyonun kumlu ve az killi kireçtaşı, kumtaşı, marn şeklinde ardalı olarak devam ettiğini ve aradaki killi ve marnlı seviyelerin geçirimsiz olup su veremediğini belirtmektedir. Diğer seviyelerde ise yeraltı suyunun hareketinin daha çok tabaka duruşları ile ilgili olduğunu vurgulamaktadır.

Pliyosen çakıltaşlarını oluşturan elemanlar kumlu ve zayıf bir çimento ile kısmen de serbest halde bulunmaları nedeni ile gözeneklilik ve geçirimsizlikleri oldukça yüksektir. Bu nedenle iyi bir akifer özelliğinde olup, su depolamaktadırlar.

Pliyosen göl çökellerinin silt, ince kum ve çakıllı seviyelerinde serbest akifer oluşmuştur. Derinlere doğru gidildikçe çakılların tane çapı küçülmekte, yer yer killi ve marnlı seviyelere geçiş yapmaktadır. Bu litoloji ile yanıl geçişli olan göl kireçtaşları erime boşluklu ve çatlaklı olmaları nedeniyle bol su depolayabilmektedirler (Çetindağ, 1989). Uluova'da yeraltı suyu bakımından önemli formasyonlar, Pliyo-Kuvaterner'in kum ve çakıllarıdır. Uluova'da Pliyo-Kuvaterner kum ve çakılları ova kenarlarından başlar, ortalara doğru killi kum ve killi çakıl halinde devam eder. Yeraltı suyu bakımından zengin olan ince kil, kamalı kum ve çakıllar ova çevresinde yüzeyden başlamakta ve ova ortalarında kalın bir kil seviyesiyle örtülmektedirler (Doğru ve diğ. 1970).

6.2. Su Kimyası

6.2.1. Kaynak sularında bulunan başlıca maddeler

Haroğlu Kaynağı ve Karaçalı Kaynakları bu çalışmada incelenmiş kaynaklardır. Karaçalı Kaynakları Sivrice (Elazığ) ilçesine bağlı Karaçalı Köyü'nün GD'sunda ve 2 km uzağında 1730 ile 1790 m kotlarında boşalım yapmaktadırlar (Şekil 5). Kaynaklar bölgede volkanik arakatlı çamurtaşları ile temsil olunan Maden Karmaşığı ile Elazığ Magmatitleri'nin kantağından çıkmaktadırlar. Kaynak alanı çoğu yerde Karaçalı Suları diye biliniyorsa da, köy halkı kaynaklara Başpınar, Çömer Kaynağı gibi çeşitli isimler vermişlerdir.

Karaçalı Kaynakları'ndan Mayıs, Temmuz ve Eylül-1996 tarihlerinde numuneler alınmış ve kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 2, 3, 4). Bu numunelerden K₁ nolu numune Başpınar'dan, K₂ nolu numune Çömer Kaynağı'ndan, K₃ nolu numune ise bu

kaynak sularının biraraya toplandığı Őehir deposu yakınından alınmıştır. K₃ nolu numune Temmuz - 1996 ve Eylöl-1996 tarihlerinde depo yakınındaki su kuruduğundan dolayı alınamamıştır.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre kaynak sularının toplam mineralizasyonları oldukça dőřük değerlerdedir. Mayıs -1996 tarihinde K₁ nolu Karaçalı Kaynağı'nın toplam mineralizasyonu 1.852 mek/l, K₂ nolu numunenin 1,614 mek/l, K₃ nolu numunenin ise 2,263 mek/l'dir. K₃ nolu numune kaynakların biraraya toplandıkları nokta yakınından alındığından toplam mineralizasyonu diğer ikisine oranla daha yőksek bir değerde çıkmıştır. Kaynakların toplam mineralizasyonları yeraltı su seviyesinin yőksek olduğu ilkbahar döneminde dőřőkken, su seviyesinin dőřők olduğu sonbahar döneminde daha yőksektir.



Çizelge 2. Kuyu ve Kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları (Mayıs - 1996).

Numune Adı	KATYONLAR										ANYONLAR							
	Ca ⁺² +Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺		TOPLAM	Cl ⁻		SO ₄ ⁻²		HCO ₃ ⁻		TOPLAM				
	mek l	%	mek l	%	mek l	%		mek l	%	mek l	%	mek l	%					
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	0.850	91.79	0.074	7.99	0.002	0.22	0.926	0.100	10.80	0.026	2.81	0.800	86.39	0.926				
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	0.750	93.29	0.051	6.34	0.003	0.37	0.804	0.060	7.41	0.010	1.23	0.740	91.36	0.810				
K ₃ nolu Karaçalı Kaynağı	1.200	91.19	0.104	7.90	0.012	0.91	1.316	0.190	14.44	0.026	1.98	1.100	83.58	1.316				
S ₁ nolu kuyu	3.100	86.86	0.457	12.80	0.012	0.34	3.569	0.080	2.24	0.089	2.49	3.400	95.27	3.569				
S ₂ nolu kuyu	5.050	84.96	0.883	14.86	0.011	0.18	5.944	0.460	7.74	0.834	14.03	4.650	78.23	5.944				
S ₃ nolu kuyu	3.600	88.38	0.465	11.42	0.008	0.20	4.073	0.080	1.97	0.293	7.19	3.700	90.84	4.073				
N ₁ nolu kuyu	1.600	70.86	0.657	29.10	0.001	0.04	2.258	0.100	4.43	0.058	2.57	2.100	93.00	2.258				
N ₂ nolu kuyu	7.200	87.55	0.987	12.00	0.037	0.45	8.224	2.200	26.75	1.024	12.45	5.000	60.80	8.224				
N ₃ nolu kuyu	8.800	92.73	0.674	7.10	0.016	0.17	9.490	2.410	25.40	2.180	22.97	4.900	51.63	9.490				
N ₄ nolu kuyu	5.050	93.54	0.306	5.67	0.043	0.79	5.399	0.209	3.87	0.390	7.22	4.800	88.91	5.399				
Haroğlu Kaynağı	2.800	96.42	0.096	3.31	0.008	0.27	2.904	0.200	6.89	0.204	7.02	2.500	86.09	2.904				
M ₁ nolu kuyu	5.400	91.14	0.513	8.66	0.012	0.20	5.925	0.860	14.52	0.665	11.22	4.400	74.26	5.925				

Çizelge 2'nin devamı

Numune Adı	Sıcaklık (°C)	pH	Elektriksel İletkenlik (µmho/cm.)	Organik Madde (mg O ₂ /l)	Bor (ppm)	Amonyak (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	SAR	Sertlik d° h Fr	Suyun Sınıfı
K1 nolu Karaçalı Kaynağı	9.1	7.30	50	0.80	-	0.024	3.99	0.006	0.11	4.25	C1S1
K2 nolu Karaçalı Kaynağı	8.0	7.23	50	0.96	-	-	1.55	0.002	0.08	3.75	C1S1
K3 nolu Karaçalı Kaynağı	10.5	7.12	80	0.96	0.20	-	3.99	0.006	0.13	6.00	C1S1
S1 nolu kuyu	18.6	6.86	260	0.96	0.35	-	3.99	0.006	0.37	15.50	C2S1
S2 nolu kuyu	17.0	6.76	380	0.48	0.15	0.060	11.07	0.006	0.55	25.25	C2S1
S3 nolu kuyu	19.7	7.11	300	1.28	-	0.060	6.64	0.006	0.35	18.00	C2S1
N1 nolu kuyu	20.2	7.29	180	0.96	-	-	7.53	0.006	0.73	8.00	C1S1
N2 nolu kuyu	16.6	6.69	780	0.80	-	0.079	35.44	0.006	0.52	86.00	C3S1
N3 nolu kuyu	16.6	6.83	790	1.28	0.05	0.079	35.44	0.006	0.32	44.00	C3S1
N4 nolu kuyu	16.4	6.81	430	0.96	-	-	3.99	0.003	0.19	25.25	C2S1
Haroğlu Kaynağı	13.6	7.13	230	1.28	0.05	-	11.07	0.003	0.08	14.00	C2S1
M1 nolu kuyu	16.0	6.80	510	0.80	-	-	3.54	0.003	0.31	27.00	C2S1

Çizelge 3. Kuyu ve kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları (Temmuz - 1996).

Numune Adı	KATYONLAR										ANYONLAR														
	Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺		TOPLAM		Cl ⁻		SO ₄ ⁻²		HCO ₃ ⁻		TOPLAM								
	mg l	%r	mg l	%r	mg l	%r	mg l	%r	mg l	%r	mg l	%r	mg l	%r	mg l	%r	mg l	%r							
	mek l		mek l		mek l		mek l		mek l		mek l		mek l		mek l		mek l								
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	2.000	0.100	10.87	8.510	0.710	77.17	2.50	0.109	11.85	0.039	0.001	0.11	13.05	0.920	4.26	0.12	13.03	0.048	0.001	0.11	48.8	0.8	86.86	53.11	0.921
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	2.000	0.100	13.33	7.290	0.610	81.13	0.81	0.040	5.33	0.070	0.002	0.21	10.17	0.750	2.84	0.08	10.24	0.048	0.001	0.13	42.7	0.7	89.63	45.59	0.781
S ₁ nolu kuyu	26.00	1.300	33.16	25.54	2.130	54.34	11.0	0.480	12.24	0.570	0.010	0.26	63.11	3.920	9.23	0.26	6.72	15.00	0.310	8.01	201.3	3.3	85.27	225.53	3.870
S ₂ nolu kuyu	40.00	2.000	34.24	35.26	2.940	50.34	20.7	0.900	15.41	0.370	0.001	0.01	96.33	5.840	15.62	0.44	7.65	34.00	0.710	12.35	280.6	4.6	80.00	330.22	5.750
S ₃ nolu kuyu	40.00	2.000	50.12	18.24	1.520	38.09	10.9	0.470	11.77	0.360	0.001	0.02	69.50	3.990	5.68	0.16	4.01	16.00	0.330	8.27	213.5	3.5	87.72	235.18	3.990
N ₁ nolu kuyu	28.00	1.400	60.35	2.430	0.200	8.620	16.5	0.720	31.04	0.080	0.002	0.09	47.01	2.320	4.26	0.12	5.48	8.000	0.170	7.76	115.9	1.9	86.76	128.16	2.190
N ₂ nolu kuyu	96.00	4.800	61.62	21.89	1.820	23.36	26.0	1.130	14.51	1.470	0.040	0.51	45.36	7.790	56.09	1.58	20.21	50.00	1.040	13.29	317.2	5.2	66.50	423.29	7.820
N ₃ nolu kuyu	112.0	5.600	75.57	13.38	1.120	15.11	15.7	0.680	9.18	0.500	0.010	0.14	41.58	7.410	61.77	1.74	23.64	68.00	1.420	19.29	256.2	4.2	57.07	385.97	7.360
N ₄ nolu kuyu	74.00	3.700	80.96	6.080	0.510	11.16	7.39	0.320	7.00	1.690	0.040	0.88	89.16	4.570	15.62	0.44	8.56	5.000	0.100	1.95	280.6	4.6	89.49	301.22	5.140
Haroğlu Kaynağı	52.00	2.600	87.25	3.650	0.300	10.07	1.70	0.070	2.35	0.530	0.010	0.33	57.88	2.980	15.62	0.44	14.47	0.048	0.001	0.03	158.6	2.6	85.50	174.27	3.041
M ₁ nolu kuyu	54.00	2.700	47.12	29.18	2.430	42.41	13.7	0.590	10.29	0.520	0.010	0.18	97.40	5.730	20.59	0.58	10.26	37.00	0.770	13.63	262.3	4.3	76.11	319.89	5.650

Çizelge 3'ün devamı

Numune Adı	Sıcaklık (°C)	pH	Elektriksel İletkenlik (µmho/cm.)	SAR	Sertlik d° h Fr	ΣAnyon+Kasyon (mg/l)	Suyun Sınıfı
K1 nolu Karaçalı Kaynağı	8.2	8.67	40	0.17	4.05	66.16	C1S1
K2 nolu Karaçalı Kaynağı	7.7	7.30	40	0.07	3.55	55.76	C1S1
S1 nolu kuyu	18.2	7.83	270	0.37	17.15	288.64	C2S1
S2 nolu kuyu	16.8	7.52	460	0.57	24.70	426.55	C2S1
S3 nolu kuyu	18.0	7.83	310	0.35	17.60	304.68	C2S1
N1 nolu kuyu	19.5	8.00	180	0.81	8.00	175.17	C1S1
N2 nolu kuyu	16.7	7.26	710	0.62	33.10	568.65	C2S1
N3 nolu kuyu	17.5	7.06	750	0.37	33.60	527.55	C3S1
N4 nolu kuyu	17.2	7.27	390	0.22	21.05	390.38	C2S1
Haroğlu Kaynağı	14.0	7.52	200	0.06	14.50	232.15	C1S1
M1 nolu kuyu	17.1	7.42	450	0.37	25.65	417.29	C2S1

Çizelge 4. Kuyu ve Kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları (Eylül - 1996).

Numune Adı	KATYONLAR										ANYONLAR																
	Ca ⁺²			Mg ⁺²			Na ⁺			K ⁺			TOPLAM			Cl ⁻			SO ₄ ⁻²			HCO ₃ ⁻			TOPLAM		
	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r	mg/l	mek l	%r
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	14.8	0.74	35.83	14.28	1.19	57.63	3.0	0.13	6.30	0.2	0.005	0.24	32.28	2.065	2.13	0.06	7.30	3.00	0.063	7.65	42.7	0.7	85.05	47.83	0.823		
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	18.2	0.91	49.86	9.36	0.78	42.74	3.0	0.13	7.12	0.2	0.005	0.28	30.76	1.825	2.84	0.08	10.48	4.00	0.083	10.88	36.6	0.6	78.64	43.44	0.763		
S ₁ nolu kuyu	46.6	2.33	45.42	30.60	2.55	49.71	5.2	0.23	4.48	0.9	0.020	0.39	83.30	5.130	6.39	0.18	5.13	16.00	0.330	9.40	183.0	3.0	85.47	205.39	3.510		
S ₂ nolu kuyu	63.4	3.17	55.81	26.16	2.18	38.38	6.9	0.30	5.28	1.2	0.030	0.53	97.66	5.680	14.20	0.40	7.03	28.50	0.590	10.37	286.7	4.7	82.60	329.40	5.690		
S ₃ nolu kuyu	53.2	2.66	66.40	13.92	1.16	28.96	3.7	0.16	3.99	1.0	0.026	0.65	71.82	4.006	4.26	0.12	3.19	21.00	0.440	11.70	195.2	3.2	85.11	220.46	3.760		
N ₁ nolu kuyu	27.8	1.39	69.05	5.04	0.42	20.86	4.2	0.18	8.94	0.9	0.023	1.15	37.94	2.013	4.26	0.12	5.91	10.00	0.210	10.35	103.7	1.7	83.74	117.96	2.030		
N ₃ nolu kuyu	118.4	5.92	68.44	29.16	2.43	28.09	6.2	0.27	3.12	1.3	0.030	0.35	155.06	8.650	63.90	1.80	27.15	64.00	1.330	20.06	213.5	3.5	52.79	341.40	6.630		
N ₄ nolu kuyu	48.8	2.44	44.04	34.80	2.90	52.35	3.8	0.17	3.07	1.1	0.030	0.54	88.50	5.540	7.10	0.20	4.34	10.00	0.210	4.56	236.2	4.2	91.10	273.30	4.610		
Haroğlu Kaynağı	52.8	2.64	77.88	7.20	0.60	17.69	2.8	0.12	3.54	1.3	0.030	0.89	64.10	3.390	2.84	0.08	3.29	12.00	0.250	10.29	128.1	2.1	86.42	142.94	2.430		
N ₁ nolu kuyu	47.0	2.35	41.05	38.76	3.23	56.42	2.9	0.13	2.27	0.6	0.015	0.26	89.26	5.725	22.72	0.64	12.85	21.00	0.440	8.84	237.9	3.9	78.31	281.62	40.980		

Çizelge 4'ün devamı

Numune Adı	Sıcaklık (°C)	pH	Elektriksel İletkenlik (µmho/cm.)	Organik Madde (mg O ₂ /l)	Bor (mg/l)	Amonyak (mg/l)	SAR	Sertlik d° h Fr	ΣAnyon+Kasyon (mg/l)	Suyun Sınıfı
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	11.6	8.07	50	1.9	-	0.055	0.13	9.65	80.10	C ₁ S ₁
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	8.8	8.35	50	1.9	0.1	0.010	0.14	8.45	74.20	C ₁ S ₁
S ₁ nolu kuyu	17.9	7.41	280	1.5	-	0.065	0.15	24.40	288.69	C ₂ S ₁
S ₂ nolu kuyu	16.3	7.80	560	1.3	-	0.100	0.11	26.75	427.06	C ₂ S ₁
S ₃ nolu kuyu	18.0	7.80	370	1.0	-	0.120	0.12	19.10	292.28	C ₂ S ₁
N ₁ nolu kuyu	27.8	7.88	180	0.9	0.1	0.500	0.19	9.05	155.90	C ₁ S ₁
N ₃ nolu kuyu	18.2	7.27	800	1.9	-	0.475	0.13	41.75	496.46	C ₃ S ₁
N ₄ nolu kuyu	16.9	7.76	420	1.6	-	0.175	0.10	26.70	361.80	C ₂ S ₁
Haroğlu Kaynağı	17.8	7.95	220	1.9	-	0.010	0.09	16.20	207.04	C ₁ S ₁
M ₁ nolu kuyu	15.8	7.68	540	1.8	-	0.600	0.08	27.90	370.88	C ₂ S ₁

Kaynak alanları ve beslenme bölgelerinden alınan kayaç numunelerinin ince kesitleri yapıp mikroskopta incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda kayaçların klinopiroksenli gabro, diyorit, diyabaz ve bazalt türü kayaçlar, ayrıca mikritik kireçtaşları olduğu görülmüştür.

Kaynak alanı ve çevresinden alınan kayaç numunelerinin yapılan ince kesit tanımlanmalarından şu sonuçlar elde edilmiştir:

Subhedral granüler dokulu A-5 nolu örnek, esas olarak plajiyoklas ve klinopiroksen minerallerinden oluşmuştur. Plajiyoklaslar genellikle iri taneli olmakla birlikte yer yer klinopiroksenler içerisinde kapantılar halinde de bulunmaktadır. Piroksenlerin ölçülen 38°'lik sönme açısına göre türünün ojit olduğu saptanmıştır. Çoğunlukla alterasyon sonucu tremolit-aktinolit türü amfibollere dönüşmüştür. Kayaç "klinopiroksenli gabro" olarak adlandırılmıştır.

B-7 nolu örnek kuvars, plajiyoklas ve amfibol minerallerinden oluşmaktadır. Tali bileşen olarak bol miktarda opak mineral ve sfen mevcuttur. Mineraller genellikle özşekilsiz kristaller halinde olmakla birlikte prizmatik plajiyoklas ve amfibol mineralleri yer yer özşekilli kristaller oluşturur. Kırık ve çatlaklar boyunca yer yer ikincil epidot oluşumlarına rastlanmaktadır. Opak minerallerin bir kısmı olasılıkla biyotitlerin tamamen oksitlenmesi sonucu oluşmuştur. Kloritler ise kısmen amfibollerin kısmen de biyotitin alterasyonu sonucu oluşmuştur. Amfiboller yeşil hornblend türündedir. Kayacın mineralojik bileşimi dikkate alınarak "kuvars diyorit" olduğu belirlenmiştir.

B-4 nolu örnek, esas olarak plajiyoklas ve piroksen minerallerinden oluşmaktadır. Piroksenlerde kloritleşme-uralitleşme görülmektedir. Kırıklar boyunca ikincil epidot oluşumlarına rastlanmıştır. Opak mineral bol miktardadır. Doku, intersertal-mikrogranüler olup kayaç "diyabaz"dır.

Vitroporfirik ve veziküler doku gösteren B-2 nolu örnek plajiyoklas minerallerinden oluşmaktadır ve plajiyoklaslar fenokristaller halinde özşekilli veya yarı özşekilli, oldukça altere olmuş, serizitleşme ve epidotlaşma görülmektedir. Kuvars, çatlak dolgusu şeklinde ve bazen de gaz boşluklarını doldurmuş şekilde ikincil olarak izlenmektedir. Gaz boşlukları içinde ayrıca epidot ve klorit mineralleri görülmektedir. Plajiyoklaslardaki alterasyondan dolayı sönme açısı ölçülememiştir. Bundan dolayı kayaç "andezit" veya "bazalt"tır.

Tamamen plajiyoklas minerallerinden oluşmuş olan B-3 nolu örnek bol miktarda opak mineral ve çatlaklar boyunca kalsit dolgular içermektedir. Opak minerallerin bir kısmının, mafik minerallerin tamamen altere olması ile oluştuğu düşünülmektedir. Çatlaklardaki kalsitlerle birlikte yer yer kuvars taneleri de görülmektedir. Kayacın "bazalt" olduğu sonucuna varılmıştır.

A-8 nolu örnek oldukça bol çatlaklı olup, bu çatlaklar ikincil kalsit ile doldurulmuş ve bölgedeki tektonizmaya bağlı olarak ileri derecede deformasyona uğramıştır. Kayaç "mikritik kireçtaşı" olarak adlandırılmıştır.

Çalışma içinde incelenen diğer bir kaynak ise Haroğlu Kaynağı'dır. Haroğlu Kaynağı ise Baskil (Elazığ) ilçesinin Haroğlu Köyü batısında bulunmaktadır. Kaynak, Seske Kireçtaşları içerisinde KB-GD doğrultusundaki bir fay hattı içerisinde sayısız noktadan çıkıp birikinti konisi içine boşalmaktadır.

6.2.1.1. Katyonlar

Kalsiyum (Ca^{+2}): Karaçalı Kaynakları'nda bu iyon Temmuz - 1996 analiz sonuçlarına göre % 10.87 ile % 13.33 mek/l arasında; Eylül-1996 tahlillerine göre % 35.83 - % 49.86 mek/l arasındadır. Bu iyon amfibol, piroksen ve plajiyoklas gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan kalsiyumun çözünmesi ile yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır. Ayrıca, mikritik kireçtaşları da kalsiyumun kökenini oluşturabilir. Bölgede yüzeyleyen Elazığ Magmatitleri'nde yapılan kayaç analizlerinde (Bingöl ve Beyarslan, 1996) CaO miktarı Gabro grubu kayaçlarda % 6.55 - % 15,94; Diyoritlerde ise % 7.48- %14.59 arasındadır (Çizelge 5). Kaynak suyu analiz sonuçlarına göre ise sulardaki kalsiyum iyonunun miktarı 2.00 ile 18.2 mg/l arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi kayaç analiz neticeleri, suyun kimyasal analiz neticelerini destekler niteliktedir.

Haroğlu Kaynağı'nda kalsiyum iyonu Temmuz - 1996 tahlillerine göre % 85.25 mek/l, Eylül - 1996 tahlillerinde ise % 77.88 mek/l gibi yüksek yüzde değerlerine sahiptir. Kaynaktaki kalsiyum iyonu bölgede geniş alanlar kaplayan kireçtaşlarının karbondioksitli sularla çözündürülmesiyle suya geçmiş olmalıdır.

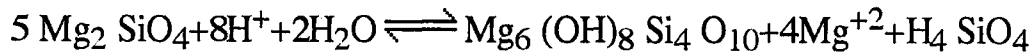
Mağnezyum (Mg^{+2}): Yeraltı sularında, mağnezyumun kaynağı dolomit, evaporit, magmatik kayaç minerallerini (olivin, biyotit, hornblend, ojit) ve metamorfik kayaçlarda bulunan (serpantin, talk, diyopsit, tremolit) minerallerdir (Şahinci, 1991).

Çizelge 5. Elazığ Magmatitlerine ait derinlik kayaçlarının toplam kayaç ve iz element analizleri (Bingöl ve Beyarslan, 1996).

	GABRO GRUBU						DİYORİT GRUBU			
	BS1	FS2	BS4	F13	Ç114		VP1	F100	F122	VP2
SiO ₂	42.49	45.72	48.47	51.09	51.81		52.17	53.51	53.29	53.32
TiO ₂	0.07	0.58	0.44	1.24	1.33		0.56	0.59	0.71	0.48
Al ₂ O ₃	19.45	15.97	14.37	16.07	15.04		11.19	15.44	18.08	10.97
Fe ₂ O ₃	8.29	11.27	9.13	10.28	10.92		6.76	9.09	9.16	7.21
MnO	0.12	0.18	0.34	0.18	0.19		0.13	0.18	0.16	0.12
MgO	15.29	7.42	11.48	7.13	6.68		10.78	7.83	4.53	12.47
CaO	10.43	15.94	12.99	9.91	6.55		14.59	9.54	7.48	10.19
Na ₂ O	0.62	1.57	0.92	3.18	5.41		2.06	2.37	3.23	2.21
K ₂ O	0.11	0.19	0.08	0.21	0.05		0.59	0.24	1.88	0.78
P ₂ O ₅	0.01	0.05	0.04	0.12	0.17		0.05	0.06	0.09	0.05
LOI	2.98	0.71	1.51	1.25	2.28		1.47	1.16	1.37	1.85

Karaçalı Kaynakları'nda bu iyonun % miliekivalen değeri Temmuz - 1996 tahlil sonuçlarına göre % 77.17 - % 81.13 arasında; Eylül - 1996 tahlil sonuçlarına göre ise % 42.74 - % 57.63 arasında değişmektedir. Kaynak sularındaki magnezyum iyonunun kökeni gabro ve diyoritlerdeki olivin, piroksen, ojit gibi magnezyumlu minerallerin altere olması ile açıklanabilir.

Haroğlu Kaynağı'nda magnezyum iyonunun % miliekivalen değeri % 10.07 ile % 17.69 arasındadır. Kaynak suyunda magnezyum iyonunun kökeni Elazığ Magmatitleri'nde bulunan olivin ve piroksenlerin serpantinleşmesi ile açıklanabilir. Olivinin serpantinleşmesi şu kimyasal tepkimeyle gerçekleşir:



Kaynak sularındaki magnezyum miktarı 3.65 - 7.20 mg/l arasındadır. Bölgede yüzeylenen Elazığ Magmatitleri'nde yapılan kayaç analizlerinde (Akgül, 1991) MgO değeri % 0.46 - % 9.95 arasındadır (Çizelge 6). Bu değerlerin az çok birbirine yakın olması magnezyum iyonunun Elazığ Magmatitleri'ne ait granitoyidik kayaçlardan kaynaklandığını destekler niteliktedir.

Çizelge 6. Elazığ Magmatitlerine ait granitoyidik kayaçların ana oksit, iz element ve normatif bileşim değerleri (20=Diyorit, 40-Gabro,60-Diyorit, 91-Granatlı diyorit, 15-Granodiyorit, 24-Granodiyorit, 47-Granit, 59-Granit) (Akgül, 1991)•

	DİYORİTİK TOPLULUK				GRANİTİK TOPLULUK			
	20	40	60	91	15	24	47	59
SiO ₂	42.50	45.40	46.30	51.00	69.00	77.00	74.00	73.20
TiO ₂	0.55	0.50	0.70	0.46	0.35	0.25	1.45	0.20
Al ₂ O ₃	15.00	19.30	14.55	19.10	16.00	14.75	14.50	15.80
Fe ₂ O ₃	1.55	1.60	2.07	1.67	0.99	0.41	0.33	0.59
FeO	7.79	7.93	10.30	5.53	1.63	0.69	0.52	0.96
MnO	0.02	0.19	0.23	0.02	0.65	0.03	0.03	0.05
MgO	9.95	7.75	7.62	0.99	1.19	1.12	0.36	0.46
CaO	14.85	12.50	12.47	10.75	3.45	3.11	1.12	1.50
Na ₂ O	0.81	1.41	1.75	3.71	3.30	2.26	3.84	2.97
K ₂ O	0.60	0.50	0.60	0.55	1.85	1.25	4.85	4.40
P ₂ O ₅	0.19	0.10	0.14	0.37	0.13	0.10	0.05	0.07

Sodyum (Na⁺): Temmuz - 1996 tahlillerine göre bu iyonun Karaçalı Kaynakları'ndaki miliekivalen olarak yüzde miktarı % 5.33 - % 11.85 arasında; Haroğlu Kaynağı'ndaki değeri ise % 2.35'tir. Eylül - 1996 tahlillerinde Karaçalı Kaynakları'nda % 6.30 - % 7.12 mek/l sodyum iyonu bulunurken, Haroğlu Kaynağı'ndaki sodyum iyonu % 3.54 mek/l değerindedir.

Sodyum en fazla deniz suyunda bulunur. Yeraltı sularına en çok, plajiyoklasların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışır. Magmatik ve metamorfik kayaçlar içinden çıkan bazı kaynaklarda 1-20 mg/l sodyum bulunur (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

Karaçalı Kaynakları'ndaki sodyum miktarı 0.81 - 3 mg/l arasındadır. Elazığ Magmatitleri'nin Gabro ve Diyorit grubu kayaç analizlerinde (Çizelge 5) Na₂O miktarı % 0.62 ile % 5.41 arasında değişmektedir. Bu nedenle Karaçalı Kaynakları'ndaki sodyum iyonu Elazığ Magmatitleri'nin gabro ve diyorit grubu kayaçlarındaki sodyumlu feldspatların altere olması sonucu yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır.

Haroğlu Kaynağı'nda ise sodyum iyonu Elazığ Magmatitleri'nin granodiyoritik kayaçlarındaki sodyumlu feldspatların altere olması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu sulara geçmiş olmalıdır.

Potasyum (K⁺): Potasyum, hem Karaçalı Kaynakları'nda hem de Haroğlu Kaynağı'nda katyonlar arasında en düşük değerde bulunan iyondur. Potasyum iyonu potasyumlu feldspatların altere olması ile yeraltı suyuna karışmış olmalıdır.

Potasyumlu feldspatlar kimyasal bozunmaya karşı, sodyum ve kalsiyum feldspatlara oranla daha dayanıklıdır (Şahinci, 1991). Bu nedenle de sodyum iyonu, potasyum iyonuna göre sular içinde daha yüksek bir değerde bulunmaktadır. Bu durum Elazığ Magmatitlerine ait kayaçların kimyasal analizleriyle de paralellik göstermektedir (Çizelge 5 ve Çizelge 6). Özellikle diyoritik bileşimdeki kayaçların Na₂O oranı yüksek, K₂O oranı ise düşüktür, yani diyoritler çok düşük potasyum değerlerine sahiptirler.

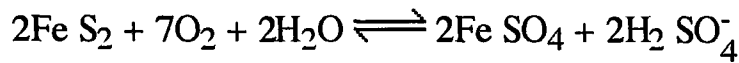
6.2.1.2. Anyonlar

Klorür (Cl⁻): Klorür iyonunun, Temmuz - 1996 tahlillerine göre Karaçalı Kaynakları'ndaki miliekivalen değeri % 10.24 - % 13.03 arasında; Haroğlu Kaynağı'nda ise % 14.47'dir. Eylül - 1996 tahlillerine göre Karaçalı Kaynaklarında % 7.30 - % 10.48 mek/l klorür iyonu bulunurken, Haroğlu Kaynağı'ndaki klorür miktarı % 3.29'dur.

Klorür iyonu Karaçalı Kaynaklarına amfibol, mika, hornblend gibi minerallerdeki hidroksid iyonlarının yerini klorür iyonlarının alması, ayrıca yağmur suları ile geçmiş olmalıdır.

Haroğlu Kaynağı'nda ise bu iyon Pliyosen göl çökellerinde bulunan tuzlu seviyelerden ve yağmur sularından yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır (Çetindağ, 1989).

Sülfat (SO₄⁻²): Karaçalı Kaynakları'ndaki sülfat miktarı % 0.11 - % 10.88 mek/l arasında olup, pirit (FeS₂)'in oksidasyonu ile oluşan FeSO₄'tan ve yağmur sularından yeraltı sularına geçmiş olmalıdır. Pirit'in oksidasyonu aşağıdaki reaksiyona göre olur:



Haroğlu Kaynağı'ndaki sülfat miktarı % 0.03 - % 10.29 mek/l arasında olup suda bu iyonun kökeni Pliyosen göl çökelleri içerisinde bulunan jips (CaSO₄ . 2H₂O) ve anhidrid (CaSO₄)'tir (Çetindağ, 1989).

Bikarbonat (HCO₃⁻): Bikarbonat iyonu her iki kaynak suyunda da oldukça yüksek değerde bulunmaktadır. Karaçalı Kaynakları'nda % 78.64 ile % 89.63 mek/l arasında bulunurken Haroğlu Kaynağı'nda % 85.50 - % 86.42 mek/l arasındadır.

Bikarbonatın büyük bir kısmı karbonatlı kayaçların karbondioksitin etkisi ile çözünmesi sonucu yeraltı suyuna geçer. Yağmur suları, havadaki karbondioksitle, bu

gazın basıncıyla orantılı olarak doymun hale gelmiştir. Ayrıca bitki köklerinin solunumu sonucu karbondioksit açığa çıkar (Schoeller, 1962). Tüm bu nedenlerle karbondioksitce zenginleşen yeraltı suları kireçtaşlarını çok daha fazla aşındırma gücüne sahip olur. Karbondioksitin kireçtaşına etkisi aşağıdaki reaksiyona göre olur (Çetindağ, 1989):



Analizler neticesinde oldukça yüksek değerde çıkan bikarbonat kaynak sularına Seske Formasyonu'na ait kireçtaşları ile Maden Formasyonu'nun kireçtaşlı seviyelerinin karbondioksitli sularla çözündürülmesiyle geçmiş olmalıdır.

6.2.2. Kuyu sularında bulunan başlıca maddeler

Bu çalışma içinde incelediğimiz kuyu ve kaynak lokasyonları EK'de gösterilmiştir. Bu kuyulardan S₁, S₂, S₃, N₁, N₂, N₃, N₄ ve M₁ nolu kuyu sularının kimyasal analizleri Mayıs, Temmuz, Eylül - 1996 tarihlerinde yapılmıştır. K₄, S₄, İ₁, 616, 1733, 5681, S₆, S₁₁ ve S₁₄ nolu kuyuların kimyasal analizleri ise geçmiş yıllarda yapılan tahlil sonuçlarından derlenerek hazırlanmıştır.

6.2.2.1. Katyonlar

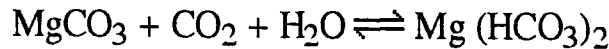
Kalsiyum (Ca²⁺): Bu iyon Temmuz - 1996 tahlillerine göre kuyu sularının toplam miliekivalen değerlerinin % 33.16 - % 80.96'sını, Eylül - 1996 tahlillerine göre ise % 41.05 - % 69.05'ini oluşturur.

Kalsiyum genel olarak kireçtaşlarının karbondioksitli sularla çözündürülmesi ve magmatik ve metamorfik kayaç mineralleri olan apatit, vollastonit, flüorit, amfibol ve piroksen grupları ile bazı feldspatların bozunumuyla yeraltı sularına geçer (Şahinci, 1991).

Alınan numunelerdeki kalsiyum iyonunun kökenini Kırkgeçit Formasyonu'na, Hazar-Maden Karmaşığı'na ait kireçtaşları ile Keban metamorfitlelerine ait kristalize kireçtaşları oluşturmaktadır. Ayrıca Elazığ Magmatitleri içerisindeki albit, anortit, piroksen ve amfibol gibi silikat mineralleri de bu katyonun kökenini oluşturabilir.

Mağnezyum (Mg²⁺): Temmuz - 1996 tahlillerine göre sulardaki mağnezyum iyonu % 8.62 ile % 54.34 mek/l arasında değişirken; Eylül - 1996 tahlillerine göre ise % 17.69 ile % 56.42 mek/l arasındadır.

Mağnezyum, yeraltı sularında kalsiyumdan sonra en fazla rastlanan katyondur. Bu, yeraltısuyuna çoğunlukla mağnezyumlu kalker, dolomit ve serpantinizasyon sonucu açığa çıkan mağnezyum karbonatın çözünmesiyle karışır. Suda erimiş karbondioksitin bulunması ile,



denklemine göre $Mg(HCO_3)_2$ 'a dönüşür. Bu olay magnezyumun çözünmesini hızlandırır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Asidik magma kökenli kayalarda magnezyum, mika ve bir kısım amfibollerde; bazik kayalarda olivin ve pinoksenlerde bulunur (Şahinci, 1991).

İnceleme yapılan kuyulardaki magnezyumun bir kısmı Elazığ Magmatitleri'ne ait kayalar içerisinde bulunan olivin, biyotit, hornblend, ojit gibi magnezyum bileşenli minerallerin alterasyonu sonucu bir kısmı da Keban kristalize kireçtaşları içerisindeki dolomitik seviyelerden yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır.

Sodyum (Na^+): Sodyum iyonu yapılan analizler neticesinde sulara Temmuz - 1996 döneminde % 2.35 - % 31.04 mek/l arasında, Eylül - 1996 döneminde ise % 2.27 - % 8.94 arasında değişen miliekivalen değerlerinde bulunmaktadır.

Sodyum iyonunun çoğunluğu magmatik kayalar içerisindeki sodyumlu feldspatların ve plajiyoklasların altere olması ile yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır. İnceleme yapılan bölge içinde ise sodyumun kaynağı olabilecek birimler Elazığ Magmatitleri ile Hazar-Maden Karmaşığında ait volkaniklerdir. Sodyum iyonu ayrıca kil minerallerinin baz değişimi sonucu da yeraltı suyuna geçmiş olabilir.

Potasyum (K^+): Yapılan analizler neticesinde katyonlar içinde en düşük yüzde değerine sahip bir iyon olan potasyum, Temmuz - 1996 döneminde kuyu sularında % 0.01 - % 0.88 mek/l arasında değişen değerlerdedir. Eylül - 1996 döneminde sulardaki potasyum iyonu % 0.26 ile % 1.15 mek/l arasında değişmektedir.

Sularda bulunan potasyum iyonu magmatik kayaların bünyesinde bulunan mika feldspat (ortoklaz, mikroklin ($KAl(Si_3O_8)$)) gibi minerallerin bozulması ile yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır. Ayrıca, kumtaşlarındaki potasyum feldspat, potasyum mika ve glokonit gibi potasyum mineralleri de yeraltı sularındaki potasyumun bir kaynağı olabilir.

6.2.2.2. Anyonlar

Klorür (Cl^-): Temmuz - 1996 tahlillerine göre klorür iyonunun miliekivalen yüzdesi kuyu sularında 4.01 - 23.64 arasında; Eylül - 1996 tahlillerine göre 3.19-27.15 mek/l arasında bulunmaktadır. Bu iyonun yeraltı sularındaki normal tenörü birkaç mg/l ile 30 mg/l arasında değişmektedir (Schoeller, 1962). 150 ppm.'den daha az klorür içeren sular her türlü kullanımda tercih edilirken, 500 ppm'den fazla olduğunda suyun tadı bozulur (Briggs ve Fiedler, 1975).

Yağış suları az çok klor ihtiva ederler. Zemin içine süzülen bu sular yolları bozunca geçtikleri kayaların içindeki klorür tuzlarını çözündürerek klorür bakımından zenginleşirler. Bilhassa klorür zenginleşmesi, buharlaşma ve terleme nedeniyle, su ihtiva

eden ana kayanın üst seviyelerinde fazladır. Yeraltına süzülen sular su tablasına erişinceye kadar klorür ve diğer tuzlarla daha da zenginleşirler (Şahinci, 1971).

Analizler neticesinde sulara bulunan klorür iyonu, Pliyosen göl çökellerinde bulunan tuzlu seviyelerden ve yağmur suyundan kaynaklanıyor olmalıdır.

Sülfat (SO_4^{2-}): Kaya sularındaki sülfat iyonunun miktarı Temmuz - 1996 döneminde % 0.03 ile % 19.29 arasında; Eylül - 1996 döneminde % 4.56 ile % 20.06 arasında değişmektedir.

Sulardaki sülfat iyonun kaynağı, Elazığ Magmatitleri'nden beslenen kuyularda Pirit (FeS_2)'in oksidasyonu ile oluşan demir (II) sülfat (FeSO_4), diğer kuyularda ise Pliyosen göl çökellerinde ve Kırkgeçit Formasyonu'nda bulunan jips ve anhidrit olmalıdır.

