



Gedik Üniversitesi
İSTANBUL

T.C.

GEDİK ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NÜKLEER RADYASYONLA ÇALIŞMALARDA İŞ GÜVENLİĞİ

RAMAZAN LÖK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİ ANA BİLİMDALI

DANIŞMAN ADI SOYADI: PROF. DR. HANİFİ SARAÇ

2015-İSTANBUL

T.C.
GEDİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İş sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı 131212005 numaralı öğrencisi Ramazan Lök 'ün hazırladığı “**NÜKLEER RADYASYONLA ÇALIŞMALARDA İŞ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİ**” başlıklı Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 07/09/2015 Pazartesi günü saat 10:30'da yapılmış, tezin onayına ~~OY ÇOKLUĞU~~ / OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hanifi SARAÇ
(Yıldız Teknik Üniversitesi)



Üye : Prof. Dr. Belma ÖZBEK
(Yıldız Teknik Üniversitesi)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Polat TOPUZ
(Gedik Üniversitesi)



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../2015 tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../2015

Müdür Vekili

Yrd. Doç. Dr. Hasan Tahsin KALAYCI

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Ramazan LÖK

ÖNSÖZ

Tez konusunun secimi, planlanması ve tezimin her aşamasında değerli görüş öneri bilgi ve güler yüzünü eksik etmeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr Hanifi Saraç'a

Tez çalışması ve birçok konuda beni destekleyen Sayın Yrd. Doç. Dr Hasan Tahsin Kalaycıya'a

Lisans öğrenimim dâhil her zaman yanımda olan ve bu çalışmam süresince de yardımlarını, bilgi, tecrübe ve güler yüzü ile çalışmama ışık tutan, kendimi geliştirmeye yönelik de birkaç adım ileride olmamı sağlayan, Nükleer Radyasyon Detektörleri Araştırma ve Uygulama MerkeziMüdürü Sayın Prof. Dr. Ercan Yılmaz'a

Lisans öğrenimimden bu yana birlikte çalıştığım ufkumu genişleten değerli hocalarım Sayın Doç. Dr Hüseyin Karaçalı ve Sayın Yrd. Doç. Dr Ali Ekber Aktağ'a

Çalışmamda kullanmış olduğum analiz ve benzetişim programlarında benden desteğini, bilgisini ve iyi niyetini hiç eksik etmeyen, Sayın Ayşegül Kahraman'a

Yine çok değerli dostum ve sınıf arkadaşım ve yoldaşım değerli görüşlerini benden esirgemeyen Sayın Şenol Kaya'ya

Öğrenim hayatı boyunca sürekli beni destekleyen aileme annem, babam ve kardeşlerime

İyi kötü her an hatırladığım ve çalışmam süresince güler yüzü ile hayatımın her anına neşe katan sevgilime

Yukarıda saydığım değerli insanlara hem tezime hem de hayatıma yaptıkları katkıların ötürü Teşekkür Ederim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----------|
| ÖNSÖZ | i |
| KISALTIMA LİSTESİ | iv |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | v |
| RESİM LİSTESİ | vi |
| TABLO LİSTESİ | vii |
| ÖZET | viii |
| ABSTRACT | ix |
| 1 GİRİŞ | 1 |
| KURAMSAL BİLGİLER | 4 |
| 1.1 Radyasyon | 4 |
| 1.1.1 İyonlaştırıcı olmayan radyasyon | 4 |
| 1.1.2 İyonlaştırıcı olmayan radyasyon çeşitleri | 4 |
| 1.2 İyonlaştırıcı radyasyon çeşitleri | 5 |
| 1.2.1 İyonlaştırıcı radyasyon çeşitleri | 5 |
| 1.3 Doğal Radyasyon Kaynakları | 6 |
| 1.4 Yapay Radyasyon Kaynakları | 8 |
| 1.4.1 Tıbbi uygulamalar | 8 |
| 1.4.2 Tamsal radyoloji | 9 |
| 1.4.3 Nükleer tıp | 9 |
| 1.4.4 Radyoterapi | 9 |
| 1.4.5 Endüstriyel uygulamalar | 9 |
| 1.4.6 Tüketici ürünleri | 10 |
| 1.4.7 Nükleer bomba denemeleri | 10 |
| 1.5 Nükleer reaktör kazaları | 11 |
| 2 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ | 14 |
| 2.1 Çalışanları Korumak | 14 |
| 2.2 Üretim Güvenliğini Sağlamak | 14 |
| 2.3 İşletme Güvenliğini Sağlamak | 14 |
| 2.4 Dünyada İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihçesi | 15 |
| 2.5 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Ülkemizdeki Gelişimi | 16 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.6 | Radyasyon ve İş güvenliği | 17 |
| 3 | RADYASYON DOZ BİRİMLERİ | 19 |
| 3.1 | Aktivite..... | 19 |
| 3.2 | Soğurulma Doz Birimi | 19 |
| 3.3 | Doz Eşdeğer Birimi | 20 |
| 3.4 | Etkin Doz | 20 |
| 4 | RADYASYONDAN KORUNMADA KİŞİSEL KORUYUCUDONANIMLAR 22 | |
| 4.1 | Dozimetreler | 23 |
| 4.1.1 | Film Dozimetreler | 23 |
| 4.2 | Gazlı Dozimetreler | 23 |
| 4.3 | İyon Odaları | 24 |
| 4.4 | Geiger-Müller Tüpleri | 25 |
| 4.5 | Diğer Dozimetreler..... | 25 |
| 4.5.1 | Radyoluminans Dozimetreler | 26 |
| 4.5.2 | Termoluminesans Dozimetreler..... | 26 |
| 4.5.3 | Sintilasyon algılayıcıları | 27 |
| 4.5.4 | Katı hal detektörleri..... | 27 |
| 4.5.5 | Elektronik doz ölçerler | 28 |
| 4.5.6 | Kalem dozimetreler..... | 28 |
| 4.6 | Gözlerin Radyasyondan Korunması | 29 |
| 4.7 | Boyun Koruyucuları | 29 |
| 4.8 | Kurşunlu Önlüklerle Radyasyondan Korunma..... | 31 |
| 4.9 | Kurşunlu Eldivenler | 32 |
| 4.10 | Kurşunlu Paravanlar | 33 |
| 4.11 | Üreme Organlarına Yönelik Koruyucu Önlemler | 34 |
| 5 | MATERYAL VE METOD | 35 |
| 5.1 | Monte Carlo Benzetişim Tekniği | 35 |
| 5.1.1 | Temel Monte Carlo İlkesi..... | 35 |
| 5.2 | SİMÜLASYON | 37 |
| 5.3 | TARTIŞMA | 38 |
| 5.4 | SONUÇ..... | 47 |
| | KAYNAKLAR | 48 |

