

Değerli Üyelerimiz,

"Doğal kaynaklarımızın gerçek sahibi halkımızdır" Odamız örgütlü olduğumuz yıldan beri bu ilkeyi bu güne kadar savunmuştur..

Yeni hükümetle birlikte ard .arda açılan PAKETLER zincirinde Madencilik Sektöründen 10 Milyar Dolar gelir bekleyenler hemen gündeme Yeni Maden Yasasını getirdiler.., Odamız yıllardır Madencilik Sektöründe önerdiklerini, Yeni Yasa düzenleme çalışmalarına katılarak dile getirmiş ayrıca bunları Enerji Bakanlığına yazılı olarak da iletmiştir;.. Yasa çalışmaları Ödamızca yakından ve ilkelerimizden ödün vermeden izlenmektedir. Yeni Yasa Çalışmaları ile birlikte gündeme getirilen Madencilik. Bakanlığı kurulmasına Odamız olumlu bakmaktadır. Ancak yeni Bakanlığı sadece siyasal kadrolaşma olarak gören anlayışa da sonuna kadar' karşı çıkılacaktır.

Değerli meslektaşlarımız örgütlülüğümüzün 50., yılı olan 1997 yılı içinde, Odamız 50. yıl etkinliklerine Jeoloji Mühendislerinin toplumdaki işlevi açısından özel bir önem vermektedir. Daha önceki sayılarımızda da duyurduğumuz gibi GEOENV'97 JEOLojİ ve ÇEVRE 1-5 Eylül 1997'de İstanbul'da gerçekleştirilecektir... Sempozyum etkinliklerimiz tüm yoğunluğu ile devamı, etmektedir..

Ayrıca, 50. yıl etkinlikleri kapsamında, Antalya Şubemiz 28-30 Kasım 1996'da Akdeniz Zemin Sempozyumunu gerçekleştirecektir.

Adana Şubemiz 1 Kasım 1996'da Mersin'de Yerleşim Yerlerinde Zemin Etütleri Panelini gerçekleştirecektir.

İstanbul Şubemiz 1997 Haziran'ında Su ve Çevre konulu Sempozyum düzenlemektedir.

17-19 Şubat 1997'de Ankara'da Jeoloji Mühendisliği ve Sondaj Uygulamaları Sempozyumunu, 2-4 Nisan. 1997'de Ankara'da Yeraltı Suları Sempozyumunu, 28-30 Nisan 1997'de Ankara'da Maden Jeolojisi Sempozyumunu gerçekleştirecektir.

Siz değerli üyelerimizin tüm bu çalışmalara büyük katılımlar koyacaklarına eminiz, Bu etkinliklerin başarıya ulaşması hem mesleğimize, hem ülkemize büyük faydalar sağlayacaktır.

50. Yılımız tüm arkadaşlarımıza kutlu olsun.

Berberer üretelim ve üretmeye devam edelim....

Saygılarımızla,
Yönetim Kurulu

Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemlerinin hidrojeolojide kullanım olanakları

Mehmet Ekmekçi, H.Ü., Jeoloji Müh. Böl. Beytepe, Ankara

Kuvaterner yaşlı karasal ortamlarda çökelten litolojik malzemelerin yanal ve düşey devamlılıklarının az olması, bu tür ortamlarda, klasik litostratigrafik yöntemle yapılan denetim çalışmaları, özellikle, bölgesel araştırmalar söz konusu olduğunda, güvenilir sonuç vermesini engellemektedir... Kuvaterner dönemini çalışan yerbilimciler, bu sorunu, belli bir döneme ait fauna ve flora örneklerinden yararlanarak aşmaya çalışmışlardır: Ancak, biyolojik evrimin çok yavaş olması, bu yöntemlerle 1 milyon yıldan daha genç yaşların belirlenebilmesine olanak vermemektedir. Kaldı ki, benzer paleoklimsel koşullarda aynı toplulukların, farklı dönemlerde ortaya çıkması da olasıdır. Bu durum da, sağlıklı yaş verme ve denetim olanağını kısıtlamaktadır, Kuvaterner jeolojisinde olduğu kadar, arkeometri, jeomorfoloji, jeotermal sistemler, jeokimyasal araştırmalar ve karst evriminin belirlenmesinde de kullanım, potansiyeli yüksek olan Uranyum- Serisi Yaş Saptama Teknikleri, bu tür sorunlara sayısal, güvenilir ve hassas çözümler getirmektedir.

Öte yandan, hidrolojik bir havzanın hidrodinamik yapısının ortaya konması, karst hidrojeolojisi incelemelerinde öngörülen amaçların başında gelmektedir, Sistemin hidrodinamik yapısı, karşılığının zaman içinde üç boyuttaki gelişmesine bağlıdır, Söz konusu gelişme, karşılığın etkileyen koşullara (iklimsel, kimyasal, stratigrafik, yapısal vb.) bağlı olarak hızlanır, yavaşlar veya durur.. Çözünme ve çökellenin jeolojik zaman cetvelinde kısa sürelerde meydana gelmesi ve bu tür çökellen aralarında düzenli, sürekli ve

yaygın iitostatigrafik bir ilişki bulunmayışı, özellikle bölgesel anlamda yapılacak denetim, değerlendirme ve yorumun sağlıklı ve hatalı olmasına neden olmaktadır.. Bu tür sorunlar, Kuvaterner dönemi için, büyük oranda Uranyum Serisi ile Yaş Saptama Teknikleri ile çözülebilmektedir. Sunulan çalışmada, yaş saptama tekniklerinin temel ilkeleri verildikten sonra bu tekniklerden özellikle karst hidrojeolojisinde yararlanma olanakları konusu tartışılmıştır..

Giriş

Uranyum Serisi (U - Serisi) ile Yaş Saptama Yöntemleri, 1 milyon yıl yaşına kadar olan çok çeşitli jeolojik, malzemelere uygulanabildiklerinden, özellikle Kuvaterner jeolojisi çalışmaları açısından büyük önem taşımaktadırlar, Ivanovic ve Harmon (1992)"nin bildirdiğine göre, ilk uygulamalar, Joly (1908)'in derin denizel çökellen radyum (Ra) içeriğinin, sığ denizel çökellerinden yüksek olduğu yolundaki gözlemleriyle başlamıştır. Daha somaları, Figgot ve Uray (1942) Ra fazlasının, yine yüksek oranda, bulunan 230Tl (toryumdan kaynaklandığını ortaya, koymuştur. H. Dünya Savaşından sonra, radyoaktivitenin daha sağlıklı ve hassas bir şekilde saptanabilmesini sağlayan tekniklerin geliştirilmesi derin, deniz, çökellerinin kronolojilerinin oluşturulmasını sağlamıştır. U - Serisi ile Yaş Saptama Tekniklerini, karasal karbonatlı çökelere (mağara çökelleri ve tcavertenler) ilk Arak Rosholt ve Antal (1962) uygulamışlardır (Ivanovic and Harmon, 1992).

Özellikle Kuvaterner jeolojisi jeokimyasal ve jeotermal prospeksiyon, paleoklimsel yorumlamalar ve jeomorfolojik evrim gibi çalışmalara sayısal veriler sağlayan bu tekniklerin karstlaşma evriminin ortaya konmasına yönelik olarak önemli bir kullanım alanı bu-

hunnaktadır. Karst. hidrojeolojisi incelemelerinin ilke-miz için önemi, 'Türkiye'nin yüzölçümünün yaklaşık, üç-tebirinin karsilaşabilen karbonatlı kayalarla kaplı ol-masından kaynaklanmaktadır. Karmaşık bir hidrodinamik, yapı sunan karstik alanlarda bulunan ye-raltısuyu araştırmaları, klasik yöntemler dışında, özel bazı yöntem ve teknikler' gerektirmektedir.. Türkiye'de bu tür alanlarda bulunan yeralüsuyu potansiyelinin önemli bir bölümünden halen yararlanılamamaktadır. Bugün sayısal, olarak ortaya, konamayan birçok, para-metre arasında karsüaşma evrimine ilişkin parametreler-in de bulunması, yeraltısu akımının meydana geldi-ği yolların sağlıklı, bir şekilde belirlenebilmesini engellemektedir. Bu amaçla yapılan speleoloji çalış-malarına büyük katkılar¹ sağlayacak olan Uranyum Serisi Yaş Saptama. Tekniklerini uygulama, çalışmaları, bu alanda, büyük, bir eksikliği tamamlamış olacaktır;. Sayı-sal sonuçlar veren Uranyum Serisi. Yaş Saptama Tek-nikleri, Kuvateme yaşlı malzemelerde kronostratigrafi,, paleo.ikli.msel yorum ve deniz seviyesindeki alçalma - yükselm.ele.rin belirlenmesi., buradan giderek karsüaşma evrimi ve sistem (akiferin) hidrodinamiğinin ortaya konmasında, büyük, yararlar sağlayacaktır.

Kuvaterner donemi yaş saptama yöntemleri

Colma et al (1987) ve Smart and Frances (1991) Kuvaterner dönemi yaş. saptama yöntemlerini, kullandıkları teknik ve- verdikleri sonuçlara bağlı, olarak iki tür sınıflama önermişlerdir (Çizelge 1).

1- *Sayısal Yöntemler:* Bu tür yöntemler, "belli bir ha-ta payı ile salt (absolut) yaş verirler. Yöntemde yaş, beEi bir ölçek kullanılarak sayısal olarak verilmektedir., Radyokarbon ve diğer² izotopların kullanıldığı yöntemler bu gruba girerler.

2- *Kalibrasyon Yöntemleri:* Herhangi bir parametre-nin zaman içerisinde sistematik olarak, meydana gelen değişimlerinin ölçüldüğü yöntemlerdir.. Ancak, burada değişimin ölçülmesinde kullanılan ölçüt yine başka (ve çoğu durumda, bilinmeyen) bir- değişkendir., Bu nedenle, bağımsız bir 'kronolojik parametre ile kalibrasyon yapılmaktadır. Yapılış tarihi bilinen mezar taşları, duv.ai.ai" ve binalar özerinde likenometri. ve radyokarbonlu mor-enler kalibrasyon. için kullanılabilirlerdir.

3- *Bağlı Yöntemler:* Adından da anlaşıldığı gibi, bağlı yaşlar veren bir grup yöntemlerden ancak, yakla-şık büyüklükler elde edilebilmektedir. Bağlı yaşı gös-teren bu büyüklükler, bağımsız kronoloji bir parametre bulunduğu takdirde kalibrasyon yöntemlerinin verdiği, yaşa dönüştürülebilirler.. Aminoasit. teknikleri bu yön-temlere örnek oluştururlar. Bu tekniklerde hesaplaması

güç olan. parametre., epimerizasyon hızıdır.. Çünkü, epi-merizasyon hızı büyük ölçüde geçmişte hüküm süren. iklim koşullarına bağlıdır.

4- *Korelasyon Yöntemleri:* Bu yöntemler' sadece,, herhangi, bir olaya eşdeğerlik kanıtları sağlarlar. Derin deniz karotlanndan elde edilen foraminiferlerdeki ¹⁸O içeriği buna bir örnektir.