Bikarbonat (HCO_3^-): Kaynak sularında olduğu gibi kuyu sularında da oldukça yüksek değerlerde bulunan bikarbonat, karbonatlı kayaçların karbondioksitli sularla çözündürülmesiyle yeraltı sularına geçmiş olmalıdır. Numune aldığımız kuyu sularında bu anyon Kırkgeçit Formasyonu'na ait killi, kumlu kireçtaşları, Keban Metamorfitlelerine ait kristalize kireç taşları ile Hazar-Maden Karmaşığı'nın kireçtaşı seviyelerinden kaynaklanıyor olmalıdır.

6.2.3. Kimyasal analizlerin diyagramlarla gösterilmesi

Analiz sonuçlarına göre Schoeller, Piper, üçgen, dairesel ve sütun diyagramları çizilerek suların kimyasal özellikleri ve kimyasal bileşimlerinin litolojiyle ilişkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, çalışma alanları içerisinde, numune aldığımız kaynak ve kuyulara yakın noktalardaki kuyuların geçmiş yıllara ait kimyasal analiz sonuçları da (Çizelge 7) diyagramlarla değerlendirilmiş ve suların korelasyonu yapılmaya çalışılmıştır.

6.2.3.1. Schoeller diyagramı

Schoeller diyagramları, yatay eksen aritmetik, düşey eksen logaritmik kağıtlar üzerine çizilmiştir. Bu kağıtların aritmetik yatay eksenine sırasıyla Ca^{+2} , Mg^{+2} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Cl^- , SO_4^{2-} ve HCO_3^- iyonları yerleştirilip logaritmik düşey eksene ise her iyonun mek/l değerleri işaretlenerek noktalar birleştirilir. Analizleri yapılan kaynak ve kuyu sularının Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarına ait Schoeller Diyagramları çizilmiştir (Şekil: 6, 7, 8, 9, 10, 11). Çizilen diyagramlarda şu özellikler görülmektedir:

Kaynak ve kuyu sularında Temmuz - 1996 ve Eylül - 1996 dönemlerinde yapılan analiz sonuçlarına göre iyonların sıralanışı Çizelge 8, 9'da; anyon ve katyonların kendi aralarında sıralanışı ise Çizelge 10, 11'de verilmiştir.

Çizelge 7. İnceleme alanları içerisinde bulunan Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait kimyasal analiz sonuçları .

NUMUNE ADI	TARİH	KATYONLAR												ANYONLAR																
		Ca ²⁺			Mg ²⁺			Na ⁺			K ⁺			TOPLAM			Cl ⁻			SO ₄ ²⁻			CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻			TOPLAM				
		mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l	% r	mg/l	mek/l
Haroğlu Kaynağı Çetindağ (1989)	21.05.1987	12.56	5.63	72.55	23.71	1.98	25.51	3.07	0.13	1.68	0.86	0.02	0.26	40.20	7.76	35.68	1.01	13.03	4.18	0.09	1.16	40.590	6.65	85.81	44.576	7.75				
Haroğlu Kaynağı Çetindağ (1989)	27.07.1987	24.80	6.24	73.41	24.85	2.07	24.35	3.68	0.16	1.88	1.22	0.03	0.36	54.55	8.50	29.61	0.83	9.78	5.63	0.12	1.41	46.012	7.54	88.81	49.536	8.49				
Haroğlu Kaynağı Çetindağ (1989)	30.10.1987	46.13	7.31	66.09	41.72	3.48	31.47	4.96	0.22	1.99	1.91	0.05	0.45	194.72	11.06	20.62	0.58	5.24	7.93	0.17	1.54	629.34	10.32	93.22	657.89	11.07				
Haroğlu Kaynağı (DSİ)	27.11.1990	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ 3.40 mek l						%93.15						5.75	0.00	0.00	0.00	3.65	5.33	0.15	4.13	18.24	0.38	10.47	189.10	3.10	85.40	12.67	3.63	
K4 nolu kuyu Çetindağ (1989)	28.05.1987	82.60	4.13	58.74	30.80	2.56	36.42	7.30	0.31	4.41	1.20	0.03	0.43	121.90	7.03	30.60	0.86	12.36	22.50	0.50	7.18	341.00	5.60	80.46	394.10	6.96				
K4 nolu kuyu Çetindağ (1989)	23.10.1987	102.50	5.13	58.76	33.16	2.76	31.62	18.40	0.80	9.16	1.60	0.04	0.46	155.66	8.73	51.20	1.44	16.55	28.50	0.60	6.90	406.00	6.66	76.55	485.70	8.70				
S4 nolu kuyu Çetindağ (1989)	28.05.1987	76.50	3.82	51.00	39.60	3.30	44.06	8.20	0.35	4.67	0.90	0.02	0.27	125.20	7.49	36.40	1.03	13.96	19.60	0.41	5.56	362.00	5.94	80.48	418.00	7.38				
S4 nolu kuyu Çetindağ (1989)	23.10.1987	95.50	4.77	51.90	43.40	3.61	39.28	14.50	0.62	6.75	7.70	0.19	2.07	161.10	9.19	97.90	2.76	30.20	61.80	1.30	14.22	310.00	5.08	55.58	469.70	9.14				
I1 nolu kuyu Çetindağ (1989)	22.05.1987	76.70	3.84	32.16	93.12	7.76	64.99	6.40	0.28	2.35	2.18	0.06	0.50	178.40	11.94	122.1	3.44	28.88	20.36	0.42	3.53	490.80	8.05	67.59	633.26	11.91				
I1 nolu kuyu Çetindağ (1989)	14.10.1987	81.10	4.06	32.20	96.72	8.06	63.92	8.76	0.38	3.01	4.32	0.11	0.87	190.90	12.61	140.18	3.95	31.32	26.16	0.55	4.36	494.50	8.11	64.32	660.84	12.61				
616 nolu kuyu (DSİ)	11.1957	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ 7.57 mek l						%64.87						92.00	0.10	0.85	11.67	71.00	2.00	17.14	45.44	3.03	25.96	380.24	6.64	56.90	596.68	11.67		
616 nolu kuyu Çetindağ (1996)	12.10.1990	102.50	5.13	39.49	40.50	3.38	26.02	100.6	4.37	33.64	4.20	0.11	0.85	247.80	12.99	109.80	3.09	24.14	188.60	3.93	30.70	352.30	5.78	45.16	650.70	12.80				
1733 nolu kuyu (DSİ)	08.1962	12.00	0.60	9.68	42.00	3.50	56.45	46.92	2.04	32.90	2.34	0.05	0.97	103.26	6.20	21.30	0.60	9.77	56.64	1.18	19.22	248.60	4.36	71.01	326.54	6.14				
1733 nolu kuyu Çetindağ (1996)	12.10.1990	60.80	3.04	31.77	36.40	3.03	31.66	78.50	3.41	35.63	3.60	0.09	0.94	79.30	9.57	96.40	2.72	28.27	26.20	2.63	27.34	260.60	4.27	44.39	483.20	9.62				
5681 nolu kuyu (DSİ)	7.1964	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ 5.90 mek l						%83.10						26.68	0.04	0.56	7.10	52.54	1.48	20.85	91.20	1.90	26.76	226.92	3.72	52.39	370.66	7.10		
S6 nolu kuyu Çetindağ (1996)	27.09.1990	47.60	2.38	48.67	22.60	1.88	38.45	13.50	0.59	12.07	1.60	0.04	0.81	85.00	4.89	14.80	0.42	7.87	50.50	1.05	19.66	235.80	3.87	72.47	301.10	5.34				
S11 nolu kuyu Çetindağ (1996)	27.09.1990	26.80	1.34	25.19	36.50	3.04	57.14	20.60	0.90	16.92	1.50	0.04	0.75	85.40	5.32	30.60	0.86	16.99	55.80	1.16	22.93	185.40	3.04	60.08	271.80	5.06				
S14 nolu kuyu Çetindağ (1996)	27.09.1990	40.60	2.03	49.75	15.80	1.32	32.35	15.70	0.68	16.67	1.90	0.05	1.23	74.00	4.08	10.50	0.30	6.93	45.20	0.94	21.71	188.60	3.09	71.36	244.30	4.33				

Çizelge 7'nin devamı

Numune Adı	pH	Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{mho/cm.}$)	SAR	Sertlik $d^\circ \text{ h Fr}$	% Na ⁺	Suyun Sınıfı
Haroğlu Kaynağı, Çetindağ (1989)	7.20	290	0.07	38.05	1.68	C ₂ S1
Haroğlu Kaynağı, Çetindağ (1989)	7.40	345	0.08	41.55	1.88	C ₂ S1
Haroğlu Kaynağı, Çetindağ (1989)	7.80	485	0.09	53.95	1.99	C ₂ S1
Haroğlu Kaynağı, (DSİ)	7.44	429	0.19	17.00	6.85	C ₂ S1
K4* nolu kuyu, Çetindağ (1989)	7.60	600	0.09	33.45	4.41	C ₂ S1
K4 nolu kuyu, Çetindağ (1989)	7.70	680	0.40	39.45	9.16	C ₂ S1
S4 nolu kuyu, Çetindağ (1989)	7.80	690	0.19	35.60	4.67	C ₂ S1
S4 nolu kuyu, Çetindağ (1989)	8.10	740	0.30	41.90	6.75	C ₂ S1
İ1 nolu kuyu, Çetindağ (1989)	7.50	420	0.12	58.00	2.35	C ₂ S1
İ1 nolu kuyu, Çetindağ (1989)	7.70	460	0.16	60.60	3.01	C ₂ S1
616 nolu kuyu, (DSİ)	8.00	1150	2.00	38.00	34.28	C ₃ S1
616 nolu kuyu, Çetindağ (1996)	7.80	1340	2.12	42.55	33.64	C ₃ S1
I733 nolu kuyu, (DSİ)	8.20	580	1.42	20.50	32.90	C ₂ S1
I733 nolu kuyu, Çetindağ (1996)	8.10	980	1.96	30.35	35.63	C ₃ S1
5681 nolu kuyu, (DSİ)	7.50	710	0.67	29.50	16.34	C ₂ S1
S6 nolu kuyu, Çetindağ (1996)	6.90	590	0.40	21.30	12.07	C ₂ S1
S11 nolu kuyu, Çetindağ (1996)	7.00	380	0.61	21.90	16.92	C ₂ S1
S14 nolu kuyu, Çetindağ (1996)	6.80	502	0.53	16.75	16.67	C ₂ S1

* Bu çalışmada, K3 nolu numune adı geçtiğinden dolayı Çetindağ (1989)'ın çalışmasındaki K3 nolu kuyu suyu K4 olarak alınmıştır.

Çizelge 8. Temmuz - 1996 dönemindeki analiz sonuçlarına göre kuyu ve kaynak sularındaki iyonların sıralanışı

KAYNAK ADI	İYONLARIN SIRALANIŞI
1 Nolu Karaçalı Kaynağı	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Cl}^- > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2}$
2 Nolu Karaçalı Kaynağı	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Cl}^- > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2}$
Haroğlu Kaynağı (H ₁)	$r\text{Ca}^{+2} = r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^- > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2}$
KUYU NO	İYONLARIN SIRALANIŞI
S ₁	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
S ₂	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
S ₃	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
N ₁	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
N ₂	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Cl}^- > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2}$
N ₃	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$
N ₄	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Cl}^- > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2}$
M ₁	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Cl}^-$

Çizelge 9. Eylül - 1996 dönemindeki analiz sonuçlarına göre kuyu ve kaynak sularındaki iyonların sıralanışı.

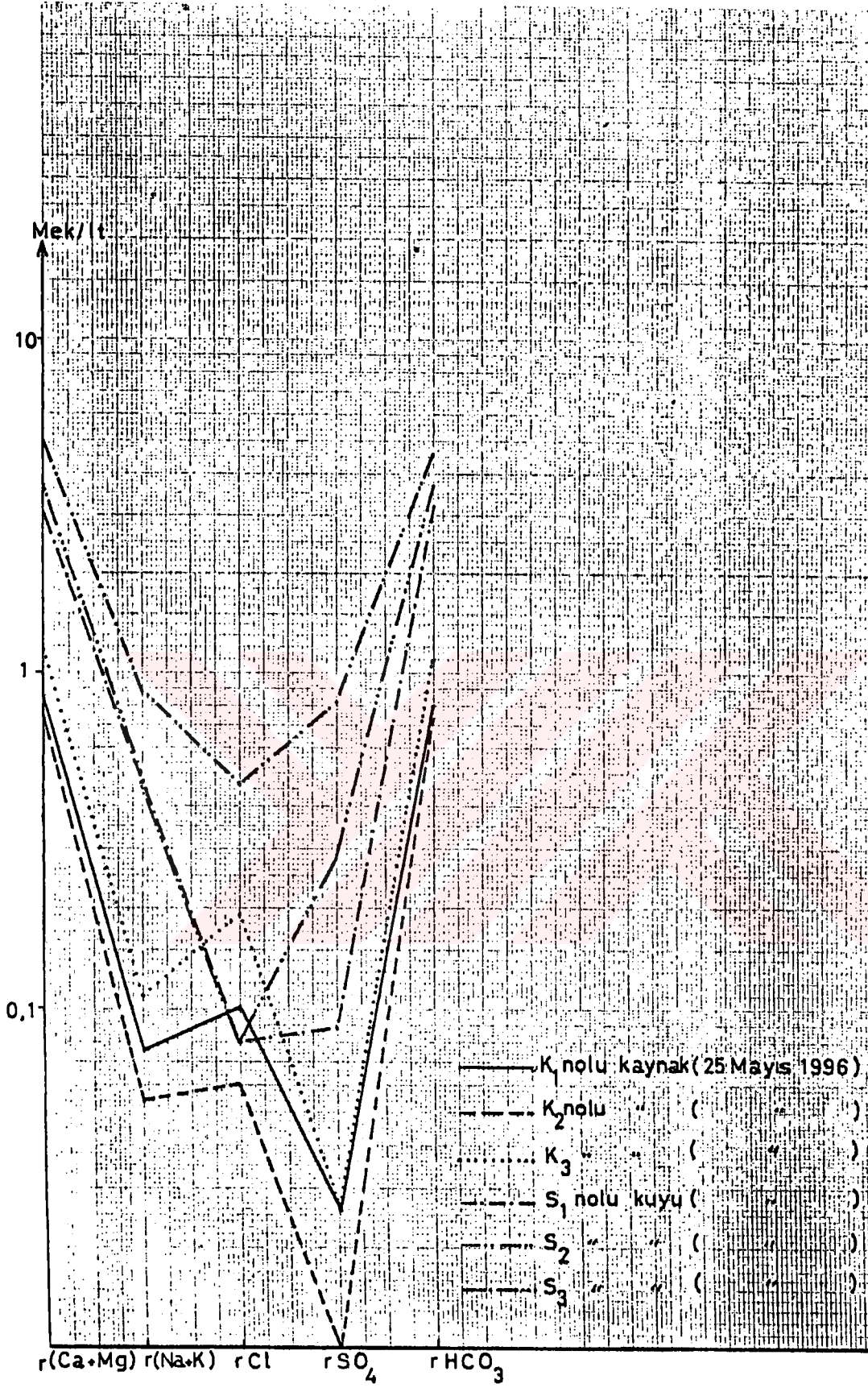
KAYNAK ADI	İYONLARIN SIRALANIŞI
1 Nolu Karaçalı Kaynağı	$r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r\text{HCO}_3^- > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
2 Nolu Karaçalı Kaynağı	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r\text{HCO}_3^- > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
Haroğlu Kaynağı (H ₁)	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Cl}^-$
KUYU NO	İYONLARIN SIRALANIŞI
S ₁	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Cl}^-$
S ₂	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^- > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$
S ₃	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Cl}^-$
N ₁	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Cl}^-$
N ₃	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$
N ₄	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Cl}^-$
M ₁	$r\text{HCO}_3^- > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{-2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$

Çizelge 10. Temmuz - 1996 döneminde kuyu ve kaynak sularındaki anyon ve katyonların ayrı ayrı sıralanışı .

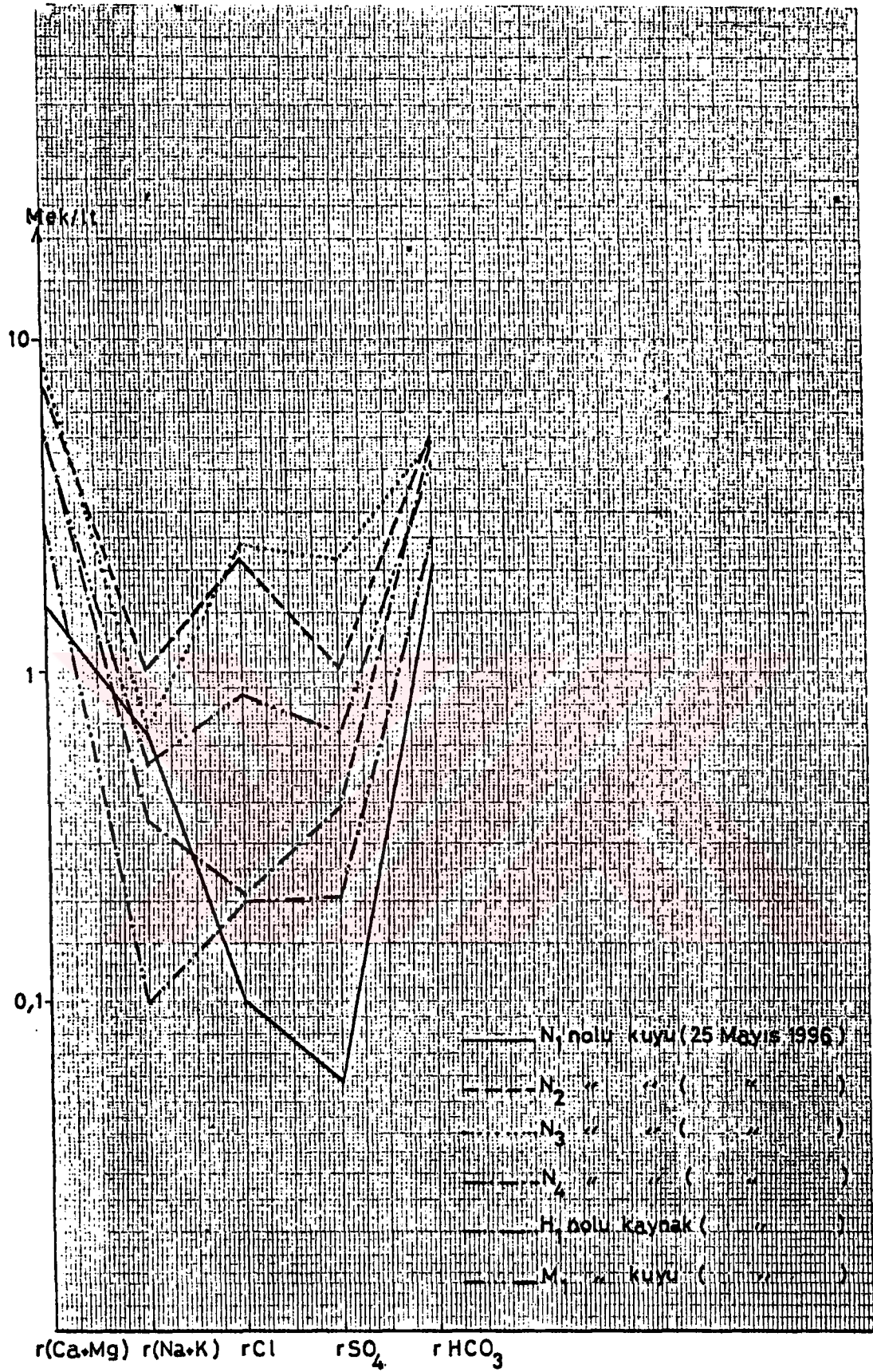
NUMUNE NO	KATYONLAR	ANYONLAR
K ₁ Nolu Karaçalı Kaynağı	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$
K ₂ Nolu Karaçalı Kaynağı	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$
Haroğlu Kaynağı (H ₁)	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$
S ₁	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
S ₂	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
S ₃	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
N ₁	$r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > r \text{Mg}^{+2}$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
N ₂	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$
N ₃	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$
N ₄	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$
M ₁	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$

Çizelge 11. Eylül - 1996 döneminde kuyu ve kaynak sularındaki anyon ve katyonların ayrı ayrı sıralanışı .

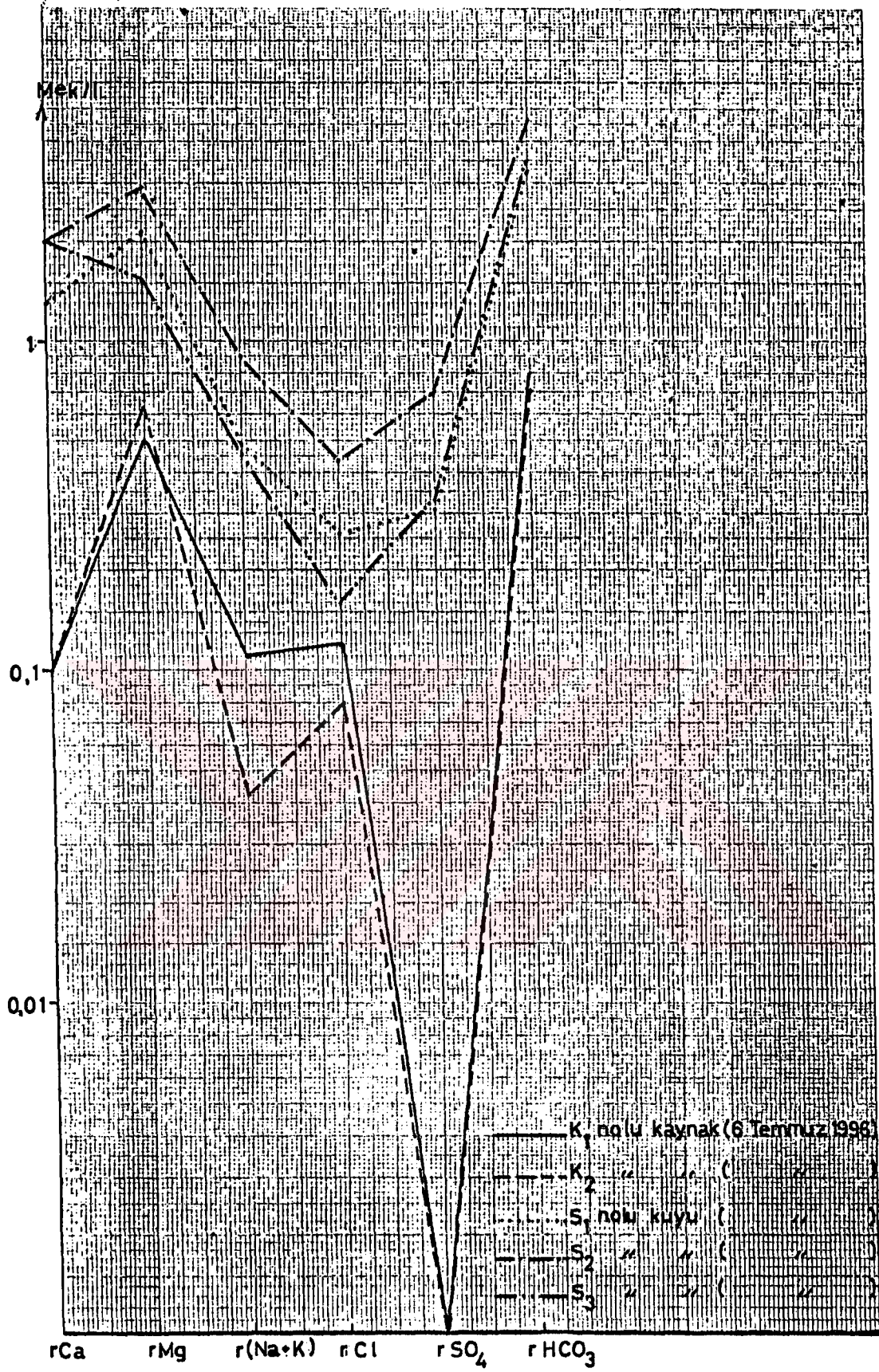
NUMUNE NO	KATYONLAR	ANYONLAR
K ₁ Nolu Karaçalı Kaynağı	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
K ₂ Nolu Karaçalı Kaynağı	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
Haroğlu Kaynağı (H ₁)	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
S ₁	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
S ₂	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
S ₃	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
N ₁	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
N ₃	$r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$
N ₄	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{SO}_4^{-2} > r \text{Cl}^{-}$
M ₁	$r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2} > r (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$r \text{HCO}_3^{-} > r \text{Cl}^{-} > r \text{SO}_4^{-2}$



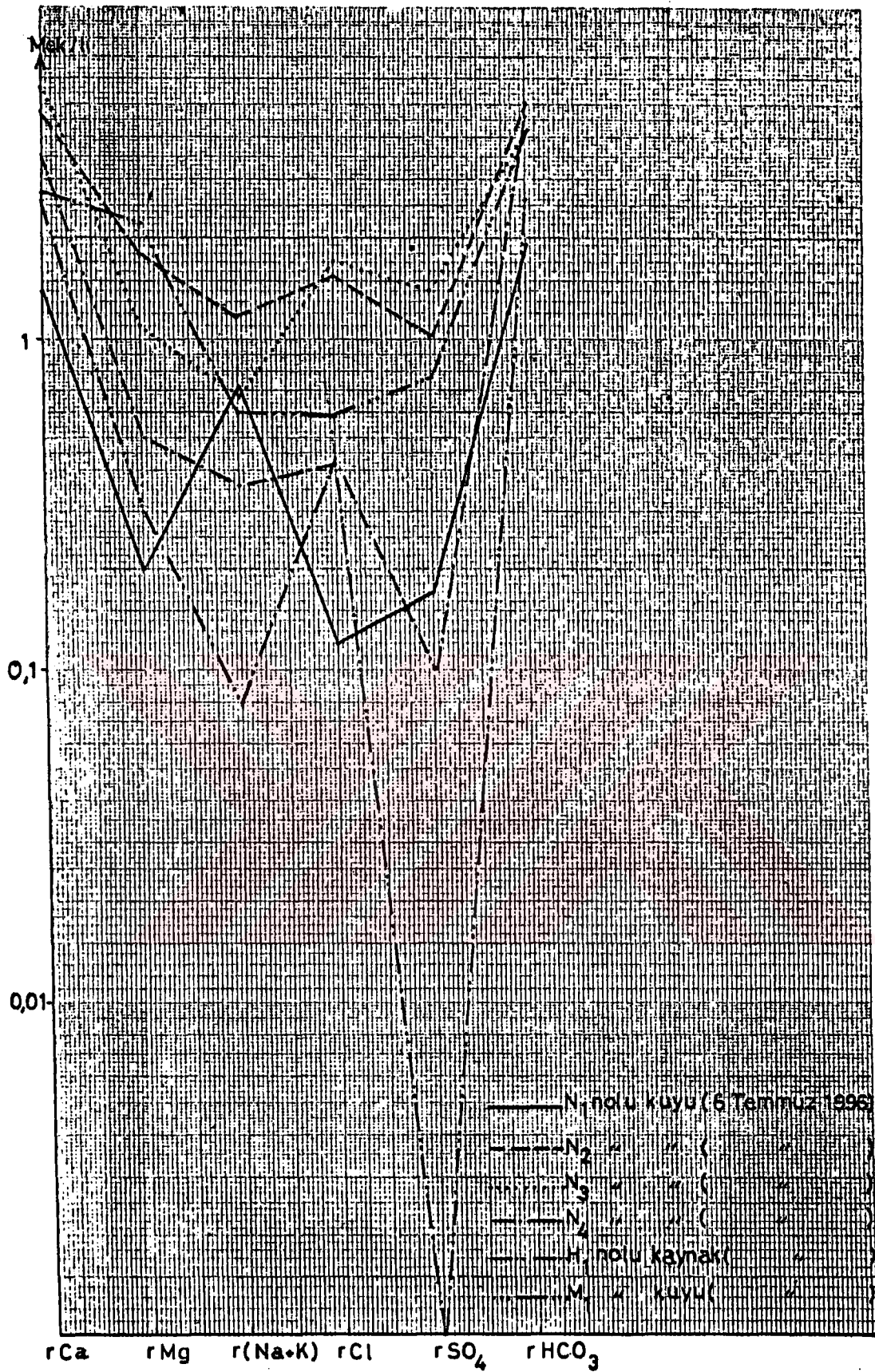
Şekil 6. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Mayıs-1996 tahlillerine göre çizilen yarı-logaritmik diyagramları .



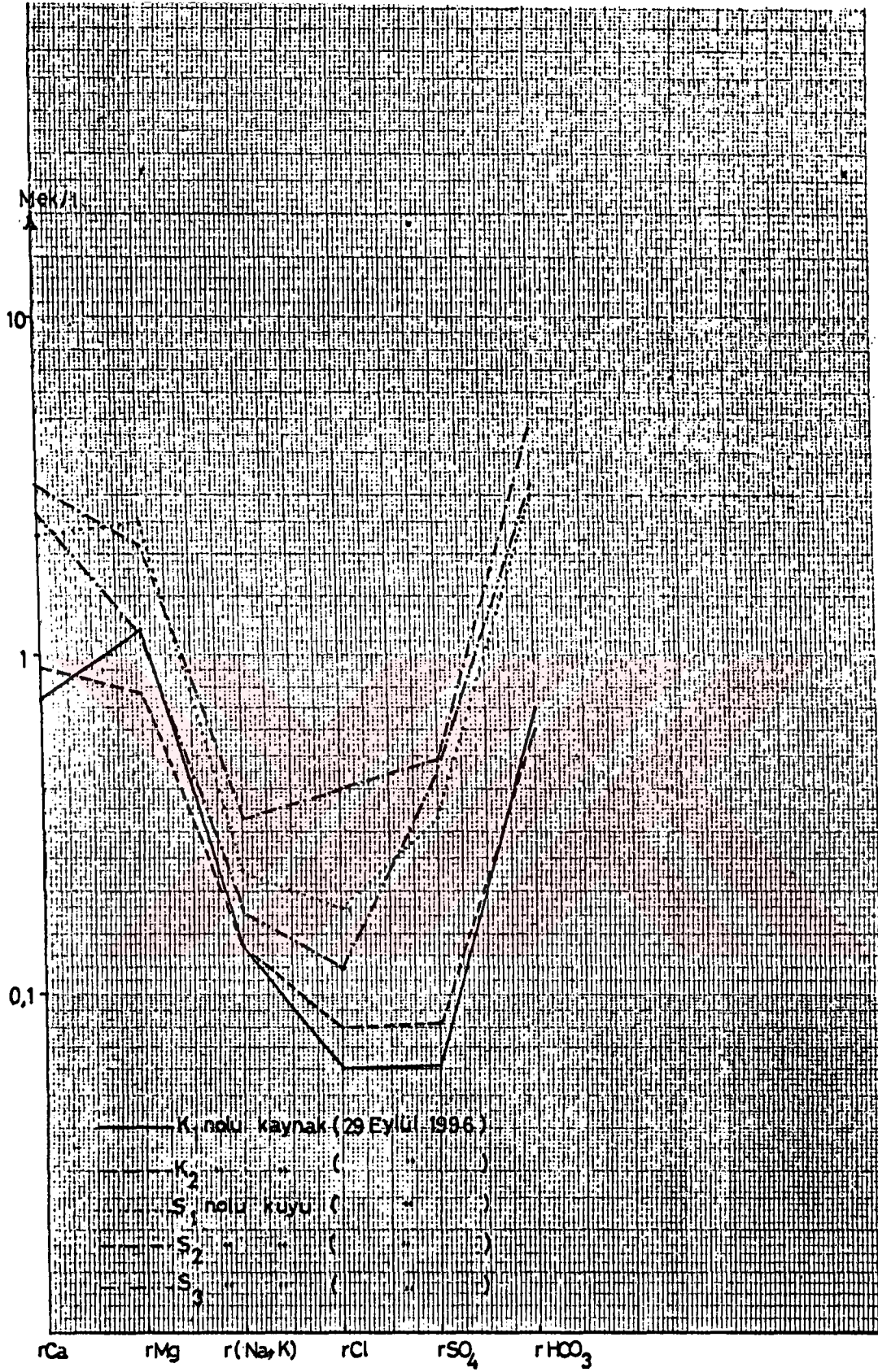
Şekil 7. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Mayıs-1996 tahlillerine göre çizilen yarı-logaritmik diyagramları .



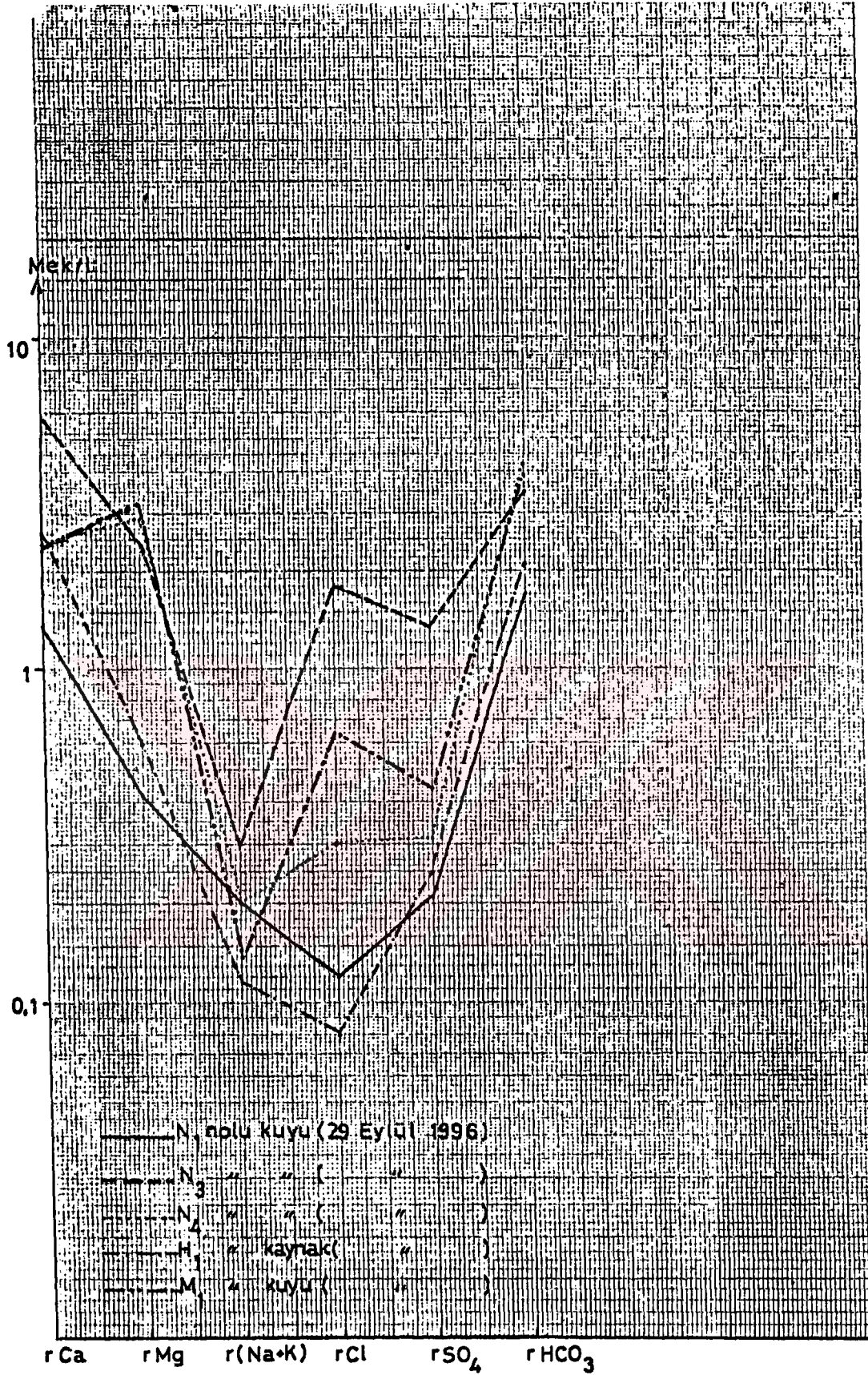
Şekil 8. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları .



Şekil 9. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları .



Şekil 10. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları .



Şekil 11. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 tahlillerine göre çizilen Schoeller diyagramları .

Diyagramlarda K_1 , K_2 , K_3 nolu kaynak suları ile S_1 , S_2 , S_3 nolu kuyu sularının iyonlarının miliekiyalen değerlerini birleştiren doğruların birbirlerine az çok paralel geçtiği görülmektedir (Şekil 6, 8, 10). Aynı şekilde N_3 , N_4 ve M_1 nolu kuyu sularının da diyagramları birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 11).

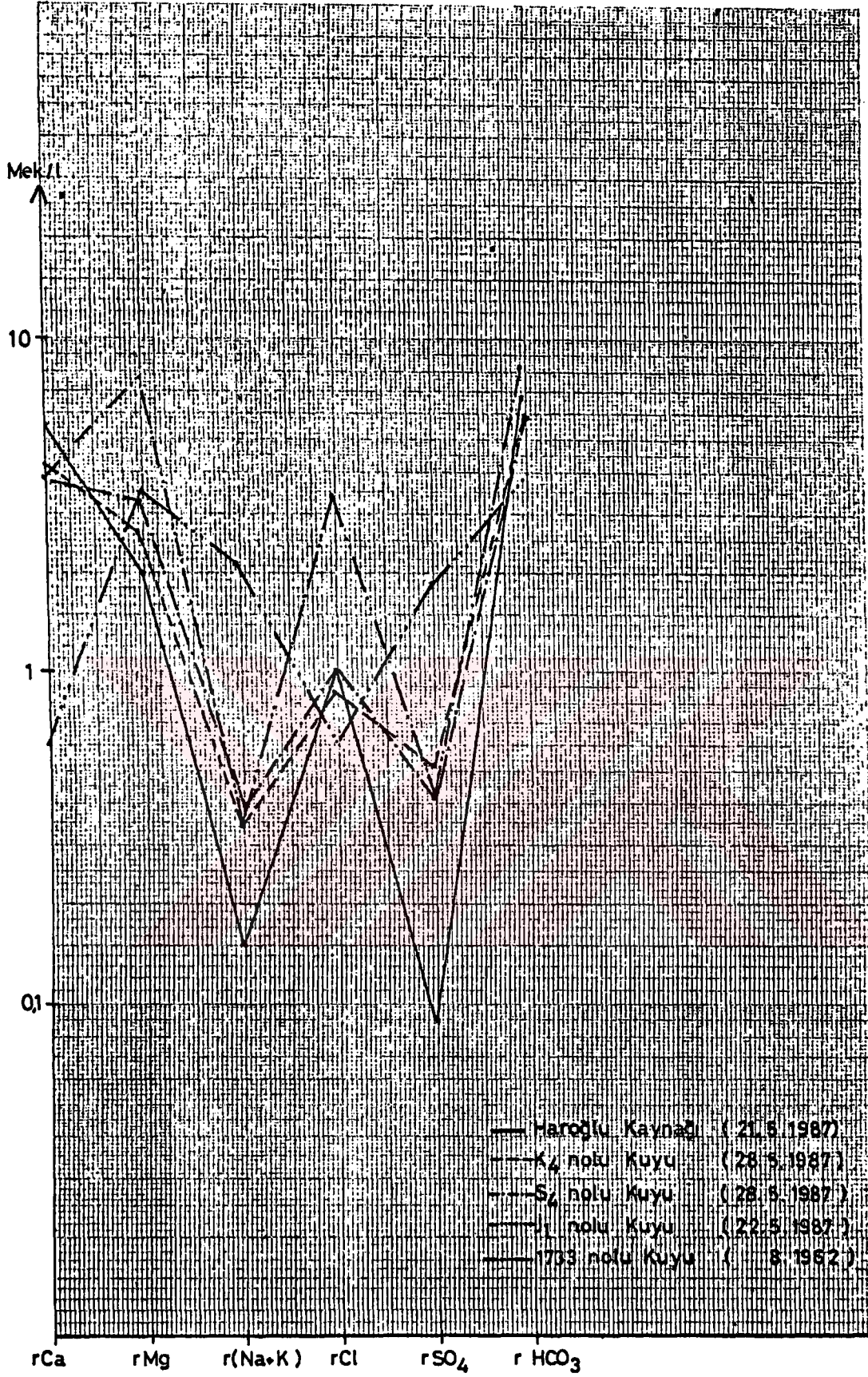
Eylül-1996 tarihinde N_2 nolu kuyu kapatıldığından dolayı bu kuyudan Mayıs-1996 ve Temmuz - 1996 tarihlerinde numune alınabilmektedir.

