

NÜKLEER ATIKLARIN İDARESİ VEYA YÖNETİMİ

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Günümüzde yoğun şekilde elektrik enerjisi üreten güç tesisleri mutlaka atık da oluşturmaktadır. Klasik atıkta; çöp yığınları, kabul edilmesi gereken bir zorunluluk olarak görülmektedir. Nükleer Endüstri, atığına aşırı itina ve dikkat gösteren ve de bunlar için yasalara dayalı yönetmelikler hazırlanarak uygulanması da bağımsız organlarca titizlikle denetlenen ender sanayilerden biri sayılmaktadır. Yapay (insan yapımı) radyoaktif maddelerden, yeryüzünde hatta uzayda da enerji sağlanmaktadır. Radyoaktif maddelerden çıkan iyonlaştırıcı radyasyonlardan, hastalıkların tanı ve tedavisinde yararlanılmaktadır. Nükleer teknikler, tarımda; üretimin artırılmasında ve zirai haşerelerin aynı zamanda günümüzde kırsal kesimlerde insanlığı öldürücü şekilde tehdit eden kenelerin kısırlaştırılarak nesillerinin yok edilmesinde güvenilir bir teknik olarak kullanılmaktadır. Radyoizotoplar; araştırma, endüstri ve tıp sektörlerinin gereksinimlerini karşılamak üzere hiç durmadan nükleer reaktörlerde üretilmektedir. Radyoaktif kaynaklar ya da maddeler her kullanımlarında çok dikkatli şekilde tecrit edilmekte ve radyoaktif atık muamelesi göreceği biçimde idaresi veya yönetimi sağlanmaktadır (*).

Tüm nükleer yada radyoaktif atıklar, üç büyük kategoriye ayrılmıştır. Radyoaktif madde sınıflandırmasında, maddenin yarı ömrü ve aktivitesi göz önünde bulundurulmaktadır. Yüksek düzeyli radyoaktif atık yavaş yavaş parçalanmakta ve zararsız hale gelebilmesi için yarı ömrüne bağlı olarak binlerce yıla gerek duyulmaktadır. Düşük düzeyli kısa yarı ömürlü radyoaktif atık ise diğer radyoaktif atık türlerinden çok daha hızlı biçimde aktivitesini kaybetmekte ve kontrollü şekilde radyoaktivitesiz yani radyasyonsuz veya kararlı hale dönüşmektedir. Düşük düzeyli uzun yarı ömürlü radyoaktif atığın parçalanması, çok zaman almaktadır. Düşük düzeyli kısa yarı ömürlü radyoaktif atık, hem nükleer yakıt çevriminde hem de hastaneler, laboratuvarlar ve sanayide meydana gelmektedir. Bunlar; ekipmanların küçük parçalarından, giysilerden ve de önlüklerden oluşmaktadır. Hacimsel boyutta atığın bu tipi, büyük ölçüde radyoaktif atığın en geniş

kesimini temsil etmektedir. Normal çöpe göre çok daha itinalı ve dikkatli şekilde yok edilmesi zorunlu olmasına rağmen, atık idaresi tehlikeli değildir. Radyoaktif atıkların hacmini azaltmak için, yok etme işleminden önce, kapalı bir kap içinde sıkıştırılabilmektedir. Ayrıca radyoaktif atığı çevreden tecrit etmek amacıyla çimento ile de kaplanmaktadır. Bu gibi radyoaktif atıklar çok defa, İngiltere’de Drigg’dekine benzer özel yer altı depolarında, yüzeye yakın yok etme sahalarında muhafaza edilmektedir. Böyle bir sahadaki radyoaktif atık zamanla parçalanmakta ve söz konusu saha birkaç yüz yıl sonra, kısıntısız şekilde kullanıma açılabilmesi planlanmaktadır. Öte yandan, düşük düzeyli radyoaktif atık, yeraltında daha derin yerlerde depolanabilmektedir. Bu gibi bir saha, kaza eseri yada kasti zarara karşı, daha az hassas olma avantajına sahiptir. İsveç Forsmark’da, son derece ileri bir mühendislikle düzenlenmiş depo, hali hazırda dünyadaki radyoaktif atık yok etme topluluğunun veya tekniğinin zirvedeki eşi bulunmaz bir sahası olarak kabul edilmektedir.

Düşük düzeyli uzun yarı ömürlü radyoaktif atıklar; kimyasal çözeltilerden, reaktör elemanlarından ve reaktörün sökümünden oluşan radyoaktif olarak kontamine olmuş yani radyoaktivite bulaşmış materyallerden ibarettir. Bunlar, daha yüksek oranda radyoaktif madde içerdiğinden yada başka bir deyişle çok daha fazla radyasyon yaydığından dolayı özel zırhlama veya muhafaza altına alma tekniği ile uzun süreli depolanma yerlerinde korunması gerekmektedir. Böyle bir depolama yerine iyi bir örnek, Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan radyoaktif atık tecrit pilot tesisidir. Düşük düzeyli de olsa, atığın bu tipi, çok uzun süre, radyoaktif olarak kalmakta ve radyasyon yaymaktadır. Çok defa bu tip radyoaktif atık; uranyum, plütonyum gibi elementlerden daha ağır manasına gelen “transuranyum” yada “uranyum ötesi” olarak adlandırılmaktadır.

