

Maden Arama Tehniğindeki Gelişmeler ve Yeni Teoriler

Derleyen : Burhanettin DOYRANLI*

Jeofizik ve Jeoşimi :

Jeofizik metodları madencilikte ilk olarak 1930-1940 yılları arasında İskandinav ülkeleri ile Sovyetler Birliği'nde ve Kanada'nın kuzey bölgelerinde uygulanmıştır. Bu bölgelerde genellikle kalın bir glasiyal örtü tabakasının altında bulunan maden yatakları, maden arama işlerini güçleştirmektedir. (1).

Jeofizik firmalarının 1970 -1975 yılları arasındaki maden arama tekniğini geliştirme çalışmaları madencilik yönünden çok verimli bir dönem olarak kabul edilmektedir. Yeni geliştirilen Turair metodu [havadan elektromanyetik prospeksiyon metodu] yeryüzünün birçok bölgelerinde, genellikle Kanada'da ve Avustralya'da çok uygulanmıştır. Yine yeni bir sistem olan radyofaz ile yani çok düşük frekanslı (VLF) radyo dalgaları ile özellikle yeryüzünde aflöre olmayan ve derinde bulunan iletken cevher gövdeleri ve jeolojik yapılar tesbit edilebilmektedir. Çok düşük frekanslı elektromanyetik dalgaların arz kabuğu içinde derinliğine penetrasyonu. yeryüzündeki birçok denizaltı iletişim istasyonlarından yararlanılmasına yol açmıştır.

Gene son yıllarda geliştirilen REM (uçak ve helikopterlerle uzaktan kontrollü elektromanyetik prospeksiyon sistemi) ve Del-tair sistemleride bu radyofaz sisteminin benzeridirler. (1).

Cok düşük frekanslı (VLF) radyo dalgala-

rı ile büyük çapta maden arama çalışmaları ilk defa 1970 yılında, Pasifik Okyanusundaki Fiji adalarından Vlti Levu adasında yapılmıştır. Fiji adalarına 5800 Km. uzaklıkta ve Avustralya kıtasının Kuzey Doğu Burnunda (NWC) bulunan bir denizaltı iletişim istasyonunun yayınlarından [yayın mesafesi 3600 mildir] yararlanılarak radyofaz metodu uygulanmıştır. Bu metod ile, dikey elektromanyetik alanlardan çok hassas yüzey rölyefleri çıkarılmıştır. Radyofaz konturları ile jeoşimi konturları korele edilerekte bir porfirik bakır yatağının sınırları çok büyük bir doğrulukla haritaya işlenmiştir. Bu çalışmalarda özel bir bilgisayar ile doğru lama tekniğinin uygulanması topografik etkiler elimine edilmiştir. (2).

Alçak irtifalarda, havadan uçak ve helikopterlerle kombine olarak, özellikle renkli fotoğraf ve film (genellikle 70 mm.) çekimi ile multispektral fotoğraf çekimi ve havadan manyetik, elektromanyetik ve gamma ışınli spektrometre ile radyoaktif mineral aramaları son zamanlarda çok geliştirilmiştir. Ayrıca enfraruj ışınları ile çekilen fotoğraflardan jeologlar direkt olarak volkanik ve jeotermal etüdler yapılabilmekle beraber cevher gövdelerinin oksidasyon zonları ile fayları (soğuk fayları) ve farklı.özgül ısıları sebebiylede formasyonları tesbit edebilmektedirler.

Kısa adı ERTS -1 olan «Yeryüzü Kaynakları Teknoloji Uydusu -1» tarafından 934 Km. yükseklikten çekilen <6000 adet fo-

* Maden Mühendisi Etibank Genel Müdürlüğü

toğrafın 1/250.000 ölçekli haritası yapılmıştır. Bu haritalarda Alaska'nın ve çoğunlukla Kanada'nın Afrika'nın ve Avustralya'nın bazı kısımlarının siyah - beyaz ve renkli mozayik sistem ile haritaları hazırlanmıştır. ERTS -1 suni uydusunun fotoğrafları üzerinde yapılan etüdler sonucunda, Alp orojenezinin arazideki şekline uygun yeni bir modelde çizilmiştir. Bu bilgilerin ışığı altında Alp orojenezinin stress sistemlerinin eski ve yeni hareketleri izlenebilecektir. ERTS-1 fotoğraflarına göre, bir demir şapkanın veya herhangi bir formasyonun renkli fotoğraflarının tetkik ederek yapılan değerlendirmelerde tam bir başarı sağlanmamıştır.

Bununla beraber ERTS -1 tarafından yeryüzüne gönderilen görüntülerin fotoğraflarından, maden aramaları için bölgesel haritaların yapılması konusunda 1974 yılında önemli adımlar atılmıştır. Kanada'da Ontario şehrindeki Guelph Üniversitesinde, 1974 yılında toplanan Kanada İkinci Uzaktan Algılama (Remote sensing) Simpozyumunda Dr. Şimşet Palabekiroğlu tarafından bu konuda çok ilginç bir rapor verilmiştir. Dr. Ş. Palabekiroğlu, ERTS -1 tarafından yeryüzünden 934 Km. yükseklikten gönderilen multispektral görüntülerin fotoğraflarından, değişik ana kayaç komplekslerinin İtolojik ve yapısal karakteri üzerinde bölgesel çalışmalar yapılması için ilk defa yeterli detaylı bilgiler elde etmiştir. (3).

