



**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SAĞLIK SEKTÖRÜNDE İYONLAŞTIRICI
RADYASYONA MARUZ KALAN ÇALIŞANLAR İÇİN
UYGULAMADAKİ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
ÖNLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI, ANALİZİ VE
ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Mehmet Akif TEKTAŞ

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA-2016

**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SAĞLIK SEKTÖRÜNDE İYONLAŞTIRICI
RADYASYONA MARUZ KALAN ÇALIŞANLAR İÇİN
UYGULAMADAKİ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
ÖNLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI, ANALİZİ VE
ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Mehmet Akif TEKTAŞ

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

**TEZ DANIŞMANI
MUHAMMET İKBAL KURT**

ANKARA-2016

T.C.
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

ONAY

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı **Mehmet Akif TEKTAŞ**'ın,
Muhammet İkbal KURT danışmanlığında başlığı
“Sağlık Sektöründe İyonlaştırıcı Radyasyona Maruz Kalan Çalışanlar İçin
Uygulamadaki İş Sağlığı Ve Güvenliği Önlemlerinin Araştırılması, Analizi Ve Çözüm
Önerileri” olarak
teslim edilen bu tezin savunma sınavı / / 2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri
tarafından “İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi” olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ BAŞKANI

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürü
ÜYE

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd.
ÜYE

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd.
ÜYE

Öğretim Üyesi
ÜYE

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için
gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

İSGGM Genel Müdürü

TEŐEKKÜR

ÖZET

Mehmet Akif TEKTAŞ

Sağlık Sektöründe İyonlaştırıcı Radyasyona Maruz Kalan Çalışanlar İçin Uygulamadaki İş Sağlığı Ve Güvenliği Önlemlerinin Araştırılması, Analizi Ve Çözüm Önerileri

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara, 2016

Cerrahi yöntemlere göre avantajları olması sebebiyle tıbbi uygulamalarda tanı ve tedavi amacıyla radyasyon kaynakları kullanılmaktadır. Ülkemizde son on beş yılda sağlık sektörüne yapılan yatırımlar sayesinde hastanelerin radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp bölümlerinde kullanılan radyasyon kaynaklarının sayısı artmaktadır. Radyasyon kaynaklarının artması ile radyasyon uygulamalarını yapan ve radyasyon kaynaklarını kullanan sağlık çalışanlarının da sayıları yükselmektedir. Radyasyonun çalışanlar üzerindeki zararlı etkileri dikkate alındığında, radyasyon çalışanlarının İş Sağlığı ve Güvenliği önlemlerinin sağlanması daha da önemli olmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı sağlık sektöründe yani tıbbi uygulamalarda radyasyon altında çalışanların sağlığının ve güvenliğinin korunması amacıyla alınması gereken önlemleri tespit etmek, bu önlemlerin uygulamada alınıp alınmadığını belirlemek ve alınan önlemlerin radyasyon çalışanının maruziyet değerleri ile ilişkisini incelemektir. Tezin Genel Bilgiler bölümünde radyasyon fiziği, radyasyon biyolojisi ve radyasyonun ölçümü üzerine bilgiler verilmiştir. Bölümün devamında ise radyasyonun tıbbi uygulamalarda kullanım alanlarına değinilmiş ve radyasyon güvenliği prensipleri anlatılmıştır. Tezin Gereç ve Yöntemler bölümünde kullanılan yöntem açıklanmıştır. Bu bölümde “Radyasyonun Tıbbi Uygulamalarında İSG Önlemleri” için hazırlanan kontrol listesi ve araştırma yerleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bulgular bölümünde elde edilen veriler ışığında grafikler ve araştırma yerlerinden alınan görseller bulunmaktadır. Elde edilen bulguların analizi ve tartışılması ile varılan sonuçlar ise “Sonuç ve Öneriler” bölümünde sıralanmıştır.

Anahtar kelimeler: Radyasyon Güvenliği, İş sağlığı ve güvenliği, Radyasyon maruziyeti, Radyasyon ölçümü, Tıbbi uygulamalarda radyasyondan korunma, KKD

ABSTRACT

Mehmet Akif TEKTAŞ

**Searching, Analysing and Finding Solutions on Occupational Health And Safety
Precautions in Practice for Workers Exposed Radiation in Health Care Sector**

**Ministry of the Labor and Social Security, Directorate General of Occupational Health
and Safety**

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

Ankara, 2016

Radiation sources are used for diagnostic and therapeutic medical applications due to advantages over surgical methods in medicine. During the past fifteen years, in our country, with investments made in the health sector, the number of radiation sources used in radiology, radiotherapy and nuclear medicine departments in hospitals have increased. Along with the increase in the number of radiation sources, the number of radiation workers have increased. When it is considered that radiation has harmful effects on workers, occupational health and safety measures for radiation workers become even more important. The purpose of the thesis is to determine required Occupational Health and Safety measures in medical radiation applications, to observe OHS measures in practice and examine the relationship between exposure and OHS measures. In the "Overview" part of this study information on radiation physics, radiation biology and radiation measurements are given. In the continuing part, it is mentioned about radiation areas used in medical practices and explained principles of radiation safety. In the "Materials and Methods" part of the thesis the method used is described and information is given about research sites and checklists prepared for "Occupational Health and Safety Measures in Radiation Medical Practice". In "Findings" section in the light of data obtained there are images taken from graphics and research sites. Results obtained from discussion and evaluations of findings are presented in the "Conclusion and Recommendations" part.

Keywords: Radiation safety, Occupational Health and Safety, Radiation exposure, Radiation measurement, Radiation protection in medical applications, PPE

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLoların LİSTESİ	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	viii
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.RADYASYON FİZİĞİ.....	3
2.1.1. İyonize (İyonlaştırıcı) Radyasyon.....	3
2.1.2. Radyasyon Türleri	5
2.1.3. Radyasyon Birimleri	7
2.2. RADYASYON BİYOLOJİSİ.....	10
2.2.1.Radyasyonun Hücreye Etkileri	10
2.2.2.Radyasyonun Organlara Etkileri.....	11
2.2.3.Radyasyonun Vücuda Etkisi.....	12
2.2.4. Radyasyon Kanser İlişkisi	13
2.3. RADYASYONUN ÖLÇÜMÜ	13
2.3.1. Kişisel Maruziyet Ölçümü	14
2.3.2. Radyasyonlu Ortam Ölçümü (Radyasyon Alan Monitörleri).....	15
2.4. RADYASYONUN SAĞLIKTA KULLANIMI	16
2.4.1 Radyasyon Uygulamaları.....	16
2.4.2. Radyasyonlu Alanlar ve Radyasyon Çalışanları.....	17

2.5. RADYASYON GÜVENLİĞİ	19
2.5.1. Radyasyon Güvenliği Tarihsel Gelişimi.....	19
2.5.2. Radyasyon Kullanım Kuralları	22
2.5.3 Radyasyondan Korunma Kuralları	24
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	27
4. BULGULAR	35
4.1. İDARİ ÖNLEMLER.....	39
4.2. TALİMATLAR	40
4.3. KAYITLAR	42
4.4. EĞİTİMLER.....	43
4.5. UYARI İŞARETLERİ.....	44
4.6. ZIRHLAMA ÖNLEMLERİ	48
4.7. KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM ÖNLEMLERİ	51
4.8. CİHAZ ÖNLEMLERİ	54
4.9. MARUZİYET ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME	57
4.10. ORTAM ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME	59
4.11. RADYOİZOTOPLARLA ÇALIŞMADA UYGUN ARAÇ VE GEREÇLER	61
4.12. RARDOAKTİF ATIK YÖNETİMİ ÖNLEMLERİ	64
4.13. RADYOAKTİF BULAŞMA ÖNLEMLERİ.....	67
4.14. RADYASYON ACİL DURUM ÖNLEMLERİ	70
4.15. RADYASYON BİYOLOJİK DEĞERLENDİRME ÖNLEMLERİ	72
5. TARTIŞMA.....	73
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	90

EKLER	92
-------------	----

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1. Radyasyon Tipleri ve RBE değerleri	8
Tablo 2.2. Radyasyonun organlara etkileri.....	11
Tablo 2.3. Kanser türlerine radyasyonun etkisi.....	13
Tablo 2.4. Yıllara göre radyasyon güvenliği alanında yapılan faaliyetler.....	19
Tablo 2.5. Yıllar içerisinde tüm vücut için belirlenen maruziyet sınır değerleri.....	21
Tablo 2.6. Radyoizotop doz hızları	23
Tablo 2.7. Radyasyon sınır değerleri.....	23
Tablo 2.8. Radyasyondan korunma amaçlı 1/10 kalınlık değerleri.....	26
Tablo 3.1. Araştırmanın iş akış şeması.....	27
Tablo 3.2. Kontrol listesi önlemlerine ait sınıflar ve önlem sayıları	29
Tablo 3.3. Uygulamalar için alınması gereken önlemlerin kısaltmaları.....	31
Tablo 3.4. Araştırma Yerleri ve Araştırılan Radyasyon Uygulamaları Sayısı	31
Tablo 3.5. Maruziyet değerleri için araştırma yapılan bölüm ve çalışan bilgileri.....	32
Tablo 3.6. Kontrol listesi önlemlerin alınma durumu için 5'li Likert Ölçeği	33
Tablo 4.1. Radyasyon uygulamalarına göre radyasyon çalışanlarının Ortalama radyasyon maruziyet değerleri.....	35
Tablo 4.2. Radyoloji bölümleri araştırma bulguları	36
Tablo 4.3. Radyoterapi bölümleri araştırma bulguları	37
Tablo 4.4. Nükleer tıp bölümleri araştırma bulguları.....	38
Tablo 5.1. İngiltere'de radyasyon görevlilerinin 1995-1996 yıllarında yıllık ortalama radyasyon maruziyeti	74
Tablo 5.2. Tez çalışmasında bulunan yıllık ortalama radyasyon maruziyeti	74

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. İyonlaştırıcı radyasyon	4
Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum	5
Şekil 2.3. Radyasyon hücreye etkileri	10
Şekil 2.4. Hücrenin radyasyondan etkilenmesi	11
Şekil 2.5. Radyasyonun uzaklıkla azalması.....	25
Şekil 2.6. Radyasyon türlerine karşı zırhlama.....	26
Şekil 3.1. Korelasyon örnek grafiği.....	34
Şekil 4.1. Radyasyon uygulamalarında maruziyet değerleri sıralaması	35
Şekil 4.2. İdari Önlemlerin alınma düzeyi.....	39
Şekil 4.3. İdari önlemler ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	39
Şekil 4.4. Talimat önlemlerinin alınma düzeyi.....	41
Şekil 4.5. Talimat önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	41
Şekil 4.6. Talimat önlemleri örnekleri.....	41
Şekil 4.7. Kayıtların tutulma düzeyi.....	42
Şekil 4.8. Kayıt önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi.....	42
Şekil 4.9. Eğitim önlemlerinin alınma düzeyi	43
Şekil 4.10. Eğitimlerin alınması ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	44
Şekil 4.11. Uyarı işaretleri önlemlerinin alınma düzeyi	44
Şekil 4.12. Radyasyon uyarı işaretleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	45
Şekil 4.13. Dikkat radyasyon alanı uyarı işareti.....	45
Şekil 4.14. Hamileler ve hamilelik şüphesi olanlar giremez uyarı işareti	46
Şekil 4.15. Dikkat çalıştırıldığında radyasyon yayar uyarı işareti.....	46
Şekil 4.16. Dikkat radyoaktif bulaşma tehlikesi uyarı işareti.....	47

Şekil 4.17. Dikkat radyoaktif atık bekletme deposu uyarı işareti.....	47
Şekil 4.18. Radyoaktif atık uyarı işareti doğru ve yanlış kullanımı	48
Şekil 4.19. Zırhlama önlemlerinin alınma düzeyi	49
Şekil 4.20. Zırhlama önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	49
Şekil 4.21. Duvar zırhlama ve kurşun paravan.....	50
Şekil 4.22. Kapı zırhlama ve kurşun cam bölme	50
Şekil 4.23. Nükleer tıpta kullanılan kurşun tuğlalar	51
Şekil 4.24. KKD önlemlerinin alınma düzeyi	51
Şekil 4.25. KKD kullanımı ve radyasyon maruziyeti ilişkisi.....	52
Şekil 4.26. Kurşun önlükler ve kurşun tiroit koruyucular	52
Şekil 4.27. Eldivensiz radyoizotoplarla çalışmaya ait kötü uygulama örneği.....	53
Şekil 4.28. Kurşun önlük kullanmadan çalışmaya ait kötü uygulama örneği	53
Şekil 4.29. Cihaz önlemlerinin alınma düzeyi.....	54
Şekil 4.30. Cihaz önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	54
Şekil 4.31. Girişimsel radyoloji odası	55
Şekil 4.32. Kullanılmayan brakiterapi cihazı	54
Şekil 4.33. Otomatik radyofarmasötik enjeksiyon cihazı.....	56
Şekil 4.34. Radyoterapi cihazı günlük kontrol listesi.....	56
Şekil 4.35. Maruziyet ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınma düzeyi.....	57
Şekil 4.36. Maruziyet değerlendirme önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	57
Şekil 4.37. Radyasyon dozimetrisi (personel yaka dozimetresi) doğru kullanımı	58
Şekil 4.38. Acil durum personel dozimetresi	58
Şekil 4.39. Çalışanların maruziyet değerleri listesi	59
Şekil 4.40 Ortam ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınma düzeyi.....	60
Şekil 4.41. Ortam ölçüm ve değerlendirme önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi	60

Şekil 4.42 Ortam radyasyon ölçümünde kullanılan sabit radyasyon ölçüm cihazları.....	61
Şekil 4.43. Acil durumlarda kullanılan ortam radyasyon ölçüm cihazı	61
Şekil 4.44. Radyoizotoplarla çalışmada kullanılan araç ve geçerlerin kullanım önlemlerinin alınma düzeyi.....	62
Şekil 4.45 Radyoizotoplarla çalışırken uygun araç ve gereç kullanılması ile radyasyon maruziyeti ilişkisi	62
Şekil 4.46 Farklı türlerdeki zırhlı şırınga koruyucular	63
Şekil 4.47 Radyoaktif maddelerin taşınması esnasında kullanılan kurşun zırhlı kaplar	63
Şekil 4.48 Radyofarmasötiklerin başka bölümlere transferinde kullanılan taşıma kabı	64
Şekil 4.49 Radyoaktif atık yönetimi önlemlerinin alınma düzeyi	64
Şekil 4.50 Radyoaktif atık yönetiminin yapılması ile radyasyon maruziyeti ilişkisi	65
Şekil 4.51. Radyoaktif atık deposu	65
Şekil 5.53. Radyoaktif atıkların zırhlı kutulara atılmamasına ait kötü uygulama örneği.....	66
Şekil 4.54. Radyoaktif atık deposunun güvenli olmayan kullanımı.....	66
Şekil 4.55 Radyoaktif bulaşma önlemlerinin alınma düzeyi.....	67
Şekil 4.56 Radyoaktif bulaşma ile ilgili önlemlerin alınması ve maruziyet ilişkisi.....	67
Şekil 4.57. Radyoaktif lavabo.....	68
Şekil 4.58. Radyoizotopların radyoaktif lavabonun etrafında riskli konumlandırılması	68
Şekil 4.59. Hastalar için radyoaktif tuvalet	69
Şekil 4.60. Radyasyonlu alanlarda yiyecek ve içecek bulundurulması.....	69
Şekil 4.61. Radyasyon acil durum önlemlerinin alınma düzeyi	70
Şekil 4.62. Radyasyon acil durum önlemlerinin alınması ve maruziyet ilişkisi.....	70
Şekil 4.63. Radyasyon acil durumlarında ulaşılacak telefonlar.....	71
Şekil 4.64. Radyasyon acil durum planı onayı	71
Şekil 4.65. Radyasyon acil durum önlemlerinin alınma düzeyi	72
Şekil 4.66. Radyasyon biyolojik değerlendirme önlemlerinin alınması ve maruziyet ilişkisi	72

Şekil 5.1. Radyasyon uygulamalarında maruziyet değerleri sıralaması 75

SİMGE ve KISALTMALAR

α	Alfa radyasyonu sembolü
β	Beta radyasyonu sembolü
γ	Gama radyasyonu sembolü
λ	Dalga boyu
A	Atomun Kütle Numarası
BSS	Basic Safety Standarts (IAEA Temel Güvenlik Standardı)
c	Işık hızı
esb	Elektrostatik birim
E	Enerji
Erg	Güç ölçü birimi
FAO	Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
Gy	Soğurulan doz ölçü birimi
h	Planck sabiti
Hz	Frekans birimi
IAEA Ajansı)	International Atomic Energy Agency (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu)
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu)
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
ILO	International Labour Organization Uluslararası Çalışma Örgütü
j	Joule, Enerji ölçü birimi
K	Kelvin (sıcaklık birimi)
KeV	Kilo Elektron Volt (Radyasyon enerjisi birimi)
m/s	Hız birimi
MeV	Mega Elektron Volt (Radyasyon enerjisi birimi)
RGK	Radyasyon Güvenlik Kurulu
RKS	Radyasyondan Korunma Sorumlusu
Sv	Eşdeğer doz ölçü birimi
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyon Etkileri Bilimsel Kurulu)

V	Elektrik voltaj birimi
Z	Atomun Atom Numarası
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
Watt	Güç ölçü birimi

1. GİRİŞ

18. yüzyıl başlarından itibaren maddeyi tanıyabilmek adına bilim adamları bilimsel çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Bu çalışmalar neticesinde X ışınları, Uranyum radyo aktifliği ve elektron keşfedilerek radyasyon fiziğinin temelleri atılmıştır. Sonrasında devam eden siyah cisim ışınması, hidrojen atom modeli, özel görelilik ve atom keşfi çalışmaları ile radyasyon fiziğinin gövdesi oluşturulmuştur. Daha sonraki yıllardaki teknolojik gelişmelerle birlikte radyasyon hayatımızın her alanında kullanılmaya başlanmıştır [1].

Günümüzde ise nükleer santrallerde, tıbbi ve endüstriyel görüntüleme, kanser tedavisinde, kalite ve güvenlik amaçlı kontrollerde, gıda ve medikal ürün sterilizasyonunda ve birçok bilimsel araştırmada radyasyon kaynakları kullanılmaktadır.

Radyasyonun maddeye ve organizmalara ciddi etkileri olabileceği için radyasyon kaynakları kullanılırken çok dikkatli olunmalıdır. Kontrol altına alınmamış radyasyon çalışanlara, topluma, bir ülkeye veya bütün dünyaya zarar verebilmektedir. Popüler nükleer santrali kazaları olan 1986-Çernobil ve 2011-Fukuşima'nın yanı sıra radyasyonun tıbbi uygulamalarda kullanımı nedeniyle de kazalar meydana gelebilmektedir [2].

Radyasyon son yüzyıldaki tıbbi gelişmeler sayesinde tıpta tanı ve tedavi amacıyla başlıca enstrüman olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda sağlığa yapılan yatırımlar çerçevesinde sağlık sektöründe kullanılan radyasyon yayan cihazların sayısının gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Radyasyon kullanımının artması radyasyona maruz kalan personelin sayısını ve personelin radyasyon maruziyetini de artırmaktadır. Bu sebeple WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından insan sağlığını tehdit eden fiziksel faktörler içerisinde sayılan radyasyona karşı iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması zorunlu tutulmuştur [3,4].

Bu tez çalışmasında ilk olarak tıbbi uygulamalarda çalışanların radyasyondan korunmasına yönelik alınması gereken İş Sağlığı ve Güvenliği önlemlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmanın ikinci amacı radyasyondan korunma için alınması gereken bu önlemlerin sağlık kuruluşlarında ne düzeyde alındığının belirlenmesidir. Araştırmanın üçüncü amacı ise bu önlemlerin radyasyon maruziyetinin azaltılmasına yapacağı katkının tespit edilmesidir. Elde

edilen bulgular ve yapılmış olan başka çalışmalar ışığında sağlık sektöründe yani tıbbi uygulamalarda radyasyondan korunma için önerilerde bulunulması planlanmıştır.

Tez çalışmasının “Genel Bilgiler” bölümünde radyasyon fiziği, radyasyon biyolojisi, radyasyon ölçümü, radyasyon uygulamaları, radyasyon güvenliği hakkında genel bilgiler verilmiştir. Sağlık sektöründe çalışanın radyasyondan korunmasına yönelik uygulamada alınan önlemlerin belirlenmesi amacıyla ise “Gereç ve Yöntemler” bölümünde belirtildiği gibi Ek-1’deki Tıbbi Uygulamalarda Radyasyondan Korunma için İSG Kontrol Listesi hazırlanmıştır. Hazırlanan Kontrol Listesi araştırma yeri olarak sağlık kuruluşlarının radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp bölümlerine uygulanarak İSG önlemlerine ne düzeyde alındığına ait bulgular toplanmıştır. Ayrıca araştırma yerlerinde radyasyon çalışanlarının radyasyon maruziyet değerleri de elde edilmiştir. İSG önlemlerinin alınması ile maruziyet değerleri arasındaki ilişki korelasyon yöntemi ile bilgisayar ortamında hesaplanmıştır. Tartışma Bölümünde İSG önlemlerinin maruziyet değerlerine katkısı, mevzuatlar ve başka araştırmalar çerçevesinde tartışılmıştır. Sonuç ve Öneriler Bölümünde ise Sağlıkta Radyasyon Uygulamalarında İSG önlemleri için önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. RADYASYON FİZİĞİ

2.1.1. İyonize (İyonlaştırıcı) Radyasyon

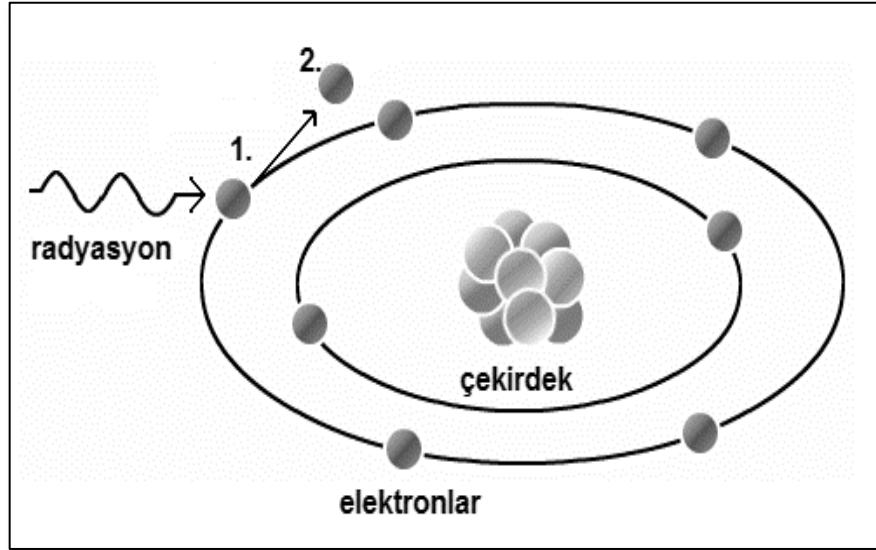
Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) “Nükleer Güvenlik ve Radyasyondan Korunmada Kullanılan Terminoloji” standardında iyonize radyasyonu tanımlarken kullanım alanı ve etkisine göre dört tanım yapmıştır. Bunlar yüksek lineer enerji transfer radyasyon, düşük lineer enerji transfer radyasyon, güçlü ve zayıf nüfuz edici radyasyon ve biyolojik materyaller için iyonlaştırıcı radyasyon tanımlarıdır. Bu tanımlardan “Biyolojik Materyaller İçin İyonlaştırıcı Radyasyon” tanımı radyasyondan korunma amaçları için üretilmiş bir tanımdır. Diğer radyasyon tanımları ise radyasyonun tıbbi uygulamalarda kullanımı, enerji üretimi, zırlama işlemleri vb. diğer radyasyon alanları için yapılmış olan tanımlardır [5].

Biyolojik materyaller için iyonlaştırıcı radyasyon: Radyasyondan korunma amaçları için, biyolojik materyallerde iyon çifti oluşturabilen radyasyondur. Pratik amaçlarda yüksek nüfuz edici 12 keV üzeri enerjili fotonlar, 2 MeV den fazla enerjili elektronlar ve nötronlar iyonlaştırıcı radyasyon olarak kabul edilebilir. Pratik amaçlarda zayıf nüfuz edici 12 keV altında enerjiye sahip fotonlar ve 2 MeV den az enerjili elektronlar ve kütleli ve yüklü proton ve alfa gibi parçacıklar iyonlaştırıcı radyasyon olarak kabul edilebilir [6].

IAEA'nın yapmış olduğu tanımların yanı sıra Resmi Gazete 09.09.1991 tarih ve 20986 sayılı TAEK Nükleer Tanımlar Yönetmeliğinde IAEA tarafından yukarıda yapılan tanıma benzer olacak şekilde iyonlaştırıcı radyasyon tanımı aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

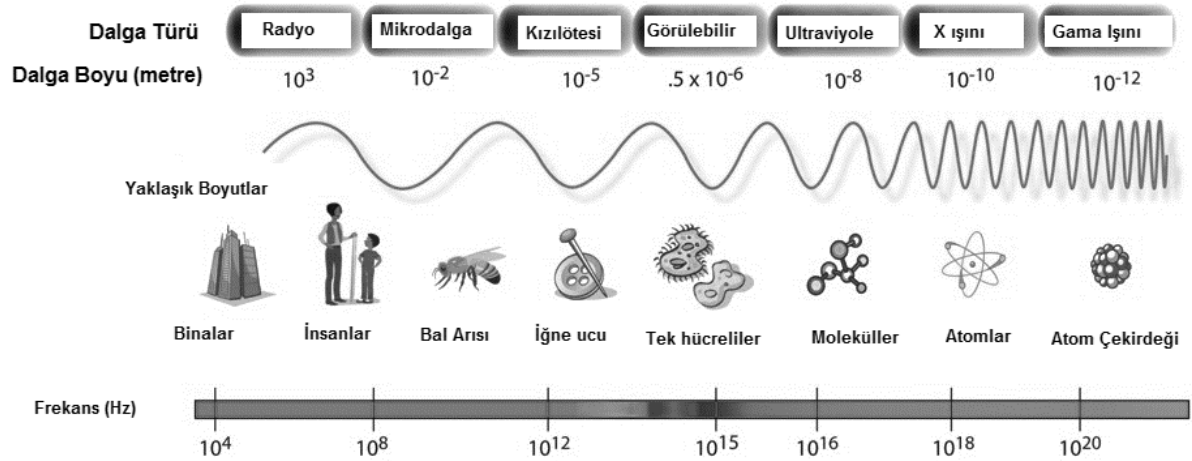
İyonlaştırıcı radyasyon maddesel bir ortamdan geçerken onunla etkileşerek doğrudan veya dolaylı olarak iyon çiftleri oluşturabilen X veya gama ışını gibi elektromanyetik ışınlarla, kinetik enerjileri olan yüklü parçacıklar, ağır iyonlar ve serbest nötronlar gibi tanecik karakterli parçacıklardır. Ses dalgalarıyla, elektromanyetik spektrumun mor ötesi ve daha büyük dalga boylu ışınlar bu tanımın kapsamı dışındadır.

İyonlaştırıcı radyasyon Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi atomun etrafındaki yörüngelerde yüzen elektronlara yaklaşıp enerjisini elektrona aktararak bu elektrona yörüngesinden koparabilmektedir. Bu şekilde yörünge elektron sayısında değişiklik meydana gelmiş atom iyonlaşmış olacaktır. Eğer radyasyon çok küçük dalga boyuna sahip ise elektronları da geçip atom çekirdeğine kadar ilerleyebilmektedir. Tıbbi uygulamalarda kullanılan iyonlaştırıcı radyasyonlar X ve gama ışını gibi dalga karakteri gösteren radyasyonlar ve alfa, beta, nötron gibi parçacık karakterli radyasyonlardır. (alfa, beta ve nötronlar bazı durumlarda dalga özelliği gösterebilmektedir) IAEA “Temel Güvenlik Standartlarında” iyonlaştırıcı radyasyon terimi yerine yalnızca radyasyon terimini kullanmaktadır. Bu tez çalışmasında da iyonlaştırıcı radyasyon terimi yerine radyasyon terimi kullanılmaya çalışılmıştır.



Şekil 2.1. İyonlaştırıcı Radyasyon [7]

Planck ve Einstein tarafından yapılan çalışmalar neticesinde bir radyasyonun enerjisi Planck-Einstein ilişkisi olarak tanımlanmış ve $E = \frac{hc}{\lambda}$ Formülü ile ifade edilmiştir. Formülde E ışımının enerjisini, h 6,62606957(29)×10⁻³⁴ j.s olan Planck Sabitini, c yaklaşık 3×10⁸ m/s olan ışık hızını ve λ ise o ışımının dalga boyunu göstermektedir. Bu formül bize bir ışımının enerjisinin hesaplanmasında tek değişkenin o ışımının (fotonun) dalga boyu olduğunu göstermektedir. Radyasyonun enerjisi dalga boyuyla ters orantılı olduğu için küçük dalga boylu radyasyonlar daha büyük enerjiye sahip olmaktadır. Böylece yüksek enerjiye sahip radyasyonlar karşılaştıkları atomu iyonlaştırabilmektedir [8]. Radyasyonun enerjisi ile dalga boyu arasında bir ilişki mevcut olduğu için dalga boylarına göre radyasyonların sınıflandırılması gerekmektedir. Bu sınıflandırma ise elektromanyetik spektrumda yapılmıştır.



Şekil 2.2. Elektromanyetik Spektrum [9]

Şekil 2.2.' de görüldüğü gibi Elektromanyetik Spektrumda dalgalar dalga boylarına göre sınıflandırılmıştır. Görünür ışığın yani gözümüzün algıladığı ışığın dışında büyük ve küçük dalga boyuna sahip dalgalar bulunmaktadır. Elektromanyetik spektrum büyük dalga boyuna sahip düşük enerjili radyo dalgalarından; küçük dalga boyuna sahip yüksek enerjili atom altı parçacıklara kadar her cisim için eşlik eden dalga boyunu barındırmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyonlar elektromanyetik spektrumun sağ tarafındaki 10^{-10} metre boyutlarından daha küçük boyutlardaki alfa, beta, gama, nötron ve x ışınlarıdır.

2.1.2. Radyasyon Türleri

Alpha Parçalanması, atom çekirdeği tarafından alfa taneciği denilen bir helyum çekirdeğinin ${}^2\text{He}^4$ yayınlanması olayıdır. Alfa parçalanması radyoaktivite sonucu meydana gelir. Büyük kütle numaralı, fazla enerjili kararsız radyoaktif maddeler enerjilerini azaltmak için alfa radyasyonu yayarlar. Alfa tanecikleri maddeden geçerken enerjilerini çabucak kaybetmektedirler, bu sebeple alfa radyasyonunun madde içinde fazla ilerlemesi mümkün olmamaktadır. Alfa radyasyonu madde içinde ve canlı dokularda girici değildir. Fakat bulunduğu yüzeyde iyonlaştırma yapmaktadır. Bu sebeple alfa radyasyonunun durdurmak için ince zırhlama yeterlidir. Fakat alfa radyasyonu yüzey iyonlaştırmasını fazla yapacağı için biyolojik materyallere dökülmesi ve bulaşması engellenmelidir [10].

Beta Parçalanması, nötron veya proton fazlalığı sonucunda çekirdekte artı veya eksi bir elektronun yaratılması ve çekirdekten yayınlanması olayıdır. Radyoaktivite sonucu beta radyasyonu oluşur. Çekirdekten bir artı elektronun yayınlanmasına *Pozitron Parçalanması* denmektedir. Yörünge elektronunun çekirdek tarafından yakalanması ise pozitron parçalanmasıyla aynı özellikte bir olay olan *Elektron Yakalanması* olarak adlandırılmıştır. Beta tanecikleri farklı dalga boylarına sahip olabildiklerinden enerjileri de değişiklik gösterebilmektedir. Yüksek enerjili betaların madde içerisinde ilerleme menzilleri fazla iken, düşük enerjili betalar maddede kısa sürede soğurulabilmektedir [10]. Bu sebeple Beta radyasyonu yayan kaynaklar ve bölgeler beta radyasyonun enerjisine göre zırhlanmalıdır.

Gama Parçalanması, enerji demeti olan bir fotonun yaratılması ve çekirdekten fırlatılmasıdır. Foton elektriksel olarak yüksüzdür, kütlesi yoktur ve daima ışık hızında hareket etmektedir. Gama yayınlanması çekirdeğin yapısını değiştirmeyecektir. Doğal radyoaktivitede yalnızca gama yayınlanması gözlemlenmemekte; gama yayınlanması çoğunlukla alfa ve beta parçalanması sırasında enerji fazlalığının atılması esnasında meydana gelmektedir. Gama radyasyonu oldukça yüksek enerjili olduğundan madde içerisinde en fazla ilerleme menziline sahip olan radyasyon türü olarak karşımıza çıkmaktadır [10].

