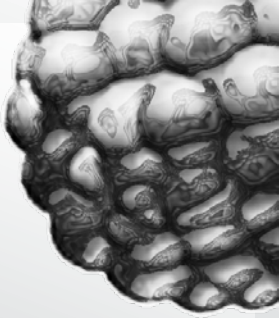
Bölüm I

Türkiye'de Nükleer Enerjiye Geçişin Emniyet ve Güvenlik Yönlerine İlişkin Değerlendirme



I

Prof. Dr. İlhan Or – Prof. Dr. Hasan Saygın - Sinan Ülgen

Yönetici Özeti

Nükleer teknoloji son derece sofistike ve komplike bir teknolojidir. Ayrıca, nükleer enerji santralleriyle ilişkili riskler de öylesine yıkıcı ve tersine çevrilemeyen sonuçlara neden olabilir ki bunların yönetimi sofistike teknikleri ve becerileri gerektirmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı- IAEA söz konusu riskleri dört ana kategoriye ayırmaktadır:

- Güvenlikle ilgili riskler,
- Üretimle ilgili/operasyonel riskler,
- Ticari/finansal riskler,
- Stratejik riskler.

Nükleer enerji ile ilgili faaliyetlerde yer alan bütün bireyler ve organizasyonlar çok iyi yerleşmiş bir "Güvenlik Kültürü"nü benimsemeli ve buna göre hareket etmelidir. Bunların kişisel adanmışlığı ve hesap verebilirliği nükleer enerji tesislerinin emniyeti üzerinde önemli bir etki yaratacaktır.

İlgili bütün organizasyonlardaki üst yönetimin bu kültürü benimsemesi başlangıç noktası olmalı, emniyetle ilgili konular onların tam dikkatine mücehhez olmalıdır. Bu bağlamda, nükleer tesis emniyetini etkileyen en üst düzey, ulusal politikaların ve güvenlik kültürünün temelinin belirlendiği yasama düzeyidir. Çevreyi şekillendiren ve emniyeti sağlayan tutumları besleyen organizasyon politikalarının ve uygulamalarının oluşturulması ve yürürlüğe konulması ilgili organizasyonların tepe yönetiminin birincil sorumluluğudur. Bu uygulamaları kendi organizasyonlarının güvenlik politikaları ve hedeflerine göre belirlemelidir.

Buna ek olarak, bütün paydaşlar, özellikle aşağıdaki konularla ilgili olarak, sorgulayıcı bir tutum ve titiz, iletişimci ve temkinli bir yaklaşım sergileyerek, nükleer emniyeti etkileyen konularda mükemmelliği hedeflemelidir.

Türkiye'nin güvenli bir şekilde nükleer enerjiye geçmesini sağlayacak gereksinimleri yerine getirme becerisiyle ilgili başlıca zorluklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İnsan kaynaklarındaki açık

Geniş ölçekli bir nükleer enerji kapasitesini yönetme konusunda deneyimi olmayan bir ülke olarak, Türkiye'de halihazırda, özellikle emniyetle ilgili sorunlar olmak üzere, devletin düzenleyici fonksiyonlarını etkin bir şekilde yürütecek insan kaynakları eksikliği vardır. Elbette bu sorun nükleer enerjiye geçiş birçok devlet için ortak bir sorundur. Bunun çözümü örneğin mesleki eğitim alanında IAEA ile çok daha yakın ve kapsamlı bir işbirliği gerektirecek uzun vadeli bir insan kaynaklarını geliştirme politikasını gerektirecektir. AB'nin TAIEX programı, ilgili düzenleyici kuruluşlar ve AB üyesi devletlerin nükleer makamları arasında

eşleştirme programlarının yapılması için uygulanabilir. Ancak, kısa vadede, kamu en azından Akkuyu projesi için güvenlik ve emniyet analizini üstlenmek üzere uluslararası uzmanlara başvurmaya karar verebilir.

- Düzenleyici Çerçevedeki Eksiklikler

Türkiye, nükleer enerji santrallerinin denetimi ve bu alandaki sorumlulukların net bir şekilde tanımlanması için yeterli derecede gelişmiş ve sofistike bir yasal ve düzenleyici çerçeveye sahip değildir. Nükleer güce geçişi gözetebilecek bağımsız bir düzenleyici kurum henüz oluşturulmamıştır. Aynı şekilde, nükleer enerji emniyeti sağlayacak etkin bir risk yönetimi sistemi henüz tam olarak kurulmamıştır.

- Teknolojik açık

Akkuyu için seçilen reaktör modeli olan VVER-1200 dünyanın hiçbir yerinde daha önce işletmeye alınmamıştır ancak inşa halinde olanlar vardır. VVER-1200 bir üçüncü nesil teknolojisi olup dünyanın mevcut reaktör filosundan daha güvenli olarak görülebilir; ancak yalnızca kağıt üzerinde var olduğundan bu kanıtlanmamıştır. VVER-1200 daha eski VVER-1000 tipindeki reaktörlerden geliştirilmiştir. Birçok kanıtlanmamış özellik sunuluyor olduğundan, operasyonel bir performans geçmişiyle sahada güvenlik önlemlerinin tam olarak uygun olduğu gösterilmemiştir. Dolayısıyla, VVER-1200'ün tasarımı, inşaatı, hizmete sunulması, hizmetten çıkarılmasına ilişkin tatmin edici bir bilginin olmamasının yanı sıra, bunun güvenlik değerlendirmesini destekleyecek yeterli veri de yoktur. Bu belirsizlik güvenlik risklerinin artmasına neden olmakta ve güvenlik yönetimini çok daha zor kılmaktadır.

- Kanıtlanmamış bir "Güvenlik Kültürü"

Kamunun, enerji alanındaki idareciler, düzenleyici kurum, geliştiriciler ve işletmecilerin her şeyden önce bir güvenlik kültürünü önceliklendirmeleri gerekmektedir. Güvenlik ve kalitenin, maliyet ve zamanlamadan daha yüksek önceliğe sahip olduğu aşağıdaki durumlarda kanıtlanmalıdır;

- Kalifiye alt yüklenici seçimi;
- Son teknoloji araç ve yöntemler;
- Belirlenen ihtiyaçlara tavizsiz uyum;
- Yönetici kadro tarafından denetimler.

Daha da önemlisi, nükleer enerjiyle ilgili her bir kurumun (düzenleyici, işletmeci, geliştirici, alt yüklenicinin) her bir düzeyinde yapıcı bir şüphecilik yaklaşımı geliştirilmelidir. Çalışanlar, yetkiyi sorgulamaya, yerleşmiş kural ve uygulamaları tartışmaya açmaya ve potansiyel güvenlik endişelerini dile getirmeye teşvik edilmelidir. Nükleer güce geçiş yapan ülkelerdeki önemli bir zorluk böyle bir ortamın oluşturulması olacaktır. Söz konusu gözlem, kültürel geleneklerin bu tip sorgulayıcı bir yaklaşımın ihdas edilmesini zorlaştırdığı bir ülke olan Türkiye açısından özellikle önem taşımaktadır.

1- Giriş

Nükleer teknoloji son derece sofistike ve komplike bir teknolojidir. Ayrıca, nükleer enerji santralleriyle ilişkili riskler de öylesine yıkıcı ve tersine çevrilemeyen sonuçlara neden olabilir ki bunların yönetimi sofistike teknikleri ve becerileri gerektirmektedir. Nükleer santraller o denli kritik altyapılar olarak görülmektedir ki bunların arızalanması veya bütünüyle zarar görmeleri ulusal ve ekonomik güvenlik, kamu sağlığı ve emniyeti açısından kaydadeğer olumsuzluklar doğuracaktır (Simion ve Popescu 2011). Dolayısıyla, nükleer enerji teknolojisini kullanan ülkeler operasyonel riskleri belirlemek ve bunları ortadan kaldırmak ya da azaltmak üzere büyük bir çaba içinde olmuşlardır. Küresel terör çağında nükleer santrallere yönelik artan terörist tehditleri güvenlik ve emniyetle ilgili tehditlerin yönetimini ayrıca zorlaştırmıştır.

Bu çalışmada, güvenlik ve güvenlik risklerinin uygun yönetimi için Türkiye'ye özgü bir ulusal stratejinin geliştirilmesine yardımcı olmak üzere nükleer enerjiyle ilgili farklı riskler ve bunları azaltmaya yönelik genel stratejiler incelenmiştir.

2- Risklerin Sınıflandırılması ve Yönetimi

Halihazırdaki küresel enerji ortamında, nükleer enerjinin etkin ve güvenli bir şekilde kullanımı birçok farklı boyuttaki riskin dikkate alınmasını gerekmektedir. Dolayısıyla, tasarım/üretim, emniyetle ilgili ve ekonomik risklerin yönetimini entegre eden yeni bir risk yönetimi yaklaşımı ön plana çıkmıştır.

Farklı disiplinlerin kendilerine daha özgü olan risk tanımlamaları vardır ve bu da parametreler ve sonuçlar üzerinde farklı bir disiplin odağını yansıtmaktadır. Örneğin, bir nükleer güvenlik analisti nükleer emniyetle ilgili risklere odaklanır, kurumsal ve düzenleyici hedeflerin belirlediği radyoaktif madde salım frekansına uyulmasıyla ilgilenir. Bir finansal analist ise finansal risklere odaklanır ve yatırım maliyetinin yatırımın ömrü süresince geri alınıp alınmama potansiyeliyle ilgilenir. Tesis yönetimi için risk, yeni sistemin kurulması ve işletilmesinin doğuracağı operasyonel zorluk veya yararlardır. Proje yöneticisi ise bütçeye odaklanır ve projenin zamanında ve bütçe dahilinde tamamlanıp tamamlanmayacağı ile ilgilenir.

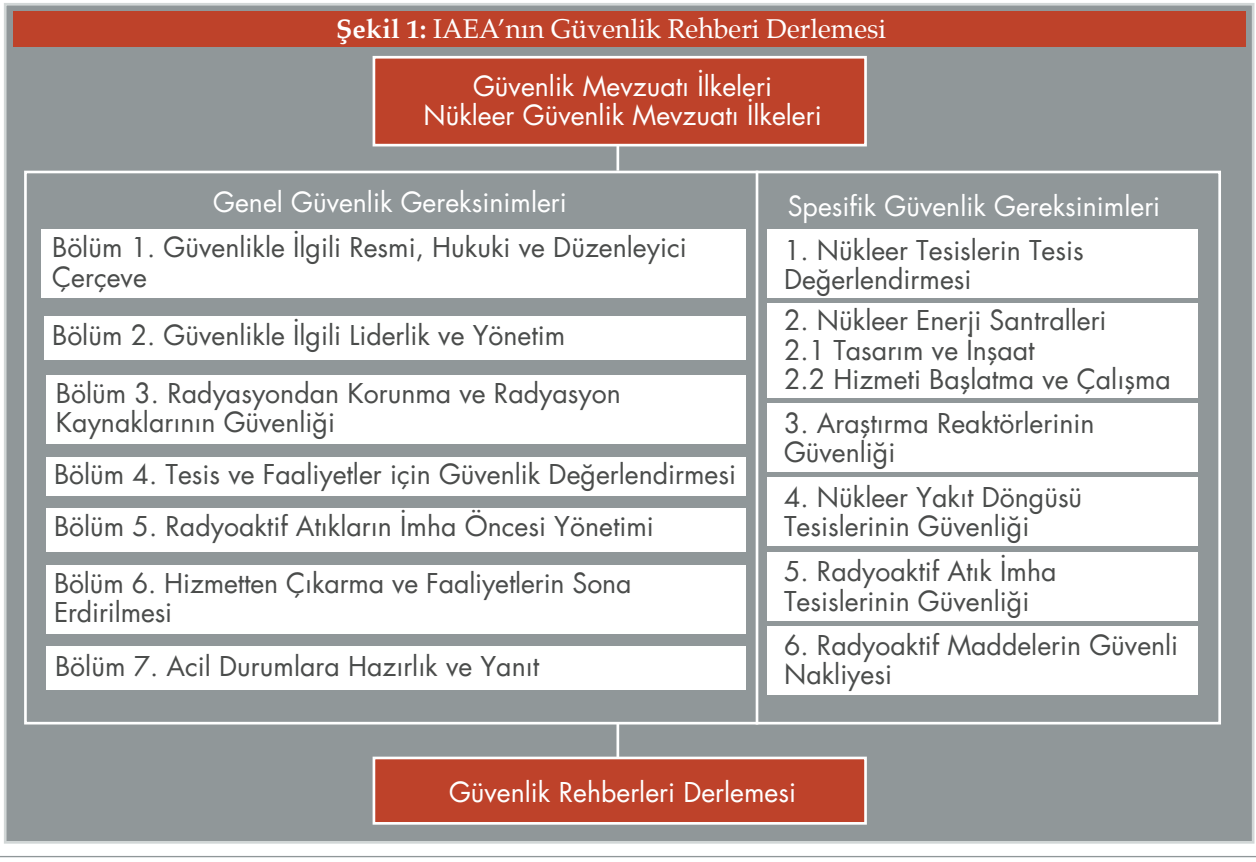
Nükleer endüstriye dair riskler, tasarım/üretim süreçleri, işletme süreçleri, eğitim süreçleri, (kamuoyuyla iletişim dahil) sosyal sorumluluk, dış etkiler (doğal afetler, terörist saldırıları ve ekonomik faktörler) ve finansal süreçler gibi birçok kaynaktan ortaya çıkabilir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı- IAEA söz konusu riskleri dört ana kategoriye ayırmaktadır:

- Güvenlikle ilgili riskler,
- Üretimle ilgili/operasyonel riskler,
- Ticari/finansal riskler[1],
- Stratejik riskler.

3- Güvenlikle İlgili Riskler

IAEA, Nükleer Güvenlik Mevzuatı İlkeleri, Güvenlik Gereksinimleri ve Güvenlik Kılavuzu dahil olmak üzere, bir dizi güvenlik standardı geliştirmiştir. IAEA'nın güvenlik standartları Üye Devletler bakımından yasal bir bağlayıcılığa sahip değildir ancak Devletler kendi faaliyetleri açısından ulusal düzenlemelerine esas teşkil etmek üzere bunlardan faydalanabilirler. Uluslararası anlaşmalar ve IAEA güvenlik standartları, endüstri standartları ve ayrıntılı ulusal mevzuat ile uygun şekilde desteklendiğinde, insanların ve çevrenin radyasyon risklerinden uygun bir şekilde korunması için tutarlı ve kapsamlı bir temel oluşturmaktadır.

Şekil 1: IAEA'nın Güvenlik Rehberi Derlemesi



1- Ticari ve finansal riskler İzak Atiyas tarafından hazırlanmış ayrı bir raporda kapsanmıştır.

3.1 Nükleer Güvenlik Mevzuatı İlkeleri

IAEA güvenlik standartlarında kullanılan 'güvenlik' terimi, nükleer tesislerin güvenliğini, radyasyon güvenliğini, radyoaktif atık yönetiminin güvenliğini ve radyoaktif maddelerin nakliye güvenliğini kapsamakta olup güvenliğin radyasyonla bağlantılı olmayan yönlerini dahil etmemektedir. Güvenlik normal koşullar altındaki radyasyon riskleriyle, kazaların sonucundaki radyasyon riskleriyle ve bir nükleer reaktör çekirdeği, nükleer zincir reaksiyonu, radyoaktif kaynak veya herhangi bir radyasyon kaynağı üzerindeki kontrolü kaybetmenin diğer olası doğrudan sonuçlarıyla ilgilidir. Güvenlik önlemleri arasında kazaları önlemeye yönelik eylemler ve bunların önlenilememesi durumunda ortaya çıkan sonuçları hafifletecek düzenlemeler yer almaktadır.

IAEA'nın Nükleer Güvenlik Mevzuatı İlkeleri başlıklı yayınında aşağıdaki ilkeler vurgulanmıştır:

3.1.1 Birincil güvenlik sorumluluğu

Bu sorumluluk, lisans sahibi diye bilinen bir işletme organizasyonu veya bir bireye risk getiren tesis ve faaliyetlerden sorumlu olan kişi veya organizasyona ait olmalıdır. Lisans sahibi, tesislerin ve faaliyetlerin ömrü süresince birincil güvenlik sorumluluğunu taşır ve söz konusu sorumluluk delege edilemez. Lisans sahibi, gerekli yetkinliklerin oluşturulması ve korunmasından; uygun eğitim ve bilgilerin sunulmasından; bütün koşullar altında güvenliğin korunmasına yönelik prosedür ve düzenlemelerin oluşturulmasından; tasarımın uygun olduğunun, tesislerin, faaliyetlerin ve ilgili ekipmanın uygun kalitede olduğunun doğrulanmasından; kullanılan, üretilen, depolanan veya taşınan bütün radyoaktif maddelerin güvenli kontrolünün sağlanmasından ve ortaya çıkan bütün radyoaktif atıkların güvenli kontrolünün sağlanmasından sorumludur.

3.1.2 Kamunun sorumluluğu

Güvenliği sağlamak için radyasyon riskine neden olan tesis ve faaliyetlerin düzenlenmesi sorumlulukların net bir şekilde tahsis edilmesi amacıyla etkin bir yasal ve resmi çerçevenin oluşturulması ve korunması gerekmektedir. Keza bu çerçevede bağımsız bir düzenleyici kuruma da ihtiyaç vardır. Hükümet, ulusal hukuk sistemine, bütün ulusal ve uluslararası yükümlülüklerini yerine getirecek şekilde ve bağımsız bir düzenleyici kurumun tesis edilmesi de dahil olmak üzere bu mevzuat ve düzenlemelerin yansıtılmasından sorumludur. Hükümet yetkilileri başka kurumların sorumluluğunda olmayan radyasyon kaynakları ile eski tesis ve faaliyetlerden kaynaklanan radyoaktif kalıntıların kontrolünü de sağlamakla mükelleftir. Düzenleyici kurum ise, kendi sorumluluklarını yerine getirmek üzere yeterli yasal yetkiye, teknik ve yönetsel yetkinliğe, insan kaynaklarına ve finansal kaynaklara sahip olmalıdır. Ayrıca lisans sahibinden ve ilgili taraflardan gelebilecek baskılara göğüs gerecek biçimde yeterli ölçüde bağımsızlığa sahip olmalıdır. Keza tesislerin ve (sağlık ve çevre konuları dahil) faaliyetlerin güvenlik veçhesi ile düzenleyici süreçler hakkında ilgili tarafları, kamuoyunu ve medyayı

bilgilendirecek uygun yöntemleri geliştirmek; ilgili taraflar ve kamu ile açık ve dahil edici bir süreç çerçevesinde istişare etmekle yükümlüdür.

3.1.3 Liderlik ve güvenlik yönetimi

Radyasyon riskleriyle ilgili olan organizasyonlarda ve bunlara neden olan tesisler ve faaliyetlerde etkin liderlik ve güvenlik yönetimi oluşturulur ve sürdürülür. Güvenlik konularında liderliğin yönetimin bütün unsurlarını barındıran etkin bir yönetim sistemi aracılığıyla en üst düzeyde sergilenmesi gerekmektedir; böylece, güvenlik gereksinimleri diğer gereksinimlerle tutarlı bir şekilde oluşturulur ve uygulanır. Bir güvenlik kültürünün teşvik edilmesini, güvenlik performansının düzenli olarak değerlendirilmesini ve deneyimlerden çıkarılan derslerin uygulanmasını sağlamalıdır.

3.1.4 Tesislerin ve faaliyetlerin doğrulanması

Tesislerin ve faaliyetlerin doğrulanması için bunların doğurduğu yararların neden oldukları radyasyon riskinden daha ağır basması gerekmektedir. Yarar ve riskleri değerlendirmek amacıyla, tesislerin işletilmesi ve faaliyetlerin yürütülmesinin bütün önemli sonuçlarının dikkate alınması gerekmektedir.

3.1.5 Koruma optimizasyonu

Makul bir şekilde elde edilebilecek en yüksek güvenlik düzeyini sağlamak üzere korumanın optimize edilmesi gerekmektedir. Radyasyon risklerinin erişilebilecek en makul düzeyde olduğunu doğrulamak üzere ister normal operasyonlardan kaynaklananlar, ister anormal operasyonlardan veya kaza koşullarından oluşanlar olsun, bu gibi risklerin olay öncesinde kademeli bir yaklaşım kullanarak incelenmesi ve ayrıca tesis ve faaliyetlerin ömrü süresince düzenli olarak yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.1.6 Bireylere yönelik risklerin sınırlanması

Radyasyon risklerinin kontrolüne yönelik önlemler hiçbir kişinin kabul edilemez bir zarar riskiyle karşılaşmamasını sağlamalıdır. Radyoaktif dozlar ve radyasyon riskleri belirtilen sınırlar içerisinde kontrol edilmelidir. Doz ve risk sınırları yasal bir üst kabul edilebilirlik sınırını temsil ettiğinden bunlar o koşullar altında elde edilebilecek en iyi korumayı saklamak açısından tek başına yetersiz kalır. Dolayısıyla, korumanın optimizasyonu ve bireylere yönelik doz ve risklerin sınırlandırılması istenilen güvenlik düzeyine ulaşmak açısından şarttır.

