

Yerküre'nin Yaşı

Voikan Ş. EDİGER The Pennsylvania State University, A.B.D.

«ZAMAN»ın ne olduğunu hiç düşündünüz mü? Eminim hiç bir zaman aklınızın ucundan bile geçmemiştir. İşte size büyük bir fırsat; yazının geri kalan bölümünü okumadan oturun uzun, uzun zamanın ne olduğunu düşünün...

Bir yerbilimci olarak, meslek yaşamımızın büyük bir bölümünde sayısız kereler tekrarlayıp durduğunuz zaman birimleri, genel bir kavram olarak, anlamıyla birlikte hiçbir zaman karşınıza çıkmamıştı değil mi? Her neyse, dilerseniz bu konuda fazla zaman harcamadan, çoğu sözlüklerde verilen tanımı aktaralım. Zaman; olayların ardışıklığını görerek, aklımızda yarattığımız ve olayların bundan sonra da içinde olup gideceklerini düşündüğümüz, başı ve sonu olmayan soyut bir kavramdır. Demek ki zamanın en önemli özelliği, insan beyninde yaratılan soyut bir kavram oluşu. Diğer önemli özelliği de, geniş boyutlu ve olayların ardışıklığına göre, görelilik olarak ortaya çıkması. Şimdi aklımıza hemen bir soru gelebilir. Madem zaman denilen kavram insanın beyninde yaratılan soyut bir kavramdır, o halde, doğada insan yokken zamandan bahsedilemez. Elbetteki insan doğada yokken de zaman tüm hızıyla akıp gidiyor ve olaylar zincirini birbirine eklemeye devam ediyordu. Ancak, tüm diğer soyut kavramlar gibi, zaman da insan beyniyle bütünleşince gerçek anlamına kavuşmaktadır. Bir başka deyişle, düşünen bir beynin onun varlığından haberdar olması ve olaylarla onun ilişkilerini düşünmesi gerekmektedir.

Çok önemli bir konu da zamanın göreliliği, diğer bir deyişle, zaman kavramı için başı ve sonu olmayan ve birbirini izleyen olaylar zincirinin varlığının gerekliliğidir. Dolayısıyla, zaman, içinde yaşanılan, olaylar zincirinin akıp gittiği mekan ile doğrudan ilgilidir. O mekanın işleyen mekanizma ve söz konusu mekanizmanın işleme yasaları, zamanın işleyiş için de aynen geçerlidir. Zaman da aynı yasalara uyarak, olaylar ile birlikte sürmektedir. Bu nedenle, diğer mekanlar ile yerküremiz zamanı arasında gerek işleyiş, gerekse özellik açısından birçok farklılıkların bulunması doğaldır.

İnsan beyni, belli bir olgunluğa erişmesiyle birlikte, zaman kavramını da geniş boyutlarıyla düşünmeye başlamıştır. Yıllar boyu insanoğlunu en çok ilgilendiren konu, zamanın başı ve sonu olmuştur. Çünkü insan da yukarıda bahsedilen olaylar zincirinin bir halkasıydı ve bu halkaların ne zaman ortaya çıktığı ve ne zaman sona ereceği, en çok merak ettiği konulardı.

Bu yazıdaki karikatürler Semih POROY'a aittir.

«Yerküre anamıza yaşını sormak biraz kabalık ama...»
Holmes, 1961

Zamanın başı denince, akla hemen yeryuvarının içinde yaşadığımız galaksi sistemindeki varoluşu gelmektedir. Gerçi bu oluşum zinciri galaksinin varoluşu, evrenin varoluşu gibi daha önceki varoluşlara kadar uzatılabilir, ancak, bir yerbilimci olarak bu süreyi yerkürenin varoluşuyla sınırlandırmakta yarar vardır.