KISALTMA LİSTESİ

| | |
|-----------------|--|
| MCBT: | Monte Carlo Benzetişim Tekniği |
| UNSCEAR: | Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesin |
| TAEK: | Türkiye Atom Enerjisi Kurumu |
| ICRP: | Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi |
| IAEA: | Uluslararası atom enerji kurumu |
| ILO: | Uluslar Arası Çalışma Örgütü |
| Bq: | Becquerel |
| Ci: | Curie |
| Gy: | Gray |
| Sv | Sievert |
| MÖ: | Milattan Önce |
| MS: | Milattan Sonra |
| KKD: | Kişisel Koruyucu Donanım |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1:Dünya Genelinde Yapay Radyasyon Kaynaklarından Maruz Kalınan Radyasyon Dozları ve Oransal Değerleri (TAEK) | 8 |
| Şekil 2:Gazlı Radyasyon algılama detektörü..... | 24 |
| Şekil 3:Geiger müller tüpleri | 25 |
| Şekil 4:Sintilasyon algılayıcıları (TAEK (A))..... | 27 |
| Şekil 5:Olayların n tane olasılığa ayrılması..... | 36 |
| Şekil 6:İki boyutlu benzetişim geometrisi | 37 |
| Şekil 7:Üç boyutlu benzetişim geometrisi | 38 |
| Şekil 8 : 662 KeV (^{137}Cs) enerjisinin tümünü kurşuna aktaran fotonların sayısı 39 | |
| Şekil 9 : 1.25 MeV (^{60}Co) enerjisinin tümünü kurşuna aktaran fotonların sayısı 39 | |
| Şekil 10: 662 keV ^{137}Cs saçılan foton..... | 40 |
| Şekil 11: 1.25 MeV (^{60}Co) saçılan fotonların sayısı..... | 41 |
| Şekil 12: ^{137}Cs 1 cm yapıyı gecen fotonların sayısı..... | 42 |
| Şekil 13: ^{60}Co 1 cm yapıyı gecen fotoların sayısı..... | 42 |
| Şekil 14: ^{137}Cs Kursun yapıdan saçılan foton sayısı | 43 |
| Şekil 15: ^{60}Co Kursun yapıdan saçılan foton sayısı..... | 43 |
| Şekil 16: ^{137}Cs 7 cm kursun yapıyı geçenlerin sayısı | 45 |
| Şekil 17: ^{60}Co 7 cm kursun yapıyı geçenlerin sayısı | 45 |
| Şekil 18: ^{137}Cs 7 cm Kursun yapıdan saçılan fotonların sayısı | 46 |
| Şekil 19: ^{60}Co 7 cm Kursun yapıdan saçılan fotonların sayısı | 46 |

RESİM LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Resim 1: Kalem dozimetre | 28 |
| Resim 2: Kurşunlu Gözlük | 29 |
| Resim 3: Boyun Koruyucu Örneği | 30 |
| Resim 4: Kurşunlu Önlük Örnekleri..... | 32 |
| Resim 5: Kurşunlu Eldiven Örneği..... | 33 |
| Resim 6: Kurşunlu Paravan Örneği | 34 |
| Resim 7: Kurşunlu Gonad Koruyucu Örneği | 34 |

TABLO LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Tablo 1: Bazı Bölgelerimize Ait Doğal Radyasyon Dozu..... | 6 |
| Tablo 2: Doz Sınırlar(TAEK) | 21 |

ÖZET

Sanayinin devriminden önceki dönemlerde İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili çalışmalar vardı. Fakat sanayi devrimiyle birlikte faaliyet alanlarının artması, işlemlerin karmaşıklaşması, üretimde kullanılan malzemelerin çeşitlenmesi sonucunda tehlikeler çoğalmış, konu ile ilgili sistemli çalışmaların yapılmasını, kanun ve kuralların konulmasını zorunlu hale getirmiştir. Radyasyonun kullanımı bu faaliyet alanlarından sadece bir tanesidir. Daha sonraları radyasyonun insan üzerinde etkileri araştırıldığında bir takım hastalıklara davetiye çıkardığı saptanmıştır. Meslek gereği radyasyon ile çalışan insanlarda daha fazla radyasyon dozuna maruz kalır. İşin yürütümü sırasında alınan bu dozlar hemen veya zaman içerisinde çalışanları ruhen veya bedenen öze uğratmıştır. Bu yüzden radyasyondan korunmak işçiler, işveren, devlet ve toplum açısından önemlidir.