3.1.7 Mevcut ve gelecek nesillerin korunması

Halihazırda ve gelecekte, insanların ve çevrenin radyasyon risklerine karşı korunması gerekmektedir. Radyasyon riskleri ülke sınırlarını aşıp uzun bir zaman boyunca devam edebileceğinden, radyasyon risklerini kontrol etmeye yönelik önlemlerin uygunluğunu değerlendirmede mevcut eylemlerin halihazırdaki ve

gelecekteki olası sonuçlarının da dikkate alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, güvenlik standartlarının yerel halkın yanısıra tesis ve faaliyetlerden uzak olan halk için de uygulanması gerekmektedir; gelecek nesillerin uygun bir şekilde korunması gerekmektedir. Buna ek olarak, radyoaktif atıkların gelecek nesiller üzerinde yersiz bir yüke neden olmadan yönetilmesi gerekmektedir; diğer bir deyişle, atıkları üreten nesillerin bunun uzun vadeli yönetimi için güvenli, pratik ve çevresel açıdan kabul edilebilir çözümler aramaları ve uygulamaları şarttır. Radyoaktif atık miktarının, malzemelerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı gibi, uygun tasarım önlemleri ve prosedürleri aracılığıyla minimum uygulanabilir düzeyde tutulması gerekmektedir.

3.2 Kazaların Önlenmesi

En zararlı sonuçlar bir nükleer reaktör kalbi, nükleer zincir reaksiyonu, radyoaktif kaynaklar veya başka radyasyon kaynakları üzerindeki kontrolün kaybedilmesinden kaynaklanmaktadır. Bütün ciddi risk yönetimi sistemlerinde olduğu gibi, nükleer güvenlikteki temel ilke, özellikle ciddi reaktör kalbi hasarına yol açabilecek kazalar başta olmak üzere, kazaların önlenmesi olmalıdır.

Kazaları önlemenin ilk yolu santralin tasarımı, inşaatı ve operasyonunda yüksek kaliteyi hedeflemek ve normal operasyonel durumlardan sapmaların nadir olmasını sağlamaktır. Böyle bir sapmanın kazaya dönüşmesini engellemek üzere, kapsamlı süreç kontrollerine ekli güvenlik sistemlerinin ve gözetim sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Güvenlik sistemleri, hayati bir güvenlik fonksiyonunu kaybetme olasılığını azaltmak üzere yedekleme fonksiyonunu, tasarım çeşitliliğini ve paralel unsurların fiziksel ayrımını kullanır. Düzeltici eylemleri otomatik başlatma kapasitesi, periyodik denetim ve testler, araştırmacı ve dikkatli personel seçimi sapmaların kazaya dönüşmesini önlemede alınması gereken diğer kilit önlemlerdir.

Ayrıca, Olasılıklı Güvenlik Değerlendirmesi (PSA) yöntemleri, kritik santral sistemlerini, yapılarını, parça çeşitliliğini ve artıklık ihtiyaçlarını daha iyi analiz etmek ve değerlendirmek üzere yaygın bir şekilde kullanılmalıdır. PSA yöntemlerinin kullanımı, i) benzer sistemlerde geçmişteki arızalar ve arızaya yakın durumlar hakkında kapsamlı tarihi verileri, ii) güvenirlilik ve rutin güvenlik operasyonları hakkında fiziksel, matematiksel ve simülasyon modellerini, iii) tetik-hata-yanıt-etki zincirlerine odaklanan olay ve hata ağaçlarına gereksinim duymaktadır.

Kazaların sonuçlarını önleme ve hafifletmenin birincil koşulu, 'derinlemesine savunma' kavramının uygulamaya geçirilmesidir.

3.3 Derinlemesine Savunma Stratejisinin Oluşturulması ve Teşvik Edilmesi

"Derinlemesine Savunma" kavramı, radyoaktif maddelerin çevreye salımını önleyen üst üste bariyerleri içeren birden çok koruma düzeyine odaklanmaktadır. Söz konusu kavram, santrale ve bariyerlerin kendisine zarar gelmesini önleyerek bariyerlerin korunmasının sağlanmasını öngörmektedir. Bu kavramın tanımında, bariyerlerin tam olarak etkili olmaması durumunda, halkı ve çevreyi korumaya yönelik başka önlemler de yer almaktadır.

Bu kavram uygun bir şekilde tatbik edildiğinde, hiçbir insan veya ekipman hatasının halka zarar vermemesi sağlanabilecektir. Derinlemesine savunma (enerjinin kontrol edilmesi, yakıtın soğutulması ve radyoaktif maddenin sınırlanmasından oluşan) üç temel güvenlik fonksiyonunun korunmasını ve radyoaktif maddelerin insanlara veya çevreye ulaşmamasını sağlamaya yardımcı olmaktadır. Beş düzeyli tipik bir Derinlemesine Savunma tasarımı Tablo 1'de gösterilmiştir.

Çoğu riske tepki stratejisinde olduğu gibi, derinlemesine stratejideki savunma iki kademelidir: öncelikle, kazaları önlemek ve ikinci olarak da, önlemenin başarısız olmaması durumunda, kazaların potansiyel sonuçlarını sınırlamak ve bunların daha ciddi bir duruma dönüşmesini engellemektir. Yangın, sel veya deprem gibi, birden çok savunma düzeyine zarar verebilecek tehlikelere özel bir dikkat gösterilir.

Normal bir güçte çalışan bir santralde bütün savunma düzeyleri daima mevcut olmalıdır. Derinlemesine savunmaya uygun sistem tasarımı, minör, kabul edilebilir hataları veya anormallikleri fark edip izleyecek süreç kontrollerini dahil ederek ciddi anormal koşul veya kazaların gelişme işaretlerini gösterme durumunda müdahale edecektir. Bu konuyla ilgili daha fazla bilgi (INSAG-12, INSAG 10) bölümlerinden elde edilebilir.

Tablo 1: Derinlemesine Savunmanın Klasik Düzeyleri

Düzeyler	Hedef	Temel Araçlar
1. Düzey	Anormal operasyon ve hataların önlenmesi	Muhafazakar tasarım ve inşaat ve operasyonda yüksek kalite
2. Düzey	Anormal operasyonların kontrol edilmesi ve hataların tespiti	Kontrol eden, sınırlayan ve koruyan sistemler ve diğer gözetim özellikleri
3. Düzey	Tasarım temelinde kazaların kontrol edilmesi	Tasarlanmış güvenlik özellikleri ve kaza prosedürleri
4. Düzey	Kazaların ilerlemesinin önlenmesi ve ciddi kazaların sonuçlarının hafifletilmesi dahil, santraldeki ciddi koşulların kontrol edilmesi	Tamamlayıcı önlemler ve kaza yönetimi
5. Düzey	Anlamlı miktarda radyoaktif madde salımının radyolojik sonuçlarının hafifletilmesi	Tesis dışı acil yanıt

3.4 Kazaların Etkilerinin Hafifletilmesi

Burada ana hedef, iyi ve kapsamlı bir şekilde planlanmış santral içi ve santral dışı önlemler aracılığıyla, radyoaktif maddelerin kazayla salımının etkilerini büyük oranda azaltılmasıdır. Bu tedbirler kaza yönetimi, tasarlanmış güvenlik özellikleri ve tesis dışı karşı önlemler olarak üç başlık altında incelenebilir.

Kaza yönetimi, önceden planlanmış ve geçici operasyonel uygulamaları kapsamakta olup birincil hedef, santrali, reaktörün durdurulmuş olduğu, yakıt soğutma sisteminin sürekli çalışmasının sağlandığı, radyoaktif maddelerin sınırlandırıldığı ve sınırlandırma fonksiyonunun korunduğu güvenli bir duruma getirmektir. Bu gibi durumlarda, fiziksel bariyerlerle beraber tasarlanmış güvenlik özellikleri, çevreye sızmanın minimum düzeyde olmasını sağlayacak şekilde radyoaktif maddelerin reaktör kalbinden salımını sınırlandıracaktır.

Tesisteki güvenlik önlemlerinin başarısız olabileceği ihtimalini telafi etmek üzere tesis dışı karşı önlemlerin planlanması ve hazır olması gerekmektedir. Böyle bir durumda, civardaki halk veya çevre üzerindeki etkilerin (korunak sağlama, koruyucu ekipmanların dağıtılması veya halkın tahliyesi gibi) koruyucu eylemlerle ve radyoaktif maddelerin gıda zincirleri veya diğer yollardan insanlar geçmesini önleyerek hafifletilmesi gerekmektedir.

3.5 Tesisin Konumuyla İlgili Sorunlar ve İlişkili Riskler

Tesisin konumuyla ilgili sorunlar ve ilişkileri riskler arasında aşağıdakiler yer almaktadır;

- Santrali Etkileyen Harici Faktörler;
- Halk ve Yerel Çevre Üzerindeki Radyolojik Etki;
- Acil Durum Planlarının Olabilirliği (ve Uygulanabilirliği);
- Soğutma Sistemlerinin Temini.

Bu gibi riskler, nükleer tesis sahibi, tasarımcısı, işletmecisi ve Türk Devleti arasında paylaşılır. Tesisin konumlandırmasına ilişkin kararlardan kaynaklanan veya bunlarla ilgili olan tehlikelere ve ihtiyaçlara yanıt verilmesinde işletmeci ve geliştiricinin paylaşılan sorumlulukları sonraki bölümlerde tartışılacaktır. Ancak, tesisin yerinin belirlenmesinde birincil karar Türk devletine ait olduğundan, Türk devleti de ilgili riskleri paylaşmaktan kaçınamaz. Ayrıca, (özellikle güç kaynağı kesintileri, güvenilir olmayan operasyonlar, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler gibi konularda) bu risklerin gerçekleşmesi Türk devletini ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyeceğinden, uygun tesis konumlandırma seçeneklerinin oluşturulması, bunların (özellikle aşağıda ana hatlarıyla belirtilen faktörler açısından) dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve karşılaştırılması ve nihai seçimin dikkatli ve sistematik bir şekilde yapılması gerekecektir.

Tesis seçimiyle ilgili stratejik kararlarda dikkate alınması gereken birincil harici faktörler doğal ve insan kaynaklı tehlikelerdir. Doğal tehlikeler arasında aday tesisin konumuna ilişkin jeolojik ve sismolojik özellikler ve hidrolojik ve meteorolojik sorun potansiyeli yer almaktadır. İnsan kaynaklı tehlikeler arasında ise yakın civardaki kimyasal tesislerde meydana gelen tehlikeler ile toksik ve yanıcı gazların salımı yer almaktadır.

Radyoaktif maddelerin insanlara, hayvanlara ve bitkilere geçme olasılığı halk ve yerel çevre üzerindeki radyolojik etkiyle ilgili başlıca sorunu oluşturmaktadır. Hava, gıda zincirleri ve su kaynakları buna imkan verdiğinden, araştırılması gereken tesis özellikleri bu yolları etkileyen özelliklerdir. Bu açıdan, topoğrafya, meteoroloji ve hidroloji gibi fiziksel özellikler; baskın bitki türü ve hayvan hayatı gibi çevresel özellikler; toprak ve su kaynaklarının kullanımı; ve tesis etrafındaki halkın dağılımı, tesisi konumlandırma kararlarında dikkate alınmalıdır.

Nükleer santral için seçilen saha radyoaktif maddelerin kazara salımının etkilerini sınırlandırmak üzere gerekli olabilecek harici ve dahili karşı önlemlerle uyumlu olmalı ve bunlara izin vermelidir. Bu bağlamda, seçilen sahanın şu konular açısından uygunluğu değerlendirilmelidir: i) ağır ekipmanların/ acil durum ekiplerinin (yolda, limanda ve havaalanındaki potansiyel hasarda bile) erişilebilirliği ve hızlı girişi ve kazazedelerin dışarı taşınması, ii) fenni ve sıhhi tesislerle bağlantılı hasar görmüş dağıtım sistemlerinin hızlı bir şekilde onarılmasını engellemeyecek yedek iletim hatları ve su kaynakları ve/veya coğrafi koşulların mevcudiyeti, iii) acil durum ekipmanlarının ve temel malzemelerinin depolanması için uygun alanların olması, kazazedelerin barındırılması, sağlık hizmetlerinin sunulması.

Nükleer santral için seçilen sahanın, hem kapatıldıktan hemen sonra, hem de daha uzun vadede olmak üzere, kapandıktan sonra santralde oluşan enerjiyi giderebilecek güvenilir ve uzun vadeli bir soğutma tertibatına sahip olmalıdır. Deprem, sel ve hortum gibi ekstrem tehlikelerin uygun tasarım önlemleri alınmadığı takdirde, radyoaktif atıkların geçici olarak depolandığı havuzların kullanılabilirliğini tehdit edebileceği dikkate alınmalıdır.

3.6 Tasarımla İlgili Sorunlar ve İlişkili Riskler

TTasarımla ilgili sorunlar ve ilişkili riskler ele alınırken aşağıdaki konulara özellikle dikkat edilmelidir;

- **Santral Süreç Kontrol Sistemleri ve Kontrol Kapasitesinin Korunması:** Santralin tasarımı, santral ve sistem değişkenlerinin önceden tanımlanmış ve net bir şekilde belirlenmiş çalışma aralıkları içerisinde kalmasını sağlayacak şekilde, normal operasyonların ve öngörülen operasyonel olayların rutin ve sürekli kontrolüne imkan tanımalıdır (böylece güvenlik sistemlerine yönelik talep sıklığı azalır). Bu bağlamda, santralin önemli nötronik ve termal-hidrolik değişkenlerde çalışma aralıkları, durma ayar noktaları ve güvenlik sınırları belirlenmiş olmalıdır (değişkenler çalışma aralığından uzaklaşmaya başladığında, bunlar, elektrik ve mekanik kontrolleri etkiler). Ayrıca, kontrol odasının tasarımı,

normal çalışma koşullarında, öngörülen anormal olaylarda ve bütün potansiyel kazalarda yaşanabilir durumda olmalıdır.

- **Otomatik Güvenlik ve Kapanma Sistemleri:** Çalışma koşullarının önceden belirlenmiş ayar noktalarını aşması durumunda, otomatik sistemler reaktörü güvenli bir şekilde kapatacak, bunu kapalı ve soğutulmuş durumda tutacak ve fisyon ürünlerinden meydana gelebilecek herhangi bir sızıntıyı önleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Buna ek olarak, bu gibi güvenlik durdurma sistemleri reaktörün normal çalışması için kullanılan reaktivite kontrol sistemlerinin fonksiyonundan bağımsız olmalıdır.

- **Reaktör Kalbinin Bütünlüğü:** Reaktör kalbinin yüksek mekanik stabiliteye sahip olacak ve operasyonel parametrelerde geniş bir aralıktaki öngörülen varyasyonu tolere edecek şekilde tasarlanmış olması çok önemlidir. Reaktör kalbinin tasarımı, bir kaza esnasında reaktör kalbinde beklenilen bozulma veya hareketin reaktivite kontrolünün veya güvenlik durdurma sistemlerinin etkinliğini bozmayacak ya da yakıtın soğumasını engellemeyecek şekilde olmalıdır.

- **Reaktör Soğutma Sisteminin Bütünlüğü:** Nükleer araçlara ve boru donanımına ilişkin kural ve standartların bu önemli alt sisteme ilişkin ek önlemlerle desteklenmelidir. Ayrıca, sistemin yapımı ve kurulumu esnasında ve sonrasında (ultrasonik, radyografik ve yüzeye ilişkin yöntemler kullanılarak) birden çok denetim yürütülmelidir. Sistem radyoaktif hale gelmeden önce çalışırken oluşması beklenen düzeyden çok daha yüksek basınçlarda hidrolik aşırı basınç testi uygulanmalıdır. Buna ek olarak, (soğutma sisteminin korunmasına ve bu sistemin uzun bir süre boyunca maruz kaldığı çevresel koşullara büyük bir önem verildiğinden) birincil soğutma sisteminin çalışırken denetlenmesi mümkün olmalıdır.

- **Tasarımda Radyasyondan Korunma:** Tasarım, santraldeki radyoaktif maddeleri içeren bütün parçaların uygun bir şekilde korunmasını ve radyoaktif maddenin doğru bir şekilde tutulmasını sağlamalıdır.

- **Güvenirlilik Hedefleri:** Güvenlik sistemlerinin ve fonksiyonlarının yüksek güvenirliği, gereken performans süresi boyunca talep üzerine ve çalışırken gerçekleşen performansı garantilemek üzerine belirlenen spesifik güvenirlilik hedefleri aracılığıyla, tasarım sayesinde takip edilmelidir. Güvenlik sistemleri ve fonksiyonlarında gereken güvenirliği belirlerken güvenirlilik kuramı, uygulamalar ve olasılıklı yöntemler kullanılmalıdır.

- **Bağımlı Arızalar:** Birkaç parçadaki hasardan dolayı güvenlik fonksiyonlarının kaybı; (dahili veya harici) ortak bir nedenden kaynaklanan sistemler veya yapılardan tasarım koşulları ile mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Bu amaçla kullanılacak birincil yöntem ve ilkeler şunlardır; i) bariyerler veya mesafe ile fiziksel ayrılma, ii) koruyucu bariyerler, iii) çeşitlilikle bağlantılı artıklık, iv) hasara dayanma özelliği. Sismik olaylar, birden çok arızayı tetikleyebilme kapasitelerinden dolayı özel bir ilgi görmelidir.

- **Ekipmanların Kalifikasyonu:** Yaşlanmanın normal veya anormal çalışma üzerindeki etkileri tasarımda dikkate alınmalıdır.

- **Voltaja Bağlı Geçici Kazalara Karşı Koruma:** Kontrol ve güvenlik çubuklarının sabit ve esnek çalışmasını (güvenli bir şekilde devreye alınması veya çıkarılması) teminen otomatik kontrolü güvenliğe en duyarlı şekilde tasarlanmalıdır.

- **Normal Koşullarda ve Acil Durumlarda Isıyı Giderme Sistemleri:** Isı nakil sistemleri normal çalışırken ve acil durumlarda ya da kaza koşullarında güvenilir biçimde ısıyı giderecek şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca, normal ısı giderme sisteminin çalışmaması veya birincil soğutma sistemi sınırının zarar görmesi durumunda bile, kaza koşullarında yakıt soğutma sistemini düzeltip koruyacak alternatif yollar olmalıdır.

- **Başlatma, Kapatma ve Düşük Güçte Çalışma:** Bu durumlar tanımları itibariyle "geçici durumlardır" ve dolayısıyla özel bir itina gerektirir. Başlatma, düşük güç ve kapatma işlemlerinde kullanılan parçalar, yapılar ve sistemler söz konusu işlemler esnasında anormal koşulların veya kazaların oluşmasını önleyecek şekilde tasarlanmalıdır.

- **Radyoaktif Maddenin Sınırlandırılması:** Tasarımda dikkate alınan bütün kaza türleri açısından, santral, yakıttan sızabilecek radyoaktif madde hacmini tutabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Sınırlandırma fonksiyonu sunan özel sistemler şu ortak özelliklere sahiptir. Nükleer yakıttaki radyoaktif maddenin olağanüstü şartlarda sızabileceği bölgenin etrafını çevreleyen ve koruma kabı olarak adlandırılan yapının yüksek bir dahili basınca dayanabilecek derecede sağlam olması gerekmektedir. Koruma yapısı genelde talep üzerine kapatma sürecini tamamlayan bir alt sisteme ve yapıyı koruyan diğer alt sistemlere sahiptir. Bunlar birlikte bir koruma sistemini oluşturur. Sınırlandırma, yapıya bir kazadan kaynaklanan basıncın dışa çıkarılmasını ve aynı zamanda yakıttan sızan herhangi bir radyoaktif madde kitlesinin örneğin filtrelerin üzerinde tutulmasını sağlayan cihazlarla donatılarak gerçekleşir. Yapı, basınç altında ve tasarımda öngörülen kazalarda oluşabilecek sıcaklık koşullarında kısa vadede ve uzun vadede bütünlüğünü korur. Güvenliğe alındıkları zaman, delikler ve penetrasyonlar, ve yapıdaki diğer bireysel noktalar, radyoaktif maddenin salımı için potansiyel yol olarak yapıyı hassas bir hale getirmeyecek şekilde tasarlanır. Bulguların kalıntı reaktör ısısının koruma içerisindeki atmosferik sıcaklıkta bir artışa neden olabileceğini ve dolayısıyla yapının bütünlüğünü tehdit eden bir basınç oluşturduğunu göstermesi durumunda, bu ısının giderilmesine yönelik önlemler alınmalıdır.