Dünyanın yaşıyla ilgili uğraşlar çok uzun yıllardan beri süregelmektedir. Orta çağa gelinceye kadar, bu tür çalışmalar daha çok din adamları tarafından yürütülmekteydi. Hintli brahmanlar, dünyayı başı ve sonu olmayan ebedi bir varoluş olarak görmekteydiler, Hristiyanlar ise dinsel kitaplardan yaptıkları tahminlerle, dünyanın yaşının yaklaşık 6000 yıllık bir süreyi kapsadığını varsayıyorlardı. Bu dönemlerde, dünyanın yaşıyla ilgili görüşler, bu iki uç arasında gidip gelmekteydi. Orta çağa gelindiğinde, kutup kitaplardan yararlanılarak yapılan yaş tahminleri giderek yoğunlaştı. Bu çalışmalardan ilki, İngiltere'deki Cambridge Üniversitesinde rektör yardımcısı olan Yunanlı bilim adamı John Lightfoot tarafından 1642 yılında gerçekleştirildi. Lightfoot'a göre, yerküre, «17 Eylül sabahı saat 9:00 sularında» yaratılmıştı. Adı geçen bilim adamı, bu hesaplamasında yaratılma yılını tam olarak verememişti, ancak



daha sonra, 1644'de yaptığı çalışmalarda, yerkürenin M.Ö. 3928 yılında yaratıldığını öne sürdü. Yine benzer yöntemleri kullanılarak, İrlanda Başpiskoposu Ussher, 1658 yılında uzun araştırmalarını özetlerken şöyle diyordu : «Başlangıçta tanrı cenneti ve dünyayı yarattı ki bu zamanın başlangıcıydı. Bizim zaman kavramımıza göre yaratılma işi, Jülyen takvimine göre 710 yılında (M.Ö. 4004), Ekim ayının yirmi üçüncü gününün önceki akşamına girerken olmuştur.» Bu tür çalışmalar, özellikle Hristiyan alemini o kadar çok etkilemiştir ki, 1701 yılında yapılan incilin büyük baskısında, Rahip Ussher, incile M.Ö. 4004 yılını ilave ettirmiştir. Bu işlem daha sonraki baskılarda da zaman zaman değiştirilerek yapılmış, dolayısıyla, bu konuda yanlış dogmaların oluşmasına neden olmuştur.

Dünyanın yaşıyla ilgili ilk bilimsel araştırmalar, İngiltere'nin Edinburgh kentinde, kendilerine 'Oyster Club' adını veren bir grup araştırmacı tarafından başlatılmıştır. Oyster Club, kimyacı Joseph Black, ekonomist Adam Smith ve sonradan jeolojik yapan çiftçi - doktor James Hutton adı kişilerden meydana gelmekteydi. Bu grup, sık sık bir araya gelmekte ve konuyla ilgili düşünceler üretmekteydi. O zamanlar, en uzun zaman birimi halâ bir insan ömrü kadardı ve yerkürenin yaşıyla ilgili inançlar Rahip Ussher'in incil kronolojisi ile aritmetiği karıştırarak elde ettiği hesaplara dayanmaktaydı. Zamanın çoğu bilim adamının düşünce sınırlarının bu hesaplar arasında sıkışıp kalmış olmasına karşın, Oyster Club üyeleri, düşüncelerini onların çok ötesine götürmeyi başarmışlardı. Zeki bir gözlemci olan Hutton, kulüp üyesi arkadaşlarını İskoçya sahillerinde yüzeyleşmiş kayaları incelemeye götürmüş ve orada zaman kavramı, oluşum ve ardışıklıkla ilgili gözlemler yapmışlardı. Kulüp üyelerine göre «ne kadar eski olursa olsunlar, her kaya birimi kendisinden daha eski kayalardan oluşmaktaydı». Hutton, bu gözlemlerini yıllar sonra 1788'de yazdığı yazıya dökmeyi başardığı yayınında, «en son araştırmamızın sonucuna göre, biz başlangıcın izine rastlayamadık, aynı zamanda beklenen bir sonu da gözleyemedik» diyerek görüşlerini özetlemiştir. Hutton'un bu görüşleri, aynı zamanda jeoloji bilimine de büyük katkılar sağlayan 'uniformitarianism' ilkesinin temellerini oluşturmaktaydı. Ona göre, geçmişte uzun yıllar devam etmiş olan jeolojik olaylar günümüzde de aynen tekrar etmektedir ve aralarında hiçbir fark bulunmamaktadır. Dolayısıyla, günümüz olaylarını inceleyerek, geçmiş olaylar hakkında bilgi sahibi olunabilir. Yerküre devamlı olarak değişmektedir, ancak onun doğası her zaman aynı kalmaktadır. Hutton'ın kutsal kitap görüşünden ayrılarak 'principle of uniformitarianism' ilkesine sarılması ve o devre kadar var olmayan değişik görüşleri ortaya atması ister istemez tepkilerle karşılaşmıştı.

