

ERYAMAN BÖLGESİ (ANKARA) YERALTISULARINDA ^{18}O , ^2H VE ^3H DAĞILIMI

Ahmet APAYDIN
Giresun Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Giresun
ahmet.apaydin@giresun.edu.tr

Murat KAVURMACI
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ-AKSARAY
muratkavurmaci@yahoo.com

(Makalenin geliş tarihi: 05.08.2019, Makalenin kabul tarihi: 16.10.2019)

ÖZ

Başkent Ankara'nın batısında bulunan Eryaman'da bazı bölgelerde kuyularla sulanan yeşil alanlarda çimlerde ve ağaçlarda kuruma ve anormallikler gözlenmektedir. Bu sorunun kaynağını araştırmak amacıyla pilot bir çalışma alanı seçilmiştir. Bu alanda yeraltısularının kimyasal özellikleri ve sulamada önem taşıyan önemli kimyasal parametrelerin dağılımı ve bu dağılımın akifer litolojisi ve dinamiği ile ilişkisi araştırılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda yeraltısularının duraylı izotop (^{18}O , ^2H) ve trityum (TU) dağılımı incelenmiştir. Örnekleme yapılan alanda hidrojeolojik olarak Miyosen yaşlı çörtlü kireçtaşı, marn, kıltaşı, alt seviyelerde çakıltaşıdan oluşan ve güneye doğru evaporit oluşumları da içeren birim (Beyazarı veya Hançili Formasyonu), onunla yanall geçişli olan andezit ve aglomeralar ve Miyosen birimleri üzerinde uyumsuz olarak bulunan çakıltaşı-kumtaşıdan oluşan Pliyosen birimi olmak üzere üç sistem bulunmaktadır. 2008, 2010 ve 2015 yılı sulama mevsimine ait analiz sonuçlarına göre suların oksijen-18 içerikleri 2008, 2010 ve 2015 yılları için sırasıyla; (-8.3 ile -10.47), (-7.43 ile -9.74), (-8.10 ile -10.48); döteryum içerikleri (-61.03 ile -82.47), (-59.98 ile -76.02), (-60.50 ile -74.47); trityum içerikleri ise (0.00 ile 7.0), (0.00 ile 5.80), (0.00 ile 4.61) arasında değişmektedir. Duraylı izotop ve trityum dağılımı kuyu derinliğine karşı anlamlı tepki vermemekle birlikte ana akım yolu boyunca daha derin dolaşım (daha yaşlı) suların katkısıyla oksijen-18 ve döteryumda negatifleşme, trityumda sifıra yaklaşma gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: İzotop, yeraltısuyu, park-bahçe sulama, Eryaman

ABSTRACT

In Eryaman region, located in the western part of Ankara lawns and trees are irrigated with groundwater and some abnormalities is observed with the trees and grasses. A study area was chosen in order to investigate the source of the problem in Eryaman region where these problems started to intensify. In this area, chemical properties of groundwater and distribution of important chemical parameters which are important for irrigation and its relation with aquifer lithology and dynamics are investigated. In this context, the stable isotope (^{18}O , ^2H) and tritium (TU) contents of groundwater were investigated. In the study area, three main sub systems are described as hydrogeologically; (1) Miocene aged cherty limestone, marl, claystone, conglomerate at the lower levels and evaporite formations towards south (Beyazarı or Hançili Formation), (2) andesites and agglomerates which are laterally transitive with Miocene sediments and (3) conglomerate-sandstone which are unconformably overlain on the Miocene units. According to the results of the analysis for the irrigation season of 2008, 2010 and 2015, oxygen-18 content changes from -8.3 to -10.47, from -7.43 to -9.74 and from -8.10 to -10.48; deuterium content changes from -61.03 to -82.47, from -59.98 to -76.02, from -60.50 to -74.47; tritium content changes from 0.00 to 7.0, from 0.00 to 5.80, and 0.00 to 4.61, respectively. Although stable isotope and tritium distribution do not react significantly to the depth of the well, negativity in oxygen-18 and deuterium and depletion in tritium are observed with the contribution of deeper circulation (older) water along the main flow path.

