

RADYASYON OLAY VEYA KAZALARININ SINIFLANDIRILMASINA İLİŞKİN KILAVUZ

2023-KLV-002



NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

İÇİNDEKİLER

ÇİZELGELER DİZİNİ	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
KILAVUZUN AMACI	1
1. GİRİŞ	2
2. SINIFLANDIRMAYA İLİŞKİN TEMEL BİLGİLER	4
3. SINIFLANDIRMA YÖNTEMİ	6
4. DEĞERLENDİRME ALANLARI	7
4.1 Radyasyon Olay veya Kazalarının İnsan ve Çevre Üzerindeki Etkileri	7
4.1.1 Kişilerin maruz kaldıkları dozlar	7
4.1.2 Salım yapılan aktivite	9
4.2 Radyasyon Olay veya Kazalarının Tesislerdeki Radyolojik Bariyerler ve Kontroller Üzerindeki Etkileri	11
4.3 Radyasyon Kaynakları ve Bunların Taşınmasına İlişkin Radyasyon Olay veya Kazalarının Derinliğine Savunma Üzerindeki Etkileri	12
4.3.1 Maksimum potansiyel sonuçlar	14
4.3.2 Güvenlik önlemlerinin etkinliği	16
4.3.3 Güvenlik kültürüne ilişkin faktörler	21
4.4 Belirli Tesislerde Meydana Gelen Radyasyon Olay veya Kazalarının Derinliğine Savunma Üzerindeki Etkileri	22
4.4.1 Maksimum potansiyel sonuçlar	23
4.4.2 Güvenlik önlemlerinin etkinliği	24
4.4.3 İlave faktörler	26
KAYNAKLAR	28
EKLER	29
Ek-1. Radyasyon Kaynaklarının Sınıflandırılması	29
Ek-2. Radyasyon Olay veya Kazalarının Sınıflandırılmasına İlişkin Örnekler	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 'Kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriterine ilişkin seviyeler	8
Çizelge 4.2 Bazı radyoizotoplara ilişkin D2 değerleri	10
Çizelge 4.3 'Salım yapılan aktivite' kriterine ilişkin seviyeler	10
Çizelge 4.4 Radyasyon olay veya kazalarında karşılaşılan başlıca radyoizotopların D-değerleri.....	15
Çizelge 4.5 Derinliğine savunma açısından maksimum derecelendirme.....	15
Çizelge 4.6 Radyasyon kaynağının kaybolmasını veya bulunmasını içeren olay veya kazanın derecelendirmesi	17
Çizelge 4.7 Güvenlik önlemlerindeki bozulmaları içeren olay veya kazaların derecelendirmesi.....	19
Çizelge 4.8 Güvenlikle ilgili diğer olay veya kazaların derecelendirmesi.....	20
Çizelge 4.9 Güvenlik katmanı sayısına göre olay veya kaza derecelendirmesi.....	26
Çizelge EK-1.1 Radyasyon kaynaklarının aktivite oranı ve kullanıldıkları yaygın uygulamalar bazında sınıflandırılması	29

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 INES seviyeleri	4
---------------------------------	---

SİMGELER VE KISALTMALAR

- bkz. : Bakınız.
- INES : Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (International Nuclear and Radiological Event Scale)
- UAEA : Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency)

KILAVUZUN AMACI

Bu kılavuz; radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında meydana gelebilecek radyasyon olay veya kazalarının radyasyon güvenliği açısından değerlendirilmesi ve sınıflandırılması hakkında bilgi vermek amacıyla hazırlanmıştır.

1. GİRİŞ

Radyasyon kaynakları tıbbi, endüstriyel, araştırma-eğitim ve güvenlik amaçlı uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Genel olarak, radyasyon kaynakları ile faaliyet gösteren kuruluşlar, güvenlik standartları çerçevesinde gerekli güvenlik donanımlarına ve çalışma prosedürlerine sahip olmakla birlikte çalışanlar, halk ve çevrenin radyasyondan korunmasını sağlamak üzere gerekli önlemleri alır. Ancak tüm bu önlemlere rağmen söz konusu faaliyetlerde radyasyon olay veya kazalarının meydana gelme riski bulunmaktadır. Radyasyon olay veya kazaları, radyasyon güvenliği ve radyasyondan korunmayı sağlayıcı teknik ve idari tüm güvenlik önlemlerine rağmen beklenmedik şekilde herhangi bir yerde meydana gelebilir.

Radyasyon kaynaklarıyla faaliyet gösteren kişiler tarafından radyasyon risklerinin farkında olunması ve bu alandaki ulusal ve uluslararası gereklere uyularak güvenli şekilde faaliyet gösterilmesiyle risklerin kontrol altına alınarak olay veya kazaların önlenmesi mümkündür. Öte yandan bir olay veya kaza meydana geldiğinde ilgili kişi, kurum ve kuruluşlar tarafından gerçekleştirilecek uygun acil duruma müdahale eylemleriyle çalışanlar, halk ve çevre için potansiyel sonuçlar hafifletilerek olumsuz durumlar kontrol altına alınabilir.

Radyasyon olay veya kazalarının nasıl ve hangi nedenlerle gerçekleştiğinin ve sonuçlarının incelenmesiyle dersler çıkarılarak değerlendirilmesi, benzer kazaların önüne geçilmesinde büyük etkiye sahiptir. Bu kapsamda, radyasyon olay veya kazalarının güvenlik açısından değerlendirilebilmesi ve önemi hakkında bilgi edinilebilmesi için derecelendirilmesi önem taşır. Örneğin depremin büyüklüğünün Richter ölçeği ile ya da sıcaklığın Celsius ölçeği ile anlaşılabilmesi mümkündür.

Benzer şekilde, radyasyon olay veya kazaları için, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansına (IAEA) ait olan ve dünya çapında kullanılan Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği (INES) bulunmaktadır. INES adlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak radyasyon olay veya kazaları değerlendirilmekte ve sınıflandırılmaktadır. Böylece radyasyon olay veya kazalarının radyasyon güvenliği açısından önemi anlaşılabilir.

INES, radyasyon kaynaklarını içeren olay veya kazaların derecelendirilmesi için gerekli kriterleri verir, bunların etkilerini ve güvenlik önlemlerini derecelendirmek amacıyla sorumlulara yol gösterir. INES, radyasyon kaynaklarının kullanıldığı, bulundurulduğu, depolandığı, taşındığı vb. tüm radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında meydana gelebilecek olay veya kazaları kapsar ve bunlara uygulanabilir. Hatta INES kapsamında radyoaktif kaynakların kaybolması, çalınması, bulunması, bunların radyoaktif kaynak olduğu bilinmeden hurda metal satıcılarına satılması veya radyoterapi gibi tıbbi uygulamalarda hastaların çok yüksek dozlara maruz kalması gibi kazalara yönelik değerlendirmeler de yapılabilmektedir.

INES, askeri radyasyon uygulamalarındaki olay veya kazaları, emniyetle bağlantılı ve kasıtlı eylemleri içermez. Söz konusu sınıflandırma sistemi, sadece radyasyondan korunma ve radyasyon güvenliğiyle ilgili konularda geçerlidir. Örneğin radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında meydana gelen kimyasal bir tehlike bu kapsamda değerlendirilmez. Muhtemel radyolojik bir tehlike teşkil etmeyen, radyasyon güvenliğiyle ilgili herhangi bir bileşenin etkilenmediği olay veya kazalar da INES'te ele alınmaz.

Bu kılavuzda radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında meydana gelebilecek radyasyon olay veya kazalarının değerlendirilmesi ve sınıflandırılması, bahsedilen INES sınıflandırma yöntemiyle açıklanmaktadır.

2. SINIFLANDIRMAYA İLİŞKİN TEMEL BİLGİLER

INES dâhilinde radyasyon olay veya kazaları, toplamda 7 seviyede (1 – 7) sınıflandırılır. 1 ve 3 arası, olay; 4 ve 7 arası, kaza olarak adlandırılır. Her bir seviye, söz konusu olay veya kazanın öneminin artışına göre **Şekil 2.1**'de görüldüğü gibi adlandırılır.

Şekil 2.1 INES seviyeleri



Ayrıca güvenlik açısından herhangi bir önem taşımayan olaylar da ölçek altı veya Seviye 0 olarak adlandırılır.

Radyasyon olay veya kazaları sınıflandırılırken bunların aşağıda belirtilen 3 farklı alandaki etkilerine göre değerlendirme yapılır:

- 'İnsan ve çevre üzerindeki etkiler' (Bölüm 4.1).
- 'Tesislerde radyolojik bariyerler ve kontroller üzerindeki etkiler' (Bölüm 4.2).
- 'Derinliğine savunma üzerindeki etkiler' (Bölüm 4.3 ve Bölüm 4.4.).

İnsan ve çevre üzerindeki etkiler, kaza yerine yakın olan bir ya da birkaç kişinin radyasyona maruz kalması veya yakın çevreye radyoaktif maddelerin salımı gibi bölgesel olabilir. Tesislerde radyolojik bariyerler ve kontroller üzerindeki etkiler, yüksek miktarda radyoaktif madde içeren tesislerle ilgili olup radyolojik bariyerlerdeki noksanlıktan dolayı insanların ve çevrenin güvenliğini tehdit eden önemli miktarda radyoaktif madde yayılması/saçılması gibi radyasyon olay veya kazalarındaki etkileri kapsar. Bu iki etkiyi kapsayan olay veya kazalarda kişilerin radyasyona maruz kalması, radyoaktif maddelerin çevreye salımı gibi gerçek sonuçlar meydana gelmektedir. Derinliğine savunma üzerinde etkiler ise gerçek sonuçların meydana gelmediği, bu kapsamda alınan önlemlerin, olay veya kazaların engellenmesi ve kontrol altına alınması için istenen şekilde etki etmediği durumları içerir. Yani ilk iki etki alanı, insan ve çevre üzerinde gerçek sonuçlara, üçüncü etki ise derinliğine savunmada bozulmalara neden olan olay veya kazaları kapsar.