Son senelerde alçak irtifada, havadan gamma ışınlarının tesbiti için yapılan jeofizik çalışmalarında potasyum bakımından zengin intrüzyonlarda, K^{40} izotopu ile porfirik bakır yataklarının tesbiti çalışmaları yapılmaktadır. "(4).

Exploranium Disa - 400 model portatif analog gamma ışınli spektrometresi, radyoaktif mineral aramaları için yapılmış yeni bir model cihazdır. Bu gamma ışınli spektrometre çok duyarlı bir cihaz olup, uranyum ve toryum ile bütün radyoaktif

olan cisimleri tesbit edebilmektedir. Özellikle gamma ışınlarının tesbiti için seçilen bu analog gamma ışınli spektrometrede en az radyoaktif enerji deskrimasyonu Limiti 0.1 Milyon elektron voltur. (Mev.) Bu spektrometre ile uranyum minerallerinin aranmasında en az gamma ışını değerleri veren Bizmut 214 izotopu (1.3 Mev) ve toryum minerallerinin aranmasında da en az gamma ışını değerleri veren Talyum 208 izotopu (1.6 Mev) ile en az radyoaktif enerji deskrimasyonu yapılabilmektedir. Bu cihazın el ile kullanılan detektörü de vardır. (5-6). Bir firma portatif bir elde taşınan manyetometre yapmıştır. Coni - Mag olarak isimlendirilen bu manyetometre çok az ağırlıkta olmakla beraber, bu manyetometrenin çok basit bir dizaynı vardır. Bu manyetometrenin, çabuk ve direkt olarak dijital değer okuma skalasında 50.000 gammaya kadar değerler okunabümekte beraber, dikey olarak gamma ölçme birimi hassasiyet limitide $q=15$ gammadır. Bir diğer firma da HGG - 3 adını verdiği çok duyarlı bir portatif cıva analiz cihazı yapmıştır ve bu yeni tip cıva analiz cihazının duyarlılık limitide 40×10^{-9} gramdır. Halen kullanılmakta olan hiç bir cıva detektöründe, özellikle atmosfer içinde bu limitteki cıvayı tesbit etmek mümkün değildir. (5). Kanada'da Geological Survey tarafından yapılan bir çalışma sonunda göl suyundan veya göl dibi tortularından sistematik numune alınarak yapılan analizlerle uranyum, bakır ve çinko yataklarının bulunması tekniği geliştirilmiştir. Bu şekilde en az 26 KmVlik göl alanından alınan alınan feoşimik numunelerin yeterli olduğu görülmüştür. (1.5).

Nötron aktivasyonlu yeni analitik sistemler, halen geniş bir şekilde aranmakta olan okyanus dibiplerindeki tortul yataklarını, karadaki yataklar kadar bir hassasiyetle tesbit etmektedirler. Okyanus dibindeki manganez nodülleri gibi tortul yataklarına özel bir gemiden yapılan sondaj ile inilerek direkt olarak analiz neticeleri alınmaktadır ki, bu sistemler geliştiril-

dikçe yeni uygulama alanları da bulunmaktadır. (4-5j. \

Sonda/ /

Sondaj makineleri endüstrisinde son senelerde arazide insan gücü ile taşınan hafif ve yüksek delme kapasiteli portatif sondaj makineleri yapılmaya başlanmıştır. Bu sondaj makinelerinin bir kaç tanesi gerektiğinde küçük uçak ve helikopterlerle de taşınabilmektedir. Ayrıca yerüstü ve yeraltı sondaj makinelerinde de penetrasyon derinliği ve karot randımanı artırılmakla beraber, tij manevrası otomatik ve uzaktan kumandalı olan sondaj makinelerinde yapılmıştır.

Kanada'daki bir firmanın yapmış olduğu Winkie GW-15 model sondaj makinesi komple 79.4 Kg. ağırlığında olup 10 beygir gücünde otan hava soğutmalı benzin motoru özel 1EX serisi elmas kron ve tijler ile 145 m. derinliğe kadar sondaj yapabilmekte ve 25 mm. çapında karot alabilmektedir. Winkie GW-15 model sondaj makinesi gerektiğinde 12 beygir gücünde ve 3.4 m³./dakika kapasiteli hava motoru ile de çalışabilmektedir. Özel alaşım (Al, Mg, Zr) olan tijleri, aynı boyuttaki çelik tiplere göre 1/4 oranında daha hafiftir. (7).

Panama'da ünlü Cerro Colorado porfirik bakır yatağında çağımızın en modern sondaj tekniği uygulanarak en kısa sürede sonuç alınması sağlanmıştır. Tropikal ormanlık bölgede bulunan maden sahasına ilk olarak üç adet Winkie GW-15 model sondaj makinesi helikopterle indirilmiş ve toplam 300 m. sığ sondaj yapılmıştır. En fazla 300 m derinliğe inilen bu sondajlarda, X - ışını ile mineralize seviyeler tesbit edilmiş ve bakır tenörü grafikleri çizilmiştir. Daha sonra derin sondaj lokasyonları grid sistemi ile 150 m. aralıklarla tesbit edilmiş ve üç adet Boyles Bros BBS -17 model sondaj makinesi ile de derin sondajlara başlanmıştır. İlk yapılan prospeksiyon sondajları en aşağı kotlarda bulunan dere yataklarında, erozyon ile

meydana çıkmış ve içinde filoncuklar bulunan andezit affömafılaVı üzerinde» eğimli olarak yapılmıştır.

