

MİSLİ OVASI (NİĞDE) YERALTISULARININ KALİTESİ VE KULLANIM OLANAKLARI

Ali Rıza SÖĞÜT¹, Ahmet GÜZEL²

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, KONYA

²Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, MANİSA

ÖZET: İnceleme alanı içerisinde temeli, Kretase yaşlı gabrolar oluşturmaktadır. Bunun üzerine gelen birimler Senozoyik boyunca Kuvaterner'e kadar devam etmektedir. Volkanik kayalardan oluşan bölgede, volkanizma Miyosen'de başlayarak Kuvaterner sonlarına kadar etkinliğini sürdürmüştür. Bu süreçte bölgede önce Melendizdağı ve sonra Hasandağı malzemeleri oluşmuştur. Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç dolguları, volkanik ve magmatik kökenli çakıl ve kumlardan oluşan en genç birimlerdir. Yüksek geçirgenliğe sahip Kuvaterner çökelleri ve bazalt lavları akifer birimleri oluşturmaktadır. İnceleme alanında Gölcük (Misli) ve çevresi tuf, çakıl, kum ve siltten oluşan serbest akifer özelliğinde iken, kuzeybatıya gidildikçe (Kiledere ve çevresi) alüvyon, farklı düzeylerinde kilitli içermesinden ötürü basınçlı akifer özelliği göstermektedir. Gölcük, Kiledere ve Suvermez hattı boyunca oluşan faylanma nedeni ile sediment kalınlığı orta ve kuzey kesimlerde artmaktadır. Akiferin yeraltı suyu tablası haritasına göre yeraltı suyu akımı doğu-güneydoğudan batı-kuzeybatıya doğrudur.

Bölgedeki suların anyon ve katyonları birleştiren doğruların yaklaşık paralel olması suların kökenlerinin aynı olduğunu göstermektedir. Sular, karbonat sertliği %50'den fazla olan ve CaCO₃ ve MgCO₃'lü sular sınıfındadır. Suların sertlikleri 18-36 °Fs, arasındadır. pH değerleri 7 ile 8 arasında, değişmektedir. EC değerleri ise 456-1.530 µS/cm arasında olup, Türk Standartları Enstitüsü (TSE 266, 1997) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO,1999) içme suyu standartlarına göre incelenen sular içilebilecek sular sınıfındadır.

İnceleme alanındaki sular, Schoeller'in içilebilirlik diyagramına göre 1. kalite ve 2. kalite sular sınıfındadır. Sulama suyu özelliklerine göre "çok iyi-iyi ve iyi kullanılabilir" özelliktedir. Sular ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında C₂S₁ ve C₃S₁ sınıfındadır. Doygunluk indislerine göre bölgedeki sular karbonat çökeltilir, sülfatı ise çözündürebilir özelliktedir.

İzotop verilerine göre suların birbirleri ile ilişkili ve meteorik kökenli olduğu belirlenmiştir. Tritiyum analizlerine göre ise bölgedeki sular yüksek kotlardan beslenen derin dolaşımli sulardır.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı suyu, porozite, transmisivite, permeabilite, hidrokimya, izotop, Misli Ovası, Derinkuyu.

Quality and Usage Possibilities of Groundwater at Misli (Nigde) Plain

ABSTRACT: The basement of the study area formed by Cretaceous aged gabbros. Over the basement, the rock units span to Cenozoic to Quaternary. The volcanic activity in the region started at Miocene and ended at the end of Quaternary. In this process, the Melendizdağı at first and the Hasandağı volcanites at later were formed. The alluviums and rock talus are the youngest units in the region and were derived from pebbles and sand of volcanic and magmatic origin. The quaternary deposits with high permeability make the aquifer formations of the study area. In the investigated area, the aquifers with free pressure made up of tuffs, pebbles, sands and silts around Gölcük (Misli) and through the northwest (Kiledere and its surrounds) the aquifers become pressured as the alluvium interrupted by clay strata. Because of faulting in the Gölcük, Kiledere and Suvermez line, the thickness of the sediments increased at the middle and north of the basin. The underground water map indicates that the water flow from E-SE to W-NW.

Since the anions and cation lines of the water are almost parallel to each other in the diagrams the waters are of similar origin. The waters classified as CaCO₃ and MgCO₃ waters exceeding 50 % carbonate contents. The hardness (stiffing) of the waters are between 18-36 °Fs, while the pH is between

7 to 8. Since the EC values are between 456 and 1530 mS/cm, and according to the Standards Institute of Turkey (TSE 266, 1997) and World Health Organization (WHO, 1999) the water is drinkable.

For drinkable standards the water in the region is classified as 1st and 2nd quality water while the water according to the Schoeller diagrams can be classified as 'very good-good and good usage' for irrigation purposes. The water named as 'C2S1 and C3S1' according to the USA Salinity Laboratory. The water is described as carbonate precipitates and the sulphate dissolving water in accordance with saturation indices.

The isotopic investigations reveal that the waters are of similar with each other and similar with meteoric origin. The tritium analyses show that the water in the region is feed from higher topography and the underground water percolating at depth.

Keywords: *Ground water, porosity, transmisivitiy, permeability, hydrochemistry, isotope, Misli Plain, Derinkuyu.*

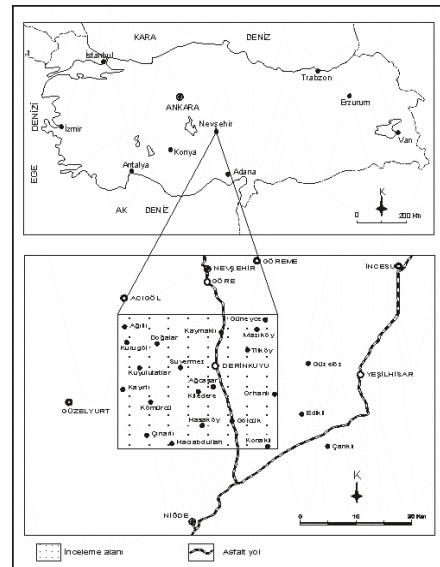
GİRİŞ

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesinde, Niğde ve Nevşehir illerinin sınırları içinde yer almaktadır. Kuzeyinde Nevşehir İli ve Göreme İlçeleri, güneyinde Niğde İli, doğusunda Kayseri İlinin Yeşilhisar İlçesi, batısında ise Aksaray İlinin Güzelyurt İlçesi bulunmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı ve çevresinde birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan Okay (1954), Baykal ve Tatar (1970), Keller (1974), Batum (1978a,b), Seymen (1981), Göncüoğlu (1981), Ercan ve diğ. (1987), Ercan (1988) bölgenin jeolojisi ve volkanizmasını aydınlatmaya yönelik çalışma yaparken, Göçmez (1994) Aksaray yöresindeki soğuk, sıcak ve mineralli su kaynaklarının kimyasal özelliklerini ve kökenini açıklamıştır. Yüce (2007) ise Misli havzasındaki sıcak sular ve yeraltı suyunun jeokimyasal özelliklerini tanımlamıştır. Bu çalışmada ise Misli ovasındaki suların kökeni, kalitesi ve kullanım olanakları araştırılmıştır.

