

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



TIBBİ GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARI KULLANILAN YERLERDE
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

TEZLİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat KOÇ

Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ

İSTANBUL, 2022

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



TIBBİ GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARI KULLANILAN YERLERDE
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

TEZLİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat KOÇ

Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ

İSTANBUL, 2022

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZ ONAY BELGESİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Programı 20111101022 numaralı yüksek lisans öğrencisi Murat KOÇ ‘un “TIBBİ GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARI KULLANILAN YERLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ” adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 13/09/2019 tarih ve 2019/13 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06/04/2022

Öğretim Üyesi Adı ve Soyadı		İmzası
Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Hafız Hulusi ACAR	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Çetin TAŞSEVEN	

ETİK BEYAN

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

06/04/2022

Murat KOÇ

ÖNSÖZ

Bu çalışmada tıbbi görüntüleme cihazlarının kullanıldığı ortamlarda bu cihazlar vasıtasıyla ortama verilen EM radyasyon ve ultra ses dalgaları gibi bileşenlerin çalışanlar üzerinde ne tür etkiler yaratacağı yanı sıra olası olumsuz olabilecek etkilere karşı nasıl davranılması ve ne tür önlemler alınması gerektiği konularında da teknik bilgilere yer verilerek akademik görüşler ışığında tez çalışması yürütülmüştür. Bu tezin hazırlanmasında başta bana her türlü akademik yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ' a ve sonra da yüksek lisansım boyunca her konuda bana destek olan biricik eşim Kamuran KARA KOÇ' a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İSTANBUL, 2022

Murat KOÇ

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Temel Kavramlar	2
2.1.1. Elektrik Yüğü	2
2.1.2. Elektrik Alan	2
2.1.3. Manyetik Alan	3
2.1.4. Elektromanyetik Spektrum.....	5
2.1.4.1. Gamma Işınları	6
2.1.4.2. X-Işınları	6
2.1.4.3. Ultraviyole Işınlr	6
2.1.4.4. Görülebilir Işınlr	6
2.1.4.5. İnfrared Işınlr	6
2.1.4.6. Mikrodalga Işınları	7
2.1.4.7. Radyo Dalgaları.....	7
2.2. Radyasyon.....	7
2.2.1. İyonize Radyasyon	7
2.2.2. İyonize Olmayan Radyasyon.....	8

2.3. Elektromanyetik Alan Kaynakları	8
3. GEREÇ VE YÖNTEM	9
3.1. Tıbbi Görüntüleme Cihazları.....	9
3.1.1. Radyografi Cihazları	10
3.1.1.1. Röntgen	10
3.1.1.2. Floroskopi	11
3.1.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme	12
3.1.3. Nükleer Tıp Cihazları.....	15
3.1.4. Tomografi Cihazları	17
3.1.5. Ultrasonografi Cihazları.....	18
3.1.5.1. Ses Doku Etkileşimi	22
3.1.5.2. Yansıma.....	22
3.1.5.3. Kırılma	23
3.1.5.4. Absorbsiyon	23
3.1.5.5. Ultrasonografide Görüntüleme Yöntemleri	23
3.1.6. Ekokardiyografi Cihazları	25
3.2. Tıbbi Görüntüleme Cihazlarının Sağlığa Olumsuz Etkileri	26
3.2.1. Cihaz Kullanıcısı Açısından Olumsuz Etkiler	26
3.2.2. Hasta Açısından Olumsuz Etkiler	27
3.3. Cihazların Kullanımında İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Tedbirleri	27
3.3.1. X-Işınları Kullanan Cihazlarda İSG Tedbirleri	28
3.3.1.1. Kurşun önlük / Kurşun Eldiven	28
3.3.1.2. Gonad Tiroid koruyucuları.....	29
3.3.1.3. Kurşun Paravan ve Kurşun Koruyucu Cam.....	29
3.3.1.4. Dozimetreler	30
3.3.2. Radyo Dalgaları Kullanan Cihazlarda İSG Tedbirleri.....	30
3.4. Tıbbi Görüntüleme Cihazları İçin Risk Analizi Yöntemleri.....	33
3.4.1. Fine-Kinney Risk Analizi Yöntemi.....	33
3.4.2. L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi	36
3.4.3. FMEA Risk Analizi Yöntemi	38
4.BULGULAR	44

4.1. Tıbbi Görüntüleme Cihazlarının Kullanılması ile İlgili Yasa ve Yönetmelikler	44
4.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Cihazı İçin Risk Analizi....	45
4.3. Bilgisayarlı Tomografi Cihazı İçin Risk Analizi	80
4.4. Ultrasonografi Cihazı İçin Risk Analizi.....	115
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	158
6. KAYNAKÇA	165
ÖZGEÇMİŞ.....	168



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1: Dokulardaki ses hızları	20
Tablo 3. 2: Olasılık derecelendirme tablosu.....	34
Tablo 3. 3: Sıklık derecelendirme tablosu.....	34
Tablo 3. 4: Etki derecelendirme tablosu.....	35
Tablo 3. 5: Risk değeri tablosu.....	35
Tablo 3. 6: Bir olayın gerçekleşme ihtimali-L tipi karar matrisi	36
Tablo 3. 7: Bir olayın gerçekleştiği takdirde şiddeti	37
Tablo 3. 8: Risk skor (Derecelendirme) matrisi (L tipi matris)	37
Tablo 3. 9: Sonucun kabul edilebilirlik değerleri (L tipi)	38
Tablo 3. 10: Hatanın ortaya çıkma sıklığı ve derecesi (olasılık-O) tablosu ..	42
Tablo 3. 11: Ağırlığın etkisinin sınıflandırılması (A)	42
Tablo 3. 12: Saptanabilirlik tablosu (S)	43
Tablo 3. 13: Risk öncelik sayısı (ROS) değerlendirme tablosu	43
Tablo 4. 1: MRG cihazı için Fine-Kinney risk analizi tablosu	45
Tablo 4. 2: MRG için 5x5 L matris risk analizi tablosu.....	58
Tablo 4. 3: MRG için FMEA risk analizi tablosu	68
Tablo 4. 4: BT için Fine-Kinney risk analizi tablosu.....	80
Tablo 4. 5: BT için 5x5 L matris risk analizi tablosu.....	97
Tablo 4. 6: BT için FMEA risk analizi tablosu	107
Tablo 4. 7: US için Fine-Kinney risk analizi tablosu.....	115
Tablo 4. 8: US için 5x5 L matris risk analizi tablosu.....	135
Tablo 4. 9: US için FMEA risk analizi tablosu	144

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: a-Pozitif yüke etki eden elektrik alan b-Negatif yüke etki eden elektrik alan c-İki pozitif yükün oluşturduğu elektrik alan d-Pozitif ve negatif yüklerin elektrik alanı ¹	3
Şekil 2. 2: Manyetik alan ve manyetik kuvvet vektörleri ¹	4
Şekil 2. 3: Manyetik alan çizgileri ¹	5
Şekil 2. 4: Elektromanyetik spektrum ³	5
Şekil 3. 1: X-ışını tüpü (Röntgen tüpü) ²	10
Şekil 3. 2: Röntgen cihazı ²	11
Şekil 3. 3: Floroskopi Cihazı ¹²	12
Şekil 3. 4: Bilgisayarlı tomografi ¹⁰	17
Şekil 3. 5: Görüntü işlem ve operatör bilgisayarları ¹⁰	18
Şekil 3. 6: Kurşun önlük ve kurşun eldiven ²⁷	28
Şekil 3. 7: X-ışınlarına maruz kalmamak için kullanılan gonad ve tiroid koruyucuları ²⁷	29
Şekil 3. 8: Saçılan x-ışınlarından korunmak için tasarlanmış kurşun paravan veya kurşun eşdeğerli cam koruyucular ²⁷	29
Şekil 3. 9: Dozimetre resmi ve vücutta kullanıldığı yerler ²⁷	30
Şekil 3. 10: FMEA süreci ²⁸	41
Şekil 4.1: Ultrasonografi cihazı için Fine-Kinney Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği.....	153
Şekil 4. 2: Ultrasonografi cihazı için L Tipi (5x5) Matris Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği.....	153
Şekil 4. 3: Ultrasonografi cihazı için FMEA Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği.....	154

Şekil 4. 4: Bilgisayarlı tomografi cihazı için Fine-Kinney Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği	154
Şekil 4. 5: Bilgisayarlı tomografi cihazı için L Tipi (5x5) Matris Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği	155
Şekil 4. 6: Bilgisayarlı tomografi cihazı için FMEA Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği	155
Şekil 4. 7: Manyetik Rezonans Görüntüleme cihazı için Fine-Kinney Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği.....	156
Şekil 4. 8: Manyetik Rezonans Görüntüleme cihazı için L Tipi (5x5) Matris Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği.....	156
Şekil 4. 9: Manyetik Rezonans Görüntüleme cihazı için FMEA Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği	157

KISALTMALAR LİSTESİ

AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ALARA	: Makul Olarak Gerçekleştirilebilecek Ölçüde Düşük-As Low As Reasonably Achievable
B	: Manyetik Alan
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
EM	: Elektromanyetik
f	: Frekans
F_B	: Manyetik Kuvvet
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis
G	: Gauss
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
Hz	: Hertz
k	: Coulomb Sabiti
MHz	: Mega Hertz
MPD	: Miyeloproliferatif bozukluk
MR	: Manyetik Rezonans
MRG	: Manyetik Rezonans Grafisi
mSv	: milisievert
OCT	: Optik Koherenz Tomografi-Optical Coherence Tomography
P	: Yoğunluk
PET	: Pozitron Emisyon Tomografisi-Positron Emission Tomography
RF	: Radyo Frekansı
SPECT	: Bilgisayarlı Tek Foton Emisyon Tomografisi-Single Photon Emission Computerized Tomography
T	: Tesla
TÜRKAK	: Türk Akreditasyon Kurumu
USG	: Ultrasonografi
q	: Yük
Z	: Akustik Empedans
λ	: Dalga boyu

ÖZET

TIBBİ GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARI KULLANILAN YERLERDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Tıbbi görüntüleme cihazlarının birçok hastalığın tespit edilmesi amacıyla kullanılması ile beraber şüphesiz erken tanı sayesinde birçok tedaviye zamanında başlanması ve dolayısıyla da milyonlarca insanın hayatının doğrudan kurtulması şüphesiz bu cihazların sağlık alanında çok büyük bir öneme sahip olmalarını sağlamıştır. Fakat bu cihazların ortama verdiği radyasyon, ultra ses gibi bazı insan sağlığını tehdit eden fiziksel nicelikler öncelikle cihazları kullanan personelleri, sonrasında da tedavi uygulanan kişilerin hayatını riske sokmaları da oldukça düşündürücüdür. Doğru güvenlik önlemleri kullanılmadığı sürece bu tedavi süreçleri daha büyük problemlere yol açabilecektir. Bu kadar büyük bir öneme sahip olan bu konu, literatürdeki eksikliği sebebiyle de tartışmaya açıktır. Bu çalışmada, yapay radyasyonlardan olan tıbbi görüntüleme cihazları için risk analizi incelenmiştir. Tıbbi görüntüleme cihazları olarak bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme ve ultrasonografi için risk analizleri elde edilmiştir. Her bir cihaz için FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), Fine Kinney ve L tipi matris risk analiz yöntemleri kullanılmıştır ve elde edilen analiz yöntemlerinden çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Fine Kinney yönteminin L matris ve FMEA yöntemine göre daha detaylı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Daha hızlı bir şekilde Fine Kinney risk analizi ile aynı sonuçların çıktığı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi Görüntüleme, İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri, Risk Değerlendirme, Fine-Kinney Risk Analizi Yöntemi, L tipi Matris Risk Analizi Yöntemi, FMEA Risk Analizi Yöntemi.

Murat KOÇ, 2022

ABSTRACT

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY WHERE MEDICAL IMAGING DEVICES ARE USED

The use of medical imaging devices for the detection of many diseases, and the timely initiation of many treatments thanks to early diagnosis, and thus the direct saving of millions of people's lives, has undoubtedly made these devices of great importance in the field of health. However, it is very thought-provoking that some physical quantities that threaten human health, such as the radiation and ultrasound emitted by these devices, put the lives of the personnel who use the devices at risk, and then the lives of the people who are treated. Unless the right safety precautions are used, these treatment processes can lead to bigger problems. This issue, which has such a great importance, is open to discussion due to its lack in the literature. In this study, risk analysis for medical imaging devices from artificial radiations was investigated. Risk analyzes were obtained for computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasonography as medical imaging devices. FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), Fine Kinney and L matrix risk analysis methods were used for each device and the results obtained from the analysis methods were compared. As a result of this comparison, it was determined that Fine Kinney method gave more detailed results than L matrix and FMEA methods. It has been obtained that the same results are obtained with the Fine Kinney risk analysis more quickly.

Murat KOÇ, 2022

1. GİRİŞ

İnsanlar yaşamları boyunca doğal radyasyona maruz kalmaktadır. Bunlar kozmik ışınlar, radon ve yer kabuğundaki doğal radyoaktif kaynaklardır. Bunun yanında insanların maruz kaldıkları yapay radyasyon kaynakları da bulunmaktadır. Bu yapay kaynakların en önemlileri tüketici ürünleri, nükleer tıp, medikal uygulamalar ve nükleer tesislerdir¹. Yapay kaynakların kullanımı sırasında özellikle tıbbi görüntüleme sistemlerinde kullanıcı ve hastanın doğru güvenlik önlemleri bu çalışmada tartışılacaktır. Özellikle, en çok kullanılan röntgen, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) ve ultrasonografi (USG) cihazlarının kullanılması esnasında ortama yaydığı zararlı bileşenler (x-ışınları, ultra ses, radyo dalgaları) maruziyet değerleri ve korunma yolları ve risk faktörleri belirlenecektir.

Tıbbi Görüntülemede üç temel yöntem vardır. Bunlar enerjinin iletilmesi (x-ışını), yansıması (ultrasonografi) ve yayılması (manyetik rezonans görüntüleme, MRG) olarak bilinmektedir². X-ışınlarının ölçümleri, gönderilen ultra ses dalgalarının dokulardan yansıyarak dönmesi ve ölçümleri, damarlara enjekte edilen radyoaktif maddelerden yayılan gama ışınlarının ölçümü, vücuttaki hidrojen atomlarının yüksek manyetik alana maruz bırakılma esasına dayanan nükleer manyetik rezonans gibi görüntüleme sistemlerine bakıldığında iyonize olan ve olmayan radyasyon kullanılmaktadır. Bu etkilerin canlı organizmalar üzerindeki olumsuz biyolojik etkileri bilinmektedir. Bu nedenle bu cihazların kullanıcıları ve hastalar için bu görüntüleme sistemleri kullanılırken iyonize olan veya olmayan kaynaklar için alacakları önlemler büyük önem arz etmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

Tıbbi görüntüleme cihazları, evrenin temel yasalarından yararlanarak elektrik yükü, elektromanyetik (EM) dalga ve ses dalgası gibi fiziksel olguların etkilerinin, insanlığın hizmetine sunulmasına çok güzel örneklerdir. Bu cihazların temel çalışma prensiplerini öğrenmek için önce bazı fiziksel terimlerden bahsetmek gerekmektedir.

2.1. Temel Kavramlar

2.1.1. Elektrik Yükü

Atomları meydana getiren parçacıkların boyutlarına indiğimizde, atomlar arasındaki EM etkileşimlerin sebebi olan özelliğe elektrik yükü denir. Pozitif ve negatif olmak üzere iki tip yük mevcut olup elektrik yüklü olan bir parçacık EM alan ile etkileşime girer. Bu iki tip yükten en küçük negatif elektrik yüklü parçacık olarak elektron kabul edilir. Yüklü parçacıklar arasında bir etkileşim olur ve bu etkileşim Coulomb kanunu ile açıklanır. Coulomb kanunu, herhangi iki yük arasındaki elektriksel kuvvetin, bu yüklerin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu; Bu yükler arasındaki kuvvetin doğrultusunun, yükleri birleştiren doğru üzerinde olduğunu ve yine bu kuvvetin yükler ters işaretli ise çekici, aynı işaretli ise itici özellikte olduğunu söyler³. Bunları formülize ettiğimizde;

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.1)$$

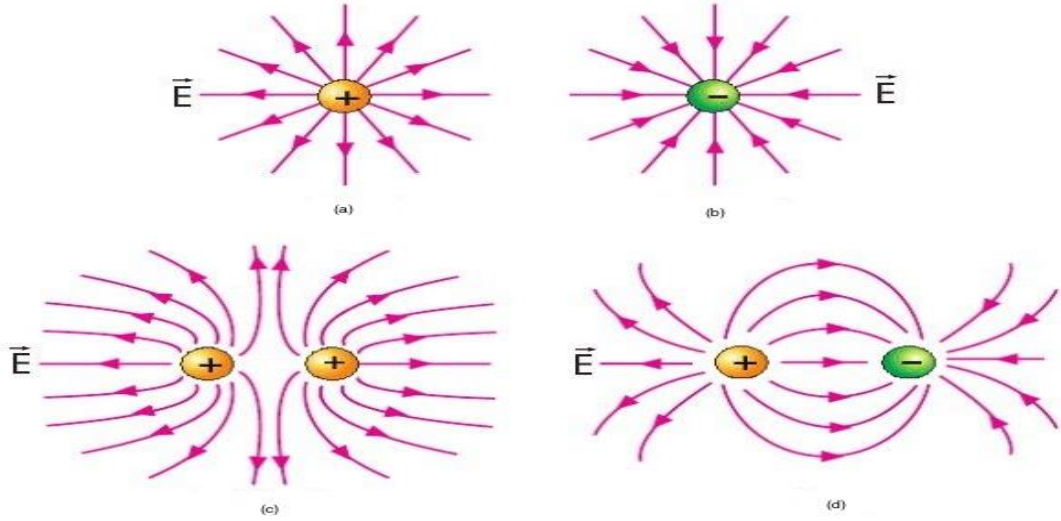
ifadesi ortaya çıkar ki burada, Coulomb Sabiti ($9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$) olan k , yükler arasındaki uzaklık r (m) ve yüklerin büyüklükleri ise q_1 ve q_2 'dir.

2.1.2. Elektrik Alan

Uzayın herhangi bir noktasında bulunan bir yük, vektörel bir büyüklük olan elektrik alan meydana getirir ve başka herhangi bir noktada bulunan bir yüke bir kuvvet uygular. Başka bir deyişle pozitif birim yüke etki eden kuvvete elektrik alan deriz. Elektrik alan yükün büyüklüğü ile doğru, aradaki uzaklık ile ters orantılıdır ve bu sebeple birimi

Volt/metre (V/m)' dir. Birden fazla yükün bulunduğu ortamlarda net elektrik alan, diğer elektrik alanların vektörel toplamıdır. Elektrik alan üreten cihazlarda, beslenme gerilimi arttıkça elektrik alanda şiddetlenir ve kaynaktan uzaklaştıkça şiddet hızla azalır. Bazı yalıtkan cisimlerle de elektrik alan engellenebilmektedir.

Elektrik alanın yönü pozitif yükler için dışarı doğru, negatif yükler için ise içe doğrudur.

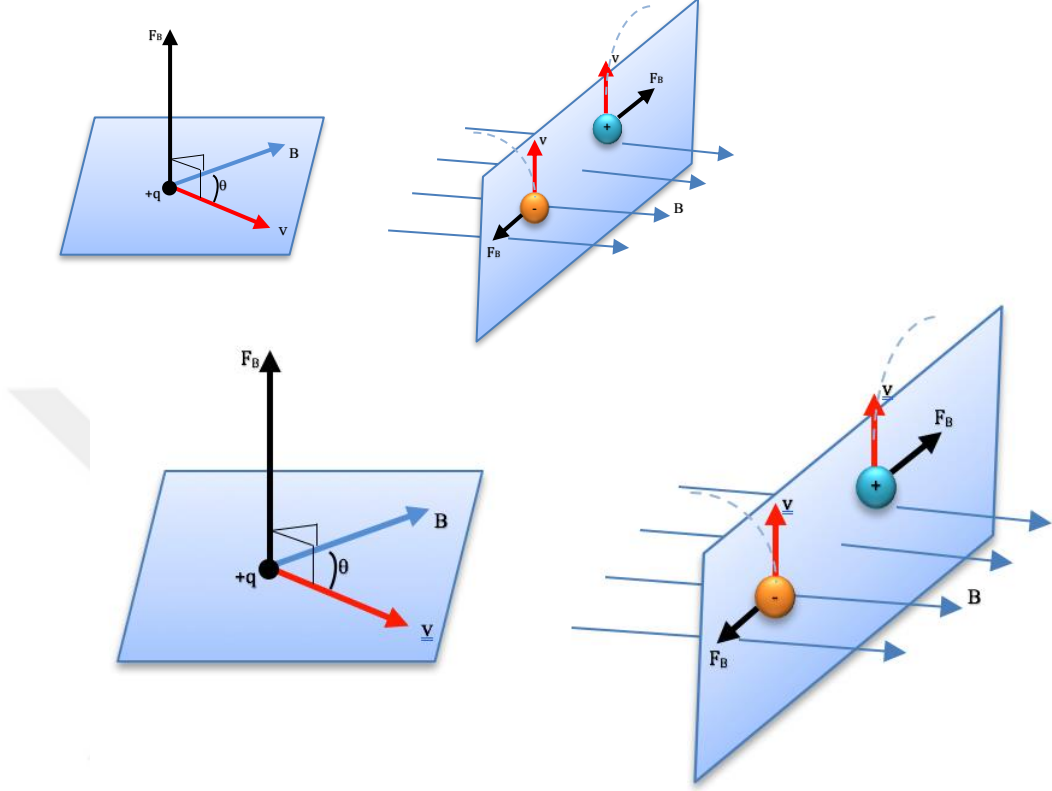


Şekil 2. 1: a-Pozitif yüke etki eden elektrik alan b-Negatif yüke etki eden elektrik alan c-İki pozitif yükün oluşturduğu elektrik alan d-Pozitif ve negatif yüklerin elektrik alanı¹

2.1.3. Manyetik Alan

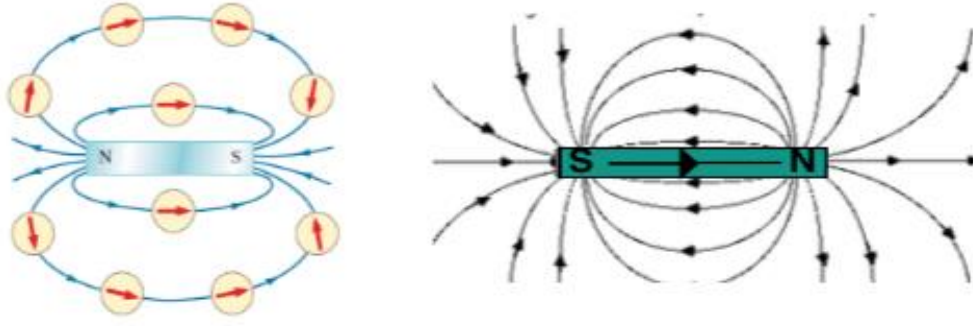
Manyetik alan, elektrik yüklerinin hareketi sonucu oluşmaktadır. Dolayısıyla elektrik akımının olduğu her yerde manyetik alan mevcuttur. Uzayda bir noktadaki manyetik alan, alan içinde hareket etmekte olan deneme yüküne etki eden manyetik kuvvet ile tanımlanır (Lorentz kuvveti). Manyetik alanda elektrik alan gibi vektörel bir büyüklüktür ve B harfi ile temsil edilir. Birim olarak Tesla (T) veya Gauss (G) kullanılır ($1\text{ T}=10^4\text{ G}$). Manyetik kuvvet (F_B) ve manyetik alan (B) arasında $F_B=qv \times B$ bağıntısı vardır. Buna göre manyetik kuvvetin büyüklüğü parçacığın yükü (q) ve hızı (v) ile doğru orantılıdır. Manyetik kuvvetin yönü ve büyüklüğü ise parçacığın hız vektörüne, manyetik alanın büyüklüğü ve yönüne bağlıdır. Parçacığın hız vektörü, manyetik alan vektörüne paralel ise parçacığa manyetik kuvvet etki etmez. Parçacığın hız vektörü ile

alan vektörü arasındaki açı sıfırdan farklı ise, manyetik kuvvet bunlara dik açıyla hareket eder. Manyetik kuvvet, parçacığın hızına her zaman dik olduğu için hız ve büyüklüğünü değiştiremezken, yönünü değiştirebilir.



Şekil 2. 2: Manyetik alan ve manyetik kuvvet vektörleri¹

Manyetik alan çizgilerinin anlaşılması, manyetik alanın ve manyetik kuvvetin yönü ve şiddetini anlamamızda bize yardımcı olacaktır. Mıknatısın dışında manyetik alan çizgileri N kutbundan S kutbuna doğru iken, mıknatısın içinde S kutbundan N kutbuna doğrudur. Manyetik alan çizgilerinin yoğun olması manyetik alanın şiddetiyle doğru orantılıdır. Mıknatısın uçlarında çizgiler sık olduğundan manyetik alanın şiddeti de daha fazladır, uçlardan uzaklaştıkça alan şiddeti azalır. Çizgiler birbirine paraleldir ve kesişmezler. Manyetik alan her zaman manyetik alan çizgilerine teğettir¹.

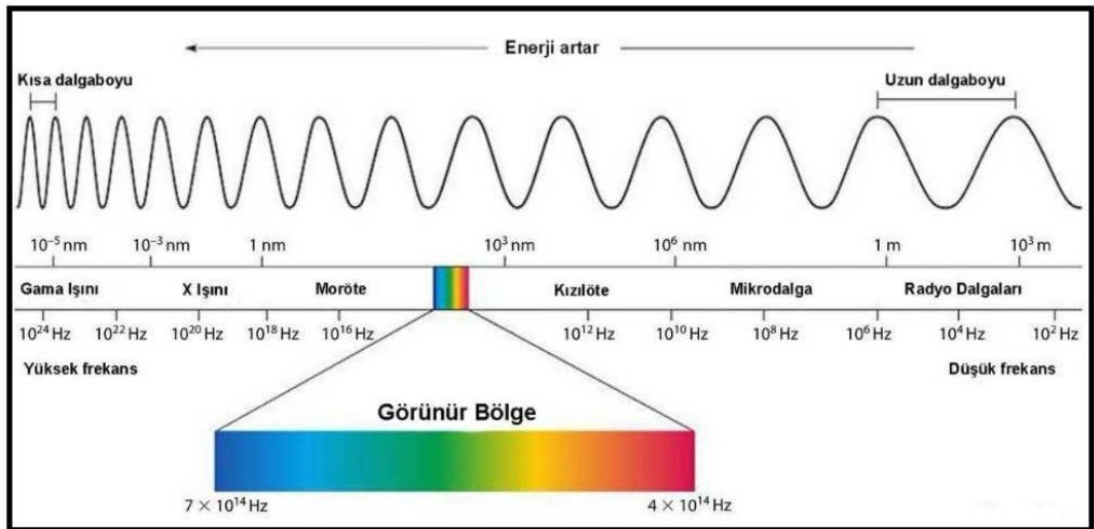


Şekil 2. 3: Manyetik alan çizgileri¹

Manyetik alan ve elektrik alan karşılaştırılırsa, elektrik alanın elektrik yüküyle (V), manyetik alanın ise elektrik yüklerinin hareketiyle (akım, A) doğru orantılı olduğu görülür. Her ikisinde de kaynaktan uzaklaştıkça etki azalır. Elektrik alanın çeşitli bariyerlerle etkisi azaltılabilirken, manyetik alanların engellenmesi çok zordur⁴.

2.1.4. Elektromanyetik Spektrum

EM spektrum, evrende bulunabilecek tüm dalga boylarındaki radyasyonun, dalga boyları veya frekansa göre sıralanmış skaladaki yerlerini ifade eden bir kavramdır. Dalga boylarına göre atom altı boyutlardan, binlerce kilometre uzunluğundaki radyo dalgalarını içine alan tüm radyasyonu içerir.



Şekil 2. 4: Elektromanyetik spektrum³

2.1.4.1. Gamma Işınları

Atomun çekirdeği radyoaktif özellikte ise nükleer tepkimeler sonucu 3.10^{18} - 3.10^{22} Hertz (Hz) frekans aralığında (10^{-10} - 10^{-14} m dalga boylarında) radyasyon yayınlanır. Bu radyasyon türü yüksek frekansa ve enerjiye sahip olduklarından canlı dokulara zarar verirler ve kurşun tabaka koruyucularla bu radyasyona maruz kalınmayabilir.⁵

2.1.4.2. X-Işınları

Dalga boyu 10^{-9} - 6.10^{-12} m aralığında, frekansı 3.10^{17} - 5.10^{17} Hz aralığında olan radyasyonlardır. X-ışınları, röntgen ve tomografi cihazları gibi tıbbi görüntüleme cihazlarında tanı koymak amacıyla ve kanser tedavisinde kanserli hücrelerin ıslah edilmesinde kullanılmaktadır. Dokulara zarar verdiği için mümkün olduğunca az temas edilmelidir.¹

2.1.4.3. Ultraviyole Işınlr

Dalga boyu 3.10^{-7} - 6.10^{-10} m aralığında, frekansı 8.10^{14} - 3.10^{17} Hz aralığında olan morötesi ışın olarak da adlandırılan radyasyon türüdür. Güneş ışınlarının yaklaşık %10'unu oluşturan morötesi ışınlar, bakteri ve virüs gibi canlıların yok edilerek sterilizasyonun sağlanması, gıda ürünlerinin ve üretim bantlarının dezenfeksiyonu, bazı kanser tedavileri, diş dolgularının sertleştirilmesi ve vücudun D vitamini üretmesinin sağlanması gibi kullanım alanları da mevcuttur.¹

2.1.4.4. Görülebilir Işınlr

EM spektrumun küçük bir bölgesini oluşturan görülebilir ışınlar, insan gözüyle fark edilebilen 7.10^{-7} - $3.8.10^{-7}$ m dalga boyu ve 4.10^{14} - 8.130^{14} Hz frekans aralığındaki EM dalgaları ifade eder.