Keywords: Isotope, groundwater, recreational landscape irrigation, Eryaman

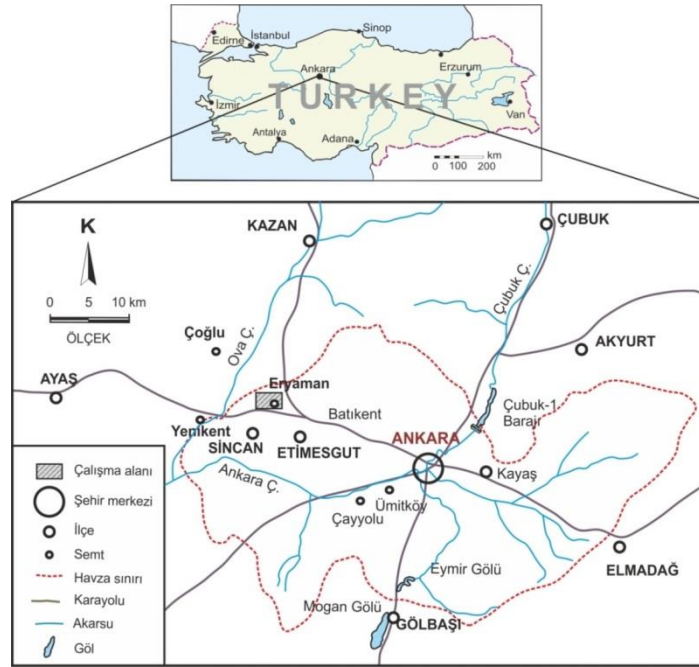
1 GİRİŞ

Eryaman bölgesi, başkent Ankara'nın batısında, düzenli ve yeni sayılabilecek konut alanları ve bu konut alanları arasında yeşil alanlar, parklar ve bahçelerden oluşan bir yerleşim alanıdır. Yeşil alanlar büyük oranda kuyular vasıtasıyla yeraltısularından sulanmaktadır. Sondaj kuyuları ile sulanan bazı sitelerin yeşil alanlarında bazı bitkilerde kuruma, sararma, gelişme bozukluğu gibi anormalliklerin görülmesiyle birlikte yapılan analizlerde kuyu sularında yüksek bor, sülfat ve artık sodyum karbonat (RSC) gibi istenmeyen maddeler tespit edilmiştir [Apaydın vd. 2002]. Bunun üzerine, Eryaman'ın neredeyse tamamını kapsayacak şekilde hidrojeolojik inceleme başlatılmış ve bu kapsamda değişik tarihlerde yeraltısuyu ve toprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Yeraltısularında yapılan kimyasal analiz çalışması kapsamında duraylı izotoplar (oksijen-18 ve döteryum) ile

trityum analizleri de yapılarak yeraltısuyu dinamiğinin anlaşılmasında veri olarak kullanılmıştır.

2 İNCELEME ALANI

İnceleme alanı; Ankara'nın batısında Ayaş ve İstanbul yolu arasında TOKİ etapları ve özel kooperatiflerce inşa edilmiş yerleşimlerin bulunduğu Eryaman semtidir. Adını, Eryaman köyünden (bugün artık köy kentsel alan haline gelerek ortadan kalkmıştır) Eryaman, doğuda ve kuzeyde İstanbul yolu, güneyde Ayaş yolu, batıda ise Fatih mahallesi ile sınırlanmıştır (Şekil 1). Nispeten düzenli ve ferah bir yerleşim alanı olan bölgede binalar arasında sitelere ait yeşil alanlar, parklar, bazı şahıs bahçeleri bulunmaktadır. Belediyeye ait alanlar haricindeki yeşil alanlar çoğunlukla yeraltı sularıyla sulanmaktadır. Bölgede çoğu sitenin sulama amaçlı sondaj kuyusu bulunmaktadır.



Şekil 1- İnceleme alanı bulduru haritası

Bölge kuzeyden güneye eğimli, 800-890 kotları arasındadır. İlç Anadolu'ya özgü karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgede yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Kış yağışları kar ve yağmur şeklindedir. Ankara meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık yağış 388 mm, ortalama sıcaklık 12 °C, ortalama potansiyel buharlaşma 1100 mm'dir. Özellikle Temmuz-Ağustos ve Eylül aylarının sıcak ve kurak geçmesi (bu aylarda ortalama yağışlı gün sayısı sırasıyla 3,5 gün, 2,7 gün ve 4 gün) ve şehir

suyunun pahalı olması, Eryaman halkını kuyu açmaya yöneltmiştir. Eryaman bölgesinde bulunan site yeşil alanlarında çim, iğne yapraklı ağaçlar (sedir, servi, ladin ve karaçam çoğunluktadır), akçaağaç, akasya, ıhlamur gibi mevsimsel ağaçlar ve özellikle süs bitkileri türünden değişik ağaçlar yaygın olarak bulunmaktadır. Parklar ve diğer ortak yeşil alanlarda çim ve süs bitkileri ile birlikte iğne yapraklı ağaçlar daha yaygındır.

3 HİDROJEOLJİK YAPI

Çalışma alanında en yaygın akifer formasyon Miyosen yaşlı kireçtaşı, marn, kumtaşı, (alt seviyelerde yer yer çakıltaşı ve yanıl değışimle evaporit) ve silisli birimdir. Ankara batısında Beypazarı formasyonu [Helvacı 1989] ve Çankırı bölgesinde Hançili formasyonu [Akyürek vd. 1980] olarak bilinen formasyon ince-orta tabakalıdır. Açılan sondajlarda izlenebildiği kadarıyla bu zonların yanıl ve düşey olarak düzensizliği görölmüş ve bu nedenle sondajların birbiriyle korelasyonu mümkün olmamıştır. Kimi yerde derine doğru gidildikçe karbonat ve çörtlerde artış gözlenmiştir. Ancak kuyulardaki (verimleri 0,5-3 l/s arasındadır) paçal filtreleme nedeniyle elde edilen suların çoğu yerde sığ, orta ve derin zonların karışımından ibaret olduğı düşünölmektedir. İnceleme alanının kuzeybatı bölümünde yayılım gösteren andezitik volkanikler de (yer yer aglomeralar içermektedir) akifer özelliğı göstermektedir. Her iki birim de ikincil gözenekliliğı sahip olup, kırık-çatlak sistemleri yeraltısuyu hareketine izin vermektedir. Çalışma alanının orta, güney ve batı bölümünde Pliyosen yaşlı gevşek çimentolu, yer yer çapraz tabakalı kıltaşı-kumtaşı-çakıltaşı birimi Miyosen yaşlı birimi uyumsuzlukla örtmektedir. Kalınlığı en fazla 150-160 m olan Pliyosen birimi birincil gözenekliliğı sahip olup, kumtaşı ve çakıltaşlarının hakim olduğı yerlerde geçirimlidir. Çalışma alanında yeraltısuyu seviyesi 2-28 m arasında değışmektedir. Yeraltısuyu ana akım yönü kuzeydoğudan güney batıya doğrudur.