N_3 ve M_1 nolu kuyu sularının kimyasal analizleri neticesinde çizilen diyagramların korelasyonundan bu suların benzer kökenli sular olduğu gözlenmiştir (Şekil 11).

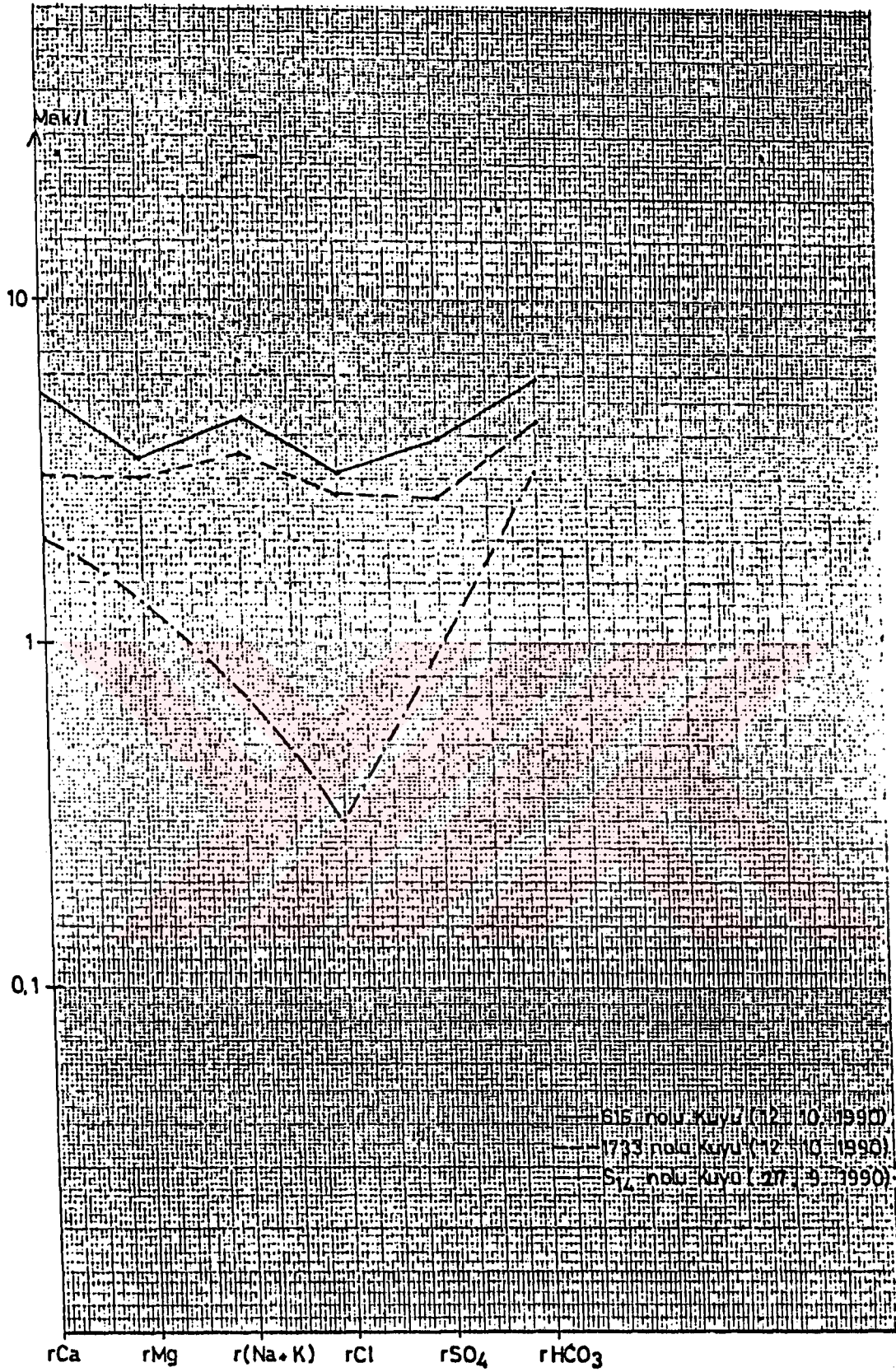
Numune aldığımız gözlem kuyularına yakın kuyularda geçmiş yıllarda yapılmış kimyasal analiz sonuçlarına göre Schoeller diyagramları çizilmiştir (Şekil 12, 13, 14, 15, 16). Bu diyagramlar incelendiğinde Haroğlu Kaynağı ile K_4 , S_4 ve I_1 nolu kuyu sularının diyagramları; 616 nolu kuyu ile 1733 nolu kuyuların diyagramlarının birbirlerine benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 14 ve 15).

Kuyu sularının 1996 yılı ve geçmiş yıllara ait Eylül dönemi Schoeller diyagramları (Şekil 11, 13, 14, 15) karşılaştırıldığında N_1 nolu kuyu ile S_{14} nolu kuyuların; N_3 nolu kuyu ile N_4 , M_1 , K_4 , S_4 , I_1 nolu kuyuların diyagramlarının birbirine paralel olduğu görülmüştür. Birbirine yakın noktalarda bulunan N_2 nolu kuyu ile 5681 nolu kuyunun yarı -log diyagramları (Şekil 16) da birbirine paraleldir. O halde bunların aynı akiferden beslendiği söylenebilir.

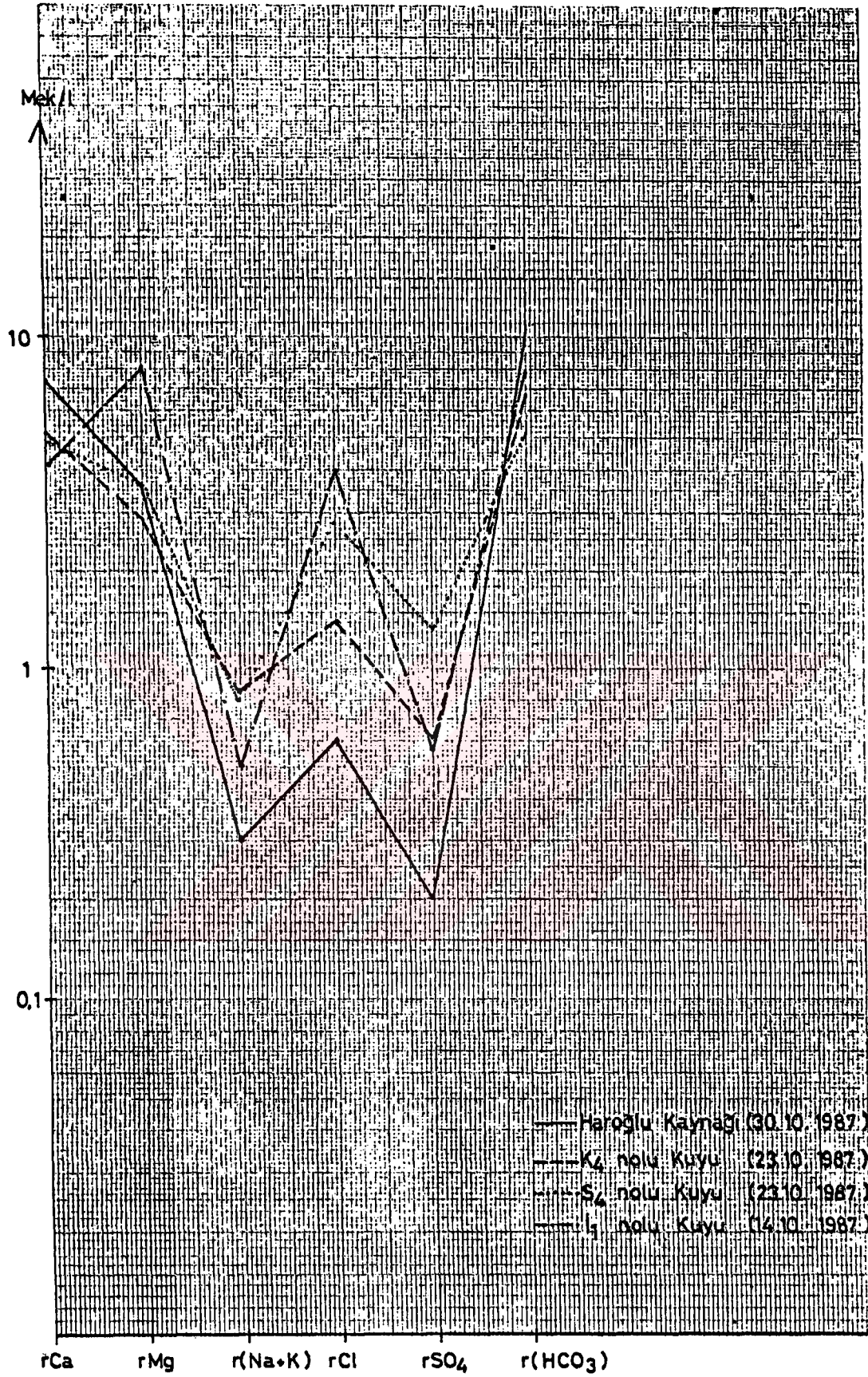
Elazığ Magmatitlerinden beslenen K_1 ve K_2 nolu kaynakların diyagramları birbirine paralel olup toplam mineralizasyonları oldukça düşüktür. Kaynakların mineralizasyonlarının düşük olması beslenimlerinin magmatik kayalardan olmasından ileri gelmektedir. Zira magmatitlerde dolaşan yeraltı suları mineral konsantrasyonu ve buharlaşma kalıntısı yönünden oldukça düşüktür. Yine kaynakların Temmuz ve Eylül dönemlerine ait toplam mineralizasyonları karşılaştırıldığında Eylül dönemindeki mineralizasyonun daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü, suların en alçak olduğu dönemlerde toplam mineralizasyon daha fazladır.



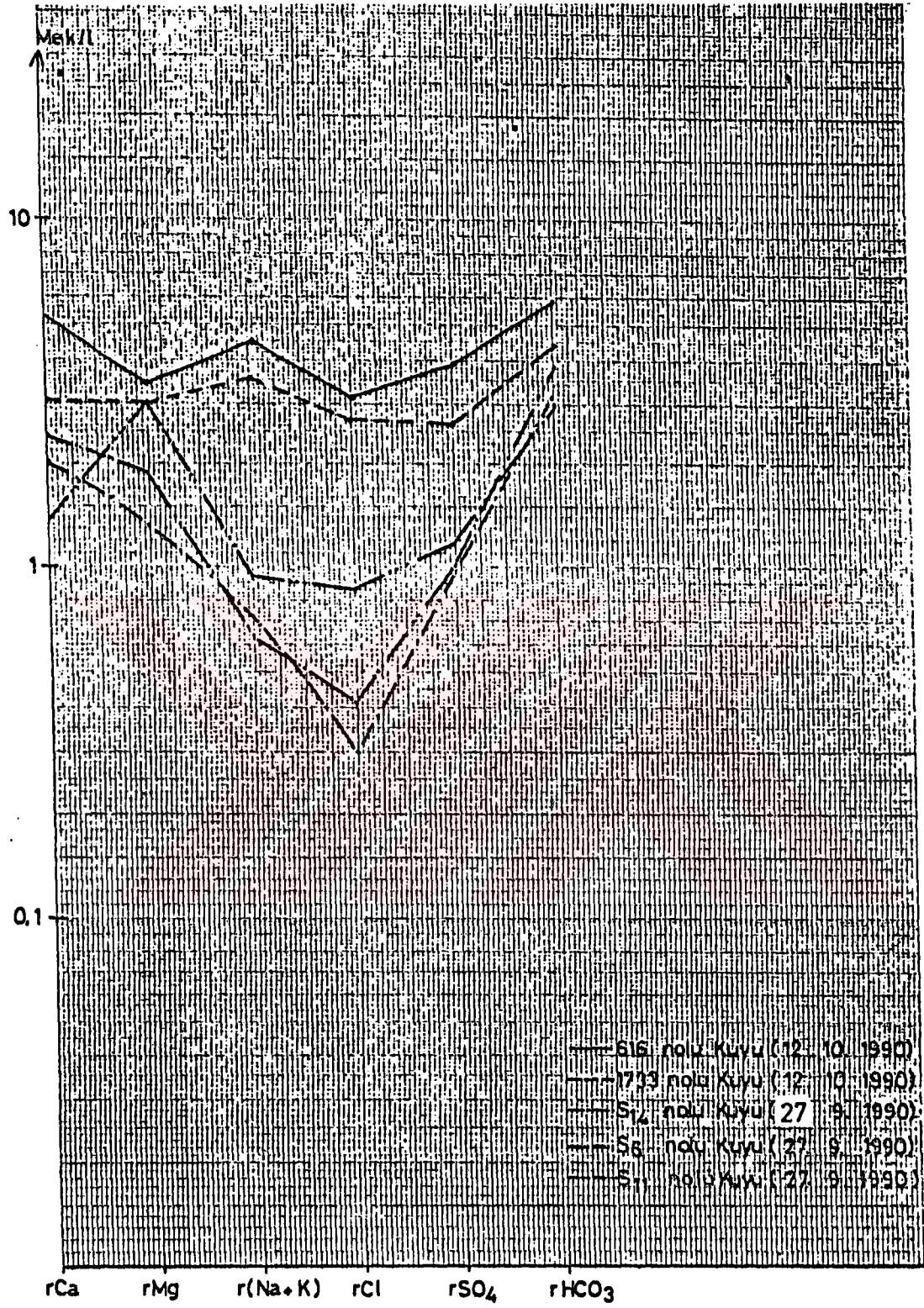
Şekil 12. Haroğlu Kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları .



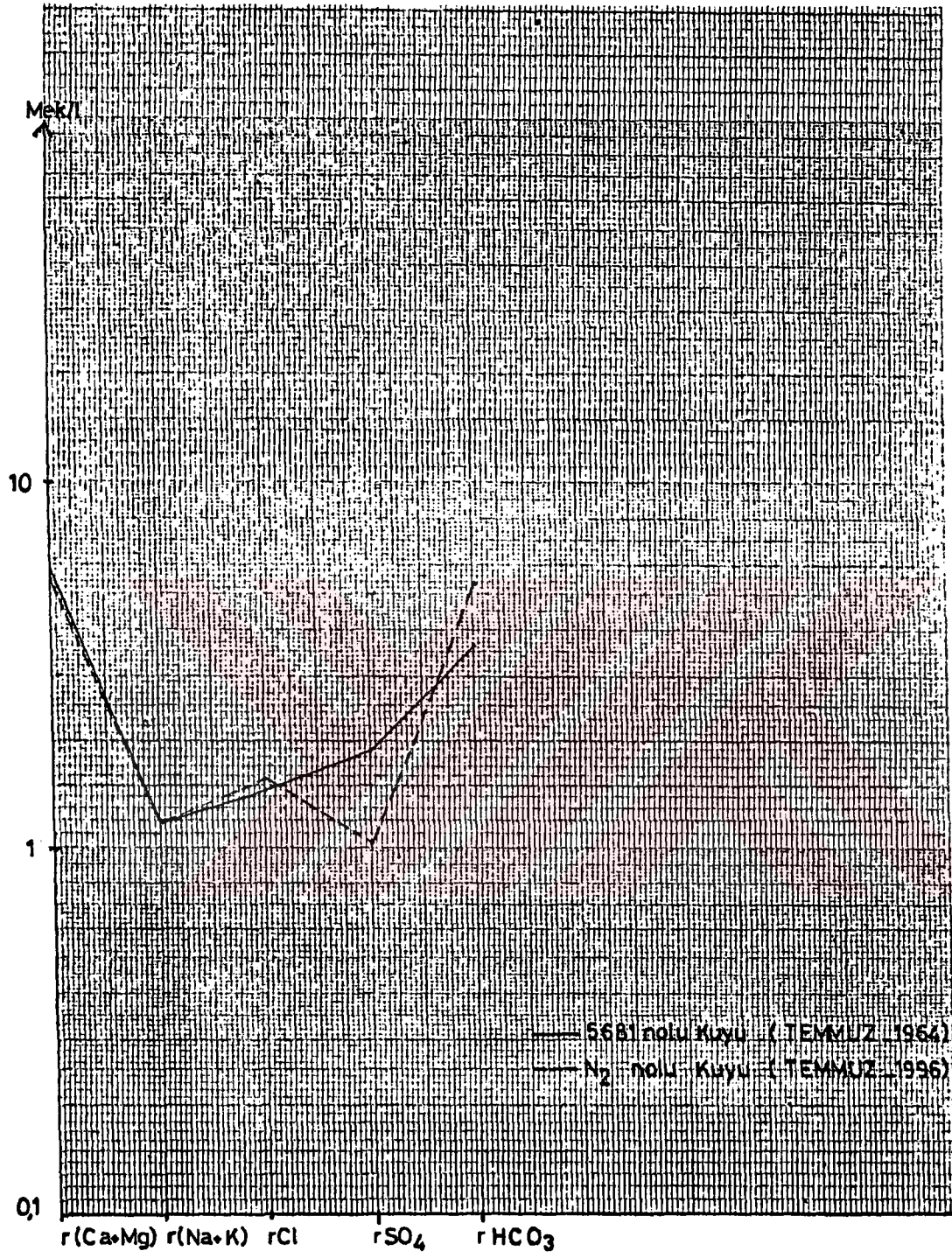
Şekil 13. Çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları.



Şekil 14. Haroğlu kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları .



Şekil 15. Çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramları .



Şekil 16. 5681 ve N2 nolu kuyu sularının yarı logaritmik diyagramları .

Mayıs ve Temmuz - 1996 dönemlerinde K₁, K₂ nolu Karaçalı Kaynakları ile nolu Haroğlu Kaynağı (H₁)'nın sülfat iyon miktarı Eylül 1996 dönemine göre oldukça düşüktür (Şekil 6, 7, 8, 9, 10, 11). Bu durum "lesivaj" olayı ile açıklanabilir (Çetindağ, 1987). Lesivaj, yeraltı suyunun çevre kayalarla olan kimyasal tepkimesi ve çevre kayalarının yeraltı suyu ile yıkanma süresidir.

Hazar Gölü çevresindeki yerleşim alanlarının kuyu sularından alınan numunelerin (S₁, S₂, S₃) de diyagramları birbirlerine az çok paraleldir. Bu kuyu sularının da beslenimi Elazığ Magmatitleri ile Hazar-Maden Karmağı'ndan olduğundan kuyu sularının diyagramlarında da genel bir benzerlik görülmektedir. Beslenimi Hazar Grubu'ndan olan S₂ nolu kuyuda, $r\text{ Ca}^{+2}$ ve $r\text{ HCO}_3^-$ miktarları oldukça yüksek değerde olup bu durum Hazar Grubu'nun kireçtaşı seviyelerinden kaynaklanmaktadır.

Haroğlu Kaynağı'na ait Schoeller diyagramları (Şekil 7, 9, 11) incelendiğinde Mayıs ve Temmuz - 1996 döneminde $r\text{ Cl}^-$ miktarının Eylül - 1996 dönemine oranla daha yüksek değerde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni yağışlar olabilir. Çünkü ilk yağışlarda klorür konsantrasyonu yüksektir ve klorüre bağlı olarak zenginleşme gözlenir.

Seske kireçtaşlarından beslenen Haroğlu Kaynağı'nda kalsiyum ve bikarbonat iyonları oldukça yüksek değerlerde bulunmaktadır (Çizelge 2, 3, 4). Haroğlu Kaynağı'nın geçmiş yıllara ait Schoeller diyagramlarında kaynak suyunun diyagramı ile K₄, S₄ ve İ₁ nolu kuyu sularının diyagramları birbirine benzemektedir. Bu durum da bu suların aynı litolojideki kayaç toplulukları içerisinde geldiğini göstermektedir.

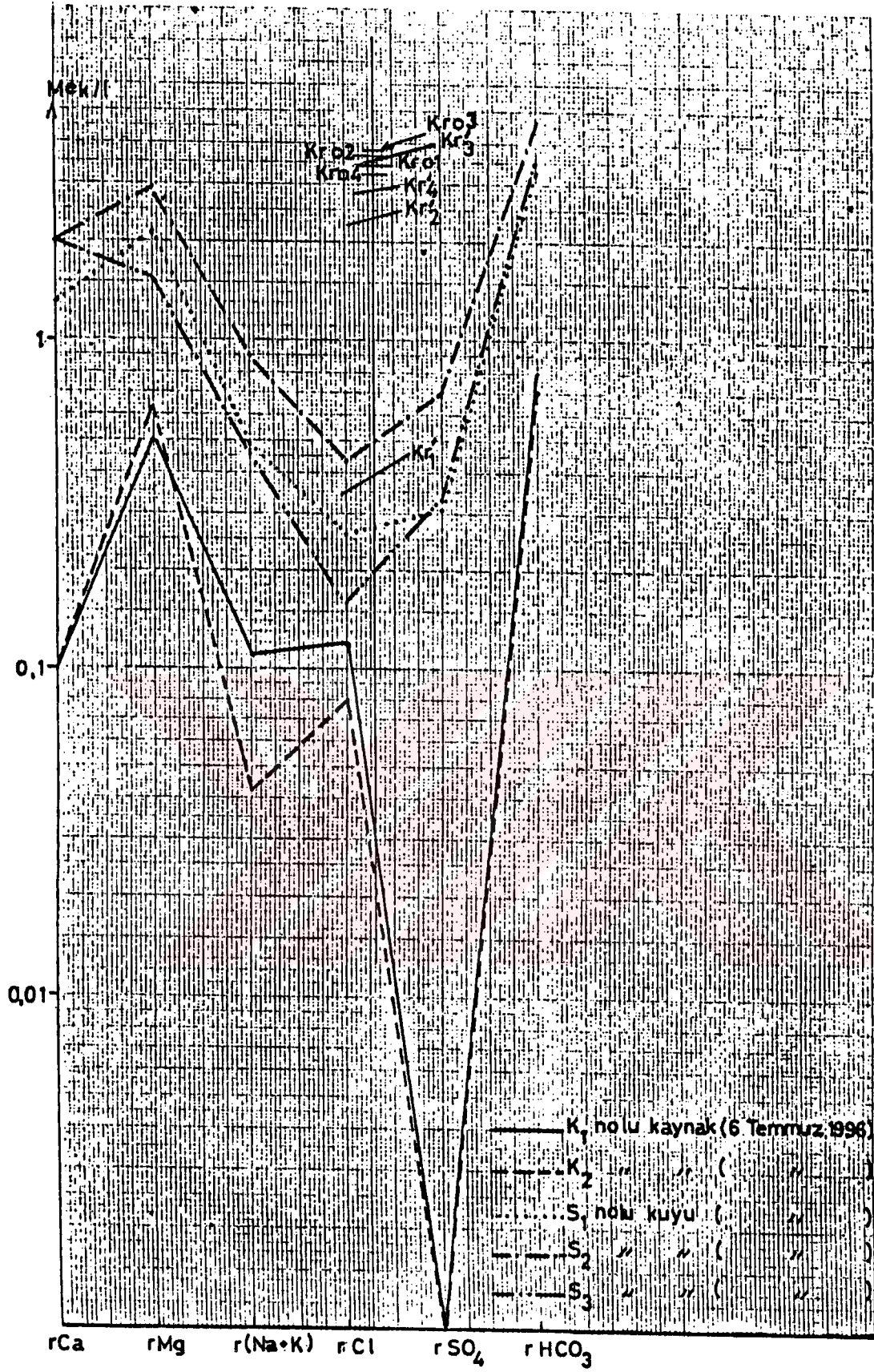
Uluova'dan alınan N₁ nolu kuyu suyu ile bu kuyuya yakın noktalarda bulunan 616 ve 1733 nolu kuyu sularının (EK) Schoeller Diyagramları Şekil 11, 13'de çizilmiştir. Diyagramlarda 616 ve 1733 nolu kuyu sularındaki toplam iyon miktarının (mek/l) N₁ nolu kuyuya oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, toplam mineralizasyonun havzanın beslenme alanlarında daha az, orta kesimlerde daha fazla olması ile açıklanabilir (Çetindağ, 1996). Yine Uluova'dan 1996 Mayıs, Temmuz, Eylül aylarında alınan N₂, N₃, M₁ nolu kuyu sularının ve bu kuyulara yakın noktalardan seçilen 5681, S₆, S₁₁ ve S₁₄ nolu kuyu sularının Schoeller diyagramları çizilmiştir (Şekil 7, 9, 11, 15, 16). N₂, N₃ ve M₁ nolu kuyu sularının diyagramları birbirine az çok paraleldir. Aynı paralellik S₆, S₁₁ ve S₁₄ nolu kuyu sularının diyagramlarında da görülmektedir. S₁₁ ve M₁ nolu kuyuların suları Keban Metamorfitlerine ait kristalize kireçtaşlarından beslendiğinden $\% r\text{ Mg}^{+2}$ miktarı $\% r\text{ Ca}^{+2}$ miktarından fazladır.

Çizilen Schoeller diyagramları üzerinde kuyu ve kaynak sularının CaCO₃ ve CaSO₄'e doymun olup olmadıkları eşeller yardımıyla gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24). Bunun için suların iyonik kuvveti (μ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

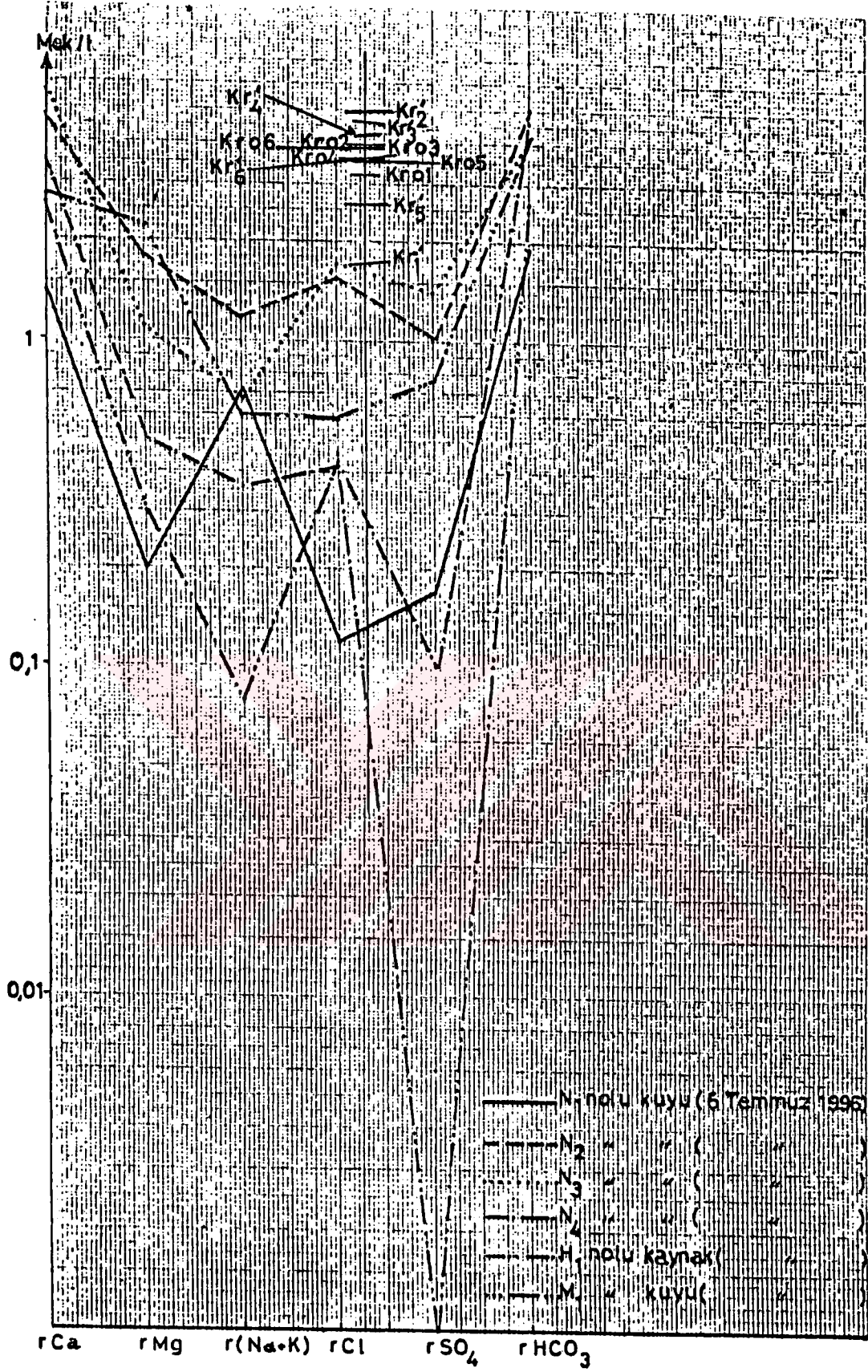
$$\mu=0,001 \left[\frac{r \text{Cl}^-}{2} + \frac{r \text{Na}^+}{2} + \frac{r \text{HCO}_3^-}{2} + r \text{SO}_4^{2-} + r \text{Ca}^{+2} + r \text{Mg}^{+2} \right]$$

Eşeller yardımıyla S₂, N₂, N₃, N₄ nolu kuyu sularının CaCO₃'e doymun oldukları, hiçbir kuyu ve kaynak suyunun ise CaSO₄'e doymun olmadığı gözlenmiştir. Bir genelleme yapılacak olursa Keban kristalize kireçtaşları, Seske Formasyonu, Hazar Grubu, Kırkgeçit Formasyonları ile Pliyosen oluşuklarından beslenen kuyu ve kaynak sularının CaCO₃'e az çok doymun oldukları, Elazığ Magmatitleri'nden beslenen kuyu ve kaynak sularının ise CaCO₃'e doymun olmadıkları söylenebilir.

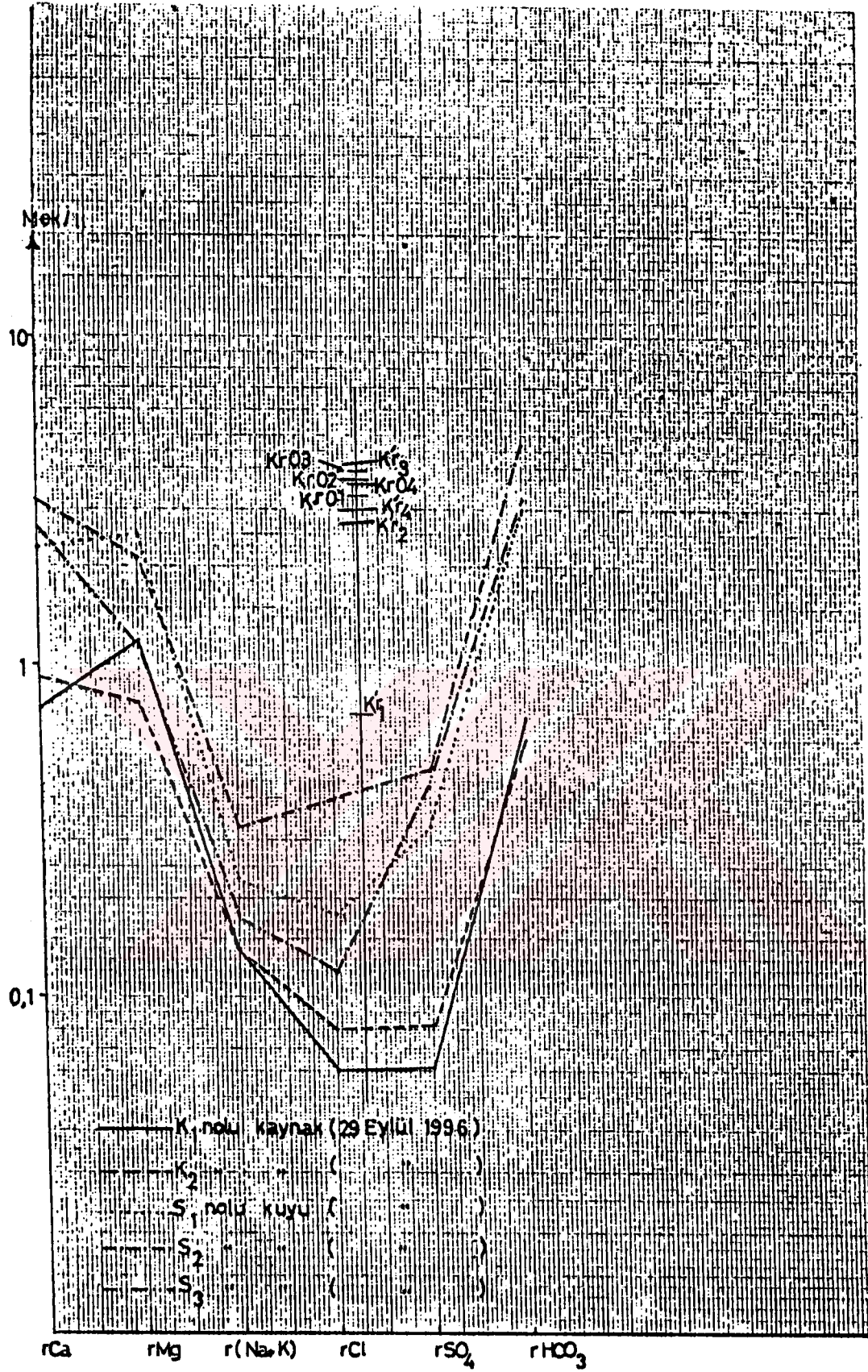




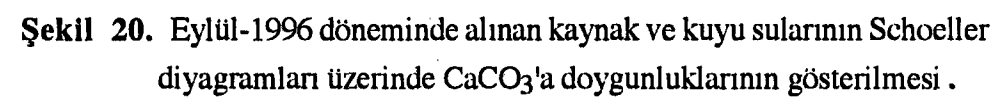
Şekil 17. Temmuz - 1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doygunluklarının gösterilmesi .



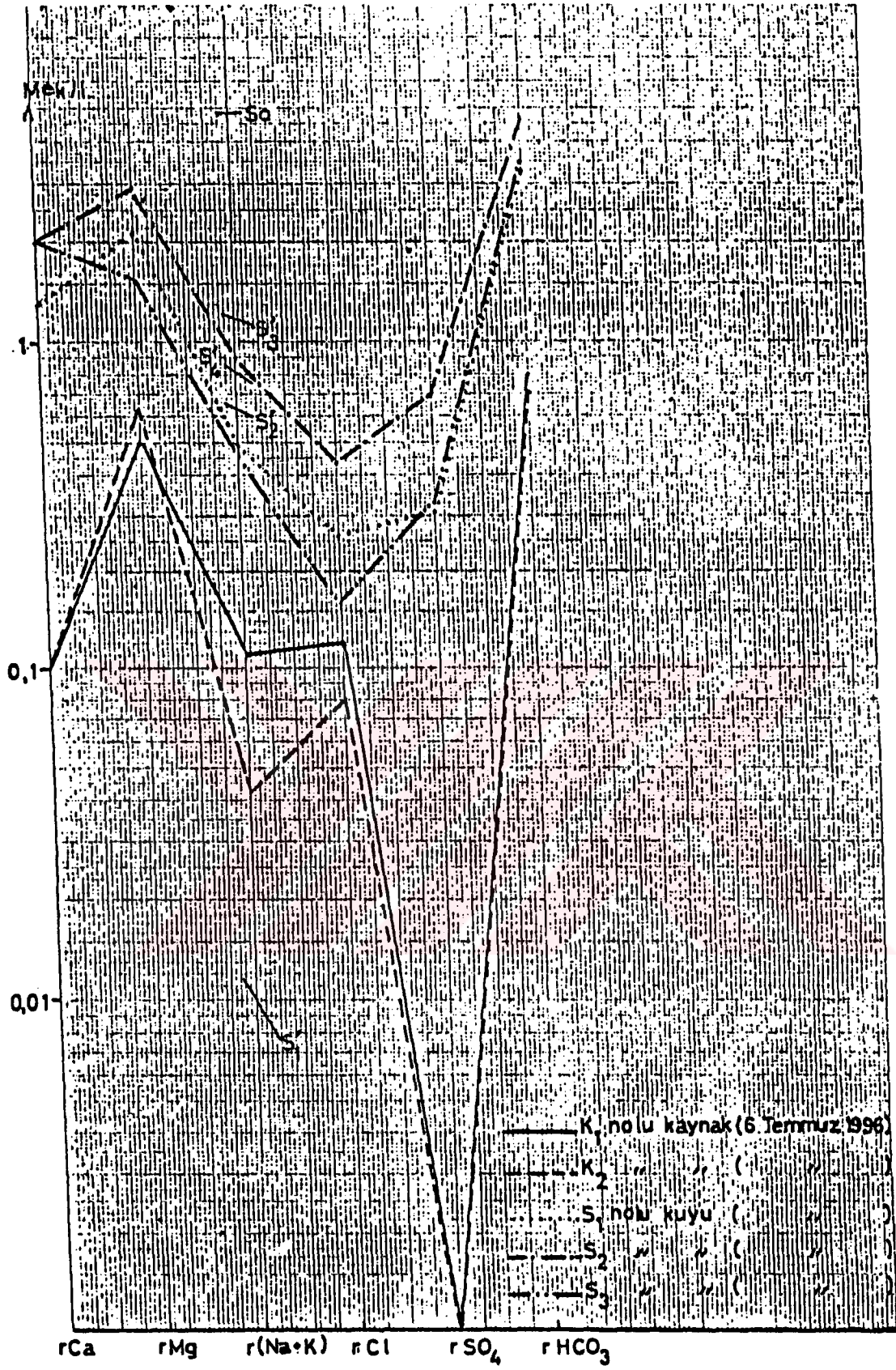
Şekil 18. Temmuz-1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doygunluklarının gösterilmesi.



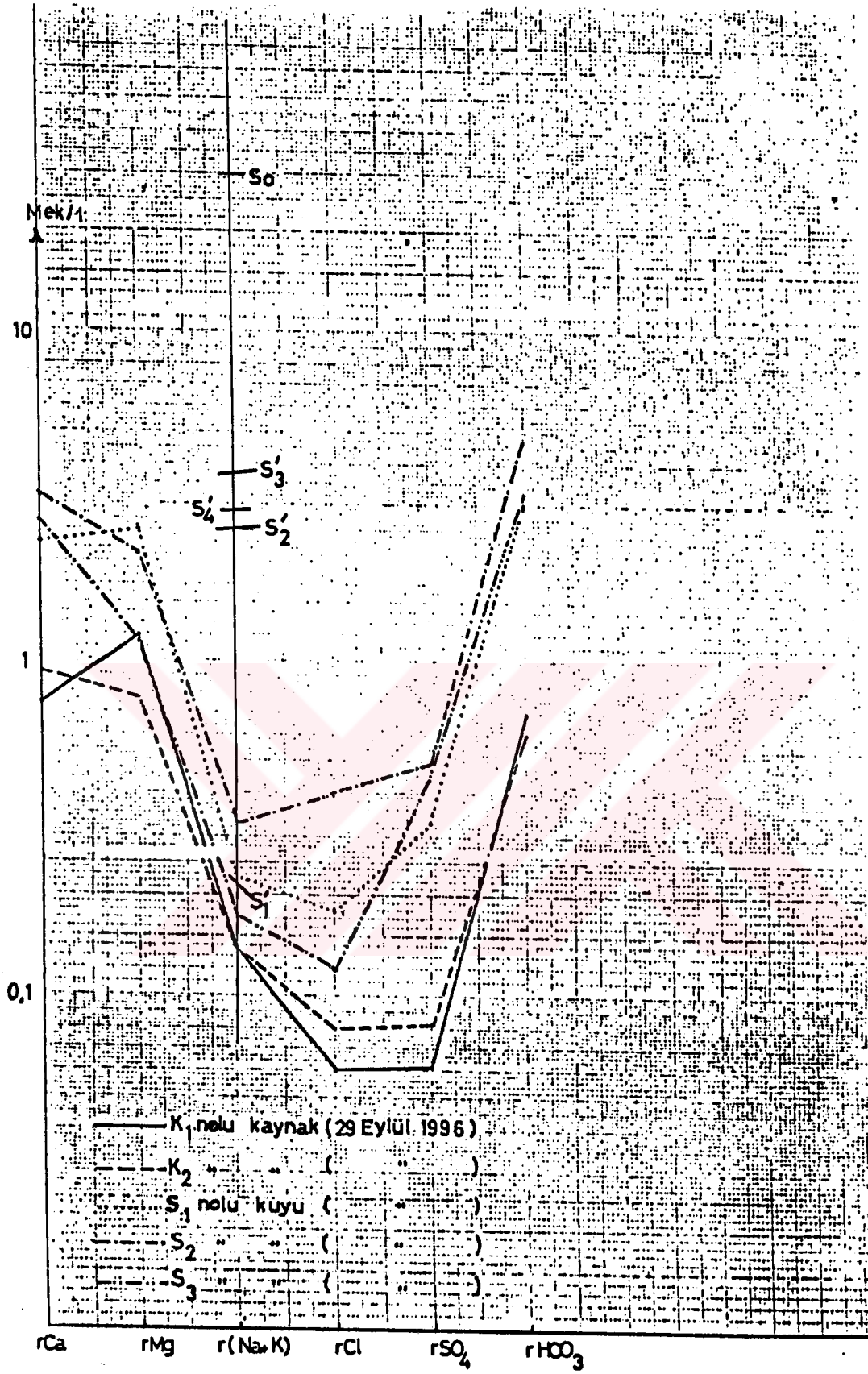
Şekil 19. Eylül-1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doygunluklarının gösterilmesi .