Cerro Colorado'da yapılan sondajlar sonucunda bakır muhtevası %0Bj ~ötan £.271.000.000 tonluk büyük bir portMfc^ bakır - molibden rezervinin tesbit edildiği iddia edilmektedir. Cerro Colorado 2 numaralı sondaj programına göre No. 106 sondaj 1342 m. derinliğe kadar tamamen ekonomik limitlerde bakır mineralizasyonu kesmiştir, madencilik tarihinde ilk defa bu kalınlıktaki cevher zonu sondaj ile tesbit edilmiş olmaktadır. (8).

Birleşik Amerika'daki bir firma ilk defa tijer dönmeden matkabı (rock - bit) döndüren ve kuyu dibi delicisi (down - hole drill) olan bir sondaj makinesi yapmıştır. Bu sondaj makinesinde kuyu dibinde pozitif deplasmana ve hidrolik olarak çatışan bir motor mevcut olup bu motorun bağlı olduğu matkap, tijer dönmeden delme işlemini yapmaktadır. Bu kademeli ve ters devirli myno tipi bir hidrolik tulumba yüksek basınçlı bir sıvıyı tijer içinden özel dizaynli eksantirik hidrolik motora basarak motora bağlı olan matkabı döndürmektedir. Kontrollü ve istenilen derinlikte ve yönlerde eğimli sondajda yapan bu sondaj makinesi, karot almamakla beraber 5" - 6.V2" - 7.V4" - 9.V8" çaplarındaki matkaplarla sediman numune olarak sondaj yapmaktadır. Petrol ve su sondajlarında kullanılmaya başlayan bu sondaj makinesinin daha çok geliştirilmesine çalışılmaktadır. (9).

İsveç'teki bir firma'nın, Diamec-1000 model adını verdiği yeni bir sondaj makinesinde bütün delme işlemleri bir kumanda panelinden ve bir kişi tarafından yürütülmektedir. Ayrıca en son olarak bu sondaj makinesi uzaktan kumandalı olarak çalıştırılmaya başlamıştır. 1000 m. derinliğine kadar karotlu sondaj yapılan bu sondaj makinesinde, iş randımanında % 50 oranında artırılmış olduğu iddia edilmektedir. Yataya göre 10° - 90° arasında sondaj yapılabilen bu sondaj makinesinin 6 silindir-

li 90 beygir gücünde olan bir dizel motoru vardır. Bu sondaj makinasında tıjlerin eklenmesi ve çözülmesi hidrolik ve otomatik olarak yapılmaktadır ki, özel alüminyum alaşımı olan 43 mm. çapında ve 6 m² yüzölçümüne sahip tüterinin metre ağırlığında 25 Kg.'dır. (10-11).

Norveç'teki A/S Sulitjelma Gruber şirketinin, kutup enleminin kuzeyinde ve yüksek dağlık bölgede bulunan bakır madeninde, çok derinlere temadi eden cevher filonlarının tahkiki için bir adet Diamec 1000 model sondaj makinası 1973 yılının Temmuz ayı ortasında helikopter ile maden sahasına taşınarak 2000 m.'lik sondaj programı Eylül ayı ortasında tamamlanmıştır. Sondaj mevsiminin çok sınırlı ve ulaşım imkânlarında olmayan sondaj sahasına Diamec-1000 sondaj makinası helikopterle taşınmıştır. (12).

Sovyetler Birliği'nde, sondaj makinalarının matkaplarında kullanılan doğal sanayi elması yerine «slavutich» adı verilen sert bir sentetik madde kullanılmaya başlanmıştır. Verilen bilgiye göre, halen Sovyet Rusya'da 2000 m. ile 6000 m. derinlikler arasında ve toplam olarak bir milyon metreden fazla sondaj bu sert sentetik madde ile donatılmış matkaplarla yapılmıştır. (13). Fakat bu sert sentetik maddenin kullandığı matkaplar ile sondaj makineleri hakkında fazla bilgi elde edilememiştir.

Deniz Dibi Madenciliği :

Deniz dibindeki mineral nodüllerinin işletilmesi için bütün Dünya'daki büyük madencilik şirketleri ile büyük devletler arasında milletler arası bir ortak çanşma çabası belirlemiştir. Bu konuda ilk olarak Japonya'da büyük bir adım atılmış ve Japonya'da özel olarak yapılmış bir gemiden döner kepçe (CLB) sistemi ile Pasifik Okyanusunda, Hawaii adaları yakınında 3660 m. derinlikten ilk olarak ekonomik miktarlarda manganez nodülleri çıkarılmıştır. (14).

Birleşik Amerika'da bir madencilik şirketi, deniz diplerindeki mineral nodüllerini işletmek üzere özel bir gemi yapmışör. Bu gemideki 69 m. derinliğe kadar âatan bir salite* günctede 5000 ton rriangenez* nikel ve bakır nodülleri bulunan deniz dibi çamurları emilip, hava tankları ile deniz yüzeyine çıkarılmasına başlanmıştır. Batı Almanya'da Bonn Şehrinde 1973 yılının Kasım ayında toplanan milletler arası Okyanus dibi madenciliği toplantısına (Interocean 73) büyük Alman firmalarının konsorsiyomu (AMR) tarafından sunulan projelere göre. Batı Almanya deniz dibi nodüllerinin üretimi için özel bir araştırma gemisi (R. V. Prospector) yapmıştır. Bu projelere göre 1985 yılında Pasifik Okyanusundan yılda 3 milyon ton mineral nodülleri çıkarılacak ve bu nodüllerden 36.000 ton bakır ve nikel 6.000 ton da kobalt elde edilecektir. (15).