Bunların dışında, temel ilkeler, kabul edilen, varsay-ımlar, kullanılan teknikler ve uygulama alanlarına gö-re altı grup yöntem belirlenmiştir (Çizelge 1)' Herhangi bir çalışmada kollanılacak, yöntem,, yaş verilecek mal-zemenin türüne,, incelenen, zaman, aralığına ve sonuçta, istenen duyarlılığa bağlı olarak seçilmelidir. Eldeki la-boratuvar olanakları, da yöntem seçiminde önemli para-metrelerden birini oluşturmaktadır. Uygulanacak yön-temde izlenen fiziksel ve kimyasal süreçlere bağlı olarak ancak belli, yöntemlerle 'belirli jeolojik malzeme-lere, yaş verilebilmektedir¹ (Çizelge 2). Öte yandan her yöntemin etkin olduğu bir¹ minimum, ve maksimum yaş. sınırı, bulunmaktadır. Çizelge 3'te çeşitli, yöntemlerin etkin olarak kullanılabildiği yaş aralığı verilmiştir.

U - serisi ile yaş saptama tekniklerinin temel ilkeleri

Dinamik. Denge Kavramı

Kütle Spektrometrisinin gelişmesine bağlı olarak, ilk yıllarda yaş saptamada uranyum serisinin ancak ya-nılanma ömrü ($T_{1/2}$) uzun olan izotopları. $C^{128}!!$, ^{235}U ve ^{232}Th (Şekil 1) kullanılabiliyordu. Yarılanma ömürleri-nin çok ozon olması ise bu tekniğin bir milyon yıldan daha yaşlı örneklerle uygulanabilmesini sağlamıştır. Spektrometrik tekniklerin gelişmesi, son 35 yılda, yarı-lanma, ömürleri dala kısa olan U - serisi izotoplarının yaş saptamada kullanılabilmemesine olanak sağlamıştır.

U - Serisi yardımıyla yaş saptama teknikleri, uran-yumun ve radyoaktif bozunma sonucunda oluşan, ürün-lerinin aktivitelevlerinin ölçülmesine dayanmaktadır. Bir-kaç milyon yıl boyunca her türlü fiziksel, kimyasal, jeolojik vb. olaya kapalı bir durumda kalmış olan ve uranyum içeren herhangi bir doğal malzemede., bozun-maya uğrayan izotop ile bu izotopun bozunması sonu-cunda oluşan ürünler .arasında dinamik bir denge oluş-maktadır. Radyoaktif bozunma zincirini oluşturan izotoplardan birinin ortamdaki uzaklaştırılması veya orta-ma katılması, sözkonusu dinamik dengeyi bozar. İşte bu şekilde oluşan denge bozulması uranyum serisi yaş saptama tekniklerinin temelini oluşturmaktadır,.

Uranyumun, doğal olarak oluşan iki bozunma serisi vardır. Bozunma serilerinin ana. izotopları ^{238}U ve. ^{235}U olup her iki izotopun da. yarılanma ömrü çok ozundur

Çizelge 1. **Kuvaterner Dönemi Yaş Saplama Yöntemleri** (Smart and Frances, 1991''den)..

Sayısal		Sonuç Türü*				
		Kalibrasyon				
		Bağlı				
		Korelasyon				
		İonizifi				
		Kimyasal ve Biyolojik				
Takvimsel	İzotopsal	Radyojenik	Jeomorfik		Korelasyon	
Tarihsel kayıtlar	¹⁴ C	Yarılma - İzi	Aminoasit epimerizasyon	Toprak profili gelişimi	Litostratigrafi	
Dendro-kronoloji	K-Ar ve ³⁹ Ar- ⁴⁰ Ar	Lumüüsans	Obsidiyeo ve lefra hidrasyon	Kayaç ve mineral ayrışması	Tefrokronoloji	
Lamina-kronolojisi	Uranyum serisi.	Elektron-spin rezonans-	Likeometri	Yeryüzü yapısı değişimleri	Paieomagmetizma	
	Uranyum-treod		Toprak kimyası	Çökelme hızı	Fosiller ve tarihi eserler	
	Kozmojenik izotoplar		Kayaç cila kimyası.	Defonnasyon oranı.	Duraylı izotoplar	
	• (²¹⁰ Pb,, ¹⁰ Be, ³⁶ Cl, vb.)					
				Jeomorfik korm	Yörüngesel. değişimler	
					Tekât ve mikroektitler	

*:Kesidli çift çizgilerin arasındaki sonuç türü, çizgilerin uzandığı kesimin altında kalan yöntemlerden genellikle elde edilen sonuç türünü göstermektedir. Kesikli tek çizgiler arasındaki sonuç türü, çizgilerin, altında kalan yöntemlerden ancak belli durumlarda elde edilebilecek sonuç türüdür.

(Şekil. 1). ²³⁸U izotopu, yanlanma ömrünün görece olarak kısa oluşu, (2,4 x 10⁷ yıl) nedeniyle, artık doğada bulunmamaktadır. Fakat bozunma ürünü olan ²³²Th, 1,39 x 10¹⁰ yıllık bir yanlanma ömrüne sahiptir. Bu nedenle doğada yaygın olarak bulunur. ²³⁸U izotopunun bozunması sonucunda oluşan ürünler Şekil 1'de gösterilmiştir. ²³⁸U izotopunun α - taneciği yayarak bozunması sonucu oluşan ²³⁴U izotopu, görece olarak daha. kısa yanlanma ömrü nedeniyle (2,48 x 10⁵ yıl) doğada görece olarak az bulunan uranyum izotoplanndadır.

Bununla birlikte, Şekil 1'den de görüldüğü gibi bozunmaya uğrayan ana izotoplar (başka bir değişle seri başındaki, izotoplar), bozunma sonucu oluşan izotoplardan çok daha. uzun, yanlanma ömürlerine sahiptirler. Bu durum, seri başı. izotopunun atom sayısının,, bozunma

ürünü izotopun birkaç kal yarı ömrü kadar¹ bir süre boyunca sabit kalması anlamına gelmektedir. Bozunma ürün izotopun aktivitesi, kendi, bozunma katsayısına bağlı olup üstel bir fonksiyona uygun bir şekilde artar.

Sözkonusu artış

$$N_2 I_2 = N_1 A_1 (1 - e^{-\lambda t})$$

esitliği ile ifade edilmektedir (Smart and Frances, 1991).

- Eşitlikte

N₁ = bozman atomların, sayısı

I₁ = bozunun izotopun (birincil izotop)² bozunma katsayısı

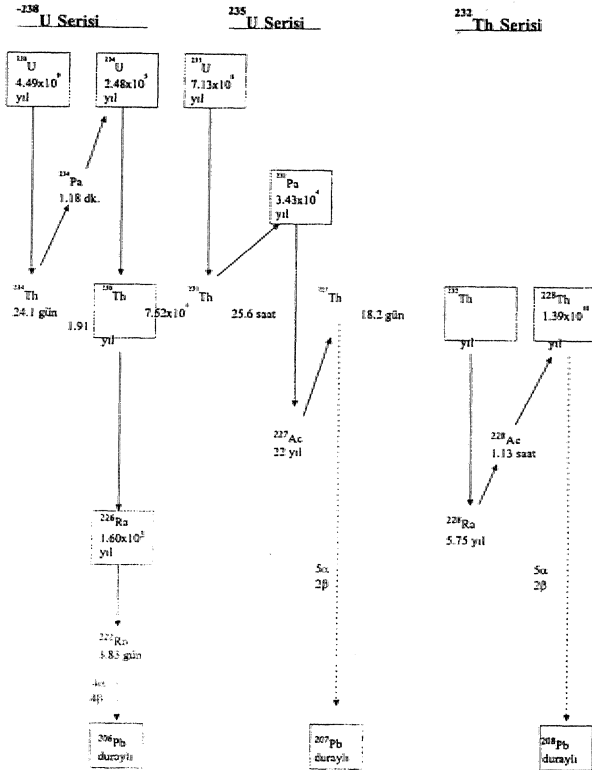
N₂ = bozunma ürünü atomların sayısı

Çizelge 2. Yaş Saptama Yöntemleri ve uygulanabildikleri jeolojik malzemeler. Yöntemin güvenilirliği dörtgenin kapalılık oranı ile artmaktadır. Soru işaretleri yöntemin uygulanabilirliği konusunda yeterli bilgi bulunmadığını göstermektedir. Çizgi ise yöntemin uygulanamadığı malzemeleri göstermektedir (Smart and Frances, 1991).

	Deniz Karotları	Mercan	Volkanik	Sediman	Tufa	Mağara Çökeli	Kabuk	Kemik	Diş	Oğun ve bitki kalıntısı
Radyokarbon	■	■	—	—	■	■	■	■	■	■
Potasyum-Argon	□	—	■	—	—	—	—	—	—	—
Uranyum Serisi	■	■	■	□	■	■	■	■	■	■
Helyum-Uranyum	—	■	????	—	—	????	—	—	—	—
Luminisans	□	■	■	■	????	■	—	—	—	—
Electron spin Rezonans	□	■	■	□	■	■	■	■	■	—
Yarımlama İzi	—	—	■	—	—	—	—	—	—	—
Amino Asit	—	????	—	—	—	—	■	■	■	—
Paleomagnetizma	■	—	■	■	—	□	—	—	—	—
Yörünge Ayarı	■	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Çizelge 3. Çeşitli yaş saptama tekniklerinin etkin oldukları yaş aralığı (α = alfa spektrometresi ile analiz, MS = kütle spektrometresi ile analiz). Parantez içindeki rakamlar, belirli uygun koşullarda erişilebilen eşiği göstermektedir (Smart and Frances, 1991).

Yöntem	Yaş Aralığı (x 1000 yıl)
Radyokarbon	0.3 - 45
Potasyum - Argon	(1) 30 -> 20 000
Uranyum Serisi	$^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$ (α) 100 - 1 500
	$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$ (α) 3 - 350
	$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$ (MS) 0.05 - 500
	$^{231}\text{Pa} / ^{235}\text{U}$ (α) 5 - 150
Helyum - Uranyum	100 -> 2 000?
Uranyum trend	10 - 1 000?
Termoluminisans	0.1 - 100 (500)
Elektron spin rezonans	(1) 5 - 900
Fizyon - İzi	(0.1) 50 -> 2 000
Paleomagnetizma	0.05 -> 2 000
Yörüngesel ayar	1 -> 2 000



Şekil 1. Uranyum Serisi İzotopları ve Yarılanma Ömürleri.

$\lambda_2 =$ bozunma ürünü izotopun (ikincil izotop) bozunma katsayısı

t = zaman ve

$\lambda = \ln 2/T_{1/2}$

$T_{1/2} =$ yarılanma ömrü

t'nin, bozunma ürünü izotopun yarılanma ömrünün birkaç katı. büyük, olması durumunda, bozunma ürünü izotopun (ikincil izotop)' aktivitesinin bozulan izotopun (birincil izotop) aktivitesine oran. 1'e yaklaşıp ve böylece dinamik denge oluşur.

