

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ (ELAZIĞ) KAMPÜS ALANINDAKİ
YERALTI SUYU KİMYASI VE KALİTESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevim ÖZULUKALE

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Uygulamalı Jeoloji

ŞUBAT-2010

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ (ELAZIĞ) KAMPÜS ALANINDAKİ
YERALTI SUYU KİMYASI VE KALİTESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevim ÖZULUKALE

06216103

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Uygulamalı Jeoloji

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bahattin ÇETİNDAG

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 20 Ocak 2010

ŞUBAT-2010

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FIRAT ÜNİVERSİTESİ (ELAZIĞ) KAMPÜS ALANINDAKİ
YERALTI SUYU KİMYASI VE KALİTESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevim ÖZULUKALE

06216103

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Ocak 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Şubat 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bahattin ÇETİNDAG (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Yusuf SAATÇI (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Özlem ÖZTEKİN OKAN (F.Ü)

ŞUBAT-2010

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma FÜBAP tarafından 1639 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Çalışmayı başından sonuna kadar denetleyerek her türlü katkı ve öneriyi yapan çok değerli hocam, Prof. Dr. Bahattin ÇETİNDAG'a ve Yrd. Doç. Dr. Özlem ÖZTEKİN OKAN'a teşekkür ederim.

Numune alımında yardımcı olan Jeoloji Yüksek Mühendisi Yusuf ERTÜRK'e, ayrıca Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Nusret ŞEKERDAĞ'a, Yrd. Doç. Dr. Emine Işıl ARSLAN'a, Veteriner Fakültesi Dekanlığı'na, Prof. Dr. Bahri PATIR, Arş. Gör. Abdullah DİKİCİ'ye, her zaman yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Murat İNCEÖZ'e, Arş. Gör. Seda BAKIR'a ve Bozok Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği'ndeki öğretim üyelerine ve aileme teşekkür ederim.

Sevim ÖZULUKALE
ELAZIĞ-2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLOLAR LİSTESİ.....	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi.....	1
2. METERYAL VE METOT.....	2
3. COĞRAFYA	3
3.1. Yer Belirleme.....	3
3.2. İklim.....	5
4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	10
5. JEOLojİ.....	12
5.1. Elazığ Magmatitleri (Senoniyen).....	12
5.2. Kırkeçit Formasyonu (Lütesiyen-Üst Oligosen).....	13
5.3. Göl Çökelleri (Pliyosen).....	13
6. HİDROJEOLojİ.....	16
6.1. Hidrojeolojik Karakteristikler.....	16
7. SU KİMYASI.	18
7.1. Sularda Bulunan Başlıca İyonlar.....	18
7.1.1. Katyonlar.....	21
7.1.2. Anyonlar.....	24
7.2. Su Kimyası Tahlillerinin Diyagramlarla Gösterilmesi.....	26
7.2.1. Schoeller diyagramı.....	26
7.2.2. Dairesel diyagram.....	29
7.2.3. Piper diyagramı.....	31
7.2.4. Collins (Sütun) diyagramı.....	33

Sayfa No

7.2.5. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.....	36
7.2.6. Wilcox diyagramı.....	40
7.2.7. Suların içilebilme diyagramı.....	42
8. SULARIN ÇEŞİTLİ KRİTERLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI.....	46
8.1. Suların Sertlik Dereceleri.....	46
8.2. Suların Bakteriyolojik Özellikleri.....	48
8.3. Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH).....	49
8.4. Suların AIH (Uluslararası Hidrojeologlar Birliği) Sınıflaması.....	49
9. ÖRNEKLEME YAPILAN SULARIN İÇME SUYU STANDARTLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	51
9.1. Su Kalitesi Standartları.....	51
9.1.1. Suların Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (SKKY) göre sınıflandırılması ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.....	51
9.1.2. Suların içme suyu olarak kullanılabilirliğine yönelik TS 266, WHO, EPA limitleri ve analiz sonuçlarıyla karşılaştırılması.....	54
9.1.3. Yeraltı suyu kirliliği olan su noktalarının belirlenmesi.....	54
9.1.3.1. Amonyum (NH ₄ ⁺), nitrit (NO ₂ ⁻) ve nitrat (NO ₃ ⁻).....	54
9.1.3.2. Fosfat (PO ₄ ⁻).....	56
9.1.3.2. Koliform Bakteri.....	57
10. SONUÇLAR	59
KAYNAKLAR.....	64
EK 1. SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ.....	66
EK 1.1. KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ.....	68
EK 2. İÇME SUYU STANDARTLARI.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ÖZET

İnceleme alanı Elazığ İli Fırat Üniversitesi kampus alanınıdır. İnceleme alanı Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Lütésiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ve Pliyosen yaşlı göl çökellerini içerir.

Bu çalışmada, Elazığ İli Fırat Üniversitesi kampüs alanından almış olduğumuz yeraltı suyu örneklerinin hidrojeokimyasal özellikleri ve bazı kirlilik parametreleri incelenmiştir. Sularda anyon ve katyon analizleri için laboratuvar çalışması yapılmıştır. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik gibi bazı su kalitesi parametreleri yerinde ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara dayanarak diyagramlar çizilmiş ve incelenen suların içme ve sulama suyu olarak kullanılabilirliği standart (TS 266, WHO, EPA) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Bunlara göre inceleme alanındaki suların çoğu sulama suyu olarak kullanılabilir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı'na göre 2 numaralı örnek dışındaki tüm örnekler C₂-S₁ sınıfındadır. orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygundur. 2 numaralı örnek ise C₃-S₁ sınıfında olup Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılmadığı ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun olduğu görülmektedir. Wilcox Diyagramı'na göre 2 numaralı örnek dışındaki tüm örnekler çok iyi-iyi sınıfında, 2 numaralı örnek ise iyi-kullanılabilir sınıfında yer almaktadır.

Suların içme suyu olarak kullanılabilirliğine yönelik katyon ve anyonlardan bazılarının TS 266, WHO, EPA ve SKKY limitlerini aştığından Temmuz-2008 tarihinde 1, 2, 3, 4, 5 ve 8 nolu örnekler, Kasım-2008 ve Aralık-2008 tarihlerinde ise 2, 3, 4 ve 8 nolu su örnekleri içilemez su niteliği taşımaktadır. Kirliliğin evsel atık su ve hayvansal gübre kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı Suyu Kimyası, Yeraltı Suyu Kalitesi, Wilcox Diyagramı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı, Fırat Üniversitesi, Elazığ

SUMMARY

Quality and Chemistry of Groundwater in the Campus Area of Firat University, Elazig, Turkey

Study area is Firat University in the administration province of Elazığ. This area includes Cenonian aged Elazığ Magmatics, Lutetian-Upper aged Oligocene Kirkgeçit Formation and Pliocene aged lagunar formations.

In this study, the hydrogeochemical properties and some pollution parameters of the groundwater samples taken from this area have been examined. The anion and cation laboratory analyzes of these waters have been carried out. Some of the water quality parameters such as temperature, pH, and electrical conductivity have been measured. Diagrams have been drawn on the basis of the results and the waters studied have been evaluated according to the availability to be used as drinking water via standards (TS 266, WHO, EPA) and Water Pollution Control Regulation (WPCR after that).

According to these most of the water in the studied area can be used as irrigation water. According to the USA Salinity Laboratory Diagram all the samples except for the number 2 are in the C₂-S₁ class. It can be used for the plants that need rated medium and are appropriate for any kind of agriculture except for the plants sensitive to sodium. As to number 2 sample, this kind, without drainage, is in the class C₃-S₁; and is appropriate for any kind of agriculture except for the plants sensitive to sodium. According to Wilcox Diagram; all the samples except for the number 2 sample are in the good-very good class, while the number 2 sample is in the good-available class.

Because some of the anions and cations bases have exceeded TS 266, WHO, EPA standards and WPCR limits when considering the waters' availability of drinking, the 1, 2, 3, 4, 5 and 8 samples in the July-2008 date; 2, 3, 4 and 8 samples in the November-2008 and December-2008 datum have the undrinkable characteristics. It can be said that the reason of the pollution is originated from animal faeces and domestic waste water.

Key Words: Groundwater Chemistry, Groundwater Quality, Wilcox Diagram, USA Salinity Laboratory Diagram, Firat University, Elazig

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 3.2.	Fırat Üniversitesi kampüs sınırının belirlenerek sayısal veri haline dönüştürülmesi.....	4
Şekil 3.3.	Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün Elazığ İli 2007 yılı verilerine göre yağış ve potansiyel Buharlaştırma-terlemenin Thornthwaite'e (1948) göre yıllık değişim grafiği.....	7
Şekil 3.4.	Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün Elazığ İli 2008 yılı verilerine göre yağış ve potansiyel buharlaştırma-terlemenin Thornthwaite'e (1948) göre yıllık değişim grafiği	9
Şekil 5.1.	Çalışma alanının jeolojik haritası	14
Şekil 5.2.	Çalışma alanının ölçeksiz stratigrafik kesiti.....	15
Şekil 6.1.	Örnekleme haritası.....	17
Şekil 7.1.	Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Ca^{+2} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi.....	21
Şekil 7.2.	Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Mg^{+2} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi.....	22
Şekil 7.3.	Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Na^{+} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi.....	23
Şekil 7.4.	Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki K^{+} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi	23
Şekil 7.5.	Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Cl^{-} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi.....	24
Şekil 7.6.	Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki SO_4^{-2} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi	25
Şekil 7.7.	Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki HCO_3^{-} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi.....	25
Şekil 7.8.	Temmuz-2008 tarihine ait suların Schoeller diyagramı.....	27
Şekil 7.9.	Kasım-2008 tarihine ait suların Schoeller diyagramı	28
Şekil 7.10.	Temmuz-2008 tarihine ait suların dairesel diyagramı	29
Şekil 7.11.	Kasım-2008 tarihine ait suların dairesel diyagramı	30
Şekil 7.12.	Temmuz-2008 tarihine ait suların Piper diyagramı	31
Şekil 7.13.	Kasım-2008 tarihine ait suların Piper diyagramı	32
Şekil 7.14.	Temmuz-2008 tarihine ait suların sütun diyagramı	34
Şekil 7.15.	Kasım-2008 tarihine ait suların sütun diyagramı	34
Şekil 7.16.	Temmuz-2008 tarihine ait suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.....	38
Şekil 7.17.	Kasım-2008 tarihine ait suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.....	39
Şekil 7.18.	Temmuz-2008 tarihine ait suların Wilcox diyagramı.	41

Şekil 7.19.	Kasım-2008 tarihine ait suların Wilcox diyagramı.....	42
Şekil 7.20.	Temmuz-2008 tarihine ait suların içilebilme diyagramı	43
Şekil 7.21.	Kasım-2008 tarihine ait suların içilebilme diyagramı	44
Şekil 9.1.	Sulardaki NH_4^+ miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki değişimi.....	55
Şekil 9.2.	Sulardaki NO_2^- miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki değişimi.....	55
Şekil 9.3.	Sulardaki NO_3^- miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki değişimi.....	56
Şekil 9.4.	Sulardaki fosfat miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 örnekleme dönemlerindeki değişimi.....	57
Şekil 9.5.	Sulardaki Aralık-2008 tarihindeki koliform bakteri miktarı.....	57

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1.	2007, 2008 yılları sıcaklık ortalaması, yağış miktarı ve nispi nem	6
Tablo 3.2.	Çalışma alanının 2007 yılı nem bilançosu	6
Tablo 3.3.	Çalışma alanının 2008 yılı nem bilançosu	8
Tablo 6.1.	Beslenme alanının hidrojeolojik karakteristikleri.....	16
Tablo 7.1.	Temmuz-2008 tarihine ait suların fiziksel ve kimyasal değerleri.....	19
Tablo 7.2.	Kasım-2008 tarihine ait suların fiziksel ve kimyasal değerleri.....	20
Tablo 7.3.	Örnekleme noktalarından alınan sulardaki iyonların sıralanışı.....	26
Tablo 7.4.	Örnekleme noktalarından alınan sulardaki iyonların sıralanışı.....	27
Tablo 7.5.	İncelenen sulardaki tuzların Temmuz-2008 tarihine ait tuzlardaki artış veya azalış miktarları.....	35
Tablo 7.6.	İncelenen sulardaki tuzların Kasım-2008 tarihine ait tuzlardaki artış veya azalış miktarları.....	36
Tablo 7.7.	Suların SAR ve EC değerleri.....	37
Tablo 7.8.	Suların SAR ve EC değerleri.....	37
Tablo 7.9.	Suların tuzluluk ve Na miktarlarına göre sınıflandırılması.....	37
Tablo 7.10.	Suların % Na ve EC değerleri.....	40
Tablo 7.11.	Suların % Na ve EC değerleri.....	40
Tablo 8.1.	İçme sularının sertliklerine göre sınıflandırılması.....	46
Tablo 8.2.	Temmuz-2008 tarihine ait suların Fransız Sertlik Derecesi.....	47
Tablo 8.3.	Kasım-2008 tarihine ait suların Fransız Sertlik Derecesi.....	47
Tablo 8.4.	Suların 12 Aralık 2008 tarihine ait bakteriyolojik analiz sonuçları.....	48
Tablo 8.5.	İçme ve kullanma sularında EMS tablosu.....	49
Tablo 8.6.	Temmuz-2008 tarihindeki su örneklerinin AIH'a göre sınıflaması.....	50
Tablo 8.7.	Kasım-2008 tarihindeki su örneklerinin AIH'a göre sınıflaması.....	50
Tablo 9.1.	Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (mg/L)'nin SKKY'ye göre sınıflandırılması.....	52
Tablo 9.2.	Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (mg/L)'nin SKKY'ye göre sınıflandırılması.....	52
Tablo 9.3.	Bakteriyolojik analiz sonuçlarının SKKY'ye göre sınıflandırılması.....	53

SEMBOLLER LİSTESİ

AIH	:Uluslararası Hidrojeologlar Birliği
Ca	:Kalsiyum
Cl	:Klorür
CO₃	:Karbonat
DSİ	:Devlet Su İşleri
EC	:Elektriksel iletkenlik
EPA	:Amerika Çevre Koruma Ajansı
HCO₃	:Bikarbonat
K	:Potasyum
Km	:Kilometre
m	:Metre
Mek/L	:Miliiekivalent/litre
Mg	:Miligram
Mg/L	:Miligram/litre
Na	:Sodyum
NH₄	:Amonyum
NO₂	:Nitrit
NO₃	:Nitrat
pH	:H ⁺ iyonu (-) logaritması
PO₄	:Fosfat
SAR	:Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SKKY	:Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SO₄	:Sülfat
T	:Sıcaklık
TPAO	:Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TS	:Türk Standartları
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
YAS	:Yeraltı Suyu

1. GİRİŞ

Su kalitesini, suda çözünmüş olan çözünenler ve gazlar ile birlikte suyun içinde bulunan ve yüzen maddeler belirler. Su kalitesi suyun doğal fiziksel ve kimyasal durumunun yanı sıra insan faaliyetine bağlı değişimlerin de bir sonucudur. Suyun belirli bir amaç için kullanışlı olup olmadığı, su kalitesi ile saptanır. İnsan faaliyetlerinin doğal suyun kalitesini değiştirdiği ve önceden kullanım için elverişli olan suyun artık kullanıma uygun olmadığı durumda, suyun kirletilmiş olduğu ifade edilir (Fetter, 2001) .

Bu çalışmada suların kökeni, kalitesi ve kullanım olanakları araştırılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

“Fırat Üniversitesi (Elazığ) Kampüs Alanındaki Yeraltı Suyu Kimyası ve Kalitesi” başlıklı bu çalışma yeraltı suyunun varsa kirlilik miktarlarını belirlemek ve uygun standartlarla (TS 266, WHO, EPA standartları ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği) karşılaştırılarak içme ve kullanmaya uygun olup olmadığının araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları ve bulguları bölgede kullanılan suyun insan sağlığı ve doğal çevre üzerindeki etkilerini ortaya çıkarılması bakımından oldukça önem taşımaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

“Fırat Üniversitesi (Elazığ) Kampüs Alanındaki Yeraltı Suyu Kimyası ve Kalitesi” konulu çalışma arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç aşamada gerçekleşmiştir.

Su kalitesini oluşturan parametrelerin analizlerinde kullanılacak numuneler bir yıl içinde iki kez alınmıştır. Arazide örnek alınan kaynak ve kuyu yerlerinin koordinatları GPS yardımıyla tespit edilmiştir. Bakteriyolojik analiz için de kahverengi sterilize edilmiş cam şişeler kullanılmıştır. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik gibi parametreler YSI Orion marka 420A model pH metre ile yerinde ölçülmüştür. Suların debileri ise belirli hacim yöntemiyle yerinde belirlenmiştir.

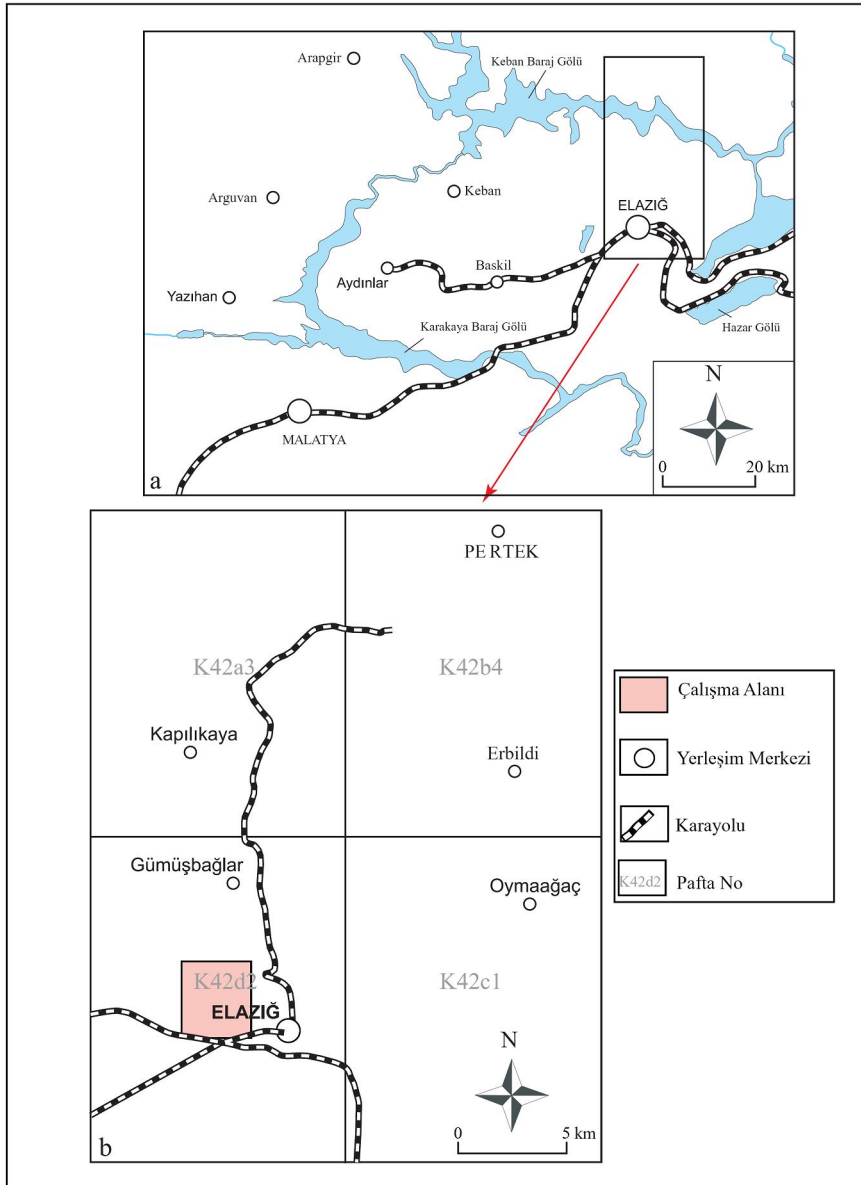
İnceleme alanında Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihinde belirlenen lokasyonlardan su numuneleri alınmıştır. Alınan numuneler laboratuvarda; major iyonlar ve kirlilik parametrelerini ortaya koyan veriler (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^-) kitler yardımıyla spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Ayrıca suların bakteriyolojik analizleri de Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yaptırılmıştır. Alkalinite-Titrasyon hesaplama ile HCO_3^- değerleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda bölgeden alınan zemin örneklerinde, tabanı delikli kutu yöntemiyle permeabilite, sıkılama yöntemiyle porozite, özgül verim ve özgül tutum değerleri tespit edilerek beslenme alanının hidrojeolojik özellikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Büro çalışmalarında önceki çalışmalara bağlı olarak derlenen bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuş ve örnek alınan su noktaları 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritaya işaretlenip bir örnekleme haritası hazırlanmıştır. Laboratuvarda yapılan analiz sonuçlarıyla ilgili veriler diyagramlara yerleştirilerek suların yorumları yapılmıştır.

3. COĞRAFYA

3.1. Yer Belirleme

Çalışma alanı, Türkiye 1/25.000 ölçekli Elazığ K42-d2 topoğrafik haritasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Fırat Üniversitesi Kampüsü il merkezinin batı bölümünde yer almakta olup yaklaşık 6,2 km²'lik bir alandır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 3.2. Fırat Üniversitesi kampüs sınırının belirlenerek sayısal veri haline dönüştürülmesi (Tonbul vd., 2005).

3.2. İklim

Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan verilere göre bölgenin 2007 yılındaki yıllık sıcaklık ortalaması 13,48 °C, toplam yağış miktarının 335 mm olduğu belirtilmiştir. 2007 yılı en düşük sıcaklık değeri Ocak ayında -2,1 °C olup, en yüksek sıcaklığa 28,1 °C ile Temmuz ayında ulaşmıştır. 2007 yılı içinde en fazla yağış alan ay 77,1 mm'lik yağışla Nisan ayı olup, en az yağış alan ay ise 0,8 mm yağışla Temmuz ayı olmuştur.

2008 yılı verilerine göre ise bölgenin yıllık sıcaklık ortalaması 13,43 °C, toplam yağış miktarı da 318,4 mm olduğu belirtilmiştir. Yıl içerisinde bölgenin en düşük sıcaklık değeri Ocak ayında -4 °C olup, en yüksek sıcaklığa 28,6 °C ile Ağustos ayında ulaşmıştır. 2008 yılı içinde en fazla yağış alan ay Kasım ayı 92,4 mm olup, Temmuz ve Ağustos ayında bölgeye yağış düşmemiştir. Bölgenin 2007 ve 2008 yılları aylık sıcaklık ortalaması, aylık yağış miktarı ve nispi nem yüzdesi Tablo 3.1'de verilmiştir.

Thorntwaite'e (1948) göre 2007 ve 2008 yıllarının nem bilançosu hazırlanmıştır. 2007 yılı nem bilançosunda (Tablo 3.2), Nisan ayı sonuna kadar su fazlalığının varlığı, Mayıs ve Ekim ayları arasında buharlaşma-terlemenin yağıştan fazla olduğu ve Haziran-Kasım ayları arasında su noksanlığı olduğu ortaya çıkmıştır. 2008 yılı nem bilançosunda; Şubat ayı sonuna kadar su fazlalığının varlığı, Mart ve Ekim ayları arasında buharlaşma-terlemenin yağıştan fazla olduğu ve Haziran – Ekim ayları arasında su noksanlığı olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 3.3). Thorntwaite'e (1948) göre yağış ve buharlaşma-terlemenin 2007 yılı ve 2008 yılı değişim grafiği hazırlanmıştır (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4).