Bugün için deniz dibi nodul madenciliği üretiminin yılda 1 milyon ton ile 3 milyon ton arasında olacağı kabul edilmekle beraber, denizdibi madenciliğinde çalışması projelene ve sürekli olarak çalışacak olan derin döner kepçe sistemlerinin kapasiteleri ise ancak bu tonajların altında olabilecektir. Yılda 1 milyon ton üretim yapılması projelene bir deniz dibi madenciliğinden yılda ortalama 13.000 ton nikel, 11.000 ton bakır, 2.500 ton kobalt ve 270.000 ton da manganez elde edilmesi kabul edilmekle beraber, ayrıca molibden gibi diğer değerli metallere elde edilebileceği göz önünde bulundurulmaktadır. Verilen bilgilere göre, yılda 1 milyon ton üretim yapılabilecek 10.000 Km²lik bir deniz dibi nodul yatağından en az 20 yıllık bir süre için üretim yapılabilecektir. (16).

Birleşik Amerika, Kanada ve Japonya'da bulunan beş madencilik şirketi tarafından kurulan bir konsorsiyum, deniz dibi manganez nodüllerinin madencilik fizibilitesinin tesbiti için malî portesi 50 milyon Dolar olan beş yıllık bir program hazırlamıştır. Bu konsorsiyumun deniz dibi maden

arama gemisi olan Prospector bu aramadan alanından ilk olarak 164 ton numune çıkarmıştır. Çıkarılan bu numunenin ortalama analizinde % 29 Mn, % 28 Ni, % 1.07 Cu, % 0,25 Co ve % 6,3 Fe olmuştur. Birleşik Amerika'da bulunan bir madencilik şirketinde, 1974 yılında Büyük Okyanus'ta 60.000 Km²lik bir alanda ve 2.300 m. ile 5.000 m. derinlikler arasında maden aramak üzere girişimlerde bulunmuştur. (16). Sovyetler Birliği'nde 1974 yılının Aralık ayında Pravda gazetesinde yayınlanan bir habere göre, Sovyet Uzak Doğu Jeoloji Dairesi tarafından denizdibi maden yataklarının aranması için Vladivostok limanında özel bir filonun inşasına başlanmıştır. (16).

Ayla İlgili Etüdlere :

Apollo-16 uzay aracı ile Ay'ın dağlık bölgelerinden getirilen numunelerin Al/Si oranlarını tesbiti ile ve Ay'ın etrafındaki yörünge uçuşlarında, X - ışınli jeofizik sensör ünitesi ile yapılan etüdlere, Ay yüzeyindeki bir çok dağlık bölgelerde en hakim kayaç tipinin anortositik gabrolar olduğu anlaşılmıştır. Luna-20 uzay aracının (SSCB) kimyasal, mineralojik bilgilerine göre, Ay'ın dağlık bölgelerinin, başlıca dağlık bölge bazaltlarından (gabroik anortosit) oluştuğu anlaşılmıştır. Yapılan jeoşimik etüdlere göre, Apollo-16 numuneleri içinde daha yaşlı olanlarında ojit ortoproksen oranının yüksek olması Apollo -16 uzay aracı ekibinin getirdiği sebeple Ca O/Al₂O₃ oranı da yüksektir.

Apollo-16 uzay aracı ekibinin getirdiği taşların bir kısmının yaşları Argon elementinin Ar⁴⁰/Ar³⁹ izotop oranı ile tesbit edilmiştir ki, bu determinasyona göre bu taşların yaşları 4.02 milyar senedir. Apollo-15 uzay aracının getirdiği taşların yaş tayininde de hemen hemen aynı astrojeolojik yaş (4.1 milyar sene) bulunmuştur. Bu etüdlere göre Ay'ın dağlık bölgelerindeki kayaçlar ilk ve en eski kayaçlar olmakla beraber bu kayaçlar muhtemelen geniş bir şekilde Ay'ın yüzeyine çarpan

meteoritlerin, Ay depremlerinin ve Ay yüzeyindeki büyük kozmik ısı farkları ile Güneş rüzgârlarının (Güneş'in ultraviyole ve enfraruj v.b. ışınlarının) etkileri altında kalmışlardır. Ayrıca Ay taşları üzerinde yapılan etüdlere göre Ay taşlarında, Ay'ın jeolojik devirlerini belirten radyoaktif etkilerinde olduğu anlaşılmıştır. (17-18). Apollo-12 ve 14 astronotları tarafından Ay yüzeyine monte edilen özel sismik jeofizik istasyonları ile, Ay'daki depremlerin 800 Km. derinliklerden Ay yüzeyine yükseldikleri tesbi tedilmiştir. Ay'ın Copernicus kraterinin güney-doğusuna düşen büyük bir meteoritin sismik dalgaları ile Apollo 16, S - IV - B modülünün Ay yüzeyine, Procellarum Okyanusuna düşürülerek çarpması sonucu meydana gelen sismik dalgalarından, Ay kabuğunun 60 Km kalınlığında olduğu öğrenilmiştir. Bu deneylere göre, sismik dalgalarını en yüksek hızla ileten tabakaların altında Ay mantosu bulunmaktadır (19).

