

Yeryuvarı Jeolojisinde Önemli Gelişmeler

P. H. ABELSON *Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği Başkanı*

Jeoloji bir takım durumlar dolayısıyla yükselmekte ve irdelemelerde yeni yeni kavramlar ile araçlar kazanmaktadır. Yine de insanlığın enerji ile gereçlere olan gereksinimleri yakın bir gelecekte karşılanacak gibi değildir. Ortam problemleri ile araziden yararlanma sorunları giderilemeyecektir. Yıkıcı ve öldürücü depremler tehlikelerini sürdürecektir ve zararlarından kurtulma çareleri uzak bir gelecekte bulunabilecektir.

Yakın yıllarda bir takım yeni irdeleme araçları açınlanmış ve bulunmuş olanlar daha da üstünleştirilmiştir. Bunlardan 2 tanesi başta gelmektedir: 1) ERTS (Yer Kaynakları Teknolojisi Uydusu ve yeni adıyla Landsat - arazi uydusu), 2) derin deniz sondalaması (Glomar Challenger). Bunlardan başka daha birçok güçlü aygıtlar ve tekniklerden yararlanılmaktadır. Bunların hepsi de pahalı fakat yararlıdır.

Jeoloji, yeryuvarlığının sürekli hareketli bulunduğunu gözetken "Levha Tektoniği" ile bir yeni hız kazanmıştır. Bu teori ile mekanizması tüm aydın olmadığı gibi, tutarsızlıkları da vardır. Bununla beraber bu kuramın jeolojiye kazandırdığı güç ve hız sürekli olmuştur.

Gelişmekte olan birçok ülkelerde üstün jeoloji yetenekleri belirmiş ve başarılar önemli olmuştur. Böylece zorluklar arasında uluslararası düzeyde işbirliği gerçekleşmiştir.

Yukarıda sayılanlara birazdan daha ayrıntılı değinilecektir; fakat önce uzaktan algılama ele alınacaktır.

Landsat olarak tanınan ilk ERTS, 23.7.1972 de fırlatılmıştır. Benzer bir 2. uydusu 1975 başında yörüngesine oturtulmuştur. Bunlarla bugüne dek pek çok veri derlenmiştir. Jeologlar bunları yorumlamada ustalık kazanmaktadır. Böylece, uzaktan algılama tekniği ilerlemektedir. Daha da başka uydular daha üstün tutarlık sağlayacak, ve değişik tipte dalga uzunlukları kullanılacaktır. Yakında, yalnız bir ülkeye yararlı yalnız bir fotoğraf deneyi olmaktan çıkılarak 100 kadar ulusun katılacağı çok yönlü bir girişime geçilecektir.

Yakın tarihte Amerika Jeoloji İdaresi "ERTS 1, Gezegenimize bir yeni pencere" başlıklı ve 929 sayılı bildiri yayınlamıştır. 360 sahifede, 90 bildiride, 8 büyük konu alanına değinilmiştir: Örneğin kartografyaya uygulanan jeoloji ve jeofizik, su kaynakları, araziden yararlanma youlunda haritalama, ortam öğütlemesi, koruma, eseanografya, vb gibi. Bu kitap uydulardan edinilen taze bilgilerle doludur. Bu konuda, daha başkalarının pekçok yayını yapılmıştır.

Uydunun iki büyük önemi çeşitli tartışmalarla belirtilmiştir. 1) eşit alandan belirli aralıklarla çekilen resimler mevsimlik değişimleri, daha başka değişiklikleri ve uzun süreli farkları ortaya koymuşlardır. 2) Daha önce farkedilmemiş büyük öl-

(1) Sydney, Avustralya'da yapılan 25. Uluslararası Jeoloji Kongresi açılış töreni konuşması. Prof. Dr. İ. Enver Altınlı tarafından Türkçeye çevrilmiştir.

geekli düz veya eğri çizgisel şekiller açıklanmışlardır. Geçmişte Amerika'daki hemsinir 48 devletin bu çizgisel şekilleri epeyce öğrenilmişse de, uydu resimleriyle farkedilememiş olanları bulunmuştur, örneğin Nevada'da Rowan ve Wetlaufer'in tanıttığı 7 büyük lineament sisteminden 6 sı cevher cisimlerinin bulunuş tarzını yöneltmiştir. Bu lineamentlerden 2 si daha önce önemli kabuk zonları olarak tanınmışsa da, 5 tanesi yerel haritalanmış yarılımların Landsat 1 görünümündeki önemli lineamentler boyunca uzatılmasıyla öğrenilmiştir. Jeofizik verilerine göre bu lineamentler belki de, yerka- buğunda Prekambriyen başından beri derin zayıflık zonları olmuşlardır.

