

YERALTI SUYU ARAŞTIRMALARINDA İZOTOPLARDAN VE DİĞER İZLEYİCİLERDEN YARARLANMA

Gültekin GÜNAY

D.S.İ. Yeraltı Suları Dairesi, Ankara

Fizik ve kimya alanlarında, son zamanlarda sağlanan ilerlemeler, jeolojik araştırmalarda bazı kimyasal elemanların veya bunların izotoplarının geniş ölçüde kullanılmasını mümkün kılmaktadır. İzleyici olarak «doğal radyoizotoplar» ve «duraylı izotoplar (stable isotopes)» kadar, hemen hemen açınlanmış bütün kimyasal elemanlara ait «yapma izotoplar» ı da kullanmak olanaklıdır. Radyoaktivite ölçümlerinin yüksek duyarlılığı ve yalınlığı, yeraltı suyunda bulunan izotopların en az miktarının saptanmasına yol vermiştir.

Bugünkü durumda, hidrojeoloji çalışmalarında yararlanılan izotoplar, özellikle «duraylı izotoplar» dediğimiz ağır su elemanı olan ve suların yapısında bulunan hidrojen izotopu «döteryum» dur. Aynı zamanda karbon, azot, oksijen, brom, altın gibi başka kimyasal elemanların izotoplarını da izleyici olarak kullanmak olanaklıdır. Bununla beraber, doğal izotopların dışında, yapma radyoizotopların kullanılması sırasında ortaya çıkan sağlık yönünden tehlike, izotopun yayınladığı radyasyonun cinsi, geçtiği oluşuklar içinde tutulması, iyon değişimi yaparak suda çökmesi ve benzeri gibi faktörler yüzünden hidrojeolojik araştırmalarda yararlanılabilecek yapma izotoplar, sayıca sınırlıdır. Uzun süreli deneylerde en uygun izleyici, yapma tritium olmakla beraber, yayınladığı çok zayıf enerjili beta radyasyonunu yerinde ölçmemek ve yarılanma süresinin uzunluğu sebebiyle bazı sorunlar yaratması, ayrıca yurt dışından sağlanma güçlüğü, tritiumun kullanılma alanını daraltan faktörler arasındadır.

NÜKLEER FİZİĞİN TEMEL KAVRAMLARI VE İZOTOPLAR

İzleyici olarak kullanılan izotoplarla ilgili denemeleri anlatmadan önce atomun yapısından söz etmek, konunun anlaşılması yönünden yararlı olacaktır.

Atom, bir çekirdek ve bunun etrafında belirli yörüngelerde dönen elektronlardan meydana gelmiştir.

Her elektron (—) yüklüdür ve bu yükün değeri 1.6×10^{-31} coulomb'dur. Duraylı halinde bir elektronun kütlesi 9.1×10^{-31} kg dır.

Çekirdek, nötron ve protonlardan yapılmıştır. Nötronlar elektrik bakımından yüksüzdür ve küteleri 1.00898 a.k.b. dır. Atomdan, bu kütelerinin farklı oluşuyla ayrılırlar.

Elementler çekirdekdeki proton sayısı ile tanınırlar. Bu sayı atom numarası Z olarak anlatılır, Periyodik cetvelde elementlerin sınıflandırılması Z ye göre yapılır. Çekirdekdeki nötron ve proton sayıları toplamı kitle numarası A olarak adlandırılır. ($Z X^A$ şeklinde gösterilir).

Yüksüz bir atom, çekirdeğin etrafını saran elektronlar kadar protona sahiptir. Elektron kütlesi, proton kütlesinin $1/1837$ si kadar olduğundan, atomun kütlesinin çekirdekte toplanmış olduğu kabul edilebilir. Elektron sayısı bir atomun büyüklüğünü yansıtır.

İzotoplar, atom çekirdeğinden nötron çıkarılması veya ilâve edilmesiyle oluşurlar.

SULARIN İZOTOPIK BİLEŞİMLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Bu yazıda, suyun kimyasal bileşimleri olan hidrojen ve oksijenin izotopları üzerinde durulmuştur.

Aşağıdaki çizelge, hidrojenin 3 izotopu ile oksijenin 6 izotopu hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir. Bu arada şunu not etmek gerekir: Hidrojenin izotoplarından biri (tritium) ile oksijenin izotoplarından üçü radyoaktif olup, ışın yayınlamaya bozulurlar.

