

Radyoaktif Atıkların Yok Edilmesi veya Nihai Depolanması

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (acant@taek.gov.tr)

Demir, kur un gibi sıradan madenleri, altın veya gümü madenine dönü türme inancında olan eskinin simyacıları tarafından ke fedilmeye çalı ilan dü sel ürün, ça ımızda, radyoaktif atıklardır.

Japonya'daki yeni bir deneme ba arılı oldu u takdirde, dünyadaki uzun yarı ömürlü radyoaktif atıkları yoketmek mümkün olabilecektir.

Bu yüzyılda, enerji talebi büyük bir ölçüde artmaktadır. Geli mekte olan ülkelerde sanayile me ve kentle melerdeki hızlı artı , halen ki i ba ına göre çok dü ük olan enerji gereksinimlerini geni boyutlara ta ıyacaktır. Enerji ihtiyaçlarında görülen artı , dünya nüfusunun en az yarısının ya am standardının yükseltilmesinin kar ılanması yanında, ülkeler ve bölgeler arası dengesizliklerin azaltılmasında rol oynayacaktır (*).

Di er taraftan, fosil yakıtların enerjiye dayalı kullanımı, çevreye verilen zararlarda temel neden olarak görülmektedir. Enerji santrallerinde, ısınmada ve ula ımda fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanan sera gazlarının çevreye salınmaları, küresel ısınmanın en büyük faili sayılmaktadır. Günümüzde fosil yakıtların sürekli kullanımları ve denetim altına alınması gerekli olan karbondioksit salınmaları, geni ekilde bilinmektedir.

Dünyadaki bazı ülkelerin nükleer enerjiye sınırlama getirmesinden kaynaklanan, uzunca bir süre yava geli iminden sonra, bu gücün, çevreye zarar vermeden, ya adı ımız dünyanın enerji ihtiyaçlarının kar ılanmasında önemli roller üstlenece i günümüzde kabul edilmektedir. Teknolojik geli imler, nükleer enerjiyi daha cazip hale getirmekte, fosil yakıtların fiyatlarındaki sürekli artı lar, bu enerjiyi çok daha popüler kılmaktadır.

Bununla beraber , nükleer enerjinin yaygın kullanımı, emniyet, güvenlik, atık ve nükleer silahların yayılması açısından halk arasında, maalesef oldukça yersiz ve bilgiye dayalı olmayan kaygılar olmaktadır. Örneğin, nükleer atıkların emniyetli ve güvenli olarak idaresinde, önemli ölçüde teknolojik başarılar sağlanmasına rağmen, doğru olmayan bilgilendirmelerden kaynaklanan kamuoyu korusu devam etmektedir. Burada; gelecekte çok önemli yer tutacak olan, radyoaktif atıkların transmutasyon veya dönüüm yöntemi ile yok edilmesi yada nihai depolanması konusu ele alınmaktadır.