3. SINIFLANDIRMA YÖNTEMİ

Yukarıda belirtildiği gibi INES'te her bir radyasyon olay veya kazası aşağıdaki bölümde detaylı olarak anlatılacak olan 3 farklı değerlendirme alanındaki etkilerine göre analiz edilir. Radyasyon olay veya kazaları, bu 3 temel değerlendirme alanındaki kriterlerle değerlendirildikten sonra sonuçların hepsi hesaba katılarak elde edilen en yüksek derecenin belirleneceği nihai derecelendirme (*rating*) yapılır ve olay veya kazanın sınıfı belirlenmiş olur. Tüm detaylar bilinmese dahi mevcut bilgilerle bir derecelendirme yapılarak, yeni bilgilerin açığa çıkması neticesinde derecelendirme gözden geçirilerek güncellenmelidir. Bilinmesi gereken bir diğer husus da bir olay veya kaza için 3 temel değerlendirme alanının kriterleri uygulanırken nihai derecelendirmeyi etkilemeyecek olan kriterlerin uygulanmasına gerek olmayabileceğidir.

Son olarak INES sınıflandırma sistemi, radyasyon acil durumu hazırlık kategorileriyle karıştırılmamalı ve acil duruma müdahale eylemlerini belirlemede bir dayanak olarak kullanılmamalıdır. Aynı şekilde radyasyon acil durumu hazırlık kategorileri de INES sınıflandırma sistemi için bir dayanak olarak kullanılmamalıdır.

4. DEĞERLENDİRME ALANLARI

4.1 Radyasyon Olay veya Kazalarının İnsan ve Çevre Üzerindeki Etkileri

Radyasyon olay veya kazalarının insan ve çevre üzerindeki etkileri açısından derecelendirmeleri yapılırken çalışanlar, halk ve çevre üzerindeki radyolojik etkiler hesaba katılır. Bu değerlendirme, etkilenenlerin sayısı ve maruz kaldıkları radyasyon dozları ile salım yapılan radyoaktif maddenin miktarına bağlıdır.

Bu değerlendirme alanında, en temel olarak olay veya kazadan etkilenen kişilerin sayısı ve maruz kaldıkları dozlar esas alınır. Ancak büyük olay veya kazalarda maruz kalınabilecek dozlar tek başına belirleyici olmayabilir. Örneğin geniş bir bölgeyi etkileyebilecek bir kazada etkin tahliye çalışmalarının yapılmasıyla kazadan etkilenen kişiler düşük dozlarla kurtulabilir. Bu nedenle maruz kalınan dozların yanında diğer faktörler de ele alınmalıdır. Bu faktörler, varsa salım yapılan radyoaktif maddenin miktarı olabilir. Ancak salım yapılan aktivite, sadece yüksek miktarda radyoaktif madde salımı ve yayılması potansiyeline sahip olay veya kazaların sınıflandırması için belirleyici olabileceğinden radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında meydana gelebilecek olay veya kazalarda hesaba katılmasına gerek duyulmayabilir.

Radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında meydana gelebilecek olay veya kazalar için bu alandaki kriterlerin kullanılması genellikle yeterli olmaktadır. İnsan ve çevre üzerindeki etkiler için 2 temel kriter mevcuttur. Bunlar; 'kişilerin maruz kaldıkları dozlar' ve 'salım yapılan aktivite'dir.

4.1.1 Kişilerin maruz kaldıkları dozlar

Bu kriter için kişilerin maruz kaldıkları dozların bilinmesi veya en azından tahmin edilmesi gerekir. Söz konusu kriter kapsamında **Çizelge 4.1**'de tanımları verilen 1'den 4'e kadar seviyeler mevcuttur. Bu seviyeler, bir kişinin belirlenen değerlerin üzerinde doza maruz kalmasına ilişkin bir derece belirler, birden fazla kişi belirlenen değerler üzerinde dozlara maruz kalırsa bu kişilerin sayısı da hesaba katılır ve belirlenen derece artırılır (en fazla Seviye 6'ya kadar çıkartılabilir). **Çizelge 4.1**'de yukarıda belirtilen seviyeler ve açıklamaları ile etkilenen kişi sayısı dikkate alındığında elde edilen nihai derecelendirme hakkında bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 4.1 'Kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriterine ilişkin seviyeler

Işınlanma Seviyesi	Minimum Derecelendirme	Etkilenen Kişi Sayısı	Derecelendirme
"Çalışanların veya halkın yıllık doz sınırlarını (doz sınırları; tüm vücut, cilt, göz için yasal doz sınırları olarak değerlendirilir) aşmasına neden olan kümülatif işinlanmanın söz konusu olması"	1	≥ 1	1
"Halktan 1 kişinin yıllık doz sınırlarını aşan dozlara maruz kalması" veya "1 çalışanın doz kısıtlarını aşan dozlara maruz kalması"	1	≥ 100	3
		≥ 10	2
		< 10	1
"Halktan 1 kişinin 10 mSv üzerinde etkin doza maruz kalması" veya "1 çalışanın yıllık doz sınırlarını aşan dozlara maruz kalması"	2	≥ 100	4
		≥ 10	3
		< 10	2
"Ölümcül olmayan deterministik etkilerin oluşması" veya "Ölümcül olmayan deterministik etkilerin oluşmasının muhtemel olacağı dozlara maruz kalınması"	3	> 30	5
		$30 \geq \dots > 3$	4
		≤ 3	3
Çalışanlar için yıllık etkin doz sınırının 10 katından yüksek etkin dozlara maruz kalınması	3	≥ 100	5
		≥ 10	4
		< 10	3
"Birkaç Gy mertebesinde etkin doza maruz kalınması sonucu ölümcül deterministik etkilerin oluşması" veya "Birkaç Gy mertebesinde etkin doza maruz kalınması sonucu ölümcül deterministik etkilerin oluşmasının muhtemel olması"	4	> 30	6 ¹
		$30 \geq \dots > 3$	5
		≤ 3	4

¹ Radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında bu derecelendirmeye sahip bir radyasyon kazası beklenmez.

Bununla birlikte, eğer kişiler farklı seviyelerde dozlara maruz kaldıysa yukarıda anlatılan değerlendirmeler yapılarak elde edilen en yüksek değer, radyasyon olay veya kazaları için derecelendirme değeri olarak alınır. Örneğin halktan 10 kişinin 1 – 10 mSv ve 10 kişinin 20 mSv etkin dozlara maruz kaldıkları bir olay veya kaza için bu 2 grup üzerinden nihai derecelendirme aşağıdaki değerlendirmelerle elde edilir:

- İlk grup için; halktan bir kişinin 1 – 10 mSv doza maruz kalması, Seviye 1 olarak elde edilir, bu dozlara 10 kişinin maruz kalmasıyla bu değer Seviye 2'ye yükselir. Böylece söz konusu olay veya kazanın derecesi Seviye 2 olarak belirlenir.
- İkinci grup için; halktan bir kişinin 20 mSv doza maruz kalması, Seviye 2 olarak elde edilir, bu dozlara 10 kişinin maruz kalmasıyla bu değer Seviye 3'e yükselir. Böylece söz konusu olay veya kazanın derecesi Seviye 3 olarak belirlenir.

İki gruba yönelik yapılan değerlendirmeler sonucu, olay veya kazanın nihai derecesini yüksek olan seviye belirlediğinden, nihai derecelendirme Seviye 3 olarak edilir. Bu da olay veya kazanın INES ölçeğinde 3'üncü seviye, yani ciddi olay olduğu anlamına gelir.

4.1.2 Salım yapılan aktivite

Radyasyon kaynaklarını içeren olay veya kazalarla ilgili bu kritere yönelik olarak, salım yapılan aktivite miktarı türünden sadece Seviye 4 ve 5 için tanımlar mevcuttur. Olay veya kazanın derecelendirmesi yapılırken 'kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriterinin yanında salım yapılan aktivite de göz önüne alınmalıdır. Çünkü büyük radyoaktif salımların olduğu durumlarda, alınan doz uygulanan koruyucu eylemlere² ve diğer çevresel koşullara büyük ölçüde bağlı olur. Koruyucu eylemler başarılı olursa alınan dozlar, salım yapılan aktivite ile orantılı olmayacaktır.

² Koruyucu eylemler; bir kaza meydana geldiğinde çalışanların ve halkın korunması için uygulanacak tahliye, tahliye edilenlerin izlenmesi, kaza tesiste meydana geldiyse tesis içindeki personelin korunması, arama ve kurtarma faaliyetleri gibi eylemleri ifade eder.

Radyasyon kaynaklarını içeren olay veya kazalarda radyoaktif salım meydana gelirse **Çizelge 4.2**'de verilen D_2 değerleri kullanılmalıdır. D_2 değeri; bir radyoizotopun, kontrolden çıkması ve yayılması durumunda ciddi deterministik etkilere yol açması beklenen bir acil duruma neden olabilecek seviyedeki aktivite miktarıdır.

