

NÜKLEER SANTRALLERDE İŞ KAZALARI

Abdülazim YILDIZ

Öğr. Gör., Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, ayildiz@ciu.edu.tr

Ercan KÖSE

Dr. Öğr. Üyesi, Tarsus Üniversitesi ekose@tarsus.edu.tr

ÖZET

İnsanlığın yaşamını sürdürülebilmesi için enerji ve enerjinin elde edilmesi vazgeçilmez bir unsurdur. Tüm Dünya’da ve ülkemizde petrol, kömür doğalgaz, gibi fosil enerji kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Bunun sonucunda ülkeler farklı enerji kaynaklarına eğilim göstermiş olup bunların başında nükleer enerji gelmektedir. Nükleer santraller, bir veya daha fazla nükleer reaktörden oluşan ve radyoaktif maddeleri yakıt olarak kullanarak elektrik enerjisinin üretildiği yerlerdir. Yakıt olarak radyoaktif madde kullanıldığı için canlıların ve çevrenin zarar görmemesi konusunda diğer santrallere kıyasla çok daha sıkı tedbirlerin alınmasını gerektirir. Aksi takdirde radyasyonun çevreye ve canlılara zararları, uzun yıllar sürebilmektedir.

Nükleer santrallerin avantajları, dezavantajları ve iş kazaları açısından değerlendirdiğimizde ülkemizde ve Dünya’da farklı yorumların yapılmasına neden olmuştur. Nükleer santrallerin kurulmasına karşı olanlar esas olarak olası bir reaktör kazasında çevreye yayılma olasılığı bulunan radyasyon riski üzerinde yoğunlaşmaktadırlar. Nükleer santrallere olumlu bakanlar ise en büyük avantaj olarak atmosfere sera gazı üretmemesi, kömür petrol gibi fosil yakıt kaynaklarına bağlı olmaktan kurtulmayı gerekçe göstermektedirler.

Tüm işyerlerinde olduğu gibi nükleer santrallerde de iş kazaları olabilmektedir. Bu kazalar çalışanlar üzerinde, çevrede ya da tesislerde olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Tehlikeli durum ve tehlikeli davranış bir araya geldiği zaman iş kazası meydana gelmektedir. Ölümlü iş kazalarının olması, etrafa radyasyon yayılması ve yayılan radyasyonun mutajen etkiye sahip olması başka bir deyişle genetik yapıyı bozması gibi önemli neticelerinden birkaçıdır. Yapılan araştırmalara göre iş kazalarının %98 önlenmektedir. %2’si doğal kaynaklı olup, 9 şiddetinde olan depremde Fukushima Nükleer Santrali’nde olduğu gibi önlenememektedir. İş kazaların büyük bir bölümü insan hatalarından kaynaklanmaktadır.

Nükleer güç santrallerinde de alınan tüm önlemlere rağmen insan hatalarından kaynaklanan birçok iş kazası olmuş ve ciddi zararlı sonuçlar doğurmuştur. Batı Standartlarında Nükleer Güvenlik Normları’na göre planlanmış nükleer santraller uçak çarpmalarına dahi dayanıklı olarak inşa edilmektedir. Bu sebepten dolayı kalite temini, kalite kontrolü nükleer santrallerin inşaatında ön planda gelir ve bu önlemlere uyulmasından dolayı yapımı uzun zaman almakta bu sayede iş kazalarının önemli ölçüde önüne geçilmektedir.

Nükleer santraller etrafa zarar vermeden ve iş kazalarına neden olmadan güvenli bir şekilde enerji üretebilmelidir. Bu güvenliği sağlamak için aktif ve pasif güvenlik sistemlerinden, yapısal özelliklerinden ödün vermeyerek ve her türlü risk değerlendirmesi yapılarak kazaların ve iş kazalarının önüne proaktif yöntemlerle geçilebilmelidir.

Anahtar Kelimeler : Nükleer santraller, nükleer santrallerde güvenlik sistemleri

OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN NUCLEAR POWER PLANTS

ABSTRACT

For the survival of humanity, energy and the acquisition of energy is an indispensable element. Fossil energy sources such as petroleum, coal, natural gas, etc. are decreasing all over the world and in our country day by day. As a result, countries have tended to different energy sources, leading to nuclear energy. A nuclear power plant is a place where one or more nuclear reactors are produced by using radioactive materials as fuel. Since radioactive material is used as fuel, it requires much stricter measures than other power plants to prevent damage to living things and the environment. Otherwise, the harmful effects of radiation to the environment can last for many years.

When we evaluate the nuclear power plants in terms of their advantages, disadvantages and occupational accidents, it has led to different interpretations in our country and in the world. People who oppose the construction of nuclear power plants mainly focus on the risk of radiation likely to spread to the environment in a possible reactor accident. On the other hand, those who favor positive views of nuclear power plants cite the fact that they do not produce greenhouse gases to the atmosphere and avoid being dependent on fossil fuel sources such as coal and oil.

As in all workplaces, occupational accidents can occur in nuclear power plants. These accidents can have negative consequences for employees, the environment or the facilities. Occupational accidents occur when dangerous situations and dangerous behaviors come together. There are fatal occupational accidents, radiation spreading around and mutagenic effect of radiated radiation, in other words, disruption of genetic structure. According to the researches, 98% of occupational accidents can be prevented, 2% of them are of natural origin and cannot be prevented as in the Fukushima nuclear power plant in a 9 magnitude earthquake. Majority source of work accidents are caused by human errors.

Despite all the precautions taken in nuclear power plants, there have been many work accidents caused by human errors and have serious harmful consequences. Nuclear power plants, which are planned according to the Western Standards of Nuclear Safety Norms, are built to withstand even impacts of aircraft. For this reason, quality assurance, quality control is at the forefront of the construction of nuclear power plants and due to the compliance of these measures takes a long time to be done, thus avoiding significant occupational accidents.

Nuclear power plants should be able to generate energy safely without damaging the environment and causing work accidents. To ensure this security, active and passive safety systems should be prevented by proactive methods to prevent accidents and occupational accidents by not compromising their structural features and any risk assessment.

Key Words: Nuclear power plant, Safety systems in nuclear power plants

GİRİŞ

Her iş yerinde olduğu gibi nükleer santrallerde de birtakım kazalar veya iş kazaları olabilmektedir. Tehlike, işyerlerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli olarak tanımlanabilir. Risk, tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalidir. Tehlikeli durum ve tehlikeli davranış bir araya geldiği zaman kaza veya iş kazası meydana gelmektedir. Aynı durum nükleer santraller içinde sözkonusudur ve kazaların olmaması için risk değerlendirilmesinin çok iyi yapılması, hiçbir aşamanın atlanmadan titizlikle yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde kaza olma riski yüksek olacaktır.

Nükleer santrallerde olabilecek bir kazanın çevreye olumsuz etkisi diğer santrallere kıyasla çok daha yüksektir. Bu sebepten dolayı nükleer santraller temelde güvenlik olgusu üzerine inşaa edilmek zorundadırlar. Dünyada 1957 yılından beri nükleer santraller işletilmektedir. Günümüze kadar çoğu operatör hatalarından kaynaklanan nükleer santrallerde çok sayıda kaza olmuştur. Söz konusu bu kazaların üç tanesi önemli sorunlara yol açmıştır. Bunlar sırasıyla; Amerika'da Üç Mil Adası kazası, Ukraynada Çernobil kazası ve Japonya'da Fukuşima kazasıdır.

Nükleer santrallerin etrafa ve canlılara zarar vermeden enerji üretebilmeleri büyük önem arz etmektedir. Nükleer santrallerde olası bir kazanın etkisi, yakıtı doğalgaz veya kömür olan termik santrallerdeki bir kazanın etkisiyle mukayese edilemeyecek kadar büyüktür. İyonlaştırıcı radyasyona maruziyet sonucu canlılarda birtakım kanser çeşitlerine ve mutajen etkiye neden olabilmektedir. Alınması gereken önlemler yetersiz olduğu takdirde, özellikle reaktör çekirdeğinin hasar görmesi sonucu radyoaktivite salımı çoğu zaman en yüksek seviyede olmaktadır. Nükleer veya radyasyon kazaları nükleer tesislerdeki çalışmalar, radyoaktif maddelerin nakli sırasında da ortaya çıkabilmektedir.

