

## TÜRKİYE'NİN NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ YE TORYUM KOMPLEKS CEVHERİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR YE İLERİYE YÖNELİK ÖNERİLER

Sema ZARARSIZ  
Dr. Ali TANRIKUT  
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

### GİRİŞ

Ülkemizde Toryum içeren en büyük saha, Sivrihisar ilçesinin 20 km Kuzey batısında Kızılcaören, Karkın ve Okçu Köyleri arasında 15 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yer almaktadır. MTA tarafından 1959 yılında havadan prospeksiyon sonucu keşfedilerek 1970'li yıllarda toryum amaçlı olmak üzere, 1981-1984 yılları arasında florit, barit ve Nadir Toprak Elementleri (NTE) etüdü tamamlanan Ö.İ.R.:411 (Toryum.-NTE) ruhsat numaralı bu yatak, bulma hakkı saklı kalmak kaydı ile, 2840 sayılı devletçe işletilecek madenler hakkındaki kanun kapsamında ETİ HOLDİNG'e devredilmiştir [1].

### JEOLJİ VE MİNERALOGİ

Söz konusu yataktaki cevher kompozisyonu, çok çeşitli minerallerden teşekkül ettiği için "Kompleks Cevher" olarak tanımlanmıştır. Mineralojik araştırmalar sonucu, kompleks cevher bünyesinde yer alan cevher ve gang mineralleri ile bunların yüzde dağılımları; florit (% 17-60), barit (% 12-50), bastnazit (%10'a kadar), monazit (Ce, La, Nd, Th)PO<sub>4</sub> ve torobastnazit Th(Ca,Ce)(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>F<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O (%0,5'e kadar) demir ve mangan mineralleri (%10'a kadar), kalsit, dolomit, klorit kuvars, kalsedon ve mika mineralleri (% 15'e kadar) olarak belirlenmiştir [ 1 ].

Florit, barit ve bastnazit amaçlı çalışmalar 0-50 m derinliği kapsamaktadır. Toryum amaçlı çalışmalarda ise 400 m derinliğe kadar anomali alınmış ve sahanın ortalama %0,2 tenörlü 380.000 ton ThO<sub>2</sub> rezervini ihtiva ettiği belirlenmiştir. Nadir toprak elementlerinin ortalama tenor durumuna bakıldığında ise; Ce (Cerium), La (Lanthanum), Nd (Neodymium), Y (Yttrium) tenörleri toplamı %3 civarında olduğu görülmektedir (Çizelge-1,2) [2].

Tenor hesaplamalarında, her bir damardan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarının geometrik ortalaması esas alınmıştır. Tenor dağılımı homojen olmadığından, tüm saha için geçerli olabilecek bir tenor dağılım haritası yapmak söz konusu değildir.

Toryum teknolojisinde fiziksel zenginleştirme yöntemlerini takiben H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCL veya NaOH liçi ile ThO<sub>2</sub> kazanımı yöntemleri kullanılmaktadır. Yapılan zenginleştirme çalışmalarında, toryumun cevher yapısında dissimine bir dağılım göstermesi sebebiyle bu yatağın fiziksel zenginleştirme çalışmalarından olumlu sonuç alınamamıştır.

Orijinal cevhere uygulanan toryum özütlemesi çalışmalarında, yüksek oranda FTNO<sub>3</sub> veya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tüketimi nedeniyle düşük ThO<sub>2</sub> içeren bu cevher için prosesin ekonomik olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, sahadan radyometrik ayrımla alınan yüksek tenörlü (%1,92 ThO<sub>2</sub>) cevher örneği üzerinde gerçekleştirilen katıdan özütleme ve toryum bileşikleriyapılması çalışmalarında daha düşük asit tüketimleri nedeni ile olumlu sonuçlar elde edilebilmiştir [3].

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Sahadaki ekonomik mineraller; florit, barit ve bastnazit'tir. Toryum, kompleks bünyesindeki monazit ve torobastnazit minerallerinin kafes yapısında yer almaktadır. Teknolojik olarak zenginleştirilse bile bugünün şartlarında ekonomik olmayacağı araştırmalara dayalı raporlardan anlaşılmaktadır [1].

I, Bu raporlarda, kompleks cevhere klasik yöntemler uygulandığında toryumun belli bir fraksiyonda toplanamayacağı, sadece toryumun kazanılmasına yönelik cevher çözündürme işlemleri uygulandığında, toryumun yüksek verimle kazanılabileceği fakat işletme maliyetinin çok yüksek çıkması nedeniyle sahadaki toryumun yan ürün olarak kazanılmasının daha uygun olacağı belirtilmektedir [ 1 ].

! 1. Toryum ihtiva eden Eskişehir-Sivrihisar cevher yatağındaki, Yaylabaşı ve Kocayayla sektörlerinde yeterli sayıda sondaj yapılmadığından bu bölgelere ait kesin rezerv tespiti mevcut değildir. Bu bölgelerle birlikte Malatya-Hekimhan-Kuluncak gibi diğer bölgelerde de gerekli çalışmaların yapılması durumunda rezervin iki katma çıkması ihtimali var-

# RALPOR

dır. Ancak, bu konu ile ilgili kesin sonuca götürecektir herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Sonuç olarak, söz konusu sahada yaklaşık 380.000 ton görünür  $ThO_2$  ve önemli miktarda nadir toprak elementi rezervi belirlenmiştir. Bu rezerv sahanın kesin potansiyeli değildir. Toryum tenörü, seçme numunelerde %3'e kadar çıksa da yatağın ortalaması %0,2'dir.