'Salım yapılan aktivite' kriteri kullanılırken belirli bir radyoaktif kaynaktan salım yapılan aktivite değerinin, radyoaktif kaynağın D_2 değerine kıyasla ne boyutta olduğunu hesaplanması gerekir. Aralarındaki oran belirlendikten sonra salım yapılan aktivitenin **Çizelge 4.3**'teki seviyelerde olup olmadığı tespit edilir. Eğer bu seviyelerde bir salım söz konusu değilse olay veya kazanın derecelendirmesine ilişkin bir sonuç elde edilmez. Bir olay veya kaza için bu kriterin değerlendirilmesi neticesinde, sadece bu seviyelerde bir salım olduğu zaman bir derecelendirme elde edilebilir.

Çizelge 4.2 Bazı radyoizotoplara ilişkin D_2 değerleri

Radyoizotop	D_2 (TBq)
Am-241	0,06
Am-241/Be	0,06
Cf-252	0,01
Co-60	30
Cs-137	20
I-124	0,2
I-131	0,2
Ir-192	20
Kr-85	2000
Se-75	200
Sr-90 (Y-90)	1
Tc-99m	700

Çizelge 4.3 'Salım yapılan aktivite' kriterine ilişkin seviyeler

Seviye	Açıklaması
Seviye 4	Bir radyoaktif kaynağın aktivitesinin, salım yapılan izotopa ilişkin D_2 değerinin 250 katından büyük olduğu olay veya kaza (bu durumda yerel gıda kontrolü dışında koruyucu eylemler gerekmez)
Seviye 5	Bir radyoaktif kaynağın aktivitesinin, salım yapılan izotopa ilişkin D_2 değerinin 2500 katından büyük olduğu olay veya kaza (bu durumda tahliye gibi koruyucu eylemler gerekebilir)

Havada radyoaktif kirliliğe neden olacak radyoaktif salımları içermeyen olay veya kazalar (sıvı salımlar veya radyoaktif maddelerin dökülmesiyle yüzeyde radyoaktif kirliliğin söz konusu olduğu durumlar) için genellikle 'kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriteri belirleyici olmaktadır.

Bununla birlikte, özellikle aktivitesi bilinen radyoaktif kaynağın zırhının ve bütünlüğünün parçalanarak açığa çıktığı bir olay veya kazada, radyoaktif kaynağın aktivite değeri doğrultusunda 'salım yapılan aktivite' kriteri kullanılarak bu kriter açısından olay veya kaza için bir derecelendirme elde edilebilir. Bununla birlikte salım yapılan aktivite, radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında radyoizotopların belirli sınırların altında kontrollü salımı (çevreye verilmesi) ile karıştırılmamalıdır.

4.2 Radyasyon Olay veya Kazalarının Tesislerdeki Radyolojik Bariyerler ve Kontroller Üzerindeki Etkileri

Tüm radyasyon olay veya kazaları için, insan ve çevre üzerindeki etkiler ile derinliğine savunmaya bağlı kriterler uygulanabilir. Bununla birlikte büyük miktarda radyoaktif maddenin salımı potansiyeli olan büyük tesislerdeki radyolojik bariyerlerde önemli bozulmalar meydana gelebilir ama bu bozulmalar insan ve çevre için önemli sonuçlara neden olmayabilir.

Bu gibi durumları içeren tesislerde, tesislerdeki radyolojik bariyerler ve kontroller üzerindeki etkileri değerlendirme alanındaki kriterler geçerlidir. Bu alandaki kriterler, çok büyük miktarda radyoaktif maddenin salımı potansiyeline sahip olan (birkaç bin TBq'e kadar) büyük tesislere yönelik olarak uygulanabilir. Bu kapsamda belirtilen tesisler, belirli sınırlara sahip, 'salım yapılan aktivite' kriterindeki Seviye 5 veya üstü radyoaktif madde salım potansiyeli olan tesisleri içermektedir.

Söz konusu kriterler, nükleer güç santralleri, araştırma reaktörleri, yakıt çevrim tesisleri gibi nükleer tesisler için anlam ifade etmektedir. Öte yandan radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında bu denli sonuçlar beklenmediğinden, bu kriterlerin bu tesislerde ve uygulamalarda meydana gelen radyasyon kazalarına uygulanmasına gerek duyulmamaktadır.

4.3 Radyasyon Kaynakları ve Bunların Taşınmasına İlişkin Radyasyon Olay veya Kazalarının Derinliğine Savunma Üzerindeki Etkileri

Radyasyon kazalarının birçoğu cihaz/sistem/ekipman veya prosedürlerdeki hatalardan meydana gelmiştir. Böyle birçok olay veya kazanın gerçek sonuçlara yol açmadığı halde güvenlik açısından büyük öneme sahip olduğu görülür. Bu nedenle sadece gerçek sonuçlar değil aynı zamanda potansiyel sonuçların da değerlendirmeye alınması gerekir.

Bu değerlendirme alanı kapsamında, radyoaktif maddenin miktarı ve güvenlik önlemlerindeki zayıflamaların ciddiyetine dayalı kriterler tanımlanmıştır. Aslında daha çok potansiyel sonuçlarla ilgili olan bu kriterler, radyasyon tesislerinin ve radyasyon uygulamalarının birçok güvenlik koşulunu kapsadığını gösterir. Söz konusu koşulların sayısı ve güvenilirliği, tesis veya uygulamaların tasarımına ve potansiyel tehlikelerin büyüklüğüne bağlıdır.

Derinliğine savunma kavramı genel olarak, çalışanların, halkın ve çevrenin güvenliği için çoklu önlemlerin dâhil edilmesi olarak tanımlanır. Radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında güvenlik, iyi bir tasarım, iyi şekilde kontrol edilen çalışmalar, idari kontroller ve radyasyondan korunma sistemleri (devre kesiciler, alarmlar, fiziksel bariyerler vb.) ile sağlanır. Derinliğine savunma yaklaşımı, ekipman arızası, insan hatası ve planlanmayan tehlikelerin oluşumunun engellenmesi için bu güvenlik önlemlerine uygulanır. Diğer yandan bu yaklaşım aslında korumacı tasarım, kalite güvencesi, denetim, hafifletici önlemler ve güvenlik kültürü hususlarının bir kombinasyonudur.

Derinliğine savunma, güvenliğin sağlanması için uygulanan en önemli temel ilkelerdendir. Tek bir ekipman arızası veya bir insan hatası doğrudan bir kazaya neden olmamalıdır. Bu nedenle yukarıda bahsedilen çoklu güvenlik önlemlerinin sağlanması, bir koruyucu önlem başarısız olsa dahi istenen güvenliğin sürdürülmesini temin edebilecektir. Bu çoklu güvenlik katmanları mevcut olmadığında tek bir hata veya arıza bile kazaya neden olabilir. Geçmiş kazalar üzerine yapılan araştırmalar, güvenlik katmanlarının başlangıçta (örneğin lisanslama aşamasında) mevcut olduğu ancak daha sonra muhafaza edilmediği veya kasıtlı olarak es geçildiğinde kazaların meydana gelebileceğini göstermektedir.

Bu değerlendirme alanında, bir olay veya kazanın meydana gelmesi durumunda geriye kalan güvenlik önlemlerinin sayısı ve eğer tüm güvenlik önlemleri başarısız olursa meydana gelebilecek maksimum potansiyel sonuçlar dikkate alınır. Bunların yanında ayrıca radyasyon tesisleri ve radyasyon uygulamalarına ilişkin faaliyet yürüten kişiler açısından güvenlik kapsamındaki bozulmalara işaret eden ilave faktörler de hesaba katılır.

Bazı radyasyon uygulamaları için maksimum potansiyel sonuçlar, tüm güvenlik önlemleri başarısız olsa dahi radyoaktif maddenin kendisi (örneğin kapalı kaynakların; radyoaktif kaynağın yayılmasını, dökülmesini engelleyen tasarımı) tarafından sınırlandırılır. Bu tür uygulamalarda gerçekleşen olay veya kazanın sınıflandırılmasında derinliğine savunma seviyelerinin en yükseğini kullanmak makul değildir.

Sonuç olarak bir olay veya kazayı derinliğine savunma üzerindeki etkiler açısından derecelendirmek için aşağıdaki işlemler yapılır:

- İlgili radyasyon uygulamasındaki maksimum potansiyel sonuçlara ilişkin derecelendirmenin elde edilmesiyle derinliğine savunma için üst limit belirlenir.
- Sonrasında asıl derecelendirmenin yapılması için;
 - İlk olarak, mevcut olan güvenlik önlemlerinin sayısı ve etkinliği hesaba katılır.
 - Son olarak, olay veya kazaya ilişkin güvenlik kültürü hususu dikkate alınır.

Bu değerlendirme alanında, gerçek sonuçların olmadığı ama güvenlik önlemlerinin başarısız olduğu olay veya kazalara yönelik bilgi verilecektir. Bu alanda, radyasyon kaynakları ve radyoaktif kaynakların taşınmasını içeren olay veya kazalar ele alınacak olup hızlandırıcı tesisleri, radyoizotop üretim tesisleri, Sınıf 1 radyoaktif kaynaklarını içeren tesisler vb. ile ilgili olaylar ayrıca incelenecektir.