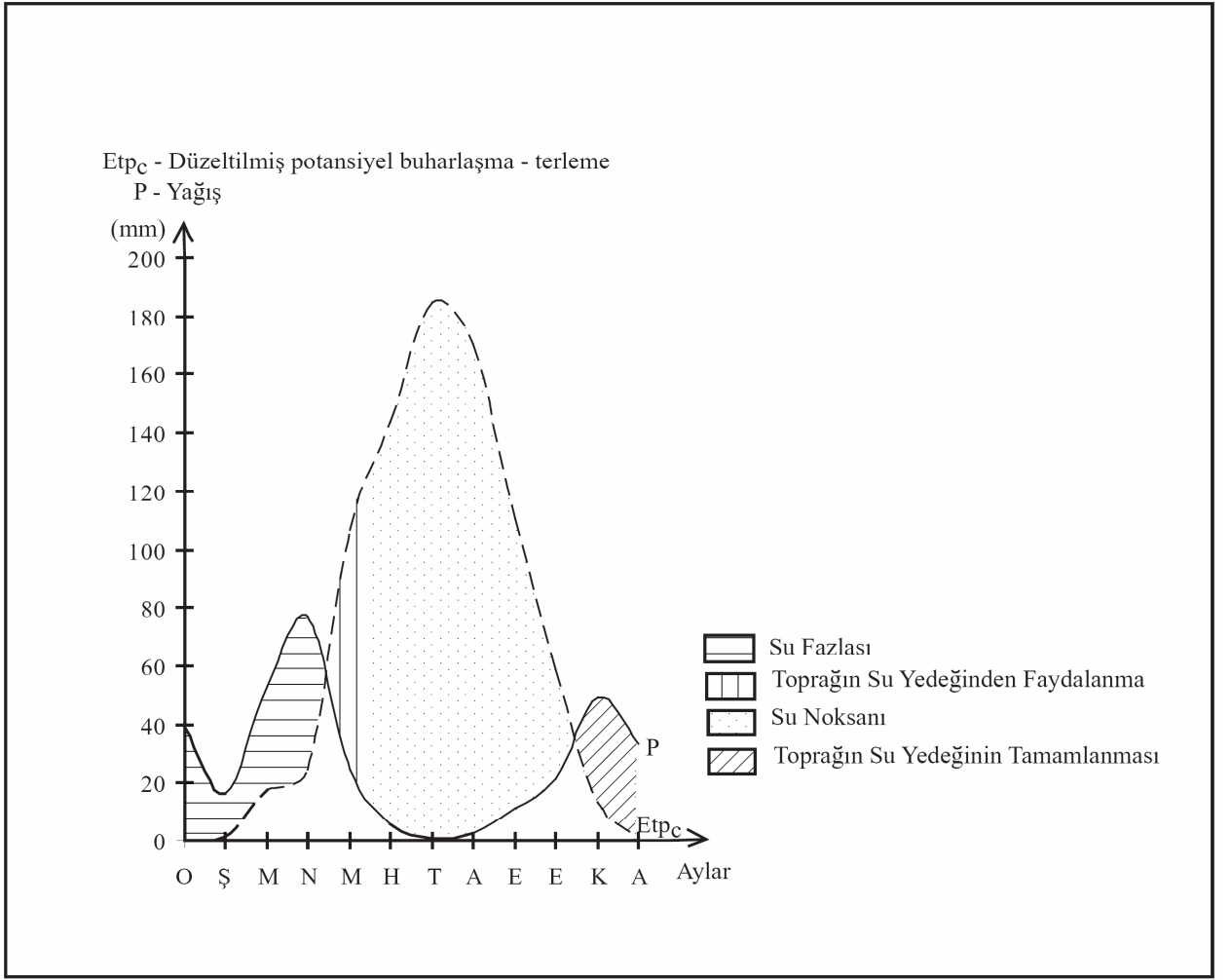
Thorntwaite'e (1948) göre 2008 yılı nem bilançosu verileri kullanılarak çıkarılan bölgenin iklim formülü; $DB'_2db'_2$ şeklindedir. Bölge yarı kurak, ikinci dereceden mezotermal, su fazlası pek az olan ve deniz tesirine yakın iklim tipini göstermektedir.

Tablo 3.1. 2007, 2008 yılları sıcaklık ortalaması, yağış miktarı ve nispi nem (Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürlüğü)

AYLAR	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	TOPLAM
Aylık Sıcaklık Ortalaması -°C (2007)	-2.1	1.6	7	8.4	20	24.1	28.1	27.8	22.8	16	6.7	1.4	161.8
Aylık Sıcaklık Ortalaması -°C (2008)	-4	-3	10.1	15.4	16.5	23.2	28.2	28.6	21.9	15	8.9	0.3	161.1
Yağış-mm (2007)	39	16.6	53.2	77.1	24.7	5.5	0.8	2.4	11.3	21.6	49.3	33.5	335
Yağış-mm (2008)	28.8	17.7	27.8	11	35.4	22	0	0	30.8	22.9	92.4	29.6	318.4
Nispi Nem % (2007)	72.2	68.1	55.6	59.8	50.3	35.8	27.7	28.9	26.9	46.8	58.6	62.3	
Nispi Nem % (2008)	58.3	65.9	46.4	40.6	42	30.8	32.2	27.4	34.8	50.9	62.4	71.5	

Tablo 3.2. Çalışma alanının 2007 yılı nem bilançosu (Thornthwaite'e (1948) göre)

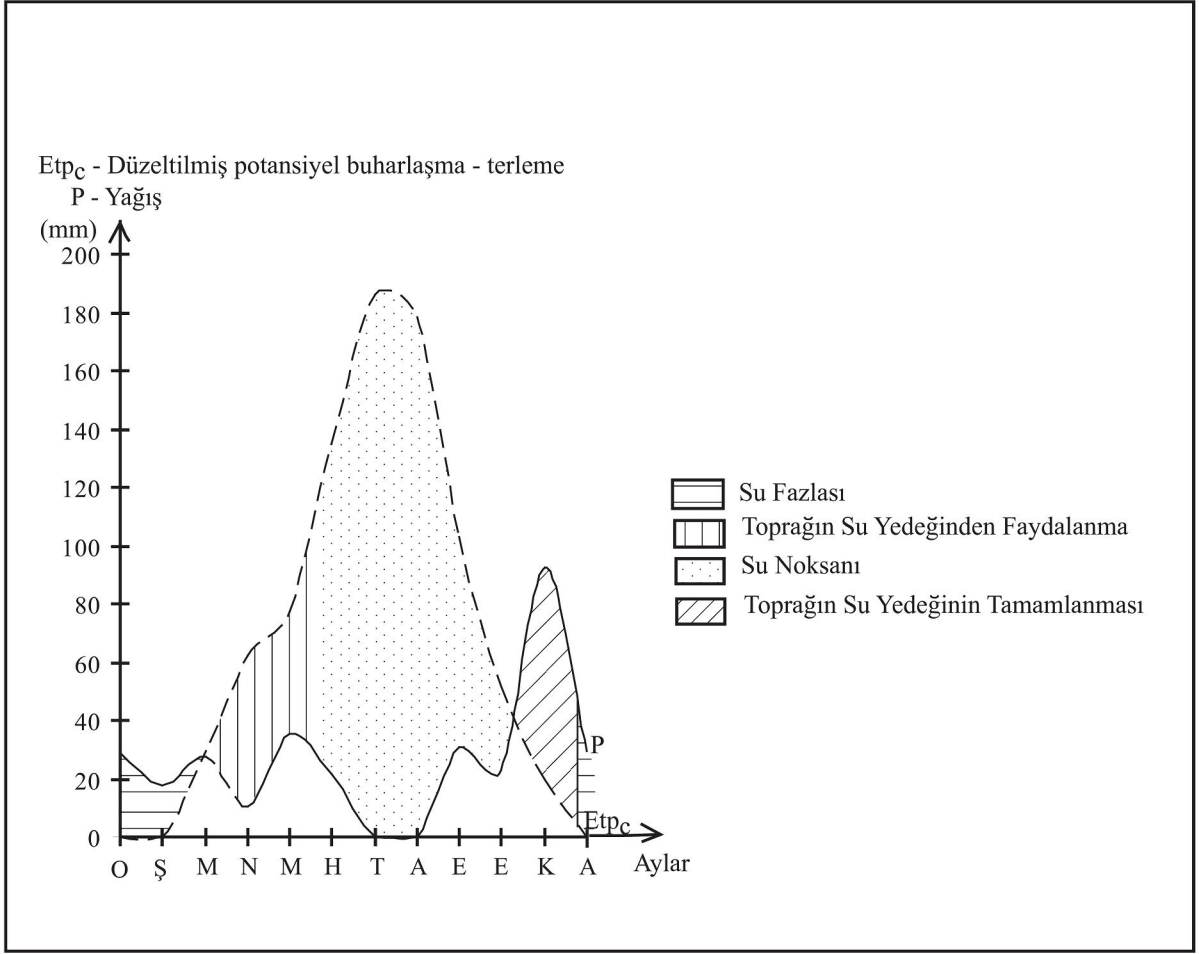
Aylar (Elazığ - 2007)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	TOPLAM
Aylık Sıcaklık Ortalaması -°C	-2.1	1.6	7	8.4	20	24.1	28.1	27.8	22.8	16	6.7	1.4	161.8
Sıcaklık İndisi	0	0.18	1.66	2.19	8.16	10.82	13.65	13.43	9.95	5.82	1.56	0.15	67.56
Potansiyel Buharlaşma Terleme Etp -mm	0	1.70	16.91	22.46	86.74	115.98	147.31	144.87	106.38	61.28	15.79	1.38	
Enlem Düzeltme Katsayısı(38,5°)	0.9	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.255	1.175	1.04	0.96	0.84	0.825	
Düzeltilmiş Etp _c – mm	0	1.43	17.42	24.82	106.69	143.81	184.88	170.22	110.64	58.83	13.27	1.14	833.15
Yağış-mm	39	16.6	53.2	77.1	24.7	5.5	0.8	2.4	11.3	21.6	49.3	33.5	335
Faydalı Su Yedeği-mm	100	100	100	100	18.01	0	0	0	0	0	36.03	68.40	
Gerçek Buharlaşma Terleme Etr - mm	0	1.43	17.42	24.82	106.69	23.51	0.80	2.40	11.30	21.60	13.27	1.14	224.377
Su Fazlası – mm	39	15.17	35.78	52.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	142.23
Su Noksanı – mm	0	0.00	0.00	0.00	0.00	120.30	184.08	167.82	99.34	37.23	0.00	0.00	608.757



Şekil 3.3. Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün Elazığ İli 2007 yılı verilerine göre yağış ve potansiyel Buharlaşma-terlemenin Thornthwaite'e (1948) göre yıllık değişim grafiği

Tablo 3.3. Çalışma alanının 2008 yılı nem bilançosu (Thornthwaite'e (1948) göre)

Aylar (Elazığ - 2008)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	TOPLAM
Aylık Sıcaklık Ortalaması-°C	-4	-3	10.1	15.4	16.5	23.2	28.2	28.6	21.9	15	8.9	0.3	161.1
Sıcaklık İndisi	0	0	2.90	5.49	6.10	10.21	13.72	14.02	9.36	5.28	2.39	0.01	69.48
Potansiyel Buharlaşma Terleme Etp-mm	0	0	29.00	56.71	63.29	108.80	148.39	151.75	99.27	54.39	23.72	0.11	
Enlem Düzeltme Katsayısı(38,5°)	0.9	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.255	1.175	1.04	0.96	0.84	0.825	
Düzeltilmiş Etp _c - mm	0	0	29.87	62.67	77.84	134.91	186.23	178.30	103.24	52.21	19.92	0.09	845.28
Yağış-mm	28.8	17.7	27.8	11	35.4	22	0	0	30.8	22.9	92.4	29.6	318.4
Faydalı Su Yedeği-mm	100	100	97.93	46.26	3.82	0	0	0	0	0	72.48	100.00	
Gerçek Buharlaşma Terleme Etr-mm	0	0	29.9	62.7	77.84	25.82	0	0	30.8	22.9	19.92	0.09	269.906
Su Fazlası – mm	28.8	17.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.99	48.49
Su Noksanı –mm	0	0	0	0	0	109.10	186.23	178.3	72.44	29.31	0	0	575.383



Şekil 3.4. Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün Elazığ İli 2008 yılı verilerine göre yağış ve potansiyel Buharlaşma-terlemenin Thornthwaite'e (1948) göre yıllık değişim grafiği

4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Özkul (1988)'un "Elazığ Batısında Kırkgeçit Formasyonu Üzerinde Sedimantolojik İncelemeler" adlı çalışmasında Kırkgeçit havzasının oluşumu Orta Eosen'de güneyde Maden Karmaşığı'nın meydana gelmesine yol açan dalma-batma ile yakından ilişkili olduğunu, Kırkgeçit Havzası'nın söz konusu dalma-batma ile Arabistan levhasının kuzeye doğru Avrasya levhası altında yitmesi sırasında üstteki levhada ortaya çıkan gerilmelere bağlı blok faylanmalarla oluşmuş yay ardı bir havza olabileceğini belirtmektedir.

Çetindağ (1989)'ın "Elazığ-Ören Çayı Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi" adlı çalışmasında kaynak, adi kuyu ve sondaj kuyularının beslenme, köken ve fiziko-kimyasal özellikleri aydınlatılmaya çalışılmıştır. İnceleme alanındaki kaynakların Keban Metamorfitleri ile Baskil Magmatitleri dokanaklarında, Seske Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisinde, Kırkgeçit Formasyonu ve Pliyosen oluşukları dokanaklarında oluştuğunu belirtmiştir.

Çetindağ (1994), Ören Çayı havzasında Hankendi, Durupınar, Gölköy, Koparuşağı köyleri civarında Pliyosen çakıltaşları içerisinde basınçlı akifer, silt ve kumlu seviyelerde serbest akifer oluştuğunu açıklamıştır.

Ünlü (1994)'nün "Yeraltı Suyu Kirliliği ve Kontrolü" adlı çalışmasında yeraltı suları, kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan çok daha duyarlı olduğunu, kirlendiği takdirde birçok kullanım açısından değerini uzun zaman yitirmiş olacağını belirtmiştir. Yeraltı suyu kirleticiler ve kaynakları erken tespit edildiği takdirde, kirlilik akifere ulaşmadan gerekli önlemlerin alınabileceğini vurgulamıştır.

Çetindağ (1996)'nin "Haringet Çayı Havzasının (Elazığ) Yeraltı Suyu Kimyası İncelemesi" adlı çalışmasında inceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularında bulunan en fazla iyonların HCO_3 , Mg, Ca ve Na+K olduğunu, tahlil sonuçlarına göre çizilen Schoeller'in içilebilirlik diyagramına göre suların 1. ve 2. kalite sular bölgesinde gruplandığını belirtmiştir.

Esen (1997), Elazığ Havzası'nda Kırkgeçit Formasyonu'nun genel fasiyes dağılımına uyumlu olarak, Elazığ yakın çevresindeki çalışmasında havzanın kuzeyden güneye doğru sığ fasiyeslerden derin deniz fasiyeslerine geçtiğini belirtmiştir.

Çetindağ (2002), Dipsiz göl kaynağı'nda yaptığı çalışmada uzun süreli debi değişimi kontrol etmiş ve kaynağın 11 Haziran–4 Ekim 1999 tarihleri arasında boşalım kotu üzerinde boşalttığı su miktarını $5,05 \times 10^5$ m³; 22 Mayıs–24 Ekim 2000 tarihleri arasında boşalım kotu üzerindeki depolama gücünü ise $6,99 \times 10^5$ m³ olarak belirlemiştir.

Çetindağ ve Okan (2004), Uluova'da basınçlı akiferde Ca-HCO₃, Mg-HCO₃ ve Na-HCO₃ tip sular tarafından karakterize edildiğini serbest akiferde ise Na-Cl ve Na-HCO₃ tip sularla temsil olduğunu belirtmektedirler. Hazar Gölü suyundan sulamanın ovada yapılan sulama sonucu Sodyum kirliliği olmasının yanısıra, suni gübrelerin yoğun kullanımı ve hayvan gübrelerinin uygunsuz depolanmasından dolayı NH₄-N, NO₃-N ve toplam PO₄-P kirliliğini serbest akiferde belirlemişlerdir.

Çetindağ ve Ünsal (2004), Hankendi Havzası'ndaki yeraltı suyunun hidrokimyasal evrimi isimli çalışmaları yeraltı suyunun akışıyla ilişkilidir.

5. JEOLJİ

İnceleme alanında yüzeyleyen birimler yaşlıdan gence doğru;

1. Elazığ Magmatitleri (Senoniyen)
2. Kırkgeçit Formasyonu (Lütesiye – Üst Oligosen)
3. Göl Çökelleri (Pliyosen)'nden oluşmaktadır (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).

5.1.1. Elazığ Magmatitleri (Senoniyen)

Perinçek (1979) tarafından ilk defa Hakkari'nin Yüksekova İlçesi civarında tanımlanan birim, tüm Doğu Toroslar'da geniş sahalarda yüzeyleme verir (Güzel, 1996).

Elazığ dolaylarında yapılmış olan çalışmaların bazılarında Yüksekova karmaşığı adı kullanılmıştır (Aksoy vd., 1999). Turan vd. (1995), Elazığ civarında yüzeyleyen ve birçok çalışmada Yüksekova Karmaşığı olarak adlandırılan birimin, tam bir karmaşık olmadığını, belli bir iç yapıya sahip olduğunu belirterek birim için Elazığ Magmatitleri adını kullanmışlardır. Bu araştırmacılara göre Elazığ magmatitleri tabanda gabro-diyorit bileşimli derinlik kayalar, bunların üzerinde bazaltik-andezitik volkanik kayalar, volkanoklastitler ve tüm bunları kesen granodiyorit-tonalit bileşimli derinlik kayalar ve dasit dayklarından oluşmuştur (Baykendi, 1998). Bu ad, Elazığ çevresinde yapılan sonraki çalışmalarda da benimsenmiştir (Aksoy vd., 1999).

Turan (1984), Baskil-Aydınlar çevresinde yaptığı çalışmada, Yüksekova Karmaşığı'nın piroklastit üyesi içerisinde yer alan kırmızı renkli mikritik kireçtaşlarında, karmaşığa yaş verebilecek fosillere rastlayamamış, ancak birime diğer birimlerle olan stratigrafik ilişkisine dayanarak Senoniyen yaşının verilmesinin uygun olacağını belirtmiştir. Bu çalışmada da Senoniyen yaşı benimsenmiştir.

İnceleme alanında Elazığ Magmatitleri genel olarak bazalt, andezit ve bunları kesen dasitlerden oluşmuştur.

5.1.2. Kırkgeçit Formasyonu (Lütesiyen -Üst Oligosen)

Formasyon, ilk defa Van'ın güneydoğusunda Kırkgeçit bucağı çevresinde TPAO jeologları tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır (İnceöz, 1994). Elazığ-Malatya çevresinde yapılan çalışmalarda da Kırkgeçit Formasyonu adı kullanılmıştır (Özkuş, 1988).

Esen (1997), Elazığ Havzası'nda Kırkgeçit Formasyonu'nun genel fasiyes dağılımına uyumlu olarak, havzanın kuzeyden güneye doğru sığ fasiyeslerden derin deniz fasiyeslerine geçtiğini belirtmiştir.

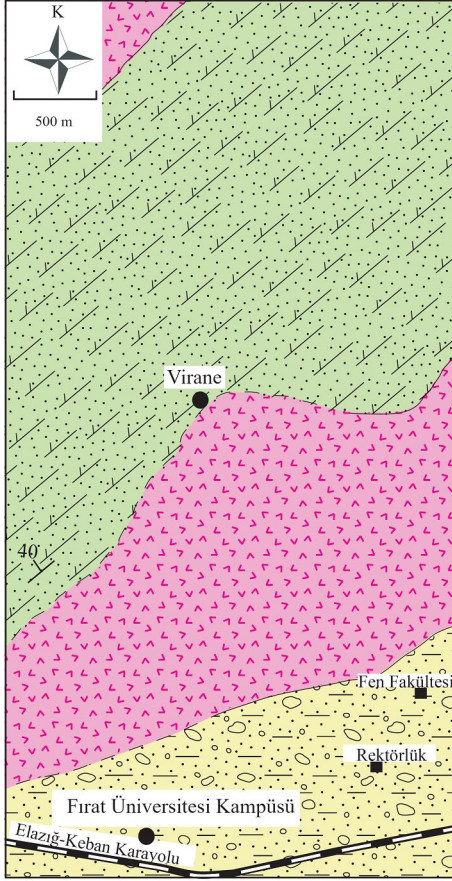
Kırkgeçit Formasyonu'nun yaşı özellikle şelf karbonatlarına ait örneklerde saptanan *Nummulites fabiani*, *Nummulites cf. perforatus*, *Nummulites striatus*, *Nummulites ex. gr. fabiani*, *Nummulites cf. millicaput*, *Nummulites fichtelli*, *Fabiania cassis*, *Chapmanina gassinensis*, *Hakyardia minima*, *Assilina cf. exponens*, *Malinella aff. chapmani*, *Asterigerena rotula*, *Borelis merici*, *Eorupertia magna*, *shpaerogypsina globula* gibi fosil topluluğuna dayanarak Turan (1984), Lütesiyen-Üst Oligosen bulunmuştur. Bu çalışmada da yaşı Lütesiyen-Üst Oligosen olarak benimsenmiştir.

İnceleme alanında Kırkgeçit Formasyonu çakıtaşı, kumtaşı ve marndan oluşmaktadır.

5.1.3. Göl Çökelleri (Pliyosen)

İnceleme alanının güney kesiminde göl çökelleri bulunmakta olup gevşek tutturulmuş çakıl, kum ve kilden oluşmaktadır. Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda birim Villafransiyen olarak yaşlandırılmıştır (Çetindağ, 1989). Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda bu birimin yer yer ara seviye şeklinde tuzlu, jipsli ve anhidritli katmanlar içerdiği belirtilmiştir (Çetindağ, 1996).

FIRAT ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANININ JEOLJİK HARİTASI



SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	TERSİYER	PLYOSEN		Gevşek tutturulmuş çakıl, kum, kil	
		LÜTESİYEN - ÜST OLIĞOSEN	KIRKGEÇİT FORMASYONU		Çakıltaşı, kumtaşı ve marn
MESOZOYİK	KRETASE	SENONİYEN	ELAZIĞ MAGMATİTLERİ		Bazalt, andezit, dasit

	Karayolu		Formasyon Sınırı
	Yerleşim Merkezi		Olası Formasyon Sınırı
	Bina		

Selami GÜZEL (1996)'dan değiştirilerek alınmıştır

Şekil 5.1. Çalışma alanının jeolojik haritası

ÜS SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	LİTOLOJİ BİRİMLERİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	TERSİYER	Pliyosen		GÖL ÇÖKELLERİ	Gevşek tutturulmuş çakıl, kum, kil
		Lütesiyen-Üst Oligosen		KIRKGEÇİT FORMASYONU	
MESOZOYİK	KRETASE	Üst Kretase	Senoniyen	ELAZIĞ MAGMATİTLERİ	Bazalt, andezit, dasit daykları

Şekil 5.2. Çalışma alanının ölçsüz stratigrafik kesiti (Güzel, 1996'dan değiştirilerek alınmıştır).

6. HİDROJEOLOJİ

6.1. Hidrojeolojik Karakteristikler

İnceleme alanında kaynak ve kuyuları besleyen akiferlerin beslenme alanlarından alınan zemin örneklerinin (Şekil 6.1) laboratuarda porozite, özgül verim, özgül tutum ve permeabiliteleri belirlenmeye çalışılmıştır. Örneklerin permeabiliteleri tabanı delikli kutu yöntemiyle, poroziteleri sıkılama yöntemi ile özgül verim (Q_s) ve özgül tutum (Q_r) değerleri de laboratuarda tespit edilmiştir.