Yaklaşık olarak yılda bir kez, nükleer reaktörün içerisindeki nükleer yakıtın üçte biri yenisi ile değiştirilmektedir. Kullanılmış nükleer yakıt; “tüketilmiş yakıt” olarak da adlandırılmaktadır. Son derece radyoaktif olan bu yakıt, radyasyonun çok iyi şekilde zırhlanması açısından ve ayrıca da ısı yayılımına karşı, derin su havuzları içinde tutulması gerekmektedir. Tüketilmiş yakıt; genellikle “nükleer atık” olarak adlandırılır. Gerçekte, asıl materyalin büyük bir bölümünün

yanmaması yada radyoaktif parçalanma veya bozunmaya uğramaması nedeni ile, esasında çok az kısmı atıktır. Hemen hemen yüzde 96'sı tekrar işlenebilmekte ve yeniden kullanılabilir. Kısa yarı ömürlü radyoaktif maddelerin büyük bir kısmının parçalanmasından veya bozunmasından sonra, yakıt; uzaktan kumandalı tekniklerle zırhlı bir hücreye alınmakta ve tekrar işlenmek için hazırlanmaktadır. Nükleer atık ürünleri, kimyasal işlemlere tabi tutularak, yeni yakıt olarak tekrar kullanılabilen uranyum ve plütonyuma dönüştürülerek yeniden kazanılmaktadır. Bu proses ile, son derece yüksek düzeyli radyoaktif yada nükleer atığın yaklaşık yüzde 3'ünden, tekrar kullanılabilen uranyumun takribi yüzde 96'sı ve plütonyumun da aşağı yukarı yüzde 1'i ayrıştırılmaktadır. Bundan sonra, tekrar kullanılabilen uranyum ve plütonyum, çağdaş nükleer güç santralleri için, nükleer yakıt olarak yeniden işlenebilmektedir.

Yüksek düzeyli radyoaktif atıkları zararsız hale getirme yollarından biri de, "camlaştırma" işlemi olarak adlandırılmaktadır. Bu işlemde radyoaktif atık, uzun süreli depolama için, katı halde olan cam bloklara dönüştürülmektedir. Ayrıca bu prosesde atık, orjinal hacminin üçte biri kadar azalmaktadır. Tüketilmiş yakıt tekrar işlenmediği takdirde, radyoaktivitesinin azalması için, uzunca bir süre su altında havuzda tutulmaktadır. Daha sonra kuru depolama sahasına nakledilmektedir. Uzun süreli depolama ve yok etme işlemi için, tüketilmiş yakıt, özel olarak tasarlanmış paketler içine yerleştirilmektedir.

Nükleer çağ; bazıları uzun yarı ömürlü olmak üzere, insan yapısı yada yapay radyoaktif maddeler oluşturmaktadır. Eskiden simyacılar; yaygın bulunan metalleri altın haline dönüştürmek için çok çaba harcamalarına rağmen, hedeflerine asla ulaşamamışlardı. Bugün ise, nükleer bilim sayesinde, transmutasyon adı verilen ve bir atomdan diğerine dönüştürme şeklinde ifade edilen, özellikle de radyoaktif elementleri, kararlı veya radyoaktivitesiz bir başka deyişle radyasyonsuz yada radyasyon yaymayan izotop haline getirme tekniğine erişilmiştir. Bir nükleer reaktör, son derece yüksek aktiviteli radyoizotopları daha az tehlikeli hale dönüştürmek için kullanılabilir. Öte yandan, bir parçacık hızlandırıcıdan (accelerator) çıkan yüksek enerjili parçacıklar demeti bir hedefe

çarpmakta ve nötronlar oluşmaktadır. Oluşan nötronlar; uzun yarı ömürlü radyoaktif maddelerin atomlarını parçalamak sureti ile, bunları kısa yarı ömürlü hatta radyoaktif olmayan kararlı izotoplara dönüştürmektedir. Binlerce yıllık yarı ömüre sahip transuranyum ve diğer radyoizotoplar, çok kısa yarı ömürlü hatta kararlı izotoplara dönüştüren transmutasyon ile ilgili araştırmalar, halen Dünya çapında sürdürülmektedir. Bu şekilde basit bir fizik olayı ile, nükleer enerjinin kullanımından ortaya çıkan radyoaktif tehlikeler önemli ölçüde azaltılabilmekte yada yok edilebilmektedir.