- **Santralin Güvenlik Durumunun İzlenmesi:** Kontrol odasında izlenecek parametreler seçilmeli ve bunların ekranları, özellikle bir güvenlik sisteminin otomatik harekete geçmesi ve çalışmasını veya derinlemesine savunmanın degradasyonunu belirlemek ve teşhis etmek amacıyla, operatörlerin güvenlik açısından önemli olan tesis koşullarının durumu hakkında açık ve net göstergelere sahip olmalarını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.

- **Santralde Elektrik Kesintisi:** Nükleer santraller tesis içi ve tesis dışı alternatif akımlı elektrik gücünün eşzamanlı olarak yitirilmesi durumunda (santralde elektrik kesildiğinde) bu durumun kısa sürede yakıt hasarına neden olmamasına sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Elektrik gücü üreten ek kaynaklar (örneğin, bir hidroelektrik santraline bağlantı veya gaz türbin jeneratörünün kurulması) santraldeki elektrik kesintisine tepkiyi iyileştirmek için kullanılmalıdır.

- **Yeni ve Kullanılmış Yakıt Deposu:** Santral tasarımları, yeni ve kullanılmış yakıt yönetiminin ve depolanmasının şunları yerine getirecek şekilde yapılmasını sağlamalıdır; i) kazara veya kasten, izinsiz malzemeye erişimi önlemek, ii) çalışanların korunmasını sağlamak, iii) radyoaktif maddelerin sızmasını engellemek, iv) soğutma, hidratasyon gibi, çevresel ihtiyaçların kesintisiz olarak karşılanmasını sağlamak.

- **Santralin Fiziksel Olarak Korunması:** Nükleer güç santralinin tasarımı ve işletimi santrali hasarlardan korumak ve izinsiz girme, nükleer malzemelerin izinsiz saptırılması veya çıkarılması ve santralin sabote edilmesi dahil, bireyler veya gruplar tarafından gerçekleştirilen izinsiz eylemlerden kaynaklanan radyoaktif maddelerin izinsiz olarak sızmasını önleyecek uygun önlemleri kapsamalıdır.

Öte yandan, geçtiğimiz yirmi yıl içerisinde (özellikle Batı Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da) Nükleer Güç Santrali siparişlerinin azlığı birçok nükleer tesis yatırımcısının kendi tasarım kadrolarının minimuma indirmesine neden olmuştur (mevcut santralleri tasarlayan birçok uzman artık emekli olmuştur). Dolayısıyla, uygun tasarım kadrosunu işe almak ve eğitmek, özellikle bu faaliyet, yeni bir santral için sözleşmenin imzalanmasının sonrasına geciktirilirse, geliştirici için kritik bir sorun olabilir. Ayrıca, sayısal arayüz ve kontrol sistemleri gibi yeni teknolojiler için yeni yetkinlik türlerine ihtiyaç vardır. Dolayısıyla, geçmişte kazanılmış iyi bir şirket ismi başarı için garanti değildir; daha da önemlisi, projeye tahsis edilen kişilerin deneyimi ve yetkinliğidir. Bu sorun, Fransız menşeli Areva'nın kadrosunun daha önceki inşaat dönemine kıyasla büyük oranda azaltılmış olması, Finlandiya'da Olkiluoto 3 Santralinin tasarım ve inşaatında önemli gecikmelere neden olmuştur. Özellikle tasarımcı sayısı ayrıntılı tasarıma hemen başlamak için çok yetersiz kalmıştır. Öte yandan, Areva bu zaafı oldukça kısa bir sürede kapatmak için yetkin bir yönetime ve büyük ekonomik kaynaklara sahip olduğundan nükleer santral inşaatını oldukça hızlı bir şekilde yeniden başlatmak üzere gereken kapasiteyi toplamıştır. Ancak, sözleşme imzalandığı zaman tasarım halen kavramsal bir aşamada olduğundan ilgili taraflar bunu tamamlamak için ne kadar ek çalışmaya ihtiyaç olduğunu pek bilemiyorlardı. İnşaat başlamadan önce yüzlerce tasarımcıyı işe alma ve eğitme zorunluluğu ve tasarımın ve mühendislik çalışmalarının yetersiz bir şekilde tamamlanması gecikmeleri daha da arttırmıştır (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, günümüzün üçüncü nesil santralleri daha önce inşa edilen santrallerden daha büyük ve karmaşıktır; ancak çoğu nükleer tesis yatırımcısı daha yalın organizasyonları ön plana çıkararak birçok tasarım görevini dağıtma (alt yükleniciye verme) yoluna gitmektedir (tasarım görevlerini belirli bir tedarik projesinde alt yükleniciye vermek özellikle arayüz ve kontrol sistemlerinin tasarım sürecinin çeşitli adımlarında yaygın bir uygulama gibi görünmektedir). Tasarım çalışması, tasarımın belirli bölümlerinin farklı şirketler tarafından yapılması durumunda, çok zor koordine edilir. Tasarımcılar arasındaki iletişim eksikliği güvenlik sistemlerinde uyumsuzluklara neden olabilir. Tasarım çalışması farklı organizasyonlar tarafından farklı yerlerde (veya hatta farklı ülkelerde) yürütülürse, tasarımcılar arasında iyi bir koordinasyon ve iletişim sağlayacak düzenlemeler başarılı bir sonuç için şarttır. Tasarımcıların tasarımın sonucuyla ilgili olasılıklı güvenlik analizi yapan kişilerle iletişim kurması şarttır.

Teoride, bütün bu risklerin nükleer tesis yatırımcısı tarafından üstlenilmesi gerekmektedir. Ancak, bu risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, gelecekte güvenilir olmayacak işletmeler, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel toplum açısından) kamuyu ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyecektir. Dolayısıyla, bütün tasarımların net bir şekilde belgelendirilmesi, iyice anlaşılması ve tüm paydaşlarca üzerinde uzlaşılması şarttır. Her halükarda, ürün ve hizmeti belirleyen tasarım olduğundan, (kamu ile istişarede bulunarak geliştirici tarafından hazırlanmış olan) bütün genel ve ayrıntılı tasarımlar kamu tarafından açık bir şekilde onaylanmalıdır. Yani, kamunun ilgili kurumlarının genel ve ayrıntılı tasarımları inceleyebilmesi ve bunları teyit etmesi son derece önemlidir. Bu bağlamda, kamu, tasarımı incelemeye, bununla ilgili değişiklikler önermeye ve bunu onaylamaya yetkili olan ulusal kurumun personelini, ekipmanlarını ve eğitim ihtiyaçlarını titizlikle ele almalıdır.

3.7 Lisans ve Düzenlemelerle İlgili Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler

Lisans verme ve düzenlemeyle ilgili riskler aşağıdakiler tarafından tetiklenmektedir;

- Çevresel etki değerlendirme (ÇED) bulguları;
- Nükleer tesislerin inşaatı ve işletmesiyle ilgili çeşitli belediyelerin ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun (TAEK) lisans prosedürleri;
- Nükleer tesislerin işletmesiyle ilgili Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) çeşitli lisans prosedürleri;
- Nükleer tesislerin işletmesiyle ilgili çeşitli uluslararası (öncelikle IAEA'nın önderlik ettiği) çeşitli anlaşmalar ve önerilen prosedürler;
- Radyoaktif maddelerin ithalatı ve ihracatına ilişkin muhtemel lisans prosedürleri (nükleer yakıt ithalatı ve nükleer atık ihracatı).

Genel olarak, sıkı bir şekilde düzenlenen herhangi bir sektörde, lisans ve düzenleme çerçevesi, düzenleyici kararların i) öngörülebilir, ii) değişmez, iii) zamanında, iv) ulusal çapta koordine edilen ve, v) uluslararası uygulamalara uygun olmasını sağlamalıdır. Öngörülebilir olmak, bir başvuru sahibinin yerine getirmesi gereken başlıca gereksinimlerin önceden net ve açık biçimde belirlenmiş olması ve düzenlemelerde belirtilmiş olması gerektiği anlamına gelir (bu gereksinimlerin başvuru sahibi tarafından yerine getirilmesi durumunda, lisans usulüne uygun olarak verilir). Değişmez olmak, düzenleyici kararların verilmesinin ardından, bunların (önemli yeni bilgiler güvenliği sağlamak üzere ek önlemlerin alınması gerektiğini göstermediği sürece) daha sonra değiştirilmeyeceği anlamına gelir. Zamanında olmak, lisans ve düzenleme kararlarının önceden belirlenmiş bir takvime dayalı olarak alınması anlamına gelir. Ulusal çapta koordine edilen, sektörün verdiği lisans ve (örneğin, çevre izni gibi) tesisin işletilmesi için gereken bütün diğer farklı izin prosedürleri arasında etkin bir koordinasyon olmasını gerektirir. Uluslararası uygulamalara uygun

olmak düzenleyici kararların bu gibi tesislerin kullanılmasına ilişkin çokuluslu uygulamaları mümkün olduğunca yansıtması gerektiği anlamına gelir. Maalesef, yukarıda belirtildiği gibi, bu ilkeler nükleer enerji üretimi sektöründe zaman zaman tatbik edilmemektedir.

Öncelikle, nükleer enerji üretimine ilişkin güvenlik düzenlemelerinin sık sık değiştiği, çoğunlukla da (yerel, ulusal ve uluslararası düzeylerde) giderek katılaştığı ve son düzenleme ve gereksinimlerin geliştirme aşamasında olan açık tesislerin ve hatta işlemekte olan işletmelerin üzerinde uygulandığı vurgulanmalıdır (işin gerçeği şu ki dünya genelindeki bütün düzenlemeler dünyanın herhangi bir yerindeki bir nükleer tesiste küçük veya büyük bir kaza meydana geldiğinde değişmektedir). Bu durumun ciddi gecikmelere ve maliyet artışına yol açacağı muhtemeldir. Buna ek olarak, nükleer enerjinin "siyasileştirilmesi", siyasi müdahale veya seçim sonrası yeni hükümetin nükleer enerjiye verdiği destekte ani bir sapma önemli bir siyasi risk getirmektedir (yirmi yıllık planlama ve en az 9 milyar dolarlık bir masrafın ardından Amerika'da Obama yönetiminin yakın bir tarihte Nevada'daki Yucca Dağı'nda nükleer atık depolama sahasını reddetmesi bu duruma bir örnektir). Nükleer inşaat projelerinin uzun süreli olması, onları bu gibi düzenleme ve/veya siyasi gündeme göre değiştirilme risklerine maruz bırakmaktadır.

Yeni ve karmaşık üretim tekniklerinin ve yeni ekipman türlerinin tasarımcı ve düzenleyici kurum tarafından belirlenen spesifikasyonlara uyduğunu doğrulamak için katı bir düzenleyici yaklaşıma ve denetimlere ihtiyaç vardır. Yeni lisans çerçevelerinin çoğu bir dizi kantitatif denetim ve testi kapsamakta olup bunlar da bir şirketin önemli miktarda zaman ve para harcamasının ardından (aniden eskiyen düzenlemeler/gereksinimlerden dolayı) düzenleyicilerin işi durdurma olasılığına neden olmaktadır.

Bir başka sorun da nükleer sektördeki lisans başvurularının standart olmamasıdır (çoğu düzenleyici kurum temel alınan tasarımlar incelenip onaylanmadan önce bireysel lisans başvurularını kabul etmektedir). Dolayısıyla, bireysel başvuru incelemeleri tasarımdaki temel sorunlar çözülmeden önce başlatıldığından genellikle lisans sürecinde büyük bir belirsizlik oluşur.

Sözleşme imzalanmadan önce (yani ihale sürecinde) ve tasarım aşamasında, geliştiriciler, işletmeciler ve düzenleyici kurum arasında gerçekleştirilen erken temasların ve iletişimin, güvenlik, kalite ve projenin uygulanması açısından yararlı olduğu görülmüştür. Bu gibi temaslar bütün tarafları aşağıda örnekleri verilen yararlı öngörüler sağlayabilir;

- Geliştiricinin ve düzenleyicinin kaynaklarının alternatif tasarımların güvenlik değerlendirmesine erken bir aşamada tahsis edilme imkanı;
- Önemli güvenlik sorunlarının kritik kararlardan önce ve bunlar esnasında belirlenmesi;
- Düzenleyici kurumun öne sürebileceği güvenlik sorunlarının geliştirici tarafından değerlendirilmesi ve değerlendirme ve lisans sürecine paralel olarak tasarımın iyileştirilmesi veya ek güvenlik unsurlarının oluşturulması.

Finlandiya'daki Olkiluoto 3 Santrali örneğinde, geliştirici ve STUK arasındaki erken temaslar onay için sunulan nihai tasarımı büyük oranda iyileştiren bir dizi tasarım değişikliklerinin yapılmasını ve değerlendirilmesini sağlamıştır (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, birçok ülke tarafından benimsenen ve endüstri tarafından tercih edilen kombine inşaat izni ve işletme lisansı (COL) süreci henüz test edilmemiştir. Bir COL başvurusuna dahil edilmeden veya referans gösterilmeden önce ulusal ve uluslararası düzeyde onaylanması/kabul edilmesi gereken artan sayıda reaktör tasarımından dolayı gecikmeler oluşabilir.

İnşaat ve işletme lisansları verildikten sonra bile, düzenleyici kurum (kısa veya uzun süreli) geçici kapatma ve hatta erken emeklilik (daimi kapatma) emri verebileceğinden, düzenleyici riskler oldukça fazladır.

Düzenleyici kurumun deneyimi ve düzenleyici çerçevenin olgunluğu da bu açıdan önemli birer faktördür. Finlandiya'da Olkiluoto 3 Santrali örneğinde, nükleer tesis yatırımcısı ve işletmecisi 10 yılı aşkın bir sürede Avrupa'daki önde gelen nükleer tesisleri tarafından ortak bir çalışma olarak geliştirilen Avrupa Kamu Hizmeti Gereksinimleri'nden büyük oranda yararlanmıştır (teknik gereksinimlerin yaklaşık %85'i doğrudan bu belgeden alınmıştır). Finlandiya düzenleme kurumu STUK inşaat izni incelemesini planlanan zamanda gerçekleştirmek için uygun büyüklükte bir kadroya ve deneyime sahipti. Güvenlik analizini gözdengeçirmeyi ve tasarımı ve ilgili tarafların yönetim sistemlerini değerlendirmeyi kapsayan güvenlik değerlendirmesini gerçekleştirmek için kurum içindeki yetkinliğine güvenebilirdi. Ayrıca, yapıların ve parçaların denetimini yürütecek kadroya sahipti. Ayrıca, STUK malzeme testi ve bağımsız güvenlik analizlerini yürütebilecek organizasyonlardan uzman desteği alabilecek düzenlemelere sahipti. Yirmi yılı aşkın bir süre boyunca STUK, çalışan tesislerin modernleştirilmesine ilişkin planları gözden geçirmiş ve değerlendirmişti. Yeni inşaata başlamayı hedefleyen birkaç fizibilite çalışmasına da katkıda bulunmuştu. STUK, bu gibi incelemelerde farklı Nükleer Santral tasarımları hakkında geniş kapsamlı bilgi toplamıştı (Laaksonen 2011).

Bu riskler nükleer tesis yatırımcısı ve işletmeci tarafından da üstlenilmelidir; ancak, bu risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, gelecekte güvenilir olmayacak işletmeler, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel toplum) kamuyu etkileyeceğinden, geliştirici ve işletmecinin çeşitli lisans otoriteleri tarafından yapılacak incelemeler hakkında ön çalışma yapması teşvik edilmelidir (örneğin, bu gibi tesislere ilişkin belediyelerin inşaat kuralları ve düzenlemelerinin kıyaslamalı ve teknik olarak araştırılması; ETKB, TAEK ve EPDK'nın nükleer tesislerin işletilmesine ilişkin kural ve düzenlemeler hakkında kıyaslamalı ve teknik olarak araştırılması; radyoaktif maddenin ithalatı ve ihracatına ilişkin kural, düzenleme ve prosedürlerin araştırılması).

Bazı durumlarda, (mevcut kuralların/düzenlemelerin/prosedürlerin açıkça ihlal edilmesi veya mevcut olmayan ya da net olmayan/belirsiz kurallar ve düzenlemelerden dolayı) tam bir uzlaşma olmaması muhtemeldir. Bu gibi durumlarda, i) geliştirici/işletmeci, mevcut teknik planlarını ve tasarlanmış prosedürlerini mevcut kural ve düzenlemelere daha iyi uyacak şekilde

değiştirmeye teşvik edilmelidir; ii) belediye, ETKB, TAEK ve/veya EPDK kural ve düzenlemelerini değiştirmeye/genişletmeye teşvik edilmelidir; iii) çeşitli kural ve düzenlemelerin bu yeni teknolojiyle ilgili anlaşılmaz/belirsiz olması durumunda, ilgili belediye, ETKB, TAEK ve/veya EPDK mevcut kural ve düzenlemeleri netleştirmeye veya ek kural ve düzenlemeler çıkarmaya çağrılmalıdır.

Devletin doğrudan sorumluluklarıyla ilgili olarak, herhangi bir ülkede nükleer enerjinin geliştirilmesine ilişkin bir önkoşulun aşağıdaki konuları doğrudan ele alan, net ve sağlam bir düzenleme çerçevesi olduğu unutulmamalıdır;

i) Güvenlik gereksinimleri ve kontrol;
ii) Reaktör lisansı;
iii) Tesis izinleri;
iv) Yakıt boşaltma izinleri;
v) Atık yönetimi ve imhası;
vi) Hizmetten çıkarma kuralları;
vii) Finansman.

Bu bağlamda, nükleer enerji ile ilgili çeşitli düzenleyici kurumların yetki ve sorumluluklarını netleştirmek, yetkilendirmek, gerekli uzmanlığa sahip yeterli sayıdaki personeli işe almalarını sağlamak, bağımsızlıklarını temin etmek ve onları olumsuz siyasi etkilerden korumak, düzenleyici kurumların dünya standartlarında, net bir şekilde tanımlanmış ve sağlam düzenleme, lisans ve kontrol prosedürlerine sahip olmasını sağlamak, Devletin sorumluluğundadır.

Buna ek olarak, ulusal güvenlik gereksinimlerinin lisans ve düzenleme çerçevesinin bir parçası olarak net bir şekilde belirtilmesi gerekmektedir (lisans ve düzenleme yönetiminde belirsizliklerden kaçınmak için güvenlik gereksinimlerinin geliştiriciler ve işletmeciler tarafından net bir şekilde anlaşılmasını sağlamak şarttır). Yalnızca ulusal gereksinimlere ve düzenleyici rehberlere referans yapmak gereksinimlerin geliştiriciler ve işletmeciler tarafından doğru bir şekilde anlaşılmasını sağlamak yeterli değildir. Finlandiya'daki Olkiluoto 3 Santralinde, STUK'nın düzenleyici rehberinde güncel gereksinimler mevcuttu, ancak açıkçası geliştirici projenin erken aşamasında bunların etkisi tam olarak anlayamamıştı (Laaksonen 2011).

3.8 Genel Teknik İlkeler

3.8.1 Kanıtlanmış Mühendislik Uygulamaları

Bu basit ancak son derece önemli olan ilke, nükleer enerji teknolojisinin, onaylanmış kural ve standartların ve uygun şekilde belgelendirilmiş diğer beyanların eşlik ettiği, sağlam, iyi test edilmiş ve deneyimli mühendislik uygulamalarına dayanması gerektiğini belirtmektedir.

Sağlam üretim ve inşaat yöntemler kullanılmalı; deneyimli ve onaylanmış tedarikçilere bağlı kalınmalı; işgücünün dikkatli bir şekilde taranması, seçilmesi ve eğitilmesi gerekmektedir.

Standartlaştırma konusu özel bir itina gerektirmektedir. Standartlaştırma bir yandan hem tasarım hem de işletmede ekonomik avantajlar sunarken işletme deneyiminin doğrudan paylaşılması ve ortak eğitim ile daha etkin bir işletmeyi (ve dolayısıyla güvenliği) teşvik etmektedir. Ancak, standartlaştırmanın jenerik sorunlara neden olma riski de vardır. Bu risk standartlaştırılmış tesislerin tasarımda evrimsel iyileştirme yaklaşımının benimsenmesi ile azaltılabilir.