'Uniformitarianism' ilkesinin ortaya atılmasıyla, tüm Avrupa'da yeni görüşler oluşmaya başladı. Özellikle Almanya'da Freiburg'daki Maden Akademisi'nden Abraham Gottlob Werner, «granit ve bazalt dahil tüm kayalar ilksel bir okyanus içinde, düzenli

ve tüm dünyayı kaplayacak şekilde oluşmuştur», diyerek oluşum ve zaman kavramlarına yeni boyutlar kazandırmıştır. Werner'in bu görüşleri daha sonra Robert Jameson tarafından İngiltere Edinburgh Üniversitesi'nde sürdürülmüştür.

Bu arada, Avrupa'da başlayan büyük endüstri devrimi, kömür ve metal gibi çeşitli hammaddeler ile yeni taşıma araç ve gereçlerine gereksinim doğurmuştur. Böylece yeni açılan maden ocaklarında, yapılan yeni yollarda ve kanallarda jeoloji bilgilerine büyük ölçüde gereksinim duyuldu. Bu nedenle, jeoloji bilimi giderek önemsendi ve yaygın hale gelmeye başladı. Artık, bir bütün olarak jeoloji bilimi gerek dinsel gerekse Werner'ci yaklaşımlardan uzaklaşarak gerçek anlamda bilimsel temeline oturma yoluna girmek zorunda kaldı. Bu yıllarda, William Smith adlı bir bilim adamı sedimanter kayaları dikkatlice inceleyerek, onların birbirlerine göre konumları ne olursa olsun, aynı fosil topluluğu içerenlerin aynı zaman aralığında çökeldiğini öne sürdü ve zaman kavramında çok önemli gelişmeler sağladı. Daha sonra, Charles Lyell ile uniformitarianism ilkeleri, Werner görüşlerinin yerini tamamen aldı ve giderek gelişti. Etna yanardağı civarında incelemelerde bulunan Lyell, lavların altında bulunduğu bir takım fosillerin günümüzdeki Akdeniz'de yaşayan bazı hayvanlara oldukça benzediğini gözleyerek yerküre tarihini oluşturan dönemlerin oldukça uzun zaman aralıklarına sahip olduğu görüşünü ortaya attı. Aynı görüşleri benimseyen Charles Darwin ise, Jameson ile birlikte başlattığı çalışmalarını sürdürerek Güneydoğu İngiltere'deki Wealden Vadisi'nin erozyon yoluyla açılabilmesi için gerekli olan zamanı hesapladı. Darwin'e göre adı geçen vadinin oyulabilmesi için 300 milyon yıl gerekliydi. Ancak, bu rakam günümüzde bilimsel yollarla yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlardan oldukça fazladır.