Nötronlar yüksüz parçacıklardır. Bu özelliklerinden dolayı herhangi bir madde içerisine kolaylıkla nüfuz edebilirler. Doğrudan bir iyonlaşmaya sebep olmazlar. Ancak atomlarla etkileşimleri, iyonlaşmaya neden olan alfa, beta, gama veya x ışınlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [18]. Nötronlara karşı zırhlama yapılırken, nötronların dolaylı olarak oluşturduğu radyasyonlarında zırhlaması hesaba katılmalıdır. Nötronlar tıbbi radyasyon uygulamalarında alfa beta, gama ve x ışınları kadar yaygın kullanılmamaktadır.

X ışınları da iyonize radyasyon çeşidi olarak kabul edilmiştir. 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedilen X ışınları üretim şekil ve amacına göre gama ışınlarına varıncaya kadar küçük boyutlarda olabileceği gibi morötesi ışık kadar büyük boyutlarda da olabilmektedir. X ışınları yüksek gerilimde hızlandırılan elektronların anot yüzeye çarptırılması ile oluşmaktadır. Gerilimin kapatılması ile X ışını yayınlanması da son bulacaktır [11]. X ışınları tıbbi uygulamalarda kullanılan radyasyon türleri içerisinde radyoaktivite sonucu oluşmayan radyasyon türüdür. X ışınları enerjisine bağlı olarak madde içerisine nüfuz edebilirler. Bu sebeple X ışını yayan cihazların bulunduğu odalarda zırhlama önlemlerinin alınması gerekmektedir.

2.1.3. Radyasyon Birimleri

Radyasyonun maddeye ve canlıya etkilerinin anlaşılabilmesi için radyasyonun birimlerinin bilinmesi gerekmektedir. Aşağıda radyasyon birimleri açıklanmıştır[12].

Röntgen, 0,001293 gram havada 1 esb'lik elektrik miktarı değerinde her iki işaretli iyonlar oluşturan X veya gama radyasyonu miktarıdır. Röntgen demetteki fotonun sayısını ve enerjilerini göstermeyip sadece adı geçen radyasyonun 1 cm³ havadaki etkisini belirtir. Röntgen kuantum enerjileri belirli bir aralıkta bulunan X-ışınlarına ve gama radyasyonuna uygulanabilir.

Curie, saniyede $3,7 \times 10^{10}$ parçalanma gösteren madde miktarıdır.

Bequerel, saniyede 1 parçalanma yapan çekirdeğin aktivitesidir.

Röntgen, Curie ve Bequerel radyasyon sayısı ile ilgili birimlerdir. Fakat radyasyonun bir enerjisi bulunmaktadır. Radyasyonun enerjisine bağlı olarak soğurulmasının daha iyi anlaşılabilmesi için soğurulan doz kavramı geliştirilmiştir.

KeV, MeV, Radyasyonun enerjisini tanımlamak için kullanılan elektron volt cinsinden enerjileri ifade eder. Tıbbi uygulamalarda kullanılan radyasyon türleri enerjileri itibariyle KeV (Kilo elektron volt) ve MeV (Mega elektron volt) seviyesindedir.

Soğurulan Doz, birimi **Gray** olup Işınlanan maddenin 1 kg'ına 1 joule'lük enerji veren radyasyon miktarını ifade eder. Soğurulan enerji parçacık veya foton olabilir. Soğurulan doz eski kullanımlarında **Rad** birimi ile ışınlanan maddenin 1 kg'ına 10^{-4} joule'lük enerji veren radyasyon miktarı olarak ifade edilmiştir.

Soğurulan doz radyasyonun türüne bağlı olmayıp yalnızca enerjiye bağlı radyasyon miktarını ifade etmek için kullanılmaktadır. Oysa yapılan deneylerde farklı tiplerdeki radyasyonların canlı hücrelerde oluşturdukları etkilerin aynı olmadıkları görülmüştür. Radyasyonun biyolojik etkisi radyasyonun dozuna, tipine ve Liner Enerji Transferine (LET) bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple yapılan deneyler sonucunda belirli radyasyon için RBE (Rölatif Biyolojik Etkinlik) değerleri tanımlanmıştır.

LET (Liner Enerji Transferi) radyasyonun kalitesini belirten bir tanım olup, radyasyonun birim uzunlukta meydana gelen enerji kaybını ifade etmek için kullanılmaktadır.

RBE (Rölatif Biyolojik Etkinlik) 250 KV' luk X ışınlarıyla belirli bir biyolojik etki oluşturan gerekli dozun, aynı biyolojik etkiyi oluşturan gözlenen radyasyon dozuna oranına denir. Deneyle sonuç elde edilen belirli radyasyon türleri için RBE değerleri Tablo 2.1.' de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi tıbbi uygulamalarda çoğunlukla kullanılan x, gama ve beta radyasyonlarının RBE değerleri ile nükleer santrallerde kullanılan Ağır geri tepen çekirdeklerin RBE değerleri farklılık göstermektedir.

Tablo 2.1. Radyasyon tipleri ve RBE değerleri

Radyasyonun Tipi	RBE (Rölatif Biyolojik Etkinlik) Değeri
X, Gama ve Beta	1
Termal Nötronlar	2,5
Hızlı Nötronlar	10
Protonlar	10
Doğal Alfa radyasyonu	10
Ağır geri tepen çekirdekler	20

Radyasyon türlerinin RBE değerleri farklı olabildiğinden radyasyonun canlıya etkisini açıklayabilmek için yeni bir doz tanımı yapılmıştır.

Eşdeğer doz, birimi **Sievert (Sv)** olup 1 Gray'lik X ve gama ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren radyasyon miktarı olarak tanımlanır. Eşdeğer doz eski kullanımlarında **Rem** birimi ile insana veya memelilere verildiği zaman 1 Rad'lık X veya gama radyasyonu dozuna biyolojik olarak eşdeğer olan herhangi bir iyonlaştırıcı radyasyon dozunu ifade etmek için kullanılmıştır. Eşdeğer doz SI birim sisteminde $Eşdeğer\ Doz\ (Sievert) = Doz\ (Gray) \times RBE$ formülü ile ifade edilmiştir.

Efektif (Etkin) Doz vücudun bütün olarak ışınlanması durumunda çeşitli organ veya dokuların maruz kaldıkları eşdeğer dozların ağırlıklı toplamı şeklinde tanımlanmaktadır. Efektif doz için Eşdeğer doz birimi Sievert kullanılmaktadır.

Kerma yüksüz bir iyonlaştırıcı parçacık tarafından belli bir maddenin birim kütlesi başına serbest hale geçirilen, yüklü iyonlaştırıcı parçacıkların başlangıçtaki kinetik enerjilerinin toplamını ifade etmektedir. Kerma soğurulan doz ile aynı birimle ölçülmektedir.

Aktiflik bir radyonüklitin birim zaman içinde radyoaktif değişmeye uğrayan çekirdek sayısını ifade etmektedir..

Spesifik (Özellikli) aktivite maddenin gramı başına Curie cinsinden ölçülen aktivite konsantrasyonudur ve radyoaktif maddenin kütle birimi başına düşen parçalanma hızı olarak tanımlanmıştır. A atom ağırlığını ve $T^{1/2}$ de radyoizotopun Gün olarak yarılanma süresini göstermek üzere aşağıdaki formülle ifade edilmektedir.

$$\text{Spesifik aktivite (c/gr)} = \frac{1.308 \times 10^8}{A \times T^{1/2}} \quad (2.1)$$

Radyoaktif Yarılanma Süresi bir radyoaktif maddenin başlangıçtaki aktivitesinin yarıya inmesi için geçen süreyi belirtmektedir.

Biyolojik Yarılanma Süresi: Vücut içine alınan bir radyoaktif madde miktarının yarısının doku, organ veya bütün vücuttan fizyolojik olaylar sonucu atılması için geçen süreyi tanımlamaktadır.

Etkin Yarılanma Süresi: Vücut içine alınan bir radyoaktif madde miktarının radyoaktif bozunum ve biyolojik olaylar sonucu aktivitesinin yarıya inmesi için gereken süreyi ifade etmektedir.

Radyofarmasötik: Farmasötikler vücuda verildiğinde herhangi bir organa, kemiğe veya dokuya bağlanan ilaç türünde maddelerdir. Farmasötikler radyoaktif madde ile bağlandığında radyofarmasötik adını almaktadır. Radyofarmasötikler görüntülenmesini istediğimiz organa bağlanmaktadır. Böylece beraberindeki radyoaktivite sayesinde radyasyon yayarak o organın gamma veya PET kameraları ile görüntülenmesini sağlamaktadır [13].

2.2. RADYASYON BİYOLOJİSİ

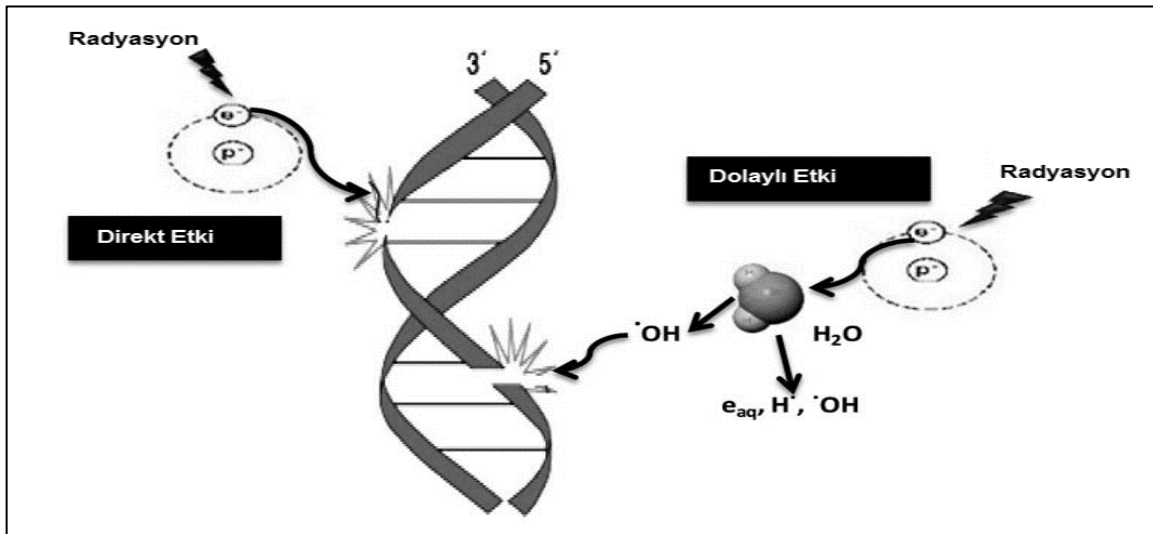
İnsan vücudu organ, doku ve hücre gibi biyolojik yapılardan meydana gelir. Hücreleri oluşturan maddelerde diğer bütün maddeler gibi moleküllerden ve atomlardan oluşmuştur. Radyasyonun canlıya etkisi hücreleri oluşturan atomlara etkisi ile başlar. Bu etki sadece atom düzeyinde kalabileceği gibi şiddetine göre moleküllere, hücelere, dokulara, organlara hatta bütün vücuda ciddi zararlar verebilmektedir [14].

2.2.1. Radyasyonun Hücreye Etkileri

Radyasyonun canlı hücreye etkisi Şekil 2.3.'de görüldüğü gibi direkt (doğrudan) ve dolaylı olabilmektedir.

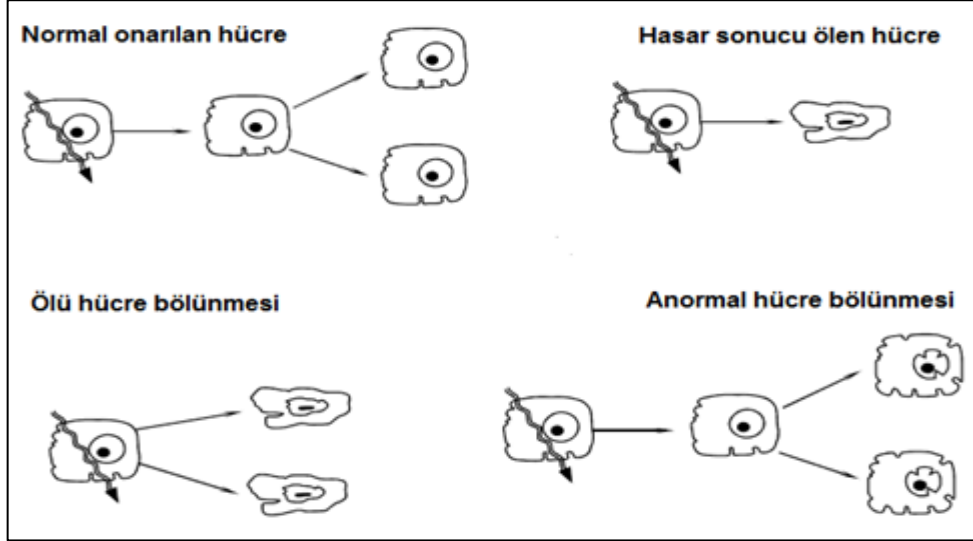
Direkt etki radyasyonun hücrenin DNA molekülündeki atomlarına veya hücrenin hayati önem gören yapı taşlarına etkisi ile oluşur. Radyasyonun DNA'daki atomları iyonlaştırması ile DNA molekülünde kırılmalar oluşmaya başlar. Hücre bu kırılmaları onarabileceği gibi hasarın şiddetine göre hücrenin büyümesinde yavaşlama, görevini yapamaması, ölümü veya gen yapısında değişiklik gibi sonuçlar meydana gelebilmektedir.

Dolaylı etki ise radyasyonun vücudumuzu oluşturan su moleküllerini iyonlaştırarak HO^\cdot (Hidroksiller) oluşturması ile olur. Oluşan bu HO^\cdot lar başka moleküllerle veya yeniden su iyonlarıyla bileşik oluşturabilir. Radyasyon sonucu oluşan bu serbest radikaller DNA'ya bağlanarak gen yapısında bozukluğa da sebep olabilmektedir.



Şekil 2.3. Radyasyon hücreye etkileri [15]

İyonize radyasyona maruz kalmış bir hücre Şekil 2.4.'deki gibi radyasyon sonrası kendini onararak normal çalışmasına devam edebilir, kendini onarabilir fakat anormal çalışabilir veya hasar sonucu ölebilmektedir [16].



Şekil 2.4. Hücrenin radyasyondan etkilenmesi [17]

2.2.2.Radyasyonun Organlara Etkileri

Radyasyonun hücreye etkileri farklı olabileceği gibi hücrelerden meydana gelmiş olan organlara da etkisi farklı olabilmektedir. Aşağıdaki Tablo 2.2.'de görüldüğü gibi bazı organlar radyasyona karşı aşırı duyarlı iken bazıları daha az duyarlıdır. Kan yapısında hücreler radyasyona karşı aşırı duyarlı olduğundan kan türü yapım organları da radyasyona karşı aşırı duyarlıdır. Fakat sinir ve kas hücreleri radyasyona karşı az duyarlı olduğundan radyasyon beyin ve kaslara daha az zarar verebilmektedir.

Tablo 2.2. Radyasyonun organlara etkileri [18]

Yüksek Duyarlılık	Orta Düzey Duyarlılık	Düşük Duyarlılık
Akciğer	Beyin	Deri
Meme	Lenf dokusu	Safra Kesesi
Mide	Tiroit	Kemik
Bağırsak	Yemek borusu	Böbrek
	Kemik iliği	
	Karaciğer	
	Pankreas	
	Yumurtalıklar	

2.2.3.Radyasyonun Vücuda Etkisi

Radyasyonun vücuda etkisi aşağıdaki, toplam doz, hücre tipleri, radyasyonun tipi, bireyin yaşı, hücre bölünme aşamaları, vücuttaki maruziyet bölgesi, kişinin genel sağlık durumu, dokulardaki maruziyet değeri, alınan dozun periyodu gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Radyasyonun bedene etkisi akut ve kronik etki olarak iki kısımda incelenmektedir [19].

Akut (Yüksek Doz) Etkiler, Az bir zaman dilimi içerisinde büyük miktarda radyasyonun vücudun tamamının veya bir bölümüne etki etmesi olayıdır. Bu etki sonucunda radyasyonun dozuna göre vücutta çok ciddi belirtiler meydana gelebileceği gibi ölümler de gözlemlenebilmektedir.

Akut Radyasyon Sendromu (Hastalığı) (ARS) ise vücudun tamamının veya büyük bir bölümünün akut radyasyona maruz kalması ile oluşan akut bir hastalıktır. Akut radyasyon hastalığının oluşabilmesi için; yüksek radyasyon dozu (0.7 gray/70 rad üzeri) maruziyeti, dış kaynaktan ışınlama (genellikle), radyasyonun iç organlara kadar nüfuz etmesi, bütün vücudun veya büyük bölümünün ışınlaması, kısa bir sürede doza maruz kalınması gibi koşulların gerçekleşmesi gerekmektedir. Etkilerine göre üç çeşit ARS tanımlanmıştır. Bunlar kemik iliği sendromu, mide bağırsak sendromu, kalp damar ve merkezi sinir sistemi sendromları olarak adlandırılmaktadır.

Radyasyonun Kronik Etkileri

Radyasyonun kronik etkileri uzun vadede karşımıza çıkan etkilerdir. Akut etkilerden farklı olarak vücuda alınan radyasyon dozu düşük seviyelerdedir. Bu sebeple radyasyona maruz kalan dokular kendini yenileyebilir. Kronik radyasyona karşı vücudun kendini yenileyebilmesi için maruz kalınan dokuların türü, bağışıklık sistemi, beslenme, hastalıklar gibi faktörler büyük önem arz etmektedir.

2.2.4. Radyasyon Kanser İlişkisi

Kontrolsüz olarak büyüyen ve anormal olarak yayılan hastalıklar gurubuna kanser ismi verilmektedir. Eğer anormal yayılma önlenemez ise hasta ölebilmektedir. Kansere sigara kullanımı, enfeksiyon yapan organizmalar, kimyasallar ve **radyasyon** gibi **dış faktörler** ile kalıtsal mutasyonlar, hormonlar, bağışıklık sorunları ve metabolizmada meydana gelen mutasyonlar gibi iç faktörler sebep olmaktadır. Bu faktörlerin her hangi biri tek başına kansere sebebiyet verebileceği gibi birlikte de kansere yol açabilir. On veya daha fazla yıl boyunca radyasyon gibi dış faktörlere maruz kalan bireylerde kanser teşhis edilebilmektedir [20].

Radyasyonun dokulara etkileri bölümünde açıklandığı gibi bazı dokularımız radyasyonu karşı aşırı duyarlıdır. Bu sebeple bu dokularda kanser olma riski oldukça yüksektir. Tablo 2.3.'de kanser türleri ve radyasyon ilişkisi verilmiştir.

Tablo 2.3. Kanser türlerine radyasyonun etkisi [21]

Ciddi Kanser Etkisi	Kanser Etkisi	Düşük Kanser İhtimali
Kan Kanseri (Lösemiler)	Mesane Kanseri	Hodgkin Hastalığı (Lenfoma)
Tiroit Kanseri	Beyin ve Sinir Kanserleri	Kemik Kanseri
	Meme Kanseri	Pankreas Kanseri
	Kolon Kanseri	Prostat Kanseri
	Yemek Borusu Kanseri	Rahim ağzı kanseri
	Böbrek Kanseri	
	Karaciğer Kanseri	
	Akciğer Kanseri	
	Lenf Kanserleri	

2.3. RADYASYONUN ÖLÇÜMÜ

Radyasyondan korunmada ortam radyasyonunu ve maruziyet değerlerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Radyasyon ölçümünde kullanılan bütün detektörler, radyasyonla maddenin etkilenmesi sonucunda meydana gelen iyonlaşma ve uyarma olaylarına karşı gösterdikleri duyarlılıkla çalışmaktadır [22].

Radyasyon dozimetreleri maruziyet, kerma, soğurulan doz eşdeğer doz veya hızlarının ve iyonize radyasyon ile ilgili başka değerleri ölçebilen veya değerlendirebilen sistemler, cihazlar veya devrelerdir. Radyasyon dozimetreleri radyasyon kontrol aletleri olarak radyasyon ölçümünde kullanılmaktadır. Dozimetrelerde doğruluk ve kesinlik, lineerlik, doz hızına bağlılık, enerjiye bağlılık, yöne bağlılık, şekil ve boyutlar, okunabilirlik, kullanım kolaylığı gibi özelliklerin bulunması gerekmektedir. Radyasyon ölçümü ortam ölçümü ve kişisel maruziyet ölçümü olarak iki şekilde yapılmaktadır

2.3.1. Kişisel Maruziyet Ölçümü

Personelin maruz kaldığı radyasyonun ölçümü maruziyet doz ölçümü şeklinde adlandırılır, tüm vücut ve kısmi vücut ışınlaması ölçümü olarak iki şekilde yapılır. Tüm vücut ışınlamasında vücudun aldığı toplam doz ölçülmektedir. Kısmi vücut ışınlaması ölçümü ise göz lensi, eller, kollar ayaklar gibi vücudun belirli bölgesinin maruziyet dozunun ölçülmesi amaçlamaktadır. Bazı durumlarda tüm vücut ölçümü yapılır ve hesaplamalarla vücudun belirli bölgelerinin muhtemel aldığı dozlar tespit edilir.

2.3.1.1. Film Dozimetreleri (Personel Yaka Kartı Dozimetreleri)

Bütün vücut ışınlaması değerinin tayininde en yaygın alet, personel kontrol filmidir. Filmin cevabını (response) enerjiden bağımsız kılmak ve farklı tiplerdeki radyasyonların dozlarını tayin edebilmek amacıyla film kısım-kısım kadmiyum, kurşun veya diğer uygun maddelerle kaplanır; bütün sisteme de film dozimetresi adı verilir. Film dozimetresi, düşük enerjili elektromanyetik radyasyona veya beta ışınlarına maruz bırakılmışsa, bu radyasyonların filtrelerde kısmen veya tamamen soğurulmalarının bir sonucu olarak, filmin kaplanmamış kısmındaki kararın, kaplanmış kısımlarındakinden daha fazla olacaktır. Kaplanmış ve kaplanmamış kısımlardaki kararın derecelerinin ölçümü, karışık radyasyona ait olan ışınlama dozlarının ayırt edilmesinde ve bunların değerlerinin tayininde kullanılabilir. Ayrıca yavaş nötronlara maruz kalma halinde, kadmiyum gibi uygun bir filtre altında; filtredeki (n, gama) reaksiyonundan meydana gelen kararın artışı, yavaş nötron dozunun tayini için kullanılabilir.

2.3.1.2.Yüzük ve Bileklik dozimetreler

Vücudun sadece bir kısmının ışınlanması halinde radyasyon dozimetlerinden herhangi biri kullanılabilir. Bununla beraber çalışmalara engel olmaksızın yalnız parmaklardaki ışınlanmayı ölçmek için parmak film dozimetreleri veya eldeki ışınlanmayı ölçmek için bileklik dozimetreleri gibi daha küçük aletler kullanılmıştır. Bu gibi dozimetrelerde kullanılan filmler daha küçük boyutlardadır. Bunlar genellikle parmaklara kolaylıkla takılabilen yüzükler ve bileğe takılan çalışmayı engellemeyecek şekilde tasarlanmış bileklikler şeklindedir.

2.3.1.3.Cep iyonizasyon odaları (Anlık radyasyon dozimetreleri)

Bu aletler maruz kalınan radyasyon değerinin anında tespit edilebilmesini sağlamaktadır. Acil durumlar, bakım çalışmaları veya radyoaktif malzemelerle yeni işlemler halleri gibi, maruz kalınan radyasyon seviyelerinin bilinmediği her yerde personele dağıtılan cep iyonizasyon odaları maruz kalınan radyasyon değerini anında gösterecektir. Normal tipteki cep iyonizasyon odası, sadece maruz kalınan gama radyasyon değerinin tespitinde kullanılabilir. Maruz kalınan beta veya nötron değerinin tesbitinin gerektiği hallerde, özel bir cep iyonizasyon odası temin edilmelidir.

2.3.2. Radyasyonlu Ortam Ölçümü (Radyasyon Alan Monitörleri)

Radyasyon alan monitörleri ortamdaki radyasyonu ölçmeye yarayan aletlerdir. Bölge kontrol aletleri genellikle bir sayaçlı uç (prob) ve bunun bağlı olduğu elektronik devre sisteminden ibarettir. Sayaçlı uç aletin en hassas elemanıdır. Sayaçlı ucun hassas hacminde meydana gelen iyonizasyonun okunması ile ortamdaki radyasyon miktarı ölçülmüş olacaktır.

2.4. RADYASYONUN SAĞLIKTA KULLANIMI

2.4.1 Radyasyon Uygulamaları

Radyasyon teknolojik gelişmelerle birlikte tıpta tanı ve tedavi amaçlı olmak üzere birçok uygulamada kullanılmaktadır. Sağlıkta radyasyon kullanımı uygulama şekilleri açısından kendi içinde radyoloji, radyoterapi (ışın tedavisi) ve nükleer tıp uygulamaları olarak farklı alanlara ayrılmaktadır.

2.4.1.1.Radyoloji Uygulamaları

Radyoloji X ışınları kullanılarak hastanın belirli organ veya dokularının görüntüsünün elde edilmesini amaçlar. X ışını cihazlarından hastaya gönderilen ışınlar hastada farklı doku yoğunluklarına göre farklı şekilde soğurulur. Hastadan geçen ışınlar ise radyografik film üzerine düşürülerek görüntü elde edilir. Bu işleme grafi denir. Elde edilen görüntünün şiddetlendirici vasıtasıyla bir monitöre aktarılmasına ise skopi denilmektedir. Röntgen cihazı olarak adlandırılan radyografi cihazı, meme kanserli doku filmlerinin çekildiği Mamografi cihazı, bilgisayar sistemlerinin kullanıldığı dijital radyografi cihazı, kafatası filmlerinin çekildiği tomografi cihazı, radyoloji cihazlarının başında gelmektedir. Ayrıca diş hekimliğinde de diş filmlerinin çekilmesi amacıyla X ışını cihazları kullanılmaktadır. Skopi altında hasta tedavisinin yapıldığı girişimsel radyoloji uygulamalarında da yine X ışını cihazları kullanılmaktadır. Radyolojide kullanılan radyasyon kaynakları X ışını cihazlarıdır. X ışını cihazları yalnızca elektrik kaynağı açık olduğundan radyasyon yaymaktadır [23].

2.4.1.2.Radyoterapi (Işın Tedavi) Uygulamaları

Radyasyon onkolojisi (radyoterapi) bölümlerinde hastaların tümör tedavilerinde radyoterapi yöntemi kullanılır. Hastadan yaklaşık bir metre mesafedeki bir kaynaktan yayınlanan radyasyon demetleri kullanılarak yapılan tedaviye teleterapi yani uzaktan tedavi denir. En çok kullanılan teleterapi cihazları radyoaktif Kobalt kaynağı içeren cihazlar ile lineer hızlandırıcılardır [23].

Radyasyonun kanser hücrelerine bir mesafeden değil de doğrudan kanser dokusunun içine veya çevresine verilmesi ile yapılan tedaviye ise brakiterapi yani yakın mesafeden tedavi denir. Bu yöntemde radyoaktif kaynaklar özel aplikatörlerle veya doğrudan iğne, tel, çekirdek şeklinde doku içerisine yerleştirilebilir. Brakiterapi uygulamaları sonradan kaynak yükleyen cihazlar ile

yapılabildiği gibi herhangi bir cihaza gereksinim duymadan radyoaktif maddelerin doğrudan hastaya yerleştirilmesi (manuel brakiterapi) şeklinde de yapılabilmektedir [23].

2.4.1.3.Nükleer Tıp Uygulamaları

Nükleer tıp, radyofarmasötik kullanılarak in-vivo ve in-vitro yöntemlerle hastalıkların tanı ve tedavisinin yapıldığı bir yöntemdir. Radyofarmasötikler ilaç ve radyoizotop bileşikleridir. In-vitro uygulamalar, canlıdan alınan kan, idrar gibi biyolojik örneklerin radyoaktif maddelerle işaretlenerek incelenmesini; in vivo uygulamalar ise radyoaktif kaynakların ağız, solunum veya damar yoluyla hastaya verilmesini takiben çeşitli görüntüleme yöntemleri kullanılarak incelenmesini ifade eder. Nükleer tıpta kullanılan radyoaktif maddeler, hastaya genellikle sıvı halde teşhis amacıyla enjeksiyon yolu ile, tedavi amacıyla ise daha çok ağızdan verilir. Tanısal çalışmalarda en çok kullanılan radyoizotoplar başlıca Tc-99m ve F-18 olmak üzere I-131, I-125, Tl-201, Ga-67 ve In-111'dir [23].

Nükleer tıp görüntüleme sistemleri; düzlemsel tek foton görüntüleme (gama kamera), tomografik tek foton görüntüleme (SPECT) ve pozitron emisyonu tomografisi (PET) olarak ayrılır. Bu görüntüleme sistemleri bilgisayarlı tomografi ile birleştirilerek SPECT-CT, PET-CT sistemleri geliştirilmiştir.

2.4.2. Radyasyonlu Alanlar ve Radyasyon Çalışanları

Radyasyondan korunmada radyasyonlu alanların ve radyasyonla çalışan personellerin bilinmesi oldukça önemlidir. Radyasyon dozuna bağlı olarak yapılan çalışma koşulları ve alanlar aşağıdaki şekildedir [24].

Çalışma Koşulu A: Yılda 6 mSv'den daha fazla etkin doza veya göz merceği, cilt, el ve ayaklar için yıllık eşdeğer doz sınırlarının 3/10'undan daha fazla doza maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşullarıdır. (grafi, skopi/anjiyo ve görüntüleme cihazlarının bulunduğu odalar, tedavi odaları, sıcak odalar, enjeksiyon (akıtma) odaları gibi yerlerde görev yapanlar)

Çalışma Koşulu B: Çalışma Koşulu A'da verilen değerleri aşmayacak şekilde yılda 1 mSv'in üzerinde radyasyon dozuna maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşullarıdır. (denetimli alanlara bitişik alanlarda çalışanlar, kemik densitometre, kan ışınlama cihazlarının bulunduğu odalar gibi yerlerde görev yapanlar)

Denetimli Alan: Radyasyon görevlilerinin giriş ve çıkışlarının özel denetime, çalışmalarının radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlı olduğu ve yılda 6 mSv'den fazla radyasyon dozuna maruz kalınabilecek alanlardır. (grafi, skopi/angiyo gibi radyoloji cihazlarının bulunduğu odalar, nükleer tıp laboratuvarları gibi)

Gözetimli Alan: Yılda 1 mSv'in aşılma olasılığı olup, 6 mSv'in aşılması beklenmeyen, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen fakat çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır. (kemik densitometre, mamografi, kan ışınlama cihazlarının bulunduğu odalar, gibi).

Radyasyon Alanı: Maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlardır.

Radyasyonlu alanlarda çalışan personeller aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

Radyasyondan Korunma Sorumlusu: Radyasyondan korunmada temel güvenlik standartlarını yapılan işin niteliklerine göre uygulayacak, bu alanda eğitim ve deneyimi belgelenmiş ve TAEK tarafından onaylanmış kişidir.

Radyasyon Görevlisi: Denetimli ve gözetimli alanlarda görevi gereği radyasyon kaynağı ile çalışan kişidir.

Medikal Fizikçi (Tıbbi Fizik Uzmanı): Radyasyonun tıbbi uygulama alanlarına göre radyoterapi, radyoloji ve nükleer tıp fizikçisi olarak isimlendirilen ve almış olduğu eğitim ve deneyimi belgelenerek onaylanmış kişidir.

Radyoterapi Fizikçisi: Fizik lisans, fizik mühendisliği veya nükleer mühendislik eğitimi üzerine, tercihen radyasyon onkolojisi veya ilgili bilim alanında lisansüstü eğitim yapmış kişidir.

Tekniker: Sağlık Meslek Yüksek Okulu; Radyoloji veya Radyoterapi Bölümü mezunu kişidir.

Teknisyen: Sağlık Meslek Lisesi; Radyoloji veya Radyoterapi Bölümü mezunu kişidir.