Bu çalışma kapsamında örneklenen kuyuların bir kısmı Pliyosen ve Miyosen birimini ayrı ayrı veya iki birimi ortak temsil etmektedir. 2008, 2010 ve 2015 yıllarında yapılan izotop ve kimyasal analiz verileri kullanılarak formasyon içinde varsa düşey ve yanıl değışim, formasyonlar arası farklılıklar, belirli iyonların dağılımı ve kökeni-kaynağı gibi hususlara cevap aranmıştır.

4 İZOTOP SONUÇLARI

4.1 Örnekleme, Analiz Yöntemi ve Takvimi

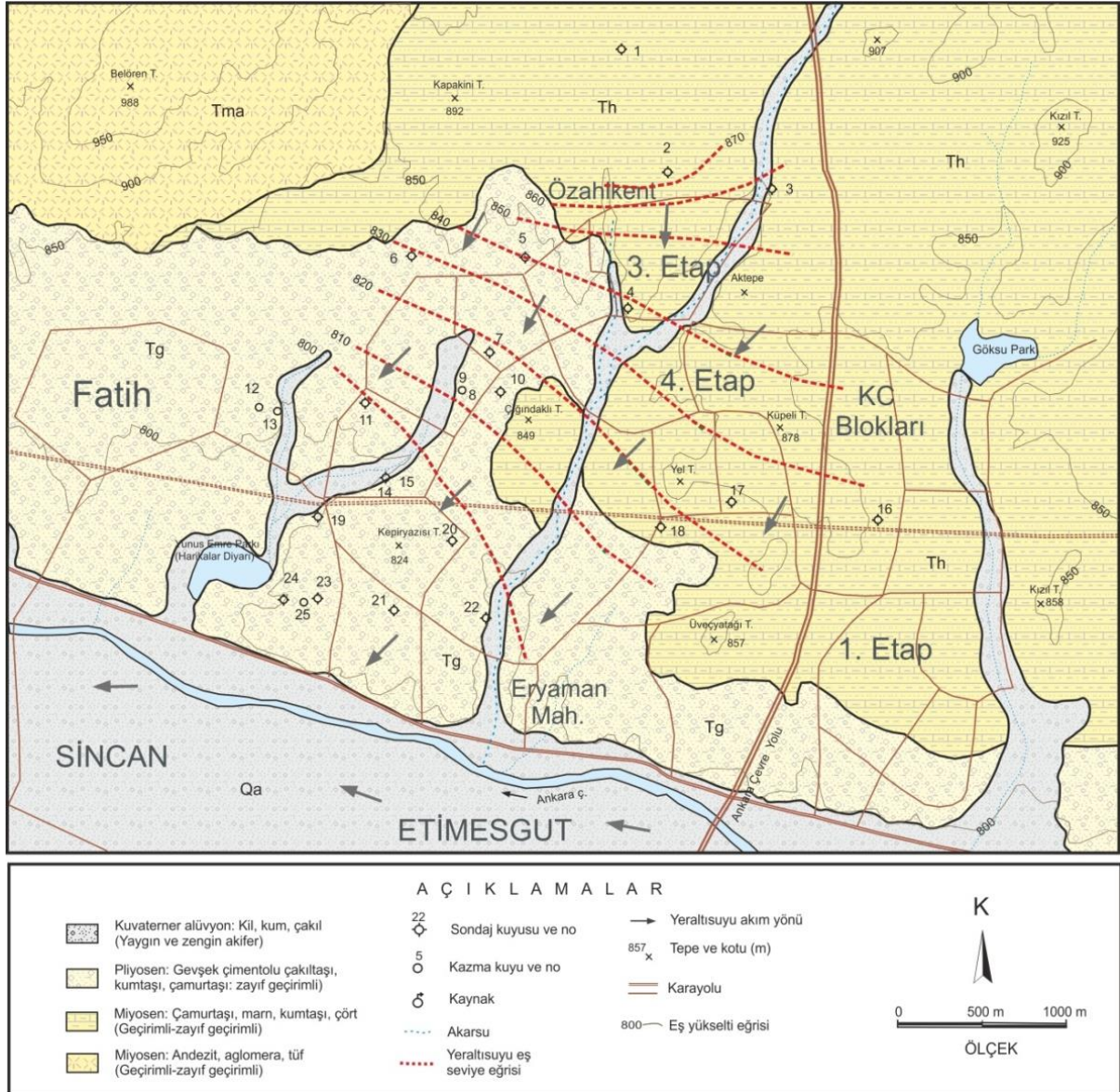
Eryaman bölgesindeki yeraltısularının izotopik bileşiminin araştırılması amacıyla 25 adet kuyu sularından örnekleme yapılmıştır (Şekil 2). 2008, 2010 ve 2015 yılı sulama mevsiminde yapılan örnekleme, çalışan kuyulardan kullanılmamış plastik kaplara, el değmeden yapılmış, örnekler laboratuvara ulaşana kadar serin ve karanlık ortamlarda muhafaza edilerek 24 saat içinde laboratuvara teslim edilmiştir.

Örneklenen kuyuların (derinlikleri 60-150 m arasındadır) hidrojeolojik sistem (ler)i hem alansal, hem de derinliğe bağılı olarak temsil edici olması, kuyuların bir kısmının yeraltı suyu kalitesi konusunda sorunlu yerlerden, diğerlerinin ise sorun yaşanmayan yerlerden seçilmesi tercih edilmiştir. İzotop analizleri DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarında yapılmıştır.

