

Diyarbakır Akiferlerinin Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Kirlenebilirliği

Hydrogeochemical Characteristics and Vulnerability to Contamination of the Diyarbakır Aquifers

Gültekin TARCAN
Şevki FİLİZ
Unsal GEMİCİ
Ubeyd SEZER

Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, 35100 İZMİR
Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, 35100 İZMİR
Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, 35100 İZMİR
Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, 35100 İZMİR

Öz

Bu çalışma Diyarbakır çevresinde yapılan hidrolojik ve hidrojeokimyasal araştırmaları kapsamaktadır. Alanda en alta bulunan Mardin formasyonu petrol ile birlikte çıkarılan üretim sularının haznesini oluşturmaktadır. Üzerine gelen Gercüş formasyonu akiklud; Midyat, Germik, Şelmo formasyonları ve bazalt birimi akifer özelliğindedir. Alanda yüzey ve yeraltı suları için bir çok kirlenici kaynak bulunmaktadır. Özellikle Mardin formasyonundan çıkarılan petrol artığı zararlı maddeler içeren üretim sularının alındıkları hazne yerine karstik kireçtaşlarından oluşan Midyat akiferine geri basılması Diyarbakır şehri içme suları için oldukça önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmada akiferlerin hidrojeokimyasal özellikleri ve kirlenebildikleri irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Diyarbakır, Hidrojeokimya, Hidrojeoloji, Kirlenebilirlik.

Abstract

This study contains the hydro geological and hydrogeochemical investigations carried out in Diyarbakır and surrounding area. Mardin formation, which is the oldest unit in the field, forms the reservoir of the oil and its production water. The overlying Gercüş formation is aquiclude, and Midyat, Germik, Şelmo formations and basalt unit are aquifers. There are a number of contaminant sources for both surface water and groundwater in the field. Particularly, reinjection of the production water, extracted from the Mardin formation, to the Midyat formation that consists of karstic limestone, instead of Mardin formation, (which is the reservoir of the production water) creates a high risk for the Diyarbakır City potable water. The hydrogeochemical properties and vulnerability to contamination of the aquifers in the study area are discussed.

Key Words: Diyarbakır, Hydrogeochemistry, Hydrogeology, Vulnerability to contamination.

GİRİŞ

Diyarbakır, içme ve kullanma suyunun tamamını yeraltı sularından sağlayan illerimizden biridir. Burada birden çok yeraltı suyu taşıyan jeolojik formasyon ve bu jeolojik formasyonlarda (akiferlerde) Diyarbakır'ın içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla açılmış olan çok sayıda derin sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların çoğundan ortak akifer suyu üretilmektedir. Ayrıca bu ilimizde şehrin hemen içinden geçen Dicle Nehri, şehrin çok yakınında bulunan Devegeçidi Baraj Gölü gibi yüzey

sularının bulunması ve bu göl ile yaklaşık aynı yerde bulunan petrol üretim sahası gibi kirlenici bir kaynağın varlığı nedeniyle çevre jeolojisine yönelik önemli hidrojeolojik problemler bulunmaktadır.

Hidrojeokimya yeraltı sularının kimyasal özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi, kökenlerinin araştırılması, yüzey ve yağış suları ile olası ilişkilerinin incelenmesi, yeraltı sularının kirlenmesi ve iyileştirilmesi gibi problemlerin çözülmesi, ve benzeri araştırmalarda kullanılan hidrojeolojik çalışmaların vazgeçilmez bir

parçasını oluşturur. Bu bağlamda Diyarbakır'ın yüzey ve yeraltı sularının oluşum özelliklerinin, kalitelerinin, birbirleri ile olan ilişkilerin araştırılması ile yüzey ve yeraltı sularının kirlenebilirliğinin incelenmesi gibi konular bu çalışmanın ana amaçlarını oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmada jeolojik yapı önceki çalışmalara dayandırılarak (DSİ; 1979, 1994 ve 1996) yerinde hidrojeolojik gözlem ve incelemeler yapılmış olup, farklı su noktalarının daha önceden yapılmış olan ve yeni yaptırılan kimyasal analizleri bir sentez halinde değerlendirilerek yorumlanmıştır. Analizlerin çoğu DSİ 10. Bölge Müdürlüğü tarafından kuyuların açılmasından sonra içme ve kullanma amaçlarının saptanmasına yönelik DSİ tarafından yaptırılmış analizlerdir. Ayrıca Diyarbakır Belediyesi tarafından İstanbul Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü'nde ve Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yaptırılan kimyasal ve bakteriyolojik analizler ile Dokuz Eylül Üniversitesi'nde yapılan kimyasal analizler hidrojeokimyasal yorumlamaların dayanaklarını oluşturmuştur. Analizlerin Dokuz Eylül Üniversitesi'nde, İstanbul Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü'nde ve Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yapılanları APHA-AWWA-WPCF (1975) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. DSİ kimyagerileriyle yapılan görüşmelerde de benzer standartların kullanıldığı öğrenilmiştir.

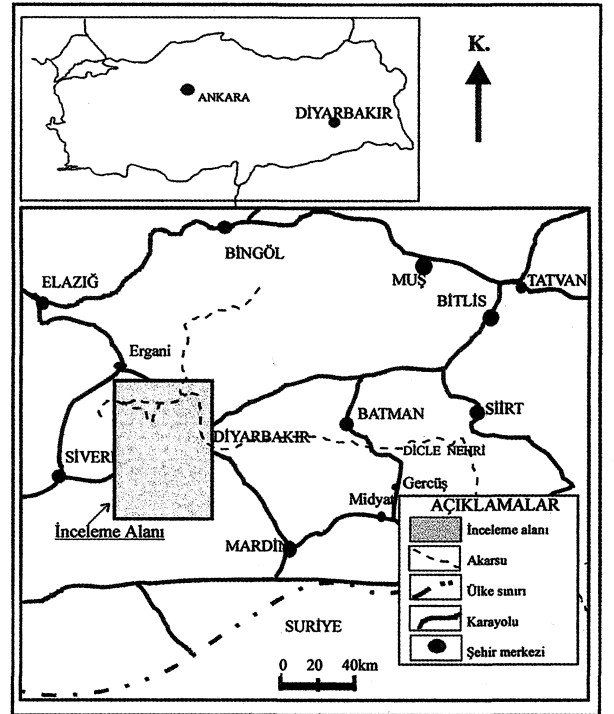
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan inceleme alanı Diyarbakır İl Merkezi'ni, Devegeçidi Baraj Gölü'nü ve bu sahada yer alan petrol üretim kuyularının bulunduğu alanları kapsamaktadır (Şekil 1).

Diyarbakır Meteoroloji İstasyonu'nun verilerine göre 1947-1994 yılları arasındaki 47 yıllık sıcaklık ortalaması 16 °C, ortalama yıllık toplam yağış ise 488 mm'dir. Devegeçidi Baraj Gözlem İstasyonu'ndaki 1988-1994 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış miktarı ise 509 mm'dir.

2. JEOLJİK YAPI

Bu çalışmada inceleme konusunu oluşturan jeolojik formasyonlar alttan üste doğru sırasıyla Kretase-Paleosen yaşlı Mardin formasyonu, Alt Eosen yaşlı Gercüş formasyonu, Orta Eosen yaşlı Midyat formasyonu, Alt Miyosen yaşlı Germik formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şelmo formasyonu, Pliyosen-Pleyistosen yaşlı bazalt birimi ve Holosen yaşlı alüvyon birimi olmak üzere 7 grupta ele alınmıştır (Şekil 2). Formasyon adlamaları ve yaşlan önceki çalışmalardan (DSİ, 1979) alınmıştır. En