Sediman çökelişiyle zaman arasındaki ilginin ortaya çıkarılması çalışmaları aslında çok daha öncelere uzanmaktadır. M.Ö. 450 yılında, Mısır'a yaptığı bir gezi sırasında Nil nehrinin bir yıl içinde Nil ovasına yaptığı taşkınlarda biriken ince sediman tabakasını inceleyen Yunanlı tarihçi Herodot, Nil deltasının her yıl çok ince bir sediman tabakası kadar kalınlaştığını gözleyerek, tüm deltanın oluşabilmesi için oldukça uzun bir süreye ihtiyaç bulunduğunu belirtmiştir. Konuyla ilgili çalışmaların en önemlisi ise 1854 yılında Memphis'deki kazılar sırasında gerçekleştirilmiştir. Kazı çalışmaları sırasında, II. Ramses'in devasa heykelinin yaklaşık 2.75 m. kalınlıktaki bir sediman tabakasıyla kaplandığı gözlenmiştir. Heykelin yaşının 3200 yıl olduğu bilindiğine göre, bu bölgedeki sediman birikim hızının ortalama 8.75 cm/asır olduğu kolaylıkla hesap edilebilmiştir. Benzer bir yaklaşımla, o bölgede en derin kısımda bulunan yapı malzemeleri üzerindeki sediman miktarlarından, yörede insanların 13500 yıl öncesinden beri var oldukları ortaya çıkarılmıştır.

Daha sonra, özellikle İngiltere ve Batı Avrupa'daki tortul katmanların ayrıntılı çalışılmasıyla zaman kavramı, stratigrafi kavramıyla giderek bütünleşmeye başladı ve bu konuda önemli gelişmeler kaydedildi.



Bu dönemde Lyell'in sık sık bahsettiği 'belirli olmayan zaman süresi' kavramı giderek önemini yitirmiş oldu. Konuyla ilgili çalışmalar yapan araştırmacılar, katman veya katman topluluklarının her anlamda bir sınırlılığı gösterdiğini kabul ediyorlardı. Ayrıca onlara göre sadece İngiltere'deki katmanlar kendi aralarında ideal yaş ilişkileri içinde bulunmayabilirdi ve İngiltere'de görülen katmanlar arası boşluklar başka ülkelerdeki katmanlar tarafından doldurabilirdi. Dolayısıyla, zaman açısından belirli olan katmanlar arasındaki boşluklar da belirli olmalıydı ve bu zaman süreleri insanın aklının alamayacağı kadar uzun süreleri kapsayabilirdi, ama bunlar hiçbir zaman sonsuz ve sınırsız değillerdi. Modern jeolojinin ve dolayısıyla modern zaman kavramının temellerini oluşturan bu düşünceler bilimsel araştırmalardan aldıkları güçle yılmadan ortaya atılabiliyordu.

Katmanların konumları, kalınlıkları vs. gibi jeolojik verilerin kullanılmasıyla yapılan yaş tahminleri ve hesaplamaları daha sonraki yıllarda da sürmüştür. Bradley, bu yöntemle yaptığı çalışmalarda, 900 metre kalınlığındaki Green River şeyllerinin çökelişi için yaklaşık 6.5 milyon yıllık bir süreye gerek duyulduğunu hesapladı. Devrin en bilimsel jeolojik zaman ölçme yöntemi olmasına karşın, bu yöntemin kendi içinde bir çok tutarsız yanları bulunmaktadır. Her şeyden önce günümüzde gözlediğimiz çökeltme hızı, tüm jeolojik çağlar boyunca aynı şekilde değildir. Bunun yanı sıra, bir yerde çökeltme olurken diğer bazı yerlerde de erozyon olayı egemen olmakta ve orada çökeltilebilir malzeme yeniden işletilerek başka bir yerde çökeltilmektedir. Bir diğer konu da sedimanların çökeltmeden sonra çeşitli metamorfizma olaylarının etkisi altında olmasıdır. Yani, çökeltme kalınlığının hiçbir zaman ilksej konumunda kalması olanaklı değildir. Tüm bu nedenlerden ötürü, bu yöntem-

le yapılan zaman tahminlerinin oldukça tutarsız olmasına karşın, hiç değilse yerkürenin o devirlerde düşünülen çok daha yaşlı olması gerektiği sonucuna varmak bile oldukça önemli bir katkıdır.