Beslenme alanından alınan zemin örneklerinin permeabiliteleri tabanı delikli kutu yardımıyla 6.1'deki formülle hesaplanmıştır (Schoeller, 1962). Beslenme alanının hidrojeolojik karakteristikleri Tablo 6.1'de verilmiştir.

$$K = L/t \log_e (1 + h/L) \quad (6.1)$$

K= Permeabilite katsayısı (cm/s)

L= Zemin örneğinin kutudaki kalınlığı (cm)

t= Suyun zemin örneğinin üst yüzeyinde kaybolması için geçen zaman (s)

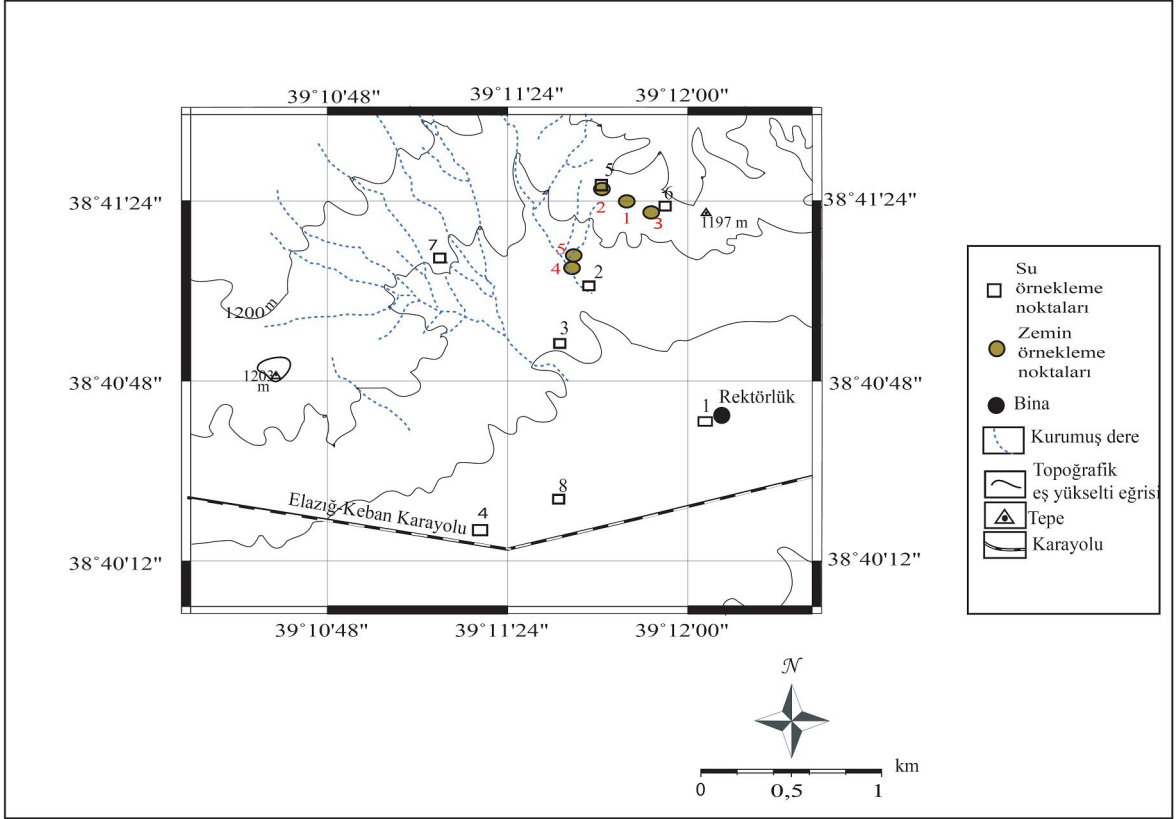
h= Zemin örneği üzerindeki suyun kalınlığı (cm)

Bulunan sonuçlar tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Beslenme alanının hidrojeolojik karakteristikleri

Numune No	Porozite (n) %	Özgül Verim %	Özgül Tutum %	Tabanı Delikli Kutu Yöntemiyle Permeabilite (K) (cm/sn)
1	40	29,2	10,8	2×10^{-1}
2	50	29	21	3×10^{-2}
3	45	37,35	7,65	$3,9 \times 10^{-3}$
4	45	38,7	6,3	2×10^{-2}
5	50	30	20	3×10^{-3}

Beslenme alanının hidrojeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla araziden alınan zemin örneklerinde porozite değerleri % 40-50, özgül verim % 29-38,7, özgül tutum % 6,3-21, geçirimsilik değerleri $3,9 \times 10^{-3}$ - 2×10^{-1} cm/s arasında değişmektedir. Bu durumda akiferlerin beslenme alanlarında bulunan birimlerin yağışlardan yeraltına süzülmeyi kolaylaştırdığını göstermektedir.



Şekil 6.1. Örnekleme haritası

7. SU KİMYASI

İnceleme alanı içerisinde alınan 8 adet su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre sularda bulunan başlıca iyonlar ve kökenleri belirlenerek, iyonların çalışma sahasındaki birimlerle olan ilişkisi araştırılmıştır.

Analiz sonuçlarından yararlanılarak çizilen Schoeller diyagramı, dairesel diyagram, Piper diyagramı, Collins (sütun) diyagramı, Schoeller'in içilebilme diyagramı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı ve Wilcox diyagramları yorumlanmıştır.

7.1. Sularda Bulunan Başlıca İyonlar

İnceleme alanı içerisinde 5 adet sondaj kuyusu (1, 2, 3, 4, 8 nolu), 1 adet yarma (5 nolu), 1 adet kaynak (6 nolu) ve 1 adet kaptajdan (7 nolu) alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo 7.1 ve Tablo 7.2). Kaynak ve yeraltı suları belirli Aralıklarla incelenmiştir. Böylece, sulardaki anyon ve katyon değerleri belirlenerek suların içme ve kullanmaya uygun olup olmadığı konusunda yorumlanmıştır.

Tablo 7.1. Temmuz-2008 tarihine ait suların fiziksel ve kimyasal değerleri

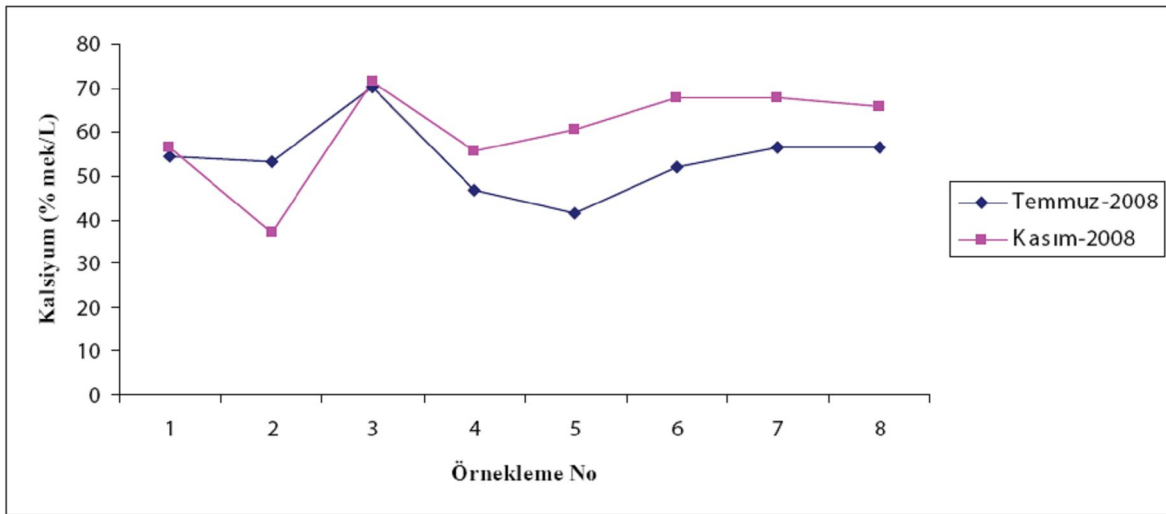
Örnekleme No	1	2	3	4	5	6	7	8	
Elektriksel İletkenlik (µmho/ cm)	482	1067	704	550	475	611	568	526	
Sıcaklık (° C)	20	21,6	19,6	21,4	32,4	34,3	25,2	19,3	
pH	6,8	7,77	7,4	7,02	7,17	7,21	6,97	6,75	
Toplam Sertlik d°h Fr	27,40	8,85	24,65	26,40	12,40	18,90	20,65	26,75	
Ca⁺²	mg/L	66	23	76	55	35	56	50	66
	mek/L	3,3	1,15	3,8	2,75	1,75	2,8	2,5	3,3
	% mek/L	54,53	53,03	70,44	46,87	41,56	51,85	56,43	56,44
Mg⁺²	mg/L	26,1	7,4	13,6	30,4	8,8	11,8	19,6	24,6
	mek/L	2,18	0,62	1,13	2,53	0,73	0,98	1,63	2,05
	% mek/L	35,94	28,44	21,01	43,18	17,42	18,21	36,87	35,06
Na⁺	mg/L	3	5	5	10	29	33	4	8
	mek/L	0,13	0,22	0,22	0,43	1,26	1,43	0,17	0,35
	% mek/L	2,16	10,02	4,03	7,41	29,94	26,57	3,93	5,95
K⁺	mg/L	17,4	7,2	9,5	5,8	18,2	7,1	4,8	5,8
	mek/L	0,45	0,18	0,24	0,15	0,47	0,18	0,12	0,15
	% mek/L	7,37	8,51	4,52	2,53	11,08	3,37	2,78	2,54
Cl⁻	mg/L	33	60	46	49	40	42	12	46
	mek/L	0,93	1,69	1,3	1,38	1,13	1,18	0,34	1,3
	% mek/L	12,18	14,36	13,76	17,02	23,49	19,11	6,1	15,82
SO₄⁻²	mg/L	51	334	238	33	59	81	75	41
	mek/L	1,06	6,96	4,96	0,69	1,23	1,69	1,56	0,85
	% mek/L	13,92	59,13	52,67	8,48	25,63	27,26	28,2	10,43
HCO₃⁻	mg/L	344,04	190,32	192,76	368,44	148,84	202,52	222,04	368,44
	mek/L	5,64	3,12	3,16	6,04	2,44	3,32	3,64	6,04
	% mek/L	73,9	26,51	33,57	74,5	50,88	53,63	65,7	73,75
NH₄⁺-N (mg/L)	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	0,06	0,03	0,05	
NO₂⁻-N(mg/L)	0,001	0	0,005	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002	
NO₃⁻-N(mg/L)	5,9	2,3	2,5	5	4,1	4,6	5,3	2,9	
PO₄⁻-P(mg/L)	0,02	0,03	0	0,03	0,06	0,03	0,02	0,05	

Tablo 7.2. Kasım-2008 tarihine ait suların fiziksel ve kimyasal değerleri

Örnekleme No	1	2	3	4	5	6	7	8	
Elektriksel İletkenlik (µmho/ cm)	275	1195	501	525	385	456	512	498	
Sıcaklık (° C)	16,3	18,2	17,9	18,9	15,5	13,3	16,7	14,6	
pH	7,24	8,36	7,55	7,03	7,3	7,66	7,3	7,2	
Toplam Sertlik d°h Fr	28,55	8,40	32,45	31,45	25,00	25,20	35,05	31,00	
Q (L/sn)	2,4	2,2	10	2,3	0,2	0,1	0,33	2,4	
Ca ⁺²	mg/L	67	18	98	78	68	77	101	86
	mek/L	3,35	0,9	4,9	3,9	3,4	3,85	5,05	4,3
	% mek/L	56,51	37,15	71,67	55,69	60,67	67,95	67,66	65,93
Mg ⁺²	mg/L	28,3	9,4	19,1	28,7	19,2	14,3	23,5	22,8
	mek/L	2,36	0,78	1,59	2,39	1,6	1,19	1,96	1,9
	% mek/L	39,78	32,33	23,28	34,15	28,55	21,03	26,24	29,13
Na ⁺	mg/L	4	16	6	15	13	13	9	6
	mek/L	0,17	0,7	0,26	0,65	0,57	0,57	0,39	0,26
	% mek/L	2,93	28,72	3,82	9,31	10,09	9,98	5,24	4
K ⁺	mg/L	1,8	1,7	3,3	2,3	1,5	2,3	2,5	2,4
	mek/L	0,05	0,04	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06
	% mek/L	0,78	1,8	1,24	0,84	0,69	1,04	0,86	0,94
Cl ⁻	mg/L	34	65	37	51	41	35	18	59
	mek/L	0,96	1,83	1,04	1,44	1,15	0,99	0,51	1,66
	% mek/L	20,08	15,17	7,89	19,32	21,65	12,42	9,5	22,27
SO ₄ ⁻²	mg/L	37	361	302	21	47	63	38	25
	mek/L	0,77	7,52	6,29	0,44	0,98	1,31	0,79	0,52
	% mek/L	16,16	62,3	47,61	5,89	18,36	16,53	14,83	6,98
HCO ₃ ⁻	mg/L	185,44	165,92	358,68	339,16	195,2	344,04	246,44	322,08
	mek/L	3,04	2,72	5,88	5,56	3,2	5,64	4,04	5,28
	% mek/L	63,75	22,53	44,5	74,79	59,99	71,05	75,67	70,75
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0,04	0,03	0,07	0,03	0,06	0,04	0,03	0,04	
NO ₂ ⁻ -N(mg/L)	0,001	0,001	0,002	0	0,001	0,002	0	0	
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	3,6	2,2	6,8	4	5,1	4,6	3	7,4	
PO ₄ ⁻ -P(mg/L)	0,06	0,03	0,05	0,09	0	0,02	0,01	0,02	

7.1.1. Katyonlar

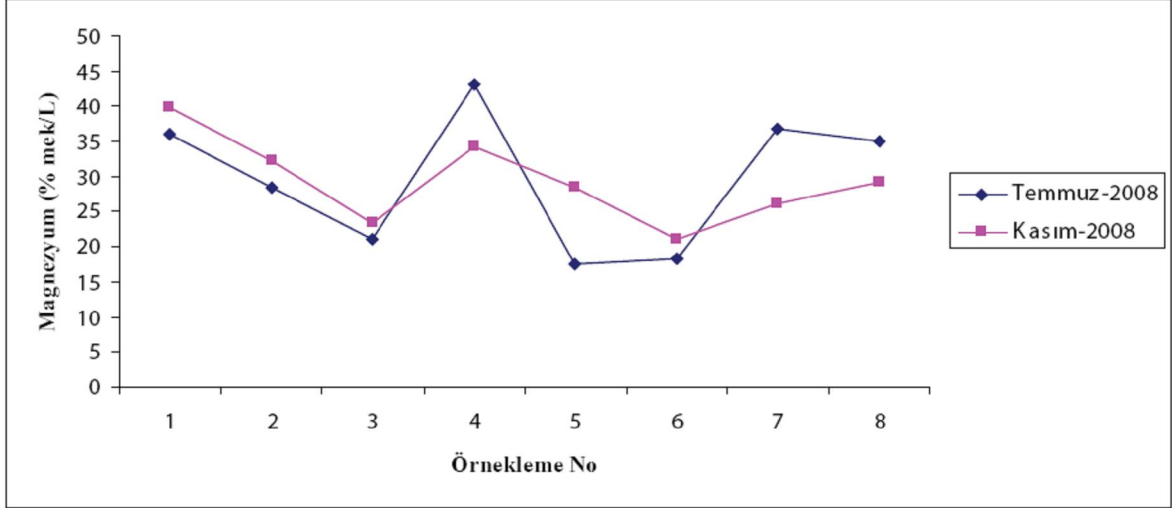
Kalsiyum (Ca⁺²): Örnekleme yapılan sulardaki % mek/L değeri, Temmuz-2008 tarihinde 41,56-70,44, Kasım-2008 tarihinde 37,15-71,67 arasında değişmektedir (Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Şekil 7.1). Ca⁺² yeraltı sularına kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit, fluorit gibi silikatlı olmayan minerallerin ve anortit, piroksen ve amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun eritilmesi ile karışabilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1984). Ca⁺² inceleme alanında geniş yüzeylemeler veren magmatik kayalarındaki anortit, piroksen ve amfibol gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca'nın eritilmesi ile suya geçmiş olmalıdır. Ayrıca Kırkgeçit Formasyonu'na ait karbonat çimentolu kumtaşlarının ve marnların içerisinde geçen CO₂'li sular bu iyonun oluşumunda etkili olduğu düşünülmektedir. Kasım-2008 tarihinde Ca⁺² miktarında Temmuz-2008 tarihine göre artış görülmektedir. Bunun nedeni ise yağış sularının daha fazla Ca⁺²'yi çözdüğü söylenebilir.



Şekil 7.1. Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Ca⁺² (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi

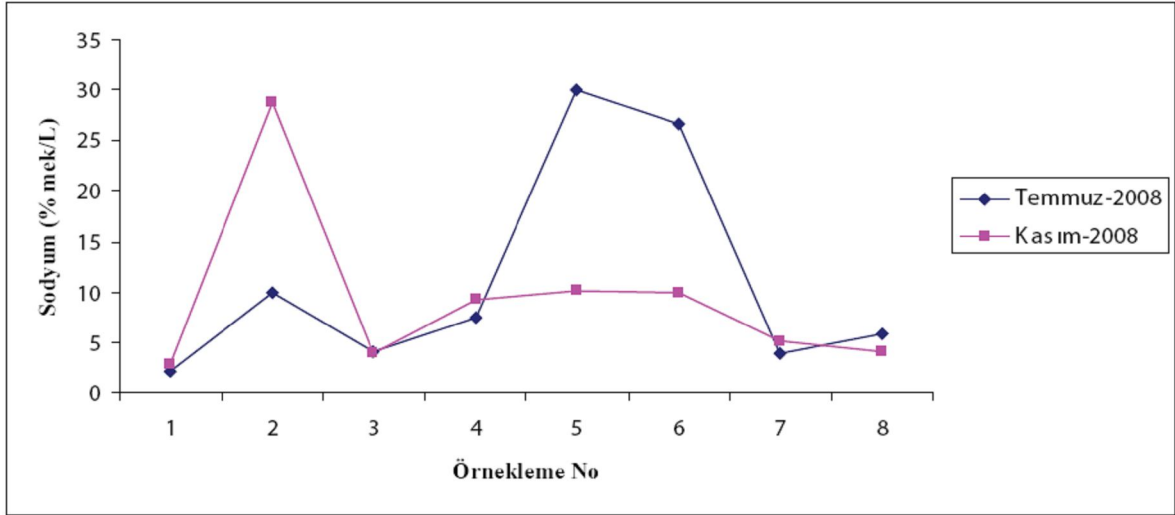
Magnezyum (Mg⁺²): Örnekleme yapılan sulardaki % mek/L değeri, Temmuz-2008 tarihinde 17,42-43,18, Kasım-2008 tarihinde 21,03-39,78 arasında değişmektedir (Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Şekil 7.2). Yeraltı sularına çoğunlukla magnezyumlu kalker, dolomit ve serpantinleşme sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın eritilmesi ile karışır. Ender olarak özellikle bazalt, serpantin, dolomit gibi magnezyumca zengin kayalar içinden çıkan kaynak sularında magnezyum fazla olabilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1984). Mg⁺² inceleme

alanında geniş yer kaplayan Elazığ Magmatitleri'nin bünyesindeki olivin ve piroksen gibi Mg'li bileşenlerin altere olmasıyla yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır.



Şekil 7.2. Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Mg^{+2} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi

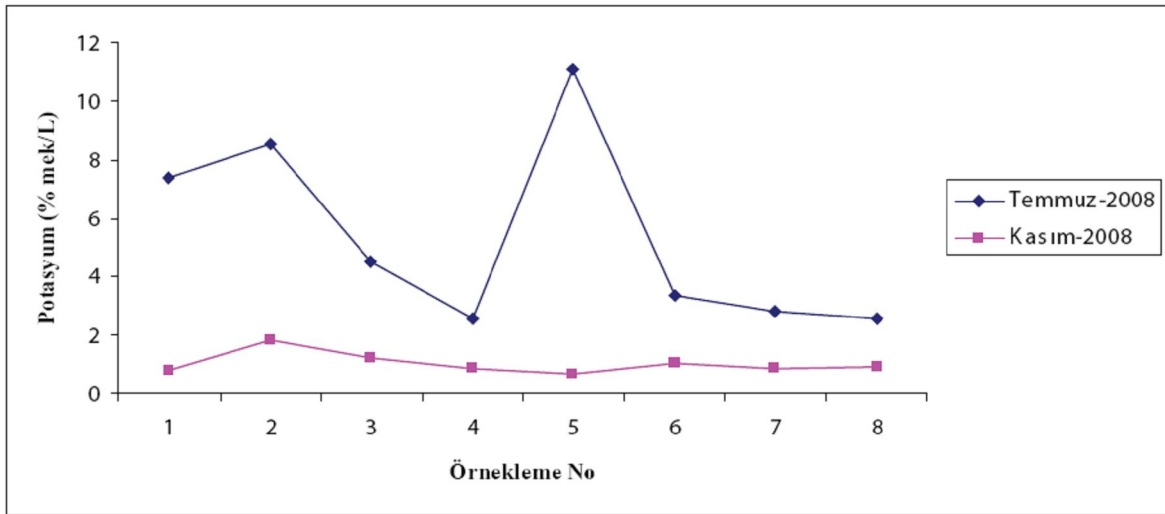
Sodyum (Na^+): Örnekleme yapılan sulardaki % mek/L değeri, Temmuz-2008 tarihinde 2,16-29,94, Kasım-2008 tarihinde 2,93-28,72 arasında değişmektedir (Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Şekil 7.3). Yeraltı sularına en çok plajiyoklasların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışır (Erguvanlı ve Yüzer, 1984). Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı CO_3^{-2} ve HCO_3^- iyonlarının toplamından küçük olduğu zaman toprakta Na artışına neden olur (Çuhadar ve Tamgaç, 1994). Na^+ inceleme alanında Elazığ Magmatik'lerine ait kayalarda Na^+ lü feldispatların, plajiyoklasların alterasyonu veya Pliyosen göl çökellerine ait kil minerallerinin baz değişimi sonucu veya Pliyosen göl çökellerine ait tuzlu seviyelerden dolayı yeraltı suyuna geçtiği düşünülmektedir. Temmuz-2008 tarihinde 5 ve 6 nolu örneklerde, Kasım-2008 tarihinde 2 nolu örnekte Na miktarında artış görülmektedir, bunun nedeni ise Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı CO_3^{-2} ve HCO_3^- iyonlarının toplamından küçük olduğu zaman toprakta Na artışına neden olup yeraltı suyuna geçtiği söylenebilir.



Şekil 7.3. Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Na⁺ (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi

Potasyum (K⁺): Örnekleme yapılan sulardaki % mek/L değeri, Temmuz-2008 tarihinde 2,53-11,08, Kasım-2008 tarihinde 0,69-1,80 arasında değişmektedir (Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Şekil 7.4).

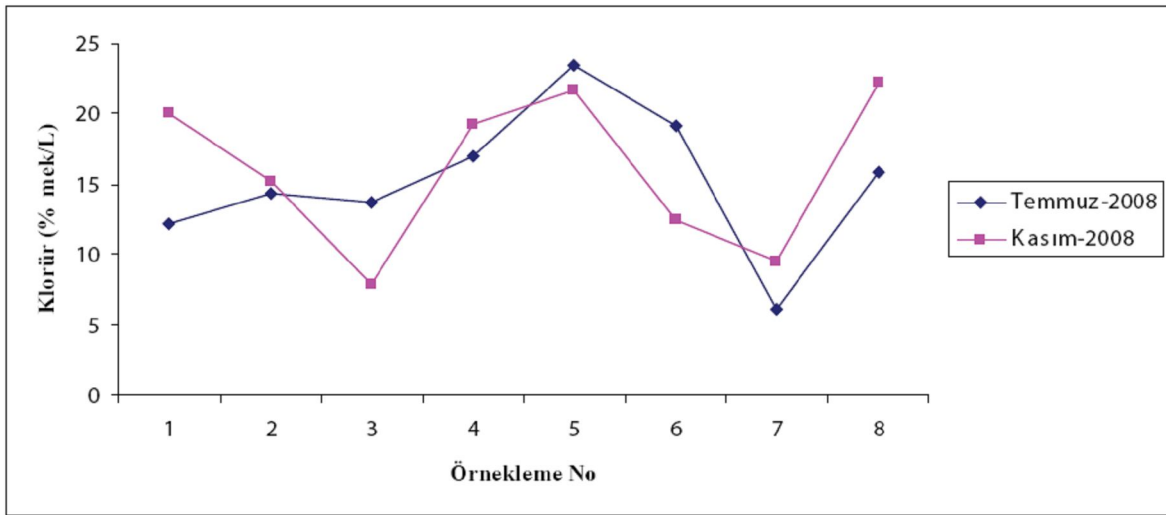
Sularda bulunan K⁺'nin kökeni Elazığ Magmatik kayaçlarının bünyesinde bulunan mika, ortoklaz gibi minerallerin bozuşmasıyla yeraltı suyuna geçmiş olduğu düşünülmektedir. Temmuz-2008 tarihinde Kasım-2008 tarihine göre K (% mek/L) miktarında artış görülmektedir. Bunun nedeni ise yağışlı dönemde yeraltı suyundaki K⁺'nin seyrelmiş olması düşünülmektedir.



Şekil 7.4. Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki K⁺ (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi

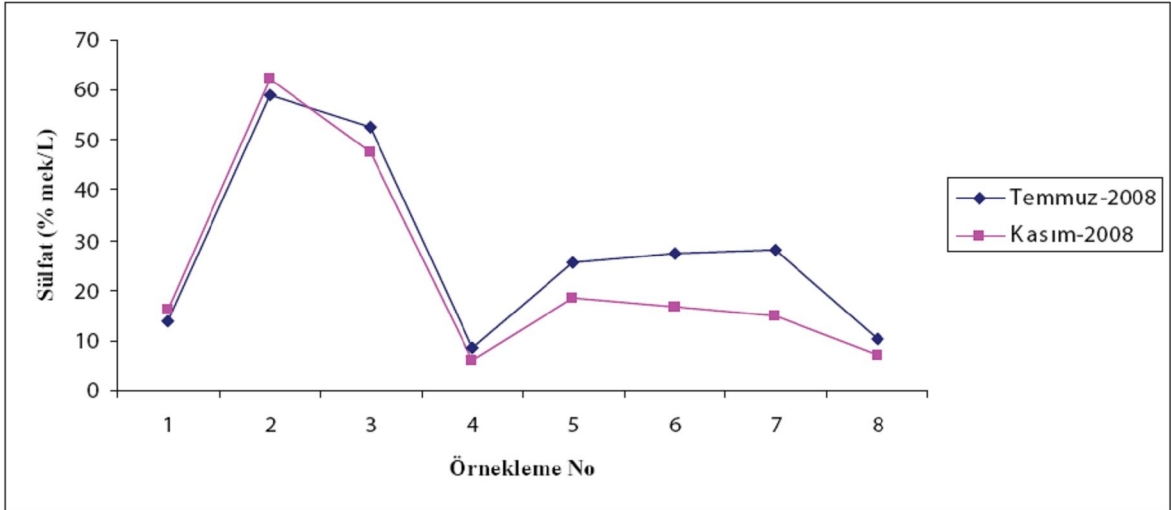
7.1.2. Anyonlar

Klorür (Cl⁻): Örnekleme yapılan sulardaki % mek/L değeri, Temmuz-2008 tarihinde 6,10-23,49, Kasım-2008 tarihinde 9,50-22,27 arasında değişmektedir (Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Şekil 7.5). Yeraltı sularındaki Cl⁻ deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan ya da atmosferden gelebilir. Genel olarak yeraltı sularındaki Cl⁻ miktarı yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde çoktur (Erguvanlı ve Yüzer, 1984). İnceleme alanındaki sularda Cl⁻'nin kökenini Pliyosen göl çökellerinde bulunabilen tuzlu seviyelerin ve yağmur sularının oluşturduğu düşünülmektedir.