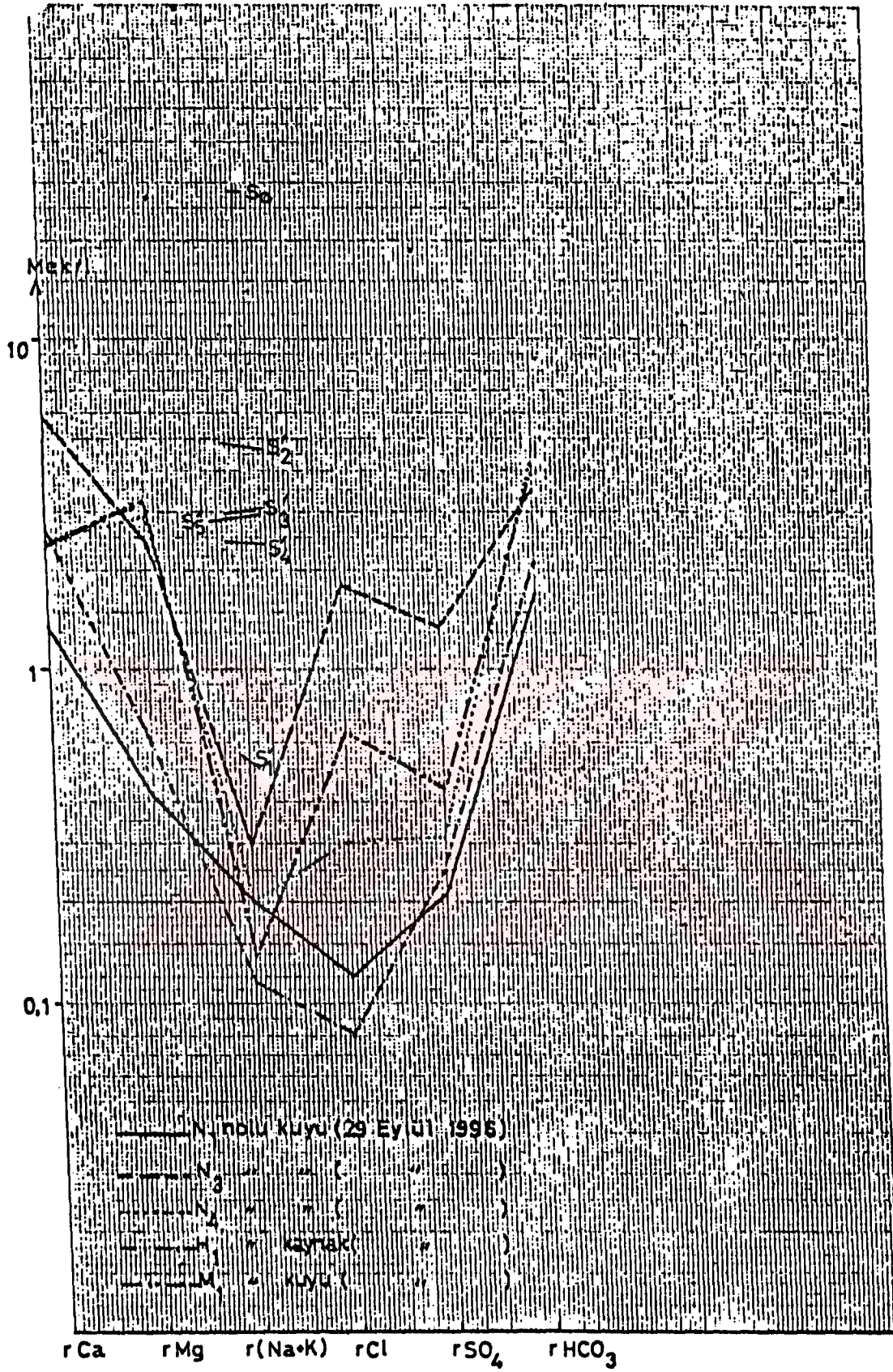
Şekil 20. Eylül-1996 döneminde alınan kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doygunluklarının gösterilmesi .



Şekil 21. Temmuz - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaSO_4 'e doygunluklarının bulunması.



Şekil 23. Eylül - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaSO_4 'e doygunluklarının bulunması.



Şekil 24. Eylül - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaSO_4 'e doygunluklarının bulunması.

6.2.3.2. Üçgen diyagramı

İncelenen kuyu ve kaynak sularındaki iyonların % miliekivalen değerlerinden yararlanılarak üçgen diyagramlar çizilmiştir (Şekil 25, 26, 27, 28). Üçgen diyagram üzerinde (Şekil 26) tüm kuyu ve kaynak sularının anyonları kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanmışlardır. K₁ nolu Karaçalı Kaynağı ile S₁, N₄ ve M₁ nolu kuyu sularının katyonları magnezyumlu ve sülfatlı sular bölgesinde; K₂ nolu Karaçalı Kaynağı, Haroğlu Kaynağı, S₂, S₃, N₁, N₃ nolu suların katyonları ise kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanmışlardır.

Temmuz-1996 döneminde de tüm kuyu ve kaynak sularının anyonları kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanmışlardır. K₁, K₂ nolu Karaçalı Kaynak suları ile S₁ ve S₂ nolu kuyu sularının katyonları magnezyumlu ve sülfatlı sular bölgesinde; S₃, N₁, N₂, N₃, N₄ nolu kuyu suları ile Haroğlu Kaynağı sularının katyonları kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde M₁ nolu kuyu suyunun katyonları ise karışık bileşimli sular bölgesinde gruplanmışlardır.

1987-Mayıs döneminde Haroğlu Kaynağı ile K₄, S₄, İ₁ ve 1733 (Temmuz-1962) nolu kuyu sularının anyonları kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanırken, Haroğlu Kaynağı ile K₄, S₄ nolu kuyu sularının katyonları da kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanmışlardır. İ₁ ve 1733 nolu kuyu sularının katyonları ise magnezyumlu ve sülfatlı sular bölgesindedir (Şekil 27).

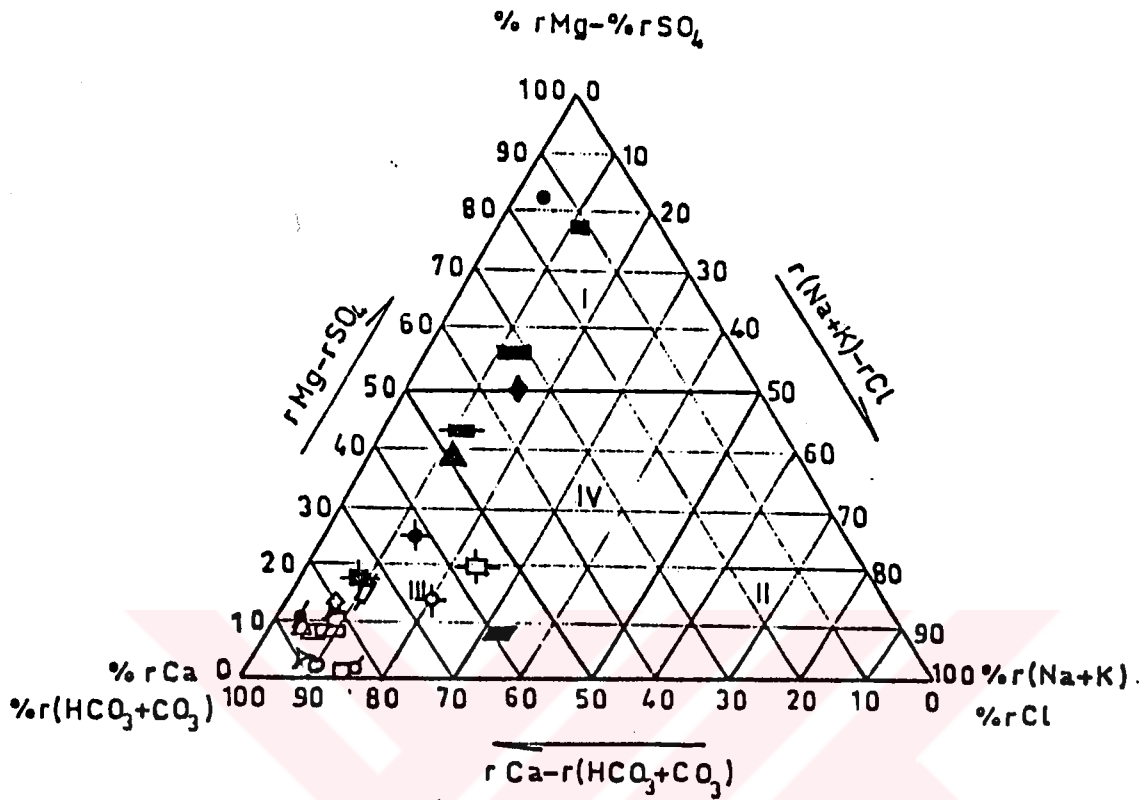
Eylül - 1987 ve Eylül - 1990 tarihlerinde yeraltı sularının en alçak olduğu dönemde Haroğlu Kaynağı suyu, K₄, İ₁, S₄, S₆, S₁₁, S₁₄ nolu kuyu sularının anyonları kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular, 616 ve 1733 nolu kuyu sularının anyonları ise karışık bileşimli sular bölgesinde gruplanmışlardır. Haroğlu Kaynağı ile K₄ ve S₄ nolu kuyu sularının katyonları kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular; 616, 1733, S₁₄, S₆ nolu kuyu sularının katyonları karışık bileşimli sular; İ₁ ve S₁₁ nolu kuyu sularının katyonları ise magnezyumlu ve sülfatlı sular bölgesinde gruplanmışlardır (Şekil 28).

Birbirlerine yakın noktalarda bulunan İ₁ ve N₄, M₁ ve S₁₁ nolu kuyu sularının katyon ve anyonlarının gruplandığı bölgeler aynıdır. Ayrıca Haroğlu Kaynağı sularını anyon ve katyonlarının hem 1996 yılı hem de geçmiş yıllara ait diyagramları üzerinde aynı bölgelerde bulunduğu görülmüştür. Bu durum da yıllara bağlı olarak suların iyon konsantrasyonları açısından pek fazla bir değişime uğramadığını göstermektedir.

6.2.3.3. Piper diyagramı

Suların içerdikleri katyon ve anyonların miliekivalen yüzdelere göre Piper diyagramları çizilmiştir (Şekil 29, 30). Suların Piper diyagram üzerinde düştüğü bölgeler tablo haline getirilerek Çizelge 12'de verilmiştir. Temmuz - 1996 döneminde suların gruplandığı bölgeler suların en alçak olduğu dönemde de aynıdır. Her iki dönemde de sular Piper diyagramında 5., 1. ve 3. bölgelerde gruplanmışlardır.

ÜÇGEN DİYAGRAM

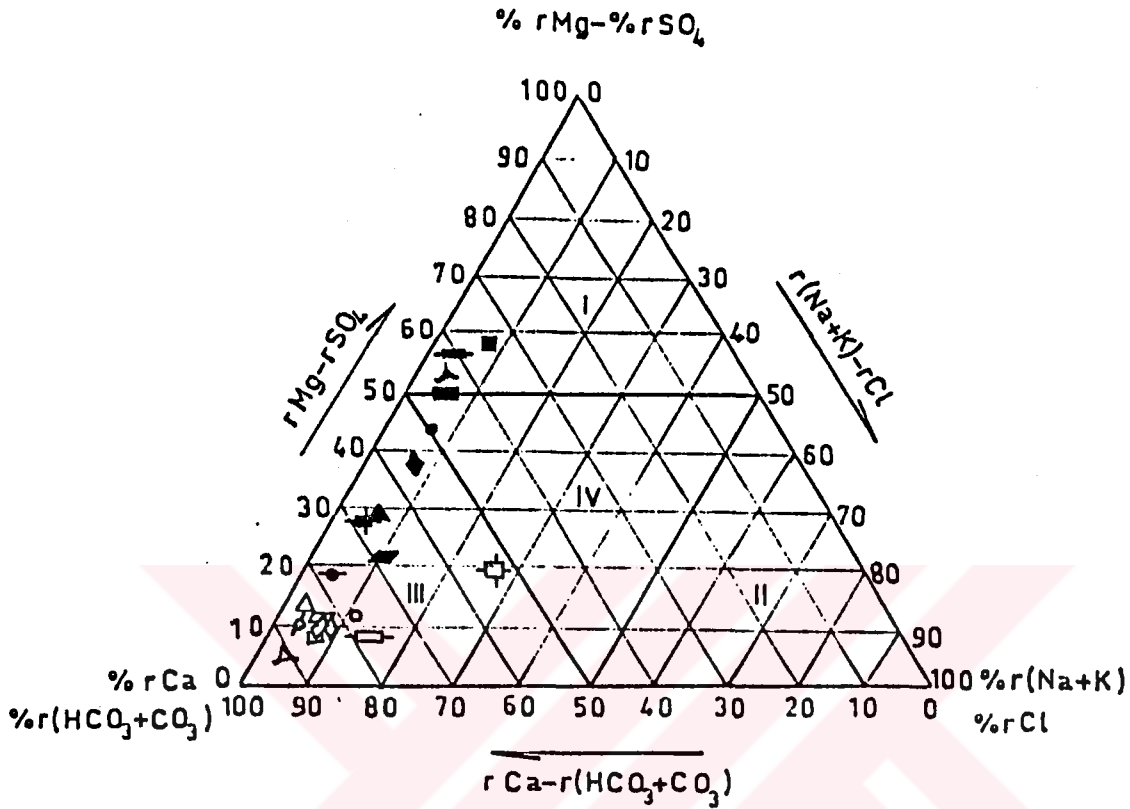


	Anyon	Katyon	
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	□	■	(6 Temmuz 1996)
K ₂ " " "	○	●	(" ")
S ₁ " kuyu	□	■	(" ")
S ₂ " "	◇	◆	(" ")
S ₃ " "	△	▲	(" ")
N ₁ " "	▱	▮	(" ")
N ₂ " "	⊕	⊗	(" ")
N ₃ " "	⊞	⊠	(" ")
N ₄ " "	⊡	⊣	(" ")
H ₁ Haroğlu Kaynağı	⊙	⊛	(" ")
M ₁ nolu kuyu	⊠	⊡	(" ")

I. BÖLGE=Magnezyumlu ve sülfatlı sular
 II. BÖLGE=Sodyumlu ve klorürlü sular
 III. BÖLGE= Kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular
 IV. BÖLGE= Karışık bileşimli sular

Şekil 25. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının üçgen diyagramı.

ÜÇGEN DİYAGRAM

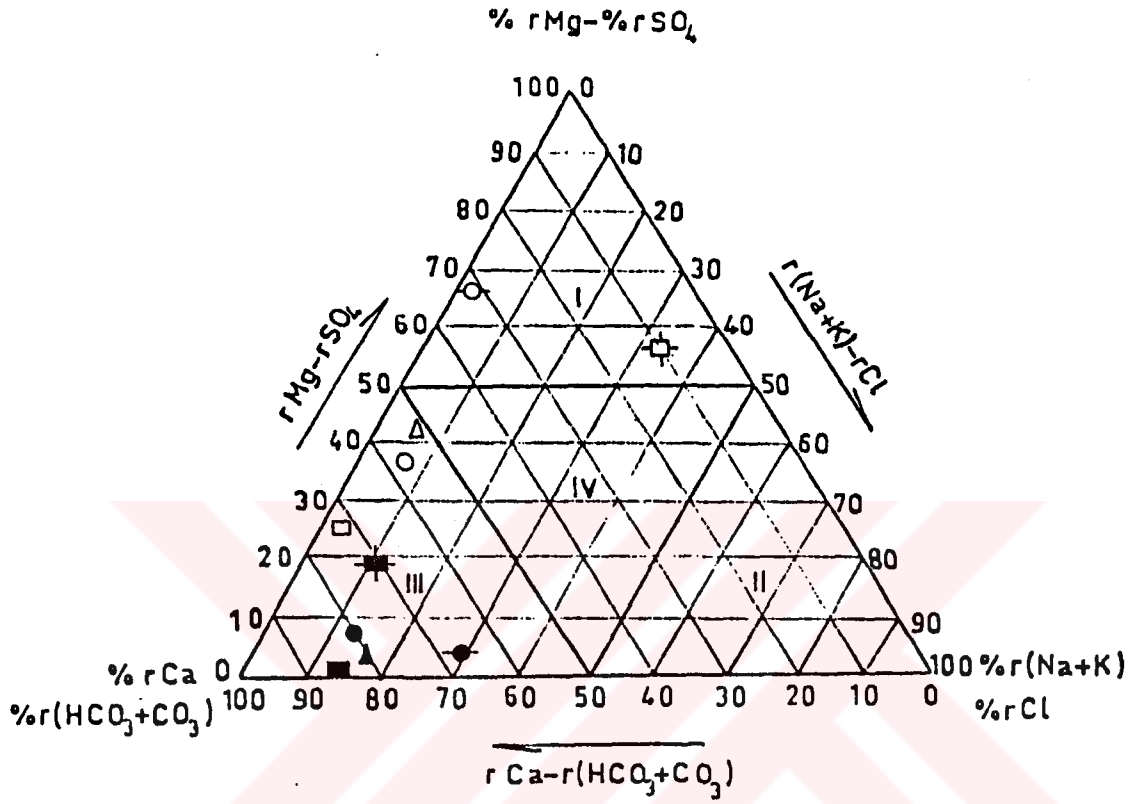


	Anyon	Katyon	
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	□	■	(29 Eylül 1996)
K ₂ " " "	○	●	(")
S ₁ nolu kuyu	□	■	(")
S ₂ " "	◇	◆	(")
S ₃ " "	△	▲	(")
N ₁ " "	▱	▮	(")
N ₃ " "	⊠	⊞	(")
N ₄ " "	⋈	⋊	(")
H ₁ , Haroğlu Kaynağı	⊙	⊛	(")
M ₁ nolu kuyu	⊠	⊞	(")

I. BÖLGE= Magnezyumlu ve sülfatlı sular
 II. BÖLGE= Sodyumlu ve klorürlü sular
 III. BÖLGE= Kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular
 IV. BÖLGE= Karışık bileşimli sular

Şekil 26. İnceleme alanlarındaki kaynak ve kuyu sularının üçgen diyagramı.

ÜÇGEN DİYAGRAM

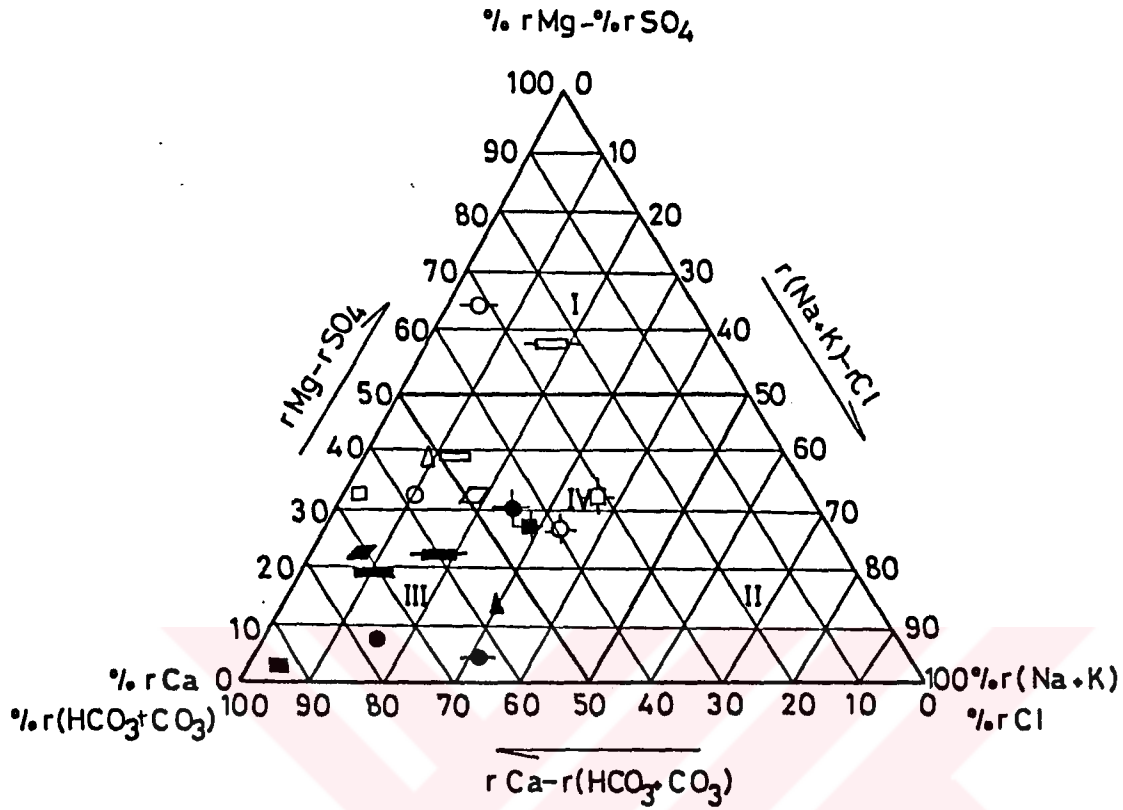


	Anyon	Kasyon
Haroğlu Kaynağı (21.5.1987)	■	□
K ₄ nolu Kuyu (28.5.1987)	●	○
S ₄ nolu Kuyu (28.5.1987)	▲	△
İ ₁ nolu Kuyu (22.5.1987)	●	○
1733 nolu Kuyu (8.1962)	■	□

- I. BÖLGE = Magnezyumlu ve sülfatlı sular.
 II. BÖLGE = Sodyumlu ve klorürlü sular.
 III. BÖLGE = Kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular.
 IV. BÖLGE = Karışık bileşimli sular.

Şekil 27. İnceleme alanlarındaki kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen üçgen diyagramı.

ÜÇGEN DİYAGRAM



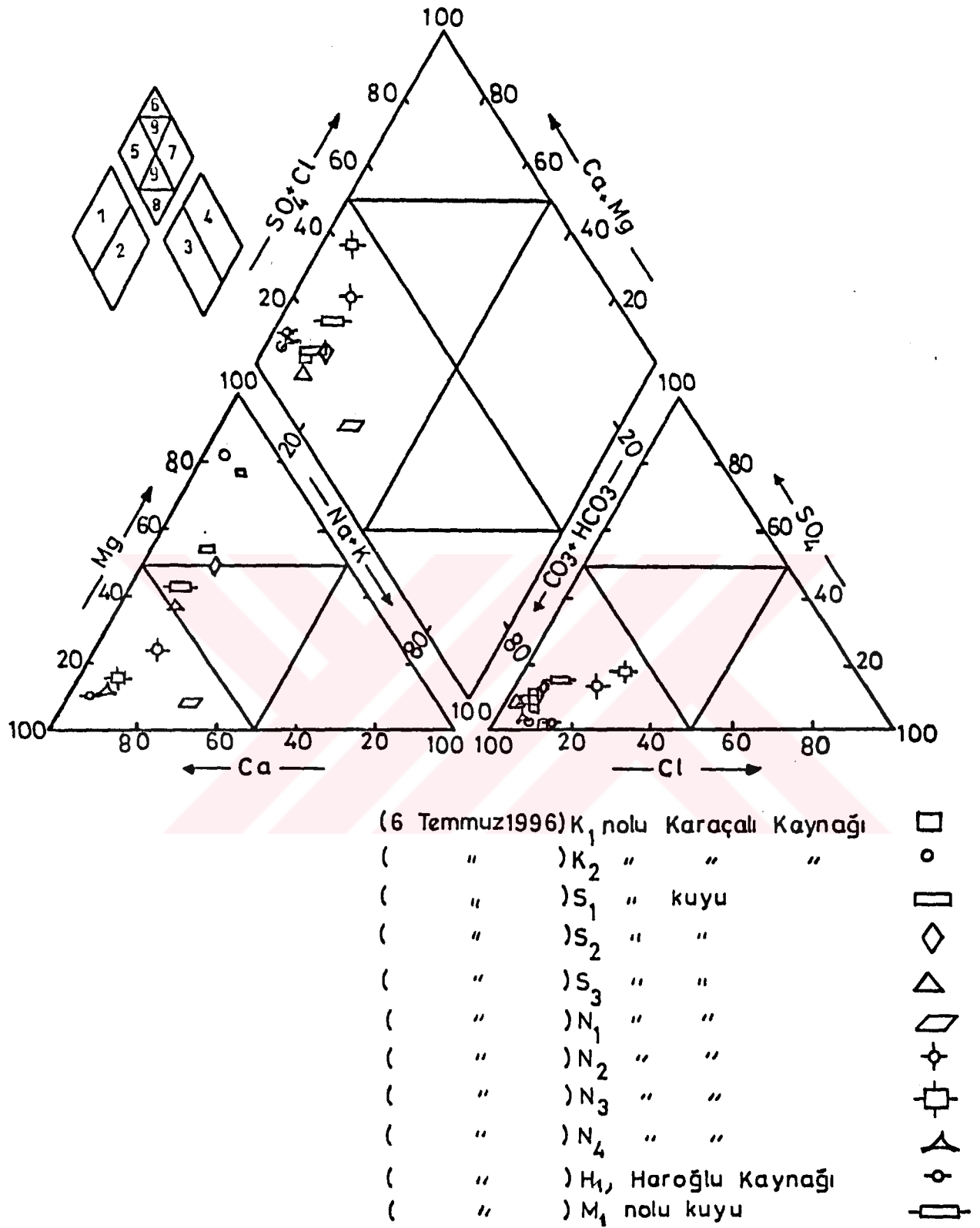
	Anyon	Kasyon
Haroğlu Kaynağı (30.10.1987)	■	□
K ₄ nolu Kuyu (23.10.1987)	●	○
S ₄ nolu Kuyu (23.10.1987)	▲	△
İ ₁ nolu Kuyu (14.10.1987)	●	○
616 nolu Kuyu (12.10.1990)	●	○
1733 nolu Kuyu (12.10.1990)	■	□
S ₁₄ nolu Kuyu (27.9.1990)	▬	▬
S ₆ nolu Kuyu (27.9.1990)	▬	▬
S ₁₁ nolu Kuyu (27.9.1990)	▬	▬

- I. BÖLGE = Magnezyumlu ve sülfatlı sular
 II. BÖLGE = Sodyumlu ve klorürlü sular
 III. BÖLGE = Kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular
 IV. BÖLGE = Karışık bileşimli sular

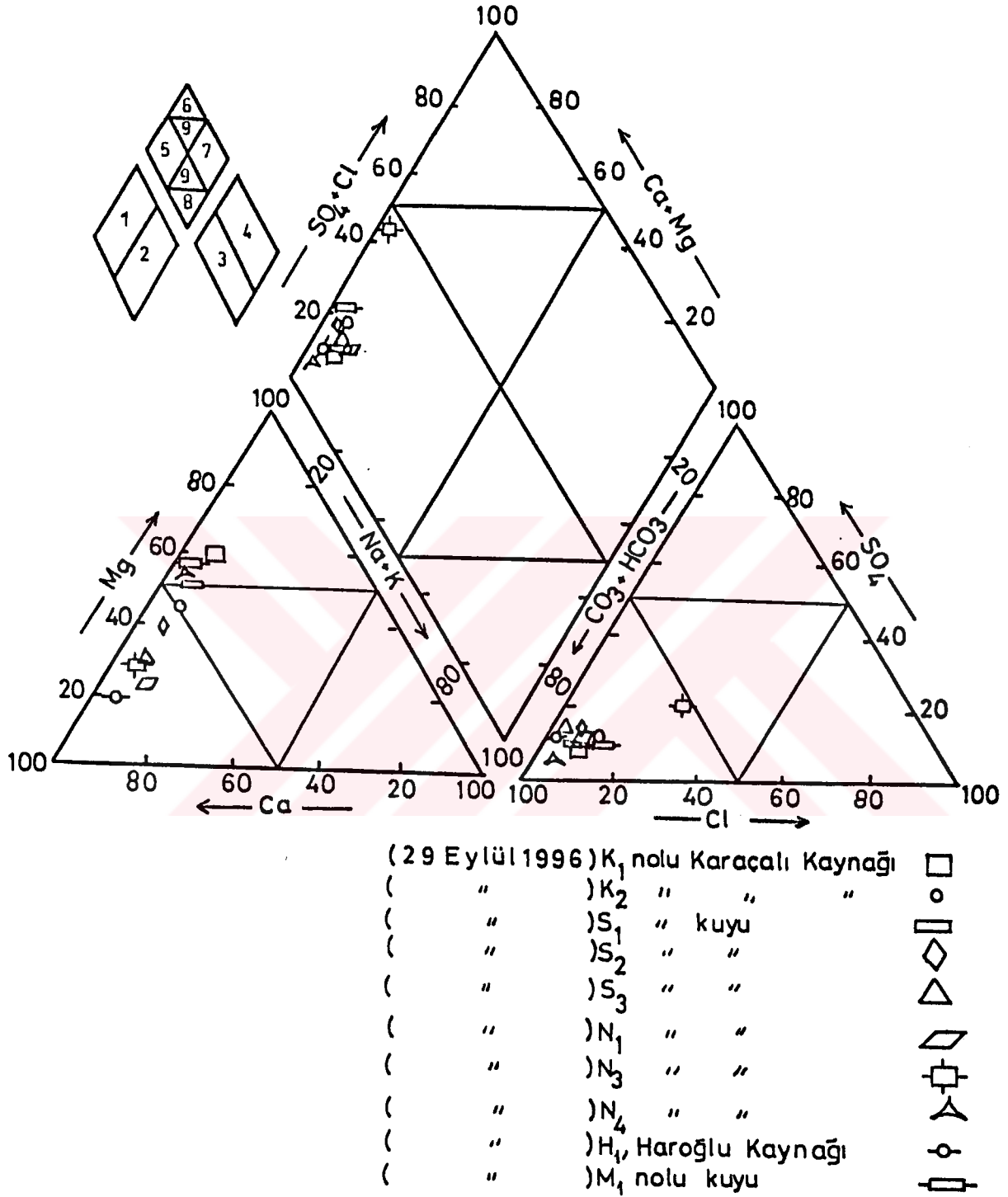
Şekil 28. İnceleme alanlarındaki kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen üçgen diyagramı .

Piper diyagram üzerindeki bölgelerin özellikleri şu şekilde açıklanmaktadır.

1. **Bölge sularının özellikleri:** Bu bölgeye düşen sularda toprak alkaliler, alkalilerden fazla olup,
 $Ca^{+2} + Mg^{+2} > Na^{+} + K^{+}$ 'dur.
 Bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır.
2. **Bölge sularının özellikleri:** Bu bölge sularında alkaliler toprak alkalilerden fazla olup,
 $Ca^{+2} + Mg^{+2} < Na^{+} + K^{+}$ 'dur.
 Bu sular tuzlu ve sodalı sulardır.
3. **Bölge sularının özellikleri:** Bu bölgede zayıf asitler, kuvvetli asitlerden fazla olup,
 $HCO_3^{-} + CO_3^{2-} > Cl^{-} + SO_4^{2-}$ 'dır
4. **Bölge sularının özellikleri:** Kuvvetli asitler, zayıf asitlerden fazla olup,
 $Cl^{-} + SO_4^{2-} > HCO_3^{-} + CO_3^{2-}$ 'tır.
5. **Bölge sularının özellikleri:** Karbonat sertliği % 50'den fazladır. Yani karbonat sertliği karbonat olmayan sertlikten büyüktür. Bunlar $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sulardır.
6. **Bölge sularının özellikleri:** Karbonat olmayan sertlik % 50'den fazla olup, karbonat sertliğinden büyüktür. Karbonat sertliği < karbonat olmayan sertlik. Bu bölgedeki sular $CaCO_3$ ve $MgSO_4$ 'lü sulardır.
7. **Bölge sularının özellikleri:** Bu bölgede karbonatlı olmayan alkaliler % 50'den fazladır. Yani karbonatlı alkalilerden büyüktür.
 Karbonatlı alkaliler < Karbonat olmayan alkaliler.
 Bunlar $NaCl$, $NaSO_4$ ve KCl 'lü sulardır.
8. **Bölgede;** Karbonatlı alkaliler % 50'den fazladır. Yani karbonatlı alkaliler, karbonat olmayan alkalilerden büyüktür. Bunlar Na_2CO_3 ve K_2CO_3 'lü sulardır.
9. **Bölgede;** Hiç bir iyonu % 50'yi geçmeyen sular bulunur.



Şekil 29. İnceleme alanları içerisinde bulunan kaynak ve kuyu sularının Piper diyagramı.



Şekil 30. İnceleme alanları içerisinde bulunan kaynak ve kuyu sularının Piper diyagramı.

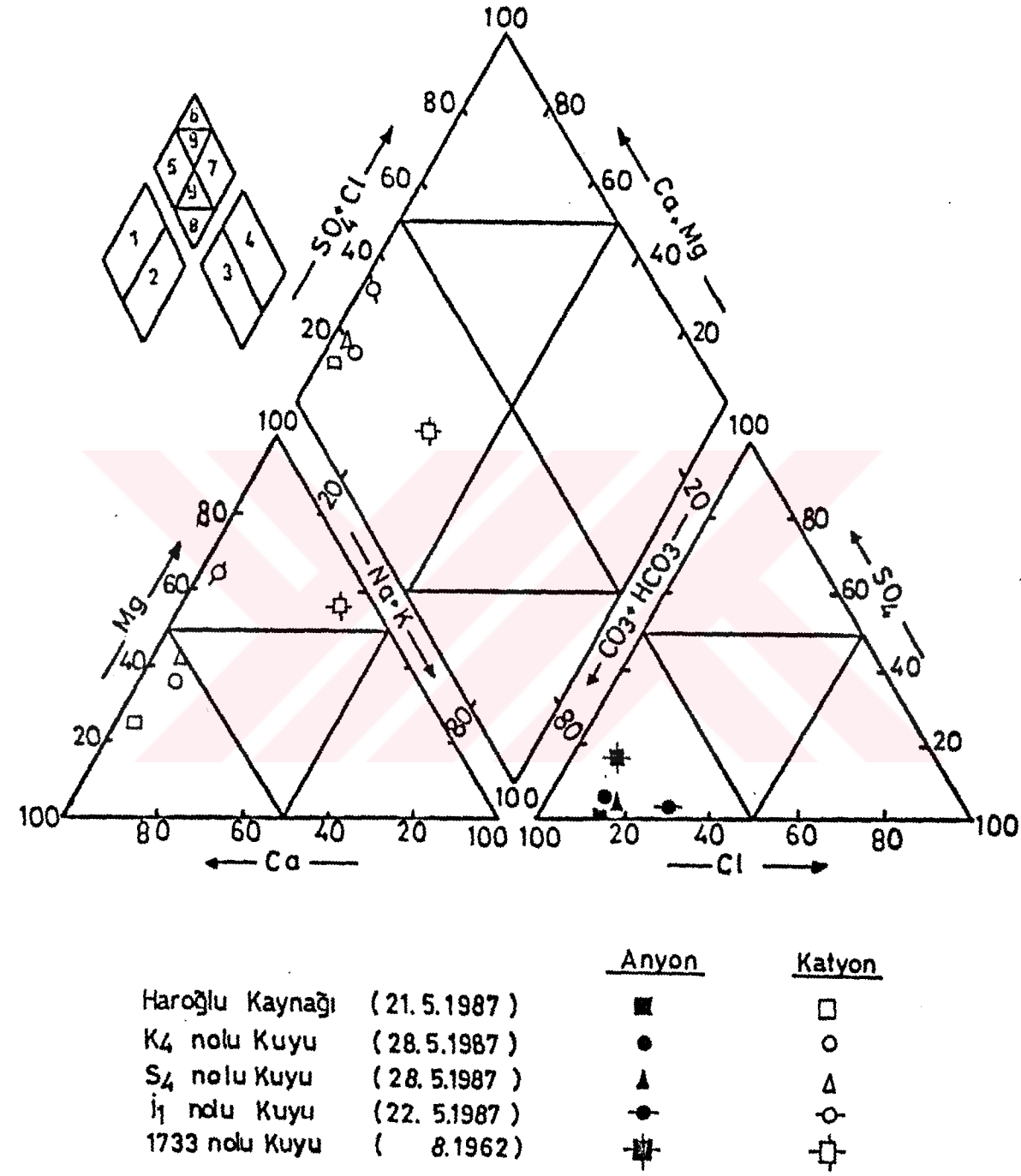
Çizelge 12. Kaynak ve kuyu sularının Piper diyagramında bulunduğu bölgeler (6 Temmuz 1996).

Kaynak adı ve kuyu numarası	Suların bulunduğu bölgeler
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	5., 1. ve 3. bölgeler
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	"
Haroğlu Kaynağı (H ₁)	"
S ₁ nolu kuyu	"
S ₂ nolu kuyu	"
S ₃ nolu kuyu	"
N ₁ nolu kuyu	"
N ₂ nolu kuyu	"
N ₃ nolu kuyu	"
N ₄ nolu kuyu	"
M ₁ nolu kuyu	"

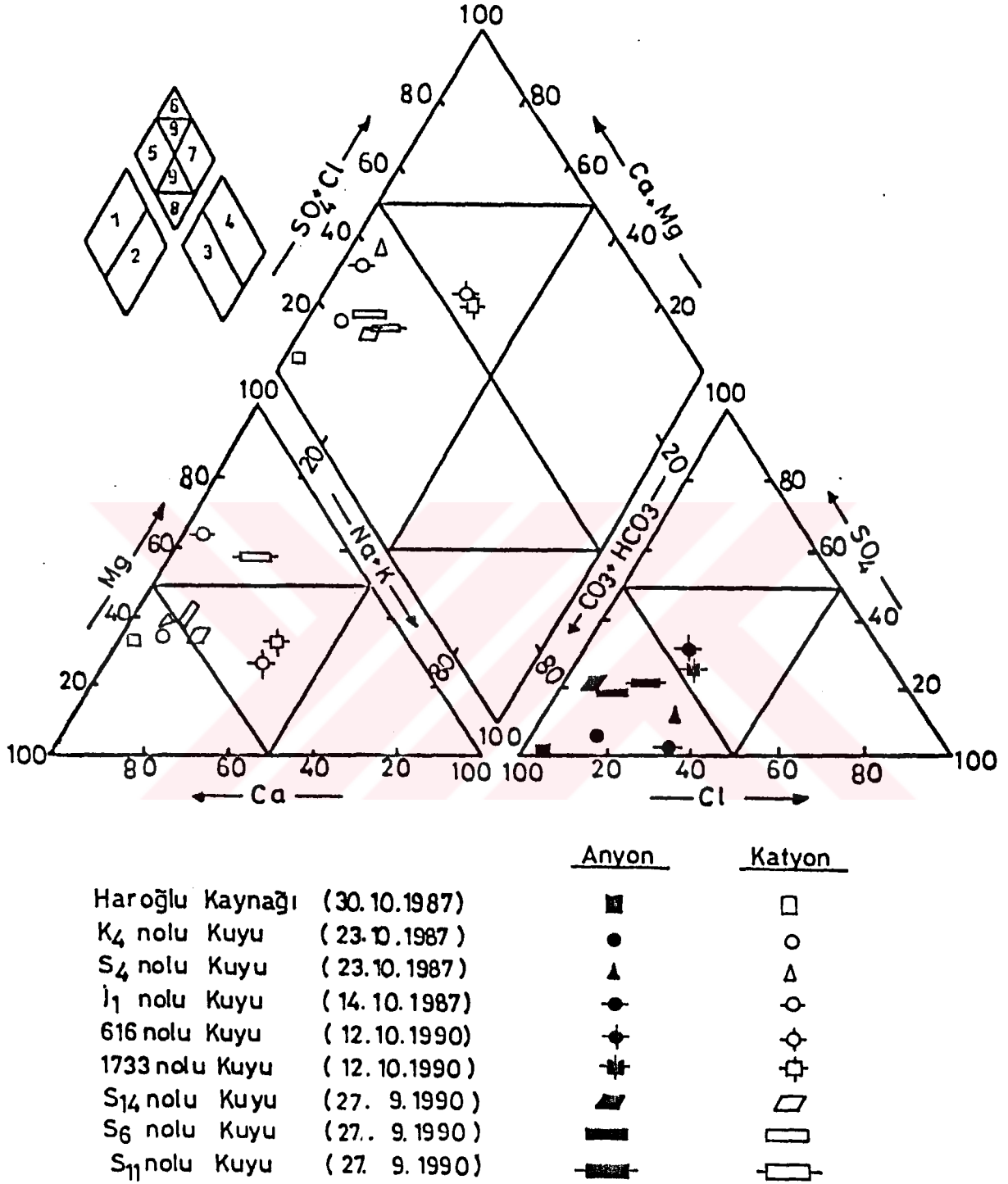
Temmuz, Eylül - 1996 tarihlerinde incelenen kuyu ve kaynak suları Piper diyagramında bulunduğu bölgelere bağlı olarak şu özellikleri göstermektedirler:

Suların karbonat sertliği % 50'den fazladır. Sulardaki $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ olup, bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca suların zayıf asitleri, kuvvetli asitlerden fazla olup $\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^{-} + \text{SO}_4^{2-}$ 'dir. Yani sulardaki hakim iyonlar kalsiyum, magnezyum ve bikarbonattır.