Aynı devrede, jeolojik olaylar kullanılarak çökeltim yaşının hesaplanmasında değişik bir çok yöntemler geliştirilmiştir. 1900'lerin başlarında John Joly tarafından uygulanan bir yöntemle, okyanuslardaki tuz oranları hesap edilerek dünyanın yaşı bulunmaya çalışılmıştır. Joly, ilksel denizlerin tuzlu olmadığı, NaCl'nin karasal kökenli olduğu ve eriyik halinde denizlere taşındığı ve günümüzde gözlediğimiz tuz çökeltim oranının hemen tüm jeolojik çağlarda aynı kaldığı varsayımlarında bulunarak, yerkürenin yaşının 100 milyon yıl dolayında olduğunu hesaplamıştır (aslında hesaplanan bu yaş denizlerde tuz çökeltiminin başladığı zamanı belirtmektedir). Ancak, ilksel denizler tamamen tuzsuz değildir, tuzların hepsi de karadan türemiştir ve tuz çökeltim oranı her zaman aynı şiddette değildir.

Endüstri devriminin yarattığı bilimsellik ortamında giderek gelişen fizik ve kimya bilimleri de artık dünyanın yaşıyla ilgili yorumlar yapabilecek olgunluğa erişmişti. Bu nedenle 19. yüzyılın ortalarına gelinirken yerkürenin fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılarak yaş hakkında hesaplar yapılmaya başlandı. Özellikle dinamik ve enerji kavramlarının gelişmesiyle, en önemli enerji kaynaklarından güneş ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmaya başlandı. Bu çalışmalarda güneş enerjisinin sonsuz olamayacağı görüşleri giderek taraftar toplamaya başlamıştı. Bu oldukça güçlü, fakat sınırsız olması olanaksız enerji kaynağı ile ilgili ilk çalışmalar William Thomson, daha sonra da Lord Kelvin tarafından yapıldı. Kelvin yaptığı çalışmalar sonunda, güneşin soğuma hızının şartırcı derecede hızlı olduğunu gördü. Ona göre güneş, yeryüzündeki hertürlü hava ve su hareketlerinin enerjisini sağlamaktaydı.

Kelvin'in güneşle ilgili çalışmaları önem kazanmaya başlamıştı. O devre kadar kapalı bir sistem olarak düşünülen yerküre, sistem dışından bir yerden enerji alıyor, dolayısıyla, tüm olayları etkiliyordu. Ancak, bu aşamada ortaya yeni bir sorun çıktı; eğer güneş giderek belirli bir hızla soğuyorsa, o zaman 'principle of uniformitarianism' ilkesinin anlamı neydi? Demek ki tüm jeolojik olaylar, çağlar boyu devam eden mekanizma her zaman birbirinin aynısı değildi, en azından enerjilerinin güçleri azalarak günümüze kadar gelinmişti.

Kelvin'in bu görüşleri İngiltere Glasgow Üniversitesi'nden Henry Darwin Rogers'ı büyük ölçüde etkiledi. Rogers kardeşiyle birlikte yaptığı çalışmalarda, maden ocaklarının derinliklerine gidildikçe ısının arttığını gözledi ve bu bulgusunu arkadaşı Kelvin ile birlikte ayrıntılarıyla tartıştı. Kelvin, daha sonra yerka- buğunun değişik derinliklerindeki ısıları ölçerek, ka- buğun ısı akış mekanizması ile ilgili çalışmalar yapmaya başladı. Kelvin çalışmaları sonunda, güneşten koptuğu zaman sıvı halde bulunan dünyanın soğuyarak günümüze kadar gelebilmesi için geçen sürenin bu yolla hesaplanabileceğini öne sürdü. Onun hesaplarına göre dünyanın yaşı 25 ile 400 milyon yıl ara-

sındaydı. Kelvin, bu görüşlerini büyük bir cesaretle 1868 yılında Glasgow Jeoloji Derneğinin yıllık kongresinde sunmayı düşünene kadar, hemen hiç bir taraftar bulamamıştı. Kongrede de pek taraftar bulunduğu söylenemez. Hatta Thomas Huxley gibi birçok jeolog, Kelvin'in 'uniformitarianism' ilkesine yaptığı bu saldırıyı şiddetle kınadı, ama maalesef bir fizikçinin getirdiği rakamlar ve hesaplara karşı ellerinde hemen hiç silahları yoktu.