Suların, genellikle karşılaşılan en önemli izotopik bileşimleri aşağıdaki gibidir:

H_2O^{16}	997680 ppm (milyonda bir kısım)
HDO^{16}	320 ppm
H_2O^{18}	2000 ppm

Duraylı izotop denilen, döteryum ve oksijen-18 izotopları, numune de ölçülen ağır izotop miktarının, standart deniz suyundan (SMOW= Standard) Mean Ocean Water) olan bağıl sapma miktarları şeklinde an-

HİDROJEN VE OKSİJENİN İZOTOPLARI

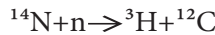
Atom/izotop	Ç e k i r d e k		Elektron	Yarı ömür
	Proton	Nötron		
¹ ₁ H Hidrojen atomu	1	0	1	sonsuz
² ₁ H Döteryum	1	1	1	sonsuz
³ ₁ H Tritium	1	2	1	12.26 yıl
¹⁴ ₈ O	8	6	8	76.5 sn.
¹⁵ ₈ O	8	7	8	2.1 dak.
¹⁶ ₈ O Oksijen atomu	8	8	8	sonsuz
¹⁷ ₈ O	8	9	8	sonsuz
¹⁸ ₈ O	8	10	8	sonsuz
¹⁹ ₈ O	8	11	8	29.5 sn.

latılır. Eğer mutlak kapsam (a) ile gösterilirse, δ bağıl sapması aşağıdaki şekilde bulunur :

$$\delta = (a_{\text{numune}} - a_{\text{standart}}) / a_{\text{standart}} \cdot 10^3 \%$$

TRİTİUM

Tritium, doğal veya yapma olarak radyoaktif izleyicilerin en önemlilerinden biridir. Tritiumun yağışlarda ağarması, başlıca iki kaynaktan beslenmesi ile olur. Birincisi doğal olan bir olay sonucu olup, atmosferde nötronların kozmik ışınların etkisi sonucu azotu bombalamasıyla aşağıdaki şekilde oluşur:



İkinci kaynak, yapma tritium olup, 1952 yılından beri yapılan termönükleer denemeler sonucu atmosfere yayılmıştır.

Tritium, «tritium birimi» denilen ve (T.U.) ile gösterilen bir birim ile

ifade edilir. 1 T.U., 10^{18} hidrojen atomundaki 1 tritium atomunu gösterir.

Tritium değerlerinin hidrojeolojide kullanılması genellikle suların yaşının bulunması şeklinde olur. Ayrıca yeraltı suyu bölgesel hızının da saptanması mümkün olmaktadır. Bunun için radyoaktif çürüme (decay) denklemi, yağış sularının yeraltına süzöldükten sonra geçen zamanı (yeraltı suyunun yaşını) saptamak için kullanılır:

$$C = C_0 e^{-\lambda t}$$

C = Alınan numunedeki tritium derişimi

C_0 = Suyun başlangıçtaki tritium derişimi

λ = Tritiumun radyoaktif çürüme sabiti

t = Geçiş zamanı (transit time)

şekil 1, tritium izotopunun doğaldaki dağılımı, şekil 2, hidrojenin izotoplarını şematik olarak göstermektedir.