Örneklenen kuyulardan 1, 2, 3, 4 no.lu kuyular inceleme alanının kuzeyinde ve üst kotlarında, çörtlü kireçtaşı-marlarda, 5, 6,7,8,10,11 no.lu kuyular orta bölgede Pliyosen yaşlı kumtaşı-çakıltaşı biriminde, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 23, 24 no.lu kuyular Miyosen yaşlı kireçtaşı-marn (evaporit içeren) biriminde açılmıştır. 23 ve 24 no.lu kuyular çalışma alanındaki en tuzlu, sülfatlı, klorürlü suları temsil etmektedir. Bu kuyulara ait sular evaporit etkisinin en fazla olduğı örneklerdir. Doğı taraftaki 16 ve 17 no.lu kuyular Miyosen biriminin üstte killi kireçtaşı-marn, altta çakıltaşlarını temsil etmektedir. 9, 21 ve 22 no.lu kuyu Pliyosen birimi ile altındaki Miyosen birimini de katetmiş olup, elde edilen su her iki birimin karışımıdır. Derinliği sağlıklı olarak öğrenilemeyen 25 no.lu kuyunun ise yakınındaki 23 ve 24 no.lu kuyulara göre daha sığ olduğı tahmin edilmektedir.

4.2 Genel Dağılım ve Zamanla Değışim

İzotop analizi için örnekleme 2008 yılı Eylül, 2010 yılı Temmuz ve 2015 yılı Temmuz ayı içerisinde yapılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 1) suların oksijen-18 içerikleri 2008, 2010 ve 2015 yılları için sırasıyla; (-8.3 ile -10.47), (-7.43 ile -9.74), (-8.10 ile -10.48); , döteryum içerikleri (-61.03 ile -82.47), (-59.98 ile -76.02), (-60.50 ile -74.47); trityum içerikleri ise (0.00 ile 7.0), (0.00 ile 5.80), (0.00 ile 4.61) arasında değışmektedir. Oksijen-18 değerlerinin zamansal değışimleri incelendiğinde 2008 yılından 2010 yılına geçişte SK-24 haricinde daha pozitif değerler aldığı, 2015 yılına ait örneklerin tamamında ise tekrar negatifleşme gözlendiğı belirlenmiştir. Döteryum içerikleri ise bu değışime pek uymamaktadır. Örnekleme alanının büyük bir bölümünde (beslenme bölgesine yakın kuzey bölümü hariç) trityum değerleri sıfıra yakındır. Muhtemelen daha genç suları temsil eden 1-5 no.lu kuyu sularında trityum 1-6,55 TU arasındadır. Kuyuların çoğunda trityumda zamana bağılı değışim gözlenmezken orta bölgedeki bazı kuyularda (17, 18, 19, 22 no.lu kuyular) muhtemelen çekimlerin etkisiyle sıfırdan artı değerlere doğı bir yükselme söz konusudur.



Şekil 2 - Hidrojeoloji haritası üzerinde örnekleme noktalarının dağılımı

4.3 Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) ilişkisi

Dünya üzerinde farklı yağış istasyonlarından elde edilen izotop verilerinin değerlendirilmesi sonucu oksijen-18 ve döteryum verileri arasındaki ilişki küresel ölçekte belirlenmiştir. Bu lineer ilişki $\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ doğrusu şeklinde Dünya Meteorik Su Doğrusu (DMSD) olarak isimlendirilmiştir [Craig 1961]. Ancak bu doğru yerel iklime ve topoğrafya koşullarına göre farklılıklar gösterebilir [Sayın ve Eyüpoğlu, 2005].

2008, 2010 ve 2015 yılları için çizilen Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) ilişkisini gösteren grafiklerde (Şekil 3) suların Dünya Meteorik Su Doğrusuna ($^2\text{H} = 8 \cdot ^{18}\text{O} + 10$) ve Ankara doğrusuna ($^2\text{H} = 8 \cdot ^{18}\text{O} + 11,5$) az-çok paralel bir yığın oluşturdıkları, ancak, özellikle 2010 yılı verilerinin her iki doğrunun belirgin bir şekilde

sağında yer aldığı görülmektedir. Bölgenin tektonik, hidrojeolojik yapısı ve su sıcaklığına göre, incelenen yeraltısı sisteminin termal sularla beslenme ve termal sularla ilişkisine dair bir bulgu olmadığı bilinmektedir. Oksijen-18 döteryum grafiğinde dağılıma bakıldığında yıllar arasında döteryumun aynı aralıktta kalması, ancak oksijen-18'de sağa ve sola hareketlenmeler suların sisteme girmeden önce içinde bulunduğu atmosferik nem ve sıcaklık değişimi ile, kısmen de yeraltına sızma gerçekleşmeden önce yüzeysel akış sırasındaki buharlaşma farklılığı ile açıklanabilir. Doğal olarak, sisteme girmeden önce sıcak ortamlarla daha fazla temas eden ve bu nedenle daha fazla buharlaşmaya maruz kalan sular özellikle oksijen-18 yönünden, kısmen de döteryum yönünden pozitifleşerek grafikte sağa doğru sapma göstermektedir.