Elementlerin transmutasyonu, bir başka deyişle birbirine dönüürülmesi, orta çağda yaayan simyacıların veya alimistlerin en büyük hedefi idi. Bunlar; demir, kurun gibi ucuz madenleri, altın, gümüş vb. paha biçilmez madenlere dönüürecek ürünü keşfetmek sureti ile, sürekli olarak zengin olmayı dülediler. Aslında gerçek transmutasyon, günümüzün çağda simyacıları olan atom fizikçilerini beklemek zorundaydı. Nükleer reaktörler, rutin şekilde elementleri birbirine dönüürmektedir. Nükleer tesislerde, ağır element olan uranyum atomları, fisyon yada parçalanma ürünleri olarak adlandırılan, teknesyum gibi çok daha hafif atomlara bölünmektedir. Bu reaksiyonlar esnasında, enerji ile birlikte nötron parçacıkları açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan nötronların bir kısmı, daha fazla uranyum çekirdeklerine çarparak bunları parçalamakta ve bu durum nötronların sayısı gibi artmasına neden olmaktadır. Devam eden süreç, zincirleme reaksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Reaksiyona giremeyen nötronlar, uranyum çekirdekleri tarafından yakalanmaktadır. Bu nükleer reaksiyonlar; uranyum çekirdeklerini daha ağır yaparak, neptunyum, plutonyum, amerisyum ve kuryum gibi transuranyum veya uranyum ötesi elementlerine dönüürmektedir. Diğer taraftan, örneğin, nükleer reaktörlerde uranyumun parçalanmasından her yıl yaklaşık 6 ton teknesyum-99 (Tc-99) yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Tc-99'un yarı ömrü 200000 yıl olup, suda çözünürlüğü nedeniyle, gıda zincirine kolaylıkla geçebilmektedir. Transmutasyon tesisi sayesinde, bu izotop, bir nötron alarak teknesyum-100 (Tc-100)'e dönüürmektedir. Tc-100'ün yarı ömrü ise, sadece 15.8 saniyedir. Radyasyon ölçüm cihazının dümesine basıncaya kadar, bu yeni radyoaktif element, bozunumu ile, tümüyle kararlı ve zararsız bir madde olan rutenyum-100 (Ru-100) haline gelmektedir. Bu işlem,

sıvı kurulanla kullanılan dönüştürme yada transmutasyon tesisinde gerçekleştirilmektedir.

Transuranyum elementlerinin tamamı, bir taraftan nükleer fisyonun yan ürünleri olup, diğer taraftan da radyoaktifler ve çoğunlukla binlerce hatta milyonlarca yıl radyoaktif kalmaktadır. Bu nedenle yok edilmeleri yada nihai depolanmaları oldukça zor olduğundan, en pratik yöntem olarak, kararlı kaya formasyonlarındaki derin yer altı yataklarına gömülmekte ve sadece bekletilmektedir. Ayrıca, esas itibarıyla, plutonyumdan nükleer bombalar da yapılabilmektedir. Bununla beraber, Japonya'da Kyoto Üniversitesindeki Kumatori Hızlandırıcı Reaktör Deneme Tesisi (**Kumatori Accelerator-driven Reactor Test Facility - KART**) yetkilileri, nükleer atık sorunlarına çözümler arayan eski bir projeyi, Mart-2006'da yeniden gündeme getirdiler. Bu durum, emniyetli şekilde nihai depolamada bekletilen uzun yarı-ömürlü radyoaktif atıkları, daha kısa yarı ömürlü radyoaktif atıklara dönüştürme işleminden başka bir şey değildir.

KART Tesisi ve Potansiyeli

Kaichiro Mishima'nın önderliğinde yürütülen Kumatori projesinin ana fikri, ilk defa Cenevre yakınlarında bulunan "**Centre Europeen pour la Recherche Nucleaire (CERN)**" Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi'nin bir zamanlar direktörü olan Carlo Rubbia tarafından ortaya atılmıştı. Proje, "kritik-altı" bir nükleer reaktör inşa etmeyi kapsamaktaydı. Böyle bir reaktörde, zincirleme reaksiyonlar sürdürülemezdi. Bunun yerine, çekirdekleri dönüştüren atom-altı parçacıklar, bir parçacık hızlandırıcısını kullanmak suretiyle, dışarıdan sağlanacaktı.

Kullanılmayan nükleer yakıtın yaklaşık % 95'i dönüştürülmemiş uranyum olduğundan, birincisi amaç, radyoaktif atıktan % 5'i çıkarıp ayırmaktır. Bu işlem, kimyasal olarak yapılmaktadır. Elektrik yükü olmayan nötronlar, çok büyük mıknatısların etki alanında tutulmadıkları için, bir hızlandırıcıda hızlandırılmaları olası değildir. Bununla beraber, protonların esas görevi, hedefteki atom

çekirdeklerine iddetle çarparak nötronların açığa çıkmasını sağlamaktır.