Ayrılanma (Fracilonation) Kavramı

Kimyada, bir' kanşımdan farklı özelliklere sahip bileşenlerin ayrılması çeşitli yöntemlerle sık yapılan bir işlemdir. Sıcaklık parametresi değiştirilerek, örneğin farklı, kaynama noktasına sahip iki sıvı birbirinden ayrılabilir. İzotopların ayrılması ise biraz farklı bir olaydır,. Herhangi bir fiziksel, veya, kimyasal süreç içinde izotoplarda görülen ayrılma kısmi, bir ayrılma. Farklı izotoplar içeren, moleküllerin, fiziko - kimyasal özelliklerindeki küçük farklılıklardan kaynaklanan bu temin ayrılma,, kuramsal olarak 1947 yılında. Bigeleisen,, Ma' yer ve Urey tarafından, incelenmiştir (Ivanovic and Harmon,, 1992),

Uranyum serisine ait izotopların farklı fiziksel ve kimyasal, özellikler göstermesi, sonucunda, bazı izotop-

lar ortamda kalırken,, bazıları ortamdan ayrılırlar. Bu ayrılma, fiziksel ve kimyasal özelliklere bağlı olması nedeniyle, bir' tür tercihli, 'seçilerek' ayrılma şeklinde gerçekleşmektedir.. Bu nedenle bu olay burada, "aynılanma" kavramı ile ifade edilmiştir. Aynılanma, ortamdaki dinamik dengeyi bozmakta ve radyoaktif dengeye neden, olmaktadır.

Uranyum (U), toryum (Tt), protaktinyum (Pa) ve radyum (Ra) elektropozitif elementler olup kuvvetli iyonik bağ kurmaya eğilimlidirler,.. Buna. karşın, radon (Rn) bir soy gaz. olup iyonlaşmamakta ve doğal, koşullarda tepkimeye girmemektedir;. Doğal solarda, Ra²⁺, Th²⁺ ve Pa⁵⁺ genellikle renksiz çözeltiler oluştururlar. U⁴⁺ ve U⁶⁺ derişik, çözeltilerine, dış yörüngede bir veya daha, fazla elektrona sahip olmalarından dolayı genellikle yeşil, ve san renkler verirler (Ivanovich and Harmon,, 1992),,

U ve Th'ın kaynakları

Toryum ve uranyum yerkabuğunda Th/U oran yaklaşık olarak 3,5 olacak şekilde, bulunurlar (Roger and Adams» 1969; Ivanovich and Harmon» 1992), Magmatik kayalarda bu oran genellikle değişmemesi, Th ve Win. magmanın soğuması sırasında aynılanmaya uğramadığını göstermektedir. Goldschmidt (1954) Th ve U'un iyon, yarıçaplarını« büyük olması nedeniyle kristallenmenin son. evrelerinde kristal, yapısına girdiğini., dolayısıyla, olivin ve piroksenlerde nadiren,, buna karşın genellikle granit ve pegmatitlerde bol miktarda bulduklarını belirtmiştir.

Çizelge 4'te, uranyum ve toryumun çeşitli kayalarındaki bollukları listelenmiştir. Görüldüğü gibi kırıntılı çökellerin büyük, bir çoğunluğu 0,5 - 4 ppm oranında U içerirler. Organik maddece zengin siyah, şeyller ile denizel fosfatlar ise 3 - 1200 ppm. düzeyinde U içerebilmektedir.

Öle yandan toryumun doğal sularındaki çözünürlüğü çok düşük olduğundan çoğu kmntli. çökekle, ana. kayaçta bulunduğu kadar bol miktarlarda bulunabilmektedir. Kireçtaşları genellikle 2 ppm dolayında, uranyum içerirken,, toryum, içerikleri çok düşüktür veya. hiç toryum, içermezler.

Çökelti kil oranı ve kireçtaşında ağır metal içeriği arttıkça toryumun, bulunma olasılığı artmaktadır;. Dolomitlerin uranyum içerikleri kireçtaşlarından daha düşüktür. Uranyumun büyük bir kısmı dolomitlenme sırasında kaybolmaktadır.

Metamorfik kayalarda, U ve Th. bolluğu,, ana kayadaki U ve Th miktarına ve metamorfizma sırasında meydana, gelen U - Th kaybına bağlıdır,.. Metamorfizma derecesi yükseldikçe,, U - Th miktarı azalmaktadır. Bunun, başlıca, nedeni, Heier and Adams (1965) tarafından, metamorfizma sırasındaki sıvı - gaz kaybı ve bu

Çizelge 4. Uranyum ve Toryumun Kaynakları ve Bulunma Bollukları (Ivanovich and Harmon, 1992).

Kayaç Türü	Adı	U(ppm)	Th(ppm)	Th/U
Magmatik	granit granodiyorit riyolit dasit	2.2-6.1	8-33	3.5-6.3
	gabro	0.8	3.8	4.3
	bazalt	0.1-1	0.2-5	1-5
	ultramafik	<0.015	<0.05	değişken
	eklojit granolit	0.3-3 4.9	0.2-0.5 21	2-4.3 4.3
Metamorfik	gnays	2.0	5-27	1-30
	şist	2.5	7.5-19	≥3
	fillit	1.9	5.5	2.9
	sleyt	2.7	7.5	2.8
	Sedimanter	ortokuvarsit	0.45-3.2	1.5-9
grovak		0.5-0.2	1-7	~2
şeyl: gri - yeşil		2-4	10-13	2.7-7
kırmızı-sarı		2-4	10-13	2.7-7
siyah		3-1250	-	düşük
boksit		11.4	49	~5
kireçtaşı		~2	0-2.4	<1
dolomit		0.03-2	-	-
fosfat		50-300	1-5	<0.1
evaporit		<0.1	<1	-
mağara çökeli		<0.03-100	0-10	-
yaşayan mollusk		<0.01-0.5	düşük	-
fosil mollusk		0.5-8	düşük	-
mercan		2-4	düşük	-
manganez nodülleri		2-8	10-130	~7
denizel kumlar ve killer		0.7-4 1-12	1-30	0.4-10
turba		<50-80	1-5	<1
linyit		<10	-	-
kömür		<6000	-	-
asfalt		10-3760	-	-
petrol	4-77	-	-	

elementlerin yüksek, basınç ve sıcaklık koşullarında hareket edebilme (göçebilme) yetilerinin artışı ile açıklanmıştır.

Uranyum, özellikle linyit, kömür gibi hümitik maddelerden oluşan organik çökellerde büyük miktarlarda bulunmaktadır. Hümitik maddeler, sudaki, (çözümlenir) U ve Wu tutabilme (absorbe) yetileri nedeniyle bu tür çalışmalarda büyük önem taşımaktadırlar. Hümitik maddelerin uranyumu uranil olarak iyon - değişimi ile tutması veya doğrudan doğruya, adsorplaması genellikle

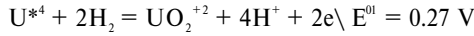
bitkinin ölümünden sonra meydana gelen olaylar olarak bilinmektedir. Bu olaylar birlikte, planktonlar ve tatlı - su alglerinin de buldukları sulu ortamdan $10^3 - 10^6$ kat fazla uranyum içerebildikleri gösterilmiştir (Mann and Fyfe, 1985),

Deniz, suyunda 33 ppb oranında uranyum bulunurken, tatlı suların uranyum içerikleri uranyum içeren kayalar veya malzeme ile temas sürelerine, bu kayaların veya malzemelerin uranyum içeriklerine, buharlaşma oranına, ve uranyumun çözüme geçmesini sağlayan iyonların varlığına bağlıdır.

Yüzeysel solarda, genellikle 0.01 - 5 ppb olan uranyum derişimi, yeraltısularında 0,1 ile 50 ppb arasında değişir. Ancak, yeraltısulan için bu oramı. 2000 ppb'ye yükelebildiği de belirtilmektedir., Yeratasulanndald bu geniş aralıktaki değişimin akım, yolu boyunca uranyumun çökmesine neden olabilen. Eh - pH koşullarına, bağlı, olduğunu açuamışlardır. Buna karşın Th'un doğal sulardaki miktarı yok denecek kadar azdır (Ivanovich and Harmon, 1992).

U ve W i m jeokimyasal özellikleri

Uranyum, ve toryum yükleri +4 iken, yüzeeye yakın ortamlarda ve düşük sıcaklıklarda kimyasal olarak hemen, hemen duradırlar, Ancak,, uranyum, yükseltileyerek IT⁶ haline geldiğinde ortam değiştirebilmektedir.. Be durumu Langmuir (1978), aşığıdaki tepkime ile ifade etmiştir.



Buradaki UO₂⁺², uranil iyonu, olarak, adlandırılmaktadır., Karbonatlı kayaçlarda bulunan uranyum, genellikle uranil iyonu, şeklindedir. Uranil iyonunun. doğal sulardaki çözünlüğü yüksek olup, karbonat ve fosfatlarla, anyon kompleksleri oluşturmaktadır. Bina karşın toryum,, kil mineralleri, 'hidroksitler veya. başka katı madde yzeyerince tutulur (adsorplanır). Uranil içeren çözeltiden, itibaren, biyojenik veya kimyasal olarak, çökme meydana geldiğinde, uranyum da kristal yapısına, girer... Çözeltide toryum, bulunmadığından, bu cokel.de de toryum, bulunmaz. Bu durum, yeni. çökelen malzemede ⁷⁴U izotopunun, bol miktarda,, buna. karşın bu izotopun bozunma urun olan ²³⁰Th izotopunun hiç bulunmaması anlamına gelmektedir. Çökmeden, itibaren zaman geçtikçe ²³⁰Th / ²³⁴U oranı artar ve sonunda, dinamik dengeye ulaşılır...

Uranyum, ve toryumun jeokimyasal çevriminde etken olan. indirgenme- - yükseltgenme ortamları, yeraltısuyunun tuzluluğu, organik: madde varlığı,, taşınma ortamları (kolloid, gaz, sediman vb.) inorganik - biyojenik çökme, tutulma (adsorplanma), sedimentasyon, diyajenez gibi olaylar¹ bu çalışmanın amacına bağlı olarak burada incelenmemiştir. Bu tür bilgiler¹ Goldschmidt (1.954),» Yılmaz (1988) ve Ivanovich .and Harmon (1992)'de bulunabilir.

Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemleri

U - Serisi ile yaş saptama,, kullanılan izotoplara bağlı olarak çok sayıda, yöntemle gerçekleştirilebilmektedir, Ancak, kullanılan izotoplar ne olursa olsun, bütün, yöntemler dayandıkları temel ilkeye göre ikiye ayrılırlar; ortamda ikincil (bozunma ürünü) izotopun denge durumundan *eksik* miktarlarda bulunmasına dayanan.

yöntemler ve ikincil izotopun *fazla* miktarlarda bulunmasına dayanan yöntemler. İkincil izotopun *eksik* oluşuna, dayanan yöntemlerde,, çökme sırasında ortamda sadece birincil izotopun varolduğu, zamanla birincil izotopun bozunması ile- ikincil izotopun oluştuğu varsayımı geçerlidir. Radyoaktif bozunma. özellikleri bilinen bu izotoplar' arasındaki oran» çökmenin bugünden ne kadar zaman önce meydana geldiğini, göstermektedir. Karbonatlı çökellein yaşlarının, saptanmasında kullanılan ²³⁰Th / ²³⁴U ve ²³¹Fa / ²³⁵U bu tür yöntemlere örnek olarak verilebilir.,

İkincil izotop fazlalığına dayanan yöntemlerde ise, ikincil izotop, başlangıçta,, birincil izotoptan daha büyük miktarlarda, bulunmaktadır. Malzemenin yaşı, çökme anından, itibaren,, bu fazlalıktan meydana gelen bozunmanın ölçülmesi ile saptanmaktadır. Derin, deniz çökellerinin yaşlarının, saptanmasında kullanılan ²³⁰Th ve ²³¹Pa fazlalığına, dayanan yöntemler bu gruba girmektedirler.

Karbonatlı çökellerio yaşlarının saptanmasında, en yaygın olarak kullanılan yöntem Çizelge 2'den de görüldüğü, gibi ²³Th / ²³⁴U yöntemidir. Bu nedenle, U - Serisi yaş saptama yöntemlerinin,, karst hidrojeolojisindeki uygulamaları açısından incelendiği bu çalışmada,, ²³⁰Th / ²³⁴U yöntemi, ele alınmıştır.

U Yöntemi

Mağara çökelleri,, traverten, kaiiçi mollu.sk, mercan, kemik,, diş, gösel çökeller, evaporit, fosforit ve- turba gibi çok çeşitli malzemelerin yaşlarının, saptanmasında kullanılan ²³⁰Th / ²³⁴U yöntemi, U - serisi yöntemleri .arasında en yararlı olanı olarak görülmektedir... Be yöntemin mağara, çökellerinde geçerli sonuçlan •verdiğini ilk. olarak Thompson (1973) göstermiştir (Ivanovich and Harmon, 1992). Thompson., Virginia'daki bir mağaradan aldığı bir dikit, örneğinde 137 ile 35 bin yıl (hin yıl = ky) arasında değişen sekiz ayrı yaş bulmuştur. Bulduğu bütün bu yaşların stratigrafik dizilimle uyumlu olduğunu göstermiştir. Harmon (1.975) (Smart and Frances,, 1991'de) ise ²³⁰Th / ²³⁴U yöntemini Kuzey Amerika'da, paleoklimsel çalışmalarında .kullanılmıştır...

Bu yöntem,, alfa spektrometresi ile 350.000 yıl (350 ky), kütle spektrometresi ile 500 ky önce oluşmuş çökeller için güvenilir sonuçlar vermektedir (Ivanovich and Harmon, 1992). Yöntem, ²³⁴U izotopu ile bu izotopun kaynağı olan ²³⁸U ve ürünü ²³⁴Th arasındaki denge-sizlikten yararlanarak,, çökelin yaşının, saptanmasına olanak sağlamaktadır. ²³⁸U izotopunun radyoaktif bozunmasından kaynaklanan ikincil ve üçüncül .izotoplar sırasıyla ²³⁴Th ve ²³⁴Pa,, çok kısa yarılanma ömürlerine sahip olduklarından (Şekil 1), bu yöntemde bu izotoplar dikkate alınmamaktadırlar.

^{234}U ile ^{238}U arasındaki dengesizliğin yansıması ^{238}U izotopu radyoaktif bozunmaya uğradıkça ^{234}Th / ^{234}U oranı çok düşük oranda da olsa artmaktadır. Şekil 2'de verilen, ve ^{230}Th / ^{234}U ile ^{234}U / ^{238}U oranları arasındaki ilişkiyi zamana bağlı olarak gösteren, eşyaş eğrilerinde (isochron) bu artış görülebilmektedir.. Şekilde- gösterilen eşyaş eğrileri, başlangıç ^{238}U / ^{238}U oranları, farklı, ancak ^{230}Th / ^{234}U başlangıç oranı sıfır olan kapalı bir sistem için oluşturulmuşlardır (Smart, and Frances, 1991).

Eşyaş eğrilerinin matematiksel ifadesi;

$$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U} = [(1 - e^{-\lambda^{230}\text{Th} t}) / (\lambda^{234}\text{U} / \lambda^{238}\text{U})] + [1 - (1 / \lambda^{234}\text{U} / \lambda^{238}\text{U})]$$

Şeklinde.

^{234}U / ^{238}U ve ^{230}Th / ^{234}U oranları belli olan M_i ÖTİK için bu denklem iteratif yöntemlerle çözülebilir.

^{231}Th / ^{234}U Yöntemi'ndeki varsayımlar ve kısıtlar

Yöntem, çökeltme sırasında kristal yapısında ^{231}Th izotopu bulunmadığı varsayımına dayanmaktadır. ^{230}Th izotopunun büyük bir kısmı, ^{232}Th izotopu çok uzun yarılanma ömrüne sahip olduğundan yerli olmayan (veya sedimanlarla gelmiş) toryum katkısı (toryum, kirlenmesi) çeşitli yöntemlerle belirlenebilmektedir. Kısıtlı malzemelerden itibaren uranyum katkısı da sözkonusu olabilir. Bu nedenlerden dolayı kısıtlı malzeme içeren kayaç veya malzemelerin yaşlarının bu yöntemle saptanması amacıyla örnek olarak, seçilmemeleri gerekir (Çizelge 5).

Yöntemin dayandığı bir başka, varsayım., çökeltme sona erdikten sonra, ortamın uranyum ve toryum göçüne (giriş - çıkışına) kapalı olduğudur. Bu durum, aynı yaşta örneklerde ^{230}Th / ^{234}U oranı (>1) ile ^{238}U / ^{238}U arasında pozitif bir korelasyonun varlığı ile belirlenebilir. Ayrıca, örnek yaşları ^{231}Pa / ^{235}U yöntemi ile elde edilen yaşlarla uyumlu değilse, sistem, kapalı değildir demektir. Sistemin kapalı olmadığı, fiziksel olarak, örneğin dış görünüşünden de belirlenebilmektedir.. Yeoi-den kristallenme, çözünme, ikincil çökeltme veya yüksek gözeneklilik açık sistemin kanıtlarıdır. Bu tür örneklerden kaçınmak gerekir.

^{230}Th / ^{234}U ve ^{231}Th / ^{234}U aktivite oranlarının ölçülmesi

Uranyum, serisi izotoplarının aktivitelerinin ölçülmesinde kullanılan en yaygın yöntem alfa - spektroskopisidir. ^{230}Th / ^{234}U birbirlerine çok yakın enerji düzeylerinde alfa (K) parçacığı yayarlar.. Bu nedenle analizden önce- ^{231}Th ve ^{234}U izotoplarının kimyasal yollarla birbirlerinden ayrılması gerekmektedir.. Bu izotoplar, kimyasal özellikleri farklı olduğundan dolayı çözüldükten farklı oranlarda alınabilmektedirler. Kimyasal, yollarla

çözüldükten ^{231}Th ve ^{234}U izotoplarının ne kadar etkin bir şekilde alınabildikleri (kimyasal verim) ayırma işleminden önce çözüldükten, örnekte bulunmayan ^{231}Th ve ^{234}U izotoplarından belli bir derişimde izleyici (spike) eklenerek belirlenebilmektedir.

Ayrma işlemi yapıldıktan sonra K - spektrometrede izleyici izotopların derişimlerinden yola çıkarak örnekteki ^{231}Th ve ^{234}U izotoplarının kimyasal verimleri hesaplanabilmektedir.

İzleyici olarak kullanılacak izotopların alfa enerjileri, örnekte bulunan ve analiz edilecek olan izotoplardan tamamen farklı olmalıdır. İzotoplar arasında ayırtılma olmamalıdır. Karbonatlı kayaçlar için kullanılan izleyici ^{231}Th ve ^{234}U 'dür. Sayımdan gelecek hatanın %1 dolayında tutulabilmesi için spektrometrede en az 10^4 sayım yapılmalıdır. Bunun için gereken zaman, kaynağın, (örnekteki ^{231}Th ve ^{234}U) aktivitesine bağlıdır. Elde edilen piklerin altında kalan alan izotopun aktivitesini vermektedir.

^{231}Th ve ^{234}U derişimlerinin hesaplanması

W (g) ağırlığındaki bir örnekteki uranyum ve toryum, izotoplarının derişimleri ppm olarak aşağıdaki şekilde bulunabilir.

$$[^{238}\text{U}] = C^B \cdot W^{236}\text{U} / 0.747 W(^{236}\text{U}) \text{ ve } [^{231}\text{Th}] = (C^M \cdot W^{229}\text{Th}) / 0.246 W(^{229}\text{Th})$$

Burada W_s çözüldükten, eklenen, izleyici ağırlığı; $[]$ ise derişimi göstermektedir. (), spektrometrede okunan piklerin altında kalan, alanı belirtmektedir. Aktivite oranları ^{234}U / ^{238}U , ^{230}Th / ^{234}U ve ^{231}Th / ^{234}U okumalarından doğrudan elde edilebilmektedir. Ancak, ^{230}Th / ^{234}U aktivite oranı, farklı spektrallardan elde edildiği için aşağıdaki şekilde düzeltilmelidir.

$[^{231}\text{Th}] / [^{234}\text{U}] = (C^B \cdot W^{236}\text{U}) / (C^M \cdot W^{229}\text{Th})$ burada m , ölçülen izotopun aktivitesini göstermektedir.

• ^{231}Th / ^{234}U yaşının belirlenmesi

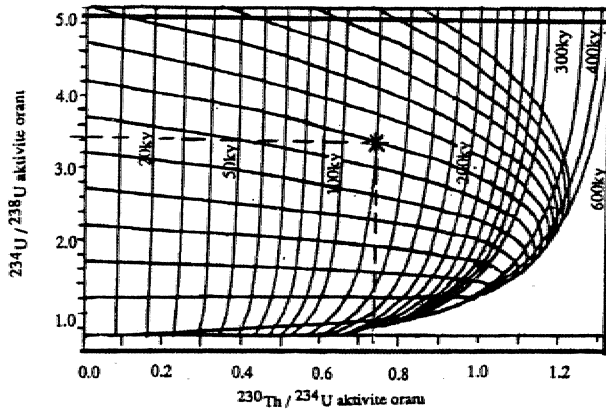
Düzeltilmiş ^{230}Th / ^{234}U ve ^{231}Th / ^{234}U aktivite oranları belli olan bir örnek için yukarıda verilen, denklem kullanılarak yaş saptanabilmektedir. Yaş saptama, grafiksel veya sayısal yöntemlerle yapılabilmektedir.. Grafiksel yöntemde kullanılan diyagram Şekil 2'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi eşyaş eğrilerinin eğimleri yaş arttıkça düşmektedir. 50 ky'dao. genç örnekler için eşyaş eğrileri hemen hemen dik olup genç örnekler için m / ^{234}U oranın etkisi çok düşüktür. Yaşlar, eşyaş eğrileri, arasında entepolasyon ile saptanabilmektedir* Sayısal yöntem ise iterasyon tekniğine dayanmaktadır., iterasyonun Newton - Raphsoe'a göre yapıldığı. UTA.GE - 3 programı Thompson (1973) tarafından yeniden düzenlenip düzeltilmiştir. Program

'background' hesaplamalarına dayanarak düzeltme yapmakta, doğal kirlenmeyi, ikincil izotopların uranyum - toryum ayırımından somaki bozunma sonucunda oluşan miktarlarını ve kimyasal, verimi 'de dikkate almaktadır. Program. - Mstesi Ivanovich and Harmon (1992)'de verilmiştir.