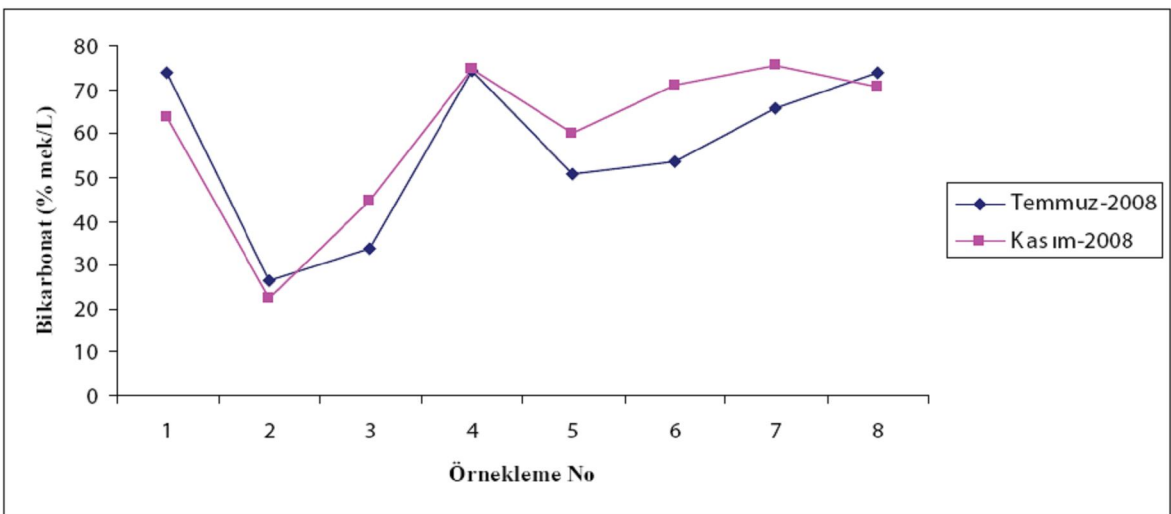
Şekil 7.5. Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki Cl⁻ (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi

Sülfat (SO₄⁻²): Örnekleme yapılan sulardaki % mek/L değeri, Temmuz-2008 tarihinde 17,41-47,37, Kasım-2008 tarihinde 11,93-49,37 arasında değişmektedir (Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Şekil 7.6). Yeraltı sularındaki SO₄⁻²'ün büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Bunların dışında az miktarda piritin oksidasyonu ile oluşan FeSO₄'ten, MgSO₄ ve Na₂SO₄'ten de gelebilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1984). İnceleme alanındaki sularda SO₄⁻²'ün kökenini Pliyosen göl çökelleri içerisinde bulunabilen jipsli (CaSO₄x2H₂O), anhidritli (CaSO₄) seviyelerden veya Elazığ Magmatik kayalarındaki pirit (FeS₂) mineralinin oksidasyonu ile oluşan FeSO₄'tan oluşabileceği düşünülmektedir.



Şekil 7.6. Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki SO_4^{2-} (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi

Bikarbonat (HCO_3^-): Örnekleme yapılan sulardaki % mek/L değeri, Temmuz-2008 tarihinde 41,12-70,41, Kasım-2008 tarihinde 41,49-74,22 arasında değişmektedir (Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Şekil 7.7). Yeraltı sularındaki CO_3^{2-} ve HCO_3^- 'ün çoğu atmosfer ve topraktaki CO_2 'den ve karbonatlı kayaların erimesinden oluşmaktadır. Dolayısıyla CO_3^{2-} ve HCO_3^- miktarı CO_2 miktarına ve suyun pH'ına bağlı kalmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1984). İnceleme alanındaki sularda HCO_3^- 'ün kökenini Kırkgeçit Formasyonu'na ait marnların CO_2 'li sularla eritilmesi sonucu oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil 7.7. Temmuz ve Kasım-2008 tarihine ait sulardaki HCO_3^- (% mek/L) miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi

7.2. Su Kimyası Tahlillerinin Diyagramlarla Gösterilmesi

Örnekleme yapılan suların yerinde fiziksel, laboratuarda kimyasal analizleri yapılmıştır. Yerinde yapılan incelemelerde suların sıcaklık, potansiyel hidrojen (pH), elektriksel iletkenlik (EC) ve debileri (Q) ölçülmüştür. Tablo 7.1 ve Tablo 7.2'deki ölçülen değerlerle laboratuarda yapılan deneylerin sonuçlarından yararlanılarak suların içerdiği iyonlar, birbiriyle olan ilişkileri, içme ve sulama suyu açısından durumları belirlenmiştir. Bu amaçla Schoeller diyagramı, dairesel diyagram, Piper diyagramı, Collins (Sütun) diyagramı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı, Wilcox diyagramı ve Schoeller'in suların içilebilme diyagramı çizilmiştir.

7.2.1. Schoeller diyagramı

Schoeller diyagramını çizebilmek için örnekleme yapılan suların analiz sonuçları mek/L cinsinden hesaplanmıştır (Tablo 7.1 ve Tablo 7.2). Schoeller diyagramı; düşey eksenini logaritmik, yatay eksenini aritmetik ölçekli kağıt üzerine eşit Aralıklarla, yatay eksen üzerine sırasıyla rCa^{+2} , rMg^{+2} , $r(Na^{+} + K^{+})$, rCl^{-} , rSO_4^{-2} ve $r(CO_3^{-2} + HCO_3^{-})$ iyonları yerleştirilmesiyle hazırlanmaktadır (Şekil 7.8 ve Şekil 7.9).

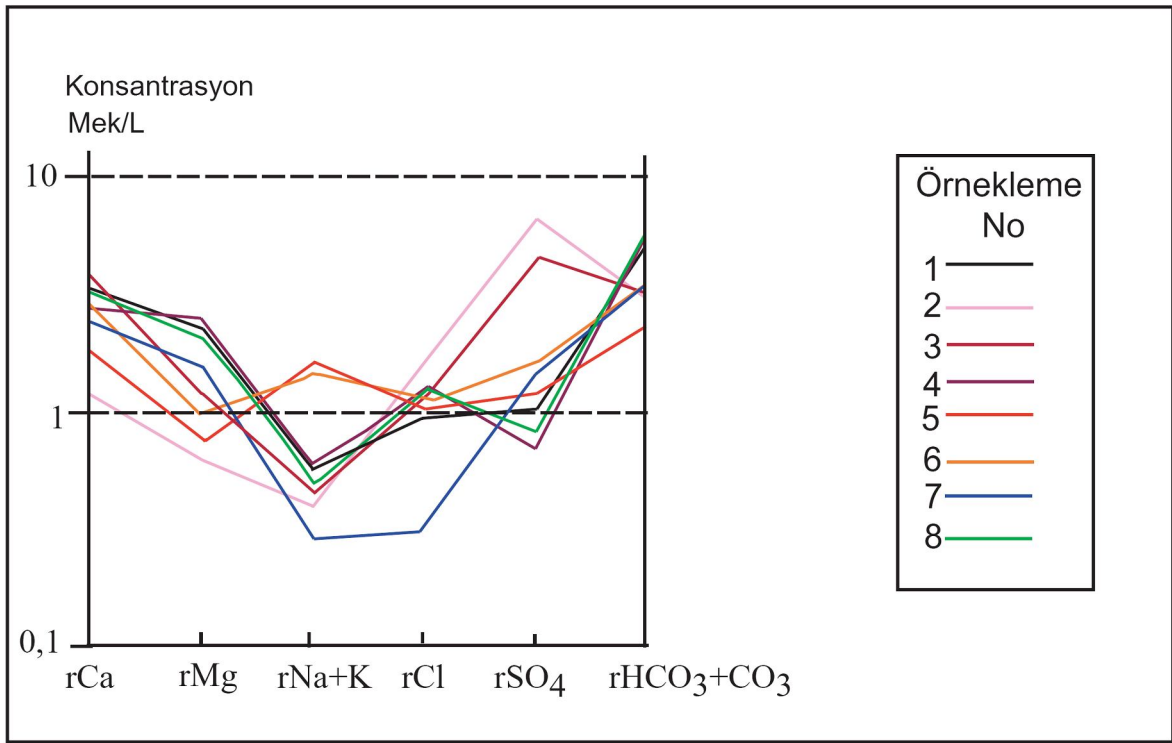
İnceleme alanından örnekleme yapılan suların analiz sonuçlarına göre sudaki iyonların sıralanışı Tablo 7.3 ve Tablo 7.4'te verilmiştir.

Tablo 7.3. Örnekleme noktalarından alınan sulardaki iyonların sıralanışı

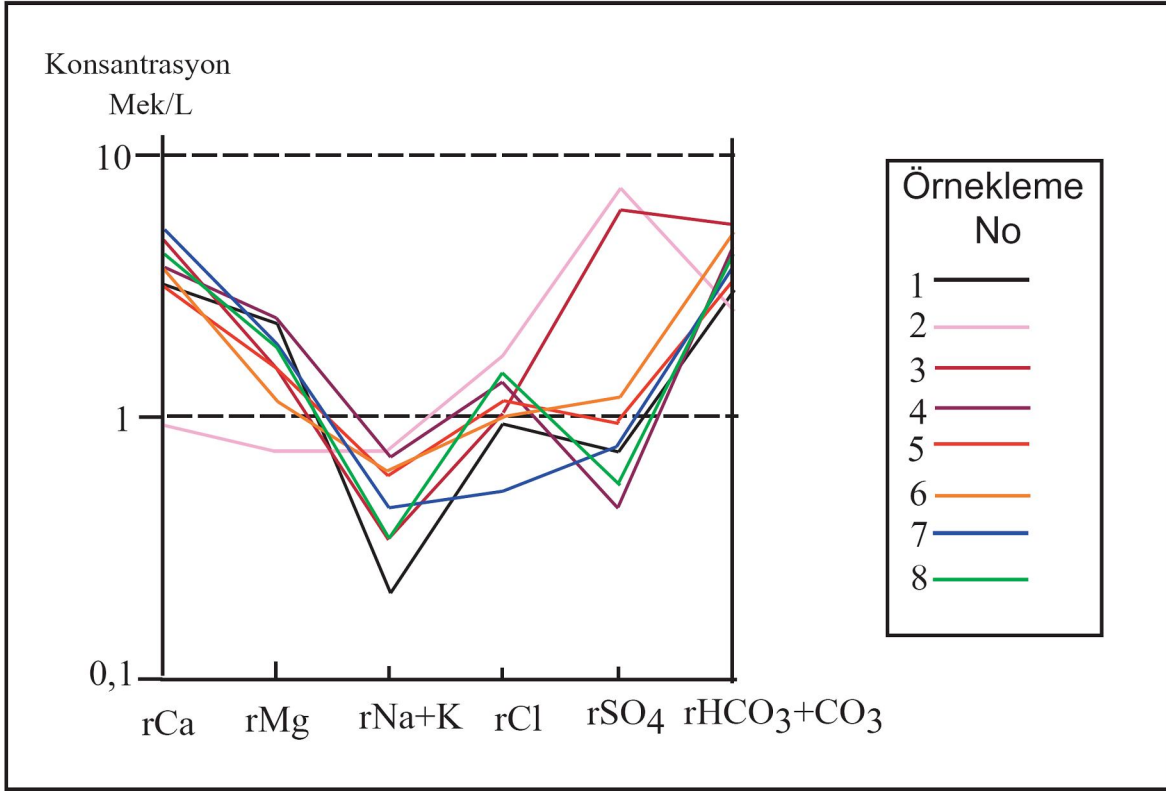
Örnekleme No	Tarih	Kasyonlar (Mek/L)	Anyonlar (Mek/L)
1	22.07.2008	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > rK^{+} > rNa^{+}$	$rHCO_3^{-} > rSO_4^{-2} > rCl^{-}$
2	22.07.2008	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > rNa^{+} > rK^{+}$	$rSO_4^{-2} > rHCO_3^{-} > rCl^{-}$
3	22.07.2008	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > rK^{+} > rNa^{+}$	$rSO_4^{-2} > rHCO_3^{-} > rCl^{-}$
4	22.07.2008	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > rNa^{+} > rK^{+}$	$rHCO_3^{-} > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
5	22.07.2008	$rCa^{+2} > rNa^{+} > rMg^{+2} > rK^{+}$	$rHCO_3^{-} > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
6	22.07.2008	$rCa^{+2} > rNa^{+} > rMg^{+2} > rK^{+}$	$rHCO_3^{-} > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
7	22.07.2008	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > rNa^{+} > rK^{+}$	$rHCO_3^{-} > rSO_4^{-2} > rCl^{-}$
8	22.07.2008	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > rNa^{+} > rK^{+}$	$rHCO_3^{-} > rSO_4^{-2} > rCl^{-}$

Tablo 7.4. Örneklem noktalarından alınan sulardaki iyonların sıralanışı

Örneklem No	Tarih	Kasyonlar (Mek/L)	Anyonlar (Mek/L)
1	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rHCO_3^{-}>rSO_4^{-2}>rCl^{-}$
2	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rSO_4>rHCO_3^{-}>rCl^{-}$
3	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rSO_4>rHCO_3^{-}>rCl^{-}$
4	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rHCO_3^{-}>rCl^{-}>rSO_4^{-2}$
5	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rHCO_3^{-}>rCl^{-}>rSO_4^{-2}$
6	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rHCO_3^{-}>rSO_4>rCl^{-}$
7	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rHCO_3^{-}>rSO_4>rCl^{-}$
8	12.11.2008	$rCa^{+2}>rMg^{+2}>rNa^{+}>rK^{+}$	$rHCO_3^{-}>rCl^{-}>rSO_4^{-2}$



Şekil 7.8. Temmuz-2008 tarihine ait suların Schoeller diyagramı

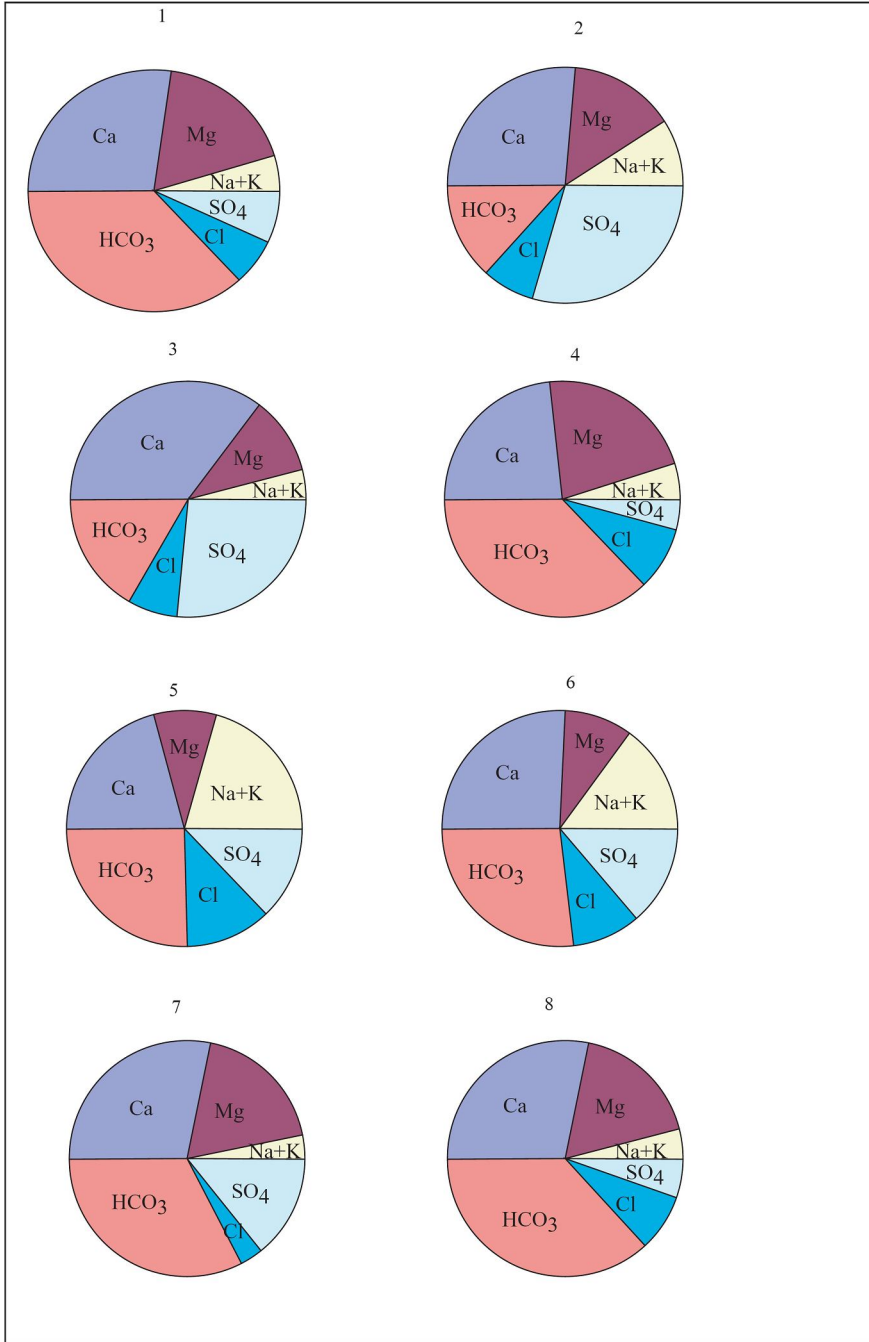


Şekil 7.9. Kasım-2008 tarihine ait suların Schoeller diyagramı

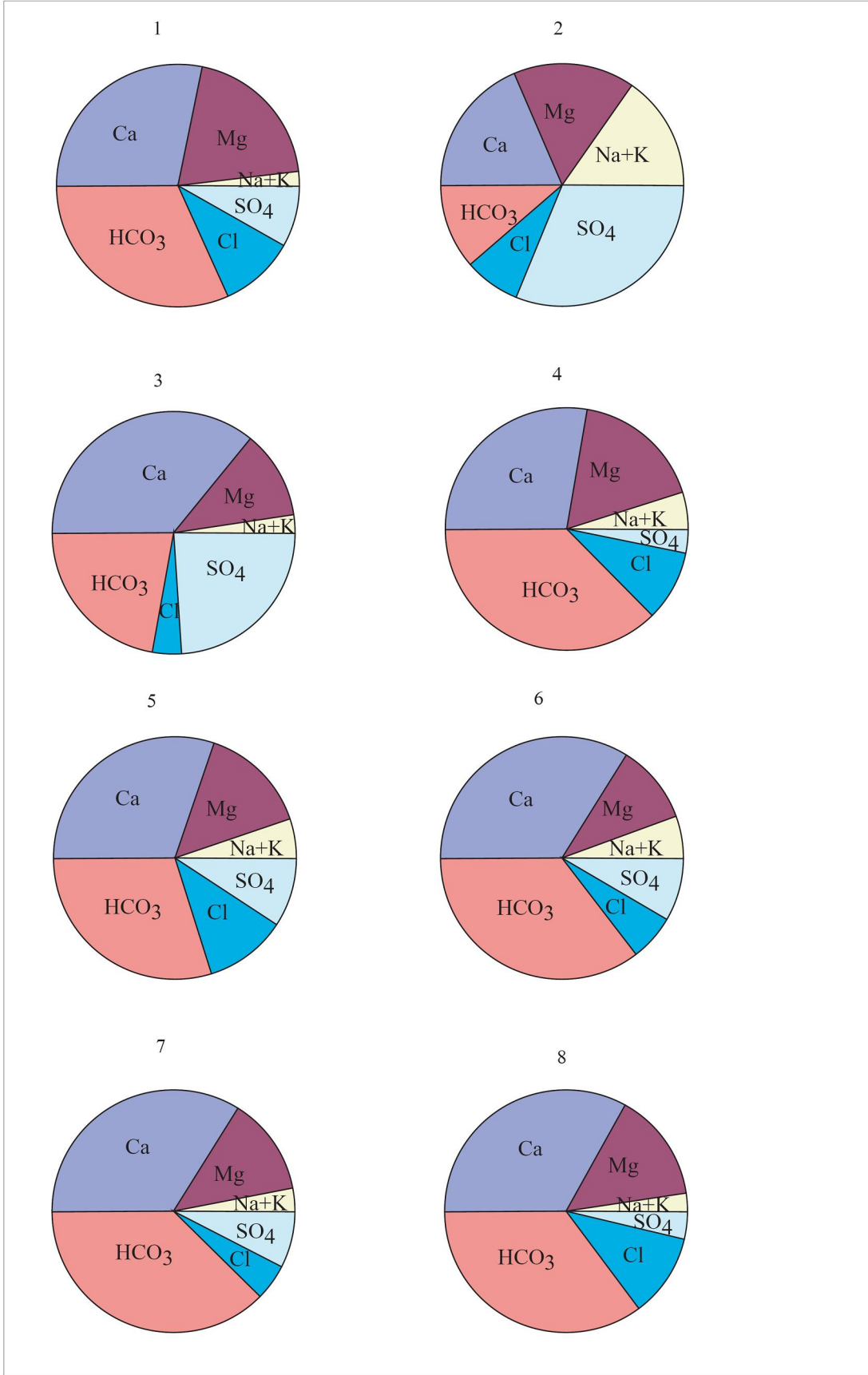
Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerine ait Schoeller diyagramları beraber değerlendirildiğinde suların kökenlerinin benzerlik gösterdiği söylenebilir. Diyagramları çizilen suların Temmuz-2008 tarihine ait toplam iyon miktarı, Kasım-2008 tarihindeki iyon miktarından daha az değerdedir. Yani suların en alçak olduğu dönemlerde, toplam mineralizasyon daha azdır.

7.2.2. Dairesel diyagram

İnceleme alanından örnekleme yapılan sulardaki iyonların % mek/L değerlerinden yararlanılarak (Tablo 7.1 ve Tablo 7.2) dairesel diyagramlar çizilmiştir (Şekil 7.10 ve Tablo 7.11).