2.1.4.5. İnfrared Işınlr

10^{-3} - 7.10^{-7} m dalga boyu ve 3.10^{11} - 4.10^{14} Hz frekans aralığına sahip olan infrared (kızılötesi) ışınlar doğrudan alınan Güneş ışığının %47'sini oluşturur. Askeri alanda hedef tespiti, gece görüşü, takip sistemleri gibi alanlarda kullanılırken, kısa mesafeli

kablosuz iletişim, uzaktan sıcaklık ölçme, spektroskopi gibi birçok başka kullanım alanları mevcuttur.¹

2.1.4.6. Mikrodalga Işınları

0,3-10⁻³ m dalga boyu ve 10⁹-3.10¹¹ Hz frekans aralığında olan bu ışınlar atom ve moleküllerin yapısal özelliklerinin incelenmesinde, radar ve Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System, GPS) gibi bazı iletişim sistemlerinde, gıdaların ısıtılması gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

2.1.4.7. Radyo Dalgaları

Birkaç km ile 0,3 m'ye kadar olan dalga boyları ve birkaç Hz ile 10⁹ Hz frekans aralığındaki EM dalgalarıdır. Radyo ve televizyon sistemlerinde, gezegenlerin, kara deliklerin, kuyruklu yıldızların ve birçok gök cisminin gözleminde bu dalgalar kullanılır.

2.2. Radyasyon

Radyasyon (ışınım), enerjinin uzayda parçacıklar veya foton denilen, kütsüz enerji paketleri halindeki EM dalgalar şeklinde yayılmasına denir. EM radyasyonun, dalgaların gücüne bağlı olarak değişik oranlarda fotonlarla yayılması sonucu canlı vücudu da bu radyasyona maruz kalmaktadır. EM radyasyon, fotonun enerjisine göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırmayan radyasyon olarak ikiye ayrılır.⁶

2.2.1. İyonize Radyasyon

EM dalgaların içeriğindeki enerji yüklü fotonlar atom veya moleküllere çarparak elektron koparabilirler. Bu olaya iyonlaşma adı verilir. 10⁴ Hz' den yüksek frekanslı EM dalgalar molekülleri bir arada tutan bağları iyonlaştırdığı için iyonize veya iyonlaştırmayan radyasyon adı verilir. X-ışınları (Röntgen), gama ışınları ve frekansı bunlara yakın olan ultraviyole ışınları yüksek enerjilerinden dolayı iyonlaştırmayan etkiye sahiptir. Enerjileri 12 eV' dan başlayan iyonlaştırmayan radyasyonlar, canlı doku ile teması halinde moleküler yapıyı bozduğu için dokuya zarar vermekte ve kansere kadar giden bir süreç yaşanabilmektedir.

2.2.2. İyonize Olmayan Radyasyon

EM dalgaların gücü atomlardan elektron koparacak kadar güçlü değilse bu tür dalgalara iyonize olmayan radyasyon adı verilir. Görünür ışık, kızılötesi, radyo frekansı (RF), mikrodalga, statik alanlar ve manyetik alanlar iyonize olmayan dalgalara sınıfa girer. Bu dalgalarda doku ile temas süresi, foton yoğunluğu, foton enerjisi gibi çeşitli faktörler sebebiyle dokuya büyük zararlar vermesede dokuda ısı yükselmesine sebep olmaktadır.

2.3. Elektromanyetik Alan Kaynakları

EM alan meydana getiren kaynaklar, yapay ve doğal kaynaklar olarak ayrılabilir. Dünyanın kendi manyetik alanı, güneş ve uzaydan gelen enerji yayımları, atmosferde meydana gelen yıldırımlar doğal manyetik alana örnek iken, elektrikle çalışan tüm cihazlar yapay EM alan kaynaklarına örnek gösterilebilir.⁷

Yapay alan kaynakları da kendi içinde çok düşük frekans (0-300 Hz), orta frekans (300 Hz-100 kHz) ve mikrodalga-radyo frekans (100 kHz-300 GHz) aralığı olarak ayrılabilir. Bu tür kaynaklar kullanılarak tıpta birçok tanı ve tedavi işlevi gören cihaz geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan diatermi cihazı manyetik alan kullanarak dokuları istenilen sıcaklığa getirerek tedaviyi amaçlamaktadır. Günümüzün en çok kullanılan tanı cihazlarından biri olan MRG cihazı da 0-60 MHz frekans aralığında çalışan bir EM alan kaynağıdır¹.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Tıbbi Görüntüleme Cihazları

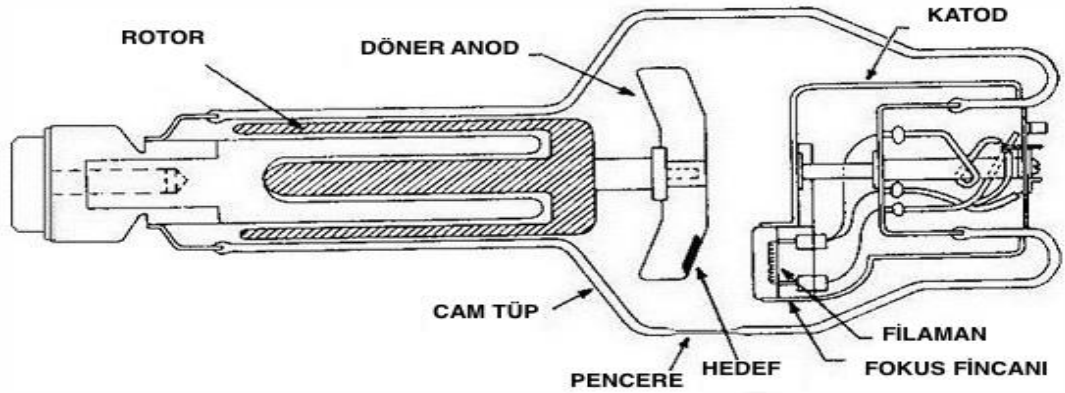
Tıbbi görüntüleme cihazları, canlıların fizyolojik ve anatomik verilerini bir görüntüleyicide gösterebilen ve bu verileri kayıt altına alarak istenildiğinde çıktı alınabilen sistemlerdir.⁸ Doktor ve radyografi teknikeri tarafından istenilen hasta bölgenin gerçeğe çok yakın bir görüntüsü film ya da ekran üzerine alınır ve klinisyenin inceleyeceği formda çıktı verilebilir. Bu cihazlar özellikle tıp alanında tanı ve tedavinin vazgeçilmez yapı taşlarıdır. Bu cihazların araştırma geliştirme (AR-GE) aşamasından üretimine ve hatta bakımına kadar yüksek bir dikkat ve titizlik gerekmektedir. Bu cihazların bir kısmı hastalarla birebir temas halinde oldukları için cihazdaki en ufak hata düzeltilemeyecek kötü sonuçlar doğurabilmektedir. Cihazlardaki hata toleransı ne kadar düşük olursa, hastalığın tanısı o kadar net yapılmakta ve tedavisi bir o kadar hızlı olmaktadır, örneğin çağımızın en çok görülen hastalıklarından olan kanserin teşhisinde tıbbi görüntüleme cihazlarının yeri doldurulamayacak kadar büyüktür. Tıpta kullanılan görüntüleme cihazları, x-ışını teknolojisinin kullanıldığı grup (radyografi, radyoskopi, mamografi ve anjiyografi), bilgisayarlı tomografi veya kısa adı BT (Computerized Tomography, CT), MRG ve USG cihazları hastanelerin radyoloji bölümünde bulunan cihazlar iken, Gamma kamera, bilgisayarlı tek foton emisyon tomografisi (Single Photon Emission Computerized Tomography, SPECT) ve pozitron emisyon tomografisi (Positron Emission Tomography, PET) hastanelerin Nükleer Tıp bölümlerinde, optik koherenz tomografi (Optical Coherence Tomography, OCT) cihazları ise hastanelerin göz hastalıkları bölümlerinde bulunmaktadır.⁹ Radyolojide kullanılan bu cihazların görüntülemelerde kullandıkları esas nicelikler ise x-ışını grubu ve BT’ de x-ışınları, MRG’ de RF dalgaları, ultrasonografide ise ultra ses dalgalarıdır. Gamma kamera, SPECT ve PET görüntülemelerde ise hastadan yayılan gamma ışınları sayesinde görüntüleme meydana gelmektedir. Görüntülemelerde temel olarak üç fiziksel prensip kullanılmaktadır. Bunlar, transmisyon, emisyon ve refleksiyon’ dur.

Transmisyon: Bu yöntemde enerji yayıcı ile alıcısı hastanın karşılıklı iki yanındadır. Dokulardan geçen ve geçemeyen enerji dalgaları görüntüyü oluşturmaktadır. Örnek olarak radyografide dokulardan geçen x-ışınları görüntüyü karartırken, geçemeyen kısımlardaki görüntü beyaz kalır.

3.1.1. Radyografi Cihazları

3.1.1.1. Röntgen

Radyolojik görüntülemenin temelini Wilhelm Conrad Röntgen' in 1895 yılında gazların içinden geçen elektrik yolunu araştırmak için katot ışın tüpüyle araştırma yaparken baryum platin siyanür levhasından yayılan radyasyonun şeffaf olmayan cisimlerin içinden geçebildiğini fark etmesi oluşturur. İlerleyen safhada bu ışınların 15 mm' lik alüminyum levhadan daha az geçebildiğini görmüş ve bu radyasyona x-ışını adını vermiştir. X-ışınları zamanla vücudun iç yapısını ve kırılan kemikleri göstermede kullanılan harika bir araç halini aldı. Radyodiyagnozis, radyolojik tanı ve tanısal radyoloji isimleri aynı anlamlarda olup temelini röntgen oluşturmuştur. Daha sonraları farklı enerji türlerinin kullanıldığı değişik fiziksel prensiplere dayanan birçok cihaz ve yöntem geliştirilmiştir¹⁰.



Şekil 3. 1: X-ışını tüpü (Röntgen tüpü)²

Hızları ışık hızına eşit olan x-ışınları geçtikleri ortamlara enerjilerinin bir kısmını transfer ederler. Enerjileri frekansları ile doğru dalga boyları ile ters orantılıdır. Herhangi bir ortamdan geçerken soğurma ve saçılma sebebiyle enerjilerinin bir kısmını kaybederler. X-ışınları elektrik enerjisinin kinetik enerjiye çevrilmesiyle meydana gelir. Şehir şebekesinden alınan alternatif akım, transformatörler vasıtasıyla yükseltilir, doğru akıma çevrildikten sonra ise havası alınmış cam bir tüp içerisinde katottan anoda doğru uygulanırsa anoda gelen radyasyonun çoğu ısı enerjisine dönüşürken çok az bir kısmı ise x-ışınlarına dönüşmektedir. Farklı yoğunluklara sahip insan vücudundan geçen x-ışınları farklı enerjilere sahip olacak ve röntgen filmi üzerinde farklı görüntüler

oluşturacaktır. Eğer x-ışını fazla ise görüntü siyah, az ise enerji düştükçe beyaza kadar giden gri tonlar olacaktır.



Şekil 3. 2: Röntgen cihazı²

3.1.1.2. Floroskopi

Floroskopi, floroskop adı verilen cihaz yardımı ile hastanın gerçek zamanlı görüntülerinin alınması için kullanılan tıbbi görüntüleme tekniğidir.

Bu teknik yaygın olarak sindirim sistemi, üriner sistem, üreme organlarının ve mide gibi içinde boşluk bulunan organların kontrast madde verilerek görüntülenmesi yöntemidir.

En basit şekli ile bir floroskop, arasına hastanın konulduğu bir röntgen ışını kaynağı ile floresan bir ekrandan oluşur. Modern floroskoplarda ekran, görüntüleri bir monitörde izlemeyi ya da kaydetmeye izin veren bir röntgen ışın yoğunlaştırıcısı ve bir CCD video kameraya bağlanır.¹¹

Röntgen ışınlarının yaydığı radyasyon sebebiyle işlem hastanın maruz kaldığı riskler ile alacağı fayda arasında bir denge sağlanmasını gerektirmektedir. Çünkü kullanılan röntgen ışınlarının dozu az dahi olsa yöntemin uzunluğu sebebi ile hasta oldukça yüklü miktarda bir radyasyona maruz kalmaktadır.

Son zamanlarda, görüntülerin bir düz ekran ve detektör yardımı ile alınması gibi bazı teknolojik gelişmeler radyasyon dozunun düşürülmesine imkân vermektedir.¹²



Şekil 3. 3: Floroskopi Cihazı¹²

3.1.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme

Bu görüntüleme sisteminin temelini, çok güçlü bir mıknatısın insan dokusunda bulunan hidrojen moleküllerini polarize ederek algılanabilir bir sinyal oluşturması ve bu sinyallerin yakalanarak görüntüye çevrilmesi oluşturur. MR cihazı sadece dokulardaki hidrojen atomlarına etkiyen bir RF yayarak, sistem bunu incelenmek istenen dokulara yönlendirir. Bu dokulardaki protonlar RF ile etkileşerek başka yönde spin (dönü) hareketi yaparlar. Buna MR' nin rezonans kısmı denir. RF protonların belli bir frekansta (Larmour Frekansı) ve belli bir yöne spin yapmalarını sağlamaktadır.¹³ MR cihazları üç EM alanı aynı anda kullanarak görüntüleme yaparlar. Bunlardan ilki statik alan olup, hidrojen çekirdeğini polarize etmek için çok kuvvetli (Tesla mertebesinde) manyetik alan meydana getirir. Gradient alan, uzaysal konum için kullanılan daha düşük frekanslı (1 kHz civarı) ve daha zayıf olan manyetik alan olup, cihaz çalışırken duyulan gürültüler bu alanın oluşması esnasında açığa çıkarlar. Son olarak RF alanı ise hidrojen çekirdeğini uyatarak ölçülebilir sinyaller üretmesini ve bu sinyalleri bir RF anteni vasıtasıyla toplanmasını sağlayan zayıf bir manyetik alandır. MR cihazları iki boyutlu kesitsel görüntüler üretir ve istenildiği takdirde bu görüntüler birleştirilerek üç boyutlu görüntüler de elde edilebilir. Modern MR cihazları üç boyutlu görüntüler de alabilmektedir.

MR cihazlarının manyetik alanı sinir uyarılmalarına neden olabilmekte ise de kuvvetli manyetik alanın uzun vadede zararlarını bildiren bir çalışma bulunmamaktadır. Bu sebeple x-ışını kullanan tomografi ve röntgen cihazlarının aksine hastaya istenildiği kadar MRG yapılabilir. Ancak RF alanının dokuları ısıtması sebebiyle meydana gelebilecek sağlık problemi riskinin yanında, kalp pili benzeri vücut içi tıbbi cihaz kullananlar için yüksek manyetik alan çok ciddi riskler içerir. Tomografi ve MR görüntüleri değişik dokularda farklı sonuçlar verir. Örneğin tomografide x-ışınının yoğun bir doku ile engellenmesi görüntünün daha kaliteli olmasını sağlar, yani kemik vb. dokularda görüntü daha iyi iken, yumuşak dokular ışına engel olmadığından görüntü kalitesi kötüdür. MR görüntülemesinde hidrojen atomunun protonları kullanıldığı için ve su molekülünde hidrojen atomu fazlaca bulunduğundan, yumuşak dokuların görüntülenmesi çok daha kaliteli olmaktadır.

MR cihazının bileşenlerini incelediğimizde üç ana kısımdan meydana geldiğini görürüz. Bu kısımlar magnet, kabinetler, görüntü işlem ve operatör bilgisayarlarıdır.

Magnetler cihazın çeşidine göre farklılık gösterse de temel işlevi düzgün görüntü alılabilecek stabil bir manyetik alan yaratmaktır. Oluşturulan bu manyetik alan içine hasta sokularak görüntü almak için RF dalgaları gönderilir. Cihazın ikinci kısmını oluşturan kabinetler, magnetin devridaim sürekliliğini sağlayan bileşenleri içerir, helyum pompası kontrol kartı, MR cihazına güç kaynağı ve bunun kontrol kartı, RF kartları ve beslemeleri bulunur. Üçüncü bileşen Görüntü İşlem ve Operatör Bilgisayarlarıdır. RF sinyallerinden alınan veriler iletim hatları ile Görüntü İşleme Bilgisayarına gelir ve yorumlanarak görüntü oluşturulur ve Operatör Bilgisayarına gönderilir. Bu bilgisayarda ise görüntüler üzerinde istenirse ayarlamalar yapılarak görüntü çıktıları alınabilir veya sekanslar tekrarlanabilir¹⁴.

Magnetin yapısını incelediğimizde geçmişten bugüne kadar birçok magnet kullanılmış olsa da günümüzde en çok rezistif magnet ve süper iletken magnetler kullanılmaktadır. Rezistif magnetler, manyetik alanı sanal bir iletkenle akım geçirilmesiyle sağlar. Meydana çıkan ısı ve elektriksel kayıp sebebiyle 0,2 T manyetik alan şiddetiyle sınırlıdır. Süper iletken magnetler ise süper iletkenlik yasasına göre yapılmıştır. Süper iletkenlik yasasında mutlak sıfıra yani -273 °C veya 0 K' e soğutulmuş iletkenlerin dirençleri sıfırdır der. Bir tankın içine dökülmüş iletken sargıların sıcaklığı sıvı Helyum

(He) ile -269 °C 'ye kadar soğutulur. Çok yüksek basınç altında sıvı Helyum oda sıcaklığında bile sıvı halde kalabilmektedir. Bu çok yüksek basınca dayanıklı tankta sıvı helyum depolandığında sargıların sıcaklığı mutlak sıcaklığa çok yakın olan -269 °C'a soğur ve bu sıcaklıkta sargıların iletkenliği yok denecek kadar azalır ve sargılara verilen yaklaşık 600 A' lik akım uzun süre sargılarda devridaim yapacak ve halka şeklindeki telden geçen bu yüksek akım yaklaşık 1.5 T değerinde bir manyetik alan oluşturacaktır. Bu yöntemle çok uzun süreli ve yüksek manyetik alan oluşturmak mümkün iken yapısından dolayı bu magnet çok maliyetlidir¹⁴.

MR cihazının çalışma prensibine baktığımızda, H^+ iyonları yani protonlar normal durumlarda kendi eksenlerinde spin hareketi yaparlar. Bir manyetik alan içine girdiklerinde ise manyetik alanın yönüne göre dizilir ve bu yönde spin hareketlerine devam ederler. Yüksek frekanslı bir RF dalgası uygulandığında bu protonlar bazı dalgaları soğurur, bazı dalgaları ise yayarlar. RF alıcı antenler ile toplanan dalgaların üzerindeki değişimler yorumlanarak görüntü meydana getirilir. İnsan vücudunun büyük bir kısmı sudan (H_2O) meydana geldiği için birçok hastalığın tanısında MR cihazı kullanılmaktadır. Fakat H^+ iyonunun kalsiyum elementinden çok daha az olduğu kafatası gibi kemik dokularda MR cihazı kontrast sağlayamamakta yani görüntü oluşturamamaktadır. Özellikle yumuşak dokularda MR cihazı yüksek kontrast ve görüntüleme sağlamakta, lezyon ve patolojik dokular kolayca tespit edilebilmektedir.

Sonuç olarak, beyin lezyonlarının görüntülenmesi ve incelenmesinde, soluk borusu, akciğer ve bronşların incelenmesinde, idrar yolları, böbrek ve mesane incelenmesinde, romatizmal bulgular ve eklem yerlerinin incelenmesinde, ürogenital organların incelenmesinde, barsak ve batın incelenmesinde, beyin omurilik zarının incelenmesinde en iyi sonuçları MR cihazı vermektedir. Çözünürlük açısından MR cihazının BT cihazından pek bir farkı yoktur. Günümüzde 512x512 yüksek matris değerlerinde yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmektedir. MR cihazının BT ve diğer nükleer görüntüleme cihazlarına göre yumuşak dokuları daha iyi görüntüleyebilmesi, doku kontrastı özelliğinin diğer cihazlardan daha iyi olduğunu yani duyarlılığının daha üstün olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte cihazın spesifitesinin düşük olmasından dolayı sinyal özellikleri birbirine benzeyen bazı patolojik dokuları ayırmada yetersiz kalmaktadır.

MR cihazı ile hastanın herhangi bir şekilde pozisyonu değiştirilmeden kesit planı değiştirilebilmektedir. Buna multiplanar görüntüleme adı verilir. BT cihazı ile görüntülemede hastanın pozisyonu değiştirilmek zorunda olduğundan inceleme sagittal ve oblik planlarda yapılamazken MR cihazında her planda kolaylıkla görüntü alınabilmektedir. Bu özellik özellikle lezyonların üç boyutlu incelenmesi açısından önemli bilgiler verir ve inceleme sırasında hastanın konforu en yüksek seviyede korunmuş olur. Bu yöntemde herhangi bir iyonize radyasyon kullanılmadığı için bir takım üst limitlere uyulması halinde hiçbir yan etkisi bulunmamaktadır. Bu sebeple normal hastalarda, çocuk hastalarda ve aynı hastada defalarca kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır. MR yönteminin bugün klinik uygulamalarda henüz kullanılmayan ama ilerde belki görüntülemenin yerini bile alabilecek önemli bir özelliği ise spektroskopi yapılabiliyor olmasıdır. Böylelikle dokulardaki metabolik olaylar izlenebilecek ve biyokimyasal analizler yapılabilecektir. Bu yöntemde de birtakım artefaktlar olmakla birlikte, diğer görüntüleme yöntemlerindeki birçok artefakt bu yöntemde görülmez. Pek çok anatomik bölge ve yapının görüntülenmesi çok daha iyidir. Örneğin, iç beyinde bulunan posterior fossa bölgesi diğer tekniklerle mümkün değilken bu yöntemle mümkündür. Bununla beraber beyindeki yapısal bozuklukları da gösterebilmesi sebebiyle nörolojik hastalıkların (Şizofreni gibi) tanısı da konulabilmektedir.

MR cihazı ile damar içi yapılar da görüntülenebilmekte ve kontrast madde kullanılmadan anjiyo (MR anjiyografisi) yapılabilmektedir.

MR görüntüleme tekniğinin en büyük dezavantajlarından biri ise diğer görüntüleme tekniklerine oranla çok daha pahalı olmasıdır. Bu sebeple tahmin edilen patolojik bulgulara en uygun tetkiklerin yapılması ekonomik olarak gereklidir¹⁴.

3.1.3. Nükleer Tıp Cihazları

Hastalara, damar yoluyla, yiyecek veya içecek olarak, solutularak, cilt içine ya da altına enjekte edilerek hedef dokuya yönelik çok düşük oranda radyoaktif madde verilir. Bu radyoaktif madde hedef doku veya organda tutulum gösterir ve bu bölgeler özel kameralar vasıtasıyla görüntülenir. Sağlanan fayda zarar dengesine bakıldığında işlem sırasında hastanın aldığı radyasyon miktarı oldukça düşük seviyededir. MR ve BT gibi

konvansiyonel görüntüleme teknikleri patolojik durum ile ilgili anatomik ve morfolojik değişikliklerin görüntülenmesini sağlarken radyoizotopların kullanıldığı nükleer görüntüleme teknikleri ise fonksiyonel ve fenotipik değişikliklerin görüntülenmesine olanak sağlar¹⁵.

BT, MR ve USG gibi görüntüleme yöntemleri normal anatomide olan yapısal değişiklikleri belirlemede etkinken, yapısal değişiklikleri ayrıntılı olarak tarif etmek klinik problemleri çözmek için yeterli olmamaktadır. Hastalıklı dokuda biyokimyasal değişiklikler çoğu kez anatomik değişikliklerden önce meydana gelmektedir. Örnek olarak akciğer kanserli bir hastada BT ile tespit edilen her nodülü hastalığın metastazı olarak değerlendirmek hastalığın değerlendirilmesinde yanılgıya sebep olabilir. Çünkü, kötü huylu hastalıklarla birlikte iyi huylu birçok hastalık da nodül oluşumuna sebep olmaktadır. Anatomik görüntülemenin klinik problemi çözemediği bu gibi durumlarda dokulardaki biyokimyasal değişiklikleri göstererek doku karakterizasyonunu sağlayacak fonksiyonel görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada Nükleer Tıp görüntüleme yöntemleri içindeki en gelişmiş yöntem olan Pozitron Emisyon Tomografisi (PET) dokulardaki biyokimyasal değişiklikleri göstererek metabolik ve fonksiyonel bilgi elde edilmesini sağlamaktadır.

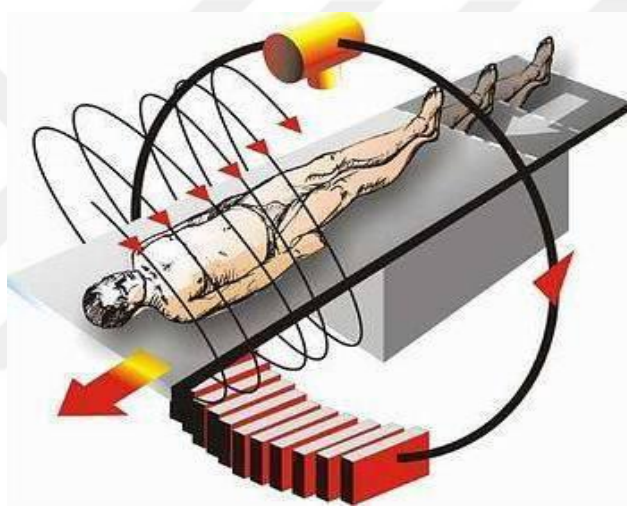
PET cihazı daire şeklinde dizilmiş detektörler vasıtasıyla vücuttan gelen ışınları algılayarak dokuların kontrastlı görüntüsünü oluşturur ve bu görüntüler bize çekim anında ışıma yapan bölgenin o andaki fizyolojisi hakkında bilgi sunar. Emisyon tekniğine dayalı görüntüleme yapan PET tekniğinde pozitron yayan radyoaktif çekirdekler F-18, C-11, N-13, O-15'tir. Radyoaktif çekirdek kararlı duruma geçmek için bozunurken proton, nötron ve pozitif yüklü elektrona (pozitron) dönüşür. Pozitron çekirdekten fırlatıldıktan kısa bir mesafe sonra bir atomun elektronu ile çarpışarak, birebirine zıt yönde hareket eden 511 keV' luk enerjide iki gama ışını oluşur. Bu duruma pozitron yok olması veya çift oluşumu adı verilir.

PET cihazı görüntüyü oluştururken radyoaktif maddenin dokunun içinde hangi kimyasallarla reaksiyona girdiğini, vücudun hangi bölgelerine gönderildiğini, hangi dokularda parçalandığını vb. fizyolojik doku bilgilerini edinmemizi sağlar.

3.1.4. Tomografi Cihazları

Radyolojik teşhis yöntemi olan tomografi, Fransız bir doktor olan Boccage tarafından 1915 yılında icat edildi. Temelini, x-ışını tüpü ile röntgen filminin, doku etrafında hareket ettirilmesi ile bu hareketin eksenindeki düzlemlerin görüntüsü ince dilimler şeklinde alınması ve bilgisayar yardımıyla birleştirilerek detaylı bir görüntü elde edilmesidir¹⁶.

Tomografide x-ışınları kullanıldığı için vücuda radyasyon alımı söz konusudur. Normal radyolojik görüntülemeye göre daha fazla radyasyon alımı meydana gelen bu yöntemin kullanılma sebebi ise daha yüksek bir kontrast elde edilmesi ve daha detaylı bir teşhis yapılabilmesidir.



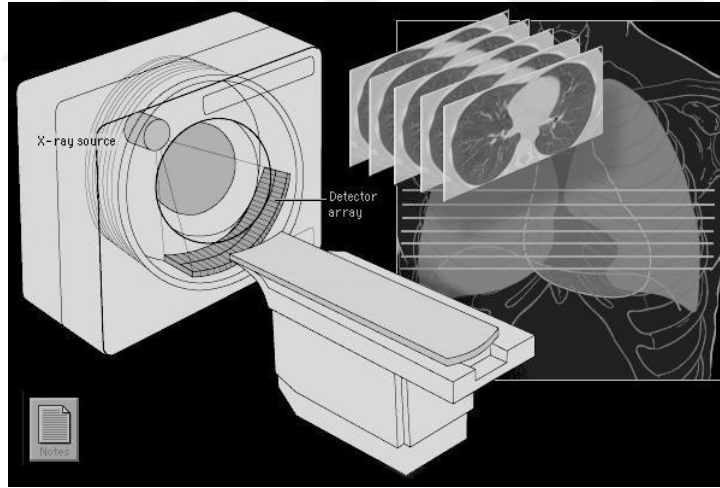
Şekil 3. 4: Bilgisayarlı tomografi¹⁰

X-ışınları kullanılan cihazların en gelişmiş BT cihazıdır. Doktorlar bu cihaz sayesinde MR cihazında olduğu gibi vücudun istenilen belirli bir bölgesinin kesitsel görüntüsünü alabilme yeteneğine sahip olmuşlardır. Bu cihaz diğer röntgen cihazları gibi x-ışını tüpüne sahiptir fakat tüp sabit olmayıp hareketli bir Gantry üzerindedir. Gantry hasta etrafında dönerek istenilen bölgeyi taramış olur ve x-ışını detektörüne gelen ışınlar görüntü işleme bilgisayarı vasıtasıyla işlenerek birleştirilir ve BT görüntüleri oluşturulur. BT cihazının görüntü almada en etkili olduğu vücut bölgeleri ve dokuları incelediğimizde yumuşak dokulara oranla sert kemiksi dokularda daha başarılı olduğunu görürüz. BT cihazının bileşenlerine göz attığımızda,

- Gantry
- Kabinetler
- Görüntü İşleme ve Operatör Bilgisayarları

Olarak ayırabiliriz. Buradaki en önemli bileşen olan gantry, halka şeklinde bir geometriye sahip olan bir tarafında yüksek kapasiteli bir x-ışını tüpü, diğer tarafında bu ışınları algılayan bir detektör bulunan, belirli bir hızla dönen ve bir doku ekseninde hareket eden bir parçadır. Gantry belli bir hızda dönerken belli periyotlarla radyasyon göndererek detektörden sinyalleri alır ve bu sinyalleri görüntü oluşturmak üzere kabinetlere gönderir. BT cihazının ikinci bileşeni kabinetler ise gantrynin devridaim sürekliliğini sağlayan komponentleri taşır ve görüntü bilgisayarı ile veri akışı için ara yüzü oluşturur.