3.8.2 Kalite Güvence

Kalite güvence ilkeleri, teslim edilen bütün kalemlerin, sunulan hizmetlerin ve gerçekleştirilen işlerin belirtilen gereksinimlere uymasını çok emin bir şekilde sağlayan kapsamlı bir sistemin bir parçası olarak nükleer santraldeki faaliyetlere uygulanmalıdır.

Kalite güvence uygulamalarının kapsadığı konular tasarımların validasyonu, tedarik, malzeme arzı ve kullanımı, üretim ve kurulum, denetim ve test yöntemleri, operasyonel prosedürlerin ve spesifikasyonların yerine getirilmesini sağlayan diğer prosedürlerdir.

Kalite güvencenin çok önemli bir unsuru görevlerin gerektiği gibi yerine getirildiği, sapmaların belirlenip düzeltildiği ve hataların yeniden oluşmasını engellemek üzere önlem alındığına dair belgelere dayalı doğrulamadır. Ürün numunelerini içeren kalite kontrol prosedürleri, fiili uygulamaların gözlemlenmesi ve test ve denetimlere tanıklık edilmesi konularını kapsayan bu iş için yeterli kaynak, kadro ve ekipman sağlanmalıdır.

3.8.3 Akran Değerlendirmeleri (Peer Reviews)

"Akran değerlendirmeleri" enformel bir inceleme yapmak amacıyla bir bağımsız uzmanlar ekibi tarafından gerçekleştirilen tesis ziyaretleridir. Bunlar uluslararası çapta kabul edilmiş iyi uygulamalara sahip organizasyonlar tarafından uygulanan kapsamlı bir karşılaştırmayı ve uzmanlar arasında görüş alışverişini kapsamaktadır. Bu yöntem iyi bir performans sergileyen tesislerdeki uygulamalara ve programlara erişim sağlamakta ve bunların başka tesisler tarafından uygulanmasına imkan tanımaktadır.

3.8.4 İnsan Faktörü

Nükleer tesis güvenliği ile ilgili faaliyetlerde yer alan personelin eğitilmesi ve görevini yapacak kalifikasyona sahip olması gerekmektedir. Nükleer santral işletmelerinde insan hatası olasılığı, i) iyi tanımlanmış, net ve sağlam karar verme prosedürlerinin desteklenmesi ve teşvik edilmesiyle, ii) hataları tespit etme ve düzeltme veya telafi etme yollarının sağlanmasıyla, mümkün olduğunca azaltılmalıdır.

Hata telafisi, otomasyon dahil tasarım aracılığıyla ve beklenilen davranışları belirleme, görev öncesi inceleme yapma, hataya benzer koşulları belirleme ve sonuçları ve yanıtları konuşma ihtiyacı dahil, iyileştirilmiş insan performansı aracılığıyla sergilenen iki kademeli bir yaklaşımdır.

3.8.5 Güvenlik Değerlendirmesi ve Doğrulaması

"Güvenlik değerlendirmesi" altta yatan tasarım zaaflarını ortaya çıkarmaya yönelik faaliyetleri kapsar, yapıların, sistemlerin ve parçaların sistematik ve kritik bir incelemesini içerir ve arızaların sonuçlarını belirler. Sonuçlar, kritik incelemenin kapsamının, derinliğinin ve sonuçlarının bağımsız bir şekilde teftiş edilmesine imkan tanımak üzere ayrıntılı bir şekilde belgelendirilmelidir.

Deterministik ve olasılıklı yöntemler tasarım ve işletmenin güvenliğinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesinde birlikte kullanılmalıdır.

Deterministik yöntemde, santralin güvenliğini zorlayabilecek çok sayıda muhtemel başlatıcı olayın varsayımsal olarak meydana geldiği varsayılır ve santral ile güvenlik sistemlerinin bu varsayımsal olaylara yanıtının tesisin kendi performansı ve güvenlik hedeflerine ulaşılması açısından önceden belirlenmiş spesifikasyonlara uyduğunu göstermek amacıyla bir analiz yapılır. Olayların ve bunların sonuçlarının seyrini tahmin etmek üzere kabul edilmiş mühendislik analizleri kullanılır.

Herhangi bir sekansın ve bunun sonuçlarının gerçekleşme olasılığını değerlendirmek ve özellikle de tasarımda veya işletmedeki ya da riske katkıda bulunabilecek potansiyel kaza sekanslarındaki herhangi bir muhtemel zaafı belirlemek üzere olasılıklı analiz kullanılır. Olasılıklı yöntem deterministik analiz gerektiren olayların seçiminde yardımcı olup tam tersi durumda geçerlidir.

3.8.6 İşletme Deneyiminin Paylaşılması

Nükleer santraller işletme deneyimlerinin ve emniyetle ilgili araştırma sonuçlarının paylaşılmasını, incelenmesini, analiz edilmesini ve bundan ders çıkarılarak bunların uygulanmasını sağlamalıdır.

Bir nükleer enerji santralini işletenler operasyonel deneyimlerini toplamak ve yorumlamak üzere etkin bir sisteme sahip olmalı ve kendi kadrosu ve diğer ilgili organizasyonlar ile güvenlik ve emniyet açısından önemli bilgileri ivedilikle paylaşmalıdır. Güvenlik ve emniyet açısından önemli olan ve toplanıp dağıtılan bu bilgiler arasında, kazaların temel nedenleri, kazaları tetiklediği düşünülen olaylar ve bunların yeniden oluşmasını önleyecek önlemler yer almalıdır. Bu verilerin paylaşılması ulusal ve uluslararası düzeyde koordine edilmelidir.

3.9 Güvenlik ve Emniyet Kültürü

Nükleer enerji ile ilgili faaliyetlerde yer alan bütün bireyler ve organizasyonlar çok iyi yerleşmiş bir "Güvenlik ve Emniyet Kültürü"nü benimsemeli ve buna göre hareket etmelidir. Bunların kişisel adanmışlığı ve hesap verebilirliği nükleer enerji tesislerinin emniyeti üzerinde önemli bir etki yaratacaktır.

İlgili bütün organizasyonlardaki üst yönetimin bu kültürü benimsemesi başlangıç noktası olmalı, emniyetle ilgili konular onların tam dikkatine mücehhez olmalıdır.

Bu bağlamda, nükleer tesis emniyetini etkileyen en üst düzey, ulusal politikaların ve güvenlik ve emniyet kültürünün temelinin belirlendiği yasama düzeyidir. Çevreyi şekillendiren ve emniyeti sağlayan tutumları besleyen organizasyon politikalarının ve uygulamalarının oluşturulması ve yürürlüğe konulması ilgili organizasyonların tepe yönetiminin birincil sorumluluğudur. Bu uygulamaları kendi organizasyonlarının güvenlik ve emniyet politikaları ve hedeflerine göre belirlemelidir.

Buna ek olarak, bütün paydaşlar, özellikle aşağıdaki konularla ilgili olarak, sorgulayıcı bir tutum ve titiz, iletişimci ve temkinli bir yaklaşım sergileyerek, nükleer emniyeti etkileyen konularda mükemmelliği hedeflemelidir.

İyi bir Nükleer Güvenlik ve Emniyet Kültürünün özellikleri:

- Önceliklerde herhangi bir ihtilaf oluşması durumunda, güvenlik ve emniyet kalite, takvim ve maliyetlerin önüne geçmelidir.
- Hatalar ve kıl payı atlatılan durumlarda, bunlar yalnızca bir endişe kaynağı olarak değil aynı zamanda yarar çıkarılabilecek bir deneyim kaynağı olarak da görülmelidir.
- Kişiler, gelecek sorunların önüne geçilmesinde başkalarına ve kendilerine yardımcı olmak üzere kendi çalışmalarındaki eksiklikleri belirlemeye, bildirmeye ve düzeltmeye teşvik edilmelidir.
- Santraldeki değişiklikler veya faaliyetler ilgili prosedürler uyarınca gerçekleştirilmelidir. Prosedürler konusunda herhangi bir şüphenin doğması durumunda, işlemler santrali güvenli ve stabil bir konuma geri döndürerek tamamlanmalıdır. Daha sonra, prosedürler değerlendirilerek daha fazla ilerlemeden gerekirse değiştirilmelidir.
- Problemler belirlendiğinde, problemlerin temel nedenini bulmaya ve problemi kimin ortaya çıkardığı veya probleme kimin katkıda bulunduğuna bakmadan en iyi çözümleri bulmaya önem verilmelidir; buradaki amaç, 'kimin haklı olduğunu' bulmak değil 'neyin doğru olduğunu' bulmaktır.
- Gözetim ve yönetim kadrosunun hedefi her bir görevin ilk seferden doğru yapılması olmalıdır. Bu kişilerin her bir çalışma faaliyetinin başarısı için hesap verebilirlik konusunda sorumluluk üstlenmeleri ve bu konuda ısrarcı olmaları ayrıca çalışmalara başarı elde etmek için gereken düzeyde katılmaları beklenmektedir.
- Uygulamalar ve politikalar güvene dayalı bir yaklaşım sergilemeli ve bütün kademelerde ekip çalışmasını destekleyen ve güvenliğe yönelik olumlu tutumları güçlendiren bir tutumu esas almalıdır.
- Santral personeli ve yüklenicilerden endişelerin, engellerin ve iyileşme fırsatlarının belirlenmesine yardımcı olunması için geribildirim talep edilmelidir. Yönetim kadrosunun problemleri ivedilikle ve tam olarak belirlemesini sağlayan kişisel yaklaşımları teşvik edilmelidir.
- Organizasyon, emniyeti sürekli iyileştirmeyi ve değişimi başarıyla yönetmeyi taahhüt etmelidir.
- Kıdemli yöneticiler soyutlanmayı engellemeli ve öğrenen bir organizasyon oluşturulmasını teşvik etmelidir.

- Her bir birey, gözetmen ve yönetici nükleer enerji tesisinin ömrü boyunca ortaya çıkabilecek her fırsatta kişisel bütünlük sergilemelidir.
- Tesisteki her bir değişiklik, toplantı ve güvenlik ve emniyet değerlendirmesi önceki özellikleri ve ilkeleri öğretmek, öğrenmek ve güçlendirmek için bir fırsat olarak görülmelidir.

4 Üretim ve İşletme Riskleri

4.1 Geliştirme/İnşaatla İlgili Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler

Birincil düzeyde bir güvenlik ihtiyacı, nükleer enerji santralinin tasarım amacına uygun şekilde inşa edilmesidir. Bu amaca, geniş bir açıdan bakıldığında, ilgili organizasyonların hesap verebilmesinden bireysel çalışanların titizliği, yetkinliği ve özenine kadar uzanan bir dizi hususa dikkat ederek ulaşılabilir. Buna ek olarak, inşaat ancak işleticinin ve düzenleyici kurumun emniyetle ilgili ana sorunların tatmin edici şekilde çözüldüğü ve kalan sorunların işletmeye geçmeden önce çözüme kavuşturulabileceği konusunda tatmin oldukları zaman başlamalıdır.

Santralin güvenlik ve emniyet özelliklerini değiştirmek için tasarımcıların elindeki seçenekler inşaat ilerledikçe daha kısıtlı olacağından, emniyeti artıracak opsiyonların korunabilmesi için güvenlik ve emniyet değerlendirmesini üretim ve inşaatla koordine etmek kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, nükleer tesis inşaatında kalite standartlarının son derece yüksek olması ve tolerans marjlarının çok sınırlı olması, sorunu daha da karmaşık bir halde getirmektedir. Emniyetle ilgili ekipmanların tatmin edici ön tasarımının, nihai tasarımının, kurulumunun ve uygunluğunun doğrulanmasının incelenmesi için inşaat süresince kontrol noktalarının oluşturulması şarttır.

Santral üreticileri ve inşaatçıları, kalite güvence uygulamalarıyla desteklenen, kanıtlanmış ve yerleşik teknikler ve prosedürleri aracılığıyla, yüksek kalitede ekipman kullanarak ve inşaat standardı sağlayarak sorumluklarını yerine getirmelidir.

Geliştirme/inşaatla ilgili birincil sorunlar ve bunlarla ilişkili riskler arasında aşağıdakiler yer almaktadır;

- Hatalı/standartların altında inşaat;
- Hatalı/standartların altında ekipman ve elektrik/boru tesisatı alımı ve kullanımı;
- Fenni ve sıhhi ihtiyaçlar ile bunların temini arasındaki uyumsuzluk;
- Hatalı/standartların altında insan/ekipman arayüzü ve çalışma koşulları;

- Kritik ekipman ve elektrik/boru tesisatında yetersiz yedekleme;
- Karmaşık ve yüksek kalite standartlarından dolayı inşaatta gecikmeler ve maliyet aşımları;
- Deneyimli (ve emniyet/yüksek kalite konularında bilinçli) çalışan, uzman, alt yüklenici ve tedarikçinin olmaması;
- İnşaat, elektrik ve boru tesisatının kurulumu ve test edilmesi esnasında meydana gelebilecek kazalar.

Öte yandan, geçtiğimiz yirmi yıl içerisinde, deneyimli nükleer ekipman üreticilerinin çoğu işi bırakmış veya spesifik becerileri olan deneyimli çalışanlarını kaybetmiştir. Bu bağlamda, çoğu nükleer santral yatırımcısı için, yeni bir üretici şebekesi oluşturmak ve onlara nükleer işinde nasıl çalışılacağını öğretmek gerekmektedir. Örneğin, spesifik kalite güvence gereksinimleri, birden çok organizasyon tarafından yürütülen düzenleyici kontroller, denetimler ve teftişler üreticiler için yenidir. Bu husus, örneğin Finlandiya'daki Olkiluoto 3 Santrali'nin inşaatında Areva için bir dizi soruna yol açmıştır. Projenin başında daha önceki Areva projelerine katkıda bulunmuş olan deneyimli nükleer malzeme üreticilerinin çoğunun bu sahadan çıktıkları ortaya çıkmıştır. Areva yeni taşeronlar bulup onlara nükleer eğitimi konusunda koçluk yapmak zorunda kalmıştır (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, yeni üçüncü nesil santraller daha önce inşa edilen santrallerden daha büyüktür. Daha büyük yapı ve parçalar teknolojik sınırların zorlanması anlamına gelmektedir. Santrallerin güvenlik, emniyet ve güvenirliliğini iyileştirmek için yeni gelişmiş özellikler ve üretim teknolojileri geliştirilmiştir. Yeni özelliklerin ve teknolojilerin tasarım hedeflerine gerçekten uyduğunu göstermek üzere üretim, kurulum ve inşaattan önce uygun araştırma programlarının ve kalifikasyon testlerinin uygulanması önemlidir. Finlandiya'daki Olkiluoto 3 Santrali örneğinde, Areva ve işletmeci TVO, ana sözleşmeyi imzalamadan önce, projenin başarısı açısından deneyimli bir mimari mühendisin ve deneyimli bir inşaat şirketinin önemini yeterince fark edememişti. Ayrıca, Areva sınırlı geliştirime kapasitesinden ve mevcut tasarımların fiili durumu ve ihtiyaçlarından yeterince haberdar değildi. Dolayısıyla, inşaat süresi için belirlenen hedef gerçekçi değildi; büyük ve karmaşık inşaat projelerini yönetmedeki deneyim eksikliği önemli gecikmelere yol açtı (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, 1970'li ve 1980'li yıllarda, geliştiriciler büyük deneyimli organizasyonlara ve tasarım ve üretim için kapsamlı tesis içi kapasiteye sahipti; bu da alt yüklenicilere olan bağımlılığı azaltıyor ve proje organizasyonu içerisinde iletişimi kolaylaştırıyordu (diğer bir deyişle, nükleer santral inşaat projelerinin yönetimi bugüne göre daha basitti). Günümüzde, bu iş, iyi yönetilmesi gereken uzun alt yüklenici (tedarik) zincirlerine dayanmaktadır.

Yukarıdaki tartışmaların ışığında, inşaat bütün aşamalarında, yerleşik "tedarik zinciri proje yönetimi" kavramları ve ilkelerinin uygulanması büyük bir önem kazanmaktadır. Bu bağlamda;

- Büyük projelerin yönetiminden edinilen kanıtlanmış deneyimin önemi kişisel ve organizasyonel düzeylerde küçümsenmemelidir;
- Geliştiricinin alt yüklenicilerle adil bir ortaklık içinde olması gerekir. Nükleer

alanda daha önce deneyimi olmayan yüklenici tedarikçiler ve alt tedarikçilerle ilgili olarak geliştirici her bir ihale çağrısında nükleere spesifik olan bütün koşulların net bir şekilde belirtilmesini sağlamalıdır;

- Geliştirici, işletmeci ve düzenleyici kurumun temsilcileri arasında proje yönetimi düzeyinde gerçekleştirilen toplantılar taraflardan herhangi birinin bilgi aktarması ve gündeme getirdiği endişelerin ele alınması için etkili bir kanaldır;
- Geliştiricinin proje ekibinin (çoğu zaman yurtdışındaki merkez ofiste çalışmak yerine) tesiste olması ve orada ikamet etmesi kilit sorunların birlikte ele alınmasına katkıda bulunacaktır;
- Proje yönetimine karar verme yetkisi vermek ve sözleşmeyle ilgili sorunları proje yönetiminden ayırmak, inşaatın zamanında ve daha yüksek kalitede gerçekleştirilmesini kolaylaştırır.

Finlandiya'daki Olkiluoto 3 Santralinde, geliştirici ve işletmecinin büyük bir inşaat projesinin yönetiminde becerilerin ve deneyimin önemini fark etmemesi, inşaatın daha uzun sürede başlamasına neden olmuştur; ayrıca, geliştiricinin teknik sorunlarla ilgili kendi merkez ofisinde aldığı ve (bütün taraflar arasında gerçekleştirilen proje toplantılarında oluşan) ortak uzman görüşlerini geri çevirdiği kararların projenin akıcı bir şekilde ilerleyişi üzerinde olumsuz bir etki yarattığı görülmüştür (Laaksonen 2011).

Teoride, bütün bu risklerin nükleer santral yatırımcısı tarafından varsayılmış olması gerekmektedir; ancak, bu gibi risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, gelecekte güvenilir olmayacak işletmeler, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel toplum açısından) kamuyu ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyeceğinden, bu gibi riskleri minimuma indirgemeyi hedefleyen ayrıntılı ve hassas teknik rehberler hazırlanmalı ve bütün paydaşlar bunlar üzerinde hemfikir olmalıdır. Buna ek olarak, ilgili düzenleyici kurumlar daha önce üzerinde hemfikir olunan rehber, plan ve programlara uyulduğundan emin olmak üzere inşaat ve kurulum dönemi boyunca dönemsel denetimler yapabiliyor olmalıdır. Yakın düzenleyici gözetimin diğer nükleer santral geliştirme projelerinde inşaat kalitesini teşvik ettiği görülmüştür. Örneğin, Finlandiya'daki Olkiluoto 3 projesi boyunca, geliştirici, işletmeci ve Finlandiya'nın düzenleme kurumu STUK tarafından sık sık gerçekleştirilen birden çok kalite kontrolü ve güvenlik ve emniyet denetimi, yüksek bir duyarlılık taşıyan ürün sapmalarının erken tespit edilmesini sağlamıştır. Buna rağmen, yalnızca geliştirici ve işletmecinin işin içinde olduğu bazı durumlarda (ekonomik baskılardan dolayı) çalışmayı durdurma ve zamanında yapılması gereken düzeltmelerde ısrar etme açısından bir isteksizlik olduğu gözlemlenmiştir (Laaksonen 2011).

4.2 Operasyonel Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler

Operasyonel Riskler arasında şunlar yer almaktadır;

İnsan hatası, ekipman/elektrik tesisatı/boru tesisatı arızası, standartların altında yakıt veya diğer malzeme ya da fenni ve sıhhi tesisat kullanımından kaynaklanan;

- Ekipmanda/santralde hasar;
- Yangın, patlama;
- Radyoaktif ve/veya radyoaktif olmayan madde sızıntısı;
- Anında veya daha sonra personelin vücudunda oluşan yara veya ölüm;
- Anında veya daha sonra yerel halkın vücudunda oluşan yara veya ölüm.