JEOLOJİ

En altta Kretase yaşlı koyu yeşil, siyahımsı yeşil gabrodan oluşan Karatepe ofiyolitik gabrosu bulunmaktadır. Bunun üzerinde Üst Miyosen yaşlı tuf, tuf breşi ve yer yer aglomeralardan oluşan kırmızı, mor, kahverengi, sarı ve yeşil renkli tüflerden oluşan Melendizdağı tüfleri ile gri, açık gri, koyu gri ve bazen dış görünümü kahverengi olup, camsı ve tıkHz renkli andezitlerden oluşan Melendizdağı andezitleri yer almaktadır. Üstüne Üst Miyosen-

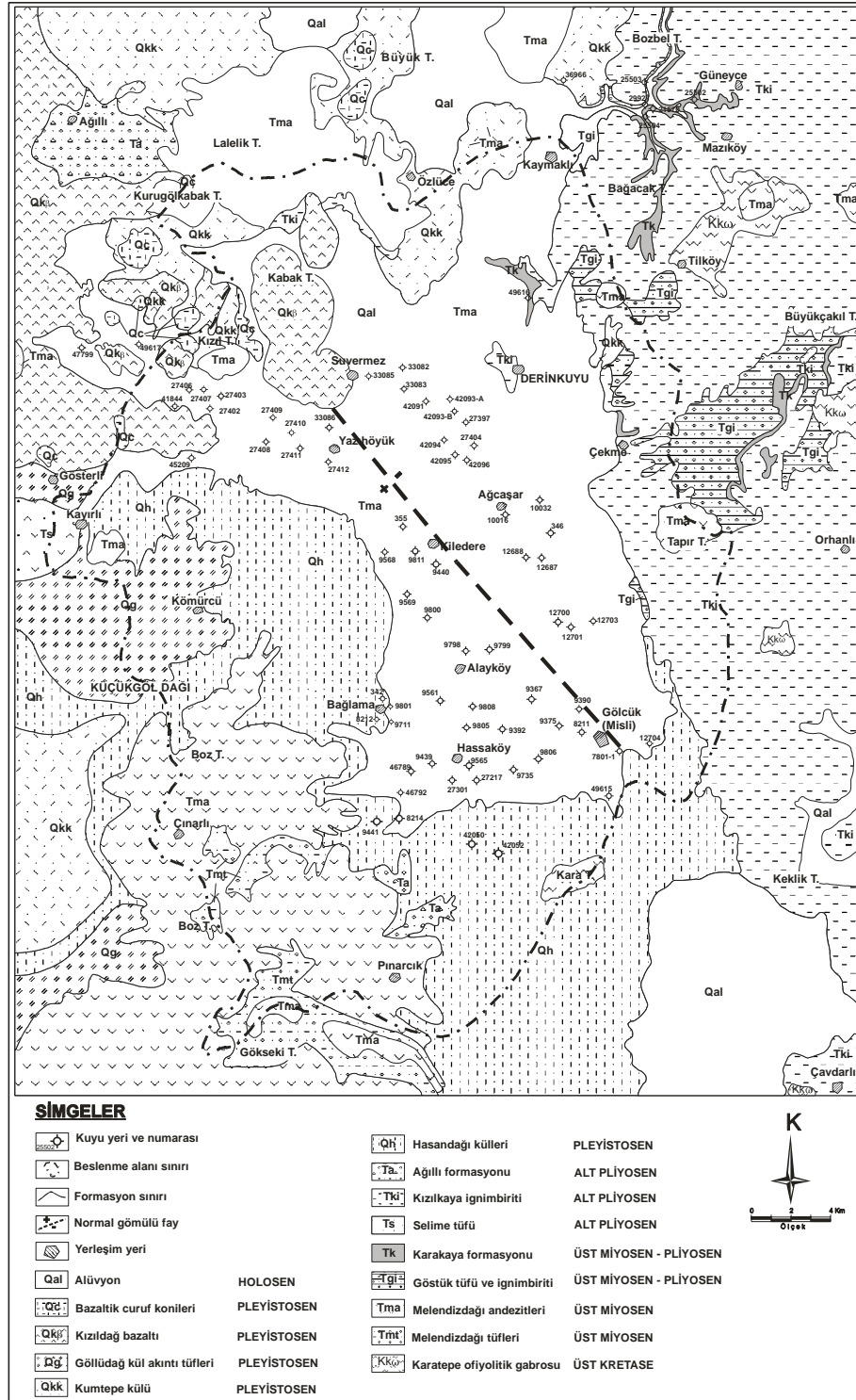
Pliyosen yaşlı mor renkli Göstük Tuf ve İgnimbiriti, konglomera, kumtaşı, tuf, tüfit ve kilaşından oluşan Karakaya formasyonu ve pembemsi, beyazımsı-gri renkli Kızılkaya ignimbiritleri gelir. Bu kayaları Alt Pliyosen yaşlı Ağılı formasyonu ve Pleyistosen yaşlı Hasandağı kül formasyonları ile Kumtepe külü ve Göllüdağ kül akıntı tüfleri izler. Tüm bu birimler (Karatepe ofiyolitik gabrosundan Göllüdağ tuf akıntı tüflerine kadar) Ürgüp formasyonu adı altında incelenmektedir. Ürgüp formasyonunun hemen üzerinde de Pleyistosen yaşlı Kızıldağ bazaltik akıntıları ile birlikte bazaltik cüruf konileri yer alır. Yamaç molozları ise çalışma sahasının en genç oluşuklarıdır (Şekil 2).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.
Figure 1. Location map of the study area.

Gölcük, Kiledere ve Suvermez hattı boyunca oluşan faylanma nedeni ile sediment kalınlığı Orta kesimlerde artmaktadır. Yurdağül (1998) yaptığı çalışmada inceleme alanının tabanında bazaltın pişmesi nedeni ile geçirimsiz bir seviye

oluşturduğu belirtilmekte ve farklı yaştaki bazalt akıntıları ile süregelen volkanik aktivite ve kırıntılı sedimantasyon havza yüksekliğinin artış nedeni olarak öngörülmektedir.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası.

Figure 2. Geology map of the study area.