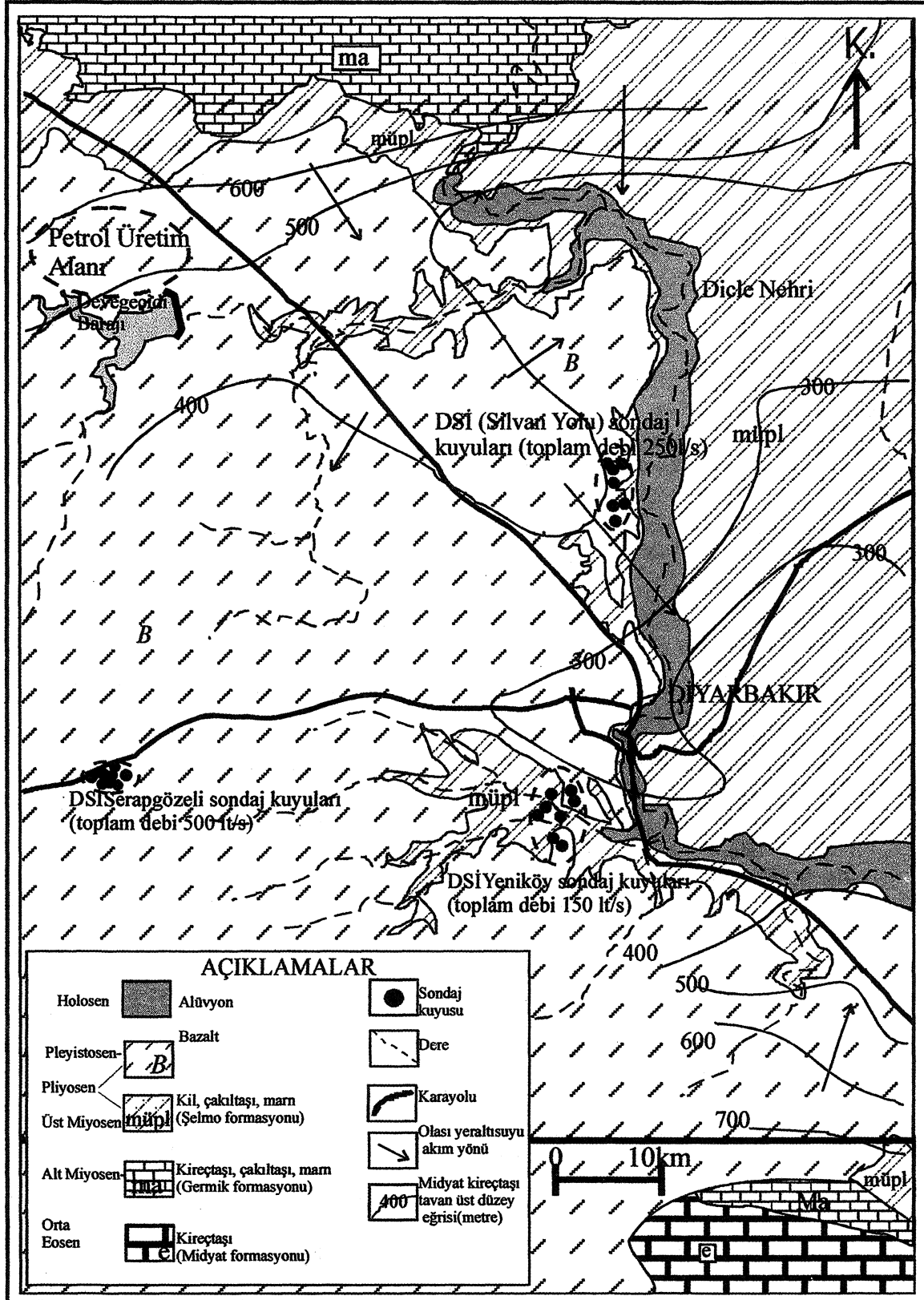
yaşlı birim olan Mardin formasyonu inceleme alanı sınırlarında (haritalanan sahada) yüzlek vermemektedir. Ancak inceleme alanı sınırları içinde yer alan derin petrol kuyularında bu formasyona erişilmektedir. Haritalanan saha dışında genellikle güneyde Mardin ve Mazıdağı çevresinde en iyi yüzlek veren Mardin formasyonu, çakıltası, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından yapıları olup, yörede çıkarılan petrolün hazne kayasını (rezervuarını) oluşturur. Yine haritalanan saha dışında yüzlek veren Gercüş formasyonu kumtaşı, çakıltası, marn, kireçtaşı ve şeyi aradalanmasından oluşur. Ayrıca yer yer jips bantları içerir. İnceleme alanının güneyinde yüzlek veren Midyat kireçtaşları genel olarak düşük eğimli ince ve düzgün katmanlanmalı olup, karstik boşlukludur. Midyat formasyonunu uyumsuzlukla üstleyen Germik formasyonu açık kırmızı renkli bir taban çakıltası ile başlar, üstlere doğru pembemsi beyaz, yumuşak killi kireçtaşları ile temsil edilir. Yatay ve düşey yönde çok değişik litolojilere sahip Şelmo formasyonu genellikle kiltası, siltli kumtaşı, çakıltası ve marn katmanlarının aradalanmasından oluşur.



Şekil 1: Yer buldum haritası

Figure 1: Location map

Pliyosen sonlarında başlayan ve Pleyistosen'de de süren volkanik etkinliklerin ürünü olan bazaltlar çok geniş bir alan kaplar ve genellikle Şelmo formasyonu



Şekil 2: İnceleme alanının hidrojeolojik haritası (DSİ, 1979'dan değiştirilerek).
Figure 2: Hydrogeological map of the study area (Modified from DSİ, 1979).

nun üzerine gelir. Yörenin en genç kaya birimini oluşturan alüvyon, akarsu yatakları içerisinde dar şeritler halinde görülür ve genellikle iri, değişik kökenli çakıl ve kum boyutunda malzemeler içerir.

3. HİDROJEOLOJİ

3.1. Kaya Birimlerinin Hidrojeolojik Özellikleri

Mardin formasyonu tüm Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde olduğu gibi inceleme alanında üretilen petrolün de hazne kayasını oluşturur. Ayrıca petrol ile birlikte üretilen ve üretim suyu olarak nitelenen, genellikle petrol katmanlarının altında bulunan ve insan sağlığına zararlı maddeleri içeren kalitesiz, tuzlu, fosil suları da içermektedir. Gercüş formasyonu içerdiği killi düzeyler nedeniyle geçirimsiz temel özelliğindedir. Karstik kireçtaşlarından oluşan Midyat formasyonu yeraltı suyunun beslenmesi ve depolanması açısından inceleme alanının en verimli formasyonudur. Karstik akifer niteliğindeki bu formasyondan son yıllarda açılan sondaj kuyularıyla bol miktarda su çekilmektedir. Midyat formasyonunu üstleyen Germik ve Şelmo formasyonları, içerdikleri killi düzeylerden dolayı Midyat akiferi için geçirimsiz bir örtü kaya özelliğinde olmakla birlikte kumlu, çakıllı ve yer yer marnlı ve kalınlık seviyelerinden yeraltı suyu üretilebilmektedir. Midyat akiferi Diyarbakır Merkezi'nde altta ve derinlerde yer aldığından, bu formasyona erişilinceye kadar yüzeyden itibaren bazen bazalt akiferi daha sonra da sırasıyla Şelmo ve Germik formasyonları geçilerek bu karstik akiferden yararlanılmaktadır. Bu nedenle açılan derin sondaj kuyularının çoğunda yukarıda değinilen Şelmo ve Germik formasyonlarının da su içeren düzeyleri filtre ile teçhiz edilmekte ve çoğu zaman Şelmo-Germik-Midyat akiferlerinden ve bazalt-Şelmo-Germik-Midyat akiferlerinden ortak akifer suları elde edilmektedir.

Genellikle Şelmo formasyonu üzerinde geniş yayılım sunan bazaltlar da eklemli ve kırıklı olmaları nedeniyle çok iyi bir akifer özelliğindedir. Diyarbakır şehir merkezinde ve petrol sahalarında 1-50 metre arasında değişen kalınlıkları Karacadağ'a doğru artar. Burada alman jeofizik resistivite ölçümlerine göre bazalt kalınlıkları 300 m olarak saptanmıştır (DSİ, 1979). Derinlere doğru gidildikçe değişen litolojik özellikleri, yer yer bazalt tuf ve cürufalarının ve çatlaklar boyunca gelişen ayrışma killerinin (dolayısıyla farklı düzeylerdeki yeraltı suyunu tutucu yapıların) varlığı nedeniyle sular, bu akiferde topografyanın uygun olduğu yerlerde kaynaklar halinde

yüzeyler. Serap Gözeli Köyü civarındaki kaynaklar buna örnektir. Bu kaynakların kaptajı yapılarak, ve sondajlarla geliştirilerek, Diyarbakır Şehrinin içme suyu ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Şehirdeki İçkale suyu ve Anzele suyu bazaltlardan çıkan sulardır. DSİ (1979) verilerine göre akiferlerin ayrı ayrı transmissivite değerleri; bazaltlar için $T=10-500 \text{ m}^3/\text{gn}/\text{m}$, Şelmo formasyonu için $T=5-100 \text{ m}^3/\text{gün}/\text{m}$, Midyat formasyonu için $T=10-500 \text{ m}^3/\text{gün}/\text{m}$ arasındadır. Bazaltlarda açılan kuyularda genellikle 2-7 l/s arasında değişen debilerde sulara rastlanmıştır. Özgül debileri ise kısmen 1 l/s/m'nin biraz üzerinde olup, çoğunlukla da 0.5 l/s/m'yi bile bulmaz. Şelmo formasyonunda açılmış bulunan kuyuların özgül debileri de çoğunlukla 0,1 l/s/m'yi geçmez. Midyat kireçtaşlarında açılan kuyuların özgül debileri ise çoğunlukla 1 l/s/m'nin üzerindedir.