Apollo 11 -12 ve 14 astronotlarının Ay'dan getirdikleri taş ve toprak numunelerinden yedi numunede hidrolize olabilen amino asitlerin 20 - 70 ng/g oranında (1 nanogram 10⁻⁹ gramdır) olduğunun ispat edilip açıklanması, organik jeoşimide uzay ile ilgili çok önemli bir konu olmuştur. Bu çok önemli kimyasal deskriminasyon ve çok hassas analiz, iyon değişimi yapan bir kromatograf analiz tekniğinin uygulanması ile mümkün olmuştur. Bu buluşla beraber, ayrıca ewelce Ailende meteoriti içinde doğal formaldehitinde bulunması (3 ppm oranında paraformaldehit olarak) ve başka meteoritler içinde de kromatograf ile amino asitlerin veyahut amino asitlere benzer bileşimlerin tesbiti ve bu amino asitler Üe hidrolize olabilen bileşiklerin mevcudiyeti, hayatın uzayda meteoritlerle taşınabileceğini göstermektedir. Bu gibi organik bileşiklerin uzayda mevcut olduğunu bildiren yaklaşık olarak 20 rapor vardır. Bu raporlara göre, bu organik bileşikler meteoritlerin yüzeyinde veyahut içinde bazı reaksiyonlarla oluşmakla beraber, uygun bir ortamda çevresel olarak

hayat yapıcı büyük blok taşlarda (astroidler gibi) oluştuğunda kabul edilmektedir. Bu hayat yapıcı büyük blok taşlarda örneğin, formaldehit ve karbonhidratlar ile beraber aminoasitler, proteinler ve bunlarla ilgili cisimlerin bulunabileceği kabul edilmektedir (17).

Pleyt (Levha) Tektoniği Teorisindeki Gelişmeler :

Deniz tabanı ayrılması hipotezi (the sea floor spreading hypothesis)' ilk defa 1961 yılında Dietz ve 1962 yılında da Hess tarafından ortaya atılmıştır. Yeni hipotez ve teorilerle daha geliştirilen bu teori sonuç olarak litosferik pleyt tektonik teorisi (yeni global tektonik teorisi) olarak adlandırılmıştır. Bu yeni global tektonik teorisi son zamanlarda" yapılan jeolojik etüdlere ve jeofizik bilgilerle gittikçe gelişmektedir. Bu teoriye göre arz üzerinde kıtalar la denizleri kapsayan aesthenosferin üzerinde bulunan Benioff zonu ile litosferin global tektonik sınırlarla bölünmesi ile meydana gelmiş altı büyük ve bir çok küçük" global parçalara pleyt denilmektedir. Okyanus tabanındaki arz kabuğu altında (subcrustal) bulunan bazik magmaların yükselmesi ile pleyt sınırları itilerek birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Bu itme sonucunda da aktif transform fayları boyunca pleytler birbirleri üzerine binerek kaymakla beraber, pleytlerin kıta ön çukuru (trench) sistemleri uzantısında ve aesthenosfer içinde bulunan Benioff yahut alt batma (sub - ducting) zonuna eğimli olarak yavaş yavaş inerek eriyip tükendiği kabul edilmektedir.

Birleşik Amerika'da bazı bilimsel kuruluşlar ile Üniversitelerin beraberce finanse ettikleri, Derin Deniz Sondajları Projesi (DSDP) için yapılmış olan özel gemi ile 1968 yılında Atlantik, Pasifik ve Hint Okyanuslarının tabanında sondajlara başlanmıştır. İlk dört senelik sondaj programını 1972 yılında tamamlamış bulunan gemi 1973 yılında yeni üç senelik sondaj programına başlamıştır. İlk dört senelik sondaj programında okyanus diplerinden 373

lokasyonda toplam 22.849 m: karot alınmıştır. Bu sondajlardan Batı Pasifik Okyanusunda Kyusku adasının batısındaki No. 290 sondaj, 6062.55 m. derinlikteki deniz dibinden yapılmış ve deniz dibinden de 255.00 m. derinliğe inilmiştir. Bu sondajlar ile dünya çapında olan global pleyt tektonik sınırlarının tesbiti için okyanus tabanlarından numuneler alınmıştır. Alınan sondaj karotlarından, arz kabuğunun yaşı ile kıtaların kayması ve okyanus tabanının ayrılması teorileri tetkik edilmiştir. Ayrıca bu karotlar ile, deniz dibi sedimentolojisi, paleontolojisi ve mineralojisi de etüd edilmiştir. Pasifik Okyanusunda volkanik adalar zincirinin oluşumu hipotezinde, bu adaların litosferik pleyt sınırları üzerinde ve magmanın sürekli olarak konvektivitesi ile sıcak noktalar (deniz dibi volkanizması) halinde oluştuğu kabul edilmektedir. Bu hipotezin tahkiki için, litosferik pleyt altında bulunan aesthenosferde sondajlara devam edilmektedir. Deniz dibindeki sedimanter maden yataklarının tesbiti içinde, okyanus dibindeki sedimanların bütün [enezi ile jeoşimik gelişmesi etüd edilmekte ve okyanus diplerinde genellikle zengin rezervler meydana getiren Fe, Mn, Cu, Zn ve Ba elementlerinin deniz dibi yatakları Üe, bu yatakların halen aktif üst kısımlarındaki gelişmeleri sürekli olarak izlenmektedir. (20.-211.