4.3.1 Maksimum potansiyel sonuçlar

Maksimum potansiyel sonuçlar, gerçekleşen olay veya kazanın koşullarına ve güvenlik önlemlerinin etkinliğine bağlı değildir. Bunlar, tüm güvenlik önlemlerinin başarısız olması durumunda meydana gelebilecek potansiyel sonuçları gösterir.

Bir olay veya kazaya ait maksimum potansiyel sonuçlar için öncelikle, EK-1 'de yer alan radyasyon kaynaklarının sınıflandırılmasına ilişkin **Çizelge EK-1.1**'de gösterilen, aktivite oranı (A/D)³ veya radyoaktif kaynakların aktivite oranlarına bağlı ve kullanıldıkları yaygın uygulamalar bazındaki radyasyon kaynağı sınıflandırmasından faydalanılarak olay veya kazadaki radyasyon kaynağının sınıfı belirlenmelidir.

Buradaki A değeri, olay veya kazadaki radyoaktif kaynağın aktivitesini ifade eder. D-değeri ise bir radyasyon kaynağının tehlikeli kaynak olarak düşünüleceği, güvenli ve emniyetli bir şekilde kontrol altında tutulmazsa ciddi deterministik etkilere neden olacak potansiyele sahip olacağı aktivite değeridir. Radyasyon olay veya kazalarında en çok karşılaşılan radyoizotopların D-değerleri **Çizelge 4.4**'te verilmiştir.

Eğer olay veya kaza, birden fazla radyasyon kaynağı içeriyorsa değerlendirmenin tek bir radyasyon kaynağı mı yoksa radyasyon kaynaklarının tümü için mi yapılacağına anlaşılması gerekir. Eğer güvenlik önlemlerindeki bozulma tüm radyasyon kaynaklarını etkileme potansiyeline sahipse bu durumda radyasyon kaynaklarının tümü için değerlendirme yapmak üzere A/D oranları ayrı ayrı hesaplanıp toplanarak radyasyon kaynağını sınıfı elde edilmelidir. Ancak bozulma sadece bir radyasyon kaynağını etkilerse değerlendirmede sadece etkilenen radyasyon kaynağı dikkate alınmalıdır.

Ayrıca radyasyon kaynağının cinsi ve aktivitesi veya hangi radyasyon uygulamasından geldiği bilinmiyorsa (örneğin hurda malzemeler içerisindeki bilinmeyen radyoaktif kaynak) uygun radyasyon ölçüm/tespit cihazları kullanılarak radyoizotopun cinsi ve aktivitesinin tespit edilmesiyle A/D oranına bağlı olarak bir sınıf seçilmelidir.

³ Aktivite oranı (A/D); radyoizotopun aktivitesinin (A), radyoizotopa özgü olan D-değerine oranıdır. Bu oranın değeri aslında radyasyon kaynağının tehlike derecesine göre sınıfını verir.

Çizelge 4.4 Radyasyon olay veya kazalarında karşılaşılan başlıca radyoizotopların D-değerleri

Radyoizotop	D-değeri (TBq)
Am-241	0,06
Am-241/Be	0,06
Cf-252	0,02
Co-60	0,03
Cs-137	0,1
I-125	0,2
I-131	0,2
Ir-192	0,08
Kr-85	30
Se-75	0,2
Sr-90 (Y-90)	1
Tc-99m	0,7

Radyasyon kaynağı sınıfı belirlendikten sonra, olay veya kazanın maksimum potansiyel sonuçlarının seviyesinin belirlenmesi için **Çizelge 4.5**'ten faydalanılarak radyasyon kaynağının sınıfına bağlı derinliğine savunma açısından maksimum derecelendirme elde edilir. Olay veya kazanın esas derecelendirmesi, sonraki bölümdeki yaklaşımların uygulanmasıyla elde edilecek olup bu maksimum derecelendirmeye eşit veya daha düşük olacaktır.

Çizelge 4.5 Derinliğine savunma açısından maksimum derecelendirme

Radyasyon Kaynağı Sınıfı	Sınıf 4	Sınıf 3	Sınıf 2	Sınıf 1
Bir radyasyon uygulamasında tüm güvenlik önlemlerinin başarısız olması durumunda maksimum potansiyel sonuçlara ilişkin derecelendirme	2	3	4	5
Derinliğine savunma açısından maksimum derecelendirme	1	2	2	3

Radyasyon üreten cihazlar için de bu yaklaşımlar uygulanabilir ancak maksimum potansiyel sonuçların değerlendirilmesi amacıyla bu cihazların sınıflarının belirlenmesi için belirli bir yöntem yoktur. Bu cihazlar için INES'in genel ilkelerini uygulamak gerekir. Bu doğrultuda tüm güvenlik önlemleri başarısız olursa;

- Deterministik etkiye neden olacak herhangi bir olay veya kazaya yol açmayan radyasyon üreten cihazlar için Sınıf 4 radyoaktif kaynaklarına yönelik yaklaşımlar kullanılmalıdır.
- Deterministik etkilerin oluşabileceği bir olay veya kazaya neden olabilecek radyasyon üreten cihazlar için Sınıf 2 ve 3 radyoaktif kaynaklarına yönelik yaklaşımlar kullanılmalıdır.

Öte yandan yine **Çizelge EK-1.1**'de gösterilen Sınıf 5 radyoaktif kaynakları derinliğine savunma kapsamında irdelenmemiştir. Çünkü Sınıf 5 radyoaktif kaynaklarının insanlarda kalıcı yaralanmalara neden olmayacağı bilinmektedir. Derinliğine savunma kapsamında bu radyoaktif kaynaklar için güvenlik önlemlerinin başarısız olmasını içeren olay veya kazalar, Seviye 0 veya 1 olarak derecelendirilebilir.

4.3.2 Güvenlik önlemlerinin etkinliği

Güvenlik önlemlerini esas alarak yapılan derecelendirme, aşağıdaki başlıklarla birbirinden ayrılmış olan olay veya kaza türleri doğrultusunda ve son olarak güvenlik kültürü hususlarının dikkate alınmasıyla yapılmalıdır.

4.3.2.1. Radyasyon kaynağının (radyoaktif kaynak, cihaz, taşıma paketi) kaybolması veya bulunmasını içeren radyasyon olay veya kazaları

Kaybolan, çalınan veya bulunan radyoaktif kaynaklar, cihazlar ve taşıma paketlerini içeren olay veya kazalar için **Çizelge 4.6** kullanılmalıdır. Bunların kaybolması, derinliğine savunmanın bozulması açısından derecelendirilmelidir. Eğer bunlar sonradan bulunursa radyoaktif kaynağın ilk kaybı ve sonraki bulunma süreci tek bir olay veya kaza olarak değerlendirilmelidir.

Çizelge 4.6 Radyasyon kaynağının kaybolmasını veya bulunmasını içeren olay veya kazanın derecelendirmesi

Olay/Kaza Türü	Radyasyon Kaynağı Sınıfına Göre Derecelendirme		
	Sınıf 4	Sınıf 3 veya 2	Sınıf 1
Kayıp radyasyon kaynağının kontrol altındaki bir alanda bütünlüğü bozulmamış halde bulunması	1	1	1
Radyasyon kaynağının (sahipsiz kaynak ve cihaz dâhil) bulunması	1	1 veya 2	2 veya 3
Kaybolan veya çalınan radyasyon kaynağının bulunamaması	1	2	3
Kaybolan veya çalınan radyasyon kaynağının planlanmayan ışınlanmalara neden olmadığının teyit edildiği bir yerde bulunması, bununla birlikte radyasyon kaynağının güvenli veya erişilemeyen bir yerde olması nedeniyle bırakılması kararının verilmesi ve onaylanması (örneğin radyasyon kaynağı suyun altındaysa)	1	1	1
Taşıma paketinin yanlış bir tesise teslim edilmesi, bu tesisin taşıma paketini güvenli şekilde idare edecek radyasyon güvenliği prosedürlerine sahip olması	0 veya 1	1	1
Taşıma paketinin yanlış bir tesise teslim edilmesi, bu tesisin taşıma paketini güvenli şekilde idare edecek radyasyon güvenliği prosedürlerine sahip olmaması	1	1 veya 2	2 veya 3

Derecelendirme yapıldıktan sonra, elde edilen ek bilgiler olursa derecelendirme, bu bilgiler doğrultusunda gözden geçirilmeli ve gerekirse yeniden yapılmalıdır. Bu doğrultudaki ek bilgiler; radyasyon kaynağı, cihaz ya da paketin bulunduğu yer ve oraya nasıl gittiği, koşulları, kayıp olduğu süre, radyasyona maruz kalan kişilerin sayısı ve maruz kaldıkları muhtemel dozlar gibi hususları içermelidir.

Metal işleme tesislerine karışan kayıp veya bulunan radyoaktif kaynakların olduğu, yaşanmış birçok olay veya kaza vardır. Bunlar için en uygun derecelendirme, **Çizelge 4.6**'da bulunan "radyasyon kaynağının (sahipsiz kaynak ve cihaz dâhil) bulunması" satırı kullanılarak yapılmalıdır. Eğer radyoaktif kaynak eritilmişse daha yüksek derecelendirme kullanılmalıdır. Eğer radyoaktif kaynak, eritme işlemi öncesi bulunursa derecelendirme, geriye herhangi bir güvenlik önlemi kalıp kalmadığına bağlı olmalıdır.

Radyoaktif olarak kirlenmiş metallerle ilgili olay veya kazalar için, radyoaktif kaynak sınıfının tanımlaması yapılamayabilir. Bu durumda, alanda radyasyon doz hızları ölçülmeli ve alandaki insanların maruz kaldıkları dozlar tahmin edilmelidir. Derecelendirme, bu tahmini dozlara bağlı olarak yapılmalıdır.

4.3.2.2. Güvenlik önlemlerindeki bozulmaları içeren radyasyon olay veya kazaları

Radyasyon kaynağı, cihaz veya taşıma paketinin olması gerektiği yerde olduğu ancak güvenlik önlemlerinde bozulmaların olduğu olay veya kazalar için **Çizelge 4.7** kullanılmalıdır. Bu güvenlik önlemleri; taşıma paketleri, zırh, kaynak muhafaza sistemleri, devre kesiciler, uyarı sistemleri gibi radyasyon güvenliği donanımlarını içerir. Aynı zamanda taşıma paketlerinin etiketlenmesi, taşıma belgeleri, normal çalışma ve acil durum prosedürleri, radyolojik izleme ile kişisel dozimetrelerin kullanımı gerekleri gibi idari kontroller de güvenlik önlemlerinden sayılır.

Çizelge 4.7 Güvenlik önlemlerindeki bozulmaları içeren olay veya kazaların derecelendirmesi

Olay/Kaza Türü	Radyasyon Kaynağı Sınıfına Göre Derecelendirme		
	Sınıf 4	Sınıf 3 veya 2	Sınıf 1
A. Güvenlik önlemlerinde herhangi bir bozulmanın olmadığı olay veya kaza			
Zırh ve/veya kaynak kabındaki yüzeysel hasar veya radyoaktif kaynağın sızması sonucu kişilerin düşük seviyeli radyoaktif kirliliğine neden olan önemsiz boyutta yüzeyde radyoaktif kirliliğin ve dökülmenin meydana gelmesi	1	1	1
Zırh ve/veya kaynak kabındaki yüzeysel hasar veya radyoaktif kaynağın sızması sonucu radyolojik önemi olmayan yüzeyde radyoaktif kirliliğin ve dökülmenin meydana gelmesi	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
Güvenlik önlemlerinde herhangi bir bozulmanın olmadığı olay veya kazalara karşı tasarlanmış alanlardaki radyoaktif kirlilik	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
İstenmeyen ışınlanmaların önlenmesi ve koşulların normale dönmesinde etkili olan prosedürlerin mevcut olduğu öngörülebilir olay veya kaza (örneğin, endüstriyel radyografi veya brakiterapi kaynaklarıyla ilişkilendirilebilecek olay veya kazalarda mevcut acil durum prosedürlerine uyularak radyasyon kaynakları güvenli şekilde kontrol altına alınır)	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
Taşıma paketinde herhangi bir hasarın olmaması veya doz hızını artırmayacak şekilde önemsiz bir hasarın olması	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
B. Bir veya daha fazla güvenlik önleminin başarısız olduğu ama en azından bir güvenlik önleminin kaldığı olay veya kaza			
Yüksek doz hızlarına maruz kalınmasını önleyen uyarı veya güvenlik sisteminin kısmi arızası	0 veya 1	1 veya 2	1 veya 2
Güvenlik prosedürlerinin (radyolojik izleme ve güvenlik kontrolleri dâhil) takip edilmemesi ama diğer güvenlik önlemlerinin (sistemsel) etkin olarak kalması	0 veya 1	1 veya 2	1 veya 2
Kaynak saklama mekanizmasındaki önemli bozulma veya kusurlu muhafaza kabı	0 veya 1	1 veya 2	1 veya 2
Hatalı paketlenme	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
C. Herhangi bir güvenlik önleminin kalmadığı olay veya kaza (planlanmayan ışınlanmaların oluşumu ve radyoaktif kirliliğin yayılması için önemli potansiyele sahip)			
Zırhın kaybı (örneğin yangın veya ciddi başka bir etkiyle doğrudan radyasyon kaynağına maruz kalınmasının mümkün olması)	1	1 veya 2	2 veya 3
Yüksek doz hızlarının mümkün olduğu alanlara girişlerdeki uyarı ve güvenlik sistemlerinin arızası	1	1 veya 2	2 veya 3
Herhangi bir güvenlik önleminin kalmadığı veya tüm güvenlik önlemlerinin başarısız olduğu durumda radyasyon seviyelerinin izlenememesi (örneğin, radyografi çalışmasından sonra radyasyon kaynağının tamamıyla güvenli konuma getirildiğinin kontrolünün yapılmaması)	1	1 veya 2	2 veya 3
Radyasyon kaynağının kazara açıkta kalması ve bu duruma müdahale etmek için etkili prosedürlerin olmayışı veya mevcut prosedürlerin ihmal edilmesi	1	1 veya 2	2 veya 3
Paketin yetersiz zırhıyla ve hiç zırhı olmadan bulunması, bu nedenle kişilerin ışınlanmalarına ilişkin büyük potansiyelin mevcut olması	1	1 veya 2	2 veya 3

4.3.2.3. Güvenlikle ilgili diğer radyasyon olay veya kazaları

Yukarıda sayılanların yanı sıra güvenlikle ilgili diğer olay veya kazalar için **Çizelge 4.8** kullanılmalıdır.

Çizelge 4.8 Güvenlikle ilgili diğer olay veya kazaların derecelendirmesi

Olay/Kaza Türü	Radyasyon Kaynağı Sınıfına Göre Derecelendirme		
	Sınıf 4	Sınıf 3 veya 2	Sınıf 1
Halktan kişilerin tek bir olay veya kazadan yıllık doz sınırlarının üzerinde doza maruz kalması	1	1	1
Çalışanlar veya halktan kişilerin yıllık doz sınırlarının üzerinde kümülatif dozlara maruz kalması	1	1	1
Radyasyon kaynağı envanteri gibi kayıtların olmayışı veya eksik oluşu, dozimetre düzenlemelerinde aksaklıkların olması	1	1	1
İzin verilen sınırların üzerinde radyoaktif maddenin çevreye verilmesi ⁴	1	1	1
Taşıma için lisans koşullarına ⁵ uyulmaması	1	1	1
Taşıma sırasında yetersiz radyolojik izleme	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
Paketlerde/araçta önemsiz veya çok düşük öneme sahip radyoaktif kirliliğin olması	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
Paketlerde/araçta radyoaktif kirliliğin bulunması ve halkta radyoaktif kirliliğin olma potansiyelinin mevcut olması	1	1	1
Taşıma belgeleri, paket etiketleri veya araçta olması gereken etiketlerin hatalı olması veya mevcut olmaması	0 veya 1	0 veya 1	0 veya 1
Boş sanılan paketin içinde radyoaktif madde olması	1	1 veya 2	1, 2 veya 3
Radyoaktif maddenin yanlış veya uygun olmayan pakette olması	0 veya 1	1 veya 2	2 veya 3

Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'deki bazı hücrelerde 0 veya 1, 1 veya 2 gibi ifadeler bulunmaktadır. Bu gibi durumlarda, bazı güvenlik önlemlerinin (zırh, kilit, uyarı işaretleri vb.) etkin olarak kalıp kalmadığı, güvenlik kültürü öğeleri, güvenlik önlemlerindeki bozulmanın ciddiyeti göz önüne alınarak daha düşük veya daha yüksek olan seviye belirlenmelidir.

⁴ Bu konuyla ilgili düzenlemeler 1/9/2023 tarihli ve 32296 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Radyoaktif Maddelerin Serbestleştirilmesi ve Salımına İlişkin Yönetmelik'te yer almaktadır.

⁵ Bu hususlar, 8/7/2005 tarihli ve 25869 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği'nde düzenlenmiştir.

4.3.3 Güvenlik kültürüne ilişkin faktörler

Güvenlik kültürü, kuruluşlarda ve bireylerde, radyasyondan korunma ve radyasyon güvenliği konularının önemlerinin gerektirdiği ilgiyi öncelikli olarak görmelerini sağlayan özelliklerin ve tutumların bir araya getirilmesidir.

Çalışanlar ve yönetim tarafından benimsenmiş olan bir güvenlik kültürü radyasyon kazalarının önlenmesine yardımcı olur. Güvenlik kültürünün olmaması, çalışanların yapılan uygulamanın güvenli şekilde gerçekleştirilmesine aykırı biçimde çalışmalarına neden olur. Bu doğrultuda güvenlik kültürünün, derinliğine savunmanın bir parçası olarak düşünülmesi gerekir. Ayrıca geçmişte yaşanan kazalardan çıkarımlar yaparak radyasyon tesislerinde ve radyasyon uygulamalarında güvenlik kültürünü oluşturmak ve geliştirmek, süreklilik arz eden bir durumdur.

Bir radyasyon olay veya kazasının derecelendirmesine güvenlik kültürünün dâhil edilmesi ise olay veya kazadaki güvenlik kültüründeki bozulmaları işaret eden göstergelerin değerlendirilmesiyle sağlanır. Bu göstergelerden başlıca olanları aşağıda sıralanmıştır:

- Sınırların, gereklerin, prosedürlerin ihlali.
- Kalite temini süreçlerinde bozulmalar.
- İnsan hatalarının tekrarlanması/birikmesi.
- Halktan kişilerin tek bir olay veya kazadan yıllık doz sınırlarının üzerinde doza maruz kalması.
- Çalışanlar veya halktan kişilerin yıllık doz sınırlarının üzerinde kümülatif dozlara maruz kalması.
- Radyasyon kaynaklarının kontrolünün sağlanmasındaki eksiklikler.
- Doz kontrol ve takibi süreçlerindeki eksiklikler.
- Aynı olay veya kazanın tekrar etmesi (öğrenilen derslere yeterli önemin verilmediğini ve ilk olay veya kazadan sonra düzeltici faaliyetlerin yapılmasına yeterli önemin verilmediğini gösteren).

Yukarıda bahsedilen yöntemler kullanılarak olay veya kazaya ilişkin mevcut bilgiler doğrultusunda güvenlik önlemlerine ilişkin derecelendirme yapıldıktan sonra güvenlik kültürüyle ilgili ortaya çıkan ek bilgiler hesaba katılarak nihai derecelendirme elde edilir. Güvenlik kültürünün değerlendirilmesi sonucu, derecelendirme için daha yüksek olan seviyeler seçilebilir.

4.4 Belirli Tesislerde Meydana Gelen Radyasyon Olay veya Kazalarının Derinliğine Savunma Üzerindeki Etkileri

Hızlandırıcı tesisleri, radyoizotop üretim tesisleri ve Sınıf 1 radyoaktif kaynaklarını içeren tesisler güvenlik önlemlerinin başarısız olmasını içeren olay veya kazalar için derinliğine savunma açısından değerlendirme alanı, bu bölümdeki yaklaşımlar doğrultusunda incelenmelidir.

Önceki bölüm ile benzer şekilde söz konusu tesislerdeki olay veya kazalar için derinliğine savunma üzerindeki etkiler açısından derecelendirme yapılırken öncelikle maksimum potansiyel sonuçlar hesaba katılarak bir üst limit elde edilir. Sonrasında mevcut olan güvenlik önlemlerinin sayısı ve etkinliği hesaba katılarak temel derecelendirme yapılmalıdır. Bu önlemlerin sayısı ve etkinliğini belirlemede mevcut olan zaman ile düzeltici eylemlerin tanımlanması ve uygulanması için gerekli olan zamanın hesaba katılması önem taşır. Temel derecelendirme belirlendikten sonra olay veya kazanın nihai derecelendirmesi için; ortak nedenli arızalar⁶, prosedür yetersizlikleri ve güvenlik kültürü hususları olarak ilave faktörler de dikkate alınmalıdır. İlave faktörlerin dikkate alınmasıyla olay veya kazanın derecesi 1 seviye artırılabilir. Bu ilave faktörlerin temel derecelendirmeyi artırıp artırmadığı göz önüne alınarak olay veya kazanın nihai derecelendirmesi için karar verilmelidir. Nihai derecelendirme, üst limiti geçemez.

⁶ Ortak nedenli arızalar; tek bir olay veya nedenin sonucunda birden fazla cihaz veya bileşende meydana gelen arızadır.

4.4.1 Maksimum potansiyel sonuçlar

Maksimum potansiyel sonuçların seviyesini belirlemek için aşağıdaki genel ilkeler hesaba katılmalıdır:

- Maksimum potansiyel sonuçlara ilişkin derecelendirme, olay veya kazanın meydana geldiği tesis türüne ve gerçekleştirilen müdahale çalışmalarına özgü olmalıdır.
- Olay veya kazada potansiyel olarak etkilenebilecek radyoaktif kaynaklarla ilgili envanterin, olay veya kazaya karışan radyoaktif kaynağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, aktivitenin yayılabileceği mekanizmaların dikkate alınması gerekir.
- Sadece acil durum senaryolarına odaklanılmamalı, olay veya kazaya bağlı tüm güvenlik önlemlerinin başarısız olduğu fiziksel olarak muhtemel kazalara odaklanılmalıdır.
- Çalışanların ışınlanmalarına bağlı sonuçlar değerlendirilirken maksimum potansiyel sonuçlar, en yüksek dozu alan kişiye bağlı olarak değerlendirilmelidir.

Hızlandırıcı tesisleri, radyoizotop üretim tesisleri ve Sınıf 1 radyoaktif kaynaklarını içeren tesisler için maksimum potansiyel sonuçların belirlenmesi amacıyla hem yukarıda belirtilen ilkelere bağlı olarak hem de bugüne kadar yaşanan kazalarda görülen örnekler doğrultusunda aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir:

- Radyasyon alanına girişteki devre kesicilerle ilgili olay veya kazalar için, maksimum potansiyel sonuçlar, büyük ölçüde planlanmamış olan çalışan ışınlanmalarına bağlıdır. Eğer radyasyon seviyesi deterministik etkilere veya ölüme neden olacak kadar yüksekse, ışınlama odasına girildiyse ve hafifletici eylemler uygulanmadıysa maksimum potansiyel sonuçların derecelendirmesi Seviye 3 veya 4 olur ('kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriterine göre).

- Hızlandırıcı tesisleri için maksimum potansiyel sonuçlar, büyük oranda kişilerin planlanmayan ışınlanmalarına bağlıdır. Girişlerin kontrol altında olduğu alanlara girilmesiyle ilgili olay veya kazalarda radyasyon seviyesi deterministik etkilere veya ölüme neden olacak kadar yüksekse maksimum potansiyel sonuçların derecelendirmesi Seviye 3 veya 4 olur ('kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriterine göre).
- Işınlama tesisleri için maksimum potansiyel sonuçlar, kişilerin planlanmayan ışınlanmalarıyla ilişkilidir. Tüm koruyucu önlemlerin başarısız olduğu olay veya kazada radyasyon seviyeleri deterministik etkilere veya ölüme neden olacak kadar yüksekse maksimum potansiyel sonuçların derecelendirmesi Seviye 3 veya 4 olur ('kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriterine göre).

Radyoaktif maddenin yayılmasını önleyen güvenlik sistemlerine sahip olan Sınıf 1 radyoaktif kaynakları ile ilgili olay veya kazalar için potansiyel salım, maksimum potansiyel sonuçların Seviye 5 olarak derecelendirilmesine yetecek kadar büyük olabilir.

4.4.2 Güvenlik önlemlerinin etkinliği

Farklı tesislerde kullanılan pek çok güvenlik önlemi vardır. Bunlar daha önce bahsedildiği gibi kalıcı fiziksel bariyerler, devre kesiciler, görsel ve sesli alarmlar ile bunlara karşı görevli personel tarafından uygulanan idari kontrol ve müdahaleler olabilir. Çeşitli güvenlik önlemlerini içeren tesislerle ilgili radyasyon olay veya kazalarının derecelendirmesi için, güvenlik önlemlerini ayrı ve bağımsız güvenlik katmanlarına ayırarak gruplandırmak ve elde edilen güvenlik katmanlarının sayısını tespit etmek gerekir.

İdari kontrolleri de güvenlik katmanı olarak sayarken, bağımsız sayılacak prosedürlerin kapsamını ve prosedürün bir güvenlik katmanı olarak kabul edilmesi için yeterli güvenilirlikte olduğunu kontrol etmek önem taşır. Güvenlik katmanları denetim prosedürlerini de içerebilir ancak denetim yalnız başına bir güvenlik katmanı oluşturmaz, denetimle birlikte düzeltici eylemlerin de uygulanması gerekir.

Bağımsız güvenlik katmanlarının sayısının tanımlanması için, olay veya kazanın koşullarına ve tesisin özelliklerine bağlı olarak mevcut olabilecek güvenlik katmanlarına ilişkin örnekler aşağıda sıralanmıştır:

- Aktif dozimetreler (eğer cihazlar güvenilirse, personel kullanımı hakkında eğitilmişse, hızlı ve uygun şekilde müdahale edebilecekse).
- Kurulu olan radyasyon alan monitörleri (eğer cihazlar güvenilirse, personel kullanımı hakkında eğitilmişse, hızlı ve uygun şekilde müdahale edebilecekse).
- Olağandışı radyasyon seviyesini veya radyoaktif kirliliğin yayılımını tespit ederek diğer kişileri uyaracak radyasyondan korunma konusunda eğitilmiş ve yetkili personelin varlığı.
- Tesisin güvenli koşullarda çalıştığından emin olunmasını sağlamak üzere yapılan denetimler (bu denetimlerin sıklığının, performans düşüklüklerinin tespiti için yeterli olması ve gerekli düzeltici eylemlerin güvenilir şekilde yerine getirilmesi koşuluyla).
- Havalandırma sistemleri (güvenli ve kontrollü şekilde çalışan).
- Zırhlanmış duvarlar ve kapılar.
- Radyasyon kaynağının bulunduğu alana girişte devre kesici sistemleri.
- Acil durumlar için önceden oluşturulan plan ve prosedürler.
- Yedekliliğin sağlanması.

Maksimum potansiyel sonuçlar ve etkin güvenlik katmanlarının sayısı belirlendikten sonra, temel derecelendirme aşağıdaki adımlarla elde edilmelidir.

Aşağıdaki olay veya kazalar Seviye 0 olarak derecelendirilir:

- Tesisin ömrü boyunca karşılaşılabilecek ve önceden öngörülen bir olay veya kaza (güvenlik önlemleri olay meydana gelmeden önceden hazırsa, beklendiği ve önceden planlandığı gibi müdahale edilirse).
- Güvenlik önlemlerinde bozulmaların tespit edildiği ancak güvenlik önlemlerindeki bozulmalara rağmen hala izin verilen sınırların altında çalışılması, tesis güvenliği etkilenmeden normal çalışmalar dönülmesi.
- Tesis bariyerlerinde önemli bir bozulmanın mevcut olmaması (sızıntı doz hızı, izin verilen sınırların altındaysa).
- Periyodik denetim ve testler sırasında tespit edilen yedek sistemlerdeki tek bir hata veya çalışmayan bir bileşenin olması.

Diğer tüm durumlar için olay veya kazanın derecelendirmesi, maksimum potansiyel sonuçlar ve geriye kalan güvenlik katmanı sayısına bağlı derecelendirmeyi veren **Çizelge 4.9**'dan elde edilebilir.

Çizelge 4.9 Güvenlik katmanı sayısına göre olay veya kaza derecelendirmesi

Geriye Kalan Güvenlik Katmanı Sayısı	Maksimum Potansiyel Sonuçlar		
	Seviye 5, 6, 7	Seviye 3, 4	Seviye 1, 2
3'ten fazla	0	0	0
3	1	0	0
2	2	1	0
1 veya 0	3	2	1

4.4.3 İlave faktörler

Elde edilen temel derecelendirme; ortak nedenli arızalar, prosedür yetersizlikleri ile birlikte güvenlik kültürü olarak belirlenen ilave faktörlerle artırılabilir. İlave faktörler radyasyon olay veya kazasının derecesini sadece 1 seviye artırabilir.

Son olarak, bu şekilde tüm değerlendirme alanları ve bu alanlara ait kriterler öğrenildikten sonra, bir olay veya kazanın sınıflandırılması yapılırken kullanılan bir değerlendirme alanında elde edilen derecelendirmenin, diğer değerlendirme alan ve kriterleriyle artırılacağı düşünülmüyorsa bunların ilave olarak kullanılmasına gerek olmadığı anlaşılmaktadır.

Örneğin bir radyasyon kazasında hayatını kaybeden bireyler varsa sadece, 'kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriteri kullanılarak kazaya ilişkin derecelendirme ve dolayısıyla kazanın sınıflandırılması tespit edilebilir.

EK-2'de olay veya kazaların değerlendirilmesi ve sınıflandırılmasının nasıl yapılacağına gösterildiği örnekler sunulmuştur.

KAYNAKLAR

IAEA, 2005, Categorization of Radioactive Sources, Safety Standards Series No. RS-G-1.9, International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA, 2008, INES The International Nuclear and Radiological Event Scale, User's Manual, International Atomic Energy Agency, Vienna

KARAKURT Hatem, 2019, Dünyada ve Türkiye'de Meydana Gelen Radyasyon Kazalarının İncelenmesi, Tasnif Edilmesi, Nedenlerinin, Etkilerinin ve Sonuçlarının İncelenmesi, Radyolojik Acil Durum Yönetimine Yönelik Olarak Ulusal Seviyede Yapılacak Planlama ve Gerçekleştirilecek Müdahaleye İlişkin Öneriler Geliştirilmesi Uzmanlık Tezi, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara

EKLER**Ek-1. Radyasyon Kaynaklarının Sınıflandırılması****Çizelge EK-1.1** Radyasyon kaynaklarının aktivite oranı ve kullanıldıkları yaygın uygulamalar bazında sınıflandırılması

Sınıf*	Radyasyon Kaynağı**	A/D***
1	Işınlama cihazları Teleterapi kaynakları Gama bıçağı kaynakları	A/D≥1000
2	Endüstriyel gama radyografisi kaynakları Yüksek/orta doz brakiterapi kaynakları	1000>A/D≥10
3	Sabit proses kontrol ve endüstriyel ölçüm cihazları (yüksek aktiviteli kapalı kaynakları içeren) Kuyu tipi (sondaj) ölçüm sistemleri	10>A/D≥1
4	Düşük doz brakiterapi kaynakları (göz plakları ve daimi implantlar hariç) Proses kontrol ve ölçüm amaçlı sabit cihazlar (yüksek aktiviteli kapalı kaynakları içermeyen) Mobil/taşınabilir nükleer ölçüm cihazları	1>A/D≥0,01
5	Düşük doz brakiterapi kaynakları (göz plakları ve kalıcı implant kaynakları) Pozitron emisyon tomografisi (PET) kontrol kaynakları	0,01> A/D ve A > muafiyet değerleri

* Sınıflandırma kapalı kaynaklar için yapılır. Ancak olaya özgü olarak miktarı belirli olan açık kaynaklar için, toplam aktivite değeri ile radyoizotopun D-değeri kullanılarak sınıf belirlemesi yapılabilir.

** Sınıflandırmada, faaliyetin türüne göre yaygın olarak kullanılan radyoaktif kaynaklar belirtilmiştir. Faaliyet alanında yaygın olarak kullanılanların dışında farklı cins veya farklı aktiviteye sahip radyoizotop kullanımı söz konusu ise ilgili radyoaktif kaynağın aktivitesi ve radyoizotopun D-değeri kullanılarak ayrıca sınıflandırma yapılmalıdır.

*** A radyoizotopun aktivitesidir ve D radyoizotopun ciddi deterministik etkilere yol açabileceği aktivitesidir. Bir uygulamada farklı cinslerde radyoaktif kaynakların aynı anda bulundurulması veya kullanılması söz konusu olduğunda toplam A/D değeri, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\text{Toplam } \frac{A}{D} = \sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$$

$A_{i,n}$ = Her bir i radyoaktif kaynağındaki n radyoizotopunun aktivitesi

D_n = n inci radyoizotopun D-değeri

Radyoizotopların D-değerleri (TBq)					
Am-241	6×10^{-2}	Ge-68	7×10^{-1}	Po-210	6×10^{-2}
Am-241/Be	6×10^{-2}	H-3	2×10^3	Pu-238	6×10^{-2}
Au-198	2×10^{-1}	I-125	2×10^{-1}	Pu-239/Be	6×10^{-2}
Cd-109	2×10^1	I-131	2×10^{-1}	Ra-226	4×10^{-2}
Cf-252	2×10^{-2}	Ir-192	8×10^{-2}	Ru-106 (Rh-106)	3×10^{-1}
Cm-244	5×10^{-2}	Kr-85	3×10^1	Se-75	2×10^{-1}
Co-57	7×10^{-1}	Mo-99	3×10^{-1}	Sr-90 (Y-90)	1
Co-60	3×10^{-2}	Ni-63	6×10^1	Tc-99m	7×10^{-1}
Cs-137	1×10^{-1}	P-32	1×10^1	Tl-204	2×10^1
Fe-55	8×10^2	Pd-103	9×10^1	Tm-170	2×10^1
Gd-153	1	Pm-147	4×10^1	Yb-169	3×10^{-1}

Listede yer almayan radyoizotopların D-değerleri, UAEA'nın "Dangerous quantities of radioactive material (D-values)" başlıklı dokümanından temin edilebilir.

Ek-2. Radyasyon Olay veya Kazalarının Sınıflandırılmasına İlişkin Örnekler

ÖRNEK 1

Bir hastanenin nükleer tıp ünitesinde 4 GBq aktivitede sıvı formda I-131 kaynağının taşındığı bir forklift hastane koridorunda bir çarpışmaya dâhil olunca söz konusu radyasyon kaynağı dökülerek 2 kişide radyoaktif kirliliğe neden olmuştur. Sonrasında nükleer tıp ünitesi görevlileri olayı kontrol altına almış söz konusu kişilerde radyoaktif kirliliğin giderilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Biri hemşire, diğeri hasta olan kişilerin her birinin 10 MBq I-131 ile radyoaktif kirliliğe maruz kaldığı, bundan dolayı maruz kalınan etkin dozların ise 0,5 mSv'ten düşük olduğu tahmin edilmiştir. Sıvı radyoaktif kaynağın döküldüğü alan 2 haftalığına kapatılmış (I-131'in yarı ömrü 8 gün olduğundan, yaklaşık 2 yarı ömürlük süre belirlenmiş) ve ünitadaki görevliler tarafından alanda radyoaktif kirliliğin giderilmesi işlemleri de başarılı şekilde tamamlanmıştır.

Bu kazanın sınıflandırması, tüm değerlendirme alan ve kriterlerine göre aşağıda anlatıldığı gibi yapılmıştır:

1. İnsan ve çevre üzerindeki etkiler açısından

a. 'Kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriteri

Yaşanan olay veya kaza sonucu, etkilenen kişiler 0,5 mSv'in altında etkin dozlara maruz kalmıştır. Bu nedenle, olay veya kazanın derecesi, Seviye 0 olarak elde edilir.

b. 'Salım yapılan aktivite' kriteri

Radyoaktif kaynak nükleer tıp ünitesi koridoruna dökülmüştür. I-131 için D2 değeri 0,2 TBq = 200 GBq'dir (Bkz. **Çizelge 4.2**). Radyoaktif kaynağın aktivitesi 4 GBq olup, D2 değerinden dahi düşük olduğundan salım yapılan aktiviteyle ilgili **Çizelge 4.3**'teki en düşük olan Seviye 4'e ulaşamamıştır. Bu nedenle salım yapılan aktiviteyle ilgili bir derece elde edilmemiştir.