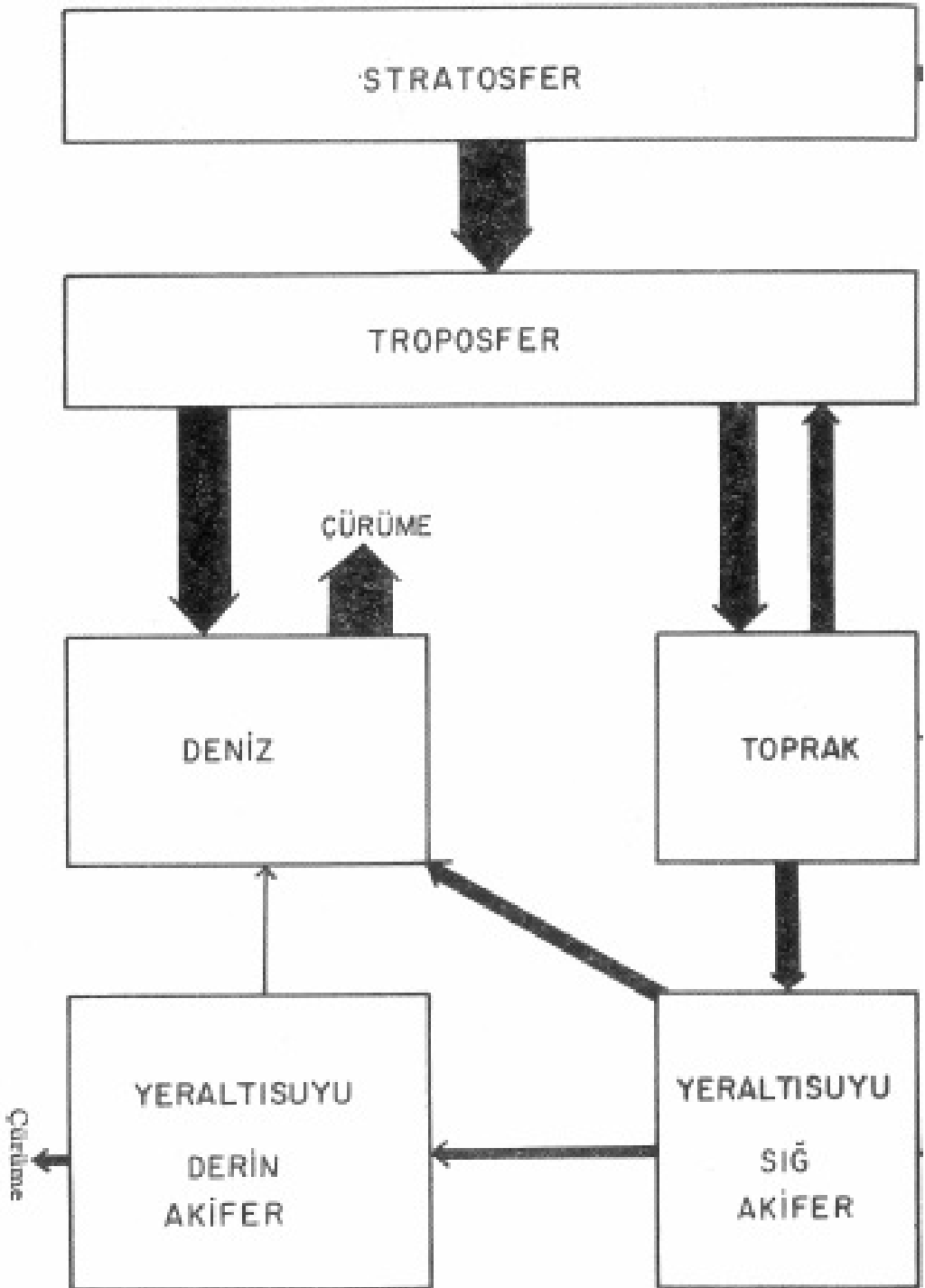
Tritium ile ilgili önemli yönler şunlardır:

- a) Yağıştaki tritium derişimi yükseklikle artar.
- b) Enlem etkisi küçük ölçüde görülür.
- c) Deniz sahillerindeki alanlarda iç kısımlara göre tritium değeri daha küçüktür.
- d) Deniz suyunun tritium değeri çok düşüktür. Deniz kıyısından başlayarak yükseldikçe tritium değeri artar.

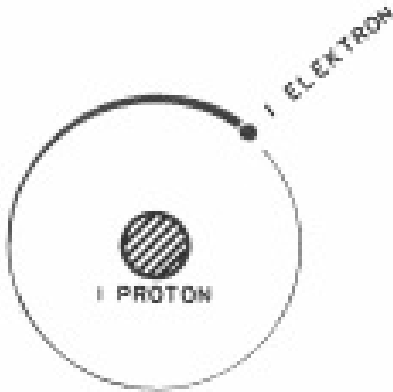
DURAYLI İZOTOPLAR

Duraylı izotop dediğimiz oksijen-18 ve döteryum, radyoaktif olmadıkları için zamanla çürümeleri de bahis konusu olamaz. Bu bakımdan, sularda izleyici olarak kullanılmalarıyla önem kazanan bu izotoplara dayalı izotoplar denilmektedir.

Duraylı izotopların sularda bulunan miktarları, daha önce de belirttiğimiz gibi, 320 ppm HDO¹⁶ (döteryumlu su), 2000 ppm H₂O¹⁸ (oksijen-18 H su) ve geri kalan 997680 ppm miktarındaki su normal sudur (H₂O¹⁶).



Şekil 1 - Tritiumun tabiattaki devrini gösterir şematik resim.

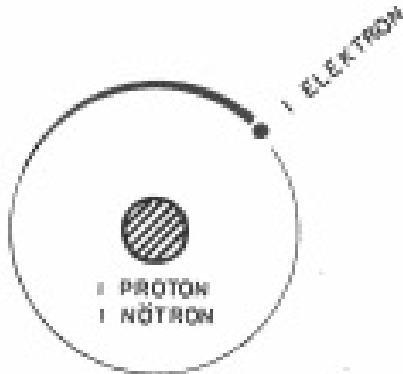


HİDROJEN

ATOM AĞIRLIĞI 1

ATOM NUMARASI 1

(Tabiattaki toplam hidrojenin yaklaşık olarak % 99,97 si)