ERTS 1 görüntüleri, uzun zamandır çözülememiş kimi durumlara belirteçler sağlamıştır. Kuzey Amerikada kayda geçmiş en yıkıcı deprem Missouri'deki New Madrid'dedir. Burası, Kuzey Amerika levhası kenarından 2.000 km uzaktadır. Depremsiz yerin burası olması gerekirse de bir yağın deprem oluşmuştur.

Wisher, Hemphill ve Kovere göre uzak noktalardan deprem alanına doğru uzanan üç büyük lineament vardır ki biri Kuzey Florida'dan, 2. si Michigan gölünden, 3. New England'dan başlar. Bu yazarlara göre bu lineamentlerin kesişme noktası Missouri'deki kurşun ve çinko bölgesindedir.

Minerallerin, sıvı hidrokarbonların ve jeotermal kaynakların çizgisiyle ilgili düz ve eğri şekillerin açıklanmasında uydu görüntülerinin yararlığı daha başka incelemelerle de saptanmıştır. Birçok büyük petrol ortaklıkları Landsat görüntülerinden yararlanma yolunda büyük çabalar harcamaktadır. Jeotermal araştırmalarda eğri çizgisel şekiller üzerinde durulmaktadır. Yeni gelişmelerden biri, yertüstü kayaların bileşimi yönünde bilgi edinmedir. Birçok yerlerde ak ve kara resimlerden yalnız az belirli veya belirsiz boz ton farkları görülür. Uydu resimleri, boz ton farklarını arttırmış, karşıt aldatici renklerle değişik kaya cinsleri açığa vurulmuştur.

Uydulardan algılama, yeryuvarlığına bakışın bir türüdür; ancak hava fotoğrafları ile yan bakan havadan radar verilerini tümler. Son yıllarda uydu resimleri radar görüntüleriyle birlikte yoklanmış, daha aydın açığa çıkmış, ayrıntılar sağlanmıştır.

Daha da başka uzaktan algılama usullerinden yararlanılmaktadır. Son yıllarda Japonya'da çok önemli bir magnetik anomali bulunmuştur. Gama ışını detektörlü alçaktan uçan araçla uranyum çökeltileri saptanmıştır. Bulut veya çangıl yüzünden aydın gözükmeyen alanların radar görüntülerinden büyük ölçüde etkinlikle yararlanılmıştır.

Bu güçlü teknikler jeologların yararlığını arttırmışlardır. Bu, ancak bu görüntüleri yorumlayabilenler, uzaktan algılama ile yeri saptanmış orandaki gerekli ayraçları saptayabilenler içindir.

Yeryuvarlığının jeoloji yönünden yoklanması, yeryüzünde henüz eşitli üleştirilmiş değildir. Cevher cisimleri yörelerinden, hidrokarbon kapsadığı kanısı beslenen alanlarda bu yoldan açıklamaya gidilmektedir. Birçok gelişmiş ülkelerin ayrıntılı jeoloji irdelemeleri varsa da, yeryuvarlığının büyücek alanları için incelemeler kuttur. Örneğin yeryüzünün %72 sine

erisen deniz ve okyanus dipleri yakın tarihe değin öğrenilmiş değildir.

Son 8 yılda abis derinliklerindeki deniz dibi için pekçok bilgi derlenmiştir. Glomar Challenger 400 sondalamayı başarmıştır. Çoğu kuyular sağlam çökel kayasında kalmışlardır. Son zamanlarda temele erişecek derin kuyu açılması yolunda çareler bulunmuştur.

