

## JEOFİZİK RADYOMETRİK YÖNTEMDE KULLANILAN ALETLER

Mustafa KÜÇÜK\*

Jeofizik literatürde Radyometrik Yöntem olarak bilinen radyoaktivite ölçmelerinin jeofizik amaçlı ilk uygulamaları, 1920'li yıllarda imal edilen Geiger-Müller sayaçlarının 1930'lu yıllarda petrol kuyularında log alımında kullanılmasıyla başlamıştır (Telford ve diğerleri 1976, IAEA 1979). Daha sonraki yıllarda radyoaktif elementlerin salgıladığı gamma ışınlarının bazı kristalen maddelerde ışınma olayı (fosforesans) yaratması esasına dayanan sintilometre isimli cihazlar yapılmıştır. Sintilometreler radyoaktivite ölçmelerinin jeolojik haritalamalarda, maden aramalarında ve nükleer test ve patlamaların etkilerinin izlenmesinde uzun bir süre kullanılmışlardır. 1960'lı yılların ortalarında ise sintilometrelerin yerlerini gamma ışınlarını enerji düzeylerine göre ayırıp kayıt edebilen Gamma Ray Spektrometreleri almıştır (Aydın 2004). Kullanılan aletler aşağıda verilmiştir.

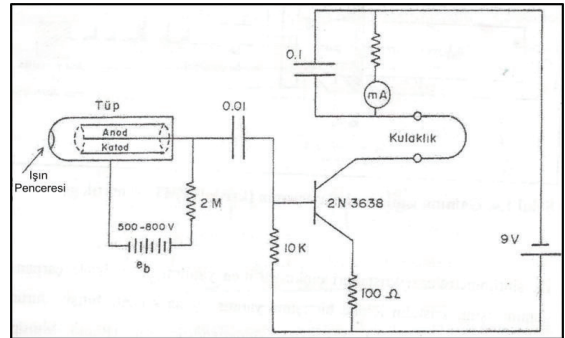
### İYON ODASI

Radyoaktivite ölçme aletlerinin en eskisi iyon odasıdır. Halen zaman zaman kuyu ölçülerinde nötron loğu almakta kullanılmaktadır. Temel ilke olarak Geiger-Müller sayacına benzeyen bu aletler, genellikle içinde BF<sub>3</sub> gazı bulunan, ince metal duvarları kadmiyumla kaplanmış, ortasında ince bir çubuk bulunan bir tüpten ibarettirler.

### GEİGER-MÜLLER SAYACI

Beta parçacıklarına duyarlı aletler olup, genellikle yerden radyometrik etütlerde kullanılmışlardır. 1920'li yıllarda yapımına başlanan bu aletler iyon odası aletine benzerler. İnce duvarlı silindirik bir tüp aletlerin ana parçasını

oluşturur (Şekil 1). Tüpün içinde ve tüp doğrultusunda uzanan bir çubuk anot görevi yapar. Tüpün içinde silindirik biçiminde bir de katot vardır. Tüp bir asal gaz olan argonla birlikte alkol, metan ve su buharı ile doludur. Aletin gereksinimi olan yüksek voltaj bir pil takımı ve bir diot yardımıyla sağlanır. Tüpün alt kısmında bulunan ince cam penceresinden giren beta parçacıkları gazı iyonlarına ayırır. Yüksek gerilim altındaki pozitif iyonlar katoda, negatif yüklüler ise anoda doğru hareket ederler. Hareket halindeki iyonların yolları üzerindeki gazları da iyonize etmeleriyle zincirleme bir iyonizasyon olayı meydana gelir. Anoda ulaşan iyonlar yük boşalmasına dolayısıyla anot rezistansı üzerinde elektrik pulslerinin oluşmasına neden olurlar. Pulslerin transistor katında yükseltmeleriyle de kulaklıkta ses oluşturulur. Daha sonra gelen pulslerle kondansatör dolar ve akım R rezistansından mikro-ampermetreye gider. Mikro-ampermetrenin gösterdiği akım kondansatöre gelen akıma eşittir. Tüp içindeki gazların karışımı iyonizasyon olayının hızlı bir biçimde sönümlenmesini sağlayacak oranlardadır. Böylece pozitif iyon bombardımanı nedeniyle katottan ikinci kez elektron yayılımını önlemektedir. İyonizasyonun hızla sönümlenmesi, tüpün tekrar eski durumuna gelmesini ve daha sonra gelecek beta parçacıktan, algılayacak duruma geçmesini sağlar. Beta parçacıklarının yayılım uzaklıkları çok kısa olduğu için Geiger-Müller sayacı ölçümü yapılacak cisme çok yakın tutulmalıdır (Telford ve diğerleri 1976).