Her şey yolunda gittiği takdirde, açığa çıkan nötronlar, teknesyum ve diğer fisyon ürünleri tarafından, yeni elementlere dönüşümek sureti ile soğutulmaktadır. Ayrıca bu nötronlar, uranyumdan daha ağır elementleri, uranyum fisyonundan oluşan benzer ürünlere parçalamaktadır. Her ne kadar, başlangıçta, yeni elementler kullanılmı nükleer atıktan çok daha fazla radyoaktif olsalar da, radyoaktivite, sadece birkaç yüz yıl sürecek mertebededir. Bu durum, radyoaktif atıkların, uzun vadeli atık depolama için tasarlanmı olanlar kadar pahalı olmayacağına delalet etmektedir. Diğer taraftan ödül olarak da, tüm bilim, tükettiğinden daha fazla enerji üretecektir. Gerçekte, bu sistem için, Dr Rubbia'nın bulduğu isim, bir enerji yükseltici veya enerji amplifikatörüdür.

Ara tırcılar; Eylül-2006'da tam kapasite ile faaliyete geçecek olan **KART**'a ve öteki büyük ölçekli transmutasyon tesislerinin yada dönüşürücü sistemlerin tasarımlarına katkıda bulunacak, dünyadaki diğer dönüşüm deneylerinden elde edilecek sonuçları umutla beklemektedir. Japon ve Avrupalı fizikçiler tarafından, bu tesislerin her birinin maliyetleri, yaklaşık 1 milyar dolar olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca bu fizikçilerin çalımlarının meziyetleri, politikacılar tarafından benimsendiği takdirde, 2015 yılından sonra faaliyete geçirilmesi planlanmaktadır.

Ayrıntılı ara tırmalar hiçbir şekilde tamamlanmamı olup, çalımlar projeler düzeyinde yoğun şekilde sürdürülmektedir. Ara tırcılar; geçen yıllarda talya'da Kart'dan ayrı bir tesisin, çok istekli ve tutkulu biçiminde inasına başlamayı ümit etmekte iken, proje 2004 yılında iptal edildi. Projenin katledilmesi, teknik nedenlerden ziyade, politik çekişmelerden kaynaklanmakta idi.

Diğer taraftan, tüm bilim insanları transmutasyon sevdalısı değildir. Washington, DC'de faaliyet gösteren "Enerji ve Çevre Ara tırma Enstitüsü" (The **I**nstitute for **E**nergy and **E**nvironmental **R**esearch-**IEER**); uranyumun kullanılmı yakıttan ayrılarak düşük düzeyli radyoaktif atık olarak depolanmasının, nihai derin yer altı

depolanmasına göre, halk için çok daha büyük bir risk olu turabilece ini dü ünmektedir. Ayrıca, kullanılmı yakıtın bazı uzun yarı ömürlü radyoaktif elementlerinin, tamamı ile dönü türülemeyece ini veya transmutasyona u ratılamayaca ı i aret edilmektedir. Örne in, radyoaktif selenyumun nötron yakalaması hemen hemen mümkün de ildir. Bu nedenle, kullanılmı yakıtta bulunan radyoaktif selenyumun yarısını bertaraf etmek için bir asırdan daha fazla bir süre gerekmektedir. **IEER** yetkilileri, transmutasyon i lemindeki bu ciddi eksikli in esas itibari ile, nükleer güç yanlıları tarafından yapıldı ı ekinde de erlendirme yapmaktadırlar.

Karbondioksitin iklim de i ikliklerine neden olmasından dolayı, u anda nükleer güç taraftarları, çok büyük oranlarda elektrik üretmek için avantajlı durumdadır. Di er taraftan, nükleer atıklar binlerce yıl tehlike olu turdu undan, nihai depolanmaları on milyarlarca dolara mal olmaktadır. Bu durumda, tansmutasyonun çok de erli oldu u dü ünülmektedir. Transmutasyonla, her ne kadar kur un elementi altın elementine dönü türülme de, dönü türme i lemi paha biçilmez konumunu hala sürdürmektedir.

(*) Kaynak: The Economist Dergisi (18 Mart-24 Mart 2006).