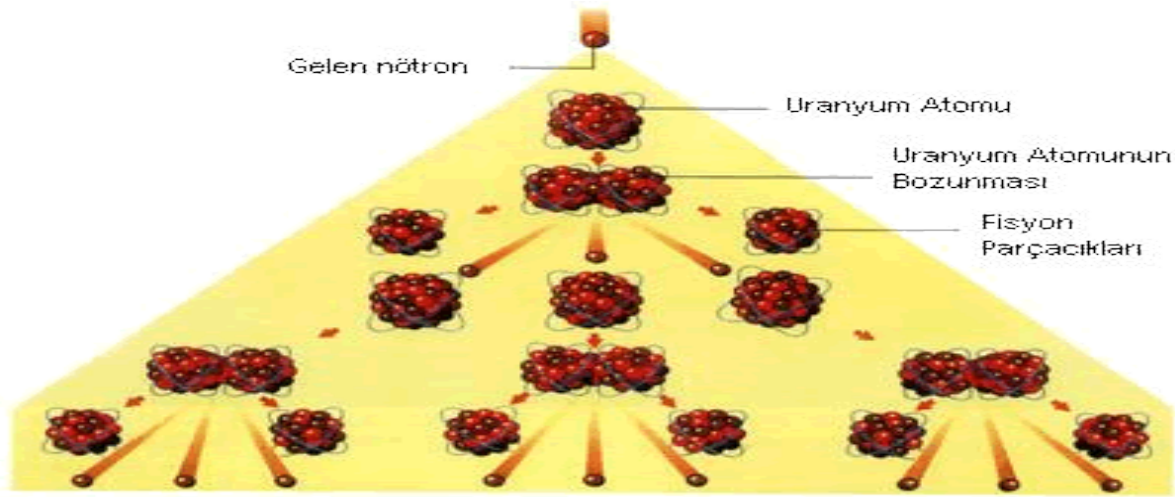
Nükleer santrallerde olmuş kazalar nükleer enerjiden vazgeçilmesi gerektiği anlamına gelmemelidir. Günümüzde bu santraller kullanım alanının genişliği ucuz oluşu, birçok enerji kaynağına göre çok yüksek kapasitede enerji sağlaması gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Nükleer santraller nihai çözüm olarak değil alternatif çözüm yöntemlerinden biri olarak düşünülmelidir. Her kaza sonrası aksayan teknikler, yeniden gözden geçirilerek yeni kazalar oluşmaması için farklı emniyetli yöntemler geliştirilmiştir.

Çernobil'de olduğu gibi; nükleer kazalar sadece bulunduğu ülkeyi değil, çevre ülkeleri de önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Kazaların önlenmesi için santral yönetim kısmında çalışanların çok iyi yetişmiş olmaları ve deneyimli olması gerekir. Ayrıca, her türlü güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Ancak alınacak tüm önlemlere karşın teknolojik ve teknik açıdan hesaba katılması mümkün olmayan doğal afetler sonucu, nükleer kazaların meydana gelme ihtimali vardır. Bu tip kontrol edilemeyen kazalara karşı proaktif önlemler alınmalıdır.

Nükleer santraller normal işletme şartlarında; çalışan personele, halka ve çevreye zararlı olmayan temiz enerji kaynaklarından birisidir. Bu santraller tasarım veya proje aşamasında iken, risk değerlendirilmesi yapılmalı, muhtemel her türlü tehlike olabilecek kaynaklar iyice araştırılmalı, incelenmeli, kaza sonuçlarının önlenmesine veya en düşük seviyeye düşürülmesi yönünde derinlemesine proaktif çalışmalar yapılmalıdır.

NÜKLEER ENERJİ

Nükleer enerji atom çekirdeğinin parçalanması veya atom çekirdeklerinin birleşmesi sonucu ortaya çıkan enerjiye denir. Atom çekirdeğinin parçalanması sonucu ortaya çıkan enerjiye fisyon, atom çekirdeklerinin birleşmesi sonucu ortaya çıkan enerjiye nükleer fisyon denir. Uranyum veya plutonyum gibi elementlerin atomları, nötron bombardımanına tabi tutulduklarında çekirdek parçalanmakta ve çok daha küçük kütlelere ayrılmakta, sayılamıyacak kadar çok sayıda tanecik ortaya çıkmaktadır. Nükleer santrallerde radyoaktif yakıt olarak Uranyum-235 izotopu kullanılmaktadır. Uranyum-235 atomuna bir nötron çarptığı zaman, çekirdek tarafından yutulur ve atom uyarılmış olur. Uyarılan atom kararsız hale geçerek çekirdek parçalanır sonuçta serbest nötronlar ve ısı ortaya çıkar. Açığa çıkan nötronlar başka uranyum atomlarına çarparak fisyon yani bölünmeyi sürdürürler. Bu şekilde zincirleme reaksiyon devam eder. ¹



Şekil 1. Nükleer bölünmenin aşamaları Kaynak <https://www.taek.gov.tr>

Nükleer Santrallarda bilindiği üzere nükleer enerji üretimi esnasında, reaktörlerde Uranyum-235 çekirdeklerine nötronlar çarptırılır. Uranyum-235 çekirdeği, bir nötronu yutarak çok kararsız olan uranyum-236 haline dönüşür ve hemen bölünme olayı başlar. Bu fisyon olayı neticesinde yeni nötronlar ve ısı enerji ortaya çıkar. Bu şekilde meydana gelen enerjiye “**nükleer enerji**” adı verilir. Ortaya çıkan bu nötronlar başka Uranyum-235 çekirdeklerine çarparak onların da bölünmesine neden olur. Bu şekilde devamlı olarak enerji üretilmesi sağlanır. Bu olay zincirleme tepkime olarak adlandırılır ve “**nükleer enerji**” bu şekilde elde edilir.²

Nükleer enerjinin elde edilmesi sırasında birtakım maddeler ortaya çıkmaktadır. Bunları; ısı, uranyum olmayan reaktör maddeleri, uranyum bileşikleri, atıklar, plütonyum gibi parçalanma ürünleri ve radyasyon olarak belirtilebilir.

Dünya’da kurulan ilk nükleer enerji santrali, eski Sovyetler Birliği döneminde 1954 yılında çalışmaya başlayan Obninsk Nükleer Enerji Santrali’dir. 1970’li yılların başındaki petrol krizinin başlamasıyla nükleer santrallerde yaygınlaşmaya başlamıştır. Yeterli fosil ve doğalgaz gibi diğer hidrokarbon kaynaklarına sahip olmayan ülkeler, bağımlılıklarını azaltmak ve enerji arz güvenliklerini temin etmek için alternatif nükleer santrallere yönelmişlerdir. Nükleer santraller tüm dünyada özellikle Avrupa’da hızlı bir şekilde servise verilirken, 1979 yılında ABD’de Three Mile Island (TMI) ve 1986 yılında Ukrayna’da yaşanan Çernobil kazaları meydana gelmiş olmasına rağmen, nükleer santrallerin tüm dünyadaki kurulumu devam etmiştir.

Nükleer enerjinin kullanım alanları ve teknolojisi çok hızlı gelişmiştir. Bu enerjinin çok sayıda kullanım alanları mevcuttur. Bunlardan en önemlisi ve başta geleni elektrik enerjisinin üretimidir. Ayrıca, silah sanayiinde, nükleer enerji tıpta, endüstriyel uygulamalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bugün Dünya’da mevcut nükleer başlıklı füzeler çok sayıda şehri yok edebilecek güçtedir. ABD, Rusya, Fransa, İngiltere, İsrail, Çin, Hindistan, Pakistan, G. Kore gibi ülkeler nükleer silaha sahip başlıca ülkelerdir. Bilindiği gibi tüm bu nükleer bölgesel değil, küresel bir öneme sahiptir. Muhtemel herhangi bir savaş, sadece savaşan giren ülkeleri değil, tüm insanlığı tehdit edecektir.