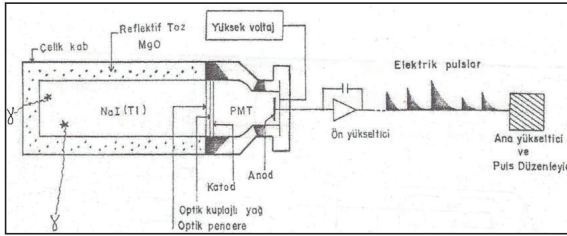
Şekil 1- Geiger-Müller sayacının şeması (Telford ve diğerleri 1976)

\*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı - Ankara

## SİNTİLOMETRE

Sintilometrelerin çalışma ilkesi, atomun bölünmesi esnasında ortaya çıkan gamma ışınlarının (fosforesans=sintilasyon) ölçülmesi esasına dayanır. 1940'lı yılların başlarında Jeolojik haritalama amaçlı olarak kullanılmaya başlayan sintilometreler, 1940'lı yılların sonlarına doğru da uçaklara yerleştirilerek havadan jeofizik etütlerde kullanılmaya başlanmıştır.

İlk sintilometrelerin kristalleri çinko-sülfitten yapılmıştır. Kristale çarpan bir gamma ışını, kristalin içinde bir ışımaya yaratır. Işıma kristalle bitişik durumda bulunan yüksek kazançlı bir foton şiddetlendirici tüp tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülür (şekil 2-3). Işımanın dolayısıyla da sinyallerin şiddeti gamma ışınlarının taşıdığı enerji ile orantılıdır. Sintilometreler 0-3 MeV arasındaki bir enerji aralığında her şiddetteki gamma ışınlarının meydana getirdiği elektrik sinyallerinin alınıp kaydedildiği sistemler olarak bilinirler. Bu sistemde kaynağın cinsi bilinmemekte olup sadece kaynağın varlığı belirlenmiş olmaktadır.



Şekil 2- Gamma ışınları algılayıcısının şematik gösterimi.



Şekil 3- Sintilometre aletinin görünümü.

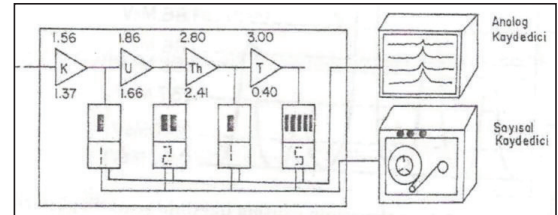
MTA Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı bünyesinde yer alan sintilometre cihazı radyoaktif hammadde aramalarına dönük olarak kullanılmaktadır. Alet 3 adet 1.5 Volt pil ile çalışmakta olup 150 cps ile 15000 cps aralığında ölçüm yapabilmekte ve sesli ikaz vermektedir (Şekil 3).

## GAMMA RAY SPEKTROMETRE

Sintilometrelerin elektronik olarak daha gelişmiş bir şekli olan spektrometrelerin jeofizik etütlerde ilk kullanılmaya başlandığı yıllar 1960'lı yılların başlarıdır. Kristal ve ona bitişik bir foton şiddetlendirici tüpden oluşan algılayıcı bölümleri, sintilometrelerin algılayıcı bölümleriyle aynı yapıdadır.

Spektrometrelerin sintilometrelerden tek farkı, sinyalleri şiddetlerine göre dilimleyip ayırmayı sağlayan elektronik birimlere sahip olmalarıdır. Bir spektrometreye gelen sinyaller alt ve üst enerji düzeyleri önceden belirlenmiş kanallara veya pencerelere yönlendirilirler. Her sinyal kendi enerjisine uygun kanal veya pencereden geçerek kaydediciye gider ve kaydedilir.

Kaydedilen nicelik ilgili kanal veya pencereye gelen sinyal sayısı veya ideal olarak kristale gelen gamma ışını sayısıdır (Şekil 4).



Şekil 4- Kanal sayısı 4 olan bir spektrometre ve kaydedicinin şematik gösterimi.

Günümüzde en çok kullanılan spektrometre algılayıcıların kristalleri NaI (TI) (Etkinliği talyumla artırılmış sodyum iyodür) bileşiminde olanlardır. Bunlardan başka maliyeti ve duyarlılıkları düşük plastikten yapılmış olan kristaller de vardır. Çok yaygın olarak kullanılmayan bu tür kristalli radyometri aletlerinde gamma ışınlarının ışımaya yaratma oranları ve özellikle uranyum penceresindeki ayırmalılık oldukça azdır.

Etkinliği talyumla artırılmış sezyum iyodad CsI (TI) ve Bİ4Ge3012 gibi bileşimleri olan kristallerin hem ışına yaratma güçleri hem de maliyetleri çok yüksektir. Bu tür kristaller daha çok kuyu ölçülerinde kullanılmaktadır (Aydın 2004). Yüksek ayrımlılık gücüne sahip bir diğer kristal bileşimi lityumlu germanyumdur Ge (Li). Bu kristal türlerinin kullanımları esnasındaki ısıları sıvı nitrojen ısısı kadar düşük olmalıdır. Bu nedenle bunlar, arazi etütleri için uygun olmayıp genellikle laboratuvarlarda hassas ölçümler için kullanılmaktadırlar.