Bu riskler, Bölüm 3.9'da ele alınan risk kültürü ve genel güvenlik ve emniyet ilkelerine uyarak en iyi şekilde yönetilebilir. Bu bağlamda aşağıdaki konulara özel bir dikkat göstermek gerekmektedir;

i) Net, iyi tanımlanmış ve kanıtlanmış operasyon ve kontrol prosedürleri;
ii) İşe alma ve terfilerde yüksek standart;
iii) Bütün ekipmanların kalite ve bakım düzeyi (yedekler, artıklar ve acil durum ekipmanları dahil),
iv) Madde ve malzemelerin kalite düzeyi;
v) İyi tasarlanmış ve ciddi bir şekilde uygulanan eğitim programları;
vi) Belirlenmiş çalışma ve çevre koşullarına uyum;
vii) Programlanmış ve programlanmamış denetimler;
viii) Yüksek kalitede acil durum eğitimi ve sık sık ve ciddi şekilde uygulanan alıştırmalar.

Bu risklerin nükleer santral yatırımcısı ve işletmecisi tarafından da varsayılmış olması gerekmektedir. Ancak, bu gibi risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, güvenilir olmayan işletmeler, çevre üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel halk ve yerel ve/veya küresel toplum için tehlikeli sonuçlar açısından) kamuyu ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyecektir. Dolayısıyla, bu gibi riskleri minimuma indirgemeyi hedefleyen ayrıntılı ve hassas teknik rehberler hazırlanmalı ve bütün paydaşlar bunlar üzerinde hemfikir olmalıdır. Bu rehber, prosedür ve planlar, kritik açıdan artık/yedek ekipmanları, acil durum/müdahale stoklarını ve ekipmanlarını, acil durum/kurtarma ekiplerini ve bunların kalifikasyonunu ve eğitim programlarını net bir şekilde belirlemelidir. Ayrıca, ilgili düzenleyici kurumları, rehber, prosedür ve üzerinde hemfikir olunan planlara uyulduğundan emin olmak üzere dönemsel denetimler gerçekleştirebilmelidir. Buna ek olarak, tesise yönelik ulaşım, iletişim ve fenni ve sıhhi tesisat (özellikle su ve elektrik) bağlantılarının muhtemel operasyonel tehlikelerin gerçekleşmesi durumunda anında verilecek acil yanıta imkan tanıyacak yeterlilikte bir esnekliğe ve yedek kapasiteye sahip olmalıdır.

4.3 Doğal Riskler

Doğal Riskler arasında deprem, kasırga/fırtına ve benzer tehlikeler vardır. Söz konusu riskler, bu gibi doğal afetlerin en kötü örnekleri açısından nükleer santralin uzun süreli geçmişini (en az 200 yıl veya daha uzun bir süreyi) inceleyerek ve bütün ekipmanları ve fenni ve sıhhi tesisleri dahil, nükleer santralin benzer güçteki afetlere dayanabilecek şekilde tasarlanmasını ve inşa edilmesini sağlayarak en iyi şekilde yönetilebilir. Bu gibi tehlikelerin gerçekleşme olasılığını ve etki düzeyini tahmin etmeye yardımcı olacak bütün muhtemel bilimsel ve mühendislikle ilgili denetimler de (örneğin, en yakın coğrafi fay hattının ve toprak koşullarının belirlenmesi) tasarım ve inşaat aşamalarından önce gerçekleştirilmelidir. Bir doğal tehlikenin beklenilen en kötü şekilde gerçekleşmesi durumunda santralin iletişim ve tedarik kanallarının güvenirliği ve dayanıklılığının ve esnekliğinin analizi de dikkate alınmalı ve buna göre acil durum planları yapılmalıdır. Örneğin, Akkuyu'nun inşa edilmesine ilişkin olarak, nükleer enerji santralinin tasarımı, bölgede daha önce kaydedilen herhangi bir depremden Richter ölçeğine göre en 50 baz puan daha yüksek olan bir depreme karşı esnekliği öngörebilmelidir. Dolayısıyla, Akkuyu tesisinin Richter ölçeğiyle en az 9 şiddetinde olan bir depreme dayanması beklenmektedir.

Bir başka kritik sorun da yaşanan doğal afetten dolayı operasyonel ve yedek ekipmanların aynı anda arızalanmasını önleyecek önlemlerin alınmasıdır. Bu gibi aynı anda meydana gelen arızalar normal koşullarda neredeyse imkansız olmakla birlikte afetin yarattığı son derece olağandışı durumlar bu gibi arızaların aynı anda gerçekleşme olasılığını arttırabilir (örneğin, beklenmedik derecede yüksek tsunamiden dolayı bütün acil enerji jeneratörlerinin aynı anda arızalanması gibi).

Bu risklerin nükleer santral yatırımcısı ve işletmecisi ve/veya sigortacısı tarafından da varsayılmış olması gerekir. Ancak, bu gibi riskler muhakkak kamuyu ve yerel ve genel çevreyi etkileyecektir. Bu bağlamda, bu gibi riskleri minimuma indirgemeyi hedefleyen ayrıntılı ve hassas teknik rehberler hazırlanmalı ve bütün paydaşlar bunlar üzerinde hemfikir olmalıdır. Bu rehber, prosedür ve planlar, kritik açıdan artık/yedek ekipmanları, acil durum/müdahale stoklarını ve ekipmanlarını, acil durum/kurtarma ekiplerini ve bunların kalifikasyonunu ve eğitim programlarını net bir şekilde belirlemelidir. Ayrıca, ilgili düzenleyici kurumlar, rehber, prosedür ve üzerinde hemfikir olunan planlara uyulduğundan emin olmak üzere, çalışma dönemi boyunca dönemsel denetimler gerçekleştirebilmelidir. Buna ek olarak, tesise yönelik ulaşım, iletişim ve fenni ve sıhhi tesisat (özellikle su ve elektrik) bağlantılarının muhtemel operasyonel tehlikelerin gerçekleşmesi durumunda anında verilecek acil yanıta imkan tanıyacak yeterlilikte bir esnekliğe ve yedek kapasiteye sahip olmalıdır.

4.4 Hizmetten Çıkarmayla İlgili Riskler

"Nükleer Hizmetten Çıkarma" bir nükleer santralin sökülmesi ve tesisin halkın artık radyasyondan korunmasını gerektirmeyecek bir düzeyde arındırılmasıdır. Diğer enerji santrallerinin sökülmesine kıyasla ana fark özel önlem gerektiren radyoaktif maddelerin olmasıdır.

Hizmetten çıkarma birçok karmaşık ve uzun süreli idari ve teknik eylemleri ve bütün radyoaktivitenin temizlenmesi ve santralin kademeli olarak yıkılmasını kapsamaktadır. Bir tesis hizmetten çıkarıldıktan sonra, artık radyoaktivite kazası tehlikesi veya burayı ziyaret eden kişiler açısından herhangi bir tehlike riski olmamalıdır. Bir tesis tamamen hizmetten çıkarıldıktan sonra, düzenleme kontrolünden çıkar ve tesisin lisans sahibi bunun nükleer emniyetinden artık sorumlu olmaz. Hizmetten çıkarma döneminin ve ilgili faaliyetlerin karmaşıklığı ve çok uzun süresi, bir şekilde örtüşen ancak farklı olan aşama ve alternatiflerin izah edilmesi ile daha iyi anlaşılır (ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu, 2011).

İlk alternatif olan DECON (nükleer lisansı sonlandırmak üzere reaktör durdurulduktan sonra dekontaminasyon/sökme işlemlerinin mümkün olduğunca kısa sürede gerçekleştirilmesi), tesis ve radyoaktif malzemeleri barındıran alanın ekipman, yapı ve bölümlerinin operasyonlar kesildikten kısa süre sonra sınırsız kullanıma imkan tanıyacak düzeyde çıkarıldığı veya arındırıldığı hizmetten çıkarma yöntemidir. Bu, tesisin operasyonlarının kesilmesinden kısa süre sonra tesis lisansının sona erdirilmesi ve tesisin ve sahanın serbest kalmasını sağlayan tek hizmetten çıkarma alternatifidir. DECON faaliyetlerinin yaklaşık 9 yıl (veya daha küçük tesisler için daha kısa bir süre) sürmesi öngörülmektedir. DECON operasyonlarının tesis kapatıldıktan sonraki birkaç yıl içerisinde tamamlanması beklendiğinden çalışanların radyasyona maruz kalma potansiyeli, çalışmaları geciktirerek veya daha uzun bir süreye yayarak radyoaktif azalmaya imkan tanıyan hizmetten çıkarma yöntemlerine göre genelde daha yüksektir. DECON, diğer hizmetten çıkarma yöntemlerine göre daha maliyetli olup daha geniş bir radyoaktif atık depo alanı tahsis edilmesini gerektirir. DECON'un başlıca avantajı sahanın kısa sürede kullanıma hazır olmasıdır. DECON fiilen dört çalışma dönemini kapsamaktadır: i) kapatma öncesi planlama ve mühendislik, ii) santral deaktivasyonu ve depolamaya ilişkin hazırlıklar, iii) santralde güvenli depolama ve aynı zamanda kullanılmış yakıt havuzunda havuz envanteri sıfırlanana kadar sürdürülen operasyonlar, iv) santralin radyoaktif bölümlerinin dekontaminasyonu ve sökülmesi ve böylece lisansın sona erdirilmesi.

İkinci alternatif olan SAFSTOR (stabilize edilmiş ve yakıtın boşaltıldığı tesiste bir güvenli depolama döneminin ardından nihai dekontaminasyon/sökme işlemi ve lisansın sona erdirilmesi), nükleer tesisin, tesisteki radyoaktif komponentlerin güvenli bir şekilde depolanmasına imkan tanıyacak bir koşulda korunduğu ve akabinde gerçekleştirilen dekontaminasyonların serbest kullanıma izin verecek düzeylerde olduğu bir hizmetten çıkarma yöntemidir. SAFSTOR'un ilk üç aşaması DECON ile birebir aynıdır. Dördüncü aşama, reaktör depolama havuzunda yakıtın olmadığı uzatılmış (50 yıllık) güvenlik depolaması ve beşinci aşama ise tesisin radyoaktif bölümlerinin dekontaminasyonu ve sökülmesidir. Radyoaktif veya kontamine olmuş malzemelerin dekontamine edilmesi ve denetim altındaki bir imha tesisinde imha edilmesi gerekmektedir. Kalıntı radyasyon kabul edilebilir düzeylere geldikten sonra lisans sona erdirilecek ve tesis serbest kullanıma açılabilecektir. NRC lisansının sona erdirilmesinin ardından, radyoaktif olmayan tesislerin demonte edilmesi veya yıkılması tesis sahibinin takdirine göre gerçekleştirilecektir. SAFSTOR'un amacı kamu emniyetini maksimum düzeye çıkarmak ve başlangıçta zaman, radyasyona maruz kalma ve atık imha kapasitesine yönelik taahhütlerinin minimum düzeye indirmektir. SAFSTOR aynı alanda işleyen başka nükleer tesislerin olmadığı veya radyoaktif

atık imha kapasitesinde eksiklik olduğu durumlarda da avantaj sağlayabilir. SAFSTOR'un dezavantajları sahanın uzun bir süre boyunca başka kullanıma uygun olmamasıdır; nihai dekontaminasyon tamamlanıncaya kadar bakım ve gözetim gerekir; ve dekontaminasyon zamanında (tesisin kapanmasından sonra 60 yıla kadar) tesisi tanıyan personelin sayısı azdır veya sıfırdır.

Üçüncü alternatif olan ENTOMB'da (yüksek düzeyde aktive edilmiş reaktör kazanının iç bölümlerinin hemen çıkarılması ve kalan radyoaktif bulaşmış malzemelerin yerinin daha sonra sızdırmaz şekilde kapatılacak olan reaktör korunak binasına taşınması) radyoaktif kontaminantlar beton gibi dayanıklı bir malzemenin içerisine gömülür. Gömülmüş olan yapı korunur ve radyoaktivitenin mülkün serbest kullanımına açılmasını imkan tanıyacak düzeyde bozunana kadar gözetilmesi gerekir. ENTOMB beş ayrı çalışma aşamasını da kapsamaktadır: başlangıçtaki üç aşama DECON'daki aşamalarla birebir aynıdır. Dördüncü aşamada gömme işleminin hazırlıkları yapılır ve bütün radyoaktif malzemeler korunak binası içerisinde konsolide edilerek gömülür. Beşinci aşamada gömülerek depolanan malzemeler 60 ila 300 yıl arasında değişen uzun bir süre boyunca gömülerek depolanır. ENTOMB, artık radyoaktivitenin makul bir zaman içerisinde (100 yıl) tesisin sınırsız kullanıma açılmasını sağlayacak düzeylerde kullanıma yöneliktir. Ancak, nükleer reaktörlerde üretilmiş olan birkaç radyoaktif izotop, tesislerin insan yapımı olan herhangi bir yapının öngörülebilir bir ömrü içerisinde sınırsız kullanıma açılmasını önleyen uzun yarılanma dönemlerine sahiptir. Ayrıca, ENTOMB alternatifinin kullanımı, radyoaktif malzemelerin uzun bir dönem boyunca "geçici" depolanmasına odaklanan tesislerin sayısındaki artışla ilişkili sorunlara katkıda bulunmaktadır.

Nükleer enerji santralleri 40 ila 60 yıl arasında bir çalışma süresi için tasarlandığından (daha eski tesisler yaklaşık 30 yıllık bir süre için tasarlanıyordu) hizmetten çıkarma proje onayında ve planlama aşamalarında tam ilgi görmeyen bir sorundur. Ancak, her bir tesis eninde sonunda hizmetten çıkarma işlemiyle yüzleşecektir ve bununla ilgili ekonomik ve sosyal maliyetler çok yüksek çıkabilir.

ABD'de hizmetten çıkarma maliyetlerinin (1998'daki dolar değeriyle) reaktör başına ortalama 325 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir. Fransa'da 70 MW'lık bir enerji santrali olan Brennilis nükleer tesisin hizmetten çıkarılmasının maliyeti şimdiden (başlangıçtaki maliyet tahmininden 20 misli daha yüksek olan) 480 milyon Euro'yu bulmuştur ve 20 yılın ardından halen askıdadır. Sökme işleminin sağlanması için yapılan büyük yatırımlara rağmen son derece zararlı radyoaktif elementler civardaki göle sızmıştır.[2] Almanya'da, 100 MW'lık bir enerji santrali olan Niederaichbach nükleer tesisinin hizmetten çıkarılması 143 milyon Euro'yu aşmıştır. İngiltere'de, 32 MW'lık küçük bir enerji santrali olan Windscale nükleer tesisi maliyeti ise 117 milyon Euro olmuştur. Diğer hizmetten çıkarma örnekleri Tablo3'te gösterilmiştir.

Bu örnekler, Greenpeace'in santralin hizmetten çıkarıldığı dönemin reaktörün çalışma ömründen iki misli daha uzun olabileceği ve rutin hizmetten çıkarma maliyetlerinin kilovat başına 1000 doları bulduğu yönündeki iddiasına prim vermektedir (Greenpeace 2009). Aslında, Greenpeace'in endişesi başka birçok kişi tarafından paylaşılmaktadır ve ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu'nun 2011 Raporu'nda vurguladığı gibi, hizmetten çıkarmayla ilgili alınabilecek temkinli ve sağlam bir önlem bir nükleer santral operatörünün, nükleer tesis işlemeye

2- http://en.wikipedia.org/wiki/Brennilis_Nuclear_Power_Plant

başlamadan önce, tesisin nihai hizmetten çıkarılma işleminin karşılanması için yeterli para olmasını sağlayacak (örneğin bir vakıf fonu veya ana şirketin sağladığı bir garanti gibi) bir finansal mekanizmayı oluşturması veya elde etmesini gerektirmesidir.

Tablo 2 : Zaten Hizmetten Çıkarılmış veya Hizmetten Çıkarılma Sürecinde Olan Nükleer Tesisler

Ülke	Lokasyon	Reaktör türü	Çalışma süresi	Hizmetten çıkarılma aşaması	Sökme masrafları
Kanada (Québec)	Gentilly-1	CANDU-BWR 250 MWe	180 gün (1966 -1973 arasında)	1986'dan beri"statik durumda"	İkinci aşama: $ 25 milyon
Kanada (Ontario)	Pickering NGS A2 ve A3 Birimleri	CANDU-PWR 8 x 542 MWe	30 yıl (1974'ten 2004'e kadar)	İki birim halihazırda "cold standby" durumunda 2012'de hizmetten çıkarılacak	$ 270–430/kWe
ABD	Fort St. Vrain	HTGR (helyum-grafit) 380 MWe	12 yıl (1977–1989)	İvedi Decon	$ 195 milyon
ABD	Rancho Seco[7]	Çoklu birim: PWR 913 MWe	12 yıl (1989'daki bir referandumun ardından kapatıldı)	SAFSTOR: 5–10 yıl 2018'de tamamlanacak	$ 200–500/kWe)
ABD	Three Mile Island 2	Çoklu birim: 913 MWe PWR	KAZA: çekirdek birleşmesi (1979'da)	Yakıt Boşaltma Sonrası Faz 2 (1979)	$ 805 milyon (tahmini)
ABD	Shippingport	(İlk BWR) 60 MWe	25 yıl (1989'da kapatıldı)	Decon tamamlandı 5 yılda söküldü (ilk küçük deneysel reaktör)	$ 98,4 milyon
ABD	Trojan	PWR 1.180 MWe	16 yıl (Sismik hatta yakın olması nedeniyle 1993'te kapatıldı)	SAFSTOR: (soğutma kulesi 2006'da yıkıldı)	
ABD	Yankee Rowe	PWR 185 MWe	31 yıl (1960–1991)	DECON TAMAMLANDI – Yıkıldı (yatırım alanı ziyaretçilere açık)	$608 milyon; bunun $8 milyonu yıllık bakım masrafına harcanıyor
ABD	Maine Yankee	PWR 860 MWe	24 yıl (1996'da kapandı)	DECON TAMAMLANDI-2004'te yıkıldı (yatırım alanı ziyaretçilere açık)	$ 635 milyon[
ABD	Connecticut Yankee	PWR 590 MWe	28 yıl (1996'da kapandı)	Decon -2007'de yıkıldı (yatırım alanı ziyaretçilere açık)	$ 820 milyon
ABD	Exelon - Zion 1 & 2	PWR - Westinghouse 2 x 1040 MWe	25 yıl (1973 – 1998) (İşlemlerde kaza gerçekleşti; vaporizatörlerin değiştirilmesinin aşırı yüksek maliyeti nedeniyle terk edildi)	Safstor-EnergySolutions (tesis 2018'de ziyaretçilere açılacak)	$ 900–1,100 milyon (2007 dolar

http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_decommissioning

Doğal olarak hizmetten çıkarma işleminin yalnızca finansmanına önem vermek hizmetten çıkarmayla ilgili birçok riski ortadan kaldırmaz. Şekil 2 bir nükleer tesis hizmetten çıkarıldığında karşılaşılacak riskleri ve bu risklerin en yüksek düzeyde olabileceği dönemleri göstermektedir.

Atık yönetimiyle ilgili olan ve güvenlik veya radyasyon korumasını ilgilendiren riskler (atık depo sahalarının ve radyasyon yayan atık depolarının sayısındaki ciddi artışlar) büyük miktarda atığın üretildiği aşamalarda ve dolayısıyla da hizmetten çıkarma aşamasında mevcuttur.

Tesisin çalışması süresince mevcut olan riskler hizmetten çıkarma işlemleri ilerledikçe değişir. Reaktörün kritik seviyeye ulaşması gibi bazı riskler kısa sürede ortadan kalksa da, radyasyon korunması (korunak bariyerlerinin kademeli olarak kaldırılması) veya (çok sayıda yüklenicinin birlikte çalışması, yüklerin düşmesi, yüksekte çalışma gibi) konvansiyonel güvenlik riskleri giderek önem kazanmaktadır. Aynı durum yangın veya patlama riski (yapıları keserken kullanılan "hot spot" tekniği) ve örneğin insan ve (işletme aşamasıyla ilgili organizasyon değişiklikleri, harici yüklenicilere sık sık güvenme gibi) organizasyonla ilgili faktörler için de geçerlidir.