Çizelge 1- Su örneklerine ait izotop analiz sonuçları

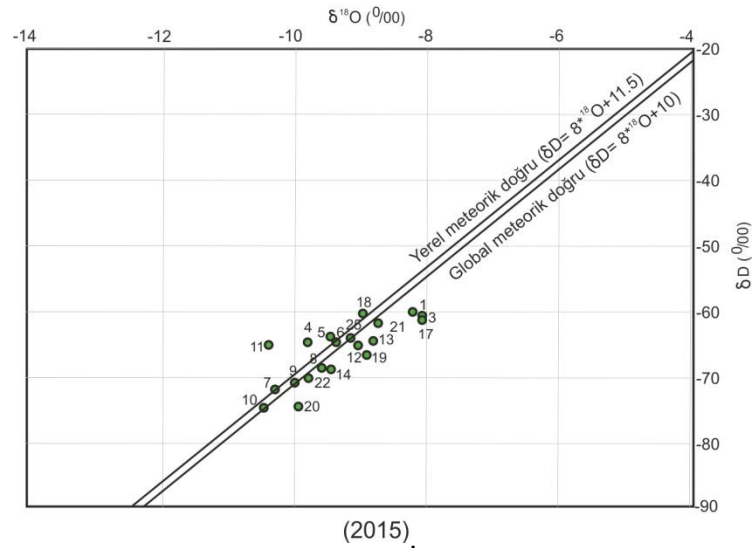
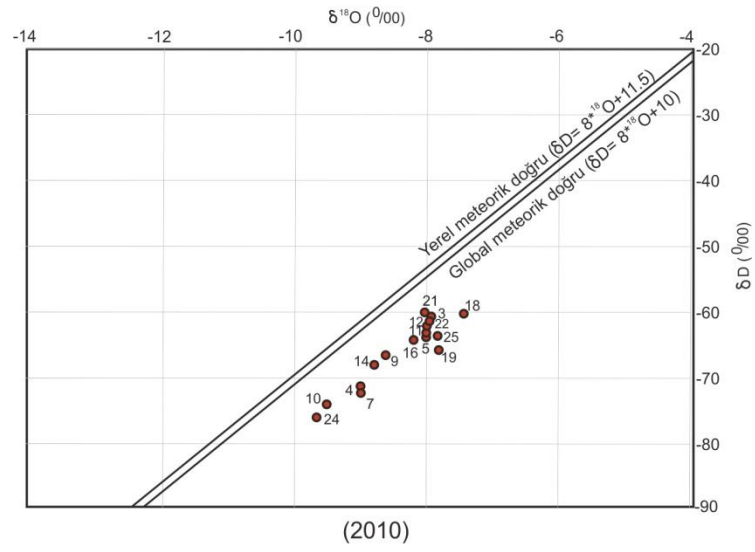
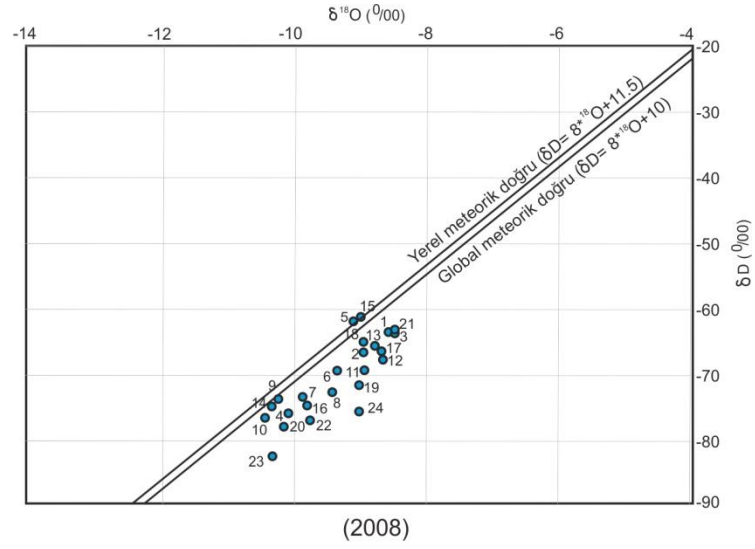
No	Kuyu D. (m)	Ort. EC $\mu\text{S/cm}$	Ort. Cl (me/l)	Ör. Tarihi 27.09.2008			Ör. Tarihi: 21.07.2010			Ör. Tarihi: 16.07.2015		
				$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	Trit. (TU)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	Trit. (TU)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	Trit. (TU)
1	150	679	0,79	-8,60	-63,38	1,10	-	-	-	-8,18	-60,03	0,94
2	125	1279	1,58	-9,07	-66,65	1,10	-	-	-	-	-	-
3	100	1395	3,37	-8,75	-62,79	6,55	-7,88	-61,03	4,05	-8,10	-60,50	4,28
4	80	1083	2,66	-10,18	-75,89	0,00	-9,09	-71,35	0,55	-9,76	-64,70	1,62
5	100	581	1,05	-9,23	-61,43	0,50	-7,99	-64,31	3,45	-9,44	-63,58	1,43
6	120	648	0,71	-9,42	-69,71	0,00	-	-	-	-9,39	-64,87	0,77
7	82	774	1,48	-9,87	-73,39	0,00	-9,09	-72,39	0,00	-10,31	-70,78	0
8	105	736	0,99	-9,45	-72,57	0,00	-	-	-	-9,58	-68,26	0
9	110	1068	1,93	-10,17	-74,01	0,00	-8,64	-66,17	0,20	-9,99	-71,06	0
10	110	949	2,96	-10,47	-76,45	0,00	-9,58	-74,49	0,70	-10,48	-74,47	0,28
11	126	789	2,45	-8,96	-69,27	0,25	-8,03	-63,26	0,25	-8,36	-65,26	0
12	80	1132	2,56	-8,71	-67,43	0,50	-7,96	-63,00	0,60	-8,59	-65,22	0,17
13	60	1979	4,49	-8,82	-65,24	0,60	-	-	-	-8,56	-64,83	0
14	120	1663	4,04	-10,40	-74,60	0,05	-8,78	-67,53	0,55	-9,51	-68,68	0,39
15	60	3500	11,46	-8,98	-61,03	2,85	-	-	-	-	-	-
16	252	988	3,89	-9,80	-73,91	0,00	-8,20	-64,36	1,10	-	-	-
17	80	644	1,00	-8,70	-65,94	0,15	-	-	-	-8,10	-61,26	2,29
18	68	1665	1,19	-9,07	-65,13	0,65	-7,43	-60,60	0,10	-9,02	-60,54	1,36
19	70	2690	3,43	-9,11	-71,15	0,00	-7,76	-66,14	1,95	-8,94	-66,87	1,80
20	105	2151	10,06	-10,15	-77,70	0,00	-	-	-	-9,92	-74,64	0
21	106	1696	3,80	-8,30	-62,83	7,00	-8,07	-59,98	5,80	-8,83	-62,18	4,61
22	122	1718	3,47	-9,82	-76,42	0,90	-7,94	-62,23	3,80	-9,77	-69,96	1,42
23	100	5050	9,82	-10,19	-82,47	0,30	-	-	-	-	-	-
24	136	11820	23,60	-9,09	-75,97	0,15	-9,74	-76,02	0,00	-	-	-
25	?			-	-	-	-7,80	-63,25	3,75	-9,22	-64,32	1,93