Harici Görevli: Lisans sahibi ve çalıştırdığı kişiler dışında, kendi adına iş yürüten veya yüklenici tarafından Çalışma Koşulu A'da görevlendirilen kişidir. (hizmet alımı yoluyla çalışan sağlık personeli, teknik personel, temizlik personeli, bakım-onarım hizmetlerini veren kişiler gibi)

2.5. RADYASYON GÜVENLİĞİ

2.5.1. Radyasyon Güvenliği Tarihsel Gelişimi

Wilhelm C. Röntgen tarafından 1895 yılında X ışınlarının keşfedilmesinden sonra 1896 yılında Henri Becquerel tarafından radyoaktivite keşfedildi. Radyasyonun ilk yıllarda bilinen etkileri gözle görülebilen kızarıklıklar ve yaralardı. Böylece yirminci yüzyılın başından itibaren radyasyon kullanan kişilerin radyasyondan korunması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Radyasyon uygulaması yapan kişiler kendilerini radyasyondan korumak için kaynaktan uzak durma, az süreyle çalışma gibi yöntemler uygulamaktaydılar. Daha sonraki yıllarda radyasyonun zararlı etkileri anlaşılmaya başlandı, radyasyon güvenlik prensipleri, radyasyondan korunmaya yönelik kurumlar ve mevzuatlar oluşturuldu. Aşağıdaki Tablo 2.4.'de uluslararası alanda ve ülkemizde Radyasyon Güvenliğinin tarihsel gelişimi bulunmaktadır. Koyu renk ile yazılmış olan gelişmeler ülkemizdeki faaliyetleri göstermektedir [25].

Tablo 2.4. Yıllara göre radyasyon güvenliği alanında yapılan faaliyetler

1896	Grubbe X ışınlarının ellerde oluşturduğu dermatit etkiyi (deri iltihabı) tanımladı.
1897	Röntgen Derneği (Londra) kuruldu.
1911	Uluslararası radiom standardı ve aktivite birimi olarak curie benimsendi.
1915	Röntgen derneği X ışınları için önlemler alınması gerekliliğini tavsiye etti.
1925	Birinci Uluslararası Radyoloji Kongresinde (Londra) ICRU (Uluslararası Radyolojik Birimler Komisyonu) kuruldu.
1925	ICRU tarafından deri iltihabı için yıllık 600 mSv tolerans doz olarak kabul edildi.
1928	Uluslararası X ışınları ve Radyumdan Korunma Komitesi ICRXP kuruldu. (1934 yılında ICRP Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu oldu.)
1928	ICRU Röntgeni maruziyet birimi olarak benimsedi.
1929	Amerikan X ışınları ve Radyumdan Korunma Komitesi ACXRP kuruldu. 1946 da NCRP oldu.
1931	ACXRP vücut doz limiti değerini günlük 0.2 Rem (2 mSv) olarak tavsiye etti.
1933	Irene Curie yapay radyoaktiviteyi keşfetti.
1934	ICXRP maruziyet sınır değerini günlük 0.2 R (2 mSv) olarak tavsiye etti.
1934	ACXRP eller için sınır değeri 5 R (50 mSv) olarak tavsiye etti.
1934	Chicago Üniversitesinde Manhattan Projesi ilk reaktör ile göreve başladı.

Tablo 2.4. Yıllara göre radyasyon güvenliği alanında yapılan faaliyetler (devam)

1937	3153 sayılı Radyoloji, Radyom ve Elektrikle Tedavi ve Diğer Fizyoterapi Müesseseleri Hakkında Kanun yürürlüğe girdi.
1945	Atom bombası Hiroşima ve Nagazaki'ye atıldı. 6 ve 9 Ağustos 1945
1953	ICRU soğurulan doz tanımını geliştirdi.
1953	ICRP 90 Radyoizotop için maksimum müsaade edilebilir konsantrasyonu belirledi.
1955	UNSCEAR Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Komisyonu kuruldu.
1955	NCRP mesleki maksimum müsaade edilebilir doz (MPD) değerini 5 R (50mSV) olarak belirledi.
1956	6821 sayılı Yasa ile Başbakanlık'a bağlı olarak Ankara'da Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği kuruldu.
1957	IAEA kuruldu.
1957	İngiltere'de "Windscale fire" radyoaktif iodin kazası meydana geldi.
1958	UNSCEAR maruziyet kaynakları ve biyolojik zararlı üzerine ilk raporunu yayınladı.
1958	ICRP MPD maksimum müsaade edilebilir sınır değerleri yıllık 50 mSv olarak benimsedi.
1959	ICRP ALARA prensibini (Pratikteki en düşük doza maruz kalmak) açıkladı.
1962	Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nin (ÇNAEM) kuruldu.
1962	Sonradan yüklemeli brakiterapi cihazı İsveç'te icat edildi.
1967	6821 sayılı Yasaya dayalı "Radyasyon Sağlığı Tüzüğü" yürürlüğe girdi.
1968	1968 yılında "Radyasyon Sağlığı Yönetmeliği yürürlüğe girdi.
1973	TAEK tarafından 1973 yılında 3550 radyasyon görevlisine kişisel dozimetre hizmeti verildi.
1977	ICRP efektif-eşdeğer doz terminolojisini ve gereklilik-minimum doz-doza sınır değerleri prensiplerini tanımladı.
1979	Three Mile Island kazası gerçekleşti. 28 Mart 1979
1980	Euratom Direktifi 80/836 yayımlandı. Çalışanlar ve toplum için radyasyon güvenlik gereksinimleri ve maruziyet sınır değerlerini içeren direktif.
1982	Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği 2690 sayılı Yasa ile Başbakan'a bağlı olarak Türkiye Atom Enerjisi Kurumu adı ile yeniden yapılandırıldı.
1986	Çernobil kazası meydana geldi.26 Nisan 1986
1991	IAEA Çernobil'in Sağlık Etkileri raporunu yayınladı.
1991	TAEK tarafından "Nükleer Tanımlar Yönetmeliği" yayımlandı.
1991	ICRP maruziyet sınır değerlerinde revizyona gitti. Yıllık doz limit değerlerini 20 mSv olarak belirledi ve efektif doz terminolojisini benimsedi.
1996	IAEA Radyasyon Güvenliği için Uluslararası Temel Güvenlik Standardını yayınladı.

Tablo 2.4. Yıllara göre radyasyon güvenliği alanında yapılan faaliyetler (devam)

1996	96/29/Euratom sayılı Konsey Direktifi 13 Mayıs 1996 tarihinde yayınlandı. İyonize radyasyondan doğan zararlara karşı çalışanları ve toplumun korunması için temel güvenlik standartların oluşturulmasına ilişkin direktif.
1997	90/641/Euratom sayılı Konsey Direktifi 4 Aralık 1990 tarihinde yayınlandı. Kontrollü alanlarda çalışmalarını sırasında iyonizan radyasyona maruz kalan işçilerin dışarıda korunmasına ilişkin direktif.
1998	İstanbul Radyolojik kazası yaşandı. Aralık 1998 - Ocak 1999
2011	11 Mart 2011 tarihinde Fukuşima Nükleer Santrali Kazası Yaşandı
2012	30.06.2012 tarihinde 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yayınlandı.
2012	05.07.2012 Tarihinde Sağlık Hizmetlerinde İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynakları İle Çalışan Personelin Radyasyon Doz Limitleri Ve Çalışma Esasları Hakkında Yönetmelik Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlandı.
2013	Radyoaktif Atık Yönetmeliği TAEK tarafından yürürlüğe kondu.
2014	“İş Sağlığı ve Güvenliğinde Radyasyondan Korunmanın Yeri ve Önemi” konulu çalıştay Antalya’da yapıldı.
2015	Kasım 2015’de 1.Ulusal Radyasyondan Korunma Kongresi Ankara’da düzenlendi.

Tablo 2.4.’ de görüldüğü gibi zaman içerisinde radyasyon güvenliği üzerine bilimsel kurulların kurulması, mevzuatların hazırlanması ve araştırmaların yapılması ile radyasyonun zararlı etkileri daha iyi anlaşılmıştır. Aşağıdaki Tablo 2.5.’de görüldüğü gibi yaklaşık yüz yıllık bir tarihsel gelişim içerisinde radyasyon maruziyeti için tavsiye edilen sınır değerler yaklaşık 30 kat düşürülmüştür [26].

Tablo 2.5. Yıllar içerisinde tüm vücut için belirlenen maruziyet sınır değerleri

Yıl	Limit Değer	Eşdeğer Doz (mSv***)	Sınır değerinin aşılması ile oluşma olasılığın artacağı sağlık problemi
1925	Tolerans değer*	600	Deride kızarıklık, deri iltihabı
1934	ICRP**	500	Anlık etkiler.
1950	ICRP	150	Somatik etkiler.
1977	ICRP	50	Genetik etkiler.
1990	ICRP	20	Olasılık etkisi (Kanser riski)
2005	ICRP	20?	Kanser etkisi.

*Uluslararası Radyolojik Birimler Komisyonu tarafından benimsenen değer.

**Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonunun raporlarında tavsiye ettiği değerler.

***1990 yılından önceki değerler Rem değerleri mSv değerine çevrilmiştir.

2.5.2. Radyasyon Kullanım Kuralları

Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu tarafından 1977 yılında benimsenen üç temel radyasyon güvenliği kuralı bulunmaktadır. Bu temel kurallar radyasyonun olası etkilerinde dolayı henüz kullanmaya başlanmadan uygulanması gereken kurallardır. Bunlar **gereklilik, en düşük doz ve doz sınırları** kurallarıdır [27].

Gereklilik, kuralı bireysel zararına rağmen ancak net bir fayda sağlanacak ise radyasyon kullanılmalıdır şeklinde ifade edilmiştir. Örnek olarak Öksürük şikâyeti ile hastaneye gelen bir hastanın akciğerlerinin durumunun öğrenilmesi gerekiyorsa ve akciğer dinleme yöntemiyle yapılan bulgulardan daha fazlası gerekiyor ise, cerrahi yöntemle akciğeri açmanın hasta için zararlı etkileri çok yüksek olacağından, hastanın akciğer durumunun öğrenilmesi için radyasyon yayan röntgen cihazının kullanılması net bir fayda sağlamaktadır. Gereklilik koşulu eğitilmiş hekim kararı ile hastanın radyasyon güvenliğini sağlamak için oluşturulmuştur. Fakat gereklilik koşulu çalışanın sağlığını ve güvenliğini de dolaylı olarak ilgilendirmektedir. Gereklilik olmadığı halde istenen her radyasyon uygulaması o uygulamayı yapan radyasyon görevlisinin radyasyon maruziyet değerini artırmaktadır.

En Düşük Doz net fayda sağlanabilmesi için uygulanabilecek en düşük doz olarak tanımlanmıştır. Önceki bölümlerde bahsettiğimiz gibi radyasyon sağlık etkileri radyasyon dozu, hedef organ kişi yaşı ve daha birçok etkenlere bağlıdır. Bu yüzden mümkün olan en düşük ve etkin doz uygulanmalıdır. Aşağıdaki Tablo 2.6.'da tıbbi uygulamalarda sıklıkla kullanılan radyoizotopların doz hızları verilmiştir. Radyasyon dozunu çok düşük tutma sonucu okunması zor filmler ile uygulamanın tekrarlanması yoluyla yüksek doza maruz kalınabileceği gibi, yüksek ışınlamayla filmler çekerek gereksiz yere hasta fazla doza maruz kalınmış olabilir. Bu koşul da gereklilik koşulu gibi doğrudan hasta için konulmuş bir kural değildir. Fakat bu kural ile hastanın ışınlanması işlemleri sırasında radyasyon uygulamasını yapan çalışanın da yüksek doza maruz kalması engellenmiş olmaktadır. En düşük doz kuralı radyoizotopları ve radyofarmasotikleri üreten laboratuvarlar ve bu radyoizotopları kullanan sağlık kuruluşlarında da uygulanmalıdır.

Tablo 2.6. Radyoizotop doz hızları [28]

Radyoizotop	Yarılanma Süresi	Doz Hızı (Millirem/saat)	Radyasyon Türü	Radyasyon Enerjisi (MeV)
Kalsiyom-45	163 gün	0	β^-	0.258
Karbon-14	5730 yıl	0	β^-	0.156
Sezyum-137	30 yıl	8.3	$\beta^- \gamma$	0.514, 0.662
Krom-51	28 gün	0.02	γ	0.320
Kobalt - 60	5.3 yıl	1.4	$\beta^- \gamma$	0.318, 1.173, 1.332
Hidrojen-3	12.3 yıl	0	β^-	0.018
İyod-125	60 gün	0.3	X γ	0.027, 0.035
İyod-131	8 gün	4.7	$\beta^- \gamma$	0.606, 0.364
Demir-59	45 gün	0.7	$\beta^- \gamma$	0.466, 1.292
Molibden-99	66 saat	23.3	$\beta^- \gamma$	1.214, 0.739
Nikel-63	100 yıl	0	β^-	0.067
Fosfor-32	14 gün	33.6	β^-	1.710
Sodyum-22	2.6 yıl	4.2	$\beta^+ \gamma$	0.546, 1.275
Sodyum-24	15 saat	35.0	$\beta^- \gamma$	1.391, 1.369, 2.754
Sülfür-35	87 gün	0	β^-	0.167
Teknesyum-99	6 saat	0.12	γ	0.140

Doz sınırları ise yapılan deneyler, istatistik veriler ve araştırmalar sonucunda radyasyonun doza bağlı olası etkilerinden kaçınmak amacıyla toplum ve radyasyon personeli için müsaade edilen maksimum dozları ifade etmektedir. Bu sınır değerler ICRP (Uluslar arası Radyolojik Korunma Komisyonu) tarafından yayınlanan standartlarda verilen sınır değerler referans alınarak IAEA tarafından çıkarılan güvenlik standartlarında ve ülkelerin mevzuatlarında belirtilmektedir. Tablo 2.7’ de görüldüğü gibi sınır değerler radyasyon çalışanı ve toplum için birbirinden farklı olup vücudun bölgeleri için de farklılık göstermektedir.

Tablo 2.7. Radyasyon sınır değerleri [29]

	Radyasyon Görevlileri (mSv/yıl)	Toplum (mSv/yıl)
Etkin Doz (Efektif doz)	20	1
Eşdeğer Doz (Göz)	150	15
Eşdeğer Doz(Cilt)	500	50
Eşdeğer Doz (Kol-Bacak)	500	50

Normal uygulamalarda ortaya çıkan ve yıllık doz sınırları üzerinde etkin doza maruz kalmayı gerektiren, fakat ışınlanmanın dışında başka yöntemlerin bulunmadığı özel durumlarda TAEK'in izniyle özel ışınlamalar yapılabilir. Özel durumlarda ışınlamaya maruz kalacak radyasyon görevlileri için doz sınırları herhangi bir yılda 50 mSv'i, birbirini takip eden 5 yıl içinde ortalama yıllık 20 mSv'i ve toplamda 100 mSv'i geçmemelidir.

2.5.3 Radyasyondan Korunma Kuralları

Radyasyondan Korunma ise radyasyon kullanımını koşullarını tamamlayıcı bir radyasyon güvenlik prensibidir. Radyasyondan korunma önceki bölümlerde açıkladığımız gibi radyasyonun fiziksel özellikleri, maddeye ve canlıya etkisi gibi konularla ilgilidir. Radyasyondan korunmaktaki amaç radyasyonla çalışırken mümkün olan en düşük radyasyon dozuna maruz kalmaya çalışmaktır. Bu sistem ALARA prensibi olarak ifade edilmektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için üç önemli kural bulunmaktadır. Bunlar zaman, mesafe ve zırlama olarak adlandırılmaktadır. Bu kurallar radyasyon kullanımında İSG prensipleri için en önemli kurallardır.

Zaman kuralı, radyasyonun bir doz hızının olmasından dolayı oldukça önemlidir. Doz dokunun maruz kaldığı dozu, doz hızı kaynaktan yayılan dozun hızını, zaman ise maruziyet süresini belirtmek üzere

$$\text{Doz} = \text{Doz hızı} \times \text{Zaman} \quad (2.2)$$

Formülü ile hesaplanır. Görüldüğü üzere zaman ne kadar düşük olursa maruziyet de o kadar az olacaktır. Bu yüzden radyasyona mümkün olduğunca az süreyle maruz kalınmalıdır.

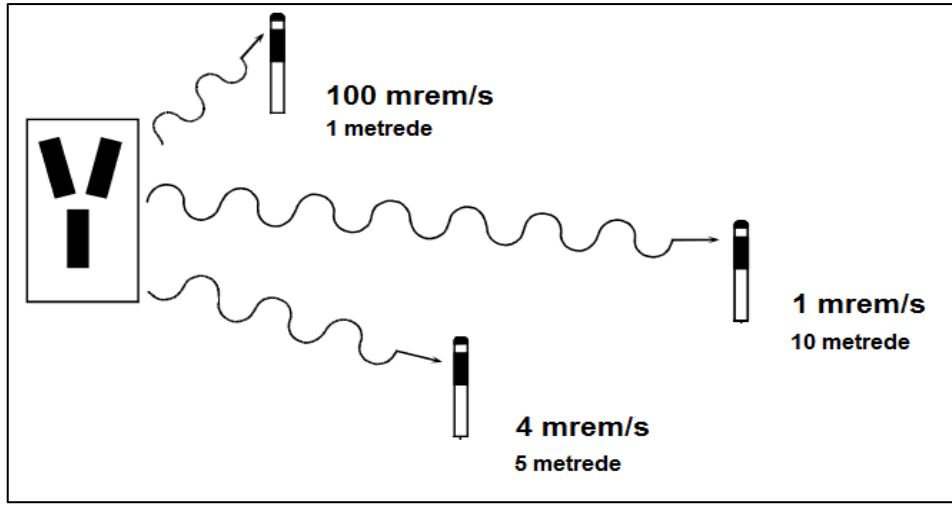
Mesafe kuralı, radyasyonun şiddetinin uzaklıkla azalmasından dolayı oldukça önemlidir. Bir radyoaktif kaynaktan belirli bir uzaklıktaki doz hızı değeri bir kere ölçüldüğünde başka bir uzaklık için doz hızı değeri uzaklıkların kareleri ile ters orantılı olacaktır. Mesafe kuralında kaynağın doz hızı;

D1: kaynaktan d1 uzaklığındaki doz hızı,

D2: kaynaktan d2 uzaklığındaki doz hızı olmak üzere

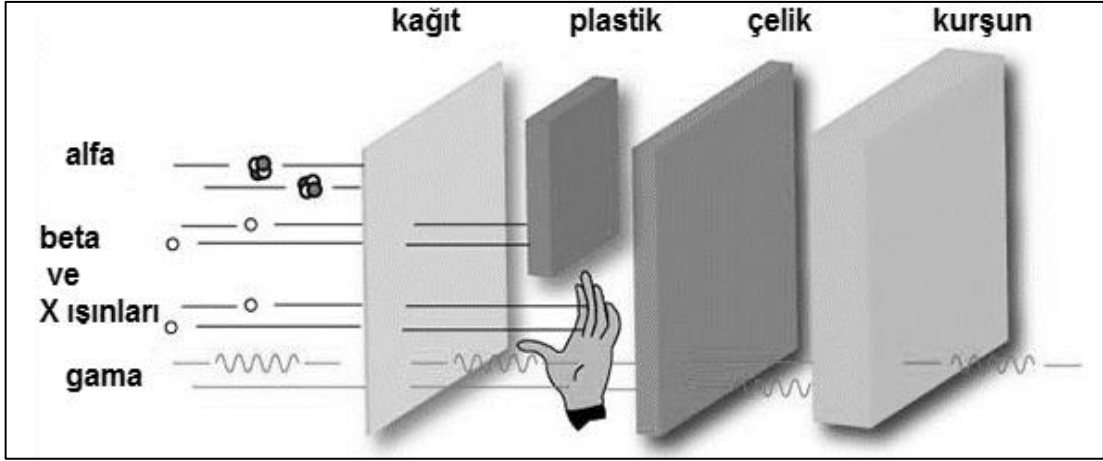
$$D2 = D1 \times \frac{(d1)^2}{(d2)^2} \quad (2.3)$$

Formülü ile hesaplanır. Bu hesaplama kaynağın boyutları göz önüne alınan uzaklıklara göre çok küçük olduğu durumlarda yani nokta kaynak kullanımında doğru sonuç verdiğinden radyasyonun tıbbi uygulamalarında bu formül kullanılır. Şekil 2.9’da görüldüğü gibi bir metrede ölçülen doz değeri saatte 100 mrem iken 5 metrede 4 mrem’e ve 10 metrede ise 1 mrem’e düşmüştür. Yani mesafeyi maksimuma çıkarmak dozu minimuma indirecektir. Radyasyon doz hızları birçok radyoizotop için bilinmekte iken bazıları için ise hesap yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.5. Radyasyonun uzaklıkla azalması [30]

Zırlama (Korunma) kuralı ise radyasyonun madde ile etkileşiminin bir sonucu olarak karşımıza çıkan bir zorunluluktur. Radyasyon maddeye ulaştığında enerjisine ve tipine bağlı olarak maddede soğurulabilir veya enerjisinin bir kısmı maddede soğurulmasına karşın maddeyi geçebilir. Bu sebeple radyasyonun tipine ve enerjisine göre radyasyona karşı zırlama gerekmektedir. Şekil 2.6.’da görüldüğü alfa taneciği gibi ağır radyasyonlar ince maddeler ile durdurulabilirken daha küçük boyutlarda ve enerjisi yüksek radyasyonlar daha gericidirler. Gama radyasyonu enerjisine bağlı olarak kurşun blokları bile geçebilmektedir. Fakat radyasyonun maddeye etkileri bölümünde bahsettiğimiz gibi uygun kalınlıkta kurşun eşdeğerli malzemeler kullanılırsa gama radyasyonu veya yüksek gericilikteki betalar ve x ışınları da durdurulabilmektedir [31].



Şekil 2.6. Radyasyon türlerine karşı zırhlama [32]

Radyasyon şiddeti ya saniyede cm^2 başına erg ile ya da cm^2 başına watt ile ölçülür. Radyasyon maddeyi geçerken karışık etkilenmelerin bir sonucu olarak radyasyonun şiddetinde bir azalma olur. Şiddetteki bu azalmaya zayıflama denir. Zayıflama derecesi radyasyonun ve kullanılan maddenin tipine bağlıdır. Radyasyonu zayıflatma maksadıyla kullanılan maddelere zırhlama maddeleri denir. Bununla ilgili olarak yarı kalınlık değeri ve 1/10 kalınlık değeri terimleri sıklıkla kullanılmaktadır. Belirli bir kalitedeki radyasyon için bir maddenin yarı kalınlık değeri bu radyasyonun şiddetini yarıya indirmek için gereken kalınlıktır. Benzer olarak 1/10 kalınlık değeri de radyasyon şiddetini 1/10 değere indiren kalınlık olarak tanımlanmıştır. Tablo 2.8.'de sıklıkla kullanılan zırhlama maddeleri olan alüminyum ve kurşun için 1/10 kalınlık değerleri verilmiştir [33].

Tablo 2.8. Radyasyondan korunma amaçlı 1/10 kalınlık değerleri

Radyoizotop	Radyasyon Enerjisi (MeV)	Radyasyon Türü	Alüminyum Kalınlığı (cm)	Kurşun Kalınlığı (cm)
Kalsiyom-45	0.258	β^-	0,299	0,129
Sezyum-137	0.662	γ	11	1,78
Kobalt - 60	1.332	γ	14	3,15
İyod-131	0.364	γ	8,80	4,7
Demir-59	1.292	γ	15,75	3,52
Molibden-99	1.214	γ	15,26	3,35
Fosfor-32	1.710	β^-	7,05	2,5
Sodyum-22	1.275	γ	15,65	3,49
Sodyum-24	1.391	γ	16,33	3,68
Sülfür-35	0.167	β^-	0,14	0,05
Teknesyum-99	0.140	γ	0,29	0,12

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu araştırmanın amacı sağlık sektöründe iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalan çalışanlar için uygulamadaki İş Sağlığı ve Güvenliği önlemlerini araştırmak, analiz etmek ve çözüm önerilerinde bulunmaktır. Araştırmanın üç aşaması bulunmaktadır.

- Tıbbi uygulamalarda radyasyondan korunma için İSG önlemlerinin belirlenmesi
- Belirlenen önlemlerin araştırma yerlerinde alınıp alınmadığının araştırılması
- Radyasyon görevlilerinin radyasyon maruziyetinin İSG önlemleri ile ilişkisinin incelenmesi

Bu amaçla yapılan araştırmanın iş akış basamakları Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırmanın iş akış şeması

SIRA	İŞ AKIŞI
1.	Literatür araştırması. “Kütüphane ve internet ortamında Genel Bilgiler bölümünde açıklanan iyonlaştırıcı radyasyon hakkındaki bilgilerin araştırılması”
2.	Tıbbi uygulamalarda radyasyondan korunma için İSG önlemlerinin belirlenmesi.
3.	İSG önlemlerinin sınıflandırılarak Ek-1'deki “Tıbbi Uygulamalarda Radyasyondan Korunma İçin İş Sağlığı ve Güvenliği Kontrol Listesinin” hazırlanması.
4	Araştırma yerlerinin (Sağlık Kuruluşlarının Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp uygulaması yapan bölümleri) belirlenmesi.
5	Araştırma yerlerine kontrol listesinin uygulanması.
6	Araştırma yerlerindeki seçilen radyasyon görevlilerinin radyasyon maruziyet değerlerinin alınması.
7	Elde edilen verilerin istatistik hesapları ve bilgisayar programları yardımıyla değerlendirilmeye tabi tutulması.
8	Bulguların akademik yayınlar, mevzuat ve yapılmış başka araştırmalar çerçevesinde tartışılması.
9	Sonuçlara ulaşılması ve önerilerde bulunulması

3.1. KONTROL LİSTESİ

Çalışanların radyasyon maruziyetinin maksimum müsaade edilebilir dozların yani sınır değerlerin altında tutulması gerekmektedir. Çalışanın maruz kaldığı radyasyon dozu ne kadar düşük olursa çalışanın radyasyonun zararlı etkilerine maruz kalma riski de o kadar düşük olacaktır. Genel Bilgiler bölümünde açıklandığı gibi ICRP 1977 yılında yayınladığı tavsiye raporunda (ICRP 26) gereklilik, en düşük doz, sınır değerler, zaman, mesafe ve zırhlama prensipleri çerçevesinde çalışanın her türlü riske karşı korunması gerekliliğini ifade etmiştir. Çalışanın mümkün olabilecek minimum doz maruziyetini temel alan ALARA sistemi maruziyeti artırabilecek bütün risklerin belirlenmesi ve kontrol altına alınmasını amaçlamaktadır. Bunun için idari önlemlerin alınmasından atık yönetiminin yapılmasına, maruziyet ölçümlerinden çalışanın biyolojik gözlemine kadar birçok önlemin alınması gerekmektedir. ICRP raporlarının yanı sıra IAEA güvenlik standartlarında ve TAEK tarafından çıkarılan mevzuatta radyasyon kaynaklarıyla çalışmada önlemlerin alınıp alınmadığının kontrol listeleri ile kontrol edilebileceği belirtilmektedir. Radyasyondan korunmada İSG önlemlerinin denetlenmesi yine birçok araştırmada kontrol listesi yöntemiyle araştırılmaktadır. Bu yüzden radyasyon güvenliği önlemlerinin alınıp alınmadığının kontrolünü sağlamak amacıyla kontrol listesi uygulaması metodunun kullanılmasına karar verilmiştir.

Araştırma yerlerine uygulamak için ICRP raporları [34-44], IAEA güvenlik standartları [45-49], mevzuatlar [50-53], TAEK Radyasyon Çalışma Usül ve Esasları [54,55], radyasyon güvenliği üzerine hazırlanmış kontrol listeleri [56-60] ve akademik yayınlardan [61-64] faydalanılarak aşağıdaki Tablo 3.2.'de önlem başlıkları verilen EK-1' deki "Tıbbi Uygulamalarda Radyasyondan Korunma için İSG Kontrol Listesi" hazırlanmıştır. Kontrol listesi hazırlanırken çalışanı birinci dereceden veya dolaylı olarak ilgilendiren radyasyon güvenliği konuları ele alınmış, yalnızca hasta ve toplumu ilgilendiren konular kapsam dışında tutulmuştur. Böylece radyasyon güvenliği yalnızca çalışan açısından ele alınmaya çalışılmıştır.

Tablo 3.2. Kontrol listesi önlemlerine ait sınıflar ve önlem sayıları

Önlem Kodu	Önlemlerin Sınıflandırıldığı Başlıklar
KL01	İdari Önlemler
KL02	Talimatlar
KL 03	Kayıtlar
KL 04	Eğitimler
KL 05	Uyarı İşaretleri
KL 06	Zırhlama Önlemleri
KL 07	KKD Önlemleri
KL 08	Cihaz Önlemleri
KL 09	Maruziyet Ölçüm Ve Değerlendirme
KL 10	Ortam Ölçüm Ve Değerlendirme
KL 11	Radyoizotoplarla Çalışmada Uygun Araç Ve Gereçlerin Kullanımı
KL 12	Radyoaktif Atık Yönetimi
KL 13	Radyoaktif Bulaşma Önlemleri
KL 14	Radyasyon Acil Durum Önlemleri
KL 15	Radyasyon Biyolojik Değerlendirme Önlemleri

Tablo 3.2.'de kontrol listesinde bulunan önlem başlıklarının içerikleri kısaca aşağıda açıklanmıştır.

KL01-İdari Önlemler başlığındaki önlemler, radyasyon güvenliğinin sağlanabilmesi için Radyasyon Güvenliği Kurulunun kurulması, Radyasyondan Korunma Sorumlusunun belirlenmesi, planlamanın yapılması ve bütçenin hazırlanması gibi sağlık kuruluşlarında alınması gereken idari önlemleri belirtmektedir.

KL02-Talimatlar başlığındaki önlemler, radyasyon güvenliğinin sağlanabilmesi için geliştirilmiş olan (cihazların kullanım talimatı, atık yönetimi talimatı, bulaşmaya karşı önlemler talimatı vb.) talimatları belirtmektedir.

KL03-Kayıtlar başlığındaki önlemler radyasyon güvenliğinin sağlanabilmesi için gerekli olan cihaz bakım kayıtları, atık kayıtları, çalışanlara ve çalışma koşullarına ait diğer kayıtları belirtmektedir.

KL04- Eğitimler başlığındaki önlemler radyasyon uygulamalarında çalışırken alınması gereken radyasyon kullanımı ve radyasyon güvenliği üzerine eğitimleri ifade etmektedir.

KL05-Uyarı İşaretleri başlığındaki önlemler radyasyon uygulamalarına, radyasyon kaynaklarına ve cihazlara bağlı olarak sağlık kuruluşlarında bulunması gereken radyasyonun zararlı etkileri hakkında uyarıda bulunan yazıları ve şekilleri ifade etmektedir.

KL06- Zırhlama Önlemleri başlığındaki önlemler radyasyonun maddeyi geçebilme yetisinden dolayı sağlık kuruluşlarında alınması gereken zırhlama (bariyer maddeler ile radyasyonun çalışana ulaşmasını engellemeye çalışma) önlemlerini belirtmektedir.

KL07- Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) başlığındaki önlemler radyasyonun maddeyi geçebilme yetisinden dolayı zırhlama işlemlerinin yetersiz kalabileceği veya bulaşmanın olabileceği durumlarda çalışanın radyasyon maruziyet değerlerinin en aza indirilmesini sağlayacak kurşun önlük, eldiven, troid koruyucu vb. koruyucu donanım önlemlerini ifade etmektedir.

KL08- Cihaz Önlemleri başlığındaki önlemler x ışını yayan cihazlarda alınması gereken kalibrasyon, bakım onarım, kaynakta zırhlama gibi önlemleri belirtmektedir.

KL09- Maruziyet Ölçüm ve Değerlendirme başlığındaki önlemler çalışanın radyasyon maruziyet ölçümlerinin yapılması ve yaka kartı, bilek ve yüzük dozimetrelerin kullanımı ile ilgili önlemleri ihtiva etmektedir.

KL10- Ortam Ölçüm ve Değerlendirme başlığındaki önlemler radyasyonlu alanlarda ortamdaki radyasyon değerlerinin ölçülmesine yönelik alınması gereken önlemleri ifade etmektedir.

KL11- Radyoizotoplarla Çalışmada Uygun Araç ve Gereçler başlığındaki önlemler radyoizotoplarla çalışırken kullanılması gereken, pensler, maşalar, zırhlı kaplar vb araç gereçlerin kullanılması için alınması gereken önlemleri belirtmektedir.

KL12- Radyoaktif Atık Yönetimi başlığındaki önlemler radyoizotopların atık olarak saklanması, etiketlenmesi, atık depolarının kullanımı, atık personellerinin çalışması gibi durumlarda alınması gereken önlemleri ifade etmektedir.

KL13- Radyoaktif Bulaşma Önlemleri başlığındaki önlemler sıvı radyoizotopların küçük veya büyük dökülmeler veya hava yoluyla serpinti şeklinde çalışanlara bulaşma ihtimaline karşı veya bulaşma sonrası alınması gereken önlemleri belirtmektedir.

KL14- Radyasyon Acil Durum Önlemleri başlığındaki önlemler radyasyon kaynaklarına bağlı acil durumlar için, tatbikatlar, bildirim işlemleri gibi alınması gereken önlemleri belirtmektedir.