Şekil 7.10. Temmuz-2008 tarihine ait suların dairesel diyagramı

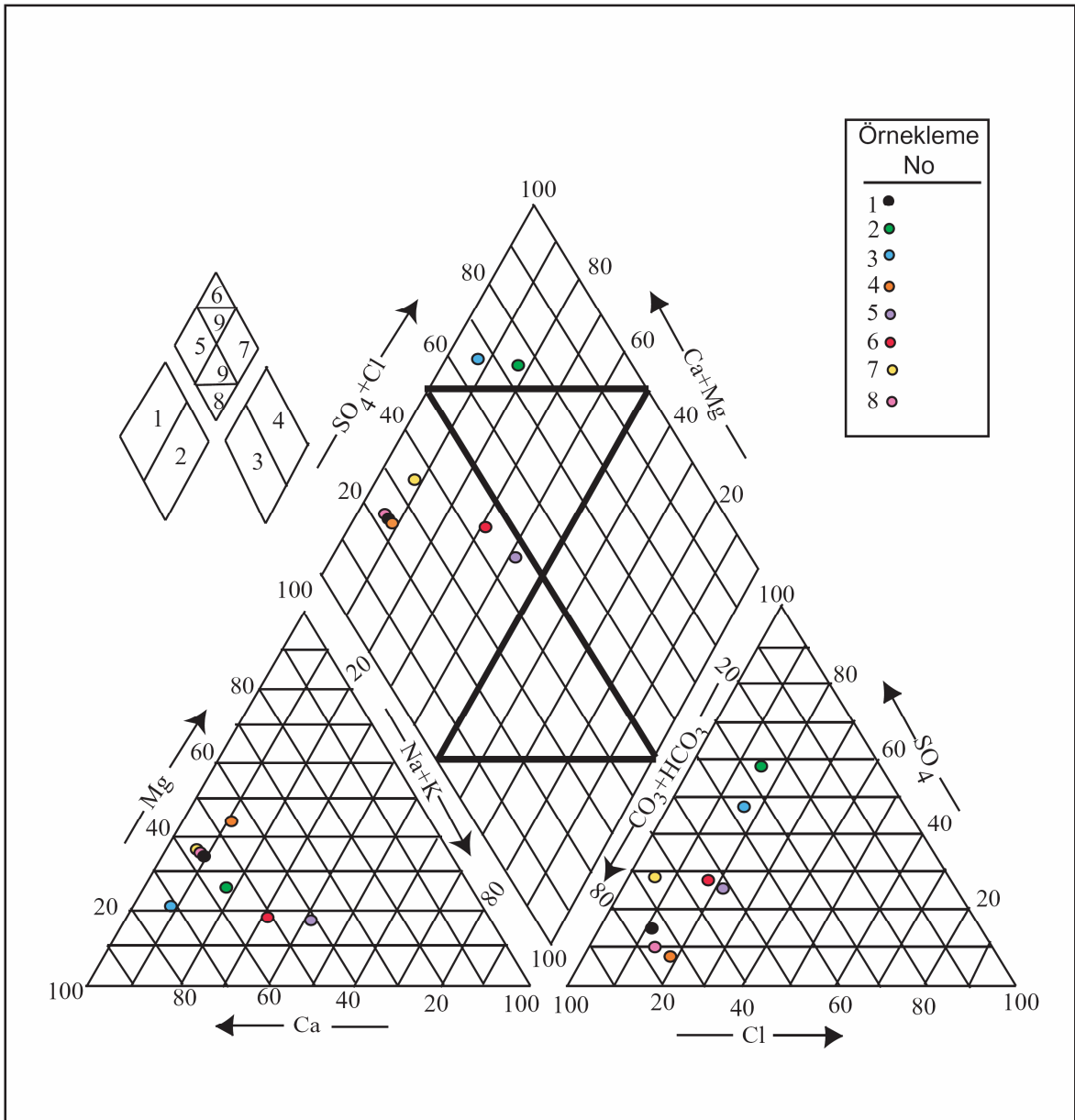


Şekil 7.11. Kasım-2008 tarihine ait suların dairesel diyagramı

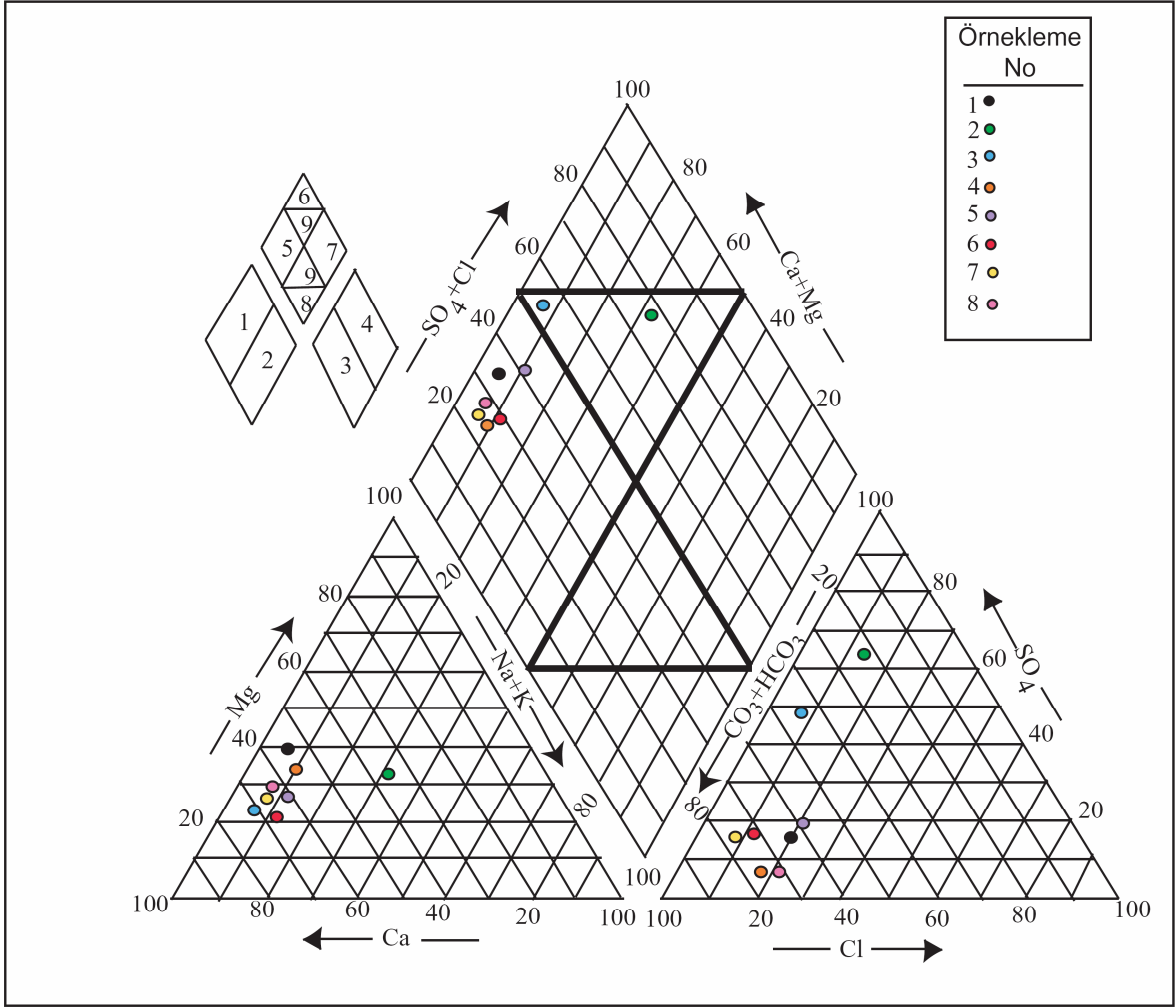
Dairesel diyagramları çizilen suların 1, 4, 7 ve 8 nolu, 2 ve 3 nolu ile 5 ve 6 nolu örneklerin kökenleri birbirlerine benzerlik gösterdiği görülmektedir.

7.2.3. Piper diyagramı

İnceleme alanından örnekleme yapılan suların tahlillerine göre % mek/L değerlerinden yararlanılarak (Tablo 7.1 ve Tablo 7.2) Piper diyagramları çizilmiştir (Şekil 7.12 ve Şekil 7.13).



Şekil 7.12. Temmuz-2008 tarihine ait suların Piper diyagramı



Şekil 7.13. Kasım-2008 tarihine ait suların Piper diyagramı

Piper diyagram üzerindeki bölgelerin özellikleri şu şekilde açıklanmaktadır.

1. **bölge sularının özellikleri:** Bu bölge sularında toprak alkaliler, alkalilerden fazla olup $Ca^{+2}+Mg^{+2} > Na^{+}+K^{+}$ dir. Bu sular CO_3 'lü ve SO_4 'lü sulardır.
2. **bölge sularının özellikleri:** Bu sularda alkaliler, toprak alkalilerden fazla olup $Ca^{+2}+Mg^{+2} < Na^{+}+K^{+}$ dir.
3. **bölge sularının özellikleri:** Zayıf asitler, kuvvetli asitlerden fazladır. Yani $Cl^{-}+SO_4^{-2} < HCO_3^{-}+CO_3^{-2}$ tür.
4. **bölge sularının özellikleri:** Kuvvetli asitler, zayıf asitlerden fazladır. Yani $Cl^{-}+SO_4^{-2} > HCO_3^{-}+CO_3^{-2}$ tür.
5. **bölge sularının özellikleri:** CO_3 sertliği % 50 den fazla olan sulardır. Yani CO_3 sertliği $> CO_3$ olmayan sertliktir. Böyle sular $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sulardır.

6. bölge sularının özellikleri: Bu bölgede bulunan sular CaSO_4 ve MgSO_4 'lı sulardır. İçerisinde CO_3 olmayan sular olup sertlikleri % 50'den büyüktür.

7. bölge sularının özellikleri: Bu sular NaCl , NaSO_4 ve KCl 'li sulardır. CO_3 'lü olmayan alkaliler % 50'den fazladır. Yani CO_3 'lü alkaliler < CO_3 olmayan alkalilerdir.

8. bölge sularının özellikleri: Karbonatlı alkaliler % 50 den fazladır. Yani CO_3 'lü alkaliler > CO_3 olmayan alkalilerdir. Bunlar Na_2CO_3 ve K_2CO_3 'lü sulardır.

9. bölge sularının özellikleri: Hiçbir iyonu % 50 yi geçmeyen karışık bileşimli suların bulunduğu bölgedir.

Piper Diyagramı'na göre Temmuz-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu su örnekleri 1., 4. ve 6. bölgede yer almakta, suların Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı Na^+ ve K^+ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO_3 'lü ve SO_4 'lü sulardır. Ayrıca suların SO_4^{-2} ve Cl^- iyonlarının toplamı HCO_3^- ve CO_3^- iyonlarının toplamından fazladır, sertlikleri % 50'den büyük CaSO_4 ve MgSO_4 'lı sulardır; 1, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu su örnekleri ise 1., 3. ve 5. bölgede yer almakta, suların Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı Na^+ ve K^+ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO_3^{-2} 'lü ve SO_4^{-2} 'lü sulardır. Ayrıca suların HCO_3^- ve CO_3^{-2} iyonlarının toplamı SO_4^{-2} ve Cl^- iyonlarının toplamından fazladır, bu sular CaCO_3 'lü ve MgCO_3 'lü sulardır.

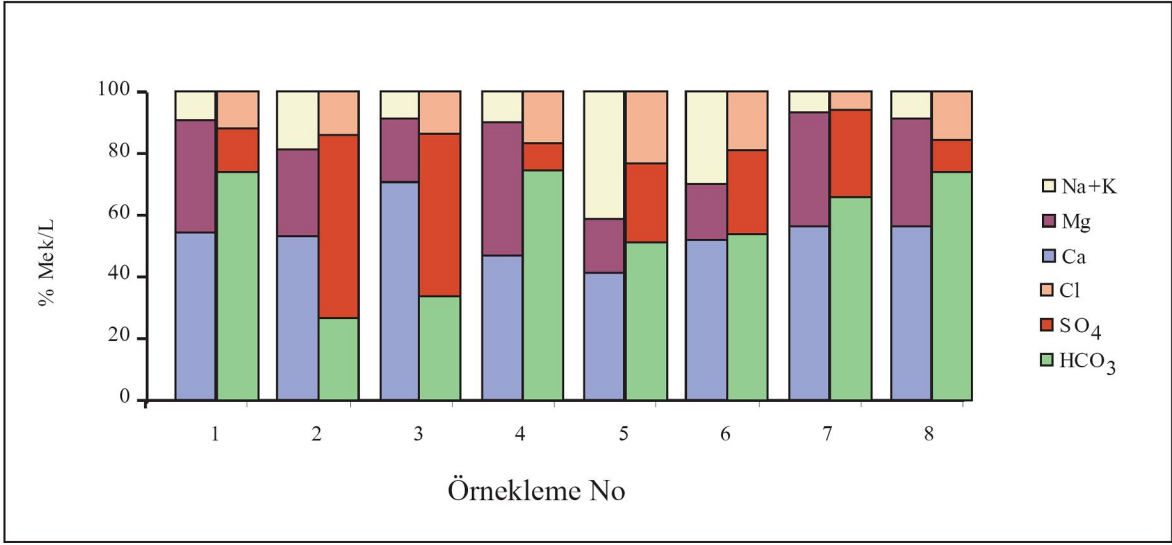
Piper Diyagramı'na göre Kasım-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu su örnekleri 1., 4. ve 9. bölgede yer almakta, suların Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı Na^+ ve K^+ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO_3 'lü ve SO_4 'lü sulardır. Ayrıca suların SO_4^{-2} ve Cl^- iyonlarının toplamı HCO_3^- ve CO_3^{-2} iyonlarının toplamından fazla olup hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır. 1, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu su örnekleri ise 1., 3. ve 5. bölgede yer almakta, suların Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı Na^+ ve K^+ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO_3 'lü ve SO_4 'lü sulardır. Ayrıca suların HCO_3^- ve CO_3^{-2} iyonlarının toplamı SO_4^{-2} ve Cl^- iyonlarının toplamından fazladır, bu sular CaCO_3 'lü ve MgCO_3 'lü sulardır.

7.2.4. Collins (Sütun) diyagram

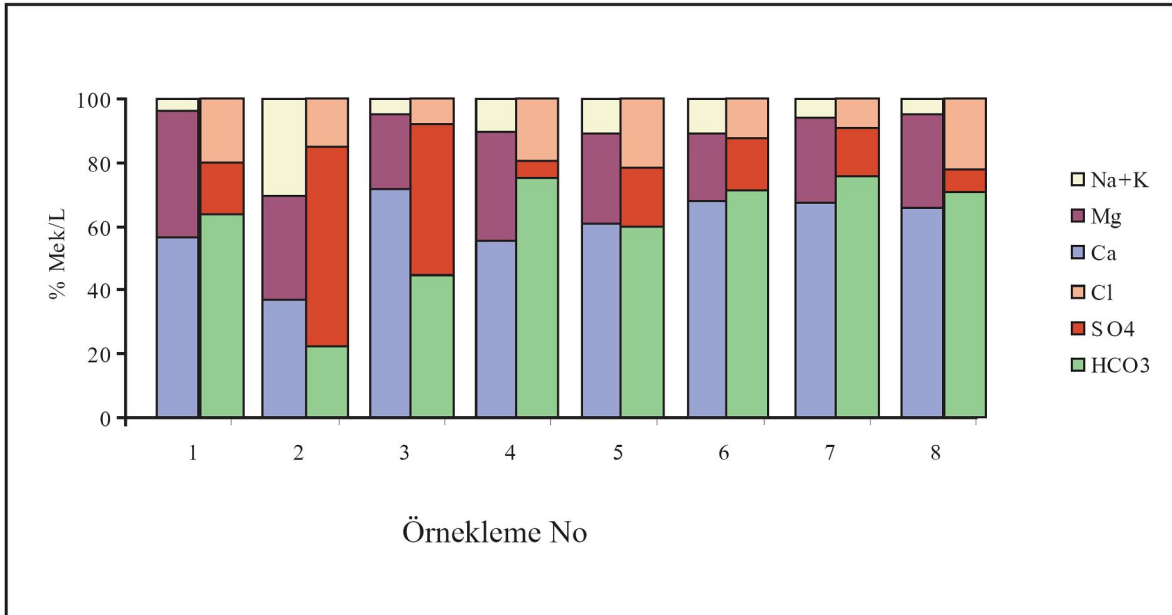
İnceleme alanından örnekleme yapılan sulardaki iyonların % mek/L değerlerinden yararlanılarak (Tablo 7.1 ve Tablo 7.2) Collins (sütun) diyagramlar çizilmiştir (Şekil 7.14 ve Şekil 7.15). Bu diyagramlarda sütunun sağ tarafına anyonlar, sol tarafında ise katyonlar

bulunmaktadır. Örnekleme yapılan sular için çizilen sütun diyagramlara göre en fazla bulunan iyonlar Ca^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} dir.

Sütun diyagramlar yardımıyla sulardaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri hesaplanmıştır (Tablo 7.5 ve Tablo 7.6).



Şekil 7.14. Temmuz-2008 tarihine ait suların sütun diyagramı



Şekil 7.15. Kasım-2008 tarihine ait suların sütun diyagramı

Tablo 7.5. İncelenen sulardaki tuzların Temmuz-2008 tarihine ait tuzlardaki artış veya azalış miktarları

Örnekleme No	TUZLAR (% mek/L)
1	54,53 Ca(HCO ₃) ₂ > 19,37 Mg(HCO ₃) ₂ >13,92 MgSO ₄ >7,37 KCl>2,65 MgCl>2,16 NaCl
2	28,44 MgSO ₄ >26,52 CaSO ₄ >26,51 Ca(HCO ₃) ₂ >8,51 KCl>5,85 NaCl>4,17 Na ₂ SO ₄
3	36,87 CaSO ₄ >33,57 Ca(HCO ₃) ₂ >15,8 MgSO ₄ >5,21 MgCl ₂ >4,52 KCl>4,03 NaCl
4	46,87 Ca(HCO ₃) ₂ >27,63 Mg(HCO ₃) ₂ >8,48 MgSO ₄ >7,41 NaCl>7,07 MgCl ₂ >2,53 KCl
5	41,56 Ca(HCO ₃) ₂ >17,53 Na ₂ SO ₄ >12,41 NaCl>11,08 KCl>9,32 Mg(HCO ₃) ₂ >MgSO ₄
6	51,85 Ca(HCO ₃) ₂ >16,43 MgSO ₄ >15,74 NaCl>10,83 Na ₂ SO ₄ >3,37 KCl>1,78 Mg(HCO ₃) ₂
7	56,43 Ca(HCO ₃) ₂ >27,6 MgSO ₄ >9,27 Mg(HCO ₃) ₂ >3,33 NaCl>2,78 KCl>0,6 Na ₂ SO ₄
8	56,44 Ca(HCO ₃) ₂ >17,31 Mg(HCO ₃) ₂ >10,43 MgSO ₄ >7,32 MgCl ₂ >5,95 NaCl>2,54 KCl

Tablo 7.6. İncelenen sulardaki tuzların Kasım-2008 tarihine ait tuzlardaki artış veya azalış miktarları

Örnekleme No	TUZLAR (% Mek/L)
1	56,51 Ca(HCO ₃) ₂ >16,38 MgCl ₂ >16,16 MgSO ₄ >7,24 Mg(HCO ₃) ₂ >2,93 NaCl>0,78 KCl
2	32,33 MgSO ₄ >22,53 Ca(HCO ₃) ₂ >15,35 Na ₂ SO ₄ >14,62 CaSO ₄ >13,37 NaCl>1,8 KCl
3	44,5 Ca(HCO ₃) ₂ >27,17 CaSO ₄ >20,44 MgSO ₄ >3,82 NaCl>2,84 MgCl ₂ >1,24 KCl
4	55,69 Ca(HCO ₃) ₂ >19,1 Mg(HCO ₃) ₂ >9,31 NaCl>9,16 MgCl ₂ >5,89 MgSO ₄ >0,84 KCl
5	59,99 Ca(HCO ₃) ₂ >17,68 MgSO ₄ >10,87 MgCl ₂ >10,09 NaCl>0,69 KCl>0,68 CaSO ₄
6	67,95 Ca(HCO ₃) ₂ >16,53 MgSO ₄ >9,98 NaCl>3,1 Mg(HCO ₃) ₂ >1,4 MgCl ₂ >1,04 KCl
7	67,66 Ca(HCO ₃) ₂ >14,83 MgSO ₄ >8,01 Mg(HCO ₃) ₂ >5,24 NaCl>3,4 MgCl ₂ >0,86 KCl
8	65,93 Ca(HCO ₃) ₂ >17,33 MgCl ₂ >6,98 MgSO ₄ >4,82 Mg(HCO ₃) ₂ >4 NaCl>0,94 KCl

İnceleme alanındaki sularda en fazla bulunan tuzlar Ca(HCO₃)₂, MgSO₄ tuzları, en az bulunan tuzlar ise Na₂SO₄, KCl, CaSO₄ tuzlarıdır.

7.2.5. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı, örnekleme yapılan suların, hesaplanan sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri (Tablo 7.7 ve Tablo 7.8) karşılaştırılarak çizilmiştir (Şekil 7.16 ve Şekil 7.17). Sodyum adsorbsiyon oranı mek/L ile ifade edilmekte olup 7.2.5'teki formülle hesaplanmıştır:

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad (7.2.5)$$

Tablo 7.7. Suların SAR ve EC değerleri

Örnek No	Tarih	SAR	EC Mikromho/cm
1	22.07.2008	0,08	482
2	22.07.2008	0,23	1067
3	22.07.2008	0,14	704
4	22.07.2008	0,26	550
5	22.07.2008	1,13	475
6	22.07.2008	1,04	611
7	22.07.2008	0,12	568
8	22.07.2008	0,21	526

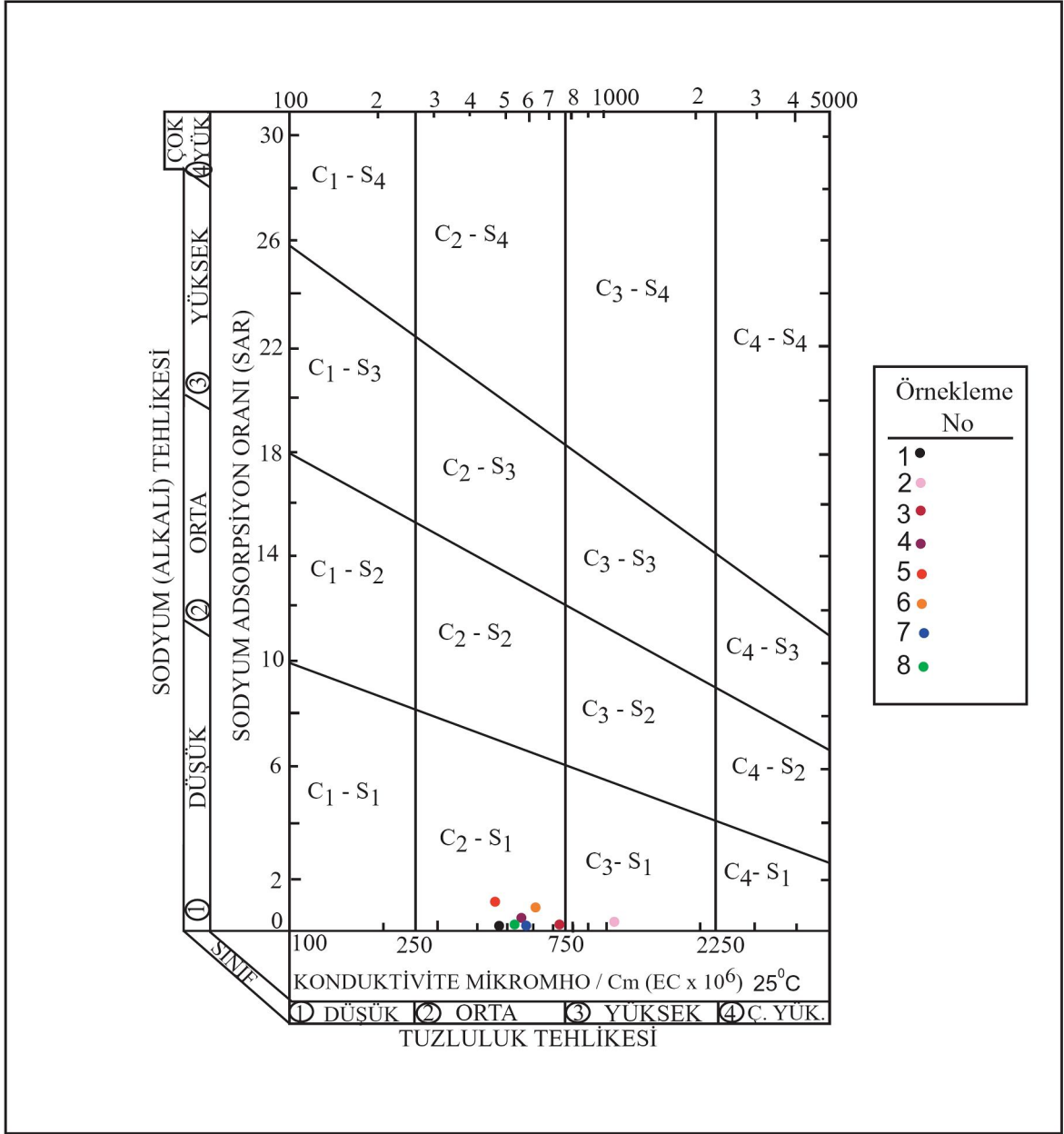
Tablo 7.8. Suların SAR ve EC değerleri

Örnek No	Tarih	SAR	EC Mikromho/cm
1	12.11.2008	0,10	275
2	12.11.2008	0,76	1195
3	12.11.2008	0,14	501
4	12.11.2008	0,37	525
5	12.11.2008	0,36	385
6	12.11.2008	0,36	456
7	12.11.2008	0,21	512
8	12.11.2008	0,15	498

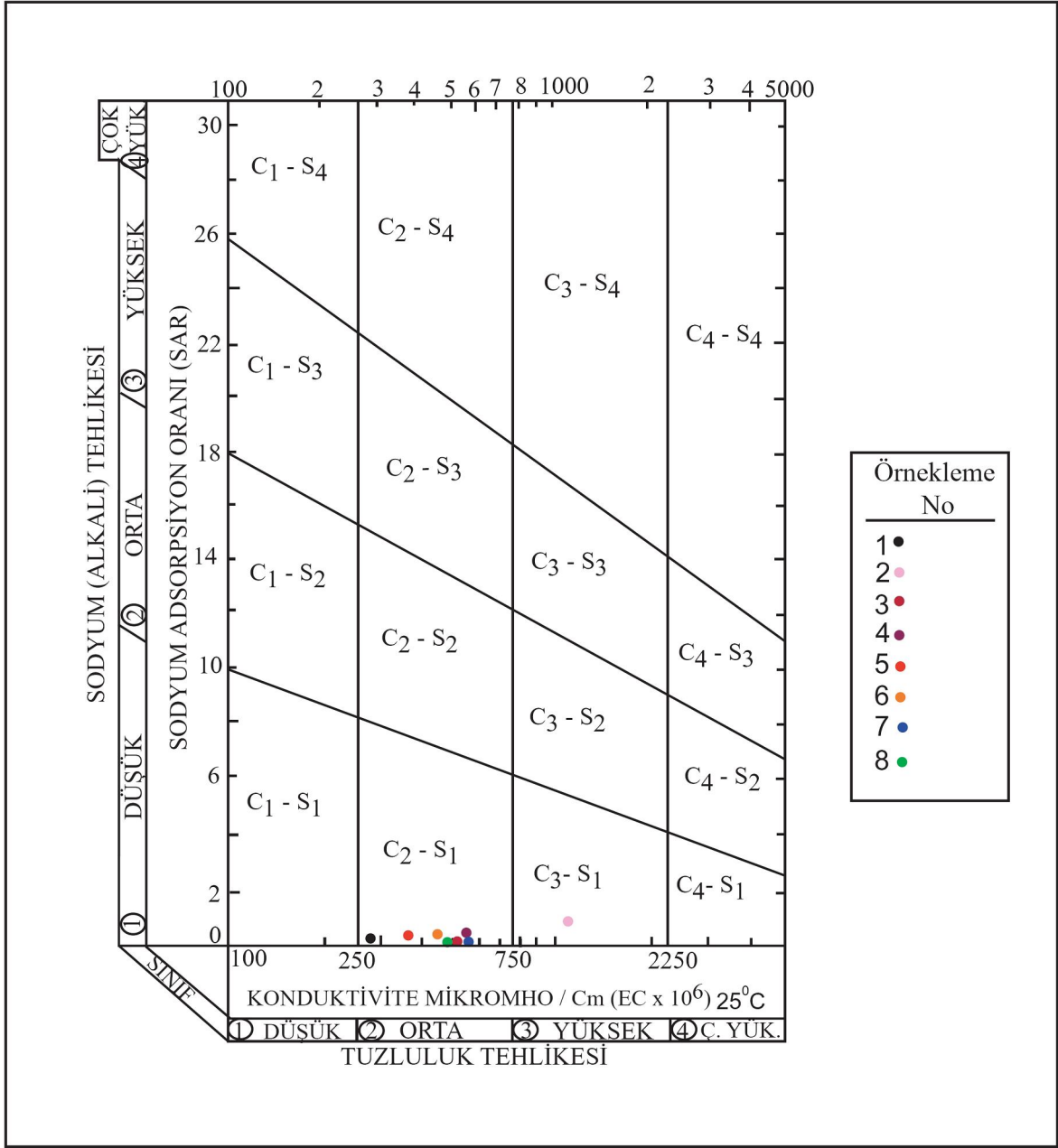
ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre bu suların özellikleri Tablo 7.9'da açıklanmıştır.