4.4 Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Trityum (^3H) ilişkisi

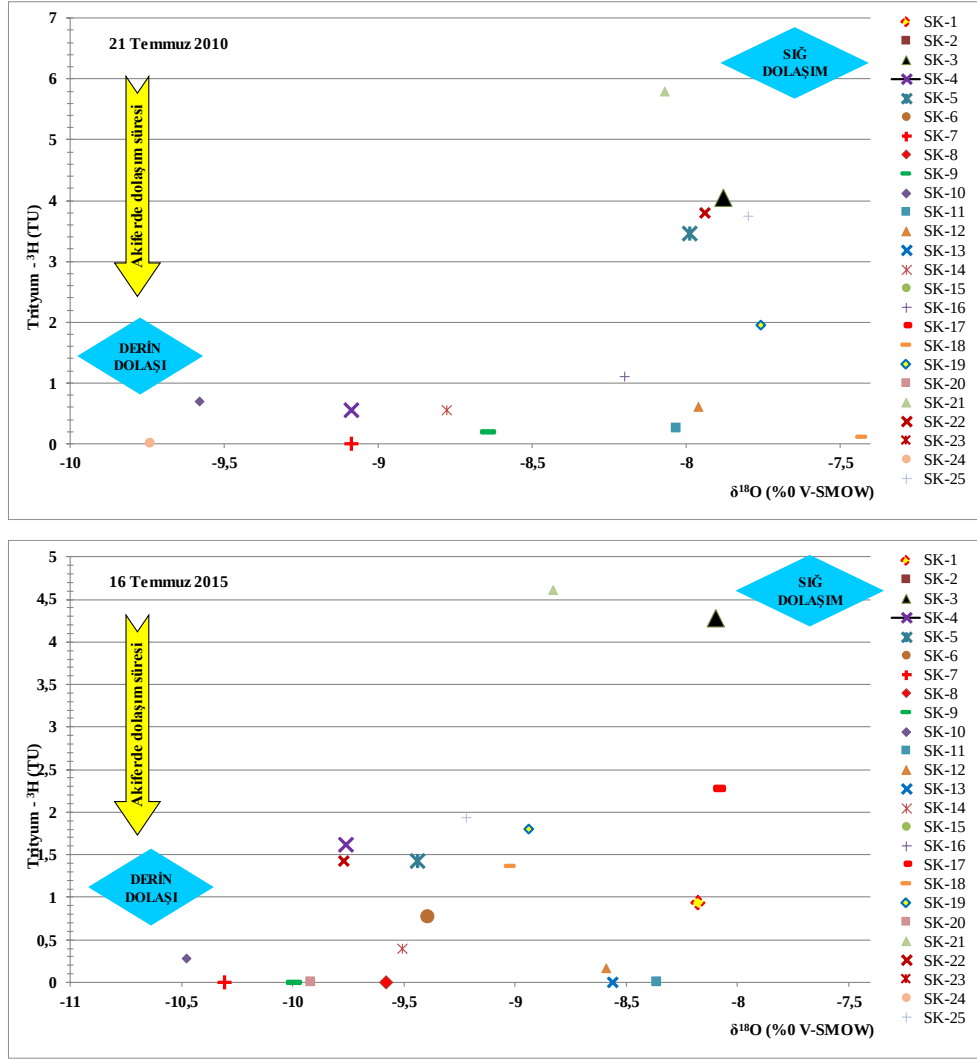
$\delta^{18}\text{O}$ - ^3H grafiği suların akifer içinde kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtır (Şekil 4). Grafiğin düşey eksenini (^3H) boyunca yatay eksene doğru yaklaşıldıkça suların akifer içerisindeki kalış süreleri artmaktadır. SK-3 ve SK-21 kuyusuna ait su örnekleri, hidrolik dolaşımda daha az süre kalmalarından dolayı daha yüksek oranlarda ^3H içeriğine sahiptirler. Bu da söz konusu suların diğer sulara oranla daha sık ve daha kısa dolaşımli olduklarını göstermektedir. SK-15 kuyusuna ait örnek de nispeten sık ve kısa dolaşımli olup, yatay eksene yakın olan diğer örnekler ise derin ve uzun dolaşıma sahiptir. Ancak bu örneklerden eksenlerin kesişme noktasına yakın olanlar, uzak olanlara göre muhtemelen daha yüksek kota sahip bölgelerden beslenmektedir. Suların genel olarak benzer $\delta^{18}\text{O}$ izotop içeriğine sahip olmaları yakın kotlardan beslendiklerine işaret etmektedir. Ancak 2010 yılında örneklenen suların 2008 ve 2015 yılına

göre daha ılıman iklim koşullarında sisteme girmiş olabileceği veya ağırlıklı olarak daha düşük kotlardan beslenmiş olabileceği (örneğin, kar yağışlarının az olması halinde yüksek kottan beslenme katkısı daha az olacaktır) de ilk bakışta akla gelmektedir.