^{1,2} <https://www.taek.gov.tr>

NÜKLEER ENERJİ SANTRALLERİ ÇALIŞMASI

Nükleer enerji santralleri termik santrallerden çok farklı değildir. Termik santrallerde doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlar yakılarak su kaynatılır ve elde edilen buhar gücü ile tribünler döndürülür, tribünlere bağlı olan jeneratörün rotoru döndürülerek elektrik üretilir. Nükleer santrallerde suyu kaynatmak için gerekli olan enerji atom çekirdeklerinin parçalanması ile elde edilir. Nükleer santrallerde radyoaktif yakıt olarak uranyum kullanılmaktadır. Uranyum yeryüzünde bol miktarda bulunmakta ve uranyum U-235 izotopu reaktörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Radyoaktif bir maddede zincirleme reaksiyonun meydana gelmesi için nükleer yakıtta parçalanabilir veya bölünebilir izotopun zenginleştirilmesine ihtiyaç duyulmadan doğal bir halde uranyum nötron yavaşlatıcı olarak grafit ya da ağır suya, soğutucu olarak helyum, karbondioksit veya ağır su gereklidir. Eğer nötron yavaşlatıcı ve soğutucu olarak hafif su kullanılırsa az zenginleştirilmiş uranyum yakıtına ihtiyaç vardır.³

Reaktör içinde oluşacak nükleer reaksiyonu başlatmak için kaliforniyum veya amerikyum-berilyum gibi nötron kaynakları kullanılır. Reaksiyonun kontrol altında tutulması veya durdurulması boron, gümüş, indium, kadmium gibi nötron tutucu kontrol çubukları ile yapılır. <https://www.taek.gov.tr> Kontrol çubuğunun reaktör içinden çekilmiş durumu zincirleme reaksiyonun sürekliliğini, içine gönderilmesi ise durdurulmasını gösterir. Nükleer reaktörler bu zincirleme bölünme reaksiyonlarının kontrollü bir şekilde yapılan sistemlerdir.

³ <https://www.taek.gov.t>

DÜNYADAKİ MEVCUT NÜKLEER REAKTÖRLER

97

Ülkeler	Mevcut reaktör Sayısı (2018 yılı)	İnşa Halindeki reaktör Sayısı (2018 yılı)
Türkiye	-	1
Bangladeş	-	2
Beyaz Rusya	-	2
Birleşik Arap Emirliği	-	4
Slovenya	1	-
Hollanda	1	-
İran	1	-
Ermenistan	1	-
Güney Afrika	2	-

Romanya	2	-
Meksika	2	-
Bulgaristan	2	-
Brezilya	2	1
Arjantin	3	1
Pakistan	5	2
Slovakya	4	2
Macaristan	4	-
Finlandiya	4	1
İsviçre	5	-
Tayvan	6	2
Çek Cumhuriyeti	6	-
İspanya	7	-
Belçika	7	-
Almanya	7	-
İsveç	8	-
Ukrayna	15	2
İngiltere	15	-
Kanada	19	-
Hindistan	22	7

Güney Kore	25	5
Rusya	37	6
Japonya	42	2
Çin	46	11
Fransa	58	1
ABD	98	2
TOPLAM	454	54

Yıllar geçtikçe nükleer santrallerde meydana gelen kazalara rağmen, nükleer santral sayılarında artış görülmektedir. Bunun en temel nedeni her geçen gün enerji ihtiyacının artmasıdır. Yaşanan her nükleer santral kazası, yeni tedbirlerin alınmasına ve bu teknolojinin gelişmesine neden olmuştur. Nükleer santraller normal çalışma şartlarında ve kaza durumunda etrafa zarar vermeyecek şekilde tasarlanırlar. Tasarım sırasında, nükleer santralin normal çalışması esnasında olabilecek her türlü cihaz, makina, alet ve insan hataları kazaları sebep olmaması için hertürlü güvenlik önlemleri alınır. Nükleer santraller genellikle nihai çözüm olarak değil alternatif çözüm olarak değerlendirilir.

NÜKLEER SANTRALLERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Nükleer Santrallerin avantajları; nükleer santrallerin en büyük ve önemli avantajlarından birisi atmosferi kirletecek herhangi bir gaz üretmemesidir. Yani fosil yakıtları gibi karbon emisyonu yapmazlar. Az miktarda radyoaktif madde ile çok yüksek miktarda enerji temini sağlar. Nükleer santraller diğer santrallere göre daha az yer kaplar. Nükleer atıkların tekrar kullanımı söz konusudur. Nükleer santrallerde kullanılan yakıtların on yıl depolanma kolaylığından dolayı dışa bağımlılığı azaltma imkânı vardır.⁴

Nükleer santrallerin dezavantajları ise; nükleer santrallerde oluşan en önemli sorunlarından birisi bilindiği üzere radyoaktif atıklarıdır. Bu atıklar modern santrallerde geri kazandırılıp, kullanılabilir. Fakat yine de büyük bir atık ortaya çıkmaktadır. Atıkları depolamak, saklamak ya da bertaraf etmek hem risklidir hem de maliyeti yüksektir. Uranyum madeni çıkarılırken çok fazla arazi işlendiğinden çok büyük miktarda atık madde ortaya çıkmaktadır. Örneğin bir ton uranyum elde edilmesi ile geride yirmibin ton atık madde kalmaktadır. Kullanılmış yakıtın santralden alınarak işleme tesislerinde ve atığın gömülmesi için, taşınması esnasında potansiyel risk söz konusudur. Nükleer santrallerde ortaya çıkan radyoaktif atık maddeler nükleer silah yapımında kullanılabilir.⁵

^{4,5} <https://www.taek.gov.tr>

NÜKLEER SANTRALLERDEKİ RİSKLER

Nükleer santrallerde olası bir kazanın etkisi, fosil yakıtlar kullanan santrallerdeki bir kazanın etkisi ile kıyaslanamayacak kadar büyük olabilmektedir. Bu sebepten dolayı nükleer santraller güvenlik olgusu üzerine inşa edilmek zorundadır. Nükleer santrallerde en çok çekinilen risklerden birisi nükleer sızıntıdır. Nükleer santrallerin yapılacağı yerin doğru seçilmesi gerekmektedir. Reaktörün yapılacağı bölgenin sismik ve meteorolojik özellikleri incelenmeli ve analizleri titizlikle yapılmalıdır. Sismik; enerjilerin gürültü, darbe ve patlamaların oluşturduğu dalgaların yayılmasından ortaya çıkar. Sismik özellik olası bir depremde nükleer santrale ne kadarlık bir ivme ile kuvvet uygulanacağını belirler. Nükleer atıklar için kesin çözüm bulunamaması şimdilik bu atıklar yer altına gömülmek suretiyle saklanmaya çalışılmaktadır. Maliyetinin çok yüksek olmasıdır. Nükleer santrallerde reaktörün erimesi durumunda; düzeltilmesi çok zor olan çevre zararları oluşturmaktadır. Nükleer yükümlülükler çerçevesinde kaza riskine karşı sigorta fiyatlarının sürekli artması ve sigorta şirketlerinin santralleri sigortalama olasılıklarının azalmasıdır.^{6,7}

⁶ <https://www.taek.gov.tr>, ⁷ <http://www.emo.org.tr/>

NÜKLEER SANTRALLERDE İŞ KAZALARI

Radyasyon ve nükleer kazaların, ölümlere neden olan ve çevreye ciddi miktarda radyoaktivite salınımı yapan ya da reaktör çekirdeğinin erimesi gibi kötü sonuçları olabilmektedir. Olayların ve kazaların ciddiyeti Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeğine göre tesbit edilir. Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (INES), Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu tarafından 1990 yılında tanımlanmıştır. INES; nükleer santrallerde, nükleer kaza meydana geldiği zaman kazanın seviyesini gösteren ölçektir. Kaza ve olayların önemi INES'e göre tesbit edilir. Bu ölçek bir üst seviyedeki olay veya diğerinden on kat daha fazla olacak bir şekilde tasarlanmıştır. Bu ölçeye göre 4, 5, 6, 7 dereceleri ile tesbit edilen kazalar nadiren fakat sonuçları oldukça önemlidir. 3, 2, 1, ile derecelendirilen insidanslar ise daha az önemlidir.