Üçüncü bileşen olan Görüntü İşlem ve Operatör Bilgisayarları ise detektörlerden gelen sinyalin yorumlanması ve operatör bilgisayarı yardımıyla görüntülenmesi, görüntüler üzerinde ayarlamalar yapılması, çıktı alınması veya sekansların tekrarlanması sağlayan bileşenlerdir.



Şekil 3. 5: Görüntü işlem ve operatör bilgisayarları¹⁰

3.1.5. Ultrasonografi Cihazları

Ultrasonografi, doku üzerine çok yüksek frekanstaki ses dalgalarını göndererek, farklı yapıdaki doku yüzeylerinden gelen yansımaları saptama ve görüntüye dönüştürme

esasına dayanan bir görüntüleme yöntemidir¹⁷. İnsan kulağının duyamayacağı yüksek frekansları içeren ultrason ses dalgalarının kullanıldığı bu yöntem, kolay uygulanabilir olması ve iyonize radyasyon riskinin olmaması sebebiyle çok sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bilhassa yumuşak dokuların ve parankimal organların (Bir organ veya bezin görev yapan dokusudur) incelenmesinde kullanılan temel tanı yöntemidir¹⁸. Ses dalgalarının özelliklerini incelediğimizde,

- Ses boşlukta yayılmaz. Sesin iletimi için ortam gerekmektedir.
- Sesin bir ortamdaki hızı (V), sesin frekansı (f) ve dalga boyunun (λ) çarpımına eşittir. $V=\lambda.f$

Belirli bir ortamdaki ses hızı sabit olduğu için frekans arttığında dalga boyu kısalmaktadır. Dalga boyu ise çözünürlüğü etkileyen önemli bir faktör olup dalga boyu kısaldıkça çözünürlük (rezolüsyon) artar. Bununla beraber absorpsiyon özelliği de artacağından penerasyon (derinlere ulaşabilme) özelliği ise azalır. Bu sebeple incelenecek dokulara ulaşabilecek frekansta ses dalgaları kullanılmalıdır.

- Ses farklı ortamlarda iken farklı hızlarda yayılır ve bu hız ortamın kompleksibilite (sıkıştırılabilme) ve dansite gibi fiziksel özelliklere bağlı olup iletici ortamın sıkıştırılabilmesi ile ters orantılıdır. Gaz içerisinde ses dalgaları daha yavaş hareket ederler çünkü, moleküller birbirinden uzakta ve kolay sıkıştırılabilirler. Sesin havadaki hızı 348 m/s'dir. Sıvı ve katılar daha az sıkıştırılabilir olduğundan komşu molekülleri etkilemek için daha az mesafe kat edilir ve bu sebeple gazlara göre sesi daha hızlı iletirler. Yoğunluğu yüksek maddeler büyük moleküller içermeye eğiliminde olduklarından bu moleküller zor hareket eder ve sesi az iletirler. Yani yoğunluk ve ses hızı ters orantılıdır.

Sesin yayılma hızı insan vücudundaki dokularda değişiklik göstermekle birlikte kemik dışındaki dokularda yaklaşık olarak aynı hızda ilerlemektedir. Kemik haricinde tüm vücut dokuları sıvı gibi davranmaktadır. Bu yumuşak dokularda yaklaşık 1540 m/s hızla ilerlerken kemik dokusunda 4080 m/s hızla ilerlemektedir¹⁹.

Tablo 3. 1: Dokulardaki ses hızları¹⁹

Doku	Hız (m/s Madde)
Hava	348
Kan	1570
Kemik	4080
Yağ	1500
Karaciğer	1550
Kas	1580
Yumuşak Dokular	1540
Su	1480

Tabloda sesin farklı dokulardaki hızları yer almaktadır. Yumuşak dokularda ses hızlarının birbirine çok yakın değerler alırken kemik dokusunda ses hızının çok yüksek olduğu bu tabloda vurgulanmıştır.

Ultrasonik dalga dokularda zayıflamaktadır. Bu zayıflamaya Atenüasyon denir. Atenüasyon, dalga dokulara geldiği zaman absorpsiyon, saçılma ve refleksiyon (yansıma) yoluyla kaybolan tüm enerjinin toplamıdır. Her MHz ve cm için ortalama 1dB(desibel) değerindedir. Ultrason dalgalarının gücüne ses şiddeti denir ve birimi ise watt/cm² olarak bilinir. Ultrasonografide kullanılan ses dalgalarının güçleri 10mW/cm²'nin altında değer almaktadır.

USG cihazlarında 2-10 MHz arasında yüksek frekansa sahip ses dalgaları kullanılmaktadır. Yüksek frekanslı ses elde etmek için “Piezoelektrik olay” dan yararlanılmaktadır. Kuvars gibi kristallerin, mekanik ve elektrik enerjilerinin birbirine çevrilmesi ola-

yına “Piezoelektrik olay” denir. Bu çevirim işlemi için transduserler kullanılır. Transduserlerin ön yüzüne yakın bir kristal yerleştirilir. Kristale voltaj uygulanması ile kristal bir elektrik enerjisine sahip olmaktadır. Bu elektrik enerji kristalde genişleme ve daralma şeklinde gerçekleşen mekanik bir enerjiye dönüşmektedir. Bunun sonucunda ise ultra ses dalgaları oluşur. Piezoelektrik malzemeler, geometrik yapıda çok sayıda dipolden oluşan bir yapıdır. Bir elektrik dipolünde, bir uçta pozitif diğer ucunda ise negatif yük bulunmaktadır. Piezoelektrik malzemeler içindeki moleküllerde pozitif ve negatif uçlarda bulunan bu yüklere elektrik alan uygulandığında moleküllerin geometrilerinin değişimine bu da kristalin moleküler yapısında bir şekil değişimine neden olur. Böylece moleküller bu pozisyon değişikliği ile bir ultra ses yayınlamaktadırlar. Ultra ses transduserler tarafından algılanmaktadır. Transduserler, ultra ses üretimi, ultra sesin dokulara gönderilmesi ve yansıyan ses dalgalarının saptanmasını sağlayan gereçlerdir. Transduserlerde, sesin elektrik sinyallerine dönüşmesi işlemi de gerçekleşmektedir. Transduserde kristal en önemli parçadır. Kristal olarak kurşun zirkonat titanat seramiği kullanılmaktadır.

Dokulara giden ultra ses geri yansıyarak transdusere döndükten sonra kristalde bir kompresyon etkisi ile voltaj farklılığına ve elektriksel sinyal değişikliğine yol açar. Dokunun kalınlığına göre frekans değişir. Frekans arttıkça çözünürlük artar ve absorpsiyon artar penetrasyon ise azalır. Böylece yüzeysel dokuların incelenmesi için yüksek frekans derindekiler için ise düşük frekans kullanılmaktadır.

Bir ultrason transduserindeki piezoelektrik kristalinin kalınlığı önemlidir. Kristalin rezonans frekansı denilen doğal frekansını belirlemektedir. USG cihazları ile yapılan görüntüleme işlemlerinde bu frekans farklılığı sebebiyle istenen frekansa uygun transduserler kullanılmaktadır. Transduseri taşıyan başlıklara prob adı verilir. Lineer, sektör ve konveks olmak üzere üç çeşit prob bulunmaktadır.

- Lineer Problar: İçerikte bulunan yapılar bir doğru boyunca sıralanmıştır. Oluşturdukları görüntü ise dikdörtgendir.
- Sektör Problar: Sektör problemlerin verdikleri görüntü tepesi yukarıda ve koniktir. Vücuda temas yüzeyleri küçüktür. Görüntü alanı ise geniştir. Bu yüzden vücutta küçük alanlardan kolaylıkla görüntüleyebilmektedirler.

- Konveks Problar: Transduser geniş bir yay çizecek şekilde sıralanmışlardır. Görüntü ise tepesi kesik koniktir.

3.1.5.1. Ses Doku Etkileşimi

Dokuya ses dalgası gönderildiğinde farklı fiziksel etkileşimlerle karşılaşır ve en son enerjilerini kaybederler. Sesin doku boyunca uğradığı fiziksel etkileşimler absorpsiyon, yansıma, kırılma ve saçılma olaylarıdır.

3.1.5.2. Yansıma

Görüntü, ses demetinin yansıyan kısmı ile oluşturulmaktadır. İletilen ses ise görüntü oluşumu ile ilgili değildir. Fakat sesin iletimi derin dokulara ulaşarak buralarda eko üretecek kadar da kuvvetli olması gerekmektedir. Yansıma oranlarını etkileyen faktörler şunlardır: dokunun akustik empedansı ve sesin geliş açısı.

Akustik empedans: Akustik empedans maddenin temel özelliklerinden biridir. Dokuya gelen sesin yayılım hızı ile doku yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak bilinir. Madde yoğunluğu ile o maddedeki ses hızının çarpımıdır. Z akustik empedans (Ray/s), P yoğunluk (g/cm^3), V ses hızı (cm/s) olmak üzere

$$Z=p.V \quad (3.1)$$

Yansıma miktarı, ses dalgaları bir dokudan diğerine geçtiği zaman iki dokunun empedansları arasındaki fark alınarak bulunmaktadır. Bu fark ne kadar büyükse, ses yansıması o kadar fazla olmaktadır.

Sesin geliş açısı: Ses demeti ve yansıma yüzeyi arasındaki insidans açısı ile yansıma miktarı belirlenmektedir. Eğer geliş açısı dik açuya yakınsa, ses yansıması yüksek değerdedir. Sesin tamamı kritik bir açı üzerinde ise yansımaktadır ve bu yansıma transduser tarafından algılamamaktadır.

3.1.5.3. Kırılma

Ses farklı bir ortama geçtiğinde, frekansı sabit kalmaktadır. Sesin hızı ve dalga boyu ikinci geçtiği ortama uymaktadır. Bir açı değerinde ikinci ortama giren ses demetinin dalga boyunun değişmesiyle yönünün de değişmesine sebep olur. Bu değişikliğe kırılma denir. Eğer ses demetinin dalga boyu çarptığı ortamın dalga boyundan daha küçük ise kırılma gerçekleşmektedir. Kırılma istenmeyen bir durumdur. Çünkü görüntü çözünürlüğünü kötü yönde etkilemekte ve artefaktlara yol açmaktadır.

3.1.5.4. Absorbsiyon

Dokuya gelen ses dalgasının dokuda soğurulması yani gelen ses dalgasının enerjisinin dokular tarafından soğurularak ısıya dönüşmesine absorpsiyon denir. Sesin absorpsiyonunu, ses frekansı, ortam viskozitesi ve relaksasyon zamanı etkilemektedir. Ses frekansı ile absorpsiyon doğru orantılı olarak değiştiği bilinmektedir. Viskozite de ise viskozitenin artışıyla partikül serbestisi azalır, sürtünme artar dolayısıyla ses ısıya daha hızlı dönüşmektedir. Sesin absorpsiyonunu etkileyen faktörlerden biri de relaksasyon zamanıdır. Bir molekülün bir pozisyona geçip geri eski pozisyonuna gelene kadar geçirdiği zaman olarak bilinmektedir.

Ses dalgalarının karşılaştığı ortama bağlı olarak yansıma, kırılma ve saçılma olayları gerçekleşmektedir. Eğer karşılaşılan ortamdakinden sesin dalga boyu küçük ise saçılma olayı, büyük ise yansıma olayı, eşit olduğu zaman da kırılma olayları görülmektedir²⁰.

3.1.5.5. Ultrasonografide Görüntüleme Yöntemleri

Ultrasonografik görüntü, gönderilen ses dalgalarının geriye dönen ekolarından oluşturduğu verilerin elektronik ortama taşınması şeklindedir. USG için, Real-time görüntüleme ve Doppler USG olmak üzere iki adet tanı yöntemi bulunmaktadır²¹. Görüntüleme teknikleri önce tek boyutlu temelden başlamaktadır. Bu A modudur. Hareket bileşeni eklenmesiyle TM modu ortaya çıkmaktadır. İki boyutlu görüntüleme tekniği ise daha ileri teknikler kullanılarak elde edilmiş B modu olarak bilinir.

Real-time görüntüleme yönteminde, ekrandaki görüntü prob hasta üzerinde dolaşırken sürekli olarak elde edilir. Ekran görüntüsü zamana bağlı olarak yenilendiği için organ hareketlerinin, damarların pulsasyonları gibi vücut işlevlerinin ve kısımlarının görüntülenebilmesine olanak sağlar. Kullanıcı, istenilen vücut kısmını görüntülemek için probu hareket ettirmektedir. Vücuda gönderilen ses dalgaları pulsar şeklindedir. Puls şeklinde kullanılmasının sebebi ise yüzeyden ve derinden yansıyan ses dalgalarının birbirinden ayrılmasını sağlamaktır. Ultrason pulsarı 500 ile 3000 adet arasındadır. Bilgisayar, ses dalgası pulsu uygulandıktan sonra yansıyan ekoların dönüş sürelerine bakarak değerlendirmekte ve görüntüyü çıkarmaktadır. İyi bir görüntü elde edebilmek için ses dalgasının gönderme şekli ses demetinin geri dönme süresi ve dönen ses dalgasının şiddeti gibi parametreler çok iyi ayarlanmalıdır. Görüntüleme üç farklı şekilde yapılmaktadır: A mod, T-M mod ve B moddur.

A Modu: Gelen ses dalgası amplitüdler şeklinde bir grafik halinde bu modda elde edilmektedir. Dönen ekoların amplitüdü vücut yapıları ile ilgili bilgiler içermektedir. Amplitüdler arasındaki mesafe vücut yapısının derinliği, amplitüdün yüksekliği ise yoğunluğunu vermektedir. Eko, voltaj pulsu transdusere çarpınca oluşmaktadır ve Transdusere çarpma işlemi pulsun başlangıcıdır sonra puls hastadan geçer ve yansır. A modunda görüntüleme şekli her pulstan görüntü alınır hafızaya yerleşmez her defasında yeni görüntü ekrana gelir. Görüntü kaydı için fotoğraflama yapılmaktadır.

T-M Modu: Kaydetme işlemi, Time Motion ile isimlendirildiği için T-M modu olarak bilinir. Bu modda hareket eden vücut yapılarından gelen ekolar bir hat şeklinde noktalara dönüştürülür. Noktalar öne ve arkaya hareket eder. Hareket uzun bir pozlama zamanı ile bir süre kaydedilmektedir. Kaydedilen zaman kısadır. Uzun kayıt alınması için elektronik kaydediciler kullanılmaktadır.

B modu: Bu mod bir doku diliminin görüntüsünü vermektedir. Transduser demeti vücut kesitini görüntüleyecek şekilde hareket eder. Bu modda dokulardan yansıyan ekoların şiddetine göre parlaklık ayarı ile iki boyutlu görüntü elde edilmektedir. Parlaklıklarına göre yansıyan eko gri bir renk skalasıdır. Ara yoğunluklar grinin farklı tonları şeklinde tanımlanabilmektedir.

3.1.6. Ekokardiyografi Cihazları

Ekokardiyografi Ultrasonik ses dalgalarıyla, kalbin farklı yapılarını incelemek için kullanılan cihazdır. Ekokardiyografi probları hastanın göğsünde, kalbe denk gelen bölgeye tutulur. Bu problardan çıkan ultrases hastanın göğüs duvarı, sonra da kalbin kas ve boşlukları boyunca ilerler. Her katmanda ses dalgalarının bir kısmı katmanı geçip ilerlerken, bir kısmı da geri yansır. Katmanlardan yansıyan dalgalar tekrar prob aracılığıyla toplanır. Problardan alınan veri görüntüye dönüşür. Görüntü, kalbin dört boşluğu, kapakçıkların durumu, aortun ve aort kapağının durumu, kapakçıklar boyunca kanın hareketi ve kapakçıklardaki geri kaçmalar hakkında bilgi verir²². Dört çeşit yöntem vardır:

4 çeşit eko kardiyografi yöntemi vardır. Bunlar; Transtorasik (Yüzeysel), Transözofajiyal, Doppler ve Stres Eko Kardiyografileridir.

Transtorasik (Yüzeysel) Eko Kardiyografi: Bu yöntemde, bir sonografi yani dönüştürücü cihazı kullanılır. Jel sonografi cihazına sürülür ve hastanın kalbinin değişik bölgelerine bastırılarak gezdirilir. Bu uygulamada x-ışınları kullanılmamaktadır. Sonografi cihazı kalpteki sesleri kaydetmekte ve görüntü bu şekilde ekran aracılığıyla görülmektedir.

Transözofajiyal Eko Kardiyografi: Daha fazla ayrıntı ve net bir görüntü elde etmek için transtorasik eko kardiyografi yerine kullanılmaktadır. Bu uygulamada, hastanın boğaz yolu uyuşturulmaktadır. Boğaza esnek bir tüp yerleştirilerek yemek borusuna kadar uzatılmaktadır. Dönüştürücü, kalpteki ses dalgalarını kaydederek, ayrıntılı olarak görüntüyü ekrana verir.

Doppler Eko Kardiyografi: Doppler aynı zamanda ultrason yöntemi olarak bilinmektedir. Kalbin kasılma ve çeşitli gevşeme hareketlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Hassas, yeni ve teknolojik bir yöntem olduğu bilinmektedir. Görüntüler renkli ve ayrıntılı olması bu yöntemi avantajlı hale getirmektedir.

Stres Eko Kardiyografi: Bu yöntem koroner arter problemleri için kullanılmaktadır. Bu yöntemde, egzersiz veya kalp atımını hızlandıracak ilaçlar kullanılmaktadır. Hızlanan her kalp atım hareketi kaydedilebilmektedir.

3.2. Tıbbi Görüntüleme Cihazlarının Sağlığa Olumsuz Etkileri

3.2.1. Cihaz Kullanıcısı Açısından Olumsuz Etkiler

Radyoloji boşlukta düz bir çizgi boyunca yayılım gösteren enerji konusunu temel alır. Bunlar EM radyasyon ve ultra sesten kaynaklı enerjilerdir. X-ışınları röntgen, anjiyografi, mamografi, BT gibi görüntüleme cihazlarında, gama ışınları nükleer tıpta, radyo dalgaları ise MRG’ de kullanılmaktadır. EM radyasyonlardan farklı özellik gösteren ultra ses enerjisi de USG yönteminde kullanılmaktadır.

Radyasyon tıpta tanı ve tedavi amacıyla yüzyıllardır kullanılmaktadır. En yaygın radyasyon türü olarak x-ışınları kullanılmaktadır. İyonlaştırıcı bir radyasyon türüdür. İyonlaştırıcı radyasyon tıptaki yeri çok büyüktür. Fakat hasta ve cihaz kullanıcıları açısından maruz kalınan radyasyon dozlarının dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri olduğu da bilinmektedir.

Cihaz kullanıcıları yani radyasyon alanlarında denetimli ve gözetimli alanlar içerisinde bulunan kullanıcılar, röntgen teknikeri, radyoloji teknikeri, tıbbi görüntüleme teknikerleridir. Bu kullanıcıların yıllık üst doz sınırları şunlardır:

Radyasyon görevlileri: Etkin doz ardışık 5 yılın ortalaması 20 mSv’ i geçemez. Herhangi bir yılda ise 50 mSv’ i geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv, Göz merceği için 150 mSv’ dir. Cilt için en yüksek radyasyon dozuna maruz kalan 1 cm²’lik alanın eşdeğer dozu, diğer alanların aldığı doza bakılmaksızın ortalama cilt eşdeğer dozu olarak kabul edilir²³.

Hamilelik ve Emzirme Dönemindeki Radyasyon Görevlileri: Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği 12. maddesinde, “Hamileliği belirlenmiş kadın çalışan, çalışma şartlarının yeniden düzenlenebilmesi amacıyla yönetimi haberdar eder. Hamileliğin bildirilmesi kadın çalışanın çalışmasına engel teşkil etmez, gerekiyorsa çalışma koşulları yeniden düzenlenir. Bu nedenle, doğacak çocuğun alacağı dozun mümkün olduğu kadar

düşük düzeyde tutulması sağlanır ve toplum için belirlenen doz sınırlarına uyulur” ifadesi yer almaktadır. Fakat Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ise “Gebe veya Emziren Kadınların Çalıştırılma Şartlarıyla Emzirme Odaları ve Çocuk Bakım Yurtlarına Dair Yönetmelik” ekinde, Ek-1 “Gebe, Yeni Doğum Yapmış veya emziren Çalışanın Sağlık ve Güvenliği için Tehlikeli Sayılan faktörlere Yönelik Alınacak Önlemler” kapsamında iyonize radyasyon ile ilgili olarak “Gebe veya emziren çalışanlar iyonize radyasyon kaynaklarının bulunduğu ve radyasyonla kirlenmiş olan yerlerde ve işlerde çalıştırılmaz. Bu gibi yerlere girmemesi uyarı levhaları ile belirtilir” gebe ve emziren çalışanların bu alanlarda çalışmaması gerektiğini belirtmişlerdir²³.

3.2.2. Hasta Açısından Olumsuz Etkiler

Toplumun maruz kaldığı yapay radyasyon için en çok pay tanısız radyolojiden gelmektedir. İyonlaştırıcı radyasyonlar geçtikleri ortam atomlarının iyonize olmalarına neden olmaktadır. Bu iyonizasyon durumu canlılarda önemli biyolojik hasarlar bırakmaktadır. Bu olumsuz etkiler, alınan iyonize radyasyonun detayları yanında hedefin de detaylarına göre farklılık göstermektedir. Bu olumsuz etkiler, deterministik ve stokastik etkiler olarak iki çeşittir:

Deterministik etki: Eşik doza maruz kalınmışsa ortaya çıkmaktadır. Direkt olarak hücre ölümü gerçekleşir. Ölüm, cilt yanıkları, katarakt, kısırlık bu etkinin sonuçları olarak sayılmaktadır²⁴.

Stokastik etki: Radyasyon dozu düşük olsa bile bir etki görülebilme durumu söz konusudur. Bu durum, dokuların radyasyon soğurma miktarına bağlı olmaktadır. Kanser ve genetik etkiler bu etkinin sonuçları olarak sayılmaktadır²⁴.

3.3. Cihazların Kullanımında İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Tedbirleri

Tıbbi cihazların kontrolleri ve kalibrasyonları, kullanıcıları ve hastaları korumak açısından büyük önem taşımaktadır. Cihazların etkin doz seviyelerinde kullanılabilmesi için cihaz kalibrasyonunun mutlaka yapılmış olması gerekmektedir. Tıbbi Cihazların Test, Kontrol ve Kalibrasyonu Hakkında Yönetmeliği’nde, madde 10/2 içerisinde

“Cihazların test, kontrol ve kalibrasyonlarının periyotlarına dair ulusal ve uluslararası protokol, kılavuz ve standartlar ile üretici kriterlerinde herhangi bir süre belirtilmemiş ise test, kontrol ve kalibrasyonları yılda en az bir kez yapılır” şeklinde konuya açıklık getirilmiştir²⁵. Test, kontrol ve kalibrasyon hizmeti için başvurulacak kişiler TÜR-KAK tarafından akredite edilmiş ve Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu tarafından yetkilendirilmiş olması gerekmektedir.

Bu çalışmada, alınan tedbirler konusunda x-ışınları, manyetik alan ve radyo dalgaları kullanan cihazlar için tedbirler tartışılacaktır.

3.3.1. X-Işınları Kullanan Cihazlarda İSG Tedbirleri

3.3.1.1. Kurşun önlük / Kurşun Eldiven

Kurşun önlük ve eldivenler x-ışınlarına karşı en temel korunma ekipmanlardır. Elektro Fizyoloji, Ortopedik Cerrahi, Endoskopi, Üroloji ve Ağrı Yönetimi uygulamaları sırasında kullanılmaktadır²⁶.



Şekil 3. 6: Kurşun önlük ve kurşun eldiven²⁷

3.3.1.2. Gonad Tiroid koruyucuları

Üreme organlarının bulunduğu bölgeye gonad bölgeleri denir. X-ışınlarından korumak amacıyla gonad koruyucular kullanılmaktadır. Baş bölgesinde ise tiroid bezlerinin olduğu bölge yine x-ışınlarından korunması gereken önemli bölgelerdendir. Bunun için de tiroid koruyucu boyunluğu kullanılmaktadır.



Şekil 3. 7: X-ışınlarına maruz kalmamak için kullanılan gonad ve tiroid koruyucuları²⁷

3.3.1.3. Kurşun Paravan ve Kurşun Koruyucu Cam

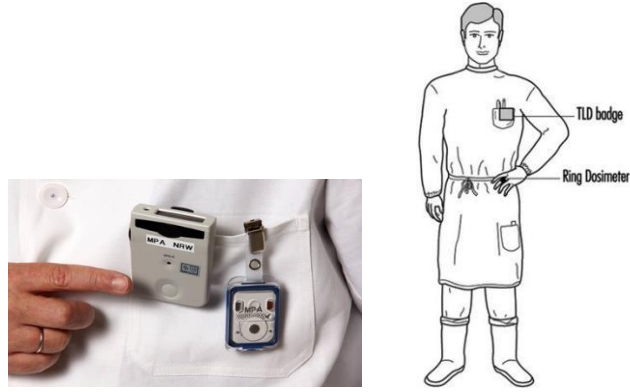
Kullanıcı ve hasta arasında saçılan radyasyona maruz kalmamak için çeşitli boyut ve tasarımlarda kurşun paravan veya kurşun eşdeğerli cam koruyucular kullanılmaktadır.



Şekil 3. 8: Saçılan x-ışınlarından korunmak için tasarlanmış kurşun paravan veya kurşun eşdeğerli cam koruyucular²⁷

3.3.1.4. Dozimetreler

Kullanıcıların ne kadar radyasyona maruz kaldığını tespit etmek için kullanılan gereçlerdir. Kullanıcılar çalışma önlüklerinin üst ceplerine yakalarına veya kemerlerine dozimetre ön tarafa gelecek açık bir şekilde takılmaktadır. Dolayısıyla tüm vücudu temsil eden radyasyon dozunun ölçülmesi sağlanmaktadır. Kullanım sırasında dozimetrenin önünü kalem veya isimlik gibi eşyaların kapatmaması sağlanmalıdır.



Şekil 3. 9: Dozimetre resmi ve vücutta kullanıldığı yerler²⁷

3.3.2. Radyo Dalgaları Kullanan Cihazlarda İSG Tedbirleri

Hasta ve personellerin güvenliği konusu özellikle personellerin eğitimi esasına dayanmasına rağmen bu durum tüm toplumu ilgilendirdiğinden nitelikli yasal düzenlemelere ihtiyaç duymaktadır²⁷. Bu sebeple öncelikle idare kurumlarının sorumluluğu bulunmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz.

1. Öncelikle bireylerin en az düzeyde radyasyona maruz kalmaları için gerekli yasal düzenlemeleri yapmak, denetlemek ve kayıt altına almaktır.
2. Radyasyonla çalışanların eğitim kalitesi arttırılmalı ve toplumun da bu konu hakkında bilgilenmesini sağlamalıdır.
3. Ünite standartlarının radyasyon fiziğine uygun olarak belirlenmesi ve uygunluğun denetlenmesi sağlanmalıdır.
4. Çalışanları koruyucu önlemlerin arttırılması sağlanmalıdır.

5. Hastaların ve personellerin korunması için koruyucu tedbirlere ayrılan süre uzatılmalıdır. Bunun mümkün olması için hasta yoğunluğunu azaltacak tedbirler alınmalıdır.
6. Her bir grafi için bitişik alanlar ve paravan arkasındaki doz ölçülerek çalışanlar bilgilendirilmelidir.
7. MPD (Miyeloproliferatif bozukluk, MPD) değerleri ülkemizde de tüm dünyada olduğu gibi ALARA (As Low As Reasonably Achievable, makul olarak gerçekleştirilebilecek ölçüde düşük, ALARA) ilkelerine göre belirlenmelidir.
8. Radyasyon ölçümlerinin yetkisiz kişiler tarafından yapılması kesinlikle önlenmeli ve radyoloji teknisyeni veya teknikerinin yapması sağlanmalıdır. Tek personeli olmasına rağmen 24 saat röntgen filmi çekilen özel merkezlerde röntgen uygulamasını hemşireler, sekreterler, laborantlar ve hatta hizmetliler yapmaktadır. Özellikle gece denetimlerini arttırarak bu durumun önüne geçilmesi sağlanmalıdır.

Radyasyonla çalışmalarda bir diğer önemli faktör doktorlardır. Doktorların sorumluluklarına şu maddelerle değinebiliriz.

1. Ayırıcı tanı ve tanıda gereksiz röntgen uygulamalarından kaçınılmalıdır.
2. Radyolojik görüntüleme istemlerinde bulunmadan önce yeterli gözlem ve muayene yapılmalıdır.

Hastalardan kaynaklanan sorunlar ise şu şekilde sıralanabilir.

1. Hastalar, doktorlara röntgen vb. görüntüleme yöntemleri için baskı yapmamalıdır.
2. Koruyucu tedbirlerin alınmasını engelleyecek şekilde aceleci davranmamalıdır.
3. Uygulama esnasında ısrarla refakatçilerini de yanlarında istememelidir.
4. Film tekrarı yaşamamaları için daha önce çekilmiş filmleri de korumalıdır.
5. Çekim esnasında istenen davranışları yapmamaları çekim tekrarı olmasına neden olmaktadır.

Çekim yapan teknisyenlerin sorumluluklarına göz atarsak, teknisyenin çekim esnasında hastaya fazladan uygulayacakları her dozun, onda ve doğacak çocuklarında hastalık riskini artırdığı bilinci ile dikkatle ve sabırla işlerini yapmalıdırlar. Cihazdan,

ekipmandan veya daha önce açıkladığımız sebepler haricinde, hastanın referans değerlerinin üzerinde aldığı her doz radyasyondan teknisyen sorumludur. Pozisyon uygunluğu, alan daraltması, mesafe, doz, santralizasyon, ölçüm yaparken hasta dozunu tek başına azaltıcı unsurlar değildir. Uygulama esnasında radyasyona maruz kalabilecek doku ve organların ek önlemlerle korunması gerekmektedir. Aynı zamanda refakatçinin bulunması gerekli durumlarda, birden fazla refakatçi varsa yaşça en büyük olanının seçilmesi ve koruyucu giysiler giydirilmesi zorunludur.