Denizlerle okyanusların birçok yerlerinde açılmış yüzlerce kuyu 80.000 m yi bulmuş, 40.000 m uzunlukta karot elde edilmiştir. Bu karotların ancak küçük bir yüzdesi iyi incelenmiş şaşırtıcı durumlarla karşılaşmıştır. Buluşlardan bir tanesi okyanus çökellerinin oldukça genç yaşta bulunduğu. Karalarda 3.700.000.000 yıllık kayalar bulunmuşsa da denizlerde en çok 150 milyon yıllık (Jurasik yaşlı) kayaya girilmiştir. Çoğu çökeller daha gençtir, örneğin Atlantik ortası sırt yakını çökelleri ancak birkaç milyon yıllıktır. Bir başka yön, temel kayasının hep bazalt oluşudur. Genellikle, karotlardan edinilen bilgi levha tektoniği kuramı ile bağdaşır. Ayrıca, derin deniz sondalaması, yalnız olarak tektonik levhaların hareketiyle açıklanamıyacak durumları da ortaya koymuştur.

Karalardaki düşey hareketlerin belirtileri çoktur. Bu, ancak bir kısım deniz dibi için böyledir ve bir zamanlar deniz düzeyinde bulunmuş alanlar şimdi deniz düzeyinden 5 km aşağıdadır.

Sondalama programının önemli bir yönü, stratigrafi sütunu için uzun ve sürekli kesitlerin elde edilmiş bulunmasıdır. Böylece istifler doğru öğrenilmiş, yaşıt olanlar gereğince saptanmış, eksik katmanlar bilinebilmiştir. Böylece, örneğin kazıyıcı akıntı, deniz suyundaki CO₂ kapsamının değişmesiyle karbonat kavkının erimesi, vb saptanabilmiştir. Şimdi, kara stratigrafisi ile deniz stratigrafisinin denestirilmesi işi vardır.

Beri yandan uzak noktalardan derlenmiş karotların yoklanmasıyla büyük ölçüde yaşıt, yeryüzünü ilgilendiren olaylar meydana çıkarılabilecektir. Böyle bir örneği Lamont - Doherty Jeoloji Gözlem Evi'nden W. B. F. Ryan ve Milano Üniversitesi'nden M. B. Cita yayınlamışlardır. Kretasede, 100 milyon yıl önce, kıtalar büyücek hareketler geçirmişlerdir; Afrika ve Güney Amerika ayrılmaya koyulmuştur. Okyanusta dolaşımın zayıf oluşu yüzünden (veya daha başka bir nedenle), çok geniş okyanus dipleri oksijensiz kalmışlardır. Buralara zehirli H₂S yerleşmiş, çökellere çokça organik madde ve pirit katılmıştır. Ryan ve Cita'ya göre bu gibi alanlar 50 milyon km² yi bulmuştur. Bu, örneğin Avustralyanın 7 katı büyüktür. Çökele gömülen organik madde ile pirit kadar miktarda ek oksijen atmosfere yayılmıştır. Nitekim Ryan ve Cita, 1 milyon yıllık birikme süresince atmosferdeki oksijen miktarının %30 arttığını bildirmişlerdir. Böylece, bugünün kömür yedeklerinin sunduğundan 10 kat çok indirgenmiş karbon birikmiştir.

Elde edilen karotlar incelenirken daha da bilgiler sağlanmaktadır. Böylece, yeryuvarlığının son 150 milyon yılı için pekçok ayrıntılar derlenecektir. Bu yönde, uluslararası çalışmalar için büyük olanaklar vardır. Bu irdeleme programı

uluslararası aşamaya getirildiğinden, karotlar yetkili bilimcilerin incelemelerine açıktır. Böyle bir niyeti olanlar şu adrese başvurmalıdır:

Curator, Deep Sea Drilling Project,
Scripps Institution of Oceanography at La Jolla,
California — USA

Derin deniz sondalamasıyla erişilen bilgiler, genel olarak levha tektoniği kuramı ile bağdaşık bulunmuşlardır. Böylece, yerkabuğu hareketlerinin karmaşık bulunduğu öğrenilmiş, ancak şimdiye kadar tam bir açıklama yapılamamıştır. Bununla beraber, levha tektoniği herşeyi açıklamış değilse, jeologlara atılımlar hazırlamıştır. Bu kurama göre hidrokarbonların ve mineral çökeltilerinin birer açıklaması başarı ile yapılabilmiş, ve böylelikle aranmaları için kılavuzlar saptanmıştır. Levha tektoniği sismik olayları da (sığ ve derin depremleri) yorumlayabilmiştir.