DSİ tarafından açılmış bulunan ve çoğu Diyarbakır'ın içme suyu ihtiyacı için kullanılan sondajlardan Yeniköy kuyularında yüzeyden itibaren sırasıyla bazalt, Şelmo-Germik ve Midyat formasyonları kesilmiş, yaklaşık kuyu derinlikleri 500 m olup, ortak akifer suları elde edilmektedir. Yenişehir Dicle Vadisi kuyularında (48.000 ve 49.000 seri numaralı DSİ sondaj kuyularında) ise yüzeyden itibaren sırasıyla Şelmo-Germik ve Midyat formasyonları kesilmiştir. Yaklaşık kuyu derinlikleri 400-500 metre olup, ortak akifer suları üretilmektedir. Yalnız başına Şelmo formasyonunda açılmış bulunan 150-200 metre arasında değişen derinliklerdeki sondaj kuyularından düşük debili ($\approx 25 \text{ l/s}$) sular elde edilmektedir. Yörede petrol üretimi amacıyla açılmış bulunan sondaj kuyularında da yüzeyden itibaren 100-500 metre derinliklerde Midyat Akiferi'ne rastlanmıştır. Bazalt ve Şelmo formasyonu da ortak akifer suyu üretilen diğer bir içme suyu kaynağını oluşturup, genellikle sığ sondajlardan 2-8 l/s debili sular elde edilmektedir.

3.2. Hidrojeokimyasal Özellikler

İnceleme alanındaki akiferlerin hidrojeokimyasal özellikleri yeraltı suyunun üretildikleri formasyonlar (sondajların açılış durumları ve filtreleniş şekillerine göre) dikkate alınarak, 5 grup halinde değerlendirilmiştir: 1-Mardin formasyonundan petrol ile birlikte çıkan üretim suyu (kalitesiz, tuzlu ve fosil sular), 2- Bazalt ve Şelmo formasyonundan üretilen ortak akifer suları (içme-kullanma suyu), 4- Bazalt-Şelmo-Germik-Midyat formasyonlarından üretilen ortak akifer suları (içme-

DIYARBAKIR AKİFERLERİNİN HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE KİRLENEBİLİRLİĞİ

kullanma suyu), 5- Şelmo akiferi suları. Bu hidrojeokimyasal değerlendirmelerde yukarıda değinilen gruplardan her biri için (en yeni olan) en az birer tane örnek seçilmiş, her bir temsili grubun kimyasal analizleri (suda çözülmüş başlıca iyonlardan her birinin litrede miligram (mg/l) olarak analiz edilen derişimleri) kuşanılarak, litrede mili eşdeğer ağırlık (miliekivalan/l=meq/l), molarite (moll/l), anyon ve katyonların yüzdeleri (%meq/l ve %mg/l), iyon etkinlik katsayıları (F), iyon etkinlikleri (AC) hesaplanmıştır. Sulardaki iyonlaşma gücü, bazı iyon oranları (meq/l olarak), doygunluk indeksleri ve bu gibi aşağıda özetlenen bazı hidrojeokimyasal hesaplamalar Excel 7.0 bilgisayar paket programına uyarlanmış, iyonların yalnızca mg/l değerleri yerine konularak, çizelgeler elde edilmiştir (Çizelge 1-5).

Bu çizelgelerdeki hidrojeokimyasal hesaplamalar karşılaştırılabilir kolaylığı açısından 25°C ve 1 atm. basınç koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çizelgelerin oluşturulmasında kullanılan bazı bağıntılar ve termodinamik denge sabitleri Ford ve Williams (1989) ve Fetter (1994)'den alınmıştır. İyonlaşma Gücü (I): $0.5 ZQ ZI^2$ (C=molarite, Zi=iyon değeri) bağıntısıyla tanımlanır. İyon etkinlik katsayılarının (F'nin) hesabı için iyonlaşma gücü (molarite olarak) 0.1'den düşük olan içme suyu akiferi sularında Deby-Hückel ($\log F = -A ZI^{0.5}$) bağıntısı kullanılmıştır. A ve B sabitleri sıcaklık ve basınca bağlı parametreler olup, 25°C ve 1 atm. basınç koşullarında sırasıyla 0.51 ve 0.33 değerlerine sahiptir. Hidratlaşma yarıçapı olan r_0 ise K^+ ve Cl^- için 3, Na^+ , HCO_3^- ve SO_4^{2-} için 4, CO_3^{2-} için 4.5, Ca^{++} için 6 ve Mg^{++} için ise 8 olarak alınmıştır. Mardin formasyonundan gelen suların iyon etkinlik katsayısının hesabında ise iyonlaşma gücü 0.1 ile 0.5 arasında olduğu için Davies bağıntısı ($\log F = -A Z^2 (0.5/I + I - 0.2I)$) kullanılmıştır. Karşılaştırmak amacıyla yapılan deniz sularının hidrojeokimyasal hesaplamaları (iyonlaşma gücü 0.5'den yukarı olduğundan) Pitzer denklemleri kullanılarak, bilgisayar programı (Çamur, 1996) ile yapılmış ve diğer çizelgelere uyarlanmıştır.

Suların üretim ve iletimi aşamasında olabilecek olası çökeltilerin önceden tahmin edilmesi üretim ve malzeme kaybı olmadan önce alınabilecek önlemler açısından çok önemlidir. Bu nedenle suların kabuklaşma ve korozyon özelliklerinin tahmini için en çok rastlanılan çökeltilerinin doygunluk hesapları yapılmıştır. Pozitif doygunluk indeksleri çökeltilici, negatif doygunluk indeksleri ise çözüldürücü özelliğe karşılık gelir. CO_2 kısmi basın-

cının da atmosfer kısmi basıncından ($10^{-3.5}$ atm.) daha yüksek olması durumunda su çökeltilici ve gaz çıkartıcı özelliğe sahip olarak yorumlanabilir.

$$SI_c = \log [(aCa^{++}) (aHCO_3^-) K_2 / K_c \cdot 10^{pH}] \text{ (Kalsit doygunluk indeksi)}$$

$$SI_D = \log [(aCa^{++}) (aMg^{++}) (aHCO_3^-)^2 (K_2)^2 / K_D \cdot 10^{2pH}] \text{ (Dolomit doygunluk indeksi)}$$

$$SI_j = \log [(aCa^{++}) (aSO_4^{2-}) / (K_i) (K_{CO_2}) (CO_2 \text{ kısmi basıncı, atm. olarak})]$$

bağıntılarda a iyon etkinliğini (AC), K ise termodinamik denge sabitini yansıtır. Bu çalışmada kullanılan bazı bağıntılar ve termodinamik denge sabitleri aşağıda kısaca belirtilmiştir (Ford ve Williams, 1989).

$$(aH^+) (aHCO_3^-) / (aH_2CO_3) = K_1 = 10^{-6.4} \text{ (Karbonik asit için)}$$

$$(aH^+) (aCO_3^{2-}) / (aHCO_3^-) = K_2 = 10^{-8.3} \text{ (Bikarbonat için)}$$

$$(aCa^{++}) (aCO_3^{2-}) / (aCaCO_3) = K_c = 10^{-8.4} \text{ (Kalsit için.)}$$

$$(aCa^{++}) (aMg^{++}) / (aCO_3^{2-})^2 / [aCaMg (CO_3)_2] = K_D = 10^{-17} \text{ (Dolomit için)}$$

$$(aCa^{++}) (aSO_4^{2-}) / aCaSO_4 = K_j = 10^{-4.6} \text{ (Jips için)}$$

$$(aH_2CO_3) / P_{CO_2} = K_{CO_2} = 10^{-1.46} \text{ (Karbon dioksit için)}$$

cının da atmosfer kısmi basıncından ($10^{-3.5}$ atm.) daha yüksek olması durumunda su çökeltilici ve gaz çıkartıcı özelliğe sahip olarak yorumlanabilir.

$$SI_c = \log [(aCa^{++}) (aHCO_3^-) K_2 / K_c \cdot 10^{pH}] \text{ (Kalsit doygunluk indeksi)}$$

$$SI_D = \log [(aCa^{++}) (aMg^{++}) (aHCO_3^-)^2 (K_2)^2 / K_D \cdot 10^{2pH}] \text{ (Dolomit doygunluk indeksi)}$$

$$SI_j = \log [(aCa^{++}) (aSO_4^{2-}) / (K_i) (K_{CO_2}) (CO_2 \text{ kısmi basıncı, atm. olarak})]$$

bağıntılarda a iyon etkinliğini (AC), K ise termodinamik denge sabitini yansıtır. Bu çalışmada kullanılan bazı bağıntılar ve termodinamik denge sabitleri aşağıda kısaca belirtilmiştir (Ford ve Williams, 1989).