Bu çalışmada gamma radyasyonundan korunmak için 2 farklı izotoptan yayımlanan radyasyonun, farklı kalınlıkta kurşun zırha etkisi Monte Carlo Benzetişim Tekniğiyle incelenmiştir. Ayrıca çıktı sonuçları teorik değerler ile kıyaslanmıştır. İmpact detektörler vasıtası ile gamma radyasyonlarının enerji dağılımı, saçılan, yansıyan ve soğurulan gamma radyasyonlarının verileri analiz edilmiştir. Bu iki farklı izotop için uygun kalınlık değeri bulunmuştur.

Monte Carlo Benzetişim Tekniği (MCBT) olarak adlandırılmıştır. Noktasal kaynaklardan yayımlanan gamma radyasyonlarının doğrultuları detektörlere ve kurşun ortamında etkileşim yapacak şekilde gönderilmiştir. Detektör içinde fotoelektrik etki, incoherent saçılma (compton) ve çift oluşumu etkileşimleri dikkate alınarak enerji dağılımları ve saçılan, yansıyan ve soğurulan gamma radyasyonlarının sayımları karakteristik parametreleri belirlenmiştir.

ABSTRACT

There were studies on the Occupational Health and Safety in the period prior to the industrial revolution. However, The Danger were increased the diversification of the study area with the industrial revolution, the complexity of the process and diversification of materials used in the manufacture. Because of these, It is necessary to study systematic on the subject and put the laws and rules. The use of radiation is only one of these activities. Afterwards, When investigated the effects of radiation on human it was determined that an invitation to a number of diseases.

People working in the radiation area exposed to more radiation dose. It gives harm to the people spiritually and physically during taken doses of doing work. It is important to protect working people from radiation in terms of workers, employers, government and society.

In this study, to protect against gamma radiation, The effect of radiation emitted from two different isotopes to different thickness lead shield was analyzed by Monte Carlo Simulation Tecniqie. It was also compared with the results from the theoretical values. Energy distribution and scatter, reflection and absorption of gamma radiation data were analyzed by impact detector. .It was found to correspond to thickness values for different two isotopes.

Monte Carlo Simulation Technique has been called MCBT. Direction of the emitted gamma radiation from point sources has been sent directly to the detector so that it can interact with the environment and lead.The detector in the photoelectric effect, incoherent scattering (Compton's) and pair formation is taken into consideration interactions. Energy distribution and scatter, reflection and absorption of gamma radiation counts were determined characteristic parameters.

1 GİRİŞ

Dünya varoluşundan bu yana sürekli olarak radyasyonla etkileşim içinde olmuştur. Bu durum dünya üzerinde var olan tüm canlıları da etkilemiştir. Dünyanın oluşumuyla birlikte canlıların yaşam alanında bulunan çok uzun ömürlü radyoaktif elementler normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Maruz kaldığımız ve kalabileceğimiz doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirleyen fiziksel ve kimyasal etkenler vardır. Bunlardan bazıları; yaşanan yer, bu yerin toprak yapısının özellikleri, binalarda kullanılan malzemeler, jeopolitik konum ve hava şartlarıdır. Yağış, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgâr yönü gibi etkenler de doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirlemede etkin rol oynar zira Çernobil faciasında rüzgâr etkisi radyoaktif bulutların yönünü etkilemiştir.

Geçtiğimiz yüzyılda bu doğal düzey, bazı nedenlerden dolayı artış göstermiştir. Bu nedenler nükleer bomba denemeleri ve radyasyonun kullanım alanının artması ile maruz kalınan radyasyon seviyesi bir hayli artış göstermiştir. Teknolojik ürünler de radyasyon içerikli malzeme ve materyal kullanımı ile insanlar daha fazla radyasyona maruz kalmıştır. Bu sebeple insanları radyasyondan korumak için bazı uluslararası kuruluşlar ve devletler bu konuda ciddi çalışmalar yapmışlardır. Örneğin UNSCEAR (The United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), insanların çevrelerinde bulunan ve maruz kaldıkları doğal ve yapay radyasyon kaynaklarını, bu kaynaklar nedeniyle radyasyon ışınlanmalarını ve ışınlanmalar ile ilgili riskleri düzenli olarak gözden geçirmekte ve iyileştirme faaliyetlerini yürütmektedir. Çeşitli bildiri, makale yayınlarla ile insanları ve devletleri bilgilendirmekte olan bu kurum, radyasyonla çalışmalarda temel güvenlik esaslarını oluşturmaktadır.

Radyasyon ve radyoaktif maddeler ile çalışanlar mesleki radyasyona maruz kalmaktadır. Buna, mesleki ışınlama da denir. Mesleki ışınlamaların en büyük grubunu tıpta radyasyon alanlarında çalışanlar ve radyoaktif maddeler kullanarak teşhis ve tedavi yapanlar oluşturur. Görevi gereği radyasyon veya

radioaktif maddelerle çalışan personelin, radyasyon dozu ölçen cihazlarla dikkatli bir şekilde aldığı dozların kontrol edilmesi gereklidir. Zira bu kontrolün yapılmaması o bölümde çalışanlar için bir risk doğurmaktadır. Bu risk sonucunda *“işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen özre uğratan olayı”* iş kazası olarak, buna ek olarak yine bu riskler sonucunda *“Mesleki risklere maruziyet sonucu ortaya çıkan hastalık”* ise meslek hastalığı olarak tanımlanmıştır. Bu risklerden kaçınmak ve korunmak için gerekli her türlü önlemin alınması 6331 sayılı kanunda açıkça ifade edilmiştir.(T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2012)

Personelin radyasyon kaynakları yanında onu ruhsal ve bedensel şekilde kötü etkileyecek sürelerden fazla kalmaması ve kendisi ile radyasyon kaynağı arasında gerekli zırh malzemesi koyarak radyasyon tehlikelerinden korunmaları sağlanmalıdır. Çalışanın maruz kaldığı radyasyon dozları film veya diğer tip dozimetreler ile ölçülerek 5 yılın ortalaması yılda müsaade edilen 20 mSv’lik doz sınırını aşanlar ikaz edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.(TAEK (A))