HİDROJEOLOJİ

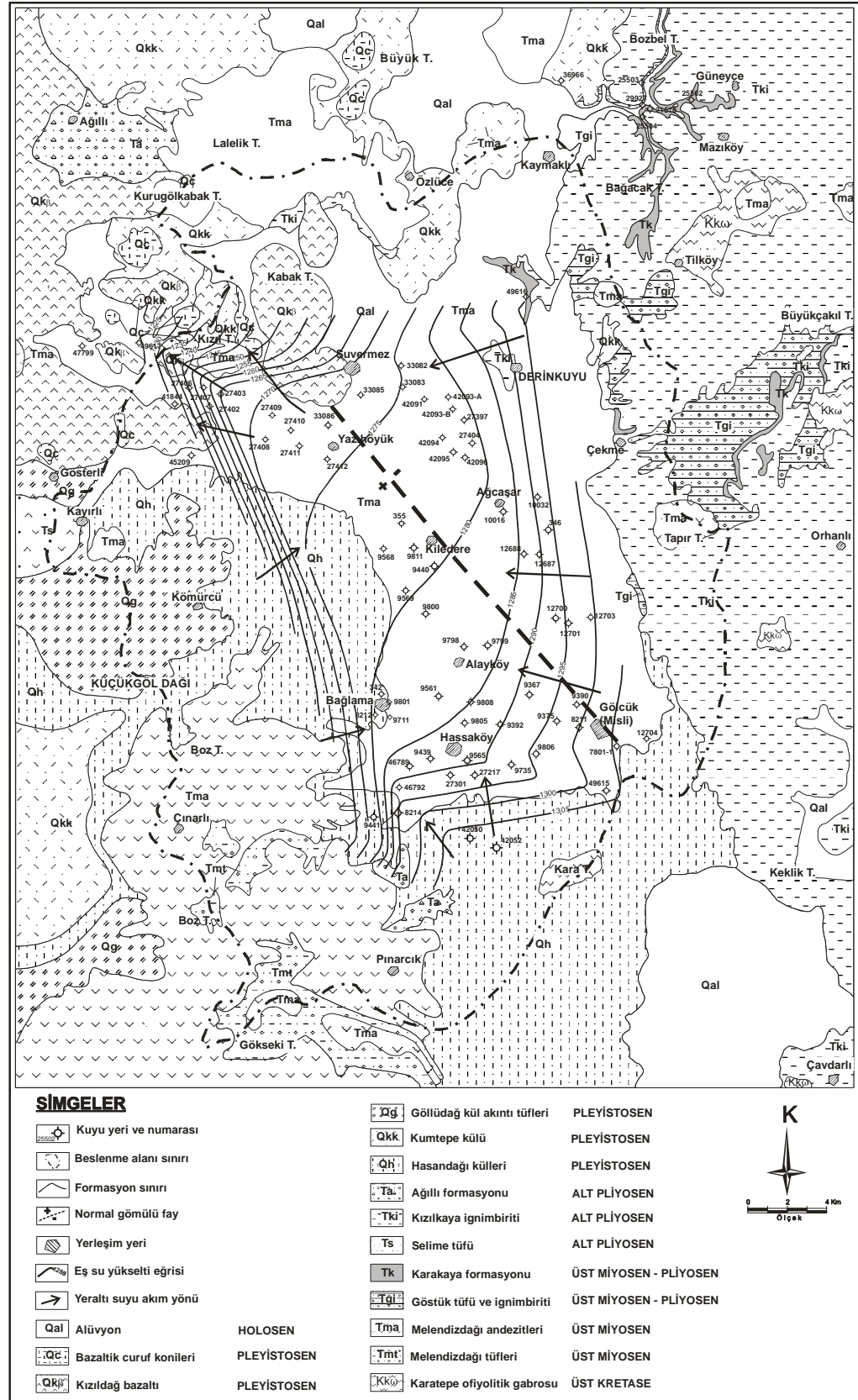
İnceleme alanında yer alan kayalar tektonizmanın etkisiyle ve heterojen yapıları nedeniyle farklı hidrojeolojik özelliklere sahiptirler. Birbirine benzer veya ortak Hidrojeoloji özelliklerine sahip akiferleri oluşturan birimler geçirimli veya az geçirimli olarak sınıflandırılmışlardır.

İnceleme alanında Karatepe formasyonuna ait gabrolar küçük bloklar halinde olup, kırıklı ve çatlaklıdır. Kırık ve çatlaklar geçirimsizliği artırmaktadır. Ayrıca birimde gözlenen açık yeşil renkli altere zonlar geçirimsizliği olumlu yönde etkilemektedir. Andezit-bazalt bileşimindeki lavlar ve bunların farklı boyuttaki tüf ve aglomeralar soğuma çatlakları nedeniyle geçirimsizdirler. İkincil gözeneklilikleri yüksektir. Bu da geçirimsizliğin artmasına neden olmaktadır. Gri, morumsu renkli ignimbritlerden oluşan Göstük ignimbriti ince taneli vitrik tüfle başlar ve üste doğru gittikçe ignimbrit özelliği kazanmakta ve pomza tanelerince zenginleşmektedir. İçindeki değişik boyutlardaki köşeli, yuvarlaklaşmış çakıllar gözenekliliği artırmaktadır. Göstük ignimbritlerinin gözenekliliği %31.50 olarak ölçülmüştür. Birbirini kesen, dikey olarak gelişmiş çatlak sistemleri yağışın yeraltına süzülmesini kolaylaştırmaktadır. Karakaya formasyonu gevşek yapıları gri renkli çakıllarla başlamakta, bunların üzerine bazalt çakıllarınca zengin kumtaşları gelmektedir. Kumtaşları kaba taneli kötü boylanmalıdır. Çakıltaşı seviyeleri yer yer gevşek tutturulmuş olduklarından akifer özelliği taşımaktadırlar. Bunların üzerine gelen kıltaşı seviyeleri geçirimsizdir. Kırmızı renkli Kızılkaya ignimbritlerinin üst seviyeleri zayıf dokulu alt seviyeleri ise sıkı dokuludur. Porozite değeri düşüktür ancak düşey yönde oluşan soğuma çatlakları nedeniyle sütunsu bir yapı göstererek geçirimsizliği artırmaktadır. Düşey soğuma çatlakları yağışın doygun kuşağa kadar ulaşmasını sağlamaktadırlar. Birime ait örneklerde yapılan porozite deneylerinde toplam gözenekliliğin %17.30-21.00 arasında olduğu belirlenmiştir (Söğüt, 2003). Aglomera andezitik çakıl, tüf ve kıltaşlarından oluşan Ağıllı formasyonuna ait çakılların geçirimsizlikleri yüksektir ve akifer özelliği taşımaktadır. Tüflerin

ve aglomeraların geçirimsizlikleri düşüktür. Kıltaşları ise geçirimsiz olduklarından birimin akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Gevşek kül, tüf ve çapları birkaç cm den 5-6 cm ye ulaşan pomza tanelerinden oluşan Hasandağı küllerinin geçirimsizliği yüksek, gözenekliliği ise düşüktür. Kumtepe formasyonu gri-beyaz renkli pomza miktarı fazla olan camsı küllerden oluşmaktadır. Birim sıkılaşmamış ve pomza içeriği fazla olduğundan gözeneklilik ve geçirimsizliği yüksektir. Küller ise oldukça geçirimsizdir. Bu nedenle akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Riyolitik lav ve açık gri renkli küllerden oluşan ve Göllüdağ kül akıntı tüfleri ile grimsi siyah renkli, ince taneli, gaz boşluklu bazaltik lavlar ve küllerden oluşan ve Kızıldağ bazaltları az geçirimsizdirler. Bazaltlardaki gaz boşlukları, lavlardaki soğuma çatlakları kayaların ikincil gözenekliliğini ve geçirimsizliğini artırmaktadır. Bunun yanında birim içinde yer alan küller ve tüflerde geçirimsizlik ve gözeneklilik düşüktür. Çakıl, kum, kil, mil vb. malzemelerde oluşan alüvyonlar içerisindeki kırıntılar sıkılaşmamıştır. Çakılları iri, yuvarlak ve kötü boylanmalıdır. Birimin gözenekliliği ve geçirimsizliği inceleme alanının orta kesimlerinde artmaktadır (gözeneklilik % 28-43,6 arasındadır). Bu kumlu ve çakıllı seviyeler akiferi oluşturmaktadır. Alüvyonun beslenmesi doğrudan yağışlarla süzülme şeklinde olmaktadır. Killi seviyeler birimin geçirimsizliğini düşürmektedir.

İnceleme alanında yeraltısuyu akımı genel olarak güneydoğudan, kuzeybatıya doğrudur (Şekil 3). Çalışma alanı içerisinde alınan 9441 ve 8212 nolu su örnekleri dışında değerlendirilen diğer tüm kuyuların akiferini alüvyon oluşturmaktadır. 9441 ve 8212 nolu kuyuların akiferi ise aglomera, kumtaşı ve tüflerden oluşan Ağıllı formasyonudur (Şekil 2).