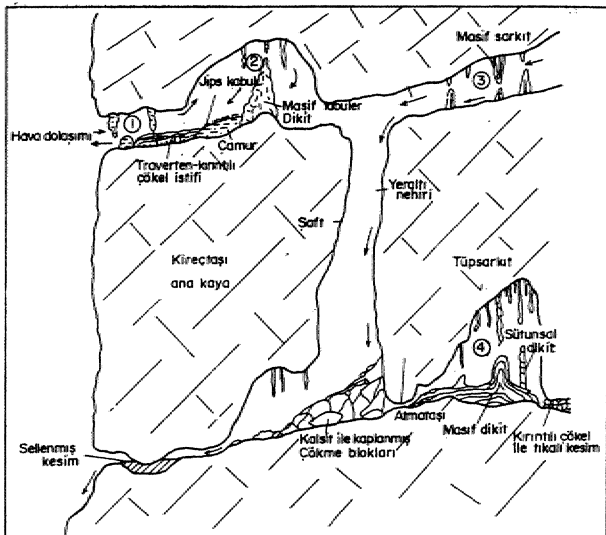
Hidrojeolojide kullanım olanakları

Mağaraların oluşum yaşlarının saptanması

Mağara çekellerinden en yaygın olanları sarkıtlar, diktler ve akma - taşlardır. Bu çekeller, gençlikle kalsit, bazen de aragonitten oluşmaktadır., Karbonatlı mağara, çekelleri, yeraltısulannin mağaralara ulaştıkları anda $CaCO_3$ 'ca doymun hale gelmeleriyle çekelmeye başlamaktadırlar. Çökeltme ya topraklan kaynaklanan CO_2 in, mağara atmosferi, ile dengeye gelmesi için kaybolması (uçması)¹ ve/veya yeraltısuyunun buharlaşması sonucunda oluşmaktadır. Buharlaşma genellikle görel



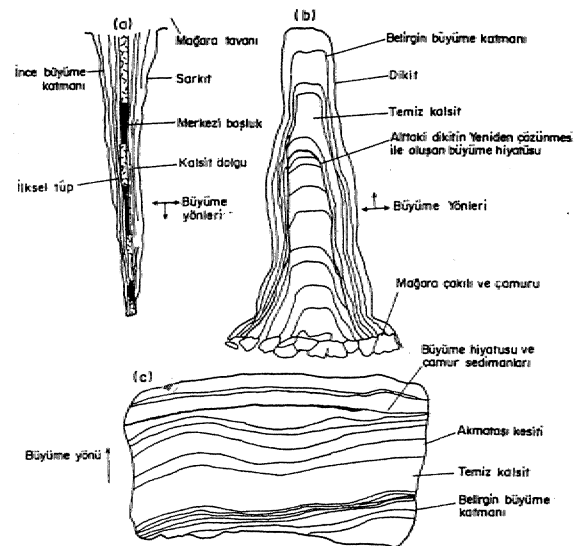
Şekil 2. Grafıksel Yöntem ile Yaş Saptama Örneği.



Şekil 3. Bir Mağaranın Genel Kesiti ve Oluşan Mağara Çökelleri (hanovich and Harmon, 1992'den).

nem. oranının düşük, olduğu ortamlarda görülmektedir. CO_2 gazı uçuşu ile oluşan çekellerde büyüme yavaştır. Bu tür çekeller sıvı kapanunlar da içerdiklerinden, hem kalsitten hem de bu sıvı kapamulanndaki duraylı izotop içeriklerinden yararlanılarak paleoildimsel yorumlanmalarla kullanılabilirler. Şekil 3te gösterilen mağara kesitinde mağara, çekelleri ve oluşum, yerleri görülmektedir. Mağara tavanından süzülen sular, tavanda $CaCO_3$ çekeltmeye başlarlar: Çökeltme- yavaş " yavaş bir tüp şeklinde büyüyerek tabiiler veya pipet şeklinde sarkıtlar oluşturur. Tipin, tıkanması sonucunda sarkıtın etrafında çekeltme devam eder. Diktler ise mağara tabanında, tavandan damlayan sulardan itibaren, çekelirler. Genellikle sarkıtlardan daha kalın olan diktler suyun yere çarparak yayılması sonucunda daha geniş alanlar kaplarlar. Akma taşları ise ince katmanlı çekeller olup sızan, suların mağara, duvarında veya tabanında, akmaları sonucunda oluşurlar. Her üç tür mağara çekelinde de kristaller genellikle dış yüzeye dik olarak büyürler. İç yapılarında büyüme katmanları,, renk,, doku, saflık ve sıvı kapanım yoğunluklarındaki farklılardan, ayırdedilebilirler (Şekil 4). Sediman. içermeyen, saf karbonattan oluşan çekeller, beyaz, turuncu, kırmızı, kahverengi - siyah arasında, değişen, renklerde görülebilmektedir. Renk farklılıkları, çoğunlukla organik madde içeriğine bağlıdır. Bazı durumlarda, herhangi bir elementin bol miktarda bulunması da çekelin belli bir renk almasına neden olmaktadır.

Mağara çekellerinin büyümesine etki eden birçok faktör arasında en önemlisi, hava ile dolu ortamlara (boşluklara) yavaş ancak sürekli bir su akışının varlığıdır., Eğer büyüme sn. alasının kesilmesi veya ortamın



Şekil 4. Karbonatlı Mağara Çökellerinin İç Yapısı a: sarkıt b: dikt c: akmatası (Ivanovich and Harmon, 1992'den).

Çizelge 5. ²³⁰Th - ²³²U Yaş Saptama Yönteminin, karasal malzemelerin kapalı sistemden sapma derecelerine ve kırıntılı maizemelelere kirlenme oranlarına, bağlı olarak güvenilirlik sınırları.

Güvenirlilik Malzeme		Kapalı sistem ?	, Kiri mi ?
Güvenilir	Bozulmamış mercan	Kapalı	Temiz
	Temiz mağafâ çökeli		Temiz,
	Volkanik kayalar		
	Kirli mağara çökeli		Kirli
Muhtemelen Güvenilir	Demirli bileşikler	Muhtemelen kapalı	Kirli
	Tufa		Kirli
	Yumuşakça kabuğu		Kirli
	Fosfatlar		Kirli
Genellikle Güvenilir değil	Di.yajeo.ez sonucu	Açık	Temiz
	Bozunmuş mercan		?
	Kemik		Kirli
	Evaporitler		Kirli
	Kalis		Kirli
	Stromatolüer		Kirli
	Turba ve. odun		

se ile dolması sonucunda durursa,, çekeldeki kristal sürekliliği (büyümesi) de sona erer. Çökelin yüzeyi toz,, çamur veya kum. gibi ince bir sediman katmanıya kap.. **laor.** Daha sonra çökeltme yeniden başladığında bu katman tamamen kaybolmadığı için iki büyüme evresi arasında belirleyici bir seviye olarak kullanılabilir. Bu seviye "Myatis'i temsil eder ve bazı durumlarda bölgedeki, iklimsel değişimi '(buzul ve kurak koşullar) ifade eder. Bununla birlikte, mağaraların derinliklerinde (iç tasımlarında) ve sellerime düzeyinin üzerinde oluşan mağara çökelleri klasik sediman içermemeleri nedeniyle uranyum serisi yaş saptama teknikleri için. ideal örnekler¹ oluşturmaktadırlar.

Büyüme katmanları, genellikle büyüme eksenini boyunca kesilen çökellerde kolayca ayırdedilebilmektedir. Bu tür örneklerde, belli büyüme katmanından alt örnek alınıp eksen boyunca, birden, fazla yaş saptanabilmektedir. Böylece, mağaranın gelişme evrimi,, dolayısıyla karşılaşma evrimi konusunda önemli bilgiler elde edilmiş olmaktadır.

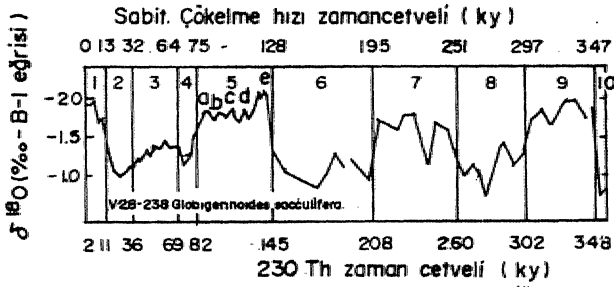
Mağara, çökelleri genellikle masif,, gözenekleri bulunmayan kalsitten, oluştuklarından, izotop göçü (kayıp - kazanç) veya yemden kristallenme gibi sorunlarla pek karşılaşmamaktadır.. Ancak,, büyüme seviyeleri arasında, kalsit içinde tutulan sedimanların neden olduğu uranyum ve toryum katkısı yaygın olarak karşılaştırılan bk sorundur. Alt örnek alınırken bu seviyelerden mümkün olduğunca kaçınmak gerekir. Elde edilen yaşlar ile çökelin içsel stratigrafisi uyum içinde olmalıdır. Örneğin diktlerin tabanında en. büyük,, tavanında en. küçük yaşın, elde edilmesi gerekir.

Sarkıtlar, ekselelerindeki boşluktan su. akımı sürdüğünden ve merkezde oluşan yeniden kristallenmeden dolayı, uygun örnek oluşturmazlar. Bu açıdan diktler ve .akma taşları yaş saptama çalışmaları açısından, daha uygundur.

Traverten ve **tu&lann oluşum yaşlarının saptanması**

Traverten sözcüğü yüzeysel, türeyen bütün, masif Ca-00₃ çökellerinin tanımı için kullanılmaktadır. Tufa, ise bu tür malzemelerden, çok daha. yüksek oranda gözenekli, ve bitki kalıntılarının etrafında görülen çökeller için kullanılmaktadır (Chafetz and. Folk, 1984).. Bu tür malzemelerin yaşlarının saptanması, fluvial erozyon, buzul veya fluvial çökeltme, yağışlı - kurak dönemlerin belirlenmesi, genç tektonik hareketlere yaş verilmesi gibi özel amaçlarla yapılmaktadır.