Türkiye’nin Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) öncülüğünde üye olduğu uluslararası radyasyondan korunma komisyonu (ICRP), uluslararası atom enerjisi ajansı (IAEA) ile bu kurumların yayımladığı standartlara uygun düzenlemelerde:

- Uygulanabilir, yeterli ve güvenli bir kontrol mekanizması ile bu mekanizmanın kontrol dışı kalması halinde başka bir mekanizmanın kurulması
- Kişisel doz ölçen aletler ve çevresel kontrol işlevlerinin yerine getirilmesi
- Radyasyon ölçme, takip cihazlarının standart dozimetrelaboratuvarlarına uygun olarak ölçümleme yapılması gerektiği

- Mesleki maruziyet dozu ve bu doz derecesine uygun olarak korunma ve güvenlik için uygun ve yeterli donanım, ekipman ve hizmetlerin sağlanması gerektiği,
- Çalışanların sağlık kontrollerinin belirli aralıklarla yapılması gerektiği,
- Her ülkenin radyoaktif kaynaklar için ulusal kayıt sisteminin bulunmasının gerektiği ve bu kayıtların korunması ve diğer ülkelerle uyumu için aynı formatta tutulması gerektiği belirtilmektedir.(TAEK (A))(MEB, 2011)

Bu çalışmanın amacı radyasyon ile çalışanların temel koruma prensipleri, radyasyon kaynağı bulunan yerlerde bina ve tesislerin özellikleri, radyasyon yayımını azaltacak ve bizi en temel radyasyon kaynaklarından koruyacak kişisel koruyucu donanımları tanımlayarak kurşun ortamında gamma radyasyonun etkisi incelenmiştir.

KURAMSAL BİLGİLER

1.1 Radyasyon

Radyasyon Latince bir kelime olup dilimize ışığa olarak geçmiştir. Atomlardan, Güneşten, Yıldızlardan yayılan radyasyon: elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır. Radyasyonu maddeler üzerinde etkilerine göre iyonlaştırıcı olmayan ve iyonlaştırıcı radyasyon diye iki sınıfa ayırabiliriz.(AKDOGAN, 2010)

1.1.1 İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun enerjisi, iyonlaştırıcı radyasyonlara kıyasla çok daha küçüktür. Maddeyle etkileştiklerinde iyonizasyondan oluşmazlar. Fakat daha farklı etkileri olabilir. Örneğin; molekül ve atomların döngüsel, titreşimsel veya elektronik değerliğini değiştirme özelliğine sahiptirler. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon, iyonizasyon enerjisi sıcaklığına çıkartacak kadar ısı verdiklerinde, termal iyonizasyona sebep olabilirler. Bu termal iyonizasyon: kızartma tipi yemekler de pişirme sırasında besin maddesindeki kızıl ötesi radyasyonun neden olduğu renk değişimi, termal iyonizasyona iyi bir örnek olarak gösterilebilir.

Sonuç olarak, iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun canlı organizmalar üzerindeki zararlı etkileriyle ilgili çalışmalar hala devam etmektedir. Farklı çeşitlerdeki iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun canlı organizmalar üzerinde farklı etkiler bıraktıkları gözlenmektedir.(Türk Fizik Derneği)

1.1.2 İyonlaştırıcı olmayan radyasyon çeşitleri

- Radyo dalgaları,
- Mikro dalgalar,

- Terahertz,
- Kızıl ötesi ışınlar
- Görülebilir ışık

1.2 İyonlaştırıcı radyasyon çeşitleri

İyonlaştırıcı radyasyon, canlı organizmalara ve hücrelere, en önemlisi ise DNA'ya zarar verebilir. Bu yüzden maruz kalınan iyonlaştırıcı radyasyon çeşidine ve doz miktarına göre de bu zararın derecesi artabilir. Kabaca, 10 elektron volt (eV) daha fazla enerjiye sahip foton veya parçacıklar iyonlaştırıcı özelliğe sahip radyasyon çeşitleridir denebilir.

Alfa, beta parçacıkları, uzaydan gelen kozmik ışınlar, gama fotonları ve X ışınları, atomları ve materyalleri iyonlaştıracak enerjiye sahip radyasyon çeşitleridir. Ayrıca, nötron radyasyonları da iyonlaştırıcı radyasyon olarak kabul edilir. Radyoaktif maddeler, X ışını tüpleri, parçacık hızlandırıcılar laboratuvar ortamında üretilen iyonlaştırıcı radyasyon kaynağıdır. Doğada var olan çok uzun ömürlü radyoizotoplar da iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarıdır. Bu tür radyasyonlar maalesef gözle görülemez ve duyu organıyla fark edilemezler. Bunların çevrede olup olmadığının tespiti için genellikle radyasyon doz ölçümü için tasarlanmış özel cihazlar kullanılır. *Cherenkov* radyasyonu ve *radyoluminisans* (Radyo ışınım)'da olduğu gibi bazı durumlarda, maddeyle etkileşimleri sonucunda dalga boyu insan gözünün algılayacağı enerji aralığında foton yayımlanmasına neden olabilir. Radyasyonun bilinçli kullanımı tıp, sanayi, araştırma, inşaat ve diğer birçok alanda insan yararına kullanılmakta iken uygun bir şekilde kullanılmadıkları zaman birçok sağlık sorununa yol açar. Canlı organizmaların iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalması sonucunda, cilt yanıkları, radyasyon kaynaklı hastalıkları ve ölümler, daha düşük dozlarda, uzun zaman içerisinde ise kanser, tümör ve genetik hasarlar meydana gelebilir. (Türk Fizik Derneği)