Hidrolik iletkenlik değerleri, alüvyondan alınan 15 adet numune üzerinde yapılan deneyde 1.8×10^{-4} m/s- 5.2×10^{-6} m/s arasında, çakıllı, kumlu seviyelerden alınan 12 adet numunede yapılan deneyde 1.2×10^{-3} m/s – 3.8×10^{-4} m/s arasında, Ayrıca Pliyosen oluşuklarında ise 10 adet numunede yapılan deneyde 1×10^{-4} m/s- 4.4×10^{-5} m/s arasında bulunmuştur.



Şekil 3. İnceleme alanının hidrojeoloji haritası.

Figure 3. Hydrogeological map of the study area.

YER ALTI SULARININ HİDROKİMYASAL DEĞERLENDİRİLMESİ

İncelenen kaynakların hidrokimyasal açıdan değerlendirilip yorumlanmasında kaynaklara ait su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları kullanılmıştır.

İnceleme alanındaki suların pH'ı 7.53-7.99, elektriksel iletkenlik değerleri 456-1530 $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam mineralizasyonları ise 369.73- 673.13 mg/l arasındadır. Sularda bulunan iyonların sıralanışı şu şekildedir (Tablo 1).

Buna göre inceleme alanında bulunan sularda Ca, Mg, (Na+K) hâkim katyonlar iken HCO_3 ve Cl çoğunlukla hâkim anyonlardır. 9441 ve 8212 nolu kuyular Ağılı Formasyonu (Ta) içerisinde açıldığından rSO_4 değerleri büyüktür. SO_4 iyonunun yüksek olması aglomera andezitik çakıl ve tuf gibi tamamen volkanik malzemeden oluşan Ağılı formasyonunun oluşumu sırasında H_2S 'ce zengin bir gaz safhasının oksidasyonunu yansıtabilir.

Su ve kayaç arasındaki etkileşimler değişen basınç ve sıcaklık şartları altında suyun bulunduğu ortamda minerallerin dengesizliği ile ilişkilidir. Bu nedenle sulardaki iyonlar yorumlanırken çevredeki kayaç özellikleri de dikkate alınmalıdır. Ca^{+2} , inceleme alanında bulunan Alt Pliyosen yaşlı kireçtaşı, killi kireçtaşlarında dolaşan CO_2 'li suların bu kayaçlardaki CaCO_3 'ü çözmesi sonucunda suya karışmıştır. Volkanik arazilerde gözlenen bu iyon ise albit, anortit, piroksen, amfibol gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca^{+2} 'nin eritilmesi ile suya geçmiş olmalıdır. İnceleme alanındaki sularda Mg^{+2} iyonunun toplam miliekivalen değerleri %14,22 ile %30,1 arasında değişmektedir. Sulardaki Mg^{+2} ise magmatik kayaçlardaki magnezyumlu bileşenlerin altere olmasıyla sulara geçmiş olmalıdır. Na^{+2} inceleme alanında oldukça geniş alanlar kaplayan volkanik kayaçların içerdiği sodyumlu plajiyoklasların çürümesi sonucu yeraltısularına geçmiş olabilir. K^{+} 'nın toplam meq değerleri % 0.37'si ile % 2.45'i arasındadır. K^{+} 'un azlığı ise kil mineralleri tarafından tutulmasıdır. Cl yeraltısularına yağmur

sularından geçebileceği gibi Pliyosen yaşlı göl çökellerinde tuzlu seviyelerin yağmur suları tarafından eritilmesi ile yeraltısularına geçebilir. Ayrıca Cl volkanlar yoluyla HCl şeklinde yeraltısuyuna geçebilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1984). İncelenen sulardaki CO_3 ve HCO_3 'ün kökeni Alt Pliyosen yaşlı kireçtaşlarıdır. Beslenme bölgesinden yeraltına süzülen yağmur suları CO_2 ve topraktaki organik asitlerin etkisi ile karbonatlı kayaçları çözerek, suyun bikarbonat ve karbonat iyonu bakımından zenginleşmesini sağlamaktadır. Kaynak sularındaki SO_4 volkanik gazlardaki H_2S piritin oksidasyonu ile yeraltısularına geçtiğini söyleyebiliriz.

Florür inceleme alanındaki sularda 0.234 mg/l ile 0.566 mg/l arasındadır. F'nin kökeni inceleme alanında, andezitik tüflerdeki biyotitlerden kaynaklanmaktadır. Düşük pH'da HF açığa çıkar ve asit solüsyonlarda florür, silis ile birleşebilir. İnceleme alanındaki sularda çözülmüş CO_2 miktarı 26.4 mg/l ile 201.92 mg/l arasındadır. CO_2 'nin kökeni alanda yer alan genç volkanizmaya bağlanabilir. Fe'nin kökeni, volkanik kayaçlardaki piroksen, biyotit gibi demirli minerallerin bozuluşu sonucu ve volkanik kökenli CO_2 'in yeraltı sularına karışması ile bir miktar demir çözünüp yeraltısularına geçmiş olabilir. SiO_2 inceleme alanındaki andezit, bazalt gibi volkanik kayaçlar ve killerden ve doğal sularda çözülmüş silisin büyük bir bölümü silikat minerallerinin kimyasal bozunumundan meydana gelmektedir (Şahinci, 1986). Ayrıca andezitik magma florür gibi elementleri hidrotermal oluklar boyunca yeryüzüne doğru taşırken kuvarsitleri eriterek silis yönünden zenginleşmiştir.

YERALTI SULARININ SINIFLAMASI VE KULLANIM ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde inceleme alanından alınan suların kullanım olanakları ve kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sular, Fransız sertlik derecelerine göre; az sert su, oldukça sert su ve sert su olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 2).

Tablo1. İnceleme alanındaki sulara iyonların sıralanışı (r= meq/l).**Table 1.** Ionic listing of the water in study area (r= meq/l).

Kuyu No	Kuyunun Açıldığı Litoloji	IAH, 1979	İyon değerleri çoktan aza doğru sıralanmıştır					
			Kasyonlar			Anyonlar		
9441	Ağılıl Formasyonu (Ta)	Ca-Mg-HCO ₃	rCa	rMg	r(Na+K)	rHCO ₃	rSO ₄	rCl
8212	Ağılıl Formasyonu (Ta)	Ca-Mg-HCO ₃	rCa	r(Mg)	r(Na+K)	rHCO ₃	rSO ₄	rCl
9565	Alüvyon (Qal)	Ca-Na-Mg-HCO ₃	rCa	rMg	r(Na+K)	rHCO ₃	rCl	rSO ₄
9375	Alüvyon (Qal)	Ca-HCO ₃	rCa	r(Na+K),	r(Mg)	rHCO ₃	rCl	rSO ₄
42093-B	Alüvyon (Qal)	Ca-HCO ₃	rCa	r(Na+K),	r(Mg)	rHCO ₃	rCl	rSO ₄
33085	Alüvyon (Qal)	Ca- Mg-Na-HCO ₃	rCa	rMg	r(Na+K)	rHCO ₃	rCl	rSO ₄
27403	Alüvyon (Qal)	Ca- Mg-Na-HCO ₃	rCa	r(Na+K),	rMg	rHCO ₃	rCl	rSO ₄
27409	Alüvyon (Qal)	Ca- Mg-Na-HCO ₃	rCa	r(Na+K),	rMg	rHCO ₃	rCl	rSO ₄