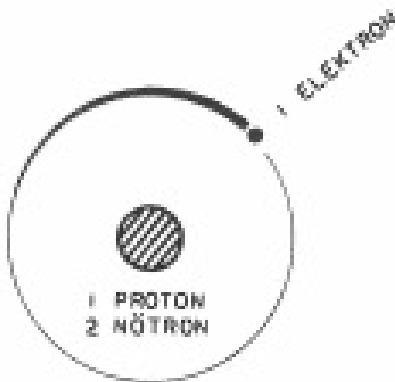


HİDROJEN İZOTOPU (DÖTERYUM)

ATOM AĞIRLIĞI 2

ATOM NUMARASI 1

(Tabiattaki toplam hidrojenin yaklaşık olarak % 0,02 si)



HİDROJEN İZOTOPU (TRİTYUM)

ATOM AĞIRLIĞI 3

ATOM NUMARASI 1

(Tabiattaki Döteryumdan daha az miktarda)

Duraylı izotoplardan yeraltı suyu çalışmalarında köken saptanması için yararlanılır. Beslenme alanında yağışlardan alınan numuneyle havzadaki yeraltı suyundan alınan numunelere alt değerler, (δD ordinat, $\delta 18$ apsis olarak bir graf hazırlandığında) aynı doğru üzerinde bulunur. Buharlaşmış sular grafın pozitif yönüne doğru büyür. Genellikle bit bölgedeki yağışlara ait duraylı izotop değerleriyle yeraltı suyuna ait izotop değerleri, eğer suların kökeni aynı ise graftan anlaşılır. Ayrıca yeraltı soyuna buharlaşma etkisi olup olmadığı, karışma varsa bunun oranı, bu çeşit çalışmalar sonucunda aydınlığa çıkmaktadır.

Duraylı İzotopların özellikleriyle ilgili yönler şunlardır:

- a) Deniz suyu, ağır izotoplar yönünden zengin olup, bitevil izotopik bileşime sahiptirler.
- b) Tatlı sular, ağır izotoplar yönünden deniz suyundan daha düşük değerlerdedirler.
- c) Deniz suyunun O^{18} ve D bileşimleri genellikle paralel olarak değişir.
- d) Yağışlardaki ağır izotop miktarı, deniz dikeyinden yükseldikçe azalır.
- e) Tatlı sulardaki ağır izotop bileşimi enlem ve yüksekliğin artmasıyla azalır.
- f) Ağır izotopların yükseklikle değişim miktarı her 300 m için deneysel olarak saptanmıştır. Buna göre:

Oksijen-18 değişimi..... $\delta 18=1 \%$
 Döteryum değişimi..... $\delta D= 8 \%$

YERALTI SUYU ARAŞTIRMALARINDA KULLANILAN İZLEYİCİLERİN GRUPLANDIRILMASI

Yeraltı suyu araştırmalarında kullanılan izleyiciler aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

a) Doğal izleyiciler

Suların kimyasal bileşimleri, ısı, çamurlu akıntılar ve sulardaki tritium, oksijen -18, döteryum gibi doğal izotoplar.

b) Katı izleyiciler

Saman, kepek, tahıl, v.b.

c) Renkli izleyiciler

Rhodamine B, Fluorescine, Uranine gibi boyalardır.

d) Kimyasal İzleyiciler

Klorürlü olanlar (NaCl, CaCl₂, LiCl, NH₄Cl, vb,

Sodium bichromate (Cr₂ . 07. Na₂ 2H₂ O), katyonlar (Ca, Mg, K, Na).

e) Radyoaktif izleyiciler

Akifer tarafından tutulmayan, sağlanması kolay ve ucuz radyoaktif izleyiciler şualardır:

İzotop	Yarı ömür	Yayınladığı ışın
Brom-82.....	1.5 gün	Beta+Gama
İyod -131.....	8.05 gün	Beta+Gama
Krom-51.....	28 gün	
İyot-125.....	60 gün	
Kobalt-60.....	5.2 yıl	Beta+Gama
Kripton-85.....	10.6 yıl	
Tritum.....	12.26 yıl	Beta

İdeal bir izleyicide aşağıda belirtilen özellikler bulunmalıdır:

- Çok düşük derişimlerde bile sudaki miktarı tayin edilebilmelidir.
- Sularda doğal olarak ya hiç bulunmamalı, ya da eser miktarda olmalıdır.
- Sular ile tortu bırakacak tepkime yapmamalıdır.
- Geçirgen ortam tarafından tutulmamalıdır.
- Ucuz ve kolaylıkla sağlanabilmelidir.
- Sağlık yönünden tehlike yaratmamalıdır.

Aslında hiçbir izleyici madde yukarıda belirtilen özelliklerin tamamına sahip değildir. Bu bakımdan, deneme yapılacak sahanın ve problemin durumuna en uygun olan izleyici seçmek gerekir.