1996 yılında Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında incelenen kaynak ve kuyulara yakın noktalarda bulunan kaynak ve kuyu sularının analiz sonuçlarına göre çizilen Piper diyagramları da Şekil 31, 32'de verilmiştir. Yeraltı sularının yüksek olduğu dönemde sular, Mayıs - 1996 tarihine benzer şekilde 5., 1. ve 3. bölgelerde bulunmaktadır. Suların en alçak olduğu dönemde de benzer özellikler görülmektedir. Sadece bu dönemde Pliyosen silt ve kumtaşıdan beslenen 616 ve 1733 nolu kuyu suları 9. bölgede bulunmaktadır. Bu bölgede hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen sular bulunmaktadır.



Şekil 31. İnceleme alanlarında bulunan kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Piper diyagramı.



Şekil 32. İnceleme alanlarında bulunan kaynak ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Piper diyagramı.

6.2.3.4. Sütun diyagramlar

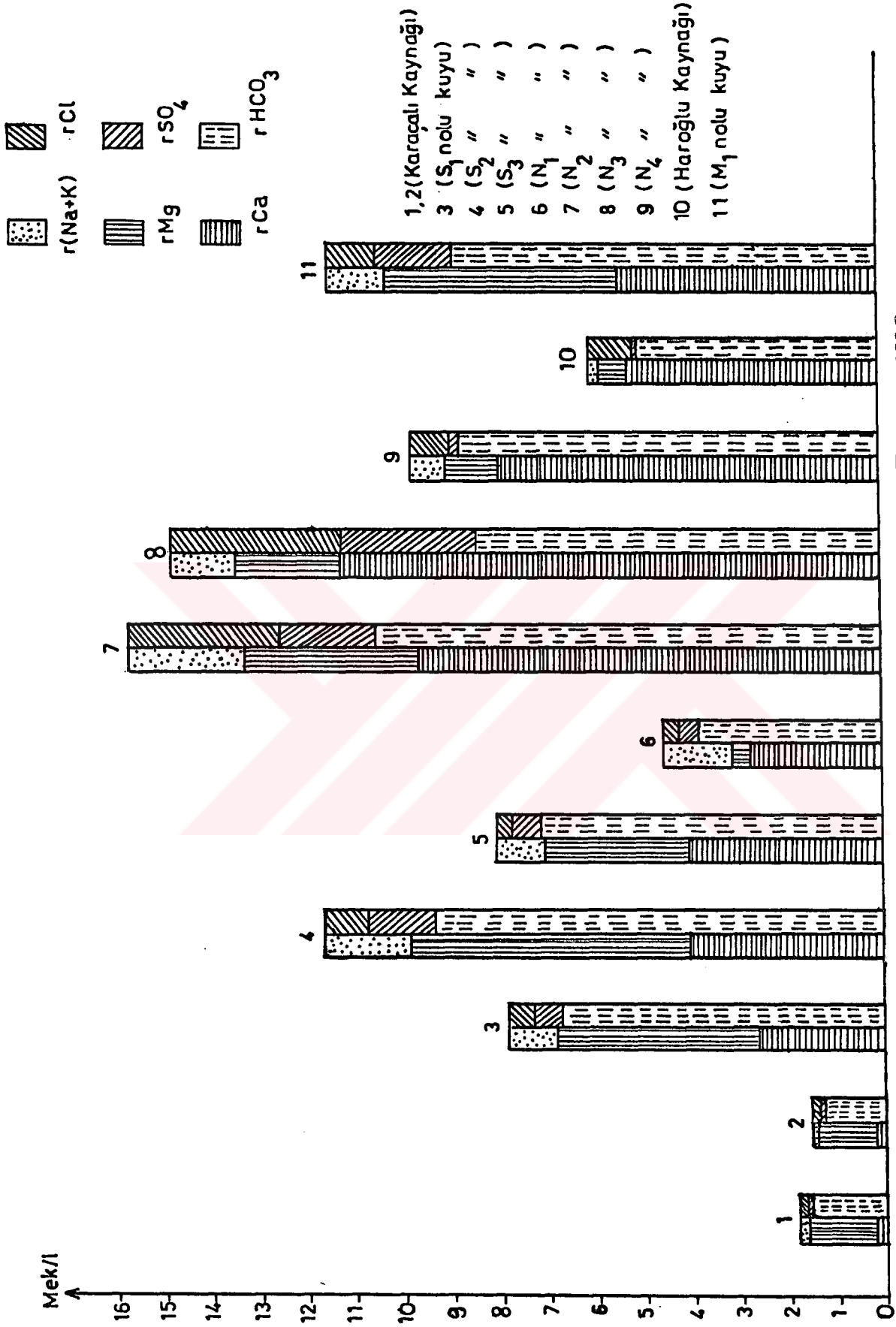
Kaynak ve kuyu sularındaki iyonların miliekivalen değerlerinden yararlanılarak sütun diyagramlar çizilmiştir (Şekil 33, 34). Bu diyagramlarda sütunun sağ tarafında anyonlar, sol tarafında ise katyonlar bulunmaktadır. Temmuz-1996 dönemine ait diyagramlarda, kaynaklardan iyon içeriği en fazla olan Haroğlu Kaynağı, en az olanı ise 2 nolu Karaçalı Kaynağı'dır. Karaçalı Kaynakları magmatik kayalardan beslendiği için mineralizasyon düşük; Haroğlu Kaynağı sedimenter kayalardan beslendiği için suların mineralizasyonu yüksektir. Kuyularda ise iyon içeriği en fazla olan N₂ nolu kuyu, en az olanı ise N₁ nolu kuyudur. Yeraltı suyu seviyesinin en alçak olduğu dönemde yine iyon içeriği en fazla olan kaynak Seske Formasyonu'nun kireçtaşlarından beslenen Haroğlu Kaynağı, iyon içeriği en fazla olan kuyu ise N₃ nolu kuyudur.

Şekil 35, 36'da geçmiş yıllarda yapılan analiz sonuçlarına göre kaynak ve kuyu sularının sütun diyagramları verilmiştir. Suların en yüksek olduğu döneme ait diyagramlarda iyon içeriği en fazla olan İ₁ nolu kuyu, Eylül dönemine ait diyagramda ise 616 nolu kuyudur (Şekil 35, 36).

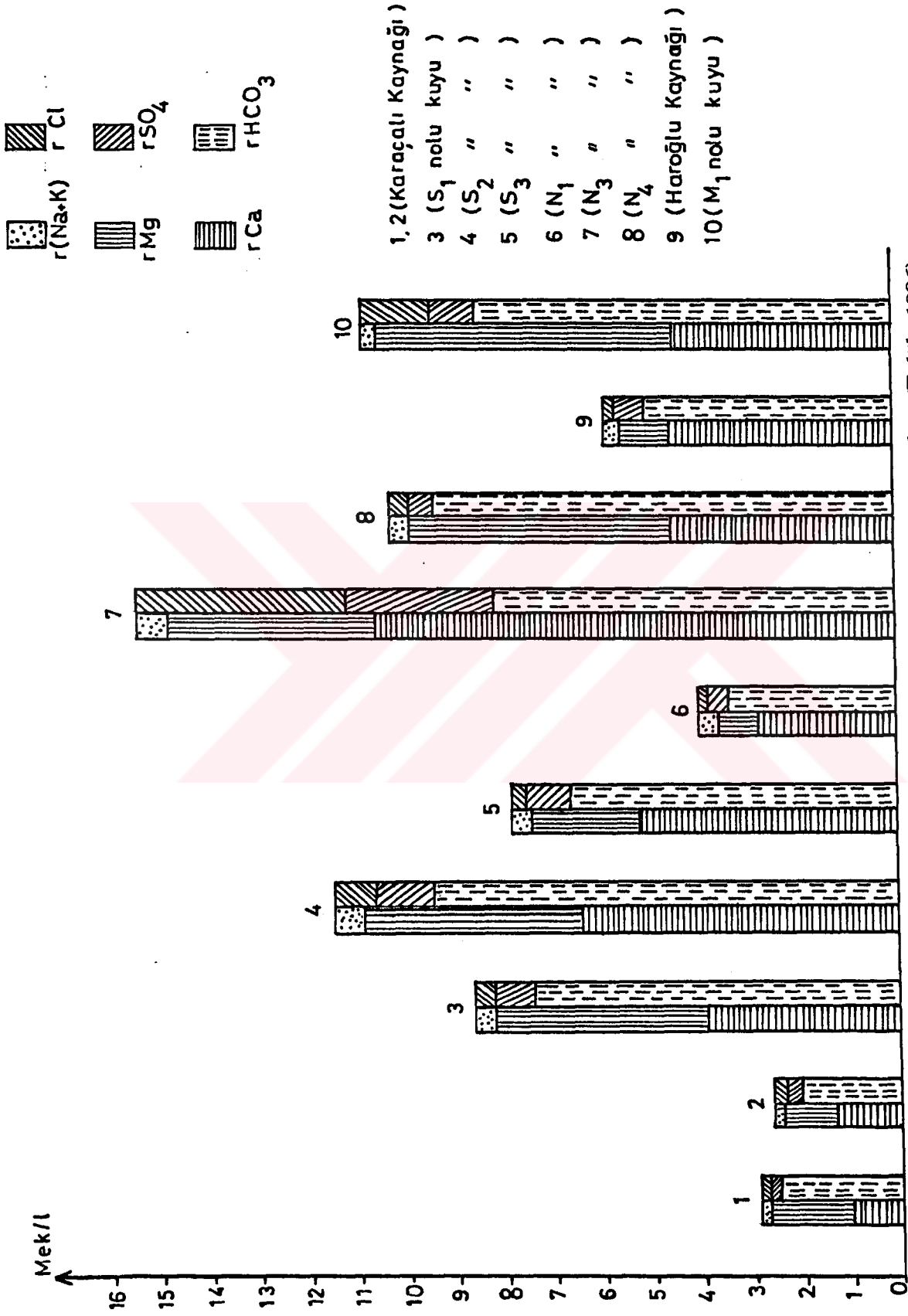
Birbirlerine yakın noktalarda bulunan ve Keban Metamorfitleri'nden beslenen İ₁ ve N₃ nolu kuyuların iyon içerikleri en fazladır İ₁ nolu kuyu suyunda magnezyum iyonu, kalsiyum iyonundan fazladır. Bu durum, Keban metamorfitlerine ait kristalize kireçtaşları içerisinde yer yer dolomitleşmenin olmasından kaynaklanmaktadır (Çetindağ, 1989).

Sütun diyagramlarda da kuyu ve kaynak sularında en fazla bulunan iyonlar kalsiyum, magnezyum ve bikarbonattır. Karaçalı Kaynakları'nda mineralizasyon Eylül ayında, Temmuz ayına oranla daha fazladır.

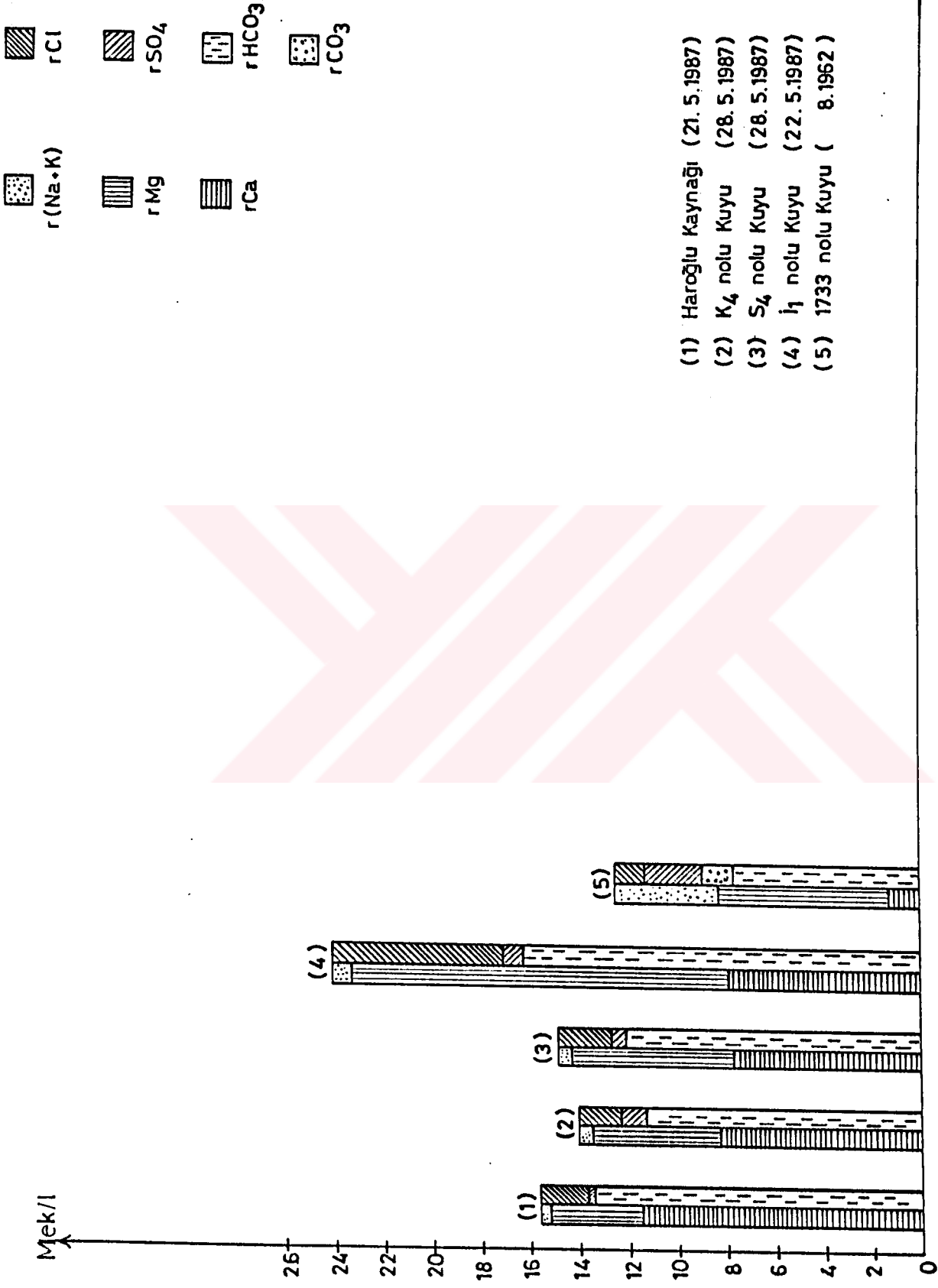
Sütun diyagramlar yardımıyla sulardaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri hesaplanmıştır. Sulardaki tuzların % değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanışı Çizelge 13, 14, 15, 16'da verilmiştir. İncelenen kaynak ve kuyu sularında genel olarak en fazla bulunan tuzlar Ca (HCO₃)₂, Mg(HCO₃)₂ en az bulunan tuzlar ise NaCl ve KCl'dir.



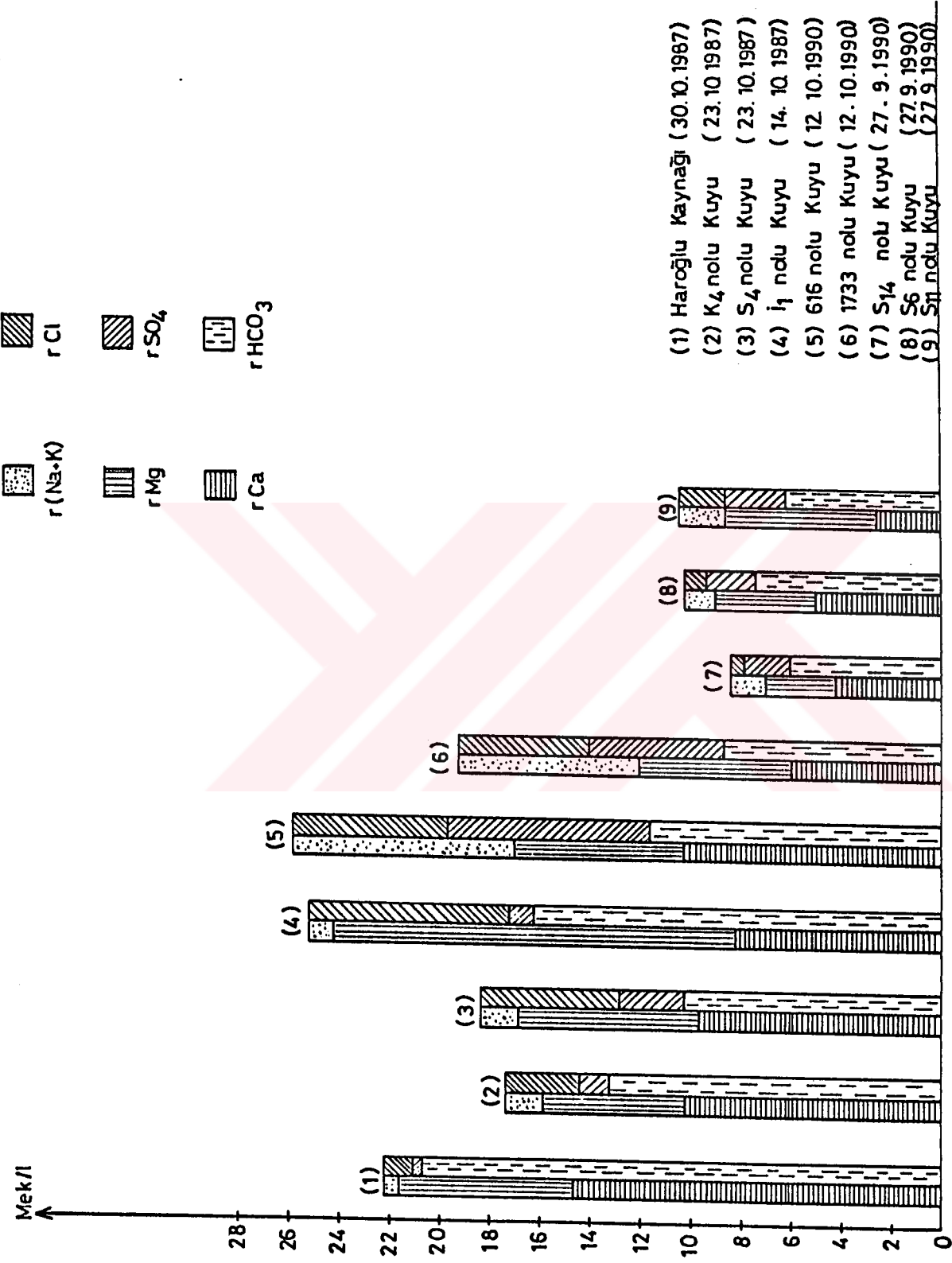
Şekil 33. Kaynak ve kuyu sularının sütun diyagramları (Temmuz - 1996).



Şekil 34. Kaynak ve kuyu sularının sütun diyagramları (Eylül - 1996).



Şekil 35. Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen sütun diyagramları.



Şekil 36. Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen sütun diyagramları.

Çizelge 13. Temmuz - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri ,

Numune Adı	Ca (HCO ₃) ₂ %	Mg (HCO ₃) ₂ %	MgSO ₄ %	MgCl ₂ %	NaCl %	NaHCO ₃ %	Na ₂ SO ₄ %	KCl %	CaSO ₄ %	CaCl ₂ %
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	10.87	75.99	0.11	1.07	11.85	-	-	0.11	-	-
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	13.33	76.30	0.13	4.70	5.33	-	-	0.21	-	-
S ₁ nolu kuyu	33.16	52.11	2.23	-	6.46	-	5.78	0.26	-	-
S ₂ nolu kuyu	34.24	45.76	4.58	-	7.64	-	7.77	0.01	-	-
S ₃ nolu kuyu	50.12	37.60	0.49	-	3.99	-	7.78	0.02	-	-
N ₁ nolu kuyu	60.35	8.62	-	-	5.48	17.79	7.76	-	-	-
N ₂ nolu kuyu	61.62	4.88	13.29	5.19	14.51	-	-	0.51	-	-
N ₃ nolu kuyu	57.07	-	0.79	14.32	9.18	-	-	0.14	18.50	-
N ₄ nolu kuyu	80.96	8.53	1.95	0.68	7.00	-	-	0.88	-	-
Haroğlu Kaynağı	85.50	-	-	10.07	2.35	-	-	0.33	0.03	1.72
M ₁ nolu kuyu	47.12	28.99	13.42	-	10.08	-	0.21	0.18	-	-

Çizelge 14. Eylül - 1996 döneminde kaynak ve kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri .

Numune Adı	Ca (HCO ₃) ₂ %	Mg (HCO ₃) ₂ %	MgSO ₄ %	MgCl ₂ %	NaCl %	Na ₂ SO ₄ %	KCl %	CaSO ₄ %
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	35.83	49.22	7.65	0.76	6.30	-	0.24	-
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	49.86	28.78	10.88	3.08	7.12	-	0.28	-
S ₁ nolu kuyu	45.42	40.05	9.40	0.26	4.48	-	0.39	-
S ₂ nolu kuyu	55.81	26.79	10.37	1.22	5.28	-	0.53	-
S ₃ nolu kuyu	66.40	18.71	10.25	-	2.54	1.45	0.65	-
N ₁ nolu kuyu	69.05	14.69	6.17	-	4.76	4.18	1.15	-
N ₃ nolu kuyu	52.79	-	4.41	23.68	3.12	-	0.35	15.65
N ₄ nolu kuyu	44.04	47.06	4.56	0.73	3.07	-	0.54	-
Haroğlu Kaynağı	77.88	8.54	9.15	-	2.40	1.14	0.89	-
M ₁ nolu kuyu	41.05	37.26	8.84	10.32	2.27	-	0.26	-

Çizelge 15. Geçmiş yıllara ait analiz neticelerine göre Haroğlu Kaynağı ile bazı kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri (Mayıs - Temmuz dönemi) .

Kaynak Adı Kuyu No	Tarih	Ca (HCO ₃) ₂ %	Mg (HCO ₃) ₂ %	MgSO ₄ %	MgCl ₂ %	NaCl %	Na ₂ SO ₄ %	KCl %	MgCO ₃ %	Na ₂ CO ₃ %
Haroğlu Kaynağı	21.5.1987	72.55	13.26	1.16	11.09	1.68	-	0.26	-	-
Haroğlu Kaynağı	27.7.1987	73.41	15.40	1.41	7.54	1.88	-	0.36	-	-
K ₄	28.5.1987	58.74	21.72	7.18	7.52	4.41	-	0.43	-	-
S ₄	28.5.1987	51.00	29.48	5.56	9.02	4.67	-	0.27	-	-
İ ₁	22.5.1987	32.16	35.43	3.53	26.03	2.35	-	0.50	-	-
1733	8.1962	9.68	52.21	-	-	8.80	19.22	0.97	4.24	4.88

Çizelge 16. Geçmiş yıllara ait analiz neticelerine göre Haroğlu Kaynağı ile bazı kuyu sularındaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri (Eylül-Ekim dönemi).

Kaynak Adı Kuyu No	Tarih	Ca (HCO ₃) ₂ %	Mg (HCO ₃) ₂ %	MgSO ₄ %	MgCl ₂ %	NaCl %	Na ₂ SO ₄ %	KCl %
Haroğlu Kaynağı	30.10.1987	66.09	27.13	1.54	2.80	1.99	-	0.45
K ₄	23.10.1987	58.76	17.79	6.90	6.93	9.16	-	0.46
S ₄	23.10.1987	51.90	3.68	14.22	21.38	6.75	-	2.07
İ ₁	14.10.1987	32.20	32.12	4.36	27.44	3.01	-	0.87
616	12.10.1990	39.49	5.67	20.35	-	23.29	10.35	0.85
1733	12.10.1990	31.77	12.62	19.04	-	27.33	8.30	0.94
S ₆	27.09.1990	48.67	23.80	14.65	-	7.06	5.01	0.81
S ₁₁	27.09.1990	25.19	34.89	22.25	-	16.24	0.68	0.75
S ₁₄	27.09.1990	49.75	21.61	10.74	-	5.70	10.97	1.23

6.2.3.5. Dairesel diyagram

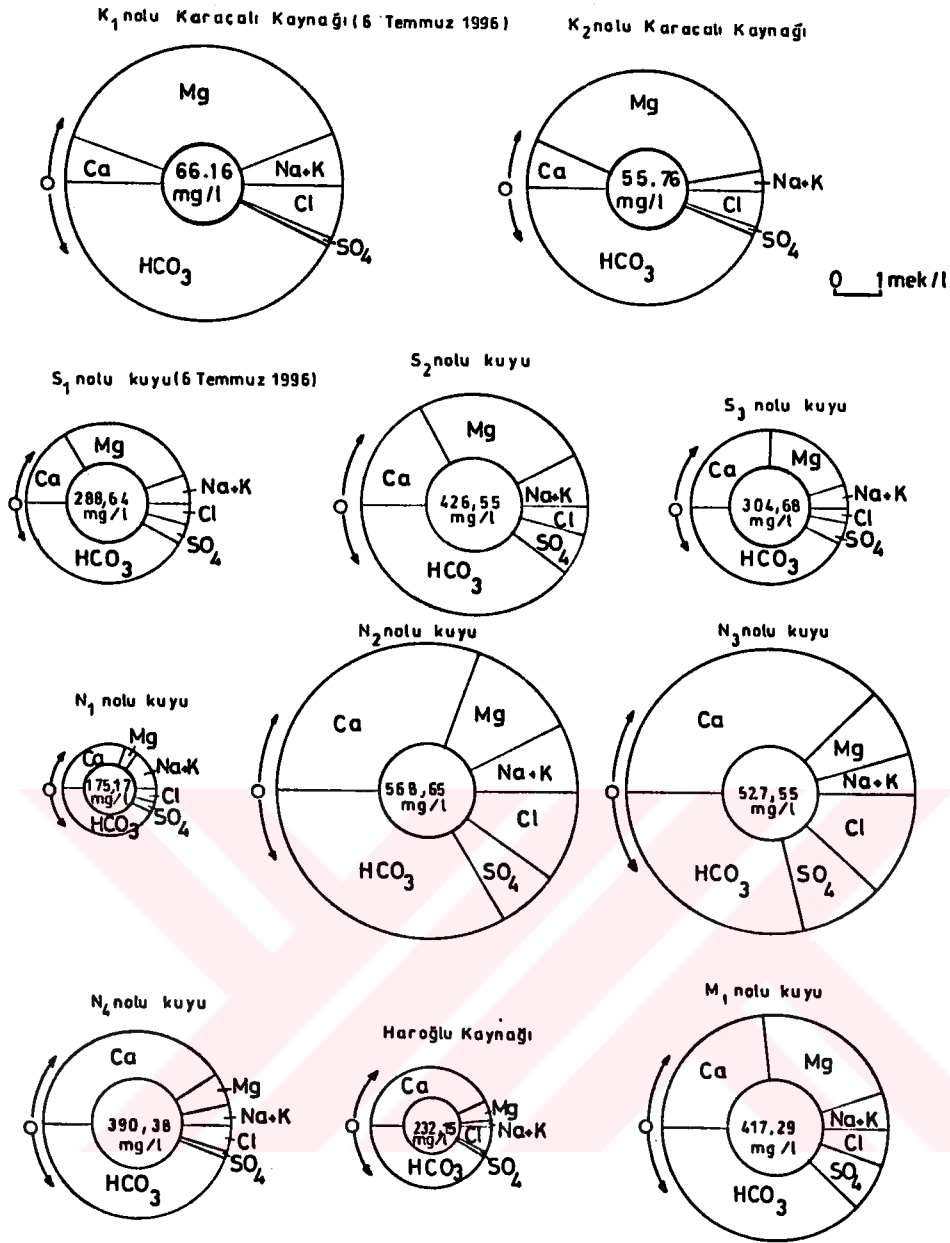
Kaynak ve kuyu sularındaki iyonların miliekivalen değerlerine bağlı olarak dairesel diyagramlar çizilmiştir (Şekil 37, 38, 39, 40, 41, 42). Bu diyagramlarda yarıçap sudaki toplam iyonlaşmayı gösterir.

Karaçalı Kaynakları'nın toplam iyonlaşma oldukça düşük olduğundan bu kaynakların anyon-kasyon dairelerinin yarıçap ölçeği diğer kaynak ve kuyulardan daha farklı bir ölçekle gösterilmiştir.

Haroğlu Kaynağı'nın 1996 ve 1990 yıllarında yeraltı sularının en alçak olduğu Eylül ve Ekim aylarında çizilen dairesel diyagramlarının yarıçapları yaklaşık olarak aynı büyüklüktedir. 1987 yılına ait dairesel diyagramın yarıçapı ise bunlara göre farklı büyüklüktedir. Aynı formasyonlardan beslenmelerine rağmen daire yarıçaplarının farklı olması numunelerin farklı noktalardan alınmış olmalarına bağlanabilir. Aynı durum Karaçalı Kaynakları için de geçerlidir.

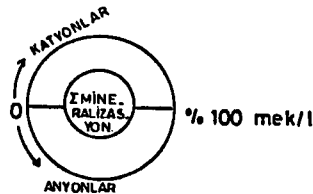
Elazığ Magmatitleri ile Maden Karmaşığı'ndan beslenen S₁ ve S₂ nolu kuyu sularının dairesel diyagramlarının yarıçaplarının büyüklükleri birbirine benzemektedir. Keban Metamorfitleri'ne ait kristalize kireçtaşlarından beslenen İ₁, S₁₁ ve N₄ nolu kuyu sularında % r Mg⁺² miktarı, % r Ca⁺² miktarından fazladır. Buna karşılık yine Keban Metamorfitleri'nden beslenen K₄ nolu kuyu suyunda ise $rCa^{+2} > \% r Mg^{+2}$ 'dur.

Genel olarak bir havzada, beslenme bölgesinden boşalma bölgesine doğru iyonların miliekivalen değerleri toplamı artmakta, buna bağlı olarak dairelerin yarıçapları büyümektedir (Çetindağ, 1989). Aynı havza içinde bulunan N₁, 1733 ve 616 nolu kuyu sularının dairesel diyagram yarıçaplarının farklı büyüklükte olması N₁ nolu kuyu suyunun havzanın beslenme bölgesinde, 616 ve 1733 nolu kuyuların ise boşalma bölgesinde olmalarına bağlı olabilir.



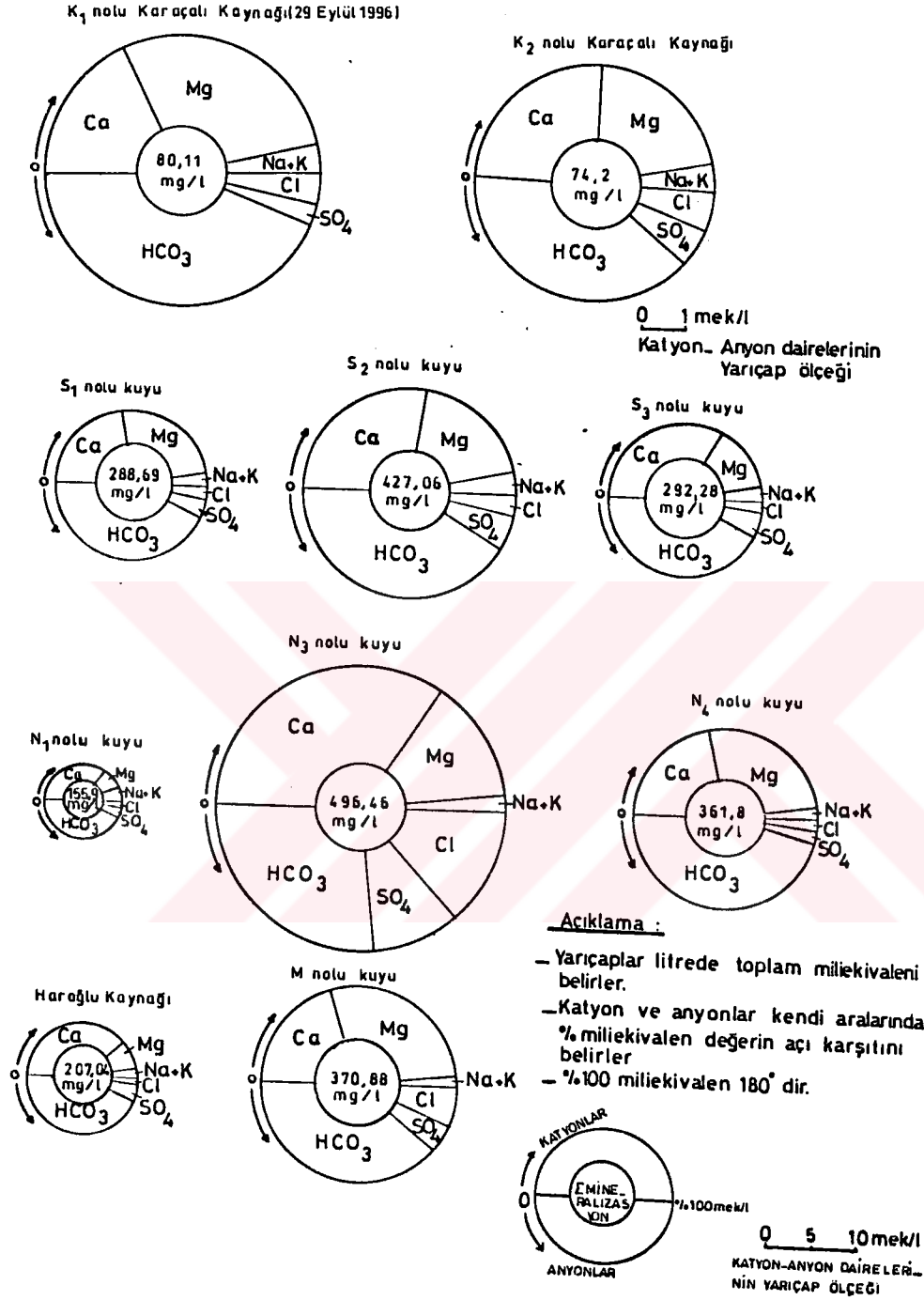
Açıklama :

- Yarıçaplar litrede toplam miliekiivaleni belirler
- Katyon ve anyonlar kendi aralarında % miliekiivalen değerin açışısını belirler.
- % 100 miliekiivalen 180° dir.

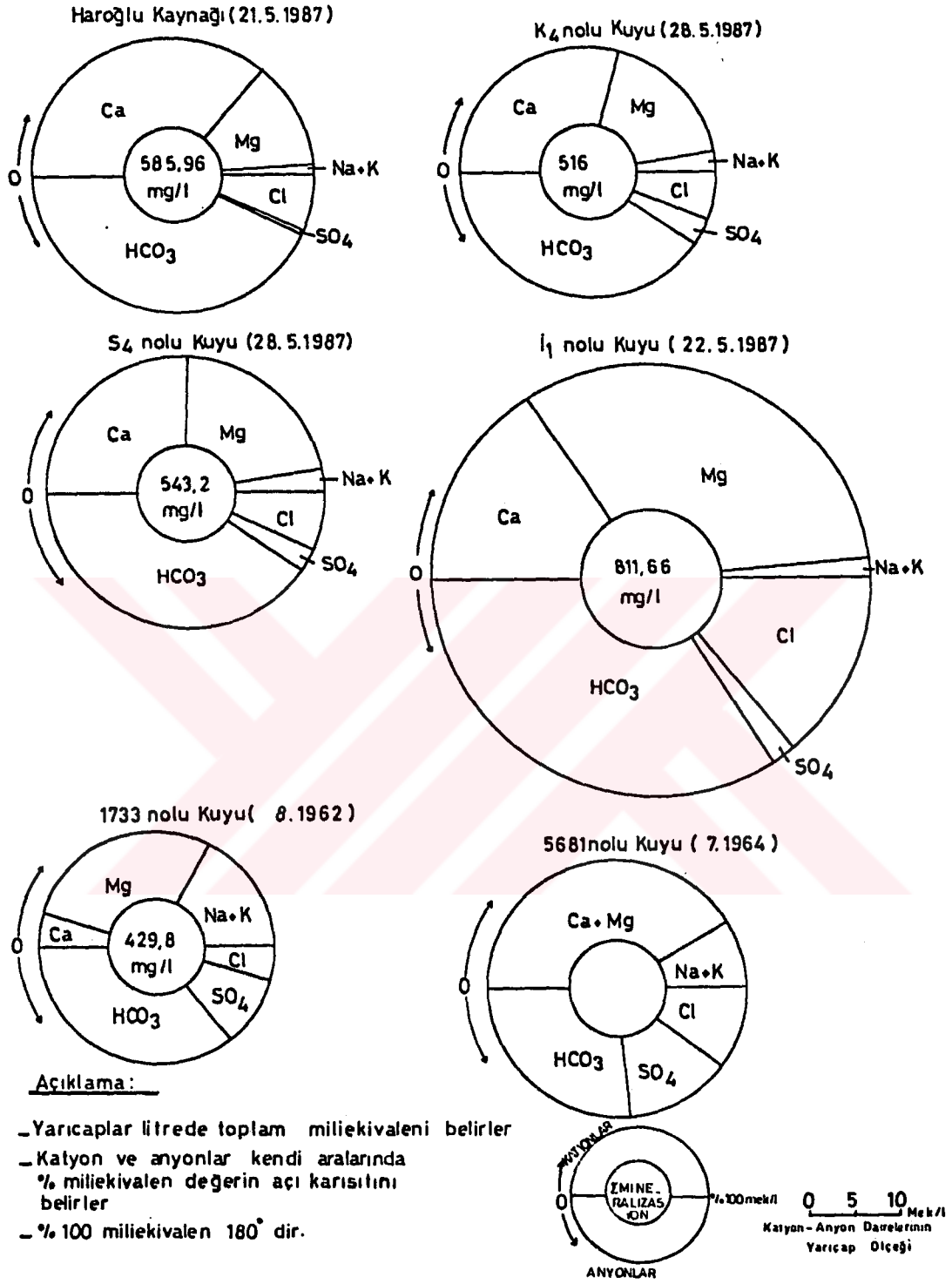


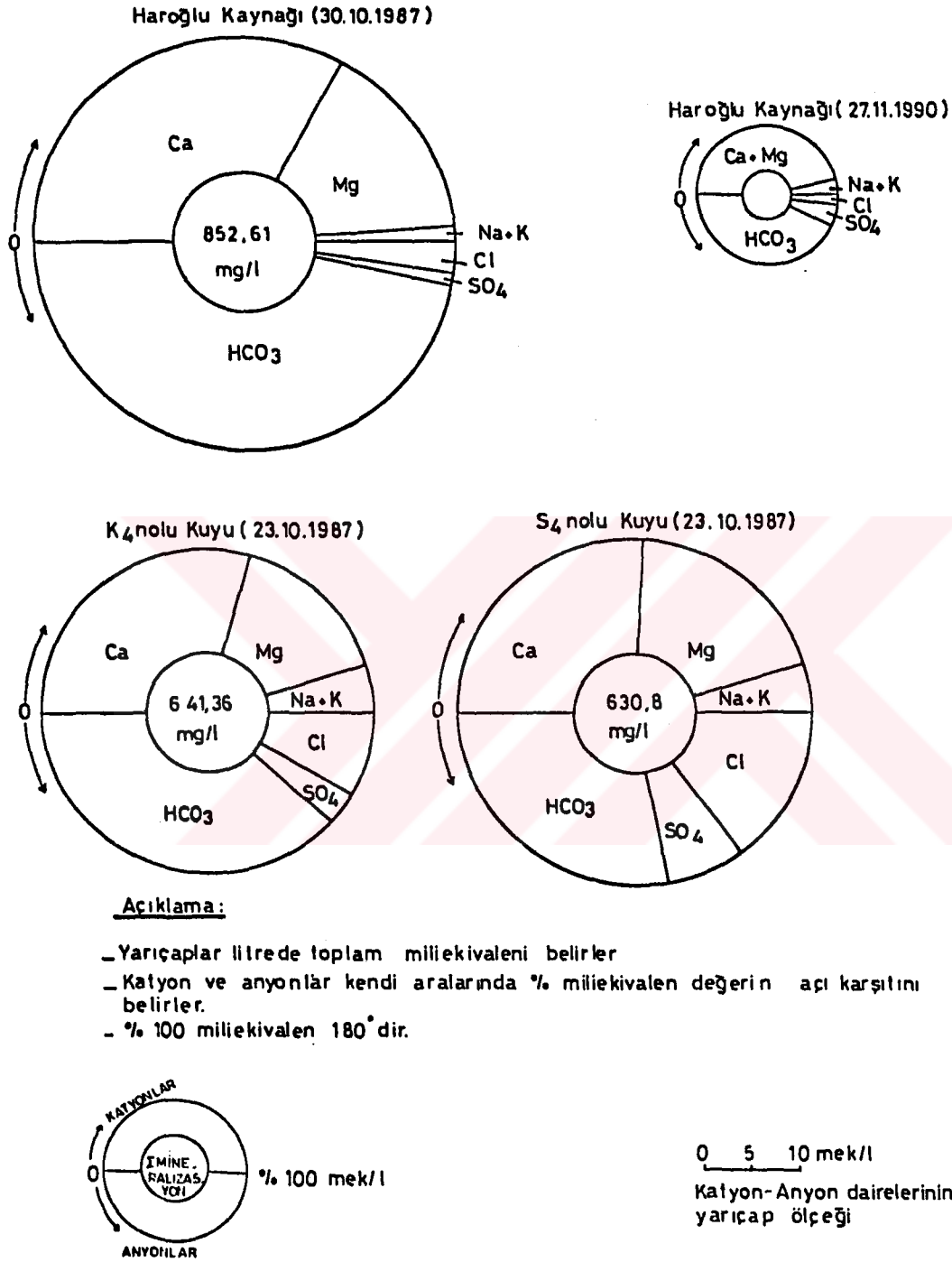
0 5 10 mek/l
Katyon-Anyon dairelerinin
yarıçap ölçeği

Şekil 37. Kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 tahlillerine göre çizilen dairesel diyagramları.