KL15- Radyasyon Biyolojik Değerlendirme Önlemleri başlığındaki önlemler radyasyon çalışanın biyolojik tetkiklerinin ve sağlık gözetiminin yapılması ve sürdürülmesi için alınması gereken önlemleri içermektedir.

Kontrol Listesindeki önlemlerin bazıları her uygulama için alınması gereken önlemler iken bazıları ise radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp uygulamalarına özel önlemlerdir. Bu amaçla kontrol listesinde önlemlerin hangi uygulamalarda kullanılması gerektiği aşağıdaki Tablo 3.3.'de açıklanmıştır. Kontrol listesindeki KL11, KL12 ve KL13 önlem başlıkları nükleer tıp uygulamaları için özel İSG önlemlerini ihtiva ettiğinden bu önlem başlıklarındaki İSG önlemleri yalnızca nükleer tıp bölümlerinde araştırılmıştır.

Tablo 3.3. Kontrol listesinde uygulamalar için alınması gereken önlemlerin kısaltmaları

G	Her uygulamada alınması gereken genel önlemler
RY	Radyoloji uygulamaları için özel İSG önlemleri
RT	Radyoterapi uygulamaları için özel İSG önlemleri
NT	Nükleer tıp uygulamaları için özel İSG önlemleri

3.2. SAHA ÇALIŞMASI

Kontrol Listesinin uygulanacağı araştırma yerlerinin seçiminde ise radyasyon yayan cihazlar, radyasyon uygulamaları ve radyoizotop kullanımı gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Ön belirlemesi yapılan araştırma yerlerinde (sağlık kuruluşlarında) ön teknik inceleme yapılarak araştırma yerleri netleştirilmiştir. Radyoloji ve nükleer tıp uygulamaları için tıbbi görüntüleme merkezleri, devlet, özel ve üniversite hastaneleri araştırma yeri olarak seçilmiştir. Radyoterapi uygulamaları için ise üniversite, devlet ve özel hastanelerde araştırma yapılmıştır. Kontrol listesinde bulunan her önlem başlığı için araştırma yerlerinde inceleme yapılmıştır. Araştırma yerleri ile ilgili bilgiler Tablo 3.4.' de bulunmaktadır.

Tablo 3.4. Araştırma Yerleri ve Araştırılan Radyasyon Uygulamaları Sayısı

Araştırılan Bölüm	Radyoloji (RY)	Radyoterapi (RT)	Nükleer Tıp (NT)
Bölüm Sayısı	20	20	20
Bölüm Kodları	RY01-RY20	RT01-RT20	NT01-NT20

Tablo 3.4.'de görüldüğü gibi her radyasyon uygulaması için 20 olacak şekilde toplamda 60 radyasyon uygulaması bölümü araştırılmıştır. Araştırma yerlerine kontrol listesi uygulanırken radyasyondan korunma sorumluları ile birlikte araştırma yapılarak gözlem hata oranı düşürülmeye çalışılmıştır. Kontrol listesi uygulanan her bölümde aşağıdaki “3.3. Maruziyet Ölçümü” bölümünde açıklandığı şekilde çalışanların radyasyon maruziyet değerleri de elde edilmiştir.

3.3.MARUZİYET ÖLÇÜMÜ

Kontrol Listesi uygulanan araştırma yerlerinde radyasyon görevlilerinin maruziyet değerleri alınmıştır. Radyasyon maruziyet değerlerinin ölçümü TAEK ve özel laboratuvarlar tarafından yapılmaktadır. Özel laboratuvarlar TAEK tarafından çıkarılan “Dozimetri Hizmeti Verecek Kuruluşlara İlişkin Usul Ve Esaslar” çerçevesince denetlenmekte ve TAEK tarafından uygunluk belgesi verilmektedir. Radyasyon Dozimetri laboratuvarları TS EN ISO/IEC17025, IEC 61066, 61526, 62387, TS 2628 ve ISO GUM standartlarına uygun olarak radyasyon maruziyeti ölçümü yapmaktadır. Sağlık kuruluşları TAEK’e veya uygunluk belgesine sahip özel laboratuvarlara personelin maruziyet ölçümünü iki aylık periyodlar halinde yılda altı periyod olacak şekilde yaptırmaktadır. Ve bu maruziyet değerleri RKS ler tarafından tutulmaktadır. Her radyasyon görevlisi kendi maruziyet değerlerini TAEK web adresinden görüntüleyebilmektedir. Çalışanların radyasyon maruziyet değerleri için RKS’ler tarafından tutulan maruziyet değerleri kullanılmıştır. Aşağıda Tablo 3.5.’de ölçüm yapılan araştırma bölümleri ve radyasyon görevlilerine ait bilgiler bulunmaktadır.

Tablo 3.5. Maruziyet değerleri için araştırma yapılan bölüm ve çalışan bilgileri

Araştırılan Bölüm Bölüm Kodu	Radyoloji RY01-RY20	Radyoterapi RT01-RT20	Nükleer Tıp NT01-NT20
Araştırılan Bölüm Sayısı	20	20	20
Araştırılan Radyasyon Görevlisi	Röntgen Teknisyeni	Radyoterapi Teknisyeni, Radyoterapi Fizikçisi	Nükleer Tıp Görevlisi (Teknisyen, Hemşire, Fizikçi, Kimyager)
Radyasyon Görevlisi Sayısı	60 3x20 (Her bölümde 3 radyasyon görevlisi)	60 3x20 (Her bölümde 3 radyasyon görevlisi)	60 3x20 (Her bölümde 3 radyasyon görevlisi)

Tablo 3.5.’de görüldüğü gibi maruziyet ölçüm sonuçları alınan çalışanlar her radyasyon uygulaması için eşit sayıda olacak şekilde belirlenmiştir. Araştırma yerlerinde her uygulamada 3 radyasyon görevlisinin yıllık radyasyon maruziyet değeri alınmıştır. Bu üç değer aritmetik ortalaması bölüm için ortalama yıllık maruziyet değeri kabul edilmiştir. Bu işlem için aynı radyasyon uygulaması işlemlerini yapan, radyasyon kaynakları ile eşit sürelerde çalışan, yakın

radasyon maruziyetine sahip olması beklenen çalışanların maruziyet değerleri kullanılmıştır. Her radasyon uygulaması için 20 farklı araştırma yerinde araştırma yapılmıştır. Radyoloji bölümlerinde röntgen teknisyenlerinin, radyoterapi bölümlerinde, radyoterapi teknisyenleri ve radyoterapi fizikçilerinin radasyon maruziyet değerleri alınmıştır. Nükleer Tıp bölümlerinde ise farklı teknik bölümlerden mezun kişiler çalıştığından radasyon uygulamalarını yapan Teknisyen, hemşire, fizikçi ve kimyagerlerin maruziyet değerleri alınmıştır.

3.4. ORTALAMA DEğER

Kontrol Listesindeki önlemlerin uygulamada alınıp alınmadığının derecelendirilmesi 5’li Likert lği temel alınarak yapılmıştır. Verilen puanlar ve anlamları Tablo 3.6.’da bulunmaktadır.

Tablo 3.6. Kontrol Listesi önlemlerin alınma durumu için 5’li Likert lği

5	Bütün nlemler alınmış.
4	önlemlerin az bir kısmı alınmamış.
3	önlemler orta düzeyde alınmış.
2	çok az sayıda önlem alınmış.
1	önlemler alınmamış.

Her nlem başlığı için araştırma yapılan bölümlere Tablo 3.6.’daki gibi verilen puanların her uygulama için aritmetik ortalaması alınmıştır. Bu ortalama değerler o önlem başlığı için ortalama puanı belirtmektedir. Böylece o önlem başlığı için 5 üzerinden önlemlerin alınma düzeyi belirlenmiştir. Ayrıca her bölüm için toplam ortalama radasyon maruziyet değeri alınmıştır. Böylece alışanların hangi uygulamada daha yüksek radasyona maruz kalabileceği araştırılmıştır.

3.5.KORELASYON HESABI

Kontrol Listesindeki önlemlerin araştırma yerlerinde alınma durumunu gösteren Likert lğine göre verilen puanların maruziyet değerleri ile ilişkisinin incelemesi amacıyla korelasyon hesabı yapılmıştır. Böylece maruziyet değerleri ile kontrol listesi önlemlerinin alınmasının arasında bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Korelasyon, olasılık kuramı ve istatistikte iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü belirtmektedir. Farklı durumlar için farklı korelasyon katsayıları geliştirilmiştir. Bunlardan en iyi bilineni “Pearson arpım-moment” korelasyon katsayısıdır. Bulguların hesaplanmasında Pearson yöntemi kullanılmıştır. Pearson arpım momenti iki değişkenin

kovaryansının, yine bu değişkenlerin standart sapmalarının çarpımına bölünmesiyle elde edilmektedir. Korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü belirten katsayıdır. Bu katsayı, (-1) ile (+1) arasında bir değer almaktadır. Pozitif değerler direk yönlü doğrusal ilişkiyi; negatif değerler ise ters yönlü bir doğrusal ilişkiyi belirtir. Korelasyon katsayısı 0 ise söz konusu değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığı kabul edilir. Korelasyon hesabı için IBM SPSS Statistic 22 programı kullanılmıştır [65,66].

Tez çalışmasındaki korelasyon hesabında Maruziyet Değerleri ile Kontrol Listesindeki önlemlerin alınma durumu için verdiğimiz puanlar, yani önlemlerin alınma düzeyi iki farklı değişken olarak belirlenmiştir. Önlemlerin alınma düzeyi ile maruziyet değerleri arasında yaptığımız korelasyonda negatif yönlü bir ilişki beklenmektedir. Negatif değer bir değişkenlerden birini artırılması ile diğerinin azaltılacağını ifade edecektir. Korelasyon katsayımız -1 değerine ne kadar yakın olursa bu ilişki o kadar güçlü olacaktır.



Şekil 3.1. Korelasyon Örnek Grafiği

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi, A korelasyonundaki ilişki en yüksek iken D korelasyonundaki ilişki en düşüktür. E korelasyonunda ise herhangi bir lineer ilişkidenden söz edilememektedir. Negatif yönde güçlü ilişkinin bulunması o önlemlerin alınması ile maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini söyleyecektir. Böylece Kontrol Listemizin, o önlem başlığındaki önlemlerinin kullanılabilir olduğu ifade edilebilecektir. Eğer korelasyon değerleri 0 değerine yakın değerler çıkarsa bir ilişkidenden söz etmeyeceğiz anlamına gelmektedir. Fakat kontrol listesindeki önlemler uluslararası kurum ve kuruluşların yayınlarından alındığı için önlemlerin gerekli olduğu fakat deney yöntemimizde düzeltilmelere ihtiyacı olduğu düşünülecektir. Korelasyon değerimizin pozitif değerler alması İSG önlemlerinin alınması ile maruziyet değerlerinin artması anlamına geleceğinden, böyle bir sonuç beklenmemektedir

4. BULGULAR

Bu bölümde araştırma yerlerine Ek-1 deki kontrol listesi uygulanması sonucu elde edilen bulgular, maruziyet değerleri ve İSG önlemlerine ait araştırma yerlerinden alınan görseller bulunmaktadır. Kontrol listesinin her bölümüne ait bulgular ayrı olarak incelenmiştir. Önlem başlıkları için Likert ölçeğine göre verilen ortalama puanlar, maruziyet değeri ile kontrol listesi korelasyonu ve araştırma yerlerinden alınan İSG önlemlerine ait görseller bu bölümde verilmiştir. Böylece önlemlerin alınmasının maruziyet değerlerinin azaltılmasına bir katkı yapıp yapmadığı araştırılmıştır. Araştırma yerlerindeki çalışanların farklı radyasyon uygulamalarına göre aritmetik ortalama maruziyet değerleri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Radyasyon Uygulamalarına Göre Radyasyon Çalışanlarının Ortalama Radyasyon Maruziyet Değerleri

Radyoloji	Radyoterapi	Nükleer Tıp
0,235 mSv	0,166 mSv	1,96 mSv

Tablo 4.1.'de görüldüğü gibi Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümlerinde çalışan radyasyon görevlilerinin ortalama radyasyon maruziyet değerleri birbirinden farklıdır. Araştırma yerlerinde radyasyon görevlilerinin ortalama yıllık maruziyet değerleri Radyoloji Bölümleri için 0.235 mSv, Radyoterapi için 0.166 mSv, Nükleer Tıp için ise 1.96 mSv olarak bulunmuştur. Maruziyet değerlerinin bölüm bazında sıralaması aşağıdaki Şekil 4.1.'de yapılmıştır.



Şekil 4.1. Radyasyon uygulamalarında maruziyet değerleri sıralaması

Şekilde görüldüğü gibi Nükleer Tıp Uygulamalarında çalışan radyasyon görevlilerinin yıllık ortalama radyasyon maruziyet değerleri oldukça yüksektir. Radyoloji bölümlerinde çalışanlarını maruziyet değerleri ise Radyoterapi bölümlerinde çalışanlarınkinden biraz yüksek olmaktadır. Kontrol listesi ve maruziyet değerlerine ait araştırma bulguları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 4.2.'de Araştırma yerleri olan radyoloji bölümlerine ait kontrol listesi için verilen puanlar ve yıllık ortalama maruziyet değerleri bulunmaktadır. Maruziyet değerinin yüksek olduğu araştırma yerlerinde düşük puanlar alındığı gözle görülse de istatistik hesaplamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Tezin 4.1. bölümünden itibaren bu hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 4.2. Radyoloji bölümleri araştırma bulguları

RADYOLOJİ BÖLÜMLERİ ARAŞTIRMA BULGULARI													
Araştırılan Bölüm Sayısı	20												
RY01,RY02, - ,RY20	Araştırma yapılan bölüm numaraları (kodları)												
KL01,KL02, - , KL15	Kontrol listesindeki önlemlerin önlem başlığı numarası												
MD	Her araştırılan bölümdeki eşit sürede çalışan ve aynı işi yapan seçilen üç radyasyon çalışanın yıllık radyasyon maruziyeti değerlerinin aritmetik ortalaması. (mSv)												
5,4,3,2,1 Rakamlar	Araştırma yerlerinde kontrol listesi önlemlerinin alınma durumu.												
5	Bütün önlemler alınmış.												
4	Eksikler bulunsa da önlemler alınmış.												
3	Önlemler orta düzeyde alınmış.												
2	Önlemlerin çok az bir kısmı alınmış.												
1	Önlemler alınmamış.												
Bölüm Kodu	MD	KL 01	KL 02	KL 03	KL 04	KL 05	KL 06	KL 07	KL 08	KL 09	KL 10	KL 14	KL 15
RY01	0,28	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3
RY02	0,26	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3
RY03	0,24	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3
RY04	0,17	3	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4
RY05	0,25	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	2
RY06	0,28	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2
RY07	0,23	4	3	3	3	3	4	2	3	3	2	3	3
RY08	0,29	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2
RY09	0,16	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
RY10	0,19	4	5	5	4	4	5	4	5	5	4	3	4
RY11	0,29	2	2	3	3	3	2	3	3	2	4	2	2
RY12	0,28	3	3	3	3	4	4	4	3	2	4	3	3
RY13	0,22	4	3	4	4	4	3	2	3	3	3	4	4
RY14	0,27	3	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3
RY15	0,14	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5
RY16	0,21	4	4	3	3	3	4	2	3	4	3	4	3
RY17	0,23	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3
RY18	0,21	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4
RY19	0,19	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4
RY20	0,31	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3

Tablo 4.3.'de Araştırma yerleri olan radyoterapi bölümlerine ait kontrol listesi için verilen puanlar, ve yıllık ortalama maruziyet değerleri bulunmaktadır.

Tablo 4.3. Radyoterapi bölümleri araştırma bulguları

RADYOTERAPİ BÖLÜMLERİ ARAŞTIRMA BULGULARI													
Araştırılan Bölüm Sayısı		20											
RT01,RT02, - ,RT20		Araştırma yapılan bölüm numaraları (kodları)											
KL01,KL02, - , KL15		Kontrol listesindeki önlemlerin önlem başlığı numarası											
MD		Her araştırılan bölümdeki eşit sürede çalışan ve aynı işi yapan seçilen üç radyasyon çalışanın yıllık radyasyon maruziyeti değerlerinin aritmetik ortalaması. (mSv)											
5,4,3,2,1 Rakamlar		Araştırma yerlerinde kontrol listesi önlemlerinin alınma durumu.											
5		Bütün önlemler alınmış.											
4		Eksikler bulunsa da önlemler alınmış.											
3		Önlemler orta düzeyde alınmış.											
2		Önlemlerin çok az bir kısmı alınmış.											
1		Önlemler alınmamış.											
Bölüm Kodu	MD	KL 01	KL 02	KL 03	KL 04	KL 05	KL 06	KL 07	KL 08	KL 09	KL 10	KL 14	KL 15
RT01	0,15	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4
RT02	0,16	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4
RT03	0,21	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3
RT04	0,14	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4
RT05	0,22	3	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3
RT06	0,13	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
RT07	0,16	5	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
RT08	0,17	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
RT09	0,16	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5
RT10	0,18	4	4	4	4	3	5	4	3	5	4	3	4
RT11	0,12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
RT12	0,14	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4
RT13	0,20	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3
RT14	0,14	4	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4
RT15	0,18	4	3	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4
RT16	0,16	4	5	5	4	5	5	3	5	5	4	4	4
RT17	0,17	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	3	5
RT18	0,16	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
RT19	0,19	3	4	3	4	5	3	4	5	3	5	3	5
RT20	0,18	4	4	4	4	5	5	4	3	5	4	5	4

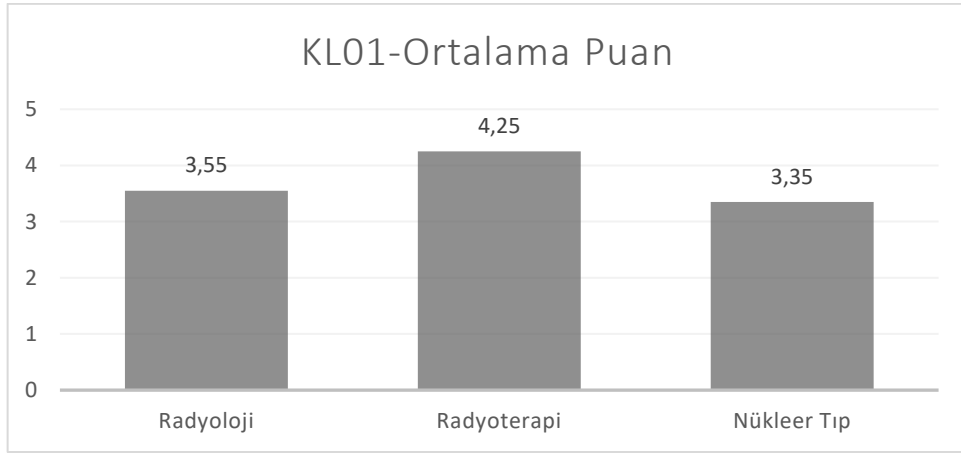
Tablo 4.2.'de Araştırma yerleri olan Nükleer Tıp bölümlerine ait Kontrol Listesi için verilen puanlar, ve yıllık ortalama maruziyet değerleri bulunmaktadır.

Tablo 4.4. Nükleer tıp bölümleri araştırma bulguları

NÜKLEER TIP BÖLÜMLERİ ARAŞTIRMA BULGULARI																
Araştırılan Bölüm Sayısı	20															
NT01,NT02, - ,NT20	Araştırma yapılan bölüm numaraları (kodları)															
KL01,KL02, - , KL15	Kontrol listesindeki önlemlerin önlem başlığı numarası															
M D	Her araştırılan bölümdeki eşit sürede çalışan ve aynı işi yapan seçilen üç radyasyon çalışanın yıllık radyasyon maruziyeti değerlerinin aritmetik ortalaması. (mSv)															
5,4,3,2,1 Rakamlar	Araştırma yerlerinde kontrol listesi önlemlerinin alınma durumu.															
5	Bütün önlemler alınmış.															
4	Eksikler bulunsa da önlemler alınmış.															
3	Önlemler orta düzeyde alınmış.															
2	Önlemlerin çok az bir kısmı alınmış.															
1	Önlemler alınmamış.															
Bölüm Kodu	MD	KL 01	KL 02	KL 03	KL 04	KL 05	KL 06	KL 07	KL 08	KL 09	KL 10	KL 11	KL 12	KL 13	KL 14	KL 15
NT01	0,9	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5
NT02	2,4	2	2	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3
NT03	2,1	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
NT04	1,9	4	4	3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
NT05	0,8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NT06	1,5	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
NT07	2,2	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3
NT08	0,8	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NT09	1,7	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4
NT10	2,1	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
NT11	1,9	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
NT12	0,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
NT13	2,5	3	3	2	2	4	3	2	3	2	5	3	3	3	3	4
NT14	1,8	4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	3
NT15	2,1	3	4	4	3	3	3	1	3	4	3	3	3	3	3	3
NT16	3,2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
NT17	2,5	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
NT18	2,9	3	2	2	3	3	4	3	3	3	2	2	3	3	3	3
NT19	1,8	4	4	4	3	4	4	2	4	3	3	3	3	3	3	3
NT20	3,4	1	2	3	2	2	2	2	2	3	2	1	1	1	2	3

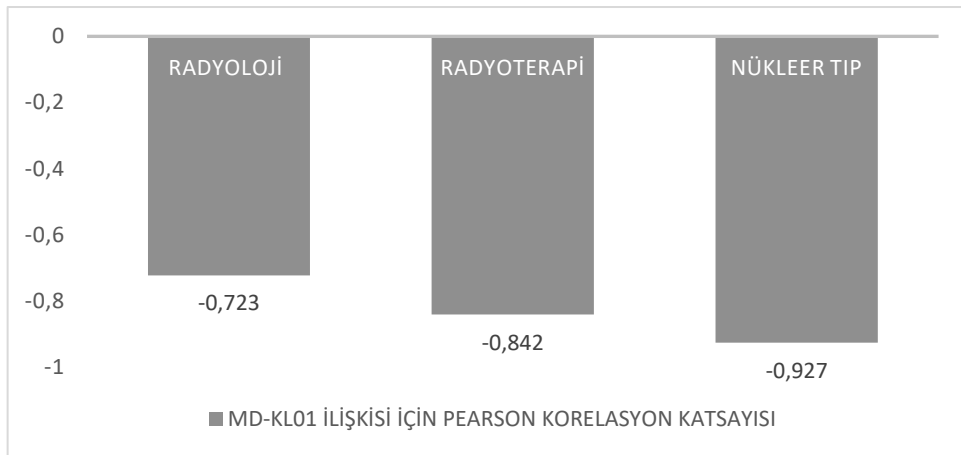
4.1. İDARİ ÖNLEMLER

Kontrol listesinde KL01 önlem başlığı numarası ile belirtilen idari önlemlerin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi radyoterapi bölümlerinde idari önlemlerin 4,25/5 gibi bir oranla radyoloji ve nükleer tıp bölümlerine göre daha fazla alındığı görülmektedir. Nükleer tıp bölümlerinde idari önlemlerin alınmasının ise radyoloji ve radyoterapi bölümlerine daha az bir oranla 3,35/5 düzeyinde kaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2. İdari önlemlerin alınma düzeyi

İdari önlemlerin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.3.'de verilmiştir.

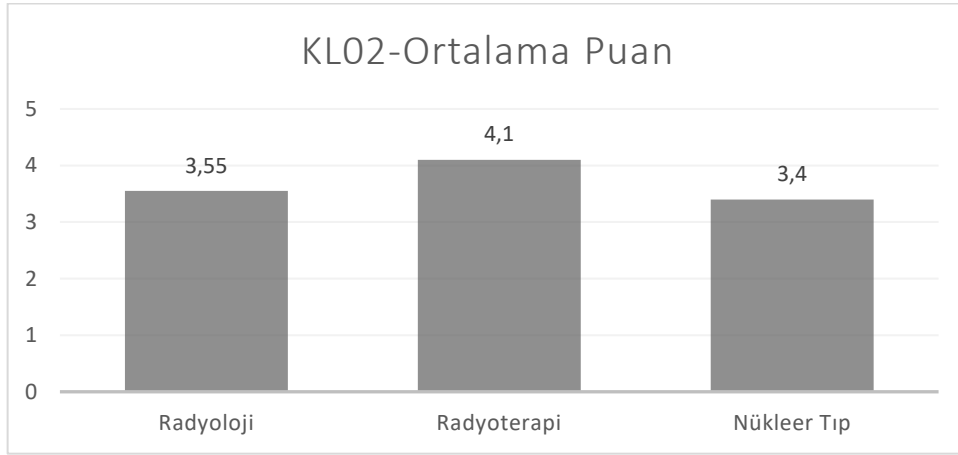


Şekil 4.3. İdari önlemler ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi idari önlemlerin alınması ile çalışanın radyasyon maruziyeti arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki mevcuttur. Radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,723,-0,842, -0,927 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bize kontrol listesindeki idari önlemlerin alınması ile çalışanların radyasyon maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini göstermektedir. Bu ilişkinin nükleer tıp bölümlerinde daha güçlü radyoloji bölümlerinde daha düşük olduğu görülmektedir.

4.2. TALİMATLAR

Kontrol listesinde KL02 önlem başlığı numarası ile belirtilen talimatların araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Talimat önlemlerinin alınma düzeyi

Şekil 4.4.'de görüldüğü gibi Radyoterapi bölümlerinde talimatların 4,1/5 oranla diğer bölümlere göre daha fazla bulunduğu görülmektedir. Nükleer Tıp bölümlerinde ise 3,4/5 gibi bir oranla talimat önlemlerinin düşük düzeyde alındığı gözlemlenmiştir. Radyoloji bölümlerinde ise nükleer tıp bölümlerindekine yakın bir oranla önlemlerin alındığı bulgularına ulaşılmıştır.

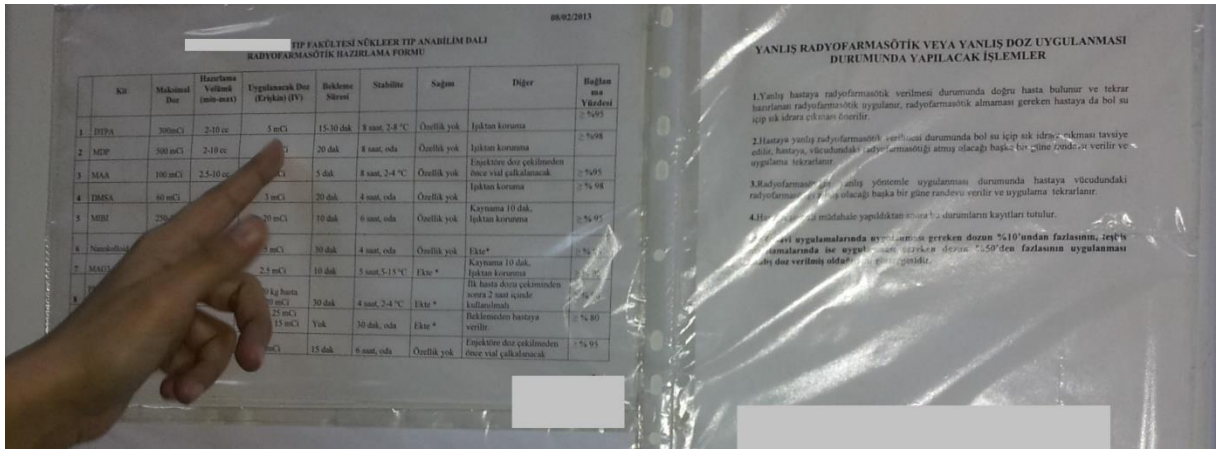
Radyasyondan korunma amaçları için oluşturulan radyasyon güvenliği talimatlarının çalışma ortamlarında bulunmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular aşağıdaki Şekil 4.5.'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Talimat önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Şekil 4.5.'de görüldüğü gibi araştırma yerlerinde talimatların bulunması ile çalışanın radyasyon maruziyet değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki mevcuttur. Radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp bölümleri için Pearson korelasyon değerleri sırasıyla -0,818,-0,552, -0,922 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bize kontrol listesinin talimatların bulunma düzeyinin yüksek olduğu araştırma yerlerinde daha düşük maruziyet değerleri elde edildiğini göstermektedir. Talimatların bulunması ile maruziyet değerlerinin düşmesi arasındaki ilişkinin nükleer tıp bölümlerinde daha güçlü olduğu, buna karşın radyoterapi bölümlerinde daha zayıf olduğu görülmektedir.

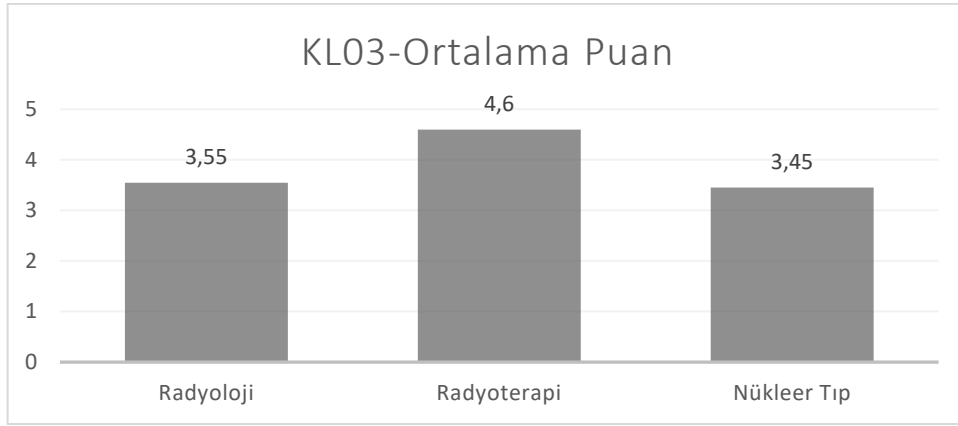
Araştırma yerlerinde gözlemlenen talimatlara ait örnekler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Şekil 4.6.'da radyofarmasotik hazırlaması ve yanlış dozun önlenmesi ile ilgili talimatları bulunmaktadır



Şekil 4.6. Talimat önlemleri örnekleri

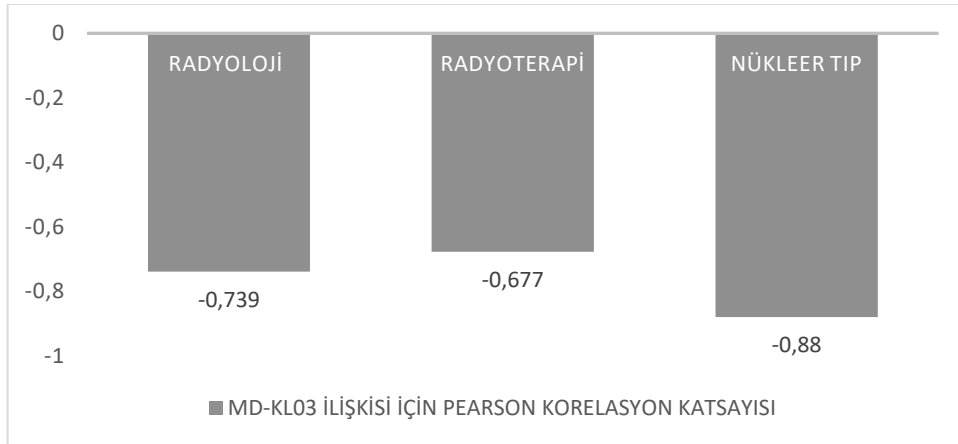
4.3. KAYITLAR

Kontrol listesinde KL03 önlem başlığı numarası ile belirtilen kayıtların araştırma yerlerinde tutulma durumu aşağıdaki Şekil 4.7.'de gösterilmiştir. Şekilde radyoterapi bölümlerinde 4,6/5, radyolojide 3,55/5, nükleer tıpta ise 3,45/5 oranında kayıtların tutulduğu görülmektedir. Bu sonuçlar radyoterapi bölümlerinde kayıt önlemlerine diğer bölümlere göre daha çok dikkat edildiğini göstermektedir. Nükleer tıp ve radyoloji bölümlerinde ise kayıtların düşük düzeyde tutulduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Kayıtların tutulma düzeyi

Kontrol listesinde bulunan kayıtlar önlem başlığındaki önlemlerin alınmasının çalışanın radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.8.'de verilmiştir.