Levhaların sürekli ve oldukça hızlı hareketi için çok büyük miktarlarda enerji gereksinmektedir. Bu enerjinin nasıl ve hangi mekanizma ile sağlandığı araştırma konusu yapılmıştır. Açıklamalardan birinde radyoaktif dönüşüme yer verilmiştir. Eğer bu öneri doğru ise, jeoloji geçmişinde daha çok radyoaktif ısı salıverildiğine göre, yeryuvarlağı bugünkünden daha da hareketli olmuş olmalıdır. Böylece, yeryuvarlağındaki levhalar Jurasikten bu yana tekrar tekrar karşılaşabilmişlerdir. Bu karşılaşmaların saptanması çetin araştırmaların konusu olacaktır.

Bugün de tektonik levhaların karşılaştığı veya birbirine göre hareket halinde bulunduğunu anlatan pekçok belirteçler elde edilmiştir. Hepsisi değilse çoğu depremler bu tür karşılıklı etki ve tepkilere bağlanmışlardır. Yeğin depremler her yıl binlerce insanı öldürmekte, pekçok taşınır ve taşınmazı yok etmektedir. Depremin önceden haber verilmesi çok önem verilen bir konu olmuştaysa da, başarıya ancak yavaş erişilecektir. Son birkaç yılın gözlemleri, depreme öngelen bir takım olayların varlığını haberlemiştir. Bunlar üzerinde, örneğin Çin, Sovyet Rusya, Japonya, Amerika, vb yoğun araştırmalar yapmakta, çareler aramaktadır. Öncü olaylar arasında depremliliğin uzun süreli değişimleri, deprem dalgası hızlarının değişimi, deprem etkinliğinin geçerliliği, yeryüzünün kabarması ve eğilmesi, kuyu suyu düzeyinin farketmesi, zemindeki elektrik akımlarının değişimi, vb. vardır. Ne var ki en iyi önceden haber verici olanı henüz kesinlikle saptanmış değildir. Bugün için yukarıda sayılanların hepsi üzerinde durulmaktadır, hepsi için ayrı ölçümler yapılmakta, olağandan sapmalara önem verilmekte, tehlike topluma duyurulmaktadır.

Bir takım nedenlerle jeologlar çoğu dikkatlerini Kambriyen başından yani 600 milyon yıl öncesinden sonraki olaylara deriştirmişlerdir. Bu yüzden yer tarihinin 7 de 6 sı önemsenmemiştir. Oysa ki bu süre yaşamın başlangıcı kadar evrimini de kapsamaktadır. Yeryuvarlağının çoğu ekonomik değerli cevher çökeltileri yine bu sürede oluşmuş veya yerleşmiştir. Son yıllarda ise, Prekambriyen jeolojisi ön plana alınmıştır. Bu yolda uluslararası işbirliğine çok önem verilmiştir.

Son birkaç yıl içinde Prekambriyenin incelenmesi yolunda araç ve gereçler geliştirilmiştir. Ay, Venüs ve Mars açınlamasında edinilen bilgilerin, 4.600.000.000 yıl önceden başlayan ilk yer tarihi konusuna hizmetleri dokanmaktadır.

Fosil kaydının yokluğu nedeniyle Prekambriyen incelemelerinde yaş verme zorluğu artık geçmişte kalmıştır. 25 yıl önce ortaya konan radyoaktivite ile yaş verme teknikleri yavaş ilerlemekte ve değişik laboratuvarların yaşları henüz tutarlı olamamaktadır. İlerlemeler sürdürülmektedir. Nitekim birkaç mg ağır eski bir zirkona, 2 milyon yıllık olasılıyla yanlışla, doğruca yaş verilebilmektedir. Ay da içinde olmak üzere Güneş sistemi 4.600.000.000 yıllıktır. Ayın yüzeyinde vakıtle ergime ve bir kısım farklılaşma olabilmıştır. Daha sonraları ay yüzeyinde meteorit çarpmalarıyla sığ çukurlar gelişmiştir. 3.700.000.000 yıllık bazalt akıntısı kimi kraterleri doldurabilmiştir.