Bütün karşı koymalara karşın Kelvin'in hesapları zamanının en bilimsel yaklaşımıydı. Buna karşı harekete geçen jeologlar, jeolojik hesaplamalara ağırlık vermeye başladılar. Örneğin, Clarence King, yaptığı hesaplar sonunda yerkürenin yaşını 24 milyon yıl olarak buldu. Hiç kimsenin Kelvin'in milyonlarına inanmadığı bir sırada, Darwin 'Türlerin Kökeni' gibi yeni eserler veriyor ve daha önce şiddetle savunduğu 'uniformitarianism' ilkesinden bazı anlamlarda yumuşatmalar yapıyordu. Bu arada Darwin de dünyanın yaşıyla ilgili yorumlarda bulunuyordu; ancak onun zaman ölçüsü o kadar küçük birimlerdi ki, genellikle yakın çevresi tarafından bile kabul edilmiyordu. Kısacası, bu çağdaki yerkürenin yaşıyla ilgili görüşler Darwin'in küçük rakamlarıyla Kelvin'in milyonları, yani jeolojik yaklaşımlarla, fiziksel ve kimyasal yaklaşımlar arasında gidip geliyordu. Söz konusu yaklaşımların her ikisinin de doğru olmasının olanaksız olması nedeniyle, ya bunlardan bir tanesi diğerine göre yanlıştı, ya da her ikisinin de birbirlerine göre yanlışları bulunmaktaydı. Sonunda Darwin, kendisi için en kolay yolu seçti ve kendi düşüncelerinin tamamen doğru, Kelvin'inkilerin ise bütünüyle yanlış olduğuna karar verdi.

Bu arada, Kelvin'in zaman birimleri, kendi yandaşlarınınca da az gelmeye başlamıştı. Kelvin, zamanın en büyük fizikçisi olarak görülüyor ve onun dünyanın yaşıyla ilgili kuramlarını çürütebilecek kimsenin bu-

lunmadığına inanılıyordu. Böyle bir ortamda, A.B.D. Chicago Üniversitesi'nden T.C. Chamberline, dünya ve diğer gezegenlerin 'planetesimal' adını verdiği küçük parçacıklardan soğuk bir haldeyken birikerek oluştuğunu söyleyerek yeni bir kuram ortaya atıyordu. Ona göre dünya hiçbir zaman erimiş halde bulunmamıştı. Chamberline, bu görüşlerini 1909 yılında yayınladığı zaman, görüşleri hiçbir zaman Kelvin'inkilerle boy ölçüşebilecek düzeyde değildi. Ancak, Chamberline bir adım daha ileri giderek, «doğruluk, kesinlik ve mükemmellik kisvesi altındaki katı matematik analizlerin büyüleyici etkisi bizim gözlerimizi kamaştırmasın» diyerek, Kelvin'in kuramlarını bir bir çürütmeye uğraşıyordu.

Yerkürenin yaşıyla ilgili tartışmalar bir anlamda kısır bir döngü içindeyken, Kelvin'in güneşini karartacak güçte yeni bir enerji kaynağı bulundu, bu radyoaktivite idi. 1896 yılının Şubat ayında Henri Becquerel uzun süredir uranyum tuzları (potasyum uranil sülfat) üzerine yaptığı deneylerin sonuçlarını yayınladı. Bundan sonra, radyoaktivite günün konusu haline geldi ve çalışmalar giderek yoğunlaştı. Radyoaktivite ile ilgili ilk çalışmalar 1902 yılında Elster ve Geitel (Almanya'da) ile Rutherford ve Soddy (İngiltere'de) tarafından başlatılmıştı. Bunlardan Ernest Rutherford, radyoaktivite konusunda oldukça önemli gelişmeler kaydederek, «dünyada var olan bitki ve hayvan topluluklarının yaşamını sürdürecekt yeterlilikteki ısıya eriştikten bu yana geçen zaman süresi, Kelvin'in ve diğerlerinin hesaplarından çok daha fazladır» yargısıyla, radyoaktiviteyi yerkürenin yaşı ile ilgili tartışmaların içine sokmuş oldu. Ancak, Kelvin iyice yaşlanmıştı ve tüm bu yeni bulgulara inanmaya veya üzerinde düşünmeye vakit bulamadan, hepsinin de bütünüyle yanlış olduğu inancını içinde besleyerek 1907 yılında öldü. Konuyla ilgili çalışmalar bütün hızıyla sürüyordu. Yale Üniversitesinden (A.B.D.) Berttram Boltwood, daha önce yayınlanan radyoaktivite ile ilgili verileri toplayarak radyoaktif minerallerin yarı yıl yaşlarını yeniden hesapladı. Kendisi bu yolla oldukça önemli gelişmeler kaydediyordu, ancak onun da ilerleyen yaşıyla birlikte jeolojiye olan merakı yok oldu ve sonunda kendisinin tümüyle kimyasal incelemelere adadı.