Şekil 2. Kaza olay piramit ilişkisi <https://www.iaea.org>

Dünyada Kullanılan Nükleer Santrallerdeki İş Güvenlik Standartları

Bu konu ile ilgili Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA) nükleer güvenlik mevzuatı ilkeleri, güvenlik ihtiyaçları ve güvenlik kılavuzu dahil olmak üzere bir dizi güvenlik standartları geliştirilerek IAEA'nın güvenlik standartları üye devletler yönünden yasal bir bağlayıcılığa sahip olmamakla beraber devletler kendi çalışmalarını bakımından ulusal düzenlemelerine teşkil etme itibarıyla bunlardan faydalanmaktadır. Uluslararası anlaşmalar ve IAEA güvenlik standartları ve dataylı ulusal mevzuat ile uygun bir şekilde desteklendiğinde, insanların ve çevrenin radyasyon risklerini, iş kazalarını, uygun bir şekilde muhafaza edilmesi açısından istikrarlı ve kapsamlı bir temel meydana getirmektedir. Tüm bu mevzuatlar ve güvenlik standartları altında nükleer enerji güvenliğine yönelik birtakım öneriler sunulmaktadır.

IAEA'nın Nükleer Güvenlik Mevzuatı başlıklı yayınında birtakım ilkeler vurgulanmıştır.

- Birincil olarak iş güvenliği sorumluluğu, lisans sahibi bir işletme organizasyonu veya bir bireye risk getiren tesis ve faaliyetlerden sorumlu olan kişi veya organizasyona ait olmalıdır,
- Operasyonel çalışma sırasında karşılaşılabilecek riskler; İnsan hatası, ekipman, elektrik tesisatı, yangın, patlama, boru tesisatı arızası, sıhhi veya fenni tesisat kullanımından kaynaklanan;

i) Radyoaktif olmayan madde sızıntısı,

ii) Anında veya sonra personelin vücudunda meydana gelen ölüm veya yaralanma,

iii) Santralde hasar,

iv) Patlama, yangın,

v) Radyoaktif olan madde sızıntısı,

Bu riskler iş güvenliği, emniyet ve risk kültürü ilkelerine uyarak en iyi şekilde yönetilmeye çalışılmalıdır.

- Halihazırda ve gelecekte insanların ve çevrenin olası radyasyon risklerine karşı korunması gerekir,
- Kazaların önüne geçmenin ilk yolu santralin tasarımı, inşaatı ve işletmedeki yüksek kaliteyi amaçlamak ve normal operasyonel çalışmalardan sapmaların ender olmasını sağlamaktır. Bu şekilde bir sapmanın iş kazasına dönüşmesine engel olmak için, kapsamlı süreç kontrollerine ekli güvenlik sistemlerinin ve gözetim sistemlerinin kullanılması icap eder.
- Nükleer enerji ile alakalı çalışmalarda bulunan bütün kişiler ve organizasyonlar çok iyi yerleşmiş bir ' İş Güvenliği ve Emniyet' kültürünü kabul etmeli, benimsemeli ve buna göre hareket etmelidir.
- Büyük önem arzeden nükleer enerji teknolojisinin onaydan geçmiş kural ve standartlarına uygun bir şekilde hareket edilmelidir.
- Nükleer santral için seçilmekte olan radyoaktif maddelerin kazara çevreye salınımının etkilerini azaltmak ve sınırlandırmak üzere icap edecek iç ve dış önlemlerle uyumlu olmak zorundadır. Seçilen sahanın aşağıda belirtilen konular açısından uygunluğu göz önüne alınmalıdır.

i) Acil durum ekipmanlarının ve temel malzemelerinin depolanması istiflenmesi için uygun alanların olması, kazazedelerin barındırılması, sağlık hizmetlerinin sunulması,

ii) Sıhhi ve fenni tesislerle bağlantısı bulunan hasar görmüş dağıtım sistemlerinin en kısa bir zamanda onarıma mani olmayacak yedek iletim hatları ve su kaynaklarının mevcut olması,

- Nükleer Santrallerde güvenlik tedbirlerinin başarısız olabilme ihtimaline karşı, telafi edilmek üzere, tesis dışı karşı önlemlerin planlanmış olması ve hazır olması gerekmektedir. Bu durumlarda, santralin etrafındaki yaşayanlar veya çevre üzerindeki etkilerin, halkın tahliyesi, koruyucu ekipmanların dağıtılması, korunak sağlama gibi koruyucu eylemler ile radyoaktif maddelerin gıdalar üzerinden veya başka yollardan insanlara geçmesini önleyecek tedbirler alınmalıdır.
- Detaylı hazırlanmış bir savunma sistemi; enerjinin kontrol edilmesi, yakıtın soğutulması, radyoaktif maddenin sınırlandırılmasından oluşan güvenlik fonksiyonlarının muhafaza edilmesi ve radyoaktif maddelerin insanlara veya çevreye erişmemesini sağlamaya yönelik olmalıdır.
- İş kazaların önüne geçilmesinin ilk yolu nükleer santralin tasarımı, inşaatı, çalışmalarda yüksek kaliteyi hedeflemek ve normal çalışma durumlarında sapmaların önüne geçmektir.. Bu tip sapmanın herhangi bir kazaya neden olmasına mani olmak için; kapsamlı periyodik kontrollerin ekli güvenlik sistemlerinin ve gözetim sistemlerinin kullanılması sağlanmalıdır.⁸

⁸ <https://www.iaea.org/>

DÜNYADA MEYDANA GELEN EN BÜYÜK NÜKLEER SANTRAL KAZALARI

1957 Kyshtym, Eski Sovyetler Birliği

1957 Windscale Yakıt Üretim Tesisi Kazası, İngiltere

1979 Three Mile Island Nükleer Santral Kazası, ABD

1986 Çernobil Nükleer Santral Kazası, Eski Sovyetler Birliği

1999 Tokaimura Yakıt Çevrim Tesisi Kazası, Japonya

2011 Fukushima Nükleer Santral Kazası, Japonya

Three Mile Island (TMI) Nükleer Santral Kazası (1979 - ABD) Seviye 5

Bu kaza 1979 yılında ABD'de Pensilvanya'da meydana gelmiş ilk büyük nükleer santral kazasıdır. Kaza işletim arızası, ekipman kaybı ve operatör hatasından kaynaklanmıştır. Reaktör kısmen erimiş fakat reaktörü çevreleyen beton koruyucu kabuğun olmasından dolayı çevreye ciddi bir radyasyon sızıntısı olmamış ve bir çevre felaketi yaşanmamıştır. Bu kaza Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (INES) skalasının da seviye 5 olarak girmiştir. Bu santralde, olası bir kazada radyasyonun etrafa yayılmasını önlemek için koruma kabuğu olduğu için, ortaya çıkan radyasyonun etrafa yayılması önemli ölçüde önlenmiştir. Fakat alınan tüm önlemlere rağmen radyoaktif gazların bütünü koruma kabındaki filtrelerce temizlenememiş ve özellikle iyot-131 koruma kabını aşarak atmosfere karışmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda koruma kabından çıkarak atmosfere karışan radyoaktivitenin doğal radyasyondan çok az üzerinde olduğunu tesbit edilmiştir. Buna karşın santral merkez olmak üzere 8 km çapındaki bir alan içerisinde 140 000 kişi tahliye edilmiş kazada ölen olmamıştır. İyot-131'in santral etrafındaki besi çiftliklerindeki

hayvanların besin döngüsüne karışma ihtimali düşünülerek süt ürünlerinin ve sütün tüketilmesine birtakım kısıtlamalar getirilmesine neden olmuştur.⁹

⁹ www.fmo.org.tr



Üç Mil Adaları Nükleer Santrali

Kaynak:<https://www.power-eng.com/2019/09/20/three-mile-island-nuclear-plant-likely-shutting-down-today/#gref>