İnceleme alanından alınan su örneklerinin Trityum - ^3H (TU) değerlerinin zamansal değişimleri incelendiğinde 2008 yılından 2010 yılına kadar geçen süre içerisinde bu değerlerin SK-3, SK-18, SK-21 ve SK-24 haricinde daha yüksek değerler aldığı bu örneklerde ise azalma eğilimi belirlenmiştir. 2015 yılında ise SK-3, SK-4 ve SK-18 numaralı örneklerin ^3H değerlerinin arttığı diğer örneklerin ise azaldığı görülmektedir. 2008, 2010 ve 2015 yılları için ortalama ^3H değerleri sırasıyla 0.94, -1.68 ve 1.16 olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Değişimlerin nedeni atmosferdeki trityum oranlarındaki mevsimsel salınım (değişim) ile birlikte akiferi besleyen yağışların trityum içeriğini değişimine bağlanabilir.



Şekil 3- Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) ilişkisini gösteren grafikler (Ankara yerel meteorik doğrusu, Dilaver vd. 2018'den alınmıştır)



Şekil 4- Oksijen-18 (δ¹⁸O) - Trityum (³H) ilişkisini gösterir grafik

Ankara'da 2006-2008 arası çok kurak geçmiştir. Kış aylarında kar yağışı ve bahar aylarında yağmurlar yetersiz olduğu görülmüştür. 2010, 2011, 2012 yılları ise yağışlı geçmiş, ancak 2013'ten itibaren tekrar kurak bir dönem başlamıştır. İzotop örnekleriyle temsil edilen yeraltısuları güncel ve eski beslenimlerin karışımları olsa da, 2008 ve 2015 örneklerinin kurak dönem sonu, 2010 örneklerinin ise yağışlı dönemi temsil ettiğini söylemek yanlış olmaz. Başka bir ifadeyle, 2008 ve 2015 örneklerinde o yıla ve bir önceki yıla ait güncel yağış katkısının muhtemelen 2010 yılına göre daha az olmasını beklemek gerekir. Buna göre örneğin, yağışların ve muhtemelen yeraltısuyu besleniminin az olduğu yıllardan sonra alınan 2018 örneklerinde trityumun 2010 ve 2015 yılına göre daha düşük, yani sıfıra yakın olması

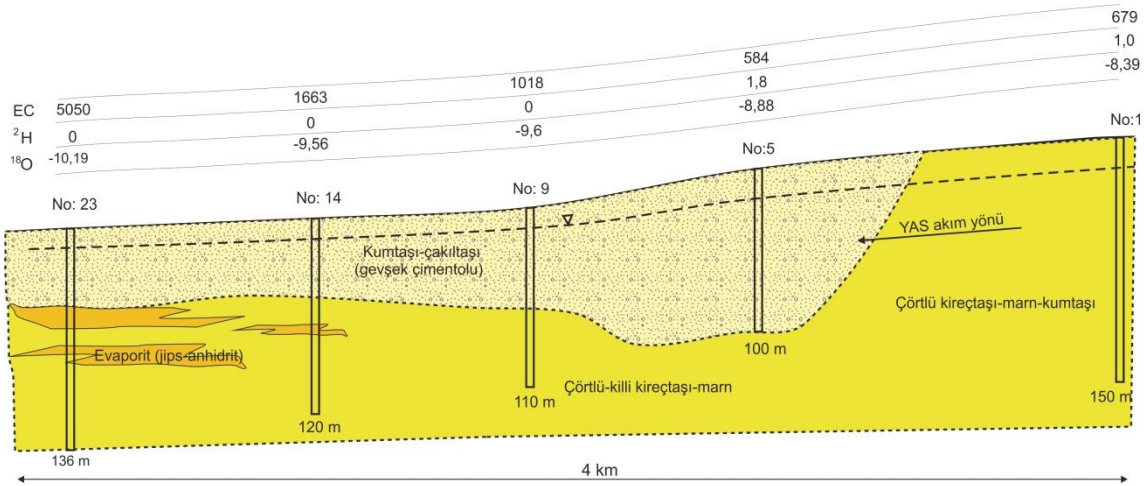
beklenir. Ancak örneklenen hidrojeolojik sisteme muhtemelen güncel katkının etkisinin az olması ve örnekleme yapılan yaz aylarında park-bahçe sulamak amacıyla yoğun çekimlerin etkisiyle sığ ve derin suların birbirine karışması, hatta birbirine yakın kuyuların çekim etkisiyle girişim etkisi bu durumu ortadan kaldırmıştır. Sonuç olarak, alan, zaman ve derinlik açısından karmaşık ve değerlendirmesi zor bir tablo ortaya çıkmıştır.