Tablo 7.9. Suların tuzluluk ve Na miktarlarına göre sınıflandırılması

Tuzluluğa Göre Alt Sınıflar	C ₁	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
	C ₂	Orta tuzlulukta su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.
	C ₃	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
	C ₄	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenajı yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir.
Sodyum Miktarına Göre Alt Sınıflar	S ₁	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun.
	S ₂	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.
	S ₃	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.
	S ₄	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz.



Şekil 7.16. Temmuz-2008 tarihine ait suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı



Şekil 7.17. Kasım-2008 tarihine ait suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı'na göre Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerinde 1, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu örnekler C₂-S₁ sınıfında olup orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygundur. 2 nolu örnek ise C₃-S₁ sınıfında olup Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılmaz (bazı bitkiler için kullanılabilir), sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygundur.

7.2.7. Wilcox diyagramı

Wilcox diyagramı, sulardaki Na⁺ iyonunun % değeri ve EC'ye göre suların sulamaya uygun olup olmadığını gösteren diyagramlardır (Şekil 7.18 ve Şekil 7.19). Wilcox diyagramının çizimi için önce Na⁺ iyonunun mek/L değerinin katyonlar içerisindeki % değeri 7.2.7'ye göre hesaplanmıştır (Tablo 7.10 ve Tablo 7.11).

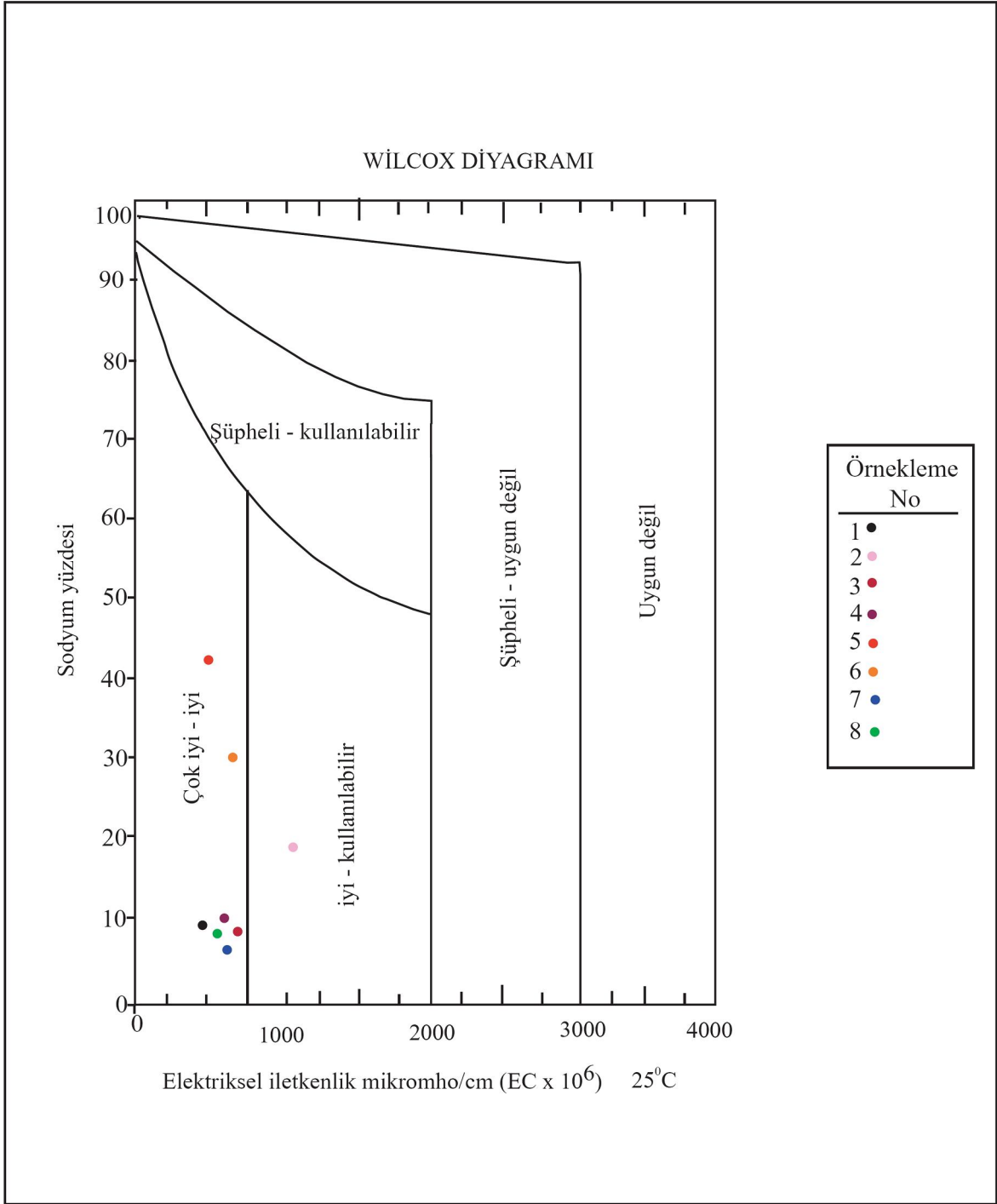
$$\% \text{ Na} = \frac{r(\text{Na} + \text{K})}{r\text{Na} + r\text{K} + r\text{Ca} + r\text{Mg}} \times 100 \quad (7.2.7)$$

Tablo 7.10. Suların % Na ve EC değerleri

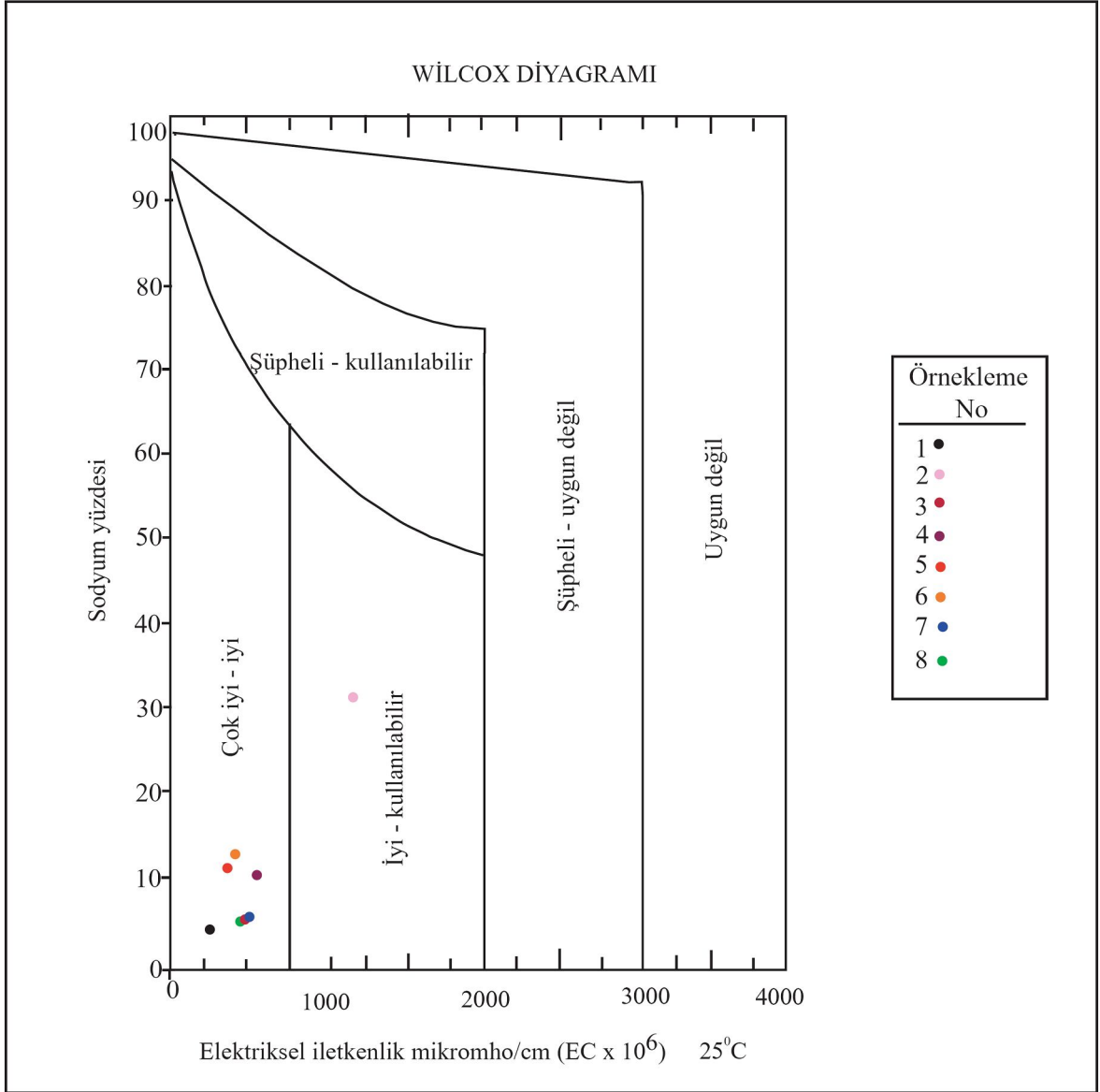
Örnekleme No	Tarih	% Na	EC Mikromho/cm
1	22.07.2008	9,57	482
2	22.07.2008	18,43	1067
3	22.07.2008	8,53	704
4	22.07.2008	9,90	550
5	22.07.2008	41,09	475
6	22.07.2008	29,87	611
7	22.07.2008	6,56	568
8	22.07.2008	8,55	526

Tablo 7.11. Suların % Na ve EC değerleri

Örnekleme No	Tarih	% Na	EC Mikromho/cm
1	12.11.2008	3,71	275
2	12.11.2008	30,58	1195
3	12.11.2008	4,98	501
4	12.11.2008	10,14	525
5	12.11.2008	10,87	385
6	12.11.2008	11,11	456
7	12.11.2008	6,03	512
8	12.11.2008	4,91	498



Şekil 7.18. Temmuz-2008 tarihine ait suların Wilcox diyagramı

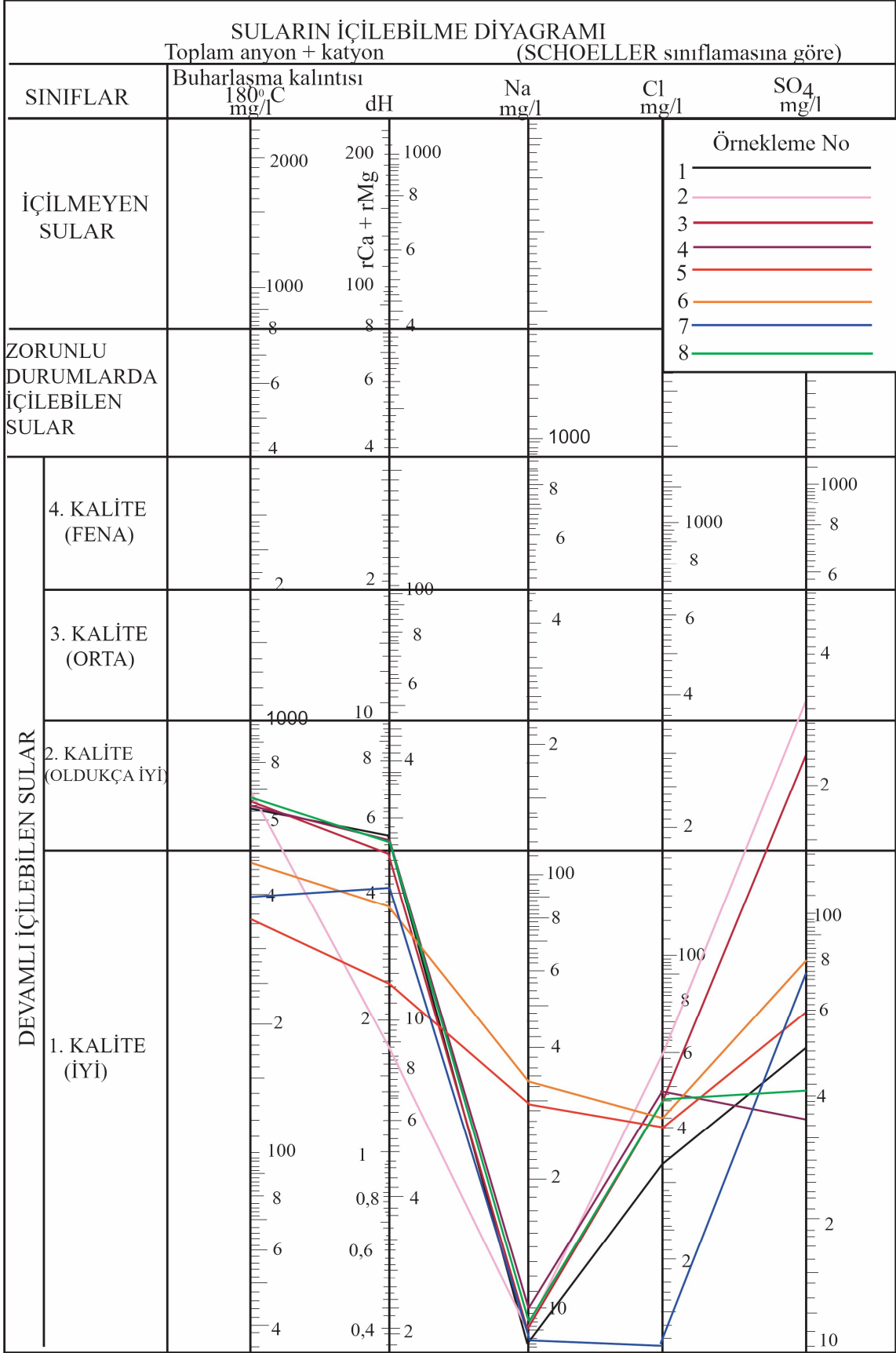


Şekil 7.19. Kasım-2008 tarihine ait suların Wilcox diyagramı

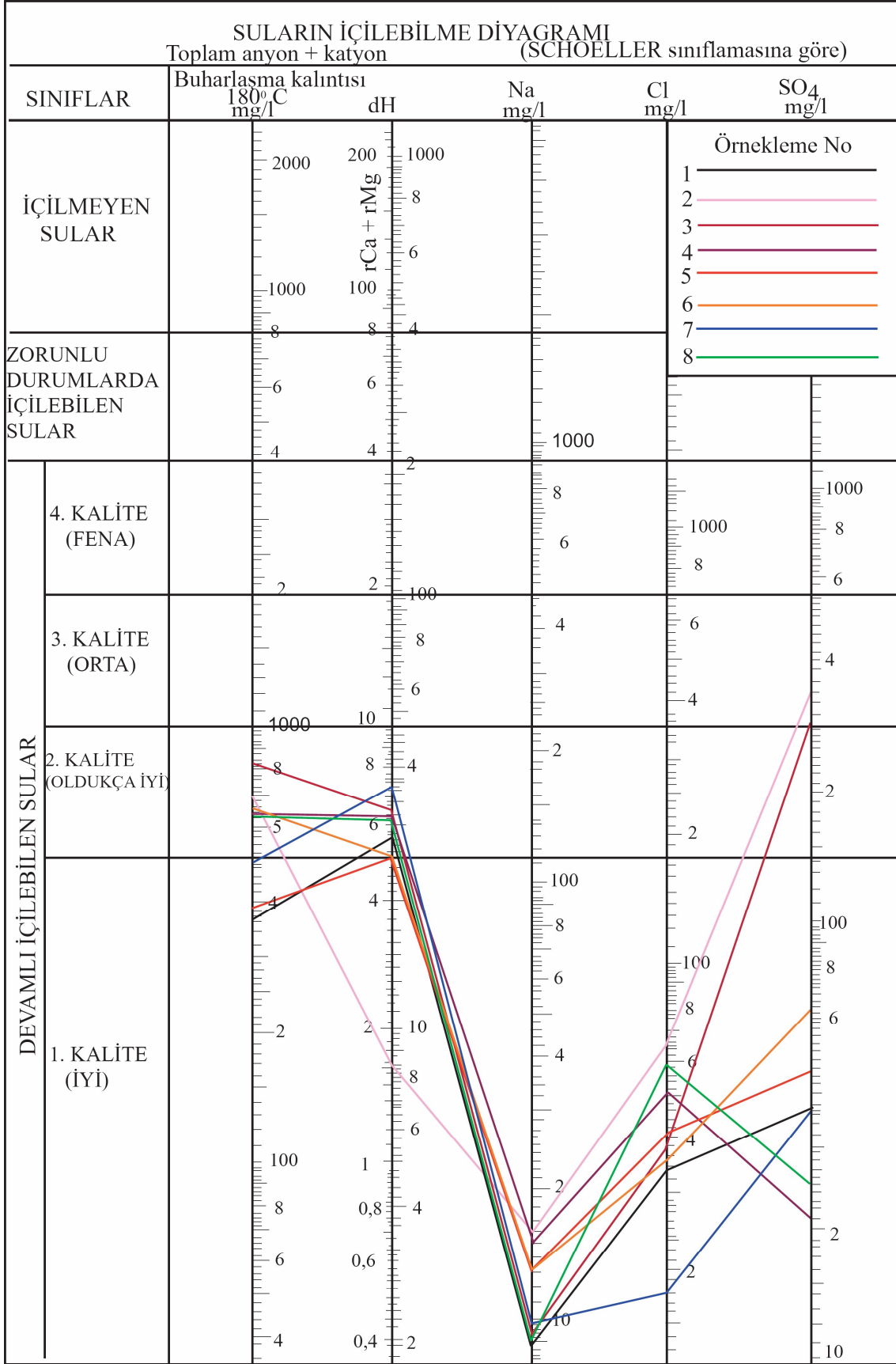
Wilcox Diyagramı'na göre Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerinde 1, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu örnekler çok iyi-iyi sınıfında, 2 nolu örnek iyi-kullanılabilir sınıfında yer almaktadır.

7.2.7. Suların içilebilme diyagramı (Schoeller sınıflamasına göre)

Örnekleme yapılan suların içilebilme özelliklerini araştırmak amacıyla Schoeller'in yaptığı sınıflamaya göre suların içilebilme diyagramları çizilmiştir (Şekil 7.20 ve Şekil 7.21).



Şekil 7.20. Temmuz-2008 tarihine ait suların içilebilme diyagramı



Şekil 7.21. Kasım-2008 tarihine ait suların içilebilme diyagramı

Suların Temmuz-2008 tarihindeki analiz sonuçlarına göre çizilen suların içilebilme diyagramında 5, 6 ve 7 nolu örnekler 1. kalitede, 1, 3, 4 ve 8 nolu örnekler 2. kalitede, 2 nolu örnek ise 3. kalitede olup, devamlı içilebilen sular sınıfında yer almaktadırlar.

Suların Kasım-2008 tarihindeki analiz sonuçlarına göre çizilen suların içilebilme diyagramında 5 nolu örnek 1. kalitede, 1, 3, 4, 6, 7 ve 8 nolu örnekler 2. kalitede, 2 nolu örnek ise 3. kalitede olup devamlı içilebilen sular sınıfında yer almaktadır.

8. SULARIN ÇEŞİTLİ KRİTERLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

8.1. Suların Sertlik Dereceleri

Suların en önemli özelliği “Sertlik”tir. Suların sertliği, başta kalsiyum ve magnezyum bikarbonat iyonları olmak üzere, CaSO_4 ve MgSO_4 , CaCl_2 ve MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ve $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ve az miktarda da Fe, Al ve Sr iyonlarından ileri gelmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1984).

Suların sertliği Ca^{+2} ve Mg^{+2} , nin mek/L cinsinden toplamının 5 ile çarpımına eşittir (Canik, 2003). Örnekleme yapılan suların sertliği 8.1’deki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Sertlik}=(r\text{Ca}+r\text{Mg})\times 5 \text{ d}^0\text{h Fr} \quad (8.1)$$

Formüldeki $\text{d}^0\text{h Fr}$, suyun sertliğinin Fransız sertlik derecesine göre hesaplandığını gösterir. 1 lt suda, 10 mg $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ve $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ veya buna eşit miktarda diğer sertlik verici iyonların bulunması halinde, o suyun sertliği 1 Fransız Derecesi (1 Fr°) olarak tanımlanır (Erguvanlı ve Yüzer, 1984).

İçme suları sertliklerine göre sınıflandırılabilir (Tablo 8.1). İnceleme alanından örnekleme yapılan suların Fransız sertlik derecesine göre sertliği hesaplanmış, Tablo 8.2 ve Tablo 8.3’te verilmiştir.

Sert su, genellikle yüksek miktardaki Ca^{+2} ve diğer iyonların suya verdiği hoş olmayan tadı nedeniyle estetik olarak ilişkilidir. Ayrıca sabunun köpürme yeteneğini düşürür, tesisat ve borularda kireçlenmeye neden olur. Yumuşak su, boru korozyonuna neden olabilir ve bakır (Cu), çinko (Zn), kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) gibi ağır metallerin çözünürlüklerini artırabilir (URL-1, 2010).