Kaynak:<https://www.sutori.com/story/three-mile-island>

Çernobil Nükleer Santral Kazası (1986 – Ukrayna) Seviye 7

Çernobil faciası 1986 yılında dünyada gerçekleşmiş en kötü nükleer felakettir, reaksiyonu yavaşlatıcı olarak grafit kullanılan Çernobil Nükleer Santralinde olan kaza, insan ölümüne ve çevre felaketine sebep olmuş nükleer santral kazasıdır. Meydana gelen kazanın esas nedenleri; çalışanların güvenlik mevzuatına uygun olmayan bir şekilde santralde deney yapmaları neticesinde reaktördeki ani güç yükselmesi ve reaktörü çevrelemesi gereken bir beton kabuğun olmaması felaketin ana sebeplerindendir.Kaza neticesinde reaktör koru komple erimiş ve buhar patlaması neticesinde etrafa büyük miktarda radyoaktivite yayılmıştır. Kaza neticesinde tesiste çalışanlardan ve itfaiye erlerinden 30 kadar kişi patlamada hayatını kaybetmiştir. Birleşmiş milletler raporuna göre, 2008 yılı itibariyle radyasyondan kaynaklanan ölümlerin sayısı 64 olarak belirtilmektedir. Fakat gerçekte kaç kişinin öldüğü çelişkilidir ve ilgili tartışmalar halen sürmektedir.¹⁰

Çernobil felaketi INES sisteminde incelendiğinde skala yedi büyük kaza olarak sınıflandırılmıştır.26 Nisan 1986 yılında meydana gelen bu kazada merkez Çernobil nükleer santrali olmak üzere 30 km çapında bir alanda ilk etepta 116 000 kişi daha sonrada 230 000 kişi bölgeden tahliye edilmiştir.Sayıları bini bulan acil durum çalışanları ve Çernobil personeli başta olmak üzere; en yüksek dozda radyasyona maruz kalan kişilerdir.Çalışanların bazıları aldıkları yüksek dozdan dolayı ölmüştür.Değişik zamanlarda kurtarma amaçlı çalışan personel sayısı 600 bine yaklaşmış ve bunların çoğu radyasyondan etkilenmiştir.Zemine yayılan radyoaktif iyodin sonucu troid kanseri kaza sonucu ortaya çıkan en mühim sağlık problemlerinin başında gelmektedir.Yapılan araştırmalar sonucunda bölgede 4000'den fazla troid kanseri vakasına rastlanmıştır.Çernobil nükleer santral kazası bulunduğu ülke sınırlarını ile kalmadığı ve nükleer güvenliğin uluslararası bir önemi olduğunu tüm Dünya'ya göstermiştir. Nitekim Çernobilden yayılan radyoaktivite Avuranın birçok ülkesini etkilemiştir.Çernobil'deki zamanın yönetimi kazayı gizlemiştir.İsveçte Forstmark Nükleer Santralinde çalışan personelin periyodik radyasyon kontrolü esnasında iş kıyafetlerinde yüksek seviyede radyoaktivite tesbit edilmiş, yaptıkları araştırma sonunda meteorolojik raporlar incelenerek, hava akımlarının yönünden, radyasyonun Çernobilden geldiğini tesbit etmişlerdir.Bunun sonucunda radyasyon ölçümlerinin yüksek çıkmasıyla kaza Dünya'ya İsveçten duyurulmuştur.Santralde meydana gelen kaza neticesinde meydana gelen nükleer serpinti içerisinde ülkemizde bulunduğu pek çok ülkeyi olumsuz yönde etkilemiştir.Dış politikalara ve ekonomik yansımaları ile uluslararası bir problem durumunu alan bu kaza siyasi, bir krize neden olmuştur.Çernobil yanlış bir tasarımın ki bu santralde koruma kabuğu inşa edilmemişti, yasal olmayan bir çalışmanın ve izin alınmadan yapılan bir deneyin üçlü kötü birleşimi sonucu meydana gelmişti.

Çernobil felaketinden; en çok santralin bulunduğu başta Ukrayna olmak üzere, kaza yerine uzaklıkları ve meteorolojik şartlara göre Avrupa ülkelerinin hemen hemen hepsi farklı seviyelerde etkilenmişlerdir.Kazanın olduğu tarihte rüzgarların Kuzey-Batı yönünden esmesinden dolayı Belarus, Finlandiya, Litvanya, Estonya gibi ülkelerde radyoaktif birikimler tesbit edilmiştir.Daha sonra rüzgarın yön değiştirip güneye doğru yön değiştirmesi ile Avrupa'nın Güney bölgelerinde, Akdeniz'in kuzeyinde ve Balkanların bazı kısımlarında radyoaktif birikimler meydana gelmiştir.Radyoaktif bulutların Avrupa semalarında geçisi esnasında yağmur alan Almanya'nın İsviçre'nin ve Avusturya'nın bir kısmı diğer Avrupa ülkelerine göre daha fazla radyasyona maruz kalmıştır.Ukrayna dışındaki yerlerde halk aldığı gıdalar üzerinden radyasyona maruz kalmışlardır.

¹⁰ www.fmo.org.tr/wp-content/belgeler/fukushimraporu.pdf



Şekilde, kazadan hemen sonra radyoaktif maddelerle yüklü bulutların hava akımlarıyla Finlandiya'ya doğru gidişi gösteriliyor.

Kaynak: Yüksel Atakan Dr., Radyasyon fizikçisi, ybatakan@gmail.com

Kaza sonrası Doğu Avrupa ülkelerinde turist sayısında azalma, tarımsal ürünlerde ambargo, nükleer santral tamamlanmasında birtakım gecikmeler gibi ekonomik kayıplara neden olmuştur. Çernobil nükleer santral kazası ülkelerin enerji politikalarını etkilemiş ancak nükleer enerjiden vazgeçilmemiş; güneş, rüzgar, hidroelektrik, termik santraller gibi alternatif enerji kaynağı olarak düşünülmüştür.

105

Türkiye’de kazadan dört gün sonra radyasyon ölçümlerinde yükseklik tesbit edilmiştir. Kazadan bir hafta sonra radyoaktif yüklü bulutlar Yunanistan ve Bulgaristan üzerinden Trakya’ya ulaşmıştır. Radyoaktif serpintiden Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz bölgelerinde etkilenmiş özellikle fındık, çay, tütün üretimi yapılan tarım alanlarında kirliliği artırmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda bir dizi önlem alınmıştır.

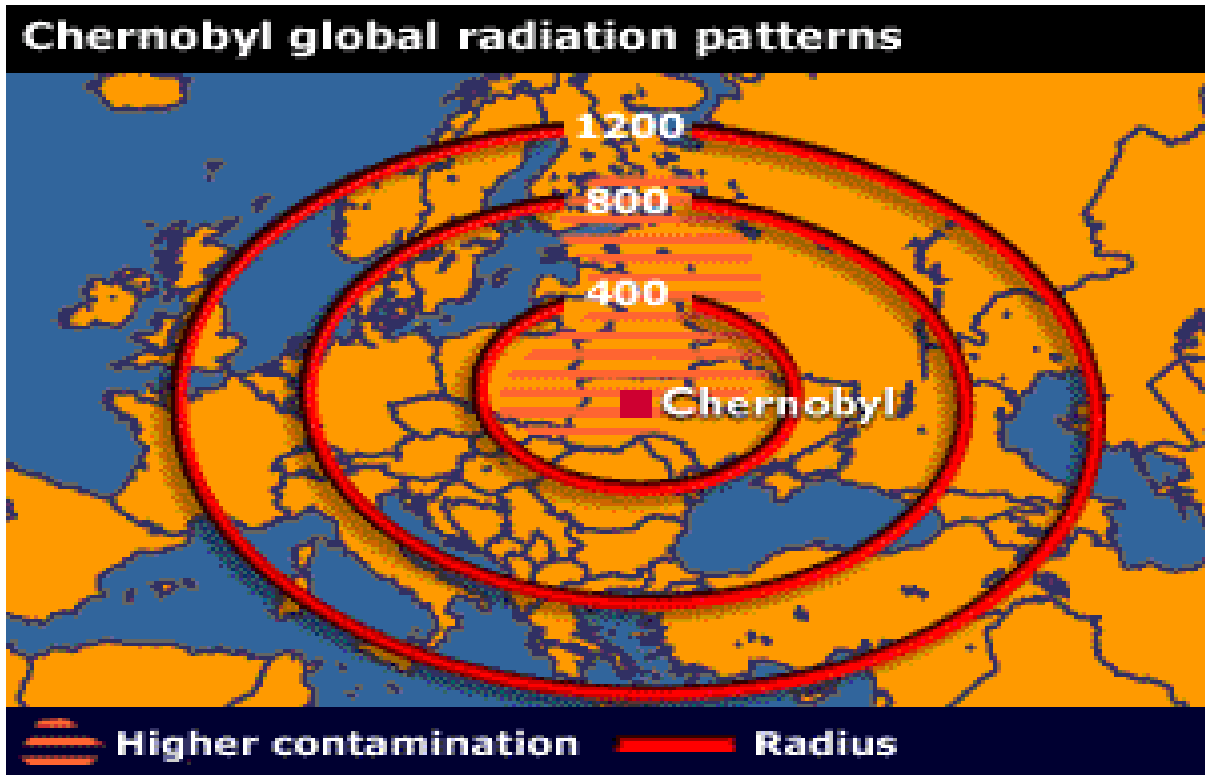
Çernobil Nükleer Santral kazasından etkilenen ülkelerde, sonuçlar şu şekilde özetlenebilir

i-Çevre ve gıda maddeleri kontamine olmuştur. Yani radyoaktif serpinti gıda maddelerini ve çevreyi kirletmiştir.