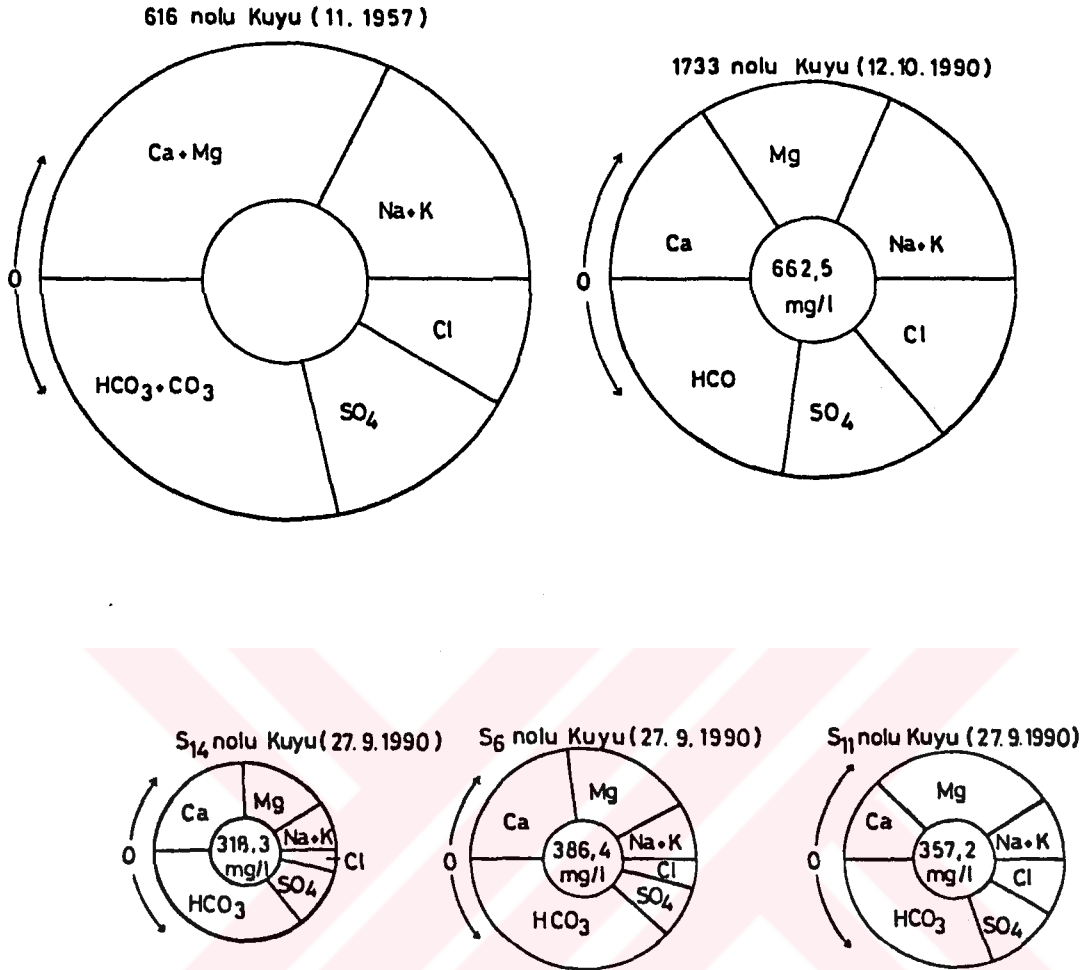


Şekil 38. Kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 tahlillerine göre çizilen dairesel diyagramları.



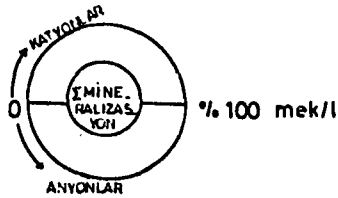


Şekil 40. Haroğlu Kaynağı ve inceleme alanları içerisinde bulunan bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen dairesel diyagramları.



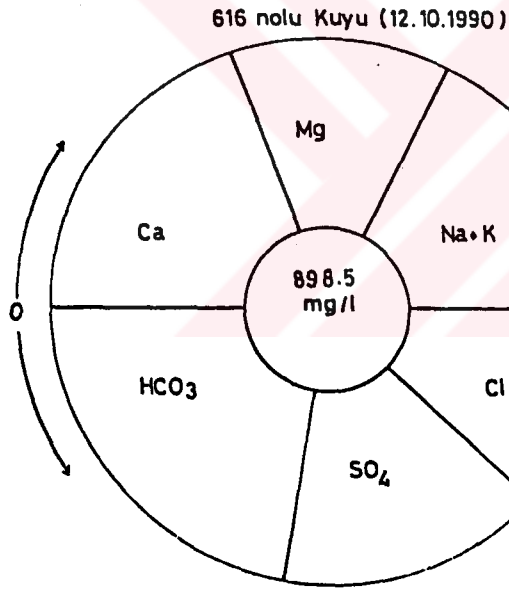
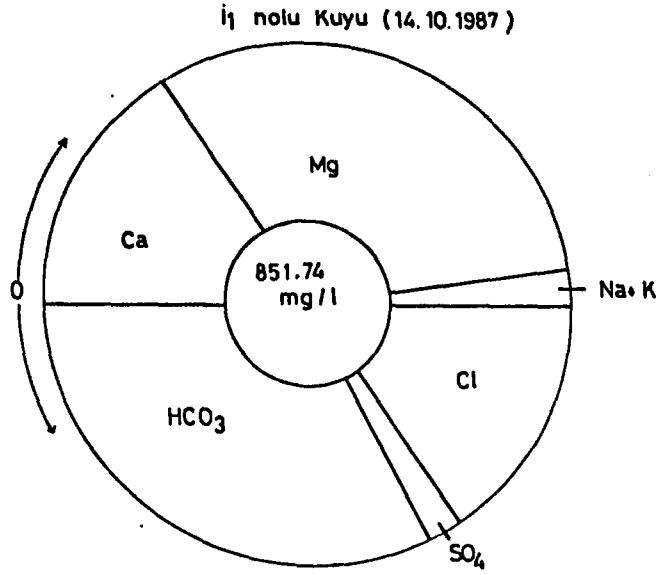
Açıklama :

- Yarıçaplar litrede toplam miliekivaleni belirler
- Katyon ve anyonlar kendi aralarında % miliekivalen değerini açı karşısını belirler.
- % 100 miliekivalen 180° dir.



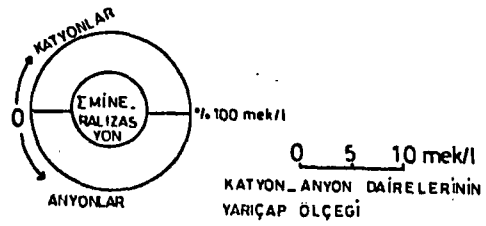
0 5 10 mek/l
Katyon-Anyon dairelerinin
yarıçap ölçeği

Şekil 41. Bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen dairesel diyagramları.



Açıklama :

- Yarıçaplar litrede toplam miliekiivaleni belirler.
- Kation ve anyonlar kendi aralarında % miliekiivalen değerin açısı karşılığı belirler.
- % 100 miliekiivalen 180° dir.



Şekil 42. Bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen dairesel diyagramları.

6.2.3.6. Suların içilebilme diyagramı

Kaynak ve kuyu sularının içilebilme özelliklerini araştırmak amacıyla Schoeller'in yaptığı sınıflamaya göre suların içilebilme diyagramları çizilmiştir (Şekil, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49).

Suların içilebilme diyagramında Eylül - 1996 tahlillerine göre Elazığ Magmatitleri ile Maden Karmaşığı'ndan beslenen K₁, K₂ nolu kaynaklar ile S₁ ve S₃ nolu kuyu suları "Devamlı içilebilen 1. kalite sular", Hazar-Maden Karmaşığı'ndan beslenen S₂ nolu kuyu suyu ise "Devamlı içilebilen 2. kalite sular" sınıfındadır (Şekil 45). Aynı dönem tahlil sonuçlarına göre Kırkgeçit Formasyonu'ndan beslenen N₃ nolu kuyu ile Pliyosen oluşukları ile Keban Metamorfitleri'nden beslenen M₁ nolu kuyu suları "Devamlı içilebilen 2. kalite sular", Seske Formasyonu'ndan beslenen Haroğlu Kaynağı, Pliyosen oluşuklarından beslenen N₁ nolu kuyu ile Keban Metamorfitleri'nden beslenen N₄ nolu kuyu suları "Devamlı içilebilen 1. kalite sular" sınıfında bulunmaktadırlar (Şekil 46).

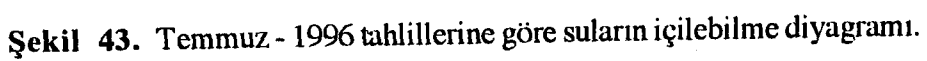
Geçmiş yıllara ait tahlil sonuçlarına göre ise sadece Keban Metamorfitlerinden beslenen İ₁ nolu kuyu suyu "Devamlı içilebilen 3. kalite sular" sınıfında bulunmaktadır. Diğer kuyu suları ise 1. ve 2. kalite sular sınıfında yer almaktadır (Şekil 47, 48, 49).

6.2.3.7. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

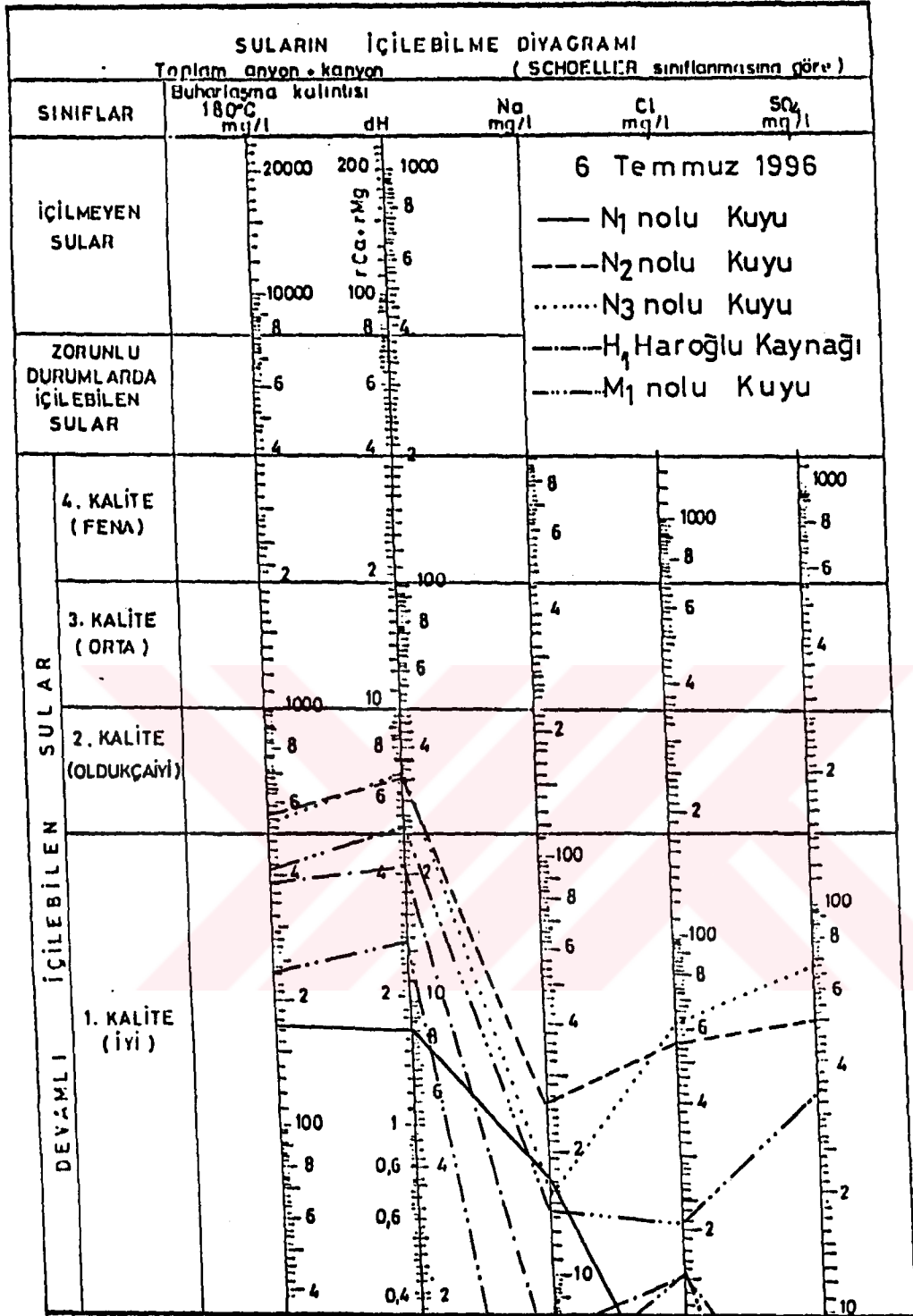
ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı kaynak ve kuyu sularının sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve elektrik iletkenlik (EC) değerleri hesaplanarak çizilmiştir. SAR değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$SAR = \frac{r \text{ Na}^+}{\sqrt{\frac{r \text{ Ca}^{+2} + r \text{ Mg}^{+2}}{2}}}$$

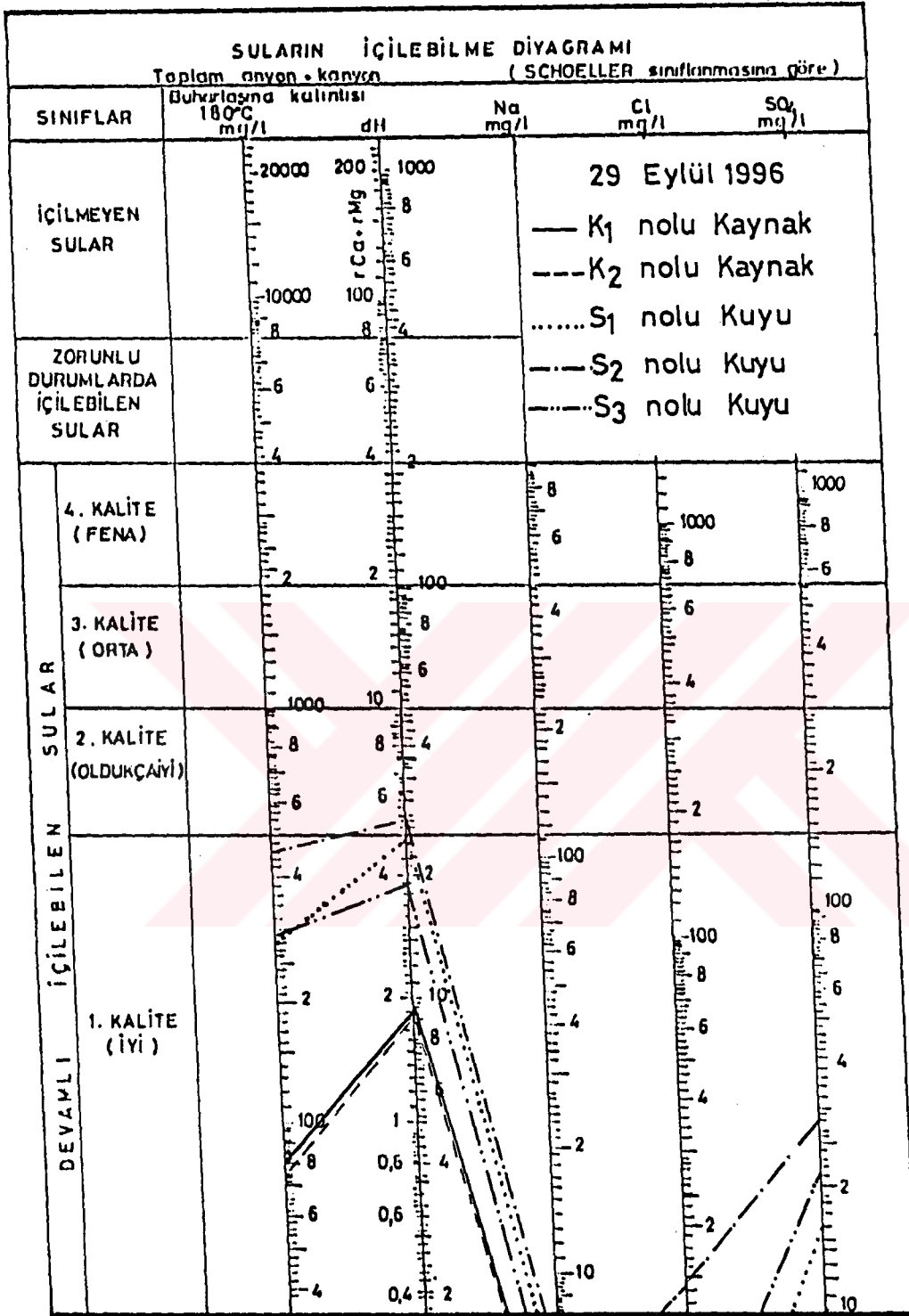
Kaynak ve kuyu sularındaki sodyum adsorbsiyon oranı 0,06 - 0,86 arasında değişmektedir (Çizelge 2, 3, 4). Mayıs 1996 dönemine ait olarak çizilen diyagramda (Şekil 50) K₁, K₂, K₃ nolu Karaçalı Kaynakları, Haroğlu Kaynağı ve N₁ nolu kuyu suyu C₁-S₁ sınıfında; S₁, S₂, S₃, N₄, ve M₁ nolu kuyu suları C₂-S₁; N₂ ve N₃ nolu kuyu suları ise C₃ - S₁ sınıfında gruplanmışlardır.



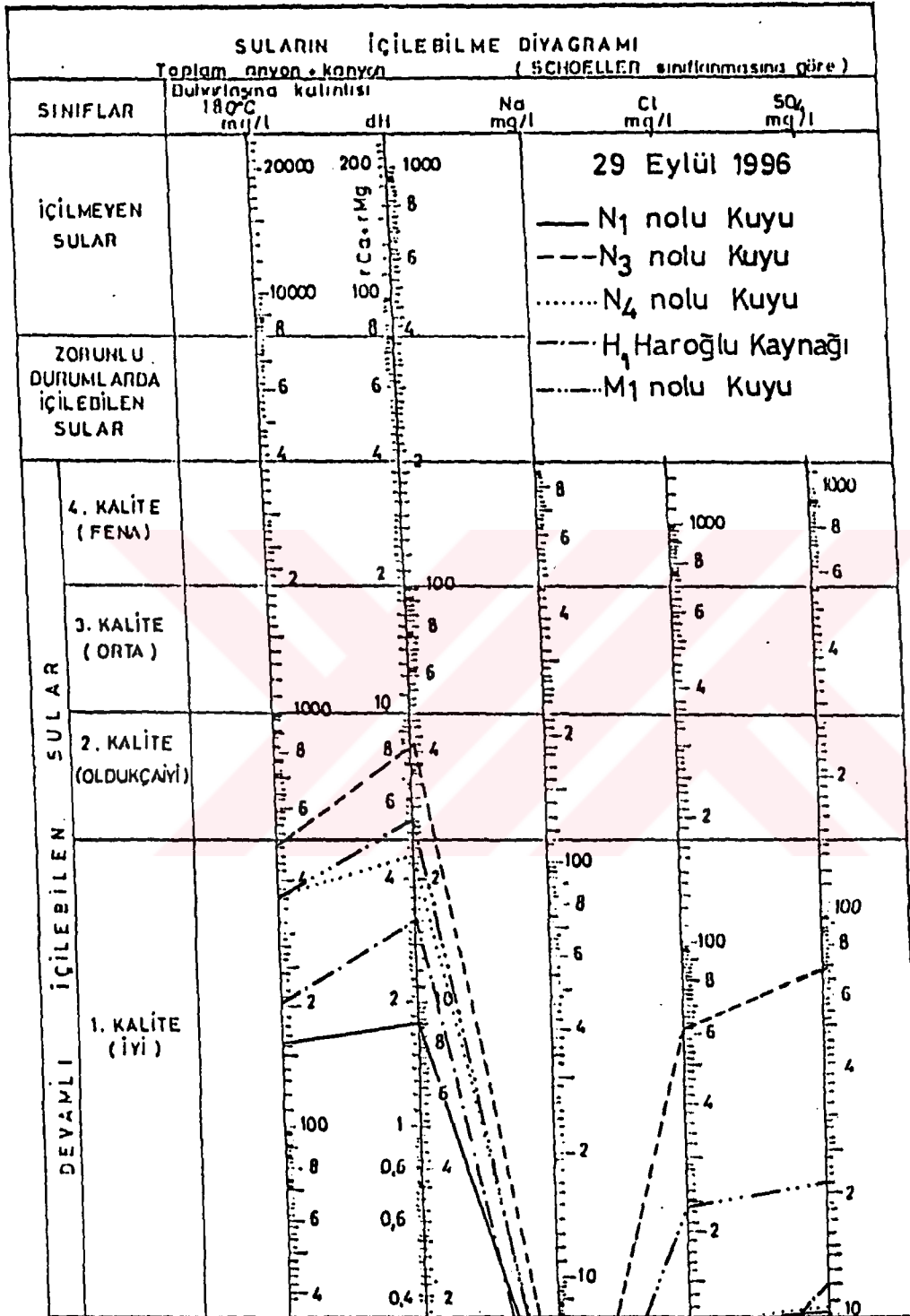
Şekil 43. Temmuz - 1996 tahlillerine göre suların içilebilirlik diyagramı.



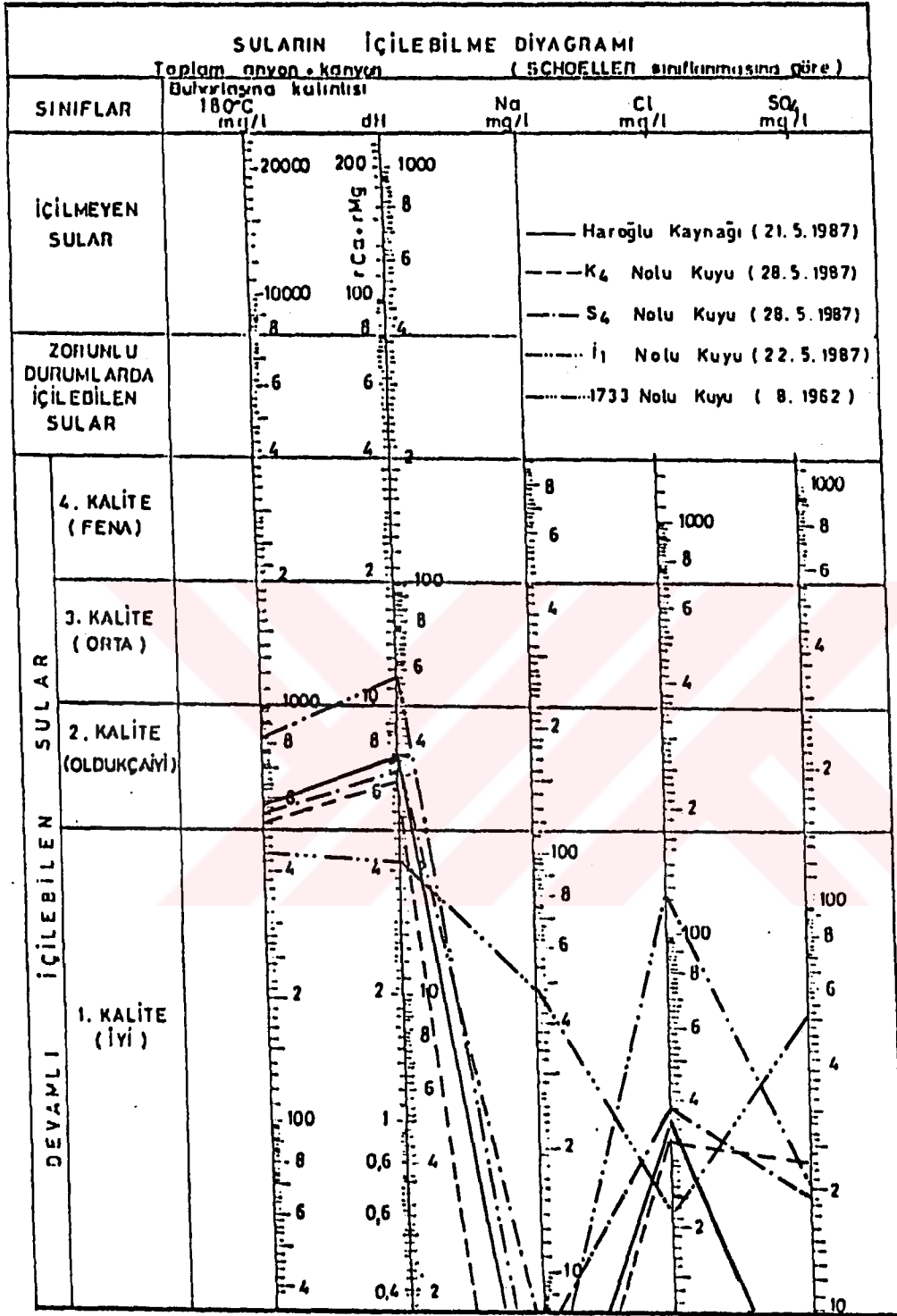
Şekil 44. Temmuz - 1996 tahlillerine göre suların içilebilme diyagramı.



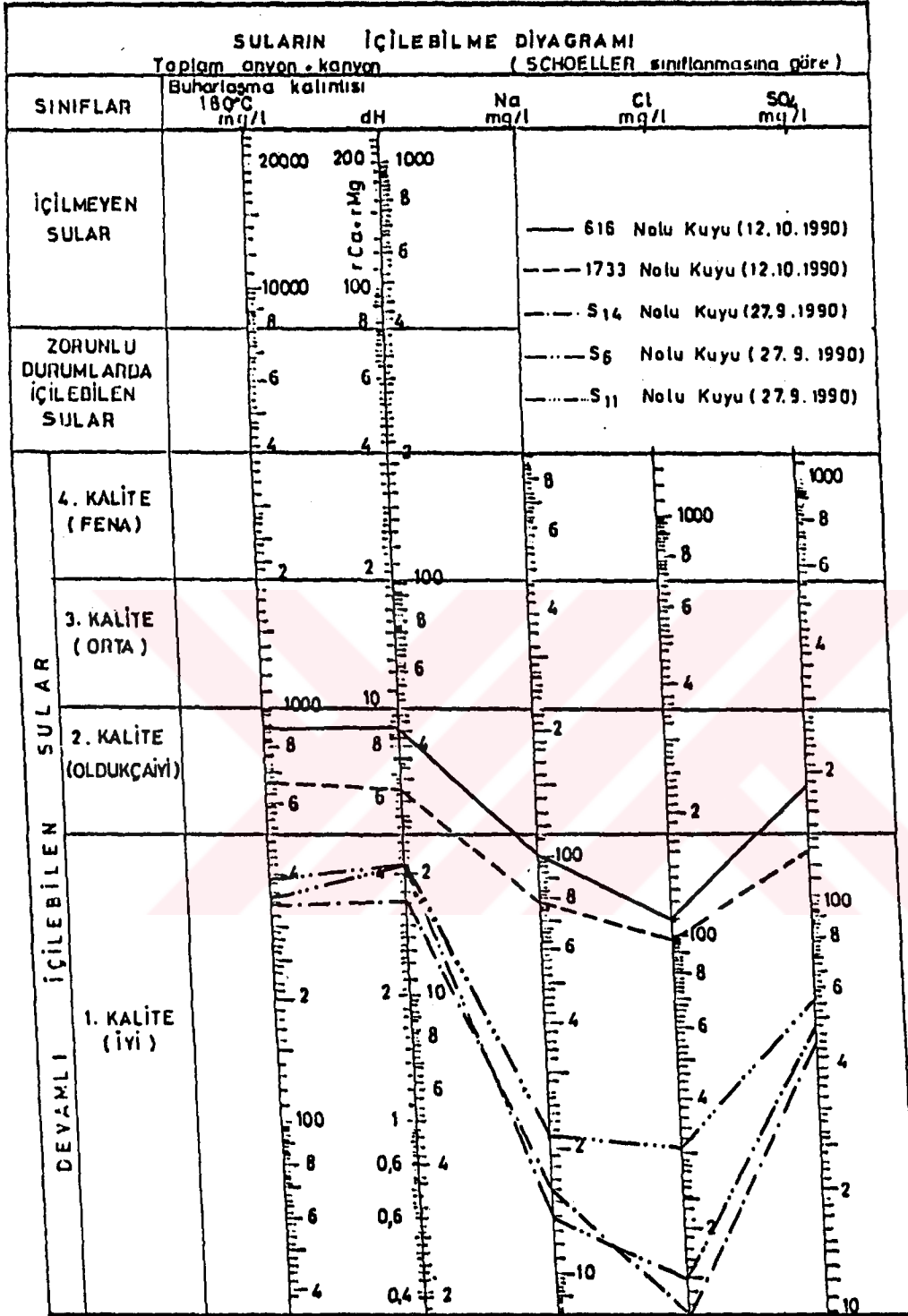
Şekil 45. Eylül - 1996 tahlillerine göre suların içilebilme diyagramı.



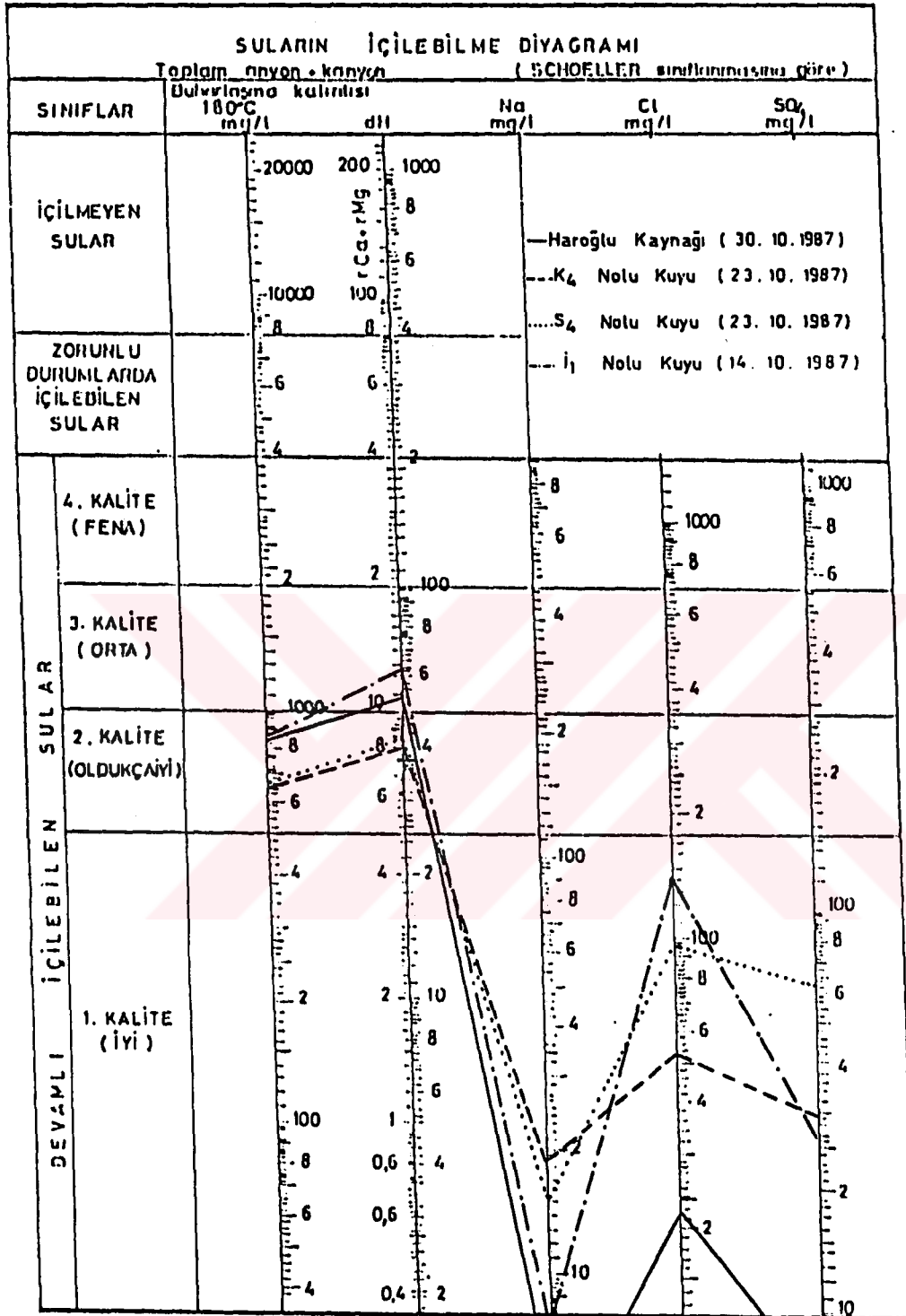
Şekil 46. Eylül - 1996 tahlillerine göre suların içilebilme diyagramı.



Şekil 47. Geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre suların içilebilme diyagramı.



Şekil 48. Geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre suların içilebilme diyagramı.



Şekil 49. Geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre suların içilebilme diyagramı.

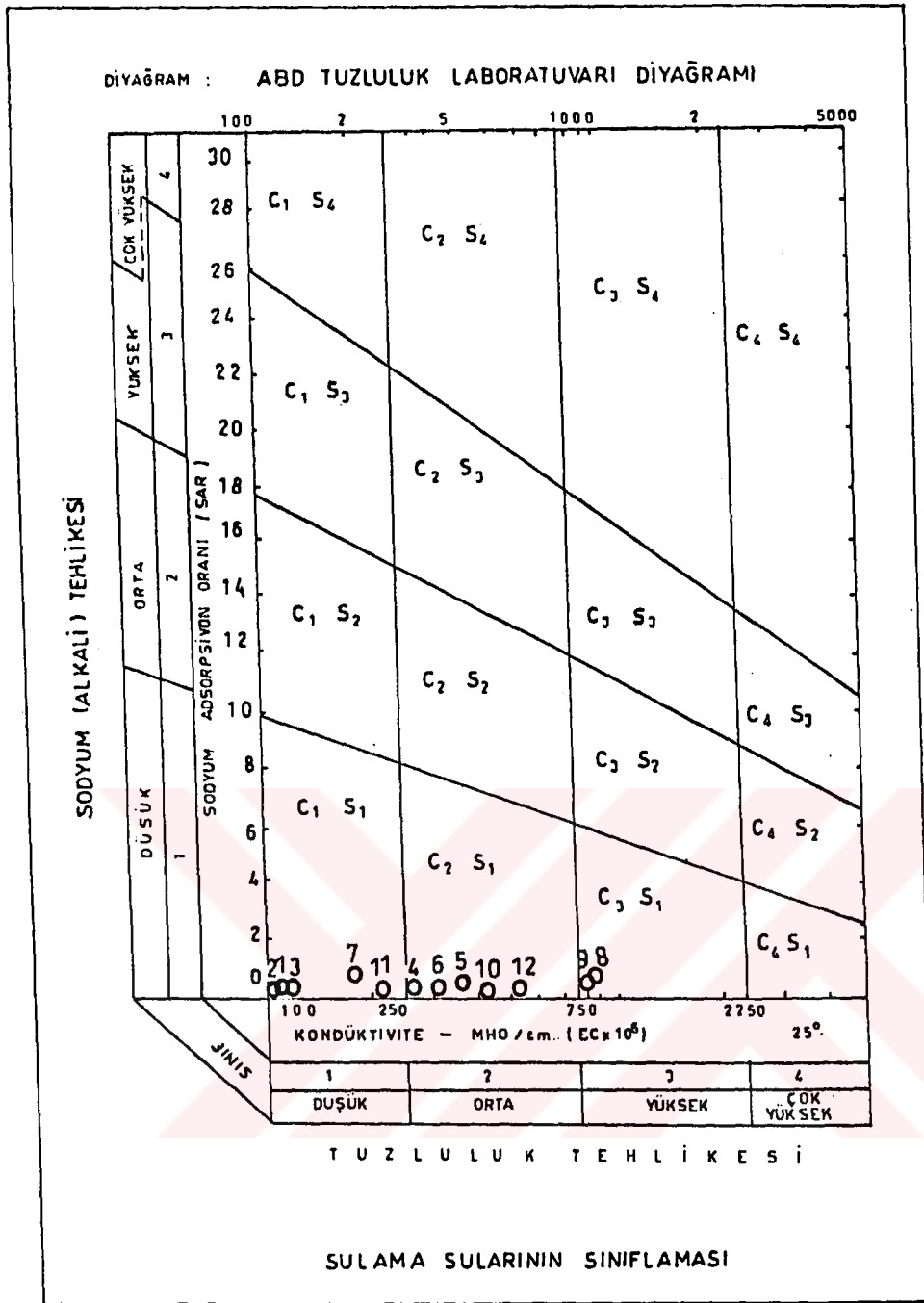
Temmuz-1996 döneminde çizilen diyagramda (Şekil 51) K_1 , K_2 nolu Karaçalı kaynakları, Haroğlu Kaynağı ve N_1 nolu kuyu suları $C_1 - S_1$ sınıfında; S_1 , S_2 , S_3 , N_2 , N_4 ve M_1 nolu kuyu suları $C_2 - S_1$; N_3 nolu kuyu suyu $C_3 - S_1$ sınıfında gruplanmışlardır. Eylül 1996 dönemine ait diyagramdaki (Şekil 52) gruplanma da, Temmuz 1996 dönemindeki gruplanma gibidir. Geçmiş yıllardaki analiz sonuçlarına göre ise 616 ve 1733 nolu kuyu suları $C_3 - S_1$ diğer tüm kuyu ve kaynak suları ise $C_2 - S_1$ sınıfında gruplanmışlardır (Şekil 53 ve 54). Bu sınıfların özellikleri şöyledir:

C_1 (EC 250 mikromho/cm.'den az), az tuzlu sular: her toprakta tüm bitkilerin sulanmasına uygundur.