Şekil 2: Hizmette Çıkarma Süresince Karşılaşılan Başlıca Riskler

Nükleer reaktörlerin hizmetten çıkarılması işlemi genelde 10 yıldan fazla sürer. Ancak söz konusu işlem genelde birkaç on yıl süren bir faaliyet süresini takip eder. Bunun sonucunda, nükleer tesislerin bütün tasarım ve işletmesine ilişkin belleğin yitirilme risk çok yüksektir. Özellikle daha eski tesislerin tasarım ve faaliyetlerinin izlenebilirliği her zaman istenilen düzeyde kapsamlı ve güvenilir olmadığından, faaliyet aşamasında yer alan personelin bilgi ve anılarını toplayıp ayrıntılarıyla belgelendirmek çok önemlidir. Hizmetten çıkarma işlemlerinin uzunluğu bazı ekipmanların (örneğin elektrik veya izleme şebekesinin) eskimesiyle bağlantılı

riskleri dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır. İşlemlerde varılan aşamaya bağlı olarak, kısmen sökülmüş yapıların potansiyel dengesizliğiyle ilişkili risklerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Tesisin fiziksel durumunda ve mevcut risklerde bazen meydana gelen hızlı değişiklikler tesis gözetim araçlarının daima yeterli ve uygun olmasını sağlama sorununu gündeme getirir. Genelde, merkezi izleme ve gözetim sistemlerinin potansiyel risk kaynaklarına mümkün olduğunca yakın konumlandırılmış olan "saha" radyasyon izleme veya yangın tespit cihazları gibi başka çok daha uygun kaynaklarla geçici veya daimi olarak değiştirilmesi şarttır. Tesisin hızlı ve belirgin şekilde değişen durumunun gözetiminin uygunluğu kontrol etmek zor bir işlemdir ve tehlikeli bir durumun başlangıcı tespit edememe riski son derece yüksektir.

Türkiye'de, hizmetten çıkarma ve tüketilen yakıtın depolanması/çıkarılmasıyla ilişkili riskler de doğrudan işletmecinin sorumluluğu altındadır. Bu riskleri minimuma indirgemeye yönelik ayrıntılı ve uzun vadeli plan ve prosedürler ve ilgili acil durum planlarının hazırlanıp bütün paydaşların bunlarla ilgili hemfikir olması gerekmektedir. Söz konusu plan ve prosedürler, spesifik hizmetten çıkarma aşamalarıyla net bir şekilde ilişkili olmalı, uzun vadeli tehlikeli/radyoaktif madde depoları/atık sahalarının büyüklüğü ve yerini belirlemeli ve bunların uzun vadeli korunmasını ve kontrol edilebilirliğini garantilemelidir.

Ancak, şu noktada hizmetten çıkarma ve ilgili risk azaltma önlemlerinin finansmanına yönelik planların yeterliliği konusundaki belirsizlikler devam etmektedir. Türkiye ve Rusya arasındaki hükümetler arası anlaşma, işletmecinin bütün hizmetten çıkarma karar ve çabalarından sorumlu olduğunu ve söz konusu çabaların fonlanması için (geliştirilecek ve işletilecek nükleer tesisten) satılan elektrikten kWh başına 0,0015 dolar ayrılacağını belirtmektedir. İzlenecek hizmetten çıkarma stratejileri, belirgin hizmetten çıkarma aşamaları ve/veya hizmetten çıkarmayı tetikleyici ilgili mekanizmaların zamanlaması ve ilgili maliyet tahminleri ve acil durum planları halen daha kapsamlı bir şekilde ele alınması gereken alanlardır.

4.5 Tüketilmiş Yakıtın Depolanması/Kaldırılmasına İlişkin Riskler

Fukushima kazasının da gösterdiği gibi, net bir şekilde tanımlanabilen diğer risk alanları tüketilen yakıtın yönetimiyle ilgilidir. Genel risk iki alt kategoriye bölünebilir. İlk alt kategori tüketilen yakıtın nükleer santral içerisinde veya yakınında geçici olarak depolanmasıdır. İkinci alt kategori, tüketilen yakıtı yeniden işleme (veya işlememe) kararını kapsayan tüketilen yakıtın uzun vadeli depolanmasıyla ilgilidir. Akkuyu örneğinde, uzun vadeli zorluk hükümetler arası anlaşmada tüketilen yakıtın Rusya'ya geri gönderilmesini öngören hüküm ile aşılmış gözükmektedir. Anlaşma, işletmecinin bütün tüketilen yakıtla ilgili depolanması ve ortadan kaldırılmasına dair faaliyetler ve dolayısıyla maliyetler ve risklerden sorumlu taraf olduğunu belirtmektedir. Nitekim, Rusya, dünyada tüketilen yakıtı daimi olarak geri alan tek ülkedir. Diğer ülkeler, tüketilen yakıtın yeniden işlenmesinden sonra ortaya çıkacak yüksek düzeyde toksik atıkları kaynak ülkeye geri göndermektedirler.

Akkuyu örneğinde ana risk tüketilen yakıtın nükleer tesis içerisinde veya yakınında geçici olarak depolanmasıdır. Diğer ilgili risk faktörleri arasında tüketilen yakıtın daimi olarak depolanacak ülkeye nakli bulunmaktadır. Daha da önemlisi, yerel tesiste geçici olarak depolanmış tüketilen yakıtın miktarı, süresi, yeri ve yöntemi ve bunun geçici depodan Rusya'daki nihai adrese nakledilme sıklığı, aracı ve yoluyla ilgili olarak ilgili acil durum planlarının halen ele alınması gerekmektedir.

Ancak, yukarıda belirtildiği gibi, Akkuyu nükleer santrali için Rusya ile yapılmış olan anlaşma tüketilen yakıtın yönetimine ilişkin risklerin ele alınması için şablon bir çözüm sunmaz. Diğer durumlarda, işletmeci, tüketilen yakıtın daimi olarak depolanmasını garanti edemeyecektir. Dolayısıyla, Türkiye'nin sivil nükleer enerji geliştirmeye yönelik iddialı bir programı uygulama hedefi, er ya da geç tüketilen yakıtın yönetimiyle ilgili kritik sorunların ele alınacağı bir ulusal bir strateji geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

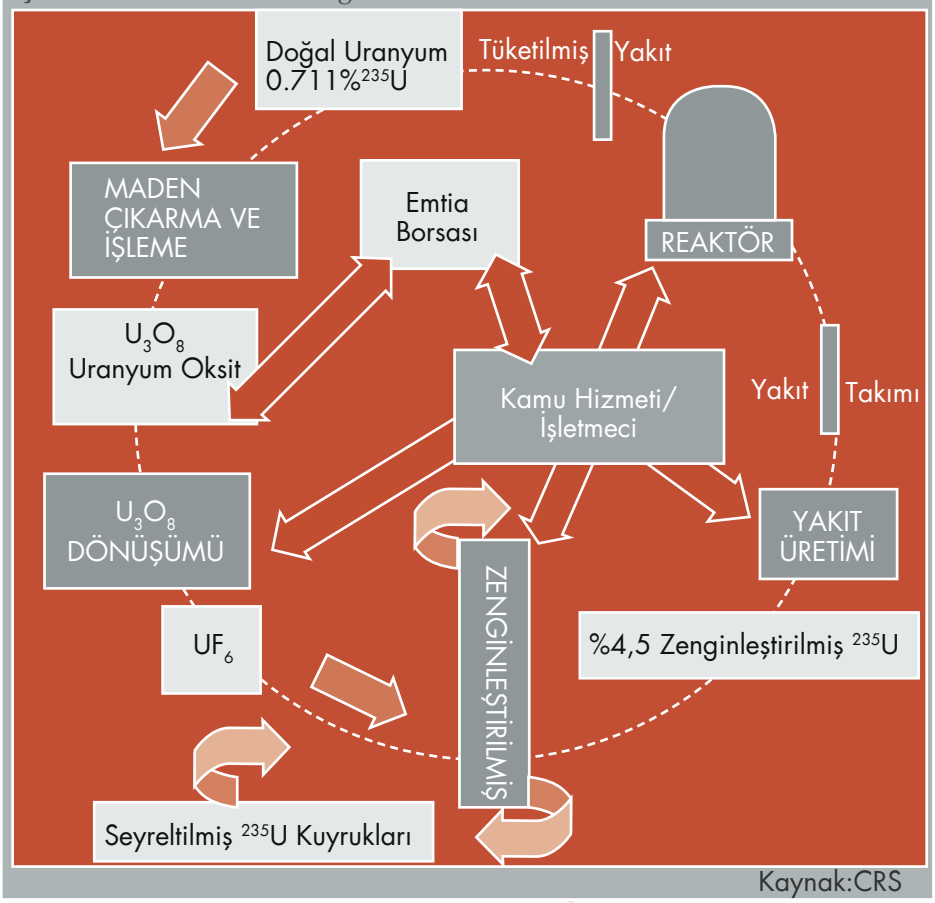
5 Stratejik Riskler

5.1 Tedarik Güvenliği Sorunları ve İlişkili Riskler

Tedarik Güvenliği, öncelikle, tesisin tasarım kapasitesinde sürekli, güvenli ve güvenilir bir şekilde çalıştırılması için gerekli olan uygun nükleer yakıtın yeterli düzeyde bulunabilirliği ile ilintilidir.

Nükleer yakıtın üretilmesi zordur. Belli bir miktarda düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum uygun yerlerde stoklansa bile yakıtın uygun düzeyde zenginleştirilmesi/karıştırılması ve belirli bir nükleer reaktör için spesifik olarak üretilmesi gerekecektir. Uzmanlar, üretim tesisinin (hiçbir bekleme süresi olmadan) hemen hazır olması ve düşük derecede zenginleştirilmiş uranyumun (LEU) reaktör için gereken niteliklere zaten sahip olması durumunda bile, zenginleştirmeden nihai yakıt çubuklarının imalatı aşamasına kadar geçecek olan zaman neredeyse bir yıl sürebileceğine işaret etmektedir (kavramsal nükleer yakıt döngüsünün şematik çizimi Şekil 3'de sunulmuştur). Daha da muhtemel bir senaryoya göre, bu süre bazı durumlarda iki yıl veya daha uzun bir zaman alabilir. Dolayısıyla, yalnızca zenginleştirilmiş uranyumla sınırlı tedarik güvence programları gerekli olmakla birlikte bunlar yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, yakıt üreticileri uzmanlaşma eğilimindedir ve alternatif yakıt takımı üreticileri optimum performans açısından muhtemelen daha düşük kalitede takımlar üretecek belirli bir "yakıt takımı" (nihai ürün) sunmaya yetkili bile olmayabilir. Bu durum, işletmecilerin, yakıt stok envanterini koruyarak, siparişlerde uzatılmış teslim sürelerini kullanarak ve (mümkünse) bazı alternatif kaynakları temin ederek ticari ve siyasi yakıt risklerini yönetmelerinin önemini vurgulamaktadır (Decker ve Kerjan 2007).

Şekil 3: Nükleer Yakıt Döngüsü



Buna rağmen, birçok uzman mevcut piyasa düzenlemelerinin nükleer yakıt endüstrisinin bütün yönlerinin tedarikinde çok yüksek bir güvenlik standardı sunduğunu belirtmiştir. Endüstrinin geçmişinde elektrik üretiminde kayba neden olacak bir tedarik kesintisi hiçbir zaman olmamıştır. Son yıllardaki birkaç büyük kesinti durumlarının hepsi konvansiyonel piyasa mekanizmalarıyla çözülmüştür (Dünya Nükleer Birliği, 2006).

Geçmişteki bu mükemmel performansın başlıca nedeni, nükleer reaktörlerin 12-18 ay boyunca yeniden yakıt almadan çalışmaları (durmadan önce aylar boyunca elektrik tedarik etmeleri) ve taze yakıt sevkiyatının gecikmesi durumunda, bir reaktörün programlanan kapatma zamanından 2-6 ay sonrasında kademeli olarak daha düşük bir güçte hala çalışabilmesidir. Buna ek olarak, nükleer enerji santrali işletmecileri genelde yakıt ikmali yapmadan birkaç ay önce yeniden tam yakıt alırlar ve tedarik zincirinde işlenmekte olan malzemenin yakıt tedarik envanterleri gereksinimi aylarca karşılayacak düzeyde olur. Dolayısıyla, nükleer enerji santralleri konvansiyonel rakiplerine kıyasla çok daha bağımsız ve esnek bir elektrik üretimine sahiptir (Euratom Supply Agency, 2005).

Buna paralel olarak, nükleer yakıtın tedarik güvenliğine ilişkin endişeler yeni bir konudur. Bu yeni endişenin başlıca nedenlerinden biri doğal uranyumun birincil üretiminin dünya talebinin yalnızca %60'ını karşılıyor olması ve kalan bölümün de geçmişteki üretimden (envanterlerden ve silahların sökülmesinden) ve zenginleştirme sürecinden atık kalan uranyumun yeniden zenginleştirilmesinden elde ediliyor olmasıdır (Euratom Supply Agency, 2005).

2005'te, farklı hükümetlerin önerilerini özetleyip raporlamak ve ülkelere sivil nükleer yakıt tedariki güvencesi sağlayacak ve nükleer silahların yayılmasının önlenmesini garantileyecek bir çözüm sunmak amacıyla IAEA tarafından bir

uzman grubu oluşturulmuştur (International Atomic Energy Agency, 2005).O tarihten beri, garanti edilen nükleer yakıt tedarikinin farklı yönleriyle ilgili, IAEA himayesinde düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum (LEU) stoklarının oluşturulmasından, nükleer endüstri ve ilgili hükümetler tarafından sunulan güvenceler ile uluslararası uranyum zenginleştirme merkezlerinin oluşturulmasına kadar uzanan çeşitli öneriler getirilmiştir

ABD, Fransa, Almanya, Rusya, İngiltere ve Hollanda'dan oluşan altı Devlet, bir tedarikçinin teslimatının nükleer silahlarına yayılması endişeleriyle bağlantılı olmayan siyasi nedenlerden dolayı kesilmesi durumunda kalan zenginleştiricilerin kesinti çözüme kavuşturulana kadar ikame mal kaynağını toplu olarak güncel piyasa fiyatından sunmasını öngören bir zenginleştirilmiş uranyum ikmali güvencesi önermiştir. Bazı uzmanlar başlıca zenginleştiricilerin güvenceyi yedeklemek üzere bir miktar zenginleştirilmiş yakıt ayırmalarını tavsiye etmiştir.

2 Aralık 2010 tarihinde, ilk uluslararası nükleer yakıt deposu Sibirya Angarsk'taki bir uranyum zenginleştirme tesisinde hizmete alınmıştır. Yakıt bankasında, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın onayı ve gözetimi altında, 120 ton düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum bulunmaktadır.

Ancak, güvencelere uygun olmak için ülkelerin zenginleştirme ve yeniden işlemeden ne derece vazgeçeceği net değildir. Ayrıca, bu gibi "yakıt bankalarından" gelecek nükleer yakıt ikmaline ilişkin "uygunluk kriterleri" çok net olmayıp, IAEA tarafından oluşturulan aşağıdaki bir dizi örnek kriter tarafından da gösterildiği gibi, bunlar siyasi değerlendirmelere açıktır (IAEA Yönetim Kurulu, 2010).

> *Başvurulacak son çare olarak, LEU yalnızca aşağıdaki durumda olan bir Üye Devlete temin edilmelidir;*
>
> *a. Bulunabilirliği ve/veya transfer edilebilirliği etkileyen istisnai durumlardan dolayı bir nükleer enerji santraline yönelik LEU ikmalinde kesinti yaşayan ve LEU'yu ticari piyasadan, Devletler arası düzenlemelerden veya buna benzer başka bir yoldan temin edemeyen bir Üye Devlete;*
>
> *b. Hakkında, en son Güvenlik Tedbirleri Uygulama Raporu'nda (SIR) Ajansın vardığı sonuca göre deklare edilmiş nükleer malzemede herhangi bir sapma olmadığı ve o ülkedeki güvenlik tedbirlerinin uygulanmasına ilişkin Kurumun Yönetim Kurulu tarafından değerlendirilen hiçbir sorunun olmadığı Üye Devlete;*
>
> *c. Güvenlik önlemlerinin bütün barışçıl nükleer faaliyetlerine uygulanmasını öngören ve güvenlik önlemlerinin IAEA LEU bankası tarafından tedarik edilen LEU'ya uygulanmasını gerektiren kapsamlı bir güvenlik önlemleri anlaşmasını uygulama koyan Üye Devlete;*
>
> *d. Genel Müdürün Üye Devletin yukarıda (a), (b) ve (c) bentlerinde listelenen kriterleri yerine getirdiği sonucuna vardığı Üye Devlete.*

Yukarıdaki bilgilerin ışığında, sağlam bir nükleer yakıt tedarik güvencesi, üç kademe garantiden oluşan "derinlemesine garanti" kavramını yansıtmalıdır (World Nuclear Association, 2006).

- Düzey I: Küresel piyasa tarafından sağlanan temel tedarik güvenliği. Tedarikçilerle makul fiyat düzeylerinde çeşitlendirilmiş ve uzun vadeli iş ilişkileri geliştirmek bu kademenin ayrılmaz bir parçasıdır. Buna ek olarak, işin "uzun vadeli" kısmı da önemlidir, çünkü, bu, tedarikçilerinin yeni yatırımlar konusunda karar vermelerini ve/veya kendi tedariklerinin görünürlüğünü ve devamlılığını garanti altına almalarını kolaylaştırır.
- Düzey II: Zenginleştiricilerin tarafından sunulan, IAEA üyesi ülkeler ve IAEA tarafından desteklenen toplu garantiler (bunlar, zenginleştirici ile müşteri Devlet arasında ikili siyasi nedenlerden dolayı normal ticari arzın kesilmesi durumunda uygulanacaktır).
- Düzey III: Ülkelerin zenginleştirilmiş uranyum ürünü (EUP) stokları (bunlar, zenginleştiricilerin Düzey II'de öngörülen tedarik taahhütlerini yerine getirmeme yönündeki düşük ihtimalde son çare olarak kullanılacaktır).

Acil durum veya yedeklemeye ilişkin düzenlemelerin ya da tedarik garantisi düzenlemelerinin piyasadaki mevcut düzenlemelerin başarısız olması durumunda son çare olarak kullanılması ve pazardaki malların ikamesi olarak kullanılmaması gerektiği vurgulanmalıdır. Buna ek olarak, acil durum veya yedekleme ya da tedarik garantisi düzenlemelerinin tetiklenmesinin, ancak pazarda nükleer silahların yayılmasının önlenmesine ilişkin sorunların haricinde bir nedenden dolayı vuku bulan bir siyasi kesinti durumunda etkili olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle, müşteri Devletin kendi nükleer yakıtını üretme yönündeki tek taraflı çabasının tedarik garanti sisteminin ilk iki kademesine zarar vermesi muhtemeldir.

Akkuyu örneğinde, gerekli yakıtı sağlamak ve tedarik güvenliğini sağlamak doğrudan Rus işletmecinin sorumluluğudur. Ancak, özellikle güç kaynağı kesintileri ve operasyonel devamlılık açısından, bu gibi risklerin gerçekleşmesi kamuyu etkileyecektir. Dolayısıyla, bu riskleri minimuma indirgemeye yönelik ayrıntılı ve uzun vadeli plan ve prosedürler ve ilgili acil durum planlarının hazırlanıp bütün paydaşların bunlarla mutabık kalması gerekmektedir. Söz konusu plan ve prosedürler, tedarik kaynaklarını, muhtemel yedekleme opsiyonlarını ve hedeflenen stok düzeylerini net bir şekilde belirlemelidir. Gereken yakıtın bir kısmını veya hepsini hemen veya gelecekte üretme planı varsa, söz konusu planın zamanlama, yatırım, ekipman, teknik bilgi ve test ihtiyaçlarıyla ilgili ayrıntıları ve IAEA'nın onayını/tasdikini almaya yönelik plan ve prosedürleri sunmalıdır. Ayrıca, ilgili düzenleyici kuruluşları yakıt stok hedeflerine uyulduğundan emin olmak için işletme dönemi boyunca düzenli denetimler gerçekleştirebilmelidir.

5.2 Terör Riskleri

Nükleer santrallerde bir terör saldırısını önlemek, buna direnmek ve gerekirse bunun etkilerini azaltmak üzere zaten kapsamlı önlemler alındığı dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, teoride, nükleer santraller, muhtemelen başarısız olacak saldırılar gerçekleştirmeye isteksiz olan sofistike teröristler için cazip olmayan hedefler olarak görülmelidir. Ancak, nükleer santraller aynı zamanda kamuoyu tarafından son derece iyi bilinen tesislerdir ve toplum bunların zarar görmemesi konusunda son derece duyarlıdır. Dolayısıyla, en küçük hasar veya bu yönde en küçük çaba büyük bir dikkat çekecektir. Bu özellik, anılan tesislerin terör saldırılarına hedef olma açısından cazibelerini büyük oranda artırmaktadır. Öte yandan, nükleer tesislerin terör saldırısına karşı dayanıklılıklarını azaltan bazı tasarım hatalarına geçmişte işaret edilmiş ve yetkililer teröristler tarafından kullanılabilecek hassas bilgilerin açığa çıkmasını engellemek için zaman zaman haber ambargoları getirilmesini talep etmişlerdir.