Travertenleri.11 genel olarak fiziksel yapısı, bu tür malzemelerin yaşlarının U - Serisi ile sağlıklı bir şekilde, saptanmasını engellemektedir. Özellikle, yosun,, alg veya diğer bitki kalıntıları üzerinde çökeltmeleri ve bu bitki kalıntıları ve yosunların daha. sonra çürüyerek çökellerin gözenekli ve geçirimi, bir yapı kazanmalarını sağlamaları izotop göçüne {ortama, katılması veya ayrılmasına) neden, olmaktadır. Ayrıca, atmosfere açık olarak meydana geldiği için çökeltme sırasında- rüzgarla, akarsularla vb., gibi etkenlerle getirilen sedimanlar» hataya neden olan toryum kirlenmesi yaratmaktadırlar. Buna bağlı olarak fosil travertenlerin pek. çoğunun bk kısmı klastik sedim.au hamuru ile dolmuştur. Bir kısmı da CaO₃ açısından doygun suların ikincil kalsit .kristalleri



Şekil 5. Derin deniz çökellerinden alınan örneklerin ^{18}O izotopu içeriklerinden yararlanılarak hazırlanan Buzul - Buzularası Devreler (Smart and Frances, 1991'den).

ile doldurulmuşlardır. Böylece, genç traverten ile yaşlı traverten karışmış olar. Bu da sağlıklı sonuç anlamına gelmektedir. Bu nedenle, ilksel gözenekliliği çok düşük örnekler üzerinde çalışmak sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için zorunludur. Mikroskop altında inceleme bu tür örnek seçiminde izlenen yöntemlerden birisidir. Traverten çökeltin kaynakların* periyodik olarak daha az gözenekli ve daha yoğun katmanlar çökeltmesi, bu katmanların, yaş saptamada kullanılabilirliğini sağlamaktadır.

Paleoklimsel yorum ve demiz seviyesi değişimleri

Kuvaterner dönemi, jeolojik yapısı, çökeltme ortamları, biyotası, hidrosfer ve atmosferdeki değişimleri ile farklı bir özellik taşımaktadır. Bu özelliği, dünya Minide bo dönemde- sık: sık meydana gelen değişimlerle kazanmıştır. Büyük buz kütleleri zaman zaman ilerlemiş, zaman zaman da kıta içlerine çekilmişler, böylece deniz seviyesinde yükselme ve alçalmalara neden olmuşlardır. Bu iklimsel değişimler, bıraktıkları jeolojik ve jeomorfolojik izlerden belirlenebilmekte, böylece: denizel veya karasal paleoklimsel tarihçe bu dönem için yeniden, oluşturulabilmektedir. Söz konusu olayların meydana geldiği zaman, ölçeğinin görece olarak çok kısa olması, bilinen, Masik yaş saptama yöntemlerinin bu alanda yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Uranyum serisi, ile tarihlendirme, genellikle 40 bin yıldan (ky) daha gence malzemeler için kullanılabilen radyokarbon yöntemi ile 500 ky'dan yaşlı malzemeler için kullanılabilen Potasyum - Argon ve $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ gibi yöntemler arasındaki boşluğu doldurmuştur. Ancak uranyum serisi ile yaş saptanacak malzemenin, iklimsel değişimi yansıtacak çökeltme özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle, Kuvaterner jeolojisi ile ilgili çalışmalar genellikle kara ve kıyılarda gözlenen, jeomorfolojik yapılar üzerinde yoğunlaşmıştır,

Öle yandan, iklimsel değişimlerin kronolojisi, deniz çökellerin, özellikle derin deniz çökellerindeki foraminiferalarıD incelenmesi ile ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu çökellerin üst kesiminin yaşı doğrudan

doğruya ^{14}C ile saptanmıştır. Ancak çökei kesitinin büyük bir kısmı için, paleomagnetik terslenme ile desteklenen uranyum, serisi, yardımıyla yaş saptama mümkün olmuştur. Derin deniz çökellerindeki beotik foraminiferalarda ^{18}O izotopundaki değişimler karalardaki buzulların hacmindeki değişimlere bağlıdır. Bu nedenle, ^{18}O izotopu, eo azından teorik olarak, paleoklimsel değişimlerin tarihlenmesinde kullanılabilir. B» konuda begöne kadar yapılmış olan çalışmalar henüz genel bir geçerlik kazanmamıştır. Bu nedenle derin deniz çökellerinden yararlanılarak oluşturulan ^{18}O izotopu devreleri (Şekil 5) henüz tam olarak klasik buzul devreleri yerine kullanılamamaktadır. Buzulların ilerlemesi veya gerilemesi yerel ölçekte makro (global) ve mikro (yerel)- İklim koşullarının etkileşimi sonucunda meydana gelmektedir. Bu da genel yapı hakkında bilgi toplarken dikkate alınması gereken bir konudur. Bununla birlikte son yıllarda, foraminiferalardan elde edilen izotopik kayıtlar ile denizel karbonatlar arasında ^{14}C , U - Serisi ve ^{18}O kullanılarak doğrudan bir korelasyon karan çalışmalar yaygınlaşmaktadır (Smart and Frances, 1991).

Sunulan çalışmanın amacı doğrultusunda paleoklimsel yorumlama çalışmalarının denizel çökellerle ilgili kısmı yerine karasal çökellerle ilgili kısmı incelenmiştir. Paleoklim yorumlamaları, karst akilcilerinin gelişmesi ve evrimi ile ilgili, önemli bilgiler vermektedir. Paleoklimsel değişimlere bağlı olarak deniz seviyesinde meydana gelen yükselme ve alçalmalar, karşılama evriminin temel ögesi olan karstlaşma tabanını belirlemesi nedeniyle karst hidrojeolojisi çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Bu tür ortamlarda inşaa edilecek, barajlarda, örneğin enjeksiyon perdesinin inmesi gereken derinliğin belirlenmesinde önemli bilgiler bu yolla sağlanabilecektir. Özellikle Türkiye'de bazı karst yapılarının bugünkü deniz seviyesinin de altında kaldığı Toras Karst Kuşağında akifer hidrodinamiğinin açıklanmasında bu tür bilgiler büyük yararlar sağlayacaktır. Kuvaterner sırasında oluşmuş iklimsel değişimlerle ilgili bilgiler çeşitli karasal çökellerde saklı bulunmaktadır. Aşağıda bu çökellere ilişkin bilgiler özetlenmiştir.

Göller

Yan kurak bölgelerde, yağışın, buharlaşma ve yüzeysel akışla, meydana gelen kayıplara oranla, artı... , göl seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu durumda göl hacminde oluşan artış, yerel olarak tuzlanmayı azaltmakta (aksi halde kapalı havza koşulları geçerli, olacağından tuzlanma artacaktır) ve ayrıca kıyı şeridinin büyümesine neden olmaktadır. Bu tür bir olay, göl ve kıyı çökellerinden edinilecek bilgilerden yararlanılarak belirlenebilmektedir. U - Serisi yöntemi ile yaş saptanabilecek malzeme bu tür çökellerden elde

edilebilmektedir. Buradan, giderek paleoiklimsel yorumlamalar yapılabilir.

Akarsular

Akarsu, vadilerinde aşınma - derinleşme oranları, yine büyük oranda iklimsel değişimlere bağlı olarak gelişmektedir. İklimsel değişim, akarsu akımını ve bazı durumlarda buzulların erime oranını etkilemektedir. Fluvial malzemeler her ne kadar U - Serisi ile tarihlenemezlerse de, bu malzemeleri özetleyen kaynaklardan itibaren çökelen tufa gibi malzemelerin yaş saptanabilmektedir. Böylece, dolaylı olarak fluvial malzemelerin yaş saptanmış olmaktadır. Bu tür malzemelerin vadilerdeki konumları, saptanan yaşlarla birlikte değerlendirilerek paleoiklimsel yorum yapılabilmesini sağlamaktadır.

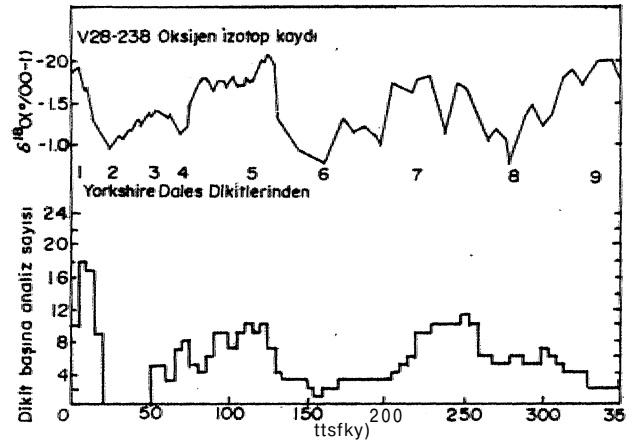
Kaynaklar

Kaynak, akımı genellikle yağıştaki değişimler tarafından denetlenmektedir. Yağış ise atmosferik, dolaşma bağlıdır. Kurak bölgelerde kaynak akımı ancak yerel akiferin yağışla beslendiği dönemlerde yani fluvial dönemlerde görülebilir. Çeşitli dönemlerde, buzul etkisi altında kalan bölgelerde kaynakların boşalttığı akiferin beslenmesi buzullaşma ile kesilmektedir. Biz örtüsü ve permafrost bu olaya neden olan başlıca etkenlerdir. Karbonatlı kayaç akiferlerini boşalttıklarında kaynaklar tufa ve traverten çökeltmektedirler. Karbonatlı kayaç akiferlerini boşalttıklarında kaynaklar tufa ve traverten çökeltmektedirler. Temiz, sediman içermeyen ve gözenekliliği yüksek olmayan tufa, ve travertenlerin yaş ^{14}C veya Uranyum Serisi yöntemleriyle saptanabilmektedir. Bu karbonatlı çökeller genellikle paleoiklim konusunda önemli bilgi veren buzul tilleri, morienler, lössler, paleosoller, polen içeren alüvyon, köyüvüm gibi malzemeleri örtmekte veya bu malzemelerden oluşan ana katmanlar içerebilmektedirler. Ayrıca erozyona bağlı olarak oluşmuş yerçekilleri ile travertenler arasında ilişkiler de yorumlamada kullanılan önemli bilgiler sağlamaktadırlar. Be şekilde, kaynakların hidrolojik rejimleri ve paleoiklim konusunda yorumlamalar yapılabilir.