Tetkiklerde hasta dozunu azaltıcı unsurlar bulunmaktadır. Tüm grafilerde uygulanan alan daraltması hem hastaları hem de çalışanları koruyan kolay bir yöntemdir fakat buna rağmen istenmeyen bölgeler yine de düşük dozlarda radyasyona maruz kalmaktadır. Bu düşük dozlarda bile kimin hangi genetik, spontan ve başka tür riskleri taşımakta olduğunu bilmediğimiz için çok dikkatli olmalı ve bu dozları önemsemeliyiz.

Radyolojide çalışanların maruz kaldığı radyasyon dozunun doğru ölçülmesi hayati öneme sahiptir. Maruz kalınan dozun olduğundan düşük ölçülmesi güvenlikteki ihmallerin en temel sebeplerindendir. Kurşun bariyerler sanıldığıının aksine tamamen radyasyonu engellememektedir. Örneğin, 0.24 mm kurşun tabaka gelen radyasyonun %50'sini engelleyebilmektedir veya 1 mm kalınlıktaki bariyer her 0,24 mm'sinde radyasyonu yarıya indirmektedir. Örnek olarak bariyere gelen doz 0,05 mSv ise $1/0,24 = 4,16$ 'dır. Yani yaklaşık olarak bu bariyer gelen dozu 4 kez yarıya indirecektir. Sonuçta bariyerden geçen doz 0,003125 mSv'dir ve teknisyenin maruz kaldığı dozdur. Ayrıca bariyerlerde demet birleşmesi denen bir durumda mevcuttur.

Bariyerin bir birim alandaki giriş dozu fotonları bariyer içindeki çarpışmalar sebebiyle yön değiştirerek bariyer arkasında herhangi bir noktada yoğunlaşabilir. Bu sebeple bu durumun zararlarından korunmak için bariyerin arkasında çalışırken gonad, tiroid koruyucular veya koruyucu önlük de giyilmelidir. Bir diğer sorun da 200 cm boy ve 150 cm'den daha az genişliğe sahip olan, yanları, altı ve üstü açık olan sözde bariyerlerdir. Bu bariyerler iş yükünün çok az olduğu yerlerde ve düşük doz radyografi çalışmalarının yapıldığı yerlerde kullanılabilir ama hasta yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde çalışanların her yerden radyasyona maruz kalmalarına sebep olmaktadır. Bu dozlar dozimetrelerle, özellikle film dozimetreleriyle algılanamamaktadır. Bu şekilde bariyer kullanılması radyasyonun saptırılmayacağı bilgisinden kaynaklanmakta ve yanlış

kullanılmaktadır. Radyasyon ölçüm ortamında saptırılamasa da saçılma yapabilmektedir. Yani odanın tabanı, tavanı ve duvarlarından yansıyan radyasyon bariyer arkasında hatırı sayılır miktarda ek doz meydana getirmektedir. Bu sebeple bariyerler duvarlar, tavan ve tabanla bitişik olacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca kumanda paneli hasta ve kaynağa 300 cm'den yakın olmamalıdır ve masaya paralel yerleştirilmelidir. Radyasyon mesafe ile azalır ifadesi de tam olarak yeterli bir ifade değildir çünkü dar alanlarda radyasyonun toplam miktarı çok az değişmektedir. Örneğin 100 cm'de sadece batin bölgesi radyasyona maruz kalırsa 300 cm'de tüm beden radyasyona maruz kalmaktadır. Bu durumda birim alandaki doz düşmektedir. Fakat tüm alanlara gelen dozu toplarsak yaklaşık olarak 100 cm'deki değere ulaşırız.

3.4. Tıbbi Görüntüleme Cihazları İçin Risk Analizi Yöntemleri

3.4.1. Fine-Kinney Risk Analizi Yöntemi

Bu yöntem risk değerlendirmesi yapılırken en yaygın kullanılan sistematik yöntemlerden biridir. Riskin gerçekleşme ihtimali, tehlikeye maruz kalma sıklığı ve gerçekleştiği durumda olayın şiddeti gibi üç farklı faktör değerlendirilerek risk ölçüm değeri hesaplanır. Fine-Kinney risk analizi metodu, işletmelerin önceki verilerini ve öngörülerini bir arada kullanma imkânı veren kalitatif bir metottur. Bu yöntemle yapılan analizlerde öngörü yerine doğrulanmış kaza ve ramak kala verileri kullanılırsa çok daha doğru sonuçlar alınabilir.

Fine-Kinney yönteminde yalnızca kaza olma olasılığı ve sıklığı değil risk altındaki kişilerin de tehlikeye maruz kalma sıklığı dikkate alındığı için matris risk analizi yöntemine göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu sebeple ülkemizde birçok işletmenin risk analizinde bu yöntem kullanılmaktadır ve iş sağlığı ve güvenliği müfettişleri risk analizinin bu yöntemle yapılmasını talep etmektedirler.

Bu metotta risklerin derecelendirilmesi, risklerin ortaya çıkma olasılığı, tehlikeye maruz kalma sıklığı ve oluşturduğu etkinin sayısal değerlerinin çarpımı ile hesaplanır.

Risk = Olasılık x Sıklık x Etki

Sayısal olarak risk değerin hesaplanması ve riskin sınıflandırılması için olasılık, etki, frekans (sıklık) ve risk derecelendirme tablosu kullanılmalıdır. ²⁸

Tablo 3. 2: Olasılık derecelendirme tablosu²⁸

OLASILIK	PUAN
Neredeyse İmkansız	0,1
Pratik Olarak İmkansız	0,2
Mümkün Ancak Beklenmeyen	0,5
Mümkün Ancak Düşük İhtimal	1
Mümkün	3
Oldukça Mümkün	6
Kesin, Beklenir	10

Yöntemde belirtilen olasılık değerleri ile tespit ettiğimiz risklerin eşleştirilmesi çok önemlidir. Bunun için eğer varsa geçmiş kaza kayıtları incelenmeli ve çalışanların görüşleri alınmalıdır.

Tablo 3. 3: Sıklık derecelendirme tablosu²⁸

SIKLIK	PUAN
Çok Seyrek (Yılda bir veya daha az)	0,5
Seyrek (Yılda birkaç defa)	1
Nadiren (Ayda bir veya birkaç defa)	2
Ara Sıra (Haftada bir veya birkaç defa)	3
Sık (Günde bir veya birkaç defa)	6
Sürekli (Saatte birkaç defa)	10

Fine-Kinney yönteminde sıklık veya frekans, tehlikeden etkileneceği düşünülen kişilerin zaman içinde tehlikeye maruz kalma sayısını ifade eden bir değerdir. Kinney yöntemini matris yönteminden ayıran en büyük özellik sıklık değeridir.

Tablo 3. 4: Etki derecelendirme tablosu²⁸

ŞİDDET	PUAN
Ramak Kala – Çevresel Zarar Yok	1
Küçük Hasar, Yaralanma, İlk Yardım – Sınırlı Çevresel Etki	3
Önemli Hasar, Yaralanma, Tıbbi Tedavi- Geniş Çevresel Etki	7
Kalıcı Hasar, Sakatlık, Uzun Süreli Tedavi – Önemli Çevresel Etki	15
Ölüm – Ciddi Çevresel Etki	40
Birden Fazla Ölüm – Çevresel Felaket	100

Fine- Kinney yönteminde etki derecelendirmesi kişilerin, iş yerinin veya çevrenin etkilene derecesine göre düzenlenmiştir. Etkiler değerlendirilirken bir olay sonrasında oluşabilecek en büyük etki düşünülmelidir.

Tablo 3. 5: Risk değeri tablosu²⁸

RİSK DEĞERİ	RİSK SINIFLANDIRMASI
20’den az	Önemsiz Risk – Kabul Edilebilir
20 – 70’ten az	Olası Risk – Gözetim Altında Tutulmalıdır
70 – 200’den az	Önemli Risk – Uzun Dönemde İyileştirilmelidir
200 – 400’den az	Ciddi Risk – Kısa Sürede İyileştirilmelidir
400’den fazla	Kabul Edilemez Risk – İyileşene Kadar İşe Ara Verilmelidir

Olasılık, sıklık ve şiddet değerleri kullanılarak hesapladığımız risk değeri sonucuna göre alınacak tedbirlerin öncelik sırası belirlenmelidir.

Fine-Kinney yöntemi ile risk analizi yaparken riske maruz kalan kişiler, riske maruz kalma ilişkileri, önlemlerin alınma imkanları, güvenlik önlemlerinin sürekli olması ve güvenlik önlemlerinin güvenilirliği çok önemlidir.

3.4.2. L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi

Birçok metodun temelini teşkil eden bu risk değerlendirme matrisi yöntemi en sık kullanılan yaklaşımlardan biridir ve kullanımı kolaydır. İki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanılan bu yöntem ABD askeri standardı olan MIL_STD_882-D olarak da bilinir. L tipi matris yöntemi en çok kullanılan matris analiz yöntemidir²⁸.

Değişik sayılardaki değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde bu yöntem 5x5 matris biçiminde kullanılır. Yapılması kolay bir analiz çeşidi olduğundan küçük işletmelerde ideal bir yöntem olarak kullanılır, ancak, farklı proseslerin bir arada yürütüldüğü birbirinden çok farklı akış şemalarına sahip işlerde yeterli olamamakta ve analistin yeterliliğine göre başarı oranı değişmektedir.

Bu yöntem özellikle aciliyet gerektiren tehlikelerin bir an evvel tespit edilmesi için kullanılmalıdır. Ayrıca tespit edilen tehlikelerin işletmenin o andaki mevcut durumunda ortaya çıkarabileceği iş kazalarının gerçekleşme olasılığı, gerçekleşirse şiddetini ve sonuçlarının derecelendirilmesini sağlar. Bu yöntemde tehlike olasılıklarının gerçekleşmesi durumunda olasılığın derecesi ve olayın şiddetinin derecesi çarpılarak sonuç değerlendirilir.²⁸

Risk = Olasılık X Şiddet

Olayın meydana gelme olasılığı derecelendirilirken aşağıdaki tabloya göre yapılır. Olayın hangi sıklıkla meydana geldiği incelenir.

Tablo 3. 6: Bir olayın gerçekleşme ihtimali-L tipi karar matrisi²⁸

	İHTİMAL	OLASILIK-İHTİMAL
	Çok Küçük	Hemen hemen hiç
	Küçük	Çok az (yılda bir kez), sadece anormal durumlarda
	Orta	Az (yılda bir kez)
	Yüksek	Sıklıkla (ayda bir)
	Çok Yüksek	Çok sıklıkla (haftada bir, her gün) normal çalışma şartlarında

Olayın şiddeti incelenirken tehlikelerin 5 değişik parametreye olan bağlantıları incelenmektedir. Bu şekilde riskler “Çok Ciddi, Ciddi, Orta, Hafif, Çok Hafif olarak” ayrılabilir. Bu değerlendirme sonucunda tehlikelere göre risk seviyesi değerlendirme tablosu oluşturulur.

Tablo 3. 7: Bir olayın gerçekleştiği takdirde şiddeti²⁸

SONUÇ	ŞİDDET
Çok Hafif	İş saati kaybı yok, ilkyardım gerektiren
Hafif	İş günü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan ayakta tedavi, ilkyardım gerektiren
Orta	Hafif yaralanma, yatarak tedavi gerektiren
Ciddi	Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
Çok Ciddi	Ölüm, sürekli iş görmezlik

Tablo 3. 8: Risk skor (Derecelendirme) matrisi (L tipi matris)²⁸

R = OLASILIK x ŞİDDET			ŞİDDET				
			Çok Ciddi Ölüm	Ciddi Ciddi yaralanma- meslek hastalıkları	Orta Hafif Yara-Tedavi	Hafif Ayakta tedavi	Çok Hafif İş kaybı gerektirmeyen
			5	4	3	2	1
OLASILIK	Çok Yüksek «Günde Bir»	5	25	20	15	10	5
	Yüksek «Haftada Bir»	4	20	16	12	8	4
	Orta «Ayda Bir»	3	15	12	9	6	3
	Küçük «3 Ayda Bir»	2	10	8	6	4	2
	Çok Küçük «Yılda Bir»	1	5	4	3	2	1

Tabloya bakıldığında, kırmızı bölgeler ise yüksek riski, sarı bölgeler orta riski, yeşil bölgeler düşük riski göstermektedir. Risk skorlarının anlamları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. 9: Sonucun kabul edilebilirlik değerleri (L tipi) ²⁸

SONUÇ		EYLEM
25	Katlanılamaz	Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı, eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen risk düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir.
15-16-20	Önemli	Belirtilen risk azalıncaya kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk işin devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve önlem sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir.
8-9-10-12	Orta Düzeyde	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Risk azaltma önlemleri zaman alabilir.
2-3-4-5-6	Katlanılabilir	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir.
1	Önemsiz	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir.

3.4.3. FMEA Risk Analizi Yöntemi

FMEA, bir hatanın nasıl ve nerede meydana geldiğini tanımlayan ve bu hataların bağlantılı olduğu farklı kusurlara yönelik bölümlerin, değişime ihtiyaç duyan süreçlerini tanımlamak amacıyla değerlendiren sistematik ve proaktif bir yöntemdir²⁹.

FMEA yöntemi, riskleri tahmin ederek oluşabilecek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Klasik risk analizden farklı olarak, olasılık ve ağırlık faktörünün yanında saptanabilirlik çarpanını da eklemesi önemli bir farkıdır. FMEA yönteminde belirlenen bütün hatalar için olasılık, ağırlık ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır.

Yüzlerce hata türünün tamamına iyileştirme yapılması yerine öncelikle sisteme en büyük katkıyı sağlayacak olan hata türlerini ele alarak çözümler üretir. FMEA ile projenin hazırlanmasında, konstrüksiyonunda, üretiminde ve montajında olabilecek hataları, hataların nedenleri ve bunların müşteride ve de piyasada doğuracağı etkilerinin araştırması yapılır ve hataların daha doğmadan yok edilmesi sağlanır.

Sistemdeki zayıf noktalar mümkün olduğu kadar erkenden bulunur ve düzeltilerek müşteride ve piyasada iyi isim yapılp malın ve firmanın itibarı arttırılır. Bu metot oldukça detaylı ve bilinçli olarak organize edilmiş olup, endüstride geniş olarak kullanılmış ve kullanılmaktadır.

FMEA da ilk kez Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Sistem ve donanım hatalarının ve bunların etkilerinin belirlenmesi için bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Daha sonraları FMEA, 1960-1965 yılları arasında NASA tarafından ay seyahati programlarında da kullanılmıştır. Uzun bir süre gizli tutulan teknik 1970-1975 yılları arasında ABD uçak sanayisinde 1972 yılında Ford Motor şirketi bünyesinde, 1975 yılında bilgisayar üretiminde ve Japon NEC firmasında ilk endüstriyel uygulamalarında yerini almıştır. 1988 yılında Amerika'nın üç büyük otomotiv şirketi olan Chrysler, Ford ve General Motors tarafından kabul edilerek genel standart olarak benimsenmiştir. Günümüzde FMEA; QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer kalite yönetim sistemlerinde bir zorunluluk haline gelmiştir²⁸.

FMEA' nın yaygın olarak kullanılabilen dört çeşidi mevcuttur: Sistem FMEA, Tasarım FMEA, Proses FMEA ve Servis FMEA' dır.

1. Sistem FMEA: Sistem ve alt sistemleri analiz ederek, sistemin eksiklerinden doğan fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerini belirlemeye odaklanır. Hedefi, sistemin kalitesini, güvenilirliğini ve korunabilirliğini artırmaktır. Sistem FMEA ile sistemi etkileyen potansiyel problemlerin bulunabileceği alanlar daralır, içerisinde uygulanacak prosedürler için bir temel oluşturulmasına yardımcı olur, sistem içerisindeki fazlalıkların tespit edilmesine yardım eder.

2. Tasarım FMEA: Tasarım hatalarından doğan hata türlerine yönelik olarak üretime başlamadan önce ürünlerin analiz edilmesinde kullanılır. Böylece tasarım geliştirme faaliyetleriyle ilgili önceliklerin belirlenmesi, potansiyel hataların tasarım aşamasında iken belirlenmesi, potansiyel güvenlik sorunlarının belirlenerek ortadan kaldırılmasına

yardım etmesi ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi, önemli ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım etmesi sağlanmış olur.

3. Proses FMEA: Bu analiz üretim veya montaj prosesindeki eksiklerden doğabilecek hata türlerini ortadan kaldırmak ve üretim ve montaj prosesini analiz etmek amacına hizmet etmektedir. Kritik veya önemli olan özellikleri tespit etmede ve kontrol planı oluşturmada yardımcı olur, proses aşamasında ortaya çıkacak hataları belirler ve düzeltici faaliyetlerle ilgili plan sunar.

4. Servis FMEA: Servis FMEA organizasyondaki aksaklıkların analiz edilmesinde yardımcı olur. Bu analizin uygulanmasıyla; organizasyon faaliyetleri arasında önceliklendirme yapılması ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi sağlanır. İş akışının, sistem ve proses analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, isteki hataların ve kritik önemli işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajlar sağlar. Yapılacak olan bir FMEA tekniği uygulaması aşağıda özetlenmiş olan fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar²⁸.

FMEA yönteminde olası hatalar belirlenir, bu hataların yapabileceği etkiler hesaplanır ve bunların öncelikleri ve de fark edilebilirlikleri (saptanabilirlikleri) belirlenir. Tüm bunlar belirli bir sistem ve formül çerçevesinde ele alınır. Hata önceliklerini belirlemede üç ana faktör vardır. Bunlar olasılık, ağırlık ve saptamadır. Bu bileşenlerin değerlerini belirlemede pek çok yöntem vardır. Alışılmış yöntem, numerik skalaların (risk ölçüt tablosunun) kullanılmasıdır. Risk Öncelik Sayısı/Seviyesi (RÖS), kritiklik sayısı göstergesidir.

RÖS her bir hata turu veya nedeni için ortaya çıkma olasılığı, ağırlık ve saptama gibi üç risk faktörü esas alınarak belirlenen sayısal değerdir. RÖS değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılık olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında atanan değerleri alınır. RÖS ile her bir hata turu için riskler tanımlandığından en büyük RÖS' e sahip olandan başlayarak kısa dönemde en aza indirilmesi, uzun dönemde ortadan kaldırılması, için alınacak düzeltici önlemler belirlenir²⁸.

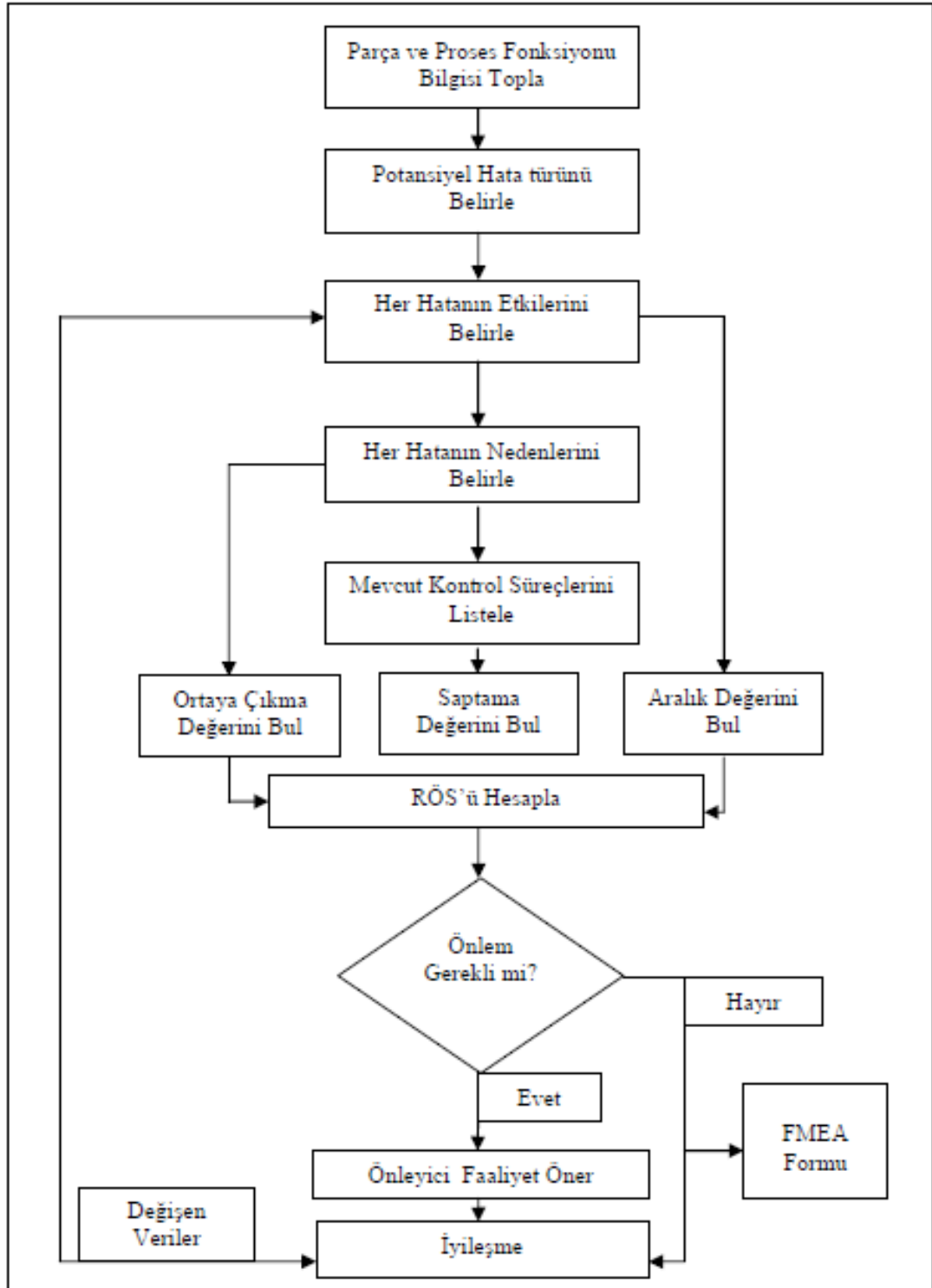
Olasılık (O): Her bir zarar modunun oluşma olasılık değeri;

Ağırlık (A): Zararın ne kadar önemli olduğunun değeri, şiddet, ciddiyet,

Saptama (S): Zarar meydana getirecek durumun keşfedilmesinin zorluk derecelendirilmesi değerlerinin çarpılması ile bulunur.

RÖS: Risk öncelik sayısı/seviyesi

$$R\ddot{O}S = O * A * S$$



Şekil 3. 10: FMEA süreci²⁸

Tablo 3. 10: Hatanın ortaya çıkma sıklığı ve derecesi (olasılık-O) tablosu²⁸

HATANIN OLUŞMA SIKLIĞI	HATANIN OLASILIĞI	DERECE
Çok yüksek: Kaçınılmaz Hata	1/2 'den fazla	10
	1/3	9
Yüksek: Tekrar Tekrar Hata	1/8	8
	1/20	7
Orta: Ara Sıra Olan Hata	1/80	6
	1/400	5
Düşük: Nispeten Az Olan Hata	1/2000	4
	1/15000	3
Pek Az: Olası Olmayan Hata	1/150000	2
	1/150000 'den düşük	1

Tablo 3. 11: Ağırlığın etkisinin sınıflandırılması (A)²⁸

ETKİ	AĞIRLIĞININ (ŞİDDETİN) ETKİSİ	DERECE
Uyarısız Gelen Yüksek Tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara 3. derece yanık akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	8
Yüksek	Ekipmanın tamamen hasar görmesine neden olan ve ölüm, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma kanse vb. yol açan hata türü	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş görmezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip olan hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemin çalışmasını yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata	2
Yok	Etki yok	1

Tablo 3. 12: Saptanabilirlik tablosu (S)²⁸

SAPTANABİLİRLİK	SAPTANABİLİRLİK OLASILIĞI	DERECE
Fark Edilemez	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği mümkün değil	10
Çok Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın nedeninin saptanabilirliği uzak	8
Çok Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin takip eden hatanın saptanabilirliği çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin takip eden hatanın saptanabilirliği düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın nedeninin takip eden hatanın saptanabilirliği orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel hatanın nedeninin takip eden hatanın saptanabilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin takip eden hatanın saptanabilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin takip eden hatanın saptanabilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Potansiyel hatanın nedeninin takip eden hatanın saptanabilirliği hemen hemen kesin	1

Tablo 3. 13: Risk öncelik sayısı (ROS) değerlendirme tablosu²⁸

RÖS DEĞERİ	ÖNLEM
RÖS<40	Önlem almaya gerek yok.
40<RÖS<100	Önlem alınabilir.
RÖS>100	Önlem alınması gereklidir.

4.BULGULAR

4.1. Tıbbi Görüntüleme Cihazları için Risk Analizleri

Günümüzde tıbbi görüntüleme cihazlarının daha risksiz kullanılması için yapılan iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri adına her bir tıbbi görüntüleme cihazı için birçok risk analizi belirlenmiş ve uygulanmıştır. Bu çalışmada ise tıbbi görüntüleme cihazlarından, bilgisayarlı tomografi, ultrason ve manyetik rezonans görüntüleme için risk analizleri yapılmıştır. Bu risk analizleri Fine-Kinney, L tipi matris ve FMEA olarak belirlenmiştir. Her bir cihaza ait riskler belirlendikten sonra o yönteme ait tablolar vasıtasıyla risk öncelik seviyeleri belirlenmiş, sonrasında her bir risk için alınan önlemler sonrası tekrar risk öncelik seviyeleri belirlenerek aynı grafik içinde bu değerler karşılaştırılmıştır. İncelediğimiz bu tıbbi görüntüleme cihazlarının her birinin kendine özel bir görüntüleme yöntemi olduğundan görüntüleme ortamında bulunan temel ortak riskler haricinde kendine has özel riskler de barındırmaktadır. Örneğin, manyetik rezonans görüntülemede ortamdaki yüksek manyetik alanın insan dokusuna yaptığı etkiler veya vücut içindeki medikal cihazlarla etkileşimi büyük bir risk olarak karşımıza çıkarken, bilgisayarlı tomografi cihazında görüntülemeyi sağlayan X-ışınlarının stokastik ve deterministik etkileri olmaktadır. Bu sebeple incelediğimiz her bir cihaz için benzer riskler haricinde birbirinden değişik sayıda ve özellikte farklı riskler tespit edilmiş ve bu risklerin kullanılan risk analizi yöntemine göre, olasılık, şiddet, saptanabilirlik gibi farklı bileşenleri yorumlanarak sayısal olarak ifade edilmiştir. İncelediğimiz bu üç cihazın her biri için yapılan üç ayrı risk değerlendirme yönteminin tablo şeklinde gösterimi aşağıdaki şekildedir.