Terör Riskleri arasında aşağıdakiler unsurlar yer almaktadır,

- Patlayıcı veya yanıcı malzeme, kimyasal ve/veya biyolojik maddeler taşıyan uçak, helikopter, kamyon, araba veya hızlı botlarla tesise veya kullanılmış yakıt/atık depolama alanlarına çarpma girişimleri;
- Tesise veya kullanılmış yakıt/atık depolama alanları ya da elektrik hatlarına yönelik füze veya bomba saldırıları;
- Tesis sahasında veya binaların dış yüzeyinde patlayıcı, yanıcı madde ya da kimyasal veya biyolojik madde yerleştirme ve patlatma girişimleri;
- Tesise sızarak tesis içerisinde veya kullanılmış yakıt/atık depolama alanlarında patlayıcı veya yanıcı madde yerleştirme ve patlatma girişimleri;
- Tesise sızarak ekipmanlara ve/veya elektrik hatlarına zarar verme girişimleri;
- Radyoaktif madde çalma ve/veya radyoaktiviteyi yayma amacıyla içeri giren ya da dışarı çıkan radyoaktif/toksik malzemelerinin nakliyesini önleme girişimleri;
- Güç iletim sistemini sızarak ekipmanlara ve/veya elektrik hatlarına zarar verme girişimleri;
- Siber saldırılar (bir kazaya neden olmak üzere öncelikle santralin kontrollerini uzaktan ele geçirip manipüle etmeye yönelik girişimler).

Yukarıda listelenen girişimler, küçük veya büyük harici ekiplerini, intihar bombacılarını, içeriden destek veren kişileri, ağır ekipmanları ve küçük veya kapsamlı askeri stilde eğitimi kapsayabilir.

Bu noktada, nükleer enerji santrallerinin fiziksel güvenliğinin ve bunların kasıtlı terör eylemlerine karşı savunmasızlığının 11 Eylül 2001'deki saldırıların ardından bir emniyet endişesi haline geldiği vurgulanmalıdır. Nükleer güç santralleri, kasırga, deprem ve diğer ekstrem olaylara dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak, Dünya Ticaret Merkezi ve ABD Savunma Bakanlığı binası Pentagon'a çarpan uçaklar gibi yakıtla dolu büyük uçakların kasıtlı saldırıları, üçüncü nesil reaktörler bile dahi, bugünkü reaktörlerin tasarım gereksinimleri belirlenirken dikkate alınmamıştı. 10 Eylül 2002'de Arap televizyon kanalı Al-Jazeera'da

banttan gösterilen bir röportajda El Kaide'nin 2001'de saldırılacak yerler listesinde başlangıçta bir nükleer santrali de dahil etmeyi planladığına dair bir ifade yer almıştı. Havadan bir saldırının bir nükleer santralin veya bir kullanılmış yakıt deposunun korunaklı yapısına girmesi durumunda bir erimenin meydana gelmesi veya kullanılmış yakıt sıcaklığının artması ve radyasyon yayılması imkansız değildir (Holt ve Andrews 2007,Martin 2000).

Bir uçak kazası, sel, terör saldırısı veya, Fukushima'da olduğu gibi, enerji tedarikinin kesilmesi bir nükleer enerji santralinde böyle bir kazaya neden olabilir. Dolayısıyla, Avrupa Komisyonu, doğal ve insan kaynaklı tehlikeleri kapsayan, uçak çarpmaları ve terör saldırılarının etkilerini de içeren stres testi olarak adlandırılan kapsamlı testlerin yapılmasını öngörmüştür. AB'deki 143 nükleer enerji santralinin hepsi AB genelindeki kriterler kullanılarak yeniden değerlendirilecektir (Avrupa Enerji Komisyonu).

Bu risklerin çoğu nükleer tesis yatırımcısı, işletmecisi, sigortacısı ve Devletler tarafından paylaşılmaktadır. Geliştirici ve işletmeci öncelikle tesis alanının emniyet ve güvenliğinden sorumludur. Kamu, uçak, helikopter, kamyon, araba çarpmaları, füze ve uzun menzilli bomba saldırılarına karşı koruma sağlamak, izinsiz grupların tesise yaklaşmalarını önlemek ve tesisten emniyet desteğine yönelik çağrılara yanıt vermekle sorumludur. Kamu, terör risklerinin indirgeme konusunda doğrudan sorumlu olduğundan bu riskleri minimuma indirgemeye yönelik ayrıntılı ve hassas plan, teknik rehber ve prosedürlerin ve ilgili beklenmedik durum planı, ve acil durum ve toparlanma planlarının hazırlanıp bütün paydaşlarla bu konuda mutabakat sağlanmalıdır.

Kamu ile ilgili olarak, söz konusu rehber, prosedür ve planlar net bir şekilde şunları kapsamalıdır;

i) Tesis etrafında uçuşa yasak bölge/teknelere yasak bölge, kısıtlı uçuş bölgesi/tekne bölgesi ve bunların nasıl izleneceği ve uygulanacağı ve gerektiğinde bunlara nasıl müdahale edileceğine dair bilgiler; izleme ve müdahale etme kapasitesi, insanlı veya insansız küçük, hızlı, alçaktan uçan araçlar ve hızlı tekneleri de dahil etmelidir;

ii) Tesis etrafındaki kısıtlı araziler ve yollar ve bu kısıtlamaların nasıl izleneceği ve uygulanacağı ve gerektiğinde bunlara nasıl müdahale edileceğine dair bilgiler;

iii) Yakında bulunan ve tesisle bağlantılı güvenli iletişim hatlarının olduğu bir komuta ve iletişim merkezi, yeterli emniyet ekipmanı ve personel (silahlı taktik kuvvetleri dahil) hemen bulunmaya ve dağıtılmaya hazır olan, güvenli bir şekilde stoklanmış malzemeler;

iv) İçeri giren radyoaktif yakıtın ve dışarı çıkan radyoaktif/toksik atıkların ve kullanılmış yakıtın nakliyesinde emniyet desteğinin sunulması;

v) Tesisten 15 km. uzaklığa kadar bulunan civar halkının kısmen veya tam olarak tahliye edilmesine yönelik beklenmedik durum planları kapasitesi;

vi) Canlı eğitim programları ve alıştırmaları ve eğitim ve testlere dayalı simülasyon.

İşletmeciyle ilgili olarak, bu rehber, prosedür ve planların net bir şekilde aşağıdakileri kapsaması gerekmektedir;

i) Bomba, füze, uçak ve kamyon çarpmalarına dayanıklı dış kaplama ve kullanılmış yakıt/atık alanları;

ii) Kara araçları tarafından çarpma/araç bombalama girişimlerini yasaklama yönelik yol bariyer sistemi;

iii) Su yoluyla taşınan araçlara karşı koruma;

iv) Kontrol odasına özel ilgi (işletmecilerin, bir patlayıcı, biyolojik veya kimyasal saldırının ardından tesisi güvenli bir şekilde kapamalarını sağlamak için); örneğin, sıkı kapatma ve/veya filtreleme, ayrı ısı kontrolü, bağımsız solunum cihazı; kontrol odasının dışındaki bir yerden reaktörü kapatma kapasitesi;

v) İzinsiz girenleri tespit etmek ve kritik ekipmanların güvenli bir şekilde çalışmasını izlemek için ses, görüntü sistemleri ve diğer sistemler;

vi) Gizlenmiş patlayıcı ve/veya yanıcı malzemelerin tespit edilmesine yönelik ekipman ve hayvanlar;

vii) Emniyet ekibinin büyüklüğü, ekipmanları, malzemeleri ve kapasitesi (net tanımlanmış fiziksel uygunluk standartları, zorunlu testler için minimum kalifikasyon skorları ve iş başında eğitim gereksinimleri dahil);

viii) Rutin denetimlerin sıklığı ve içeriği;

ix) Tesis personeli üzerinde uygulanan kapsamlı taramalar ve dönemsel emniyet kontrolleri (tarama sürecine özgeçmiş kontrolü, psikolojik değerlendirme, uyuşturucu ve alkol taraması, sürekli davranış gözlemi dahildir);

x) Tüm ziyaretçiler emniyet kontrolü;

xi) Devletin komuta/emniyet merkeziyle güvenli iletişim;

xii) Güvenilir yedek enerji bulunabilirliği;

xiii) Kapsamlı acil durum yanıtı kapasitesi (özellikle ekipman hasar kontrolü, patlama, yangınla mücadele, eşgüdümlü kısmi veya tam tahliye, yedek iletişim, tıbbi kapasite);

xiv) Tesis içerisindeki duyarlı alanlara çok katmanlı, kontrollü ve kısıtlı erişim;

xv) İçeri giren ve dışarı çıkan bütün ikmal ve malzemelerin denetimi;

xvi) İçeri giren yakıt ve diğer kritik ikmallerin nakliye güvenliği (araç türü ve büyüklükleri, yetkililerle eşgüdüm ve talep edilen kapsama, program, rota ve ilgili iletişimlerin güvenliği);

xvii) Dışarı çıkan kullanılmış yakıt ve diğer radyoaktif/toksik atıkların nakliye güvenliği (araç türü ve büyüklükleri, yetkililerle eşgüdüm ve talep edilen kapsama, program, rota ve ilgili iletişimlerin güvenliği);

xviii) Dijital bilgisayar ve iletişim sistemlerinin ve güvenlikle ilgili şebekelerin siber saldırılardan nasıl korunduğunu anlatan güvenlik planları;

xix) Canlı eğitim programları, alıştırmaları ve eğitim ve testlere dayalı simülasyon.

Buna ek olarak, ilgili düzenleyici kuruluşlar, rehber, prosedür ve üzerinde hemfikir olunan planlara uyulduğundan emin olmak üzere, dönemsel denetimler gerçekleştirebilmelidir. Ayrıca, tesis alanıyla ilgili ulaşım ve iletişim bağlantıları muhtemel terör eylemlerine ivedilikle ek acil yanıt verilmesine imkan tanıyacak esnekliğe ve yedek kapasiteye sahip olmalıdır.

6 Türkiye'nin Nükleer Güçle İlişkili Güvenlik Risklerini Yönetme Kapasitesine İlişkin Değerlendirme ve Öneriler

Nükleer güç santrallerinin şu ana kadar tasarlanmış en sofistike ve karmaşık enerji sistemleri olduğu söylenebilir. 1979 yılında Three Mile Adası'nda olduğu gibi, bir arıza diğerine ve daha sonra bir dizi başka arızaya neden olarak reaktörün kalbi erimeye başlayabilir ve dünyanın en iyi eğitilmiş nükleer mühendisleri bile bunlara nasıl yanıt vereceklerini bilemeyebilir (Cooke 2009). Yakın geçmişte dünya, dünyanın teknolojik açıdan en gelişmiş ülkelerinden biri olan Japonya'nın Fukushima'daki nükleer kazayı önleyemediğine ve yönetemediğine şahit olmuştur. Nükleer güç santrallerinden çıkan atıklar yüzyıllar boyunca aktif kaldığından, nükleer enerji santrali kazaları küresel çevre ve kamu sağlığı açısından en yıkıcı tehditler haline gelebilir. Bunun sonucunda, nükleer enerji santrallerinin işletilmesi ağır riskler getirebildiğinden burada sofistike bir risk yönetimine ihtiyaç vardır. Nükleer risklerin doğru değerlendirilip güvenli bir şekilde yönetilmesi için de sofistike risk analizine ve yönetim tekniklerin kullanılmasına ve gerekli yüksek becerilere ve uzmanlıklara sahip insan kaynaklarına ihtiyaç vardır. Türkiye'nin güvenli bir şekilde nükleer enerjiye geçmesini sağlayacak gereksinimleri yerine getirme becerisiyle ilgili başlıca zorluklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İnsan kaynaklarındaki açık.

Geniş ölçekli bir nükleer enerji kapasitesini yönetme konusunda deneyimi olmayan bir ülke olarak, Türkiye'de halihazırda, özellikle güvenlikle ilgili sorunlar olmak üzere, devletin düzenleyici fonksiyonlarını etkin bir şekilde yürütecek insan kaynakları eksikliği vardır. Elbette bu sorun nükleer enerjiye geçiş birçok devlet için ortak bir sorundur. Bunun çözümü örneğin mesleki eğitim alanında IAEA ile çok daha yakın ve kapsamlı bir işbirliği gerektirecek uzun vadeli bir insan kaynaklarını geliştirme politikasını gerektirecektir. AB'nin TAIEX programı, ilgili düzenleyici kuruluşlar ve AB üyesi devletlerin nükleer makamları arasında eşleştirme programlarının yapılması için uygulanabilir. Ancak, kısa vadede, kamu en azından Akkuyu projesi için güvenlik ve güvenlik analizini üstlenmek üzere uluslararası uzmanlara başvurmaya karar verebilir.

- Düzenleyici Çerçevedeki Eksiklikler

Türkiye, nükleer enerji santrallerinin denetimi ve bu alandaki sorumlulukların net bir şekilde tanımlanması için yeterli derecede gelişmiş ve sofistike bir yasal ve düzenleyici çerçeveye sahip değildir. Nükleer güce geçişi gözetebilecek bağımsız bir düzenleyici kurum henüz oluşturulmamıştır. Aynı şekilde, nükleer enerji güvenliği sağlayacak etkin bir risk yönetimi sistemi henüz tam olarak kurulmamıştır.

Nükleer güce ilişkin mevcut düzenleyici yapı iki yasadan oluşmaktadır; 2690 sayılı ve 9 Temmuz 1982 tarihli Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu ve uygulama yönetmeliği. Türkiye'nin ilk nükleer enerji kanunu olan 5710 sayılı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ile Enerji Satışına İlişkin Kanun ("Nükleer Kanunu") 9 Kasım 2007'de yürürlüğe girmiştir.

Hem çok taraflı hem de ikili olmak üzere, çok çeşitli uluslararası anlaşmalar da bu bağlamda geçerlidir (TAEK). Türkiye 1980 yılından beri Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Anlaşması'na (NPT) taraftır ve 1957 yılından beri de Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na (IAEA) üye devletler arasında yer almaktadır. NPT dışında, Türkiye nükleer gücün barışçıl kullanımının çeşitli yönlerini düzenleyen Tablo 3'te sunulan çok taraflı anlaşmalara taraf bir devlettir. Kullanılmış Yakıt Yönetimi ve Radyoaktif Atık Yönetimi Emniyeti hakkındaki Ortak Anlaşmaya ilişkin onay süreci devam etmektedir.

Tablo 3: Türkiye'nin Taraf Olduğu Uluslararası Anlaşmalar

Başlık	Yürürlük Tarihi	Durum
Kuzey Atlantik Anlaşmasına Taraf Devletler Arasında Atom İlgili Malumat Sahasında İşbirliğine Dair Anlaşma ve Ekinin Tasdikine Ait Kanun	10 Eylül 1956	İmza: 22 Haziran 1955 Onay: 22 Haziran 1955
Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Şahıslara Karşı Hukuki Sorumluluğa İlişkin Paris Sözleşmesi	13 Mayıs 1961	İmza: 29 Temmuz 1960
Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Şahıslara Karşı Hukuki Sorumluluğa İlişkin Paris Sözleşmesi'ni Yenileyen 29 Temmuz 1964 Ek Protokolü	13 Haziran 1967	İmza: 28 Ocak 1964 Onay 13 Haziran 1967
Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu Ayrıcalıklar ve Dokunulmazlıklar Anlaşması (P&I)	26 Haziran 1978	Kabul: 26 Haziran 1978
28 Ocak 1964 tarihli Ek Protokol tarafından değiştirildiği şekliyle, Nükleer Enerji Sahasında Hukuki Mesuliyete Dair 29 Temmuz 1960 tarihli Protokol	23 Mayıs 1986	İmza: 16 Kasım 1982 Onay: 23 Mayıs 1986
Nükleer Malzemelerin Fiziksel Korunması Sözleşmesi (CPPNM)	8 Şubat 1987	İmza: 23 Ağustos 1983 Yayım Tarihi: 27 Şubat 1985
Nükleer Kaza Halinde Erken Bildirim Sözleşmesi (NOT)	3 Şubat 1991	İmza: 26 Eylül 1986 Onay: 3 Eylül 1990 Yayım Tarihi: 3 Ocak 1991
Nükleer Kaza veya Radyolojik Tehlike Durumunda Yardım Sözleşmesi (ASSIST)	3 Şubat 1991	İmza: 26 Eylül 1986 Onay: 3 Eylül 1990 Yayım Tarihi: 3 Ocak 1991
Nükleer Emniyet Sözleşmesi (NS)	24 Ekim 1996	İmza: 20 Eylül 1994 Onay: 8 Mart 1995
Viyana ve Paris Protokollerinin Uygulanmasına İlişkin Ortak Protokol (JP)	26 Haziran 2007	İmza: 21 Eylül 1988 Onay: 26 Mart 2007

Ayrıca, Türkiye halen, IAEA tarafından çıkarılan en son güvenlik standartları serisini kendi ulusal mevzuatına ekleyerek kendi nükleer mevzuatını oluşturma ve güncelleme aşamasındadır.

Tablo 4: TAEK Mevzuatı

Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük	19.12.1983 tarihli, 18256 sayılı RG[1]
Radyasyon Güvenliği Tüzüğü	07.09.1985 tarihli, 18861 sayılı RG
Özel Nükleer Malzemelerin Fiziksel Korunma Önlemleri Yönetmeliği	20.07.1979 tarihli, 16702 sayılı RG
Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	24.03.2000 tarihli, 23999 sayılı RG
Nükleer Maddelerin Sayım ve Kontrolü Yönetmeliği	10.09.1997 tarihli, 23106 sayılı RG
Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması	10.09.1997 tarihli, 23106 sayılı RG
Nükleer Güvenlik Danışma Komitesinin Kuruluş ve Çalışma Yöntemleri Yönetmeliği	10.09.1997 tarihli, 23106 sayılı RG
Araştırma Reaktörlerinde İşletme Organizasyonu, Personel Nitelikleri ve İşletici Personel Lisanslarına İlişkin Yönetmelik,	21.10.2005 tarihli, 25973 sayılı RG
Nükleer Tesislerin Emniyeti için Kalite Yönetimi Temel Gerekleri Yönetmeliği	13.09.2007 tarihli, 26642 sayılı RG
Nükleer Güvenlik Denetimleri ve Yaptırımları Yönetmeliği	13.09.2007 tarihli 26642 sayılı RG
Nükleer ve Nükleer Çift Kullanımlı Eşyaların İhracatında İzne Esas Olacak Belgenin Verilmesine İlişkin Yönetmelik	13.09.2007 tarihli, 26642 sayılı RG
Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği İçin Özel İlkeler Yönetmeliği	17.10.2008 tarihli, 27027 sayılı RG
Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği İçin Tasarım İlkeleri Yönetmeliği	17.10.2008 tarihli, 27027 sayılı RG
Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik	21.03.2009 tarihli, 27176 sayılı RG
Araştırma Reaktörlerinin Güvenliği için Özel İlkeler Yönetmeliği	17.02.2009 tarihli, 27144 sayılı RG
Araştırma Reaktörlerinde Olağandışı Olay Bildirim ve Raporlama Yönetmeliği,	17.02.2009 tarihli, 27144 sayılı RG
Araştırma Reaktörleri için Kayıt ve Raporlama Yönetmeliği	17.02.2009 tarihli, 27144 sayılı RG

TAEK Tarafından Onaylanan Düzenleyici Belgeler:

- Nükleer Güç Santrallerinde Yangından Korunma Kılavuzu
- Nükleer Güç Santrallerinin Tasarımında İnsan Kaynaklı Dış Olayların İlişkisine Dair Kılavuz
- Nükleer Tesislere Yer Lisansı ve Sınırlı Çalışma İzninin Verilmesinde Aranacak Deprem ile İlgili Konular Hakkında Kılavuz
- Nükleer Güç Tesislerinin Sismik Tasarım ve Kalifikasyonuna İlişkin Kılavuz
- Nükleer Tesislerin Güvenliği için Kalite Yönetim Sisteminin Oluşturulması ve Uygulanmasına İlişkin Kılavuz
- Nükleer Tesislerin Güvenliği için Belge ve Kayıtların Kontrolüne İlişkin Kılavuz
- Nükleer Tesislerin Güvenliği için Kabul Muayene ve Testleri Kılavuzu

- Teknolojik açık.