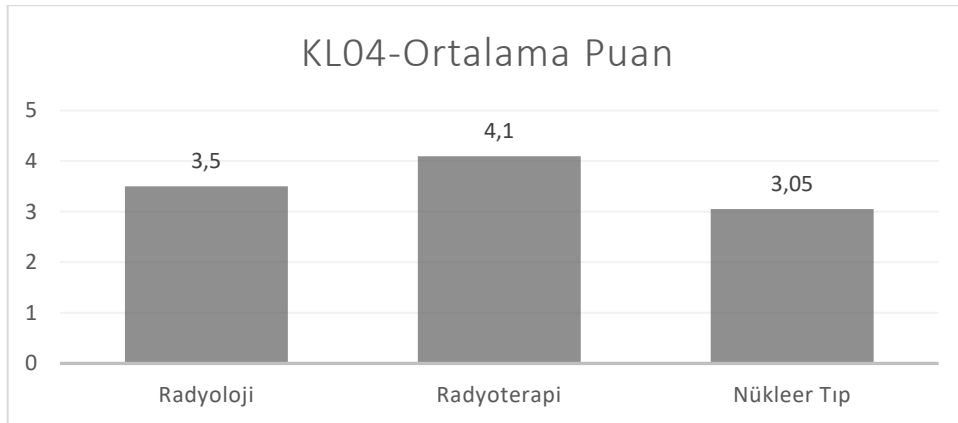


Şekil 4.8. Kayıt önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi kayıtların düzenli olarak tutulması ile çalışanın radyasyon maruziyeti değerleri arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki mevcuttur. Radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp bölümleri için Pearson korelasyon değerleri sırasıyla -0,739,-0,677, -0,880 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar kayıtların tutulması ile radyasyon maruziyeti ilişkisinin nükleer tıp bölümlerinde daha güçlü olduğunu göstermektedir.

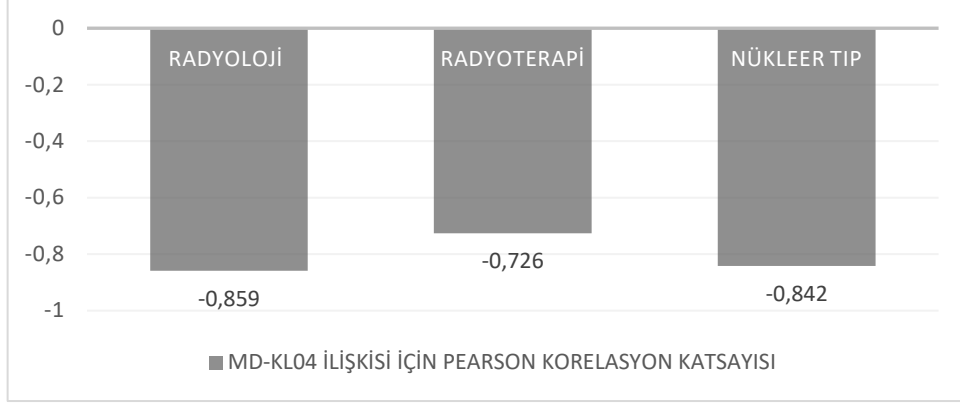
4.4. EĞİTİMLER

Kontrol listesinde KL04 önlem başlığı numarası ile belirtilen eğitimlerin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekilde radyoterapi bölümlerinde 4,1/5, radyolojide 3,5/5, nükleer tıpta ise 3,05/5 oranında eğitim önlem başlığındaki önlemlerin alındığı görülmektedir. Nükleer Tıp bölümlerinde eğitim önlemlerinin alınma durumu diğer bölümlere göre oldukça düşüktür. Buna karşın Radyoterapi ve Radyoloji bölümlerinde eğitim önlemlerinin daha fazla alındığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. Eğitim önlemlerinin alınma düzeyi

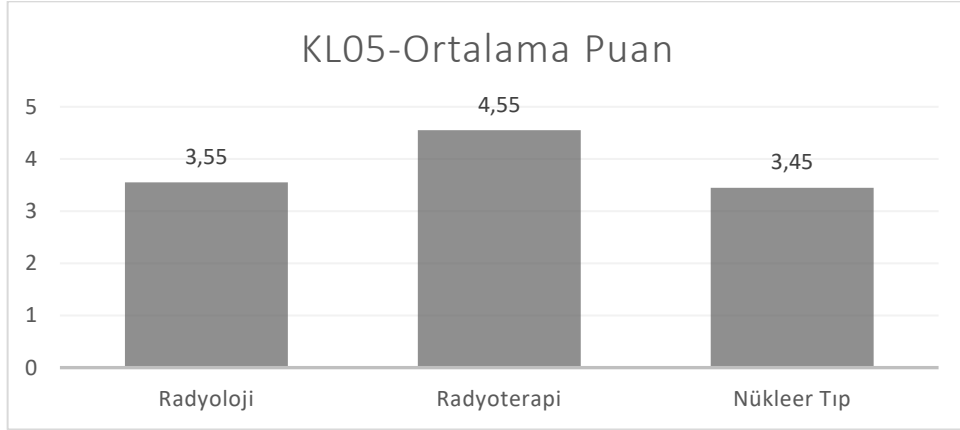
Eğitimlerin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.10.'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi eğitimlerin alınma düzeyinin artması ile çalışanın radyasyon maruziyet değerleri arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki mevcuttur. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,859,-0,726, -0,842 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bize radyasyondan korunma eğitimlerinin verilmesi ile çalışanların radyasyon maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini göstermektedir. Bu ilişkinin her radyasyon uygulaması için yaklaşık eşit düzeyde önemli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Eğitimlerin alınması ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

4.5. UYARI İŞARETLERİ

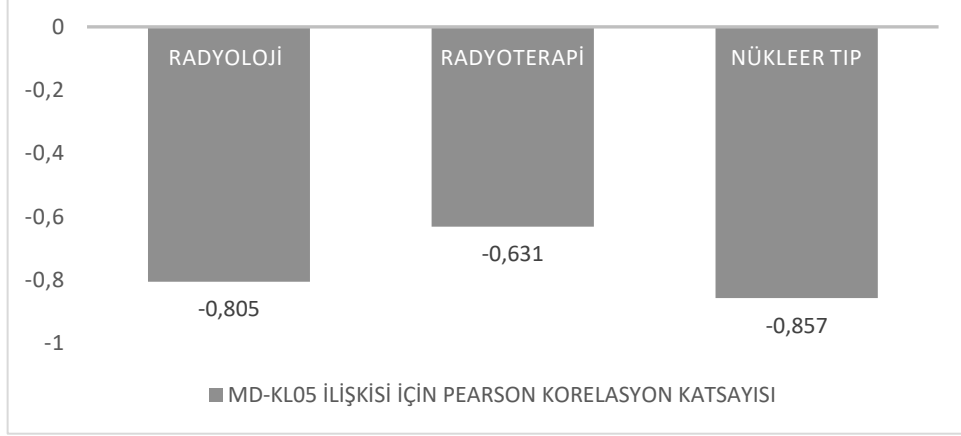
Kontrol Listesinde KL05 önlem başlığı numarası ile belirtilen uyarı işaretlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.11.'de gösterilmiştir. Şekilde radyoterapi bölümlerinde 4,55/5, radyolojide 3,55/5, nükleer tıpta ise 3,45/5 oranında uyarı işaretlerinin önlemlerinin alındığı görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi Radyoterapi bölümlerinde uyarı işaretlerinin Nükleer Tıp ve Radyoloji bölümlerine göre daha fazla alındığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11. Uyarı işaretleri önlemlerinin alınma düzeyi

Radyasyon uyarı işaretlerinin bulunmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Tablo 4.12.'de verilmiştir. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,805,-0,631, -0,857 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bize uyarı işaretlerinin bulunmasının Radyoterapi bölümlerinde zayıf

nükleer tıp ve radyoloji bölümlerinde ise güçlü seviyede maruziyet değerlerinin azaltılmasına katkı sağladığını göstermektedir.



Şekil 4.12. Radyasyon uyarı işaretleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Araştırma yerlerinde gözlemlenen uyarı işaretlerine ait örnekler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Radyasyonlu alanların girişinde bulunması zorunlu olan uyarı işaretlerin başında gelen Şekil 4.13. deki “Dikkat Radyasyon Alanı Uyarı İşareti” radyasyon uyarı işaretlerin en başında gelmektedir.



Şekil 4.13. Dikkat Radyasyon Alanı Uyarı İşareti

Radyasyonun embriyo ve fetüze ciddi etkileri olduğundan hamilelerin radyasyonlu alanlara girişini engellemek için her radyasyonlu alanın girişine Şekil 4.14.'deki “Hamileler ve Hamilelik Şüphesi Olanlar Giremez” uyarı işareti bulundurulmak zorundadır.



Şekil 4.14. Hamileler ve Hamilelik Şüphesi Olanlar Giremez Uyarı İşareti

X ışını cihazlarının üzerinde yazılı olması zorunlu olan Şekil 14.5.'deki “Dikkat Çalıştırıldığında Radyasyon Yayar” uyarı işareti cihazların üzerinde bulundurulmaktadır. Bu cihazların özellikle radyasyonlu alanların dışına çıkarılarak kullanılma ihtimali olduğu için uyarı işaretinin taşınabilir x ışını cihazlarında bulunması oldukça önemlidir.



Şekil 4.15. Dikkat Çalıştırıldığında Radyasyon Yayar Uyarı İşareti

Şekil 4.16’da araştırma yerlerinde gözlemlenen nükleer tıp laboratuvarlarının girişinde bulunması zorunlu olan “Dikkat Radyoaktif Bulaşma Tehlikesi” uyarı işareti bulunmaktadır. Bu uyarı işareti sıvı veya gaz halinde radyoizotopların bölgede bulunduğunu belirtmek için kullanılır. Bu işaretin bulunduğu alanlarda radyoaktif bulaşmaya karşı özel önlemlerin alınması gerekmektedir.



Şekil 4.16. Dikkat Radyoaktif Bulaşma Tehlikesi Uyarı İşareti

Nükleer tıp laboratuvarlarında kullanılan radyoizotopların atıklarının atıldığı bölümlerin girişinde bulunması zorunlu olan “Dikkat Radyoaktif Atık Bekletme Deposu” uyarı işareti Şekil 4.17.’de verilmiştir. Bu uyarı işaretinin bulunduğu odaların Radyoaktif Atık Yönetimi işlemlerine tabii tutulması gerekir.



Şekil 4.17. Dikkat Radyoaktif Atık Bekletme Deposu Uyarı İşareti

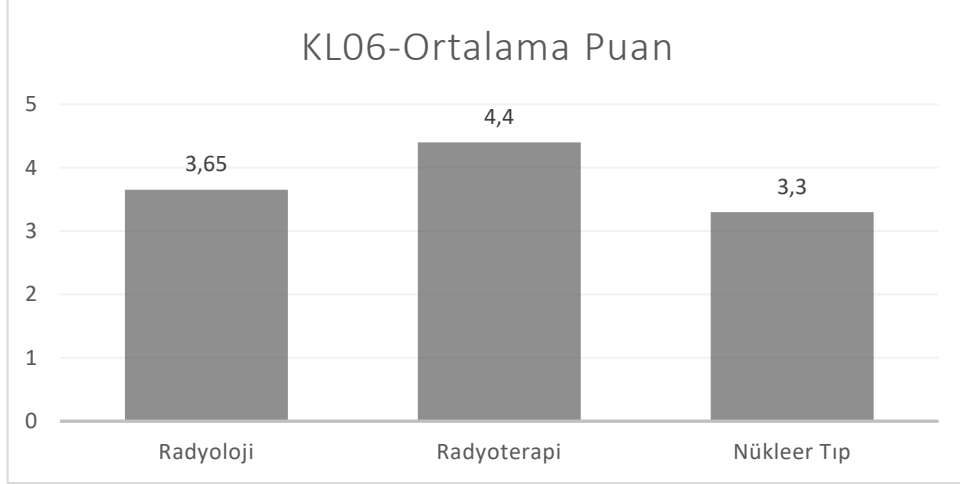
Uyarı işaretlerinin sarı zemin üzerine siyah yazı ve radyasyon logosu ile yapılmış olması gerekmektedir. Sağlık kuruluşlarında tıbbi atıklar ile radyoaktif atıkların bir arada kullanılmasını engellemek için standart uyarı işaretlerinin kullanılması gerekmektedir. Aşağıdaki Şekil 4.18.'de Radyoaktif Atık uyarı işaretlerinin doğru olmayan ve doğru kullanımı gösterilmiştir. Tıbbi atıklar ile radyoaktif atıklar farklı atık işlemlerine tabii tutulacağı için uyarı işaretlerine önem gösterilmeli ve radyoaktif atıklar tıbbi atıkların içine atılmamalıdır.



Şekil 4.18. Radyoaktif Atık Uyarı İşareti Doğru ve Yanlış Kullanımı

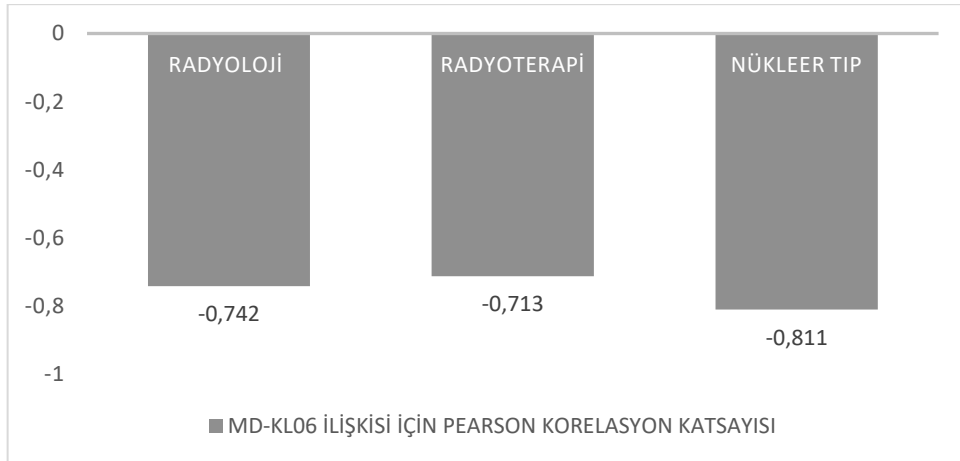
4.6. ZIRHLAMA ÖNLEMLERİ

Kontrol listesinde KL06 önlem başlığı numarası ile belirtilen zırhlama önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.19.'da gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi Radyoterapi bölümlerinde 4,4/5, Radyolojide 3,65/5, Nükleer Tıpta ise 3,3/5 oranında zırhlama önlemlerinin alındığı görülmektedir. Araştırma yerlerinde Radyoterapi bölümlerinde uyarı zırhlama önlemleri oldukça yüksek düzeyde alınmasına karşın Nükleer Tıp bölümlerinde zırhlama önlemlerinin daha düşük düzeyde alındığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.19. Zırhlama önlemlerinin alınma düzeyi

Zırhlamanın yapılmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.20.'de verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi zırhlamanın uygun olarak yapılması ile çalışanın radyasyon maruziyet arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki mevcuttur. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,742 , -0,713 ve -0,811 olacak şekilde birbirine yakın ve yüksek düzeydedir. Bu sonuçlar bize zırhlama önlemlerinin her radyasyon uygulamasında alınması ile çalışanların radyasyon maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini göstermektedir.



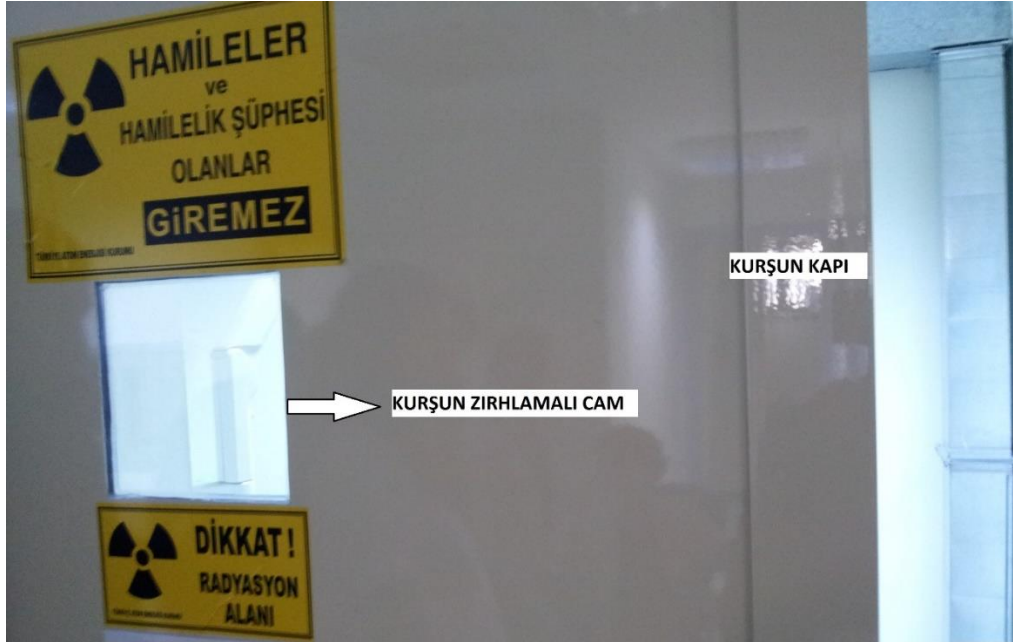
Şekil 4.20. Zırhlama önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Şekil 4.21.'de görüldüğü gibi radyasyonlu alanların duvarları ile zırhlanmıştır. Bazı uygulamalarda ek koruma önlemi olarak kurşun paravanlar gözlemlenmiştir.



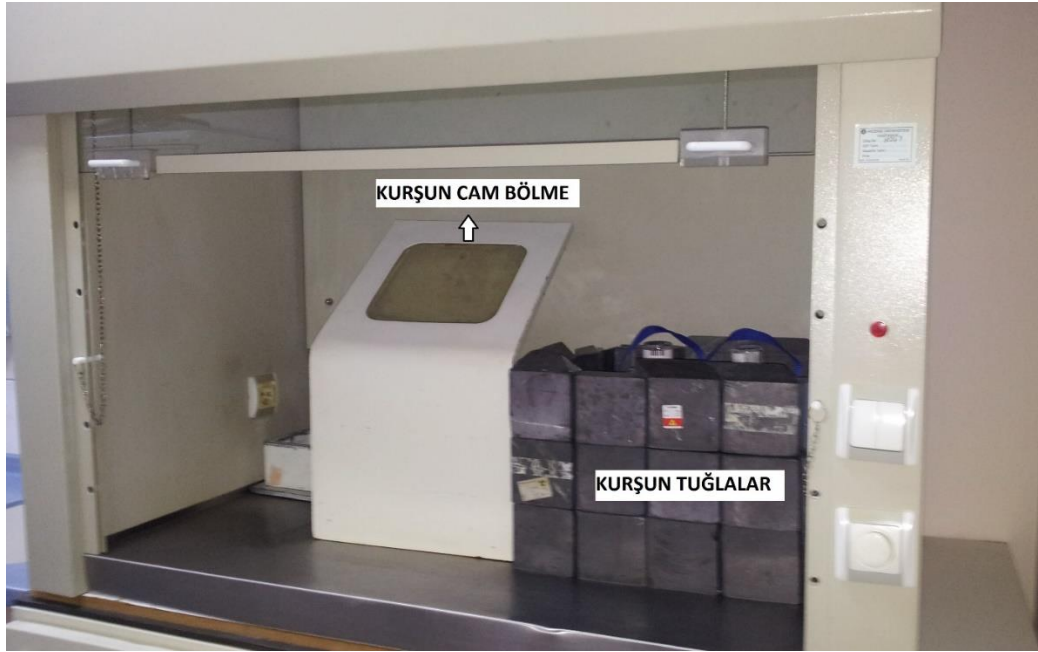
Şekil 4.21. Duvar zırhlama ve kurşun paravan

Şekil 4.22.'de gözlem gerektiren durumlarda görüşün sağlanabilmesi için kurşun zırlı kapı ve kurşun cama ait örnek bulunmaktadır.



Şekil 4.22. Kapı zırhlama ve kurşun cam bölme

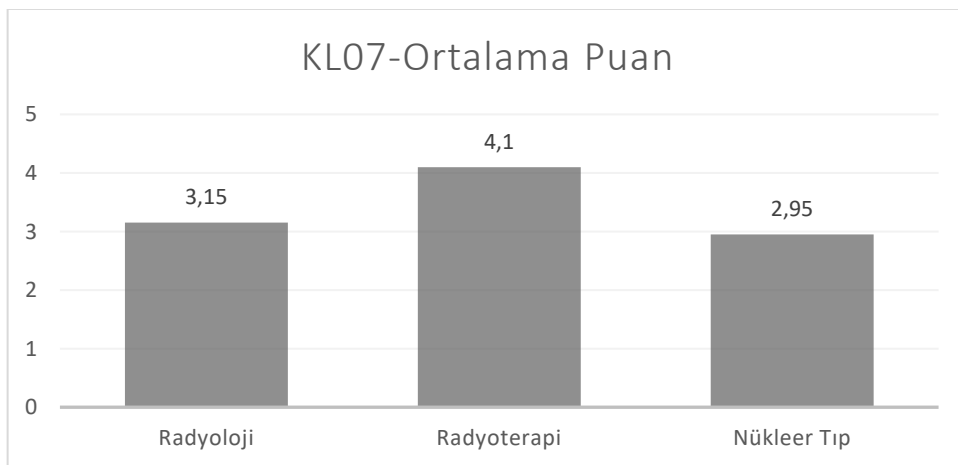
Şekil 4.23.'de Nükleer Tıp laboratuvarlarında radyoizotopların radyasyon şiddetini azaltmak için kullanılan kurşun tuğla yuvalar ve radyoizotopların şırıngalara doldurulması sırasında görmeyi yapılan işlemi görmeyi sağlayan kurşun maddeli cam bölme görülmektedir.



Şekil 4.23. Nükleer tıpta kullanılan kurşun tuğlalar

4.7. KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM ÖNLEMLERİ

Kontrol Listesinde KL07 önlem başlığı numarası ile verilen Kişisel Koruyucu Donanım önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.24.'de gösterilmiştir. Grafikte Radyoterapi bölümlerinde 4,1/5, Radyolojide 3,15/5, Nükleer Tıpta ise 2,95/5 oranında zırhlama önlemlerinin alındığı görülmektedir. Bu sonuçlar Nükleer Tıp bölümlerinde KKD kullanımının oldukça düşük düzeyde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.24. KKD önlemlerinin alınma düzeyi

KKD önlemlerinin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.25.'de verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi KKD kullanımı ile çalışanın radyasyon maruziyet değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki mevcuttur. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,568 , -0,76 ve -0,783 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bize KKD kullanılması ile çalışanların radyasyon maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini göstermektedir. Bu ilişkinin Nükleer Tıp bölümlerinde Radyoloji ve Radyoterapi bölümlerine göre oldukça yüksek düzeyde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.25. KKD kullanımı ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Şekil 4.26.'da kurşun önlükler ve tiroit koruyuculara ait örnekler bulunmaktadır.



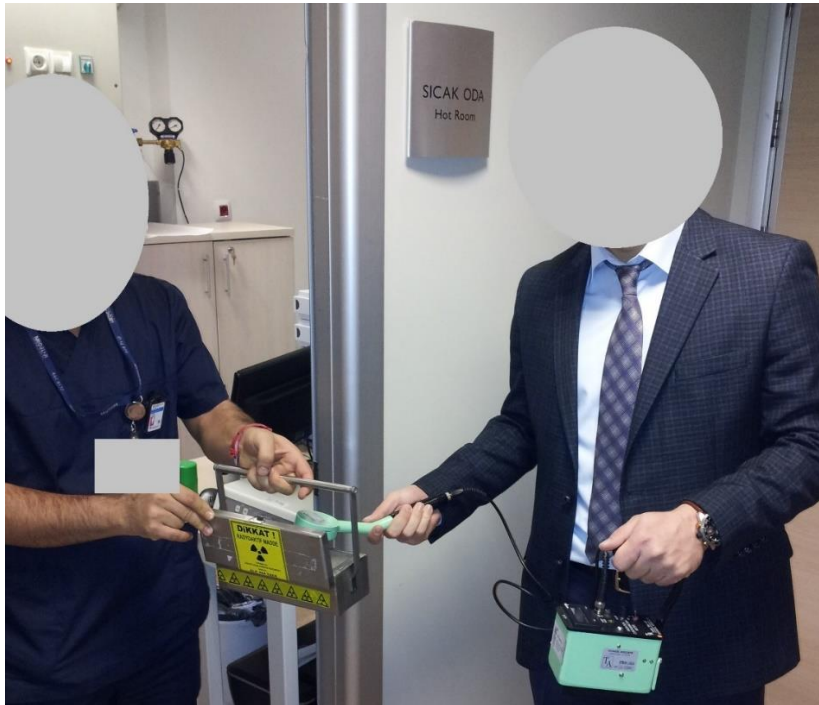
Şekil 4.26. Kurşun önlükler ve kurşun tiroit koruyucular

Şekil 4.27.'de nükleer tıp uygulamalarında karşılaşılan eldivensiz radyoizotoplarla çalışmaya ait araştırma yerinden elde edilen kötü uygulama örneği görülmektedir.



Şekil 4.27. Eldivensiz radyoizotoplarla çalışmaya ait kötü uygulama örneği

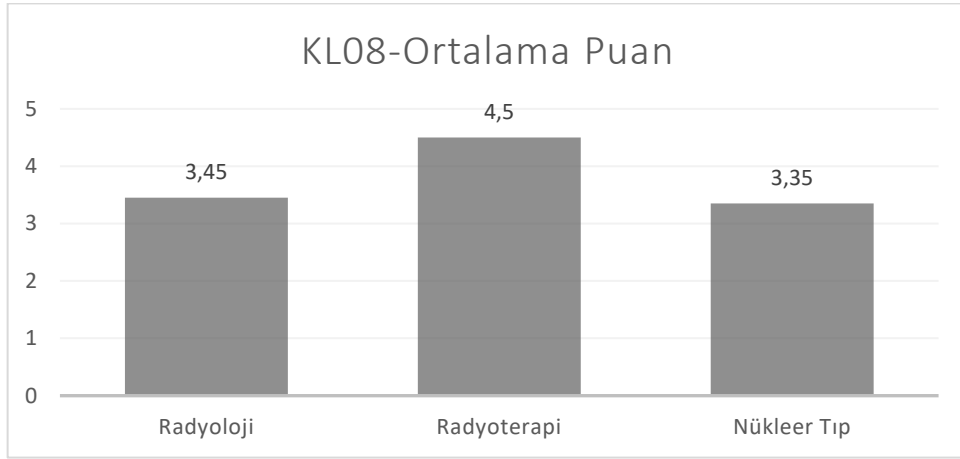
Şekil 4.28.'de kurşun önlük kullanmadan radyasyonlu alanlarda bulunmaya ait araştırma yerinden elde edilen kötü uygulama örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Kurşun önlük kullanmadan çalışmaya ait kötü uygulama örneği

4.8. CİHAZ ÖNLEMLERİ

Kontrol Listesinde KL08 önlem başlığı numarası ile verilen Cihaz önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.29.'da gösterilmiştir. Grafikte Radyoterapi bölümlerinde 4,5/5 gibi yüksek bir oranla önlemlerin alındığı görülmektedir. Nükleer Tıpta ise 3,35/5 oranında zırlama önlemlerinin alınması düşük düzeyde kalmaktadır.



Şekil 4.29. Cihaz önlemlerinin alınma düzeyi

Cihaz önlemlerinin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.30.'da verilmiştir. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,78 , -0,703 ve -0,856 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bize cihaz önlemlerinin alınması ile çalışanların radyasyon maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini göstermektedir.



Şekil 4.30. Cihaz önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Şekil 4.31.'de araştırma yerinden elde edilen modern sistemleri ve güvenlik önlemlerini barındıran Girişimsel Radyoloji odasının görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 4.31 Girişimsel Radyoloji odası

Radyoterapide radyoizotoplar yerine daha güvenli oldukları için Lineer Hızlandırıcılar kullanılmaktadır. Bu sebeple Şekil 4.32.'deki brakiterapi cihazlarının bazı hastanelerde atıl durumda bulunduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.32. Kullanılmayan brakiterapi cihazı

Radyofarmasötiklerin çalışana maruziyetini en aza indirmesi için tasarlanan Şekil 4.33.'deki otomatik enjeksiyon cihazları nükleer tıp bölümlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 4.34.'de ise Radyoterapi cihazlarının günlük kontrol listesi örneği görülmektedir.



Şekil 4.33. Otomatik radyofarmasötik enjeksiyon cihazı

TIP FAKÜLTESİ
RADYASYON ONKOLOJİSİ A.D.
LİNAK GÜNLÜK KONTROL ÇİZELGESİ

LWA 7

TARİH: 16.01.2016
TEKNİKLER: S.S

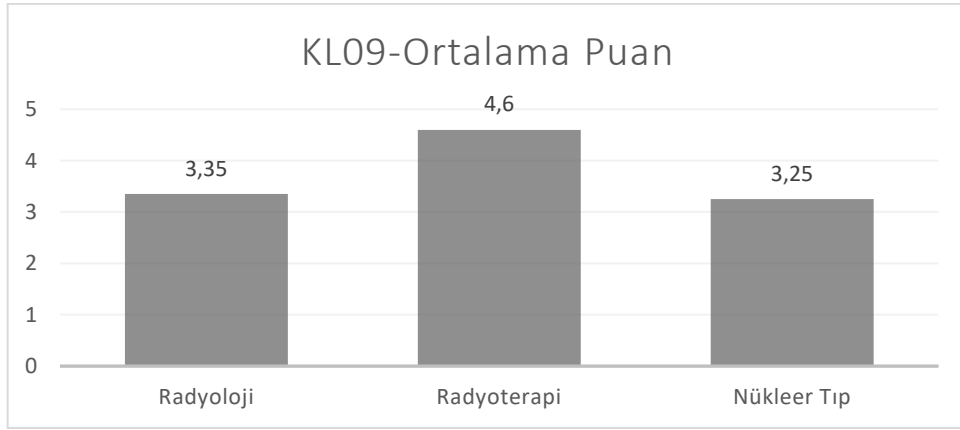
No	Soru	Durum			AÇIKLAMA	ONAY
		Sıcaklık	Basınç	Nem		
1	Tedavi odasının ve makine odasının sıcaklık ve basıncı cihazın çalıştırılmasına uygunmu?					
2	Elektrik çalışıyor mu?	✓	✓		AÇIKLAMA	ONAY
3	Klima çalışıyor mu?					
4	Havalandırma çalışıyor mu?	✓				
5	Kapı çalışıyor mu?					
6	Kapı üzeri uyarı ışıkları çalışıyor mu?	✓				
7	İşletim ile iletişim sağlanıyor mu?					
8	Monitör çalışıyor mu?					
9	Tedavi odasındaki nem alıcının suyu boşaltıldı mı?	✓				
10	Bu basıncı göstergesi 10mbarın üzerindeki cihaz açılmadı mı?	✓				
11	Cihaz problemsiz açıldı mı?					
12	Cihaz 15.0 birime kadar THY Tümer saydı mı?			10.2		
13	"Gas Pressure" inhibisi verdi mi?					
14	Lazer ayarı kaç kez yapıldı?	Sağ Lateral Sol Lateral Orta hat			✓	AÇIKLAMA ONAY
15	Acil durum butonları çalışıyor mu?					
16	Warm-up yapıldı mı?	El kumandalarında Diğ kumanda Odasındaki duvarlar (2) Makine odasındaki (2) Mevana (2) Diğ duvarda				
17	Isıtma cihazı çalışıyor mu?	Xbox Tiyak BNAV 10MAV 10MAV 10MAV 10MAV				
18	Isıtma cihazı çalışıyor mu?	10MAV 10MAV 10MAV				

Sayfa 1/2

Şekil 4.34. Radyoterapi cihazı günlük kontrol listesi

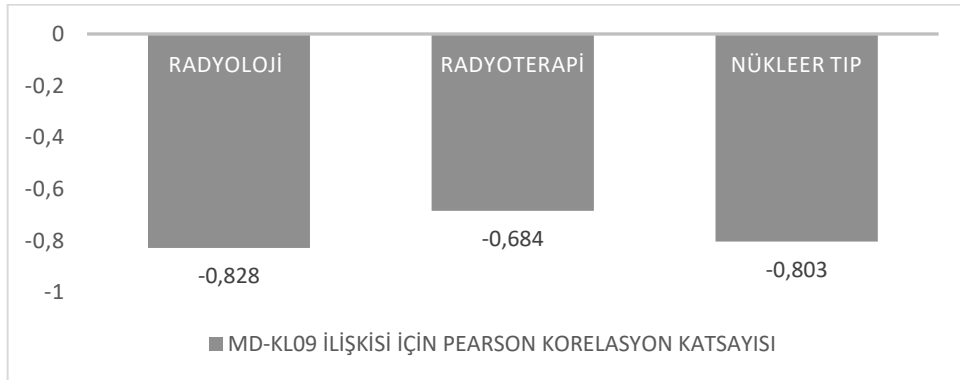
4.9. MARUZİYET ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME

Kontrol Listesinde KL09 önlem başlığı numarası ile verilen Maruziyet Ölçüm ve Değerlendirme önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.35.'de gösterilmiştir. Grafikte Radyoterapi bölümlerinde 4,6/5, Radyolojide 3,35/5, Nükleer Tıpta ise 3,25/5 oranında zırhlama önlemlerinin alındığı görülmektedir. Bu sonuçlar Nükleer Tıp bölümlerinde bu önlemlerin alınma düzeyinin diğer bölümlere göre düşük düzeyde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.35. Maruziyet ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınma düzeyi

Maruziyet ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.36.'da verilmiştir. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,828, -0,684 ve -0,803 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bize bu önlemlerinin alınması ile çalışanların radyasyon maruziyet değerlerinin düşürülebileceğini göstermektedir.



Şekil 4.36. Maruziyet değerlendirme önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Şekil 4.37.'de radyasyon dozimetresinin göğüs hizasında personelin yakasında radyasyonlu alanlarda sürekli olarak kullanılmasına ait araştırma yerinden elde edilen iyi uygulama örneği görülmektedir.



Şekil 4.37. Radyasyon dozimetrisi (personel yaka dozimetresi) doğru kullanımı

Şekil 4.38.'de acil durumlarda radyasyon çalışanının yanında bulundurması gereken, çalışanın radyasyon maruziyetini ölçmeye yarayan gereken cep dozimetresine ait örnek bulunmaktadır.



Şekil 4.38. Acil durum personel dozimetresi

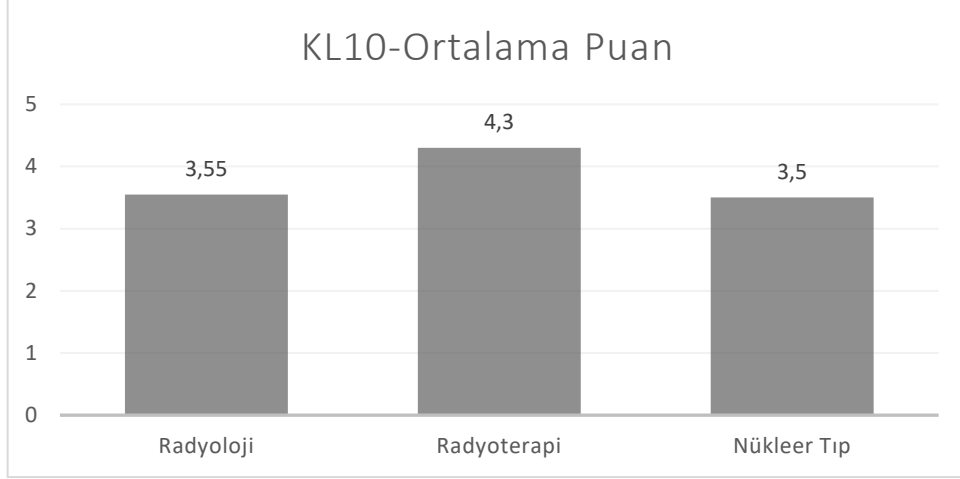
Şekil 4.39.'da periyodik dozimetre sonuçlarının personelin görebileceği yerlere asıldığı araştırma yerinden elde edilen iyi uygulama örneği görülmektedir. Ayrıca çalışanlar kendilerine verilen şifreler ile TAEK web sayfasından bu sonuçları öğrenebilmektedir

Personel Bilgileri			Dozimetre Bilgileri		Doz Sonuç Bilgileri		
Adı Soyadı	T.C. Kimlik No	Çalıştığı Birim	Kull. Vücut Bölgesi	Dozimetre No	Doz Sonucu (mSv)		Yorum
					Hp(10)	Hp(0,07)	
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3180	0,13	0,16	B
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	5569	0,07	0,07	C
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	5462	0,07	0,07	C
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3105	0,04	0,06	C
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3121	0,15	0,15	B
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3191	0,00	0,00	A
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3150	0,30	0,31	B
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3117	0,07	0,11	C
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3490	0,08	0,10	C
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	5470	0,07	0,07	C
		Nükleer Tip	Ekstremiteler (Parmak)	63	0,00	2,26	B
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	5522	0,07	0,07	C
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3711	0,05	0,05	C
		Nükleer Tip	Tüm Vücut Göğüs (Önlük Alb)	3714	0,78	0,79	B

Şekil 4.39. Çalışanların maruziyet değerleri listesi

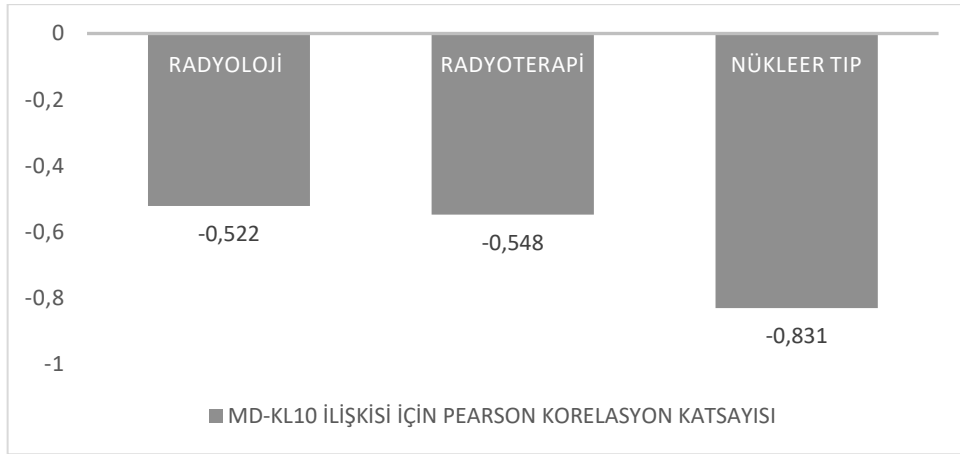
4.10. ORTAM ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME

Kontrol Listesinde KL10 önlem başlığı numarası ile verilen Ortam Ölçüm ve Değerlendirme önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.40.'da gösterilmiştir. Grafikte Radyoterapi bölümlerinde 4,3/5 gibi bir oranla diğer bölümlere göre daha yüksek düzeyde önlemlerin alındığı görülmektedir. Radyolojide 3,55/5, Nükleer Tıpta ise 3,5/5 oranında bu önlemlerin alındığı görülmektedir.



Şekil 4.40. Ortam ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınma düzeyi

Ortam ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.41.'de verilmiştir. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,828 , -0,548 ve -0,831 olarak bulunmuştur. Radyoloji ve Radyoterapi bölümlerinde ortam ölçümü maruziyet ilişkisi yaklaşık aynı düzeyde çıkmıştır. Fakat Nükleer Tıp bölümlerinde ortam ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınması ile çalışanın radyasyon maruziyetinin düşürülmesi arasında yüksek düzeyde bir ilişkinin olduğu görülmektedir.



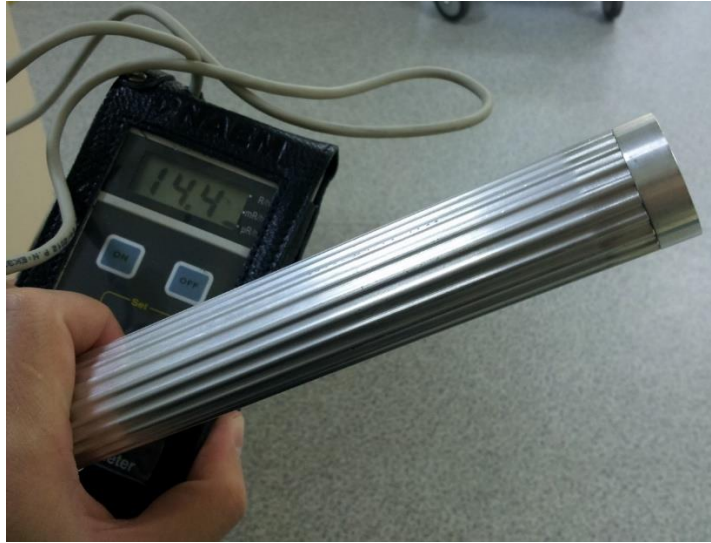
Şekil 4.41. Ortam ölçüm ve değerlendirme önlemleri ve radyasyon maruziyeti ilişkisi

Araştırma yerlerinde gözlemlenen ortam ölçüm cihazlarına ait örnekler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Şekil 4.42.'de nükleer tıp bölümlerinde kullanılan iki farklı sabit radyasyon alan monitörü bulunmaktadır.



Şekil 4.42. Ortam radyasyon ölçümünde kullanılan sabit radyasyon ölçüm cihazları

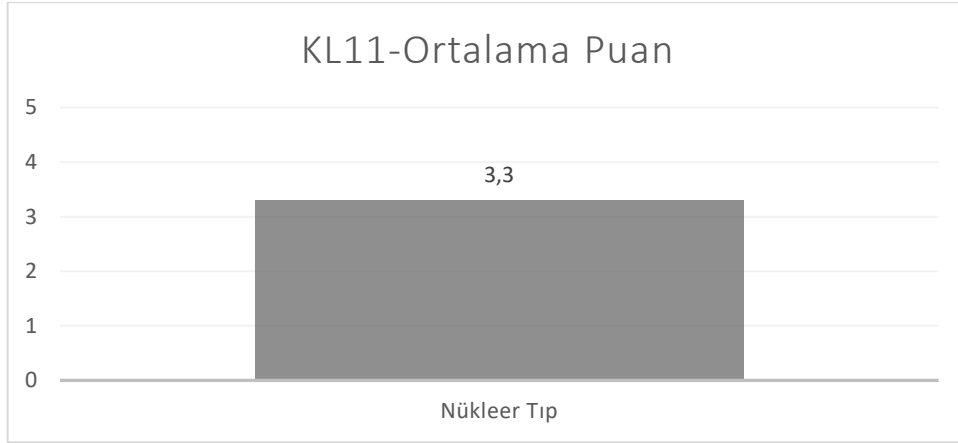
Acil durumlarda ortam radyasyonunun ölçümünün sağlanması amacıyla kullanılan taşınabilir ortam ölçüm cihazına ait bir örnek Şekil 4.43.'de verilmiştir.



Şekil 4.43. Acil durumlarda kullanılan ortam radyasyon ölçüm cihazı

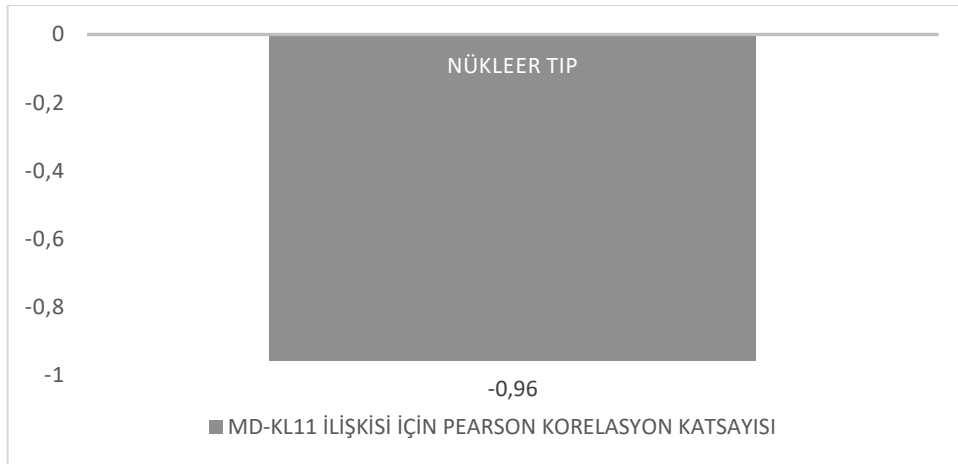
4.11. RADYOİZOTOPLARLA ÇALIŞMADA UYGUN ARAÇ VE GEREÇLER

Kontrol Listesinde KL11 önlem başlığı numarası ile verilen radyoizotoplarla çalışmada uygun araç ve gereç kullanımına ait önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.44.'de gösterilmiştir. Grafikte nükleer tıp bölümlerinde 3,25/5 gibi düşük bir oranla bu önlemlerin alındığı görülmektedir.



Şekil 4.44. Radyoizotoplarla çalışmada kullanılan araç ve gereçlerin kullanım önlemlerinin alınma düzeyi

Nükleer tıp bölümlerinde radyoizotoplarla çalışırken uygun araç ve gereçlerin kullanılmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.45.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Pearson Korelasyon değeri -0,96 gibi oldukça yüksek bir düzeydedir. Bu sonuç nükleer tıp bölümlerinde bu önlemlerin alınması ile maruziyet değerlerinin düşürülmesi arasında oldukça güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.45 Radyoizotoplarla çalışırken uygun araç ve gereç kullanılması ile radyasyon maruziyeti ilişkisi

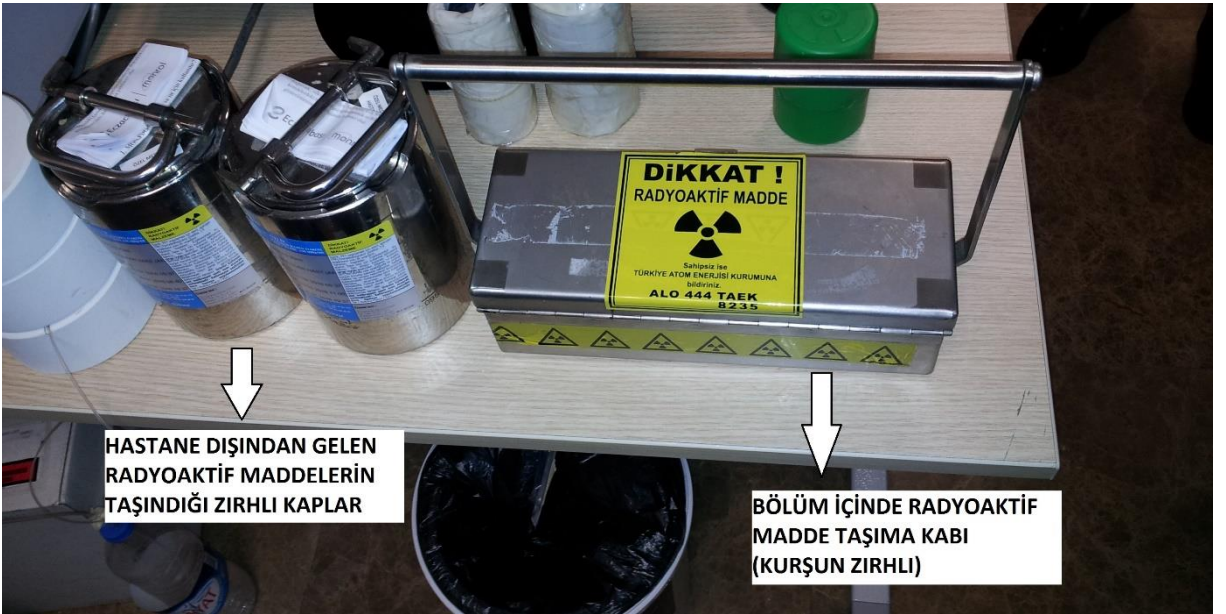
Araştırma yerlerinde gözlemlenen araç ve gereçlerin kullanımına ait örnekler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Şekil 4.46.'da radyofarmasötiklerin şırıngaya alınmasından sonra hastaya

enjeksiyon yapılacak ana kadar taşınması gereken zırhlı şırınga koruyuculara ait iki farklı örnek bulunmaktadır.



Şekil 4.46 Farklı türlerdeki zırhlı şırınga koruyucular

Radyoizotopların hastane dışından hastaneye getirilmesi anında veya bölüm içerisinde kısa süreli olarak taşınması durumlarında Şekil 4.47.'deki zırhlama kaplarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kaplar kurşun maddelerden yapılmaktadır. Kurşun oldukları için oldukça ağır olan bu zırhlama kaplarının ağırlıkları sebebiyle bir ok uygulamada kullanılmadıkları görülmektedir. Radyoaktif bulaşma tehlikesi oldukça yüksek olan bu kapların belirli sürelerde dekontaminasyon (bulaşmanın giderilmesi) işlemlerine tabii tutulması gerekmektedir.



Şekil 4.47 Radyoaktif maddelerin taşınması esnasında kullanılan kurşun zırhlı kaplar

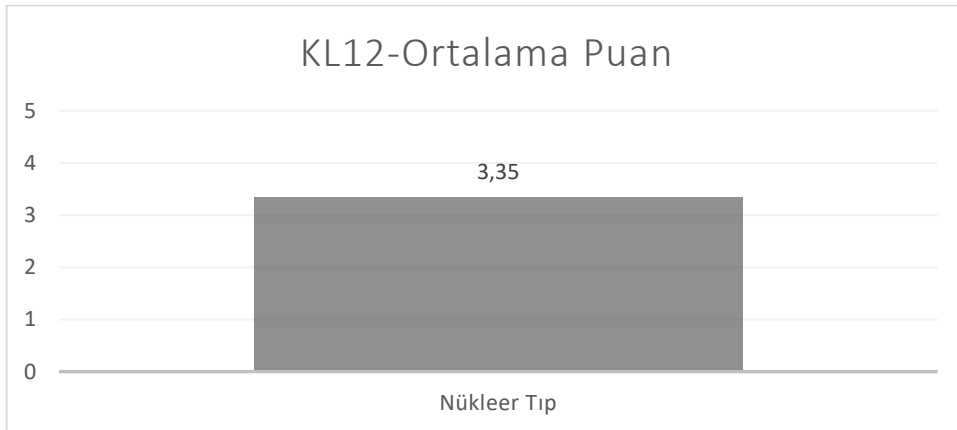
Nükleer Tıp bölümlerinde hazırlanan radyofarmasötiklerin bazı durumlarda hastanelerin ameliyathaneler gibi farklı bölümlerine transferi gerekmektedir. Bu gibi durumlarda Şekil 4,48'deki gibi tekerlekli ve çekmeli zırhlı taşıma kapları ile radyofarmasötikler taşınmaktadır.



Şekil 4.48 Radyofarmasötiklerin başka bölümlere transferinde kullanılan taşıma kabı

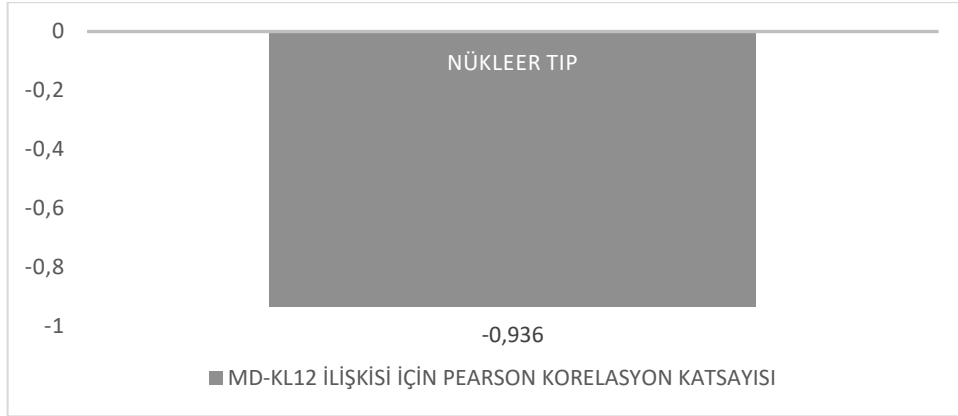
4.12. RARDOAKTİF ATIK YÖNETİMİ ÖNLEMLERİ

Kontrol Listesinde KL12 önlem başlığı numarası ile verilen radyoaktif atık yönetimine dair önlemlerin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.49.'de gösterilmiştir. Grafikte nükleer tıp bölümlerinde 3,35/5 gibi düşük bir oranla bu önlemlerin alındığı görülmektedir.



Şekil 4.49 Radyoaktif atık yönetimi önlemlerinin alınma düzeyi

Nükleer tıp bölümlerinde radyoaktif atık yönetiminin yapılması ile çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.50.'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Pearson Korelasyon değeri -0,936 gibi oldukça yüksek bir düzeydedir. Bu sonuç nükleer tıp bölümlerinde bu önlemlerin alınması ile maruziyet değerlerinin düşürülmesi arasında oldukça güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.



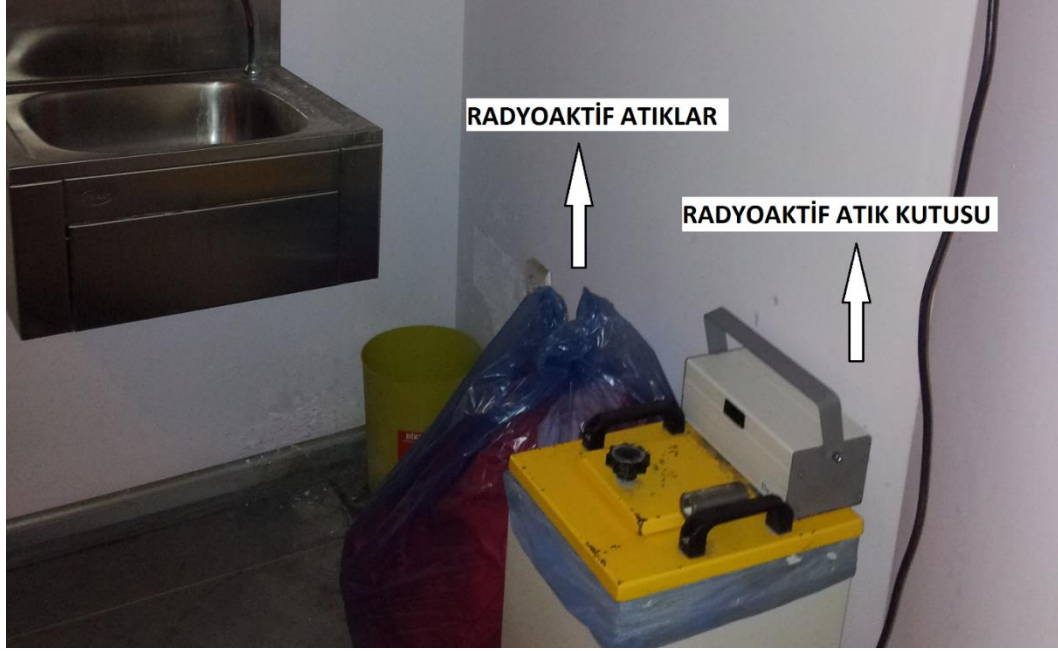
Şekil 4.50 Radyoaktif atık yönetiminin yapılması ile radyasyon maruziyeti ilişkisi

Araştırma yerlerinde gözlemlenen radyoaktif atık yönetimi önlemlerine ait örnekler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Radyoaktif atıklar için özel önlemler alınması gerektiğinden nükleer tıp bölümlerinde Şekil 4.51.'de görüldüğü gibi Radyoaktif Atık Depolarının bulunması gerekmektedir.



Şekil 4.51. Radyoaktif Atık Deposu

Radyoaktif atıkların zırhlı radyoaktif atık kutularına atılmaları gerekmektedir. Fakat bir çok nükleer tıp uygulamasında Şekil 4.52.'de görüldüğü gibi bu atıkların zırhlı çöp kutularına atılmadığı ve bu atıklara tıbbi atık işlemleri yapıldığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.53.'de ise radyoaktif atıkların ofis atıkları ile aynı depoda tutulmasını gösteren araştırma yerinde elde edilen kötü uygulama örneği görülmektedir.



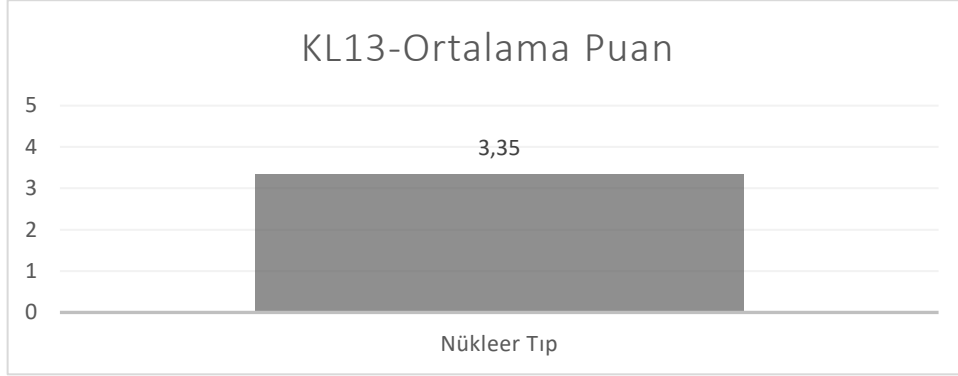
Şekil 5.53. Radyoaktif atıkların zırhlı kutulara atılmamasına ait kötü uygulama örneği



Şekil 4.54. Radyoaktif atık deposunun güvenli olmayan kullanımı

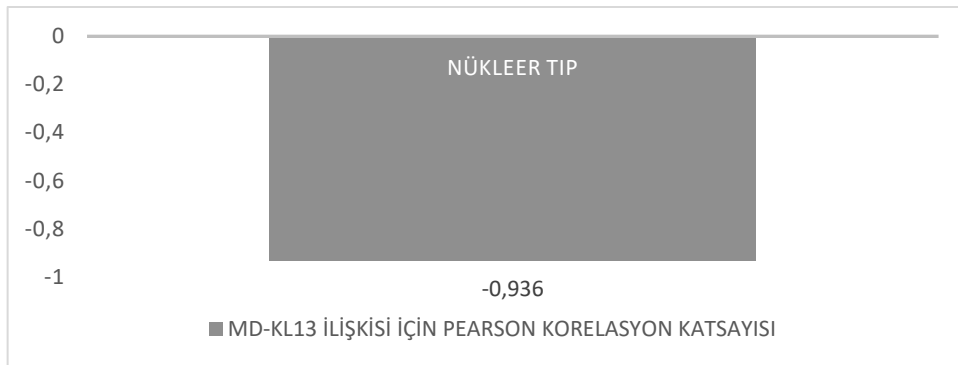
4.13. RADYOAKTİF BULAŞMA ÖNLEMLERİ

Kontrol Listesinde KL13 önlem başlığı numarası ile verilen radyoaktif bulaşma önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.55.'de gösterilmiştir. Grafikte nükleer tıp bölümlerinde 3,35/5 gibi düşük bir oranla bu önlemlerin alındığı görülmektedir.



Şekil 4.55. Radyoaktif bulaşma önlemlerinin alınma düzeyi

Nükleer tıp bölümlerinde radyoaktif bulaşma ile ilgili önlemlerin yapılması ile çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.56.'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Pearson Korelasyon değeri -0,936 gibi oldukça yüksek bir düzeydedir. Bu sonuç nükleer tıp bölümlerinde radyoaktif bulaşma ile ilgili önlemlerin alınması ile maruziyet değerlerinin düşürüleceğini göstermektedir.



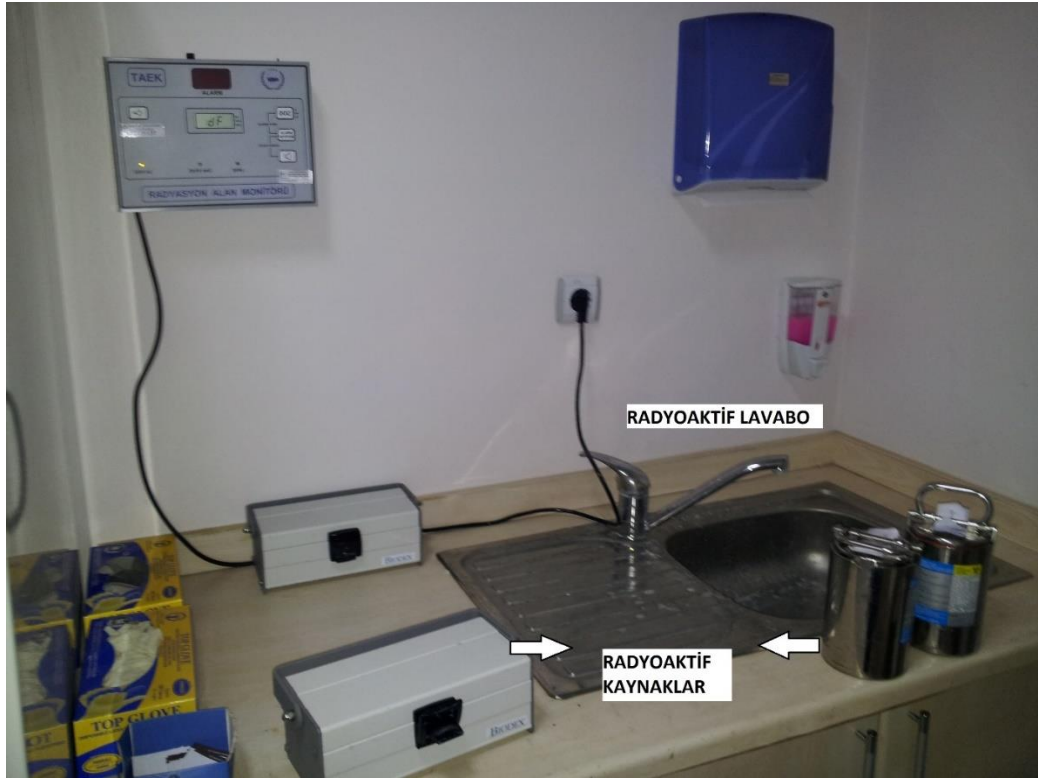
Şekil 4.56. Radyoaktif bulaşma ile ilgili önlemlerin alınması ve maruziyet ilişkisi

Araştırma yerlerinde gözlemlenen radyoaktif bulaşma önlemlerine ait örnekler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Radyoaktif bulaşmanın olmaması için veya her hangi bir bulaşma esnasında ellerin yıkanabileceği radyoaktif lavabo Şekil 4.57.'de verilmiştir.



Şekil 4.57. Radyoaktif lavabo

Radyoaktif lavabolar radyoaktif dökülme anında dekontaminasyon (bulaşmanın giderilmesi) işlemleri için hazır bulunmalıdır. Şekil 4.58.'de radyoizotopların lavaboların etrafında riskli konumlandırılması ile lavabonun kullanımının engellendiği kötü uygulama görülmektedir.



Şekil 4.58. Radyoizotopların radyoaktif lavabonun etrafında riskli konumlandırılması

Nükleer tıp bölümlerinde hastalara radyofarmasötikler verilmekte ve radyofarmasötikler kendilerine özgü yarılanma süreleri boyunca hastanın vücudunda ve vücut sıvılarında bulunmaktadır. Bu sebeple Şekil 4.59.'daki gibi hastaların tuvaletlerinin çalışanların tuvaletlerinden ayrı olması gerekmektedir.



Şekil 4.59. Hastalar için radyoaktif tuvalet

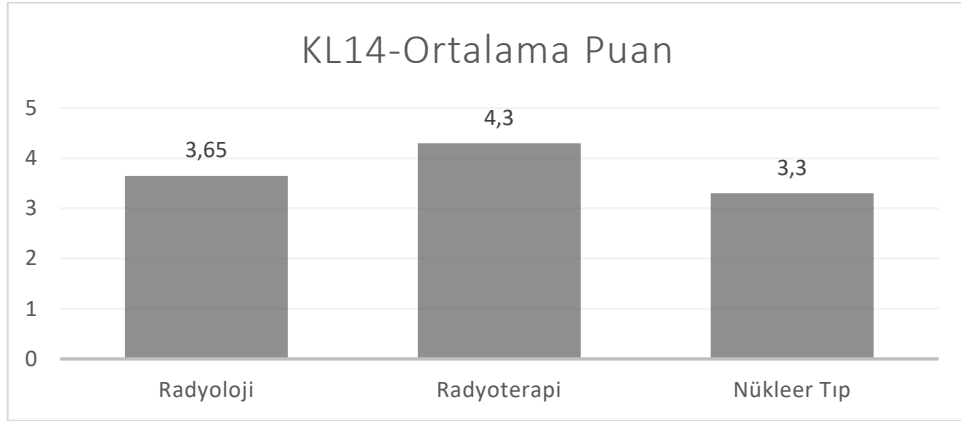
Şekil 4.60.'da radyasyonlu alanlardaki buzdolaplarında yiyecek içecek bulundurulmasına ait kötü uygulama örneği görülmektedir.



Şekil 4.60. Radyasyonlu alanlarda yiyecek ve içecek bulundurulması

4.14. RADYASYON ACİL DURUM ÖNLEMLERİ

Kontrol Listesinde KL14 önlem başlığı numarası ile verilen radyasyon acil durum önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.61.'de gösterilmiştir. Grafikte Radyoterapi bölümlerinde 4,3/5, Radyolojide 3,65/5, Nükleer Tıpta ise 3,3/5 oranlarında önlemlerin alındığı görülmektedir. Nükleer tıp bölümlerinde acil durum önlemlerinin alınma düzeyinin diğer bölümlere göre düşük kaldığı görülmektedir.



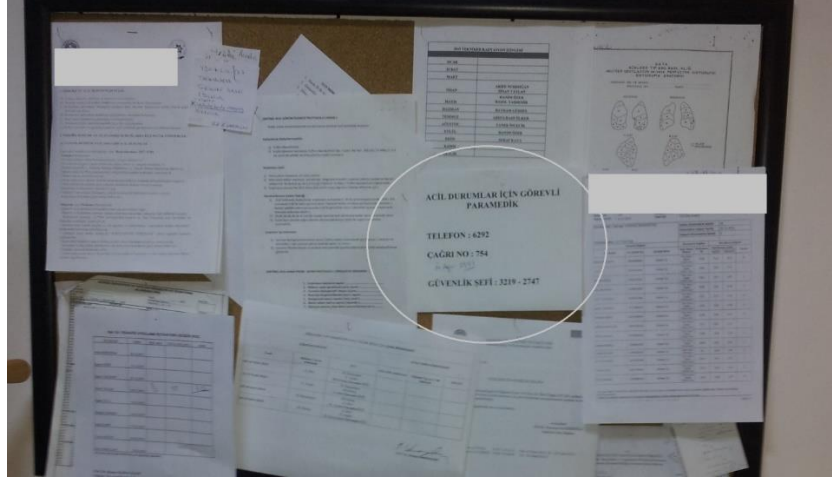
Şekil 4.61. Radyasyon acil durum önlemlerinin alınma düzeyi

Radyasyon acil durum önlemlerinin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.62.'de verilmiştir. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,777, -0,666 ve -0,88 olarak bulunmuştur. Nükleer Tıp bölümlerinde ortam ölçüm ve değerlendirme önlemlerinin alınması ile çalışanın radyasyon maruziyetinin düşürülmesi arasında yüksek düzeyde bir ilişkinin olduğu görülmektedir.



Şekil 4.62. Radyasyon acil durum önlemlerinin alınması ve maruziyet ilişkisi

Şekil 4.63.'de Nükleer Tıp laboratuvarlarında acil durumlarda ulaşılabacak telefonlara ait araştırma yerinden alınan bir örnek görülmektedir. Şekil 4.64.'de ise radyasyon acil durum planı onayı görülmektedir.



Şekil 4.63. Radyasyon acil durumu ulaşılabacak telefonlar

ELEKTA SİNERJİ LINEER HIZLANDIRICI CHIAZI İÇİN ACIL DURUM PLANI

Amacı: [Redacted] Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda bulunan Elekta Lineer Hızlandırıcı Chhazi'nin acil durumlarda zararlı radyasyona karşı kişilerin ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlayacak müdahalelerin belirlenmesidir.

Kapsamı: Bu plan, radyasyon güvenliğinin sağlanmasını gerektiren durumlarda dikkat edilmesi ve yapılması gereken her türlü faaliyete ilgili hususları, olay durumunda tutulacak raporun içeriğini ve acil durum tabakat talimatlarını içerir.

Genel Sorumlu		
	Hastane Yönetim Sorumlusu	Bilgin Sorumlusu
Adı:	[Redacted]	Prof. Dr. [Redacted]
Görevi:	Başhekim	Anabilim Dalı Başkanı
Eğitimi:	AMB	Radyasyon Onkoloğu
Telefon:	[Redacted]	[Redacted]
Telefon Cep:	[Redacted]	[Redacted]

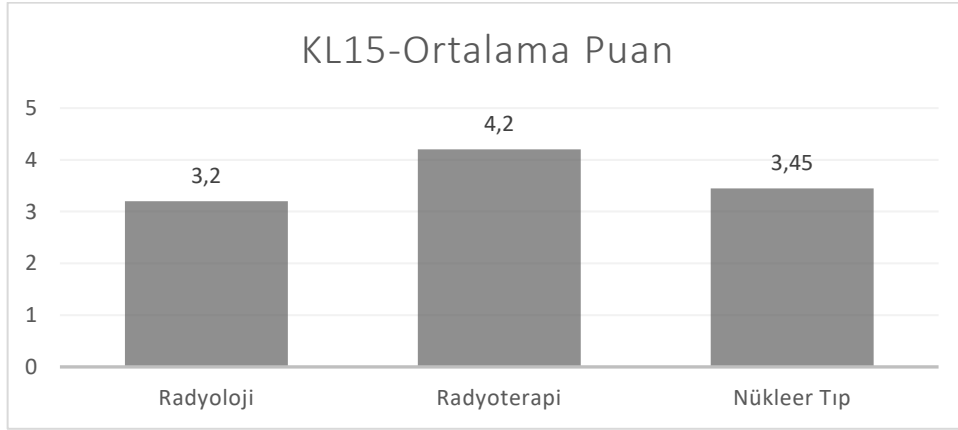
Radyasyon Güvenliğinde Sorumlu Personel	
Radyasyon Güvenliği Sorumlusu	
Adı:	Yrd. Doç. Dr. [Redacted]
Görevi:	Medikal Fizik Uzmanı
Eğitimi:	Nükleer Enerji Mühendisi
Telefon:	[Redacted]
Telefon Cep:	[Redacted]

Radyasyon Güvenliğinde Sorumlu Yedek Personel			
Mühürsüz			
Görevi:	Radyasyon Fizik Uzmanı	Radyasyon Fizik Uzmanı	[Redacted]
Eğitimi:	Med Fizik Uzmanı	Fizik Uzmanı	Radyasyon Fizik Uzmanı
Telefon:	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
Telefon Cep:	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Şekil 4.64. Radyasyon acil durum planı onayı

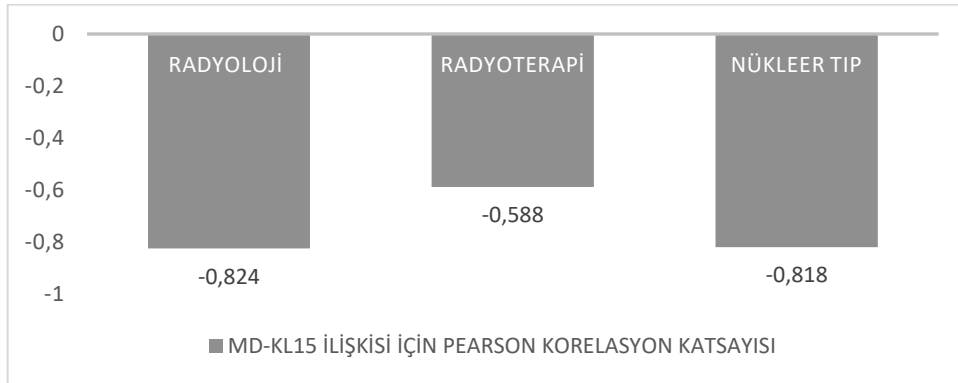
4.15. RADYASYON BİYOLOJİK DEĞERLENDİRME ÖNLEMLERİ

Kontrol Listesinde KL15 önlem başlığı numarası ile verilen radyasyon biyolojik değerlendirme önlemlerinin araştırma yerlerinde alınma durumu aşağıdaki Şekil 4.65.'da gösterilmiştir. Grafikte Radyoterapi bölümlerinde 3,2/5, Radyolojide 4,2/5, Nükleer Tıpta ise 3,45/5 oranlarında önlemlerin alındığı görülmektedir. Radyoterapide biyolojik değerlendirme önlemleri diğer bölümlere göre daha yüksek düzeyde alınmaktadır.



Şekil 4.65. Radyasyon acil durum önlemlerinin alınma düzeyi

Radyasyon biyolojik değerlendirme önlemlerinin alınmasının çalışanların radyasyon maruziyetine etkisinin araştırılması sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.66.'da verilmiştir. Radyoloji, Radyoterapi ve Nükleer Tıp bölümleri için Pearson Korelasyon değerleri sırasıyla -0,824, -0,588 ve -0,818 olarak bulunmuştur. Nükleer Tıp ve Radyoloji bölümlerinde bu önlemlerin alınması ile çalışanın radyasyon maruziyetinin düşürülmesi arasında yüksek düzeyde bir ilişkinin olduğu görülmektedir.



Şekil 4.66. Radyasyon biyolojik değerlendirme önlemlerinin alınması ve maruziyet ilişkisi

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında sağlık sektöründe iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalan çalışanlar için uygulamadaki iş sağlığı ve güvenliği önlemleri araştırılmıştır. Hazırlanan tıbbi uygulamalarda radyasyondan korunma için İSG kontrol listesi araştırma yerlerine uygulanarak İSG önlemlerinin alınma durumuna ait bulgular toplanmıştır. Aynı araştırma yerlerinde çalışanların radyasyon maruziyet değerleri de elde edilmiştir. Böylece İSG önlemlerinin radyasyon maruziyeti üzerine etkisi araştırmaya çalışılmıştır.

Araştırma sonucunda sağlık sektöründe radyasyon çalışanları için uygulamadaki İSG önlemlerine ait bulgular aşağıda açıklanmıştır.

Radyasyon Uygulamalarında iş sağlığı ve güvenliği önlemleri radyoterapi bölümlerinde radyoloji ve nükleer tıp bölümlerine göre daha yüksek düzeyde alınmaktadır. Radyoterapi bölümlerinde kullanılan radyasyon kaynaklarının yüksek radyasyon yayan cihazlar olmaları sebebiyle bu bölümlerde yaşanan kazalarda ciddi akut radyasyon etkileri görülmektedir. Geçmişte yaşanan yüksek doz radyasyon kullanımı sebebiyle gerçekleşen “San Jose, Kosta Rika – 1996” radyasyon kazası gibi kazalar sağlık kuruluşlarını radyoterapi bölümlerinde üst düzey önlemler almaya sevk etmiştir [67]. Bu konu hakkında IAEA ve ICRP tarafından özel raporlar yayınlanmıştır. Bu sebeple kaza bilincinin radyoterapi bölümlerinde önlemlerin artmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Aynı şekilde IAEA tarafından hazırlanan “Samut Prakarn, Tayland - 2000” ve “İkitelli, İstanbul – 1999” kaza raporlarında kazaların sebebi olarak radyoaktif kaynaklara ilişkin kayıtların düzenli olarak tutulmaması gösterilmektedir [68,69]. Bu sebeple radyoterapi bölümlerinde alınması gereken talimatlar, kayıtlar ve uyarı işaretleri gibi önlemlerin yüksek oranlarda alındığı görülmektedir. Bu iki kaza da Kobalt-60 kaynağı ile yaşandığı için, radyoterapide Kobalt-60 radyoizotopları yerine daha güvenli olan X ışını yayan lineer hızlandırıcılar kullanılmaktadır. Böylece radyoterapi de riskler kaynaktan yok edildiği için bu bölümlerde radyasyon maruziyet değerleri de daha düşük çıkmıştır. Buna karşın radyoloji bölümlerinde kullanılan x ışını cihazları kronik radyasyon etkileri yapmaktadır. Kronik radyasyon etkileri oldukça uzun bir sürede ortaya çıkabilmektedir. Radyoloji bölümlerindeki önlemlerin alınmamasının sebebinin geçmişte etkileri gözle görülen ciddi kazalar yaşanmaması, böylece kronik etkilerin göz ardı edilmesi olduğu düşünülmektedir. Nükleer tıp bölümlerinde ise akut ve kronik etkilerin birlikte görülme ihtimali oldukça yüksektir. Buna karşın nükleer tıp bölümlerinde İSG önlemlerinin düşük düzeyde alındığı

görülmüştür. Bunun sebebi radyoizotopların açık halde bulunması ve çalışana çok yakın olarak kullanılmasıdır. Nükleer tıp bölümlerinde önlemlerin alınmamasının sebepleri olarak insan faktörü, denetimsizlik, teknolojik yöntemleri kullanmama, yeni nesil cihazların pahalı olması, hasta sayısı ve geçmiş kazaların raporlanmaması gibi etkenler olduğu düşünülmektedir.

İngiltere’de 1995 ve 1996 yıllarını kapsayacak şekilde “İngiltere Ulusal Radyolojik Korunma Kurulu” tarafından çalışanların radyasyon maruziyeti araştırmasında radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp bölümlerinde çalışanların yıllık ortalama radyasyon maruziyet değerleri aşağıdaki Tablo 5.1.’de verilmiştir [70].

Tablo 5.1. İngiltere’de radyasyon görevlilerinin 1995-1996 yıllarında yıllık ortalama radyasyon maruziyeti

Radyoloji	Radyoterapi	Nükleer Tıp
0,19 mSv	0,10 mSv	0,61 mSv

Tablo 5.1. de görüldüğü gibi Nükleer Tıp bölümlerinde çalışanların ortalama yıllık maruziyet değerleri diğer bölümlerde çalışan radyasyon görevlilerinin yıllık ortalama maruziyet değerlerinden oldukça yüksektir. Radyoloji bölümlerindekilerin değerleri ise Radyoterapi bölümlerinde çalışanların değerlerinden biraz yüksek çıkmıştır.

Tablo 5.2. Tez çalışmasında bulunan yıllık ortalama radyasyon maruziyeti

Radyoloji	Radyoterapi	Nükleer Tıp
0.235 mSv	0,166 mSv	1.96 mSv

Tablo 5.2.’de ise bu tez çalışmasında yapılmış olan araştırma sonucunda Türkiye’deki seçilen araştırma yerlerinde radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp bölümlerindeki ortalama yıllık radyasyon maruziyet değerleri bulunmaktadır.

Tez araştırması sonucu elde edilen ülkemize ait sonuçlar ile İngiltere’deki sonuçlar karşılaştırıldığında radyasyon çalışanlarının ülkemizdeki radyasyon maruziyetinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşın her iki çalışmada Şekil 5.1.’de belirtildiği gibi nükleer tıp bölümlerindeki maruziyet değerleri radyoloji ve radyoterapi bölümlerindekinden daha yüksek çıkmaktadır.



Şekil 5.1. Radyasyon uygulamalarında maruziyet değerleri sıralaması

Radyoloji ve Nükleer Tıp bölümlerindeki önlemlerin alınma düzeyleri birbirlerine yakın düzeyde çıkmalarına karşın Nükleer Tıp bölümlerinde maruziyet değerleri Radyoloji bölümlerine göre oldukça yüksektir. Kontrol Listemizdeki KL11, KL12 ve KL13 önlem başlığındaki önlemler yalnızca Nükleer Tıp bölümlerinde alınması gereken önlemlerdir. Radyoizotoplarla çalışma ile ilgili olan radyoaktif atık yönetimi, bulaşmaya karşı önlemler ve radyoizotoplarla çalışmada uygun araç ve gereç kullanımı ifade eden bu önlemlerin alınmamasının nükleer tıp bölümlerindeki maruziyet değerlerinin yüksek çıkmasının ana sebebi olduğu düşünülmektedir.

Avrupa Radyoloji Birliği ve Türk Radyoloji Derneğinin katkılarıyla 2015 yılında yapılan “Türkiye’de Radyoloji Çalışanlarının Radyasyon Farkındalığı” araştırmasında 234 radyasyon çalışanına anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada doğru cevabı “Gonadlar (Üreme organları)” olan “Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu 103 numaralı tavsiyelerinde hangi dokunun radyasyon duyarlılık faktörünü artırmıştır” sorusu radyasyon görevlilerine sorulmuştur. Deneklerin yalnızca %9’luk bir kısmı soruya doğru cevap verebilmiştir. Bu durum ülkemizde radyasyon personelinin radyasyonun kronik zararları ve KKD kullanımını üzerine eğitimsiz olduğunu göstermektedir. Tez çalışmasında araştırma yerlerinde gözlemlenen kişisel koruyucu donanımların kullanılmaması ve radyasyon güvenliği eğitimlerinin verilmemesi bulguları anket çalışması sonuçlarıyla örtüşmektedir [71].

Martha S. Linet ve ark. [72] tarafından yapılan “Amerika Ulusal Toplum Sağlığı Enstitüsü Tıp Kütüphanesi” tarafından 2014 yılında yayınlanan “Tıbbi Uygulamalarda Radyasyon Görevlileri İçin Kanseri Riskleri Tarihsel İncelemesi” araştırmasında teknolojik gelişmeler ile radyasyon kullanım alanlarının genişlediği, radyasyonun zararlı etkilerinin anlaşılması ile radyasyon güvenliği önlemlerinin arttığı belirtilmektedir. Araştırmada İngiltere, Amerika ve daha sonraları Avrupa ülkeleri tarafından yapılan çalışmalar neticesinde radyasyon güvenliği kurallarının oluşturulduğu ve bu kurallara uyulması ile radyasyon görevlilerinin yıllık aldıkları doz değerlerinin yıllar içerisinde azaldığı ifade edilmektedir [72]. Bu tez çalışmasında gelişmiş ülkelerin kurumları, üniversiteleri, radyasyon güvenliği üzerine faaliyet gösteren kuruluşları

tarafından hazırlanan mevzuatlar, araştırmalar, tavsiyeler ve yayınlardan faydalanılarak hazırlanan idari önlemler, atık güvenliği, KKD kullanımı ve diğer radyasyondan korunma için İSG önlemlerini ihtiva eden Ek-1'deki kontrol listesi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda Kontrol Listesindeki önlemlerin alınması ile radyasyon maruziyet değerlerinin düşürülebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Radyasyon uygulamalarında İSG önlemleri konusunda gelişmiş ülkeler seviyesine gelinebilmesi amacıyla “Sonuç ve Öneriler” bölümünde önerilerde bulunulmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında çalışanların radyasyondan korunması için alınması gereken İş Sağlığı ve Güvenliği önlemleri araştırılmıştır. Ek-1’de verilen Tıbbi Uygulamalarda radyasyondan korunma için İSG önlemleri hazırlanarak araştırmaya başlanmıştır. Yapılan saha çalışmaları ve istatistiksel hesaplamalar ile tıbbi uygulamalarda radyasyondan korunma için iş sağlığı ve güvenliği önlemlerin sağlık kuruluşlarında alınıp alınmadığı ve bu önlemlerin maruziyet değerleri ile ilişkisi belirlenmiştir. Bulgular bölümünde belirtilen veriler ışığında varılan sonuç ve öneriler aşağıda açıklanmıştır.

Sağlık kuruluşlarında radyasyon güvenliğinin etkili ve sürdürülebilir olmasını sağlamak amacıyla idari önlemlerin alınması büyük önem arz etmektedir. Sağlık kuruluşlarında idari önlemlerin alınması çalışanların radyasyon maruziyet değerlerinin azaltılmasında da etkili olmaktadır. Araştırma yerlerinde idari önlemlerin özellikle nükleer tıp bölümlerinde oldukça düşük oranda alındığı görülmektedir. İdari önlemlerin alınması için sağlık kuruluşlarının “Radyasyon Güvenlik Kurulları” oluşturulmalıdır. Radyasyon güvenlik kurullarının çalışması hastane yönetimleri tarafından denetlenmelidir. Radyasyon güvenlik kurulları radyasyondan korunma sorumluları ve iş güvenliği uzmanlarının koordine çalışmasını sağlamalıdır. Sağlık kuruluşları radyasyon güvenliği üzerine eğitimler, cihazlar ve kişisel koruyucu donanımlar gibi alanlara bütçe ve zaman ayırmalıdır. Sağlık kuruluşundaki radyasyon kaynakları ve radyasyon güvenliği üzerine bilgileri ihtiva eden “Radyasyon Güvenliği El Kitabı” hazırlanmalı ve mutlaka güncellenmelidir. Radyasyon güvenliği el kitabı sağlık çalışanların en çabuk ulaşabileceği yerlerde bulundurulmalı, mümkünse internet ortamına yüklenmelidir.

Radyoterapi bölümlerinde diğer bölümlere göre yüksek oranda alınsa da, talimat önlemlerinin sağlık kuruluşlarında alınmadığı görülmektedir. Radyasyon maruziyet değerlerinin düşük değerlerde olması ve radyasyon güvenliğinin sağlanabilmesi için yazılı materyallerden olan talimatların radyasyonlu alanlarda bulunması gerekmektedir. İş güvenliği uzmanı tarafından her radyasyon uygulaması bölümündeki denetimli ve gözetimli alanlar belirlenmeli ve her bölüm için gerekli talimatlar uygun yerlere asılmalı ve bu talimatlar gerekli ise güncellenmeli veya değiştirilmelidir.

Radyasyon kaynaklarının kaybolması veya çalınması durumları veya ileride yaşanabilecek sağlık veya hukukla ilgili sorunların engellenmesi için yazılı materyallerden olan kayıtlar sağlık kuruluşlarında düşük oranda tutulmaktadır. Radyoterapi bölümlerinde geçmiş tecrübeler

neticesinde kayıt önlemlerin daha yüksek düzeyde alındığı görülse de özellikle nükleer tıp bölümlerinde bu önlemler istenilen seviyede alınmamaktadır. Kayıtların yüksek oranda tutulduğu araştırma yerlerinde ise radyasyon maruziyet değerlerinin düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Kayıtlar ile ilgili önlemlerin alınabilmesi için nükleer tıp bölümlerinde özel çalışmalar yapılması gerekmektedir. Radyasyondan korunma sorumluları radyofarmasötiklerin hastaneye giriş kayıtlarını doz hızı, aktivite yarılanma süresi gibi değerleri içerecek şekilde tutmalıdır. Kullanılan radyofarmasötiklerin kullanım sonrası aktiviteleri yeniden kaydedilmeli ve kaynaklar bu bilgilerle etiketlenmelidir. Radyasyonlu alanlarda çalışanların kayıtları günlük olarak tutulmalıdır. Özellikle hamilelik ile ilgili bildirim kayıtları radyasyondan korunma sorumlularında bulunmalıdır.

Radyasyon güvenliği eğitimlerinin alınması ile radyasyon çalışanlarının radyasyon maruziyet değerleri düşürülebilecektir. Fakat bu önlemlerin sağlık kuruluşlarında yeterli düzeyde alınmadığı görülmektedir. Radyasyon uygulamaları teknolojik gelişmeler ile birlikte değişebilmektedir. Bu sebeple radyasyondan korunma sorumlularının yüksek okul veya lisans düzeyinde her radyasyon uygulaması üzerine yeterli düzeyde eğitim aldığı düşünülmemelidir. Bu sebeple işe ilk girişte radyasyon çalışanına bölümde yapılan uygulamalar hakkında ve radyasyondan korunma üzerine yeterli eğitimler verilmelidir. Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonunun tavsiye kararları güncel olarak takip edilmeli ve bu doğrultuda eğitimler kurum içine verilmelidir. Açıklayıcı görsel öğelerin fazla bulunması ve teknolojik güvenlik önlemlerini barındırması nedeniyle uluslararası radyasyon güvenliği şirketlerinin videolu eğitim modellerinden faydalanılmalıdır.

Radyasyon uyarı işaretleri ile radyasyonlu alanlara girerken alınması gereken önlemlerin olduğu belirtilmektedir. Bu önlemlerin alınması ile radyasyonun maruziyeti azaltılabilecektir. Uluslararası kabul edilen ve TAEK tarafından kullanılması zorunlu tutulan sarı zemin üzerine radyasyon uyarı işaretleri mevzuata uygun olarak kullanılmalıdır. Ayrıca sağlık kuruluşlarının radyasyon uygulaması yapılan bölümlerinde çalışanın farkındalığını artırmak için İSG afişleri de kullanılmamıştır. Radyasyon kazaları, kişisel koruyucu donanım kullanımı, personel dozimetresinin kullanımı, atık yönetimini yapılması gibi alanlarda farkındalık oluşturan İSG afişleri çalışanların görebileceği uygun yerlere asılmalıdır.

Zırhlama önlemlerinin radyasyon kaynağının sabit X ışını yayan cihazlar olduğu radyoterapi ve radyoloji bölümlerinde nükleer tıp bölümlerine göre yüksek oranda alındığı görülmektedir. Özellikle nükleer tıp bölümlerinde zırhlama ve radyasyon maruziyeti ilişkisinin yüksek

düzeyde olduğu belirlenmiştir. Nükleer tıp bölümlerinde zırhlama işlemleri daha intizamla yürütülmelidir. Maruziyet değerlerinin yüksekliği durumunda kurşun zırhlı duvarların, kurşun tuğlaların, kurşun camların ve kurşun taşıma kaplarının radyasyon zayıflatma değerleri ölçülmelidir.

Radyasyonun zararlı etkilerinde çalışanın korunması için radyasyon görevlisinin uygun kişisel koruyucu donanımları giymesi gerekmektedir. Araştırma yerlerinde kişisel koruyucu donanım önlemlerinin düşük seviyede alındığı görülmektedir. Özellikle nükleer tıp bölümlerinde kişisel koruyucu donanım kullanılması ile radyasyon maruziyetinin düşürülebileceği bulunmuştur. KKD kullanılması için iş güvenliği uzmanlarına sorumluluklar düşmektedir. KKD'lerin bakımları düzenli olarak yapılmalıdır. Kurşun önlükleri ağırlığı sebebiyle giyemeyen personeller için mümkünse aynı kurşun zayıflatma değerine sahip hafif malzemelerden yapılan kurşun önlükler temin edilmelidir. Kurşun önlüklerin yalnızca vücudun iç organlarının bulunduğu bölgeyi koruduğu unutulmamalıdır. Bu sebeple tiroit koruyucular ve üreme bölgesi koruyucular kullanılmalıdır. Nükleer tıp laboratuvarlarında eldivenlerin kullanılmasına önem gösterilmelidir. Eldivenlere radyoaktif bulaşmanın oldukça yüksek olduğu unutulmamalı ve bu eldivenler ile kapı kolu, ışık gibi yerlere temas edilmemelidir.

Radyasyon yayan X ışını cihazlarının ve nükleer tıpta kullanılan diğer cihazların önlemlerinin alınması ile çalışanların radyasyon maruziyet değerleri düşürülebilecektir. Araştırma yerlerinde bu önlemlerin alınma düzeyinin diğer önlemlere göre yüksek olduğu görülmektedir. Teknolojik gelişmeler ile insanın radyasyon kaynağı ile arasına mesafe koyacak cihazlar ve sistemler geliştirilmiştir. Bu cihazların her radyasyon uygulamasında kullanılması maruziyet değerleri ve kaza riskleri açısından faydalı olacaktır. Cihaz sorumluları tarafından ise bu cihazlar uygun bakım, kalibrasyon ve kontrol işlemlerine tabii tutulmalıdır.

Yıllık radyasyon maruziyet sınır değerlerinin aşmamak ve mümkün olan en düşük radyasyon maruziyeti ile çalışmak radyasyon çalışmalarında temel kurallardan birisidir. Bu sebeple maruziyet ölçümlerinin periyodik olarak yapılması gerekmektedir. Bu ölçüm ve değerlendirme işlemlerinin düzenli ve güvenilir yapılabilmesi için dozimetrelerden sorumlu kişi belirlenmelidir. Dozimetler TAEK veya "TAEK Uygunluk Belgesi" almış laboratuvarlara yaptırılmalıdır. Yaka kartı dozimetlerinin bütün vücut ölçümü için kullanıldığı unutulmamalıdır. Nükleer tıp uygulamalarında parmaklar ve ellerin maruziyet ölçümü için yüzük ve bileklik dozimetreler kullanılmalıdır. Yıpranan dozimetreler yenisi ile değiştirilmelidir.

Ortamda bulunan radyasyon o ortamda çalışan radyasyon görevlisinin radyasyon maruziyetini artırmaktadır. Bu sebeple ortam ölçüm ve değerlendirmenin yapılması gerekmektedir. Araştırma yerlerinde ortam ölçümlerinin nükleer tıp bölümlerinde yüksek düzeyde yapıldığı buna karşın nükleer tıp ve radyolojide düşük düzeyde alındığı görülmüştür. Ortam ölçüm önlemlerinin alınmasının maruziyet değerleri ile ilişkisi ise nükleer tıp bölümlerinde oldukça yüksek düzeydedir. Ortamdaki radyasyonun çalışanın değerini yükselten radyasyon olduğu unutulmamalıdır. Ortamdaki radyasyonun anlık olarak ve periyodik olarak ölçümü sağlanmalıdır. Maruziyet değerlerinin aşırı yüksek çıktığı durumlarda ortam radyasyonu mutlaka ölçülmelidir. Radyasyon alan monitörleri için görsel ve sesli olarak uyarıda bulunan cihazlar kullanılmalıdır.

Nükleer Tıp bölümlerinde radyoizotoplarla çalışırken radyasyon kaynağı ile olan mesafenin artırılması ve radyasyon kaynağının taşınması işlemlerinde kullanılan uygun araç ve gereçlerin araştırma yerlerinde düşük oranda alındığı gözlemlenmiştir. Bu önlemlerin alınmasının çalışanın radyasyon maruziyetine etkisi ise oldukça yüksektir. Radyoizotoplarla çalışırken zırhlı şırınga yuvalarının, uzaktan çalışmayı sağlayan pens, maşa gibi aparatların, radyofarmasötiklerin taşınmasını sağlayan zırhlı tekerlekli kapların kullanılması ile radyasyon maruziyet değerleri düşürülebilecektir. Radyasyondan korunma sorumluları ve iş güvenliği uzmanları bu aletlerin kullanımını düzenli olarak denetlemelidir. Radyasyon maruziyet değerlerinin yüksek olduğu durumlarda bu aletlerin kullanımı ile ilgili baskın denetimler yapılmalıdır. Mümkünse nükleer tıp bölümlerine kamera sistemleri yerleştirilmeli ve personelin bu aletleri kullanıp kullanmadığı kontrol edilmelidir.

Nükleer Tıp bölümlerinde radyoizotopların sıklıkla kullanılması sonucunda bol miktarda radyoaktif atık meydana gelmektedir. Bu atıkların tıbbi atıklar ile aynı işlemlere tabii tutulmaması gerekir. Araştırma yerlerinde radyoaktif atık yönetimi ile ilgili önlemlerin düşük düzeyde alındığı buna karşın atık yönetiminin yapılmamasının radyasyon maruziyetini oldukça yükselttiği görülmüştür. Atık yönetiminin düzenli yapılabilmesi için ilk kural olarak her sağlık kuruluşunda atık depoları bulunmalıdır. Bu depolara ofis malzemeleri veya evraklar konulmamalıdır. Atık depoları düzenli olarak ortam ölçümü ile ölçülmelidir. Atıklar yarılanma süreleri boyunca odada bekletilmelidir. Atıklar laboratuvarlarda zırhlı radyoaktif kutularının içine atılmalıdır. Atıkların dışarıda açık alanda beklemesi engellenmelidir. Sıvı atıklar için bulaşmayı engelleyici özel sıvı radyoaktif çöp kutuları kullanılmalıdır.

Nükleer tıp bölümlerinde kullanılan radyoizotopların ortama ve çalışanlara bulaşmasının engellenmesine yönelik alınması gereken önlemlerin büyük çoğunluğu araştırma yerlerinde alınmamaktadır. Araştırmada bulaşmaya karşı önlemlerin alınması ile çalışanın radyasyon maruziyetinin düşürüleceği bulunmuştur. Bu sebeple bu önlemler titizlikle yürütülmelidir. Bunun için radyoaktif lavabolar her bölümde hazır bulunmalı ve amacına uygun olarak kullanılmalıdır. Vücut sıvılarındaki radyasyon nedeniyle hastaların tuvaletleri de radyasyon barındırdığından bu tuvaletler çalışanların tuvaletlerinden ayrı yerlerde bulunmalıdır. Ellerin veya vücudun temizlenmesi esnasında kullanılacak sabunlar ve solüsyonlar her an ulaşılabilecek yerlerde bulunmalıdır. Laboratuvar yerlerine veya duvarlarına dökülmeleri gidermek için uzum saplı mesafeyi artıracak temizleme malzemeleri kullanılmalıdır. Mümkün ise otomatik yıkama makinaları tercih edilmelidir. Bulaşmanın giderilmesi için kurulmuş dekontaminasyon duşları amaç dışında kullanılmamalıdır. Radyasyon gıda maddelerine bulaşabileceği bu maddelerin yapısını bozabileceğinden gıda maddeleri radyasyonlu alanlarda bulunmamalıdır. Radyoizotoplarla çalışırken günlük hayatta kullanılan elbiseler kullanılmamalıdır, özel laboratuvar önlükleri giyilmelidir.

Radyasyon kazalarının yaşanma ihtimaline karşı alınması gereken radyasyon acil durum önlemlerinin araştırma yapılan yerlerde yeterli düzeyde alınmadığı görülmektedir. Bulgular bölümünde belirtildiği gibi bu önlemlerin alınması ile maruziyet değerlerinin düşürülmesi arasında ilişki bulunmaktadır. Bu sebeple radyasyon acil durum palanlarının hazırlanması ve ilgili bölümlerce onaylanması gerekmektedir. Acil durum tatbikatları ise rutin olarak ve baskın şekilde yapılmalıdır.

Radyasyon çalışanın biyolojik gözleminin yapılması ile maruziyet değerleri arasında ilişki bulunmuştur. Bu ilişkinin sebebi olarak bu önlemlerin alınması ile çalışanların radyasyon farkındalığının artması olduğu düşünülmektedir. Çalışanların biyolojik gözlem sonuçlarının değerlendirilmesi için radyasyondan korunma sorumluları ve hekimler sağlık kuruluşları tarafından yeterli eğitime tabii tutulmalıdır.

Araştırma sonucunda nükleer tıp bölümlerinde önlemlerin diğer bölümlere göre düşük düzeyde alındığı ve bu önlemlerin alınmamasının çalışanın radyasyon maruziyetini artırdığı bulunmuştur. Bu sebeple radyasyonun tıbbi uygulamalarında İSG üzerine araştırma yapmak isteyen araştırmacılar sağlık kuruluşlarının nükleer tıp bölümlerine özel önem göstermelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Williams, William SC., "Nuclear and particle physics." Clarendon Press, Sayfa 30-40, Oxford (UK), 1991.
- [2] Johnston, R, Database of Radiological Incidents and Related Events, <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents>, (Erişim Tarihi: 10/10/2014)
- [3] Sağlık Bakanlığı, Sağlık İstatistikleri Yıllığı, Sayfa 71, http://sbu.saglik.gov.tr/Ekutuphane/kitaplar/siy_2011.pdf, (Erişim Tarihi: 15/12/2014)
- [4] WHO, About ionizing radiation, http://www.who.int/ionizing_radiation/en/, (Erişim Tarihi: 11/09/2014)
- [5] IAEA, Terminology used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2007 Edition, Sayfa: 154-155, VIENNA, 2007
- [6] IAEA, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Sayfa: 410, VIENNA, 2014
- [7] Types of Radiation, physics.tutorvista.com (Erişim Tarihi: 13/01/2015)
- [8] University of California, Berkeley University, C/CS/Phys 191, Fall 2003, Lecture 7, <http://www-inst.eecs.berkeley.edu/~cs191/sp05/lectures/lecture7.pdf> (Erişim Tarihi: 18/10/2014)
- [9] NASA, Electromagnetic Spectrum Diagram, <http://myasadata.larc.nasa.gov/science-processes/electromagnetic-diagram/> (Erişim Tarihi: 20/02/2015)
- [10] TAEK, Radyoizotopların Emniyetle Kullanılmasında Sağlık Fiziği, T.C. Atom Enerjisi Komisyonu Yayınları, Sayfa: 15 Ankara-1966
- [11] Idaho State University, The Radiation Information Network, Sayfa:6, <http://www.physics.isu.edu/radinf/xray.htm> (Erişim Tarihi: 01/03/2015)
- [12] TAEK, Nükleer Tanımlar Yönetmeliği <http://www.taek.gov.tr/belgeler-formlar/mevzuat/yonetmelikler/N%C3%BCKleer-Tan%C4%B1mlar-Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi/> (Erişim Tarihi: 25/01/2015)
- [13] IAEA, Radiopharmaceuticals: Production and Availability, https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC51/GC51InfDocuments/English/gc51inf-3-att2_en.pdf (Erişim Tarihi: 26/03/2015)
- [14] M.Nahed, Biological Effects of Ionizing Radiation, University of Khartoum Faculty of Science Department of Physics, Sayfa:4-11, Khartoum, 2013

- [15] Measuring the radiosensitivity of healthcare personnel in radiation-based medical diagnosis and treatment,
http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n134/img/art_2_07_en.jpg
(Erişim Tarihi: 21/05/2015)
- [16] R. Charles Ionizing Radiation Effects, Columbia University Sayfa 1-15, Columbia, 2014
- [17] Biological Effects of Radiation, USNRC Technical Training Center, Sayfa: 1-15,
<http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/teachers/09.pdf> (Erişim Tarihi: 08/04/2015)
- [18] Jefferson Lab, Radiation Biological Effects
https://www.jlab.org/div_dept/train/rad_guide/effects.html
(Erişim Tarihi: 16/03/2015)
- [19] U.S. Department of Health & Human Services Acute Radiation Syndrome: A Fact Sheet for Physicians, Sayfa:3
<http://emergency.cdc.gov/radiation/pdf/arsphysicianfactsheet.pdf>
(Erişim Tarihi: 14/04/2015)
- [20] U.S. National Library of Medicine, Radiation sickness,
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/000026.html> (Erişim Tarihi: 04/05/2015)
- [21] U.S. National Library of Medicine, Radiation sickness,
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/000026.html> (Erişim Tarihi: 04/05/2015)
- [22] IAEA, RADIATION DOSIMETERS, Division of Human Health, Sayfa:71-97, Vienna, 1998
- [23] TAEK, Radyasyon Uygulamaları
<http://www.taek.gov.tr/radyasyon-guvenligi/radyasyonguvenligi/482-toplum-isinlanmalarinin-kontrolu.html> (Erişim Tarihi: 12/04/2015)
- [24] TAEK, Radyasyon Ölçüm Sistemi Uygunluk Belgesi,
http://www.taek.gov.tr/belgeler-formlar/func-download/837/chk,e16d783c109ebc0e2ecdfcb6272a98ec/no_html,1/
(Erişim Tarihi: 13/03/2015)
- [25] C. J. Martin, “The development of radiation protection”, Oxford Press, Chapter 1, Oxford (UK), 1991.

- [26] P. Allisy-Roberts_“Ionising radiation legislation”, Oxford Press,
Chapter 5, Oxford (UK), 1991.
- [27] IAEA, IAEA Safety Standarts No. GSR Part 3 (Interim), Radiation Protection and
Safety of Radiation Sources :International Basic Safety Standards Sayfa :12-18,
AUSTRIA, 2011
- [28] Images SI Inc., Radioactive Sources,
<http://www.imagesco.com/geiger/radioactive-sources.html> (Erişim Tarihi: 18/06/2015)
- [29] Radyasyon Gvenliği Ynetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 24.03.2000,
Resmi Gazete Sayısı: 23999
- [30] Dose Standards and Methods for Protection Against Radiation and Contamination,
USNRC Technical Training Center, Sayfa: 8-7,
<http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/teachers/08.pdf> (Erişim Tarihi: 08/04/2015)
- [31] IAEA, IAEA Safety Standarts No. RS-G-1.1, Occupational Radiation Protection,
Sayfa 3-17, VIENNA, 1999
- [32] Radiation Shielding Techniques And Equipments,
<http://www.machinerytraderparts.com/radiation-shielding-techniques-equipments/>
(Erişim Tarihi: 13/03/2015)
- [33] Images SI Inc., Radioactive Sources,
<http://www.imagesco.com/geiger/cal/> (Erişim Tarihi: 18/07/2015)
- [34] ICRP Publication 12 “General Principles of Monitoring for Radiation
Protection of Workers”
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2012>
(Erişim Tarihi: 06/10/2015)
- [35] ICRP Publication 26 “Recommendations of the ICRP”
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2026>
(Erişim Tarihi: 06/10/2015)
- [36] ICRP Publication 28 “Principles for Handling Emergency and Accidental Exposures of
Workers” <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2028>
(Erişim Tarihi: 06/10/2015)
- [37] ICRP Publication 35 “General Principles of Monitoring for Radiation Protection of
Workers” <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2035>
(Erişim Tarihi: 07/10/2015)

- [38] ICRP Publication 54 “Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers”
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2054>
(Erişim Tarihi: 08/10/2015)
- [39] ICRP Publication 57 “Radiological Protection of the Worker in Medicine and Dentistry” <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2057>
(Erişim Tarihi: 08/10/2015)
- [40] ICRP Publication 61 “Annuals Limits on Intake of Radionuclides by Workers Based on the 1990 Recommendations”
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2061>
(Erişim Tarihi: 03/08/2015)
- [41] ICRP Publication 68 “Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers”
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2068>
(Erişim Tarihi: 08/09/2015)
- [42] ICRP Publication 78 “Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (preface and glossary missing)” <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2078>
(Erişim Tarihi: 06/10/2015)
- [43] ICRP Publication 75 “General Principles for the Radiation Protection of Workers”
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2075>
(Erişim Tarihi: 02/10/2015)
- [44] ICRP Publication 105 “Radiological Protection in Medicine”
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20105>
(Erişim Tarihi: 04/10/2015)
- [45] IAEA, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Sayfa: 410, VIENNA, 2014
- [46] IAEA, IAEA Safety Standarts No. GSR Part 3 (Interim), Radiation Protection and Safety of Radiation Sources :International Basic Safety Standards Sayfa :12-18, AUSTRIA, 2011
- [47] IAEA, IAEA Safety Standarts No. RS-G-1.1, Occupational Radiation Protection, Sayfa 3-17, VIENNA, 1999
- [48] IAEA, IAEA Safety Standarts No. RS-G-1.3, Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, Sayfa: 1-43, VIENNA, 1999
- [49] IAEA, IAEA Safety Standarts No. RS-G-1.2, Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides, Sayfa:1-60 , AUSTRIA, 1999

- [50] RADYASYON GÜVENLİĞİ YÖNETMELİĞİ, Resmi Gazete Tarihi: 24.03.2000,
Resmi Gazete Sayısı: 23999
- [51] TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU KANUNU Resmi Gazete Tarih : 13/7/1982
Resmi Gazete Sayısı : 17753
<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2690.pdf> (Erişim Tarihi: 04/09/2014)
- [52] TAEK, RADYASYON GÜVENLİĞİ TÜZÜĞÜ Resmi Gazete Tarihi: 07.09.1985
Resmi Gazete Sayısı: 18861
<http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin1.Asp?MevzuatKod=2.5.859727&MevzuatIli ski=0&sourceXmlSearch=Radyasyon%20G%C3%BCvenli%C4%9Fi%20T%C3%BC z%C3%BC%C4%9F%C3%BC&Tur=2&Tertip=5&No=859727>
(Erişim Tarihi: 12/09/2014)
- [53] Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetlerinde İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynakları İle Çalışan Personelin Radyasyon Doz Limitleri Ve Çalışma Esasları Hakkında Yönetmelik
Resmi Gazete Tarihi: 05.07.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28344
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/07/20120705-8.htm>
(Erişim Tarihi: 15/10/2014)
- [54] TAEK, Radyasyon Güvenliği Komiteleri Çalışma Usul ve Esasları
<http://www.taek.gov.tr/radyasyon-guvenligi/rehber-dokumanlar/usul-esaslar.html>
(Erişim Tarihi: 15/11/2014)
- [55] TAEK, Radyoaktif Kaynak İçeren Cihazların Sökümü ve Taşınması Faaliyetlerine İlişkin Usul ve Esaslar
<http://www.taek.gov.tr/radyasyon-guvenligi/rehber-dokumanlar/usul-esaslar.html>
(Erişim Tarihi: 18/11/2014)
- [56] Australian National Universty, Work Environment Group,
Ionizing Radiation Audit Checklists Version 2:Oct, 2010
https://policies.anu.edu.au/ppl/download/ANUP_001182 (Erişim Tarihi: 18/12/2014)
- [57] The University of Memphis, Radiation Safety Checklist
<http://ehs.memphis.edu/radchk.htm> (Erişim Tarihi: 20/12/2014)
- [58] Radiation Protection Program Audit Checklist
https://www.apnga.com/Annual_Audit_Checklist.pdf (Erişim Tarihi: 14/12/2014)

- [59] Universty of Windsor, Radiation Safety Program - Laboratory Inspection Checklist
[http://web4.uwindsor.ca/units/chemicalcontrolcentre/radiation.nsf/cf50c73c23e058b985256db30060a59e/c7b486704a7f56ea8525739b004c7090/\\$FILE/Radiation%20Safety%20Program%20-%20Inspection%20Checklist.pdf](http://web4.uwindsor.ca/units/chemicalcontrolcentre/radiation.nsf/cf50c73c23e058b985256db30060a59e/c7b486704a7f56ea8525739b004c7090/$FILE/Radiation%20Safety%20Program%20-%20Inspection%20Checklist.pdf) (Erişim Tarihi: 22/12/2014)
- [60] Western University, Nuclear Radiation Safety Inspection Checklist
http://www.uwo.ca/hr/form_doc/health_safety/form/radiation_insp_checklist.pdf
(Erişim Tarihi: 26/12/2014)
- [61] United States Environmental Protection Agency, RADIATION RISK ASSESSMENT GUIDANCE , <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/pdf/ch10.pdf>
(Erişim Tarihi: 20/01/2015)
- [62] DUKE UNIVERSITY, RADIATION SAFETY DIVISION OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL SAFETY OFFICE, RADIATION SAFETY MANUAL FOR DUKE UNIVERSITY AND DUKE UNIVERSITY MEDICAL CENTER, NORTH CAROLINA, 2015, <http://www.safety.duke.edu/radsafety/docs/radman.pdf>
(Erişim Tarihi: 25/04/2015)
- [63] Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi, Radyasyon Güvenliği El Kitabı, <http://hastane.omu.edu.tr/downloads/files/OM%C3%9C-RGK%20EL%20K%C4%B0TABI-2013%20PDF.pdf>
(Erişim Tarihi: 10/12/2014)
- [64] Stanford Universty, Radiation Protection Guidance For Hospital Staff Stanford Hospital and Clinics, Lucile Packard Children'sHospitalAnd Veterans Affairs Palo Alto Health Care System
https://web.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/radlaser/Hospital_Guidance_document.pdf (Erişim Tarihi: 10/01/2015)
- [65] Shippensburg University, Computing Technologies Center,
<http://webspace.ship.edu/pgmarr/Geo441/Lectures/Lec%2010%20-%20Pearsons%20Correlation.pdf> (Erişim Tarihi: 10/12/2015)
- [66] Loughborough University, Mathematics Education Centre,
<http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/pearsons.pdf> (Erişim Tarihi: 10/12/2015)
- [67] The Radiological Accident in Samut Prakarn, Austria, 2002
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1124_scr.pdf
(Erişim Tarihi: 12/12/2015)

- [68] Accidental Overexposure of Radiotherapy in San José, Costa Rica, Austria, 1998
http://pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P027_scr.pdf
(Erişim Tarihi: 13/12/2015)
- [69] IAEA, The Radiological Accident In Istanbul International Atomic Energy Agency, VIENNA, 2000 http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1102_web.pdf
(Erişim Tarihi: 14/12/2015)
- [70] D.H.Temperton and S. Green, “Personal Monitoring”, Practical Radiation Protection”, Chapter 8 , Oxford (UK), 1991.
- [71] European Society of Radiology, Turkish Society of Radiology, Radiation awareness of radiology workers in Turkey, http://www.eurosafeimaging.org/wp/wp-content/uploads/2015/03/Turkey_EuroSafe2015.pdf (Erişim Tarihi: 10/05/2015)
- [72] National Library of Medicine, National Institutes of Health, Historical Review of Cancer Risks in Medical Radiation Workers Martha S. Linet,^{a,1} Kwang Pyo Kim,^b Donald L. Miller,^c Ruth A. Kleinerman,^a Steve Simon,^a and Amy Berrington de Gonzalez, USA
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4098897/>
(Erişim Tarihi: 15/05/2015)

EKLER

EK-1 TIBBİ UYGULAMALARDA RADYASYONDAN KORNUMA İÇİN İSG KONTROL LİSTESİ

**TIBBİ UYGULAMALARDA RADYASYONDAN KORUNMA İÇİN
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÖNLEMLERİ KONTROL LİSTESİ**

ARAŞTIRILAN BÖLÜM NUMARASI:		TARİH:
KL	Kontrol Listesi Önlem Başlığı Numarası	
G	Her uygulamada alınması gereken genel önlemler	
RY	Radyoloji uygulamaları için özel İSG önlemleri	
RT	Radyoterapi uygulamaları için özel İSG önlemleri	
NT	Nükleer tıp uygulamaları için özel İSG önlemleri	
5	Bütün önlemler alınmış.	
4	Önlemlerin az bir kısmı alınmamış.	
3	Önlemler orta düzeyde alınmış.	
2	Çok az sayıda önlem alınmış.	
1	Önlemler alınmamış.	

		ÖNLEMLER	5	4	3	2	1
KL01		İDARİ ÖNLEMLER					
	G	Radyasyon Güvenliği Kurulu/Komitesi (RGK) kurulmuş.					
	G	Radyasyon Güvenliği Kurulu (RGK) aktif olarak çalışıyor.					
	G	Radyasyondan Koruma Sorumlusu (RKS) atanmış.					
	G	Radyasyondan Koruma Sorumlusu (RKS) aktif olarak çalışıyor.					
	G	İş Güvenliği uzmanı istihdam ediliyor veya hizmet alınıyor.					
	G	İş Yeri Hekimi istihdam ediliyor veya hizmet alınıyor					
	G	Radyasyondan korunma için risk değerlendirmesi yapılmış.					
	G	Radyasyon Güvenliği El Kitabı hazırlanmış.					
	G	Radyasyon Görevlileri görev, yetki ve sorumlulukları belirlenmiş.					
	G	Çalışanın radyasyondan korunmasına yönelik (KKD, cihaz, eğitim vb.) bütçe ayrılmış.					
	G	Radyasyon güvenliği Kalite Yönetim Sisteminde bulunuyor.					

			5	4	3	2	1
KL02		TALİMATLAR					
	G	Denetimli alanlarda çalışma talimatları hazırlanmış.					
	G	Gözetimli alanlarda çalışma talimatları hazırlanmış.					
	G	Radyasyondan korunma talimatları hazırlanmış.					
	G	Cihazların kullanma talimatları hazırlanmış.					
	G	Uygulamaya özgü doz aşım talimatları hazırlanmış.					
	G	Hamile çalışanlar ile ilgili talimatlar hazırlanmış.					
	G	Harici görevlilere ilişkin talimatlar hazırlanmış.					
	G	Film tekrarlarını önleyici talimatlar hazırlanmış.					
	G	Yanlış hasta ve yanlış doz uygulamasını önleyici talimatlar hazırlanmış.					
	NT	Bulaşmaya karşı ve bulaşma sonrası talimatları hazırlanmış					
	NT	Radyoaktif atık talimatları hazırlanmış.					
	G	Acil durum talimatları hazırlanmış.					
	G	Talimatlar personelin kolaylıkla ulaşabileceği uygun yerlerde bulunuyor.					

			5	4	3	2	1
KL03		KAYITLAR					
	G	Radyasyon Güvenlik Komitesi (RGK) kayıtları tutuyor ve yetkililer kayıtlara ulaşabiliyor.					
	G	Radyasyondan Korunma Sorumlusu (RKS) kayıtları tutuyor ve yetkililer kayıtlara ulaşabiliyor.					
	G	Radyasyon Çalışanı Değerlendirme Formu dolduruluyor.					
	G	Radyasyon Çalışanı Sağlık İzleme Formu dolduruluyor.					
	G	Yıllık sağlık izlemeleri (çalışanın biyolojik gözlemi) kayıtları tutuluyor.					
	G	Kişisel dozimetre sonuçlarına (radyasyon maruziyeti ölçüm sonuçları) ait kayıtlar (2 ayda bir) tutuluyor.					
	NT	Ortam radyasyonu ölçüm kayıtları (yılda bir) tutuluyor.					
	G	Denetimli ve gözetimli alanlarda çalışan personele ait kayıtlar tutuluyor.					
	G	Çalışma alanı A ve B de çalışan personellere ait kayıtlar tutuluyor.					
	G	Kişisel Koruyucu Donanımlara ait kayıtlar tutuluyor. (sayı, tür, kullanılan bölüm vb.)					
	G	Gözetimli alanlarda çalışan (16-18 yaş) stajyer ve öğrencilere ait kayıtlar tutuluyor.					
	G	Cihaz envanteri, lisans, bakım onarım, kalibrasyon bilgilerine ait kayıtlar tutuluyor.					
	G	Ramak kalalar (son anda gerçekleşmeyen kazalar) kayıt altına alınıyor.					
	G	İyileştirme gerektiren uygulamalara ait kayıtlar tutuluyor.					
	G	Kurum içi eğitim kayıtları tutuluyor.					
	G	Kullanılmayan cihazlara ait kayıtlar tutuluyor.					
	NT	Kullanılmayan radyoizotoplara ait kayıtlar tutuluyor.					
	G	Güvenli olmayan uygulamalara ait kayıtlar tutuluyor.					
	G	Acil durum kayıtları tutuluyor.					

			5	4	3	2	1
KL04		EĞİTİMLER					
	G	Radyasyondan Korunma Sorumlusu gerekli eğitimi almış.					
	G	Kurum içi eğitimler için gerekli zaman ve finans sağlanmış.					
	G	Radyasyon Personeline işe ilk girişte radyasyondan korunma eğitimi verilmiş.					
	RY	Radyasyon Personeline X ışını cihazlarının kullanımı eğitimi verilmiş.					
	G	Harici personele radyasyondan koruma konusunda gerekli eğitim verilmiş.					
	G	Personele iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verilmiş.					
	NT	Personele Radyoizotoplarla Güvenli Çalışma eğitimi verilmiş.					
	RT	Personele Kapalı Kaynaklarla Güvenli Çalışma Eğitimi verilmiş.					
	G	Personele acil durum eğitimi verilmiş.					

			5	4	3	2	1
KL05		UYARI İŞARETLERİ					
	G	Radyasyon uyarı işaretleri mevzuata uygun olarak hazırlanmış.					
	G	“Dikkat Radyasyon Alanı” uyarı işareti radyoloji cihazı bulunan alanların girişinde bulunuyor.					
	G	“Dikkat! Radyasyon Tehlikesi” uyarı işareti, acil durumlarda bölgeyi çeviren güvenlik şeridi üzerine veya bölgeyi çevreleyen sınırlara yapıştırılmak üzere mevcut ve kullanılıyor.					
	RY RT	“Hamileler Ve Hamilelik Şüphesi Olanlar Giremez” uyarı işareti radyoloji cihazlarının bulunduğu alanlarda mevcut.					
	RY	“Dikkat! X-Işını Cihazı Çalıştırıldığında Radyasyon Yayar” uyarı işareti radyoloji ve mobil radyoloji cihazlarının üzerine yapıştırılmış.					
	G	“Kişisel Dozimetre Taşınması Zorunludur” uyarı işareti kumanda odası ve teknisyen odasına yapıştırılmış.					
	NT	“Dikkat Radyasyon Alanı” Radyasyon kaynaklarının bulunduğu araştırma laboratuvar ve depolarında mevcut.					
	NT	“Dikkat! Radyoaktif Atık Bekletme Deposu” uyarı işareti radyoaktif atık bekletme depoları girişinde yapıştırılmış.					
	NT	“ Dikkat! Radyoaktif Lavabo” Uyarı işareti nükleer tıp laboratuvarlarında radyoaktif lavabolara yapıştırılmış.					
	NT	“Dikkat! Radyoaktif Madde Bulaşma Tehlikesi” Açık radyoaktif kaynak ile çalışılan alanlara yapıştırılmış.					

			5	4	3	2	1
KL06		ZIRHLAMA ÖNLEMLERİ					
	G	Radyasyon kaynaklarının bulunduğu odaların duvarları zırhlanmış ve TAEK tarafından tescillenmiş.					
	G	Personelin direkt radyasyon maruziyetine karşı ek zırhlama önlemleri mevcut.					
	G	Radyasyon personelinin bulunduğu bölge izlem gerekiyor ise kurşun camla ayrılmış.					
	G	Denetimli alanların kapıları kurşun eşdeğerli zırhla kaplanmış.					
	NT	Radyoizotoplar zırhlı kaplarda taşıyor.					
	NT	Radyofarmasotikler için kurşun zırhlı şırınga yuvaları kullanılıyor.					
	NT	Radyofarmasotik laboratuvarlarında (sıcak oda) personel ile radyoizotoplar arasında kurşun cam mevcut					

			5	4	3	2	1
KL07		KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM (KKD) ÖNLEMLERİ					
	G	Kişisel Koruyucu Donanım envanteri tutuluyor.					
	G	KKD'ler TAEK tarafından tescillenmiş ve onaylanmış.					
	G	KKD lerin bakımları düzenli olarak yapılıyor.					
	G	Kurşun önlükler yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	G	Tiroit koruyucu yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	G	Gonad (üreme bölgesi koruyucu) koruyucu yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	NT	Kurşun gözlük yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	NT	Laboratuvar önlükleri yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	NT	Sıvı geçirmez önlükler yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	NT	Acil durum tulumları yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	NT	Temizlenebilir özel ayakkabılar yeterli sayıda ve kullanılıyor.					
	NT	Acil durum solunum koruyucuları yeterli sayıda ve kullanılıyor.					

			5	4	3	2	1
KL08		CİHAZ ÖNLEMLERİ					
	G	Bakım onarım ve kalite kontrolden sorumlu görevli belirlenmiş.					
	G	Cihazların bakım, onarım ve kalibrasyonları zamanında yaptırılmış.					
	RT	Kapalı kaynak uygulamalarında kesintisiz güç kaynağı bağlantısı mevcut ve çalışıyor.					
	RT	Radyoterapi cihazları şutlama tuşu emniyet sistemi mevcut ve çalışıyor.					
	RT	LINAC için günlük kontrol yapılıyor.					
	G	Bakımlar yapılırken cihazların personel maruziyetini azaltan birincil ve ikincil bariyerleri yetkili firmaya kontrol ettirilmiş					

			5	4	3	2	1
KL09		MARUZİYET ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME					
	G	Dozimetrelerin takibinden sorumlu kişi belirlenmiş.					
	G	Radyasyon personelleri için film dozimetre (yaka kartı) sağlanmış.					
	G	Radyasyon personeli film dozimetrelerini göğüs hizasında yakalarında taşıyor.					
	G	Film dozimetreler rutin (2 ayda bir) olarak yetkili firmalara ölçüme veriliyor ve sonuçlara RKS tarafından tutuluyor.					
	NT	Radyasyon personeline yüzük dozimetreler temin edilmiş ve kullanılıyor.					
	NT	Radyasyon personeline el bileği dozimetreler temin edilmiş ve kullanılıyor.					
	NT	Cep iyonizasyon odaları acil durum personeli için yeterli sayıda temin edilmiş.					
	G	Yırtılan, deforme olan veya kaybolan dozimetreler kayıt altına alınıyor ve yenileniyor.					
	G	Maruziyet kayıtları ulaşılabilir durumda					
	G	Maruziyet değerleri RKS tarafından rutin olarak inceleniyor ve doz aşımaları kontrol ediliyor.					
	G	Hamilelik bildirim sonrası personele toplum için doz limitleri uygulanıyor.					
	G	Beş yıllık etkin dozu toplamda 100 mSv'i aşan personel radyasyon görevlisi olarak çalıştırılmıyor.					
	G	Harici görevlilerden 1 mSv etkin doz değerini geçme ihtimali olanlar RGK tarafından belirleniyor ve dozimetre kullanılıyor.					

			5	4	3	2	1
KL10		ORTAM ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME					
	G	Radyasyonlu alanların ölçümünden sorumlu kişi belirlenmiş.					
	G	Radyasyonlu alanların ölçümü için taşınabilir cihazlar kullanılıyor.					
	G	Cihazların kalibrasyonları yapılıyor ve kayıtları tutuluyor.					
	RY	Radyoloji cihazlarının bulunduğu alanlar yıllık olarak radyasyon ölçümüne tabi tutuluyor.					
	G	Maruziyet yüksekliğinin sebepleri belirlenirken ortam ölçümünden faydalanılıyor.					
	G	Değişikliklerde (havalandırma, zırlama, yeni cihaz vb.) ortam ölçümleri yapılıyor.					
	NT	Cep ionizasyon odaları acil durum personeli için yeterli sayıda temin edilmiş.					
	NT	Nükleer tıp laboratuvarlarında sabit ortam ölçüm cihazları kullanılıyor.					
	G	Ortam ölçüm cihazlarının doğruluk testleri yapılıyor.					
	G	Acil durumlarda kullanılacak ortam ölçüm cihazları mevcut ve ulaşılabilecek yerde.					

			5	4	3	2	1
KL11	NT	RADYOİZİTOPLARLA ÇALIŞMADA UYGUN ARAÇ VE GEREÇLER					
	NT	Radyoaktif kaynaklarla uzaktan çalışmaya olanak sağlayan maşa, pens gibi aletler mevcut ve kullanılıyor.					
	NT	Radyoizotop bulunduran şişe ve deney tüpleri için zırlı yuva kapları mevcut ve kullanılıyor.					
	NT	Radyoizotopların taşınması esnasında kullanılmak üzere kurşun zırlı koruma kapları mevcut ve kullanılıyor.					
	NT	Radyoizotoplarla işlemler kuvvetlerde emici kâğıtlar üzerinde yapılıyor.					
	NT	Radyoizotop laboratuvarında karbon filtreli çeker ocak bulunuyor.					

			5	4	3	2	1
KL12	NT	RADYOAKTİF ATIK YÖNETİMİ ÖNLEMLERİ					
	NT	Radyoaktif atıkların atıldığı atık bekletme depoları mevcut.					
	NT	Radyoaktif atık bekletme deposu radyasyon güvenliği prensiplerine göre zırlanmış ve uyarı işaretleri donatılmış.					
	NT	Radyoaktif atık deposuna giren atıklarla ilgili kayıt tutuluyor.					
	NT	Radyoaktif atıklar etiketlenerek depoya konuluyor.					
	NT	Depoda görevli personel radyasyon personeli gibi uygun KKD ve dozimetre taşıyor.					
	NT	Sıvıların dökülmesine karşı düzenli ve intizamlı depolama önlemleri mevcut.					
	NT	Depoda ölçümler düzenli olarak yapılıyor.					
	NT	Radyoaktif atıkların atıldığı çöp kutuları ayak ile açılabilir şekilde tasarlanmış.					
	NT	Radyoaktif sıvı atıklar çöpe atılmadan önce seyreltilme işlemine tabii tutuluyor.					
	NT	Radyoaktif atıklar çöpe atılmadan önce 10 yarılanma boyunca depoda bekletiliyor.					
	NT	Radyoaktif atık deposunda yalnızca radyoaktif atıklar mevcut.					
	NT	Gaz halindeki radyoaktif atıklar için uygun çeker ocaklar mevcut ve çalışıyor.					

			5	4	3	2	1
KL13	NT	RADYOAKTİF BULAŞMA ÖNLEMLERİ					
	NT	Radyoizotoplarla çalışmadan sonra mutlaka eller solüsyonla ve sabunla yıkıyor.					
	NT	Bulaşmaya karşı taşıma ve depolama işlemleri intizamla yürütülüyor.					
	NT	Bulaşmaya karşı kontrollü alanlara yiyecek ve içecek kesinlikle sokulmuyor.					
	NT	Vücuda bulaşmayı önleyici eldiven, önlük ayakkabı gibi koruyucular kullanılıyor.					
	NT	Elbise değişim odaları mevcut.					
	NT	Çalışma yerleri bulaşmaya karşı pürüzsüz ve su geçirmez yüzeylere sahip.					
	NT	Radyoaktif lavabolar mevcut.					
	NT	Radyoaktif madde temizleme solüsyonları mevcut.					
	NT	Duşlar mevcut.					
	NT	Sabun ve su her an ulaşılabilecek yerde mevcut.					
	NT	Radyoaktif bulaşmanın temizlenmesi için radyasyon kontrol aletleri mevcut.					
	NT	Radyasyon bulaşma giderici personeller için tamamen koruyucu elbiseler mevcut.					
	NT	Radyasyon ortam bulaşmasının giderilmesi her zaman ıslak temizleme metotları ile yapılıyor.					
	NT	Radyoaktif bulaşık temizleyici sıvı çeker elektrik süpürgesi tarzı cihazlar mevcut.					
	NT	Ortalarda uygun havalandırma mevcut.					

			5	4	3	2	1
KL14		RADYASYON ACİL DURUM ÖNLEMLERİ					
	G	Radyasyon kazası acil durum planı hazır					
	G	Radyasyon kazası siren ve uyarı işaretleri mevcut ve çalışıyor.					
	G	Radyasyon kazası acil durum ekibi oluşturulmuş ve görevleri tanımlanmış.					
	G	Radyasyon acil durum tatbikatları yılda bir yapılıyor.					
	G	Acil durumda aranacak telefon numaraları uygun yerlerde mevcut (TAEK, RGK yetkilisi, Hastane Yönetimi vb.)					

			5	4	3	2	1
KL15		RADYASYON BİYOLOJİK DEĞERLENDİRME ÖNLEMLERİ					
	G	Yılda bir radyasyon personelinin sağlık izleme kaydı yapılıyor.					
	G	RKS biyolojik izlem sonuçlarını değerlendiriyor.					
	G	İş yeri hekimleri radyasyon ve biyolojik etki üzerine değerlendirme yapıyor.					
	G	Anormal değerlere sahip personel değerleri düzeline kadar radyasyonlu alanlarda çalıştırılmıyor.					

ÇALIŞANIN RADYASYON MARUZİYETİ ÖLÇÜM SONUÇLARI	
Araştırma Bölüm Numarası	
Radyasyon Çalışma Numarası	Çalışanın Yıllık Radyasyon Maruziyet Değeri (mSv)
1:	
2:	
3:	
MD - Üç çalışanın ortalama yıllık maruziyet değeri (mSv)	