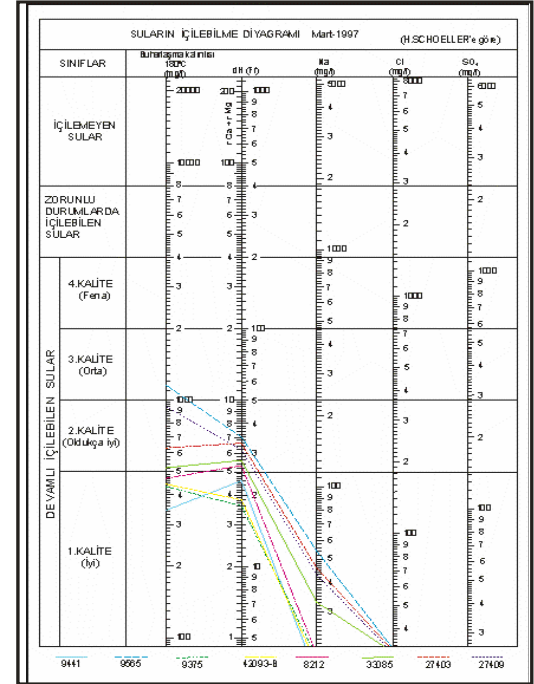
Tablo 2. Suların Fransız sertlik derecelerine göre sınıflaması.**Table 2.** Classification of the water according to the French hardness values.

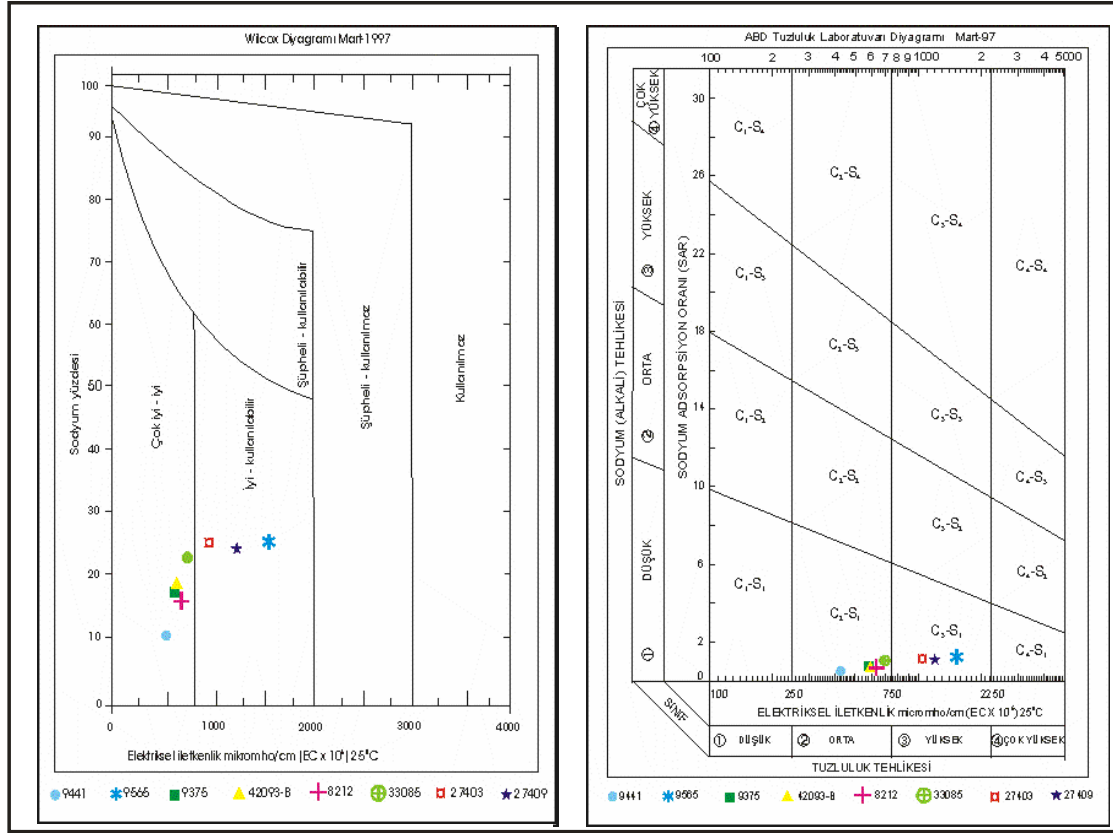
Kuyu No	Sertlik (°Fr)	Sınırlar (°Fr)	Su sınıfı
9375	18,23	14,5-22,5	Az sert su
42093-B	19,11	14,5-22,5	Az sert su
8212	26,74	22,5-32,5	Oldukça Sert su
33085	27,65	22,5-32,5	Oldukça Sert su
27409	31,10	22,5-32,5	Oldukça Sert su
9441	22,80	22,5-32,5	Oldukça Sert su
9565	35,05	32,5-54,0	Sert su
27403	33,12	32,5-54,0	Sert su

İçilebilme özelliklerine göre sular; Schoeller'in İçilebilirlik diyagramı üzerinde incelendiğinde, "1. kalite ve 2. kalite sular" sınıfındadır, yani içilebilir su özelliğindedir (Şekil 4). İncelenen suların tarımsal kullanımının belirlenmesi için Wilcox Diyagramı ve ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı kullanılmıştır. Bunun için incelenen suların EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerlikleri, SAR (Sodyum Absorbsiyon Oranı) ve %Na değerleri hesaplanmıştır. İncelenen sular Wilcox Diyagramına göre "çok iyi-iyi" ve "iyi kullanılabilir" bölgesine düşmüştür. ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramına göre ise, C₂S₁ ve C₃S₁ sınıfındadır (Şekil 5).

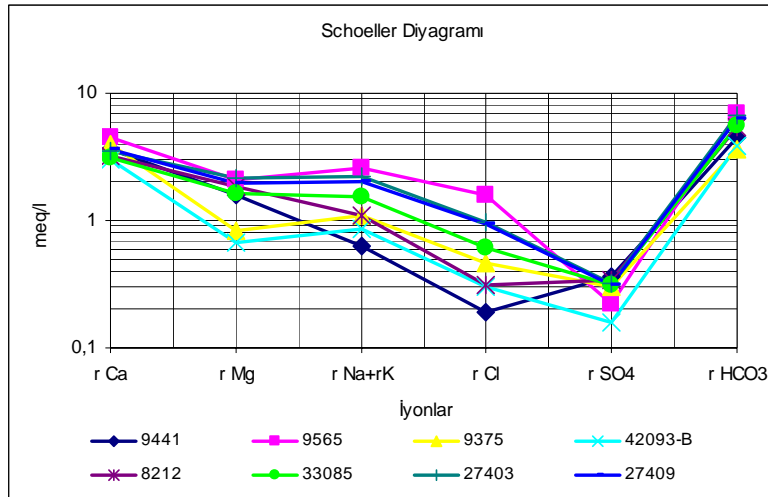
Yarı logaritmik Schoeller diyagramında benzer kökenli, aynı rezervuara ve beslenme alanına sahip sular benzer pikler verirler. 8212 ve 42093-B numaralı örnekler inceleme alanının güney-güneydoğusunda bulunmaktadır ve beslenme alanına yakın olup iyon içeriği daha düşüktür. İnceleme alanının ortalarına gidildikçe iyon içeriğinin arttığı gözlenmektedir. İncelenen suların kimyasal tahlil sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramında iyonları birleştiren doğrular birbirlerine yakın paralel geçmektedirler. Buradan suların aynı kökenli

olduklarını ve benzer sistemlerden geldiklerini söyleyebiliriz (Şekil 6, Tablo 3).