C_2 (EC 250-750 mikromho/cm. arası), orta tuzlu sular: orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.

C_3 (EC 750 - 2250 mikromho/cm. arası), tuzlu sular: akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir.

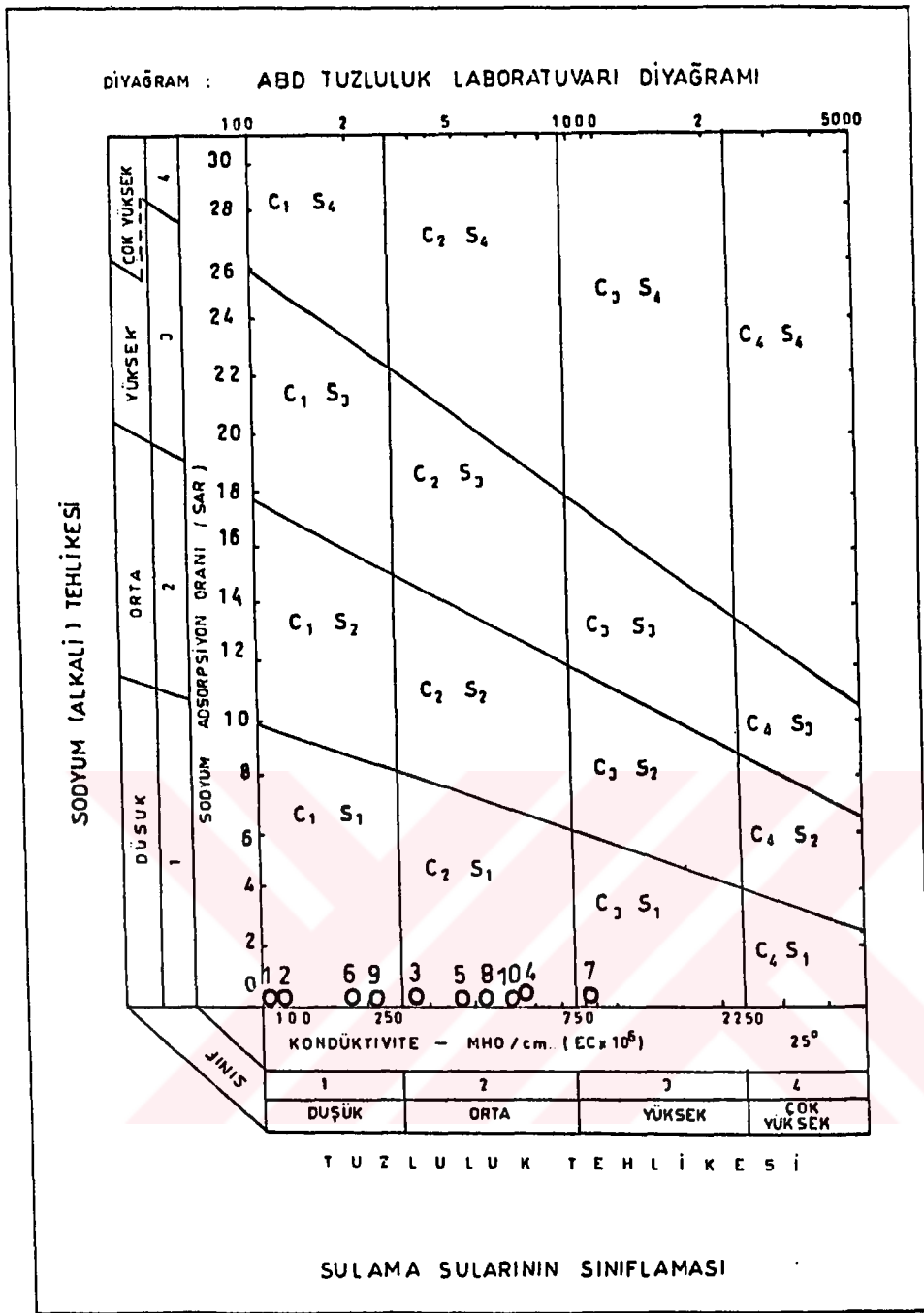
S_1 , az sodyumlu sular: hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.



- | | |
|--|-------------------|
| 1 = K ₁ NOLU KARAÇALI KAYNAĞI | (25 MAYIS 1996) |
| 2 = K ₂ NOLU KARAÇALI KAYNAĞI | (25 MAYIS 1996) |
| 3 = K ₃ NOLU KARAÇALI KAYNAĞI | (25 MAYIS 1996) |
| 4 = S ₁ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |
| 5 = S ₂ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |
| 6 = S ₃ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |
| 7 = N ₁ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |
| 8 = N ₂ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |
| 9 = N ₃ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |
| 10 = N ₄ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |
| 11 = H ₁ HAROĞLU KAYNAĞI | (25 MAYIS 1996) |
| 12 = M ₁ NOLU KUYU | (25 MAYIS 1996) |

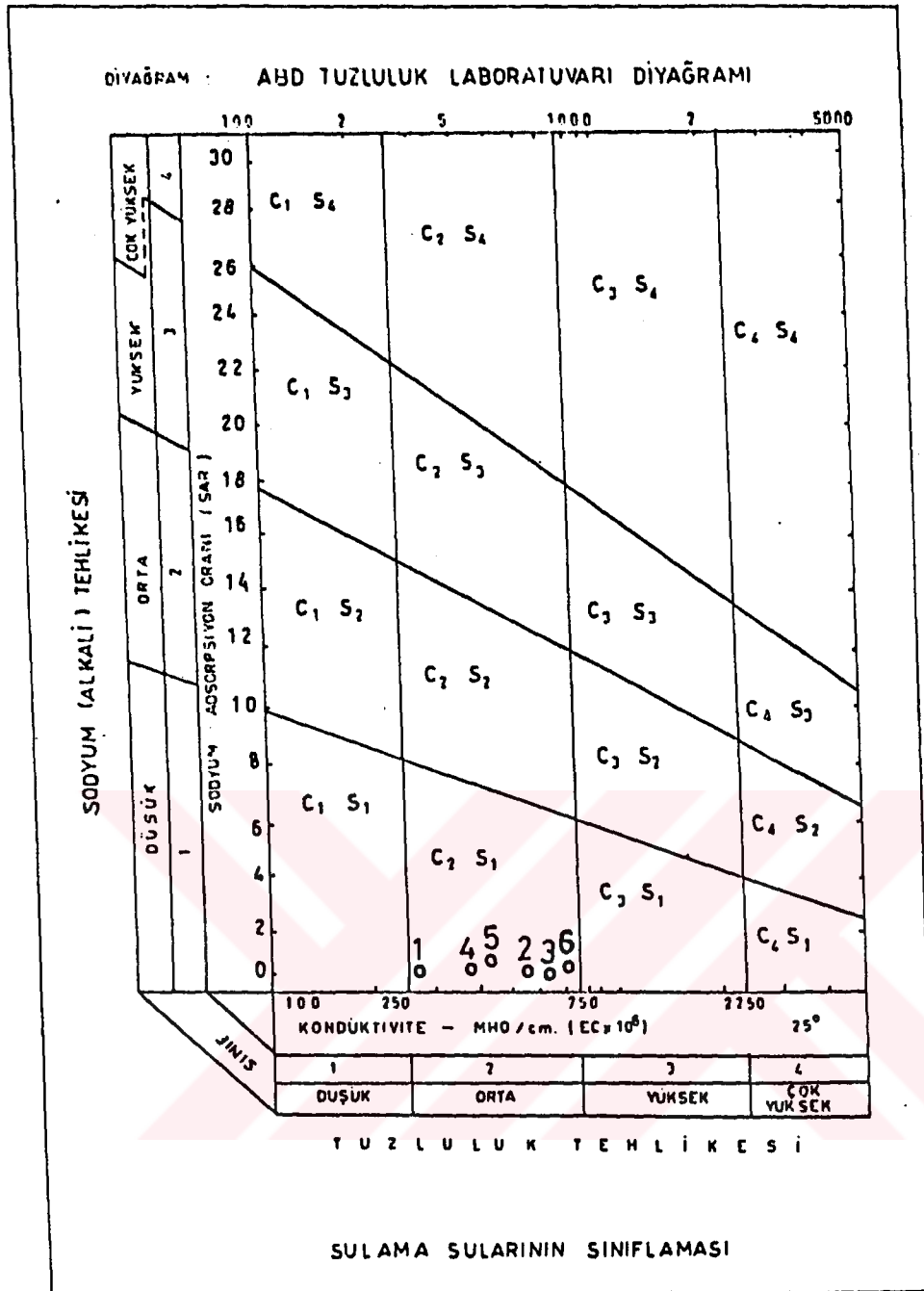
Şekil 50. Kaynak ve kuyu sularının Mayıs - 1996 dönemine ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.

- Şekil 51.** Kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 dönemine ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.



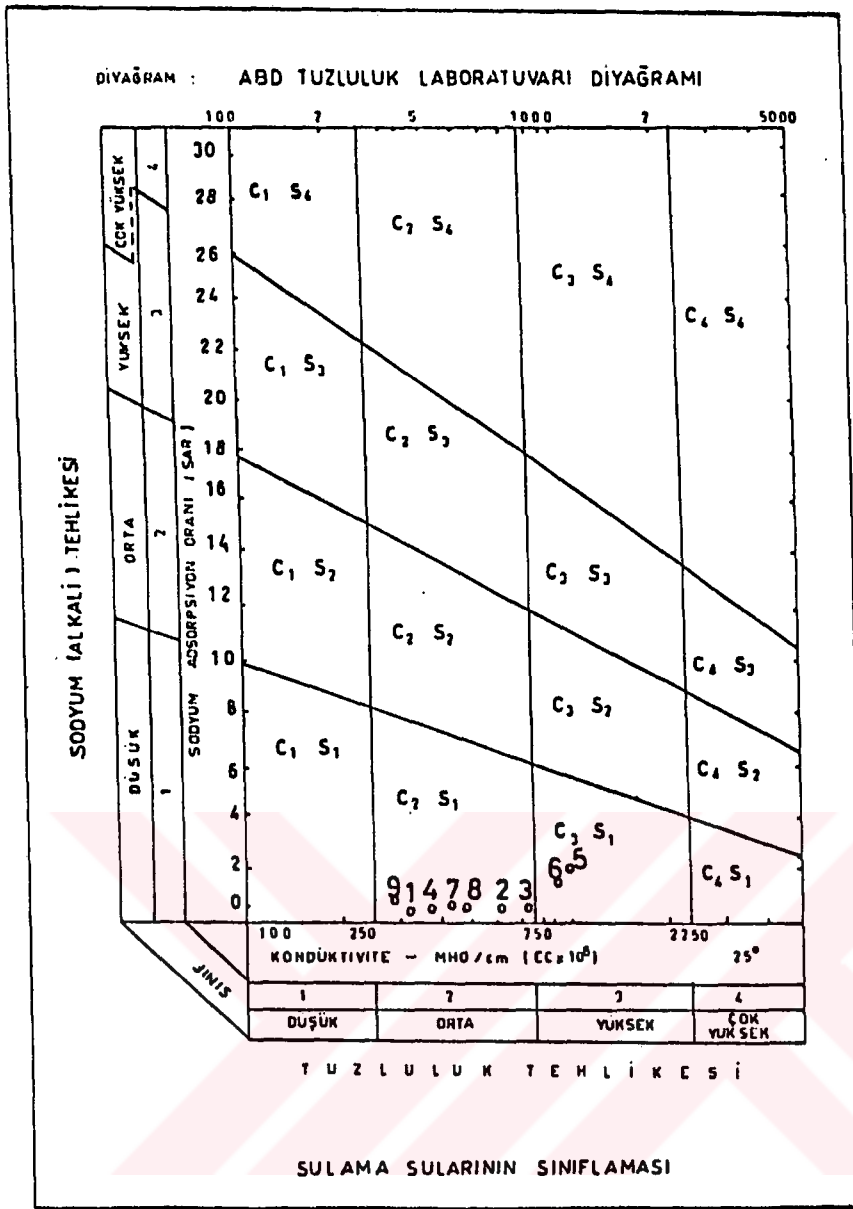
- 1 = K₁ NOLU KARAÇALI KAYNAĞI (29 EYLÜL 1996)
 2 = K₂ NOLU KARAÇALI KAYNAĞI (29 EYLÜL 1996)
 3 = S₁ NOLU KUYU (29 EYLÜL 1996)
 4 = S₂ NOLU KUYU (29 EYLÜL 1996)
 5 = S₃ NOLU KUYU (29 EYLÜL 1996)
 6 = N₁ NOLU KUYU (29 EYLÜL 1996)
 7 = N₃ NOLU KUYU (29 EYLÜL 1996)
 8 = N₄ NOLU KUYU (29 EYLÜL 1996)
 9 = H₁, HAROĞLU KAYNAĞI (29 EYLÜL 1996)
 10 = M₁, NOLU KUYU (29 EYLÜL 1996)

Şekil 52. Kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 dönemine ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.



- 1= Haroğlu Kaynağı (21. 5.1987)
 2= K₄ Nolu Kuyu (28. 5.1987)
 3= S₄ Nolu Kuyu (28. 5.1987)
 4= İ₁ Nolu Kuyu (22 . 5.1987)
 5= 1733 Nolu Kuyu (8.1962)
 6= 5681 Nolu Kuyu (7. 1964)

Şekil 53. Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.



- | | | |
|-----|-----------------|-----------------|
| 1 = | Haroğlu Kaynağı | (27. 11. 1990) |
| 2 = | K4 Nolu Kuyu | (23. 10. 1987) |
| 3 = | S4 " " | (23. 10. 1987) |
| 4 = | I1 " " | (14. 10. 1987) |
| 5 = | 616 " " | (12. 10. 1990) |
| 6 = | 1733 " " | (12. 10. 1990) |
| 7 = | S14 " " | (27. 9. 1990) |
| 8 = | S6 " " | (27. 9. 1990) |
| 9 = | S11 " " | (27. 9. 1990) |

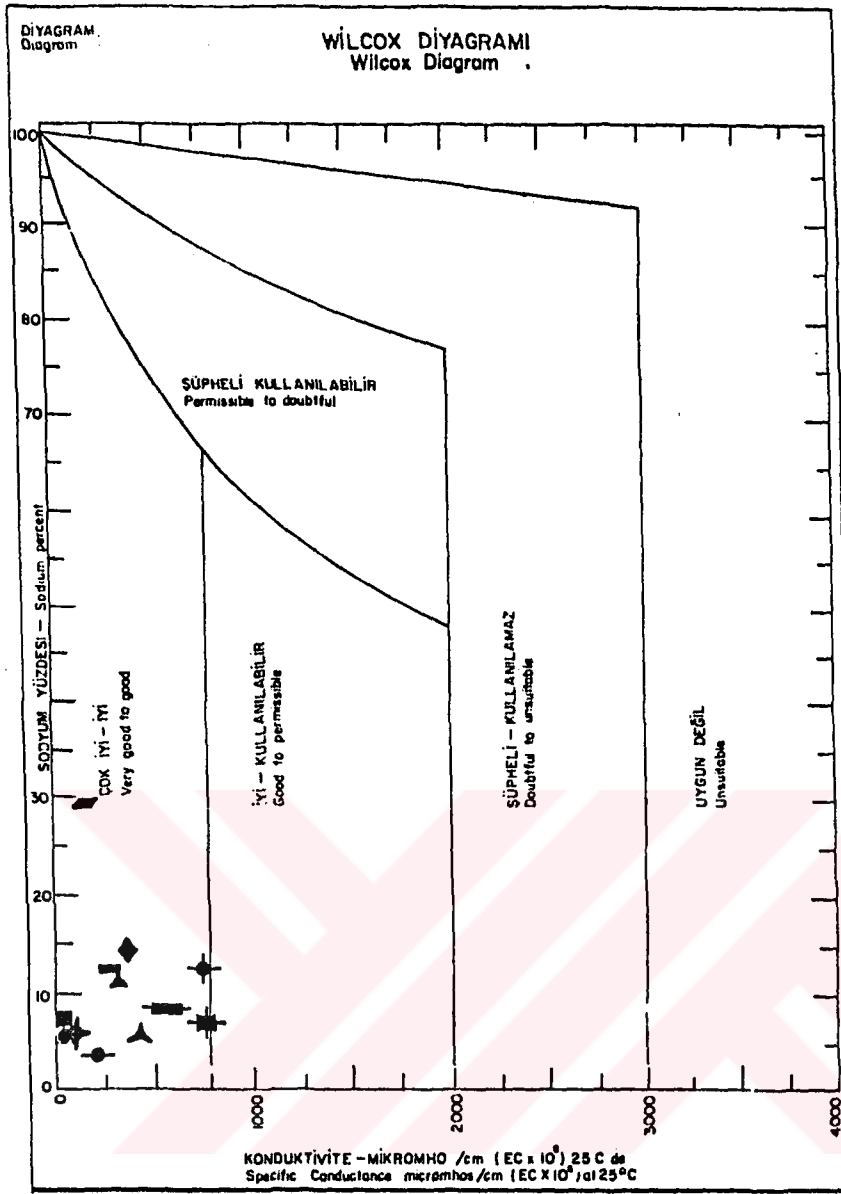
Şekil 54. Haroğlu Kaynağı ve bazı kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.

6.2.3.8. Wilcox diyagramı

Wilcox diyagramı, suların sodyum yüzdeleri ve elektriksel iletkenliklerine bağlı olarak çizilmiştir. Mayıs, Temmuz ve Eylül 1996 tarihlerinde yapılan su analizlerine bağlı olarak % Na^+ değerleri hesaplanarak diyagramları çizilmiştir (Şekil 55, 56, 57). Çizilen Wilcox Diyagramlarına göre N₃ nolu kuyu suyu iyi kullanılabilir, diğer sular (K₁, K₂, K₃ nolu Karaçalı Kaynakları, Haroğlu Kaynağı, S₁, S₂, S₃, N₁, N₂, N₃, M₁ nolu kuyu suları) çok iyi-iyi sulama suyu sınıfında bulunmaktadır

Geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre de kuyu ve kaynak sularının Wilcox Diyagramları çizilmiştir (Şekil 58 ve 59). 616 ile 1733 nolu kuyu suları iyi-kullanılabilir, bunların dışındakiler ise çok iyi-iyi sular grubunda yer almaktadırlar.





K₁ nolu Karaçalı Kaynağı (25 Mayıs 1996)

K₂ " " " (")

K₃ " " " (")

S₁ " kuyu (")

S₂ " " (")

S₃ " " (")

N₁ " " (")

N₂ " " (")

N₃ " " (")

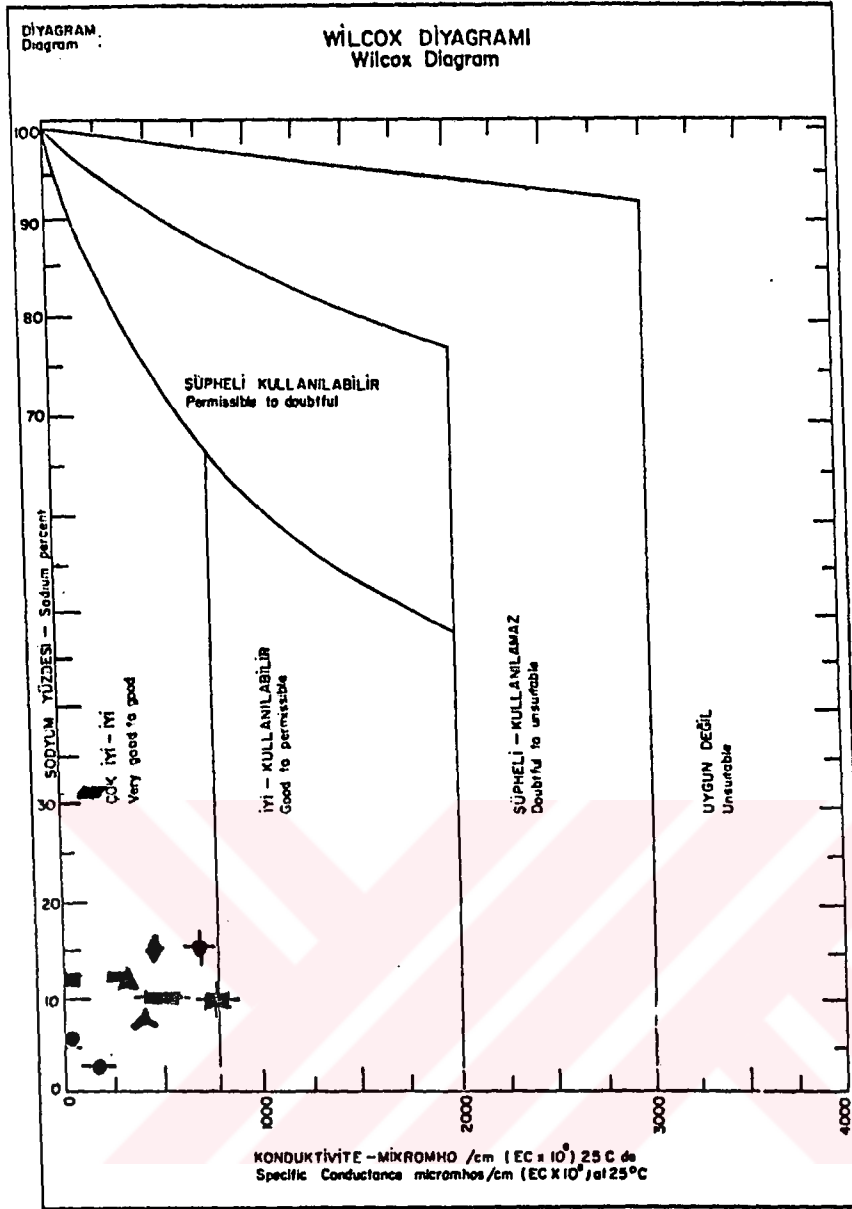
N₄ " " (")

H₁ Haroğlu Kaynağı (")

M₁ nolu kuyu (")

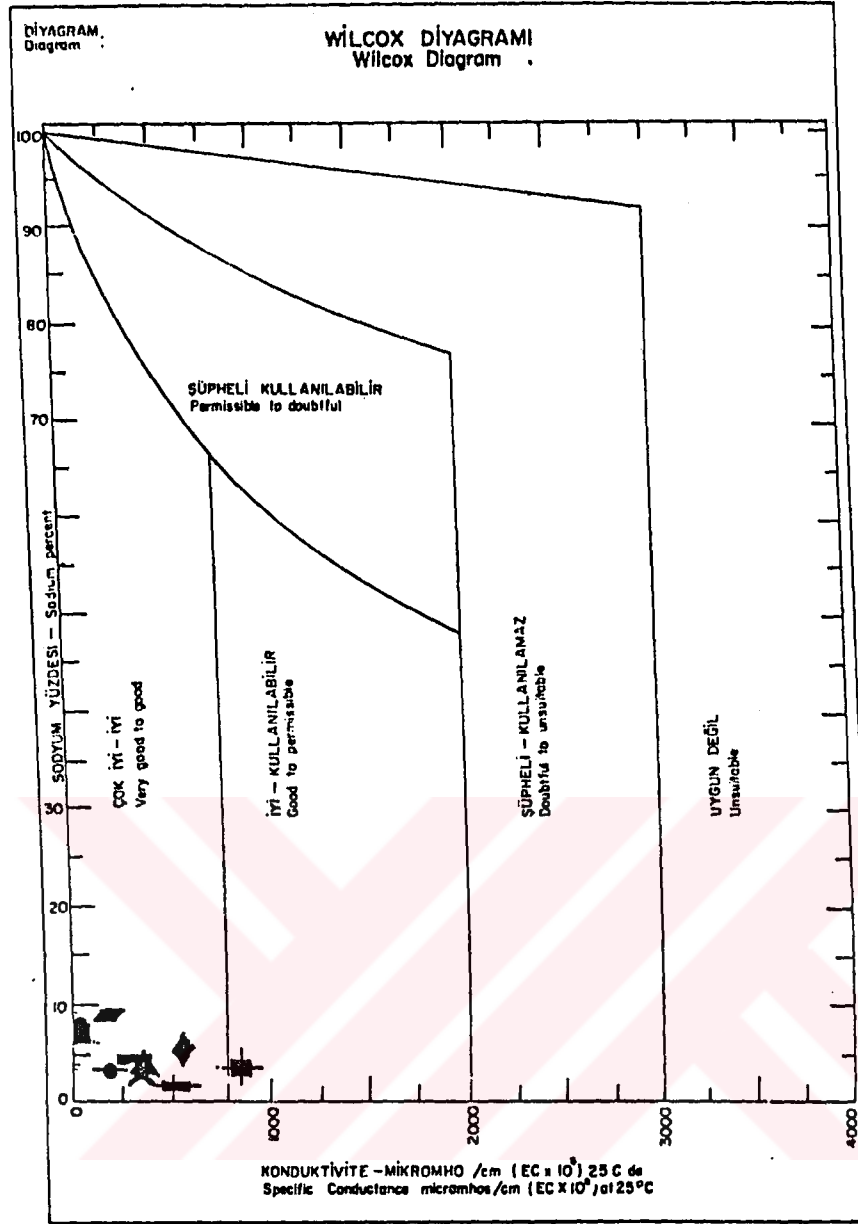


Şekil 55. Kaynak ve kuyu sularının Mayıs - 1996 dönemine ait Wilcox diyagramı.



K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	(6 Temmuz 1996)	■
K ₂ " " "	(")	●
S ₁ " Kuyu	(")	■
S ₂ " "	(")	◆
S ₃ " "	(")	▲
N ₁ " "	(")	▴
N ₂ " "	(")	⊕
N ₃ " "	(")	⊗
N ₄ " "	(")	⊙
H ₁ Haroğlu Kaynağı	(")	●
M ₁ nolu Kuyu	(")	■

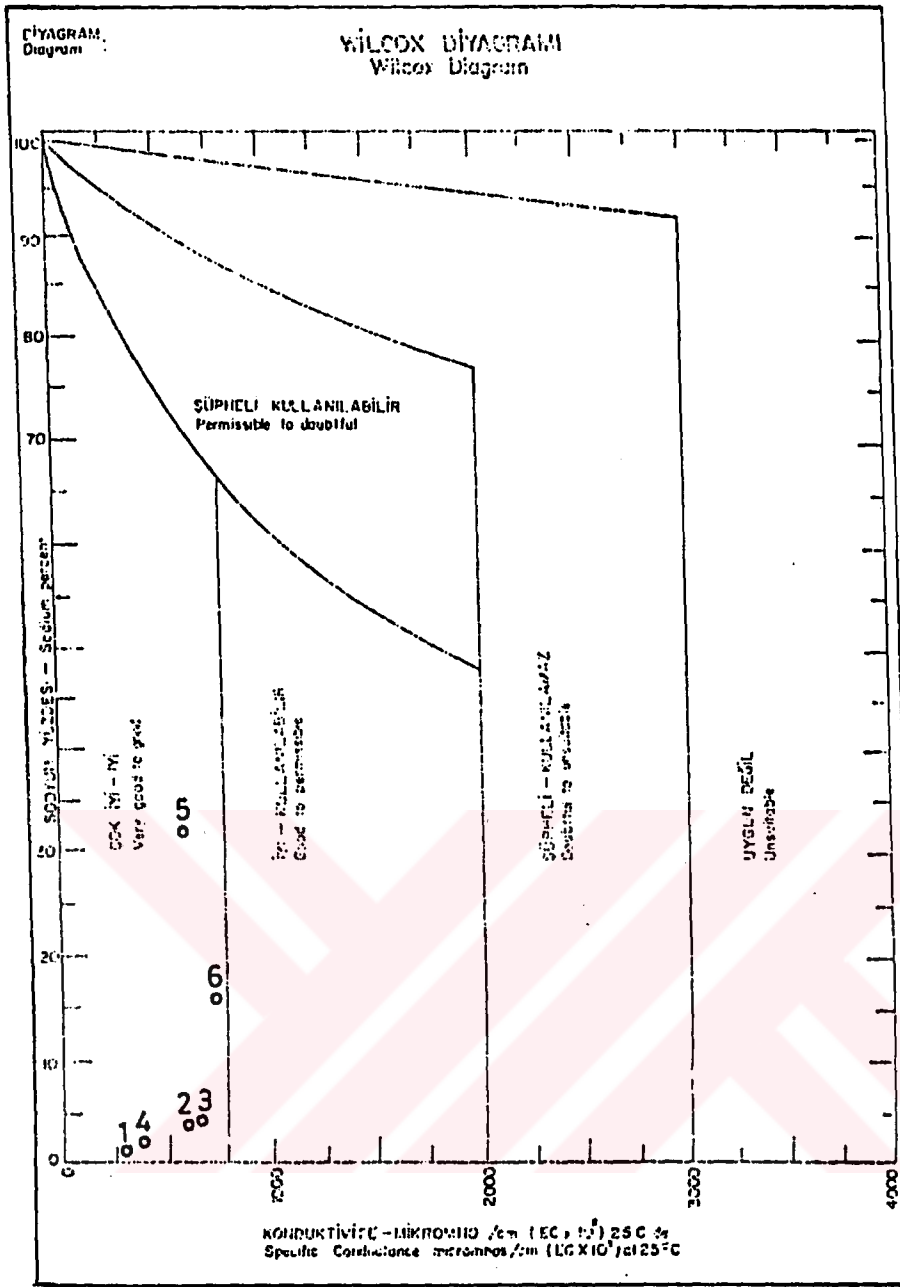
Şekil 56. Kaynak ve kuyu sularının Temmuz - 1996 dönemine ait Wilcox diyagramı.



K ₁	nolu	Karaçalı	Kaynağı	(29 Eylül 1996)	
K ₂	"	"	"	(")	
S ₁	"	Kuyu	"	(")	
S ₂	"	"	"	(")	
S ₃	"	"	"	(")	
N ₁	"	"	"	(")	
N ₃	"	"	"	(")	
N ₄	"	"	"	(")	
H ₁		Haroğlu	Kaynağı	(")	
M ₁	nolu	Kuyu	"	(")	

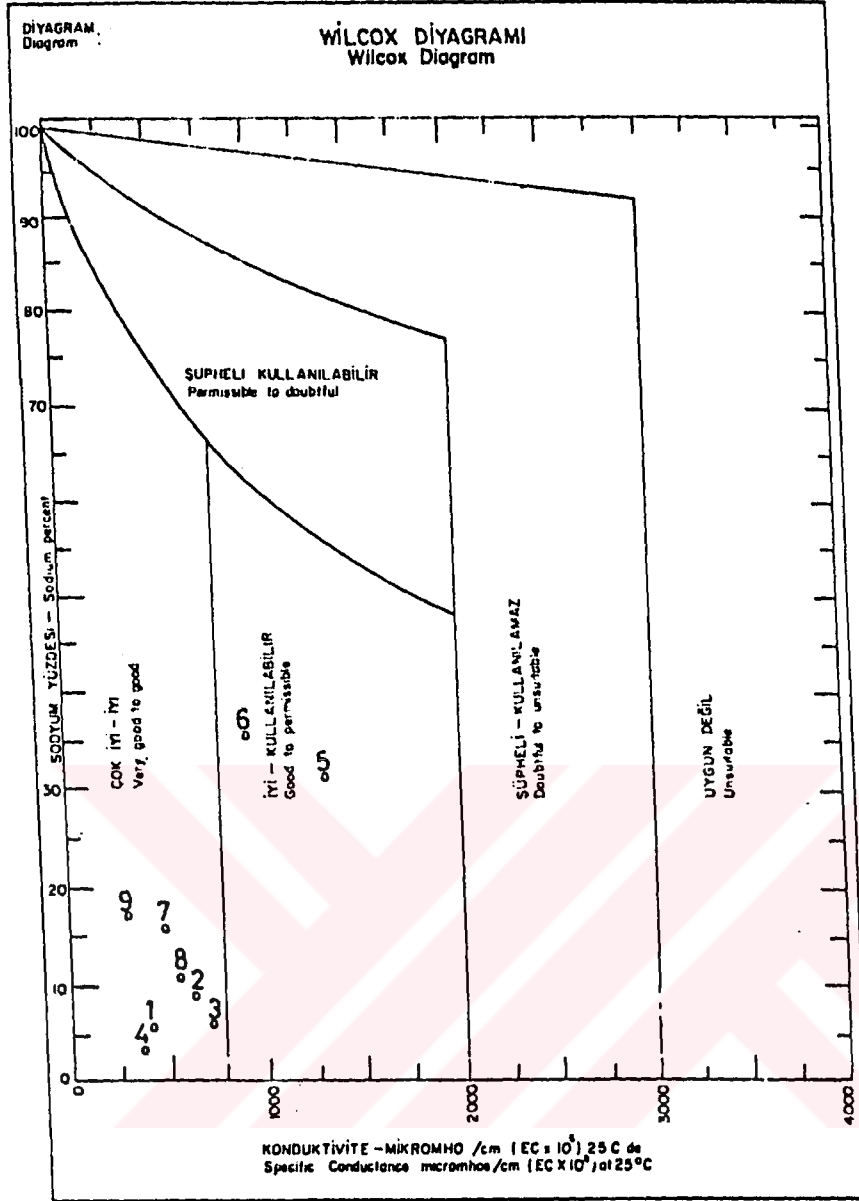


Şekil 57. Kaynak ve kuyu sularının Eylül - 1996 dönemine ait Wilcox diyagramı.



- 1 = Haroğlu Kaynağı (21. 5.1987)
- 2 = K₄ Nolu Kuyu (28. 5.1987)
- 3 = S₄ Nolu Kuyu (28. 5.1987)
- 4 = İ₁ Nolu Kuyu (22. 5.1987)
- 5 = 1733 Nolu Kuyu (8. 1962)
- 6 = 5681 Nolu Kuyu (7. 1964)

Şekil 58. Haroğlu Kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Wilcox diyagramı.



- | | | |
|----|--------------------------|----------------|
| 1= | Haroğlu Kaynağı | (27.11.1990) |
| 2= | K ₄ Nolu Kuyu | (23.10.1987) |
| 3= | S ₄ " " | (23.10.1987) |
| 4= | i ₁ " " | (14. 10. 1987) |
| 5= | 616 " " | (12. 10. 1990) |
| 6= | 1733 " " | (12. 10. 1990) |
| 7= | S ₁₄ " " | (27. 9. 1990) |
| 8= | S ₆ " " | (27. 9. 1990) |
| 9= | S ₁₁ " " | (27. 9. 1990) |

Şekil 59. Haroğlu Kaynağı ve çeşitli kuyu sularının geçmiş yıllara ait analiz sonuçlarına göre çizilen Wilcox diyagramı.

7. SULARIN ÇEŞİTLİ KRİTERLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Çeşitli alanlarda kullanılmak istenen yerüstü ve yeraltı sularının kimyasal analiz sonuçları göz önünde bulundurularak bazı kriterlere göre sınıflandırılırlar. Suyun sertliği, toplam çözünmüş madde miktarı, elektriksel iletkenlik, % Na⁺, SAR ve efektif tuzluluk, en fazla bulunan iyonlar bu kriterler arasında sayılabilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

7.1. Suların Sertlik Dereceleri

Sertlik, su içinde çözünmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum bileşenlerinden gelen özelliktir. Bu bileşiklerin çoğu kalsiyum ve magnezyumun meydana getirdikleri bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlardan ileri gelen sertliğe "geçici sertlik" denir ve kaynatma ile CaCO₃ ve MgCO₃ çökeltirerek bu sertlik giderilir.

Suda "kalıcı sertlik" ise, kalsiyum ve magnezyumun karbonat ve bikarbonat dışındaki tuzlarından ileri gelir. Kalıcı sertlik, kaynatılmakla giderilemez. Böylece, toplam sertlik ikiye ayrılır:

Toplam Sertlik = Kalıcı sertlik + geçici sertlik

Suyun sertliğini ölçmek için değişik yöntemler vardır. Bir Alman sertliği, 1 litre suda bulunan 10 mg CaO'e; bir Fransız sertliği 1 litre suda bulunan 10 mg CaCO₃'a; bir İngiliz sertliği 70 ml suda bulunan 1 mg CaCO₃'a karşılık gelen sertlik verici tuz veya iyonun oluşturduğu sertliktir.

Pratik olarak Fransız sertlik derecesi sularda aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$(r \text{ Ca} + r \text{ Mg}) \times 5 = d^{\circ} \text{ h Fr}$$

Suların Fransız sertlik derecesine göre sınıflandırılması aşağıda verilmiştir (Şahinci, 1991).

<u>Fransız Sertliği</u>		<u>Suyun Sınıfı</u>
0.0 - 7.2	→	Çok yumuşak
7.2 - 14.5	→	Yumuşak
14.5 - 21.5	→	Az sert
21.5 - 32.5	→	Oldukça sert
32.5 - 54.0	→	Sert
54'den fazla	→	Çok sert

Eylül-1996 döneminde yapılan analiz sonuçlarına göre suların Fransız sertlik dereceleri aşağıdaki gibidir:

K₁, K₂ nolu Karaçalı Kaynakları çok yumuşak; N₁ nolu kuyu suyu yumuşak; S₁, S₃, N₄ nolu kuyu suları ile Haroğlu Kaynağı az sert; S₂, N₂, N₃ ve M₁ nolu kuyu suları ise oldukça sert sular grubundadır (Çizelge 3).

İnceleme sahalarında geçmiş yıllara ait, farklı kaynaklardan derlenen analiz sonuçlarına göre Haroğlu Kaynağı (27.11.1990), 1733 (8.1962), S₆, S₁₄ nolu kuyu

suları az sert; 1733 (12.10.1990), 5681 (7.1964), S₁₁ nolu kuyu suları oldukça sert; K₄, S₄, 616 nolu kuyu suları ile Haroğlu Kaynağı (1987)'nin suları sert; İ₁ (1987) nolu kuyu suyu ise çok sert sular grubundadır. Haroğlu Kaynağı ile 1733 nolu kuyu sularının farklı dönemlerde yapılan kimyasal analizleri neticesinde farklı sertlik derecelerinde çıkması; analiz yapılan dönemlerin akifer sularının yağışlarla beslenip beslenmediğine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Sular yağışlarla beslendiği dönemlerde özellikle sık akiferlerde iyonlarca daha az konsantrasyon gözlenmekte, beslenmediği dönemlerde daha fazla konsantrasyon görülmektedir.

7.2. Suların Elektrik İletkenliği (EC) ve Rezistiviteleri

Elektriksel iletkenlik, cisimlerin elektriği geçirme özelliğidir. Suyun içeriğinde çeşitli pozitif (+) ve negatif (-) iyonlar vardır. Bir çözeltide ne kadar fazla iyon varsa, elektrik akımını o kadar kolay geçirecek ve elektrik geçirgenliği o kadar fazla olacaktır (Giritlioğlu, 1992).

Elektriksel iletkenlik, elektriksel direncin (rezistivite) tersidir ve mho ile tanımlanır. Her cismin elektriği geçirme özelliği farklıdır. Saf su elektriği çok az geçirdiğinden, iyi bir yalıtkandır. 25°C'de saf suyun iletkenliği 0.055 mikromho/cm dir. Laboratuvar da elde edilen saf suların elektriksel iletkenlikleri 0.5 ile 5 mikromho/cm; içilecek suların ise 30-2000 mikromho/cm'dir (Şahinci, 1991).