Mağara çökelleri

Karstik mağaralar, yerel karbonatlı çökellerin bozulmadan uzun süre kalabildikleri ortamlar sağlamaktadırlar. Bu nedenle iklimsel yorumlamalar için eşsiz örnekler barmaktadırlar. Mağara çökelleri, çeşitli kırıntılı çökeller arasında veya üzerinde oluşabilmektedir. Genellikle kalsit veya aragonit şeklinde çökelen kalsiyumkarbonat çok düşük oranlarda uranyum içerir. Hiç toryum içermemesi nedeniyle U - Serisi yöntemi için önemli malzeme - oluşturmaktadır. Karbonatlı mağara, çökellerinin izotopsal ve kimyasal değişimleri

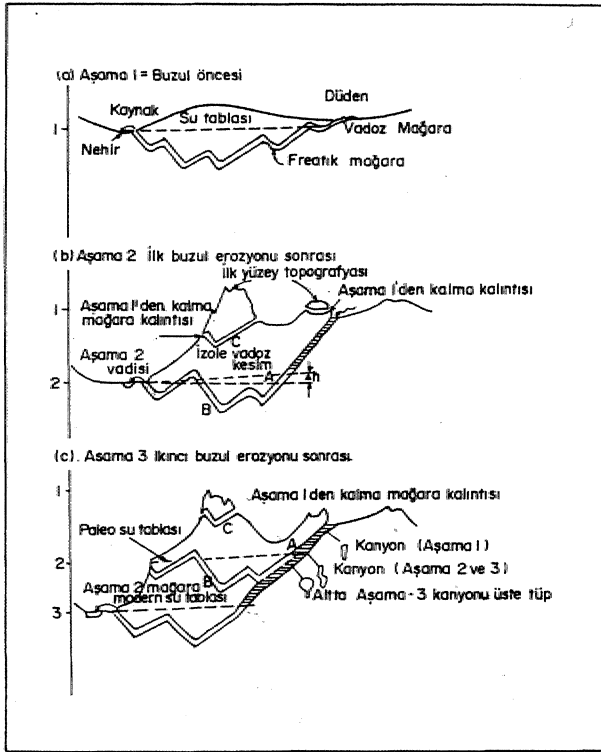
de önemli paleoiklimsel bilgiler sağlamaktadırlar. Eğer, suyun ^{18}O içeriği açısından denge koşulları sağlanmış halde iken bu malzemeler çökelmişlerse, oluşum döneminin ortam sıcaklığı ve suyun izotopik bileşimi konusunda da önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Mağara çökelleri, kristallenme sonrasında kristal aralarında, oluştukları suda küçük miktarlarda kapanlar da içerebilmektedirler. Bu suyun izotopsal bileşimi de yine yerel sıcaklık ve iklimsel yorumlamalarda kullanılabilir. Kurak bölgelerde, mağara çökelleri fluvial dönemlerde oluşabilirler. Buzullarla kaplı alanlarda çökeltme mümkün olmamaktadır. Mağara çökellerinin yaşlarına ilişkin yoğunluk, analizleri, buzlanma - fluvial Mim dönemleri konusunda bilgiler verebilir. Bu tür bir çalışmaya örnek Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Mağara çökellerinin yoğunluk analizi ve buzlanma - fluvial dönem yorumlamalarına bir örnek (Ivanovich and Hormon, 1992'den).

Yeraltı suları ve jeotermal sistemler'

U - Serisi kullanılarak yeraltı sularının ve çözünmüş maddelerin geçiş süreleri, çatlak ve kırıkları dolduran damar dolgularının yaşları, hidrotermal faaliyet, süresi, element taşınım mekaniizmaları, kırık boyutu ve akım mutan gibi hidrojeolojik karakteristikler konusunda bilgiler elde edilebilmektedir. Bununla beraber, bu konularda bugüne kadar yapılan çalışmaların ancak, bir kısmı başarılı sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni, izotopların tutulması (adsorplanması), çökeltme ile ilgili fizikokimyasal süreçlerin çok karmaşık olması ve bu karmaşıklıkların önerilen modellerde dikkate alınmamasıdır. Be da, modellerden elde edilen bazı parametrelerin yanlış yorumlanmasına neden olmaktadır. Öte yandan, tankların geometrisi, kırıklara yakın bölgelerde kayaçtaki heterojen yapının etkisi, henüz çözümlenememiş olduğundan dolayı çeşitli varsayımlara dayanmaktadır. Bu nedenle kayaç - su etkileşimi net bir şekilde açıklanamamaktadır.



Şekil 7. Vardi tabanı derinleşmesinin Ü - serisi teknikleri ile analizi (Ford and Williams, 1989'dan).

Jeomorfolojik evrim

Vadi tabanı derinleşmesi

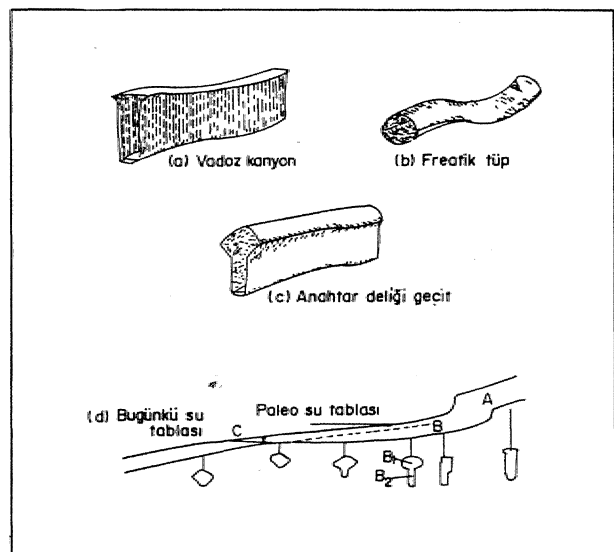
U - Serisi kullanılarak vadi tabanındaki aşınma oranının belirlenmesi düşüncesi ilk olarak Ford et al (1972) tarafından ileri sürülmüş, Ford et al (1981) tarafından geliştirilmiştir (Ford and Williams, 1989).. Akarsu alüvyonları gibi yumuşak çökellerin erozyonla kolaylıkla yok olması, öte yandan, vadi yamaçlarında bu malzemenin teraslar şeklinde korunabilmesi» önceki vadi tabanı seviyelerinin saptanabilmesine olanak vermektedir. Ancak,» bu tür malzemeler, genellikle yaş saptamaya uygun çökeller içermemektedirler. Öte yandan, vadi tabanlarının, bir diğer göstergesi yaş tayinine uygun, karbonatlı çökeller içeren mağaralardır. BE mağaralarının evrimi, vadi tabanı derinleşmesi ile ilgili bilgiler vermektedir.. Şekil 7'de görüldüğü gibi karbonatlı, kayalarla kaplı ve ortalama bir topografyaya sahip bir alanda bulunan mağara sistemi (a) suyunu vadi tabanındaki bir kaynaktan boşaltmaktadır. Daha sonra meydana gelen yükselme ve erozyon, örneğin bozul erozyonu,, önceki topoğrafik yüzeyin daha engebeli bir görünüm kazanmasına, neden olmaktadır (b)... Ancak yüzey altındaki mağaralar, yüzeyden daha iyi bir şekilde korunmuş olarak kalırlar,.. Yeni mağara sistemi, suyunu bu kez, yeni (derinleşen) vadi tabanındaki yeni kaynaktan boşaltmaya başlar. İkinci bir erozyon vadinin biraz da-

ha derinleşmesine neden olur¹ (c). Bu kez ikinci mağara sistemi de fosileşir ve yeni bir mağara sistemi, oluşur.. Tik mağara sisteminden kalıntılar artık daha da azalmıştır.. Görüldüğü gibi mağara sistemlerinin, gelişimi, yüzey şekillerinin evrimi ile yakından ilişkilidir,..

Şekil 7'de verilen jeomorfolojik evrimin ilk. aşamaları, mağaraların morfolojileri, kullanılarak yeniden oluşturulabilmektedir. Genel anlamda, mağaralar kırçtaşlarının, su tablası •üzerinde: ve altında olmak üzere iki farklı koşul altında, çözünmeleri ile oluşurlar.,

Su tablası üzerinde, vadoz mağaralar oluşurlar. Çok tea bir süre sonra, mağaranın meydana geldiği kırıklar su ile dolar, yeraltı nehirleri mağara, tabanında akmaya ve böylece tabanı aşındırarak derinleştirmeye başlarlar. Sonuçta Şekil 8'de görülen vadoz kanyonlar oluşur. Bina karşılık, su tablasının altında kalan kırıklar, boyutları ne olursa, olsun sürekli olarak su ile dole kalırlar. Bu nedenle,» tabanda, duvarlarda, ve tavandaki aşınma oranı hemen hemen eşittir ve freatik tip olarak bilinen dairesel veya eliptik, kesitli erime boşlukları oluşur (Şekil 8),

Mağaralar ilk olarak freatik (suya doymun - dem) bölgede gelişirler., Daha sonra karstlaşma tabanının,, deniz, seviyesi değişimleri ve kıtasal yükselmeler gibi çeşitli, nedenlerle alçalması ile vadoz ortam koşullarında kalırlar. Bu durumda oluşan morfoloji, anahtar deliğine benzediğinden, anahtar deliği terimi ile anılmaktadır (Şekil 8). Aktif mağara sistemlerinde mağaranın kesiti,, su, tablasına yaklaşıkça vadoz bölgede aldığı şekilden, freatik tüpe doğru değişen morfolojilerde görülür., Bu morfoloji değişimi paleo - su seviyesinin bir göstergesidir¹ (Şekil 8). Kireçtaşı katmanlarının yüksek

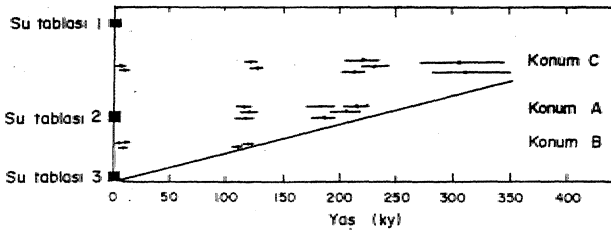


Şekil 8. Oluşum türüne göre mağara morfolojileri (Ford and Williams, 1989'dan).

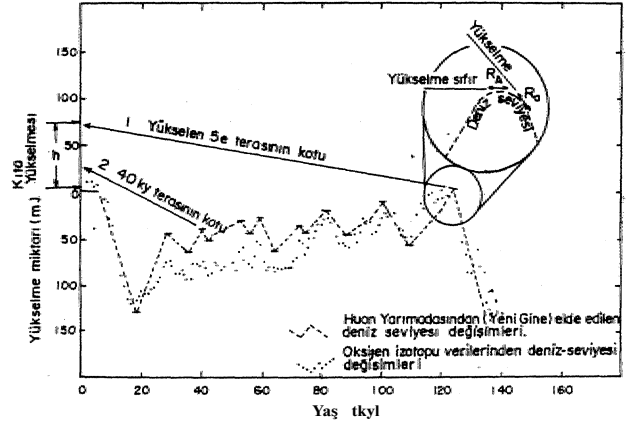
eğime sahip olduğu bölgelerde mağaralar düşey yönde zigzaglar çizerek gelişmektedirler (Ford ve Williams» 1989). İik çözünme katmanlanma düzlemi boyunca gelişmekte, daha sonra su, rastladığı eklem sisteminden yukarı doğru hareket etmekte ve yeniden katmanlanma düzlemi boyunca akmaya devam etmektedir. Böylece şekilde gösterilen freatik yükselme - alçalmalar görülmektedir. Bu dalgalanmanın üst kesimi, su tablasının konumunu temsil etmektedir. Bu nedenle, mağaraların ayrıntılı bir şekilde morfolojileri,, genel mağara geometrisi ile birlikte incelendiğinde paleo - su seviyeleri konusundan önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Paleo - su seviyeleri, ise yüzeydeki, yerşekillerinin evrimini, denetleyen temel etkenlerdendir. Mağara sistemlerinin paleo - su seviyeleri ve yüzey yerşekillerinin evrimindeki önemi bu sistemlerin yaşlarının saptanmasını gerektiriyordu. Bu da U/Th yöntemi ile önceki kısımlarda anlatıldığı, şekilde yapılabilmektedir, Şekil 9, bu amaçla yapılmış yaş saptamalarının nasıl yorumlandığı konusunda bir örnek oluşturmaktadır. Şekildeki A seviyesinden alınan dikit en yaşlı dikit olup 225 fcky yaş vermiştir. Eğer vadi, fasa bir buzul döneminde hızlı bir şekilde B'den Cye derinleştiyse, bu durumda 225 ky, buzlanma çağının minimum yaşını verir. Öte yandan vadi tabanı derinleşmesi genellikle sabit bir oranla gelişir. Dikitlerden alınan yaşlar yorumlanacak olursa, vadi tabanı derinleşme oranı bitin noktalan içerecek en dik eğime sahip doğuran eğimi ile verilebilir: Ancak, bu oran, vadi tabanı derinleşmesinde etkili olan çeşitli faktörlerin gözardı edilmesinden dolayı oldukça kaba bir tahmine dayanmaktadır.