1.2.1 İyonlaştırıcı radyasyon çeşitleri

- Alfa Parçacıkları,
- Beta Parçacıkları,
- X ışınları, Gama ışınları,

➤ Nötronlar

1.3 Doğal Radyasyon Kaynakları

Doğa da iyonlaştırıcı radyasyon hemen hemen yer yerde bulunabilir. Dünyadaki kozmik radyasyon kaynağı uzaydır. Aslında dünyanın kendisi de radyoaktiftir. Bu nedenle üzerinde bulunduğumuz dünya çevremizi, soluduğumuz havayı, besin maddelerini doğal radyoaktivite ile etkilemektedir. Hepimiz az ya da çok doğal radyasyona maruz kalmaktayız ve bu saydıklarımızın çoğu insanların için başlıca doğal ışınlanma kaynağıdır. Ancak insan, hayvan ve bitkiler bu doğal radyasyon ortamında evrimleşmiştir. Bu doğal radyasyon miktarı sağlık açısından önemli bir risk oluşturmadığı konusunda genel bir kanı bulunmaktadır.(TAEK, 2009(A))

| | |
|-----------------|--------------|
| Mersin (Akkuyu) | 0.53 mSv/yıl |
| Ankara | 0.44 mSv/yıl |
| Iğdır (Alican) | 0.88 mSv/yıl |
| Çanakkale | 1.23 mSv/yıl |
| Kars (Digor) | 1.58 mSv/yıl |

Tablo 1 Bazı bölgelerimize ait doğal radyasyon dozu (TAEK, 2009(A))

Daha öncede ifade ettiğimiz gibi, Dünya sürekli olarak yıldızlardan ve Güneş'ten gelen radyasyona maruz kalmaktadır. Bu kozmik radyasyonlar tüm canlılar için kalkan görevi yapan dünyanın üst atmosferine çarparlar. Kozmik ışınlar %87 'si protonlardan oluşan yüksek enerjili atom çekirdeklerini içerirler. Yaklaşık %11'i alfa parçacıkları, yaklaşık %1'i daha ağır atomlardan ve kalan diğer % 1 'i ise elektronlardır. Bu ışınlar çok yüksek enerjilere sahiptir, çoğu 10 MeV ile 100 GeV arasındadır.

Kozmik ışınlar uzaydan yani dünya dışından gelen radyasyonlardır. Güneş sistemi dışından gelen Galaktik ve Güneşten yayılan solar sisteme ait parçacıklar kozmik ışınları oluşturur. Yerden yükseklere çıkıldıkça kozmik radyasyona maruz kalma riski artmaktadır. Bu yüzden havayolu şirketlerinde çalışan hostes ve

pilotlar yerde çalışan işçilere göre daha fazla radyasyonammaruz kalmakta ve doğal radyasyon düzeyinden yaklaşık 20 kat daha fazla radyasyon dozu almaktadır. Günlük yaşantımızda, kozmik ışınlar nedeniyle aldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,39 mSv/yıl'dır. (İSKENDER, 2005)

Hidrokarbon içeren fosil yakıtlar örneğin kömür, petrol ve doğal gaz gibi kaynaklar doğal enerji kaynaklarıdır. Bu fosil yakıtlar uzun ömürlü radyoaktif elementler içerirler. Bu tür yakıtların içinde bulunan radyoaktif elementler yakıt içerisindeyken bir radyasyon tehlikesi yaratmamasına rağmen yakıtlar yakıldıklarında radyoaktif elementler atmosfere yayılır daha sonrada sonra toprağa dönerek doğal radyasyon düzeyinde artışa neden olurlar.(GENÇER, 2003)

Doğada bulunan kısa ömürlü radyoaktif elementlerin yaydığı gama ışınlarının da dikkate alırsanız topraktan alınan radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,5-1 mSv/yıl dır.(İSKENDER, 2005)

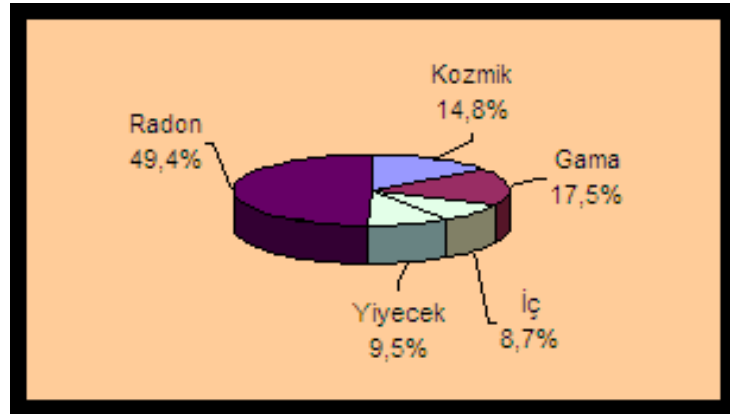
Vücudumuzda bulunan, özellikle Potasyum-40 radyoaktif elementinden dolayı da belli bir radyasyon dozuna maruz kalmaktayız. Bir yıl boyunca Potasyum-40 radyoaktif elementinden dolayı aldığımız iç radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,23 mSv'dir. (TOGAY, 2002) Gıdalardan ve havadan dolayı maruz kalınan radyasyon dozunun dünya ortalaması yaklaşık 0,25 mSv/yıl'dır. Özellikle, kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerirler ve bu ürünleri fazla miktarda tüketen insanlar bu ortalamanın üzerinde radyasyon dozu alırlar.(TOGAY, 2002)

Doğal radyasyon düzeyini arttıran en önemli sebeplerden biri, yer kabuğundaki radyoaktif Radium elementinin (226Ra) bozulması esnasında oluşan Radon gazıdır. Radium-226 elementinin bozulması sırasında oluşan, diğer radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalmasına rağmen Radon gazı toprak boşluklu yapısından dolayı yüzeye doğru yükselir. Eğer bu gaz, olasılıklar sonucunda seyrelirse herhangi bir sorun oluşturmayabilir. Radon gazının yüksek derece yayıldığı yüzey üzerinde bulunan evlerde iyi bir havalandırma sisteminin bulunması gerekir. İyi bir havalandırma sisteminin bulunmadığı durumlarda,

Radon gazı evin içerisinde, dış ortamdan yüz kat daha fazla bulunacaktır. (KURU, 2003)Bu gaz teneffüs edildiği takdirde akciğerlere geçici olarak yerleşip, tüm dokuların radyasyona maruz kalmasına sebep olabilecektir. Radon gazından dolayı, dünya genelinde maruz kalınan ortalama doz 1,3 mSv/yıl'dır. Radon gazı hariç doğal radyasyonun sağlık üzerinde zararlı bir etkisi görülmez.

1.4 Yapay Radyasyon Kaynakları

Son yüzyılda teknolojinin gelişmesine paralel olarak dünyada radyasyonun kullanım alanları artmıştır. Örneğin Nükleer reaktör, Nükleer silah denemeleri, tıpta uygulanan iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları, sanayi kuruluşları ve bilimsel çalışmalar bunların bazılarıdır. Bu olaylar özellikle nükleer bomba denemeleri atmosferde yapay radyasyon kaynaklı radyasyonun artışına sebep olmuştur.



Şekil 1Dünya Genelinde Yapay Radyasyon Kaynaklarından Maruz Kalınan Radyasyon Dozları ve Oransal Değerleri (TAEK)

1.4.1 Tıbbi uygulamalar

Radyasyonun tıbbi alanda kullanımı çok geniştir. Örnek olarak radyasyonla görüntü elde edebilme ve radyasyonun hücre veya tümörleri yok edebilme gibi avantajlara sahiptir. Bu özelliğinden dolayı radyasyon tedavi ve teşhis amaçlı kullanımlarda önemli bir yer tutmaktadır.

1.4.2 Tamsal radyoloji

Radyasyonun tıbbi alanda kullanımının en güzel örneği X ışınlarıdır. Her an daha gelişmekte olan bu yöntem genellikle hastalıkların teşhisi amacıyla kullanılan X ışınları, hastadan geçirilerek hastalıklı bölgenin görüntüsü röntgen filmi olarak da adlandırılan radyografi filmi şeklinde elde edilir.(TAEK., (b)2009)

1.4.3 Nükleer tıp

Vücut, organ veya doku fonksiyonu üzerindeki çalışmaları yürütmek üzere bazı radyoaktif maddeler nükleer tıp tarafından kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda radyoaktif maddeler vücut dokusu içinde radyoaktif maddelerin incelenecek organ veya dokuda geçici olarak toplanması için bir kimyasal madde birleşimi halinde verilir. İlgili yerlerden salınan gamma fotonları özel cihazlar ile tespit edilir.

1.4.4 Radyoterapi

Özellikle kanserli hücre tedavilerinde kullanılan bu yöntem hastalıklarının %50'sinin tedavisinde etkin olarak kullanılır. Yaygın olarak yüksek enerjili elektron hızlandırıcılar ve Co-60 radyoaktif kaynaklı cihazlar kullanılır. Tedavinin amacına ulaşması için tedavi edilecek bölgeye tedavi süresince gerekli doz verilirken sağlam doku ve organların dozunun minimum düzeyde tutulması radyoterapi ile mümkün olmaktadır.

1.4.5 Endüstriyel uygulamalar

X ve gama ışınlarından yararlanılarak tahribatsız muayene ile endüstriyel ürünlerin (borular, buhar kazanları, her türlü makine aksamaları, vs.) her hangi bir hata içerip içermediği tespit edilmektedir. Bu çalışmalar genel olarak radyografi olarak adlandırılırlar. Radyografi dışında radyasyondan yararlanılarak yine birçok sanayi ürününün (demir, çelik, lastik, kâğıt, plastik, çimento, şeker, vs.) üretim aşamasındaki malzemenin özellikleri ile ilgili ölçümleri ve yapısal

karakterizasyonunu yapılmaktadır. Akarsularda debi ölçümü, barajlarda su kaçaklarının tespiti, yeraltı sularının hareketlerinin takibi, ışınlama tesislerinde gıda ışınlanması ve tohum ıslahı gibi alanlarda kullanılmaktadır. Radyasyondan yararlanılarak mutasyona uğratılan tohumlar daha verimli ve dayanıklı hale getirilmektedirler.

1.4.6 Tüketici ürünleri

Cep telefonları, duman detektörleri, fosforlu saatler, paratonerler gibi bazı tüketici ürünleri az miktarlarda da olsa radyoaktif madde içerirler. Kömür ve fosfat kayaları uranyum, radyum, potasyum-40 ve toryum içerirler. Fosfatın gübre ve kömürün yakıt olarak kullanılması esnasında çevreye az da olsa belli bir radyasyon dozu verilir.

1.4.7 Nükleer bomba denemeleri

1945-1990 yılları arasında 420 kadar yerüstü ve 1050 kadar da yer altı nükleer bomba denemesi yapılmıştır.(ATAKAN, 2006) Bu denemeler sadece açıklanan sayılar olduğu için kesin sayı bilinmemektedir. Nükleer bombalar; atom çekirdeklerini parçalanmasıyla meydana gelir. Atom bombasında ya uranyum 235 ya da plütonyum 239 çekirdekleri parçalanırken ortaya çıkan nötronlar başka çekirdekleri parçalayarak ve zincirleme tepkimeler sonucu çok büyük bir enerji, ısı ve basınç dalgası meydana getiriyor. Birçok izotop meydana gelirken iyonlaştırıcı radyasyon ortaya çıkıyor. Yer üstünde yapılan bu bomba denemeleri ortaya çıkan radyo izotoplar, atmosfere karışarak hava akımının yardımıyla dünyanın çeşitli yerlerinde bulunan insanları etkileyebiliyor.