4.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Cihazı İçin Risk Analizi

Tablo 4. 1: MRG cihazı için Fine-Kinney risk analizi tablosu

No	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Risk	Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk Değeri	Risk Sınıfı	Önlem	Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk Değeri	Risk Sınıfı
1	Ped ve Yastıklar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	6	3	15	270	Esaslı risk, kısa dönemde iyileştirilmelidir (birkaç ay içinde)	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır
2	Yangın	Elektrik prizlerinin açık olması, Prizlere birden fazla fişin takılması	Açık prizlere sıvı sıçraması, Aşırı yüklenmeye bağla elektrik kaçakları, Yerde bulunan kabloların ezilmesi	6	3	15	270	Esaslı risk, kısa dönemde iyileştirilmelidir (birkaç ay içinde)	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eğitimleri verilmelidir.	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır
3	Radyolog	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	3	2	40	240	Esaslı risk, kısa dönemde iyileştirilmelidir (birkaç ay içinde)	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır

4	Ergonomi	Uzun süre aynı pozisyonda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Belli periyotlarda esneme hareketleri yapılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
5	Ergonomi	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
6	Ergonomi	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırımları kaldırma-ları personel yardımıyla yapılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
7	Ergonomi	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
8	Stres	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmamalı, mesai saatleri aşılmamalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

9	Anestezi	Komplikasyon	İncelemenin anestezi altında yapılması gereken durumlarda anestezinin komplikasyonları	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Komplikasyonlara karşı gerekli tıbbi malzeme ve personel hazır bulundurulmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
10	Bekleme Mekanları	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
11	Biyolojik Riskler	Tıbbi atık kovasının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kapaklı atık kovaları kullanılmalıdır. Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
12	Biyolojik Riskler	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması ve uygun ölçülerde olmaması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kişiyeye uygun kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
13	Biyolojik Riskler	Kesici delici atıkların uygun ayrıştırılmaması	Kesici delici alet yaralanma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kişiyeye uygun kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

14	Biyolojik Riskler	Enfeksiyonlu hastaya damar yolu açma işlem sonrası ellerin yıkanamaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, kesici delici alet yaralanma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
15	Hasta Soyunma Kabinleri	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
16	Hastalar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
17	Kontrast Madde	Vücudun kontrast maddeye tepki göstermesi	Kontrast madde kullanımına bağlı ortaya çıkabilecek yan etkiler	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kontrast madde verilmeden önce hastanın hikayesi alınmalı, alerjik durumlar tespit edilmeye çalışılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

18	Ortamin Hava Kalitesi	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
19	Sedye ile Taşıma	Sedyenin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Sedyei sorumlu personel taşımali ve hasta sedyeye bağlanmalıdır	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
20	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının açık bırakılması	Dökülme, bulaş, inhalasyon	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kimyasallar uygun ambalajlarda saklanmalıdır ve kapakları sıkıca kapatılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
21	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasalların uygun depolanmaması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
22	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kimyasala uygun olmana kişisel koruyucu donanım kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

23	Ergonomi	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyalar	Eşyaların düşmesi	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
24	Islak Zemin	Islak ve kaygan zemin	Çarpma, kayma, düşme	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kaygan zeminlerde uyarıcı ve engelleyici işaretler kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
25	İletişim Eksikliği	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
26	İletişim Eksikliği	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
27	İletişim Eksikliği	Fiziksel şiddet (Saldırı, Darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
28	İletişim Eksikliği	Sözel şiddet (Hakaret, tehdit, İftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

								iyileştirilmeli- dir (yıl içinde)						
29	İletişim Eksikliği	Mobing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Mobing uygulayıcıyı yazılı belgelerle üst birimlere şikâyet etmek.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
30	Ana manyetik alan	MR uyumsuz medikal cihazlar	Medikal cihazın/implantın yer değiştirmesi, bozulması, ayarının değişmesi	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
31	Ana manyetik alan	Hastada bulunan oksijen tüpü	MR cihazı ile etkileşen tüpün hastaya, refakatçiye veya sağlık görevlisine zarar vermesi	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Sadece ferromanyetik özellikte olmayan oksijen tüpleri MR odasına alınmalıdır.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
32	Atıklar	Enfeksiyon	Tıbbi atık kazalarına bağlı enfeksiyon riski	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
33	Elektrik	Elektrik çarpması	Elektrik çarpmasına bağlı çalışan yaralanmaları oluşma riski	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, panolara yetkililer haricinde müdahale edilmemelidir.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

34	Elektrik	Elektrik çarpması	Cihazlardaki elektrik kaçağı sonucu meydana gelen elektrik çarpması	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmelidir.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
35	Eşya ve malzemeler	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme yapılamayan eşyaların/malzemelerin düşmesi ya da yuvarlanmasına bağlı çalışan yaralanmaları	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
36	Gradient alanı	Manyetik alandan etkilenebilecek doku ve cihazlar	Oluşan manyetik alandan kaynaklı akım, dokuda ısınma veya periferik sinir stimilasyonu meydana getirebilir.	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Manyetik alanda uzun süre kalınmamalı, düşük şiddetler tercih edilmelidir.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
37	Hatalı davranışlar	Yaralanma	Hasta taşıma ve çevirme sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Hasta taşıma ve çevirmelerde hastanın durumuna göre birden fazla personel bulundurulmalıdır.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

38	Atıklar	Yaralanma	Kimyasal atık kazalarına bağlı yaralanma riski	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	3	0,5	1	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
39	Ergonomi	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimi	Çarpma, sıkışma, eşyanın düşmesi, çalışanın düşmesi	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ortamda gereksiz ve düzensiz eşya bulundurulmamalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
40	Hatalı davranışlar	Yaralanma	Birim içi malzemelerin çekilmesi, taşınması, sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Çalışanlara eşya taşıma kuralları anlatılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
41	Kimyasallar	Alerji	Banyo solüsyonlarını oluşturan kimyasal maddelere maruz kalma sonucu meydana gelen alerji ve yanıklar	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ortam düzenli olarak havalandırılmalı ve kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
42	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasalların Ürün Güvenlik Bilgi Formlarının (MSDS) Olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Her kimyasalın MSDS formları olmalı ve bu formlara uygun hareket edilmelidir.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

43	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici depolanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun depolarda saklanmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
44	Ana manyetik alan	Manyetik alandan etkilenebilecek dokular	Projektil hasar Biyoeetkiler	0,5	2	40	40	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Manyetik alandan etkilenen metal aletler MR odasına alınmamalıdır.	0,5	1	3	1,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
45	Ana manyetik alan	İçerisinde antimikrobiyal gümüş ve bakır bulunan giysiler	Ciltte yanık ve yaralanmalara sebep olabilir.	3	0,5	15	22,5	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Hastaya özel önlük giydirilerek çekim yapılmalıdır.	1	0,5	7	3,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
46	Ana manyetik alan	Manyetik portlu meme dokusu genişleticileri	Meme dokusunun zarar görmesi	3	0,5	15	22,5	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	1	0,5	7	3,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
47	Ana manyetik alan	Hastada bulunan tıbbi yamalar	Tıbbi yamalar alüminyum içerdiğinden yanıklara sebep olabilir.	3	0,5	15	22,5	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Bu yamalar MR tarama öncesi mümkünse çıkarılmalı, değilse çekim sırasında koil, magnet ve kablolardan olabildiğince uzakta tutulmalıdır.	1	0,5	7	3,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

48	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların lava-boya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	3	0,5	15	22,5	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun depolarda saklanmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
49	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımı	Ciltte tahriş, meslek hastalığı	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Eldiven veya tahriş önleyici kremler kullanılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
50	Gradient alanı	İşitme Kaybı	Gürültü nedeniyle meydana gelen hastalıklar	1	3	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Kulak koruyucular kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
51	Kriyojenler	Helyumun ortama salınması	Asfiksi, soğuk yanığı, artan basınca bağlı patlama riski	1	0,5	40	20	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Süperiletken mıknatıslara bağlı quench tüpleri ile buhar halindeki helyum odadan dışarı atılmalıdır.	1	0,5	7	3,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
52	Kriyostat Sistemi	Sistemin düzgün çalışmaması	Isınan sıvı helyumun buharlaşıp patlama meydana getirmesi	1	0,5	40	20	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Quench tüpleri ile helyum gazı odadan dışarı atılmalıdır.	1	0,5	15	7,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
53	Ergonomi	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	6	1	3	18	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Belli periyotlarda esneme hareketleri yapılmalı, bilek destekli mouse pad' ler kullanılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

54	Ortam Isısı	Normalin üzerindeki soğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algınlığı yaşaması	1	2	7	14	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
55	Alerji	Lateks alerjisi	Meslek hastalığı, ciltte tahriş	3	0,5	7	10,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Alternatif eldiven bulundurulmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
56	Böcek ve haşerat	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamın haşerata karşı ilaçlanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	3	0,5	7	10,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	İlaçlama yapılmalıdır.	1	1	1	1	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
57	Gürültü	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	3	0,5	7	10,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Kulak koruyucular kullanılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
58	Hastalar	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
59	Alerji	Yüzey dezenfektan kullanımı	Kimyasal alerjisi	1	0,5	15	7,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Böyle durumlarda yüzeyle direk temastan kaçınılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

60	Radyofrekans alanı	RF alanından etkilenebilecek doku ve cihazlar	Dokuda ısınma (SAR), medikal cihazın ısınması, bozulması	1	1	7	7	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
----	--------------------	---	--	---	---	---	---	--	--	---	---	---	---	--

Tablo 4. 2: MRG için 5x5 L matris risk analizi tablosu

No	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Seviyesi	Önlem	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Seviyesi
1	Ped ve yastıklar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
2	Yangın	Elektrik prizlerinin açık olması, prizlere birden fazla fişin takılması	Açık prizlere sıvı sıçraması, aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçakları, yerde bulunan kabloların ezilmesi	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eğitimleri verilmelidir.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
3	Radyolog	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
4	Ergonomi	Uzun süre aynı pozisyonda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
5	Ergonomi	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

6	Ergonomi	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırmaları kaldırmaları personel yardımıyla yapılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
7	Ergonomi	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
8	Stres	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmamalı, mesai saatleri aşılmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
9	Anestezi	Komplikasyon	İncelemenin anestezi altında yapılması gereken durumlarda anestezinin komplikasyonları	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Komplikasyonlara karşı gerekli tıbbi malzeme ve personel hazır bulundurulmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
10	Bekleme mekanları	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
11	Biyolojik riskler	Tıbbi atık kovasının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Kapaklı atık kovaları kullanılmalıdır kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk

12	Biyolojik riskler	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması ve uygun ölçülerde olmaması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
13	Biyolojik riskler	Enfeksiyonlu hastaya damar yolu açma işlem sonrası ellerin yıkanamaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, kesici delici alet yaralanma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir. Çalışanların periyodik sağlık kontrolleri yapılmalıdır, lavabo bulunmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
14	Hasta soyunma kabinleri	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
15	Hastalar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
16	Kontrast madde	Vücudun kontrast maddeye tepki göstermesi	Kontrast madde kullanımına bağlı ortaya çıkabilecek yan etkiler	3	4	12	Orta Seviye Risk	Kontrast madde verilmeden önce hastanın hikayesi alınmalı, alerjik durumlar tespit edilmeye çalışılmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
17	Ortamın hava kalitesi	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Hastane için kullanılan özel hava filtreleri tercih edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk

18	Sedye ile taşıma	Sedyenin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	Personeller sedye ile taşıma kurallarına dikkat etmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
19	Tehlikeli kimyasallar	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının açık bırakılması	Dökülme, bulaş, inhalasyon	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kimyasallar uygun ambalajlarda satın alınmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
20	Tehlikeli kimyasallar	Kimyasalların uygun depolanması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
21	Tehlikeli kimyasallar	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	2	5	10	Orta Seviye Risk	Uygun kişisel koruyucu ekipman bulundurulmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
22	Islak zemin	Düşme	Islak/kaygan zemine bağlı; çarpma, kayma, tökezleme, düşme ve sıkışmaya bağlı; çarpma, burkulma ve yaralanma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kaygan zeminlerde uyarıcı ve engelleyici işaretler kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
23	İletişim eksikliği	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk

24	İletişim eksikliği	Fiziksel şiddet (saldiri, darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	3	4	12	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
25	İletişim eksikliği	Sözel şiddet (hakaret, tehdit, iftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
26	İletişim eksikliği	Mobbing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	3	3	9	Orta Seviye Risk	Mobbing uygulayıcıyı yazılı belgelerle üst birimlere şikâyet etmek.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
27	İletişim eksikliği	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
28	Ana manyetik alan	MR uyumsuz medikal cihazlar	Medikal cihazın/implantın yer değişmesi, bozulması, ayarının değişmesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
29	Ana manyetik alan	Hastada bulunan oksijen tüpü	MR cihazı ile etkileşen tüpün hastaya, refakatçiye veya sağlık görevlisine zarar vermesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	Sadece ferromanyetik özellikte olmayan oksijen tüpleri MR odasına alınmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
30	Atıklar	Enfeksiyon	Tıbbi atık kazalarına bağlı enfeksiyon riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

31	Elektrik	Elektrik çarpması	Elektrik çarpmasına bağlı çalışan yaralanmaları oluşma riski	2	5	10	Orta Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, panolara yetkililer haricinde müdahale edilmemelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
32	Elektrik	Elektrik çarpması	Cihazlardaki elektrik kaçağı sonucu meydana gelen elektrik çarpması	2	5	10	Orta Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
33	Gradient alanı	Manyetik alandan etkilenebilecek doku ve cihazlar	Oluşan manyetik alandan kaynaklı akım, dokuda ısınma veya periferik sinir stimülasyonu meydana getirebilir.	2	5	10	Orta Seviye Risk	Manyetik alanda uzun süre kalınmamalı, düşük şiddetler tercih edilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
34	Eşya ve malzemeler	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme yapılamayan eşyaların/malzemelelerin düşmesi ya da yuvarlanmasına bağlı çalışan yaralanmaları	2	5	10	Orta Seviye Risk	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
35	Hatalı davranışlar	Yaralanma	Hasta taşıma ve çevirme sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Hasta taşıma ve çevirmelerde hastanın durumuna göre birden fazla personel bulundurulmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
36	Atıklar	Yaralanma	Kimyasal atık kazalarına bağlı yaralanma riski	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

37	Eşya ve malzemeler	Yaralanma	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimine bağlı; çarpma, sıkışma, düşme ve yaralanma riski	3	3	9	Orta Seviye Risk	Ortamda gereksiz ve düzensiz eşya bulundurulmamalıdır.	3	2	6	Düşük Seviye Risk
38	Hasta	Enfeksiyon	Hastalardan inhalasyon yoluyla bulaşan solunum yolu hastalıkları	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
39	Hatalı davranışlar	Yaralanma	Birim içi malzemelerin çekilmesi, taşınması, sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	2	4	8	Orta Seviye Risk	Çalışanlara eşya taşıma kuralları anlatılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
40	Kimyasallar	Alerji	Banyo solüsyonlarını oluşturan kimyasal maddelere maruz kalma sonucu meydana gelen alerji ve yanıklar	2	4	8	Orta Seviye Risk	Ortam düzenli olarak havalandırılmalı ve kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
41	Tehlikeli kimyasallar	Kimyasalların ürün güvenlik bilgileri formlarının (MSDS) olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Bütün kimyasalların MSDS'leri olmalı, bu formlara göre hareket edilmelidir.	3	2	6	Düşük Seviye Risk
42	Tehlikeli kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici depolanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

43	Çalışma süreleri	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlara bilek, boyun ve bel egzersizleri yapılması ile ilgili bilgi verilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
44	Ana manyetik alan	Manyetik alandan etkilenebilecek dokular	Projektil hasar biyoetkiler	3	4	9	Orta Seviye Risk	Manyetik alandan etkilenen metal aletler MR odasına alınmamalıdır.	2	2	9	Düşük Seviye Risk
45	Ana manyetik alan	İçerisinde antimikrobiyal gümüş ve bakır bulunan giysiler	Ciltte yanık ve yaralanmalara sebep olabilir.	2	4	8	Orta Seviye Risk	Hastaya özel önlük giydirilerek çekim yapılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
46	Ana manyetik alan	Manyetik portlu meme dokusu genişleticileri	Meme dokusunun zarar görmesi	1	4	4	Düşük Seviye Risk	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
47	Ana manyetik alan	Hastada bulunan tıbbi yamalar	Tıbbi yamalar alüminyum içerdiğinden yanıklara sebep olabilir.	2	4	8	Orta Seviye Risk	Bu yamalar MR tarama öncesi mümkünse çıkarılmalı, değilse çekim sırasında koil, magnet ve kablolardan olabildiğince uzakta tutulmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
48	Tehlikeli kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların lavaboya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	2	4	8	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

49	Gradient alanı	İşitme kaybı	Gürültü nedeniyle meydana gelen hastalıklar	1	3	3	Düşük Seviye Risk	Kulak koruyucular kullanılmalıdır.	1	1	1	Düşük Seviye Risk
50	Kişisel koruyucu donanımlar	Alerji	Eldiven kullanımına bağlı oluşan lateks alerjisi gelişme riski	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Alternatif eldiven bulundurulmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
51	Temizlik malzemeleri	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımına bağlı oluşan cilt alerjisi	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Gereğinden fazla miktarda kullanılmamalı ve cilt kremi bulundurulmalıdır	2	1	2	Düşük Seviye Risk
52	Kriyojenler	Helyumun ortama salınması	Asfiksi, soğuk yanığı, artan basınca bağlı patlama riski	2	5	10	Orta Seviye Risk	Süperiletken mıknatıslara bağlı quench tüpleri ile buhar halindeki helyum odadan dışarı atılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
53	Kriyostat sistemi	Sistemin düzgün çalışmaması	Isınan sıvı helyumun buharlaşıp patlama meydana getirmesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	Quench tüpleri ile helyum gazı odadan dışarı atılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
54	Ergonomi	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Belli periyotlarda esneme hareketleri yapılmalı, bilek destekli mouse pad'ler kullanılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
55	Ortam ısısı	Normalin üzerindeki soğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algınlığı yaşaması	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk

56	Böcek ve haşerat	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamin haşerata karşı ilaçlanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	1	3	3	Düşük Seviye Risk	İlaçlama yapılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
57	Gürültü	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	1	3	3	Düşük Seviye Risk	Gürültülü birimlerde kulaklık kullanılmalı , personelin çalışma ortamı gürültülü ve radyasyonlu alan dışında bırakılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
58	Hastalar	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	1	3	3	Düşük Seviye Risk	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
59	Alerji	Yüzey dezenfektan kullanımı	Kimyasal alerjisi	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
60	Radyofrekans alanı	Rf alanından etkilenebilecek doku ve cihazlar	Dokuda ısınma (sar), medikal cihazın ısınması, bozulması	1	3	3	Düşük Seviye Risk	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	1	2	2	Düşük Seviye Risk

Tablo 4. 3: MRG için FMEA risk analizi tablosu

No	Tehlike	Risk	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Risk seviyesi	Önlem	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Risk seviyesi
1	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
2	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
3	Enfeksiyon	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
4	Enfeksiyon	Tıbbi atık kazalarına bağlı enfeksiyon riski	7	6	4	168	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
5	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk

6	Tıbbi atık kovasının kapasının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kapaklı atık kovaları bulunmalı. Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
7	Kişisel koruyucu ekipman kullanılması ve uygun ölçülerde olmaması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitimi verilmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
8	Enfeksiyonlu hastaya damar yolu açma işlem sonrası ellerin yıkanamaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, kesici delici alet yaralanma riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanla kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmeli, çalışanların periyodik sağlık kontrolleri yapılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
9	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Hastane için üretilen özel hava filtreleri kullanılmalıdır.	7	2	2	28	Düşük Seviye Risk
10	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının	Dökülme, bulaş, inhalasyon	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kimyasallar uygun ambalajlarda satın alınmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk

	açık bırakılması												
11	Kimyasalların uygun depolanmaması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
12	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
13	Düşme	Islak/kaygan zemine bağlı; çarpma, kayma, tökezleme, düşme ve sıkışmaya bağlı; çarpma, burkulma ve yaralanma riski	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kaygan zeminlerde uyarıcı ve engelleyici işaretler kullanılmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
14	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	7	4	4	112	Yüksek Seviye Risk	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	7	2	1	14	Düşük Seviye Risk

15	Manyetik alandan etkilenebilecek dokular	Projektil Biyoetkiler hasar	5	5	4	100	Orta Seviye Risk	Hasta manyetik alan içinde belirlenen sınır değerlerde bekletilmelidir.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
16	Manyetik alandan etkilenebilecek doku ve cihazlar	Oluşan manyetik alandan kaynaklı akım, dokuda ısınma veya periferik sinir stimilasyonu meydana getirebilir.	6	4	4	96	Orta Seviye Risk	Pano içinde ucu açık elektrik kabloları olmamalıdır.	6	2	2	24	Düşük Seviye Risk
17	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamın haşerata karşı ilaçlanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	6	4	4	96	Orta Seviye Risk	Düzenli olarak ilaçlama yapılmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
18	Elektrik prizlerinin açık olması, Prizlere birden fazla fişin takılması,	Açık prize sıvı sıçraması, Aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçakları, Yerde bulunan kabloların ezilmesi	7	3	4	84	Orta Seviye Risk	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eğitimleri verilmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
19	MR uyumsuz medikal cihazlar	Medikal cihazın/implantın yer değiştirilmesi, bozulması, ayarının değişmesi	7	6	2	84	Orta Seviye Risk	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk

20	Hastada bulunan oksijen tüpü	MR cihazı ile etkileşen tüpün hastaya, refakatçıya veya sağlık görevlisine zarar vermesi	7	6	2	84	Orta Seviye Risk	Sadece ferromanyetik özellikte olmayan oksijen tüpleri MR odasına alınabilir.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
21	Kimyasalların Ürün Güvenlik Bilgi Formlarının (MSDS) Olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	7	4	3	84	Orta Seviye Risk	Bütün kimyasalların MSDS' leri temin edilmelidir.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
22	Sistemin düzgün çalışması	Isınan sıvı helyumun buharlaşıp patlama meydana getirmesi	7	4	3	84	Orta Seviye Risk	Quench tüpleri ile helyum gazı odadan dışarı atılmalıdır.	5	3	1	15	Düşük Seviye Risk
23	Alerji	Eldiven kullanımına bağlı oluşan Lateks alerjisi gelişme riski	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Alternatif eldiven bulundurulmalıdır.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk
24	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımına bağlı oluşan cilt alerjisi	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Gereğinden fazla miktarda kullanılmamalı ve cilt kremi bulundurulmalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
25	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	5	5	3	75	Orta Seviye Risk	Bilek, boyun ve bel egzersizleri yapılmalıdır.	5	3	1	15	Düşük Seviye Risk

26	Enfeksiyon	Hastalardan inhalasyon yoluyla bulaşan solunum yolu hastalıkları	6	4	3	72	Orta Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	5	3	2	30	Düşük Seviye Risk
27	Alerji	Banyo solüsyonlarını oluşturan kimyasal maddelere maruz kalma sonucu meydana gelen alerji ve yanıklar	6	4	3	72	Orta Seviye Risk	Ortam düzenli olarak havalandırılmalı ve kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	5	3	2	30	Düşük Seviye Risk
28	RF alanından etkilenebilecek doku ve cihazlar	Dokuda ısınma (SAR), medikal cihazın ısınması, bozulması	6	4	3	72	Orta Seviye Risk	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alınarak durum tespit edilmelidir.	5	2	2	20	Düşük Seviye Risk
29	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	4	4	4	64	Orta Seviye Risk	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmamalı, mesai saatleri aşılmamalıdır	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk

30	Vücudun kontrast mad- deye tepki göstermesi	Kontrast madde kullanımına bağlı or- taya çıkabilecek yan etkiler	5	4	3	60	Orta Se- viye Risk	Kontrast madde verilme- den önce hastanın hikayesi alınmalı, alerjik durumlar tespit edilmeye çalışılmalı- dır.	5	3	1	15	Düşük Seviye Risk
31	İçerisinde an- timikrobiyal gümüş ve ba- kır bulunan giysiler	Ciltte yanık ve yaralanmalara sebep olabilir.	5	4	3	60	Orta Se- viye Risk	Hastaya özel önlük giydiri- lerek çekim yapılmalıdır.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk
32	Manyetik portlu meme dokusu geniş- leticileri	Meme dokusunun zarar görmesi	5	4	3	60	Orta Se- viye Risk	MR çekimi öncesi ön tetkik ve hastanın hikayesi alın- arak durum tespit edilmeli- dir.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
33	Hastada bulu- nan tıbbi ya- malar	Tıbbi yamalar alüminyum içerdiğinden yanıklara sebep olabilir.	5	4	3	60	Orta Se- viye Risk	Bu yamalar MR tarama ön- cesi mümkünse çıkarılmalı, değilse çekim sırasında koil, magnet ve kablolar- dan olabildiğince uzakta tutulmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
34	Normalin üzerindeki so- ğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algn- lığı yaşaması	5	4	3	60	Orta Se- viye Risk	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk

35	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	5	4	3	60	Orta Seviye Risk	Gürültülü birimlerde kulaklık kullanılmalı, personelin çalışma ortamı gürültülü ve radyasyonlu alan dışında bırakılmalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
36	Ofis ortamının çalışanların rahatça hareket edebilecek şekilde düzenlenmiş olması	Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, Hastalık	5	4	3	60	Orta Seviye Risk	Ofis ortamı, çalışanların kolay hareket edebileceği şekilde düzenlenmelidir.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk
37	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici depolanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	7	4	2	56	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman bulundurulmalıdır.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
38	Tehlikeli kimyasal atıkların lavaboya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	7	4	2	56	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman bulundurulmalıdır.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk

39	Helyumun ortama salınması	Asfiksi, soğuk yanığı, artan basınca bağlı patlama riski	7	4	2	56	Orta Seviye Risk	Süperiletken mıknatıslara bağlı quench tüpleri ile buhar halindeki helyum odadan dışarı atılmalıdır.	5	2	2	20	Düşük Seviye Risk
40	Uzun süre aynı pozisyonda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel zaman zaman pozisyon değiştirmeli ve esneme hareketleri yapmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
41	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel zaman zaman pozisyon değiştirmeli ve esneme hareketleri yapmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
42	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırmaları kaldırmaları birden fazla personel yardımıyla yapılmalıdır	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
43	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk

44	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
45	Yaralanma	Kimyasal atık kazalarına bağlı yaralanma riski	6	4	2	48	Düşük Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
46	İşitme Kaybı	Gürültü nedeniyle meydana gelen hastalıklar	5	4	2	40	Düşük Seviye Risk	Kulak koruyucular kullanılmalıdır.	5	2	1	10	Düşük Seviye Risk
47	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirilmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	4	5	2	40	Düşük Seviye Risk	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	3	2	2	12	Düşük Seviye Risk
48	Yüzey dezenfektan kullanımı	Kimyasal alerjisi	5	4	2	40	Düşük Seviye Risk	Yüzey ile temastan kaçınılmalı, kkd kullanılmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
49	Komplikasyon	İncelemenin anestezi altında yapılması gereken durumlarda anestezinin komplikasyonları	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Komplikasyonlara karşı gerekli tıbbi malzeme ve personel hazır bulundurulmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk

50	Sedyeinin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Personeller sedye ile taşıma kurallarına dikkat etmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
51	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme yapılamayan eşyaların/malzemelerin düşmesi ya da yuvarlanmasına bağlı çalışan yaralanmaları	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
52	Elektrik çarpması	Elektrik çarpmasına bağlı çalışan yaralanmaları oluşma riski	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, panolara yetkililer haricinde müdahale edilmemelidir.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
53	Elektrik çarpması	Cihazlardaki elektrik kaçağı sonucu meydana gelen elektrik çarpması	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmelidir.	6	2	2	24	Düşük Seviye Risk
54	Yaralanma	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimine bağlı; çarpma, sıkışma, düşme ve yaralanma riski	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Ortamda gereksiz ve düzensiz eşya bulundurulmamalıdır.	5	2	1	10	Düşük Seviye Risk
55	Yaralanma	Hasta taşıma ve çevirme sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	6	4	1	24	Düşük Seviye Risk	Hasta taşıma ve çevirmelerde hastanın durumuna göre birden fazla personel bulundurulmalıdır.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk

56	Yaralanma	Birim içi malzemelerin çekilmesi, taşınması, sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	6	4	1	24	Düşük Seviye Risk	Çalışanlara eşya taşıma kuralları anlatılmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
57	Fiziksel şiddet (Saldırı, Darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	4	5	1	20	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
58	Sözel şiddet (Hakaret, tehdit, İftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	5	4	1	20	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
59	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	5	4	1	20	Düşük Seviye Risk	Yönetici, aralarında çatışma yaşanan personellerin problemlerini dinlemeli ve ortak bir çözüm yolu bulmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
60	Mobing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	4	4	1	16	Düşük Seviye Risk	Yönetici ve personeller mobingin olası hukuki sonuçları hakkında bilgilendirilmelidir.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk

4.3. Bilgisayarlı Tomografi Cihazı İçin Risk Analizi

Tablo 4. 4: BT için Fine-Kinney risk analizi tablosu

No	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Risk	Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk Değeri	Risk Sınıfı	Önlem	Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk Değeri	Risk Sınıfı
1	İyonizan Radyasyon	Radyasyona maruz kalma	Doku ve organların radyasyon sonucu işlevlerini yerine getirememesi	6	2	40	480	Tolerans gösterilemez risk, hemen gerekli önlemler alınmalıdır.	TAEK (Türk Atom Enerjisi) tarafından radyasyon kontrolleri yapılmalıdır. Odalar kurşun levhalarla dış ortamdan ayrılmalı, giriş- çıkışlar şifreli kapılarla kontrol altında tutulmalıdır. Personel dozimetre, kurşun yelek, gözlük kullanmalı, dozimetre kontrolleri yapılmalıdır	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır

2	İyonizan Radyasyon	Radyasyona maruz kalma	Hücre genetiğinin bozulması ve çocuğa aktarılması riski	6	2	40	480	Tolerans gösterilemez risk, hemen gerekli önlemler alınmalıdır.	TAEK (Türk Atom Enerjisi) tarafından radyasyon kontrolleri yapılmaktadır. Odalar kurşun levhalarla dış ortamdan ayrılmaktadırlar. Giriş- çıkışlar şifreli kapılarla kontrol altındadır. Personel dozimetre, kurşun yelek, gözlük kullanmaktadır. Dozimetre kontrolleri yapılmaktadır	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır
3	İyonizan Radyasyon	Fetüsün zarar görmesi	Gebelerde radyasyonun fetüs üzerindeki olası riskleri	6	2	40	480	Tolerans gösterilemez risk, hemen gerekli önlemler alınmalıdır.	Gebelerde ekstra koruyucu önlemler alınmalıdır.	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır

4	İyonizan Radyasyon	Çocukların radyasyona maruz kalması	Çocuklarda radyasyona maruz kalma sonucu yüksek kansere yakalanma riski	6	2	40	480	Tolerans gösterilemez risk, hemen gerekli önlemler alınmalıdır.	Çocuklar için özel doz ayarı yapılmalıdır.	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır
5	İyonizan Radyasyon	Radyasyona maruz kalma	Çekim odası bitişiğindeki odalarda personelin radyasyona maruz kalması	6	2	40	480	Tolerans gösterilemez risk, hemen gerekli önlemler alınmalıdır.	Yıllık 0,3 mS dozun altında radyasyon alınması için düzenli ölçüm yapılmalıdır.	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır
6	Ped ve Yastıklar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların de-ğiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	6	3	15	270	Esaslı risk, kısa dönemde iyileşti-	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında

								rilmeli- dir (bir- kaç ay içinde)						uygulan- malıdır
7	Yangın	Elektrik priz- lerinin açık olması, Priz- lere birden fazla fişin ta- kılması,	Açık prize sızma, Aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçak- ları, Yerde bulunan kablola- rın ezilmesi	6	3	15	270	Esaslı risk, kısa dönemde iyileşti- rilmeli- dir (bir- kaç ay içinde)	Afet planı mevcut ol- malı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eği- timleri verilmelidir.	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygulan- malıdır
8	Radyolog	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	3	2	40	240	Esaslı risk, kısa dönemde iyileşti- rilmeli- dir (bir- kaç ay içinde)	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli in- celeme zamanı ayırma- lıdır.	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulan- malıdır

9	Ergonomi	Uzun süre aynı pozisyonunda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Belli periyotlarda esneme hareketleri yapılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
10	Ergonomi	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
11	Ergonomi	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırımları kaldırma-ları personel yardımıyla yapılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

								rilmeli- dir (yıl içinde)						
12	Ergonomi	Birim içi malzeme ta- şınması	Kas iskelet sistemi ra- hatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Malzemelerin taşın- ması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde te- kerlekli araçla yapılma- lıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
13	Stres	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendir- meler, fazla mesai ve nö- betler.	Hatalı uygulamalar psi- kolojik ve fizyolojik ra- hatsızlıklar	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalış- tırılmamalı, mesai saat- leri aşılmamalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
14	Kontrast Madde	Vücudun kontrast maddeye	Kontrast madde kulla- nımına bağlı ortaya çı- kabilecek yan etkiler	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dö- nemde	Komplikasyonlara karşı gerekli tıbbi mal- zeme ve personel hazır bulundurulmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, ön-

		tepki göstermesi						iyileştirilmelidir (yıl içinde)						lem öncelikli değildir
15	Anestezi	Komplikasyon	İncelemenin anestezi altında yapılması gereken durumlarda anestezinin komplikasyonları	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Komplikasyonlara karşı gerekli tıbbi malzeme ve personel hazır bulundurulmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
16	Sedye ile Taşıma	Sedyenin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Sedyei sorumlu personel taşımalı ve hasta sedyeye bağlanmalıdır	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
17	Ortamin Hava Kalitesi	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	3	1	40	120	Önemli risk,	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı,	3	1	3	9	Önemsiz risk, ön-

								uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	çalışanlara eğitim verilmelidir.					lem öncelikli değildir
18	Hasta Soyunma Kabinleri	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
19	Bekleme Mekanları	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