III. Toryum tek başına fisil madde olmadığından [bir başka deyişle, nötron ile tepkimeye girdiğinde bölünme (filyon yapma) ihtimali termal nötronlar için sıfır, yüksek enerjili ( $>2$  MeV) nötronlar için ise çok düşüktür] doğrudan nükleer yakıt olarak kullanılamaz ve bir tetikleyiciye gereksinimi vardır.  $U^{235}$  veya  $Pu^{239}$  ile birlikte kullanıldığında toryum kaynak maddesinden nötron- $Th^{232}$  tepkimesi sonucunda  $U^{233}$  fisil maddesi üretilebilir. Genel reaktör kalbi tasarımı itibarı ile  $U^{233}$ , nötron ekonomisi açısından en iyi yakıt tipidir. Zira filyon tesir kesiti  $U^{235}$  ile hemen hemen aynı ancak, nötron yutma tesir kesiti daha düşüktür. Ayrıca, bu konuda teknik ve ekonomik bazı zorluklar da vardır. Bunların başında günümüzde, halen işletilmekte olan nükleer güç reaktörlerinin temel reaktör kalbi ve reaktivite kontrol tasarımında bir değişiklik yapmadan toryumun kullanılmasının mümkün olmaması gelmektedir. Bu konuda gerek AB bünyesindeki EURATOM'un desteklediği projelerde gerekse ABD, Rusya Federasyonu, Kanada, Kore ve Japonya'nın halen sürdürdüğü çalışmalarda, temel hedef mevcut Hafif Sulu (LWR) ve Ağır Sulu (HWR) ticari reaktörlerde yakıt tasarımında bir değişiklik yapmadan toryum-uranyum-plutonyum yakıtlarının etkin olarak kullanılmasıdır [4]-

IV Günümüzde Th tabanlı yakıt çevrimi ticari olarak kullanılmamaktadır. Bu nedenle ülkemizde bulunan kaynağın mamul veya maden olarak satışı

bugün için söz konusu değildir. Ayrıca uranyum fiyatlarının günümüzde düşük seyretmesi (yaklaşık 25 \$/kgU) halen uranyuma olan talebin devamını kaçınılmaz kılmaktadır. Bu itibarla gelecekteki teknolojik gelişmeler beklenmeli, ülkemizdeki toryum tabanlı yakıt çevrimi konusundaki araştırma geliştirme çalışmalarına devam edilmelidir.

V. Planlanan yeni nesil nükleer santrallerde ise toryum yakıtına değişik nedenlerden dolayı yer verilmesi planlanmaktadır:  $TJ^{235}$  ekonomisi, reaktör kalbindeki plütinyum ve aktinit üretiminin azaltılması, uranyuma göre radyotoksitesinin ve yüksek seviyeli atık miktarının düşük olması gibi. Ülkemizde kurulması planlanan nükleer santraller için toryuma dayalı yakıt çevrimi opsiyonu mutlaka değerlendirilmeli ve seçilecek teknolojinin bu opsiyona açık olması bir ölçüt olmalıdır.

VI. Gelecekte toryum yaygın olarak kullanılacaksa bu durumda Ülkemizde bulunan cevherin ekonomikliği sorgulanmalıdır. Günümüzde uranyumda mevcut olan ekonomiklik ölçütü toryum için henüz belli değildir. Ancak, Ülkemizde mevcut olan toryum cevherinin çıkarılmasına ve nadir toprak elementlerinden ayrıştırılmasına yönelik araştırma geliştirme çalışmalarına devam edilmelidir.«

## KAYNAKÇA

- [1] Kızılcaören Köyü (Sivrihisar-Eskişehir) Civarındaki Kompleks Cevher (Floru, Barit, Bastnazit) Yatağına ait Ön Değerlendirme Rapor Özeti, İ. Kayabalı, 1998.
- [2] Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi " Bastnazit-Barit-Florit Kompleks Cevher Yatağı " Nihai Etüt Raporu, Kaplan.H, 1997.
- [3] MTA-MAT Dairesinden temin edilen bilgiler.
- [4] "Utilisation of Thorium Fuel, Options in Emerging Nuclear Energy Systems "konulu UAEA Teknik Komite Toplantısı, 1999, Viyana.

## Türkiye'nin Toryum Rezervi

Çizelge.I Eskişehir, Sivrihisar Küçük Höyükli Sektörü Görünür Rezervleri

| Küçük Höyükli            | Görünür Rezerv (ton) |           |         |         |        |
|--------------------------|----------------------|-----------|---------|---------|--------|
|                          | ThO <sub>2</sub>     | Ce        | La      | Nd      | Y      |
| -T 1                     |                      | 614.782   | 442.662 | 260.678 | 48.181 |
| Ortalama Tenör (%)       |                      | 1,25      | 0,90    | 0,53    | 0,10   |
| Ce+La+Nd+Y Toplam Rezerv |                      | 1.367.303 |         |         |        |
| Ce+La+Nd+Y Tenörü (%)    |                      | 2,78      |         |         |        |

Çizelge.II Eskişehir, Sivrihisar Koca Devebağırta Sektörü Görünür Rezervleri

| Koca Devebağırta         | Görünür Rezerv (ton) |           |           |         |         |
|--------------------------|----------------------|-----------|-----------|---------|---------|
|                          | ThO <sub>2</sub>     | Ce        | La        | Nd      | Y       |
| Toplam Rezerv            |                      | 1.495.935 | 1.077.075 | 634.275 | 119.674 |
| Ortalama Tenör (%)       |                      | 1,25      | 0,90      | 0,53    | 0,10    |
| Ce+La+Nd+Y Toplam Rezerv |                      | 3.326.959 |           |         |         |
| Ce+La+Nd+Y Tenörü (%)    |                      | 2,78      |           |         |         |