Peki, bunlar insanları nasıl etkiliyor? Bu bomba denemelerinde ortaya çıkan radyo izotoplar su, hava, toprak ve besin maddelerine bulaşarak solunum veya sindirim yoluyla insanları etkiler. Dışsal ışınlamada önemli olanlar ise yarılanma süreleri oldukça kısa olan Zr 95, Nb 95, Ru 103, Ba 140 gibi radyo izotoplarla çok daha uzun yarılanma süresi olan Cs 137 (30.17 yıl) gama ışınlarının önemli kaynaklarıdır. 1963-1965 yılları arasında Avrupa'da besinlerde rastlanan radyoizotoplar 1961 ile 1962 yılları arasında yapılan en yoğun nükleer bomba denemelerinin katkısı oldukça fazlaydı. Bu yolla alınan besinlerde içten ışınlanma

ve dıştan ışınlama sonucu alınan radyasyon dozu yılda kişi başına 0.01mSv'den az olup bu değer diğer ışınlamalar yanında oldukça küçük kalmaktadır.(ATAKAN, 2006)

1.5 Nükleer reaktör kazaları

Çernobil nükleer reaktör kazası, Çalışanların güvenli çalışma tekniklerinden ve iş güvenliği konusunda yeterli bilgi birikiminden yoksun olduğunun göstergesidir. Kısaca kazanın nasıl olduğunu değerlendirmek gerekirse reaktör çalışırken bir deneyin yapılması neden olmuştur.

Deneyin Amacı

Jeneratör volanlarının döngü enerjisinin acil durum soğutma pompalarını, dizel jeneratörleri devreye girene kadar istenen voltajda 25 saniye süreyle besleyip beslemeyeceğini test etmekte.(TAEK, 2009)Geriye kalan öteki acil güvenlik sinyali bağlantılarını da kestikten sonra türbinlere giden buhar akışı durduruldu. Bunun sonucunda dolaşım pompaları ve reaktörün soğutma sistemi yavaşladı. Yakıt kanallarında ani bir ısı yükselmesi görüldü ve yapısal özellikleri nedeniyle reaktör tümüyle denetimden çıkmış oldu. Tehlikeyi fark eden teknisyenler, reaktörün durdurulmasını sağlamak amacıyla bütün denetim çubuklarını derhal sisteme sokmaya karar verdiler ama aşırı derecede ısınmış bulunan reaktörlerde saat 01.26'te, yani deneye başlanmasından bir dakika sonra iki patlama oldu.

Kaza

Kazadan sonra yapılan soruşturmalar, *kazanın, "reaktör tasarımındaki hatalar ile güvenlik sistemlerinin devreden çıkarılması, işletme kurallarının hiçe sayılması ve reaktörün kararsız bir duruma getirilmesi"* gibi bir dizi insan hatası sonucu meydana geldiğini göstermiştir.(ARIKAN, 2007) Reaktörde soğutma suyu basan ana pompalar durdurulurken, kontrol çubukları da yukarı çekilerek kritik üstü duruma sokulmuş ve hızlı bir güç yükselmesini izleyen buhar patlaması,

reaktörü ve reaktör binasını tahrip etmiş ve reaktörün üst kapağını yerinden fırlatmıştır. (ATAKAN, 2006)

Sonrası etkiler

Çernobil kazasının, dünya tarihi açısından önemi: Çalışanların radyasyon nedeniyle öldükleri ilk kaza olması sebebiyle oldukça önemlidir. Kaza sırasında reaktörde radyasyona maruz kalan 237 kişinin 134'ünde akut radyasyon hastalığı tespit edilmiştir. İşçilerin 28'i kaza sonrasındaki ilk üç ay içerisinde, diğer 14 işçi ise de daha sonra maruz kaldıkları radyasyon dozu sebebiyle hayatlarını kaybetmişlerdir. Santralin temizlenmesinde çalışan 200.000 kişi 100 mSv mertebesinde ortalama tüm vücut dozu almışlardır. Çernobil Nükleer Reaktörü kazasında çevredeki halk için ortalama tüm vücut dozu 15 mSv olmuştur. Kaza bölgesinden 30 km'lik bir yarıçap içerisinde yaklaşık 135.000 kişi kazadan sonraki birkaç hafta içerisinde bölgeden göç ettirilmiştir. Bu kişilerin yaklaşık %10'u 50 mSv, %5'i ise 100 mSv'den fazla doz almışlardır. Türkiye ise kişi başı ortalama 0,5 mSv doza maruz kalmıştır. (ARIKAN, 2007)

Fukuşima kazası

11 Mart 2011'de Japonya Richter ölçeğine göre 8.9 şiddetinde büyük bir depremle karşı karşıya kalmış ve bu depremin ardından meydana gelen tsunami felaketi ile büyük zarar görmüştür. Ne yazık ki, dev dalgaların 10-15 metre kadar yüksekliğe ulaşması büyük, küçük demeden tüm araçları, evleri, gemileri, bazı binaları yerinden alıp kıyıda kilometrelerce içeriye sürüklediği görülmüştür.