Bir spektrometrik sistem gamma ışını algılayıcısı, sinyal analizcisi ve kaydediciden meydana gelir. Kristal ve bitişiğindeki foton şiddetlendirici tüpten meydana gelen düzeneğe algılayıcı denir. Algılayıcıdan çıkan sinyal sayısının kristale gelen gamma ışınına oranı, bir spektrometrenin duyarlılığını belirler. Algılayıcının kristalinin malzeme kalitesi, geometrisi, hacmi ve elektronik devre düzeni bir spektrometrenin duyarlılığını etkileyen faktörlerdir.

Bazı eski tip algılayıcıların kristalleri silindirik şekilli iken günümüz kristalleri daha çok prizmatik şekillidirler. Bu değişiklik, algılayıcıların kolay takabilmesine ve taşıyıcı araçlarda (arazi aracı, helikopter, uçak vb.) daha az bir yer kapsamasını sağlarken ayrıca spektrometrenin duyarlılığının artmasını da sağlamıştır (Breiner ve diğerleri 1976).

Kristallerin ısıları ölçümler süresince pil veya batarya kullanılarak termostatlı bir düzenekle- sabit tutulurlar. Kristale çarpan belli enerjili gamma ışınlarının aynı enerji düzeyine sahip pencerelere yönelmeleri gerekmektedir. Örneğin; uranyum orijinli gamma ışınlarının uranyum penceresinde görülmesi gerekir (Çizelge 1). Eğer kristallerin ısılarında değişiklikler meydana gelirse gamma enerji spektrumunda bir kayma söz konusu olacaktır. Bu, ölçümlerde önemli oranda yanımlara neden olabilir. Ayrıca kristalin bitişiğindeki tüpe uygulanan yüksek gerilimdeki değişiklikler de spektrum kaymasına neden olmaktadır.

**Çizelge 1- Dört pencerele bir gamma ışın spektrometresinde pencerelerin standart enerji düzeyleri (IAEA 1991)**

Pencere	İzotop	Enerji Aralığı (MeV)
Toplam Sayım Penceresi	-	0.40-3.00
Potasyum Penceresi	K-40	1.36-1.56
Uranyum Penceresi	Bi-214	1.66-1.86
Toryum Penceresi	Tl - 208	2.42-2.82

Herhangi bir radyoaktif elementten salgılanan gamma ışını sayısı, eşit zaman dilimlerinde aynı değildir. Ayrıca herhangi bir radyoaktif elementten salgılanan gamma ışını her yönde aynı yoğunlukta değildir. Bu yüzden gamma ışınlarının bir algılayıcı tarafından yakalanabilme olasılığı, kristal hacminin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak artacaktır. Yine ölçüm zamanı aralığı arttıkça gamma ışınlarının yakalanabilme olasılığı artacaktır.

MTA Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı bünyesinde GR-320 Exploranium marka gamma ray spektrometre aleti bulunmaktadır. Bu alet; 256 kanallı olup istenirse 512 kanala çıkarılabilmekte, ayrımlılığı %8 (compton ve elektron çiftlemesi olayında enerjileri değişen

ışınların kendi kanallarına gitmesini sağlar), kristal hacmi 346 cm<sup>3</sup> (kristal hacminin küçülmesi durumunda ölçü kalitesi ve hassasiyeti azalacaktır) olup, arazide taşınabilmekte, 1 sn-99999 sn aralığında ölçüm yapabilmekte, ölçü sonuçlarını doğal (toplam) konsantrasyon, eU konsantrasyonu, eTh konsantrasyonunu ppm olarak, Potasyum konsantrasyonunu % olarak vermekte, ayrıca bu ölçülen 4 değere ait ışına sayılarını da göstermektedir. Kullanım alanları ise; radyoaktif mineral aramaları, jeolojik haritalama çalışmaları, kömür, petrol ve doğalgaz aramaları, metalik mineral aramaları, altın, ağır mineral ve stratejik mineral aramaları, endüstriyel hammadde aramaları, doğal ve yapay radyoizotopların neden olduğu çevre kirliliğinin araştırılması, radyojenik ısı akısı çalışmaları

ve diğ er bazı uygulamalar olarak sıralanabilir. Ayrıca jeofizik kuyu logu biriminde log ölçülerinde kullanılan spektral gama logu bulunmak-

ta bu aletle de kuyu içerisinde ölçüler yapılarak toplam, eU, eTh ve K değerleri ölçülerek kayıt altına alabilmektedir (Ş ekil 5).



Ş ekil 5- 256 kanallı spektrometre aletinin görünümü.

## DEĞ İNİLEN BELGELER

Aydın, İ. 2004, Jeofizikte Radyometrik Yöntem ve Gamma Iş ın Spektrometresi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Yayın No: 49

Breiner, S., Lindow, J. T. ve Kaldenbach, R. J. 1976, Gamma-ray measurement and data reduction considerations for airborne radiometrics surveys. Paper 34, Int. Symp. on Expl. of Uranium Ore Deposits, Vienna.

IAEA 1979, Gamma Ray Surveys in Uranium Exploration. Technical Report Series No. 186, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA 1991, Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying. Technical Report Series No. 323, International Atomic Energy Agency, Vienna.

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. ve Keys, D. A. 1976, Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge.