

T.C.  
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**RADYOFARMASÖTİK ÜRETEEN TESİSLERDE RADYASYON KAYNAKLI  
RİSKLERİN FARKLI YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sunay ERSEVER**  
141101381

**Bölüm: İş Sağlığı Ve Güvenliği Bölümü**

**DANIŞMAN**  
**Prof. Dr. Cuneyt ULUTİN**

İSTANBUL  
HAZİRAN 2018

T.C.  
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**RADYOFARMASÖTİK ÜRETEN TESİSLERDE RADYASYON  
KAYNAKLI RİSKLERİN FARKLI YÖNTEMLERLE  
KARŞILAŞTIRILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sunay ERSEVER**

**141101381**

**Bölüm: İş Sağlığı Ve Güvenliği Bölümü**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Cuneyt ULUTİN**

İSTANBUL  
HAZİRAN 2018

**T.C.**  
**İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 10/10/2018

Prof. Dr. Hakkı Cüneyt ULUTİN

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

Jüri Başkanı

Doç. Dr. Fatih YILMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Beyrul CANBAZ

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

## **ÖZGÜNLÜK BİLDİRİSİ**

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntıların, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,
2. Alıntılar dışındaki bölümlerin, özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmaların ve yazılım/donanımın benim tarafımdan yapıldığını bildiririm

İstanbul, 04.06.2018

Sunay ERSEVER

## İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay.....	i
Özgünlük Bildirisi.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SEMBOLLER, KISALTMALAR.....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>2</b>
2.1.Radyasyonun Tanımı ve Türleri.....	2
2.2.Radyasyon Kaynakları.....	4
2.2.1. Doğal Radyasyon Kaynakları.....	5
2.2.2. Yapay Radyasyon Kaynakları.....	8
2.3.Bozunum Partikül Türleri.....	9
2.3.1. Alfa Bozunumu.....	10
2.3.2. Beta Bozunumu.....	10
2.3.3. Gama Bozunumu.....	14
2.4.İyonizan Radyasyonun Madde ile Etkileşimi.....	14
2.4.1. Fotoelektrik Olay.....	15
2.4.2. Compton Saçılımı.....	16
2.4.3. Çift Oluşumu.....	17
2.4.4. Koherent Saçılma.....	18
2.4.5. Fotobozunma.....	18
2.5.Radyoaktif Bozunma.....	19
2.5.1. Bozunma Sabiti.....	19
2.5.2. Bozunma Faktörü.....	19
2.5.3. Yarı Ömür.....	20
2.5.4. Ortalama Yaşam Süresi.....	20
2.5.5. Biyolojik Yarı Ömür.....	20

2.5.6. Efektif Yarı Ömür.....	20
2.5.7. Aktivite.....	21
<b>2.6. Radyasyon Dozimetresi (İzometresi) .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7. Radyasyonun Biyolojik Etkileri.....</b>	<b>21</b>
2.7.1. İyonize Radyasyonun Moleküler Düzeyde Etkileri.....	22
2.7.2. Radyasyonun Hücresel Düzeyde Etkileri.....	22
2.7.3. Radyasyonun Biyolojik Sistemler Üzerinde Etkileri.....	23
2.7.3.1. Hematopoetik Sistemi.....	24
2.7.3.2. Lenfatik Sistem.....	24
2.7.3.3. Reprodüktif Sistem.....	24
2.7.3.4. Gastrointestinal Sistem.....	24
2.7.3.5. Deri.....	25
2.7.3.6. Göz.....	25
2.7.3.7. Merkezî Sinir Sistemi.....	25
2.7.3.8. Diğer Organlar.....	25
<b>2.8. Doza Bağlı Etkiler.....</b>	<b>25</b>
2.8.1. Düşük Doz Radyasyonun Biyolojik Etkileri.....	26
2.8.1.1. Genetik Etkiler.....	26
2.8.1.2. Kanserojenik Etkiler.....	26
2.8.1.3. Embriyo ve Fetus Üzerine Etkiler.....	27
2.8.2. Yüksek Doz Radyasyonun Biyolojik Etkileri.....	28
2.8.2.1. Akut Somatik Etkiler.....	28
2.8.2.2. Kronik Somatik Etkiler.....	30
<b>2.9. Radyasyondan Korunma Yöntemleri.....</b>	<b>31</b>
2.9.1. Toplum Üyelerinin Radyasyondan Korunması.....	32
2.9.2. Çalışanların Radyasyondan Korunması.....	32
2.9.3. Nükleer Santral Kazları Sonucu Yayılan Radyasyondan Koruma.....	37
<b>2.10. Radyonüklidlerin Üretimi.....</b>	<b>38</b>
2.10.1. Nükleer Reaktörler.....	38
2.10.1.1. Nükleer Reaksiyonlar.....	38
2.10.1.1.1. Filyon (Bölünme).....	38
2.10.1.1.2. Füzyon (Birleşme).....	38

2.10.1.1.3. Nötron Yakalaması veya Aktivasyonu.....	39
2.10.1.1.4. Transmutasyon.....	39
2.10.1.2. Nükleer Reaktörler... ..	40
2.10.1.3. Yüklü Parçacık Hızlandırıcıları.....	41
2.10.1.3.1. Lineer Hızlandırıcılar.....	42
2.10.1.3.2. Siklotron.....	43
2.10.2. Radyonüklid Jeneratörler.....	45
<b>2.11. Radyofarmasötikler.....</b>	<b>45</b>
2.11.1. Kısa Tarihiçesi.....	45
2.11.2. Tanımlama.....	44
2.11.2.1. Radyoizotop Üretimi.....	46
2.11.2.2. Radyofarmasötiklerin Hazırlanması.....	47
2.11.2.3. Kalite Kontrolü.....	47
<b>2.12. Radyofarmasötik Tesisler.....</b>	<b>47</b>
2.12.1. Prensiip.....	47
2.12.2. Personel.....	48
2.12.3. Tesisler ve Ekipman.....	49
2.12.4. Dokümantasyon.....	50
2.12.5. Üretim.....	51
2.12.6. Kalite Kontrol.....	51
2.12.7. Dağıtım ve Geri Çekme.....	51
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>	<b>52</b>
3.1. Risk Değerlendirme Nedir?.....	52
3.2. Karşılaştırmalı Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	58
3.2.1. Finne – Kinney Metodu.....	58
3.2.2. Matris L-Tipi 5 * 5 Metodu.....	72
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>79</b>
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>80</b>
<b>6. SONUÇ.....</b>	<b>84</b>
<b>7. ÖZET.....</b>	<b>92</b>
<b>8. SUMMARY.....</b>	<b>93</b>
<b>9. KAYNAKLAR.....</b>	<b>94</b>

<b>10. EKLER.....</b>	<b>99</b>
Ek 1: Fine – Kinney Risk Değerlendirme Analizi.....	100
Ek 2: Matris L-Tipi 5*5 Risk Değerlendirme Analizi.....	116
EK 3: Fine- Kinney ve Matris L- Tipi 5*5 Yöntemlerin Karşılaştırması.....	131
<b>11. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>137</b>





## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 : Radyasyonun Çeşitleri.....	2
Şekil 2 : Elektromanyetik radyasyonun enerji spektrumu.....	3
Şekil 3 : Kozmik ışınlardan bir saatte alınan radyasyon dozunun yüksekliğe göre değişimi.....	5
Şekil 4 : Alfa bozunumu.....	10
Şekil 5 : Örnek bir $\beta^-$ bozunumu.....	11
Şekil 6 : $\beta^+$ bozunumu.....	11
Şekil 7 : Elektron yakalama olayına bir örnek ( $^7\text{Be}$ ).....	12
Şekil 8 : $\beta^-$ bozunumu sonrasında yayımlanan elektronların enerji spektrumlarına bir örnek ( $^{210}\text{Bi}$ ).....	13
Şekil 9 : Gama bozunumu.....	14
Şekil 10 : Gama ışının alüminyum ile etkileşimi.....	15
Şekil 11 : Fotoelektrik olay.....	16
Şekil 12 : Compton saçılması.....	17
Şekil 13 : Çift oluşumu.....	17
Şekil 14 : Koherant oluşumu.....	18
Şekil 15 : Fotobozunma.....	18
Şekil 16 : Akut yada kronik radyasyon maruziyetlesinde gözlenecek etkiler .....	30
Şekil 17 : Kişisel Koruyucu Donanım.....	33
Şekil 18 : Dış radyasyondan Korunma yöntemleri.....	34
Şekil 19 : Radyasyona maruz kalma süreleri.....	35
Şekil 20 : Ir-192 Kaynağından Maruz Kalınabilecek Belli bir Miktardaki Radyasyon Dozunu Yarıya İndirebilmek için Gerekli Zırh Malzemeleri.....	36

<b>Şekil 21</b> : ALARA Prensibi,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	36
<b>Şekil 22</b> : Bir nükleer reaktörün bölümleri.....	40
<b>Şekil 23</b> : Lineer hızlandırıcıda şematik ışın üretimi ve gönderimi.....	42
<b>Şekil 24</b> : Bir siklotronun şematik çizimi A) Yukarıdan B) Karşıdan bakış.....	44
<b>Şekil 25</b> : Fine – Kinney risk değerlendirme sonuç analizi.....	86
<b>Şekil 26</b> : Alanlara göre Fine – Kinney risk sonuçları.....	86
<b>Şekil 27</b> : Matris L-Tipi 5*5 risk değerlendirme sonuç analizi.....	88
<b>Şekil 28</b> : Alanlara göre Matris L-Tipi 5*5 risk sonuçları.....	89
<b>Şekil 29</b> : Risk değerlendirme yöntemlerin karşılaştırması.....	89

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Radyasyon Kaynakları.....	4
<b>Tablo 2:</b> Doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozlarının oransal değerleri.....	7
<b>Tablo 3:</b> Bazı bölgelerdeki doğal radyasyon doz düzeyleri.....	7
<b>Tablo 4:</b> Yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozunun oransal değerleri.....	8
<b>Tablo 5:</b> Küresel Radyasyon Dozuna Doğal ve Yapay Radyasyon Kaynaklarının Miktarı .....	9
<b>Tablo 6:</b> Gebelik döneminde Rasyasyona Maruz Kalındığında Oluşacak Etkiler.....	27
<b>Tablo 7:</b> Akut radyasyon alımında radyasyonun sağlık etkileri.....	29
<b>Tablo 8 :</b> Fine- Kinney Olasılık Değeri.....	61
<b>Tablo 9:</b> Fine – Kinney Etki Şiddet/Zarar.....	62
<b>Tablo 10:</b> Fine – Kinney Frekans Değeri.....	63
<b>Tablo 11:</b> Fine- Kinney Risk Derecelendirme.....	64
<b>Tablo 12:</b> Fine - Kinney Risk Analiz Matrisi ve Değerleri .....	65
<b>Tablo 13:</b> Fine- Kinney Risk Değerlendirme Skalası.....	67
<b>Tablo 14:</b> Matris L-Tipi 5*5 Tehlike sonucu meydana gelecek zararın / şiddet (A) .....	73
<b>Tablo 15:</b> Matris L-Tipi 5*5 tehlike sonucu meydana gelecek zararın olma olasılığı (B) .....	74
<b>Tablo 16:</b> Matris L-Tipi 5*5 Risk Analiz Matrisi ve Değerleri.....	75
<b>Tablo 17:</b> Matris L-Tipi 5*5 Matris ve Tehlike Kontrol Planı.....	78
<b>Tablo 18:</b> Fine- Kinney & Matris L- Tipi 5*5 Yöntemlerin Olasılık Değerlerin Denkleştirmesiş.....	81
<b>Tablo 19:</b> Fine- Kinney & Matris L- Tipi 5*5 Yöntemlerin Zarar Şiddet Değerlerin Denkleştirmesiş.....	82

<b>Tablo 20:</b> Fine- Kinney Risk Değerlendirme Skalası.....	84
<b>Tablo 21:</b> Matris L- Tipi 5*5* Risk Değerlendirme Skalası.....	87
<b>Tablo 22:</b> Risk değerlendirme yöntemlerin karşılaştırması.....	90



## SEMBOL LİSTESİ

- Co-60** : Kobalt-60 Gama Radyoizotopu  
**Cs-137** : Sezyum-137 Gama Radyoizotopu  
**E<sub>b</sub>** : Atom Elektronunun Bağlanma Enerjisi  
**E<sub>e</sub>** : Yayınlanan Fotoelektronun Enerjisi  
**h<sub>v</sub>** : Gelen Foton Enerjisi  
**h<sub>v'</sub>** : Saçılan Foton Enerjisi  
**I** : Etkileşmeden Sonraki Foton Şiddeti  
**I<sub>0</sub>** : Gelen Foton Şiddeti  
**MBq** : Megabecquerel  
**mCi** : Millicurie  
**mec<sup>2</sup>** : Elektronun durgun Kütle Enerjisi  
**MeV** : Mega Elektron Volt  
**(n , γ)** : Nötron-Gama Soğurma Etkileşimleri  
**(n , α)** : Nötron-Alfa Soğurma Etkileşimleri  
**(n , 2n)** : Nötron-2 Nötron Soğurma Etkileşimleri  
**(n , p)** : Nötron-Proton Soğurma Etkileşimleri  
**Pb-208** : Kurşun Elementi  
**Pu-Be** : Plutonyum-Berilyum  
**Ra226** : Radyum Elementi  
**SiO<sub>2</sub>** : Silisyum Oksit  
**Sr-90** : Stronsiyum Beta Radyoizotop Kaynağı  
**U-235** : Aktinyum Radyoaktif Serisi  
**U-238** : Uranyum Radyoaktif Serisi  
**x** : Soğurucu Malzeme Kalınlığı  
**ρ** : Malzeme Yoğunluğu  
**μ** : Lineer Zayıflatma Katsayısı  
**μ<sub>m</sub>** : Kütle Zayıflatma Katsayısı  
**μCi** : Mikrocurie  
**θ** : Gelen Fotonun Geliş Doğrultusundan Sapma Açısı

## ÖNSÖZ

Türkiye’de 2013 yılında İş sağlığı ve Güvenliği kanunun çıkarılması ile çalışma hayatında işveren ve çalışanlara düşen sorumluluk da artmıştır. Ülkemizde yaşanan iş kazalarının ve iş kaybının ülke ekonomisine olan etkisinin minimuma indirilmesi için herkese sorumluluk düşmektedir. Ülkemiz genelinde işyerlerin teftişi ise T.C Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yapılmaktadır. İlgili mevzuatların yayımlanması ve yönetmeliklerin revize edilmesi de bakanlık tarafından sağlanmaktadır.

Radyoaktif ürünlerle yapılacak işlemler için alınması gereken bazı spesifik önlemler alınmalıdır. Bu tür üretim, konuyla ilgili diğer ulusal kuralların yanı sıra, kamunun ve çalışanların iyonize radyasyondan korunmasına ilişkin temel standartları ortaya koyan TAEK mevzuatına da uygun olarak yapılmak zorundadır.

Radyofarmasötik üreten tesisleride risk değerlendirme yöntemlerin karşılaştırması çalışmasında radyasyonun tanımı hem de radyasyon alanlarında daha güvenli çalışma uygulama örnekleri hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

## 1. GİRİŞ

Radyofarmasötik üretimi özel yöntemler ve tedbirler gerektiren çalışmalardır. Bu çalışmalarda dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biri ortaya radyasyon çıkmasıdır. Bunun için bu çalışmalarda üretim, depolama ve oluşan atık aşamaları gibi her safhada çok dikkatli olunmalı ve gerekli tedbirler alınmalıdır.

Radyofarmasötik üretim yerlerinde tesis ve ekipman yerleşimi, çalışan personellerin eğitim, hijyen, sağlık kontrolleri ve kalifiye olmaları, üretim, depolama ve lojistik, vs. süreçlere dikkat edilmesi gerekir.

Radyoaktif maddeler ile yapılacak işlemlerde uyulması gereken ilgili kurallar, ulusal ve uluslararası genel kabul görmüş temel standartları ortaya koyan kurum olan TAEK mevzuatına da uygun olmalıdır.

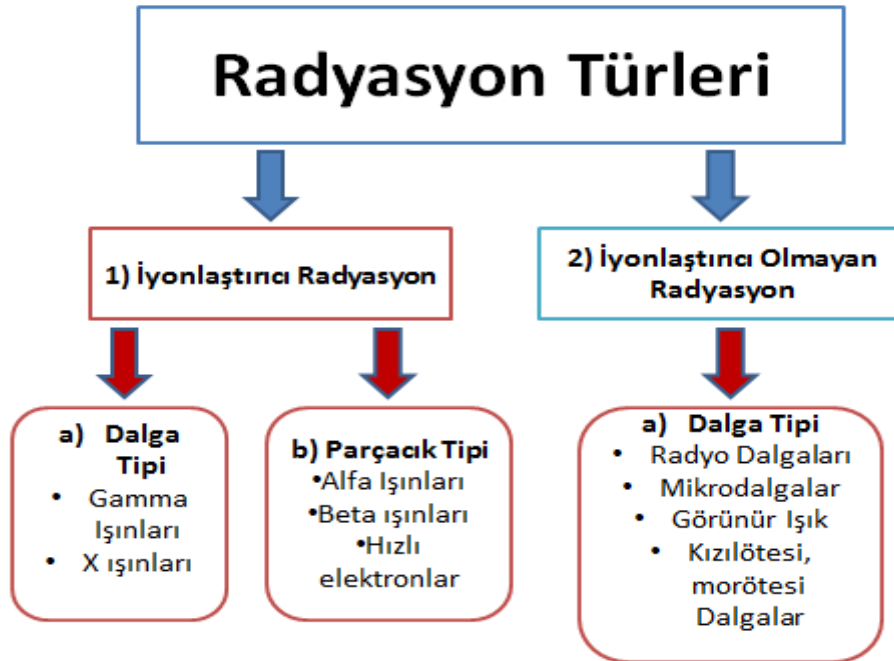
Bu çalışmada radyasyonun tanımı, radyofarmasötik üretim tesislerinde meydana gelebilecek tehlikeler ve bu tehlikelerin riskleri, bu risklerinden korunma yöntemleri ve iyi uygulamalar çalışma mevzuat açısından farklı risk metodları ile değerlendirilmiş, yapılan risk analizlerinin karşılaştırılması yapıp uygun yöntem belirlenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Radyasyon Tanımı ve Türleri

Kaynaktan elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji salınımı ya da aktarımına radyasyon denir. Yani kendi içinde dönüşüm geçiren atomlar tarafından enerji yayımlanan, boşlukta ve madde içerisinde hareket edebilen enerji olarak tarif edilir. Yayımlayan enerjinin kaynağın özelliğine bağlı olarak bu enerji parçacıklar veya elektromanyetik dalgalar aracılığıyla taşınabilir. Radyasyonu (ışınım) tanımlarken üç ana unsur kullanılır (Şekil 1).<sup>1</sup>

- Enerjisi (düşük ve yüksek enerjili radyasyon)
- Türü (iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon)
- Kaynağı (doğal ve yapay radyasyon kaynakları)



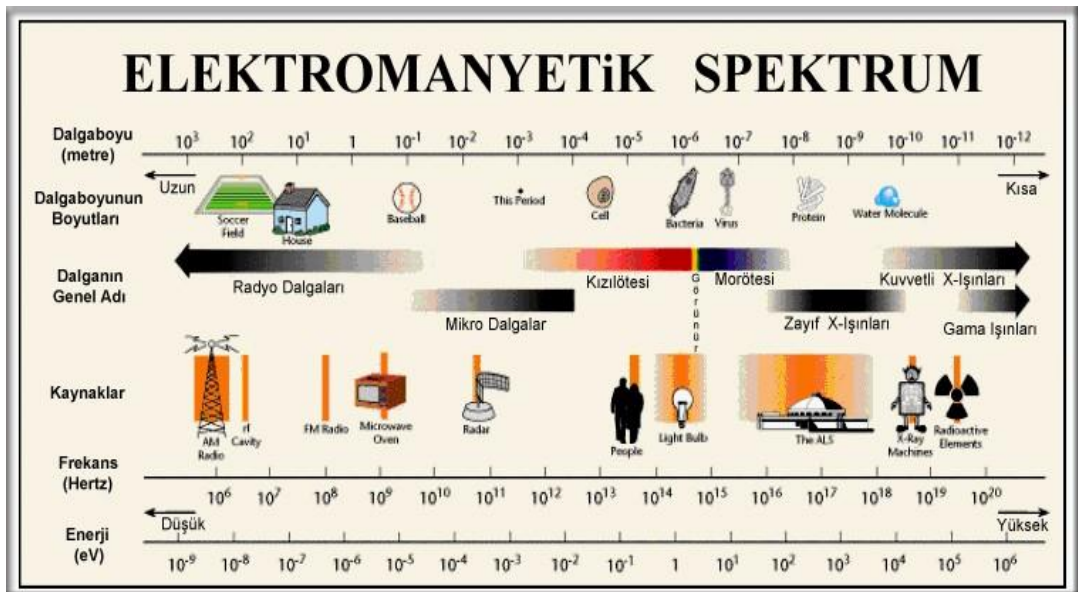
Şekil 1 : Radyasyonun Türleri.



Yüksek enerjiye sahip radyasyon iyonize radyasyon olarak da tanımlanır. Atomun dış yörüngelerinden elektron koparabilen, atomlarında yüklü parçacıklar yani iyonlar oluşturabilen radyasyon türüdür. İyonizan radyasyon elektromanyetik ve parçacık tipi radyasyonlardan oluşur. X ve gama ışınları iyonizan elektromanyetik dalga tipi, Alfa ve beta parçacıkları, nötronlar, protonlar ve elektronlar ise parçacık tipi iyonizan radyasyonlara örnek olarak verilebilir.

Düşük enerjiye sahip radyasyon ise etki ettiği materyalin atomları yeterli enerjisiye sahip olmadığından atomları iyonize edemez ve yalnızca uyarır. Global pozisyonlama sistemleri, hücresel telefonlar, televizyon istasyonları, FM ve AM radyo, kablosuz telefonlar ve garaj kapısı açıcılarında iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kullanılmaktadır.

Elektromanyetik spektrum radyasyonlardan oluşmaktadır (Şekil 2)<sup>2</sup>. Enerjiyi ise fotonlar taşınmakta olup bunlar yüksüz ve kütsesizdir. Çekirdekten radyasyon yayımlayarak gama'yı iyonize ederken, X- ışını ise yörüngeden yayımlanır.<sup>2</sup>



Şekil 2 : Elektromanyetik radyasyonun enerji spektrumu.

## 2.2. Radyasyon Kaynakları

Radyasyon bir enerji olup, uzaydan, soluduğumuz havadan, yediğimiz yiyeceklerden, evlerimizin yapı malzemelerinden radyasyona maruz kalırız.

Bu nedenle, radyasyon yaşadığımız çevrenin bir parçasıdır ve zamanın başlangıcından itibaren vardır (Tablo 1).<sup>3</sup>

Radyasyon Kaynakları	
Doğal	Yapay (Suni)
Kozmik Işınlr	Nükleer Serpintiler
Radon Gazı	Tıbbi Uygulamalar(X-Işınları)
Yiyecek - İçecek	Tüketici Ürünler
Vucüttaki iç (Potasyum 40)	
Gama Işınları	

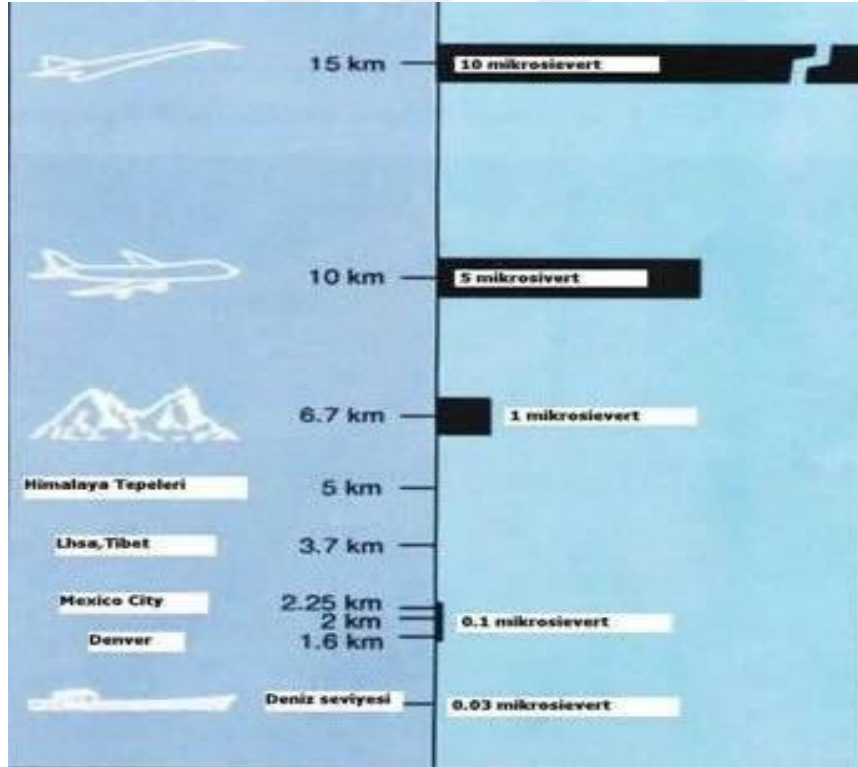
**Tablo 1:** Radyasyon Kaynakları.

Radyasyon insanoğlunun var olduğu günden bu zamana onun hayatında yer almıştır. Doğada bulunan uzun ömürlü radyoaktif elementlerden dolayı insanlık her zaman çevresinde doğal bir radyasyona maruz kalmıştır. Bu radyasyon düzeyi insanoğlunun kendi eliyle yapmış olduğu nükleer bomba denemeleri gibi unsurlarla bir hayli artmış göstermiştir. Kişinin yaşadığı coğrafi bölge ve etmenleri, yaşanan binaların malzemeleri, mevsimler, kutuplara olan uzaklık yağmur, kar, basınç durumu gibi unsurları doğal radyasyona maruz kalma seviyesini etkilemektedir.

Radyasyon kaynaklarını aşağıdaki gibi iki sınıfa ayırabiliriz.<sup>3</sup>

### 2.2.1. Doğal Radyasyon Kaynakları

Doğada mevcut bulunan kararsız elementler fazla enerjilerini çekirdeklerinden dışarı salarak kararlı yapıya geçerler. Bu tip elementler doğal radyoaktif elementlerdir. Genel olarak anlatılmak istenirse, **uzaydan gelen kozmik ışınlar** doğal radyasyonun bir kısmını oluşturur ve dünya atmosferinden geçmeye çalışırken bu ışınların büyük bir kısmı tutulurlar. Bu nedenle yükseklikle kozmik ışına maruz kalma orantılıdır. Uçaktaki bir pilotun, deniz seviyesinde çalışan birine oranla 20 kat daha fazla kozmik ışına maruz kalır (Şekil 4)<sup>3</sup>. Normal hayatımızda dünya ortalaması olarak etkilendiğimiz radyasyon oranı **0,39 mSv / yıl**'dir.



**Şekil 3:** Yüksekliğe bağlı olarak bir saate kozmik ışınlardan alınan radyasyon oranı

Doğada bulunan ve uzun ömre sahip olan radyoaktif elementler fosil yakıtlarda da bulunur. Normalde radyasyon riski oluşturmazlar. Fakat fosil yakıtlar yakıldıklarında bu elementler serbest hale geçerek atmosfere daha

sonrada toprağa dönerler ve radyasyon seviyesinde artışa neden olurlar. Dünya ortalaması olarak **0,46 mSv / yıl** topraktan maruz kalınan radyasyon dozudur.<sup>3</sup>

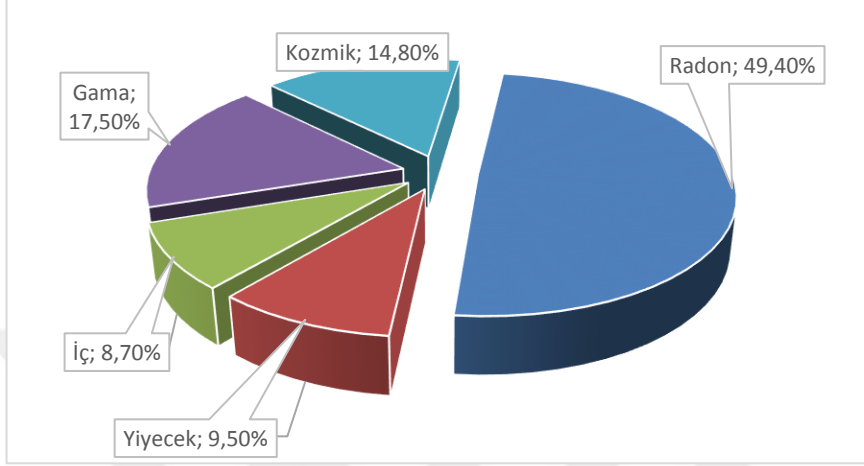
Radyoaktif elementler bedenimizde de bulunmaktadır. Örneğin Potasyum–40 radyoaktif elementinin belli bir seviyesine vücudumuz maruz kalmaktadır.<sup>3</sup>

Yiyecek, içeceklerden, soluduğumuz havadan etkilendiğimiz radyasyonun dünya ortalaması yaklaşık **0,25 mSv / yıl**'dir. Ayrıca kabuklu yiyecekler kullanılan suni gübrelerden dolayı daha fazla radyoaktif madde bulunmaktadır.<sup>3</sup>

Yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin ( $Ra^{226}$ ) bozunması sırasında salınan **radon gazı** doğal radyasyon düzeyini arttıran en önemli sebeplerden biridir. Bu bozunma sırasında oluşan radon toprak yüzeyine doğru yükselir. Bu durumun olduğu topraklarda bulunan binalardaki havalandırma sistemleri çok iyi olmalıdır.<sup>3</sup>

Dünya çapında maruz kalınan radon gazı oranı **1,3 mSv / yıl**'dir. Tablo 1'de radyasyon dozlarının oranları ve Tablo 1'de değişik yerlerdeki radyasyon düzeyleri verilmiştir.<sup>4</sup>

**Tablo 2 :** Doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozlarının oransal değerleri.<sup>3</sup>



**Tablo 3 :** Bazı bölgelerdeki doğal radyasyon doz düzeyleri.<sup>3</sup>

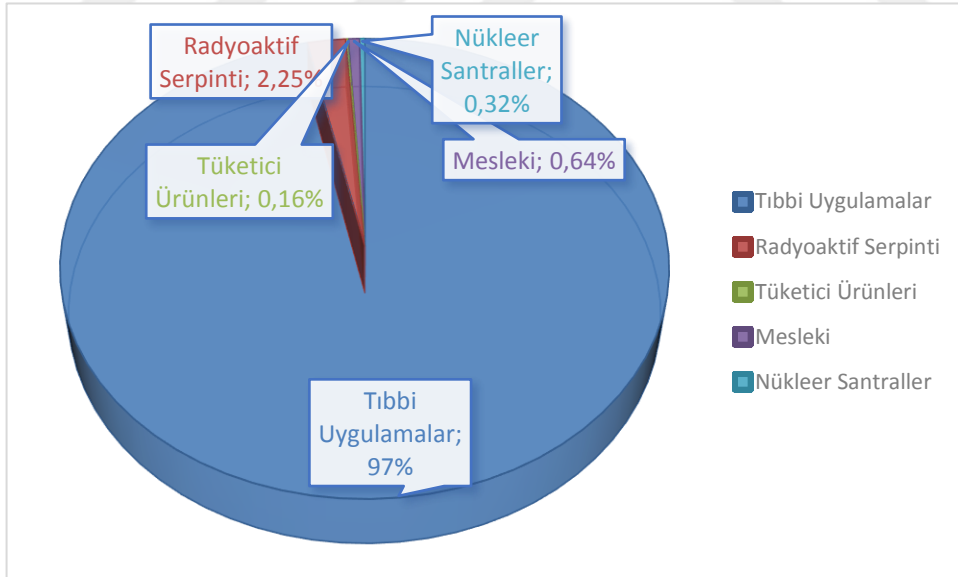
Mersin (Akkuyu)	0,53 mSv/yıl
Ankara	0,44 mSv/yıl
Iğdır (Alican)	0,88 mSv/yıl
Çanakkale	1,23 mSv/yıl
Kars (Digor)	1,58 mSv/yıl
Hindistan (Kerela)	15,8 mSv/yıl
İran (Ramsar)	148,92 mSv/yıl
Brezilya ( Guarapari kumsalları)	788,40 mSv/yıl

## 2.2.2. Yapay Radyasyon Kaynakları

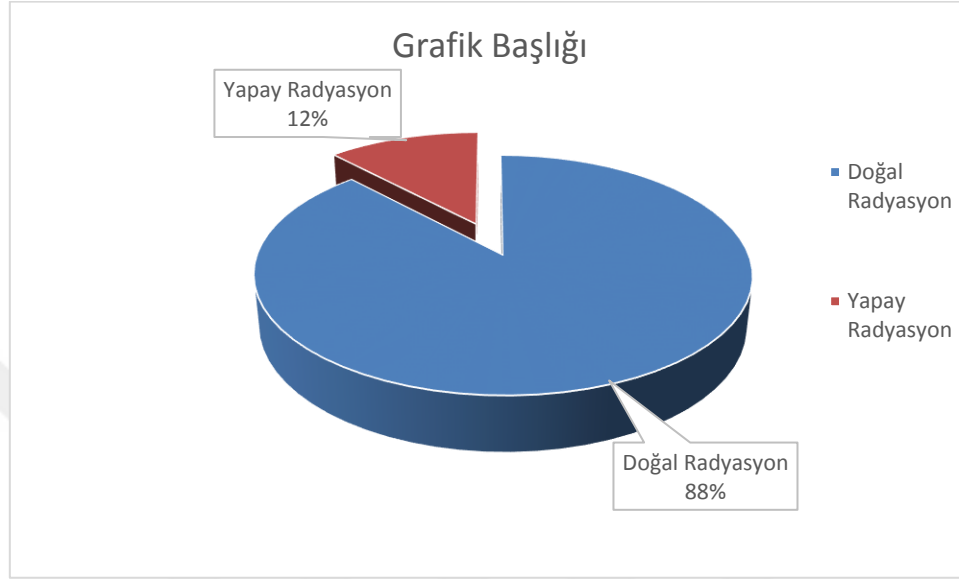
Teknolojinin gelişmesine paralel olarak işlerin kolay, hızlı ve maliyetinin daha az olması amacıyla insanoğlu yapay radyasyon kaynakları üretmiştir. Bu kaynaklar tamamen kontrol altında bulunmaktadır ve bu durum maruz kalınacak doz miktarı açısından çok önemlidir.

Tıbbi, zirai ve endüstriyel uygulamalar başta olmak üzere çeitli yapay radyasyon kaynakları mevcuttur. Bu durumun oransal değerleri detaylı olarak Tablo 4'de verilmiştir.<sup>5</sup>

**Tablo 4 :** Yapay radyasyon kaynaklarının yaydığı radyasyonun oransal değerleri



**Tablo 5** : Küresel radyasyon dozuna doğal ve yapay radyasyon kaynaklarının katkıları<sup>5</sup>



Dünya geneli maruz kalınan radyasyon dozu 2,7 mSv/yıl'dır. Bu dozun, radyasyon kaynaklarına göre dağılımı ise aşağıdaki gibidir:

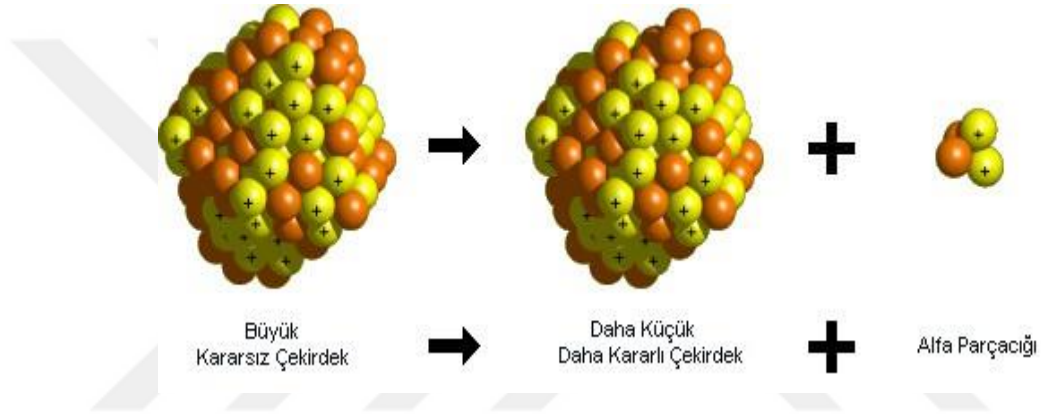
Kozmik	0.39 mSv	Serpinti	0.007 mSv
Gama	0.46 mSv	Mesleki	0.002 mSv
İç	0.23 mSv	Atıklar	0.001 mSv
Radon	1.30 mSv	Tüketici Ürünleri	0.0005 mSv
Tıbbi	0.30 mSv		

### 2.3. Bozunum Partikül Türleri

Alfa, beta ve gama olmak üzere ışınım özelliğine sahip çekirdekler üç şekilde bozunuma uğrarlar. Kararsız olan bir çekirdek daha kararlı bir çekirdek haline geçerken alfa ya da beta parçacıkları yayar, çekirdeğin cinsi değişmeden uyarılmış bir durumdan taban duruma bozunmasına ise gama bozunmadır.<sup>6</sup>

### 2.3.1. Alfa Bozunumu

Hem proton hem de nötron fazlalığından dolayı çekirdeğin kararsızlığı ileri geliyorsa, çekirdek iki proton ve iki nötrondan oluşan bir alfa parçacığı yayımlayarak bozulan çekirdeğin atom numarası 2, kütle sayısı ise 4 azalarak bozunur. (Şekil 4)<sup>6</sup>. Bu bozunumda toplam enerji korunurken proton ve nötron sayıları ayrı ayrı korunur.

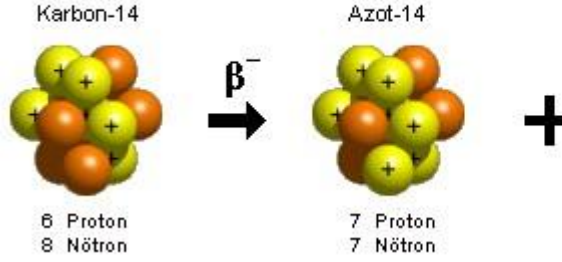


**Şekil 4 :** Alfa bozunumu.

### 2.3.2 Beta Bozunumu

•  $\beta^-$  **bozunumu:** Bir radyonüklidin kararsızlığı çekirdekteki nötron fazlalığından dolayı ise, çekirdeğindeki enerji fazlalığını gidermek için nötronlardan birini proton ve elektron haline dönüştürür. Bu esnada elektron hızla atomdan dışarı atılırken proton, çekirdekte kalır. Bozunmanın meydana geldiği radyonüklidte atom numarası bir artar ve sonraki elementin izobar atomuna dönüşür ve yüksek hızlı elektrona beta parçacığı (negatron) denir. (Şekil 5).<sup>6</sup>

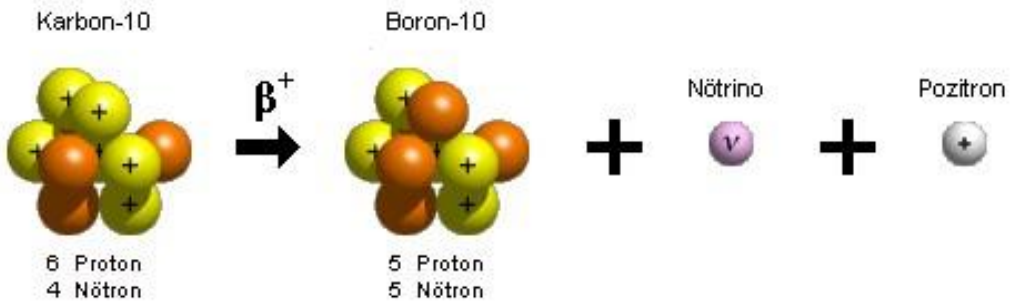




**Şekil 5 :**  $\beta^-$  bozunumu.

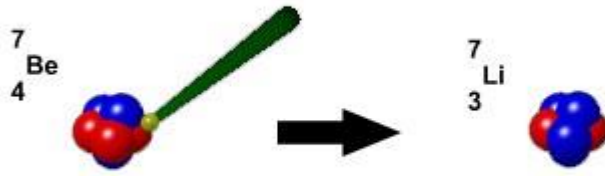
- $\beta^+$  **bozunumu:** Protonlardan biri nötron ve pozitif yüklü elektrone (pozitrona) dönüşmesi atomun kararsızlığı nötron azlığından veya proton fazlalığından dolayı kararsız olur.

Böylece kütle sayısı değişmeyen ve pozitron yayımlayan radyonüklidin (Şekil 6)<sup>6</sup> proton sayısı (atom numarası) bir eksilerek kendinden bir önceki elementin (izobar) atomuna dönüşür.



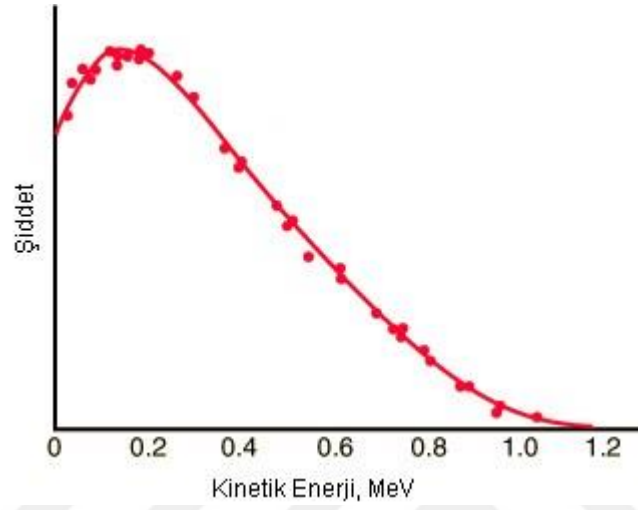
**Şekil 6:**  $\beta^+$  bozunumu

**Elektron Yakalama Olayı:** Çekirdek proton fazlalığından dolayı kararsız ise atomun çekirdeğe yakın (K, L) yörüngelerine yakın elektronlarından biri çekirdek tarafından yakalanır. Elektronla bir proton birleşerek nötron ve nötrino haline dönüşür. Bu bozunumda çekirdekten parçacık salınmaz ancak pozitron bozunmasında olduğu gibi proton sayısı bir eksilir. Kütle numarası ise aynı kalır. Bu olayda boşalan elektron yörüngesine üst yörüngelerdeki başka bir elektron geçer ve bremmstrahlung (frenleme) radyasyonu adı verilen x ışınları yayınlanır. (Şekil 7)<sup>8</sup>



**Şekil 7 :** Elektron yakalama olayı ( ${}^7\text{Be}$ ).

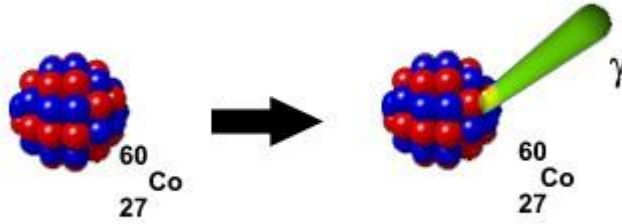
Bu bozunumunda elektronların enerjileri devamlı bir spektruma sahiptir (Şekil9).<sup>8</sup>



**Şekil 8 :**  $\beta^-$  bozunumu sonrasında yayımlanan elektronların enerji spektrumlarına ( $^{210}\text{Bi}$ ).

### 2.3.3. Gama Bozunumu

Çekirdekdeki enerji fazlalığı dolayısıyla veya nüklid bozunma olayı ile radyasyon yayınladıktan sonra çok defa hemen kararlı (temel enerji seviyesi) durumuna geçemez, bozunmada oluşan nüklid hala yarı kararlı durumdadır. Bu fazla kalan uyarılma enerjisini hemen elektromanyetik özellikte olan bir gama radyasyonu şeklinde yayımlar (Şekil 8).<sup>8</sup> Bu şekilde bozunan yarı kararlı nüklidin atom ve kütle sayılarında bir değişme olmaz, bu nedenle izomerik bozunma adı verilmiştir.



**Şekil 9** : Gama bozunumu.<sup>8</sup>

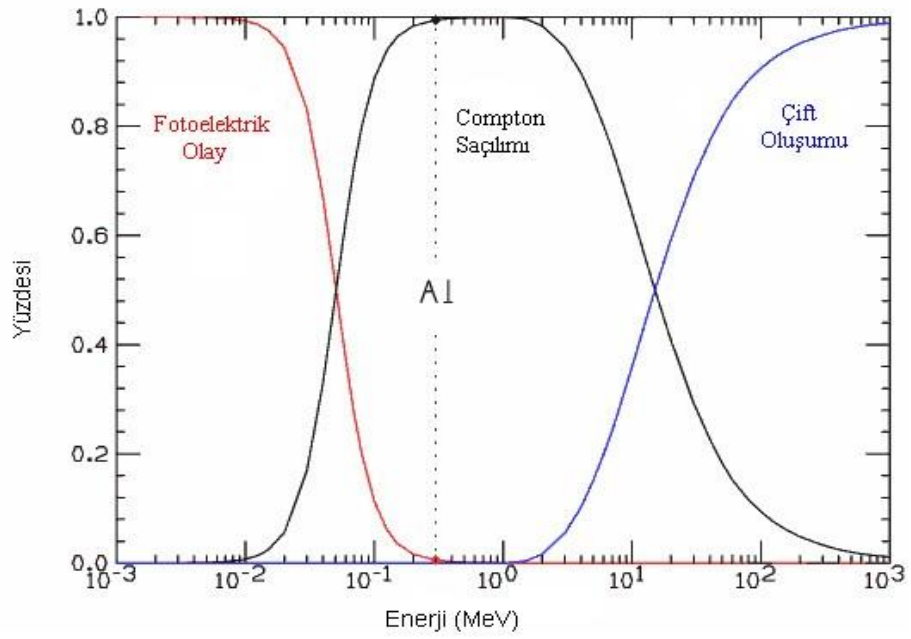
Gama yayınlanmasının yarı ömrü diğer bozunumlarla kıyaslandığında çok kısadır, genellikle  $10^{-9}$  saniyeden daha küçüktür, ancak saat, hatta gün mertebesinde yarı ömürlü gama yayınlanması da vardır. Enerji spektrumları ise kesiklidir.

## **2.4. İyonizasyon Radyasyonun Madde İle Etkileşimi**

Elektromanyetik radyasyonlar, X ve gama gibi birçok durumda parçacıklar gibi davranır ve foton bu radyasyonların birim elemanıdır. Radyasyonun belli bir frekansında fotonlar aynı enerjiye sahiptirler.<sup>9</sup>

Fotonlar, maddenin atomları içinde geçtiklerinde ya ortama enerji bırakırlar yada saçılıma uğrarlar. Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde:

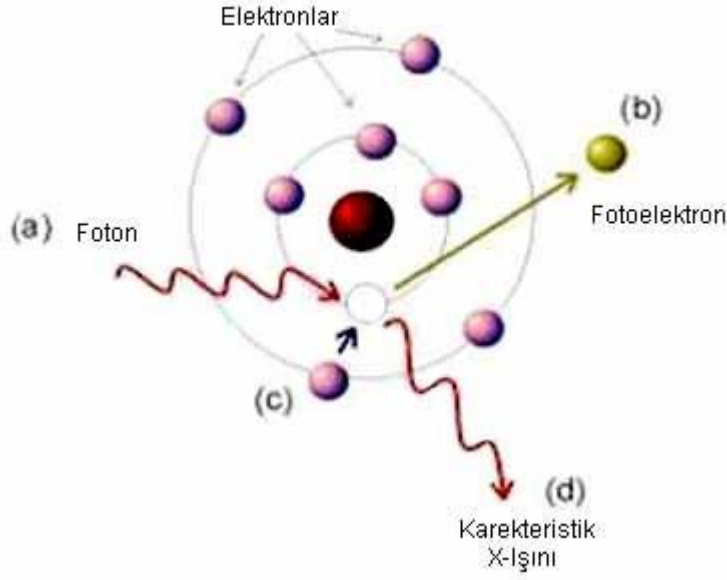
- ◆ Fotoelektrik Olay
- ◆ Compton Saçılımı
- ◆ Çift
- ◆ Koherent
- ◆ Fotobozunma



**Şekil 10** : Gama ışınının alüminyum ile etkileşimi.<sup>9</sup>

#### 2.4.1. Fotoelektrik Olay

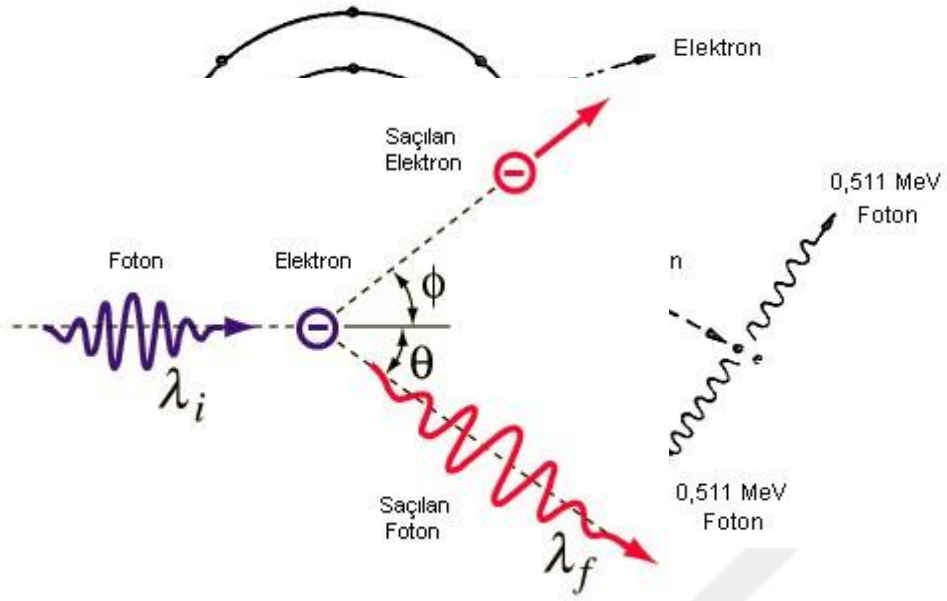
Çoğunlukla düşük enerjiye sahip bir foton içinden geçtiği ortamdaki atomların K veya L yörüngesindeki bir elektrona bütün enerjisini vererek onu pozitif yüklü çekirdeğin bağlayıcı kuvvetinden kurtarır. Dışarıya electron fırlatır ve bunaş *fotoelektron* denir. Bu sırada X ışını yayımlanır.



**Şekil 11** : Fotoelektrik olay.<sup>9</sup>

#### 2.4.2. Compton Saçılımı

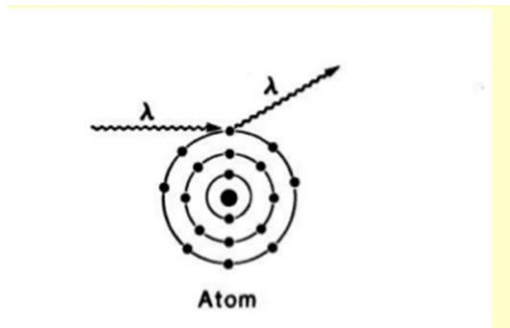
Dış yörüngede olup atoma sıkıca bağlı bulunan bir elektron kendinden daha fazla enerjiye sahip bir fotonla çarpıştığında meydana gelen saçılmaya Compton Saçılması denir. Gelen fotonun dalgaboyu ile saçılan fotonun dalgaboyu arasındaki fark foton ile elektron arasında oluşan açı fotonun enerjisine bağlıdır. (Şekil 12).<sup>10</sup>



**Şekil 12 :** Compton saçılması.

### 2.4.3. Çift Oluşumu

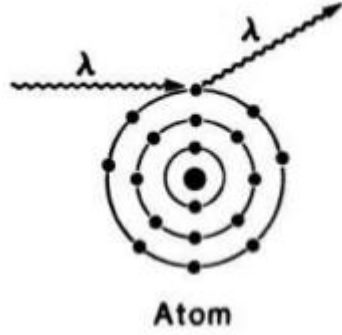
Foton atom çekirdeğinin çok yakınından geçerse ve bu fotonun enerjisi yeteri kadar büyükse, bu foton çekirdek yakınında hem bir elektron hemde bir pozitron olmak üzere iki parçacık oluşturur. (Şekil 13)<sup>10</sup>



**Şekil 13 :** Çift oluşumu.

#### 2.4.4. Koherent Saçılma

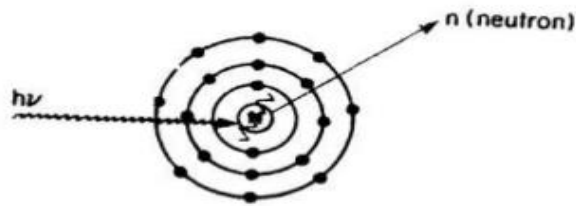
Düşük enerjili fotonlar bir atomla etkileşirlerse oluşan saçılma 'koherent saçılma' dır (Şekil 14).<sup>10</sup>



**Şekil 14:** Koherent Saçılma

#### 2.4.5. Fotobozunma

Çok yüksek foton enerjilerinde etkileşme foton ve atom çekirdeği arasında olur. Çekirdekte nötronların yayılmasına neden olur. Nükleer reaksiyona ve bir veya birkaç nükleonun yayılmasına yol açabilir. (Şekil 15)<sup>11</sup>



**Şekil 15:** Fotobozunma



## 2.5. Radyoaktif Bozunma

Bir çekirdeğin enerjisi fazla olduğu zaman elektromanyetik parçacıklar yayarak değişime uğramasına denir. Kararlı duruma geçeceği zaman tam bilinmediğinden zamanı belli formüllerle hesaplanır.<sup>11</sup>

### 2.5.1. Bozunma Sabiti ( $\lambda$ )

t zamanı süresince N kadar radyoaktif atom bulunan bir örnekte ortalama bozunma hızı  $-\lambda N$ 'dir.<sup>11</sup>

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad (1)$$

$\lambda$ ; radyonüklid bozunma sabitidir ve birimi zaman<sup>-1</sup>'dir. Radyonüklidlerin bozunma hızı sabit olup kendilerine özgüdür. Herhangi bir fiziksel veya kimyasal olaylardan etkilenmez. Birim zaman boyunca radyoaktif olarak bozunan atomların belli bir parçasının bozunma miktarını ifade eder.<sup>11</sup>

### 2.5.2. Bozunma Faktörü (Decay Factor: DF)

N sayıdaki radyoaktif atomlar zaman geçtikçe azalmaya devam eder. Sıfıra doğru yaklaşmaya devam eder ama sıfırlanmazlar. Aşağıdaki formülle hesaplanır:<sup>12</sup>

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N_t$  : t zaman sonundaki atom sayısı

$N_0$  : Başlangıçtaki atom sayısı

$e^{-\lambda t}$  : t zamanı sonunda kalan radyoaktif atom fraksiyonudur (buna bozunm faktörü de denir, DF)

e : Doğal logaritma bazı

### 2.5.3. Yarı Ömür ( $t_{1/2}$ )

Bir örnekteki belirli bir zamanda radyoaktivitenin sabit bir parçasının yok olması radyoaktif bozunmadır. Radyonüklidin başlangıçtaki atom sayısının yarıya düşmesi için geçen süreye yarı ömür ( $t_p$ ) denir. İki kavram arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde gösterilir: <sup>11</sup>

$$t_{1/2} = 0.693 / \lambda \text{ veya}$$

$$\lambda = 0.693 / t_{1/2}$$

Bozunma faktörü ise

$$DF = e^{-0.693t / t_{1/2}} \text{ olarak gösterilir.}$$

### 2.5.4. Ortalama Yaşam Süresi

Bazı radyoaktif atomlar çok hızlı bozunurken, bazıları çok uzun sürede bozunurlar. Bu nedenle radyoaktif atomların bozunma hızları birbirinden farklı olup, yaşam süresi ( $\tau$ ) kendine özgüdür ve bozunma sabiti ( $\lambda$ ) ile ilişkilidir.<sup>11</sup>

$$\tau = 1/\lambda \text{ veya } \tau = 1,44 \times t_{1/2} \quad (2)$$

### 2.5.5. Biyolojik Yarı Ömür ( $t_b$ )

Normal yollardan bir maddenin yarısının vücuttan atılması için geçen zaman biyolojik yarı ömür olarak tanımlanır. Bu, bir maddenin stabil ve radyoaktif hali için aynıdır, değişmez.<sup>11</sup>

### 2.5.6. Efektif Yarı Ömür ( $t_e$ )

Fiziksel ve biyolojik yarı ömür dikkate alınarak doku tarafından tutulan (absorbe edilen) radyasyon miktarıdır.<sup>11</sup>

### 2.5.7. Aktivite

Birim zaman başına bir radyonüklidin aktivitesi bozulan atom sayısını belirtir.<sup>11</sup> Aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$A_t = A_0 \times e^{-\lambda t} \quad (3)$$

1 saniyede 1 dizentegrasyon gösteren bozunma hızı Becquerel (Bq) ve radyoaktivite birimidir. Diğer bir aktivite birimi de Curie'dir (Ci) olup 1 Ci 1 saniyede  $3,7 \times 10^{10}$  dizentegrasyon gösteren radyoaktivite miktarıdır.<sup>11</sup>

### **2.6. Radyasyon Dozimetresi (İzometresi)**

Vücutta radyonüklidler çok farklı şekillerde dağılmış olarak gösterirler. Radyoaktivitenin absorbe ettiği radyasyon miktarını ölçmek istediğimiz organa hedef organ, radyoaktivitenin bulunduğu organa da kaynak organ adı verilir. ABD'deki MIRD (Medical Internal Radiation Dose) komitesinin öngördüğü yöntemle hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada bazı faktörler göz önünde bulundurulur.<sup>12</sup> Bunlar:

- \* Hedef organın ağırlığı
- \* Radyonüklidin yaydığı ışınların tipleri
- \* Radyonüklidin vücutta dağılım şekli
- \* Radyonüklidin hedef organdaki tutulum oranı
- \* Enjekte edilen aktivitenin miktarı
- \* Radyonüklidin efektif yarıömrü, gibi fiziksel ve biyolojik faktörleri

### **2.7. Radyasyonun Biyolojik Etkileri**

Canlılar radyasyona maruz kaldıklarında moleküler ve hücresel düzeylerde çeşitli değişiklikler görülür. Bunlardan bazıları geçici (onarılabilen) bazıları ise kalıcı (hasara yol açıcı) hasarlardır.

İyonize radyasyon ışınları içinden geçtikleri hücrelerde ilk

moleküler seviyede değişikliğe sebep olmakta ve daha sonra hücre içerisindeki molekülleri ve atomları iyonize ederek uyarmaktadırlar. İyonize radyasyonların yol boyunca birim uzaklık başına neden oldukları enerji salınımlarına lineer enerji transferi (LET) denir.

İyonize radyasyonun yükünün artması ve hızının azalması LET'in arttığını gösterir. Sonuçta radyasyonun öldürücü (letal) etkilerinin de artması LET'in artmasına bağlıdır.<sup>13</sup>

### 2.7.1. İyonize Radyasyonun Moleküler Düzeyde Etkileri

İyonize radyasyon moleküller düzeyde doğrudan yada dolaylı yolla etkilenir. Değişikliğe uğrayan molekül direkt yolla, doğrudan doğruya iyonize radyasyona etkilenir ve uyarılır. İyonize radyasyon sonucunda meydana gelen ürünlerden bazıları başka kimyasal reaksiyonlara girerek başka molekülleri oluştururlar.<sup>17</sup>

Molekül tamamıyla radyasyonun reaksiyona girmesi rastlantısaldır. Bir nükleik asit karbonhidrat, lipit, protein, enzim veya DNA ya da RNA olabilir. Karbonhidrat ve lipitlerle doymuş ya da doymamış bağları bozarak, serbest bir hidroksil radikali, polimer yapılarını değiştirebilir. proteinin yapısını ve fonksiyonunu özellikle aminoasitlerin yan zincirleri ile reaksiyona girerek yapısını bozabilir (denatürasyon). Radyasyon sonucu mebranda oluşacak hasara bağlı ölüm meydana gelebilir.<sup>13</sup>

### 2.7.2. Radyasyonun Hücresel Düzeyde Etkileri

Hiçbir hücre radyasyonun etkilerine maruz kalmada tamamıyla dirençli değildir. Radyasyon hücre stoplazmasına göre hücredeki çekirdek ve özellikle de bölünme halindeki kromozomlara daha etkilidir. Radyasyonun hücre düzeyindeki en belirgin etkileri mitoz sırasında olmakta ve büyüme

duraklamaktadır. Genellikle mitoz bölünmesi fazla olan hücrelerin radyasyona duyarlılığının da fazla olduğu tahmin edilmektedir.<sup>14</sup>

Radyasyonun etkisi ile kromozomların kırılmasına, birbirlerine yapışmasına, kenetlenmesine ve kıvrılmasına neden olabilir.

Radyasyon etkisinden dolayı kırılmış olan kromozom yeniden iyileşebilir, aynı kalabilir yada bir başka kromozomla birleşebilir. Radyasyonun bütün bu etkileri mutasyonla sonuçlanabilir yada hücrenin letalitesine neden olabilir.

Radyasyon, dev hücre oluşumuna da sebep olabilir (giant cell). Bölünme başlamadan önce radyasyona maruz kalan hücreler artık bölünmezler, fakat metabolik aktiviteleri bir süre daha devam edebilir ve bölünemedikleri için büyümeye devam ederler. Dev hücreler haline gelip, sonunda ölürlür.<sup>15</sup>

### 2.7.3. Biyolojik Sistemler Üzerinde Radyasyonun Etkileri

Radyasyon etkisine göre biyolojik sistemleri oluşturan hücreler üç grupta sınıflandırılabilir.

**Prekürsör Hücreler:** Ana hücre veya immatür hücre olarak da tanımlanır ve mitoz aktiftir ve radyasyona çok hassastırlar.

**Farklılaşmakta Olan Hücreler:** Genel özelliklerini kaybeden ancak ana hücrelerden gelişen ve sonrasında bazı özel nitelikler kazanmaya başlamış hücreler (Hematopoetik serinin prekürsör hücreleri, endotel hücreleri, fibroblastlar) ve bunlarda da bölünme olur ve radyasyona hassastırlar.

**Olgun Hücreler:** Bölünmeleri oldukça az olan ve rölatif olarak radyasyona dayanıklı belirli bir fonksiyonu olan hücrelerdir.<sup>16</sup>

#### 2.7.3.1. Hematopoetik Sistem

Kemik iliği, dalak, lenf bezleri gibi olan kan hücreleri oluşturan organlar radyasyona fazla duyarlıdırlar. Dolaşımdaki prekürsör kan hücreleri olgunlaşmış kan hücreleri nazaran rölatif olarak radyasyona daha duyarlıdırlar. Sırasıyla beyaz kan hücreleri, eritrosit ve trombositler hassasiyetleri takip eder. Radyasyonun etkilerini tespit için çoğunlukla lökosit sayımı yapılır.<sup>17</sup>

#### 2.7.3.2. Lenfatik Sistem

Sistemi oluşturan yapılar radyasyona oldukça hassastırlar. Radyasyonun etkisinde kalan dalakta mitoz durur ve kütlesinde azalma olur. Lenf bezlerinde ise küçölme meydana gelir. Timusun ise boyutları ve aktivitesinde azalma olur.<sup>17</sup>

#### 2.7.3.3. Reprodüktif Sistem

Radyasyonun etkisi, gonatlar üzerinde oldukça baskındırlar. Radyasyon, gonatlarda mutasyon neden olarak kalıcı veya geçici kısırlılığa neden olabilmektedir.<sup>17</sup>

#### 2.7.3.4. Gastrointestinal Sistem

Bu sistemde mukoza epiteli, gonatlar kadar olmasa da radyasyona duyarlıdır. İlk mitoz durur ve bulantı, ve iştahsızlık gibi bir çok belirtiler görölür.<sup>17</sup>

#### 2.7.3.5. Deri

Radyasyonun etkileri, eritem, tırnak ve saçlarda değişiklikler, kendini belli eden rölatif olarak radyosensitif bir organ olan deride kıllanmada azalma görülür. Yüksek dozlarda, depigmentasyon, dermatit ve ülserasyon meydana gelebilir.<sup>17</sup>

#### 2.7.3.6. Göz

Lens, radyasyona en duyarlı olan gözün bölümüdür. İyonize radyasyon gözde katarakta meydana gelir.<sup>17</sup>

#### 2.7.3.7. Merkezi Sinir Sistemi

Radyasyona en dirençli sistemdir. Beyin, medulla spinalise göre daha hassastır. Ancak bu hassasiyet çok yüksek dozlarda oluşur.<sup>17</sup>

#### 2.7.3.8. Diğer Organlar

Çok yüksek dozlarda kalp, böbrek, karaciğer, pankreas gibi organlar da kanama, enfarkt, nekroz ve ödem gibi değişiklikler oluşmasına rağmen radyasyona dirençlidirler. <sup>17</sup>

### **2.8. Doza Bağlı Etkiler**

Radyasyon miktarına göre maruz kalınan ve gözlenen etkiler iki grupta araştırabilir:<sup>18</sup>

### 2.8.1. Düşük Doz Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Düşük doz olarak kabul edilen ve radyoloji & nükleer tıp etkilenilen radyasyon çoğunlukla birkaç rad olup düşük dozdur. İnsan üzerindeki düşük doz radyasyonun etkilerin analizleri %100 doğru sonuç vermediğinden bunu ispatlamak mümkün değildir. Bazı çalışmaların izlenmesiyle bilgiler elde edilmiştir. Radyasyonun düşük dozları bile bazı durumlarda etkilidir. Radyasyonun düşük dozlarının biyolojik etkileri üç başlık altında incelenebilir.<sup>18</sup>

#### 2.8.1.1. Genetik Etkiler

Canlıların kalıtım materyali üzerinde radyasyonun oluşturduğu kalıcı etkilere mutasyon denilmektedir. Radyasyondan somatik hücreler etkilenirse ya ölürlere yada fonksiyonlarında kayıplar yaşanır. Fakat somatik hücrelerdeki mutasyon sonraki jenerasyona geçmez. Eğer radyasyondan gonat hücreleri etkilenir ve mutasyon bu hücrelerde sonraki jenerasyonlara da geçebilir ve onları da etkiler. Kromozonlarda ise yapısal değişiklikler meydana gelebilir.<sup>19</sup>

Radyasyon dozun miktarına bakılmaksızın mutasyona yol açabilir ve yapılan araştırmalarda eşik dozun etkili olmadığı göstermiştir. Lakin mutasyon hızı doz hızı oranına bağlı olarak azalmaktadır.

#### 2.8.1.2. Kanserojenik Etkiler

Düşük doz radyasyon somatik hücrelerde kanser oluşturabilmektedir. Kanser görülme oranı maruz kalan dokuların hassasiyetine, kişinin yaş ve cinsiyetine bağlı olarak değişiklik



göstermektedir. Örneğin 30 yaşın altındaki insanlarda postpartum mastit nedeniyle radyasyon tedavisi uygulanan kimselerde artan oranda görülmektedir. Aşırı doza bağlı olarak kanserin görülme oranıda artmaktadır. Araştırmalarda radyumla saat kadranı boyayan kimselerde kanser riskinin belirgin bir şekilde arttığı tespit edilmiştir.<sup>19</sup>

Radyasyonun nasıl kansere neden olduğu tam olarak bilinmemektedir. Ancak mutasyon yoluyla ya da latent onkojenik virüsleri aktive ederek kansere neden olduğu görüşler vardır.<sup>20</sup>

#### 2.8.1.3 Embriyo ve Fetus Üzerine Etkileri

Radyasyon gebelikte fetusu etkilerse ağır zararlara neden olur. Gelişimin gerilemesi, kanser riski ve ölüm gibi sonuçlar çıkabilir. Fetusun radyasyona maruz kaldığı evre de önemli olduğundan aşağıdaki Tablo 6'de Gebelik Döneminde Radyasyona Maruz Kalındığında Oluşacak Etkileri açıklanmıştır.<sup>13</sup>

**Tablo 6** : Gebelik döneminde Radyasyona Maruz Kalındığında Oluşacak Etkiler

<b>Gebelik Dönemi</b>	<b>Radyasyona Maruz Kalındığında Oluşacak Etkiler</b>
Fertilizasyondan sonraki ilk 7-10 günde	Embriyo ya etkilenmez, ya da düşük olur
2-8. hafta aralığı	Gelişimde sorunlar, organ ve dokularda anormallik, kanser riski
8-40. hafta aralığı	Başlıca sinir sistemi olmak üzere gelişimsel sorunlar, fonksiyonel kayıplar, postnatal neoplastik eğilim gelişebilir.

Özetle radyasyon; embriyo ve fetus üzerinde zararlı etkiler gösterebilir. Ancak tek başına kesin risk unsurlarına sahip olduğunu söylemek zordur.

## 2.8.2. Yüksek Doz Radyasyonun Biyolojik Etkileri

### 2.8.2.1. Akut Somatik Etkiler

**Akut Radyasyon Sendromu:** Tüm vücudun çok kısa bir zamanda bir seferde yüksek dozda radyasyona maruz kalması sonucu ortaya çıkan belirti ve sonuçların hepsini içeren bir kavram olup aşağıdaki evreleri içermektedir.<sup>13</sup>

- **Başlangıç evresi:** 0-48 saat arasında olup iştahsızlık, yorgunluk gibi belirtiler bulunur.
- **Latent evre:** 48 saat ile 2-3 hafta arasında olup ilk evredeki belirtiler devam eder.
- **Ağır hastalık evresi:** 2-3. hafta ile 6-8. hafta arasında olup, ateş, saç dökülmesi, şuur kaybı, gibi belirtiler görülür.
- **İyileşme evresi:** 6-8 haftadan birkaç aya kadar iyileşme evresi sürebilmektedir.

Akut radyasyona maruz kalmada fonksiyonu ilk bozulan sistem hematopoetik sistemdir (100-500 rad). Hedef organ kemik iliğidir. Kemik iliğindeki hücreler hızlı azalır ve yağlı ilik ile yer değiştirirler. Bu yağlı madde kemik iliğini tamamen doldurabilir. Belirtiler 2- 3 hafta içinde ortaya çıkar. Anemi, kanamalar, immün sistemde zayıflama sonucu yorgunluk, ateş, lökopeni, trombositopenik purpura oluşabilir. Ölüm 3-8 haftada meydana gelir.<sup>13</sup>

Dozun yükselmesi sonucu gastrointestinal etkiler başlar (500-2000 rad). Anormal hücreler oluşur ve 3-5 gün içinde yorgunluk, ishal, ateş gibi belirtiler görülür. Yaklaşık olarak 3-14 gün içinde ölümler sonuçlanabilmektedir.<sup>13</sup>

Çok yüksek dozlarda 2000-3000 rad gibi ise rölatif olarak daha dirençli olan merkezî sinir sisteminde oluşan hasar ölüme yol açar. 15 dk-3 saat gibi bir sürede etkiler oluşur. Yıkılan kan beyin bariyerinden dolayı kafa içi basıncında artış görülür. 2 gün gibi bir sürede ölüm gelişir. Bu dozda aslında hematopoetik sistem etkilenmiştir. Beyinde oluşan hasar nedeniyle çok kısa bir sürede ölüm olduğu için hematolojik bozuklukların ortaya çıkmasına zaman kalmaz.

Genellikle dışarıdan alınan radyasyon dozu ile bu bulgular meydana gelir. Benzer şekilde akut radyasyon sendromu vücut içerisinden gelen radyasyon sonucu oluşabilir. Gerçek anlamda genellikle akut radyasyon sendromu içeriden alınan radyasyonla olmaz, Genellikle düşük doza bağlı kronik etkiler uzun sürede meydana gelir.

**Tablo 7:** Akut radyasyon alımında radyasyonun sağlık etkileri:<sup>22</sup>

6-10 Sv: Bir saat içinde veya daha kısa sürede kusmalar; Kan tablosunda büyük değişiklikler; İç kanama, saç dökülmesi, kalıcı kısırlık ve enfeksiyon; 10 gün içinde %80 ile %100 oranında ölüm; Sağ kalanların iyileşmesi uzun sürer.

2-6 Sv: Ağır radyasyon hastası; 2-3 saat içinde mide bulantıları ve kusmalar; İç kanamalar ve enfeksiyon; Yüksek ateş; Kan tablosunda büyük değişiklikler; İki hafta içinde saç dökülmesi; Alınan radyasyon dozuna göre 1 ay ile 1 yıl arasında %20 ile %100 oranında iyileşme.

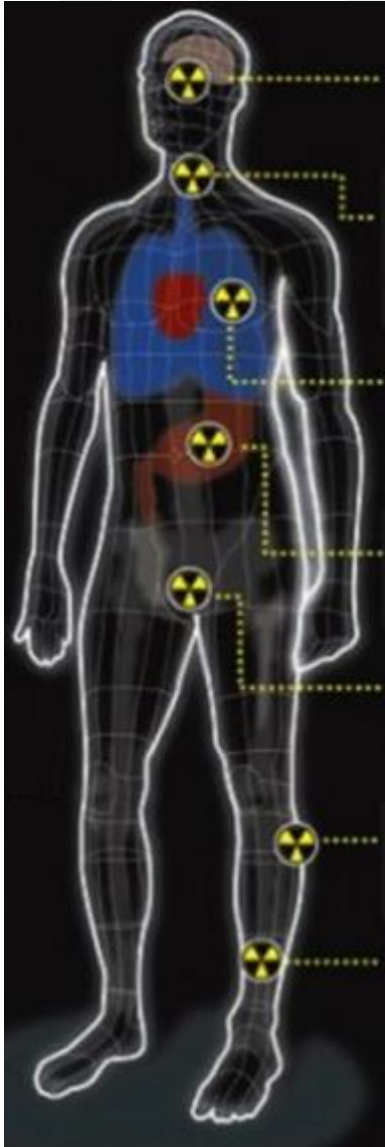
1-2 Sv: Orta derecede radyasyon hastası; Yorgunluk ve iştahsızlık; 2-3 saat içinde mide bulantıları ve kusmalar; Kan tablosunda orta dereceli değişiklikler; Kan yapan organlar hariç birkaç hafta içinde iyileşme.

0.25-1 Sv: Kan tablosunda ufak değişiklikler dışında gözlenebilir etki yok; Tedaviye gerek duyulmaz.

### 2.8.2.2. Kronik Somatik Etkiler

Ciltte meydana gelen değişiklikler, yanıklar, dermatitler kansere dönüşüm, yaşam süresinin kısalması, fizyolojik manada yaşlanma hızlanması, lösemi insidansında yükseliş, selim ve habis tümör insidansında artış vb. radyasyonun neden olduğu kronik somatik etkiler arasında gösterilebilir.<sup>21</sup>

**Şekil 16:** Akut ya da kronik radyasyon maruziyetlerinde gözlenecek etkiler<sup>22</sup> :



Yüksek doz, aylar sonra **göz**lerde katarakt tetikleyebilir.

Hormon bezleri, kansere yatkındır. Radyoaktif iyot **tiroit**te birikir. Çocuklarda yüksek risk oluşturur.

Radyoaktif madde solunduğunda, **akciğer**lerde DNA hasarı mümkün olur.

Radyoaktif materyal sindirildiğinde **mide** hasara açık hale gelir.

Yüksek doz **üreme organ**larını etkiler ve kısırlığa sebep olabilir.

Yüksek doz **deri**de kızarıklığa, yanmaya ve kansere sebep olabilir.

**Kemik iliği** kırmızı ve beyaz kan hücreleri üretir. Radyasyon lösemiye ve diğer bağışıklık sistemi hastalıklarına yol açabilir.

## 2.9. Radyasyondan Korunma Yöntemleri

Hayatımızda doğal ve yapay radyasyon kaynakları bire bir bulunmaktadır. Oturduğumuz evlerin yapı malzemelerinde uranyum ve toryumun parçalanması suretiyle meydana gelen radyoaktif nitelikte radon ve toron gazları, tarlalar için kullanılan, içerisinde fosfor bulunan suni gübreler, günlük olarak tükettiğimiz yiyeceklerin içerisinde bulunan radyoizotoplar, ısınmak için kullanılan fosil nitelikteki yakıtlar, uzaydan gelen ışınlar, bazı hastalıkların teşhisinde kullanılan cihazların içerdiği radyasyon, nükleer tesislerdeki üretim nedeniyle ortaya çıkan radyasyon gibi birçok faktör hayatımızın her anında radyasyona ve radyoaktif maddeye maruz kalmamıza neden olmaktadır.<sup>23</sup>

Radyasyon enerjisi transferin kısa bir sürede (yaklaşık olarak  $10^{-17}$  saniye gibi) olduğundan, gerekli alınması gereken tedbirleri ışınlama olmadadan önce alınması gerekmektedir.<sup>23,24</sup>

Bazı önlemler alarak maruz kalan radyasyon miktarını en az seviyeye indirmeyi başarabiliriz. Ama yaşadığımız ortamı radyasyondan tamamen arındırılmamış ve korunmamız mümkün değildir. Ulusal ve uluslararası kanunlarla radyasyon korunması düzenlenmektedir. Her ülkenin gerek radyasyonlu bir ortamda çalışanları ve gerekse de toplumdaki vatandaşlar için oluşturduğu, radyasyondan korunmak için güvenliği sağlayıcı birtakım yasa, tüzük ve yönetmelikleri mevcuttur. Dünya genelini kapsayan Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) adı altında radyasyon açısından korunmayı sağlayan bir kuruluş bulunmaktadır. Bu kuruluş, zaman zaman kendini güncelleyerek radyasyondan korunma açısından birtakım yeni öneriler hazırlamaktadır. Hazırlanan bu yeni öneriler doğrultusunda ülke ulusal mevzuatlarını gözden geçiriler.<sup>24</sup>

Ülkemizde radyasyondan korunma mevzuatını Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) yürütmektedir. TAEK, Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu' nun önerilerini dikkate alarak radyasyondan korunmaya

ilişkin tüzük ve yönetmelik hazırlar ve bu hazırladığı tüzük ve yönetmelikleri hükümete sunar. Daha sonra hükümetin onayından geçerek yasallaşan tüzük ve yönetmeliklerin uygulanmasını ve denetimini yapar. Bu doğrultuda TAEK' in onayı olmadan radyasyon içeren faaliyetlerde bulunamaz. <sup>23</sup>

ICRP'nin 3 temel ilkesi, ülkemizde uygulanan Radyasyon Güvenliği Tüzük ve Yönetmenlikleri kapsar.<sup>24</sup> Bu ilkeler:

- a) *Radyasyon uygulamalarının faydası kesin olmaz ise izin verilemez.*
- b) *Radyasyon faaliyetlerinde doz mümkün olduğunca düşük olmalı ve bunla ilgili tedbirler alınmalı*
- c) *Bu faaliyette bulunanlar ve halk için belirlenen yıllık doz sınırları aşılmamalıdır.*

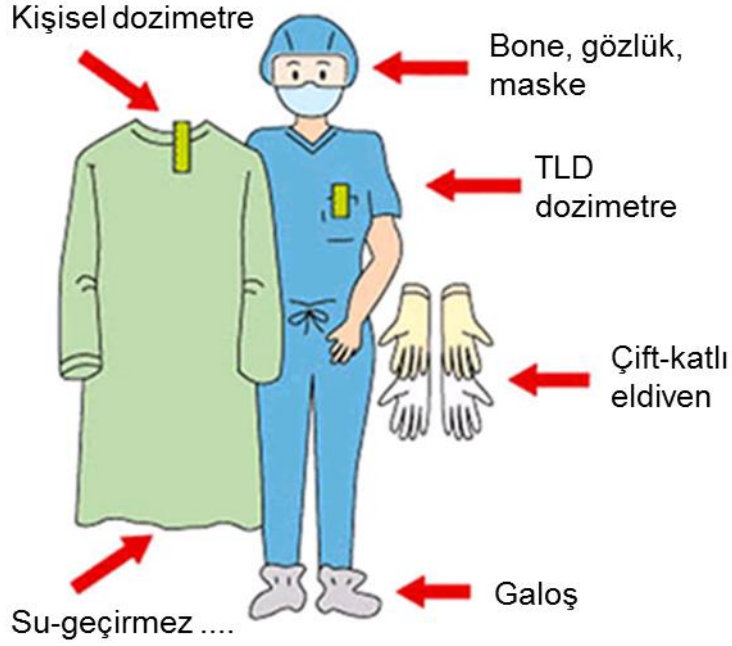
#### 2.9.1. Toplum Üyelerinin Radyasyondan Korunması

Toplum üyelerinin radyasyondan korunması, onların doğal nedenlerle radyasyon alması haricindeki diğer bütün nedenlerden ötürü maruz kalacağı radyasyon ile radyoaktif madde sızıntılarını engelleyen yönetmelikler ile kontrol yapılmaktadır. Normal koşullarda doğal yollardan alınan doz ile tıbbi uygulamalardan alınan dozlar dışında toplum üyelerinin sızıntılardan ötürü alabileceği doz sınırı yıllık 1 mSv şeklinde kabul edilmektedir.<sup>26</sup>

#### 2.9.2. Çalışanların Radyasyondan Korunması

Görevlerinden dolayı sürekli olarak radyasyon alan kişilerin, radyasyon dozu ölçen cihazlar ile devamlı bir şekilde kontrole tabi tutulması gerekmektedir.

Bir iç radyasyon tehlikesi olma olasılığı göz önüne alınarak ilgili personele radyasyondan koruyucu ekipman temin edilmelidir. Koruyucu olarak ne kullanılacağı, radyoaktif kaynağın türüne, aktivite düzeyine ve kimyasal formuna bağlıdır.<sup>26</sup>

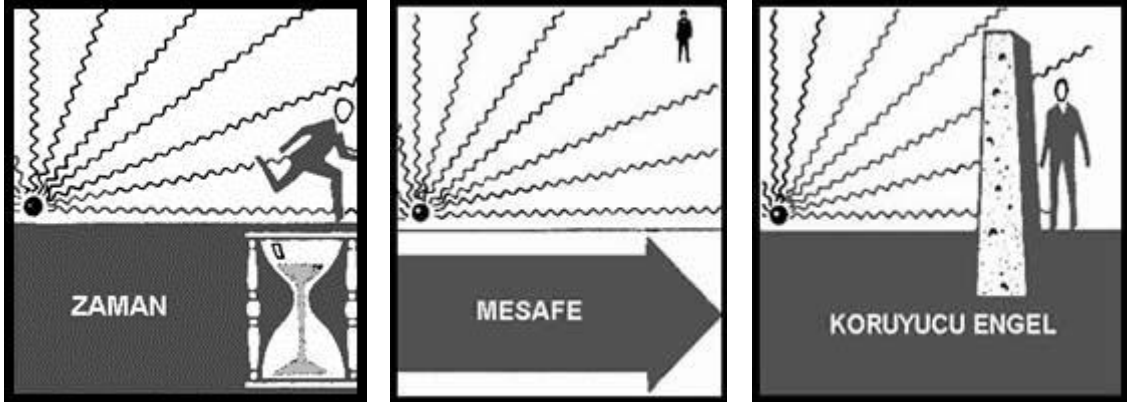


**Şekil 17:** Kişisel Koruyucu Donanım<sup>22</sup>

Görevlerinden dolayı sürekli olarak radyasyonlu ortamda çalışmak durumunda kalan kişilerin dış radyasyondan tehlikesinden korunmak için dikkate etmesi gereken üç kural vardır.<sup>26</sup>

**Kaynak Yakınında Harcanan Zaman:** Bir çalışan, radyasyon saçan kaynağın ne kadar uzağında olursa ve orada ne kadar az zaman geçirirse o kadar az doz alır. <sup>27</sup> Maruz kalınacak doz;

Doz= (Doz Şiddeti) x (Zaman) ile hesaplanır.



**Şekil 18** : Dış radyasyondan Korunma yöntemleri<sup>26</sup>

Yani kaynağın yanında kalınan süre ile maruz kalınacak doz miktarı doğru orantılıdır. Yani, radyasyon kaynağının yakınında ne kadar çok süre geçirilirse, o kadar çok doz alınır.

**Kaynağa Olan Mesafe:** Eğer bir radyasyon kaynağından uzaklaşırsa, radyasyon çevreye yayılma göstereceği için yakınına nazaran yaydığı dozun şiddeti azalacak, maruz kalınacak doz miktarı da azalacaktır.<sup>27</sup>

Uzaklık ve doz arasındaki ilişki;

$$D_r = D_0 (r_0/r)^2$$

ile hesaplanır. Burada,  $r_0=1m$ ,  $r$  kaynağa olan herhangi bir uzaklık (metre cinsinden),  $D_0$  kaynaktan 1m uzaklıktaki ve  $D_r$  ise kaynaktan  $r$  uzaklıktaki doz miktarlarıdır.

Yani radyasyona maruz kalınacak dozun miktarı, kaynağa olan uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Kaynak ile olan mesafe arttıkça alınan doz miktarı azalır.

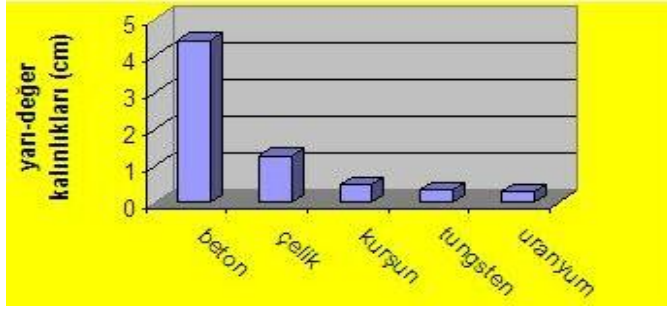




**Şekil 19 :** Radyasyona maruz kalma süreleri

Şekil 19 'da görülebileceği gibi sol tarafta bulunan radyasyon kaynağından uzaklaştıkça radyasyon şiddeti hızla düşmekte olup aynı dozu alabilmeleri için gerekli sürelerde soldan itibaren, 5, 25, 45, 135 dakikadır.<sup>27</sup>

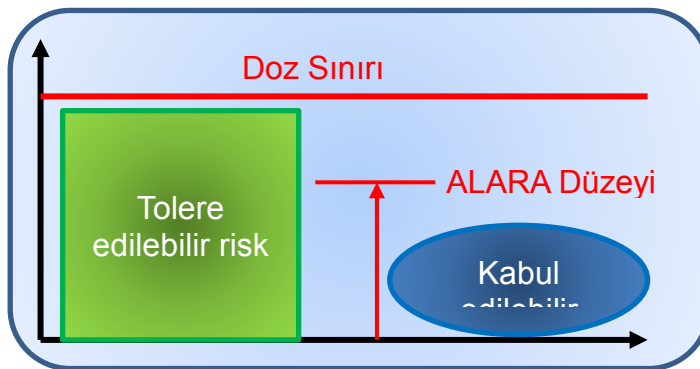
**Zırlama:** Radyasyon dozunu azaltmak amacıyla kaynak ile kişi arasında bir malzeme konulur. Konulan bu malzeme ile radyasyonun etkisi azaltılır ve yapılan bu işleme zırlama yöntemi denir. Zırlama amacıyla kullanılan malzemenin yüksek yoğunluklu maddelerden yapılmış olması gerekir. <sup>27</sup>



**Şekil 20:** Ir-192 Kaynağının Radyasyon Dozunu Yarıya İndirebilmek için Gerekli Zırh Malzemeleri<sup>27</sup>

Özellikle X ve gama ışınları için en etkili zırh malzemesi Uranyum metalidir. Şekil 20 incelendiğinde, uranyum Tungsten den daha çok etkilidir. Kurşun, çelikten daha etkili bir zırh malzemesidir. Beton ise bu malzemelere göre çok etkili olmamasına rağmen maliyetini düşük ve yapımın kolay olmasından dolayı tercih edilmektedir.

**ALARA Prensibi:** Radyasyonun zararlarına veya radyoaktif kirlenme riskine karşı çalışanların, halkın ve çevrenin korunmasını amaçlar. Ancak düşük düzeyde radyasyon maruziyetinin ne tür sağlık etkilerine yol açtığı bilimsel olarak henüz belirsizdir. Yine de tüm radyasyon maruziyetlerinin ve çevreye salınacak radyoaktif madde miktarlarının mümkün olan en düşük düzeyde tutulması beklenir. Bu yaklaşıma As Low As Reasonably Achievable-Mümkün Olduğunca Düşük (ALARA) adı verilir.<sup>22</sup>



**Şekil 21:** ALARA Prensibi<sup>22</sup>

**Gereklilik (Necessity):** Işınlanmanın zararlı sonuçları göz önünde bulundurularak, net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilemez. Alternatif tekniklerle karşılaştırıldığında, radyasyonla yapılacak tanı ve tedavinin yararları radyasyonun hasarlarına göre daha ağırlık kazandığı durumlarda tıbbi işinlamalar uygulanır. Toplumun sağlık taramalarında radyolojik yöntemler ekonomik ve sosyal bedelin sağlık riskini karşılaması halinde ve kişiler için net bir yarar sağlayacak ise uygulanır.<sup>26</sup>

### 2.9.3. Nükleer Santral Kazaları Sonucu Yayılan Radyasyondan Korunma

Nükleer santrallere radyasyon kazalarını önlemek için ikili hatta üçlü güvenlik sistemleri uygularlar. Bu güvenlik sistemleri sayesinde olağandışı durumlarda otomatik olarak kendiliğinden kapatırlar. O kadar önlem alınmasına rağmen kazalar olmaktadır. Örneğin, operatör hatası sonucu Çernobil kazası olmuş ve çevre ülkeler uzaklıklarına ve meteorolojik şartlarına göre farklı oranlarda etkilenmiştir.

Eğer nükleer kaza meydana gelmişse, halkın sağlığını korumak için güvenlik tedbiri altında yapılacak olan ilk şey; ortamın radyasyon seviyesi ile gıda maddelerine bulaşan radyoaktif kirlenmenin tespit edilmesidir.

Yapılan bu tespitler neticesinde halka yiyecekleri ürünleri kirlenmenin derecesine göre nasıl tüketmeleri gerektiği hususunda bilgilendirme yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda ilk olarak çiğ olarak tüketilen sebze ile meyvelerin yıkanmadan tüketilmemesi gerektiğinin vurgulanmasıdır. Daha sonra, insanlara iyot tabletlerinin dağıtılması, bölgenin boşaltılarak kapatılması, radyasyondan etkilenen gıdaların tüketiminin yasaklanmasına kadar bir dizi önlemler alınması gerekli olmaktadır.<sup>27</sup>

## **2.10. Radyonüklidlerin Üretimi**

### **2.10.1. Nükleer Reaktörler**

#### **2.10.1.1. Nükleer Reaksiyonlar**

Nükleer tıbbın çeşitli uygulamalarında kullanılmakta olan radyonüklidlerin hepsi çeşitlilik arz eden tiplerdeki nükleer reaktörler ya da parçacık hızlandırıcılarında üretilmektedir. Bu üretimler aşağıdaki faaliyetlerden herhangi birisi aracılığıyla oluşurulmaktadır.<sup>28</sup>

##### **2.10.1.1.1. Filyon (Bölünme)**

Filyon; ağır çekirdeğe sahip atomun iki ya da daha fazla parçaya bölünmesi ile meydana gelen daha küçük parçaya sahip atomlara bölünmesidir. Bu atomlara filyon ürünü atomlar denmektedir. Genel itibariyle bu bölünmede gama ışını biçiminde enerji salınımı ile meydana gelir ve spoton ya da nötron bombardımanı esnasında olabilir. Uranyum ile Plütonyum' un bu şekilde parçalanması ve bazı radyonüklidler bu method kullanılarak elde edilmesi bu duruma örnek teşkil etmektedir.<sup>28</sup>

##### **2.10.1.1.2. Füzyon (Birleşme)**

Füzyon yani birleşme ise; nötron ile enerli salımı olduğu zaman hafif çekirdeklerin birleşmesi suretiyle daha ağır bir çekirdek meydana getirmesidir.

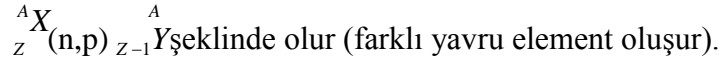
Füzyon nükleer tıp uygulama alanlarında olmazken, termo nükleer silah teknolojisinde hidrojen bombası vb. olarak kullanılır. Füzyon reaksiyonu döteryum çekirdeklerinin aşırı hızlandırılmaları neticesinde çok

yüksek sıcaklıklarda oluşmaktadır.<sup>28</sup>

#### 2.10.1.1.3. Nötron Yakalaması veya Aktivasyonu

Radyonüklidler en çok bu yöntemle elde edilip ve iki tipi vardır.

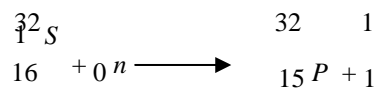
1. Nükleer reaktörde mevcut durağan durumdaki bir çekirdek içine bir nötron gönderilmesidir. Bu durum neticesinde ise gama ışını salınması meydana gelir ve (n, γ) biçiminde gösterilir. Netice itibariyle ortaya çıkan ürün ana nüklidin bir izotopu olmaktadır ve yalnızca kütle numarası 1 değerinde bir artış gösterirken, atom numarası ise değişmemektedir. Bu reaksiyon, yavaş, bir diğer adıyla düşük enerjiye sahip nötronlar ile meydana gelmektedir.
2. Çekirdeğe gönderilen bir nötron sonucunda elde edilen proton ile atom numarasının ayrı bir elementten oluşmasıdır.



Ayrıca bu yöntem; ağır metallerin dokularda araştırılması gibi bir çok adli tıp çalışmasında da tercih edilmektedir.<sup>27</sup>

#### 2.10.1.1.4. Transmutasyon

Genel itibariyle yüksek hıza sahip nötronlar ile durağan durumdaki nüklidin değişik kararsız nitelikteki nüklide nükleer bir reaksiyon aracılığı ile dönüşmesi, transmutasyon olarak adlandırılmaktadır.<sup>28</sup>

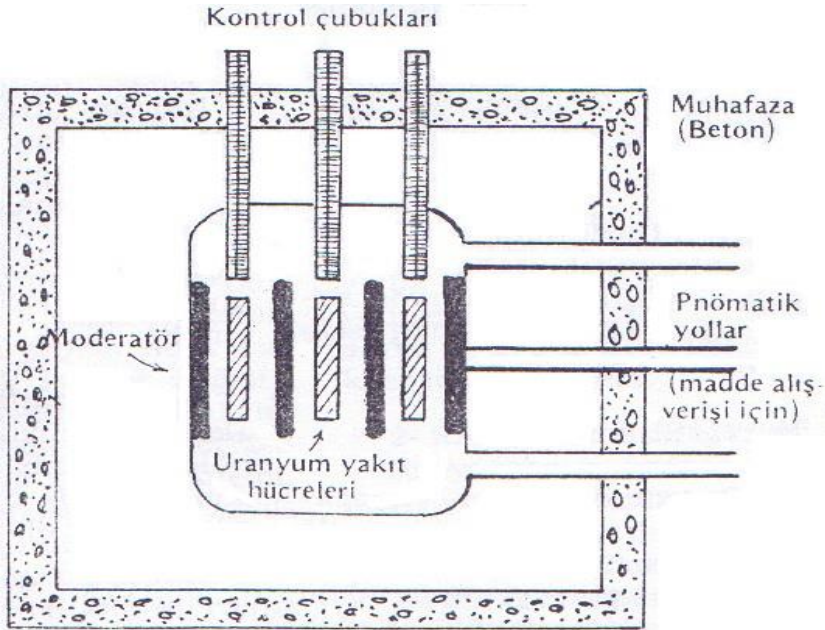


### 2.10.1.2. Nükleer Reaktörler

Nükleer tıpta kullanılmakta olan radyonüklidlerin tamamı yapay olup, durağan durumdaki atomların nükleer reaktörlerde nötron, proton gibi parçacıklar ile bombardıman edilerek oluşturulan kararsız çekirdeklerdir.

**Temel ilke:** Bir nükleer reaktor, bölünmeye maruz kalabilen çeşitlendirilmiş Uranyum-235 (U-235) ve doğal Uranyum-238 (U-238)'den meydana gelen bir çekirdeğe sahiptir. U-235 spontan biçimde çekirdek bölünmesine tabi olur ( $t_{1/2}$ :  $7 \times 10^8$  yıl) ve daha sonra iki ayrı hafif çekirdeğe dönüşür. Bu arada iki veya üç bölünme nötronu yayar. Bu fisyon nötronları diğer U-235 ile U-238 atomlarını bombardıman ederler.

Aşırı biçimde kararsız yapıda olan U-235, hızla, bir ileri düzeyde bölünmeye daha gitmektedir. Bu şekilde art arda gelen fisyon nötronu ile bu nötronların bombardımanı neticesinde yeni fisyon ürünleri oluşmaktadır. Bu şekildeki kontrollü duruma nükleer reaktörde nükleer zincir reaksiyonları adı verilmektedir. Bir nükleer reaktör şematik biçimdeki gösterimi Şekil 22 'deki gibidir.<sup>28</sup>



**Şekil 22:** Bir nükleer reaktörün bölümleri

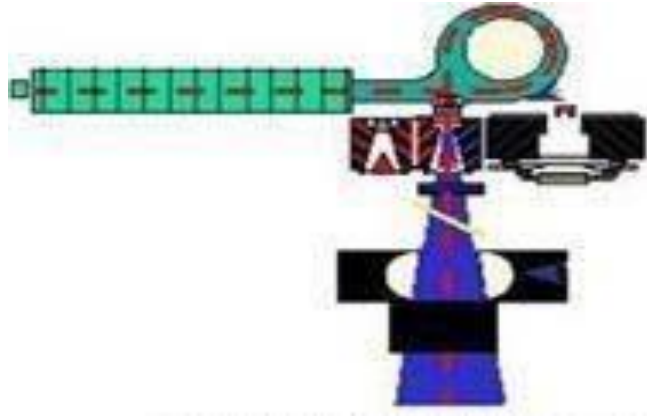
Reaktörün yakıt hücrelerini uranyum oluşturur. Bölünme nötronlarını yavaşlatmak amacıyla yakıt hücrelerinin çevresine moderator denilen çubuklar bulunur. Meydana gelen bu yavaş nötronlar zincirleme bölünme olaylarını daha etkili bir şekilde başlatmasına oluşan bu yavaş nötronlar sayesinde olur. Döteryum içeren ağır su veya grafit en yoğun kullanılan moderatördür. Gerek yakıt hücrelerini doğru bir şekilde saptayıp onları ayırt etmek için, gerekse de bunların arasında yerleşmek için konulan güçlü bir nötron soğurucu materyaller şeklinde mevcut kontrol çubukları bulunmaktadır. Bu kontrol çubukları kadmiyum veya borondan malzemedendir yapılmışlardır. Kontrollü bir zincir reaksiyonu oluşturmak için yakıt hücreleri ve kontrol çubuklarını dikkatli bir şekilde yerleştirilmelidirler. Eğer çubuklar, yanlış bir şekilde yerleştirilirse çok yüksek sayıda arzu edilmeyen nükleer bölünme oluşur ve bu durumda da reaktör çekirdeğinin erimesi söz konusu olabilir. Çubukların arttırılması sonucunda ise nötron absorpsiyonunu artış gösterir, zincirleme reaksiyonlar sonlanır ve bu özellikten reaktörü kapamada fayda sağlayabilmektedir. Her nükleer bölünme sonucunda 200 ila 300 MeV'lik enerji salınımı meydana gelir.<sup>29</sup>

#### 2.10.1.3. Yüklü Parçacık Hızlandırıcıları

Proton, döteron, triton ve alfa parçacıkları gibi yüklü parçacıklar, yüklü parçacık hızlandırıcı aletler aracılığıyla çok yüksek enerjiler ile hızlandırılırlar. Atom çekirdeği veya yörüngelerindeki parçacıklarla etkileşmemelerin nedeni normal şartlar altında yüklü parçacık yeterli enerjileri olmadığından kaynaklanır. Aynı yükler birbirlerini itmektedirler fakat, bu aynı yüke sahip parçacıklara ihtiyacı olan yeteri kadar enerji verildiği takdirde bu itme ortadan kalkarak çekirdeğe nüfuz edecek ve etkileşimde bulunabilecektir. Bu enerjiyi meydana getiren aletlere parçacık hızlandırıcısı denilmektedir. Genel itibariyle iki tipten oluşmaktadır.<sup>30</sup>

### 2.10.1.3.1. Lineer Hızlandırıcılar

Parçacığı düz bir çizgide hızlandırılır. Çok yüksek frekansa sahip çok kısa dalga boyu olan osilatörler, elektronları hızlandırmak amacıyla lineer hızlandırıcılarda kullanılmaktadır. Yüksek frekansa sahip elektromanyetik dalgaların üzerine bindirilmek suretiyle güç kaynağı biçimine kullanılan elektronların hızlandırılması söz konusu olmaktadır. Klystron gibi özel nitelikteki tüpler vasıtasıyla frekansı yaklaşık olarak 3000 MHz olan elektromanyetik dalgalar oluşturulur ve dalgalar hızlandırıcı tüpün içine gönderilir. Elektronlar elektron tabancasından temin edilerek 50 keV'lik bir enerji aracılığıyla tüpe gönderilirler. Elektromanyetik dalganın üstüne bindirilerek elektronlar enerji kazanır ve hızlandırılır. Elektromanyetik dalgaların hızı, elektronlardan yüksek olduğundan hızını azaltmak için tüp içindeki dairesel diskler ile yapılır. Dalganın hızına göre disklerin hız boyutları ve aralarındaki uzaklık ile belirlenir. Elektromanyetik dalganın tepe noktasına bindirilerek elektronlara yüksek hız verilir. Bu yolla elektronlar birkaç MeV'lik enerji kazanırlar. Elektronları hedef üzerine küçük bir demet biçiminde toparlamak ve göndermek amacıyla hızlandırma esnasında tüp boyunca manyetik odaklayıcı alanlar elde edilir. Hızlandırıcı tüpün sonundaki elektronlar ulaşabilecekleri en yüksek enerjilerini elde etmiş olurlar.<sup>30</sup>



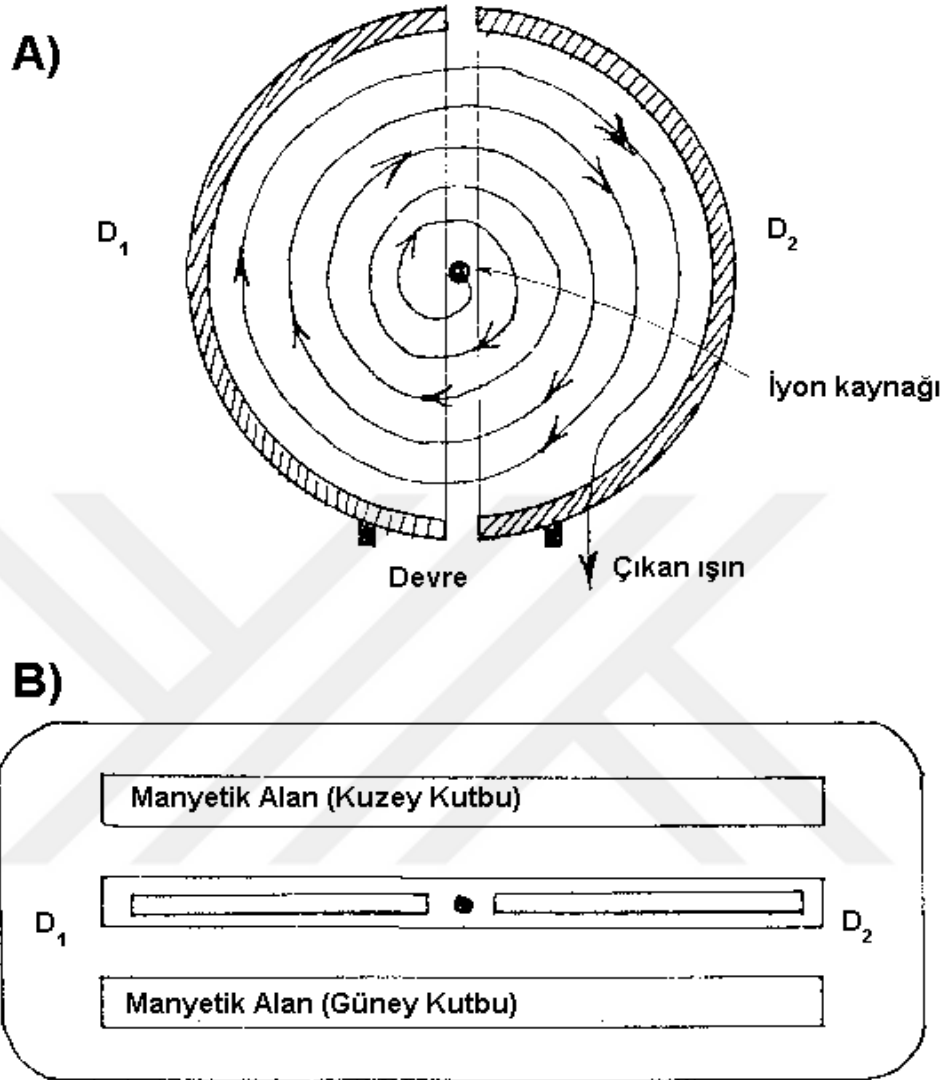
**Şekil 23:** Lineer hızlandırıcıda şematik ışın üretimi ve gönderimi.<sup>30</sup>



### 2.10.1.3.2. Siklotron

Yüklü parçacıkları çok yüksek süratlara kadar hızlandırabilen bir makinedir.

**Çalışma prensibi:** Nispeten büyükçe bir elektromanyetik alanın kutupları arasına konumlandırılmış bir çift içi boş D şeklinde bir yarım daire biçiminde elektrottan meydana gelmektedir. Şekil 22'de gösterildiği gibi D'ler birbirinden ince bir aralıkla ayrılmıştır.<sup>25</sup> Aralığın orta bölümüne yerleştirilen bir iyon kaynağından yüklü parçacıklar oluşturulur ve işlem esnasında elektrotlara yüksek frekansa sahip alternatif akım uygulanır. Uygulanan bu akımdan oluşan voltaj dan dolayı kaynaktan çıkan parçacıklar yarım dairelerden birine doğru yol alırlar. Meydana gelen bu manyetik alan sebebiyle yarım daire içinde dairesel hareketler çizip ortadaki ince aralığa gelirler ve buradan karşıdaki yarım daireye geçerek dairesel hareketlerini sürdürürler. 200 keV'lik enerji kazanılır ince aralıktan her geçişte ve giderek hızlanırlar.<sup>30</sup>



**Şekil 24 :** Bir siklotronun şematik çizimi A) Yukarıdan B) Karşıdan bakış.

Genel itibariyle yüklü partiküllere siklotron aktivasyonlarında pozitif yük eklenmektedir. Bundan dolayı ürünler elektron yakalaması ya da pozitron yayılımı ile bozunurlar. Atom numarası çekirdeğe pozitif yük eklenmesi durumunda değiştirir ve bu nedenle siklotron ürünleri genel itibariyle carrier-free olmaktadır. Siklotron ürünleri daha pahalıya mal olmasının nedeni nükleer reaktörlerde elde edilene nazaran daha küçük miktarlarda ürün elde edilmesidir.

## 2.10.2. Radyonüklid Jeneratörler

Yavru nüklid elde etmek için mevcut ana-yavru nüklid çiftini ayıran sistem radyonüklid jeneratörleridir. Ana nüklidin bölünmesi aracılığıyla yavru ürün sürekli olarak tazelenip ardı ardına sağlanabilir. Mo-99m / Tc-99m nükleer tıpta en önemli jeneratör sistemidir.<sup>23</sup>

Radyonüklid jeneratörlerde temel nüklid Molibdenin nüfuz edildiği ve karşılıklı iyon değişimine fırsat sağlayan alüminyum bir sütun mevcut bulunmaktadır. Sütunun tepesinde plastik bir halka ve alt ucunda delikli cam bir ızgara, bulunur. Ticari amaç olarak hazırlanan sistemlerde sterilizasyon, zırlama ve aletin otomatizasyon şartları yerine getirilmelidir. Daha uzun ömüre sahip olan ana nüklid göreceli bir şekilde olarak radyoaktif bozunma ile devamlı bir biçimde yavru nüklidi oluşturmaktadır. Ana nüklidin, iyon değiştirici sütun üzerinde yeri sabit olarak kalmaktayken yavru nüklidin birtakım kimyasal ayrıştırma metodları kullanılarak ana nüklidden ayrıştırılır ve bu işlem de sağılma olarak adlandırılır. Serum ise fizyolojik olarak sağılan yavru nüklid sütunun alt ucuna birikir. Tc-99m aktivitesi, genel itibariyle % 75 ila 85 oranında tek bir sağımda sağlanabilmektedir. Bu işlemde hemen sonra yeniden Tc-99m birikimi başlamakta olup, en erken maksimum aktivite yirmi dört saat sonra elde edilir.<sup>23</sup>

## **2.11. Radyofarmasötikler**

### 2.11.1. Kısa Tarihçesi

8 Kasım 1895 tarihinde Alman fizikçi W. C. RÖNTGEN X-ışınları ile başka bir konu araştırılırken bir rastlantı sonucu X ışınlarını keşfedilmiştir. Fransız fizikçi H. BECQUEREL, 24 Şubat 1896'da fotoğraf filmi yerine kullanılan ışığa duyarlı bir cam levhayı ışık geçirmeyen siyah kağıtlara sardı ve kâğıdın üstüne de uranyum tuzu yerleştirerek ışıkla uyarılması için

güneşe bıraktı. Uranyum tuzu ışıkla uyarılmış ve kâğıttan geçip fotoğraf kâğıdını siyahlaştırmıştır. <sup>30</sup>

Polonium ve Radium bir diğer radyoaktif maddeler olup, 1898'de Pierre ve Marie Curie tarafından keşfedilmiştir. Bu buluş daha sonra 26 Ocak 1898'de Paris Bilimler Akademisinde sunulmuştur. Uranyumdan çıkan alfa ve beta ışınları ise 1897'de L. RUTHERFORD tarafından bulunmuştur. Radyumdan kaynaklı ışınların, X-ışınları ile ayrı özellikte olan foton ışınları olduğu ise 1898 yılında Villard tarafından ispat edilmiştir.

1934'ten beri Curie ve Joliot' un yapay radyasyonu keşfinden sonra notron bombardımanına tutulan aşağı yukarı her elementin nükleer dönüşüme tabi olduğunu keşfetti. Bu araştırma, Hahn ve Strassmann'nin 1939'un başlarında fission'u keşfetmesine yardımcı oldu. İlk reaktörü 1942 yılında E. FERMI yapmıştır. Radyoizotoplardan faydalanma hızlı bir şekilde gelişmiş olup Nükleer tıp gibi yeni bilim dallarının doğmasına öncülük etmiştir. <sup>30</sup>

### 2.11.2. Tanımlama

İnsan üzerinde tanı koyma ve tedavi amacı ile radyoizotop kullanılan kimyasal faaliyetlere radyofarmasötik denir. Diğer bir ifade ile radyoaktif ilaçtır.

Radyoizotoplar daha önce keşfedilmesine rağmen, 1960'lardan sonra tıpta insan üzerinde teşhis ve tedavi amacı rutin olarak uygulanmasından dolayı ancak bu tarihten itibaren radyofarmasötik olarak kullanılmıştır. <sup>31</sup>

Radyofarmasötik üretimi için Radyoizotop Üretimi,

Radyofarmasötik Hazırlanması ve Kalite Kontrolü üç temel safhası vardır.

#### 2.11.2.1. Radyoizotop Üretimi

Radyofarmasötiğin aktivitesi önceden hazırlanan bu radyoizotoplardan meydana geldiğinden daha önceden bunların üretilmesi gerekir. Radyofarmasötiğin hazırlanmasında kullanılması için üretilen radyoizotopların kimyasal ve fiziksel yapıda elde edilmesi gerekmektedir.<sup>32</sup>

#### 2.11.2.2. Radyofarmasötiklerin Hazırlanması

Bu faaliyetler karışık kimyasal işlemlerdir. Hazırlama, bazı durumlarda bir sentez yapmak, bazı durumlarda ise biyolojik ya da biyolojik olmayan bir maddeye bir radyoizotopu etiketleme anlamına gelmektedir. Bu manada kullanılacak tüm bileşik ve maddenin tıpta uygulanabilir saflıkta, temizlikte olması göz önünde bulundurulmalı ve herşey steril olmalıdır.<sup>32</sup>

#### 2.11.2.3. Kalite Kontrolü

Radyoizotop amaca uygun şekilde üretilerek kendine özgü yapısını korumalıdır. Aksi takdirde radyofarmasötiklerin kalite kontrollerinde problemler çıkabilir. Bundan dolayı son dönemlerde uygulama sahalarında hazırlama yapılacak türden geliştirilmiş “kit” ler radyoizotop piyasasında yer bulmuştur.<sup>32</sup>

### **2.12. Radyofarmasötik Tesisler**

#### 2.12.1. Prensipler

Radyofarmasötiklerin üretimi ve hazırlanması için spesifik tedbirlerin alınması gereken işlemlerdir. Söz konusu önlemlerin alınmasında

dikkat edilecek parametreler; açığa çıkan radyasyonun türü ve radyoaktif izotopların yarıömrüdür.<sup>33</sup>

Bu işlemler için alınması gereken bazı özgül tedbirler,” İyi Üretim Uygulamaları” kılavuzunda yeniden düzenlenerek ya da daha ayrıntılı bir vaziyette mevcut bulunmaktadır. Ayrıca geçerli standartları belirleyen TAEK mevzuatına da uygun olarak yapılmak zorundadır.<sup>33</sup>

### 2.12.2. Personel

Yükümlülüğü olan bütün görevleri yerine getirmek için yeterli miktarda kalifiye elemana ihtiyaç duyulmaktadır. Görev tanımları hazırlanmış ve bireysel sorumluluklar bireyler tarafından açıkça anlaşılmış ve kayıt altına alınmış olmalıdır. kaydedilmiş olmalıdır. Bütün personeller kendilerini ilgilendiren iyi çalışmak koşullarını içeren kuralları bilmeli, ihtiyaçlarına dönük, hijyenik kuralları da kapsayan açıklamalar da dahil olmak üzere sürekli olarak eğitimi almalıdır.<sup>34</sup>

### Çalışan Personellerin Eğitimi:

- Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliğin Ek 1’deki Eğitim Konuları Tablosu’ndaki eğitim başlıkları işyerinin ihtiyacına göre düzenli olarak verilmelidir.
- Radyoaktif ürünlerin üretildiği alanlarda çalışan tüm personele gerekli tüm eğitim verilmelidir.
- İşe yeni başlayan personel temel teorik ve pratik eğitimin yanı sıra verilen göreve uygun eğitim verilmelidir. Ayrıca sürekli eğitim de verilerek eğitimin pratik etkinliği periyodik olarak değerlendirilmelidir. Eğitim kayıtları saklanmalıdır.<sup>35</sup>
- Riskli alanlarda çalışan personele özel ve detaylı bir eğitim verilmelidir.

- Eğitimli ve görevli personel harici kişiler riskli alanlara alınmamalı veya gerekli bilgiler verilerek nezaret edilmelidir. <sup>37</sup>

### Kişisel Hijyen

- Detaylı hijyen programları oluşturulmalı ve sağlık, hijyen uygulamaları ve personelin giyimini kapsamalıdır. Tüm personel bunlara dikkat etmelidir. <sup>38</sup>
- Tüm personel işe başlamadan önce belirlenen sağlık tetkikleri yapılmalı ve hemen sonra tıbbi muayeneden geçirilmelidir. İlk tıbbi muayeneden sonra, her yıl düzenli olarak sağlık taramaları yapılmalı tıbbi muayenesi yaptırılmalıdır.
- Rahatsızlığı bulunan personelin riskli alanlarda çalışmasını önleyici tedbirler alınmalıdır.
- İmalat alanlarına koruyucu kıyafet giymelidir.
- Üretim ve depo alanlarında hertürlü gıda, ilaç vb. yasaklanmalıdır.
- Çalışanların rn ve ürüne dokunan herhangi bir parça ile doğrudan teması engellenmelidir. <sup>40</sup>

### 2.12.3. Tesisler ve Ekipman

Tesis ve ekipmanın yerleşim planı ile tasarımı, hata riskini minimum indirecek şekilde inşa edilmelidir. İş Sağlığı ile güvenliği açısından negative manada etkili olacak unsurları engellemek için, yapılması gerekli olan temizlik ve bakım işlerinin etkili bir şekilde yapılmasına olanak verecek biçimde olmalıdır.

- a) alışanların korunmasına dair tedbirler ile birlikte ele alındığı zaman tesisler, materyal ile ürüne bulaşma ihtimalini minimum seviyeye indirecek biçimde yerleştirilmelidir. <sup>40</sup>

- b) Tesisler açısından yapılacak olan bakımlara ultra özen gösterilmeli ve yapılan tamir ve bakım işleri çalışanların güvenliğinde herhangi bir şekilde zarar teşkil etmemelidir.<sup>40</sup>
- c) Üretim işlemleri için kullanılan ekipman, sadece radyofarmasötikler için ayrılmalıdır.
- d) Üretimlerin gerçekleştirildiği alanlarda, radyoaktivite ile kontaminasyon durumunun engellenmesi için, ortamın hava basıncını çevreye göre daha düşük olması gerekmektedir. Fakat buna rağmen ürünü çevresel kontaminasyondan koruyucu tedbirlerin alınması gereklidir.
- e) Steril ürünler açısından, ürünün ya da kabının ortamla temasının söz konusu olduğu çalışma alanları, steril üretim açısından saptanan özelliklere uygun olmalıdır.
- f) Radyoaktif ürünlerin işlem gördüğü alanlardan çekilen havanın tekrardan sirküle edilmesi engellenmelidir. Hava çıkışları, radyoaktif partiküller ile gazlardan ötürü oluşabilecek çevresel kontaminasyonu engelleyecek biçimde tasarlanmalıdır. Hava çıkış kanallarından temiz alanlara hava girişini önleyecek bir sistem mevcut olmalıdır.
- g) Yetki sahibi dışındaki kişilerin tesislere girişini önleyecek tedbirler alınmalıdır.<sup>40</sup>

#### 2.12.4. Dokümantasyon

İlgili dökümanlar sade ve açık bir dille mevzuata uygun olarak hazırlanmalı ve yetkili kişilerce onaylanmalı, imzalanmalı ve tarih atılmalıdır.<sup>40</sup>



### 2.12.5. Üretim

- a) Olası hataları engellemek için aynı çalışma istasyonlarında ve aynı zamanda farklı radyoaktif ürünlerle çalışılmamalı
- b) Üretimi ehliyetli personel yapmalı ve nezaret etmelidir.
- c) Tüm işlemler yazılı prosedürler ve talimatlara göre yapılmalı ve gerekli olduğu takdirde kaydedilmelidir.
- d) Üretim tesislerine giriş, yetkili kişiler ile sınırlandırılmalıdır.<sup>40</sup>

### 2.12.6. Kalite Kontrol

Bir ürün serbest bırakılmadan önce onla ilgili tüm kontrollerin detaylı bir şekilde yapılmasına imkân sağlayacak yazılı bir prosedür mevcut olmalıdır.<sup>31</sup> Dağıtımdan sonra oluşacak sorunlar için yetkili kişilerce bir eylem planı hazırlanmalıdır. Ayrıca aksi belirtilmedikçe her seriye ait referans numuneler saklanmalıdır.<sup>40</sup>

### 2.12.7. Dağıtım ve Geri Çekme

Dağıtılan ürünlerin dağıtım kayıtları saklanmalı ve hatalı radyofarmasötikler tespit edildiğinde bunların kullanımını durdurmaya dönük eylem planları oluşturulmalıdır. Çok kısa bir zamanda geri çekme işlemlerinin gerçekleşebildiği gösterilmelidir.<sup>40</sup>

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Türkiye İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 25331 nolu Resmî Gazete’de 22.05.2013 tarihinde ve 4857 sayılı İş Kanunu’nun 78’inci maddesine göre düzenlenmiştir. Daha sonra 30.06.2012 tarihinde 28339 nolu Resmî Gazete’de 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunun yürürlüğe girmesiyle 4857 sayılı İş Kanununun 78’inci maddesine bağlı bazı yönetmenlikler iptal edilmiştir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna bağlı yönetmenliklere göre düzenlemeler yapılmı, işverene yeni yükümlülükler getirmektedir. Bu yükümlülüklerin en başında ise risk değerlendirmesi gelmektedir. <sup>41</sup>

#### 3.1. Risk Değerlendirmesi Nedir?

Risk değerlendirme yapılırken kullanılan bazı terimlerin hakkında çeşitli tanımlamalar aşağıda verilmiştir:<sup>42</sup>

**Tehlike:** İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek insan davranışları, maddeler veya makineler, çalışma metotları, iş organizasyonunun diğer konular, çalışanı ve işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyelidir.

**Risk:** Tehlikeden kaynaklanacak bir olayın oluşturduğu hasar derecesi ile, olayın oluşma olasılığının bileşkesidir.

**Olasılık:** İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikenin ortaya çıkma potansiyelidir.

**Zaman içinde Maruz Kalma Tekrarı (Frekans):** Rutin faaliyetlerde yıl içinde yapılma sıklığı, rutin olmayan faaliyetlerde işin yapılış süresi boyunca faaliyetin yapılma sıklığında tehlikeye maruz kalma frekansı.<sup>44</sup>

**Etkilenme Şiddeti:** Tehlikenin ortaya çıkması durumunda meydana gelecek zararın ya da hasarın büyüklüğüdür.

**Riskin Derecesi:** Yapılan analizi sonucunda ortaya çıkması muhtemel zararların yok edilmesi veya azaltılması için önceliği hakkında karar vermek veya yapılması gerekli faaliyetin büyüklüğünü belirlemek için kullanılan sınıflandırmadır.

**İşyeri:** Belli bir yönetimin altında dinlenme, çocuk emzirme, yemek, uyku, yıkanma, muayene ve bakım, beden ve mesleki eğitim yerleri ve avlu gibi diğer eklentiler ve araçları da içeren mal veya hizmet üretmek için maddi ve maddi olmayan unsurlar ile çalışanınbirlikte örgütlediği yer.

**Ramak kala olay:** İşyerinde meydana gelen ancak çalışan, işyeri ya da iş ekipmanını zarara uğratma potansiyeli olduğu halde zarara veya hasara uğratmayan olaydır.

**Kaza:** Çalışanın ölümü, hastalığı, yaralanması veya işyerindeki araç ve ekipmanın hasara veya diğer kayıplara sebebiyet veren istenmeyen olaydır.

**Önlem:** İşyerinde çalışan veya araç ekipman meydana gelebilecek riskleri ortadan kaldırmak veya azaltmak için planlanan ve alınan tedbirlerdir.

**Kabul edilebilir risk seviyesi:** Yasal yükümlülüklerle ve işyerinin önleme politikasına uygun, kayıp veya yaralanma oluşturmayacak risk seviyesidir.

**Risk değerlendirmesi:** Riski kabul edilebilir seviye indirebilmek amacıyla yapılan her türlü eylem ve tehlikeyi değerlendirme yöntemidir.

**Risk değerlendirme ekibi:** İşverenin oluşturduğu risk değerlendirmesi ekibini oluşturanaalar:

- a) İşveren veya işveren vekili.
- b) iş güvenliği uzman/uzmanları ile işyeri hekimleri.
- c) İşyerindeki alışan temsilcileri.
- ) İşyerinde tehlikeleri ve olabilecek risklerin belirlenmesini değerlendirmeyi birlikte yapan ve daha sonrasında risklerin tekibini yapan destek elemanları.

Hayatımız boyunca her zaman ve her yerde tehlikelere maruz kalınmaktayız. Yrdğmz yollarda, yediğimiz yiyecek & içeceklerde, soluduğumuz havada, yaşadığımız binalarda, yapılan tehlikeli sporlarda, düşünebildiğimiz meslek veya konumlarda her zaman tehlike bulunmaktadır. Bu nedenle güvenli bir ortamda yaşantımızı sürdürebilmek için, tehlikenin tanınması, riskin değerlendirilmesi, riskin kontrol edilmesi ve yeniden gözden geçirilmesi için belli bir yöntemi uygulamamız gerekmektedir. Bu uygulanan yöntem, risk değerlendirmesi olarak adlandırılır. Tüm işyerleri kendi güvenlikleri için risk değerlendirmesi ile ilgili konular için zamanının ve kaynaklarının bir kısmını ayırmalıdır.

Risk değerlendirmesi yapılırken sırasıyla aşağıdaki dört adım takip edilerek yapılır. <sup>42</sup>

**1. Adım (Araştırma ve gözlem):** Tüm çalışanların katılımı sağlamak için toplantılar düzenlenir. Risk değerlendirme yöntemleri hakkında çalışanlar ve yöneticiler bilgilendirilir ve uygulanacak yöntemler hakkında fikirler üretilir. Daha sonra yöneticiler, iş güvenliği uzmanı ile birlikte geriye kalan tehlikelerin sağlık üzerine etkilerini değerlendirirler, bunlar hakkında karar vermek için öncelikler ve alınması gereken tedbirleri için planlar yapılır.

**2. Adım (Tehlikelerin tanımlanması):** Tehlikelerin tanımlanmasına geçmeden önce ayrıntılı araştırmalar ve gözlemler yapılır. Unutulan herhangi bir tehlike unsuru kalmadan tüm tehlike ve olumsuz etkenler göz önüne serilmiş olması için tehlikelerin tanımlanması sistematik olmalıdır.

**3. Adım (Risklerin tanımlanması):** Tehlikeler tanımlandıktan sonra risk oluşturabilecek tüm tehlikelerin belirlenmesidir. Oluşak riskleri tanımlama veya riskleri kontrol altına alınmasıdır.

Risk kontrolünde asıl yapılması gereken proaktif düşünerek oluşabilecek riskin önlemek veya oluşan riskin kişilere ulaşmasının engellemek.

**4. Adım (Risklerin değerlendirmesi ve yorumlanması):** Tüm değerlendirmeler önceki adımlarda elde edilen verilere dayanılarak gerekli önlemlerin alınması yapılabilir. Risklerin tehlike seviyesine göre öncelik verilerek yapılması gereken tedbirler alınır, düzeltme, iyileştirme, gerekirse ikame yöntemlerde uygulanır.

4. adımda oluşabilecek riskler değerlendirilir, derecelendirilir ve gerekli kontrol ölçümlerinin yapılması için gerekli prosedür ve talimatlar

hazırlanır.

Tehlikeler belirlendikten sonra risk değerlendirmesi adımına geçilir. Mevcut kontrol tedbirlerinin etkisi de göz önünde bulundurularak tehlikelerin her birini ayrı ayrı incelenerek bu tehlikelerden kaynaklanabilecek risk/riskleri hangi sıklıkla, kimlerin etkileneceği, nerelerde ve nasıl olacağı, hangi şiddette zarar görebileceği belirlenir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgi ve veriler doğrultusunda riskler belirlenir. İşletmenin faaliyetine ilişkin özellikleri, işyerindeki tehlike veya risklerin nitelikleri ve işyerinin kısıtları gibi faktörler ya da ulusal veya uluslararası standartlar esas alınarak seçilen yöntemlerden biri veya birkaçı bir arada kullanılarak analiz edilir. İşyerinin ayrı bölümleri varsa her bir bölüm için ayrı ayrı analiz yapılır ve daha sonra birleştirilerek tek analiz olarak sonuçlandırılır. Elde edilen risklerin analizleri için gerekli kontrol tedbir ve önlemlerin alınması için en büyük risk seviyesinden başlanarak sırası belirlenir.<sup>43</sup>

#### Risk değerlendirme yapılmasının işyerlerine faydaları

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 10.ve 30. maddeleri gereği işyerinde risk değerlendirmesi yapılması zorunludur. İşyerlerinde meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucunda büyük oranda maddi ve manevi kayıplar meydana gelmektedir. Oysaki proaktif hareket ederek gerek iş kazaları gerekse meslek hastalıkları, nedenleri önceden tahmin ederek alınacak tedbirler ile önlenebilecek olaylardır. Olay meydana gelmeden önce oluşabilecek kaza veya meslek hastalıkları belirlemek ve gerekli tedbirlerin alınması için yapılan işleme risk değerlendirme risk yönetim sistemi denir.<sup>41</sup>

Risk değerlendirmesinin yapılması zorunlu olarak düşünülmemeli işletme ve çalışanlar için katkı sağlamaktadırlar.<sup>41</sup> Bu katkılar:

- İşin faaliyetinden ve işyerinin konumunda oluşabilecek tehlikeleri tanımlama,
- Belirlenen tehlikelerin yaratacakları riskleri önceden belirleme,
- Çalışanlar için sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlama,
- Çalışanları çalışma ortamından kaynaklanan sağlık ve güvenlik risklerine karşı koruma,
- Çalışanların sağlık, güvenlik ve refahını sağlama ve geliştirme,
- Çalışan memnuniyetini artırma,
- Kaza veya meslek hastalıklarından oluşacak kayıpları azalma,
- Üretimin devamlılığını sağlamak
- Verimliliği artırmak
- Acil durumlarda işyerinin hazır durumda olması

Radyasyon günümüzde endüstri de tahribatsız muayenelerde, enerji olarak, sağlıkta tanı ve tedavi amaçlı olarak, vs. birçok alanda yararlı amaç olarak kullanılmaktadır. Radyasyonun canlı organizmalara zarar verme özelliğinden dolayı, kullanımı sırasında dikkatli olmalıdır. Yapılan deneyimler doğrultusunda radyasyonun etki ve tehlikeleri doğru bilinirse, bu tehlikeleri en aza indirecek önlemler alınırsa radyasyon ile güvenli bir biçimde çalışılabilir.<sup>43</sup>

Radyasyonun insan duyu organlarınca görme, duyma, tat alma, koklama ve dokunma gibi duyu organlarla belirlenemez. Bundan dolayı, belli bir çalışma alanındaki radyasyon değerini tespit etmek için radyasyon uyarı ve ölçüm cihazlarıyla belirlenir ve radyasyondan korunma kuralları mutlaka alınmalı ve uygulanmalıdır.<sup>44</sup>

## 3.2. Karşılaştırmalı Risk Değerlendirme Yöntemleri

### 3.2.1. Fine- Kinney Metodu

Radyofarmastatik üretimi yapılan tesislerde mevcutta olan veya dışarıdan gelebilecek tehlikelerin tanımlanması ve bu tehlikelerden kaynaklanan riskleri değerlendirilip analizi yaparak derecelendirilmesi ve gerekli kontrol ve önlem tedbirlerinin belirlenmesi ve takibinin yapılması amacıyla çalışmanın belgelendirilmesidir.<sup>44</sup>

#### Uygulama

İşyerinin risk değerlendirilmesi süreç aşamaları aşağıdaki sıraya göre yapılmıştır.<sup>43</sup>

- a) İş yerinin tehlike kaynaklarının belirlenmesi
- b) İş yerinin tehlike bölümlerine ayrılması
- c) İşyeri bölümlerinde tehlike kaynaklarının her birinden kaynaklanan tehlikelerin belirlenmesi
- d) Seçilen tehlikenin risk analizinin yapılması
- e) Alınacak önlemlerin belirlenmesi
- f) Analizi yapılan riskin kabul edilebilir risk düzeyine çekilmesi için düzeltici, önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi

#### Tehlike Kaynaklarının Belirlenmesi

İşyerinde işyeri yerleşim planı, iş akış şeması, çalışma metodları ile kullanılan radyoizotop maddeler dikkate alınarak tehlike kaynaklarının aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.<sup>43</sup>

- İşyerinde yapılan faaliyetler,



- Radyasyon,
- Tüm operasyon ve işlemler,
- Kullanılan maddeler,
- Makine, cihaz ve donanımlar,
- Çalışanlar ve yakın çevrede bulunanlar,
- Organizasyonlar,
- Çevre,
- Etkileşim

### Tehlikelerin Belirlenmesi

Tehlikeler tanımlanması, tüm çalışma alanlarını ve faaliyetlerini kapsayan bir çalışma yapılarak aşağıda tanımlanan tehlike ya da kaynaklarının olup olmadığı, tehlike var ise bu/bunlardan kimlerin, nasıl ve ne kadar etkileneceği dikkate alınarak yapılır.<sup>42</sup>

- Kayma, takılma ve benzeri nedenlerle düşme, yüksekten düşme, cisimlerin düşmesi,
- İşyerinde gürültü ve titreşim,
- Ergonomi (Uygun olmayan duruş ve çalışma şekilleri),
- Radyasyon ve ultraviyole ışınlar,
- İş kazası kayıtları,
- Meslek hastalığı kayıtları,
- Çalışanların deneyimleri,
- Seyyar el aletlerin kullanımı,
- Sabit makine tezgahların kullanımı,
- Hareketli erişim ekipmanları (merdivenler, platformlar),
- Mekanik kaldırma araçları,
- Ürünler,
- Emisyonlar ve atıklar,

- Yangın, parlama ve patlama,
- Elle taşıma işleri,
- Elektrik ve elektrikli el aletler ile çalışma,
- Basınçlı kaplar,
- Aydınlatma,
- Ekranlı araçlarla çalışma,
- Termal konfor koşulları (sıcaklık, nem, havalandırma),
- Kimyasal faktörler (toksik gaz ve buharlar, organik solventler ve tozlar),
- Biyolojik ajanlar (mikroorganizmalar, bakteriler, virüsler),
- İşyeri yerleşim planı,
- İşyerinin coğrafi konumu,
- İş stresi,
- Kapalı yerlerde çalışma,
- Yalnız çalışma,
- Motorlu araçların kullanımı, taşımacılık ve yollar,
- Şiddet, hareket ve tacize maruz kalma,
- İstenmeyen davranış hareketleri (dikkatsizlik, yorgunluk, aldırmaçlık, anlama güçlüğü, öfke, kavga etmek),
- Rutin veya rutin olmayan süreçlerin yürütülmesi,
- Radyasyonun tüm sahalarda etkisinin değerlendirilmesi sonuçları,<sup>44</sup>
- Radyoaktif çalışmalar sırasında meydana gelen kontaminasyon olayları, durumları,<sup>44</sup>

### Risklerin Derecelendirilmesi

İş yerinde belirlenmiş olan tüm tehlikelerin risk derecelendirme yöntemi ile yapılan analiz çalışmasında aşağıdaki adımlar takip edilir:

Olasılığa karar verirken;

- Daha önce yaşanan kazalar,

- Ortam şartları,
- Çalışanların iş faaliyet bilgisi,
- Hizmet, makine parçaları, güvenlik aletlerinin uygunluğu ve arızalanma sıklığı,
- Kişisel koruyucu ekipmanın etkinliği,
- Tehlikeli kimyasallarla çalışma, radyasyon maruziyet durumu,
- Güvensiz hareketler,
- Mevcut emniyet tedbirleri dikkate alınır.

**Tablo 8: Fine- Kinney Olasılık Değeri<sup>43</sup>**

Olasılık (Zararın gerçekleşme olasılığı)	Olasılık Değeri
Beklenir, kesin	10
Yüksek, oldukça mümkün	6
Olası	3
Mümkün, fakat oldukça düşük	1
Beklenmez fakat yine de mümkün	1/2
Beklenmez,	1/5

Etkilenme şiddetine karar verirken:

- Yapılan faaliyetlerin doğası
- Bedenin etkilenebilecek kısmı, zarar görecekt kısımlar
- Olası zarar görme derecesi ve süresi
- Maruz kalan çalışan sayısı
- İlgili mevzuat, yönetmelik referans değerlere uygunluk
- Radyasyon maruziyet durumunda kişi/grup/genel alınmış dozların yorumu, anlık ve uzun süreli maruziyet durumlarının olası sonuçları, kişisel dozimetre ölçüm sonuçları ve radyasyonla ilgili diğer izleme sonuçları dikkate alınır.<sup>44</sup>

**Tablo 9 : Fine – Kinney Etki Şiddet/Zarar<sup>44</sup>**

Zarar Şiddet Değeri	ZARAR / ŞİDDET İnsan /Çevre üzerinde oluşturacağı tahmini zarar	
	Genel Tehlikeler	Radyasyona maruziyet durumunda (Radyasyon Güvenli Yönetmeliği ve firma standartları referans alınacaktır)
100	Birden fazla ölümlü kaza/ Çevresel Felaket	Böyle bir senaryo mümkün değil. (Bu durum ancak 6000 mSv üzeri anlık doz alımlarında birden fazla kişinin etkilenimi durumunda mümkündür.)
40	Öldürücü veya Kaza/ Ciddi çevresel zarar	Böyle bir senaryo mümkün değil. (Bu durum ancak 6000 mSv üzeri anlık doz alımlarında mümkündür.)
15	Kalıcı hasar yaralanma, iş kaybı/ Çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikayet	<ul style="list-style-type: none"><li>- Anlık 100 mSv üzeri doz alımı TAEK e bildirim durumu —İlgili Sağlık Kurumuna sevk. Doktorun gerek görmesi durumunda 60 mSv değeri ve üzerinde kromozom aberrasyon testine tabi tutulur.</li><li>- İyot için 10000 Bq — çok üzerinde aynı personelin veya yapısal yakınlığı olan personelin maruziyet durumunda, Endokrinolog kararma göre değerlendirilir.</li></ul>
7	Önemli hasar, yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı, Arazi sınırları dışında çevresel zarar yaralanma, dış	<ul style="list-style-type: none"><li>- Anlık 5 mSv doz alımı —TAEK e bildirim durumu 5 mSv-100 mSv arası doz alımı durumunda alınan doz özel değerlendirilir. RKS ve İş yeri Hekimi de değerlendirmesine göre Kromozom Aberrasyon (&gt;60 mSv durumunda) testine yönlendirilebilir veya çalışma şartlarının düzenlenmesine karar verilir.</li><li>- İyot için&gt; B14100000 Bq-Sağlık kurumuna sevk- Doz hesabı yapılarak RKS tarafından TAEK e bildirim kararı verilebilir.</li></ul>
3	Küçük Hasar yaralanma, dahili ilk yardım/Arazi içinde sınırlı çevresel zarar	<ul style="list-style-type: none"><li>- Haftalık 0.2mSv- 0.5 mSv doz arası doz</li><li>- İyot için 1480-100000 Bq arası</li></ul>
1	Ucuz atlatma/Çevresel zarar yok	<ul style="list-style-type: none"><li>- Haftalık 0,2 mSv doz</li><li>- İyot için 1 - 1480 Bq arası</li></ul>

İlgili mevzuat, yönetmelik referans değerlere uygunluğu doğrultusunda rutin ve rutin olmayan süreçlerin yürütülmesinde radyasyon maruziyet durumunda kişi/grup/genel alınmış dozların yorumu, anlık ve uzun süreli maruziyet durumlarının olası sonuçları, kişisel dozimetre ölçüm sonuçları ve radyasyonla ilgili diğer izleme sonuçların kayıtları dikkate alınarak zaman içinde tehlikeye maruz kalma tekrarını belirleyebilmek için aşağıdaki tablo kullanılır:<sup>44</sup>

**Tablo 10:** Fine – Kinney Frekans Değeri<sup>44</sup>

Zaman içinde tehlikeye maruz kalma tekrarı (Frekans)		Frekans Değeri
Rutin Olmayan	Rutin	
Hemen sürekli	hemen, Bir saatte birkaç defa	10
Sık	Günde bir veya birkaç defa	6
Ara sıra	Haftada bir veya birkaç defa	3
Sık değil	Ayda bir veya birkaç defa	2
Seyrek	Yılda birkaç defa	1
Çok seyrek	Yılda bir veya daha seyrek	½

Tehlieler belirlendikten sonra her tehlike için olayın meydana gelme ihtimali yani olasılık, zaman içinde tehlikeye maruz kalma tekrarı ve etki şiddeti belirlenerek bunlara bağlı olan değerlerin bileşkesi alınarak aşağıdaki tabloya göre **Risk Derecelendirmesi** yapılır.

Risk derecelendirmesinde aşağıdaki formül kullanılır:

**Risk Derecesi = Olayın meydana gelme ihtimali (Olasılık- O) x Zaman İçinde Maruz Kalma Tekrarı (Frekans- S) x Etkilenme Şiddeti -Z**

Tespit edilen Risk derecesine göre Risk değerlendirmesi yapılarak risklerin önlem sıraları belirlenir.<sup>43</sup>

**Tablo 11 : Fine - Kinney Risk Derecelendirme<sup>43</sup>**

RİSK DEĞERİ	KARAR	EYLEM
<b>R&gt;20</b>	<b>Kabul Edilebilir Risk</b>	Acil tedbir gerekemeyebilir
<b>20 ≤ R &lt; 70</b>	<b>Düşük Risk</b>	Eylem planına alınmalı
<b>70 ≤ R &lt; 200</b>	<b>Orta Risk</b>	Dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmeli
<b>200 ≤ R &lt; 400</b>	<b>Yüksek Risk</b>	Kısa vadeli eylem planına alınarak giderilmeli
<b>400 ≤ R</b>	<b>Çok Yüksek Risk</b>	Çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı

Risk derecesi hangi seviyede olursa olsun yasal gereklilik olan konularda iyileştirme ihtiyacı varsa düzeltici faaliyetler mutlaka gerçekleştirilir.<sup>42</sup>

**Tablo 12 : Fine - Kinney Risk Analiz Matrisi ve Değerleri<sup>44</sup>**

Olasılık Değeri	Zararın Gerçekleşme Olasılığı	Sıklık/Frekans Değeri	Tehlikeye Zaman İçinde Maruz Kalma		Zarar Şiddet Değeri	İnsan İşyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı tahmini zarar	
			Rutin Olmayan	Rutin		Genel Tehlikeler	Radyasyona maruziyet durumunda (Radyasyon Güvenli Yönetme 1'i ve firma standartları referans alınacaktır)
10	Beklenir, Kesin	10	Hemen hemen sürekli	Bir saatte birkaç defa	100	Birden fazla ölümlü kaza/ Çevresel Felaket	Böyle bir senaryo mümkün değil.(Bu durum ancak 6000 msv üzeri anlık doz alımlarında birden fazla kişinin etkilenimi durumunda mümkündür.)
6	Yüksek Oldukça Mümkün	6	Sık	Günde bir veya birkaç defa	40	Öldürücü veya Kaza/ Ciddi çevresel zarar	Böyle bir senaryo mümkün değil.(Bu durum ancak 6000 msv üzeri anlık doz alımlarında mümkündür.
3	Olası	3	Ara Sıra	Haftada bir veya birkaç defa	15	Kalıcı hasar yaranma, iş kaybı/ Çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikayet	-Anlık 100 msv üzeri doz alımı TAEK e bildirim durumu —İlgili Sağlık Kurumuna sevk . Doktorun gerek görmesi durumunda 60 msv değeri ve üzerinde kromozom aberrasyon testine tabi tum4ur.  İyot için 10000 Bq — çok üzerinde aynı personelin veya yapısal yatkınlığı olan personelin maruziyet durumunda, Endokrinolog kararma göre değerlendirilir.

1	Mümkün fakat düşük	2	Sık Değil	Ayda bir veya birkaç defa	7	Önemli hasar, yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı, Arazi sınırları dışında çevresel zarar yaralanma, dış	Anlık 5 mSv msv doz alımı —TAEK e bildirim durumu 5 mSv-100 msv arası doz alımı durumunda alınan doz özel değerlendirilir. RKS v• Is yeri Hekimi de değerlendirmesine göre Kromozon Aberrasyon ( >60 msv durumunda) testine yönlendirilebilir veya çalışma şartlarının düzenlenmesine karar verilir.  <b>-iyot için 100000 Bq-Sağlık kurumuna sevk-Doz hesabı yapılarak RKS tarafından TAEK e bildirim kararı verilebilir.</b>
0,5	Beklenmez fakat olası mümkün	1	Seyrek	Yılda bir veya birkaç defa	3	Küçük Hasar yaralanma, dahili ilk yardım/Arazi içinde sınırlı çevresel zarar	Haftalık 0.2mSv- o.5 mSv doz arası dozlar iyot için 1480-100000 Bq arası
0,2	Beklenmez	0,5	Çok seyrek	Yılda bir veya daha seyrek	1	Ucuz atlatma/Çevresel zarar yok	Haftalık 0,2 mSv doz iyot için 1-1480 Bq arası



**Tablo 13 : Fine - Kinney Risk Değerlendirme Skalası<sup>42</sup>**

DÜZEY	RİSK DEĞERİ	KARAR	EYLEM	AKSİYON PLANLAMASI
1	$R < 20$	Kabul edilebilir risk	Acil tedbir gerekmektedir.	Gerek görülürse iyileştirme yapılabilir, aksiyon planlaması şart değildir.
2	$20 \leq R < 70$	Düşük risk	Eylem planına alınmalı	Önleyici faaliyet başlatılır. 1. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.
3	$70 \leq R < 200$	Orta risk	Dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmeli.	Düzenleyici faaliyet başlatılır. 2. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.
4	$200 \leq R < 400$	Yüksek risk	İsa vadeli eylem planına alınarak giderilmeli (birkaç ay içinde)	Acil kodlu düzeltici faaliyet planlanır ve mümkün olan en kısa sürede 3. Düzeye veya 2. Düzeye inmesi hedeflenir.
5	$400 \leq R$	Çok yüksek risk	Çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı/veya tesis, bina ve çevresi kapatılması düşünülmelidir.	Kritik kodlu faaliyet başlatılır ve çalışma durdurulur. Güvenlik tedbirleri yeterli düzeye gelmeden çalışma başlatılmaz.

➤ Kabul Edilebilir Risk

- Kabul edilebilir risklerdir
- Belirlenen riskleri azaltmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir.
- Acil tedbir gerektirmeyebilir.

- Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin devamlılığı sağlanmalıdır.

➤ Düşük Risk

- Belirlenen riskleri azaltmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir.
- Mevcut kontrollerin uygulanıp uygulanmadığının kontrolü gerekir.
- Eylem planlanmalıdır.

➤ Orta Risk

- Riski azaltmak için çaba sarf edilmeli ve dikkatle izlenmelidir.
- Yıllık eylem planına alınarak giderilmelidir.
- İncelemenin maliyeti dikkatle ölçülmeli ve sınıflandırılmalı.
- Risk azaltma önlemleri belirlenmiş zaman periyotlarında uygulanmalıdır.
- Ciddiyet derecesinin yüksek olduğu, orta dereceli risklerin bulunduğu yerler için daha ileri değerlendirmeler gerekli olabilir.

➤ Yüksek Risk

- Kısa vadeli eylem planına alınarak giderilmelidir.
- Risk kaynakları daha az riskli yöntemler ile değiştirilmelidir.
- Bu riskle işin acil devam etmesi halinde acil önlem paketleri devreye sokulmalıdır.

➤ Çok Yüksek Risk

- Kabul edilemez risklerdir.

- Risk tolere edilebilir düzeye getirilene kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır.
- Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir.

➤ Riskin Kontrol Tedbirlerinin Belirlenmesi

- Bu adımda risklerin kabul edilebilir düzeye indirilmesi için gerekli kontrol tedbirlerine karar verilir. Olabilirliği azaltıcı tedbirler önleyici, şiddeti azaltıcı tedbirler koruyucu tedbirler olarak adlandırılır.
- Bu adımda özellikle kabul edilemez düzeyde bulunan risklerin kabul edilebilir düzeye indirilmesi için gerekli olan kontrol tedbirlerine karar verilir.
- Risk değerlendirmesinin en önemli adımlarından biri olan bu adımda risk kontrol önlemlerinin neler olacağı ve bu önlemlerin belirlenmesinde ne tür bir öncelik tercihinde bulunacağı belirlenir.

**1. Önleyici Tedbirler:** İhtimali azaltıcı tedbirlerdir.

**2. Koruyucu Tedbirler:** Şiddeti azaltıcı tedbirlerdir.

Bu iki kontrol yönteminde de temel kural; tehlikenin ortadan kaldırılmasıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda riske maruziyeti en aza indirecek tedbirler alınmalıdır.

Bu tedbirler şu şekilde sıralanabilir.

Risk kontrol önlemlerinin hiyerarşik düzeni;

1-Tehlikelerin ortadan kaldırılması (Riskleri kaynağında yok etmeye çalışmak),

2-Tehlikeli olanı daha az tehlikeli olanla değiştirmek (ikame),

3-Mühendislik önlemlerini uygulamak;

- Otomasyon,
- Tecrit, (ayırma)
- Uzaklaştırma,
- Havalandırma,
- Ergonomik yaklaşımlardan yararlanma.

Alınan bu önlemlere rağmen riski kabul edilebilir düzeylere düşürülemiyorsa;

4-İdari önlemler-Güvenlik ve Sağlık İşaretleri;

- Çalışma süreleri,
- İşyeri düzeni,
- Eğitim ve Öğretim,
- Planlı bakım-onarım
- Mental riskler, monotonluk, iletişim

- Denetim-Disiplin

5-Son çare olarak;

Kişisel koruyucu donanımlar;

- Temin
- Kullandırma

➤ Risk Kontrol Tedbirlerinin Uygulanması

Bu adımda belirlenen alternatifler arasından seçilen risk kontrol tedbirleri işyerinde uygulanarak tamamlanır. Risk kontrol tedbirlerinin uygulanmasından sonra iletişim faaliyetleri artırılmalı, eğitim faaliyetleri gerçekleştirilmeli ve periyodik denetim ve gözetim çalışmaları yapılmalıdır.

Kontrol tedbirlerinin tamamlanması şu hususları içerir;<sup>46</sup>

- Çalışma yöntemlerinin geliştirilmesi
- İletişim
- Eğitim ve öğretimin sağlanması
- Denetim
- Bakım

➤ Uygulamanın İzlenmesi

Son adım tedbirlerin etkinliğinin izlenmesi ve tekrar edilerek gözden geçirilmesidir. Bu adımda seçilen kontrol tedbirlerinin planlandığı gibi tamamlanıp tamamlanmadığı, seçilen kontrol tedbirlerinin uygulanabilirliği, uygulanan kontrol tedbirlerinin doğru bir şekilde uygulanıp uygulanmadığı ve risklerin kabul edilebilir seviyeye indirilip indirilmediği hususları gözden geçirilmelidir.

Gözden geçirmelere göre gerekli revizyonlar yapılmalı ve süreç en doğru çözüm bulunana kadar tekrarlanmalıdır.<sup>42</sup>

➤ Risk Değerlendirmenin Yenilenmesi

Yapılmış olan risk değerlendirmesi; tehlike sınıfına göre çok tehlikeli, tehlikeli ve az tehlikeli işyerlerinde sırasıyla en geç **iki, dört ve altı** yılda bir yenilenir.<sup>42</sup>

Aşağıda belirtilen durumlarda ortaya çıkabilecek yeni risklerin, işyerinin tamamını veya bir bölümünü etkiliyor olması göz önünde bulundurularak risk değerlendirmesi tamamen veya kısmen yenilenir.

- a) İşyerinin taşınması veya binalarda değişiklik yapılması.
- b) İşyerinde uygulanan teknoloji, kullanılan madde ve ekipmanlarda değişiklikler meydana gelmesi.
- c) Üretim yönteminde değişiklikler olması.
- ç) İş kazası, meslek hastalığı veya ramak kala olay meydana gelmesi.<sup>45</sup>
- d) Çalışma ortamına ait sınır değerlere ilişkin bir mevzuat değişikliği olması.
- e) Çalışma ortamı ölçümü ve sağlık gözetim sonuçlarına göre gerekli görülmesi.
- f) İşyeri dışından kaynaklanan ve işyerini etkileyebilecek yeni bir tehlikenin ortaya çıkması.

3.2.2. Matris L – Tipi 5\*5 Metodu (MIL-STD-882D)

Risk değerlendirmesi genel olarak dört aşamada yapılır.<sup>46</sup>

- Tehlikenin tanımlanması,
- Her tehlike için meydana gelecek zararın şiddeti (boyutu) ve olası zararın olma olasılığının (sıklık derecesinin) belirlenmesi,
- Riskin elemine edilmesi için önleyici işlemler için yapılacak çalışmalara karar verilmesi,
- Risklerin kontrol altına alınması için alınacak önlemlerin tespit edilmesi ve tehlikenin yok edilmesidir.

**Tablo 14 : Matris L - Tipi 5\*5 Tehlike sonucu meydana gelecek zararın / şiddet (A) <sup>44,46</sup>**

Zarar Şiddet Değeri	ZARAR / ŞİDDET İnsan /Çevre üzerinde oluşturacağı tahmini zarar	
	Genel Tehlikeler	Radyasyona maruziyet durumunda (Radyasyon Güvenli Yönetmeliği ve firma standartları referans alınacaktır)
5	Birden fazla veya ölümlü kaza/ Çevresel Felaket	Böyle bir senaryo mümkün değil. (Bu durum ancak 6000 mSv üzeri anlık doz alımlarında birden fazla kişinin etkilenimi durumunda mümkündür.)
4	Kalıcı hasar yaralanma, iş kaybı/ Çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikâyet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlık 100 mSv üzeri doz alımı TAEK e bildirim durumu —İlgili Sağlık Kurumuna sevk. Doktorun gerek görmesi durumunda 60 mSv değeri ve üzerinde kromozom abrerasyon testine tabi tutulur.</li> <li>- İyot için 10000 Bq — çok üzerinde aynı personelin veya yapısal yakınlığı olan personelin maruziyet durumunda, Endokrinolog kararma göre değerlendirilir.</li> </ul>
3	Önemli hasar, yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı, Arazi sınırları dışında çevresel zarar yaralanma, dış	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlık 5 mSv doz alımı —TAEK e bildirim durumu 5 mSv-100 mSv arası doz alımı durumunda alınan doz özel değerlendirilir. RKS ve İş yeri Hekimi de değerlendirmesine göre Kromozon Abrerasyon (&gt;60 mSv durumunda) testine yönlendirilebilir veya çalışma şartlarının düzenlenmesine karar verilir.</li> <li>- İyot için &gt; B14100000 Bq-Sağlık kurumuna sevk- Doz hesabı yapılarak RKS tarafından TAEK e bildirim kararı verilebilir.</li> </ul>
2	Küçük Hasar yaralanma, dahili ilk yardım/Arazi içinde sınırlı çevresel zarar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haftalık 0.2mSv- 0.5 mSv doz arası doz</li> <li>- İyot için 1480-100000 Bq arası</li> </ul>
1	Ucuz atlatma/Çevresel zarar yok	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haftalık 0,2 mSv doz</li> <li>- İyot için 1 - 1480 Bq arası</li> </ul>

b. Zararın meydana gelme sıklık olasılığının belirlenmesi:

Bir tehlikeye bağılı olarak meydana gelecek hasar ya da zararın olma olasılığı; yasalara ne düzeyde uyulduğuna, güvensiz koşul ve durumların hangi sıklıkla var olduğuna, kişisel ve makine koruyucuların kullanılıp kullanılmadığına, bakım ve onarım yapılmayan makine ve malzeme hatalarına göre artar ya da azalır. Bu nedenle, zararın oluşma olasılığı araştırılırken tüm sayılan faktörler SSK İstatistikleri, bölümün günlük poliklinik kayıtları gözden geçirilmelidir. Bundan sonra, tehlikenin çıkma olasılığı ve sıklığı basamaklandırılır ve değerlendirilir.

**Tablo 15** : Matris L- Tipi 5\*5 tehlike sonucu meydana gelecek zararın olma olasılığı ( B ) <sup>46</sup>

Olayın Meydana Gelme İhtimali (Olasılık)	Olasılık Değeri
Beklenir, kesin	5
Olası	4
Mümkün, fakat oldukça düşük	3
Beklenmez fakat yine de mümkün	2
Beklenmez,	1



**Tablo 16 : Matris L- Tipi 5\*5\*Risk Analiz Matrisi ve Değerleri<sup>44,46</sup>**

Olasılık Değeri	Zararın Gerçekleşme Olasılığı	Zarar Şiddet Değeri	İnsan İşyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı tahmini zarar	
			Genel Tehlikeler	Radyasyona maruziyet durumunda (Radyasyon Güvenli Yönetme <sup>1</sup> i ve <b>firma standartları referans alınacaktır</b> )
5	Beklenir, Kesin	5	Birden fazla ölümlü kaza/ Çevresel Felaket	Böyle bir senaryo mümkün değil. (Bu durum ancak 6000 msv üzeri anlık doz alımlarında birden fazla kişinin etkilenimi durumunda mümkündür.)
4	Olası	4	Kalıcı hasar yaralanma, iş kaybı/ Çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikâyet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlık 100 msv üzeri doz alımı TAEK e bildirim durumu —İlgili Sağlık Kurumuna sevk. Doktorun gerek görmesi durumunda 60 msv değeri ve üzerinde kromozom aberrasyon testine tabi olur.</li> <li>- İyot için 10000 Bq— çok üzerinde aynı personelin veya yapısal yakınlığı olan personelin maruziyet durumunda, Endokrinolog kararma göre değerlendirilir.</li> </ul>

3	Mümkün fakat düşük	3	Önemli hasar, yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı, Arazi sınırları dışında çevresel zarar yaralanma, dış	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlık 5 mSv msv doz alımı —TAEK e bildirim durumu 5 mSv-100 msv arası doz alımı durumunda alınan doz özel değerlendirilir. RKS v• Is yeri Hekimi de değerlendirmesine göre Kromozon Aberrasyon (&gt;60 msv durumunda)testine yönlendirilebilir veya çalışma şartlarının düzenlenmesine karar verilir.</li> <li>- <b>iyot için 100000 Bq-Sağlık kurumuna sevk-Doz hesabı yapılarak RKS tarafından TAEK e bildirim kararı verilebilir.</b></li> </ul>
2	Beklenmez fakat olası mümkün	2	Küçük Hasar yaralanma, dahili ilk yardım/Arazi içinde sınırlı çevresel zarar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haftalık 0.2mSv- 0.5 mSv doz arası dozlar</li> <li>- İyot için 1480-100000 Bq arası</li> </ul>
1	Beklenmez	1	Ucuz atlatma/Çevresel zarar yok	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haftalık 0,2 mSv doz</li> <li>- İyot için 1-1480 Bq arası</li> </ul>

*Risk seviyenin hesaplanması:*

**RİSKİN SEVİYESİ= ZARARIN BÜYÜKLÜĞÜ (A) X TEHLİKENİN ORTAYA ÇIKMA OLASILIĞI (B)**

Bu formüle göre, tüm risklerin belirlenmesi ve ne düzeyde olduğunun tespitinden sonra bir risk haritası ortaya çıkarttırılır.

Bu haritada hangi risklerin “Önemsiz”, “Hafif”, “Önemli” , “Yüksek” “Çok Yüksek” düzeyde insan sağlığını etkilediği ya da ne düzeyde müsaade edilebilir olduğu belirlenir. Risklerin derecelendirmeleri (önemsiz-düşük – önemli – yüksek-çok yüksek), (önemsiz-hafif – orta – ağır-çok ağır) şeklindeki terimlerle ifade edilebileceği gibi 1, 2, 3, 4, 5 şeklinde de puanlandırılır.

Bir kez risk değerlendirme sonuçları alındıktan sonra bölümün hangi riskleri ne düzeyde ve ne zaman azaltacağı veya ortadan kaldıracağına karar vermesi gerekir. Bu karar yolun başında risk değerlendirmesi çalışmasından beklenenlere, bir diğer ifade ile risk değerlendirmesinin amaçlarına, iş sağlığı ve güvenliğinin yakın ve uzak hedeflerine, bu iş için ayrılan bütçeye ve insan gücüne bağlı olarak değişir.

#### Risk değerlendirme matrisi

Risk büyüklüğünün hesaplanması için kullanılan “zararın büyüklüğü” ve “tehlike oluşum olasılığı” koordinat eksenlerine oturan matris tablosu ve Tehlike Kontrol Planı aşağıda gösterilir.

#### **ŞİDDET DEĞERLENDİRME: ŞİDDET (A) X ETKİLENME MATRİSİ (B)**

#### Risk kontrol planı (önlem alma)

Tehlike sonuçlarına göre değerlendirilen Tablo.14’de tespit edilen risklerin, kontrol altına alınıp elemine edilebilmesi için gerekli alınacak önlemler yasal gereklilikler göz önüne alınır.<sup>44</sup>

**Tablo 17 : Matris L- Tipi 5\*5 Tehlike Kontrol Planı<sup>46</sup>**

<b>DÜZEY</b>	<b>EYLEM</b>	<b>AKSİYON PLANI</b>
1 - 3	Acil tedbir gerekmemektedir.	Gerek görülürse iyileştirme yapılabilir, aksiyon planlaması şart değildir.
4 - 8	Eylem planına alınmalı	Önleyici faaliyet başlatılır. 1. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.
9 - 12	Dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmeli.	Düzenleyici faaliyet başlatılır. 2. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.
15 - 25	Çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı/veya tesis, bina ve çevresi kapatılması düşünülmelidir.	Kritik kodlu faaliyet başlatılır ve çalışma durdurulur. Güvenlik tedbirleri yeterli düzeye gelmeden çalışma başlatılmaz.

#### 4. BULGULAR

Radyofarmasötik üretim tesisinde depo, ofis ve operasyon alanlarında çalışanların maruz kalacakları tehlike ve riskler baz alınarak çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada depo alanlarında bir (1), ofisler de iki (2) ve operasyon alanlarında kırk üç (43) adet risk olmak üzere toplam kırk alt (46) adet risk ve tehlikeler tespit edilmiştir.

Tespit edilen risklerin düzeyini, risk değerini, alınması gereken aksiyon planının belirlenmesi için risk değerlendirme analizleri yapılmıştır. Yapılan risk analizlerin radyofarmasötik üretim tesisleri için uygun olanını belirlemek için Fine- Kinney ve Matris L- Tipi 5\*5 risk değerlendirme metodları ile analiz örnek çalışması yapıldı. “Radyofarmasötik üreten tesislerde risk değerlendirme yöntemlerin karşılaştırılması” çalışmanın örnek risk analizleri EKLER bölümünde verilmiştir.

## 5. TARTIŞMA

**Fine Kinney metodu**, G. F. Kinney'in 1976 tarihli Practical Risk Analysis for Safety Management adlı makalesinde yayınlanmıştır. Elbette yöntem yayınladığı tarihte farklı bir isimle yani iş güvenliği yönetiminde pratik risk analizi ismiyle yayınlanmış olup daha sonra bilim dünyası tarafından yöntemi ilk ortaya atan kişi olan Fine Kinney'in adı ile anılmıştır.<sup>43</sup>

**Fine Kinney risk analizi yöntemi**, iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan sistematik yöntemlerden biridir. Bir riskin gerçekleşme ihtimali, tehlikeye maruz kalma sıklığı ve gerçekleşmesi sonucunda ortaya çıkaracağı şiddet derecesi gibi üç faktör değerlendirilerek bir risk ölçüm değeri elde edilir.<sup>43</sup>

**Matris yöntemi**, en başta da ifade edildiği gibi kullanımı çok kolay bir yöntemdir. Birçok iş kolu için özel uzmanlık veya eğitim gerektirmeyen, sadece matematiksel işlemler kullanarak yapılan bir risk analizi yöntemidir. Basit ve kolay yapılabilir olması, hızlı hazırlanmasını da sağlayıp ön risk analizi çalışması olarak kabul görmesini sağlar.<sup>47</sup>

Bu çalışmada, olasılık değerleri ve zararın şiddet değerleri her iki yöntemin hesaplanmasında ortak olan parametrelerdir. Fine- Kinney yönteminde olasılık değerleri altı parametre ve Matris L- Tipi 5\*5 yönteminde ise beş adet olasılık değer parametresi bulunmakta. Her iki yönteminde olasılık değerleri aşağıdaki Tablo 18'de karşılaştırılmıştır.

**Tablo 18:** Fine- Kinney & Matris L- Tipi 5\*5 Yöntemlerin Olasılık Değerlerin Denkleştirilmesi<sup>43,46</sup>

Fine- Kinney		Matris L- Tipi 5*5	
Olasılık gerçekleşme olasılığı) (Zararın)	Olasılık Değeri	Olasılık Değeri	Olayın Meydana Gelme İhtimali(Olasılık)
Beklenir, kesin	10	5	Beklenir, kesin
Yüksek, oldukça mümkün	6		
Olası	3	4	Olası
Mümkün, fakat oldukça düşük	1	3	Mümkün, fakat oldukça düşük
Beklenmez fakat yine de mümkün	0,5	2	Beklenmez fakat yine de mümkün
Beklenmez,	0,2	1	Beklenmez,

Fine- Kinney yönteminde zarar şiddet değerleri altı parametre ve Matris L- Tipi 5\*5 yönteminde ise beş adet zarar şiddet değer parametresi bulunmaktadır. Her iki yönteminde zarar şiddet değerleri aşağıdaki Tablo 19'da karşılaştırılmıştır. <sup>43,44,46</sup>

**Tablo 19:** Fine- Kinney & Matris L- Tipi 5\*5 Yöntemlerin Zarar Şiddet Değerlerin Denkleştirilmesi

Zarar Şiddet Değeri(Fine-Kinney)	ZARAR / ŞİDDET İnsan /Çevre üzerinde oluşturacağı tahmini zarar		Zarar Şiddet Değeri (Matris L- Tipi 5*5)
	Genel Tehlikeler	Radyasyona maruziyet durumunda (Radyasyon Güvenli Yönetmeliği ve firma standartları referans alınacaktır)	
100	Birden fazla ölümlü kaza/ Çevresel Felaket	Böyle bir senaryo mümkün değil. (Bu durum ancak 6000 mSv üzeri anlık doz alımlarında birden fazla kişinin etkilenimi durumunda mümkündür.)	5
40	Öldürücü veya Kaza/ Ciddi çevresel zarar	Böyle bir senaryo mümkün değil. (Bu durum ancak 6000 mSv üzeri anlık doz alımlarında mümkündür.)	
15	Kalıcı hasar yaranma, iş kaybı/ Çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikayet	- Anlık 100 mSv üzeri doz alımı TAEK e bildirim durumu — İlgili Sağlık Kurumuna sevk. Doktorun gerek görmesi durumunda 60 mSv değeri ve üzerinde kromozom abrerasyon testine tabi tutulur. - İyot için 10000 Bq — çok üzerinde aynı personelin veya yapısal yatkınlığı olan personelin maruziyet durumunda, Endokrinolog kararma göre değerlendirilir.	4
7	Önemli hasar, yaranma, dış ilk yardım ihtiyacı, Arazi sınırları dışında çevresel zarar yaranma, dış	- Anlık 5 mSv doz alımı —TAEK e bildirim durumu 5 mSv-100 mSv arası doz alımı durumunda alınan doz özel değerlendirilir. RKS ve İS yeri Hekimi de değerlendirmesine göre Kromozon Abrerasyon (>60 mSv durumunda) testine yönlendirilebilir veya çalışma şartlarının düzenlenmesine karar verilir. - İyot için > B14100000 Bq-Sağlık kurumuna sevk- Doz hesabı yapılarak RKS tarafından TAEK e bildirim kararı verilebilir.	3
3	Küçük Hasar yaranma, dahili ilk yardım/Arazi içinde sınırlı çevresel zarar	- Haftalık 0.2mSv- 0.5 mSv doz arası doz - İyot için 1480-100000 Bq arası	2
1	Ucuz atlatma/Çevresel zarar yok	- Haftalık 0,2 mSv doz - İyot için 1 - 1480 Bq arası	1



Kolay ve hızlı olmasının yanında matris yönteminin hesaplamalara ve geçmiş verilere dayanmayan yapısı nedeniyle karmaşık sistemlerde ve çok tehlikeli olarak değerlendirilen işlerde kullanılması çoğu kez dezavantaj oluşturur. Ayrıca hesaplamalara ve geçmiş verilere dayanmayan yani subjektif olması nedeniyle risk analizi yapan kişilere göre farklı sonuçlar elde edilir. Bu da yöntemin tutarlılığına gölge düşüren bir durum olduğu önerilir.<sup>46</sup>

Daha önce yapılmış olan 5\*5 analiz matrisi ve Fine- Kinney yöntemlerin uygulamalı bir karşılaştırma konu başlıklı çalışma sonucunda, iki yöntemin benzer dinamikleri barındırmalarına karşın, Fine -Kinney yönteminin daha hassas sonuçlar verildiği saptanmıştır.<sup>48</sup>

Bu çalışma içerisinde yapılmış olan örnek risk analizinde bulunan çeşitli ortam ve faaliyetlerin risk değerlendirmeleri, bahsedilen iki yöntemin karşılaştırmasında araç olarak kullanılmıştır. Ek 3 'de verilen karşılaştırma sonucunda, iki yöntemin benzer dinamikleri barındırmalarına karşın, alanların 7/24 dijital monitörlerle takip edilmesi, çalışanların kullandıkları dozimetlerin sonuçları ve üretim esnasında anlık ölçümler doğrultusunda Fine-Kinney yöntemi sadece kaza olma olasılığı ve sıklığını değil risk altındaki kişilerin tehlikeli alanda bulunma yani tehlikeye maruz kalma sıklığını da dikkate alır. Fine Kinney risk analizi yöntemi, işletmenin geçmiş verilerini ve öngörülerini bir arada kullanma imkânı veren kalitatif bir yöntem olduğundan Matris L- Tipi 5\*5 risk analizi yöntemine göre daha güvenilir ve doğru analiz yapma imkânı tanır.

## 6. SONUÇLAR

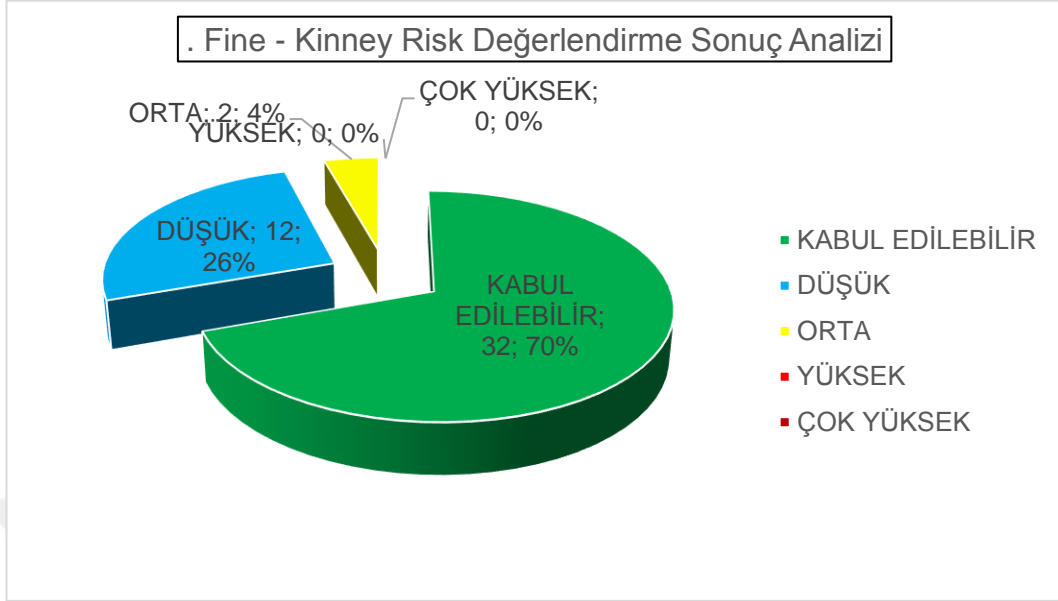
Radyofarmasötik üreten bir tesisde yapılan örnek çalışma Fine – Kinney Risk Değerlendirme yönteminde meydana gelebilecek tehlike ve risklerin alanlara göre dağılımı ve alınacak aksiyon planlaması Tablo 17 'de tanımlanmıştır.

**Tablo 20 :** Fine Kinney Risk Değerlendirme Skalası

FİNE - KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME SKALASI								
DÜZEY	RİSK DEĞERİ	KARAR	EYLEM	AKSIYON PLANLAMASI	RİSK ADET SAYISI	OPERASYON ALANI	DEPOLAR	OFİSLER
1	$R < 20$	Kabul edilebilir risk	Acil tedbir gerekmektedir.	Gerek görülürse iyileştirme yapılabilir, aksiyon planlaması şart değildir.	32	32	0	0
2	$20 \leq R < 70$	Düşük risk	Eylem planına alınmalı	Önleyici faaliyet başlatılır. 1. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.	12	9	2	1
3	$70 \leq R < 200$	Orta risk	Dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmeli.	Düzenleyici faaliyet başlatılır. 2. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.	2	2	0	0

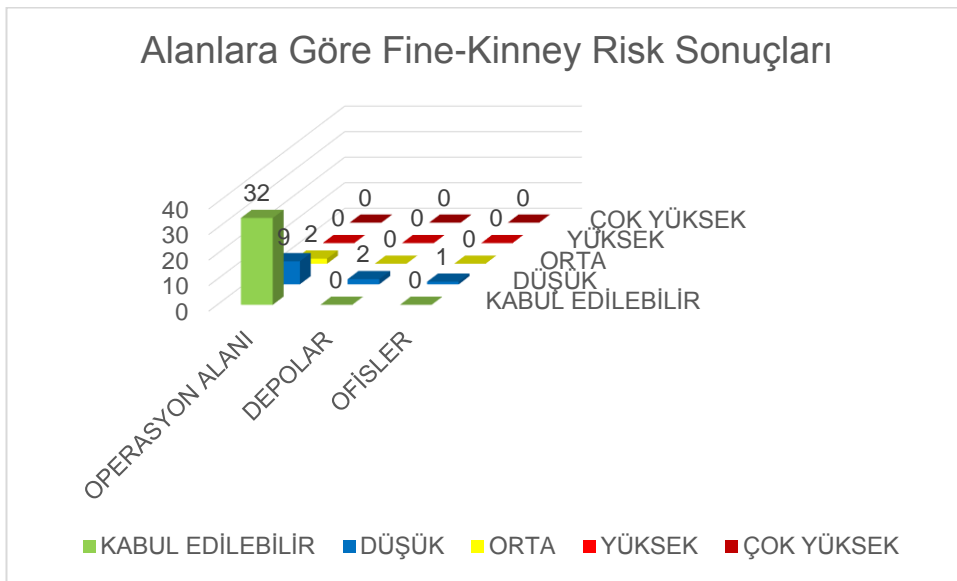
4	$200 \leq R < 400$	Yüksek risk	İsa vadeli eylem planına alınarak giderilmeli (birkaç ay içinde)	Acil kodlu düzeltici faaliyet planlanır ve mümkün olan en kısa sürede 3. Düzeye veya 2. Düzeye inmesi hedeflenir.	0	0	0	0
5	$400 \leq R$	Çok yüksek risk	Çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı/veya tesis, bina ve çevresi kapatılması düşünülmelidir.	Kritik kodlu faaliyet başlatılır ve çalışma durdurulur. Güvenlik tedbirleri yeterli düzeye gelmeden çalışma başlatılmaz.	0	0	0	0

Yapılan Fine- Kinney risk değerlendirme metodu değerlendirme analizi çalışmasında oluşan risklerin değerleri ve derecelerin kabul edilebilir, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek değerleri belirlenir. Bu sonuçlar doğrultusunda oluşan risklerin dereceleri yüzde oranları verilmiştir. (Şekil 25)



**Şekil 25:** Fine – Kinney Risk Değerlendirme Sonuç Analizi

Yapılan Fine- Kinney risk değerlendirme metodu değerlendirme analizi çalışmasında operasyon alan, depolar ve ofislerde oluşan risklerin değerleri ve derecelerinin kabul edilebilir, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek değerleri adet bazında oluşan risklerin Şekil 26 'de verilmiştir.



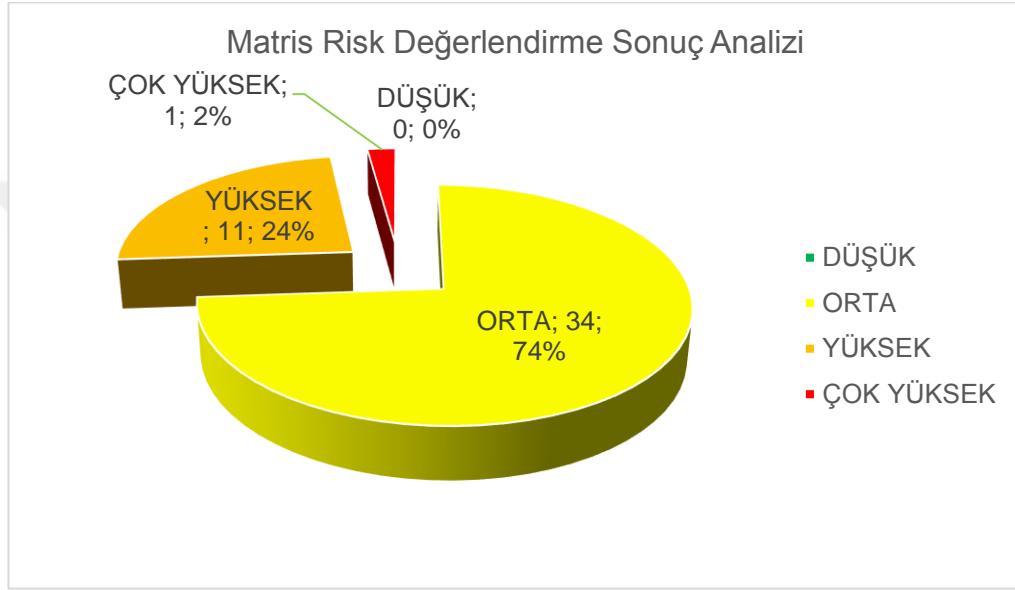
**Şekil 26 :** Alanlara Göre Fine – Kinney Risk Sonuçları

Yapılan Matris L- Tipi 5 \* 5 risk değerlendirme metodu değerlendirme analizi çalışmasında operasyon alan, depolar ve ofislerde oluşan risklerin değerleri ve derecelerin kabul edilebilir, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek değerleri adet bazında oluşan risklerin Tablo 19 'de verilmiştir.

**Tablo 21:** Matris L- Tipi 5\*5\* Risk Değerlendirme Skalası

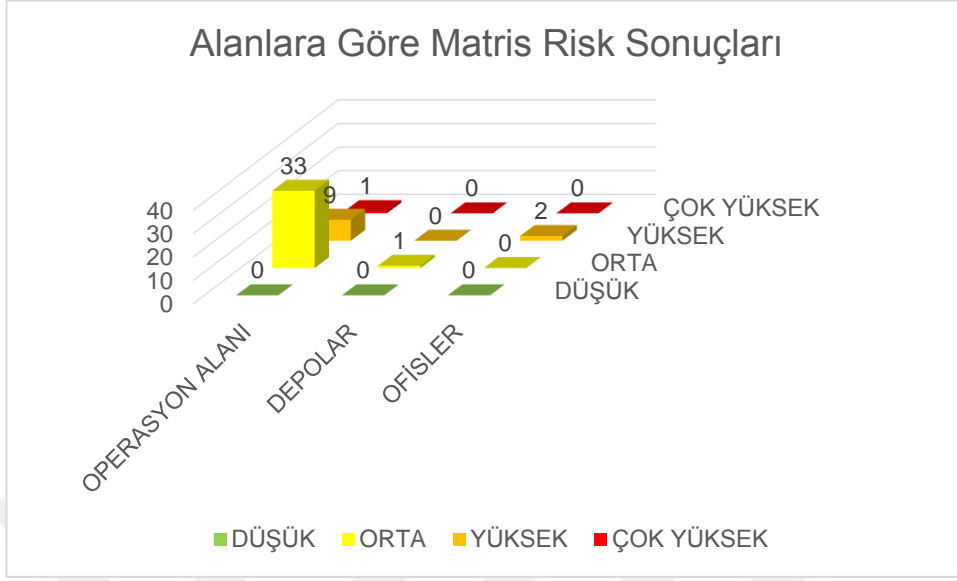
MATRİS DEĞERLENDİRME SKALASI								
DÜZEY	RİSK DEĞERİ	KARAR	EYLEM	AKSIYON PLANI	RİSK ADET SAYISI	OPERASYON ALANI	DEPOLAR	OFİSLER
1	1 - 3	Düşük	Acil tedbir gerekmemektedir.	Gerek görülürse iyileştirme yapılabilir, aksiyon planlaması şart değildir.	0	0	0	0
2	4 - 8	Orta	Eylem planına alınmalı	Önleyici faaliyet başlatılır. 1. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.	34	33	1	0
3	9 - 14	Yüksek Risk	Dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmeli.	Düzenleyici faaliyet başlatılır. 2. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.	11	9	0	2
4	15 - 25	Çok Yüksek Risk	Çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı/veya tesis, bina ve çevresi kapatılması düşünülmelidir.	Kritik kodlu faaliyet başlatılır ve çalışma durdurulur. Güvenlik tedbirleri yeterli düzeye gelmeden çalışma başlatılmaz.	1	1	0	0

Yapılan Matris L-Tipi 5\*5 risk değerlendirme metodu değerlendirme analizi çalışmasında oluşan risklerin değerleri ve derecelerinin düşük, orta, yüksek ve çok yüksek değerleri belirlenir. Bu sonuçlar doğrultusunda oluşan risklerin dereceleri yüzde oranları verilmiştir. (Şekil 27)

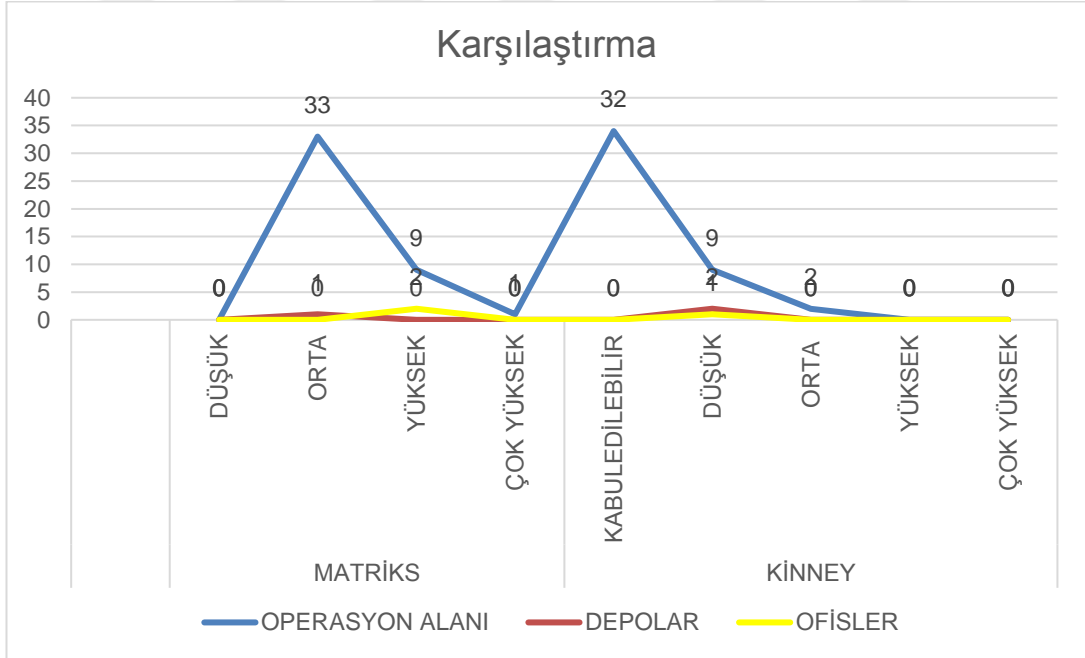


**Şekil 27** : Matris Risk Değerlendirme Sonuç Analizi

Yapılan Matris L- Tipi 5\*5 risk değerlendirme metodu değerlendirme analizi çalışmasında operasyon alan, depolar ve ofislerde oluşan risklerin değerleri ve derecelerinin kabul edilebilir, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek değerleri adet bazında oluşan risklerin oranları Şekil 28 'de verilmiştir.



**Şekil 28 :** Alanlara Göre Matris Risk Sonuçları



**Şekil 29 :** Risk Değerlendirme Yöntemlerin Karşılaştırması

**Tablo 22:** Risk Değerlendirme Yöntemlerin Karşılaştırması

	MATRİS L-TİPİ 5*5				FİNE- KİNNEY				
	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK	KABUL EDİLEBİLİR	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK
OPERASYON ALANI	0	33	9	1	32	9	2	0	0
DEPOLAR	0	1	0	0	0	2	0	0	0
OFİSLER	0	0	2	0	0	1	0	0	0

Matris L-Tipi 5\*5 yönteminde tehlike ve riskler incelendiğinde, büyük yoğunluğunun orta seviyede olduğu görülmektedir. Değerlendirme skalasında orta değerinde ise buna göre eylem planına alınmalı ve alınacak aksiyon planı “Önleyici faaliyet başlatılır, 1. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir. Yüksek değer çıkan tehlike ve riskler için de ise dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmelidir. Alınacak aksiyon planı, “Düzenleyici faaliyet başlatılır. 2. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.”. Buna da bazı teknik önleyici uygulamaların yapılması, üretim esnasında gözlem ve çalışanları güvenlik konusunda bilgilendirme eğitimleri yapılarak diğer düşük veya orta dereceli seviyeye indirilebilir. Çok yüksek değer çıkan bir adet tehlike ve risk bulunmakta ve yapılacak eylem, çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı/veya tesis, bina ve çevresi kapatılması düşünülmelidir. Alınacak aksiyon planı ise “Kritik kodlu faaliyet başlatılır ve çalışma durdurulur. Güvenlik tedbirleri yeterli düzeye gelmeden çalışma başlatılmaz”. Bu tehlike ve risk ise teknik önleyici uygulama ile düşük seviyeye indirilebilir.

Fine -Kinney yönteminde tehlike ve riskler incelendiğinde, büyük yoğunluğunun kabuledilebilir seviyede olduğu görülmektedir. Değerlendirme skalasında risk kabul edilebilir değerinde ise acil tedbir alınmasına gerek yok ve alınacak aksiyon planı, “Gerek görülürse iyileştirme yapılabilir, aksiyon planlaması şart değildir”. Risk düşük değer için çıkanlar ise eylem planına alınmalı ve alınacak aksiyon planı ise “Önleyici faaliyet başlatılır. 1. Düzeye



veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.” Bu riskler için bazı teknik önleyici uygulamaların yapılması, üretim esnasında gözlem ve çalışanları güvenlik konusunda bilgilendirme yapılarak kabul edilebilir seviyeye indirilebilir. Risk orta seviyede ise dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmesi sağlanmalıdır. Alınacak aksiyon planı ise “Düzenleyici faaliyet başlatılır. 2. Düzeye veya 1. Düzeye inmesi hedeflenir.” Bu tehlike ve riskler için bazı teknik önleyici uygulamaların yapılarak kabul edilebilir seviyeye indirilebilir. Yapılma çalışmada yüksek ve çok yüksek risk değerleri olmadığı görülmüştür.

Bu çalışma içerisinde yapılmış olan örnek risk analizinde radyasyon kaynaklı faaliyetlerin risk değerlendirmeleri, bahsedilen iki yöntemin karşılaştırmasında araç olarak kullanılmıştır. Şekil 29 ve Tablo 22 ‘de verilen karşılaştırma sonucunda, iki yöntemin benzer dinamikleri barındırmalarına karşın, alanların 7/24 dijital monitörlerle takip edilmesi, çalışanların kullandıkları dozimetlerin sonuçların ve üretim esnasında anlık ölçümler doğrultusunda Fine-Kinney yönteminde daha hassas sonuçlar verdiği görülmüştür. Gerek alan ölçümleri gerekse çalışanların kişisel dozimetre ölçümleri mevzuatın belirlediği değerler arasında olduğundan Fine- Kinney yöntemin de riskler kabul edilebilir seviyede olduğundan bu yöntemin uygulanması doğru sonuçların verileceği görünmektedir

Tesislerimizde meydana gelen tehlike ve riskleri azaltılabilmesi için öncelikle kurum genelinde güvenlik politikasının belirlenmesi ve sonrasında iş sağlığı ve kültürünün -ziyaretçiler dahil tesiste bulunan tüm bireylere kazandırılması amaçlanarak sürekli kontrol ve denetiminde bulunulması gerekmektedir. Tesiside bulunan alan monitörleri ve diğer araç ve ekipmanların düzenli olarak kalibrasyonları, bakımları ve kontrollerin yapılması gerekmektedir. Radyasyon hariç diğer kaynaklı tehlike ve risklerin de araştırılıp analizi yapılmalıdır.

## 7. ÖZET

### **RADYOFARMASÖTİK ÜRETEEN TESİSLERDE RADYASYON KAYNAKLI RİSKLERİN FARKLI YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu yüksek lisans çalışmasında radyasyonun tanımı, türleri, kaynakları, iyonizasyon radyasyonun madde ile etkileşimi, radyoaktivitenin bozunma sabiti, faktörü, yarı ömür ve aktivitesi, moleküler, hücrenel, biyolojik sistemeler üzerine, düşük ve yüksek dozabağlı etkisi, radyofarmasötiklerin tarihsel gelişimi, radyoizotop üretimi, radyofarmastatik tesislerin çalışan personelin eğitimi, sağlık kontrolleri, tesis ve ekipmanın alt yapısı ve teknik özellikleri, üretimin teknik özellikleri, dokümantasyon yapısı, kalite kontrol standartları, depolama ve lojistik yapının özelliklerinin nasıl olması konuları ele alındıktan sonra, radyofarmastatik üretim tesislerinde oluşabilecek tehlikeler ve bu tehlikeler doğrultusunda meydana gelebilecek risklerin tespiti, değerlendirmesi ve öncelik sırasına göre önlemlerin alınması konusunda Matris L- Tipi 5\*5 ve Fine – Kinney değerlendirme yöntemlerin uygulamalı karşılaştırmasında doğru analizi verecek yöntemin belirlenmesi için çözüm önerileri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Radyasyon, Risk, Fine – Kinney, Matris L- Tipi 5\*5, Radyofarmasötik, Radyoaktif, , Radyonüklid,

## 8. SUMMARY

### THE EVALUATION OF RADIATION-BASED RISKS WITH DIFFERENT METHODS IN RADIOPHARMACEUTICAL PRODUCTION FACILITIES

In this graduate study, the definition, types and sources of radiation, ionization radiation interaction with matter, radioactivity decay constant, factor, half-life and activity on molecular, cellular and biological systems, low and high dose impact, historical development of radiopharmaceuticals, radioisotope production, the risks that may arise in radiopharmaceutical production facilities and how to deal with these hazards after the topics of the training of the personnel working in the facilities, health checks, infrastructure and technical features of the plant and equipment, technical specifications of production, documentation structure, quality control standards, storage and logistics accurate analysis in the practical comparison of Matrix L- Type and Fine - Kinney methods of assessment for identifying, assessing and taking precautions according to priorities, The solution proposal for determining the recek method has been researched.

**Keywords:** Radiation, Risk, Fine- Kinney, Matrix L- Type 5 \* 5, Radiopharmaceutical, Radioactive, Radionuclide,

## 9. KAYNAKLAR

1. Togay Y.E., Radyasyon ve Biz, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara, 2002.
2. Code of Practise for the Protection of Persons Against Ionizing Radiations Arising from Medical and Dental Use. (6.ed.). Her Majesty's Stationery Office. London 1984, s: 49.
3. Seyrek E., Radyoizotopların Üretimi Ve Radyoterapide Kullanılması, Gazi Üni., Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 2007.
4. Görpe A., Cantez S., Pratik Nükleer Tıp, İstanbul Tıp Fakültesi Vakfı Yayınları, 1992
5. TEC-DOC 1113, Safety Assessment Plans and Inspection of Radiation Sources, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1999.
6. Safety Series No: 115, International Atomic Energy Agency. Vienna. 1996. s. 297
7. Technical Reports Series No: 194. International Atomic Energy Agency. Vienna. 1979.
8. Bilge A.N., Sanayide Kullanılan Radyasyon Teknikleri ve Radyasyondan Korunma, İ.T.Ü., Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul, 1988. s.21-23
9. İrfan URGANCIOĞLU, Cemil KARADENİZ, Atif ŞENGÜN, Radyoizotopların Biyolojide Ve Tıpta Kullanılması, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1976

10. Urgancıoğlu İ., Nükleer Tıp El Kitabı, II. Baskı, Saffet Matbaası, İstanbul, 1992,
11. Demir M. Nükleer Tıp Açısından Radyasyondan Korunma, Nükleer Tıp Fiziği, İstanbul, 2000,99-155
12. Heller L.Sherman Radiation Safety in the Central Radiopharmacy. Seminars in Nucl. Med. 2, 107-118, 1996.
13. [http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/part020-12018 .html/10CFR20.1208](http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/part020-12018.html/10CFR20.1208) Dose equivalent to an embryo/fetus. 07.01.2018
14. Özkırh M., Bor D., Meriç N., Būđet N., Bayhan H., Doz Kalibratörlerinin Performans Özelliklerinin Karşılaştırılması, Tur.J.of Nuc.Med., 4, 143-153, 1995.
15. [http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/part020-1201 .html/10CFR20.1201](http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/part020-1201.html/10CFR20.1201) Occupational dose limits for adults, 07.01.2018
16. Saha G.P., Nuclear Pharmacy, Ch:9, Fundamentals in Nuclear Pharmacy, Newyork-Berlin-Heidelberg-London-Paris-Tokyo-HongKong-Barcelona-Budapest, Springer-Verlag, 1992
17. Kuş K. Radyasyonun Biyolojik Etkileri. Lisans. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi; 2012
18. Drug Information for the Health Care Professional, USP/DI 19. Edition, 1999, s. 2632
19. Radioharmacy, Preparation and Control of Radiopharmaceuticals in Hospitals, Nordic Guidelines NLN Publication No:26, Uppsala, 1989.

20. Ruhlmann J, Oehr P, Biersack H.J. PET in Oncology, Basics and Clinical Application, Springer- Verlag-Berlin-Heidelberg-New York, 1999, s. 38,39,63-65.
21. Radiopharmacy Audit, [www.ukrg.org/rpaudit](http://www.ukrg.org/rpaudit), 12.02.2018.
22. Bozkurt A. Temel Bilgi Teknolojileri Ders Kitabı, Harran Üni. Yayınları No:2, Editör, 2003.
23. Bodur N, Yıldız H, Ergün A, Bostan N, Aksit M, Ayyıldız H, Saygı N., Göçer B, Mo-99-Tc-99m Generator and Radiopharmaceutical Productions at Çekmece Nuclear Research and Training Center, [www.taek.gov.tr/taek/tudnaem/yayimler](http://www.taek.gov.tr/taek/tudnaem/yayimler)
24. Herman C. Introduction to Health Physics. United States: Pergoman Press; 1983
25. Wagner L.K, Lester R.G. Saldana L.R., “Exposure of the Pregnant Patient to Diagnostic Radiations”, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 1997
26. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği. Resmi Gazete. Sayı 23999. 24/03/2018.
27. <http://www.taek.gov.tr/ogrenci/r08.htm>, 08.03.2018
28. [http://www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum1\\_02.html](http://www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum1_02.html), 08.03.2018
29. Atak İ. E. Türkiye’de Radyofarmasi Laboratuvarlarının Mevcut Durumu, İyi Radyofarmasi Uygulamaları’na (GRP) Ve Kalite Yönetim Sistemlerine Uygunlukları, Yüksek Lisans Tezi, H. Ü. Sağlık Bil. Ens., Ankara, 2004.

30. Abuhanoğlu G, Özer A.Y., Türkiyede Endüstriyel Radyofarmasötik Kit Üretimine İlk Adım II-İn Vivo Kalite Kontrolleri Üzerinde Çalışmalar, H.Ü. Ecz. Fak. Dergisi. 2, 63-82, 2001
31. Özer A.Y., Radyofarmasötiklerde Yapılan Kalite Kontrolleri, Güncel Eczacılık (GE), 63, 18-9, 1998.
32. Smpson C. B., Design of Hospital Radiopharmacy Laboratories Ch: 14, Textbook of Radiopharmacy- Theory and Practice, 3rd ed., NewYork-Philadelphia- London-Paris-Montreux-Tokyo-Malboume, Gordon and Breach Science Publishers, 1999
33. Özer A.Y., Radyofarmasi, Güncel Eczacılık (GE), 10, 28-30, 1994.
34. Erdoğan S., Özer A.Y. İyi Radyofarmasi Uygulamaları. Güncel Eczacılık (GE), 59, 24-8, 1998.
35. Sağlık Bakanlığı, Beşeri Tıbbi Ürünler İmalathaneleri İyi İmalat Uygulamaları (GMP) Kılavuzu, Versiyon: 2017/01, Yürürlük Tarihi: 01/10/2017
36. Sağlık Bakanlığı, 'İspençiyari ve Tıbbi Müstahzar İmalathaneleri Yönetmeliği, Ek 2 : Farmasötik Ürünlerin İyi İmalat Uygulamaları İlişkin Kılavuz (İİU), 01.11.1984
37. Ülenen.E., Kemik, Böbrek, Karaciğer ve Kalp Görüntülemede Kullanılan Radyofarmasötik Kitler Üzerinde Yapılan Kalite Kontroller, Bilim Uzmanlığı Tezi, H.Ü. Sağlık Bil.Ens., Ankara, 1998.
38. Abuhanoğlu G., Özer AY. İyi Radyofarmasi Uygulamaları Dokümantasyon. GE, 62, 16-8, 1998
39. Dündar Ç., Yeni Radyofarmasötiklerin Hazırlanması ve Kalite Kontrolleri,

Bilim Uzmanlığı Tezi, İzmir, 1998.

40. Sağlık Bakanlığı, Beşeri Tıbbi Ürünler İmalathaneleri İyi İmalat Uygulamaları (GMP) Kılavuzu, Versiyon: 2017/01, Yürürlük Tarihi: 01/10/2017
41. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Resmi Gazete. Sayı 28339. 30/06/2012
42. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği. Resmi Gazete. Sayı. 29/12/2012
43. Kinney, G. F., Practical Risk Analysis for Safety Management, U.S. Naval Postgraduate School and Wiruth A. D. Safety and Security Department, June 1976
44. Eczacıbaşı Monrol, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Prosedürü, Kocaeli, 2015
45. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGGM), Meslek Hastalıkları, Basım Tarihi: Kasım 2011, Ankara
46. Özkılıç Ö., İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Ankara, Tisk Yayıncılık, 2005,
47. Risk Med Akademi, Yeni Mevzuat Işığında İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Bilgileri, 6. Baskı, Ankara, İlgi Matbacılık, 2017
48. Okumuş D. Gemi İnşaat Setöründe 5 x5 Analiz Matrisi ve Fine – Kinney Yöntemlerin Uygulamalı Bir Karşılaştırması. GMO Journal Of Ship And Marine Technology. 2016;204-205: 95-106



## 10. EKLER

EK 1: Fine – Kinney Risk Değerlendirme Analizi

EK 2: Matris L- Tipi 5\*5 Risk Değerlendirme Analiz

EK 3: Fine- Kinney ve Matris L- Tipi 5\*5 Yöntemlerin Karşılaştırması



## EK 1 : FİNE – KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ANALİZİ

FİNE - KİNNEY RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI											
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RISK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RISK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z	S										
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5					
1	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Siklotron cihazının çalışması sırasında oluşabilecek dış ışınlamaya bağlı yüksek radyasyon tehlikesi.	Radyasyon yaralanması ve radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkide artış.	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yön.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kapı interlockları.</li> <li>Acil Durdurma Butonu</li> <li>Siklotron operatör odasına kartlı giriş sistemi</li> <li>20 uSv doz hızının üstünde kapının açılmasını engelleyen güvenlik sistemi</li> </ul>	0,5	15	1	7,5									
2	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI		X	Siklotron cihazının çalışmasından hemen sonra siklotrona müdahale edilmesi ile oluşacak dış ışınlamaya bağlı radyasyon tehlikesi.	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yön.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operatörlerin radyasyon güvenliği eğitimi almış olması</li> <li>Elektronik dozimetre kullanımı</li> <li>Koruyucu gözlük kullanımı</li> <li>Alan monitörleri ile takip</li> <li>Nötron dedektörü</li> </ul>	0,5	15	1	7,5									
3	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Siklotron cihazı ile yapılan çalışmalar sırasında kişinin radyoaktif madde ile kontamine olması.	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yön.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Siklotron ilgili çalışmalar sırasında önlük, eldiven ve gözlük kullanılması</li> <li>Elektronik dozimetre ve TLD kullanılması</li> <li>Kontaminasyonu belirlemek amacı ile Survey Meter cihaz kullanılması</li> <li>Dekontaminasyon duş ve lavabosunun bulunması</li> </ul>	0,5	15	1	7,5									
4	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Elektrik tehlikesi. Siklotron cihazı ile yapılan işlemler sırasında kişilerin elektrik akımına maruz kalması.	Elektrik Çarpması sonucu yaralanma ve ölüm.	Siklotron operatörleri		<ul style="list-style-type: none"> <li>Kaçak akım rölesi</li> <li>Yıllık topraklama kontrolleri.</li> </ul>	0,5	15	1	7,5									

FINE - KINNEY RISK ANALİZİ														FAALİYET PLANI													
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ					
										O	Z	S	1	2	3	4	5										
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK															
5	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI		X	Seyyar el aletlerinin kullanımı	Yaralanma	Siklotron operatörleri		• Korumacı gözlük kullanımı.	0,5	15	1	7,5														
6	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Operatör Odasında Gürültü (75 dB)	Kulakta rahatsızlık	Siklotron operatörleri			0,5	15	1	7,5														
7	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI		X	İstenmeyen insan davranışları (Dikkatsizlik yorgunluk)	Yaralanma	Siklotron operatörleri			0,5	15	1	7,5														
8	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Aktif sentez hücresinin hazırlanması sırasında oluşabilecek dış ışınlamaya bağlı yüksek radyasyon tehlikesi.	Radyasyonun insan üzerindeki Stokastik etkisinde artış	Üretim personeli		• FDG Üretim elemanlarının radyasyon güvenliği eğitimi almış olması • Elektronik dozimetre ve TLD kullanımı	0,5	15	1	7,5														
9	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Sentez hücresinin hazırlanması ya da diğer sebeplerle müdahale edilmesi esnasında oluşabilecek radyoaktif kontaminasyon tehlikesi	Radyasyonun insan üzerindeki Stokastik etkisinde artış	Üretim personeli		• FDG Üretim elemanlarının radyasyon güvenliği eğitimi almış olması • personelin eldiven tulum bone ve maske kullanması. • Radyoaktif kontaminasyon durumunda uygun dekontaminasyon lavabosunun ve duşunun bulunması. • Elektronik dozimetre ve TLD kullanımı	0,5	15	1	7,5														

FINE - KİNNEY RİSK ANALİZİ										FAALİYET PLANI																	
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ					
										O	Z	S															
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5										
10	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Uzun süreli radyasyon alanında çalışmaya bağlı olarak oluşacak radyasyon tehlikesi.	Radyasyon alanında çalışan personelin yıllık doz değerlerinde artışa bağlı olarak radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Üretim personeli		• FDG Üretim elemanlarının radyasyon güvenliği eğitimi almış olması • Çalışanın maruz kaldığı radyasyon dozunun elektronik dozimetre ve TLD ile takip edilmesi.	0,5	15	1	7,5														
11	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ		X	Genel radyasyon tehlikesi.	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Ziyaretçiler		• Ziyaretçilerin üretim alanlarını ziyareti sırasında maruz kalacakları radyasyon dozlarının belirlenmesi ve önlem alınması için her bir ziyaretçiye elektronik kişisel dozimetre temin edilmesi	0,5	15	1	7,5														
12	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ		X	Genel Radyasyon Tehlikesi -	Stokastik etkide artış	Diğer çalışanlar		• Kontrollü radyasyon alanlarına girişlerin kartlı sistem ile kontrol edilmesi.	0,5	15	1	7,5														
13	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Ekranlı araçlarla çalışma (Bilgisayar)	Ergonomik rahatsızlıklar (Bel , boyun sırt ağrısı)	Üretim personeli		• Uygun koltuk, masa ve bilgisayar donanımının kullanılması	0,5	15	1	7,5														
14	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		İstenmeyen insan davranışları (Dikkatsizlik yorgunluk)	Yaralanma, iş kazası	Üretim personeli		-	0,5	15	1	7,5														



FINE - KINNEY RISK ANALİZİ											FAALİYET PLANI											
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RISK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RISK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z	S										
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5					
19	OPERASYON ALANI	KİMYASAL DEPO - KARGO BÖLÜMÜ	X		Genel radyasyon tehlikesi	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış.	Depo personeli		<ul style="list-style-type: none"> <li>TLD kullanımı</li> <li>Eldiven kullanımı</li> <li>Temel ve paketlemeyle ilgili radyasyon güvenliği eğitimleri</li> <li>Kabul edilen domuzların radyasyon detektörü ile kontrollerinin yapılması</li> </ul>	0,5	15	1	7,5									
20	OPERASYON ALANI	KİMYASAL DEPO -KARGO BÖLÜMÜ ( GERİ DÖNÜŞÜM DEPO)	X		Genel radyasyon tehlikesi	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış.	Depo personeli		Geride dönen domuzların mesai saatleri dışında yetkili bir kişi tarafından teslim alınıp kayda geçirilmesi.	0,5	15	1	7,5									
21	OPERASYON ALANI	LOJİSTİK	X		Radyasyon tehlikesi (Paketlerden dış ışınlamaya bağlı olarak )	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış.			<ul style="list-style-type: none"> <li>Sevkiyat elemanlarının TLD doz hız ölçer cihaz ve acil durum planına sahip olmaları.</li> <li>Araçların zırhlı olması</li> <li>Tüm FDG paketlerinin dış konteyneri ile beraber sevk edilmesi, bunun için konteyner temin edilmesi</li> </ul>	0,5	15	1	7,5									
22	OPERASYON ALANI	LOJİSTİK	X		Radyoaktif kontaminasyon	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış			Sevkiyat elemanlarının paket teslimi sırasında eldiven kullanması bu amaçla SE odasında yeterli sayıda eldiven bulundurulması.	0,5	15	1	7,5									

FİNE - KİNNEY RİSK ANALİZİ										FAALİYET PLANI													
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ	
										O	Z	S	1	2	3	4	5						
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK											
23	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL LABORATUVAR	x		Kurşun göğüs zırhı arkası çalışmaları düzenlenmeli, ağırlık vücut ve sırta veriliyor	Sırt , kol ve bacak ağrıları	Kalite Kontrol personeli		Personel dönüşümlü olarak çalışıyor. Çalışma saatleri düzenlemesi yapılıyor.	3	3	6		54					Personelin çalışma koşulları izlenerek , ergonomik önlemler alınması	2011/OF- 016	KK-RG- İŞYERİ HEKİMİ		TAMAMLANDI
24	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ÇALIŞMA ALANI OPERATÖR ODASI-SIKLOTRON ALANI		x	Bakım işlemleri sırasında radyasyona maruziyet ve elektrik çarpma tehlikesi değerlendirilmeli	Radyasyona maruziyet , Elektirik çarpma tehlikesi	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Bu alanda çalışan personel özel eğitim alıyor. Özel proses kapsamında bir iş yaptığı için , personel donanımına çok önem veriliyor.	1	15	3		45				Personel eğitimi yıllık eğitim kapsamında tekrarlanacak	2011/OF- 49	TM- MUH		TAMAMLANDI	

FİNE - KINNEY RISK ANALİZİ														FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RISK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RISK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ	
										O	Z	S	1	2	3	4	5						
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK											
25	OPERASYON ALANI	RADYOAKTİF ATIK ALANI	X		Kimyasal malzeme atıkları, tıbbi atıklar ve radyoaktif atıklar aynı alanda bekletiliyor . Alan büyüklüğü ayırım için yeterli değil.	Kimyasal dökülmesi radyoaktif atıklar için kontaminasyon riski.	RSG Personeli	Radyoaktif Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli atıkların kontrolü Yönetmeliği, Tıbbi atıkların Kontrolü yönetmeliği	Alan içinde mümkün olduğunca uzak mesafeli ayırım. Tıbbi atıkların düzenli olarak lisanslı firmaya verilmesi	3	7	6			126				Radyoaktif atıklarla diğer atıklar ayrılacak Aynı bir alanda muhafazası için çözüm bulunacak	2012/DF-419	RG-KG-İŞLETME		TAMAMLANDI. OF KAPATILACAK.
26	OPERASYON ALANI	KK LAB. ÇALIŞMASI	X		Radyofarmasötik satbilite çalışmalarının yapıldığı iklim dolabının yan yüzeyinde kurşun zırhlama yok	Radyasyona maruziyet	KK Personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Alanda dozimetre var. Personel dozimetreleri ile takip ediliyor. Sürekli çalışma yok	3	15	2			90				Bu alanın kenarına kurşun zırhlama yapılması	2011/DF-421	RG-KK	#####	TAMAMLANDI
27	OPERASYON ALANI	KK LAB. ÇALIŞMASI	X		Radyoaktif referans kaynakların bulunduğu özel bir kap yok. Dolap içinde duruyor	Radyasyon tehlikesi	KK Personeli		Aktivite değerleri çok düşük. Ortam radyasyon dozu ve kişilerin çalışma dozları dozimetrelerle takip ediliyor.	1	7	6			42				Bu alana spesifik doz değerleri tespit edilerek , ona göre iyileştirme yapılması		RG		



FINE - KİNNEY RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI														
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ			
										O	Z	S	1	2	3	4	5								
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK													
28	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (RADYASYONLU ÜRETİM ALANLARI)	X		Kişilerin uzun süre radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	PET-SPECT Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- Kaynağında Koruma : Üretim kurşun zırhlı hücreler içerisinde , iraksak maşalarla yapılması ve radyoaktif maddeyle doğrudan temasın olmaması 2- Alan monitörleri , personel TL Dozimetreleri , elektronik dozimetrelerle radyasyon doz takibi yapılması 3- Üretim çalışanlarının haftalık tiroid kontrolleri yapılıyor. 4- Personelin periyodik sağlık kontrolleri düzenli yapılıyor.	1	15	2		30							İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK. Personelin aldığı doz değerleri sürekli takip edilerek , gerekirse üretime girme sıklığı azaltılmalı veya üretim çalışanı sayısı artırılmalı.				
29	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (hammadde ile temas)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET-SPECT Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Hammadde B tipi paket içerisinde geliyor. Bu paket yüksek güvenlik özelliğine sahip , insan gücüyle açılması çok zor. Özel bir teknik donanımla ayrı bir hücre içinde açılıyor ve üretim hücresine el değmeden veriliyor, paketin açılma işlemi kurşun hücre içinde ve personelin temasının olmayacağı bir şekilde yapılıyor. Personel doz takibi sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılıyor. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	0,2	15	0,5	1,5												

FINE - KINNEY RİSK ANALİZİ													FAALİYET PLANI												
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ			
										O	Z	S													
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5								
30	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Üretim hücrelerine manuel müdahale)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET-SPECT Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Personel doz takipleri sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılır. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	0,5	15	1	7,5												
31	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Switch box 'a manuel müdahale)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Personel doz takipleri sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılır. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	0,5	15	1	7,5								İYİLEŞTİRME : İlgili personelle görüşülecek.				
32	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Yeteri kadar beklemeden siklotrona manuel müdahale)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET üretim çalışanları, Mühendislik Bakım Çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Personel doz takipleri sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılır. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	3	3	2	18								İYİLEŞTİRME : Radyasyonlu alanlarda çalışma kuralları ile ilgili talimat kapsamında , tüm bu senaryolar ele alınarak eklenecek. Konu 2012 yılı FDG çalıştayında görüşülecek.				

FİNE - KİNNEY RISK ANALİZİ														FAALİYET PLANI										
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Maizeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RISK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RISK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ		
										O	Z	S	1	2	3	4	5							
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK												
33	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI		X	Yangın, deprem ve doğal afetlerle birlikte oluşan kaza	Radyasyon etkisi / Çevresel zarar	Tüm çalışanlar ve yakın çevre	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Radyasyon tehlike durum planında (TLM.RG.GBZ.001) , böyle durumlarda nasıl davranılacağı tanımlanmış ve eğitimleri veriliyor. TLM.RG.GBZ.005 nolu Acil Durum Talimatında neler yapılması gerektiği tanımlanmış ve eğitimleri veriliyor. Acil durum tatbikatları yapılıyor. Patlama tehlikesi bulunan tüplerle ilgili kontroller periyodik olarak yapılıyor.	0,5	7	0,5	1,75											
34	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (KK ALANLARI)	X		Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	Kalite Kontrol Personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1. Radyoaktif maddelerle çalışmalar , çeker ocak içinde kurşun göğüs zırhı arkasında yapılıyor. 2. Alan monitörü var. 3. Personel doz takipleri TL dozimetre, yüzük dozimetre ile yapılıyor. 4. Tiroit ölçümleri haftalık olarak yapılıyor. 5. Personel sağlık kontrolleri düzenli yapılıyor. TLM.RG.MON.004 de sağlık kontrolü periyotları tanımlı.	1	7	2	14							İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK: KK personelinin aldığı dozların da gerektiğinde elektronik dozimetre ile takibi yapılacak. Alanda iyileştirme yapılacak.				

FINE - KİNNEY RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI													
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ		
										O	Z	S	1	2	3	4	5							
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5							
35	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (LOJİSTİK VE SEVKİYAT PERSONELİ)	X		Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	Lojistik ve sevkiyat personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- TL dozimetreleri var. 2- Lojistik personelinde elketronik dozimetre var. 3- Araçlarda doz hızı ölçer var. 4- Araçlarda kurşun zırhlama var. 5. Bu alanda yapılan çalışmalarla ilgili TLM.RG.MON.002 nolu talimat var. 6- Tiroit ölçümleri aylık olarak yapılıyor.	1	15	2		30						İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK. Paketlemede bulunan lojistik personelin değişim sıklığı gözden geçirilmeli, tiroit ölçüm periyodu sıklaştırılmalı.				
36	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (RADYASYON VE İŞ SAĞLIĞI)	X		Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	Radyasyon-İş Sağlığı Güvenliği Çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- TL dozimetreleri var. 2- Radyasyonlu alanlarda çalışma yapılırken doz hızı ölçer bulunduruluyor. 3. Tiroit ölçümleri düzenli olarak yapılıyor.	1	15	2		30						İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK: RG personelinin aldığı dozlarında elektronik dozimetre ile takibi yapılabilir.				

FINE - KINNEY RISK ANALİZİ										FAALİYET PLANI														
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ		
										O	Z	S	1	2	3	4	5							
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK												
36	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (RADYASYON VE İŞ SAĞLIĞI)	X		Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	Radyasyon-İş Sağlığı Güvenliği Çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- TL dozimetreleri var. 2- Radyasyonlu alanlarda çalışma yapılırken doz hızı ölçer bulunduruluyor. 3. Tiroid ölçümleri düzenli olarak yapılıyor.	1	15	2		30						İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK: RG personelinin aldığı dozlarında elektronik dozimetre ile takibi yapılabilir.				
37	OFİSLER	ÖZEL DURUMU OLAN PERSONEL (HAMİLE ÇALIŞANLAR)		X	Kişilerin radyasyona maruz kalma tehlikesi	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde verilen yıllık 1 mSv doz sınırının aşılması	Hamile radyasyon çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- PET -SPECT üretim personeli içerisinde bayan çalışan yok. 2- Radyasyonlu alanlarda çalışan bayan personelin hamilelik durumunda çalışma şartları düzenleniyor, radyasyonlu alanlarda çalıştırılmıyor, ofis alanlarında çalışması sağlanıyor.	3	7	1		21										

FINE - KINNEY RISK ANALİZİ										FAALİYET PLANI														
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RISK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RISK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERİMİN	SONUÇ		
										O	Z	S	1	2	3	4	5							
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK												
38	OFİSLER	ÖZEL DURUMU OLAN PERSONEL (EMZİREN ÇALIŞANLAR)		X	Radyoaktif madde ile bulaşma (kontaminasyon) tehlikesi	Kontaminasyonun bebeğe ulaşması	Bebek	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- PET -SPECT üretim personeli içerisinde bayan çalışan yok. 2- Kalite Kontrol de çalışan bayan personelin emzirme dönemlerinde çalışma şartları düzenlenir.	3	7	1	21							İYİLEŞTİRME :1- Kalite Kontrol laboratuvarı ortam radyasyonunu azaltıcı önlemler alınacak. 2- Kirliliği hava atış ekipmanlarının otomasyonları gerçekleştirilecek.				
39	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI TATBİKATI		X	Radyoaktif kontaminasyon	Radyasyona maruziyet	Tatbikata katılan personel	İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü	Tatbikat öncesi personele eğitim veriliyor. Tatbikat sırasında yapılması gerekenler ve senaryolar konusunda yazılı doküman var ( TLM.RG.GBZ.001)	1	3	2	6											

FİNE - KİNNEY RİSK ANALİZİ														FAALİYET PLANI											
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ			
										O	Z	S	1	2	3	4	5								
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK													
40	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI YAŞANMASI (Siklotron atıklarının kontrolsüz şekilde alan		X	Radyasyonun çevreye yayılması	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	Kazayı yaşayanlar	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- Aktif siklotron atıklarının bulunduğu kaplar kurşun kaplı 2- Alana girişler kontrollü , giren personel tanımlı. 3- Alanı kullanan personele iş başı eğitimlerinde gerekli bilgilendirme yapılıyor. 4- Alanda çalışna personelin TL ve elektronik dozimetreleri var. 5- Alanda alan monitörü var ve takip ediliyor.	0,5	15	0,5	3,75								İYİLEŞTİRME : Siklotron kullanımından oluşan atıkların tanımlaması yapılarak bir talimatla dökümanite edilmeli.				
41	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI YAŞANMASI (Siklotron delivery hattının patlayarak , aktiviteinin kontrolsüz şekilde		X	F18 radyasyonuna noktasal olarak maruziyet	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	Kazayı yaşayanlar	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- Sistemin kurulumu , tamamen profesyonel bir ekip tarafından ve gerekli tüm mühendislik önlemleri alınarak yapılıyor. 2- kurulum aşamasında kullanılan malzemeler spesifikasyonlara uygun olarak seçiliyor .3- Tüm tesiste personelin bulunduğu alanlarda alan monitörleri ile takip sistemi var. 4- Sistem bakımı kapsamında hatların düzenli olarak dağışımı gerçekleştiriliyor. Bu dağışım periyodu siklotron verimleri takip edilerek belirleniyor.	0,5	15	0,5	3,75								İYİLEŞTİRME : Delivery hattının dağışım koşullarını anlatan bir talimat oluşturulabilir.				

FINE - KINNEY RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI												
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ	
										O	Z	S	1	2	3	4	5						
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK											
42	DEPOLAR	GERİ DÖNÜŞÜM DEPO	X		Alana , sevk için bekleyen jeneratörler konması nedeniyle , radyasyon dozu yükseliyor.	Radyasyona maruziyet	Geri Dönüşüm depoda çalışan personel/		Alandaki çalışmalar radyasyon dozunun düşük olacağı günlere göre ayarlanıyor.	1	15	3	45						Sevkiyat için bekleyen jeneratörler için ayrı bir alan veya geri dönüşüm depo içinde özel bir alan yapılması	2012/DF-074	RG -TZ		DEVAM EDİYOR
43	OPERASYON ALANI	REF: 12/TH.GBZ.002	X		FDG ve jeneratör numunelerinin üretim alanından kalite kontrol laboratuvarına taşınması esnasında personelin maruz kaldığı aktivitenin tehlike arz etmesi ( Talyum 201, lyot 131 de bu kapsamda düşünüldü)	Radyasyon tehlikesi	Kalite Kontrol/ üretim Personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Taşımalar sırasında araba kullanılıyor (banko kısımları hariç). Taşıma sırasında eldiven kullanılıyor.	3	3	6	54					1-AL1 alanına kalite kontrol numuneleri için radyasyon güvenliği açısından uygun bir dolap yapılması ( taşıma işi azalacak) 2-Taşıma işinin kalite kontrol personeli tarafından günlük olarak yapılması sağlanacak.	2012/OF-002	KK-RG-TM			
44	OPERASYON ALANI	REF: 12/TH.GBZ.002	X		FDG ve jeneratör numunelerinin üretim alanından kalite kontrol laboratuvarına taşınması esnasında personelin taşıdığı ağırlığın tehlike arz etmesiapsamda düşünüldü)	EI , kol , bel rahatsızlıkları	Kalite Kontrol/ üretim Personeli	Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği	Taşımalar sırasında mümkün olduğunca araba kullanılıyor. Taşıma sırasında eldiven kullanılıyor.	3	3	6	54										



FİNE - KİNNEY RISK ANALİZİ										FAALİYET PLANI														
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RISK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RISK DERECELENDİRİLMESİ					FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ		
										O	Z	S	1	2	3	4	5							
										OLASILIK	ZARAR	SIKLIK												
45	OPERASYON ALANI	Yeni yapılan FDG üretim atamı kontrolü		x	Üretim işlemleri sırasında radyasyona maruziyet	Radyasyona maruziyet	Üretim personeli		1- Personel RSG eğitimleri almış. 2- Personel alanıyla ilgili teknik eğitimler almış ve tecrübeli.	1	3	6	18							İYİLEŞTİRME :Paketleme ve üretim alanı girişlerindeki radyasyonlu alan tanımlama etiketleri kontrol edilmeli ve eksikler tamamlanmalı. DEKONTAMINASYON KİTİ eksik. TAMAMLANMALI.				TAMAMLANDI
46	OPERASYON ALANI	iyot 2 hücrelerinde iyot domuzlarının vial konulması sonrası üst kapakları kapatırken personelin	x		Personelin domuz kapağını kapatırken oluşacak radyasyon tehlikesi.	Radyasyona maruziyet.	Spect Üretim Personeli		1- Domuz kapağını domuz hizalamaya yarayan kürek aparatının altına zırhlama yapılacaktır. 2- Kürek aparatının üstüne yay ve menteşe mekanizmalı ikincil zırhlama kapağı yapılacaktır. 3- Kapsül domuzları için yeni bir kürek aparatının tasarlanması.	10	1	3	30						1- Mevcut solüsyon kürek aparatının zırhlaması. 2- Benzer şekilde kapsül domuzları için de kürek tasarımı yapılması.		1- Akın Eren			

## EK 2 : MATRİS 5\*5 RİSK DEĞERLENDİRME ANALİZİ

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ										FAALİYET PLANI										
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRIX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
1	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Siklotron cihazının çalışması sırasında oluşabilecek dış ışınlamaya bağlı yüksek radyasyon tehlikesi.	Radyasyon yaralanması ve radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkide artış.	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapı interlockları.</li> <li>• Acil Durdurma Butonu</li> <li>• Siklotron operatör odasına kartlı giriş sistemi</li> <li>• 20 uSv doz hızının üstünde kapının açılmasını engelleyen güvenlik sistemi</li> </ul>	2	4									
2	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI		X	Siklotron cihazının çalışmasından hemen sonra siklotrona müdahale edilmesi ile oluşacak dış ışınlamaya bağlı radyasyon tehlikesi.	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operatörlerin radyasyon güvenliği eğitimi almış olması</li> <li>• Elektronik dozimetre kullanımı</li> <li>• Korumacı gözlük kullanımı</li> <li>- Alan monitörleri ile takip</li> <li>- Nötron dedektörü</li> </ul>	2	4									
3	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Siklotron cihazı ile yapılan çalışmalar sırasında kişinin radyoaktif madde ile kontamine olması.	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siklotron ilgili çalışmalar sırasında önlük, eldiven ve gözlük kullanılması</li> <li>• Elektronik dozimetre ve TLD kullanılması</li> <li>• Kontaminasyonu belirlemek amacı ile Survey Meter cihaz kullanılması</li> <li>• Dekontaminasyon duş ve lavabosunun bulunması</li> </ul>	2	4									

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z	1	2	3	4					
										OLASILIK	ZARAR									
4	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Elektrik tehlikesi. Siklotron cihazı ile yapılan işlemler sırasında kişilerin elektrik akımına maruz kalması.	Elektrik Çarpması sonucu yaralanma ve ölüm.	Siklotron operatörleri		• Kaçak akım rölesi • Yıllık topraklama kontrolleri.	2	4		8							
5	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI		X	Seyyar el aletlerinin kullanımı	Yaralanma	Siklotron operatörleri		• Koruyucu gözlük kullanımı.	2	4		8							
6	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI	X		Operatör Odasında Gürültü (75 dB)	Kulakta rahatsızlık	Siklotron operatörleri		-	2	4		8							
7	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ODASI		X	İstenmeyen insan davranışları (Dikkatsizlik yorgunluk)	Yaralanma	Siklotron operatörleri		-	2	4		8							
8	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Aktif sentez hücresinin hazırlanması sırasında oluşabilecek dış ışınlamaya bağlı yüksek radyasyon tehlikesi.	Radyasyonun insan üzerindeki Stokastik etkisinde artış	Üretim personeli		• FDG Üretim elemanlarının radyasyon güvenliği eğitimi almış olması • Elektronik dozimetre ve TLD kullanımı	2	4		8							

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/DF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
9	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Sentez hücresinin hazırlanması ya da diğer sebeplerle müdahale edilmesi esnasında oluşabilecek radyoaktif kontaminasyon tehlikesi	Radyasyonun insan üzerindeki Stokastik etkisinde artış	Üretim personeli		<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDG Üretim elemanlarının radyasyon güvenliği eğitimi almış olması</li> <li>• personelin eldiven tulum bone ve maske kullanması.</li> <li>• Radyoaktif kontaminasyon durumunda uygun dekontaminasyon lavabosunun ve duşunun bulunması.</li> <li>• Elektronik dozimetre ve TLD kullanımı</li> </ul>	2	4									
10	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Uzun süreli radyasyon alanında çalışmaya bağlı olarak oluşacak radyasyon tehlikesi.	Radyasyon alanında çalışan personelin yıllık doz değerlerinde artışa bağlı olarak radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Üretim personeli		<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDG Üretim elemanlarının radyasyon güvenliği eğitimi almış olması</li> <li>• Çalışanın maruz kaldığı radyasyon dozunun elektronik dozimetre ve TLD ile takip edilmesi.</li> </ul>	2	4									
11	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ		X	Genel radyasyon tehlikesi.	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Ziyaretçiler		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziyaretçilerin üretim alanlarını ziyareti sırasında maruz kalacakları radyasyon dozlarının belirlenmesi ve önlem alınması için her bir ziyaretçiye elektronik kişisel dozimetre temin edilmesi</li> </ul>	2	4									

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Matzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRIX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
12	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ		X	Genel Radyasyon Tehlikesi -	Stokastik etkide artış	Diğer çalışanlar		• Kontrollü radyasyon alanlarına girişlerin kartlı sistem ile kontrol edilmesi.	2	4		8							
13	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Ekranlı araçlarla çalışma (Bilgisayar)	Ergonomik rahatsızlıklar (Bel , boyun sırt ağrısı)	Üretim personeli		• Uygun koltuk, masa ve bilgisayar donanımının kullanılması	2	4		8							
14	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		İstenmeyen insan davranışları (Dikkatsizlik yorgunluk)	Yaralanma, iş kazası	Üretim personeli	-		2	4		8							
15	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Ağır cisimlerin taşınması	Ayak yaralanması, el -kol rahatsızlıkları	Üretim personeli	-		2	4		8							
16	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL	X		Kalite kontrol çalışmalarını esnasında oluşabilecek radyoaktif kontaminasyon -	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Kalite Kontrol Personeli		• Kalite kontrol çalışmalarını yapan personelin eldiven ve gözlük kullanması. • Radyoaktif kontaminasyon durumunda kullanılmak üzere uygun dekontaminasyon lavabosunun ve duşunun bulunması. • Çalışanın maruz kalacağı radyasyon dozunun elektronik dozimetre ve TLD ile takip edilmesi	2	4		8							

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRIX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ
										O	Z	1	2	3	4					
										OLASILIK	ZARAR									
17	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL	X		Uzun süreli radyasyon alanında çalışmaya bağlı olarak oluşacak radyasyon tehlikesi.	Radyasyon alanında çalışan personelin yıllık doz değerlerinde artışa bağlı olarak radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış	Kalite Kontrol Personeli		<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalite kontrol elemanlarının radyasyon güvenliği eğitimi almış olması ve eğitimlerin belirli periyotlarla tekrarlanması</li> <li>Çalışanın maruz kaldığı radyasyon dozunun elektronik dozimetre ve TLD ile takip edilmesi.</li> </ul>	2	4		8							
18	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL	X		Genel radyasyon tehlikesi.	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış.	Ziyaretçiler		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ziyaretçilerin kalite kontrol laboratuvarlarını ziyareti sırasında maruz kalacakları radyasyon dozlarının belirlenmesi ve önlem alınması için her bir ziyaretçiye elektronik kişisel dozimetre temin edilmesi</li> </ul>	2	4		8							
19	OPERASYON ALANI	KİMYASAL DEPO - KARGO BÖLÜMÜ (GERİ DÖNÜŞÜM DEPO)	X		Genel radyasyon tehlikesi	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış.	Depo personeli		<ul style="list-style-type: none"> <li>TLD kullanımı</li> <li>Eldiven kullanımı</li> <li>Temel ve paketlemeyle ilgili radyasyon güvenliği eğitimleri</li> <li>-Kabul edilen domuzların radyasyon detektörü ile kontrollerinin yapılması</li> </ul>	2	4		8							
20	OPERASYON ALANI	KİMYASAL DEPO -KARGO BÖLÜMÜ (GERİ DÖNÜŞÜM DEPO)	X		Genel radyasyon tehlikesi	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış.	Depo personeli		Gerçek dönen domuzların mesai saatleri dışında yetkili bir kişi tarafından teslim alınıp kayda geçirilmesi.	2	4		8							

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı Tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z	1	2	3	4					
										OLASILIK	ZARAR									
21	OPERASYON ALANI	LOJİSTİK	X		Radyasyon tehlikesi (Paketlerden dış ışınlamaya bağlı olarak )	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış.			• Sevkiyat elemanlarının TLD doz hız ölçer cihaz ve acil durum planına sahip olmaları. • Araçların zırlı olması -Tüm FDG paketlerinin dış konteyneri ile beraber sevk edilmesi, bunun için konteyner temin edilmesi	2	4		8							
22	OPERASYON ALANI	LOJİSTİK	X		Radyoaktif kontaminasyon	Radyasyonun insan üzerindeki stokastik etkisinde artış			Sevkiyat elemanlarının paket teslimi sırasında eldiven kullanması bu amaçla SE odasında yeterli sayıda eldiven bulundurulması.	2	4		8							
23	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL LABORATUVAR	X		Kurşun göğüs zırhı arkası çalışmaları düzenlenmeli,ağırlık vücut ve sırta veriliyor	Sırt , kol ve bacak ağrıları	Kalite Kontrol personeli		Personel dönüşümlü olarak çalışıyor. Çalışma saatleri düzenlemesi yapılıyor.	4	2		8		Personelin çalışma koşulları izlenerek , ergonomik önlemler alınması		KK- RG- İŞYERİ HEKİMİ		TAMAMLANDI	
24	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ÇALIŞMA ALANI (OPERATÖR ODASI)-SİKLOTRON		X	Bakım işlemleri sırasında radyasyona maruziyet ve elektrik çarpma tehlikesi değerlendirilmesi	Radyasyona maruziyet , Elektrik çarpma tehlikesi	Siklotron operatörleri	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Bu alanda çalışan personel özel eğitim alıyor. Özel proses kapsamında bir iş yapıldığı için , personel donanımına çok önem veriliyor.	3	4		12		Personel eğitimleri yıllık eğitim kapsamında tekrarlanacak		TM- MUH		TAMAMLANDI	

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z	1	2	3	4					
										OLASILIK	ZARAR									
25	OPERASYON ALANI	RADYOAKTİF ATIK ALANI	X		Kimyasal malzeme atıkları, tıbbi atıklar ve radyoaktif atıklar aynı alanda bekletiliyor . Alan büyüklüğü ayırım için yeterli değil.	Kimyasal dökülmesi durumunda radyoaktif atıklar için kontaminasyon riski.	RSG Personeli	Radyoaktif Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli atıkların kontrolü Yönetmeliği, Tıbbi atıkların Kontrolü yönetmeliği	Alan içinde mümkün olduğunca uzak mesafeli ayırım. Tıbbi atıkların düzenli olarak lisanslı firmaya verilmesi	4	3			12		Radyoaktif atıklarla diğer atıklar ayrılacak Aynı bir alanda muhafazası için çözüm bulunacak		RG-KG-İŞLETME		TAMAMLANDI. OF KAPATILACAK.
26	OPERASYON ALANI	KK LAB. ÇALIŞMASI	X		Radyofarmasötik satbiite çalışmalarının yapıldığı iklim dolabının yan yüzeyinde kurşun zırhlama yok	Radyasyona maruziyet	KK Personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Alanda dozimetre var. Personel dozimetreleri ile takip ediliyor. Sürekli çalışma yok	4	4			16		Bu alanın kenarına kurşun zırhlama yapılması		RG-KK		TAMAMLANDI
27	OPERASYON ALANI	KK LAB. ÇALIŞMASI	X		Radyoaktif referans kaynakların bulunduğu özel bir kap yok. Dolap içinde duruyor	Radyasyon tehlikesi	KK Personeli		Aktivite değerleri çok düşük. Ortam radyasyon dozu ve kişilerin çalışma dozları dozimetrelerle takip ediliyor.	3	3			9		Bu alana spesifik doz değerleri tespit edilerek , ona göre iyileştirme yapılması		RG		



MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
28	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (RADYASYONLU ÜRETİM ALANLARI)	X		Kişilerin uzun süre radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	PET-SPECT Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- Kaynağında Koruma : Üretimin kurşun zırhlı hücreler içerisinde , iraksak maşalarla yapılması ve radyoaktif maddeyle doğrudan temasın olmaması 2- Alan monitörleri , personel TL Dozimetreleri , elektronik dozimetrelerle radyasyon doz takibi yapılması 3- Üretim çalışanlarının haftalık tiroid kontrolleri yapılıyor. 4- Personelin periyodik sağlık kontrolleri düzenli yapılıyor.	3	4			12						İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK. Personelin aldığı doz değerleri sürekli takip edilerek, gerekirse üretime girme sıklığı azaltılmalı veya üretim çalışanı sayısı artırılmalı.
29	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (hammadde ile temas)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET-SPECT Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Hammadde B tipi paket içerisinde geliyor. Bu paket yüksek güvenlik özelliğine sahip , insan gücüyle açılması çok zor. Özel bir teknik donanımla ayrı bir hücre içinde açılıyor ve üretim hücresine el değmeden veriliyor, paketin açılma işlemi kurşun hücre içinde ve personelin temasının olmayacağı bir şekilde yapılıyor. Personel doz takibi sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılıyor. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	1	4									

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
30	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyetine (Üretim hücrelerine manuel müdahale)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET-SPECT Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Personel doz takipleri sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılır. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	2	4		8							
31	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Switch box 'a manuel müdahale)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET Üretim çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Personel doz takipleri sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılır. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	2	4		8						İYİLEŞTİRME : İlgili personelle görüşülecek.	
32	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Yeteri kadar beklemeden siklotrona manuel müdahale)	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	PET üretim çalışanları, Mühendislik Bakım Çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Personel doz takipleri sürekli yapılıyor. İlgili yönetmelik gereği izin verilen dozun 1/10 u aşıldığında inceleme başlatılır. SOP. RG.MON.001 nolu prosedürde alanda çalışma güvenliği kuralları tanımlı ve eğitimi veriliyor.	4	2		8						İYİLEŞTİRME : Radyasyonlu alanlarda çalışma kuralları ile ilgili talimat kapsamında , tüm bu senaryolar ele alınarak eklenecek. Konu 2012 yılı FDG çalıştayında görüşülecek.	

MATRİS L- TİPİ 5*5 RISK ANALİZİ											FAALİYET PLANI											
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RISK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RISK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ		
										O	Z	1	2	3	4							
										OLASILIK	ZARAR											
33	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI		X	Yangın, deprem ve doğal afetlerle birlikte oluşan kaza	Radyasyon etkisi / Çevresel zarar	Tüm çalışanlar ve yakın çevre	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Radyasyon tehlike durum planında (TLM.RG.GBZ.001) , böyle durumlarda nasıl davranılacağı tanımlanmış ve eğitimleri veriliyor. TLM.RG.GBZ.005 nolu Acil Durum Talimatında neler yapılması gerektiği tanımlanmış ve eğitimleri veriliyor. Acil durum tatbikatları yapılıyor. Patlama tehlikesi bulunan tüplerle ilgili kontroller periyodik olarak yapılıyor.	2	3	6										
34	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (KK ALANLARI)	X		Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	Kalite Kontrol Personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1. Radyoaktif maddelerle çalışmalar , çeker ocak içinde kurşun göğüs zırhı arkasında yapılıyor. 2. Alan monitörü var. 3. Personel doz takipleri TL dozimetre, yüzük dozimetre ile yapılıyor. 4. Tiroit ölçümleri haftalık olarak yapılıyor. 5. Personel sağlık kontrolleri düzenli yapılıyor. TLM.RG.MON.004 de sağlık kontrolü periyotları tanımlı.	3	3	9						İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK: KK personelinin aldığı dozların da gerektiğinde elektronik dozimetre ile takibi yapılacak. Alanda iyileştirme yapılacak.				
35	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (LOJİSTİK VE SEVKAT PERSONELİ)	X		Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	Lojistik ve sevkiyat personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- TL dozimetrelere var. 2- Lojistik personeline elektronik dozimetre var. 3- Araçlarda doz hızı ölçer var. 4- Araçlarda kurşun zırhlama var. 5. Bu alanda yapılan çalışmaları ilgili TLM.RG.MON.002 nolu talimat var. 6- Tiroit ölçümleri aylık olarak yapılıyor.	3	4	12						İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK. Paketlemede bulunan lojistik personelinin değişim sıklığı gözden geçirilmeli, tiroit ölçüm periyodu sıklaştırılmalı.				

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRIX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMIN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
36	OFİSLER	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (RADYASYON VE İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ ÇALIŞANLARDA)	X		Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	Kronik maruziyete bağlı sağlık problemleri	Radyasyon- İş Sağlığı Güvenliği Çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- TL dozimetreleri var. 2- Radyasyonlu alanlarda çalışma yapılırken doz hızı ölçer bulunduruluyor. 3. Tiroid ölçümleri düzenli olarak yapılıyor.	3	4			12		İYİLEŞTİRME DÜŞÜNÜLECEK: RG personelinin aldığı dozlarında elektronik dozimetre ile takibi yapılabilir.				
37	OFİSLER	ÖZEL DURUMU OLAN PERSONEL (HAMİLE ÇALIŞANLAR)		X	Kişilerin radyasyona maruz kalma tehlikesi	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde verilen yıllık 1 mSv doz sınırının aşılması	Hamile radyasyon çalışanları	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- PET -SPECT üretim personeli içerisinde bayan çalışan yok. 2- Radyasyonlu alanlarda çalışan bayan personelin hamilelik durumunda çalışma şartları düzenleniyor. radyasyonlu alanlarda çalıştırılmıyor, ofis alanlarında çalışması sağlanıyor.	4	3			12						
38	OPERASYON ALANI	ÖZEL DURUMU OLAN PERSONEL (EMZİREN ÇALIŞANLAR)		X	Radyokatif madde ile bulaşma (kontaminasyon) tehlikesi	Kontaminasyonun bebeğe ulaşması	Bebek	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- PET -SPECT üretim personeli içerisinde bayan çalışan yok. 2- Kalite Kontrol de çalışan bayan personelin emzirme dönemlerinde çalışma şartları düzenlenir.	4	3			12		İYİLEŞTİRME :1- Kalite Kontrol laboratuvarı ortam radyasyonunu azaltıcı önlemler alınacak. 2- Kirliliği hava atış ekipmanlarının otomasyonları gerçekleştirilecek.				

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Matzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
39	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI TATBİKATI		X	Radyoaktif kontaminasyon	Radyasyona maruziyet	Tatbikata katılan personel	İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü	Tatbikat öncesi personele eğitim veriliyor. Tatbikat sırasında yapılması gerekeneler ve senaryolar konusunda yazılı doküman var ( TLM.RG.GBZ.001)	3	2		6							
40	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI YAŞANMASI (Siklotron atıklarının kontrolsüz şekilde alan)		X	Radyasyonun çevreye yayılması	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	Kazayı yaşayanlar	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- Aktif siklotron atıklarının bulunduğu kaplar kurşun kaplı 2- Alana girişler kontrollü , giren personel tanımlı. 3- Alanı kullanan personele iş başı eğitimlerinde gerekli bilgilendirme yapılıyor. 4- Alanda çalışan personelin TL ve elektronik dozimetreleri var. 5- Alanda alan monitörü var ve takip ediliyor.	2	4		8						İYİLEŞTİRME : Siklotron kullanımından oluşan atıkların tanımlanması yapılarak bir talimatla dökümanite edilmeli.	

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI													
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRIX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ				
										O	Z													
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4									
41	DEPOLAR	RADYASYON KAZASI YAŞANMASI (Siklotron delivery hattının patlayarak , aktivitenin kontrolsüz şekilde çıkması)		X	F18 radyasyonuna noktasal olarak maruziyet	Akut radyasyon maruziyetine bağlı sağlık sorunları	Kazayı yaşayanlar	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	1- Sistemin kurulumu , tamamen profesyonel bir ekip tarafından ve gerekli tüm mühendislik önlemleri alınarak yapılıyor. 2- kurulum aşamasında kullanılan malzemeler spesifikasyonlara uygun olarak seçiliyor .3- Tüm tesiste personelin bulunduğu alanlarda alan monitörleri ile takip sistemi var. 4- Sistem bakımı kapsamında hatların düzenli olarak değişimi gerçekleştiriliyor. Bu değişim periyodu siklotron verimleri takip edilerek belirleniyor.	2	4									İYİLEŞTİRME : Delivery hattının değişim koşullarını anlatan bir talimat oluşturulabilir.				
42	OPERASYON ALANI	GERİ DÖNÜŞÜM DEPO	X		Alana , sevk için bekleyen jeneratörler konması nedeniyle , radyasyon dozu yükseliyor.	Radyasyona maruziyet	Geri Dönüşüm depoda çalışan personel/		Alandaki çalışmalar radyasyon dozunun düşük olacağı günlere göre ayarlanıyor.	3	4									Sevkiyat için bekleyen jeneratörler için ayrı bir alan veya geri dönüşüm depo içinde özel bir alan yapılması				

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ											FAALİYET PLANI									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKEYE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z	1	2	3	4					
										OLASILIK	ZARAR									
43	OPERASYON ALANI	REF: 12/TH.GBZ.002	X		FDG ve jeneratör numunelerinin üretim alanından kalite kontrol laboratuvarına taşınması esnasında personelin maruz kaldığı aktivitenin tehlike arz etmesi ( Talyum 201, lyot 131 de bu kapsamda düşünüldü)	Radyasyon tehlikesi	Kalite Kontrol/ üretim Personeli	Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	Taşımlar sırasında araba kullanılıyor (banko kısımları hariç). Taşıma sırasında eldiven kullanılıyor.	4	2	8								
44	OPERASYON ALANI	REF: 12/TH.GBZ.002	X		FDG ve jeneratör numunelerinin üretim alanından kalite kontrol laboratuvarına taşınması esnasında personelin taşıdığı ağırlığın tehlike arz etmesi ( Talyum 201, lyot 131 de bu kapsamda düşünüldü)	El , kol , bel rahatsızlıkları	Kalite Kontrol/ üretim Personeli	Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği	Taşımlar sırasında mümkün olduğunca araba kullanılıyor. Taşıma sırasında eldiven kullanılıyor.	4	2	8						KK-RG-TM		

MATRİS L- TİPİ 5*5 RİSK ANALİZİ										FAALİYET PLANI										
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	ETKİ	TEHLİKE MARUZ KALAN KİŞİLER	YASAL GEREKLİLİKLER	MEVCUT KONTROLLER	RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				FAALİYET TANIMI	DF/OF NO	SORUMLU	TERMİN	SONUÇ
										O	Z									
										OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4					
45	OPERASYON ALANI	Yeni yapılan FDG üretim alanı kontrolü		x	Üretim işlemleri sırasında radyasyona maruziyet	Radyasyona maruziyet	Üretim personeli		1- Personel RSG eğitimleri almış. 2- Personel alanıyla ilgili teknik eğitimleri almış ve tecrübeli.	3	2	6			İYİLEŞTİRME :Paketleme ve üretim alanı girişlerindeki radyasyonlu alan tanımlama etiketleri kontrol edilmeli ve eksikler tamamlanmalı. DEKONTAMİNASYON KİTİ eksik. TAMAMLANMALI.				TAMAMLANDI	
46	OPERASYON ALANLARI	İyot 2 hücrelerinde iyot domuzlarının vial konulması sonrası üst kapakları kapatılırken	x		Personelin domuz kapağını kapatırken oluşacak radyasyon tehlikesi.	Radyasyona maruziyet.	Spect Üretim Personeli		1- Domuz kapağını domuz hizalamaya yarayan kürek aparatının altına zırhlama yapılacaktır. 2- Kürek aparatının üstüne yay ve menteşe mekanizmalı ikincil zırhlama kapağı yapılacaktır. 3- Kapsül domuzları için yeni bir kürek aparatının tasarlanması.	5	1	5		1- Mevcut solüsyon kürek aparatının zırhlaması. 2- Benzer şekilde kapsül domuzları için de kürek tasarımı yapılması.		1- Akın Eren				



### EK 3: Fine- Kinney ve Matris L- Tipi 5\*5 Yöntemlerin Karşılaştırması

FİNE- KİNNEY VE MATRİS L- TİPİ 5*5 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI																			
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	FİNE- KİNNEY					MATRİS L- TİPİ 5*5								
						RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ		RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ						
						O	Z	S	KABUL EDİLEBİLİR	DÜŞÜK RİSK	ORTA RİSK	YÜKSEK RİSK	ÇOK YÜKSEK RİSK	O	N	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK
						OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5	OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4
1	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ODASI	X		Siklotron cihazının çalışması sırasında oluşabilecek dış ışınlamaya bağlı yüksek radyasyon tehlikesi.	0,5	15	1	7,5						2	4	8		
2	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ODASI		X	Siklotron cihazının çalışmasından hemen sonra siklotrona müdahale edilmesi ile oluşacak dış ışınlamaya bağlı radyasyon tehlikesi.	0,5	15	1	7,5						2	4	8		
3	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ODASI	X		Siklotron cihazı ile yapılan çalışmalar sırasında kişinin radyoaktif madde ile kontamine olması.	0,5	15	1	7,5						2	4	8		
4	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ODASI	X		Elektrik tehlikesi. Siklotron cihazı ile yapılan işlemler sırasında kişilerin elektrik akımına maruz kalması.	0,5	15	1	7,5						2	4	8		
5	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ODASI		X	Seyyar el aletlerinin kullanımı	0,5	15	1	7,5						2	4	8		
6	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ODASI	X		Operatör Odasında Gürültü (75 dB)	0,5	15	1	7,5						2	4	8		
7	OPERASYON ALANI	SIKLOTRON ODASI		X	İstemsiz insan davranışları (Dikkatsizlik yorgunluk)	0,5	15	1	7,5						2	4	8		
8	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Aktif sentez hücresinin hazırlanması sırasında oluşabilecek dış ışınlamaya bağlı yüksek radyasyon tehlikesi.	0,5	15	1	7,5						2	4	8		

FINE- KİNNEY VE MATRİS L- TİPİ 5*5 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI																				
					FINE- KİNNEY					MATRİS L- TİPİ 5*5										
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİS)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				
						O	Z	S	KABUL EDİLEBİLİR	DÜŞÜK RİSK	ORTA RİSK	YÜKSEK RİSK	ÇOK YÜKSEK RİSK	O	Z	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK	
						OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5	OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4	
9	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Sentez hücresinin hazırlanması ya da diğer sebeplerle müdahale edilmesi esnasında oluşabilecek radyoaktif kontaminasyon tehlikesi	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
10	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Uzun süreli radyasyon alanında çalışmaya bağlı olarak oluşacak radyasyon tehlikesi.	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
11	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ		X	Genel radyasyon tehlikesi.	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
12	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ		X	Genel Radyasyon Tehlikesi -	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
13	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Ekranlı araçlarla çalışma (Bilgisayar)	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
14	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		İstenmeyen insan davranışları (Dikkatsizlik yorgunluk)	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
15	OPERASYON ALANI	PET-SPECT ÜRETİMİ	X		Ağır cisimlerin taşınması	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
16	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL	X		Kalite kontrol çalışmaları esnasında oluşabilecek radyoaktif kontaminasyon -	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
17	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL	X		Uzun süreli radyasyon alanında çalışmaya bağlı olarak oluşacak radyasyon tehlikesi.	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
18	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL	X		Genel radyasyon tehlikesi.	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
19	OPERASYON ALANI	KİMYASAL DEPO -KARGO BÖLÜMÜ	X		Genel radyasyon tehlikesi	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
20	OPERASYON ALANI	KİMYASAL DEPO -KARGO BÖLÜMÜ ( GERİ DÖNÜŞÜM DEPO)	X		Genel radyasyon tehlikesi	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
21	OPERASYON ALANI	LOJİSTİK	X		Radyasyon tehlikesi(Paketlerde n dış ışınlamaya bağlı olarak )	0,5	15	1	7,5						2	4		8		
22	OPERASYON ALANI	LOJİSTİK	X		Radyoaktif kontaminasyon	0,5	15	1	7,5						2	4		8		

FINE- KINNEY VE MATRİS L- TİPİ 5*5 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI																				
					FINE- KINNEY					MATRİS L- TİPİ 5*5										
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	RISK DEĞERLENDİRME (KINNEY)			RISK DERECELENDİRİLMESİ					RISK DEĞERLENDİRME (MATRİS)	RISK DERECELENDİRİLMESİ					
						O	Z	S	KABUL EDİLEBİLİR	DÜŞÜK RISK	ORTA RISK	YÜKSEK RISK	ÇOK YÜKSEK RISK		O	Z	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK
						OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5		OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4
23	OPERASYON ALANI	KALİTE KONTROL LABORATUVAR	X		Kurşun göğüs zırhı arkası çalışmaları düzenlenmeli, ağırlık vücut ve sırtta veriliyor	3	3	6	54					4	2	8				
24	OPERASYON ALANI	SİKLOTRON ÇALIŞMA ALANI (OPERATÖR ODASI)-SİKLOTRON ALANI		X	Bakım işlemleri sırasında radyasyona maruziyet ve elektrik çarpması tehlikesi değerlendirilmeli	1	15	3	45					3	4	12				
25	OPERASYON ALANI	RADYOAKTİF ATIK ALANI	X		Kimyasal malzeme atıkları, tıbbi atıklar ve radyoaktif atıklar aynı alanda bekletiliyor. Alan büyüklüğü ayırım için yeterli değil.	3	7	6	126					4	3	12				
26	OPERASYON ALANI	KK LAB. ÇALIŞMA Sİ	X		Radyofarmasötik satbilite çalışmalarının yapıldığı iklim dolabının yan yüzeyinde kurşun zırhlama yok	3	15	2	90					4	4	16				
27	OPERASYON ALANI	KK LAB. ÇALIŞMA Sİ	X		Radyoaktif referans kaynakların bulunduğu özel bir kap yok. Dolap içinde duruyor	1	7	6	42					3	3	9				
28	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (RADYASYONLU ÜRETİM ALANLARI)	X		Kişilerin uzun süre radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	1	15	2	30					3	4	12				
29	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (hammadde ile temas)	0,2	15	0,5	1,5					1	4					
30	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Üretim hücrelerine manuel müdahale)	0,5	15	1	7,5					2	4	8				

FİNE- KİNNEY VE MATRİS L- TİPİ 5*5 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI																			
					FİNE- KİNNEY					MATRİS L- TİPİ 5*5									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Matzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ					RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ			
						O	Z	S	KABUL EDİLEBİLİR	DÜŞÜK RİSK	ORTA RİSK	YÜKSEK RİSK	ÇOK YÜKSEK RİSK	O	Z	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK
						OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5	OLASILIK	ZARAR	1	2	3	
31	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Switch box 'a manuel müdahale)	0,5	15	1	7,5					2	4	8			
32	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (ÜRETİM ALANI)		X	Kişilerin akut radyasyona maruziyeti (Yeteri kadar beklemeden siklotrona manuel müdahale)	3	3	2	18					4	2	8			
33	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI		X	Yangın, deprem ve doğal afetlerle birlikte oluşan kaza	0,5	7	0,5	1,75					2	3	6			
34	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (KK ALANLARI)		X	Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	1	7	2	14					3	3	9			
35	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (LOJİSTİK VE SEVKİYAT PERSONELİ)		X	Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	1	15	2	30					3	4	12			
36	OPERASYON ALANI	RADYASYONLA YAPILAN İŞLER (RADYASYON VE İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ ÇALIŞANLARI)		X	Kişilerin radyasyona maruziyeti (Kronik maruziyet)	1	15	2	30					3	4	12			
37	OFİSLER	ÖZEL DURUMU OLAN PERSONEL (HAMİLE ÇALIŞANLAR)		X	Kişilerin radyasyona maruz kalma tehlikesi	3	7	1	21					4	3	12			

FİNE- KİNNEY VE MATRİS L- TİPİ 5\*5 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI

FİNE- KİNNEY VE MATRİS L- TİPİ 5*5 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI																			
					FİNE- KİNNEY					MATRİS L- TİPİ 5*5									
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ				RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİS)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ				
						O	Z	S	KABUL EDİLEBİLİR	DÜŞÜK RİSK	ORTA RİSK	YÜKSEK RİSK	ÇOK YÜKSEK RİSK	O	Z	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK
						OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5	OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4
38	OFİSLER	ÖZEL DURUMU OLAN PERSONEL (EMZİREN ÇALIŞANLAR)		X	Radyokatif madde ile bulaşma (kontaminasyon) tehlikesi	3	7	1	21					4	3			12	
39	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI TATBİKATI		X	Radyoaktif kontaminasyon	1	3	2	6					3	2			6	
40	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI YAŞANMASI (Siklotron atıklarının kontrolsüz şekilde alan dışına çıkarılması veya atılması)		X	Radyasyonun çevreye yayılması	0,5	15	0,5	3,75					2	4			8	
41	OPERASYON ALANI	RADYASYON KAZASI YAŞANMASI (Siklotron delivery hattının patlayarak , aktivitenin kontrolsüz şekilde dökülmesi )		X	F18 radyasyonuna noktasal olarak maruziyet	0,5	15	0,5	3,75					2	4			8	
42	DEPOLAR	GERİ DÖNÜŞÜM DEPO	X		Alana , sevk için bekleyen jeneratörler konması nedeniyle , radyasyon dozu yükseliyor.	1	15	3	45					3	4			12	
43	OPERASYON ALANI	REF: 12/TH.GBZ.002	X		FDG ve jeneratör numunelerinin üretim alanından kalite kontrol laboratuvarına taşınması esnasında personelin maruz kaldığı aktivitenin tehlike arz etmesi ( Talyum 201, lyot 131 de bu kapsamda düşünüldü)	3	3	6	54					4	2			8	

FİNE- KİNNEY VE MATRİS L- TİPİ 5*5 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI																			
NO	İLGİLİ ALAN	SÜREÇ ADIMLARI	RUTİN OLAN	RUTİN OLMAYAN	TEHLİKE UNSURLARI (Malzeme Kaynaklı, Faaliyet Kaynaklı, Çalışma Alanı Kaynaklı tehlikeler)	FİNE- KİNNEY					MATRİS L- TİPİ 5*5								
						RİSK DEĞERLENDİRME (KİNNEY)			RİSK DERECELENDİRİLMESİ		RİSK DEĞERLENDİRME (MATRİX)		RİSK DERECELENDİRİLMESİ						
						O	N	S	KABUL EDİLEBİLİR	DÜŞÜK RİSK	ORTA RİSK	YÜKSEK RİSK	ÇOK YÜKSEK RİSK	O	N	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK
						OLASILIK	ZARAR	SIKLIK	1	2	3	4	5	OLASILIK	ZARAR	1	2	3	4
44	OPERASYON ALANI	REF: 12/TH.GBZ.002	X		FDG ve jeneratör numunelerinin üretim alanından kalite kontrol laboratuvarına taşınması esnasında personelin taşıdığı ağırlığın tehlike arz etmesi ( Talyum 201, İyot 131 de bu kapsamda düşünüldü)	3	3	6	54						4	2	8		
45	OPERASYON ALANI	Yeni yapılan FDG üretim alanı kontrolü		x	Üretim işlemleri sırasında radyasyona maruziyet	1	3	6	18						3	2	6		
46	OPERASYON ALANI	İyot 2 hücrelerinde iyot domuzlarının vial konulması sonrası üst kapakları kapatılırken personelin radyasyon dozuna maruz kalması.		x	Personelin domuz kapağını kapatırken oluşacak radyasyon tehlikesi.	10	1	3	30						5	1	5		

## 11. ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** Sunay ERSEVER  
**Doğum Yeri ve Tarihi** Türkiye/Adıyaman– 15.01.1983

### Eğitimi

Yeni Yüzyıl Üniversitesi/İş Sağlığı ve Güvenliği 2015- 2018  
İstanbul Üni- Çevre Mühendisi 2001–2006

### Yabancı Dil

İngilizce

### Sertifikaları

İş Sağlığı Güvenliği Uzmanı (C sınıfı) 2012

İş Sağlığı Güvenliği Uzmanı (B sınıfı) 2014

ISO 9001:2015 İç Tetkikçi 2015

ISO 14001 :2007 İç Tetkikçi 2015

ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi 2015

OHSAS 18001:2007 Baş Denetçi 2016

Tehlikeli madde Güvenlik Danışmanlığı (TMGD) 2017