$$(aH^+) (aHCO_3^-) / (aH_2CO_3) = K_1 = 10^{-6.4} \text{ (Karbonik asit için)}$$

$$(aH^+) (aCO_3^{2-}) / (aHCO_3^-) = K_2 = 10^{-8.3} \text{ (Bikarbonat için)}$$

$$(aCa^{++}) (aCO_3^{2-}) / (aCaCO_3) = K_c = 10^{-8.4} \text{ (Kalsit için.)}$$

$$(aCa^{++}) (aMg^{++}) / (aCO_3^{2-})^2 / [aCaMg (CO_3)_2] = K_D = 10^{-17} \text{ (Dolomit için)}$$

$$(aCa^{++}) (aSO_4^{2-}) / aCaSO_4 = K_j = 10^{-4.6} \text{ (Jips için)}$$

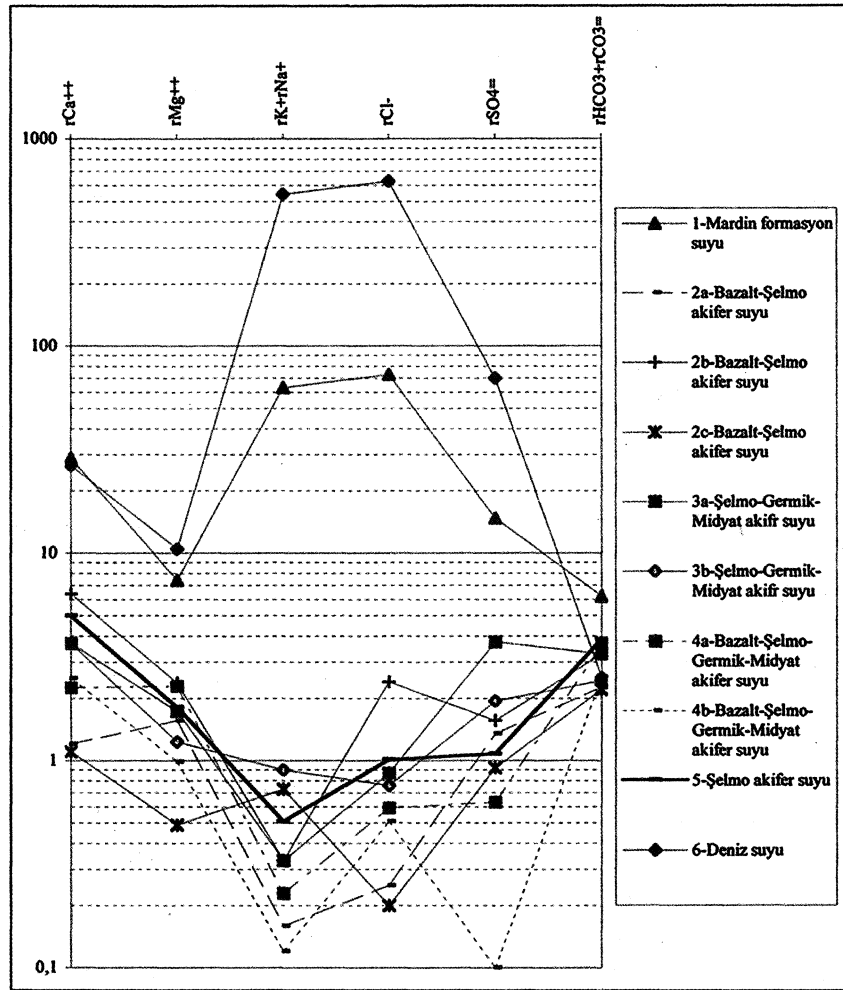
$$(aH_2CO_3) / P_{CO_2} = K_{CO_2} = 10^{-1.46} \text{ (Karbon dioksit için)}$$

Suların sanayide kullanımları sırasında buhar kazanlarında olabilecek kayıp ve hasarların tahmini için köpürme katsayıları hesap edilerek, köpürme özelliklerine göre sınıflaması yapılabilir. Suların kaynarken köpürme katsayısı ($F_o = 62 r Na^+ + 78 r K^+$ ($r = meq / l$) bağıntısıyla bulunur (Şahinci, 1991). $F_o < 60$ ise kaynarken köpürmeyen su, $60 < F_o < 200$ ise kaynarken köpüren su ve $F_o > 200$ kaynarken çok köpüren su özelliğini yansıtır. Suların kimyasal analizlerinde yapılabilecek hatalar anyon katyon dengesinden $e = (ZK_{Katyon} - S_{Anyon} / Z_{iyon}) \times 100$ (mep/l) bağıntısıyla hesaplanabilir. Hata yüzdesinin genellikle %5'den düşük olması istenir. Analizlerin yapımı sırasında ortaya çıkan yöntemsel yanlışlıklardan kaynaklanmayan %5'den fazla hata yüzdesi olması durumunda analizi yapılmamış olan iyon türlerinden herhangi birilerinin suda yüksek derişimlerde olduğu yorumu yapılabilir (Ford ve Williams, 1989).

fasiyes tipleri çizelgelerde belirtilen diğer hidrojeokimyasal değerlendirmeler arasındadır.

Yöredeki elliye yakın değişik sondaj kuyusundan (1984-1996 yılları arasında yapılmış) edinilen kimyasal analizler ile de hidrojeokimyasal değerlendirmeler yapılmış ve gruplandırmada dikkate alınarak, her bir grubun en az bir tane olmak üzere en yeni kimyasal analizlerinin hidrojeokimyasai özellikleri çizelgelerde yansıtılmıştır. Çizelge 1-5 incelenecek olursa, Mardin formasyonundan gelen petrol üretim sulan dışındaki tüm grup akifer suları gerek içme ve evsel kullanım amaçlı, gerekse sulama amaçlı olsun rahatlıkla kullanılabilir kaliteli sulardır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği'nin sınıflamasına göre Mardin formasyonundan gelen petrol üretim suları sodyumlu-kalsiyumlu-klorürlü su tipini, bazalt ve Şelmo ortak akiferi kalsiyumlu-magnezyumlu-bikarbonatlı ve

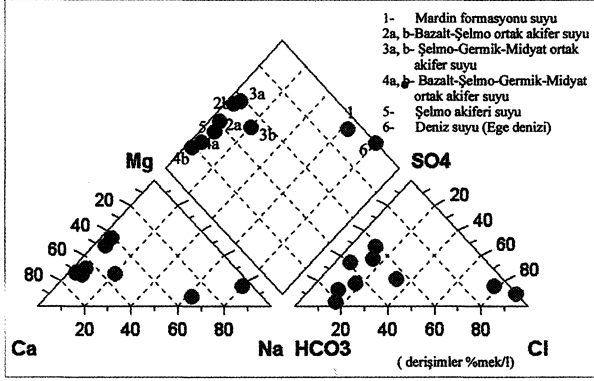
sülfatlı su tipini, bazaît+Şelmo+Germik+Midyat ortak akiferi ve Şelmo akiferi ise kalsiyumlu - magnezyumlu ve bikarbonatlı su tiplerini, Şelmo+Germik+Midyat ortak akiferi de kalsiyumlu-magnezyumlu-bikarbonatlı ve sülfatlı su tipini yansıtmaktadır. Sertlikleri az sert ile sert arasında değişen, toplam tuzluluk değerleri düşük olan (genellikle 250-800 $\mu\text{mho/cm}$) bu içilebilir nitelikteki akifer sularının pH değerleri de çoğunlukla 7.4 ile 8.3 arasında değişmektedir. Doğunluk indeksleri her akifer için kuyudan kuyuya farklı değerler almakla birlikte kalsit ve dolomit doğunlukları tüm akiferlerde çoğunlukla pozitif, jips ise negatif değerdedir (Çizelge 1-5). Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramında benzer formasyonlardan gelen, aynı hazneye ve beslenme alanına sahip sular benzer dağılım gösterirler. Farklı formasyonlardan gelen ya da birbiriyle ilişkisiz olan sular da birbirinden farklı pik verirler (Şekil 3).



Şekil 3: İnceleme alanındaki farklı su gruplarının Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı'ndaki görünümü ($r = \text{emq/l}$)
Figure 3: Schoeller Semi-Logarithmic diagram of the different water groups from the study area

DIYARBAKIR AKİFERLERİNİN HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE KİRLENEBİLİRLİĞİ

İnceleme alanındaki sular zaman içinde iyon çözünürlüğünün artması yönünde kalsiyum bikarbonatlı su tipinden sodyumlu, kalsiyumlu ve klorürlü su tipine doğru gelişen bir hidrojeokimyasal evrimi yansıtır (Şekil 4).



Şekil 4: İnceleme Alanındaki suların Piper Üçgen Diyagramı'ndaki Görünümü (%meq/l).

Figure 4: Distributions of the water groups in the Piper tri-linear diagram (%meq/l).

Petrol Sahasındaki üretim fazlası suyun (rafine edildikten sonra) yeraltına enjeksiyon yapıldığı haliyle örneklenen Mardin formasyonu üretim suyu gerek Piper üçgen diyagramında gerekse Schoeller yarı logaritmik diyagramında da görüleceği gibi denizel kökenli ya da deniz ile ilişkili su tipine benzer bir su tipini yansıtmaktadır. Oluşumları itibariyle jeolojik zamanlarda deniz ile ilişkili oldukları da düşünülebilir. Fakat zamanla gelişmiş

olan iyon değişimi, çökelme, çözünme, buharlaşma, indirgenme, yükseltgenme ve benzeri birçok biyokimyasal süreç sonucunda güncel deniz suyundan ve güncel yeraltı sularından farklı bir kimyasal yapı kazanmışlardır. Şekil 3 ve 4'deki diyagramlardan da görülebileceği gibi bazı iyon yüzdeleri ve hidrojeokimyasal fasiyes tipi olarak deniz sularına benzer dağılım gösteren petrol artığı Mardin formasyonu suları deniz suları ile karşılaştırılacak olursa; ilk vurgulanabilecek nokta güncel deniz suyuna göre özellikle tuzluluğun (toplam mineralizasyonun) ve pH'nın düşüklüğü ve kalsiyum iyon yüzdesindeki artıştır (Tarcan, 1989; Çizelge 6).

Kalsiyum yüzdesindeki bu artış yukarıda değinildiği gibi çeşitli etkenlere bağlı olmakla birlikte özellikle iyon değişimi ve soğrulma tepkimelerinin baskın olduğunu göstermektedir. Genel kullanım açısından ele alınacak olursa Mardin formasyonunun bu üretim suyu, gerek yüksek tuzluluğu, gerek yüksek sertliği ve diğer kimyasal özellikleri nedeniyle içilmesi ve kullanılması sakıncalı sulardır. Buradaki değerlendirmede yalnızca major element kimyası ele alınmıştır. Petrol ile birlikte üretilen bu sularda insan sağlığına zararlı, zehirleyici kimyasal maddelerin bulunma olasılığı da yüksektir.

Sulin (1946) petrol araştırmalarında suların analizlerinden yararlanarak, petrol veya doğal gazın bulunabilmesi için suda bulunması gerekli özellikleri 3 grup altında toplamıştır (Şahinci, 1991).

Çizelge 1: Mardin formasyonu petrol üretim sularının (Midyat formasyonuna geri basılan) hidrojeokimyasal özellikleri.

Table 1: Hydrogeochemical characteristics of the oil producing water from Mardin formation injected to Midyat formation.

Örnek Adı : Mardin Formasyonu (Midyat akiferine geri basılan su)				pH		6,76	
Örneklenme Tarihi : 5.5.1996				Lab. No.	DEÜ 1	EC(µmh/cm)	11080
İyon	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F
Na ⁺	1375	59,81	60,96	64,7	0,05981	0,0299	0,76
K ⁺	86	2,21	2,25	4,0	0,00221	0,0011	0,76
Ca ⁺	575	28,69	29,25	27,0	0,01435	0,0287	0,33
Mg ⁺⁺	90	7,40	7,54	4,2	0,00370	0,0074	0,33
Cl ⁻	2575	72,58	77,60	70,3	0,07258	0,0363	0,76
HCO ₃ ⁻	378	6,20	6,63	10,3	0,00620	0,0031	0,76
SO ₄ ⁼	708	14,75	15,77	19,3	0,00738	0,0148	0,33
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				98,108	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		2126,0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				93,525	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		3661,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				191,633	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		5787,0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,121	%e (Hata Yüzdesi)		2,39
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				14,079	Sertlik (Fr)		180,47
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				3,465	rCa/rMg Oranı		3,88
Slc 8Kalsit Doygunluk İndeksi				0,274	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)		-0,32
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0,020	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-1,27
Fo (Köpürme Katsayısı)				3880,1	SiO ₂ (mg/l)		
Hidrojeokimyasal fasiyes tipi :				Na-Ca-Cl	B ⁺⁺⁺ (mg/l)		

Çizelge 2: Bazalt ve Şelmo formasyonlarından üretilen (ortak akifer) suların hidrojeokimyasal özellikleri.
Table 2: Hydrogeochemical characteristics of the Bazalt and Şelmo aquifer water.

Örnek Adı : Bazalt-Şelmo Ortak Akiferi (Kuyu no: 47322) 2-a							pH	8,2
Örnekleme Tarihi : 28.01.1998			Lab.:	DSİ	EC(µmh/cm)		270	
İYON	mg/l	meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	3	0,13	4,47	6,4	0,00013	0,0001	0,92	0,0001
K ⁺	1	0,3	0,88	2,1	0,00003	0,0000	0,92	0,0000
Ca ⁺	24	1,20	74,07	51,1	0,00060	0,0012	0,74	0,0004
Mg ⁺⁺	19	1,56	53,58	40,4	0,00078	0,00016	0,75	0,0006
Cl ⁻	9	0,25	6,55	4,2	0,00025	0,0001	0,92	0,0021
HCO ₃ ⁻	138	2,26	58,46	65,1	0,00226	0,0011	0,92	0,0021
SO ₄ ⁻	65	1,35	34,99	30,7	0,00068	0,0014	0,73	0,005
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				2,916	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		47,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				3,870	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		212,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				6,786	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		259,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,005	%’e (Hata Yüzdesi)		-14,06	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,111	Sertlik (Fr)		13,80	
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				0,070	rCa/rMg Oranı		0,77	
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0327	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)		-2,05	
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,794	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-3,06	
Fo (Köpürme Katsayısı)				10,1	SiO ₂ (mg/l)			
Hidrokimyasal fasiyes tipi :				Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄	B ⁺⁺⁺ (mg/l)			
Örnek Adı : Bazalt-Şelmo Ortak Akiferi (Kuyu no: 47322) 2-b							pH	8,2
Örnekleme Tarihi : 24.02.1994			Lab.:	DSİ	EC(µmh/cm)		640	
İYON	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	7	0,30	3,35	4,2	0,00030	0,0002	0,89	0,0003
K ⁺	1	0,03	0,28	0,6	0,00003	0,0000	0,89	0,0000
Ca ⁺	128	6,39	70,17	77,6	0,00319	0,0064	0,64	0,64
Mg ⁺⁺	29	2,38	26,20	17,6	0,00119	0,0024	0,66	0,0008
Cl ⁻	85	2,40	33,10	23,6	0,00240	0,0012	0,89	0,0021
HCO ₃ ⁻	200	3,28	45,30	55,6	0,00328	0,0016	0,89	0,0029
SO ₄ ⁻	75	1,56	21,59	20,8	0,00078	0,0016	0,63	0,0005
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				9,102	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		165,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7,237	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		360,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				16,339	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		525,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,013	%’e (Hata Yüzdesi)		11,42	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,145	Sertlik (Fr)		43,86	
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				0,495	rCa/rMg Oranı		2,68	
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				1,138	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)		-1,39	
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				1,878	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-2,92	
Fo (Köpürme Katsayısı)				20,9	SiO ₂ (mg/l)			
Hidrokimyasal fasiyes tipi :				Ca-Mg-HCO-Cl-SO ₄	B ⁺⁺⁺ (mg/l)			
Örnek Adı : Balazlt-Şelmo Ortak Akiferi (Kuyu no: 47322) 2-c							pH	8,23
Örnekleme Tarihi : 05.05.1996			Lab.:	DEÜ	EC(µmh/cm)		342	
İYON	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	15	0,65	28,12	32,6	0,00065	0,0003	0,93	0,0006
K ⁺	3	0,08	3,31	6,5	0,00008	0,0000	0,93	0,0001
Ca ⁺	22	1,10	47,31	47,8	0,00055	0,0011	0,77	0,0004
Mg ⁺⁺	6	0,49	21,26	13,0	0,00025	0,005	0,77	0,0002
Cl ⁻	7	0,20	5,96	3,8	0,00020	0,0001	0,93	0,0002
HCO ₃ ⁻	134	20,20	66,35	72,4	0,00220	0,0011	0,93	0,0021
SO ₄ ⁻	44	0,92	27,69	23,8	0,00046	0,0009	0,76	0,0003
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				2,321	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)		46,0	
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				3,311	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)		185,0	
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				5,631	Toplam İyon Miktarı (mg/l)		231,0	
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,004	%’e (Hata Yüzdesi)		-17,58	
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,731	Sertlik (Fr)		7,96	
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				0,063	rCa/rMg Oranı		2,22	
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,326	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)		-2,22	
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,330	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı		-3,10	
Fo (Köpürme Katsayısı)				46,5	SiO ₂ (mg/l)			
Hidrokimyasal fasiyes tipi :				Ca-Na-Mg-HCO-SO ₄	B ⁺⁺⁺ (mg/l)			

DİYARBAKIR AKİFERLERİNİN HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE KİRLENEBİLİRLİĞİ

Çizelge 3:Şelmo-Germik-Midyat formasyonlarından üretilen ortak akifer sularının hidrojeokimyasal özellikleri
Table 3: Hydro geochemical characteristics of the Şelmo-Germik-Midyat aquifer water.