Bununla beraber, nükleer transmutasyon uygulamaya geçirilinceye kadar, radyoaktif atığın idaresindeki şu andaki yaklaşım, çevreden tecrit ve sınırlamaktır. Fosil yakıtlardan elde edilen enerjide, tam tersine, atıklar çevreye her zaman zarar verecek şekilde yayılmaktadır. Nükleer güçle elektrik üretiminde oluşan radyoaktif atıkların büyük bölümü, eninde sonunda belirli bir süreç zarfında, zararsız materyale dönüşmektedir. Olası bir tehlikeye sahip yüksek düzeyli radyoaktif atıkların, çok uzunca süre çevreden tecrit edilmesi gerekmektedir. Bunların küçük miktarda olmaları, yönetimlerini kolaylaştırmaktadır. Ortalama büyüklükteki nükleer reaktörün bir yıllık çalıştırılmasından ortaya çıkan 25 tonluk tüketilmiş yakıt tekrar işlendiği takdirde, yaklaşık 700 kilogram'lık yüksek düzeyli radyoaktif atık meydana gelmektedir. Tüketilmiş yakıt tekrar işlenmese bile, 25 tonluk radyoaktif atık; her yıl yaklaşık 7 milyon ton karbondioksit üreten benzer büyüklükteki kömür yakıtlı güç santralında oluşan atıktan çok daha azdır. Ayrıca bu santrallerde; diğer atık ürünleri, zehirli metaller ihtiva eden takribi 200 000 ton uçucu külü de içermektedir.

Nükleer endüstri; Dünya'nın en ileri teknolojilerini kullanan, yüksek bir teknoloji sektörü olarak hızla gelişmektedir. Emniyetli işletim, bu sanayinin en üst önceliğidir. Emniyetin yüksek düzeyi, araştırma ve saha çalışmalarından ortaya çıkan, geniş kapsamlı bilimsel analizlere dayandırılmaktadır. Endüstri; radyoaktif atıkların bütün türlerini ve komple nükleer yakıt çevrimini kontrol altında tutmaktadır. Nükleer bilim adamları; yüksek düzeyli radyoaktif atıklar için en iyi çözümlerden birinin, jeolojik formasyonlardaki yeraltı depolarının olduğu konusunda hem fikirdirler. Yüksek düzeyli radyoaktif atıklar için böyle bir depo henüz işleme açılmamasına rağmen, bu şekildeki

deponun nasıl olması gerektiğine dair tüm koşullar ayrıntılı biçimde bilinmektedir. Örneğin, radyoaktif atıklar yeraltında derin bir alanda, ince bir mühendislikle dizayn edilmiş odalara ve tünellere yerleştirilmektedir. Bu saha; kararlı bir jeolojik formasyona sahip olup, radyoaktif atığı 10000 yıldan daha fazla çevreden tecrit edilebilmesini sağlamaktadır. Nükleer endüstri ve ticaret, uluslararası bir organizasyondur. Japonya'nın bir nükleer güç santralında ortaya çıkan tüketilmiş yakıt, özel variller içinde tekrar işlenmek üzere, Fransa yada İngiltere'ye gönderilmektedir. Radyoaktif atığın emniyetli idaresinde, bir hayli deneyim elde edilmiştir. Her ülke; Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (**International Atomic Energy Agency-IAEA**) tarafından geliştirilen ve üye ülkeler tarafından onaylanmış, uluslararası standartlara uygunluğunda karar kılınmış, ayrıntılı şekilde hazırlanmış, kendi kural ve yönetmeliklerine sahip bulunmaktadır. IAEA; standartların uygulanmasını tavsiye etmekte, ayrıca radyoaktif atıkların emniyetli yönetimindeki bilgi ve deneyimlerin paylaşımını kolaylaştırmaktadır. Sonuç olarak elektrik talebi, Dünyanın her köşesindeki tüm enerji gereksinimleri göz önüne alındığı takdirde iki kat olarak hızla artmaktadır. Elektrik; çıkarılması nispeten kolay olan fosil yakıtlar dahil olmak üzere, muhtelif yakıt karışımlarından üretilmektedir. Fosil yakıtların temel sorunlarından biri, bir iki nesil sonrası bunların tükeneceğinden kaynaklanmaktadır. Fosil yakıtların tükenmeye başlamasının yanı sıra, küresel ısınma, iklim değişiklikleri ve sera gazı emisyonları ile ilgili kaygıların büyümesi, nükleer güce gereksinimi artırmaktadır. Diğer taraftan enerji arz güvenliği de nükleer enerjinin önemini can alıcı bir düzeye getirmektedir. Dünya genelinde, elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı, şu anda yaklaşık yüzde 17 seviyesinde bulunmaktadır. Diğer enerji üretimlerinde olduğu gibi, elektriğin nükleer yoldan üretiminde de atık oluşmaktadır. “Nükleer atıkların yok edilmesi veya nihai depolanması” hakkında kamuoyunda oluşan kaygının aksine, ileri ve çağdaş teknikler hâlihazırda da kullanılmaktadır. Bunun bir işareti olarak, “radyoaktif atıkların tecrit edilmesi, yönetimi ve uygun hale getirilmesinde mevcut yöntemlerin tatbiki” emniyetli ve güvenli çözümler için teknolojilerin bulunduğunu göstermektedir.

(*) Kaynak: Uluslararası Atom Enerjisi Yayınları (**International Atomic Energy Agency – IAEA publications**).