20	Hastalar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
21	Biyolojik Riskler	Tıbbi atık kovasının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kapaklı atık kovaları kullanılmalıdır Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
22	Biyolojik Riskler	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması ve uygun ölçülerde olması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir	Kişiyeye uygun kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

								rilmeli- dir (yıl içinde)						
23	Biyolojik Risk- ler	Kesici delici atıkların uy- gun ayrıştır- ılmaması	Kesici delici alet yara- lanma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Kişiyeye uygun kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
24	Biyolojik Risk- ler	Enfeksi- yonlu has- taya damar yolu açma iş- lem sonrası ellerin yıka- namaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, kesici delici alet yaralanma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Kişisel koruyucu dona- nımlar eksiksiz kulla- nılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
25	Tehlikeli Kim- yasallar	Tehlikeli kimyasalla-	Dökülme, bulaş, inha- lasyon	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dö- nemde	Kimyasallar uygun am- balajlarda saklanmalı- dır ve kapakları sıkıca kapatılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön-

		rın kapakla- rının açık bı- rakılması						iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)						lem önce- likli de- ğildir
26	Tehlikeli Kim- yasallar	Kimyasalla- rın uygun de- polanma- ması (uyum- suzların yan yana, uygun olmayan yükseklik- lerde vb.)	Dökülme, bulaş, inha- lasyon, patlama, yangın	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
27	Tehlikeli Kim- yasallar	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kul- lanılmaması	Bulaş, inhalasyon	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Kimyasala uygun ol- mana kişisel koruyucu donanım kullanılma- malıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir

28	Ergonomi	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyalar	Eşyaların düşmesi	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
29	Ergonomi	Islak ve kaygan zemin	Çarpma, kayma, düşme	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kaygan zeminlerde uyarıcı ve engelleyici işaretler kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
30	İletişim Eksikliği	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

								rilmeli- dir (yıl içinde)						
31	İletişim Eksik- liği	Fiziksel şid- det (Saldırı, Darp vs.)	Yaralanma veya psiko- lojik travma	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yöne- timi konusunda eğitil- melidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
32	İletişim Eksik- liği	Sözel şiddet (Hakaret, tehdit, İftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yöne- timi konusunda eğitil- melidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
33	İletişim Eksik- liği	Mobbing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz ile- tişim ve baskı oluşması	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dö- nemde	Mobbing uygulayıcıyı yazılı belgelerle üst bi- rimlere şikâyet etmek.	3	1	1	3	Önemsiz risk, ön-

								iyileştirilmelidir (yıl içinde)						lem öncelikli değildir
34	İletişim Eksikliği	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
35	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasalların Ürün Güvenlik Bilgi Formlarının (MSDS) Olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Her kimyasalın MSDS formları olmalı ve bu formlara uygun hareket edilmelidir.	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
36	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun depolarda saklanmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

		ve geçici de- polanması						uygulan- malıdır						
37	Ergonomi	Çalışma or- tamındaki eşyaların dü- zensiz yerle- şimi	Çarpma, sıkışma, eşya- nın düşmesi, çalışanın düşmesi	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulan- malıdır	Ortamda gereksiz ve düzensiz eşya bulundu- rulmamalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
38	Tehlikeli Kim- yasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların la- vaboya dö- külmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	3	0,5	15	22,5	Olası risk, gözetim altında uygulan- malıdır	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun de- polarda saklanmalıdır.	1	1	3	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir
39	Alerji	El antiseptik- lerinin kulla- nımı	Ciltte tahriş, meslek hastalığı	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulan- malıdır	Eldiven veya tahriş ön- leyici kremler kullanıl- malıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, ön- lem önce- likli de- ğildir

40	Ergonomi	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	6	1	3	18	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Belli periyotlarda esneme hareketleri yapılmalı, bilek destekli mouse pad'ler kullanılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
41	Ortam Isısı	Normalin üzerindeki soğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algınlığı yaşaması	1	2	7	14	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
42	Böcek ve haşerarat	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamın haşerata karşı ilaçlanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	3	0,5	7	10,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	İlaçlama yapılmalıdır.	1	1	1	1	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
43	Gürültü	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	3	0,5	7	10,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Kulak koruyucular kullanılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

44	Alerji	Lateks alerjisi	Meslek hastalığı, ciltte tahriş	3	0,5	7	10,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Alternatif eldiven bulundurulmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
45	Hastalar	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	3	1	3	9	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
46	Alerji	Yüzey dezenfektan kullanımı	Kimyasal alerjisi	1	0,5	15	7,5	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir	Böyle durumlarda yüzeyle direk temastan kaçınılmalıdır.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

Tablo 4. 5: BT için 5x5 L matris risk analizi tablosu

No	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Seviyesi	Önlem	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Seviyesi
1	Ped ve Yastıklar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
2	Anestezi	Komplikasyon	İncelemenin anestezi altında yapılması gereken durumlarda anestezinin komplikasyonları	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Komplikasyonlara karşı gerekli tıbbi malzeme ve personel hazır bulundurulmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
3	Biyolojik Riskler	Tıbbi atık kovasının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Kapaklı atık kovaları kullanılmalıdır Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
4	Hasta Soyunma Kabinleri	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
5	İyonizan Radyasyon	Çocukların radyasyona maruz kalması	Çocuklarda radyasyona maruz kalma sonucu yüksek kansere yakalanma riski	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Çocuklar için özel doz ayarı yapılmalıdır.	1	4	4	Düşük Seviye Risk

6	Bekleme Mekanları	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	1	4	4	Düşük Seviye Risk
7	İyonizan Radyasyon	Fetüsün zarar görmesi	Gebelerde radyasyonun fetüs üzerindeki olası riskleri	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Gebelerde ekstra koruyucu önlemler alınmalıdır.	1	4	4	Düşük Seviye Risk
8	İyonizan Radyasyon	Radyasyona maruz kalma	Doku ve organların radyasyon sonucu işlevlerini yerine getirememesi	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	TAEK (Türk Atom Enerjisi) tarafından radyasyon kontrolleri yapılmalıdır. Odalar kurşun levhalarla dış ortamdan ayrılmalıdır. Giriş- çıkışlar şifreli kapılarla kontrol altına alınmalıdır. Personel dozimetre, kurşun yelek, gözlük kullanmalı, dozimetre kontrolleri yapılmalıdır.	1	4	4	Düşük Seviye Risk

9	İyonizan Radyasyon	Radyasyona maruz kalma	Hücre genetiğinin bozulması ve çocuğa aktarılması riski	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	TAEK (Türk Atom Enerjisi) tarafından radyasyon kontrolleri yapılmalıdır. Odalar kurşun levhalarla dış ortamdan ayrılmalıdır. Giriş- çıkışlar şifreli kapılarla kontrol altına alınmalıdır. Personel dozimetre, kurşun yelek, gözlük kullanmalı, dozimetre kontrolleri yapılmalıdır.	1	4	4	Düşük Seviye Risk
10	İyonizan Radyasyon	Radyasyona maruz kalma	Çekim odası bitişiğindeki odalarda personelin radyasyona maruz kalması	4	4	16	Yüksek Seviye Risk	Yıllık 0,3 mS dozun altında radyasyon alınması için düzenli ölçüm yapılmalıdır.	1	4	4	Düşük Seviye Risk
11	Yangın	Elektrik prizlerinin açık olması, Prizlere birden fazla fişin takılması,	Açık prize sıvı sıçraması, Aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçakları, Yerde bulunan kabloların ezilmesi	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eğitimleri verilmelidir.	1	3	3	Düşük Seviye Risk

12	Radyolog	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
13	Biyolojik Riskler	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması ve uygun ölçülerde olmaması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
14	Biyolojik Riskler	Enfeksiyonlu hastaya damar yolu açma işlem sonrası ellerin yıkanamaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, kesici delici alet yaralanma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir. çalışanların periyodik sağlık kontrolleri yapılmalıdır, lavabo bulunmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
15	Hastalar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
16	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasalların Ürün Güvenlik Bilgi Formlarının (MSDS) Olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Bütün kimyasalların MSDS' leri olmalı, bu formlara göre hareket edilmelidir.	3	2	6	Düşük Seviye Risk

17	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici depolanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
18	Ortamin Hava Kalitesi	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Hastane için kullanılan özel hava filtreleri bulunmalıdır.	1	4	4	Düşük Seviye Risk
19	Ergonomi	Islak ve kaygan zemin	çarpma, kayma, düşme	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Temizlikler gün içinde aralıklarla ve ihtiyaç halinde yapılmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
20	Biyolojik Riskler	Kesici delici atıkların uygun ayrıştırılması	Kesici delici alet yaralanma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Delici kesici atık kovaları bulundurulmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
21	Kontrast Madde	Vücudun kontrast maddeye tepki göstermesi	Kontrast madde kullanımına bağlı ortaya çıkabilecek yan etkiler	3	4	12	Orta Seviye Risk	Kontrast madde verilmeden önce hastanın hikayesi alınmalı, 7alerjik durumlar tespit edilmeye çalışılmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk

22	İletişim Eksikliği	Fiziksel şiddet (Saldırı, Darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	3	4	12	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
23	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımı	Ciltte tahriş, meslek hastalığı	3	4	12	Orta Seviye Risk	Eldiven ve cilt kremi bulundurulmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
24	Sedye ile Taşıma	Sedyenin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	Personeller sedye ile taşıma kurallarına dikkat etmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
25	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının açık bırakılması	Dökülme, bulaş, inhalasyon	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kimyasallar uygun ambajlarda satın alınmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
26	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasalların uygun depolanmaması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk

27	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	2	5	10	Orta Seviye Risk	Uygun kişisel koruyucu ekipman bulundurulmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
28	Eşya ve malzemeler	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme yapılamayan eşyaların/malzemelerin düşmesi ya da yuvarlanmasına bağlı çalışan yaralanmaları	2	5	10	Orta Seviye Risk	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
29	Ergonomi	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimi	Çarpma, sıkışma, eşyanın düşmesi, çalışanın düşmesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	Oda düzenlemesi çarpmayı ve düşmeyi engelleyecek şekilde uyarlanmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
30	Ergonomi	Uzun süre aynı pozisyonda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
31	Ergonomi	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

32	Ergonomi	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırımları kaldırmaları personel yardımıyla yapılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
33	Ergonomi	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
34	Stres	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmamalı, mesai saatleri aşılmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
35	İletişim Eksikliği	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
36	İletişim Eksikliği	Sözel şiddet (Hakaret, tehdit, İftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
37	İletişim Eksikliği	Mobing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	3	3	9	Orta Seviye Risk	Mobing uygulayıcıyı yazılı belgelerle üst birimlere şikâyet etmek.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

38	İletişim Eksikliği	çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
39	Eşya ve malzemeler	Yaralanma	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimine bağlı; çarpma, sıkışma, düşme ve yaralanma riski	3	3	9	Orta Seviye Risk	Ortamda gereksiz ve düzensiz eşya bulundurulmamalıdır.	3	2	6	Düşük Seviye Risk
40	Çalışma süreleri	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlara bilek, boyun ve bel egzersizleri yapılması ile ilgili bilgi verilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
41	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasalların lava-boya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	2	4	8	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
42	Ortam Isısı	Normalin üzerindeki soğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algınlığı yaşaması	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
43	Alerji	Yüzey dezenfektan kullanımı	Kimyasal alerjisi	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
44	Böcek ve haşerat	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamın haşerata karşı ilaçlanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	1	3	3	Düşük Seviye Risk	İlaçlama yapılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk

45	Gürültü	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	1	3	3	Düşük Seviye Risk	Gürültülü birimlerde kulaklık kullanılmalı , çalışma ortamı gürültülü alan dışında bırakılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
46	Hastalar	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	1	3	3	Düşük Seviye Risk	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk

Tablo 4. 6: BT için FMEA risk analizi tablosu

		Risk	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Risk Seviyesi	Önlem	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Risk Seviyesi
1	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
2	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
3	Enfeksiyon	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
4	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
5	Tıbbi atık kovasının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kapaklı atık kovaları bulunmalı. Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk

6	Kişisel koruyucu ekipman kullanılması ve uygun ölçülerde olmaması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitimi verilmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
7	Enfeksiyonlu hastaya damar yolu açma işlem sonrası ellerin yıkanamaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, Kesici delici alet yaralanma riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanla kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmeli, çalışanların periyodik sağlık kontrolleri yapılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
8	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Hastane için üretilen özel hava filtreleri kullanılmalıdır.	7	2	2	28	Düşük Seviye Risk
9	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının açık bırakılması	Dökülme, bulaş, inhalasyon	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kimyasallar uygun ambalajlarda satın alınmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
10	Kimyasalların uygun depolanmaması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
11	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk

12	Düşme	Islak/kaygan zemine bağlı; çarpma, kayma, tökezleme, düşme ve sıkışmaya bağlı; çarpma, burkulma ve yaralanma riski	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kaygan zeminlerde uyarıcı ve engelleyici işaretler kullanılmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
13	Radyasyona maruz kalma	Doku ve organların radyasyon sonucu işlevlerini yerine getirememesi	7	8	2	112	Yüksek Seviye Risk	Radyasyon güvenliği ile ilgili eğitimler verilmesi, personele KKD kullanılması. Kurşun yelek, tiroid koruyucu, gonad koruyucu ve gözlüklerin belli periyodlarla kontrollerden geçirilmesi.	3	3	3	27	Düşük Seviye Risk
14	Radyasyona maruz kalma	Hücre genetiğinin bozulması ve çocuğa aktarılması riski	7	8	2	112	Yüksek Seviye Risk	Mümkün olduğu kadar az radyasyon alacak şekilde görüntüleme yapılmalıdır.	3	3	3	27	Düşük Seviye Risk
15	Fetüsün zarar görmesi	Gebelerde radyasyonun fetüs üzerindeki olası riskleri	7	8	2	112	Yüksek Seviye Risk	Ultrason ve MR tercih edilmeli, bu mümkün değilse mümkün olan en düşük doz kullanılmalıdır.	3	4	3	36	Düşük Seviye Risk
16	Çocukların radyasyona maruz kalması	Çocuklarda radyasyona maruz kalma sonucu kansere yakalanma riski	7	8	2	112	Yüksek Seviye Risk	Ultrason ve MR tercih edilmeli, bu mümkün değilse çocuklar için geçerli mümkün	3	3	3	27	Düşük Seviye Risk

								olan en düşük doz kullanılmalıdır.					
17	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	7	4	4	112	Yüksek Seviye Risk	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	7	2	1	14	Düşük Seviye Risk
18	Radyasyona maruz kalma	Çekim odası bitişiğindeki odalarda personelin radyasyona maruz kalması	6	6	3	108	Yüksek Seviye Risk	Bu alanlar genel bekleme ve çalışma alanları olmamalı, boş tutulmalıdır.	2	4	3	24	Düşük Seviye Risk
19	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamın haşerata karşı ilaçlanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	6	4	4	96	Orta Seviye Risk	Düzenli olarak ilaçlama yapılmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
20	Elektrik prizlerinin açık olması, Prizlere birden fazla fişin takılması,	Açık prize sıvı sıçraması, Aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçakları, Yerde bulunan kabloların ezilmesi	7	3	4	84	Orta Seviye Risk	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eğitimleri verilmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
21	Kimyasalların Ürün Güvenlik Bilgi Formlarının (MSDS) Olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	7	4	3	84	Orta Seviye Risk	Bütün kimyasalların MSDS'leri temin edilmelidir.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
22	Alerji	Eldiven kullanımına bağlı oluşan Latex alerjisi gelişme riski	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Alternatif eldiven bulundurulmalıdır.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk

23	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımına bağlı oluşan cilt alerjisi	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Gereğinden fazla miktarda kullanılmamalı ve cilt kremi bulundurulmalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
24	Alerji	Yüzey Dezenfektan kullanımına bağlı meydana gelen alerjik-cilt hastalıkları	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Yüzeyle direk temastan kaçınılmalı. Kkd kullanılmalıdır.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk
25	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	5	5	3	75	Orta Seviye Risk	Bilek, boyun ve bel egzersizleri yapılmalıdır.	5	3	1	15	Düşük Seviye Risk
26	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	4	4	4	64	Orta Seviye Risk	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmamalı, mesai saatleri aşılmamalıdır	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
27	Vücudun kontrast maddeye tepki göstermesi	Kontrast madde kullanımına bağlı ortaya çıkabilecek yan etkiler	5	4	3	60	Orta Seviye Risk	Kontrast madde verilmeden önce hastanın hikayesi alınmalı, alerjik durumlar tespit edilmeye çalışılmalıdır.	5	3	1	15	Düşük Seviye Risk
28	Normalin üzerindeki soğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algınlığı yaşaması	5	4	3	60	Orta Seviye Risk	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk

29	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	5	4	3	60	Orta Seviye Risk	Gürültülü birimlerde kulaklık kullanılmalı, personelin çalışma ortamı gürültülü ve radyasyonlu alan dışında bırakılmalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
30	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici depolanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	7	4	2	56	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman bulundurulmalıdır.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
31	Tehlikeli kimyasal atıkların lavaboya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	7	4	2	56	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman bulundurulmalıdır.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
32	Uzun süre aynı pozisyonda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel zaman zaman pozisyon değiştirmeli ve esneme hareketleri yapmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
33	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel zaman zaman pozisyon değiştirmeli ve esneme hareketleri yapmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
34	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırımları kaldırılmaları birden fazla personel yardımıyla yapılmalıdır	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk

35	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
36	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
37	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	4	5	2	40	Düşük Seviye Risk	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	3	2	2	12	Düşük Seviye Risk
38	Komplikasyon	İncelemenin anestezi altında yapılması gereken durumlarda anestezinin komplikasyonları	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Komplikasyonlara karşı gerekli tıbbi malzeme ve personel hazır bulundurulmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
39	Sedyenin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Personeller sedye ile taşıma kurallarına dikkat etmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
40	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme yapılamayan eşyaların/malzemelerin düşmesi ya da yuvarlanmasına bağlı çalışan yaralanmaları	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk

41	Elektrik çarpması	Elektrik çarpmasına bağlı çalışan yaralanmaları oluşma riski	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, panolara yetkililer haricinde müdahale edilmemelidir.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
42	Elektrik çarpması	Cihazlardaki elektrik kaçağı sonucu meydana gelen elektrik çarpması	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmelidir.	6	2	2	24	Düşük Seviye Risk
43	Fiziksel şiddet (Saldıırı, Darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	4	5	1	20	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
44	Sözel şiddet (Hakaret, tehdit, İftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	5	4	1	20	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
45	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	5	4	1	20	Düşük Seviye Risk	Yönetici, aralarında çatışma yaşanan personellerin problemlerini dinlemeli ve ortak bir çözüm yolu bulmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
46	Mobing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	4	4	1	16	Düşük Seviye Risk	Yönetici ve personeller mobingin olası hukuki sonuçları hakkında bilgilendirilmelidir.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk

4.4. Ultrasonografi Cihazı İçin Risk Analizi

Tablo 4. 7: US için Fine-Kinney risk analizi tablosu

No	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Risk	Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk Değeri	Risk Sınıfı	Önlem	Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk Değeri	Risk Sınıfı
1	Ped ve Yastıklar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	6	3	15	270	Esaslı risk, kısa dönemde iyileştirilmelidir (birkaç ay içinde)	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır
2	Yangın	Elektrik prizlerinin açık olması, Prizlere birden fazla fişin takılması,	Açık prizlere sıvı sıçraması, Aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçakları, Yerde bulunan kabloların ezilmesi	6	3	15	270	Esaslı risk, kısa dönemde iyileştirilmelidir	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eğitimleri verilmelidir.	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır

								dir (bir- kaç ay içinde)						
3	Radyolog	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konul- ması	3	2	40	240	Esaslı risk, kısa dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (bir- kaç ay içinde)	Radyolog, görüntüleme so- nuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	3	1	7	21	Olası risk, göze- tim al- tında uygu- lanma- lıdır
4	Ergonomi	Uzun süre aynı pozis- yonda ça- lışma	Kas iskelet sistemi rahatsız- lığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dö- nemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Belli periyotlarda esneme hareketleri yapılmalı.	1	1	3	3	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir

5	Ergonomi	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
6	Ergonomi	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırmaları kaldırılmaları personel yardımıyla yapılmalıdır.	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
7	Ergonomi	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem

								iyileştirilmelidir (yıl içinde)						öncelikli değildir
8	Stres	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	3	3	15	135	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmalı, mesai saatleri aşılmamalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
9	Bekleme Mekanları	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir

10	Biyolojik Riskler	Tıbbi atık kovanının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kapaklı atık kovaları kullanılmalıdır Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
11	Biyolojik Riskler	Kişisel koruyucu ekipman kullanılması ve uygun ölçülerde olması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kişiyeye uygun kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
12	Kesici Aletler	Kesici delici atıkların uygun ayrıştırılması	Kesici delici alet yaralanma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde	Kişiyeye uygun kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem

								iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)						önce- likli değil- dir
13	Biyolojik Riskler	Enfeksi- yonlu has- taya damar yolu açma işlem son- rası ellerin yıkanama- ması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, kesici delici alet yaralanma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir
14	Hasta So- yunma Ka- binleri	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileşti- rilmeli- dir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir

15	Hastalar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
16	Ortamın Hava Kalitesi	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir.	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
17	Sedye ile Taşıma	Sedyenin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde	Sedyeyi sorumlu personel taşınmalı ve hasta sedyeye bağlanmalıdır	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem

								iyileştirilmelidir (yıl içinde)						öncelikli değildir
18	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının açık bırakılması	Dökülme, bulaş, inhalasyon	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kimyasallar uygun ambalajlarda saklanmalıdır ve kapakları sıkıca kapatılmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
19	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasalların uygun depolanmaması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir

20	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Kimyasala uygun olmana kişisel koruyucu donanım kullanılmamalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
21	Ergonomi	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyalar	Eşyaların düşmesi	3	1	40	120	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
22	Islak Zemin	Islak ve kaygan zemin	Çarpma, kayma, düşme	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde	Kaygan zeminlerde uyarıcı ve engelleyici işaretler kullanılmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem

								iyileştirilmelidir (yıl içinde)						öncelikli değildir
23	İletişim Eksikliği	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir
24	İletişim Eksikliği	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önemsiz risk, önlem öncelikli değildir

25	İletişim Eksikliği	Fiziksel şiddet (Saldırı, Darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
26	İletişim Eksikliği	Sözel şiddet (Hakaret, tehdit, İftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	3	1	1	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
27	İletişim Eksikliği	Mobing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	3	2	15	90	Önemli risk, uzun dönemde	Mobing uygulayıcıyı yazılı belgelerle üst birimlere şikâyet etmek.	3	1	1	3	Önem-siz risk, önlem

								iyileştirilmelidir (yıl içinde)						öncelikli değildir
28	Atıklar	Enfeksiyon	Tıbbi atık kazalarına bağlı enfeksiyon riski	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	3	0,5	1	1,5	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
29	Elektrik	Elektrik çarpması	Elektrik çarpmasına bağlı çalışan yaralanmaları oluşma riski	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, panolara yetkililer haricinde müdahale edilmemelidir.	3	0,5	1	1,5	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
30	Elektrik	Elektrik çarpması	Cihazlardaki elektrik kaçağı sonucu meydana gelen elektrik çarpması	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmelidir.	3	0,5	1	1,5	Önem-siz risk,

								altında uygu- lanmalı- dır						önlem önce- likli değil- dir
31	Eşya ve malzemeler	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenme- miş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme ya- pılamayan eşyaların/malze- melerin düşmesi ya da yuvar- lanmasına bağlı çalışan yara- lanmaları	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygu- lanmalı- dır	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlen- melidir.	3	0,5	1	1,5	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir
32	Hatalı dav- ranışlar	Yaralanma	Hasta taşıma ve çevirme sıra- sında meydana gelen vücut yaralanmaları	3	0,5	40	60	Olası risk, gözetim altında uygu- lanmalı- dır	Hasta taşıma ve çevirme- lerde hastanın durumuna göre birden fazla personel bulundurulmalıdır.	3	0,5	1	1,5	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir
33	Atıklar	Yaralanma	Kimyasal atık kazalarına bağlı yaralanma riski	3	1	15	45	Olası risk,	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	3	0,5	1	1,5	Önem- siz

								gözetim altında uygulanmalıdır						risk, önlem öncelikli değildir
34	Ergonomi	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimi	Çarpma, sıkışma, eşyanın düşmesi, çalışanın düşmesi	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ortamda gereksiz ve düzensiz eşya bulundurulmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
35	Hatalı davranışlar	Yaralanma	Birim içi malzemelerin çekilmesi, taşınması, sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Çalışanlara eşya taşıma kuralları anlatılmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir

36	Kimyasallar	Alerji	Banyo solüsyonlarını oluşturan kimyasal maddelere maruz kalma sonucu meydana gelen alerji ve yanıklar	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ortam düzenli olarak havalandırılmalı ve kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
37	Tehlikeli Kimyasallar	Kimyasalların Ürün Güvenlik Bilgi Formlarının (MSDS) Olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Her kimyasalın MSDS formları olmalı ve bu formlara uygun hareket edilmelidir.	3	1	3	9	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
38	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	3	1	15	45	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun depolarda saklanmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli

		depolan- ması												değil- dir
39	Ultrason Ci- hazı	Proplardan yayılan ısı	Yüksek ısı fetal ve embriyo- lojik gelişime zarar verebilir	3	2	7	42	Olası risk, gözetim altında uygu- lanmalı- dır	Görüntüleme yapan perso- nel 5 dakikadan uzun süreli ve 4 dereceyi geçmeyecek şekilde görüntüleme yapı- yor	3	1	3	9	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir
40	Ultrason Ci- hazı	Ultra ses dalgaları	Cilde uzun süreli direk teması sonrası ciltte tahriş	2	2	7	28	Olası risk, gözetim altında uygu- lanmalı- dır	Cilde EKG jeli sürülerek görüntüleme yapılıyor	1	1	3	3	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir

41	Tehlikeli Kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların lavaboya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	3	0,5	15	22,5	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun depolarda saklanmalıdır.	1	1	3	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
42	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımı	Ciltte tahriş, meslek hastalığı	3	1	7	21	Olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır	Eldiven veya tahriş önleyici kremler kullanılmalıdır.	3	1	1	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir
43	Ergonomi	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	6	1	3	18	Önem-siz risk, önlem öncelikli değildir	Belli periyotlarda esneme hareketleri yapılmalı, bilek destekli mouse pad'ler kullanılmalıdır.	3	1	1	3	Önem-siz risk, önlem öncelikli

														değil- dir
44	Ortam Isısı	Normalin üzerindeki soğuk ve sı- cak	Hastanın veya personelin so- ğuk algınlığı yaşaması	1	2	7	14	Önem- siz risk, önlem önce- likli de- ğildir	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	3	1	1	3	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir
45	Alerji	Lateks aler- jisi	Meslek hastalığı, ciltte tahriş	3	0,5	7	10,5	Önem- siz risk, önlem önce- likli de- ğildir	Alternatif eldiven bulundu- rulmalıdır.	3	1	1	3	Önem- siz risk, önlem önce- likli değil- dir
46	Böcek ve haşerat	Enfeksiyon kapma teh- likesi	Ortamın haşerata karşı ilaç- lanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	3	0,5	7	10,5	Önem- siz risk, önlem	İlaçlama yapılmalıdır.	1	1	1	1	Önem- siz risk, önlem

								önce- likli de- ğildir						önce- likli de- ğil- dir
47	Gürültü	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	3	0,5	7	10,5	Önem- siz risk, önlem önce- likli de- ğildir	Kulak koruyucular kulla- nılmalıdır.	3	1	1	3	Önem- siz risk, önlem önce- likli de- ğil- dir
48	Hastalar	Hastanın in- celeme es- nasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden er- ken ayrılması	3	1	3	9	Önem- siz risk, önlem önce- likli de- ğildir	Hasta olacaklarla ilgili bil- gilendirilmeli ve sakın tu- turmaya çalışılmalıdır.	3	1	1	3	Önem- siz risk, önlem önce- likli de- ğil- dir
49	Alerji	Yüzey de- zenfektan kullanımı	Kimyasal alerjisi	1	0,5	15	7,5	Önem- siz risk, önlem	Böyle durumlarda yüzeyle direk temastan kaçınılmalı- dır.	3	1	1	3	Önem- siz risk,

								önce- likli de- ğildir						önlem önce- likli değil- dir
--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------------	--	--	--	--	--	--

Tablo 4. 8: US için 5x5 L matris risk analizi tablosu

No	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Seviyesi	Önlem	Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Seviyesi
1	Hasta so- yunma ka- binleri	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
2	Ped ve yas- tıklar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkla- rın değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilme- lidir.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
3	Biyolojik riskler	Tıbbi atık kova- sının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	4	5	20	Yüksek Seviye Risk	Kapaklı atık kovaları kulla- nılmalıdır kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
4	Yangın	Elektrik prizleri- nin açık olması, prizlere birden fazla fişin takıl- ması,	Açık prizlere sıvı sıçraması, aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçakları, yerde bulunan kabloların ezilmesi	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapıl- malı, çalışan eğitimleri ve- rilmelidir.	1	3	3	Düşük Seviye Risk

5	Hastalar	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
6	Ergonomi	Islak ve kaygan zemin	Çarpma, kayma, düşme	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Temizlikler gün içinde aralıklarla ve ihtiyaç halinde yapılmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
7	Bekleme mekanları	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
8	Hasta	Enfeksiyon	Hastalardan inhalasyon yoluyla bulaşan solunum yolu hastalıkları	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
9	Ortamın hava kalitesi	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Hastane için kullanılan özel hava filtreleri bulunmalıdır.	1	4	4	Düşük Seviye Risk
10	Tehlikeli kimyasallar	Kimyasalların ürün güvenlik bilgi formlarının (MSDS) olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Bütün kimyasalların MSDS'leri olmalı, bu formlara göre hareket edilmelidir.	3	2	6	Düşük Seviye Risk
11	Radyolog	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk

12	Biyolojik riskler	Enfeksiyonlu hastaya damar yolu açma işlem sonrası ellerin yıkanamaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, kesici delici alet yaralanma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir. Çalışanların periyodik sağlık kontrolleri yapılmalıdır, lavabo bulunmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
13	Biyolojik riskler	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması ve uygun ölçülerde olmaması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
14	Kesici aletler	Kesici delici atıkların uygun ayrıştırılmaması	Kesici delici alet yaralanma riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Delici kesici atık kovaları bulundurulmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
15	Tehlikeli kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici depolanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
16	Atıklar	Enfeksiyon	Tıbbi atık kazalarına bağlı enfeksiyon riski	3	5	15	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

17	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımı	Ciltte tahriş, meslek hastalığı	3	4	12	Orta Seviye Risk	Eldiven ve cilt kremi bulundurulmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
18	Çalışma süreleri	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre ayakta kalma nedeniyle meydana gelen kas-iskelet sistemi hastalıklar	3	4	12	Orta Seviye Risk	Çalışma ortamı işleyişi aksatmayacak ve ergonomik olacak şekilde düzenlenmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
19	İletişim eksikliği	Fiziksel şiddet (saldırı, darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	3	4	12	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
20	Tehlikeli kimyasallar	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	2	5	10	Orta Seviye Risk	Uygun kişisel koruyucu ekipman bulundurulmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
21	Ergonomi	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimi	Çarpma, sıkışma, eşyanın düşmesi, çalışanın düşmesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	Oda düzenlemesi çarpmayı ve düşmeyi engelleyecek şekilde uyarlanmalıdır.	1	3	3	Düşük Seviye Risk
22	Tehlikeli kimyasallar	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının açık bırakılması	Dökülme, bulaş, inhalasyon	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kimyasallar uygun ambalajlarda satın alınmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

23	Tehlikeli kimyasallar	Kimyasalların uygun depolanmaması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
24	Eşya ve malzemeler	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme yapılamayan eşyaların/malzemelerin düşmesi ya da yuvarlanmasına bağlı çalışan yaralanmaları	2	5	10	Orta Seviye Risk	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
25	Elektrik	Elektrik çarpması	Elektrik çarpmasına bağlı çalışan yaralanmaları oluşma riski	2	5	10	Orta Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, panolara yetkililer haricinde müdahale edilmemelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
26	Sedye ile taşıma	Sedyenin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	2	5	10	Orta Seviye Risk	Personeller sedye ile taşıma kurallarına dikkat etmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
27	Atıklar	Yaralanma	Kimyasal atık kazalarına bağlı yaralanma riski	2	5	10	Orta Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

28	İletişim eksikliği	Mobing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	3	3	9	Orta Seviye Risk	Mobing uygulayıcıyı yazılı belgelerle üst birimlere şikâyet etmek.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
29	Stres	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmamalı, mesai saatleri aşılmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
30	İletişim eksikliği	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	3	6	Düşük Seviye Risk
31	İletişim eksikliği	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
32	İletişim eksikliği	Sözel şiddet (hakaret, tehdit, iftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlar stres yönetimi konusunda eğitilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
33	Ergonomi	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

34	Ergonomi	Uzun süre aynı pozisyonda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
35	Ergonomi	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırımları kaldırmaları personel yardımıyla yapılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
36	Ergonomi	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	3	3	9	Orta Seviye Risk	İşlem sırasında uzun süre ayakta kalmamalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
37	Alerji	Lateks alerjisi	Meslek hastalığı, ciltte tahriş	3	3	9	Orta Seviye Risk	Pudralı ve pudrasız eldiven bulundurulmalıdır.	1	3	3	
38	Çalışma süreleri	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	3	3	9	Orta Seviye Risk	Çalışanlara bilek, boyun ve bel egzersizleri yapılması ile ilgili bilgi verilmelidir.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
39	Kimyasallar	Alerji	Banyo solüsyonlarını oluşturan kimyasal maddelere maruz kalma sonucu meydana gelen alerji ve yanıklar	2	4	8	Orta Seviye Risk	Ortam düzenli olarak havalandırılmalı ve kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk

40	Hatalı davranışlar	Yaralanma	Birim içi malzemelerin çekilmesi, taşınması, sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	2	4	8	Orta Seviye Risk	Çalışanlara eşya taşıma kuralları anlatılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
41	Tehlikeli kimyasallar	Tehlikeli kimyasal atıkların lavaboya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	2	4	8	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
42	Hatalı davranışlar	Yaralanma	Hasta taşıma ve çevirme sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Hasta taşıma ve çevirmelerde hastanın durumuna göre birden fazla personel bulundurulmalıdır.	2	2	4	Düşük Seviye Risk
43	Ortam ısısı	Normalin üzerindeki soğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algınlığı yaşaması	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
44	Alerji	Yüzey dezenfektan kullanımı	Kimyasal alerjisi	2	3	6	Düşük Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
45	Ultrason cihazı	Ultra ses dalgaları	Cilde uzun süreli direk teması sonrası ciltte tahriş	2	2	4	Düşük Seviye Risk	Cilde EKG jeli sürülerek görüntüleme yapılmalıdır.	2	1	2	Düşük Seviye Risk

46	Ultrason cihazı	Proplardan yayılan ısı	Yüksek ısı fetal ve embriyolojik gelişime zarar verebilir	2	2	4	Düşük Seviye Risk	Görüntüleme yapan personel 5 dakikadan uzun süreli ve 4 dereceyi geçmeyecek şekilde görüntüleme yapılmalıdır.	2	1	2	Düşük Seviye Risk
47	Hastalar	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	1	3	3	Düşük Seviye Risk	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
48	Gürültü	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	1	3	3	Düşük Seviye Risk	Gürültülü birimlerde kulaklık kullanılmalı , personelin çalışma ortamı gürültülü ve radyasyonlu alan dışında bırakılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk
49	Böcek ve haşerat	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamın haşerata karşı ilaçlanması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	1	3	3	Düşük Seviye Risk	İlaçlama yapılmalıdır.	1	2	2	Düşük Seviye Risk

Tablo 4. 9: US için FMEA risk analizi tablosu

No	Tehlike	Risk	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Risk Seviyesi	Önlem	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Risk Seviyesi
1	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen bekleme alanlarında diğer hastaların enfeksiyon kapması	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
2	Enfeksiyon	Dezenfekte edilmeyen kabinlerden diğer hastaların enfeksiyon kapması	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
3	Enfeksiyon	Açık yarası olan hastalardan sonra ortamın dezenfekte edilememesi sonrası enfeksiyon bulaşma riski	7	5	5	175	Yüksek Seviye Risk	Düzenli olarak dezenfekte edilmelidir.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
4	Enfeksiyon	Tıbbi atık kazalarına bağlı enfeksiyon riski	7	6	4	168	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
5	Düşme	Islak/kaygan zemine bağlı; çarpma, kayma, tökezleme, düşme ve sıkışmaya bağlı; çarpma, burkulma ve yaralanma riski	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kaygan zeminlerde uyarıcı ve engelleyici işaretler kullanılmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk

6	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastalığın hava yoluyla bulaşması	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Hastane için üretilen özel hava filtreleri kullanılmalıdır.	7	2	2	28	Düşük Seviye Risk
7	Enfeksiyonlu hastaya damar yolu açma işlem sonrası ellerin yıkanamaması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski, Kesici delici alet yaralanma riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanla kullanılmalı, çalışanlara eğitim verilmeli, çalışanların periyodik sağlık kontrolleri yapılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
8	Kimyasala uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması	Bulaş, inhalasyon	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Uygun kişisel koruyucu ekipman kullanılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
9	Kimyasalların uygun depolanmaması (uyumsuzların yan yana, uygun olmayan yüksekliklerde vb.)	Dökülme, bulaş, inhalasyon, patlama, yangın	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kimyasallar depolarda ve kullanım yerlerinde depolanmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk

10	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmaması ve uygun ölçülerde olmaması	Kan ve vücut sıvılarının göze, cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, çalışanlara eğitimi verilmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
11	Tehlikeli kimyasalların kapaklarının açık bırakılması	Dökülme, bulaş, inhalasyon	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Kimyasallar uygun ambalajlarda satın alınmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
12	Tıbbi atık kovasının kapağının açık tutulması	Kan ve vücut sıvılarının cilde temas ile bulaş riski, inhalasyon yolu ile bulaş riski	7	5	4	140	Yüksek Seviye Risk	Kapaklı atık kovaları bulunmalı. Kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.	7	3	2	42	Düşük Seviye Risk
13	Yanlış tanı konması	İncelemenin yetersiz olması sonucu tanının yanlış konulması	7	4	5	140	Yüksek Seviye Risk	Radyolog, görüntüleme sonuçlarına yeterli inceleme zamanı ayırmalıdır.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
14	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Hastaların kullandığı ped ve yastıkların değiştirilmemesi sonucu başka hastalara enfeksiyon bulaştırma	7	4	4	112	Yüksek Seviye Risk	Her işlem sonrası ped ve yastıklar dezenfekte edilmelidir.	7	2	1	14	Düşük Seviye Risk
15	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre ayakta kalma nedeniyle meydana gelen kas-iskelet sistemi hastalıklar	4	5	5	100	Orta Seviye Risk	Çalışma ortamı işleyişi aksatmayacak ve ergonomik olacak şekilde düzenlenmelidir.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk

16	Enfeksiyon kapma tehlikesi	Ortamın haşerata karşı ilaçlanmaması sonucu enfeksiyon bulaşma riski	6	4	4	96	Orta Seviye Risk	Düzenli olarak ilaçlama yapılmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
17	Elektrik prizlerinin açık olması, Prizlere birden fazla fişin takılması,	Açık prize sızı sızması, Aşırı yüklenmeye bağlı elektrik kaçakları, Yerde bulunan kabloların ezilmesi	7	3	4	84	Orta Seviye Risk	Afet planı mevcut olmalı, tatbikatlar düzenli yapılmalı, çalışan eğitimleri verilmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
18	Kimyasalların Ürün Güvenlik Bilgi Formlarının (MSDS) Olmaması	Hatalı kullanım, kimyasal hakkında bilgi eksikliği, yanlış depolama, patlama, yangın	7	4	3	84	Orta Seviye Risk	Bütün kimyasalların MSDS'leri temin edilmelidir.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
19	Alerji	El antiseptiklerinin kullanımına bağlı oluşan cilt alerjisi	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Gereğinden fazla miktarda kullanılmamalı ve cilt kremi bulundurulmalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
20	Alerji	Eldiven kullanımına bağlı oluşan Latex alerjisi gelişme riski	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Alternatif eldiven bulundurulmalıdır.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk
21	Alerji	Yüzey Dezenfektan kullanımına bağlı meydana gelen alerjik-cilt hastalıkları	5	4	4	80	Orta Seviye Risk	Yüzeyle direk temastan kaçınılmalı. Kkd kullanılmalıdır.	4	3	2	24	Düşük Seviye Risk

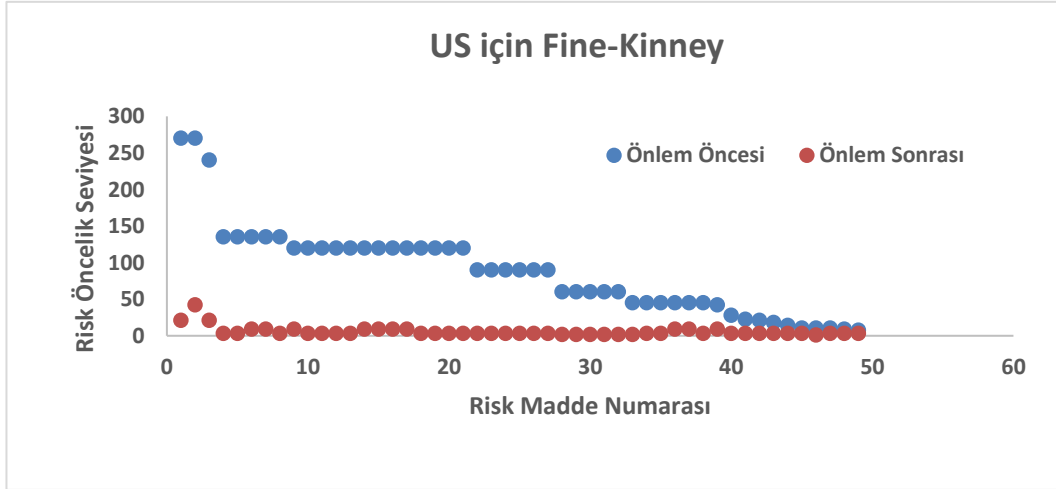
22	Kas ve iskelet sistemi hastalıkları	Uzun süre bilgisayar kullanımına bağlı el bileği rahatsızlıkları	5	5	3	75	Orta Seviye Risk	Bilek, boyun ve bel egzersizleri yapılmalıdır.	5	3	1	15	Düşük Seviye Risk
23	Alerji	Banyo solüsyonlarını oluşturan kimyasal maddelere maruz kalma sonucu meydana gelen alerji ve yanıklar	6	4	3	72	Orta Seviye Risk	Ortam düzenli olarak havalandırılmalı ve kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.	5	3	2	30	Düşük Seviye Risk
24	Aşırı iş yükü ve alan dışı görevlendirmeler, fazla mesai ve nöbetler.	Hatalı uygulamalar psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar	4	4	4	64	Orta Seviye Risk	Tüm çalışanlar kendi birimleri dışında çalıştırılmamalı, mesai saatleri aşılmamalıdır	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
25	Cihazların kullanımı	Mekanik gürültü oluşumu	5	4	3	60	Orta Seviye Risk	Gürültülü birimlerde kulaklık kullanılmalı, personelin çalışma ortamı gürültülü ve radyasyonlu alan dışında bırakılmalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
26	Normalin üzerindeki soğuk ve sıcak	Hastanın veya personelin soğuk algınlığı yaşaması	5	4	3	60	Orta Seviye Risk	Klimalar ile sıcaklık uygun değerlerde tutulmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk

27	Tehlikeli kimyasal atıkların karıştırılarak toplanması ve geçici depolanması	Patlama, yangın, toksik gaz çıkışı, inhalasyon	7	4	2	56	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman bulundurulmalıdır.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
28	Tehlikeli kimyasal atıkların lavaboya dökülmesi	İnhalasyon, patlama, toksik gaz çıkışı	7	4	2	56	Orta Seviye Risk	Ünite içi atık yönetim planı olmalı, uygun ekipman bulundurulmalıdır.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
29	Birim içi malzeme taşınması	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Malzemelerin taşınması belli periyotlarla ve ihtiyaç halinde tekerlekli araçla yapılmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
30	Hasta taşıma ve bakımı	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Tomografi ve emar öncesi ve sonrası hasta yatırmaları kaldırmaları birden fazla personel yardımıyla yapılmalıdır	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
31	Stres gelişimi	İddia ya da dava edilme	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk

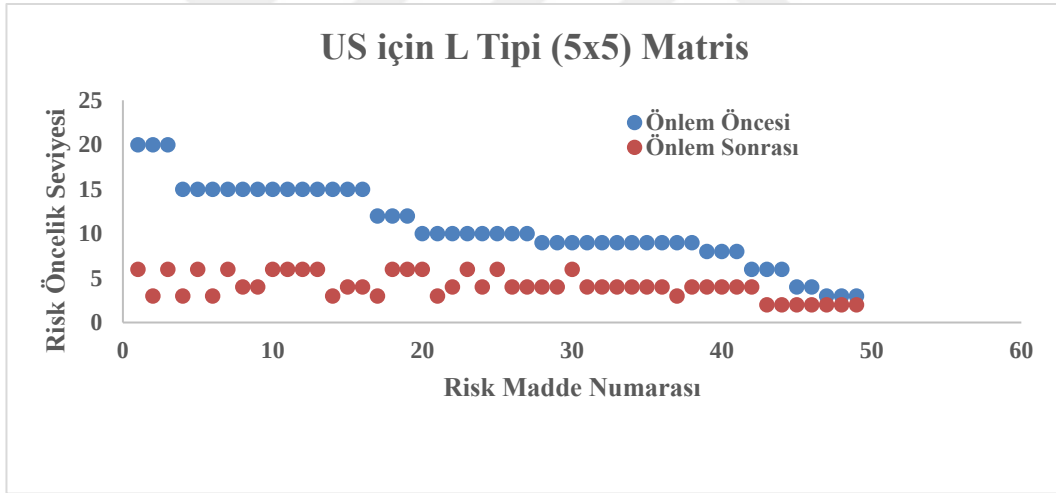
32	Uzun süre aynı pozisyonda çalışma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel zaman zaman pozisyon değiştirmeli ve esneme hareketleri yapmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
33	Uzun süre oturma ve uzun süre ayakta kalma	Kas iskelet sistemi rahatsızlığı	4	4	3	48	Düşük Seviye Risk	Personel zaman zaman pozisyon değiştirmeli ve esneme hareketleri yapmalıdır.	4	2	1	8	Düşük Seviye Risk
34	Yaralanma	Kimyasal atık kazalarına bağlı yaralanma riski	6	4	2	48	Düşük Seviye Risk	Kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
35	Hastanın inceleme esnasında anksiyete geçirmesi	Anksiyete geçiren hastanın görüntüleme işleminden erken ayrılması	4	5	2	40	Düşük Seviye Risk	Hasta olacaklarla ilgili bilgilendirilmeli ve sakin tutulmaya çalışılmalıdır.	3	2	2	12	Düşük Seviye Risk
36	Proplardan yayılan ısı	Yüksek ısı fetal ve embriyolojik gelişime zarar verebilir	5	2	4	40	Düşük Seviye Risk	Görüntüleme yapan personel 5 dakikadan uzun süreli ve 4 dereceyi geçmeyecek şekilde görüntüleme yapılıyor.	1	1	2	2	Düşük Seviye Risk
37	Ultra ses dalgaları	Cilde uzun süreli direk teması sonrası ciltte tahriş	5	2	4	40	Düşük Seviye Risk	Cilde EKG jeli sürülerek görüntüleme yapılıyor	1	1	2	2	Düşük Seviye Risk

38	Sedye nin devrilmesi	Hastanın düşerek yaralanması veya hayatını kaybetmesi	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Personeller sedye ile taşıma kurallarına dikkat etmelidir.	7	3	1	21	Düşük Seviye Risk
39	Yaralanma	Duvara, zemine sabitlenmemiş eşyaların düşmesine veya devrilmesine ve sabitleme yapılamayan eşyaların/malzemelerin düşmesi ya da yuvarlanmasına bağlı çalışan yaralanmaları	7	5	1	35	Düşük Seviye Risk	Düşme riski olan malzeme ve eşyalar duvara sabitlenmelidir.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk
40	Elektrik çarpması	Cihazlardaki elektrik kaçağı sonucu meydana gelen elektrik çarpması	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmelidir.	6	2	2	24	Düşük Seviye Risk
41	Elektrik çarpması	Elektrik çarpmasına bağlı çalışan yaralanmaları oluşma riski	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Elektrikli aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, panolara yetkililer haricinde müdahale edilmemelidir.	6	2	1	12	Düşük Seviye Risk
42	Yaralanma	Çalışma ortamındaki eşyaların düzensiz yerleşimine bağlı; çarpma, sıkışma, düşme ve yaralanma riski	6	5	1	30	Düşük Seviye Risk	Ortamda gereksiz ve düzensiz eşya bulundurulmamalıdır.	5	2	1	10	Düşük Seviye Risk
43	Yaralanma	Birim içi malzemelerin çekilmesi, taşınması sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	6	4	1	24	Düşük Seviye Risk	Çalışanlara eşya taşıma kuralları anlatılmalıdır.	6	3	2	36	Düşük Seviye Risk

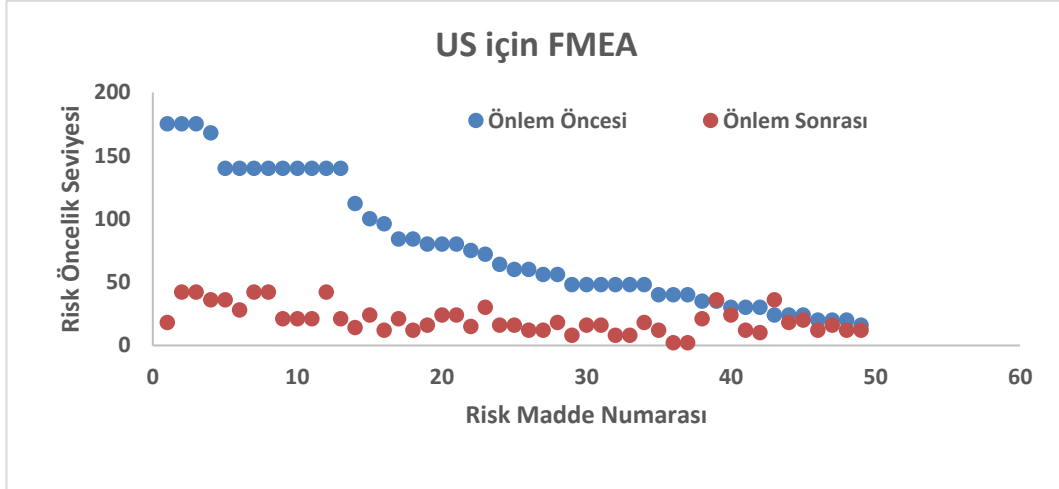
44	Yaralanma	Hasta taşıma ve çevirme sırasında meydana gelen vücut yaralanmaları	6	4	1	24	Düşük Seviye Risk	Hasta taşıma ve çevirmelerde hastanın durumuna göre birden fazla personel bulundurulmalıdır.	6	3	1	18	Düşük Seviye Risk
45	Yaralanma	Kesici delici yaralanma riski	6	4	1	24	Düşük Seviye Risk	Ortamda kesici delici aletler varsa zarar vermeyecek şekilde saklanmalıdır.	5	2	2	20	Düşük Seviye Risk
46	Çalışanlar arasında sözlü ve fiziksel şiddet	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	5	4	1	20	Düşük Seviye Risk	Yönetici, aralarında çatışma yaşanan personellerin problemlerini dinlemeli ve ortak bir çözüm yolu bulmalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
47	Fiziksel şiddet (Saldırı, Darp vs.)	Yaralanma veya psikolojik travma	4	5	1	20	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	2	2	16	Düşük Seviye Risk
48	Sözel şiddet (Hakaret, tehdit, İftira vs.)	İş gücü kaybı, strese bağlı hastalıklar	5	4	1	20	Düşük Seviye Risk	Personel, hasta psikolojisi ve stres yönetimi hakkında eğitim almalıdır.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk
49	Mobing	Ast üst ve çalışanlar arasındaki olumsuz iletişim ve baskı oluşması	4	4	1	16	Düşük Seviye Risk	Yönetici ve personeller mobingin olası hukuki sonuçları hakkında bilgilendirilmelidir.	4	3	1	12	Düşük Seviye Risk



Şekil 4.1: Ultrasonografi cihazı için Fine-Kinney Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği

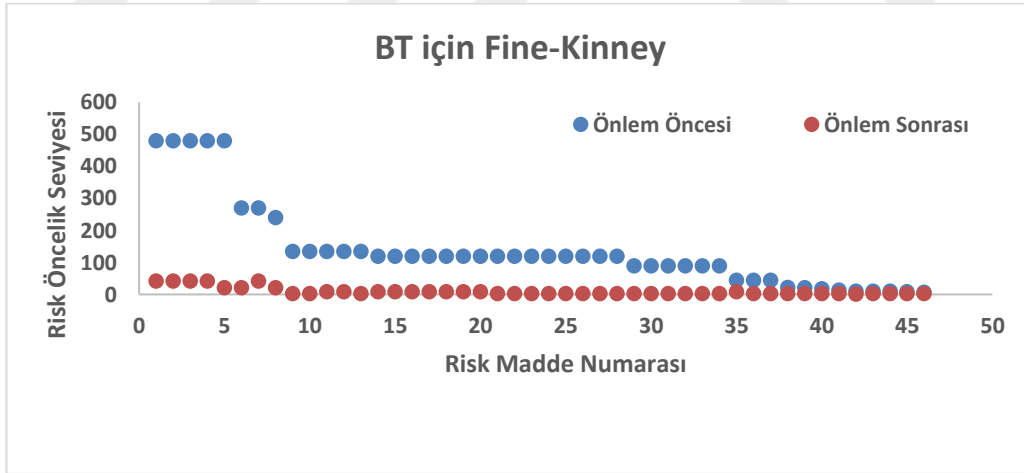


Şekil 4. 2: Ultrasonografi cihazı için L Tipi (5x5) Matris Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği

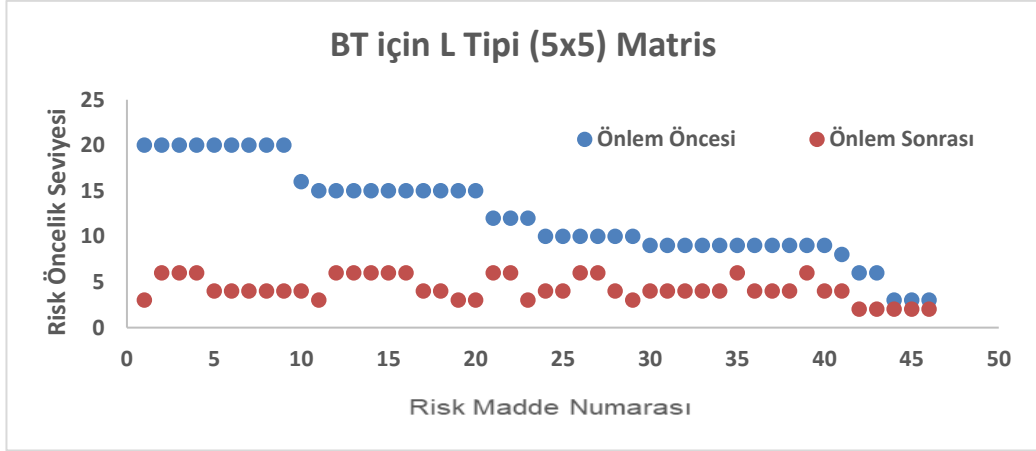


Şekil 4. 3: Ultrasonografi cihazı için FMEA Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği

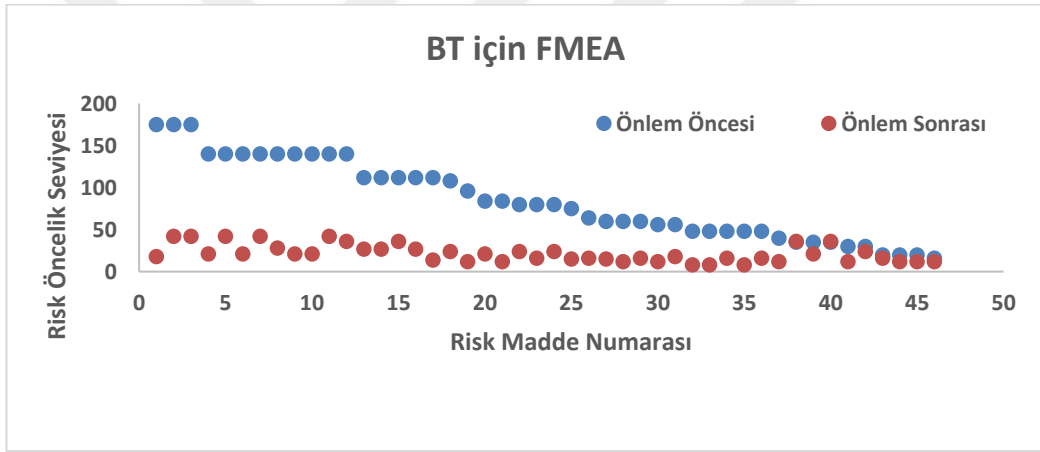
Ultrasonografi cihazı için grafikleri incelediğimizde Fine-Kinney metodu ile yapılan risk analizinde, risklere karşı alınan önlem sonrası risk öncelik seviyesinin diğer yöntemlere göre daha düşük seviyelerde ve stabil kaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4. 4: Bilgisayarlı tomografi cihazı için Fine-Kinney Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği

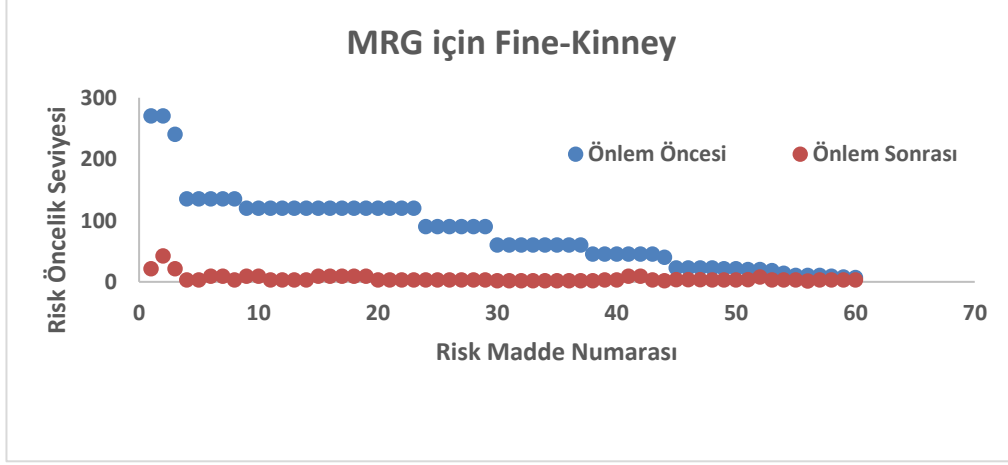


Şekil 4. 5: Bilgisayarlı tomografi cihazı için L Tipi (5x5) Matris Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği

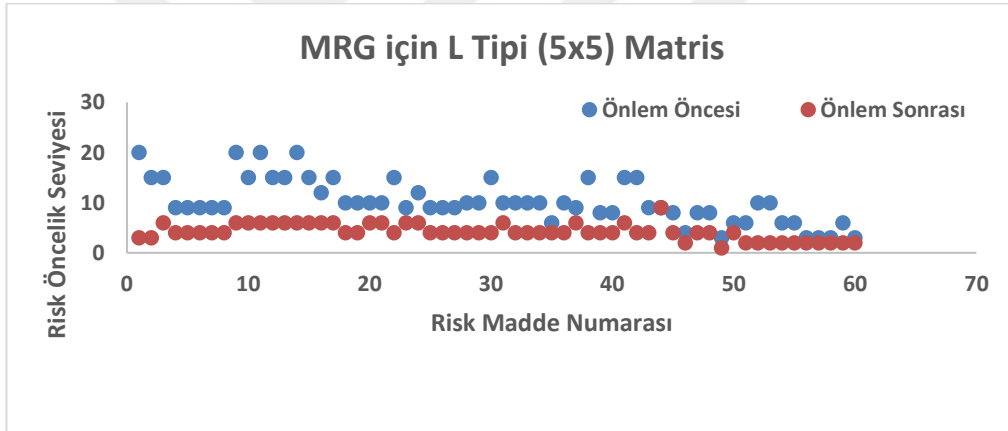


Şekil 4. 6: Bilgisayarlı tomografi cihazı için FMEA Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği

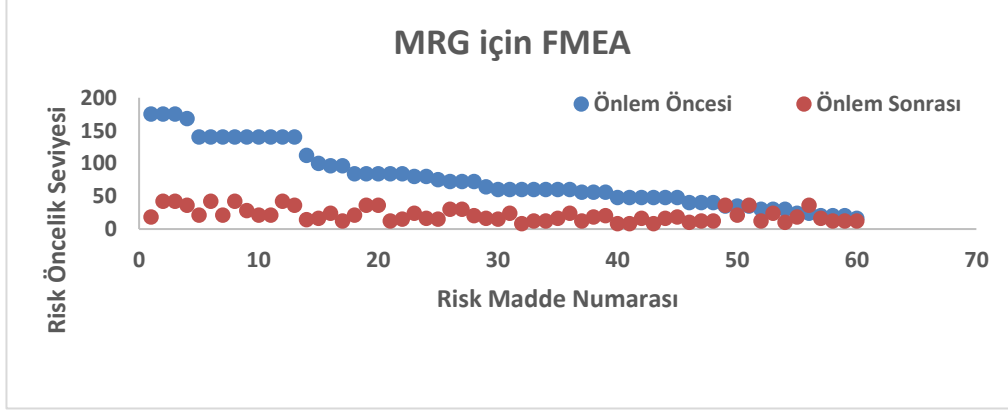
Bilgisayarlı tomografi cihazı için yapılan üç farklı risk analizi yöntemindeki grafikleri incelediğimizde yine Fine-Kinney yönteminde, risklere karşı alınan önlemler sonrası risk öncelik seviyelerinin daha kararlı ve düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 7: Manyetik Rezonans Görüntüleme cihazı için Fine-Kinney Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği



Şekil 4. 8: Manyetik Rezonans Görüntüleme cihazı için L Tipi (5x5) Matris Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği



Şekil 4. 9: Manyetik Rezonans Görüntüleme cihazı için FMEA Risk Analiz yöntemi kullanılarak elde edilen önlem öncesi ve sonrası risk öncelik seviyelerinin risk madde numaralarına karşı grafiği

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) cihazı için yapılan risk analizlerinde L tipi matris ve FMEA yöntemleri alınan önlemler sonrası için risk öncelik seviyesi değerlerini daha yüksek aralıkta göstermekte iken Fine-Kinney yönteminde yine seviyeler birbirine yakın görünmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kullanılan risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması ile ilgili olarak literatürde tıbbi görüntüleme cihazları kullanılan yerlerde bu üç tür risk değerlendirme yönteminin aynı anda yapıldığı veya bunlar arasında bir karşılaştırma yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamış, farklı sektörlerde en fazla iki risk değerlendirme yönteminin karşılaştırıldığı çalışmalara rastlanmıştır. Örneğin, asansör sistemlerinde FMEA ve Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemleri arasında yapılan karşılaştırma yorumlarına göz attığımızda, Fine-Kinney yönteminin kaza ve olayı belirleme, önlemleri alma, denetim ve gözlem açısından çalışanları tehlike, yaralanma, hastalanma ve ölümlerden korumak adına FMEA metoduna göre daha etkili olduğu değerlendirilmiştir.³¹

Asansör sistemlerinin montaj, bakım/ onarım, arıza ve denetimi sırasında meydana gelebilecek iş kazalarının önlenmesi adına yapılan; birçok risk değerlendirme metodundan Fine-Kinney' in, karşılaştırılma yapılan FMEA' ya göre uygulanabilirliğinin, metotlarda kullanılan parametreler sonucundaki risk değerleri bakımından daha etkin olduğu gözlemlenmiştir. En sağlıklı veriler ile kaza ve olay oluşumunun engellenmesi adına asansör çalışma öncesi, sırası ve sonrasında ve hatta gerekli durumlarda revize edilerek hazırlanan Fine-Kinney risk değerlendirme uygulamasının, saha uygulamaları bakımından daha işlevsel ve etkin çözümler, öneriler sunduğu değerlendirilmiştir.³¹

Fine-Kinney risk değerlendirme metodu kullanılan parametrelerden; frekans ve olasılık değerleri ele alınarak, olayın olma sıklığı tahmini yapılarak, olayın olma olasılığı kontrol yöntemleri gerçekleştirilmeden önce düşünülerek ve çalışma sırasında hazırlandığı için FMEA metodundan, çok tehlikeli işler olan asansör sistemlerinin faaliyetleri için daha kullanışlıdır. Fine-Kinney metodu için kullanılan frekans parametresi; faaliyetin geçmişe dönük değerlendirilmesini ve bir nevi geçmişten ders almak gibi bir durumu ortaya koymakla beraber reel değerler kullanımına olanak sağlamaktadır.³¹

Fine-Kinney metodunun, işlevselliği ve uygulanabilirliği ayrıca asansör sistemleri çalışma ortamları bakımından; hazırlanması ve kontrolün sağlanması adına daha kapsamlı ve spesifik tehlike kaynaklarını ele alan ve çalışma organizasyonunu sınıflandıran bir metot olarak değerlendirilip, asansör sistemlerinde uygulanmasının daha kullanışlı olduğu öngörülmüştür.³¹

Yine farklı bir sektör olan inşaat sektöründe, yapı makinelerindeki risklerin değerlendirilmesi için yapılan bir çalışmada, L tipi (5x5) matris risk değerlendirme yöntemi ile Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemleri karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmanın neticesinde L tipi (5x5) matris risk analiz yöntemi ile Fine-Kinney risk analiz yönteminin birbirine yakın yöntemler olduğu ve Fine-Kinney risk analiz yönteminin daha güvenilir sonuçlar verdiği ve önlemlerden sonra risk düzeyinin ne kadar azaltıldığı bilgisini ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca L tipi (5x5) matris risk analiz Yönteminin daha çok risk analizi yapan kişinin tecrübesine yani tahminine dayandığı da gözlenmiştir. Bunun da çok tehlikeli ve karmaşık riskleri değerlendirirken olumsuz sonuçlar doğurabildiği tespit edilmiştir. Son olarak Fine-Kinney risk analiz yönteminde iş yerinde geçmişte olan kazaların da göz önünde bulundurulması bu yöntemin sonuçlarının L tipi (5x5) matris risk analiz yönteminin sonuçlarından daha hassas olmasını sağlar.³²

Diğer önemli bir iş alanı olan metal sektöründe, Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi ve L tipi matris risk değerlendirme yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada (5x5) matris yöntemi sonucunda 10 adet ciddi düzeyde, 17 adet orta düzeyde olmak üzere 27 risk tespit edilmiş olup risk tablosu ve alınacak kısa kontrol ve önlem faaliyetleri belirlenmiştir. Alınan önlemler sonucunda (5x5) matris yönteminde riskler %100 oranında kabul edilebilir seviyeye indirgenmiştir. Fine-Kinney yöntemine göre ise toplam risklerin, 1' i olası, 1' i önemli, 25' i kabul edilemez düzeyde çıkmıştır ve tüm önlemlere rağmen %14 oranında kabul edilebilir düzeye indirgeniği görülmüştür. Elde edilen verilere göre Fine-Kinney yönteminin daha hassas sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.³³

Bu çalışmada tıbbi görüntüleme cihazları ile ilgili genel bilgiler verilmiş olup ardından alınan önlemler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler yönetmelikler ile desteklenmiştir. Tıbbi görüntüleme cihazlarından olan bilgisayarlı tomografi cihazı, manyetik rezonans görüntüleme ve ultrasonografi cihazları ile ilgili risk analizi yapılmıştır. Görüntülemede insan vücuduna etki eden üç ana etken X-ışınları, manyetik alan ile radyo dalgaları ve ultrases dalgaları olduğu için bu etkenlere sahip üç cihazın risk analizi yapılmış olup, röntgen cihazının temel çalışma prensibinde, bilgisayarlı tomografi ci-

hazında olduğu gibi X- ışınları kullanıldığı için özel bir risk analizine gerek görülmemiştir. Tıbbi görüntüleme cihazları X- ışınlarının bulunduğu tarihten, bugüne geçen yaklaşık 125 yıllık süreçte inanılmaz bir gelişme göstererek, hastalıkların tanı ve tedavilerinde doktorların vazgeçilmez araçları haline gelmişlerdir. Röntgen cihazı ile görüntülemede karşılaşılan zorluklar, yeni yöntemlerin doğmasına sebep olmuştur. Örneğin karaciğer, böbrek gibi X-ışınını tutamayan yumuşak yapıdaki organlar ve damarların net bir görüntüsü ortaya çıkmadığı için opak madde diye adlandırılan X-ışınını geçirmeyen sıvılar kullanılmaya başlandı ve bu sayede daha fazla doku ve damar yapısı incelenme fırsatı bulundu. Bununla birlikte gemilerde kullanılan su altındaki yoğun cisimlerin tespit edilmesinde kullanılan solar sistemlerin mantığı vücutta kullanıma uyarlandı ve uygulanmaya başlandı. Ultrasonografi olarak bildiğimiz bu yöntem karaciğer, dalak, böbrekler gibi yumuşak dokuları görüntülemede çok başarılı sonuçlar vermiştir. Ayrıca herhangi bilinen bir zararı olmadığı için hamilelerde fetüsün gelişimini incelemek için kullanılan en sağlıklı yöntemdir. Ultrason teknolojisi son yıllarda daha da gelişerek renkli dopler ultrasonografisi adı verilen yöntem ile damarlarda kanın akış hızını, akış oranını ve miktarını kolayca saptayarak damar tıkanıklığı ve damar sertliği tanılarını kolayca koyabilmektedir. Röntgen ve ultrason teknolojileri her ne kadar harika sonuçlar ortaya çıkarsalar da kemik dokularını geçemediklerinden ötürü beyin ve omurilik dokularını görüntülemede yetersiz kalmaktaydılar. 1970' li yıllarda bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişmesi tıp alanında da etkilerini göstermiş ve X-ışınlarının belirli bir kesitten geçirilerek elde edilen görüntüleri bilgisayar yardımıyla birleştirilerek bilgisayarlı tomografi denilen, beyin ve omuriliğin yapısını gösterebilen bu alandaki o ana kadar ki en büyük buluş ortaya çıkmıştır. İnsanoğlunun üreten bir varlık olarak yaşamına devam edebilmesi için vazgeçilmez temel unsur sağlıktır. Bu sebeple insanlık tarihi boyunca sahip olunmaya çalışılan en büyük güç sağlık olmuştur. Günümüzde insan sağlığını etkileyen unsurların nicel ve nitel olarak artması, bu unsurların tespiti ve tedavisi için gerekli araştırmaların ve çalışmaların sayısının artmasına sebep olmakla kalmamış, uluslararası düzeyde devletlerin ortak çözüm üretme çalışmalarına neden olmuştur.

Çalışmamızda, tıbbi görüntüleme cihazları ile ilgili çalışma prensiplerini içeren çok sayıda yayın bulunmasına rağmen, bunların kullanılmasında uygulanan iş sağlığı ve

güvenliği tedbirlerini içeren ve risk analizlerinin ayrı ayrı yapıldığı bir çalışma yaparak literatüre katkı yapmaya çalıştık.

Herhangi bir sistem için yapılan risk değerlendirmesinde, farklı yöntemler aynı sonuçları verebildiği gibi farklı sonuçlar da verebilmektedir. Bizim çalışmamızda da manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve ultrason (US) görüntüleme cihazlarının her biri için, Fine-Kinney, L tipi matris ve FMEA risk analizi yöntemleriyle yapılan risk analizlerinin bazı riskler için benzer sonuçlar verdiği gibi farklı sonuçlar vermesi de doğal karşılanmaktadır. Örneğin, manyetik rezonans görüntüleme (MRG) cihazı için yapılan üç ayrı risk analizi metoduna baktığımızda, ana manyetik alandan kaynaklanan tehlikenin sebep olabileceği MR uyumsuz medikal cihaz bulunan hastalarda, manyetik alan altında bu cihaz ya da implantın manyetik kuvvetle yer değiştirmesi, bozulması veya ayarının değişmesi riski incelendiğinde, Fine-Kinney yönteminde bu riskin olası risk seviyesinde olduğunu, L tipi matris yönteminde orta seviye risk ve FMEA yönteminde ise yine orta seviye riskli olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, birbiriyle uyumlu kabul edilebilir sonuçlardır. Bir başka örnekte, bilgisayarlı tomografi cihazının kullanımda radyasyon kaynaklı, doku ve organların radyasyon sonucu işlevlerini yerine getirememesi riskine göz attığımızda, Fine-Kinney yönteminde, tolerans gösterilemez risk, L tipi matris yönteminde, yüksek seviye risk ve FMEA yönteminde de yine yüksek seviye riskli olduğu tespit edilerek yine benzer sonuçlar elde etmekteyiz. Ultrason cihazının yayınladığı ultra ses dalgalarının ciltte belirli bir bölgede uzun süre teması sonrası o bölgede tahriş oluşabilmektedir. Fine-Kinney metoduyla bu risk incelendiğinde bu olası riskin oluşmaması için gözetim altında uygulanabileceği söylenebilirken, L tipi matris yöntemi ile bu risk incelendiğinde, riskin seviyesinin düşük olduğu ortaya çıkmakta ve herhangi bir önlem almak dahi gereksiz görülmektedir. Aynı şekilde FMEA yöntemiyle yapılan değerlendirmede de düşük seviye risk tanımı yapılarak önlem almaya gerek görülmemektedir. Bilgisayarlı tomografi cihazının yaymış olduğu x-ışınlarına, hastanın yanı sıra görüntüleme yapan personeller ve çekim yapılan odanın bitişiğinde bulunan bölgelerde de maruz kalınmaktadır. Her ne kadar çekim odası bitişiğinde radyasyon şiddeti küçük miktarlarda olsa dahi sürekli bu etkiye maruz kalınması durumunda toplam radyasyon miktarı dokularda zarar meydana getirebilmektedir. Bu durumun önlenmesi için yıllık 0,3 mS' lik dozun altında radyasyon alınması için düzenli ölçümler yapılmalı ve çekim

odası bitişiğindeki odaların insanların sürekli ve toplu olarak bulunamayacağı ortamlar olarak düzenlemesi gereklidir. Bu sebeple gerek Fine-Kinney metodu, gerek L tipi matris ve gerekse FMEA metodunda bu durum yüksek riskli bulunmuştur. Görüntüleme yöntemlerinde sıklıkla kullanılan kontrast madde, özellikle tomografi cihazı görüntülemelerinde oldukça önemlidir. Damarların X-ışını altında görüntülenmesini sağlayan ve genellikle damar yoluyla verilen bu ilaç, organların beslenmesini, hastalıklı dolu ve sağlıklı dokunun ayrımının yapılmasını, enfark, kitle ve tümörlerin belirlenmesini sağlamaktadır. Kontrast madde kullanılırken hastada meydana gelebilecek kontrendikasyonlara mutlaka dikkat edilmelidir. Hastaların kontrast maddeye reaksiyonlarının tespit edilebilmesi için hasta sorgulanmalı, tiroid ve böbrek fonksiyonları kontrol edilmelidir. Vücudun kontrast maddeye tepki göstermesi riski incelendiğinde Fine-Kinney yöntemi bu riskin önemli bir risk olduğunu, L tipi matris yöntemi, bunun orta seviye bir risk olduğunu söylemekte, FMEA yöntemi de aynı şekilde orta seviye bir risk olarak değerlendirmektedir.

Tıbbi görüntüleme yapılan yerlerde mümkün olan tehlikeler ve bunların sonucu olan risklerin doğru değerlendirilebilmesi için mesleki deneyime ek olarak özellikle sektörel deneyime sahip olmak çok önemlidir. Risk analizi yapmak her ne kadar iş güvenliği uzmanlarının görevi gibi bilinse de hazırlık aşamasında iş yerindeki tüm birimlerin desteği gereklidir. İş yerinde her gün aynı ortamı paylaşan kişilerin, özellikle de kendi çalıştığı birim ve mesleki deneyimleri ile ilgili geri dönüşleri risk analizinin yapılmasında büyük önem taşımaktadır. Risk analizi çalışmalarında diğer önemli bir konu ise risk değerlendirmesi yapılırken kullanılacak yöntemdir. Bilinen birçok risk değerlendirmesi yöntemi olmasına rağmen sektöre uygun, uygulanabilirliği ve ihtiyaçlara cevap verebilen yöntemlerin seçilmesi büyük öneme sahiptir. Her yöntem her sektöre uygulanamamaktadır. Çalışma alanı ve bu alanda karşılaşılabilecek riskleri önlemede proaktif yaklaşım oluşturabilecek ve ihtiyaçları karşılayabilen bir yöntem seçilmelidir.

Bilinen risk değerlendirme yöntemleri arasında L tipi matris, Fine-Kinney ve FMEA metodları en çok kullanılan yöntemlerdir. Çalışmamızda değerler yorumlanırken L tipi matris yöntemi Fine-Kinney metoduna göre daha yetersiz kalmıştır. Matris yönteminde riskleri acil önlem alınması gereken durumlara taşıyabilmek için olasılık ve şid-

det değerlerinin bilinçli olarak yüksek tutulması gerekmektedir. Fine-Kinney metodu mevzuat ve alan yönünden çalışmak daha mümkündür ve her alan noktasal olarak belirtilmek zorunda olduğundan çalışma sahasındaki sorunlara daha hızlı ulaşabilmek mümkün olmaktadır. FMEA yöntemi diğer iki yöntemle karşılaştırıldığında olayın gerçekleşme ihtimalini daha net karşıladığı görülmektedir. Öbür yandan FMEA yönteminde daha çok sistem çalışması ve mekanik risklerin şiddet yönünden net ifade edilebildiği ancak kişisel maruziyetler konusunda yetersiz kaldığı görülmektedir. FMEA yönteminin L tipi matris ve Fine-Kinney metodundan farklı olarak, fark edilebilirlik değişkeninin birtakım riskleri ifade ederken tüm değişkenlerin birleşimi ile elde edilen risk önem derecesini olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Örneğin, FMEA yönteminde bir olayın saptanabilirliğini, duvara sabitlenmemiş eşyalar, mobing, fiziksel şiddet gibi net olarak ifade edilebiliyorsa çok düşük saptanabilirlik değerleri vermek gerekiyor ve bu da sonucu oldukça etkileyerek, L tipi matris’ te olduğu gibi değerler üzerinde düzenleme yapma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. FMEA yönteminde, sonuçta elde edilen risk önem derecesi skalası kısıtlı olduğundan bir riski “Önlem alınabilir” ya da “Önlem alınması gereklidir” seviyesinde tanımlayabilme konusu biraz problemlidir. Sonuç olarak Fine-Kinney risk analizi metodu işlevselliği, uygulanabilirliği ve sektörün çalışma koşulları açısından daha kapsamlı görülmüştür. Matris yöntemi sektör faaliyetleri açısından daha genel yani çalışmalara ön hazırlık oluşturabilecek şekilde kullanılabilir. FMEA yöntemi ise daha kapsamlı ve özellikle de mekanîğe dayalı faaliyet alanlarında etkin olarak sonuç almayı sağlamaktadır. Bu yöntem, her sektörde Fine-Kinney yöntemi kadar sık kullanılmamaktadır ama üretim sektöründe, özellikle proses hatalarının tespit edilmesinde daha başarılı bir yöntemdir. Bu sonuçlar doğrultusunda bu çalışmada risk değerlendirme metodları içerisinde en net sonucu veren yöntem Fine-Kinney yöntemi olmuştur. Farklı sektörlerde ve faaliyet alanlarında risk değerlendirme yönteminin doğru seçimi, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin önem derecelerinin doğru ifade edilmesinde büyük etkiye sahiptir.

Yapılan risk analizi çalışmasında, tüm risk analizi çalışmalarında olduğu gibi, çalışanların geri bildirimlerinin ne kadar önemli olduğu bulgusu önemini korumaktadır. Risk analizi çalışmalarında, çalışanların geri bildirimlerinin dikkate alınması ve bu geri bildirimlerin kayıt altına alınarak risk analizine yansıtılması, gözden kaçabilecek muhte-

mel risklerin en aza indirilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Tıbbi görüntüleme yapılan ortamlarda önlemlerin artması, meslek hastalıkları ve iş kazalarının azalmasına sebep olacaktır. Bu sebeple, bu duruma destek olabilmek üzere farkındalık artırıcı daha fazla eylem gerçekleştirilmesi uygun olacaktır. Çalışanlar için eğitimler düzenlenmesi, uyarıcı ve bilgilendirici broşürler hazırlanarak farkındalık oluşturulması sağlanabilir. Bununla beraber, hazırlanan raporların göz önünde bulundurularak uygulanması sonuç almak adına önemli bir rol oynayacaktır.

Sonuç olarak, risk değerlendirme çalışmalarıyla, gerçekleşebilecek tehlike ve risklerin gerçekleşmeden önce belirlenmesi, tüm işyerleri için güvenli bir profile sahip olmada büyük öneme sahiptir. Bilinçli, proaktif yaklaşımla yapılmış bir risk değerlendirmesi, kontrolsüzce anlık gelişebilen kazalara karşı, güvenli bir çalışma ortamının olmazsa olmazıdır.

Çalışanların sağlığını ve çalışma ortamlarının güvenliğini sağlamak amacı ile iş yerlerinde gerçekleştirilen risk değerlendirme çalışmalarının daha doğru ve etkin olabilecek şekilde gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Bu nedenle iş güvenliği uzmanlarına risk değerlendirmesine sebep olan birincil sebeplerin ve sık kullanılan risk değerlendirmesi yöntemlerinin uygulamalı eğitimleri verilerek çalışmalar ve projelerin yapılması gerekmektedir.

Herhangi bir kazaya neden olabilecek ve kişiyi hem ruhen hem de bedenen etkisi altına alan stres, yorgunluk ve bilinçsizlik gibi faktörler ile karşılaşılırsa işe ara verilmelidir. Kişi çalışma ortamında uygun olmayan davranışlar neticesinde kazaya uğrayabilir ya da sebep olabilir. Dolayısıyla iş kurallarına özenle dikkat edilmelidir. Her türlü güvenliği sağlayan işverenin ardından çalışanın da kendi ve kendisi dışında yer alan personellerin sağlığı için iş disiplinine uyum göstermesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışanın iş ve ortamla ilgili tehlikeleri iyi bilmesini sağlayacak eğitimi alması ve eğitim sonunda da edindiği bilgileri uygulaması gerekmektedir. Bu durum istenilmeyen maddi ve manevi kayıpları yok etmese dahi gerçekleşebilecek risk ve kazaların en aza indirebileceği yönünde bir ön görüş hakimdir.

6. KAYNAKÇA

- 1) Çal, S. (2016) *Sağlık sektöründe çalışanların elektromanyetik alan maruziyetinin belirlenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi*, Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara:<http://lifeofmedical.com/tibbi-cihazlarin-siniflandirilmesi/> 25.02.2021
- 2) Özdemir, H. İ. (2015). *Temel Tıbbi (Radyolojik) Görüntüleme Tekniği*. İstanbul: Hiper Tıp Yayınevi
- 3) Temiz, M. (2010). *Elektromanyetik Alanlar*. İstanbul: Pamukkale Üniversitesi Yayınevi
- 4) Özen, Ş. (2014). *Elektromanyetik Uyumluluk*. Ankara: Palme Yayınevi
- 5) Aytekin, H. (2017). *Radyasyon Fiziği Ders Notları*, Erişim Adresi: <https://cdn2.beun.edu.tr/fizik/a30b9785deb4530895aa3ef5d96fb667/fiz444radyasyonfizigidersnotlariuyumlulukmodu11.pdf>
- 6) Çerezci, O., Şeker, S. (2000), *Radyasyon Kuşatması*, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi
- 7) Yakıncı, Z. D. (2016), Elektromanyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, *T.C.İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi* Cilt 4 Sayı 2
- 8) Türerer, E. (2019), *Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Uygulama Kitabı*, Nevşehir: Kapadokya Üniversitesi Yayınevi
- 9) Kuru, İ. (2016), *Tıp Tekniklerine Yönelik Temel Radyolojik Kavramlar*, İstanbul: Güneş Tıp Kitabevleri
- 10) Sancak, İ. T. (2015), *Temel Radyoloji*, İstanbul: Güneş Tıp Kitabevleri
- 11) Belafsky, P. C. (2018), *Klinisyenler İçin Yutma Floroskopi Rehberi*, Ankara: Pelikan Tıp Yayınevi
- 12) Floroskopi. (2021, 5 Mart). Vikipedi içinde. Erişim adresi (16.10.2021) <https://tr.wikipedia.org/wiki/Floroskopi>

- 13) Yiğit, H. (2020), Manyetik Rezonans Görüntüleme Fiziği, *Türk Radyoloji Seminerleri* Cilt 8 Sayı 2
- 14) Ünal, D. (2008), *Tıpta Kullanılan Görüntüleme Teknikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- 15) Adalet, I. vd. (2012), *Nükleer Tıp Ders Kitabı*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları
- 16) Koc, H., Aksu, D. (2015), *Tomografi ve Pet-Ct Hasta Hazırlık ve Çekim Pozisyonları*, Antalya: Kongre Kitabevi
- 17) Çiçek, M. N. (2017), *Obstetrik ve Jinekolojide Ultrasonografi El Kitabı*, Ankara: Modern Tıp Kitabevi
- 18) Kurtipek, Ö., vd. (2018), *Klinik Anestezide Ultrasonografi*, Ankara: Akademisyen Kitabevi
- 19) Yıldız, B. (2015), *Temel Ultrasonografi*, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi
- 20) Akarca, F. (2011), Ultrasonografi Giriş, Erişim adresi: https://file.atuder.org.tr/_atuder.org/fileUpload/qeNO38zb12kA.pdf
- 21) Sağdır, A. S., vd. (2004), Obstetrikte ve Jinekolojide Ultrason Kullanımından Kaynaklanan Adli Tıp Sorunları, *Adli Tıp Dergisi*, 18(1): 29-42
- 22) Acartürk E. (2001), *Pratik Elektrokardiyografi*, İstanbul: Yelken Basım Yayın
- 23) Sağlık Hizmetlerinde İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynakları ile Çalışan Personelin Radyasyon Doz Limitleri ve Çalışma Esasları Hakkında Yönetmelik, (2012), Sağlık Bakanlığı, Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/07/20120705-8.htm>
- 24) Yarenoğlu, A. (2018), *Hastanelerde Radyasyona Maruz Kalan Çalışanların Çalışan Güvenliği ve Radyasyon Güvenliği Konusunda Bilgi Tutum ve Davranışları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İstanbul
- 25) Tıbbi Cihazların Test, Kontrol ve Kalibrasyonu Hakkında Yönetmeliği. (2015), Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/12/20211210-3.htm>
- 26) Radyoloji Görüntüleme Üniteleri. (2017, 23 Nisan), Erişim adresi(10 Kasım 2020): <https://isgtedbir.com/hastane/radyoloji-goruntuleme-uniteleri/>
- 27) Güler, M. (2020), Fiziksel Risk Etmenleri, Erişim adresi: https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzecontent/20_21_Guz/is_sagligi_ve_guvenligi/10/index.html

- 28) Türkan, Y. S. (2017), Risk Değerlendirmesi ve Metodolojisi, Erişim adresi: https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/21_22_Guz/risk_degerlendir-mesi_ve_metodolojisi/1/index.html#konu-10
- 29) Alkanat Günaltay, A. (2019), *İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi: Bir Tıp Araştırmaları Laboratuvarı Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul
- 30) Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. (2010), Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100603-15.htm>
- 31) Devren, M. E. (2016), *Asansör Sistemlerinde FMEA Ve Fine-Kinney Metotlarının Risk Değerlendirmelerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul
- 32) Korkmaz G. (2020), *L Tipi (5x5 Matris) Risk Analiz Yöntemi Ve Fine-Kinney Yöntemi İle Yapı Makinalarında Risk Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Ankara
- 33) Aker, A., Özçelik, T. Ö. (2020), Metal Sektöründe 5x5 Matris ve Fine-Kinney Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi, *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, Cilt 4 Sayı 1, 65-75

ÖZGEÇMİŞ

Adı – Soyadı: Murat KOÇ

Doğum Yeri ve Tarihi:

E-Posta:

Eğitim Bilgileri:

Lisans: İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü (2001-2007)

Yüksek Lisans: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Katıhal Fiziği (2007-2016)

Yüksek Lisans (Tezsiz): Işık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği (2018-2019)

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

1. Electrical and Dielectric Properties Of TlSbS₂ Semiconductor; 12th International Nanoscience and Nanotechnology Conference; 03-05 Temmuz 2016 Gebze Teknik Üniversitesi
2. Electrical Properties Of The Semiconductor Material TlSbS₂; Türk Fizik Derneği 32. Uluslararası Fizik Kongresi; 06-09 Ekim 2016; Bodrum/ Muğla
3. Tıbbi Görüntüleme Cihazlarındaki İyonize Olan ve Olmayan Radyasyon Kaynaklarının İnsan Üzerindeki Etkilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İncelenmesi; İstanbul Yeniüzyıl Üniversitesi 7. Bilim Günleri; 05-07 Mayıs 2021; Online Konferans