Meteor Çarpması ile Oluşmuş Maden Yatakları Teorisi :

Halen Dünya'nın en büyük nikel-bakır yatakları arasında bulunduğu Kanada'daki Sudbury havzasının 2×10^9 yM önce dev bir meteoritin çarpması sonucunda meydana gelmiş bir meteorit krateri kalıntısı olduğu teorisi de gittikçe gelişmektedir. Bu teori ilk defa Dietz tarafından 1964 yılında öne sürülmüş ve ondan sonrada bu teoriyi destekler mahiyette bir çok yazı yazılmıştır. En son olarak «Economic Geology» dergisinde yayınlanan (22) ve geniş bir şekilde kabul edilip tutulan iki teorisi ile, Sudbury havzasının büyük bir meteoritin çarpması ile meydana geldiği

ve nikel - bakır mineralizasyonunda, bu meteorit kraterinin kenarında eliptik şekilde yer alan granofir yahut mikropegmatit ve ojit-norit eriptifleri ile bunların geçiş (transition] zonlarında olduğu kabul edilmektedir. Bu eliptik şekildeki nikel eriptiflerinin afiörmanları (elips eksenlerine göre) 60 Km. uzunluğunda ve 27 Km. genişliğindedir. Sudbury havzasının iç kısmında ve havzanın orta kısmında Whitewater serisi sedimanları yer almaktadır ve bu sedimanların en gencide Chelmsford kumtaşıdır. Bunun altında da kuvarsit breşi (Onwatin slate) yer almaktadır ve yapılan etüdlere göre, Whitewater serisi sedimanları, kısmen mağmatogen taşların erozyonu ile oluşmuşlardır. Ayrıca bu kuvarsit breşinin altında, 1500 m. kalınlığında olan Onaping breş formasyonu yer almaktadır ve bu formasyonda çeşitli çevre taşlarının fragmanlarından oluşmuştur. Bu fragmanların birçoğu ani darbe ile metamorfe olmuşlardır(Shock metamorphosed) ve renklerinde koyu renkli olup, çok ince taneli ve kırılıp dağılmış bir çok parçalar halindedirler ve Onaping breş formasyonunun da matriksini karakterize etmektedirler. Onaping formasyonunun darbe metamorfizminin karakterize ettiğini doğrulamaktadır (23).

Sudbury havzası Kanada Kalkanı'nın Southern ve Grenvüle yapısal provenislerinde yer almaktadır. Sudbury havzası dünyanın en büyük nikel üretimi bölgesi olarak bilinmektedir. Sudbury havzasındaki 40'tan fazla madenden 80 yıl içinde-yaklaşık olarak 3 milyon ton metal nikel ihtiva eden cevher üretilmiştir. Mineralizasyon başlıca pirohitit, kalkopirit ve pentlandit olmakla beraber, ayrıca 3 milyon ton civarında da metal bakır üretilmiştir. Nikel - bakır kompleks mineralizasyonu 1.6 ile 6.4 Km. genişlikler arasında değişen ve eliptik şekilde, bir sıra alçak tepeleri oluşturan nikel erüptifleri afiörmanları içinde bulunmaktadır. İki milyar yıl önce Sudbury bölgesine çarpıp patlayan meteoritin Sudbury bölgesinde ilk önce 80-100 Km. çapında ve 25 Km. derinliğin-

de bir meteorit kraterini oluşturduğu kabul edilmektedir (24).

Sudbury nikel - bakır havzasının büyük bir meteoritin çarpması ile oluşmuş bir krater kalıntısı olduğu teorisi, Apollo ve Luna serisi Uzay araçları tarafından Ay yüzeyinden getirilen numunelerin petrolojik determinasyonu ile ve Ay yüzeyinde en son yapılan astrojeolojik etüdlere de doğrulanmıştır.

1971 yılının Nisan ayında, Ay'ın Descartes kraterinin kuzeyine inmiş olan Apollo -16 ekibi Ay'dan 95 Kg. Ay taşı ve toprağını getirmiştir. Astronotların getirdiği bu taşların ilk etüdüne göre, bu taşların % 75'inin breş strüktürde olduğu ve az bir kısmında metamorfe olmamış mağmatogen taşlar olduğu görülmüştür. Apollo -14 ekibinin getirdiği taşların ise, az bir kısmı breş stürükürde olmakla beraber, Apollo 16 ekibinin getirdiği breşik taşların daha yaşlı olduğu ve bu breşik taşlarında volkanik breşler olmayıp meteorit çarpması ile meydana gelmiş breşler-olduğu yapılan tetkiklerden anlaşılmıştır (19).

Apollo -17 Ay modülünün Ay yüzeyine indiği yerin hemen kuzey ve kuzey batısındaki tepelerin yüksek ve dik yamaçlarının döküntülerle örtülü masif formasyonlardan oluşmuş tepeler olduğu tesbit edilmiştir. Bu masif formasyonlar, büyük meteoritlerin çarpması sonucunda oluşan ve havzaların çevrelerini teşkil eden (rekristalize) breşlerdir (18). Meteorit çarpması sonucunda meydana gelen ve havza kenarına itilen breşler, daha yaşlı breşlerin üzerine yığılmakla beraber, daha büyük meteorit çarpmalarında bazen önceki çarpma havzalarını da yok etmişlerdir. Bu masif breş veya rekristalize formasyonların Ay'ın Imbrian ve Pre - Imbrian çağında meydana geldiği (3.9 milyar sene ve yahut daha önce) kabul edilmektedir. Bu masif breş veyahut rekristalize breş formasyonları faylar uzantısınca yükselmişler, fakat sonra tepelerin eteklerindeki döküntülerle örtülmüşlerdir. Bununla beraber bu masif breşlerin az bir kısmının

volkanik orijinli oldukları, diğer bir alternatif olarak yorumlanmaktadır. Çünkü Ay kraterlerinin bir kısmının çok dik iç yüzeyleri olduğu gibi, bu kraterlerin dış kısımlarında Arz'daki gibi volkanik donmalar halinde oldukları (25).

Ay yüzeyinde astronomlar tarafından yapılan etüdümlerle, Ay'dan getirilen taşların mineralojik, petrolojik etüdümlerine ve bu taşların yaş tayinlerine göre, Ay tahminen 5.9 milyar sene evvel (muhtemelen arzla beraber) şiddetli bir meteorit bombardımanına maruz kalmıştır (18).

Birleşik Amerika'da Texas eyaletinin Pecos County civarında bulunan Sierra Madera dağlık bölgesinde 13 Km. çapında ve 1800 m. ile 2400 m. derinlikler arasındaki sedimanter formasyonların büyük bir meteoritin çarpması ile huni şeklinde deforme oldukları tesbit edilmiştir.

Deforme olan bu formasyonlar çoğunlukla Permien ve Alt Kretasenin siğ deniz fasiyesi kalker tabakalarıdır. Darbe etkisiyle kraterin orta kısmında 8 Km. çapında 1200 m. yüksekliğinde bir Merkez yükseltisi (Central uplift) oluşmuştur (Sierra Madera dağları yükseltisi). Bu Merkez yükseltilerinin, Ay'ın en büyük meteorit kraterleri olan Tsiolhovsky ve Humbolt kraterlerinde 20.000 m. kadar yükseklikte oldukları tesbit edilmiştir. Bugün Sierra Madera bölgesinde darbe deformasyonunu gösteren iç yapısal mineral tipleri tesbit edilmiş olmakla beraber, ayrıca monolitolojik ve karışık breşler ve darbe ile oluşan tipik kırılma ve parçalanma konileri açıkça görülmektedir. Sierra Madera yükseltisinin bir meteoritin çarpması ile oluştuğu ilk defa 1936 yılında J. D. Boon ve C. C. Abbitton tarafından ortaya atılmıştır. Döv bir meteoritin çarparak patlayıp buhar haline gelmesi sonucu oluşan bu tip kraterlerin gizli patlama yapısı (cryptoexplosion structure) denilen bu özel yapısı Kanada'da ve Birleşik Amerika'da büyük bir etüd konusu olmuştur. Kanada'da ve Birleşik Amerika'da bu krater yükseltilerinin (central peak) formasyon meka-

niklerinin etüdü için 1967-1968 yıllarında bazı bilim adamları tarafından yeryüzünde 100 - 500 ton arasında TNT patlatılarak bir seri deneyler yapılmıştır. Ayrıca şok dalgaları ile kırılma ve parçalanma konilerinin oluşumunun etüdü içinde nükleer ve kimyasal patlamalarla krater oluşturulması çalışmalarına devam edilmektedir (26). Yapılan etüdümlere göre, her gün çoğunlukla milimetre çaplarından küçük olan milyonlarca meteoritin atmosfere girerek, sürtünme ısı ile eriyip yok olduğu anlaşılmıştır. Günde ortalama 50 ton kadar meteoritin atmosfere girdiği kabul edilmektedir. Büyük meteoritlerde çoğunlukla atmosferi geçip yer yüzüne çarparak, patlayıp buhar haline gelmekte veyahut çok küçük tanecikler halinde dağılmaktadırlar. Yeryüzünde eskiden beri bilinen diğer meteorit kraterlerinden, Birleşik Amerika'da Arizona Eyaletinde Flagstaff Şehrinin 65 Km. doğusundaki meteor krateri (Barringer krateri) 1275 m. çapında olup, derinliği de 165 m.'dir. Tarih öncesi ve 20.000 yıl önce düştüğü sanılan bu meteoritin yere çarptığı anda milyonlarca ton kum taşı fragmanları ile tozlarını ve yüzlerce ton ağırlığındaki blok taşları iki buçuk kilometre çapındaki bir -alana yaydığı tesbit edilmiştir. Etrafa saçılan bu krater malzemesi, krater çevresinde 45 m. yüksekliğine çepçevre bir breş yığını meydana getirmiştir.