Radyometrik yolla yapılan yaş tayinleri giderek ilerliyordu. Uranyum/kursun, kurşun/alfa parçacıkları, potasyum/argon, rubidyum/stronsiyum gibi radyoaktif minerallerin yarı yıl yaşları esas alınarak sağlıklı yaş tayinleri yapılmaya başlandı. Halen günümüzde de en geçerli yaş tayin yöntemi olmasına karşın, her bir radyoaktif mineralin kendine göre çeşitli kısıtlayıcı yanları bulunmaktadır. Herşeyden önce tüm bu radyoaktif elementlerin yaşam süreleri oldukça uzundur, ve bozulmaları o kadar yavaştır ki her zaman birkaç milyon yıllık hatalar yapılabilmektedir. Bu nedenle, özellikle 10-15 milyon yıldan daha genç yaşlandırmalar için yaşam süreleri kısa olan elementler kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlilerinden biri olan C₁₄, özellikle Pleyistosen çağı için ve arkeolojik amaçlar için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. C₁₄ ile ölçülebilecek en yaşlı madde 30 bin yıldır, daha yaşlılarda hatalar vermektedir.

VALLA ÜSTADIM,
ÇOK ZAMAN GEÇTİ...
ANIMSAYAMIYORUM; AMA,
BÜYÜKLERİM OKULA
ERKEN BAŞLAYA'YIM DİYE
NÜFLİSA BİR YIL BÜYÜK
YAZDIRMIŞLAR!...

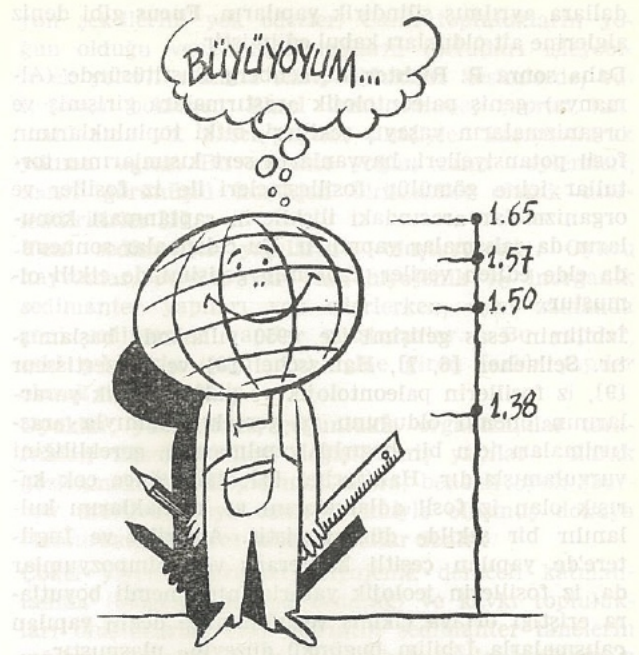
TEVELLÜT
KAÇ,
MİRİM?..