Örnek Adı : Şelmo-Germik-Midyat Ortak Akiferi (Kuyu no: 50186) 3a							pH	7,5
Örneklenme Tarihi : 28.01.1994				Lab.:	DSİ	EC(µmh/cm)		560
İYON	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	7,4	0,32	5,60	7,2	0,00032	0,0002	0,90	0,0003
K ⁺	0,2	0,01	0,09	0,2	0,00001	0,0000	0,89	0,0000
Ca ⁺	74	3,69	64,26	72,1	0,00185	0,0037	0,66	0,0012
Mg ⁺⁺	21	1,73	30,05	20,5	0,00086	0,0017	0,68	0,0006
Cl ⁻	31	0,87	11,06	7,5	0,00087	0,0004	0,89	0,0008
HCO ₃ ⁻	200	3,28	41,49	48,7	0,00328	0,0016	0,90	0,0029
SO ₄ ⁼	180	3,75	47,45	43,8	0,00188	0,0038	0,65	0,0012
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				5,747	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			102,6
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				7,902	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			411,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				13,649	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			513,6
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,011	%’e (Hata Yüzdesi)			-15,79
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,196	Sertlik (Fr)			27,10
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				0,124	rCa/rMg Oranı			2,14
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,215	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-1,22
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,130	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-2,21
Fo (Köpürme Katsayısı)				20,4	SiO ₂ (mg/l)			
Hidrokimyasal fasiyes tipi :				Ca-Mg-Na-HCO-SO4	B ⁺⁺⁺ (mg/l)			

Örnek Adı : Şelmo-Germik-Midyat Ortak Akiferi (Kuyu no: 36444) 3b							pH	7,5
Örneklenme Tarihi : 21.02.1994				Lab.:	DSİ	EC(µmh/cm)		457
İYON	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	22	0,96	16,20	19,6	0,00096	0,0005	0,91	0,0009
K ⁺	1	0,03	0,43	0,9	0,00003	0,0000	0,90	0,0000
Ca ⁺	74	3,69	62,49	66,1	0,00185	0,0037	0,69	0,0013
Mg ⁺⁺	15	1,23	20,88	13,4	0,00062	0,0012	0,70	0,0004
Cl ⁻	27	0,76	14,85	10,1	0,00076	0,0004	0,90	0,0007
HCO ₃ ⁻	148	2,43	47,34	55,2	0,00243	0,0012	0,91	0,0022
SO ₄ ⁼	93	1,94	37,81	34,7	0,00097	0,0019	0,67	0,0007
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				5,909	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			112,0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				5,125	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			268,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				11,033	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			380,0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,009	%’e (Hata Yüzdesi)			7,11
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,610	Sertlik (Fr)			24,63
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				0,174	rCa/rMg Oranı			2,99
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,706	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-1,47
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,964	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-2,94
Fo (Köpürme Katsayısı)				61,3	SiO ₂ (mg/l)			
Hidrokimyasal fasiyes tipi :				Ca-Mg-Na-HCO-SO4	B ⁺⁺⁺ (mg/l)			

Çizelge 4: Bazalt-Şelmo-Germik-Midyat formasyonlarından üretilen ortak akifer sularının hidrojeokimyasal özellikleri.

Table 4: Hydrogeochemical characteristics of the Bazalt-Şelmo-Germik-Midyat aquifer water.

Örnek Adı : Bazalt-Şelmo-Germik-Midyat Ortak Akiferi (Kuyu no: 49448) 4a							pH	7,5
Örnekleme Tarihi :21.02.1994					Lab.:	DSİ	EC(µmh/cm)	400
İYON	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	5,3	0,23	4,82	6,8	0,00023	0,0001	0,91	0,0002
K ⁺	0,1	0,00	0,05	0,1	0,00000	0,0000	0,91	0,0000
Ca ⁺⁺	45	2,25	46,96	57,4	0,00112	0,0022	0,71	0,0008
Mg ⁺⁺	28	2,30	48,16	35,7	0,00115	0,0023	0,72	0,0008
Cl ⁻	21	0,59	12,27	7,7	0,00059	0,0003	0,91	0,0005
HCO ₃ ⁻	220	3,61	74,77	81,2	0,00361	0,0018	0,91	0,0033
SO ₄ ⁼	30	0,63	12,96	11,1	0,00031	0,0006	0,70	0,0002
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				4,781	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			78,4
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				4,823	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			271,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				9,605	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			349,4
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,007	%’e (Hata Yüzdesi)			-0,44
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,153	Sertlik (Fr)			22,74
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				0,140	rCa/rMg Oranı			0,98
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,079	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-2,15
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				0,196	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-2,16
Fo (Köpürme Katsayısı)				14,5	SiO ₂ (mg/l)			
Hidrokimyasal fasiyes tipi :				Mg-Ca-HCO ₃	B ⁺⁺⁺ (mg/l)			

Çizelge 5: Şelmo akiferi sularının hidrojeokimyasal özellikleri

Table 5: Hydrogeochemical characteristics of the Şelmo aquifer water.

Örnek Adı : Bazalt-Şelmo-Germik-Midyat Ortak Akiferi (Kuyu no: 50857) 4b							pH	7,9
Örnekleme Tarihi :21.02.1994					Lab.:	DSİ	EC(µmh/cm)	800
İYON	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	11,0	0,48	6,55	8,2	0,00048	0,0002	0,90	0,0004
K ⁺	1,0	0,03	0,21	0,5	0,00001	0,0000	0,92	0,0000
Ca ⁺	50	2,50	69,34	77,2	0,00125	0,0025	0,74	0,0009
Mg ⁺⁺	12	0,99	27,43	18,5	0,00049	0,0010	0,75	0,0004
Cl ⁻	18	0,51	16,19	1,1	0,00051	0,003	0,92	0,0005
HCO ₃ ⁻	155	2,54	80,60	87,1	0,00254	0,0013	0,93	0,0024
SO ₄ ⁼	5	0,10	3,30	2,8	0,00005	0,0001	0,74	0,0000
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				3,598	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			64,8
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				3,152	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			178,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				6,751	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			242,8
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,005	%’e (Hata Yüzdesi)			6,60
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				0,082	Sertlik (Fr)			17,41
rCl / (rSO ₄ + rHCO ₃) Oranı				0,192	rCa/rMg Oranı			2,53
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				-0,100	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-2,84
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				-0,578	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-2,21
Fo (Köpürme Katsayısı)				7,3	Fe 8mg/l)			0,20
Hidrokimyasal fasiyes tipi :				Ca-Mg-HCO ₃	B ⁺⁺⁺ (mg/l)			0,70

DIYARBAKIR AKİFERLERİNİN HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE KİRLENEBİLİRLİĞİ

Buna göre birinci gruptaki sular naftanik asitlerin ve iyotun varlığına dayanır. İkinci gruptaki sular ise indirgenmiş sülfatlı sulardır. Klorür-kalsiyum ve bikarbonat-sodyum tipinde yüksek miktarda hidrojen sülfür içerirler. Bu gruptaki sular her zaman petrolün varlığını göstermezler. Ancak dolaylı olarak önemli bir veri olarak kullanılabilir. Sulin (1946)'in kökensel sınıflamasına göre petrol ile birlikte bulunan suların doğada bulunuş sırası (bolluk sırası), genellikle, klorür-kalsiyum su tipi > bikarbonat-sodyum su tipi > klorür-magnezyum su tipi şeklindedir. Sulin bu sınıflamasında suları qNa ($q = \% meq/l$) ve qCl oranlarına göre ($qNa/qCl > 1$ ve $qNa/qCl < 1$ olmak üzere) iki ana tipe ayırmıştır. İnceleme alanındaki Mardin formasyonundan gelen petrol artığı sularda olduğu gibi $qNa/qCl < 1$ ise sudaki fazla klorür Ca veya Mg ile birleşerek, şu jenetik tipleri verebilir.