Büyük bir kinetik enerji ile yere çarpıp buharlaşan bu meteoritin 50.000 ton ağırlığında olduğu tahmin edilmektedir. 1908 yılında Sibirya'nın Lena ve Yenisey nehirleri arasındaki ormanlık bölgeye düşen büyük bir meteoritin de bir kaç bin ton ağırlığında olduğu tahmin edilmektedir. 37 Km. çapındaki ormanı tamamen yok eden bu meteoritin yere çarptığı andcfki patlaması 1100 Km. uzaklıktan duyulmuştur. Halen dünyanın en büyük meteor kraterlerinden olduğu kabul edilen, Afrika'da Ungava'daki Chubb krateri de 5.6 Km. çapındadır.

Güney Afrika'da Hoba West'te yâre gömülü olup, ucu dışarıda bulunan bir meteoritin 60 ton ağırlığında ve Grönland'da bulunan diğer bir meteoritin de 36 ton ağırlığında olduğu tahmin edilmektedir (27). Ülkemizde de Ağrı ilinin, Doğubeyazıt ilçesinin, Türk - İran sınır kapısı olan Gürbulak civarında bazaltlar içinde 35 m. çä-

pında ve 35 m. derinliğinde olan çukurun bir meteorit krateri olduğu tahmin edilmektedir. Yeryüzünde daha birçok yerde meteorit kraterleri mevcut olmakla beraber, birçok ülkede bu konuda henüz araştırmalar yapılmadığından bu meteorit kraterlerinin yerleri bilinmemektedir.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- 1 — A. T. Griffis «Exploration - Changing techniques and new theories will find new mines» World Mining, June 25, 1971, p. 59.
- 2 — A. R. Barringer «Airborn Exploration» Reprinted from-Mining Magazine, March 1971, p. 2 p. 3. p. 9.
- 3 — R. D. Lawrence «Mineral Exploration in 1974» World Mining, June 25, 1975. p. 86.
- 4 — A. T. Griffis «Exploration - Where they looked, what they found how they found it» World Mining, June 25,1972, p. 82.
- 5 — N. R. Paterson «Geophysics lead exploration» World Mining, June 25,1974,p.75, p. 77.
- 6 — Exploranium - Portable Gamma Ray Spectrometer, Model Disa 300 Data price sheet, February 1973, pp. 1-3.
- 7 — J. K. Smith & Sons International Ltd.-Winkie GW-15 Drill, Engineering and Mining Journal, September 1973, p. 63.
- 8 — B. Doyranli «Litosferik Pleyt Tektonik teorisi ve Porfirik Bakır Yatakları» Madencilik - Bakır Özel Sayısı, Şubat 1974, sı. 14.
- 9 — D.S. Robertson «Mineral Exploration - Aroud the world 1972» world Mining, June 25, 1973, p. 86. p, 87.
- 10 — «Temporary product description for diamond core drill Diamec -1000» Atlas Copco, Reg. Code AHB DIA 1000 - 05, 1973 - 09 Sweden, pp. 1-3.
- 11 — «A new, highly mechanized diamond core drill, New Product Digest», Engineering and Mining Journal, November 1973, p. 180.
- 12 — B. Raae - T. Christof fersen - P. M. Finne «Sulitjelma mines narrow copper ore body, operates mini, smelter» World Mining, February 1974, p. 44.
- 13 — «Outlook - Russia develops substitute for diamond» Engineering and Mining Journal, January 1973, p. 9.
- 14 — «U.S. Offshore mining venture underway» Mining Magazine, September 1973, p. 181.
- 15 — R. Ingersoll «Interocean .73 : A mixed view of seabed mining» Engineering and Mining Journal, January 1974, p. 89.
- 16 — A. A. Archer «Progress and prospects of Marine Mining» Mining Magazine, March 1974, p. 159.
- 17 — F. R. Siegel «Geochemistry» Geotimes, January 1973, p. 21.
- 18 — G.V. Latman «4. th, Lunar Science Conference» Geotimes, June 1973, p. 16, p. 17.

- 15 — F. El-Baz «A special issue: Earth science in 1972 ? Astrogeology» *Geotimes*, January 1973, pp. 16-17.
- 20 — «Phase 3 : Deep Sea Drilling Project» *Geotimes*, September 1973, p. 17. p. 22. p. 23.
- 21 — «Leg 31 - Western Pacific Floor» *Geotimes*, October 1973, p. 22.
- 22 — S. R. Titley «Intrusion and wall rock porphyry copper deposits» *Economic Geology*, January - February 1972, p. 122.
- 23 — A. J. Naldret - J. G. Bray - E. L. Gasparri - T. Podolsky - J. C. Rudledge «Cryptic Variation and the Petrology of the Sudbury Nickel Irruptive» *Economic Geology*, March - April 1970, p. 122, p. 123, p. 124.
- 24 — E. R. W. Neale - J. V. Guy - Bray - D. A. B. Pearson «Canadian associations at Sudbury» *Geotimes*, October 1972. p. 21, p. 22.
- 25 — E.W. Wolfe - Val L. Freeman - W. R. Muehlberger - H. H. Schmitt - J. R. Sevier «Apollo 17 - Exploration at Taurus - Littrow» *Geotimes*, November 1972, p. 15.
- 26 — H. G. Wiishire - T. W. Offield - K. A. Howard - D. Cummins «Geology of the Sierra Madera Cryptoexplosion Structure, Pecos County, Texas» U. S. Government Printing Office, Washington D. C, 1972. pp. H1-H 42:
- 27 — L. Nicolson «Astronomy - Meteorits» The Hamlyn Publishing Group Ltd., U.K. 1974. p. 74. p. 75.