2. Derinliğine savunma açısından

a. Maksimum potansiyel sonuçlar

I-131 için D-değeri $0,2 \text{ TBq} = 200 \text{ GBq}$ 'dir (Bkz. **Çizelge 4.4**). Radyoaktif kaynağın aktivitesi (A), 4 GBq olduğundan, A/D değeri $0,02$ olarak elde edilir. Bu doğrultuda radyoaktif kaynağın sınıfı, **Çizelge EK-1.1**'den 4 olarak belirlenmiş olur. Dolayısıyla **Çizelge 4.5**'ten derinliğine savunma açısından maksimum derecelendirme Seviye 1 olmaktadır.

b. Güvenlik önlemlerinin etkinliği

Radyoaktif kaynağın içinde bulunduğu kap kırılıp radyoaktif kaynak döküldüğünden geriye herhangi bir güvenlik önlemi kalmamıştır. Bu nedenle bu olay veya kazanın derecelendirmesi, **Çizelge 4.7**'nin C bölümünün 1'inci satırına göre Seviye 1 olur.

c. Güvenlik kültürü hususları

Güvenlik kültürünün eksikliğine ilişkin bir gösterge bulunmamaktadır.

3. Nihai derecelendirme

Olay veya kazanın tüm değerlendirme alan ve kriterlerine göre değerlendirilmesi sonucu, en yüksek derecelendirmenin 'güvenlik önlemlerinin etkinliği' kriterinden geldiği görülmektedir. Bu doğrultuda olay veya kazanın nihai derecelendirmesi Seviye 1 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla olay veya kazanın INES ölçeğindeki sınıfı, Seviye 1 – Anomali olarak elde edilmiştir.

ÖRNEK 2

1 TBq Ir-192 kaynağı içeren gamagrafi cihazıyla yapılan çalışmalar sırasında, radyoaktif kaynak cihazdan düşmüştür. Ancak radyografçı, çalışma alanına yeniden geldiğinde radyasyon ölçüm cihazıyla durumu fark ederek kontrollü alan bariyerlerini kontrol etmiş ve bariyerleri olduğu yerde korumuştur.

Sonrasında ulusal yetkililerden yardım istenmiştir. Yetkililer ve radyografçı radyoaktif kaynağı bulma operasyonunu başlatmış, söz konusu kaynak kayıp olduğu tespit edildikten 12 saat sonra bulunmuştur. Müdahalede görev alan 3 kişi 1 mSv'in altında etkin dozlara maruz kalmıştır.

Bu olay veya kazanın sınıflandırması, tüm değerlendirme alan ve kriterlerine göre aşağıda anlatıldığı gibi yapılmıştır:

1. İnsan ve çevre üzerindeki etkiler açısından

a. 'Kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriteri

Yaşanan olay veya kaza sonucu, müdahale görev alan kişiler 1 mSv'ten düşük etkin dozlara maruz kalmıştır. Bu nedenle, olay veya kazanın derecesi, Seviye 0 olarak elde edilir.

b. 'Salım yapılan aktivite kriteri'

Herhangi bir salım yok.

2. Derinliğine savunma açısından

a. Maksimum potansiyel sonuçlar

Ir-192 için D-değeri 0,08 TBq'dir (Bkz. **Çizelge 4.4**). Radyoaktif kaynağın aktivitesi (A), 1 TBq olduğundan, A/D değeri 12 olarak elde edilir. Bu nedenle radyoaktif kaynağın sınıfı, **Çizelge EK-1.1**'den 2 olarak belirlenmiş olur. Dolayısıyla **Çizelge 4.5**'ten derinliğine savunma açısından maksimum derecelendirme Seviye 2 olmaktadır.

b. Güvenlik önlemlerinin etkinliği

Bu endüstriyel radyografi uygulamaları için öngörülebilir bir olay veya kazadır. Bu gibi olay veya kazalara hazır olunmalı, gerekli acil durum planları ve ekipmanları mevcut olmalıdır. Burada radyografçının ölçüm cihazını etkin şekilde kullandığı görülmüştür. Bu nedenle bu olay veya kazanın derecelendirmesi **Çizelge 4.7**'nin A bölümünün 4'üncü satırına göre Seviye 0 veya 1 olabilir.

c. Güvenlik kültürü hususları

Güvenlik kültürüne ilişkin olumsuz bir gösterge olmadığından nihai derecelendirme Seviye 0 olarak seçilmiştir.

3. Nihai derecelendirme

Olay veya kazanın tüm değerlendirme alan ve kriterlerine göre değerlendirilmesi sonucu, nihai derecelendirmesi Seviye 0 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla olay veya kazanın INES ölçeğindeki sınıfı, Seviye 0 – Ölçek Altı olarak elde edilmiştir.

ÖRNEK 3

51 TBq aktiviteli Cs-137 kaynağını içeren bir teleterapi ünitesi, yıkılmış bir alanda tamamiyle emniyetsiz halde terk edilmiştir. 2 kişi bu alana gelerek hurda metal olarak satacaklarını düşünerek radyoaktif kaynak içerdiğini bilmedikleri cihaz parçasını (teleterapi kafası) sökmüş, evlerine götürüp parçalarına ayırmaya çalışmış ve sonunda kaynak kapsülünü parçalamıştır. Buradaki Cs-137 tuz formunda, çözünebilir ve dağılılabılır halde olduğundan bu aşamada birkaç kişi radyoaktif kirliliğe ve yüksek dozlara maruz kalmıştır.

Ardından kaynak kapsülü parçalandıktan sonra geriye kalan parçalar bir hurda metal satıcısına satılmıştır. Radyoaktif kaynak, hurda metal alanına getirildikten sonra birkaç kişi radyasyon kaynağının yakınında bulunmuş ve burada radyasyon kaynağına ait parçalar birkaç kişiye dağıtılmıştır. Birkaç gün sonra, bu kişilerde radyasyon kaynaklı belirtiler oluştuğundan sonra olay veya kaza tespit edilmiştir. Olay veya kaza sonucu 8 kişide akut radyasyon sendromu görülmüş ve 4 kişi de hayatını kaybetmiştir. Aynı zamanda, söz konusu kaynağın bulunduğu birçok alanda çevresel radyoaktif kirlilik tespit edilmiştir.

Bu olay veya kazanın sınıflandırması, tüm değerlendirme alan ve kriterlerine göre aşağıda anlatıldığı gibi yapılmıştır:

1. İnsan ve çevre üzerindeki etkiler açısından

a. 'Kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriteri

Olay veya kaza sonucu, 8 kişide deterministik etkiler meydana gelmiş, 4 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu açılarından olay veya kazanın derecelendirmesi için, **Çizelge 4.1**'in 6'ncı satırına göre 1 kişinin hayatını kaybetmesi, Seviye 4 olarak, 4 kişinin hayatını kaybetmesi ise Seviye 5 olarak elde edilir.

b. 'Salım yapılan aktivite' kriteri

Radyoaktif kaynak parçalanmış ve aktivite çevreye yayılmıştır. Cs-137 için D2 değeri 20 TBq'dir (Bkz. **Çizelge 4.2**). Radyoaktif kaynağın aktivitesi 51 TBq olarak, D2 değerinin sadece 2,5 katından büyük olduğundan salım yapılan aktiviteyle ilgili **Çizelge 4.3**'teki en düşük olan Seviye 4'e ulaşamamıştır. Bu nedenle salım yapılan aktiviteyle ilgili bir derece elde edilmemiştir.

2. Derinliğine savunma açısından

a. Maksimum potansiyel sonuçlar

Cs-137 için D-değeri 0,1 TBq'dir (Bkz. **Çizelge 4.4**). Radyoaktif kaynağın aktivitesi (A), 51 TBq olduğundan, A/D değeri 510 olarak elde edilir. Bu doğrultuda kaynağın sınıfı, **Çizelge EK-1.1**'den 2 olarak belirlenmiş olur. Dolayısıyla **Çizelge 4.5**'ten derinliğine savunma açısından maksimum derecelendirme, Seviye 2 olmaktadır.

b. Güvenlik önlemlerinin etkinliği

İlk olarak radyoaktif kaynak içeren teleterapi kafası ilgisiz kişilerce hurda metal olarak alınarak götürülmüş olduğundan olay veya kazanın derecelendirmesi **Çizelge 4.6**'nın 3'üncü satırına göre Seviye 2 olur. Radyoaktif kaynak bulunduktan sonra yapılan yeniden değerlendirme kapsamında, teleterapi kafasının sökülmesi, hatta kaynak kapsülünün dahi parçalanmış olması ve kaynağın tamamıyla açığa çıkmış olarak bulunmasından dolayı **Çizelge 4.7**'nin C bölümünün 1'inci satırına göre olay veya kazanın derecelendirmesi Seviye 1 veya 2 olarak elde edilir.

c. Güvenlik kültürü hususları

Teleterapi ünitesi yıkılmış halde terk edilmiştir. Bu doğrultuda bu olay veya kazaya ilişkin olarak güvenlik kültürünün tamamıyla mevcut olmadığı söylenebilir. Bu nedenle derinliğine savunma açısından olay veya kazanın derecelendirmesi, nihai biçimde Seviye 2 olarak seçilmiştir.

3. Nihai derecelendirme

Olay veya kazanın tüm değerlendirme alan ve kriterlerine göre değerlendirilmesi sonucu, en yüksek derecelendirmenin 'kişilerin maruz kaldıkları dozlar' kriterinden geldiği görülmektedir. Bu doğrultuda olay veya kazanın nihai derecelendirmesi Seviye 5 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla olay veya kazanın INES ölçeğindeki sınıfı, Seviye 5 – Geniş Sonuçları Olan Kaza olarak elde edilmiştir.