Yerkürenin yaşıyla ilgili sorun, radyoaktif mineraller sayesinde büyük ölçüde çözülmüştü. Artık bu genel zaman ölçüsünü bölmek ve daha küçük ve yerel zaman birimleri elde etmek gerekiyordu. Bu işi de jeolojinin hemen her dalında çeşitli eserler vermiş olan Arthur Holmes üstlendi ve ilk defa olarak jeolojik zaman tablosunu önerdi. Tüm jeologlar, kendi ülkelerinin kaya birimlerini genel zaman tablosu içinde vermeyi amaçlıyor ve tortul katmanların stratigrafik dizilimleri esas alınarak görece bir yaşlandırma-ya gidiliyordu. Bu katmanlar da radyometrik yolla kesin yaşları saptanmış olan katmanlarla denestiriliyordu. Özellikle tortul kayaların, magmatik kayalar tarafından kesildiği yerlerde, radyometrik yaşların stratigrafik yaşlara çevrilebilmesi daha rahat oluyordu. Söz konusu magmatik kayalardan pegmatit ve granitler bu konuda oldukça başarılı sonuçlar ver-
mekteydi.

Amerika'daki gelişmeler Avrupa'ya nazaran daha geç seyretmiştir. A.C. Lane ve Gregory P. Baxter atom ağırlıklarının gravimetrik yolla saptanması konusunda sağladıkları başarı ile radyometrik yöntem daha bir güç kazanmıştır. Halen günümüzde de süren radyometrik çalışmalar artık doruk noktasına ulaşmış olup hemen her sorun çözülmüştür. En son olarak, Alfred O. Nier'in Harvard Üniversitesinde Mass Spektrometreyi geliştirmesi ve aletini jeolojik zamanları ölçebilecek doğruluk ve yeterliliğe erdirmesiyle, dünyanın yaşı konusunda çok önemli bir noktaya ulaştırmıştır.

En geliştirilmiş tekniklerle yapılan yaş ölçümlerine göre, yerkürenin yaşı 4.6 milyar yıldır, yani yer-



kürenin güneşten kızgın bir lav halinde koparak soğumaya başlamasından bu yana tam 4.6 milyar yıl geçmiştir. İnsanoğlu, dünyanın yaşını, birkaç binden birkaç milyar yıla çıkararak, onu hergün biraz daha yaşlandırırsun, o, evrenin bu algılanması güç boyutunda, zamanı gergefinde nakış gibi işlemeye devam ediyor ve edecek.

İz Fosiller ve İzbilim

Sacit ÖZER Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü, İzmir.

GİRİŞ

Günümüzde jeologlar, eski yaşamların ve çökme ortamlarının yorumu konusunda, yalnızca paleontoloji, stratigrafi, sedimantoloji gibi birkaç disipline bağlı kalmanın yetersiz olduğu kanısındadırlar. Diğer yandan jeolojik çalışmalarla elde edilen verilerin, önce tek değerlendirilip sonra birleştirilerek, bir bütün halinde yeniden gözden geçirilmesi ile daha gerçekçi sonuçlar elde edildiğinin farkına varmışlardır.

Potansiyel olarak derece yararlı, ancak çoğu kez üstünkörü geçilen bu verilerden birisi de iz fosillerdir. İz fosiller ile, bireysel biyojenik yapıların incelemesini konu edinen İzbilim, yerbilimlerinin diğer dallarına oranla daha yavaş bir gelişim göstermiştir. Ancak, özellikle çökme ortamları ve paleoekolojik

yorumlarda katkıları, bu gelişimin son yıllarda hızlanmasına neden olmuştur.

TANIM

İz fosiller (trace fossils) deyimi altında, organizmalar tarafından yapılan izler (tracks), sürünme izleri (trails), oyuklar (burrows), delikler (borings) ve diğer bireysel biyojenik yapılar (lebenspuren) toplanmıştır [1, 2]. İz fosilleri konu edinen bilim dalına İzbilim (Ichnology) adı verilmiştir.

İZBİLİMİN GELİŞİMİ

İzbilimin kısa geçmişine ilişkin bilgileri Caster [3], Hantzschel [4] ve Osgood [5] vermişlerdir. Önceleri iz fosillerinin alg olduğu sanılmıştır. Özellikle bir çok