Eğer $(qCl - qNa)/qMg$ oranı 1'den küçükse su kalsiyum-klorürlü, 1'den büyükse magnezyum-klorürlü su tipindedir. Çizelge 1'den de anlaşılacağı üzere inceleme alanındaki Mardin formasyonu suları Sulin'in bu jenetik sınıflamasına göre klorür-kalsiyum su tipindedir. Üçüncü grup petrol suları ise brom, bor, baryum, stronsiyum, florür ve radyum gibi elementlerin varlığına dayanır. Bu elementler köken açısından petrol yatakları ile ilişkili olmamakla birlikte, bu elementlerin fazla miktarda varlığı, suyun petrol oluşturabilen kayalardan gelebileceğini gösterebilir. İnceleme alanındaki sularda bu gibi eser elementlere yönelik analizler bulunmamaktadır. Yapılacak yeni analizlerin bu elementleri de içermesi durumunda suların kökenleri ve birbiri ile olan ilişkilerine daha doğru yaklaşımlar yapılabilir.

3.3. Suların Kirlenebilirliği

İnceleme alanındaki suların kirlenebilirliği, yüzey ve yeraltı sularının kirlenebilirliği olarak iki grupta ele alınabilir. Yüzey suyu olarak sahada akarsular (inceleme alanındaki küçük büyüklü bütün akarsular Dicle Nehri'ne akarak birleşirler) ile yıllardan beri sulama suyu olarak kullanılmakta olan ve 1993 yılında alınan bir karar sonucu içme suyu ihtiyacını karşılaması planlanan Devegeçidi Barajı Gölü bulunmaktadır. Şehrin atık suyu ve bazı sanayi atıkları dereler aracılığıyla doğrudan Dicle Nehri'ne akıtılmaktadır. Devegeçidi Baraj Gölü'nün mutlak koruma alanında bile hiçbir koruyucu önlem bulunmamaktadır. Bu alanda hayvan gübresi depolanmakta olup, hayvanlar ve atıkları baraj gölü suları ile çioğrudan temas halindedirler. Bilindiği gibi içme suyu havzalarında oluşturulan koruma alanları; 1-Mutlak koruma alanı (göl sa-

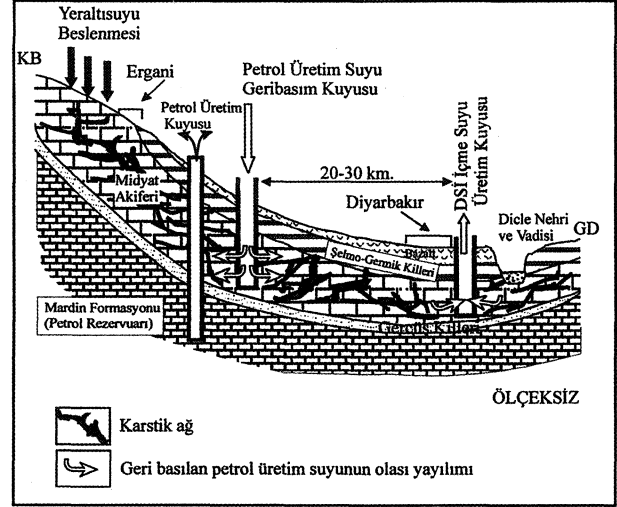
hasından itibaren $L=300$ m uzaklıktaki alan), 2- Kısa mesafeli koruma alanı ($L=700$ m), 3- Orta mesafeli koruma alanı ($L=1000$ m), 4- Uzun mesafeli koruma alanı (yağış beslenme alanının tamamı) olarak dörde ayrılmıştır (Resmi Gazete, 1988). Devegeçidi Baraj Gölü çevresinde yer alan bazı köylerin tamamı ile bazılarının da bir bölümü (toplam beş köy) mutlak koruma alanında, altı köy kısa mesafeli koruma alanında, dört köy de orta mesafeli koruma alanının içinde kalmaktadır.

Ayrıca Diyarbakır Şehir Merkezi'nin kuzeybatısında bulunan petrol üretim alanı doğrudan doğruya Devegeçidi Baraj'ının su toplama havzasında bulunmaktadır. Hatta bazı derin petrol kuyularının mutlak koruma alanı içinde, bazılarının da bilfiil gölün içinde kaldığı ve kuyu başı petrol sızıntılarından gölün doğrudan etkilendiği gözlenmiştir. Oysa havzanın mutlak koruma alanında su üretimi dışında hiçbir faaliyete izin verilmemelidir. Nitekim 4 Nisan 1996 tarihinde saat 14:30'da Devegeçidi Baraj Göleti kapak bölgesinden DİSKİ (Diyarbakır Su Kanalizasyon İdaresi) tarafından aldırılan su örneklerinin İSKİ laboratuvarındaki biyolojik analizlerinde 540 adet/100 ml total Kaliform, 140 adet/10 ml de (E. Coli) bakteri saptanmıştır. Ayrıca göl sularının değişik yerlerinden alınan aynı tarihli 6 su örneğinin Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yaptırılan analizlerinde sırasıyla 2.6, 4.6, 4.0, 4.4, 0.3, 16 mg/l yağ ve gres parametresi saptanmıştır. Buradan da anlaşılacağı üzere Devegeçidi Baraj Gölü sularının bugünkü konumu itibariyle (koruma alanları oluşturulmadıkça) içme suyu olarak kullanılması uygun değildir.

Yeraltı sularının kirlenebilirliği daha karmaşık boyuttadır. Diyarbakır içme suyu akiferleri için (özellikle Midyat akiferi için) şehir içindeki sanayi tesisleri ve evsel atıkların yanı sıra, alandaki petrol üretim sahası önemli ölçüde bir kirlenici kaynak oluşturmaktadır. Bu sahada petrol sondaj borularındaki olası hasarlara bağlı kaçaklar nedeniyle petrol türevlerinin akiferlere sızması ve Greenpeace (1996) tarafından belirtilen petrol atığı üretim sularının Midyat formasyonuna geri basılması (Petrol sahasından Diyarbakır içme suyu akiferlerine olabilecek) başlıca kirlenebilirlik risklerindedir. Bu ve benzeri sahalarda gerek petrol üretiminin verimliliği açısından, gerekse çevrenin ve akiferlerin korunması açısından petrol atığı üretim suları alındığı derinlikteki hazneye (bu alan için Mardin formasyonu-

na) geri basılmamıştır. Petrol sahalarında üretim sularının formasyonunun doğal özelliklerinden kaynaklanan radyoaktif atıklar, çözücüler ve diğer kimyasal maddelerce yüklü halde olmaları petrol üretiminden kaynaklanan doğal bir olaydır. Bu suların diğer içilen, kullanılan sularla karışması sağlığa son derece zararlı olan ağır metaller, zehirleyici kimyasallar ve radyoaktif maddeler gibi kirleticilerle kirlenmesine neden olabilir. Ayrıca hidrojeokimya bölümünde belirtildiği gibi bu atık sular majör element yönünden de yüklü, yüksek tuzlu sular olduğundan, tuzluluğu çok düşük olan Diyarbakır'daki akifer suları için tuzlu su kirlenmesi açısından da bir risk oluşturmaktadır. Bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik yapısı da göstermektedir ki; Midyat akiferi yeraltı suyu akım yönü Diyarbakır Şehir Merkezi'ne ve içme suyu üretim kuyularının bulunduğu yöne doğrudur (Şekil 2). Midyat akiferi önceki bölümlerde belirtildiği gibi bol çatlaklı, karstik boşluklu, boşluk ve çatlakları birbiri ile bağlantılı kireçtaşlardan oluşmakta olup, geçirgenliği yüksektir. Bu tip jeolojik formasyonlar bilindiği üzere kırıntılı kayalardan oluşan formasyonlarda olduğu gibi suyu süzerek temizleme özelliğine sahip değildir. Tersine tüm kirliliği olduğu gibi iletirler. Alanda açılan içme suyu kuyuları hep ortak akifer suları üretmekte olduğundan, Midyat akiferi için bahsedilen bu kirlenebilirlik tehlikesi diğer akiferler için de söz konusudur. Çünkü açılmış bulunan kuyularda tüm akifer düzeyleri filtrelenmektedir. Bu nedenle Midyat akiferinde olan herhangi bir kirletici, sızıntı yoluyla diğer akiferleri de etkileyecektir. Diyarba-

kır Şehri içme suyu kuyularının kirlenebilirliği hidrojeolojik yapı ve akiferlerin beslenme alanında bulunan kirletici kaynak (formasyon suyu geri basımı) nedeniyle çok yüksektir (Şekil 5).