İzotopla yaş verenlerin bir merakı yeryüzündeki en yaşlı kayalar konusundadır. Bu yolda pekçok çalışılmış ve ençok 3.700.000.000 yıl üzerinde durulmuştur. Çabalar sürekli olmuştaysa da 3.700.000.000 ile 4.600.000.000 arasındaki fark henüz bilinmemiştir.

Ay kayaları irdelemeleri ile henüz başlamış Mars gözlemleri, yeryüzünün ilk 900 milyon yılında gelişmiş olaylara ışık tutmaktadır. Bir kısım ay kayaları yeryüzündekilerden çok daha iyi irdelenmiştir.

Bugün Ay yüzünde bulunan kayalar aşırı indirgeyici koşullarda oluşmuşlardır. Ayın yüzünde anortozitin bulunuşu, Ay gerecinin hızlı biriktiğini, ısı olarak salıverilen çekim enerjisinin büyük ölçüde alakonulduğu yolunda açıklanmıştır. Aydan çok daha büyük olan yeryuvarlağı için de gerecin hızlı biriktiği ve tıpkı Ay gibi çekim çarpmı ısısının alıkondduğu sonucuna gidilmiştir. Yeryüzünde yaş sağlayabilecek en yaşlı kayaların oluştuğu sırada yeryuvarlağı hâlâ ergime halinde ve gaz kaybetmekte idi.

En yaşlı çoğu kayalar, daha sonra yerleşmiş olanlarla benzerlidir. Buna aykırı bir durumu Viljoen kardeşler Güney Afrika'da bulmuşlardır. Bu ultramafik yastıklı volkanitlere komatiyit adı verilmiştir. Bunlar magnezyumca zengin, kalsiyum ve alüminyumca oldukça fakirdir. Liquidusları 1400°C-1500°C dir ki bazaltinkinden 300°C daha yüksektir. Viljoen kardeşlerin anlatımından beri benzer kayalar, başka yerlerdeki Arkeen oluğuklarında bulunmuş fakat daha genç formasyonlarda görülmemiştir.

Gelecek 10 yıl içinde Prekambriyen jeolojisi daha iyi öğrenilince, elbette ki ilginç buluşlar yapılmış bulunacaktır.

Bugünün jeolojisindeki yönelim, gelişmekte olan ülkelerde üstün yetenekli jeolog yetiştirilmesidir. Çoğu ülkelerde devlet jeolojiye yardımlarda bulunmakta, hatta gelişmesine öncelik tanımaktadır. Böylece jeolojisi yeterince bilinmeyen, yeraltı zenginliklerinden gereğince yararlanılmayan ülke kalmayacaktır. Bu yolda bir örnek, çok sayıda meslek jeoloğu yetiştirmiş olan Brezilya'dır. Brezilya'da devlet uzaktan algılama programını güçlü desteklemiş, ve böylece Landsat görüntülerinden doğrudan yararlanma olanına kavuşmuştur. Brezilya yanbakan havadan radar görüntülerinden de büyük ölçüde yararlanmaktadır. Bu teknikler Brezilya'ya uygulanır nitelikte bulduklarından, Brezilya'nın yerüstü jeolojisi radar görüntülerinden hazırlanmıştır.

Birçok ülkelerin yetişmiş üstün jeologları uluslararası gendeki programların gerçekleşmesine temel oluşturmuşlardır. Bu yolda çok yararlı bir aracı "Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği" dir. Bu işbirlikli büyük araştırma projelerini para yardımı ile desteklemektedir. Bu Birlik'in Dighy McLaren'in verimli önderliği ile Stratigrafi Komisyonu büyük ilerlemeler sağlamaktadır. Yine Birlik, Komisyonlar, Askomiyonlar, Çalışma Grupları, Bağımlı Dernekler aracılığı ile de uluslararası işbirlikli projelere destek olmaktadır. Birlik, daha başka örgütlerle işbirliği kurarak ortak desteklemelerde bulunmuştur, örneğin Jean Marçais başkanlığındaki "Yeryüzü Jeoloji Haritası Komisyonu" na özel yardım yapılmış ve etkin ilerleme sağlanmıştır. Tektonik ve metalojenik derlemelere Komisyon artan önem vermektedir. Yine Komisyon deniz ve okyanus alanlarından edinilmiş verileri derlemektedir. Birlik, Uluslararası Jeoloji Korelasyonu Programı ile Uluslararası Jeodinamik Projesi'ni Unesco ile işbirliği sağlayarak yönetmektedir.