İletkenlik, çözünen tuzların cinsi ve konsantrasyonu ile değişir. Çözünen tuzların konsantrasyonu ile rezistivite azalırken, iletkenlik artar (Canik, 1980).

Elektriksel direnç (rezistivite) yukarıda da belirtildiği gibi elektriksel iletkenliğin tersi olduğuna göre rezistiviteyi aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$g = \frac{1}{K}$$

g = rezistivite

K = kondüktivite

Fransız ayarlamasına göre rezistivite formu şöyledir:

g > 10.000 → Çok zayıf mineralizasyonlu su

g = 5000 - 10.000 → oldukça zayıf mineralizasyonlu su

g = 3000 - 5000 → zayıf mineralizasyonlu su

g = 1500 - 3000 → Orta derecede mineralizasyonlu su

g = 1000 - 1500 → Fazla mineralizasyonlu su

g < 1000 → Aşırı derecede mineralizasyonlu su

Temmuz - 1996 döneminde arazide, su numunelerinin alımı sırasında ölçülen elektriksel iletkenlikler ve bunlara bağlı olarak hesaplanan rezistivite değerleri Çizelge 17'de verilmiştir.

T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE KLİMA BAKANLIĞI
MİLLÎ VE İZMİR SU KURUMU

Çizelge 17. Temmuz - 1996 döneminde alınan su numunelerinin elektriksel iletkenlik (EC) ve rezistivite değerleri.

Numune No	Elektriksel iletkenlik (mho/cm)	Rezistivite (mho.cm)
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	4.10^{-5}	25000
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	4.10^{-5}	25000
S ₁ nolu kuyu	$2,7.10^{-4}$	3704
S ₂ nolu kuyu	$4,6.10^{-4}$	2174
S ₃ nolu kuyu	$3,1.10^{-4}$	3226
N ₁ nolu kuyu	$1,8.10^{-4}$	5556
N ₂ nolu kuyu	$7,1.10^{-4}$	1408
N ₃ nolu kuyu	$7,5.10^{-4}$	1333
N ₄ nolu kuyu	$3,9.10^{-4}$	2564
Haroğlu Kaynağı	2.10^{-4}	5000
M ₁ nolu kuyu suyu	$4,5.10^{-4}$	2222

Çizelge 17'ye göre K₁ ve K₂ nolu Karaçalı Kaynakları çok zayıf mineralizasyonlu su; N₁ nolu kuyu suyu oldukça zayıf mineralizasyonlu; S₁ ve S₃ nolu kuyu suları ile Haroğlu Kaynağı zayıf mineralizasyonlu; S₂, N₄, M₁ nolu kuyu suları orta derecede mineralizasyonlu; N₂ ve N₃ nolu kuyu suları ise fazla mineralizasyonlu sular grubunda yer almaktadırlar.

7.3. Suların Sıcaklıkları

Suların sıcaklıkları, endüstride kullanılmalarında önemli bir etkidir. Genel olarak suların sıcaklığı, su tablasının derinliğine, coğrafik enleme, yüksekliğe, etkin volkanizmaya bağlıdır. Sıcaklıklarına göre, çok soğuk (+5°C'ye kadar), soğuk (+10°C'ye kadar), çok az ılık (+18°C'ye kadar), az ılık (+25°C'ye kadar), ılık (+37°C'ye kadar) ve 40°C'den fazla olanlar sıcak sular diye sınıflandırılırlar (Şahinci, 1991).

Mayıs - 1996 döneminde numuneleri alırken ölçtüğümüz sıcaklıklara göre (Çizelge 2) K₁ ve K₂ nolu numuneler soğuk su, S₁, S₂, N₂, N₃, N₄, M₁ nolu kuyu suları ile Haroğlu Kaynağı çok az ılık; S₃ ve N₁ nolu kuyu suları ise az ılık sular sınıfında yer almaktadırlar. Ancak, suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması çok çeşitlidir (Çizelge 18). Sıcaklığın yükselmesi ile su içinde çözünen gaz miktarında azalma izlenir (Şahinci, 1991).

Çizelge 18. Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması
(Schoeller, 1962; Şahinci, 1991).

	0	7	10	20	25	30	32	35	40	45	50	60	65	70	80	90
LEFORT 1958				Soğuk maden suları		Ilık maden suları										
DAFFNER 1986		Soğuk kaynak- lar	Serin kaynaklar		Ilık kay- naklar		Sıcak kaynak- lar		Sıcak kaynaklar							
CAUSSE 1903		Soğuk sular		Ilık sular		Sıcak su- lar		Cok sıcak sular								
KEILHACK 1907																
MOUREN 1910																
SCHNEIDER 1913		Soğuk kaynaklar														
HINTZ et CRUNHUT 1916		Soğuk kaynaklar														
JARDIN et ASTRUC 1932		Soğuk sular														

7.4. Suların Bakteriyolojik Özellikleri

İçme ve kullanma sularının kimyasal tahlilleri yanında bakteriyolojik özellikleri de önem taşır. Yüzey ve yeraltı suları kirlenme derecelerine göre 1 cm³ suda yüzlerce, binlerce, hatta milyonlarca mikroorganizmalar, özellikle bakteriler bulunabilir. Genel olarak, yeraltı suları ne kadar derinde ise, o oranda hastalık yapan bakteri miktarı azdır (Şahinci, 1991).

Su, toprak yüzeyi ile temas ettikten sonra bu yerlerin özelliklerine göre organik ve anorganik maddeler bakımından yükü artmaya başlar. Su, yeryüzünden akarken veya yeraltına süzülürken insan, hayvan ve bitki organik artıklarını; tarım, endüstri, kanalizasyon ve nükleer kirlilikleri de bünyesine alır. Suyu kirleten bu maddelerin kaynağı insan, hayvan ve onların değişik kullanma sahalarından gelen artıklardır. Onun için bir suyun kirlenme derecesi, ilk düştüğü ve sonradan toplandığı veya aktığı yerdeki insan topluluğuna ve çeşitli kaynaklardan gelen diğer kirliliklerin varlığına bağlıdır.

Koliform organizmalar, ekseriyetle suda kolayca tesbit edildiği ve sayıldığı için içme suyunun kalitesini tayinde uygun bir mikrobiyal indikatör olduğu uzun süredir kabul edilmiştir. Gıda Maddeleri Tüzüğü'nün (GMT) 425. maddesi ile Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) TS 266 nolu yayını içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik

kalitesini tanımlayan madde ve standart olup, buna göre 100 ml. suda koliform grubu bakterilerin hiç bulunmaması gerekmektedir (Yücekan, 1981; Kuşçuoğlu ve Altuner, 1996'dan).

Fransızlara göre ise suların bakteriyolojik sınıflaması şöyledir:

Bir litre suda bulunan koliform sayısı

Temiz sular	10 - 50
Şüpheli sular	50 - 200
Kirli sular	200 - 1000
Çok kirli sular	1000'den fazla

Çalışmamızda alınan su numunelerinin yapılan bakteriyolojik analiz sonuçları Çizelge 19'da verilmiştir.

Çizelge 19. Su numunelerinin bakteriyolojik analiz sonuçları.

Bakteriyolojik Su Numunesinin Yeri	100 ml. suda bulunan koliform sayısı
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	0
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	0
S ₁ nolu kuyu	0
S ₂ nolu kuyu	0
S ₃ nolu kuyu	9.4
N ₁ nolu kuyu	0
N ₃ nolu kuyu	23
N ₄ nolu kuyu	23
Haroğlu Kaynağı	23
M ₁ nolu kuyu	0

Çizelge 19'daki koliform sayısına göre genel olarak alınan su numuneleri Fransızlar'ın bakteriyolojik sınıflamasına göre temiz sular grubuna girmektedirler. S₃, N₃, N₄ nolu kuyu suları ile Haroğlu Kaynağı'nın suları şüpheli sular grubunda yer almakta olup, sularda bulunan koliform bakteriler bu kuyuların ve kaynağın yakınında bulunan tarımsal alanlarda kullanılan hayvan gübrelerinden, kanalizasyon kirliliklerinden kaynaklanıyor olabilir.

8. KAYNAK VE KUYU SULARININ İÇME SUYU STANDARTLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMELERİ

İçme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri çeşitli standartlarla tespit edilmiştir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nin içme suları için belirlediği standart değerler Çizelge 20'de verilmiştir.

Çizelge 20. İçilebilir suların fiziksel ve kimyasal özellikleri
(TS 266, Haziran 1984).

Maddenin Adı	Tavsiye edilen miktar (mg/l)	Müsaade edilebilecek maksimum miktar, (mg/l)
1.Zehirli Maddeler		
Kurşun (Pb)	-	0.05
Krom (Cr ⁺⁶)	-	0.05
Arsenik (As)	-	0.05
Selenyum (Se)	-	0.01
Siyanür (Cn)	-	0.01
Kadmiyum (Cd)	-	0.05
Gümüş (Ag)	-	0.05
2.Sağlığa Zararlı Maddeler	0.8 - 1.7	1.4 - 2.4
Florür (F)	-	45
Nitrat (NO ₃ ⁻)		
3.Sağlığa ve/veya içilebilme Özelliğine etki eden maddeler		
Renk	5 birim	50 birim
Bulanıklık	5 birim	25 birim
Buharlaşma kalıntısı	500	1500
Klorür (Cl ⁻)	200	600
Serbest Klor (Cl ₂)	0.1	0.5
Sülfat (SO ₄ ⁻²)	200	400
Demir (Fe)	0.3	1.0
Mangan (Mn)	0.1	0.5
Bakır (Cu)	1.0	1.5
Çinko (Zn)	5	15
Kalsiyum (Ca ⁺²)	75	200
Magnezyum (Mg ⁺²)	50	150
Magnezyum (Mg ⁺²)+Sodyum-Sülfat (Na ₂ SO ₄)	100	500
pH	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2
Alkil Benzen Sülfonat (ABS)	0.5	1.0
Fenolik Maddeler (fenol cinsinden)	-	0.002
Sertlik (CaCO ₃ cinsinden)	500	
4. Kirilenmeyi Gösteren Maddeler		
Nitrit (NO ₂ ⁻)	-	-
Amonyak (NH ₃ ⁺)	-	-
Karbon-Kloroform Ekstraktı	0.2	0.5

Aldığımız kaynak ve kuyu suyu numunelerinin yapılan analizleri ile sulara bulunan anyon (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), kation (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+), nitrat, nitrit, amonyak, bor ve organik madde miktarları belirlenmiştir. Elde edilen sayısal değerlerle 1996 yılında alınan su numuneleri içme suyu kalitesi yönünden değerlendirilmeye çalışılmıştır.

8.1. Buharlaştırma Kalıntısı

Suyu buharlaştırdıktan sonra arta kalan katı madde miktarıdır. Bu tayin belirli hacimdeki suyu platin veya nikel kaplarda buharlaştırmakla yapılabileceği gibi, pratikte yaklaşık olarak 25°C 'deki elektriksel iletkenlik değerini 0.75 gibi bir faktörle çarparak da elde edilir. Eylül-1996 döneminde alınan su numunelerinin pratik olarak hesaplanan buharlaştırma kalıntısı miktarları şu şekildedir.

	<u>Buharlaştırma kalıntısı (mg/l)</u>
K ₁ nolu Karaçalı Kaynağı	37,5
K ₂ nolu Karaçalı Kaynağı	37,5
S ₁ nolu kuyu	210
S ₂ nolu kuyu	420
S ₃ nolu kuyu	278
N ₁ nolu kuyu	135
N ₃ nolu kuyu	600
N ₄ nolu kuyu	315
Haroğlu Kaynağı	165
M ₁ nolu kuyu	405

Türk İçme Suyu Standartlarında buharlaştırma kalıntısı için izin verilen değer 500 mg/l, maksimum değer ise 1500 mg/l'dir. Yukarıda incelenen suların buharlaştırma kalıntıları içme suyu standartlarına uygundur.

8.2. pH

İncelenen tüm kaynak ve kuyu sularının pH değerleri 7'den büyük olup bazik özelliktedirler (Çizelge 4). Türk İçme Suyu Standartlarında pH için limit değerler 6.5 - 9.2 arasında verilmekte olup, alınan su numuneleri içmeye uygun pH değerlerine sahiptirler.

8.3. Organik Madde

Suda minimum miktarda bulunan indirgeyici maddelerin bir ölçümüdür. İnsan, hayvan veya bitkisel kökenli olabilen organik maddelerin ölçümü, suda bulunan bu

maddeleri yükseltgemek için gereken potasyum permanganat (KMnO_4) veya potasyum permanganat ile verdiği oksijen miktarı cinsinden hesaplanır.

1984 yılından önceki Türk İçme Suyu Standartları TS - 266'da suda bulunabilecek maksimum organik madde miktarı $3.5 \text{ mg O}_2/\text{l}$ olarak verilmiştir. Haziran 1984 yılında yayınlanan aynı standartta organik madde miktarı limiti karbon-kloroform ekstraktı olarak verilmektedir. Bu değeri bulmak için kimyasal oksijen ihtiyacı 3.5 mg/l 'den fazla olan sulara uygulanmakta, ayrıca 10 litre suya gereksinim duyulmaktadır (Giritlioğlu, 1992).

Bu çalışmada yapılan su analizlerinde organik madde miktarı mgO_2/l olarak verilmiştir ve sulardaki organik madde miktarı $0.9 - 1.9 \text{ mg O}_2/\text{l}$ arasında değişmektedir. Bu değerler de 1984 yılından önceki Türk İçme Suyu standartları TS - 266'ya uygundur. Sularda $1.9 \text{ mg O}_2/\text{l}$ mertebesinde bulunan organik maddeler su noktalarına yakın tarım bölgelerindeki kirleticilerden kaynaklanıyor olabilir. Bu kirleticiler de hayvan veya bitkisel kökenli olabilir.

8.4. Katyonlar

8.4.1. Kalsiyum

Suya sertlik özelliği veren en önemli iyonudur. Türk İçme Suyu Standartlarında kalsiyum için izin verilen değer 75 mg/l ; maksimum değer 200 mg/l olarak verilmiştir.

Çizelge 4'de verilen değerlere göre; su numunelerindeki kalsiyum miktarı 14.8 ile 118.4 mg/l arasında olup içme suyu standartlarına uygundur.

8.4.2. Mağnezyum

Mağnezyum iyonu da suya sertlik özelliği veren bir iyonudur. Yüksek derişimlerde olması halinde suya acımsı bir lezzet verir. Türk İçme Suyu Standartlarında izin verilen değer 50 mg/l , maksimum değer ise 150 mg/l 'dir (Giritlioğlu, 1992).

İncelenen kaynak ve kuyu sularındaki mağnezyum miktarı 5.04 mg/l ile 38.76 mg/l arasında olup yukarıda belirtilen değerlere uymaktadır (Çizelge 4).

8.5. Anyonlar

8.5.1. Klorür

Klorür tuzlarının çözünürlüğü fazladır. Doğal sularda 1 mg/l 'den daha yüksek derişimlerde bulunabilir. Suyun lezzetine etki eden önemli bir iyonudur. Türk İçme Suyu Standartlarında klorür iyonu için izin verilen değer 200 mg/l , maksimum değer 600 mg/l 'dir. Aldığımız numunelerdeki klorür iyonu $2.13 - 63.9 \text{ mg/l}$ arasında olup (Çizelge 4) içme suyu için belirlenen standartların oldukça altındadır.

8.5.2. Sülfat

Sülfat doğada yaygın bir iyon olup Türk İçme Suyu Standartlarında sülfat iyonu için izin verilen değer 200 mg/l, maksimum değer 400 mg/l'dir (Giritlioğlu, 1992). İncelenen kaynak ve kuyu sularında ise sülfat miktarı oldukça düşük olup en yüksek değer 64 mg/l'dir (Çizelge 4).

8.6. Nitrit ve Amonyak

Bu maddelerin suda mevcudiyeti daha ziyade suların dışkı maddeleri ile kirlendiğini akla getirir. Aslında bu bileşiklerin kendisi sağlık bakımından zararlı olmasa bile kirlenme indikatörü vazifesi gördüğü için önemlidir. Bu sebeple içilecek suyun nitrit ve amonyak konsantrasyonu sıfır olmalıdır (Muslu, 1985).

Mayıs - 1996 yılında yapılan analizlerde sularda ölçülen nitrit miktarı 0.002 - 0.006 mg/l arasındadır (Çizelge 2). Bu değerler oldukça küçük değerler olmasına karşın Türk İçme Suyu Standartlarında belirtilen değerlerin üzerindedir. Bu da kaynak ve yeraltı sularının az da olsa kirlendiğini göstermektedir.

Yine Mayıs - 1996 yılında yapılan analiz sonuçlarına göre K₂, K₃ nolu Karaçalı Kaynakları ile Haroğlu Kaynağı'nda ve S₁, N₁, N₄ ve M₁ nolu kuyu sularında amonyak hiç bulunmazken diğer kaynak ve kuyu sularında 0.024 ile 0.079 mg/l mertebesinde bulunmaktadır (Çizelge 2). Eylül - 1996 dönemindeki tahlillere göre ise tüm kaynak ve kuyu sularında amonyağa rastlanılmıştır (Çizelge 4).

Orneklerde amonyak bulunursa bu, organik madde varlığına diğer bir deyimle mikrop bulunabilceğine işaret eder (Ercan, 1995). Ancak örneklerin yaptırılan bakteriyolojik tahlil sonuçlarında sularda insan sağlığını etkileyecek seviyede koliform bakteriye rastlanmamıştır.

Yeraltı sularının kirlenmesi biyolojik kimyasal ve radyoaktif türevlerin yeraltısuyuna karışması ya da etkilemesi sonucu oluşur. Konutların, sanayi kuruluşlarının, çöp alanlarının bulunduğu kesimlerde başlıca kirlenme kaynakları;

- a) Konutlardan atılan dere ya da yalıtılmış atık çukuru ile yeraltı suyuna karışan evsel atıklar,
- b) Hayvancılık ve ziraat alanındaki atıklar (organik-inorganik gübre),
- c) Sanayi ürünleri atıkları (yağ, boya, hayvansal, kimyasal, radyoaktif türevler, kirli sular) (Ercan, 1995).

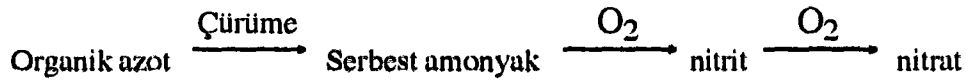
Yukarıda değinilen bilgiler ışığında ve numunelerin alındığı noktalara bağlı olarak kaynak ve kuyu sularında rastlanan amonyak ve nitrit'in bu su noktalarına yakın yerleşim yerlerindeki ve tarımsal bölgelerdeki kanalizasyon, çöplük, gübre, çürümüş bitki ve hayvansal maddelerden kaynaklandığını söyleyebiliriz.

Bununla beraber, bilhassa derinden gelen yeraltı sularının çok az oksijen ihtiva etmeleri sebebiyle, inorganik nitratların indirgendikleri ve sularda nitrit ve amonyakın ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durumda suyun oksijen konsantrasyonu da gittikçe azalacaktır. Böyle hallerde oksijenin azlığı ve suyun nitrit ve amonyak ihtiva etmesi, bir kirlenme sebebi olamaz (Muslu, 1985).

8.7. Nitrat

Nitrat, azotun son oksidasyon ürünü olduğundan dolayı organik maddelerin sularda ayrışmaya maruz kaldığını göstermesi bakımından bilhassa önemlidir (Muslu, 1985).

Azotlu bileşiklerin kimyasal reaksiyonu aşağıdaki gibidir (Akdemir, 1997).



İçme sularında nitratın fazla miktarda bulunması istenmez. İnsan sağlığına etki eden bir iyondur (Giritlioğlu, 1992). Türk İçme Suyu Standartlarında bulunabilecek maksimum nitrat derişimi 45 mg/l olarak verilmiştir. Mayıs - 1996 döneminde yapılan tahlillerde kuyu ve kaynak sularında 3,54 ile 35,44 mg/l arasındaki konsantrasyonlarda nitrata rastlanmıştır. Yeraltı suyunda en sık bulunan kirletici madde olan nitrat (NO_3) özellikle tarım alanlarındaki ve evsel ya da kanalizasyon atıklarının yakınlarındaki yeraltı su kaynaklarında rastlanır (Babadağı ve Yıldız, 1995).

8.8. Bor

Bor, yeraltı sularında borik asit (H_3BO_3), Borat ya da tetraborat şeklinde ender olarak çok az miktarda bulunur. Genellikle bu miktar 1 mg/l'den azdır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

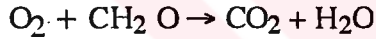
Bor, mikalarda ve serpantinlerde oldukça boldur. Fillosilikatlar, diğer silikatlara oranla daha fazla bor içerir; özellikle, muskovit, paragonit, serisit, illit, montmorillonit ve serpantin borca zengindir. Bir çok feldspatlar önemli miktarda bor içerirler. Bor miktarı, plajiyoklaslarda, anortit artışı ile doğru orantılıdır. Bir çok plajiyoklaslarda bor artışı, feldspatların serisitleşmesi ile açıklanmaktadır (Şahinci, 1991).

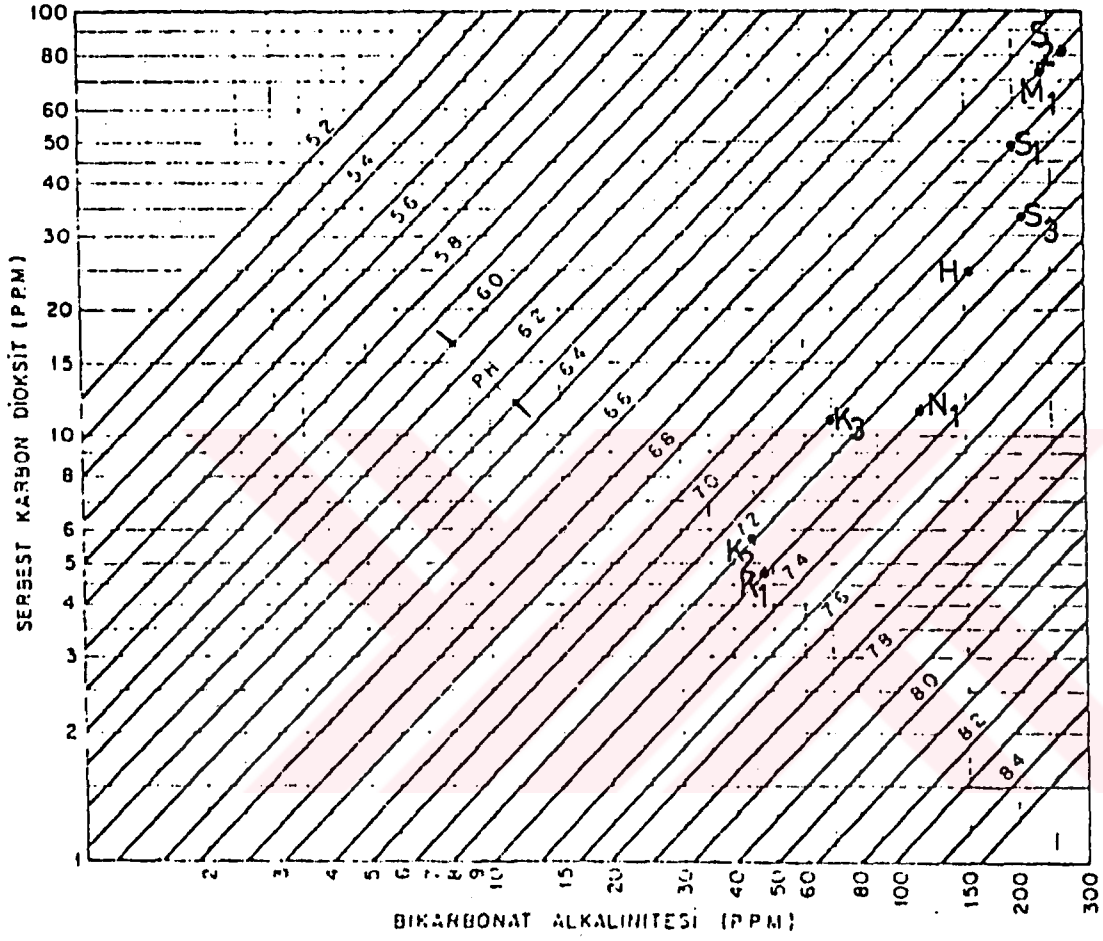
Bor elementi kuyu ve kaynak sularında 0.1 - 0.35 mg/l arasında değişen değerlerde bulunmaktadır (Çizelge 2, 4). İçme ve kullanma sularında 30 mg/l'ye kadar olan miktarlar zararlı değildir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

8.9. Serbest Karbondioksit

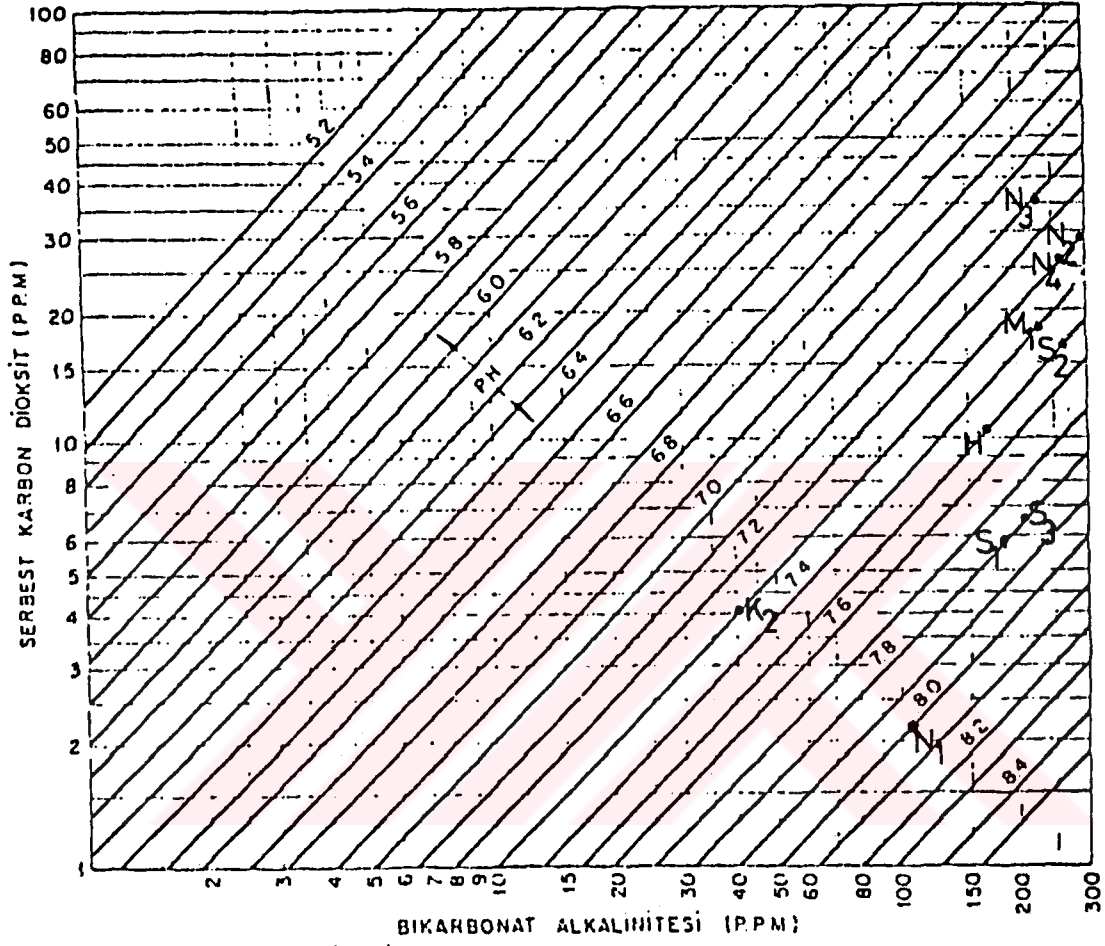
Karbonatların suda çözünürlüğünde önemli bir yer tutan karbondioksit gazı en çok atmosferde bulunur. Yeraltı sularına atmosferden gelen karbondioksit önemsizdir. Yeraltı sularındaki karbondioksit gazının büyük bir kısmı zemin içinde yaşayan gelişmiş canlıların solunumdan ve bozunmuş canlı artıklarından gelir. Bunlardan başka sülfatların oksidleşmesi, sülfirik; nitritleşme olayı ile ortaya çıkan nitrik ve organik asidlerin karbonatlar üzerine etkisi ile oluşan karbondioksit gazı, yeraltı sularına geçer (Şahinci, 1991).

Şekil 60, 61, 62'de sularda bulunan serbest karbondioksit miktarını belirleyen diyagramlar bulunmaktadır. Bu diyagramlarda Mayıs ve Temmuz aylarında kaynak ve kuyu sularında daha fazla, Eylül ayında ise daha az miktarda olduğu saptanmıştır. Özellikle N₃, N₄, M₁ nolu kuyu sularındaki serbest karbondioksit miktarının diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşın Karaçalı Kaynakları ile Haroğlu Kaynağındaki karbondioksit miktarı oldukça düşüktür. N₃, N₄ ve M₁ nolu kuyu sularındaki yüksek karbondioksit miktarı organik maddelerin bozunumundan aşağıdaki reaksiyona bağlı olarak ve suya karışan kirleticilerden kaynaklanıyor olabilir. Bu da sulara agresif bir özellik kazandırmıştır.





Şekil 60. Kaynak ve kuyu sularında bulunan serbest karbondioksit miktarlarını belirleyen diyagram (Mayıs - 1996).



Şekil 61. Kaynak ve kuyu sularında bulunan serbest karbondioksit miktarlarını belirleyen diyagram (Temmuz - 1996).

9. SONUÇLAR

Elazığ'ın içme ve kullanma sularının fiziko kimyasal özelliklerini içeren bu çalışmada şu sonuçlara varılmıştır:

1. Çalışma bölgesinde su taşıyan formasyonlar Keban Metamorfikleri, Elazığ Magmatikleri, Seske Formasyonu, Kırkgeçit Formasyonu, Pliyosen çakılları ile silt ve kumtaşlarıdır.

2. Magmatik kayalardan beslenen kaynak ve kuyu sularının mineralizasyonu ve buharlaşma kalıntısı düşük; sedimanter kayalardan beslenen kaynak ve kuyu sularının ise yüksektir.

3. İnceleme alanı içinde bulunan kaynaklarda Karaçalı Kaynakları'nın beslenimleri Elazığ Magmatikleri'nden, Haroğlu Kaynağı'nın ise Seske Kireçtaşları'ndan olmaktadır.

4. Elazığ Magmatikleri'nden beslenen Karaçalı Kaynakları ile Keban Metamorfikleri'nin dolomitik seviyelerinden beslenen kuyularda Mg^{+2} miktarı Ca^{+2} miktarından daha büyüktür.

5. Genel olarak Keban kristalize kireçtaşları, Seske, Kırkgeçit Formasyonları, Hazar-Maden Karmaşığı ile Pliyosen oluşuklarından beslenen kaynak ve kuyu sularının kirece doymun oldukları Elazığ Magmatiklerinden beslenen kaynak ve kuyu sularının ise kirece doymun olmadıkları tesbit edilmiştir.

6. Geçmiş yıllara ait analiz neticeleri ile çizilen diyagramlarla 1996 yılında aldığımız su numunelerinin diyagramlarının korelasyonunda suların yıllara bağlı olarak gerek bünyelerinde gerekse akifer seviyelerde bir iyon artışı veya tuzlanma görülmemiştir. Sular çoğunlukla benzer kimya özelliklerine sahiptir.

7. Genel olarak bir havza içinde beslenme bölgesinden boşalma bölgesine doğru gidildikçe kuyu sularındaki mineralizasyonun arttığı görülmüştür.

8. Üçgen diyagramlar üzerinde tüm kuyu ve kaynak sularının anyonları kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanmışlardır. K_1 nolu Karaçalı Kaynağı ile S_1 , N_4 ve M_1 nolu kuyu sularının katyonları magnezyumlu ve sülfatlı sular bölgesinde; K_2 nolu Karaçalı kaynağı, Haroğlu Kaynağı ile S_2 , S_3 , N_1 ve N_3 nolu kuyu sularının katyonları ise kalsiyumlu ve hidrokarbonatlı sular bölgesinde gruplanmışlardır.

9. Piper diyagramı üzerinde de suların çoğunluğu 5., 1. ve 3. bölgelerde gruplanmışlardır. Bu bölgelere düşen sularda $Ca^{+2} + Mg^{+2} > Na^{+} + K^{+}$ olup bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca suların karbonat sertliği % 50'den fazladır. Sulardaki hakim iyonlar kalsiyum, magnezyum ve bikarbonat olup bu iyonlar kireçtaşlarından yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır.

10. Wilcox diyagramında kaynak ve kuyu suları iyi kullanılabilir ve çok iyi-iyi sulama suyu sınıfında bulunmaktadırlar.

11. Kaynak ve kuyu sularının yapılan kimyasal ve bakteriyolojik analizleri neticesinde suların TSE'nin belirlediği içme suyu standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir.

12. Bazı kuyu ve kaynak sularında saptanan çok düşük değerlerdeki amonyak ve nitritin insan sağlığını tehdit etmeyecek seviyede olduğu ve bunların su noktalarına yakın yerlerde bulunan kanalizasyon, çöp yığınları ve tarımsal kirleticilerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

13. Hazarbaba Dağı eteklerinde çok sayıda noktadan boşalan Karaçalı Kaynakları'nın daha hijyenik ortamlarda şişelenip satılması ve daha iyi tanıtılması sonucunda ekonomik yönde daha iyi neticeler alınacaktır.



KAYNAKLAR

- AKGÜL, M., 1991. Baskil (Elazığ) Granitoidinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri: Geosound, 18, 67-78, Adana.
- AKGÜL, B., 1993. Piran Köyü (Keban) Çevresindeki Magmatik Kayaçların Petrografik ve Petrolojik Özellikleri: Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 128s. (yayınlanmamış).
- AKDEMİR, S., 1997. Van Merkez ve Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi: Yüksek Lisans Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 165 s. (yayınlanmamış).
- ALÇIÇEK, M. C., 1996. Elazığ Çevresindeki Heyelanların Jeoloji İncelemesi: Yüksek Lisans Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 94 s. (yayınlanmamış).
- BABADAĞLI, T. ve YILDIZ, T., 1995. İstanbul Yeraltı Su Kaynaklarının Kirlenme Düzey ve Potansiyelinin Belirlemesi: In: Şen, Z. (ed.), İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu Tebliğleri, İstanbul, 11-17.
- BİNGÖL, A. F. ve BEYARSLAN, M., 1996. Elazığ Magmatitleri'nin Jeokimyası ve Petrolojisi: In: Korkmaz, S. ve Akçay, M. (eds.), KTÜ Jeoloji Müh. Böl. 30.Yıl Sempozyumu, Bildiriler, Cilt I, Trabzon, 208-224.
- BRIGGS, G. F. and FIEDLER, A. G., 1975. Ground Water and Wells. Johnson Division, UOP Inc., Saint Paul, Minnesota, 440 p.
- CANİK, B., 1980. Su Kimyası Ders Notları: Ankara Üniv. Fen Fak., Ankara, 72 s. (yayınlanmamış).
- ÇELİK, H., 1997. Maden Karmaşığının Jeolojik Özellikleri: Doktora Semineri, F. Ü. Fen Bil. Enst., 44 s. (yayınlanmamış).
- ÇETİNDAG, B., 1987. Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Oluşumu: Doktora Semineri, F. Ü. Fen Bil. Enst., 37 s. (yayınlanmamış).
- ÇETİNDAG, B., 1989. Elazığ-Ören Çayı Havzası'nın Hidrojeoloji İncelemesi: Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 270 s. (yayınlanmamış).
- ÇETİNDAG, B., 1996. Haringet Çayı Havzası'nın (Elazığ) Yeraltı Suyu Kimyası İncelemesi: F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 8(2), 39-57.

- ÇETİNDAG, B. ve CANİK, B., 1997. Ören Çayı Havzası'nın (Elazığ) Yeraltı Suyu Kimyası İncelemesi. Geosound, Adana (baskıda).
- DOĞRU, S., NAZİK, M., GİRİTLİOĞLU, T. ve GÜL, A., 1970. Uluova ve Elazığ Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu: In: DSİ. Genel Müdürlüğü Yeraltı Suları Daire Başkanlığı, Ankara, 84 s.
- ERCAN, A., 1995. Yeraltı Suları Tuzlanma ve Kirliliğin Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi: In: Şen, Z. (ed.), İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu Tebliğleri, İstanbul, 33-45.
- ERGUVANLI, K. ve YÜZER, E., 1973. Yeraltı Suları Jeolojisi (Hidrojeoloji): İTÜ Kütüphanesi, Sayı: 967, 340 s.
- FREEZE, R.A. and CHERRY, J. A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 604 p.
- GİRİTLİOĞLU, T., 1992. İçme Suyu Kimyasal Analiz Raporlarının Değerlendirilmesi, Standartlar ve Dezenfeksiyon: In: İller Bankası Genel Müd. İçme Suyu Daire Başkanlığı, İçme Suyu Etüd Proje Semineri Notları, 19 s.
- GÜROCAK, Z., 1993. Sivrice (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi: Yüksek Lisans Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 65 s. (yayınlanmamış).
- KILIÇ, E., 1987. Baskil Kuzeydoğusunda Haroğlu Dağı Çevresinin Ayrıntı Jeolojik İncelemesi: Yüksek Lisans Tezi, F. Ü. Fen Bilimleri Enst., 59 s. (yayınlanmamış).
- KUŞÇUOĞLU, S. ve ALTUNER, Z., 1996. Tokat İl ve İlçelerinde İçme Sularının Bakteriyolojik Kalite Kontrolü: In: Şen, Z. (ed.), İçme Suyu Sempozyum Tebliğleri, İstanbul, 41-48.
- MUSLU, Y., 1985. Su Temini ve Çevre Sağlığı: İ.T.Ü. Kütüphanesi, Cilt 3, Sayı: 1314, 790 s.
- ÖZGÜL, N., 1976. Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri: Türkiye Jeoloji Kur. Bült., 19, 1, 65-78.

- ÖZKUL, M. ve KEREY, E., 1996. Şelf Derin-Deniz Kompleksinde Fasiyes Analizleri: Kırkeçit Formasyonu (Orta Eosen-Oligosen)- Baskil, Elazığ: Tr. J. of Earth Sciences, 5, 57-70.
- SCHOELLER, H., 1962. Les Eaux Souterraines: Masson et Cie, Editurs, 120, Boulevard Saint-Germain-Paris (Çeviren: Karacadağ, K., 1973. Yeraltı Suları, Dizerkonca Matbaası, İstanbul, 605 s.).
- ŞAHİNCİ, A., 1971. Yeraltına Süzülen Yağış Miktarının Klor Metodu İle Tayini: Ege Üniv. Fen Fak. İlmi Raporlar Serisi, No: 117, İzmir, 37 s.
- ŞAHİNCİ, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası: Reform Matbaası, İzmir, 548 s.
- ŞAHİNCİ, A., 1991. Karst: Reform Matbaası, İzmir, 173 s.
- TATAR, Y., 1987. Elazığ Bölgesinin Genel Tektonik Yapıları ve Landsat Fotoğrafları Üzerinde Yapılan Bazı Gözlemler: Yerbilimleri, 14, 295-309.
- TATAR, Y., TURAN, M. ve AKSOY, E., 1995. Hazar Gölü ve Yakın Çevresinin Jeolojisi ve Gölün Oluşumu: 1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildirileri, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, Yayın No: 2, 1-13.
- T.S.E. (1984). Türk İçme Suyu Standartları (TS 266).
- TURAN, M., 1993. Elazığ Yakın Civarındaki Bazı Önemli Tektonik Yapılar ve Bunların Bölgenin Jeolojik Evrimindeki Yeri: A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu Bildirileri, Ankara, 193-204.
- ÜSTÜNTAŞ, A., 1987. Maden Karmaşığının Özellikleri ve Oluşumu: Yüksek Lisans Semineri, F. Ü. Fen Bil. Enst., 28 s. (yayınlanmamış).
- YAZGAN, E., 1981. Doğu Toroslarda Etkin Bir Paleo-Kıta Kenarı Etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen) Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu: H. Ü. Yerbilimleri Derg., 7, 83-104.