ii-Radyasyondan kaynaklanan sağlık sorunları, sosyal ve psikolojik etkiler birtakım krizlere neden olmuştur.

iii-Tarımsal ürünlerin radyasyonlu olması endişesinin getirdiği olumsuz düşünce ekonomik problemlere yol açmıştır.¹¹

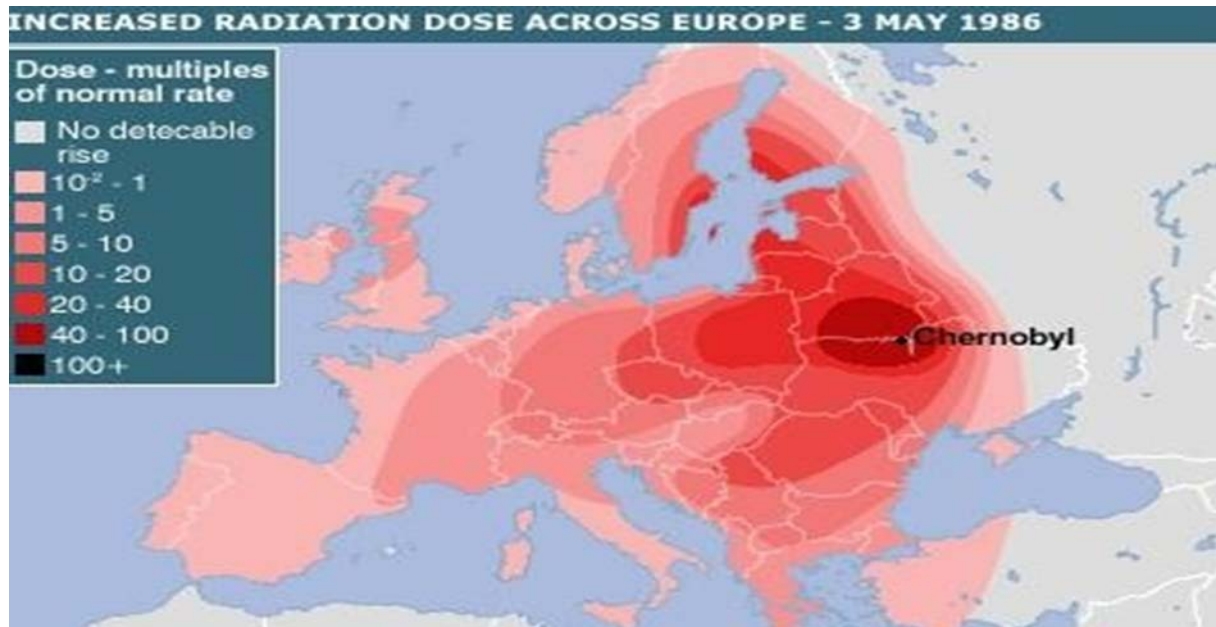
¹¹ <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/en/index1.html>



Şekilde, Çernobil kaynaklı yerdeki radyoaktif kirlenmenin 1200 km yarıçaplı ülke ve bölgelere doğru etkisi görülüyor.

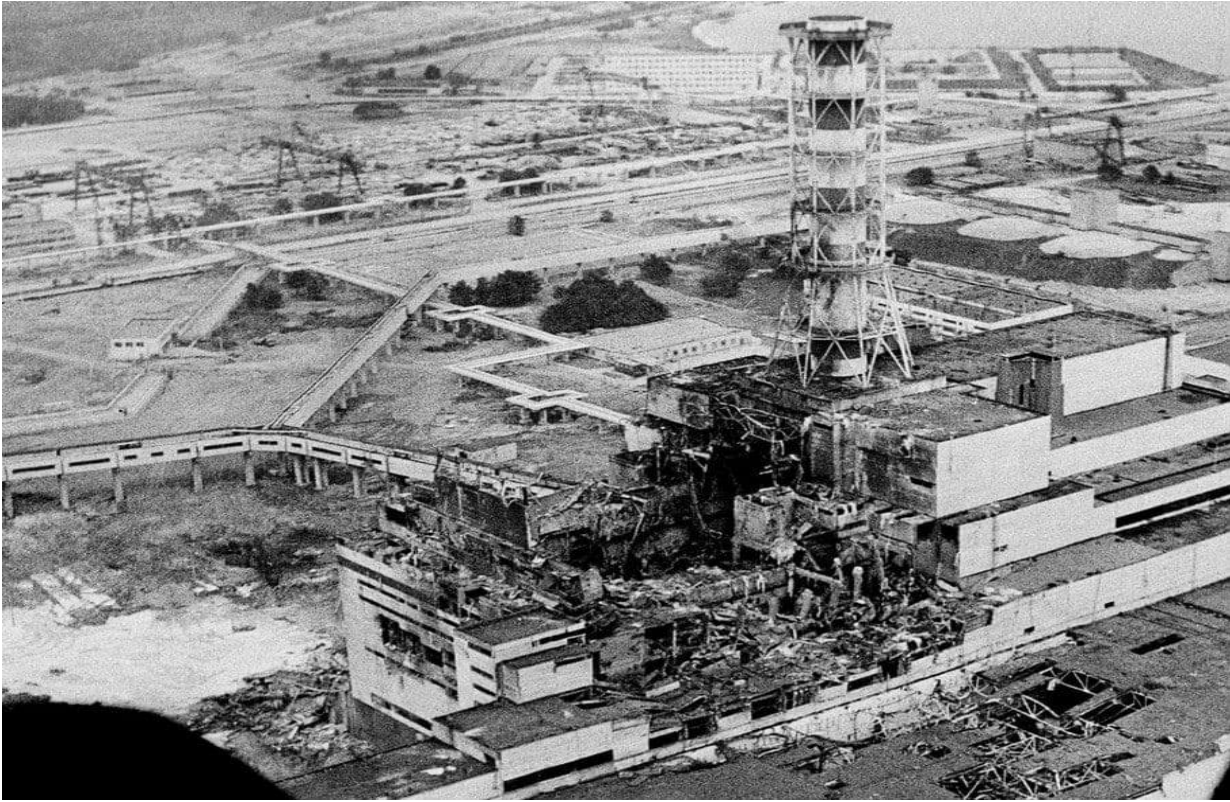
Kaynak: Yüksel Atakan Dr., Radyasyon fizikçisi, Almanya, ybatakan@gmail.com

106



Avrupa'da Çernobil kazası nedeniyle oluşan dozlar (Türkiye'nin batısındaki artış doğal radyasyon dozunun 0,024 ile 2,4 mSv katı kadar)

Kaynak: Yüksel Atakan Dr., Radyasyon fizikçisi, Almanya, ybatakan@gmail.com



Çernobil Nükleer Santralinin patlamadan sonraki hali

Kaynak:<https://onedio.com/haber/33-yil-donumunde-cernobil-nukleer-felaketi-ve-gunumuzdeki-izleri-496785>

Fukushima Daiichi Nükleer Santral Kazası,(2012 Japonya) Seviye 7

Dünya genelinde meydana gelen 3. büyük kaza Japonya'da fukuşima Daiichi Nükleer Santralinde olmuştur. Dokuz şiddetinde oluşan bir deprem, dışarıdan temin edilen elektriği kesmiş ve ortaya çıkan çok yüksek tsunami dalgaları, tribün binasının tabanında bulunan jeneratörleri sular içerisinde bırakarak çalışmamasına ve reaktörün soğutma sistemlerinin devre dışı kalmasına neden olmuştur.