Uluslararası Jeoloji Korelasyonu Programı, gelişmekte olan ülkelerin araştırmacı jeologlarına yardımlarda bulunmak üzere düzenlenmiştir. Programa uluslararası gendeki jeoloji konuları kabul edilmektedir. Birçok tasarılar, pratik amaçlara yardımcı bilgiler edinilmesi yönünde kurulmuştur. Korelasyon programına 1973 te başlanmış, büyük ilgi ve beğeni görmüştür. Bugüne dek 57 ülke Ulusal Komite kurmuş, 41 tanesi de kurmak üzere. IUGS önceki başkanı Sir Kingsley Dunham yönetimindeki Kurul önerilen 150 projenin değerlendirilmesini yapmış ve bunlardan 50 tanesini kabul etmiştir. Konular, en yenisi de içinde olmak üzere, yer tarihinin bütün yönlerini ilgilendirmektedir. Yine de çabanın ağırlığı Prekambriyen incelemelerindedir. Sözü edilen projeler 4 grupta gözetilebilir:

1. Zaman ve stratigrafi ile pratik yönleri,
2. Zaman ve mekandaki önemli jeoloji olayları ve bunların ortam işlemlerindeki payları,

3. Mineral çökeltilerinin zaman ve mekandaki dağılımı, cevher yapıcı olayların yer tarihinin öbür olayları ile olan ilişkileri,
4. Jeoloji korelasyonunda başvurulan kantitatif usuller ve veri işlemleri.

İlkin Charles Drake'in ve şimdi Anton Hales'in başkanlığındaki Uluslararası Jeodinamik Projesi, IUGS jeologları ile IUGG jeofizikçilerinin ortak genel ilgi alanı sorunları, özel olarak ta levha tektoniği hareketleri ile ilgilenmektedir. Projeye 50 ülke etkinlikle katılmıştır. Jeologlarla jeofizikçiler arasında işbirliği ile çalışma olanağı gerçekleştirilmiş, levha hareketi irdelemeleri başarılı sürdürülmüştür.

Jeodinamik Projesi ile başarılı olanlardan önemlileri, Sidney'deki Jeodinamik Komisyonu Dairesi'nde görülebilir. "Jeodinamik: ilerlemeler ve tahminler" adlı 200 sahifelik yayında, 67 ülkeden katılanların hazırladıkları 37 bildiri vardır.

Prof. Drake, jeoloji ile jeofiziğin gelecekte karşılaşacağı önemli konuları kapsayan ve "Yerkabuğunun Dinamiği, Doğal Kaynak Sistemleri için bir Taslak" adını taşıyan bir metin hazırlamıştır. Bunda, Uluslararası Jeodinamik Projesi ile kazanılmış bilgiler yardımıyla iki temel soruna geçilebileceği belirtilmiştir:

- 1) Niçin yeryüzünün bir kısmı kıta ve bir kısmı okyanustur?
- 2) Kıtalar bugünkü durumlarını nasıl ve hangi etkenlerle kazanmışlardır?

Bu iki sorun da çetindir. Drake'in bu iki büyük sorunu ortaya koymuş olması iki yönden önemlidir: a) eğer bu sorunları çözüme kavuşturacak araç ve gereçler elde bulunmazsa hiç de söz konusu edilemezler, b) Jeolojinin önemli bilmeceleleri daha henüz çözüme kavuşturulmamışlardır.

Profesör Drake'nin bu sorunları ile bu konuşma sonuçlandırılacaktır. Yukarıdan beri değinilen yeni yeni çalışmalar, yerbilimlerini ayırtlayan görkemli konunun ancak bir kesrini oluşturmaktadır.