Şekil 5: İnceleme alanının ve Midyat akiferinin kirlenebilirliğini açıklayan ölçeksiz şematik hidrojeolojik modeli (Greenpeace Mediterranean, 1996'dan değiştirilerek)

Figure 5: Hydro geological model of the study area explaining the vulnerability to pollution of the Midyat aquifer (Modified from the Greenpeace Mediterranean, 1996)

Çizelge 6: Güncel Deniz (Ege Denizi) sularının hidrojeokimyasal özellikleri (Kimyasal analiz değerleri Tarcan 1989'dan alınmıştır.)

Table 6: Hydrogeochemical characteristics of the present sea water (Aegean Sea) (Chemical analyses data are taken from Tarcan, 1989).

Örnek Adı: Ege Denizi (Gülbahçe Körfezi)					pH			8,18
Örnekleme Tarihi :1987 Yıllık Ort. (Aylık örnekleme)		Lab.:	DEÜ	EC(M.mh/cm)				56725
İYON	mg/l	Meq/l	%meq/l	%mg/l	C(mol/l)	.5CZ ²	F	AC
Na ⁺	12164	529,10	78,15	83,8	0,52910	0,2645	0,636	0,3420
K ⁺	502	12,87	1,90	3,5	0,01287	0,0064	0,583	0,0076
Ca ⁺	532	26,55	3,92	3,7	0,01327	0,0265	0,188	0,0025
Mg ⁺⁺	1320	108,55	16,03	9,1	0,05428	0,1086	0,208	0,0115
Cl ⁻	22262	627,47	89,65	86,5	0,62747	0,3137	0,681	0,4347
HCO ₃ ⁻	64	1,05	0,15	0,2	0,00105	0,0005	0,596	0,0010
CO ₃ ⁼	44	1,47	0,21	0,2	0,00073	0,0015	0,092	0,00000
SO ₄ ⁻	3355	69,90	9,99	13,0	0,03495	0,0699	0,098	0,0034
Toplam Katyon Miktarı (meq/l)				677,071	Toplam Katyon Miktarı (mg/l)			14518,0
Toplam Anyon Miktarı (meq/l)				699,881	Toplam Anyon Miktarı (mg/l)			25725,0
Toplam İyon Miktarı (meq/l)				1376,952	Toplam İyon Miktarı (mg/l)			40243,0
İyonlaşma Gücü (mol/l)				0,803	%e (Hata Yüzdesi)			-1,66
SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)				64,376	Sertlik (Fr)			675,50
RCl/(rSO ₄ +rHCO ₃) Oranı				8,844	rCa/rMg Oranı			0,24
Slc (Kalsit Doygunluk İndeksi)				0,678	Slj (Jips Doygunluk İndeksi)			-0,47
Sld (Dolomit Doygunluk İndeksi)				2,218	LogPCO ₂ (CO ₂) Kısmi Basıncı			-3,32
Fo (Köpürme Katsayısı)				33808,2	Fe 8mg/l)			6,40
Hidrokimyasal fasiyes tipi:				Na-Cl	Suyun aktivitesi			0,9791

DIYARBAKIR AKİFERLERİNİN HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE KİRLENEBİLİRLİĞİ

Şu aşamada kirleticilerin bu gün hangi noktaya geldiği, içme suyu üretim kuyularının bulunduğu yerin etkilenip etkilenmediği, kirlenme türü ve boyutları vb. bilinmemektedir. Bütün bunları saptayabilmek suyun yeraltında geçirdiği zaman ve yolları saptamaya ve su noktaları ile kirletici kaynak arasındaki bağlantıları araştırmaya yönelik izotopsal çalışmaları, yeraltı sularındaki izleme deneylerini ve sularda kirlilik parametrelerini saptamak için eser elementler de dahil olmak üzere bir dizi kimyasal analiz yöntemlerini de içeren ayrıntılı hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalar yapılmalıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanında en altta bulunan Kretase-Paleosen yaşlı Mardin formasyonu petrol ile birlikte çıkarılan kalitesiz, tuzlu, fosil suların (üretim sularının) haznesini oluşturur. Üste gelen Alt Eosen Gercüş formasyonu akiklud; Orta Eosen Midyat, Alt Miyosen Germik, Üst Miyosen-Pliyosen Şelmo formasyonları ile Pliyosen-Pleistosen yaşlı bazalt birimi akifer özelliğindedir. Diyarbakır Şehri içme suyu ihtiyacını bu jeolojik formasyonlarda açılmış kuyular aracılığıyla ortak akifer sularından karşılamaktadır. Özellikle karstik Midyat kireçtaşları Diyarbakır için en verimli akiferdir. Bu akiferler sondajların açıldığı ve analizlerde belirtilen tarih itibarıyla hidrojeokimyasal özellikleri açısından içme, kullanma ve sulama amaçlı kullanıma uygun sulardır. Bununla birlikte petrol üretim alanındaki Mardin formasyonuna geri basılması gereken petrol atığı üretim sularının karstik Midyat akiferine geri basılması Diyarbakır Şehri Akiferleri için büyük bir risk oluşturmaktadır. Çünkü petrol üretim alanı Diyarbakır içme suyu kuyularının bulunduğu Midyat akiferi kuyularının beslenme alanında kalmaktadır. Hidrojeolojik yapı Midyat akiferinin kirlenebileceğini göstermektedir. Alanda yeraltı sularının hızını ve yönünü bulmaya yönelik izotopsal çalışmaları, yeraltı suyu izleme deneylerini ve eser elementleri de içine alan ayrıntılı hidrojeokimyasal çalışmaları kapsayan hidrojeolojik incelemelerin yapılması önerilir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmadaki kimyasal analizlerin yapılmasında emeği geçen kimyager Nalan Yılmaz'e, yerinde incelemeler sırasında yardımlarını esirgemeyen Diyarbakır Belediyesi ve DİSKİ yetkililerine ve konunun ele alınmasındaki katkılarından dolayı Avukat Jeo. Müh. Yusuf Ali

Karaman'a, ayrıca makalenin incelenmesi aşamasında görüş ve önerilerinden yararlandığımız Dr. Mehmet Ekmekçi (H.Ü.) ve Dr. Zeki Çamur'a (O.D.T.Ü.) teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- APHA-AWWA-WPCF, 1975, Standart methods for examination of water and waste water. Fourteenth edition, copyright by American Public Health Association, Washington D.C., 1993s.
- Başkan, H. E. ve Canik, B., 1983, IAH Map of mineral and thermal waters of Turkey Aegean Region. MTA no. 189, Ankara, 80 s.
- Çamur, M. Z., 1996, Doğal salamura sularda mineral çökelim ve çözünümünün termodinamik değerlendirimi için bilgisayar programı. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Sayı :48, 40-56.
- DSİ, 1979, Yukarı Dicle Havzası hidrojeolojik etüt raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, 113 s.
- DSİ, 1994 Devlet Su İşleri, X. Bölge Müdürlüğü, 1994 Yılı Programı takdim raporu. 3, 47-48.
- DSİ, 1996, Devlet Su İşleri X. Bölge Müdürlüğü sondaj kuyu verileri ve kimyasal analizler Diyarbakır (Yayınlanmamış).
- Fetter, C. W., 1994, Applied Hydrogeology. Third Edition University of Wisconsin-Oshkosh. Macmillian College Publishing Company, New-York, 691 s.
- Ford, D. C. ve Williams, P. W., 1989, Greenpeace Mediterranean basın duyurusu, 26 Mart 1996, İstanbul.
- Resmi Gazete, 1988, Su kalitesine ilişkin planlama esasları ve yasaklar. 4 Eylül 1988, Sayı : 19, Bölüm . 4 Madde : 16-20, 22-24.
- Sulin, 1946, Suların genetik sınıflaması ve petrol yataklarından gelen suların kimyasal özellikleri, in. "Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, Beyler-İzmir, 198-201".
- Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası, Beyler-İzmir, 548 s.

Tarcan, G., 1989, Urla-İçmeler ve çevresinin jeolojik-hidrojeolojik incelenmesi, sıcak-soğuk suların jeokimyasal yorumlanması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

TS-266, 1970, İçme Suları Türk Standartları, UDK 663.7.543, 32 s.

Makalenin geliş tarihi: 18.12.1997

Makalenin yayına kabul edildiği tarih : 05.05.1999

Received December 18, 1997

Accepted May 5, 1999