Akkuyu için seçilen reaktör modeli olan VVER-1200 dünyanın hiçbir yerinde daha önce işletmeye alınmamıştır ancak inşa halinde olanlar bulunmaktadır. Bunun farklı versiyonları halihazırda Rusya'daki iki yerde inşa edilmektedir. VVER-1200 bir üçüncü nesil teknolojisi olup dünyanın mevcut reaktör filosundan daha güvenli olarak görülebilir; ancak yalnızca kağıt üzerinde var olduğundan bu kanıtlanmamıştır. VVER-1200 daha eski VVER-1000 tipindeki reaktörlerden geliştirilmiştir. Birçok kanıtlanmamış özellik sunuluyor olduğundan, operasyonel bir performans geçmişiyle sahada güvenlik önlemlerinin tam olarak uygun olduğu gösterilmemiştir. Dolayısıyla, VVER-1200'ün tasarımı, inşaatı, hizmete sunulması, hizmetten çıkarılmasına ilişkin tatmin edici bir bilginin olmamasının yanı sıra, bunun güvenlik değerlendirmesini destekleyecek yeterli veri de yoktur. Bu belirsizlik güvenlik risklerinin artmasına neden olmakta ve güvenlik yönetimini çok daha zor kılmaktadır. Deneyim eksikliğine ek olarak belgelendirme eksikliği de mevcuttur. VVER-1200 için, güvenlik değerlendirmesini yapmak üzere gereken araçlar, gerekli güvenlik analizi bilgisayar kodları ve güvenlik marjları hakkındaki bilgileri sunan yöntemler tam olarak mevcut değildir. Bu araçlara, ayrıntılı teknik tarifleri içeren belgelere ve ön güvenlik analizine erişmeden VVER-1200 için güvenlik değerlendirmelerini düzgün bir şekilde yapmak mümkün değildir. Bu durum nükleer güvenlik değerlendirmelerinde önemli bir zaaf oluşturmakta ve dolayısıyla nükleer emniyetle ilgili riskleri arttırmaktadır.

- Kanıtlanmamış bir "Güvenlik Kültürü"

Kamunun, enerji alanındaki idareciler, düzenleyici kurum, geliştiriciler ve işletmecilerin her şeyden önce bir güvenlik kültürünü önceliklendirmeleri gerekmektedir. Güvenlik ve kalitenin, maliyet ve zamanlamadan daha yüksek önceliğe sahip olduğu aşağıdaki durumlarda kanıtlanmalıdır;

- Kalifiye alt yüklenici seçimi;
- Son teknoloji araç ve yöntemler;
- Belirlenen ihtiyaçlara tavizsiz uyum;
- Yönetici kadro tarafından denetimler.

Daha da önemlisi, nükleer enerjiyle ilgili her bir kurumun (düzenleyici, işletmeci, geliştirici, alt yüklenicinin) her bir düzeyinde yapıcı bir şüphecilik yaklaşımı geliştirilmelidir. Çalışanlar, yetkiyi sorgulamaya, yerleşmiş kural ve uygulamaları tartışmaya açmaya ve potansiyel güvenlik endişelerini dile getirmeye teşvik edilmelidir. Nükleer güce geçiş yapan ülkelerdeki önemli bir zorluk böyle bir ortamın oluşturulması olacaktır. Söz konusu gözlem, kültürel geleneklerin bu tip sorgulayıcı bir yaklaşımın ihdas edilmesini zorlaştırdığı bir ülke olan Türkiye açısından özellikle önem taşımaktadır.

Bu saptamaların ışığında, Türkiye'nin nükleer enerjiye geçiş aşamasında gözönüne alması gereken bazı adımları şu şekilde özetlemek mümkündür.

Türkiye'de nükleer enerji gibi son derece karmaşık ve yüksek riskler içeren bir teknolojinin emniyetli bir şekilde hayata geçirilmesinin garantisi, bu süreci

denetleyecek yetkin, bağımsız ve yeterli insan kaynağı ile donatılmış bir kurumsal kapasitenin oluşturulmasından geçmektedir. Bu çalışmada yeralan Prof. Dr. İzak Atiyas'ın analizinde de belirtildiği üzere, Akkuyu için seçilmiş bulunan yatırım modeli, sabit fiyatla elektrik alımını öngördüğünden, yatırımcıyı kar marjını artırmak adına maliyetleri kısmaya özendirmektedir. Öte yandan, nükleer santrallerle ilgili tasarım, kuruluş, işletme, doğal felaketler, terörizm, arz güvenliği, nükleer atıklar, santral devreden çıkarma gibi son derece önemli risklerde esas sorumluluk ve risk yönetimi işletici kuruluşun üstünde iken, bu risklerin gerçekleşmesinin son derece vahim olumsuz etkilerini ülkemiz yaşamak durumundadır; dolayısı ile "bu riskleri zaten işletici kuruluş üstlenmiş durumdadır, bizi ilgilendirmez" demek mümkün değildir. Bu tespitlerin nükleer enerji santralinin emniyeti açısından sakınca yaratmaması için denetleyici konumdaki kurumsal kapasiteye daha da iş düşecektir.

Bu alanda gerekli insan kaynağı ile kültürel, organizasyonel ve yasal altyapıların kısa sürede yaratılması mümkün değildir. Dolayısıyla, insan kaynağı gereksinimi için, ilk aşamada yurtdışı kaynaklı kurum ve uzmanlardan destek alınması gerekebilecektir. Ancak, orta vadede iddialı bir insan kaynakları politikasının oluşturulması ve IAEA gibi uluslararası kurumlardan mesleki eğitim için destek alınması kaçınılmaz görülmektedir. Bu doğrultuda, i) yurdumuzda kurulmakta olan nükleer santrallerde, gerek kuruluş aşamasında, gerekse de faaliyete geçtikten sonra, mümkün olduğunca yerli teknik personel çalıştırılmasının teşvik edilmesi, ii) IAEA gibi kuruluşlarla en kısa zamanda işbirliğine gidilerek, denetim bilgi, beceri ve tecrübesine haiz yerli insan kaynaklarının hızla yetiştirilmesine yönelik programların hazırlanıp uygulamaya başlaması, iii) Nükleer santral kurmakta veya işletmekte olan ülkeler ve kuruluşlarla bağlantıya geçilip, bir miktar teknik eğitime ve donanıma sahip yerli teknik elemanların bu santrallerde düşük teknik düzeyde (hatta stajyer olarak) geçici sürelerle çalışıp tecrübe kazanmalarına imkan sağlanması, iv) Üniversitelerimizin nükleer santral teknolojisi, işletimi ve denetimi konularında eğitim veren yurt dışı üniversitelerle bağlantıya geçip bu konularda ortak lisans/lisansüstü programlar ihdas etmelerinin teşvik edilmesi, v) TÜBİTAK gibi araştırma kurumlarının nükleer santral teknolojisi, işletimi ve denetimi konularında, yurtdışı işbirliğine açık uygulamalı araştırma projelerini desteklemesinin teşvik edilmesi, vi) Gerekli idari ve mali düzenlemelerle gerekli teknik eğitim, donanım ve tecrübeye sahip personelin oluşturulacak denetleyici kurumlarında çalışmalarının teşvik edilmesi, gibi önlemler uygulamaya konulmalıdır.

Öte yandan, gerekli güvenlik standartlarını yakalamak için halihazırdaki kurumsal yapıda da eksiklikler görülmektedir. Türkiye'de henüz nükleer alanda faaliyet gösteren bağımsız bir denetleyici kurum bulunmamaktadır. Bu aşamada bu hassas görev TAEK tarafından yerine getirilmektedir. Ancak, TAEK'ın aynı zamanda bir operatör de olduğu gözönüne alındığında, bu görevin operatörlerden bağımsız yetkin bir idari kurum tarafından yürütülmesinin gereği ortadadır. Türkiye'de denetleyici kurumların bağımsızlığını tehlikeye atan idari, organizasyonel ve yasal düzenlemeler, nükleer enerji alanında da gerekli güvenlik standartlarının yakalanması açısından bir handikap teşkil etmektedir. Zira düzenleyici otoritenin idareden bağımsızlığı, ileride kamunun da ortak olabileceği bir yatırım modelinde, kamunun karlılığını tehdit edebilecek güvenlik standartlarında diretilmesini veya inşa halindeki bir nükleer santralin biran önce hayata geçirilmesini zorlayabilecek

siyasi iradeye karşı güvenlik standartlarından ödün vermeyerek işin gecikmesine dahi yol açabilecek kurumsal yapının ana özelliği niteliğindedir. Öte yandan, denetleyici kurumların personel işe alma, çalıştırma, maaş ve terfii mevcuatı da klasik kamu kurumlarından farklı oluşturulmalı ve tamamen yetkinlik ile beceriyi ön plana çıkartacak, bu konulardaki son derece kısıtlı insan kaynağını denetleyici kurumlarda çalışmaya özendirecek, kurumun personel seçiminde kadro sorunu yaşamadan bağımsız hareket edebilmesini sağlayacak mekanizmalar kurulmalıdır.

Nükleer güvenlik alanında oluşturulacak idari ve beşeri kapasitenin ilk aşamada tek bir nükleer teknoloji alanında denetim yetkinliğini elde etmesine odaklanılması faydalı olacaktır. Nükleere geçiş aşamasında olan bir ülkede bu nitelikteki bir kapasitenin çok çeşitli nükleer teknolojileri birden gerekli yetkinlikte denetlemesini beklemek gerçekçi olmayabilir. Bu açıdan bakıldığında, Rusya ile yapılan hükümetlerarası anlaşma neticesinde Akkuyu'da inşa edilmesi beklenen nükleer santral basınçlı su reaktör kategorisinde olduğundan, olası ikinci bir santral için de aynı teknolojinin seçimi, denetleyici kapasitenin üzerinde daha az baskı yaratacaktır. Nitekim ikinci santral için Japon hükümeti ile yapılan görüşmelerde Türkiye'nin kaynar su yerine basınçlı su reaktör tipini tercih ettiğinin dile getirilmiş olması bu açıdan bir avantaj olarak görülmelidir.

Öte yandan, Türkiye zaman içinde oluşturacağı ve iyileştireceği denetim kapasitesini ek olarak dünyada yaygın olarak kullanılan "akran değerlendirmesi" yaklaşımına da açık olmalıdır. Zira bu sayede örneğin düzenleyici çerçevenin nükleer güvenlik ve güvenliğin sağlanması için yeterli olup olmadığı bu alanda yetkinlik sahibi IAEA tarafından incelenebilecektir. Veya benzer şekilde inşa edilen bir nükleer santralin faaliyete geçmeden önce yerli otoriteler tarafından denetlenmesinin yanısıra dünyadaki nükleer santral operatörlerinin şemsiye kuruluşu olan World Association of Nuclear Operators tarafından da ayrıca ve bağımsız olarak denetlenmesi mümkün olabilecektir. Henüz bir nükleer enerji santraline sahip olmamakla birlikte, Türkiye'nin Avrupa Birliği tarafından başlatılan nükleer santrallerin stres testine dahil olmak istediğini açıklamış olması olumlu bir gelişmedir.

Kamu otoritesinin nükleer enerjiye geçişte güvenlik ve güvenlik kriterlerinin sağlanması için atılan adımlar hakkında kamuoyunu daha kapsamlı ve düzenli şekilde bilgilendirilmesi de nükleer enerji konusu çevresinde oluşan polemiğin azaltılmasına yarar sağlayacaktır. Kamuoyunda nükleer enerjinin güvenliğine dair varolan haklı endişelerin giderilmesi yönünde adım atılması ancak kapsamlı, uzun vadeli ve gerçeklere dayalı bir stratejik iletişim kampanyası ile mümkün olabilecektir.

Öte yandan, çalışmanın içinde de vurgulandığı gibi, nükleer santrallerin kuruluş, işletim ve söküm aşamalarında doğabilecek risklerin en aza indirilebilmesi için, gerek kuran ve işleten kurumu, gerek denetleyici kurumu, gerekse de çevrede yaşayanları ve tüm diğer paydaşları kapsayan bir "riskten kaçma kültürü" oluşması son derece önemlidir. Bu "riskten kaçma kültürü"nün en önemli öğeleri, i) kadercilikle mücadele, ii) karmaşık teknolojilere karşı sürekli tedbirli ve sorgulayıcı olma, iii) risk içermesi muhtemel ortam ve süreçlerde ilgili kural, prosedür ve önlemleri harfiyen uygulama, uygulatma, aksama görüldüğünde inisiyatif alarak uyarma, iv) küçük veya büyük yaşanan tüm kazalardan,

istenmeyen durumlardan ve gerçekleşen risklerden ders çıkarma, v) en yerleşmiş süreçleri bile "acaba daha iyi olabilir mi?" diye sorgulama, gibi bir yaşam biçimini tarifler. Bu yaşam biçiminin kazanılması da ancak uzun vadede eğitim ve etkin medya kampanyaları ile gerçekleştirilebilecek bir toplumsal değişimle olur.

Sorumluluğu ve risk yönetimi işletici kuruluş üstünde olan risklerden arz güvenliği, nükleer atıklar ve santral devreden çıkarma riskleri ile ilgili bir önemli sorunun da tekrar altını çizmekte yarar vardır. Akkuyu nükleer santral projesi ile ilgili hükümetlerarası ve diğer anlaşmalarda bu konularda takip edilecek süreçler, ilgili risklerin en aza indirilmesi ile ilgili önlemler ve acil müdahale planları hemen hemen hiç gündeme gelmemektedir. Proje uygulaması başlamadan önce bu konulara açıklık getirilmesi gerekir.

Bu çalışmada yeralan diğer incelemelerde de vurgulandığı üzere, Türkiye'nin ilk nükleer santrali olmaya aday Akkuyu yatırımı, nükleer enerjiye geçiş bakımından daha sonra da tekrarlanabilecek nitelikte bir model teşkil etmemektedir. Gerek yatırım riskinin paylaşılması, gerek üzerinde mutabık kalınan elektrik fiyatı, gerekse de nükleer atık yönetimi açısından bu saptamanın altı çizilmektedir. Ancak Akkuyu yatırımı, Türkiye'nin nükleer güvenlik ve güvenlik açısından gerekli kurumsal ve beşeri altyapıyı oluşturmasını gerekli kılmaktadır. Nükleer enerji alanında açıklanan iddialı hedeflerin gerçekleşebilmesi için bu vazgeçilemez ön şartın yerine getirilmesi hükümetin öncelikli hedefleri arasında yeralmalıdır.

Referanslar

Checchi A. (2009), "Long Term Energy Security Risks for Europe: A Sector Specific Approach", Security of Energy Considering its Uncertainty, Risks and Economic Implications-SECURE, Center for European Policy Studies, Brüksel, Belçika.

Cooke S. (2009), *In Mortal Hands: A Cautionary History of the Nuclear Age,* Black Inc.

Cooper M. (Kasım 2009), "The Economics of Subsidizing the Nuclear Renaissance with Loan Guarantees and Construction Work in Progress", Institute for Energy and the Environment, Vermont Law School,

Decker D.K. Michel Kerjan E.O. (2007), "A New Energy Paradigm: Ensuring Nuclear Fuel Supply and Nonproliferation through International Collaboration with Insurance and Financial Markets", Working Paper 07-06, Wharton Risk Center, University of Pennsylvania.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2010), "Nükleer Santrallar," DEK-TMK Yayın No: 0018/2010, ISBN: 978-605-89548-6-1, Ankara, Türkiye.

Euratom Supply Agency (2005), "Analysis of the Nuclear Fuel Availability at EU Level from a Security of Supply Perspective", Final Report, Task Force on Security of Supply.

Fritsch A.J., Purcell A.H., and Davis M.B.(2004), "Critical Hour: Three Mile Island, The Nuclear Legacy and National Security", Yggdrasil Institute, ISBN 1-878721-05-4, Georgetown KY, ABD.

Greenpeace (2009), "The Financial Risks of Nuclear Power."

Greenpeace Media Briefing (Ocak 2006),"Nuclear Power and Terrorism."

Foss N.(1999), "Nuclear Safety and International Governance: Russia and Eastern Europe", Report SP11, Oxford Institute for Energy Studies, ISBN 1901795 10 1.

Gaukler P., Barnett D.S., and Rosinski D.J. (2002), "Nuclear Energy and Terrorism", NR&E, Kış.

Health and Safety Executive (Nisan 2007), "The Licensing of Nuclear Installations."

Holt M., Andrews A. (2010), "Nuclear Power Plant Security and Vulnerabilities", Congressional Research Service 7-5700, CRS Report for Congress, Washington, ABD.

IAEA Board of Governors (2010), "Assurance of Nuclear Fuel Supply", Resolution No: GOV/2010/20,

IAEA (2010), "Cost Aspects of the Research Reactor Fuel Cycle", IAEA Nuclear Energy Series No: NG-T-4.3, IAEA, Viyana, Avusturya.

International Atomic Energy Agency (2005), "Multilateral Approaches to the Nuclear Fuel Cycle", Expert Group Report INFCIRC/640.

International Nuclear Safety Advisory Group – INSAG, International Atomic Energy Agency IAEA (1999),"Basic Safety Principles For Nuclear Power Plants", INSAG-12, , Viyana, Avusturya.

Irie K. (Nisan 2009) , "The Economics of Nuclear Energy", The Institute of Energy Economics, Japan – IEEJ.

Laaksonen J. (2011), "Lessons Learned from the Olkiluoto 3 Plant Construction for the Next Projects in Finland", STUK - Radiation and Nuclear Safety Authority, Finlandiya.

Lockbaum D. (2011), "The NRC and Nuclear Power Plant Safety in 2010", Union of Concerned Scientists, Cambridge, USA.

Koplow D. (2011), "Nuclear Power: Still Not Viable Without Subsidies", Union of Concerned Scientists, Cambridge, ABD.

Nikas D. (Şubat 2008) , "How the NRC's New Licensing Process will (and won't) Smooth the Way for Nuclear Plant Construction", Ratings Direct, Standard and Poor's.

Nikitin M.B., Parillo J.M., Squassoni S., Andrews A., Holt M.(2008), "Managing the Nuclear Fuel Cycle: Policy Implications of Expanding Global Access to Nuclear Power", CRS Report for Congress, Washington, ABD.

Nuclear Energy Agency (2003),"The Regulatory Challenges of Decommissioning Nuclear Reactors", Report 4375, , OECD, ISBN 92-64-02120-5, Paris, Fransa.

Nuclear Energy Agency (2010), "The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy", Rapor No: 6358, OECD, ISBN 978-92-64-09634-9.

Nuclear Safety and Civil Protection, European Commission (1988),"Decommissioning of Nuclear Installations in the European Union", Rapor No: EUR 18860, Nuclear Safety and the Environment Series, Directorate General for Environment, Lüksemburg.

Parliament Office of Science and Technology (Temmuz 2004), Rapor No: 222,"Assessing the Risk of Terrorist Attacks on Nuclear Facilities."

Pasqualetti M., Pijawka K.D. (1996), "Unsiting Nuclear Power Plants", Cilt 48, No:1, s. 57-69.

Seward A., Wood T.(2010), "Redundancy of Supply in the International Nuclear Fuel Fabrication Market A Technical Question in Political Perspective", PNNL.

TAEK Teknoloji Dairesi (2010),"Kore'de Nükleer Güç Programı'nın Gelişimi,"Ankara.

Tanter R. (2009), Imhoff A. and Hippel D., "Nuclear Power, Risk Management and Democratic Accountability in Indonesia", Austral Policy Forum 09-22A, Nautilus Institute.

Taylor M.(2009), "The Financing of Nuclear Power Plants", NEA News, No: 27/2.

Technical Report Series (2006), "Management of Problematic Waste and Material Generated During Decommissioning of Nuclear Facilities," No: 441, IAEA, Viyana, Avusturya.

TNS Opinion and Social, Directorate-General for Communication, AB (2004), "Europeans and Nuclear Safety", Special Eurobarometer 324, Brüksel, Belçika.

U.S. Nuclear Regulatory Commission (2011), "Decommissioning Nuclear Power Plants", Fact Sheet.

Weisser D., Howells M., Rogner H.(2008), "Nuclear Power and Post-2012 Energy and Climate Change Policies", Environmental Science and Policy, Cilt 11, s. 467-477.

World Energy Counsel - WEC (2007), "The Role of Nuclear Power in Europe", İngiltere, ISBN 0 946121 230.

World Nuclear Association (2006),"Ensuring Security of Supply in the International Nuclear Fuel Cycle", Report, , Londra, İngiltere.

World Nuclear Association (2011),"Nuclear Power in South Korea."

Wood T., Seward A (2010)., "Nuclear Fuel Fabrication in the Context of Reliable Nuclear Fuel Services", Pacific Northwest International Conference on Global Nuclear Security, Portland, USA.