Tablo 8.1. İçme sularının sertliklerine göre sınıflandırılması (Atabey,2005)

Toplam Sertlik (CaCO_3 mg/L)	Sınıflandırma
0-75	Yumuşak su
75-100	Orta sertlikte su
100-300	Sert su
>300	Çok sert su

Tablo 8.2. Temmuz-2008 tarihine ait suların Fransız Sertlik Derecesi

Örnekleme No	Fransız Sertlik Derecesi	Sınıflandırma
1	27.40	Sert su
2	8.85	Orta sertlikte su
3	24.65	Sert su
4	26.40	Sert su
5	12.40	Sert su
6	18.90	Sert su
7	20.65	Sert su
8	26.75	Sert su

Tablo 8.3. Kasım-2008 tarihine ait suların Fransız Sertlik Derecesi

Örnekleme No	Fransız Sertlik Derecesi	Sınıflandırma
1	28.55	Sert su
2	8.40	Orta sertlikte su
3	32.45	Çok sert su
4	31.45	Çok sert su
5	25.00	Sert su
6	25.20	Sert su
7	35.05	Çok sert su
8	31.00	Çok sert su

Temmuz-2008 tarihine ait 2 nolu su örneği orta sertlikte su, diğerleri ise sert su sınıfındadır. Kasım-2008 tarihine ait 2 nolu su örneği orta sertlikte su, 1, 5, 6 nolu su örnekleri sert su, 3, 4, 7 ve 8 nolu su örnekleri ise çok sert su sınıfında yer almaktadır. Kasım-2008 tarihindeki suların sertlikleri, Temmuz-2008 tarihindeki suların sertliklerinden fazla olup yağışlı dönemde suların sertliklerinde artış görülmektedir.

8.2. Suların Bakteriyolojik Özellikleri

Koliform bakteri onların ortak köken ve özelliklerine göre ya toplam ya da Fekal Koliform olarak gruplandırılır ve tanımlanır. Toplam grup, toprakta doğal olarak bulunan koliform bakterilerin diğer türlerinin yanı sıra *Escherichia coli* (E. coli) gibi Fekal Koliform bakteri içerir. Fekal Koliform bakteri sıcakkanlı hayvanların ve insanların bağırsaklarında mevcuttur. İnsan ve hayvanların dışkılarında ve toprakta doğal olarak bulunur (URL-2, 2010).

Sularda 5-10 mg/L dahi NO_3^- 'ün bulunması halinde bu sularda kirlilik tehdidi olduğu kabul edilerek içme suyu olarak kullanılması halinde mutlaka bakteriyolojik analizler yapılmalıdır (Atabey, 2005).

Tablo 8.4'te Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim dalında suların bakteriyolojik analizi çok tüp metoduna göre yapılmıştır (Tablo 8.4), analiz sonuçları Tablo 8.5'e göre değerlendirilmiştir. 3, 4 ve 8 nolu örneklerde koliform bakteri sayısının yüksek olduğu görülmektedir. Nedeni evsel atıksu veya hayvansal gübre kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Tablo 8.4. Suların 12 Aralık 2008 tarihine ait bakteriyolojik analiz sonuçları

Örnekleme No	Toplam Koliform EMS/100 ml	E.coli EMS/100 ml
1	<9*	<9*
2	<9*	<9*
3	23	23
4	240	23
5	<9*	<9*
6	<9*	<9*
7	<9*	<9*
8	49	<9*

* Bakteri saptanamamıştır

Tablo 8. 5. İçme ve kullanma sularında EMS tablosu (Pichhardt, 1998)

1. Tüp (10 cc.)	2. Tüp (1 cc.)	3. Tüp (0,1 cc.)	100 cc'deki Koliform Bakteri Sayısı
+	+	+	240'dan fazla
+	+	-	240
+	-	+	95
+	-	-	23
-	+	+	19
-	+	-	9
-	-	+	9
-	-	-	<9

8.3. Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH)

Su örneklerindeki pH değerleri Temmuz-2008 tarihinde 6,8-7,77 arasında (Tablo 7.1), Kasım-2008 tarihinde 7,03-8,36 arasında (Tablo 7.2) değişmektedir. pH<7 değerleri için sular asidik karakterli olup, bu sular korrozif özelliğe sahip olup suyun çözücü özelliği artar. pH>7 değeri için sular bazik karakterli olup suların tadlarının değişmesine neden olur. Temmuz-2008 döneminde 1, 7 ve 8 nolu su örnekleri asidik karakterli olup diğerleri ise bazik karakterlidir. Kasım-2008 döneminde tüm sular bazik karakterlidir.

8.4. Suların AIH (Uluslararası Hidrojeologlar Birliği) Sınıflaması

Suların AIH Sınıflamasında, % 20'yi aşan iyonlardan önce katyonlar sonra anyonlar % mek/L değerleri giderek azalacak tarzda yan yana yazılarak belirlenir (Canik, 2003).

AIH sınıflamasına göre (Tablo 8.6 ve Tablo 8.7) incelenen su örneklerinin daha çok Ca-Mg-HCO₃'lü su şeklinde görülmektedir.

Tablo 8.6. Temmuz-2008 tarihindeki su örneklerinin AIH'a göre sınıflaması

Örnekleme No	AIH'a göre suların sınıflaması
1	Ca-Mg-HCO ₃
2	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
3	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
4	Ca-Mg-HCO ₃
5	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl
6	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄
7	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
8	Ca-Mg-HCO ₃

Tablo 8.7. Kasım-2008 tarihindeki su örneklerinin AIH'a göre sınıflaması

Örnekleme No	Su Numunesi Alınan Tarih	AIH'a göre suların sınıflaması
1	12.11.2008	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl
2	12.11.2008	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
3	12.11.2008	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
4	12.11.2008	Ca-Mg-HCO ₃
5	12.11.2008	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl
6	12.11.2008	Ca-Mg-HCO ₃
7	12.11.2008	Ca-Mg-HCO ₃
8	12.11.2008	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl

9. ÖRNEKLEME YAPILAN SULARIN İÇME SUYU STANDARTLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

9.1. Su Kalitesi Standartları

Çevre Koruma Kurumu (EPA) içme suyumuzda bulunabilecek çok sayıda kirleticiler için standartlar oluşturmuştur. Ancak bunlardan standardı oluşturan iki tanesinde, sınır değerler aşıldığında hastalık tehdidi ortaya çıkmaktadır. Bunlar:

- Koliform bakteri, suyun hastalık yapıcı organizmalarla kirlendiğini göstermektedir.
- Nitratta standardın üzerindeki kirlilik küçük çocuklar için anında tehlike oluşturmaktadır.

İçme suyuyla ilgili standart ve düzenlemelerin amacı şunlardır:

- İçme suyumuzda kirletici tehdidi olmadığından emin olmak,
- Su kaynaklarının kalitesini sürekli olarak analiz etmek ve gözlemek,
- Vatandaşlara su kaynaklarının kalitesi ve analizleri ile ilgili bilgi sağlamak (Keller, 2005).

9.1.1. Suların Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (SKKY) göre sınıflandırılması ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

İnceleme alanında örnekleme yapılan sular Ek 1'de verilen SKKY'ye göre değerlendirilmiş olup, Tablo 9.1, Tablo 9.2 ve Tablo 9.3'te sınıflandırılması yapılmıştır.

Tablo 9.1. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (mg/L)'nin SKKY'ye göre sınıflandırılması

Örnek No	Su Numunesi Alınan Tarih	pH	Sıcaklık °C	KATYONLAR (mg/L)					ANYONLAR (mg/L)					
				Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	PO ₄ ⁻ -P
1	22.07.2008	6.8	20	66	26.1	3	17.4	0.03	33	51	344.04	0.001	5.9	0.02
2	22.07.2008	7.77	21.6	23	7.4	5	7.2	0.03	60	334	190.32	0	2.3	0.03
3	22.07.2008	7.4	19.6	76	13.6	5	9.5	0.05	46	238	192.76	0.005	2.5	0
4	22.07.2008	7.02	21.4	55	30.4	10	5.8	0.04	49	33	368.44	0.001	5	0.03
5	22.07.2008	7.17	32.4	35	8.8	29	18.2	0.05	40	59	148.84	0.002	4.1	0.06
6	22.07.2008	7.21	34.3	56	11.8	33	7.1	0.06	42	81	202.52	0.004	4.6	0.03
7	22.07.2008	6.97	25.2	50	19.6	4	4.8	0.03	12	75	222.04	0.002	5.3	0.02
8	22.07.2008	6.75	19.3	66	24.6	8	5.8	0.05	46	41	368.44	0.002	2.9	0.05

I. Kalite II. Kalite III. Kalite

Tablo 9.2. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (mg/L)'nin SKKY'ye göre sınıflandırılması

Örnek No	Su Numunesi Alınan Tarih	pH	Sıcaklık °C	KATYONLAR (mg/L)					ANYONLAR (mg/L)					
				Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	PO ₄ ⁻ -P
1	12.11.2008	7.24	16.3	67	28.3	4	1.8	0.04	34	37	185.44	0.001	3.6	0.06
2	12.11.2008	8.36	18.2	18	9.4	16	1.7	0.03	65	361	165.92	0.001	2.2	0.03
3	12.11.2008	7.55	17.9	98	19.1	6	3.3	0.07	37	302	358.68	0.002	6.8	0.05
4	12.11.2008	7.03	18.9	78	28.7	15	2.3	0.03	51	21	339.16	0	4.0	0.09
5	12.11.2008	7.3	15.5	68	19.2	13	1.5	0.06	41	47	195.2	0.001	5.1	0
6	12.11.2008	7.66	13.3	77	14.3	13	2.3	0.04	35	63	344.04	0.002	4.6	0.02
7	12.11.2008	7.3	16.7	101	23.5	9	2.5	0.03	18	38	246.44	0	3.0	0.01
8	12.11.2008	7.2	14.6	86	22.8	6	2.4	0.04	59	25	322.08	0	7.4	0.02

I. Kalite II. Kalite III. Kalite

Tablo 9.3. Sulardaki bakteriyolojik analiz sonuçlarının SKKY'ye göre sınıflandırılması

Örnek No	Tarih	Toplam Koliform EMS/100 ml
1	12.12.2008	<9
2	12.12.2008	<9
3	12.12.2008	23
4	12.12.2008	240
5	12.12.2008	<9
6	12.12.2008	<9
7	12.12.2008	<9
8	12.12.2008	49

I. Kalite **II. Kalite** **III. Kalite**

SKKY Tablo Ek 1'de belirtilen Kıtaçi Kaynaklarının Sınıflarına göre kalite kriterleri tablosunda belirtilen değerlere göre Temmuz-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu örnekler YAS III yani düşük kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir. Diğer su örnekleri YAS II yani orta kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu durumda örnekleme yapılan sular bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

Kasım-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu örnekler YAS III yani düşük kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir. 7 nolu örnek YAS I yani yüksek kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Diğer su örnekleri ise YAS II yani orta kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. 7 nolu su örneği her türlü kullanım için uygundur. Diğerleri ise bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

Aralık-2008 tarihinde yapılan bakteriyolojik analiz sonuçlarına göre 4 nolu su örneği YAS II yani orta kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir, bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir. Diğer su örnekleri YAS I yani yüksek kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu sular her türlü kullanım için uygundur.

9.1.2. Suların içme suyu olarak kullanılabilirliğine yönelik TS 266, WHO, EPA limitleri ve analiz sonuçlarıyla karşılaştırılması

Suların içme suyu olarak kullanılabilirliğine yönelik Türk Standartları (TS 266), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) limitleri Ek 2’de verilmiştir.

Çalışma alanından alınan su örnekleri için yapılan analizlerin listesi Tablo 7.1 ve Tablo 7.2’de verilmiştir. Bu analizlerin sonuçları Ek 2 ile verilen içme suyu standartları ile karşılaştırılmıştır ve şu sonuçlar elde edilmiştir.

- Temmuz-2008 tarihine ait 1 ve 5 nolu su örneklerinin K^+ konsantrasyonu 17,4 ve 18,2 mg/L olup TS 266 standardı limit değerini 5,4 ve 6,2 mg/L aşmaktadır.
- Temmuz-2008 tarihine ait 2 nolu su örneğinin SO_4^{-2} konsantrasyonu 334 mg/L olup TS 266, WHO ve EPA standardı limit değerini 84 mg/L aşmaktadır.
- Kasım-2008 tarihine ait 2 ve 3 nolu su örneklerinin SO_4^{-2} konsantrasyonu 361 ve 302 mg/L olup TS 266, WHO ve EPA standardı limit değerini 101 ve 52 mg/L aşmaktadır.
- Aralık-2008’de sulardaki koliform bakteri sayısı 3, 4 ve 8 nolu su örneklerinde 23, 240 ve 49 EMS/100 ml olup TS 266, WHO ve EPA standardı limit değerini 23, 240 ve 49 EMS/100 ml aşmaktadır.

Buna göre Temmuz-2008 tarihinde 1, 2 ve 5 nolu örnekler, Kasım-2008 ve Aralık-2008 tarihinde ise 2, 3, 4 ve 8 nolu su örnekleri içilemez su niteliği taşımaktadır.

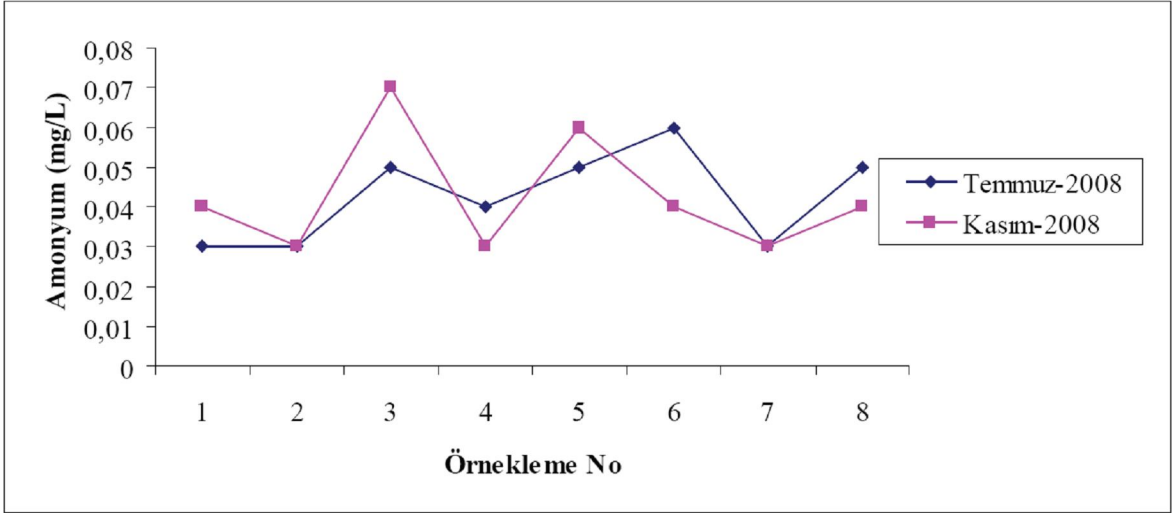
9.1.3. Yeraltı suyu kirliliği olan su noktalarının belirlenmesi

9.1.3.1. Amonyum (NH_4^+), nitrit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-)

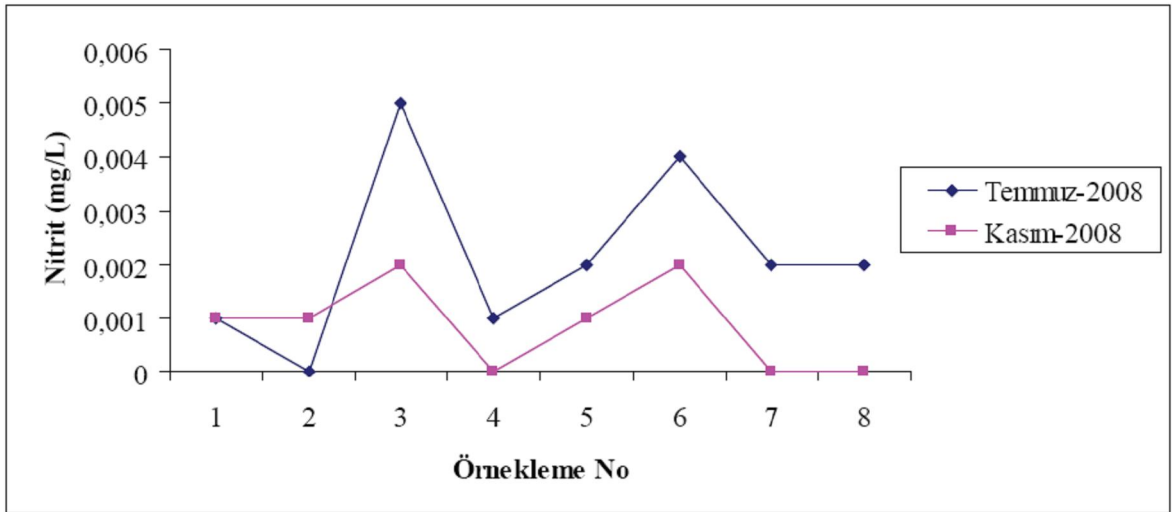
Yeraltı suyundaki en yaygın kirletici NO_3^- formundaki çözülmüş azottur. Tarımsal faaliyetlerden ve kanalizasyon atıklarının yüzeyde veya yeraltında depolanmasından dolayı bu kirletici giderek artan şekilde yaygınlaşmaktadır (Freeze ve Cherry, 1979).

Bir suda NH_3 bulunması genellikle yeni başlayan bir kirlenmeyi gösterir. İçme sularında çok az NO_3^- bulunsu dahi kirlenme söz konusudur. Böyle sularda mutlaka bakteriyolojik analiz yapılmalıdır. Fazlaca NO_3^- bulunan bir suyun yüzeyden kirlenip

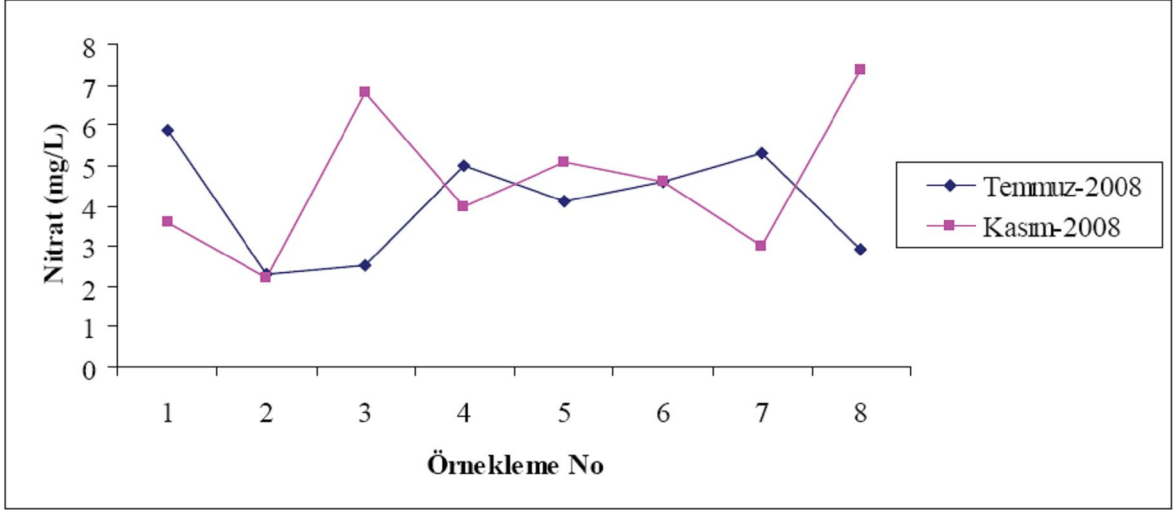
kirlenmediğini belirlemek için suyun Cl^- konsantrasyonuna bakılmalıdır. NO_3^- ile birlikte fazla miktarda Cl^- bulunması yeraltı suyunun kanalizasyon sularından kirlendiğinin en önemli belirtisidir (Çuhadar ve Tamgaç, 1994). Örnekleme yapılan suların Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki NH_4^+ , NO_2^- ve NO_3^- miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi verilmiştir (Şekil 9.1, Şekil 9.2 ve Şekil 9.3).



Şekil 9.1. Sulardaki NH_4^+ miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki değişimi



Şekil 9.2. Sulardaki NO_2^- miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki değişimi



Şekil 9.3. Sulardaki NO_3^- miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki değişimi

Temmuz-2008 tarihinde 6 nolu örnekte NH_4^+ , 3 ve 6 nolu örneklerde NO_2^- , 1 ve 7 nolu örneklerde ise NO_3^- fazlalığı görülmektedir.

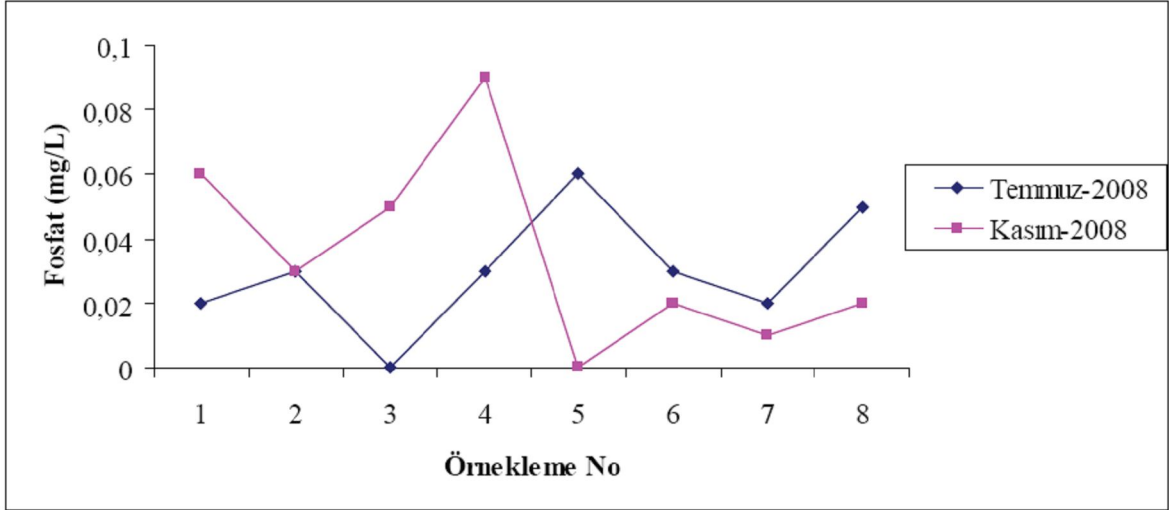
Kasım-2008 tarihinde 3 ve 5 nolu örnekte NH_4^+ , 3, 5 ve 8 nolu örneklerde ise NO_3^- fazlalığı görülmektedir.

9.1.3.2. Fosfat (PO_4^-)

P^- sularda özellikle PO_4^- şeklinde bulunur. Suların P^- veya PO_4^- ile kirlenmesi daha çok tarımda büyük miktarda kullanılan PO_4^- 'lü gübrelere sularla yıkanıp taşınması ile sanayi ve evsel atıklardaki deterjanlardan ileri gelmektedir (Çuhadar ve Tamgaç, 1994).

Örnekleme yapılan suların Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerindeki PO_4^- miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi verilmiştir (Şekil 9.4).

Temmuz-2008 tarihinde 2, 4, 5, 6 ve 8 nolu su örneklerinde, Kasım-2008 tarihinde 1, 2, 3 ve 4 nolu su örneklerinde PO_4^- fazlalığı görülmektedir.



Şekil 9.4. Sulardaki fosfat miktarının Temmuz-2008 ve Kasım-2008 örnekleme dönemlerindeki değişimi

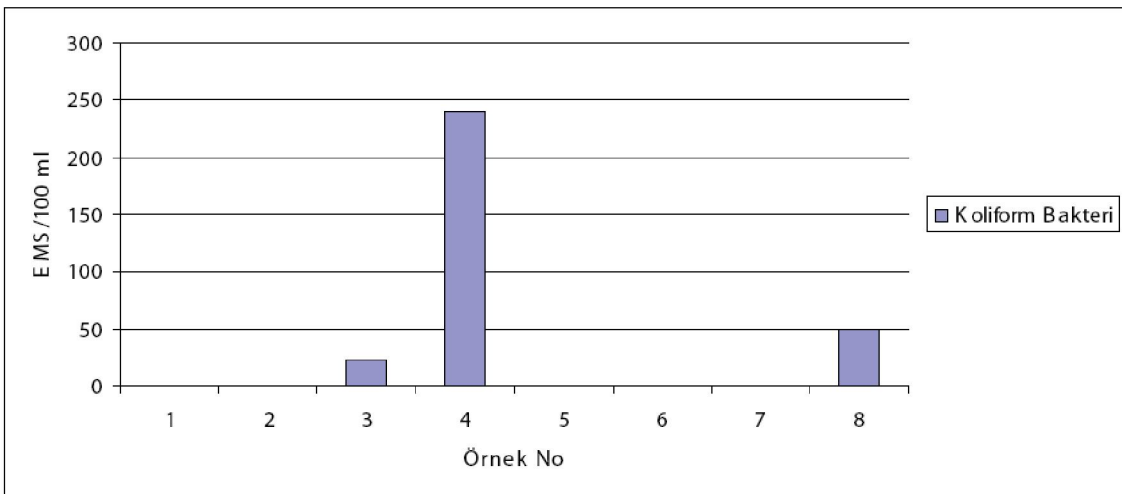
9.1.3.2. Koliform Bakteri

Bir suyun kullanılıp kullanılmayacağı içinde beslenen koliform sayısı ile saptanmaktadır. Suyun içinde hiç koliform bulunmaması istenir (Erguvanlı ve Yüzer, 1984).