Fukushima Daiichi Nükleer Santralinde bulunan altı reaktör, oluşan deprem sonucu otomatik olarak kapanmıştır. Ancak Nükleer Santraller kapatıldıktan sonra ısı üretimi hemen durmaz gittikçe azalan miktarlarda ısı üretmeye devam ederler. Yani ısı üretimi hemen durmaz. Santral kapatıldıktan sonra soğutulmaları gerekir. Fukushimada soğutma sistemleri için temin edilen elektrik depremden dolayı kesilmişti. Soğutma sistemlerinin çalışması için elektrik bir süre dizel jeneratörlerden sağlanmış fakat oluşan tsunami sonucu jeneratörler sular altında kalarak devre dışı kalmıştır. Daha sonra yedek olarak bekletilen bataryalar devreye girmiş ise de bataryaların enerjisinin bitmesi neticesinde reaktörler soğutulamamış, buhar basıncının ve sıcaklığın artması ve içeride biriken hidrojen gazı patlamalara neden olmuştur. Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (INES), Fukuşima nükleer santralindeki nükleer sızıntının tehlike derecesini Radyolojik Durum Ölçeği'ne göre 7'ye yani Çernobil nükleer santral kazası ile aynı seviyede değerlendirmiştir.

Soğutma mekanizmalarının bozulması sonucunda nükleer santralin ünitelerinde birtakım patlamalar meydana gelmiş ve radyoaktif sızıntı oluşmuştur. Kazadan sonra Japonya'daki tüm santrallerdeki jeneratörler üst katlara transfer edilmiştir. Kaza esnasında üç kişi hayatını kaybetmiş, merkezi Fukuşima Nükleer Santrali olmak üzere 20 km lik bir daire içinde kalan 80 bin kişi tahliye edilmiştir. Radyasyona bağlı ölüm görülmemiştir. Sağlık sorunlarını uzun vadeli

düşündüğümüzde;Radyoaktif salınım miktarları ve mevcut doz hızları tesislerde ve bölgede genel olarak incelendiği zaman insan sağlığı açısından risklerin düşük olduğu tahmin edilmektedir.¹²

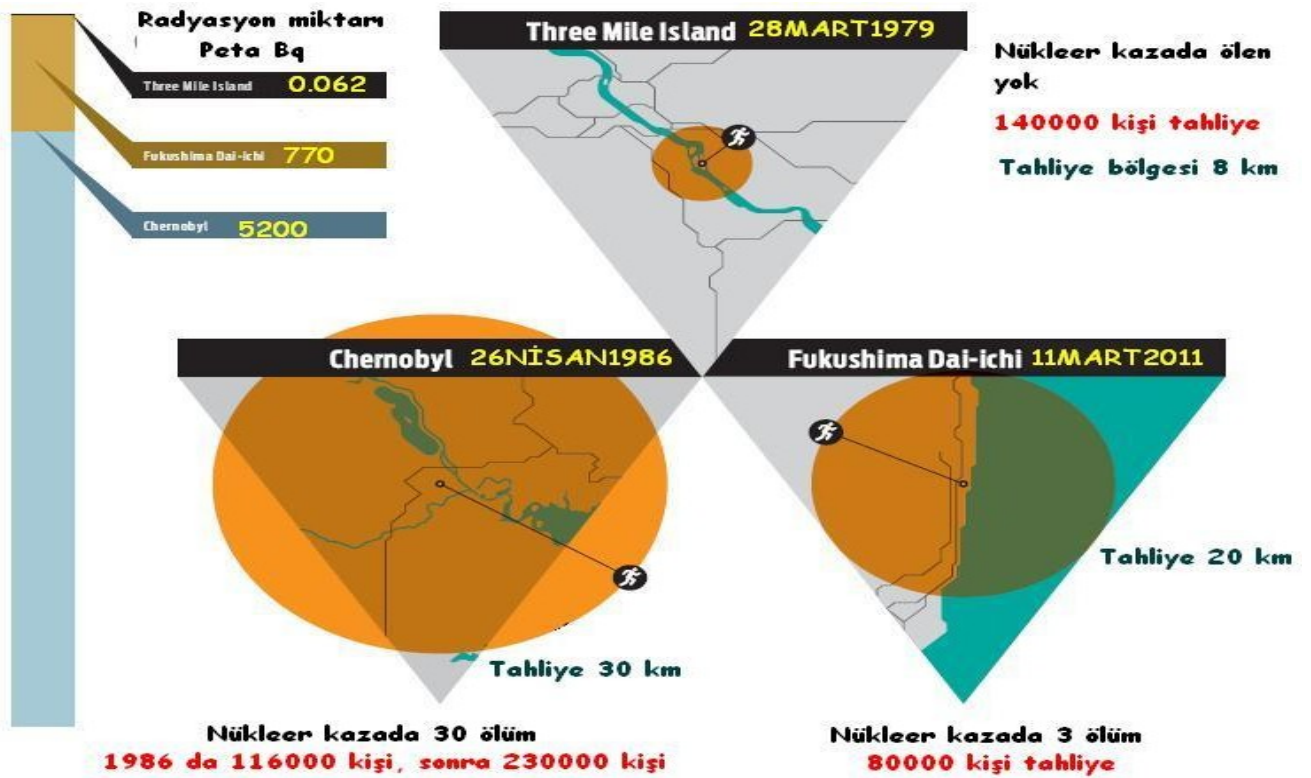
¹²<https://www.fmo.org.tr/wp-content/belgeler/fukushimaraporu.pdf>



Fukushima Nükleer Santralinde çıkana yangını söndürme çalışmaları

Kaynak: <https://www.afad.gov.tr/kbrn/fukushima-daiichi-nukleer-santral-kazasi>

108



Kaynak: <https://www.fmo.org.tr/nukleer-enerji-raporu/>

Üç mil Adası, Çernobil ve Fukushima nükleer santrallerinde ölçülen radyasyon miktarları, kazaların etki alanları ve etkilenen insan sayıları.

Nükleer Santrallerdeki İş Kazalarının Önlenmesi İçin Yapılması Gerekenler

Son zamanlarda nükleer santraller, büyük işletmeler ve büyük tesislerde güvenlik kültürü ön plana çıkmış ve önemi üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Güvenlik kültürü kısaca çalışan kişilerin ve yönetimin güvenlik hususunda ortak bir algılama bilincine sahip olması anlamına gelmektedir. Güvenlik kültürü nükleer santrallere eksiksiz bir şekilde uygulandığı takdirde olası kazalar büyük ölçüde önlenmektedir. Güvenlik kültürünü çalışan herkesin benimsemesi ve çalışma hayatına uygulaması gerekmektedir.

Herşeyden önce nükleer santral personelinin çok iyi yetişmiş, kendini gelişen teknolojiye göre yenileyen, teknolojiye ayak uydurabilen, kalifiye elemanlar olması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı güvenlik kültürü, güvenliği en üst seviyede olacak şekilde uluslararası standartlara göre kurulmuş ve yetişmiş personelle çalışmaları gerekmektedir. Güvenlik kültürünün tüm çalışanlar tarafından eksiksiz uygulanmaması durumunda, Çernobil ve Fukushima nükleer santrallerinde olduğu gibi, santrallerin yapısında önemli eksiklerin olması ve kazaların bir grubun veya yönetimin yanlış uygulamaları yüzünden olabilmektedir. İnsan hataları ve doğal felaketler neticesinde oluşabilecek nükleer kazaların olumsuz etkilerini en az seviyeye düşürebilmek için mevcut güvenlik kültürünün herkes tarafından benimsenip uygulanması, mühendislik önlemlerinin eksiksiz yerine getirilmesi, کافی sayıda uzman kadronun bulundurulması gibi faktörleri göz önüne alarak, olası nükleer kazaların meydana gelmemesi için her türlü tedbir alınmalıdır.