Kıtaların yükselme oranı

Mercan yaşlarının U - Serisi ile saptanması, tektonik etkilerle kıyıların yükselme oranlarının belirlenebilmesine olanak sağlamıştır. Mercanlar deniz, seviyesinin karaya göre kararlı olduğu tropik - subtropik alanlarda oluşmuşlardır. Tektonik olarak kararlı kıyılarda, Pleyistosen sırasında 'deniz seviyesinin birkaç bin yıl veya daha uzun sürelerde sabit kaldığı zamanlarda mercanlar yaygın olarak oluşmuştur. Yükselen kıyı şeritlerinde,, bölgesel deniz seviyesinin (eustatic) yükselme oranı ile karaların yükselme oranı eşit olduğunda resifler oluşmaya başlamaktadır* Mercan resifleri sadece sığ sular-



Şekil 9. Mağaralarda Paleo - su seviyelerinin yorumlanması (Ivanovich and Harmon, 1992'den).



Şekil 10. Uranyum serisi analizleri yaramayla kıta yükselme oranının saptanmasına ilişkin bir örnek (Ivanovich and Harmon, 1992'den).

da, fotik (ışığın sızılabildiği) zonlarda oluşmakta ve eğer resif ve resife bağlı olarak tutulan sedimanlar iyi korunmuşsa, genellikle oluşum dönemlerindeki ortalama deniz seviyesinin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Hızlı yükselen kıyılarda» basamaklı resif teras oluşumu yaygın olarak gözlenmektedir. Bu terasların yaşlarının saptanması, son 250 ky için paleo - deniz seviyelerinin tarihçesinin belirlenebilmesini sağlamıştır. Ancak, basamaklı teraslanmanın, doğrudan deniz seviyesi ile bağlantılı olarak yorumlanmasından önce yerel tektonik yükselmenin belirlenmesi gerekir. Bu soran, terasın kotu (bugünkü deniz seviyesinde yüksekliği) ile oluşumu şurasındaki pakodeniz seviyesi arasındaki ilişki ile çözülebilmektedir (Şekil 10). İki yükselti arasındaki fark terasın oluşumundan be yana meydana gelen, yükselme miktarını vermektedir, Burada çözülmesi gereken bir döngü bulunmaktadır, yükselme miktarının belirlenebilmesi için paleodeniz seviyesinin belirlenmesi, gerekir; aynı anda, paleodeniz seviyesinin belirlenebilmesi için de yükselme miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu döngü, Bermuda veya Bahama adaları gibi tektonik açıdan oluşumundan bugüne kadar hep kararlı olduğu bilinen bölgelerde yapılan çalışmalarda çözülmüştür. Son buzularası dönemde paleodeniz seviyesinin bugünkü deniz seviyesinden 5 - -8 m. daha yüksek olduğu belirlenmiştir, U - Serisi ile yapılan analizler sonucunda, kararlı kıyılarda resif oluşumunun 125 ky önce gerçekleştiği belirlenmiştir,, Bu dönem ¹⁵O oksijen - izotopu dönemine¹¹ karşılık gelmektedir. Bu bulgu,, bölgesel (global - eustatic) deniz seviyesinin Pleyistosen sırasında ancak bir kez bugünkü deniz seviyesinden daha yüksek olduğu sonucunu, vermiştir¹ M bu sonuç derin deniz sedimanlarının izotop analizleri ile uyumlu bulunmuştur (Shackleton and Opdyke, 1973; Smart and Frances,, 1991),, Bu durumda, tektonik etkilerle yükselen kıyılarda, yerel yükselmeler, 5e dönemine ait terasların U - Serisi üe

saptanması ile betirlenebilmektedir. Teras yükseltisi ile 6.5 m olan 5e dönemi paleodeniz seviyesi arasındaki fark., kıta yükselme- miktarını vermektedir.

Sonuçlar

Yer bilimcilerinin çeşitli dallarında değerlendirme ve yorumlanmaların sayısal verilere dayandırılmasına yönelik olarak yoğunlaşan çalışmalar, bu bilimin, uygulamada daha sağlıklı sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Jeomorfoloji, jeokimya, tektonik gibi yer bilimlerinin diğer daları ile yakından ilişkili olan hidrojeoloji bilim dalı, yeraltısuyu hareketinin matematiksel olarak ifade edilebilmesi nedeniyle, ilgili olduğu alanda sayısal çözümler üretebilmektedir. Öte yandan, karst hidrojeolojisinde, klasik yöntemlerin, geçersiz olması, bu tür ortamlardaki yeraltısuyu dolaşım sisteminin ortaya konmasında büyük güçlükler neden olmaktadır. Karstlaşma evriminin nasıl geliştiği konusunda sayısal veri elde etme gücü, bu tür sorunların başında gelmektedir. Karbonatlı malzemelere, uranyum serisi ile yaş verme çalışmaları, karşılaşmayı denetleyen ana etmenlerin sayısalştırılması konusunda büyük yararlar sağlamaktadır, Paleoklimsel değişimlerin ortaya konduğu izotopik yöntemlerle birlikte ele alındığında, uranyum serisi ile yaş saptama teknikleri karst evriminin açıklanmasında önemli sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. $^{230}\text{Tl} / ^{73}\text{u}$ yöntemi, bu amaçla izlenebilecek en uygun yöntem olarak kabul edilmektedir. Özellikle, toryem kirlenmesi ve ikincil kalsit çökmesi veya çözünmesi görülmeyen traverten - tufa malzemelerde sağlıklı sonuçlar veren- bu yöntem., Türkiye'deki mağaralarda bulunan çökelerin büyük bir kısmında sorunsuz uygulanabilir. Uranyum Serisi, kullanılarak, özellikle karasal karbonatlı çekellere yaş verme tekniklerinin gelişmesi, Kuvaterner döneminin paleoklimsel koşullarının belirlenebilmesini sağlamıştır. Paleoklimsel yorumlama ile birlikte jeomorfolojik evrim konusunda yapılan çalışmalar özellikle Kuvaterner Jeolojisi ve Jeomorfolojisi konularında önemli katkılar sağlamıştır. Paleödim ve jeomorfolojik yorumlamalara koşut olarak karstlaşma evriminin belirlenebilmesine olanak sağlayan bu teknikler, özellikle Türkiye'nin Toros Karst Kuşağında olduğu gibi, karstlaşmanın bugünkü deniz seviyesinin altında da gözlemlendiği bölgelerde, hidrodinamik yapının ortaya konmasında çok önemli bilgiler sağlamaktadır. Yeraltısuyu dolaşımının meydana geldiği karstik ortamlar, çözünme - çökme süreçleri sonucun-

da oluşmaktadırlar. Çözünme ve çökme farklı iklimsel koşulların göstergesi olarak ele alındığına göre paleoklimsel yorumlama., bu süreçlerin tarihçesinin belirlenebilmesini sağlamaktadır. Öte yandan, karşılaşmanın deniz seviyesine bağlı olarak, gelişmesi ve U - serisi teknikleri ile deniz seviyesindeki dalgalanmaların belirlenebilmesi, karstik akiferin gelişme evriminin açıklanabilmesinde kullanılan önemli bilgiler vermektedir,.. Böylece, akiferin bugünkü durumu ve yeraltısuyunun dolaşımı ile ilgili sağlıklı yorumlamalar yapılabilmektedir, Bugüne kadar, gözlemlere ve deneyime bağlı olarak yapılan bu tür yorum ve açıklamalar, uranyum serisi izotopları kullanılarak geliştirilen yaş saptama teknikleri ile sayısal bir karakter taşıyacaktır.

KATKI BELİRTME

Bo çalışma, Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜ - UKAM) ile Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) arasında yürütülen TUR / 88 / 007 kodlu proje kapsamında, Bristol Üniversitesi (İngiltere) Coğrafya Bölümü, Uranyum Serisi Yaş Saptama Laboratuvarında yazar tarafından yapılan kuramsal ve uygulamalı çalışmalar sonucunda hazırlanmıştır. Yazar, bu çalışmanın yapılabilmesi için gerekli, her türlü desteği sağlayan UKAM Merkez Müdürü, Prof. Dr. Gültekin Giray "a" ve Bristol Üniversitesi Vakfı çalışmalarını başlatıp yakından izleyen, tier türlü bilgi, ve ekipmanı sağlayan. Prof. Dr. Peter L. Smart'a teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Goldschmidt, V.M., . 1954, Geochemistry, Clarendon Press, Oxford.
- Heir, K.S. and Aclams, J.A.S., 1965, Concentration of radioactive elements in deep coastal material... Geochim. Cosmochim. Acta, 29,, 53 - 61.
- Langnuir, D., 1978, Uranium solution - mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits. Geochim. Cosmochim. Acta, 42,547 - 69.
- Chafetz, H.S. and Folk, R.L., 1984, Travertines: Depositional Morphology and The Bacterially Constructed Constituents-, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 54, No. 1, p. 289-316.
- Yılmaz, H» 1988, Uranyum : ve Toriyum Jeokimyası, M.T.A. Yayınları Eğitim Serisi, No, 29, Ankara..
- Ford, D.C and Williams, P.W., 1989, Karst Geomorphology and Hydrology, Unwin Hyman., London.
- Smart, P.L. and Frances, P.D., (eds) 1991, Quaternary Dating Methods - A User's Guide Quaternary Research Association» Technical Guide No. 4, Cambridge.
- Ivanovich* M. and Harmon, R.S., (eds) 1992, Uranium. Series Disequilibrium, Applications to Earthy, Marine and Environmental Sciences, 2nd Edition, Clarendon. Press, Oxford..