Koliform bakteri sıcakkanlı hayvanların ve insanların bağırsaklarında mevcuttur. İnsan ve hayvanların dışkılarında bulunur (URL-2, 2010).

Örnekleme yapılan suların Aralık-2008 tarihindeki koliform bakteri miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi verilmiştir (Şekil 9.5).

Aralık-2008 tarihinde 3, 4 ve 8 nolu örneklerde koliform bakteri fazlalığı görülmektedir.



Şekil 9.5. Sulardaki Aralık-2008 tarihindeki koliform bakteri miktarı

Sulardaki NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^- ve koliform bakteri değerleri hep birlikte değerlendirildiğinde 3, 4 ve 8 nolu örneklerde bir kirlenmenin mevcut olduğu görölmektedir. Bu kirlenmenin nedenleri 4 ve 8 nolu su örnekleme noktalarına kanalizasyon şebekesine yakınlığından dolayı kanalizasyon suyunun sızması şeklinde olabileceği ve 3 nolu örnekleme noktası ise besi alanlarına yakınlığından dolayı hayvansal gübre kaynaklı veya kanalizasyon suyunun sızması şeklinde olabileceği düşünölmektedir.

10. SONUÇLAR

Bölgenin; Thornthwaite formülleri kullanılarak çıkarılan iklim formülü; DB^2db^2 şeklindedir.

Çalışma alanı Elazığ Magmatitleri (Senoniyen), Kırkgeçit Formasyonu (Lütesiyen – Üst Oligosen) ve göl çökellerinden (Pliyosen) oluşmaktadır.

Beslenme alanının hidrojeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla araziden alınan zemin örneklerinde porozite değerleri % 40-50, özgül verim % 29-38,7, özgül tutum % 6,3-21, geçirimsizlik değerleri $3,9 \times 10^{-3}$ - 2×10^{-1} cm/s arasında değişmektedir. Bu durumda akiferlerin beslenme alanlarında bulunan birimlerin yağışlardan yeraltına süzülmei kolaylaştırdığını göstermektedir.

Ca^{+2} inceleme alanında geniş yüzeylemeler veren magmatik kayalardaki anortit, piroksen ve amfibol gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca'nın eritilmesi ile suya geçmiş olmalıdır. Ayrıca Kırkgeçit Formasyonu'na ait karbonat çimentolu kumtaşlarının ve marnların içerisinde geçen CO_2 'li sular bu iyonun oluşumunda etkili olduğu düşünülmektedir. Kasım-2008 tarihinde Ca^{+2} miktarında Temmuz-2008 tarihine göre artış görülmektedir. Bunun nedeni ise yağış sularının daha fazla Ca'yı çözdüğü söylenebilir.

Mg^{+2} inceleme alanında geniş yer kaplayan Elazığ Magmatitleri'nin bünyesindeki olivin ve piroksen gibi Mg'li bileşenlerin altere olmasıyla yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır.

Na^{+} inceleme alanında Elazığ Magmatik'lerine ait kayalarda Na'lı feldispatların, plajiyoklasların alterasyonu veya Pliyosen göl çökellerine ait kil minerallerinin baz değişimi sonucu veya Pliyosen göl çökellerine ait tuzlu seviyelerden dolayı yeraltı suyuna geçtiği düşünülmektedir. Temmuz-2008 tarihinde 5 ve 6 nolu örneklerde, Kasım-2008 tarihinde 2 nolu örnekte Na miktarında artış görülmektedir, bunun nedeni ise Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı CO_3^{-2} ve HCO_3^{-} iyonlarının toplamından küçük olduğu zaman toprakta Na artışına neden olup yeraltı suyuna geçtiği söylenebilir.

Sularda bulunan K^{+} 'nin kökeni Elazığ Magmatik kayalarının bünyesinde bulunan mika, ortoklaz gibi minerallerin bozuşmasıyla yeraltı suyuna geçmiş olduğu düşünülmektedir. Temmuz-2008 tarihinde Kasım-2008 tarihine göre K (% mek/L) miktarında artış görülmektedir. Bunun nedeni ise yağışlı dönemde yeraltı suyundaki K^{+} 'nin seyrelmiş olması düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki sulara Cl⁻'nin kökenini Pliyosen göl çökellerinde bulunabilen tuzlu seviyelerin ve yağmur sularının oluşturduğu düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki sulara SO₄⁻²'ün kökenini Pliyosen göl çökelleri içerisinde bulunabilen jipsli (CaSO₄x2H₂O), anhidritli (CaSO₄) seviyelerden veya Elazığ Magmatik kayaçlarındaki pirit (FeS₂) mineralinin oksidasyonu ile oluşan FeSO₄'tan oluşabileceği düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki sulara HCO₃⁻'ün kökenini Kırkgeçit Formasyonu'na ait marnların CO₂'li sularla eritilmesi sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerine ait Schoeller diyagramları beraber değerlendirildiğinde suların kökenlerinin benzerlik gösterdiği söylenebilir. Diyagramları çizilen suların Temmuz-2008 tarihine ait toplam iyon miktarı, Kasım-2008 tarihindeki iyon miktarından daha az değerdedir. Yani suların en alçak olduğu dönemlerde, toplam mineralizasyon daha azdır.

Dairesel diyagramları çizilen sularının 1, 4, 7 ve 8 nolu, 2 ile 3 nolu ve 5 ile 6 nolu örneklerin kökenleri birbirlerine benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Piper Diyagramı'na göre Temmuz-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu su örnekleri 1., 4. ve 6. bölgede yer almakta, suların Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının toplamı Na⁺ ve K⁺ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO₃'lü ve SO₄'lü sulardır. Ayrıca suların SO₄⁻² ve Cl⁻ iyonlarının toplamı HCO₃⁻ ve CO₃⁻ iyonlarının toplamından fazladır, sertlikleri % 50'den büyük CaSO₄ ve MgSO₄'lı sulardır; 1, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu su örnekleri ise 1., 3. ve 5. bölgede yer almakta, suların Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının toplamı Na⁺ ve K⁺ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO₃⁻²'lü ve SO₄⁻²'lü sulardır. Ayrıca suların HCO₃⁻ ve CO₃⁻² iyonlarının toplamı SO₄⁻² ve Cl⁻ iyonlarının toplamından fazladır, bu sular CaCO₃'lü ve MgCO₃'lü sulardır.

Piper Diyagramı'na göre Kasım-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu su örnekleri 1., 4. ve 9. bölgede yer almakta, suların Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının toplamı Na⁺ ve K⁺ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO₃'lü ve SO₄'lü sulardır. Ayrıca suların SO₄⁻² ve Cl⁻ iyonlarının toplamı HCO₃⁻ ve CO₃⁻² iyonlarının toplamından fazla olup hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır. 1, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu su örnekleri ise 1., 3. ve 5. bölgede yer almakta, suların Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının toplamı Na⁺ ve K⁺ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, CO₃'lü ve SO₄'lü sulardır. Ayrıca suların HCO₃⁻ ve CO₃⁻² iyonlarının toplamı SO₄⁻² ve Cl⁻ iyonlarının toplamından fazladır, bu sular CaCO₃'lü ve MgCO₃'lü sulardır.

İnceleme alanındaki sulara en fazla bulunan tuzlar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, MgSO_4 tuzları, en az bulunan tuzlar ise Na_2SO_4 , KCl , CaSO_4 tuzlarıdır.

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı'na göre Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerinde 1, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu örnekler $\text{C}_2\text{-S}_1$ sınıfında olup orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygundur. 2 nolu örnek ise $\text{C}_3\text{-S}_1$ sınıfında olup Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılmaz (bazı bitkiler için kullanılabilir), sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygundur.

Wilcox Diyagramı'na göre Temmuz-2008 ve Kasım-2008 tarihlerinde 1, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu örnekler çok iyi-iyi sınıfında, 2 nolu örnek iyi-kullanılabilir sınıfında yer almaktadır.

Suların Temmuz-2008 tarihindeki analiz sonuçlarına göre çizilen suların içilebilme diyagramında 5, 6 ve 7 nolu örnekler 1. kalitede, 1, 3, 4 ve 8 nolu örnekler 2. kalitede, 2 nolu örnek ise 3. kalitede olup, devamlı içilebilen sular sınıfında yer almaktadırlar.

Suların Kasım-2008 tarihindeki analiz sonuçlarına göre çizilen suların içilebilme diyagramında 5 nolu örnek 1. kalitede, 1, 3, 4, 6, 7 ve 8 nolu örnekler 2. kalitede, 2 nolu örnek ise 3. kalitede olup devamlı içilebilen sular sınıfında yer almaktadır.

Temmuz-2008 tarihine ait 2 nolu su örneği orta sertlikte su, diğerleri ise sert su sınıfındadır. Kasım-2008 tarihine ait 2 nolu su örneği orta sertlikte su, 1, 5, 6 nolu su örnekleri sert su, 3, 4, 7 ve 8 nolu su örnekleri ise çok sert su sınıfında yer almaktadır. Kasım-2008 tarihindeki suların sertlikleri, Temmuz-2008 tarihindeki suların sertliklerinden fazla olup yağışlı dönemde suların sertliklerinde artış görülmektedir.

Aralık-2008 tarihine ait su örneklerinin bakteriyolojik analiz sonuçlarına göre 3, 4 ve 8 nolu örneklerde koliform bakteriye rastlanılmıştır. 3 ve 4 nolu örneklerde E.coli bakteriye de rastlanılmıştır. Nedeni evsel atıksu veya hayvansal gübre kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Temmuz-2008 döneminde 1, 7 ve 8 nolu su örnekleri asidik karakterli olup diğerleri ise bazik karakterlidir. Kasım-2008 döneminde tüm sular bazik karakterlidir.

AIH sınıflamasına göre incelenen su örneklerinin daha çok Ca-Mg- HCO_3 'lü su şeklinde görülmektedir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen Kıtaçi Kaynaklarının Sınıflarına göre kalite kriterleri tablosunda belirtilen değerlere göre Temmuz-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu örnekler YAS III yani düşük kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu suların

kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir. Diğer su örnekleri YAS II yani orta kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu durumda örnekleme yapılan sular bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmenliği'nde belirtilen Kıtaıi Kaynaklarının Sınıflarına göre kalite kriterleri tablosunda belirtilen değerlere göre Kasım-2008 tarihinde 2 ve 3 nolu örnekler YAS III yani düşük kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir. 7 nolu örnek YAS I yani yüksek kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Diğer su örnekleri ise YAS II yani orta kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. 7 nolu su örneği her türlü kullanım için uygundur. Diğerleri ise bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmenliği'nde belirtilen Kıtaıi Kaynaklarının Sınıflarına göre kalite kriterleri tablosunda belirtilen değerlere göre Aralık-2008 tarihinde yapılan bakteriyolojik analiz sonuçlarına göre 4 nolu su örneği YAS II yani orta kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir, bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir. Diğer su örnekleri YAS I yani yüksek kaliteli yeraltı suları sınıfına girmektedir. Bu sular her türlü kullanım için uygundur.

TS 266, WHO ve EPA standartlarına göre Temmuz-2008 tarihinde 1, 2 ve 5 nolu örnekler, Kasım-2008 ve Aralık-2008 tarihinde ise 2, 3, 4 ve 8 nolu su örnekleri içilemez su niteliği taşımaktadır.

Temmuz-2008 tarihinde 6 nolu örnekte NH_4^+ , 3 ve 6 nolu örneklerde NO_2^- , 1 ve 7 nolu örneklerde ise NO_3^- fazlalığı görölmektedir.

Kasım-2008 tarihinde 3 ve 5 nolu örnekte NH_4^+ , 3, 5 ve 8 nolu örneklerde ise NO_3^- fazlalığı görölmektedir.

Temmuz-2008 tarihinde 2, 4, 5, 6 ve 8 nolu su örneklerinde, Kasım-2008 tarihinde 1, 2, 3 ve 4 nolu su örneklerinde PO_4^- fazlalığı görölmektedir.

Aralık-2008 tarihinde 3, 4 ve 8 nolu örneklerde koliform bakteri fazlalığı görölmektedir.

Sulardaki NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^- ve koliform bakteri değerleri hep birlikte değerlendirildiğinde 3, 4 ve 8 nolu örneklerde bir kirlenmenin mevcut olduğu görölmektedir. Bu kirlenmenin nedenleri 4 ve 8 nolu su örnekleme noktalarına kanalizasyon şebekesine yakınlığından dolayı kanalizasyon suyunun sızması şeklinde olabileceği ve 3 nolu örnekleme noktası ise besi alanlarına yakınlığından dolayı hayvansal gübre kaynaklı veya kanalizasyon suyunun sızması şeklinde olabileceği düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, E., Türkmen, İ., Turan, M. ve Meriç, E.,** 1999. Harami Formasyonu'nun (Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen) Stratigrafik Konumu ve Çökelme Ortamıyla İlgili Yeni Bulgular, Elazığ Güneyi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, Cilt 11, Sayı 1, Sayfa 1-15.
- Atabey, E.,** 2005. Tıbbi Jeoloji Kitabı, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Baykendi, O.,** 1998. Tadım, Dedeyolu, Badempınarı (Elazığ) Köyleri Çevresinin Jeolojisi ve Magmatik Kayaçların Petrografik Özellikleri, Yüksek Lis. Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 71 s, Elazığ (yayımlanmamış).
- Canik, B.,** 2003. Hidrojeoloji, Yeraltı Sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası, 286 s., Ankara.
- Çetindağ, B.,** 1989. Elazığ-Ören Çayı Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi, Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 270 s, Elazığ (yayımlanmamış).
- Çetindağ, B.,** 1994. Elazığ ve Yakın Çevresinin Su Kaynakları Jeolojisi, Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları, Panel, F.Ü. Yayın No. 39, 17-28s, Elazığ.
- Çetindağ, B.,** 1996. Haringet Çayı Havzasının (Elazığ) Yeraltı Suyu Kimyası İncelemesi, F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, No: 8(2), 39-57s.
- Çetindağ, B.,** 2002. Dipsiz Göl (Elazığ) Kaynağı'nın Hidrojeoloji İncelemesi, Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, No: 14(1), 169-180s.
- Çetindağ, B., Okan, Ö.,** 2004. Hydrochemical characteristics and pollution potential of Uluova aquifers, Elazig, Turkey, Environmental Geology, 45, 6.
- Çetindağ, B. ve Ünsal, N.,** 2004. Hydrogeochemistry and Groundwater Quality Evaluation along the Groundwater Flow Path in Unconfined Aquifer in Hankendi Plain, Elazig, Turkey, Journal Geological Society of India, Vol.: 63, 191-203s.
- Çuhadar, G. ve Tamgaç, S.,** 1994. Hidrojeolojik Etüdlere Su Kimyası Verilerini Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri, DSİ, Ankara.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E.,** 1984. Yeraltı Suları Jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi, Ofset Atölyesi, İstanbul.
- Esen, N.,** 1997. Elazığ Yakın Çevresinde Kırkgeçit Formasyonu'nun Sedimentolojik Özellikleri, Yüksek Lis. Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 44 s, Elazığ (yayımlanmamış).
- Fetter, C. W.,** 2001. Uygulamalı Hidrojeoloji (Çevirenler M. Afşin ve K. Kayabalı), Gazi Kitabevi, Ankara.

- Freeze, R. A, ve Cherry, J. A,** 1979. Groundwater, Prentice-Hall (Tercümesi: Yeraltı Suyu, Kayabalı, K., 2003), Gazi Kitabevi, Ankara.
- Güzel, S.,** 1996. Elazığ K 42 1/100.000'lik Paftasının Derlenmesi, Yüksek Lisans Semineri, , F. Ü. Fen Bil. Enst., 61 s, Elazığ (yayımlanmamış).
- İnceöz, M.,** 1994. Harput (Elazığ) Yakın Kuzeyi ve Doğusunun Jeolojik Özellikleri, Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 112 s, Elazığ (yayımlanmamış).
- Özkul, M.,** 1988. Elazığ Batısında Kırkgeçit Formasyonu Üzerinde Sedimantolojik İncelemeler, Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 187 s, Elazığ (yayımlanmamış).
- Pichhardt, K.,** 1998. Gıda Mikrobiyolojisi, Çeviren:Karagözlü, N., 2004 Yayınevi: Literatür (3/2004) ISBN: 9799750401908 Büyük boy, 358 sayfa Dil: Türkçe
- Schoeller, H.,** 1962. Les Eaux Souterraines: Mason et Cie, Editurs, 120, Boulevard Saint-Germain-Paris (Yer altı Suları, Çeviren: Karacadağ, K., 1973, Dizerkonca Matbaası, İstanbul, 605s.).
- SKKY,** 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarihli ve 25687 sayılı resmi gazete.
- Thornthwaite, C.W.,** 1948. An approach a rational classification of climate, The Geographical rewiew, Vol. 38, New York.
- Tonbul, S., Günek, H., Üstündağ, Ö. ve Şengün, M. T.,** 2005. Uzaktan Algılama Destekli Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Fırat Üniversitesi Kampus Bilgi Sisteminin Oluşturulması, 794 nolu Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi.
- Turan, M.,** 1984. Baskil-Aydınlar (Elazığ) Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği, Doktora tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 180 s, Elazığ (yayımlanmamış).
- Ünlü, A.,** 1994. Yeraltı suyu Kirliliği ve Kontrolü. Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları, Panel, F.Ü. Yayın No. 39, 54-71s, Elazığ.
- URL-1, [www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/groundwater/library/ground_fact_sheets/pdfs/hardness\(020715\)_fin2.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/groundwater/library/ground_fact_sheets/pdfs/hardness(020715)_fin2.pdf), Hardness in groundwater, 19 Şubat 2010.
- URL-2, [www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/groundwater/library/ground_fact_sheets/pdfs/coliform\(020715\)_fin2.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/groundwater/library/ground_fact_sheets/pdfs/coliform(020715)_fin2.pdf), Total, Fecal & E. coli Bacteria in Groundwater, 19 Şubat 2010.
- URL-3, www.esli.com.tr/iss.html, İçme Suyu Standartları, 01 Aralık 2007.

SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ

Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması: Kıtaçi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflama aşağıda verilmiştir.

- Sınıf I : Yüksek kaliteli su,
- Sınıf II : Az kirlenmiş su,
- Sınıf III : Kirli su,
- Sınıf IV : Çok kirlenmiş su.

Ek 1.1'de sınıflandırma için geçerli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri Sınıf I, II, III ve IV için ayrı ayrı verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır.

Yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su kullanım alanları için uygun olduğu kabul edilir.

a) Sınıf I - Yüksek kaliteli su;

- 1) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini,
- 2) Rekreatyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil),
- 3) Alabalık üretimi,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı,
- 5) Diğer amaçlar.

b) Sınıf II - Az kirlenmiş su;

- 1) İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini,
- 2) Rekreatyonel amaçlar,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi,
- 4) Teknik Usuller Tebliği'nde verilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak,
- 5) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar.

c) Sınıf III - Kirlenmiş su; gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

d) Sınıf IV - Çok kirlenmiş su; Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına iyileştirilerek kullanılabilir yüzeyel sulardır.

Aynı yönetmeliğin 12. maddesi yeraltı sularını da kalite parametrelerine göre 3 sınıfa ayırmaktadır.

Yeraltı sularının kalitelerine göre tanımlanan sınıflar aşağıda verilmiştir.

Sınıf YAS I: Yüksek kaliteli yeraltı suları,

Sınıf YAS II: Orta kaliteli yeraltı suları,

Sınıf YAS III: Düşük kaliteli yeraltı suları.

a) Sınıf YAS I - Yüksek kaliteli yeraltı suları;

Sınıf YAS I sular içme suyunda ve gıda sanayinde kullanılabilen yeraltı sularıdır. Bu sınıfa giren yeraltı suları diğer her türlü kullanma amacına uygundur. Sınıf YAS I suları, gerektiğinde uygun bir dezenfeksiyon işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilirler. Sadece havalandırma ile gerekli oksijenin sağlanması şartıyla, Sınıf I yüzeyel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan yeraltı suları Sınıf YAS I sular olarak kabul edilir.

b) Sınıf YAS II - Orta kaliteli yeraltı suları;

Sınıf YAS II sular, bir arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilir sulardır. Bu sular tarımsal su ve hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir. Sınıf II yüzeyel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan sular, Sınıf YAS II sular olarak kabul edilir. Ancak demir, amonyum, mangan ve çözülmüş oksijen için konulmuş sınırların bu sınıfa giren sulara sağlanması gerekli değildir.

c) Sınıf YAS III - Düşük kaliteli yeraltı suları;

Sınıf YAS III sular (a) ve (b) bentlerindeki kalite parametreleri karşılamayan sulardır. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir (SKKY, 2004).

KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000

KITAIÇI SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
13) Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2/\text{L}$)	10	10	50	> 50
14) Sülfür ($\mu\text{g S}^-/\text{L}$)	2	2	10	> 10
15) Demir ($\mu\text{g Fe}/\text{L}$)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan ($\mu\text{g Mn}/\text{L}$)	100	500	3000	> 3000
17) Bor ($\mu\text{g B}/\text{L}$)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum ($\mu\text{g Se}/\text{L}$)	10	10	20	> 20
19) Baryum ($\mu\text{g Ba}/\text{L}$)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum ($\text{mg Al}/\text{L}$)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu $0.02 \text{ mg NH}_3^-/\text{L}$ değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri $300 \mu\text{g}/\text{L}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir (SKKY, 2004).

İÇME SUYU STANDARTLARI

TS 266, WHO ve EPA Standartları (URL-3, 2007)

	<u>TS 266</u>	<u>WHO</u>	<u>EPA</u>
BERRAKLIK (NTU)			
Bulanıklık	25	5	5
MİKROBİYOLOJİK PARAMETRELER			
Koliform Bakteri	<1	0	<1
ORGANİK KİMYASAL PARAMETRELER (mg/L)			
Toplam Trihalometanlar		400	100
İNORGANİK KİMYASAL MADDELER (mg/L)			
Alüminyum,Al	0,2	0,2	1
Arsenik, As	0,05	0,05	0,05
Baryum,Ba	0,3		1
Kadmiyum,Cd	0,01	0,01	0,01
Krom (Toplam)	0,05	0,05	0,05
Florür,F	1,5	1,5	0,7-2,4
Kurşun,Pb	0,05	0,05	0,05
Civa,Hg	0	0	0
Nitrat,NO ₃	50	50	45
Selenyum,Se	0,01		0,01
Gümüş,Ag	0,01		0,05
Antimon,Sb	0,01		0,01
Berilyum,Be			0
Asbest > 10 mikron			7 milyon lif/lt.
RADYOLOJİK PARAMETRELER			
Gross Alfa			15
Gross Beta			50
ESTETİK PARAMETRELER (mg/L)			
Klorür,Cl	600	250	250
Renk (Birim)	20	15	15
Bakır,Cu	3		1
Deterjanlar	0,2		0,5
Demir,Fe	0,2		0,3
Mangan,Mn	0,05	0,5	0,05
Koku Eşik Değeri (Birim)			3
pH	6,5-9,2	6,5-8,8	6,5-8,5
Sülfat,SO ₄	250	250	250
TDS	1500	1000	500
Çinko,Zn	5		5

	<u>TS 266</u>	<u>WHO</u>	<u>EPA</u>
İLAVE PARAMETRELER (mg/L)			
Kalsiyum,Ca	200		
Sertlik,CaCO ₃		500	
Magnezyum,Mg	50		
Potasyum,K	12		
Sodyum,Na	175	200	
Bakiye Klor	0,1-0,5	5	
Amonyum,NH ₄	0,05-0,5	1,5	

ÖZGEÇMİŞ

1984 Elazığ/Palu doğumluyum. İlk ve Ortaöğretimimi Elazığ'da tamamladım. 2002-2006 yılları arasında Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü ikincilikle tamamladım. 2007 Şubat ayında Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Dalı'nda yüksek lisansa başladım. Halen Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak devam etmekteyim. Yabancı dilim İngilizcedir.