**Şekil 4.** Suların içilebilme diyagramı.**Figure 4.** Drinkability diagram of the water in the study area.



Şekil 5. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı ve ABD tuzluluk diyagramı
Figure 5. Wilcox diagram and The USA salinity diagrams in the study area.



Şekil 6. İnceleme alanındaki suların Schoeller diyagramı.
Figure 6. Schoeller diagram of the water in the study area.

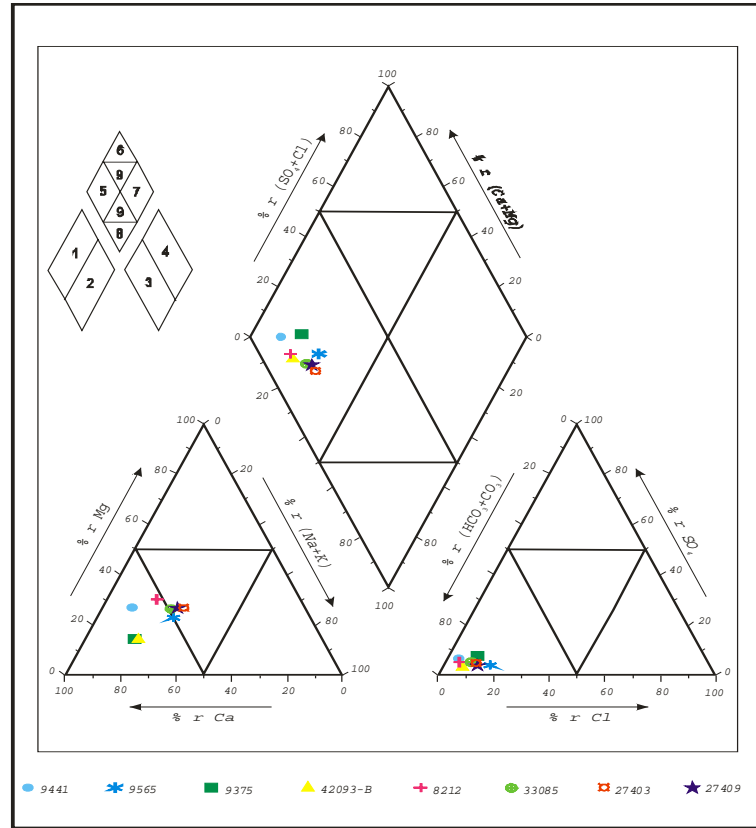
İnceleme alanında yer alan suların % meq/l değerlerine göre çizilen Piper diyagramına göre tüm sular (5) no'lu alanda gruplanmıştır. Bu

gruba göre sular karbonat sertliği %50'den fazla olan CaCO_3 ve MgCO_3 'lu sular sınıfına girmektedirler (Şekil 7, Tablo 3).

Tablo 3. İnceleme alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları (mg/l).
Table 3. Results of the chemical analyses of the waters in the study area (mg/l).

İyonlar	İnli (9441)	Hasanköy (9565)	Gölcük (9375)	Derinkuyu (42093-B)	Bağlama (8212)	Suvermez (33085)	Kuyulutlar (27403)	Yazıhöyük (27409)	TSE,1997 Standardı	WHO (1999)
Ca ²⁺	72,55	90,7	79,75	61,27	65,21	62,2	70,14	73,12	2000	-
Mg ²⁺	18,82	25	10,11	8,18	22,35	19,71	25,6	23,88	50	-
Na ⁺	14,06	54,52	23,68	19,39	23,02	33,13	46,02	43,26	175	200
K ⁺	0,94	8,82	2,48	0,66	3,21	3,85	7,22	6,58	12	-
Cl ⁻	6,9	55,91	16,75	10,5	11,01	21,67	34,01	32,87	600	250
SO ₄ ²⁻	17,1	10,55	14,61	7,61	16,3	15,11	15,39	15,11	250	250
HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻	278,31	427,63	222,35	233,14	326,24	337,28	404,04	379,44	-	-
F	0,3526	0,5659	0,2340	0,3004	0,2615	0,3319	0,2946	0,3017	1,5	1,5
Fe	0,884	1,210	*< 0,2	0,271	*< 0,2	*< 0,2	0,429	0,375	0,2	-
Si	41,516	39,189	30,937	38,892	40,230	39,798	43,150	43,567	-	-
EC (µS/cm)	456	1530	582	593	626	696	840	1224	2000	-
pH	7,77	7,53	7,99	7,77	7,54	7,82	7,08	7,56	6,5-9,2	6,5-8,8
Buharlaşma kalıntısı(%75)	342	1147,5	436,5	444,75	469,5	522	630	918	1500	
Sertlik (°F)	22,8	35,05	18,23	19,11	26,74	27,65	33,12	31,1	-	500
SAR	0,38	1,3	0,66	0,62	0,63	0,93	1,19	1,12		
Toplam iyon (mg/l)	408,68	673,13	369,73	340,75	467,34	492,95	602,42	574,26		

(*< : ICP aletinin hassasiyet sınır değeridir).



Şekil 7. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı.
Figure 7. Piper diagram of the waters from the study area.

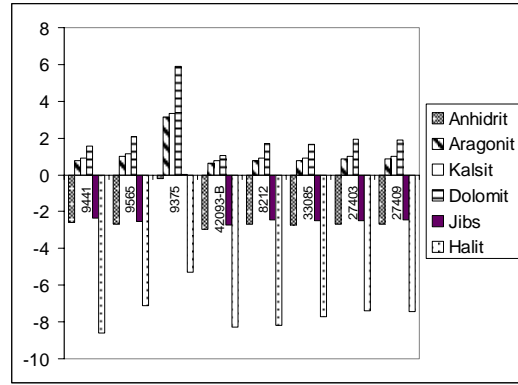
Yeraltısuyu dolaşımı sırasında, akifer sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler, hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilmek için yeraltısuyunda çeşitli minerallerin doygunluk durumlarının araştırılması gerekmektedir. İnceleme alanına ait su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları, PhreeqCi (Parkhurst and Appelo, 1999) bilgisayar programında değerlendirilmiş ve en çok çökel ürünü olarak rastlanabilecek mineraller dikkate alınmıştır (Tablo 4). Buna göre inceleme alanındaki sular aragonit, kalsit ve dolomit minerallerini çöktürücü, anhidrit, jips ve halit minerallerini çözündürücü özelliktedir (Tablo4, Şekil 8).

İZOTOP ÇALIŞMALARI

İnceleme alanında belirlenen su noktalarından elde edilen döteryum ($\delta^2\text{H}$) ve oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) sonuçları standart (‰ SMOW) grafiği üzerine aktarıldığı zaman örnek alınan noktaların birbirine yakın olduğu ve meteorik su hattının altına yakın paralel toplandığı görülmüştür. Buna göre suların meteorik kökenli ve yerel yağışlardan beslendiği söylenebilir (Tablo5, Şekil 9, 10).