4.5 Derinlik ve Akım Yolu Boyunca Değişim

Çalışma alanında kimyasal parametreler (örneğin tuzluluğun göstergesi EC, Na, Cl, SO₄) farklı litoloji ve kimyasal bileşime sahip hidrojeolojik ortamları ayırdedici özellik göstermektedir. Buna göre Miyosen akiferinde

çörtlü kireçtaşı, kumtaşı, çakıltasının hakim olduğu bölgeler ve Pliyosen yaşlı kumtaşı-çakıltılarını temsil eden kuyu sularında toplam iyon ve bunun sonucu olarak tuzluluk düşük, evaporitlerin de bulunduğu güney bölgede (Ankara-Ayaş yoluna yakın düşük kotlu bölgeler) ise yüksektir (bkz. Çizelge 1). Kuyuların düzensiz ve paçal filtrelenmesi ve çekimlerin verdiği düzensizlik nedeniyle izotop içerikleri kuyu derinliklerine karşı anlamlı tepki vermemektedir. Ancak akım yoluna bağlı olarak kimyasal ve izotop içeriği az-çok anlamlıdır.

Buna göre kuzeyden güneye doğru akım yolu boyunca EC artmakta, trityum azalmakta, oksijen-18 negatifleşmektedir (Şekil 5). Akım yolu boyunca daha derin dolaşımli suların katkısıyla izotopik farklılaşma (duraylı izotoplarda negatifleşme ve trityumda sıfıra yaklaşma) beklenen bir tablo olmakla birlikte, tuzluluk artışı sadece akım yolunun uzaması nedeniyle değil, daha çok litoloji değişimi (güneye doğru evaporitlerin etkisi) nedeniyle gerçekleşmektedir.



Şekil 5- Eryaman bölgesinde yeraltısu akım yolu boyunca kimyasal-izotopik değişim

5 SONUÇLAR

Bu çalışmada, başkent Ankara'nın kuzeybatısında bulunan Eryaman bölgesindeki Miyosen yaşlı yeraltısu sisteminde suların duraylı izotop (^{18}O , ^2H) ve trityum (TU) içeriği incelenerek elde edilen bulgular akifer dinamiği ile ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Sistemden doksanların sonundan itibaren park-bahçe sulama amacıyla kuyularla su çekilmektedir. İzotop analizi için örneklemeler 2008 yılı Eylül, 2010 yılı Temmuz ve 2015 yılı Temmuz ayı içerisinde yapılmıştır. DSİ'den ve arazi çalışmalarında şahıslardan alınan bilgilere göre 2008-2015 yılları arasında kuyu sayısı zamanla artmıştır. Buna göre çekimlerde de zamanla artış gerçekleştiği tahmin edilmekle birlikte, kurak yıllarda (örneğin 2006-2008 arası ve 2014 yılı) daha fazla, yağışlı yıllarda (örneğin 2010-2011-2012) nispeten daha az su çekildiği tahmin edilmektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre duraylı izotop ve trityum dağılımı kuyu derinliğine karşı anlamlı tepki vermemektedir. Göreceli olarak daha derin ve daha uzun dolaşımli sularda genel olarak trityum içeriği sıfıra daha yakın, duraylı izotop içeriği daha negatif değerlerdedir, ancak yerel hidrojeolojik koşullara

bağlı olarak bu kuralı bozan durumlara da rastlanmaktadır. Bunun nedeni büyük olasılıkla, örneklenen kuyuda paçal filtrelemeyen kaynaklanan karışım ve çekimlerin etkisiyle farklı alt sistemlerin sularının birbirine karışmasından kaynaklanan değişikliklerdir. Ana akım yolu boyunca izotop içeriğinde gerçekleşen değişimler daha anlamlı ve değerlendirilebilir özelliktedir. Kuzeydoğudan güneybatıya doğru olan ana akım yolu boyunca daha derin dolaşımli (daha yaşlı) suların katkısıyla oksijen-18 ve döteryumda negatifleşme, trityumda sıfıra yaklaşma gözlenmektedir. Böyle bir hidrojeolojik sistem tam karışım modeline uygun bir sistem olarak görünmektedir.

6 TEŞEKKÜR

Bu makale, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmiş olan çalışmalardan üretilmiştir. İzotop ve Kimyasal Analizler DSİ Laboratuvarlarında yapılmıştır. Yetkililere ve emeği geçen personele teşekkürlerimizi sunuyoruz.

7 KAYNAKLAR

- [1] Akyürek B., Bilginer E., Çatal E., Dağ Z., Soysal Y. ve Sunu O., 1980. Eldivan - Şabanözü (Çankırı) Hasayaz – Çandır (Kalecik – Ankara) dolayının jeolojisi., M.T.A. Rap. 6741
- [2] Apaydin, A., Öney A., Kumbaroğlu, Ş., 2002. Eryaman-Fatih Bölgesi (Ankara Batısı) Yeraltısularında Bor Tehlikesi Ve Park-Bahçe Sulamada Karşılaşılan Bazı Sorunlar, 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 19-20.
- [3] Dilaver, A.T., Aydın B., Özyurt N.N., Bayarı S., 2018. Türkiye Yağışlarının İzotop İçerikleri (2012-2016), DSİ TAKK ve MMG-AD, Ankara, 44 s
- [4] Craig, H., 1961. "Isotopic variations in meteoric waters," Science 133 (3465): pp. 1702–1703
- [5] Helvacı, C. ve İnci, U., 1989, Beypazarı trona yatağının jeolojisi, mineralojisi, jeokimyası ve yörenin trona potansiyeli: TÜBİTAK Raporu, Proje No: TBAG-685, İzmir
- [6] Sayın, M., ve Eyüpoğlu, S. Ö., 2005. İzotopların hidrolojide kullanılması, II. Ulusal İzotop Teknikleri Sempozyumu, İzmir, s; 323 – 344