SONUÇLAR

Dünyamızda son yıllarda, nüfusun hızla artmasıyla, insanların ihtiyaçlarının süratle gelişen teknoloji sonucu hızla artması; enerjiye olan ihtiyacı büyük oranda artırmıştır. Nükleer enerjiyi genellikle, enerji kaynakları az olan ve dışa büyük ölçüde fosil enerji kaynaklarına bağımlı ülkeler, enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek için nükleer enerjiyi tercih etmişlerdir.

Nükleer santrallerde zaman zaman doğal afetlerden veya insan hatalarından dolayı birtakım kazalar olmuştur. Bu kazalar nükleer enerjiden vazgeçilmesi anlamına gelmemelidir. Dünya'da üç büyük nükleer santral kazası yaşanmıştır. İlki Amerika'da üç mil adaları nükleer santralinde, ikinci büyük kaza Ukrayna'da Çernobilde, üçüncü büyük kaza ise Japonya'da Fukushima nükleer santralinde yaşanmıştır. Üç Mil Adaları nükleer santralinde su soğutma sistemindeki bazı vanaların kapalı unutulması ve büyük miktarda soğutma suyunun, soğutma sisteminin dış kısmına kaçarak reaktörün aşırı ısınmasına ve reaktörün kısmen erimesine sebep olmuştur. Reaktörde koruma kabuğu olduğu için bir çevre felaketi yaşanmamış, radyasyon kabuk içerisine hapsolmüştür, etrafa radyasyon yayılması önlenmiştir.

Her ne kadar kazadan sonra orataya çıkan radyoaktivitenin önemli bir kısmı basınç kabı ve koruma kabı içerisinde tutulmuş isede çok az miktarda iyot-131 koruma kabından atmosfere yayılmıştır. Fakat yapılan ölçümler sonunda, doğal radyasyonun çok az üzerinde olduğu için bir tehlike arz etmemiştir. Sadece İyot -131 çiftlik hayvanlarının besinlerine karışmış olabileceği düşünülerek süt ve süt ürünlerinde kısıtlamalar olmuştur.

1979 yılında ABD'de meydana gelen pensilvanyada ki Üç mil adaları nükleer santral kazasında ölen olmamıştır. 140 bin kişi güvenlik amaçlı bölgeden güvenlik amaçlı tahliye edilmiştir. Bu kazadan sonra nükleer santrallerde iyileştirme ve emniyet sistemleri güvenlik kültürüne uygun bir

şekilde iyileştirme yönünde ilerlemiştir. Kazadan sonra ülkeler nükleer santrallerde bilgi ve tecrübe paylaşımına daha çok önem verilmiştir.

Üç mil adalar nükleer santralindeki kazada ölen olmamış kaza neticesinde koruma kabından çıkıp etrafa yayılan radyoaktivite canlıların sağlığını olumsuz etkiliyecek bir seviyede olmamıştır. Fakat reaktör kullanılmaz hale gelmiştir.

Bunun yanında, çalışanların eğitilmesi ve acil durum yönetimleri hususunda birtakım iyileştirilmelere gidilmiş ve nükleer güç işletilmesi enstitüsü kurulmuş, santral yöneticileride dahil olmak üzere tüm personele sıkı bir eğitim verilmesi sağlanmıştır. Bu kazadan sonra operatör hataları veya beklenmeyen cihaz arızalarının incelenmesi önem kazanmıştır.

Çernobil nükleer santrali hem batı standartlarında nükleer güvenlik normlarına göre inşa edilmemiş hem de koruma beton kabuğu mevcut değildi. Çernobil’de ehliyetsiz küçük bir gurubun izinsiz deney yapması sonucu reaktörün aşırı ısınması sonucu patlamalar olmuş ve koruma kabuğu olmadığı için radyasyon çok geniş bir alana yayılmıştı. Kaza anında 30 kadar kişi hayatını kaybetmiştir. Patlamadan sonraki yıllar içerisinde 4000’den fazla trioid kanseri vakasına rastlanmıştır. Çevreye yayılan iyodinden kaynaklanan çocukluk trioid kanser vakaları artmış ve kazanın en mühim sağlık sorunlarından biri olmuştur. Çernobil kazasında en yüksek radyasyonu acil durum çalışanları ve çernobilde çalışan personel maruz kalmıştır. Çalışanların bazıları yüksek radyasyondan dolayı hayatını kaybetmiştir. Değişik zaman dilimlerinde çernobilde kurtarma amaçlı 600 bine yakın kişi çalışmıştır. Bu çalışanların bazılarıda yüksek radyasyona maruz kalmıştır.

Fukushima’da ise uzun süre önerildiği halde santral zeminde bulunan jeneratörlerin üst katlara aktarılmayarak yani ihmalkarlık sonucu jeneratörlerin tsunami dalgaları altında kalması ve deprem sonucu yıkılan elektrik direklerinin, santralin elektriksiz kalmasına ve reaktör yakıt elemanlarının soğutulamaması sonucu patlamalar meydana gelmesine neden olmuştur.

Kaza esnasında 3 kişi ölmüş kazadan sonra 80.000 kişi bölgeden tahliye edilmiştir. Alınan tüm önlemlere rağmen radyasyonun yayılmasını engelleyen sistemlerin bazılarının tahrip olmasından dolayı, santralden etrafa radyasyon sızıntısı olmuştur.

Fukushima Nükleer Santralinin deprem ve tsunamiye peşpeşe maruz kalması ve kazanın INES göre yedi ölçeğinde olması Dünya’da nükleer santral güvenliği ve santralde ciddi problemler meydana gelmesi nedeni ile gerekli olan tedbirlerle alakalı yönetim ve tasarım değişiklikleri olmuştur. Nükleer santraller meydana gelebilecek en kötü durumlar düşünülerek tasarımı yapılar fakat Fukushimada meydana gelen felaketler çok daha kötü durumların da dikkate alınması gerektiğini göstermiştir.

Nükleer kazalar sadece kazanın olduğu ülkeyi değil, çevre ülkeleri hatta bütün bir kıtayı etkilemesi söz konusu olabilmektedir. Meydana gelen tüm nükleer santral kazalarından sonra aksayan eksik ve hatalı yöntemler ve çalışanların yaptıkları hatalar, yönetimdeki eksiklikler yeniden gözden geçirilip daha emniyetli sistemler kurulmaya devam etmektedir. Nükleer santraller, enerji üreten diğer santrallere göre daha tehlikelidir. Ancak gelişen teknoloji bu tehlikeyi en az seviyeye indirgemıştır. Türkiye’de halk genel olarak nükleer enerji konusunda olumsuz bir yargıya sahiptir. Dünyada, yaklaşık yetmiş yıldır kullanılan bu teknoloji hakkında halk bilgilendirilmeli, nükleer teknolojiyi bir nihai çözüm olarak değil rüzgâr, hidroelektrik, termik, solar gibi alternatif enerji kaynağı olarak düşünülmalıdır.

KAYNAKLAR

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. (2014), “Nükleer ve Radyolojik Kaza- lar”, <http://www.taek.gov.tr/acil-durumlar/kaza-ve-tehlike-durumu/369-nukleer-ve-radyolojik-kazalar.html>

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. (2013),“Nükleer Santrallerin Yatırım Süresi ve Maliyeti Ne Kadardır?”, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-enerji-ve-nukleer-reaktorler/651-nukleer-santrallerin-yatirim-suresi-ve-maliyeti-ne-kadardir.html>

United Nations. (2002), “The Human Consequences of the Chernobyl Nuclear Accident”, A Report Commissioned by UNDP and UNICEF with the support of UN-OCHA and WHO, s.32.

World Nuclear Association. (2014), “Nuclear Power in France”, <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/France/>

World Nuclear Association. (2014), “Nuclear Power in the EU”,

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>

<https://www.fmo.org.tr/nukleer-enerji-raporu/>

<https://www.iaea.org/>

<https://www.emo.org.tr>

<https://www.enerji.gov.tr>

<https://www.afad.gov.tr/kbrn/fukushima-daiichi-nukleer-santral-kazasi>

<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/en/index1.html>