$\delta^3\text{H}$ - $\delta^2\text{H}$ ve $\delta^3\text{H}$ -Cl diyagramları incelendiğinde inceleme alanında bulunan suların derin dolaşimli ve yüksek kotlardan beslendiği görülmektedir (Şekil 11, 12). İnceleme alanı çevresinde bulunan Melendiz Dağı ve Hasandağı, incelenen suların beslenme alanlarını oluşturduğu tahmin edilmektedir. Gölcük, Kiledere ve Suvermez hattı boyunca uzanan

faylanma nedeni ile sediment kalınlığı alanın orta ve kuzey- kuzeybatı kesimlerinde artmıştır. 27403 ve 33086 nolu kuyuların derinlikleri 100 metrenin üzerinde olup inceleme alanının kuzey-kuzeybatısına düşmektedir. Bu kuyulara ait trityum değerleri 0-1 T.U. arasındadır. 9441 ve 9375 nolu kuyuların derinlikleri ise 100 metreden daha düşük olup inceleme alanının güney-güneydoğusuna düşmektedir. Trityum değerleri 4,2-4,5 T.U. arasındadır. İnceleme alanının kuzey-kuzeybatısından alınan derin dolaşimli suların trityum içeriğinin düşük çıkması, akiferdeki yeraltısuyunun 1963 öncesi yağışlardan beslendiğini ve uzun süreli bir geçiş zamanına sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. İnceleme alanındaki suların doygunluk indekslerinin grafiksel değerlendirilmesi.

Figure 8. Graphical evaluations of the saturation index of the waters in the study area.

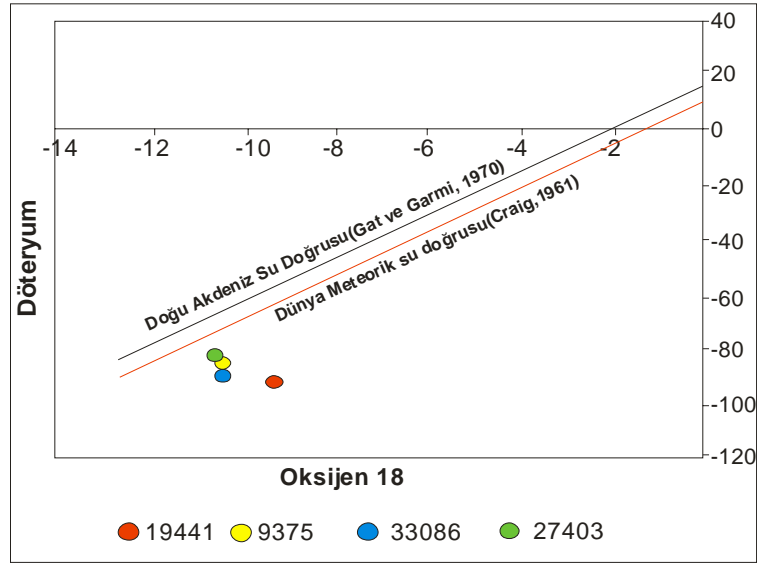
Tablo 4. İnceleme alanındaki suların mineral doygunluk indeksleri.

Table 4. Mineral saturation index of the waters in the study area.

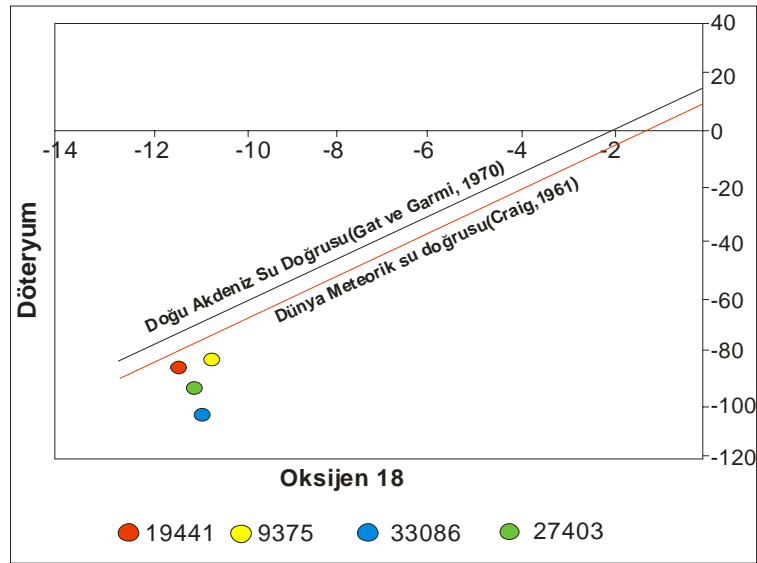
Örnek No	9441	9565	9375	42093-B	8212	33085	27403	27409
Anhidrit	-2,58	-2,7	-0,2	-2,95	-2,66	-2,71	-2,69	-2,68
Aragonit	0,75	0,99	3,17	0,63	0,76	0,76	0,86	0,86
Kalsit	0,9	1,13	3,32	0,77	0,91	0,9	1,01	1,00
Dolomit	1,56	2,06	5,91	1,03	1,71	1,66	1,94	1,88
Jips	-2,36	-2,55	-0,02	-2,73	-2,44	-2,49	-2,47	-2,46
Halit	-8,59	-7,11	-5,3	-8,26	-8,18	-7,72	-7,39	-7,43

Tablo 5. İnceleme alanındaki suların izotop analiz sonuçları.*Table 5. Isotopic values of the waters studied.*

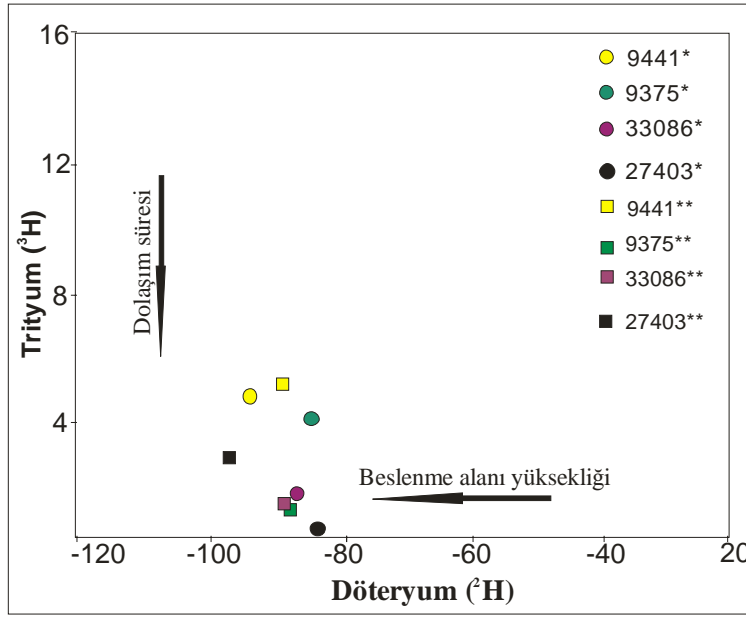
Numune Adı	Kasım – 1996			Ağustos – 1997		
	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	TU	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	TU
9441	-09,70	-90,64	4,5 ± 1	-11,35	-86,42	4,95 ± 0,85
9375	-10,66	-83,91	4,2 ± 0,90	-10,59	-84,86	0,30 ± 0,85
33086	-10,84	-87,12	1,00 ± 0,80	-10,80	-105,69	0,45 ± 0,80
27403	-10,79	-81,78	0,00 ± 0,75	-10,93	-96,03	2,1 ± 0,90



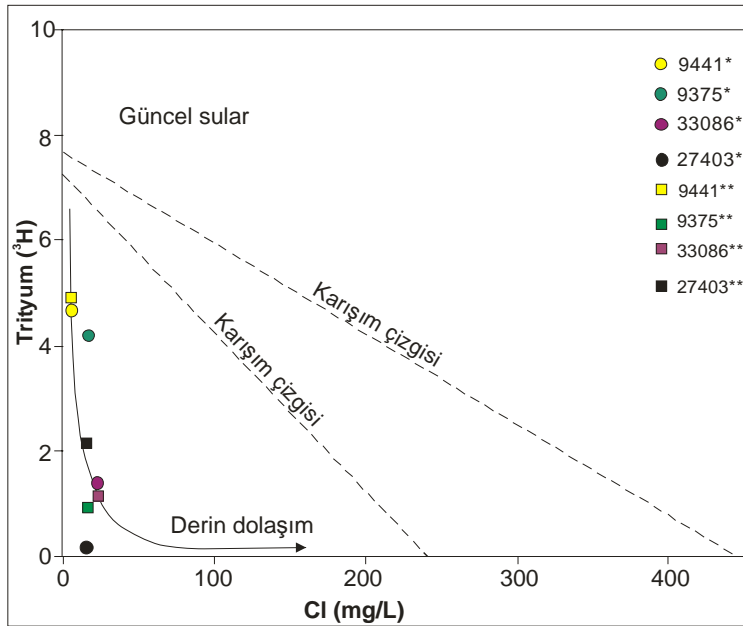
Şekil 9. İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ diyagramı (Kasım 1996).
Figure 9. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ diagram of the evaluated waters (November, 1996).



Şekil 10. İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ diyagramı (Ağustos 1996).
Figure 10. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ diagram of the evaluated waters (August, 1996).



Şekil 11. İncelenen suların $\delta^3\text{H}-\delta^2\text{H}$ diyagramı (* Kasım-1996, ** Ağustos-1997).
Figure 11. $\delta^3\text{H}-\delta^2\text{H}$ diagram of the evaluated waters (*November-1996, **August-1997).



Şekil 12. İncelenen suların $\delta^3\text{H}-\text{Cl}$ diyagramı (* Kasım-1996, ** Ağustos-1997).
Figure 12. $\delta^3\text{H}-\text{Cl}$ diagram of the evaluated waters (*November-1996, **August-1997).

SONUÇLAR

İnceleme alanındaki sular CaHCO_3 ve MgHCO_3 tipli sular olup aynı kökenli ve benzer sistemden gelmektedir.

Wilcox diyagramına göre inceleme alanındaki sular, 'çok iyi-iyi' ve 'iyi kullanılabilir' özelliktedir. Beslenme alanına

daha yakın olan sular çok iyi-iyi sınıfta yer alırken alanın orta ve kuzey, kuzeybatı kesimlerine doğru gidildikçe iyi-kullanılabilir sınıfta yer almaktadır.

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre suların çoğunluğu C₂-S₁ sınıfındayken 3 örnek C₃-S₁ sınıfındadır. C₂-S₁ sınıfındaki sular sodyuma karşı duyarlı ve orta derecede tuza

ihtiyaç gösteren bitkiler dışında her türlü tarım için uygundur.

İnceleme alanındaki sular anhidrit, jips ve Halit minerallerine doygun değilken, aragonit, kalsit ve dolomit minerallerine doygundur. Yeraltısuyu akım yönü boyunca olan litolojik değişimler, hidrokimyasal karışım ve akiferde kalış süresi mineral doygunluğunda önemli bir etkiye sahiptir.

$\delta^{18}\text{O}$ ve D izotop verilerine göre havzadaki sular meteorik kökenlidir. $\delta^3\text{H}$ içeriğine göre havzanın kuzey-kuzeybatısında bulunan sular

daha derin dolaşım olup yer altı suyunun nükleer denemelerden önceki 1958 yağışlardan beslendiğini ve uzun süreli bir geçiş zamanına sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca havzanın güney kesimlerinden alınan su numunelerinin trityum içeriğinin yüksek olması, alüvyonun inceleme alanının güney kesimlerinde daha geçirgen olup ve beslenme alanına yakınlığından dolayı yağışların akifere hızlı bir şekilde süzülmesinden kaynaklandığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Baykal, F. ve Tatar, Y., 1970, Erciyes volkanizmasının yaşı hakkında yeni gözlemler. TJK Bülteni, 13, 2, 19-25.
- Batum, İ., 1978-a, Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl volkanitlerinin jeokimyasal ve petrolojisi, *Yerbilimleri. Hacettepe Üniv.Yerbilimleri Derg.*, 4, 1-2, 70-88.
- Batum, İ., 1978-b, Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl volkanitlerinin jeoloji ve petrografisi, *yerbilimleri, Hacettepe Üniv. Yerbilimleri Derg.*, 4, 1-2, 50-69.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*. 133: 1702-1703
- Ercan, T., Köse, C., Akbaşlı, A., ve Yıldırım, T., 1987, Orta Anadolu'da Nevşehir-Niğde-Konya dolayındaki volkanik kökenli gaz çıkışları. *Ç.Ü. Müh. Mim.Fak.Derg.*, 4, 1, 57-61.
- Ercan, T., 1988, Maar volkanizmasının özellikleri ve Anadolu'dan örnekler. *Akdeniz Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Derg.*, 4, 36-52.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1984, Yeraltı suları jeolojisi. İTÜ Maden Fak. Yayını. 697 s. İstanbul.
- Gat, J. R., and Garmi, L., 1970, Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea area, *Jornal of Geophysical Research*, 75, 3039-3048
- Göçmez, G., 1994, Aksaray Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hidrojeoloji incelemesi. S.Ü.Fen Bilm. Enst. Doktora Tezi. 281 s., Konya
- Göncüoğlu, M.C., 1981, Niğde masifinin jeolojisi. İç Anadolu'nun jeolojisi sempozyumu, T.J.K., 35. Bilim Tek. Kurul. 16-19 s. Ankara.
- Keller, J., 1974, Quaternary maar volcanism near Karapınar in central. *Anatolia. Bull. Volcan*, 38/2, 378-396p.
- Okay, A.C., 1954, Kayseri-Niğde Tuz Gölü arasında jeolojik etüt MTA Rap., No: 2252, Ankara.
- Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J., 1999, User's Guide to PHREEQC (Version 2-A) Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations
- Schoeller, H., 1955, *Geochimic des eaux souterraines es.Ins. France. Petrole. Paris.*
- Seymen, İ., 1981, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. TJK. Bült., 24, 2, 7-14.
- Söğüt, A. R., 2003, Derinkuyu (Nevşehir) ve Çevresinin Hidrojeolojik incelemesi; S.Ü.Fen Bilm. Enst. Doktora Tezi. 127 s., Konya (Yayınlanmamış)
- Şahinci, A., 1986, Yeraltı suları jeokimyası. D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. MM/JEO.86 EY 99, İzmir.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü) 1997, İnsan tüketimi için amaçlanan su standartları, No: 266, Ankara.
- Yurdağül, M., 1998. Niğde-Misli Havzası Hidrojeolojik Revize Etüt Raporu (DSİ), Ankara
- Yüce, Y., 2007, A Geochemical study of the groundwater in the Misli basin and environmental implications. *Environ Geol.* v.51, 857-868 p.