Bu dev dalgalar depremden daha fazla can kaybında neden olmuştur. Japonya'da 19 adet nükleer santral sahasında işletimde olan toplam 50 adet nükleer reaktör mevcut idi. Deprem ile birlikte tüm reaktörler kapanma işlemi yapılmış ve uygun olarak kapatılmıştır. Deprem sırasında reaksiyonun sönümlemesini sağlayacak olan güvenlik sistemleri de başarıyla çalışmıştı. Reaktörlerin durdurulmasından sonra radyoaktif bozunum enerjisini sistemden çekmek için kullanılan soğutma sistemi de çalışmıştı. Fakat depremin ardından kapatma ve soğutma işlemleri devam ederken santrallerden bazıları, depremden 56 dakika sonra gelen tsunamiden etkilenmiş. Bu felaketlerden en çok zarar gören Fukuşima Dai-ichi Nükleer Santrali olmuştur. Deprem öncesinde Fukuşima Nükleer Santrali'nin 1. 2. ve 3. üniteleri çalışıyordu. Deprem ile birlikte bu üç ünitenin de doğru şekilde

kapama durumuna geçtiği rapor edilmiştir. Ancak bozunuma enerjisini sistemden çekilmesi için soğutma işlemlerinin yürütüldüğü sırada, boyu 14-15 metreyi bulduğu tahmin edilen tsunamiler karaya vurmuş ve soğutma işlemleri sekteye uğramıştır. Tsunami ile birlikte yedek güç ünitelerinin de kullanılmaması(dizel jeneratörler) ile kaza bir felakete dönmüştür.

Kaza Sebebiyle Yaşanan Radyasyon Etkilenmeleri

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP)'nin 103 no'lu en son tavsiyesinde radyasyon görevlileri için planlı ışınlama durumlarında doz sınırı ardışık 5 yılın ortalaması olmak üzere yıllık 20 mSv'dir. Bir yılda maksimum 50 mSv'lik doz değerinin aşılmaması tavsiye edilmektedir. Kadın çalışanlar için, hamileliğin belirlenmesinden sonra, hamileliğin geri kalan döneminde embriyo/fetüs için ilave doz sınırı 1 mSv'dir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından verilen rehber değerlere göre acil durumlarda bir radyasyon işçisinin alabileceği etkin doz 500 mSv'i aşmamalıdır. Japon mevzuatına göre 100 mSv olan etkin doz sınırı 250 mSv'e çıkarılmıştır. Kazadan sonraki Mayıs ayı sonuna dek yaklaşık 7800 çalışan santral sahasına girmiş ve ortalama olarak yaklaşık 7,7mSv doz almışlardır. 30 çalışan ise 100mSv'in üzerinde doza maruz kalmıştır. 24 Mayıs günü iki işçi üçüncü ünitenin türbin binasının tabanındaki elektrik kablolarını kontrol için içeri girmiş ve yerde birikmiş radyoaktif kirli suya basmışlar, ayakkabılarının içine su girmiş ve ayak tabanlarından radyasyona maruz kalmışlardır. Hemen doktor kontrolüne alınan işçilerin 2-3 Sv doz almışlardır. (DUMAN, 2011)(IAEA, 2011)

2 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Tanımı: Çalışma ortamında çeşitli nedenlerden kaynaklanan insanları ruhen ve bedenen zarar verebilecek tehlikelerden korunmak amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır. İş sağlığı ve iş güvenliğinin üç temel amacı bulunmaktadır. Bu amaçlar öncelik sırasına göre aşağıda sıralanmıştır.

- Çalışanları Korumak
- Üretim Güvenliğini Sağlamak
- İşletme Güvenliğini Sağlamak

2.1 Çalışanları Korumak

İş sağlığı ve iş güvenliği çalışmalarının en temel hedefini oluşturur. Çalışanları iş yerinden kaynaklanacak tehlike ve risklerin olumsuz etkilerinden korumak, rahat ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamak, diğer bir deyiş ile çalışanların ruh ve beden bütünlüklerinin sağlanması iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı korunmasıdır.

2.2 Üretim Güvenliğini Sağlamak

Bir işletmede üretimin güvenliğinin sağlanması ile verimin artması ile paralellik göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında özellikle ekonomik açıdan önemlidir. İşletmede çalışan işçilerin korunmasıyla meslek hastalıkları ve iş kazaları sonucu kayıpların azalması nitelikli iş gücü ve iş günü kayıplarından kaynaklanacak görünen veya görünmeyen maliyetleri azaltarak ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Buna ek olarak üretim korunacak, sağlıklı ve güvenli çalışma ortamının işçiye verdiği güvenle iş veriminde artma olacaktır.

2.3 İşletme Güvenliğini Sağlamak

İşyerinde alınacak tedbirler ile güvensiz durum ve davranışların çalışma ortamından uzaklaştırılması patlama, yangın gibi iş yerini tehlikeye düşürebilecek durumların ortadan kaldırılmasına yardımcı olacaktır. Bunlar ile birlikte işletme güvenliğinin sağlanması daha kolay olacak ve işletmeye saygınlık açısından da katkı sağlayacaktır.(Aviva)

2.4 Dünyada İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihçesi

Hastalığın insanın kaderinde vardır görüşü ve iş kazalarını yapılan işin gereği olarak kabul edilmesi iş güvenliğinin gelişiminin yavaşlamasına neden olmuştur.

Hipokrat (MÖ 460-370) yılları arasında madendeki kurşun zehirlenmesi üzerine çalışmalar yapmış ve meslek hastalıklarına olan ilgide başlamıştır. Antik Roma'da yaşayan Pliny kurşun ile kükürdün zehirli etkileri üzerine çalışarak MS 23-27 yılları arasında ilk kişisel koruyucu donanım olan deri maskeleri yapmıştır. Yunanlı doktor Galen ise MS 2 yüzyıl civarında asit buharının etkilerini ve kurşun zehirlenmesi incelemiştir. Rönesans (MS 1500–1800) meslek hastalıkları ile ilgili çalışmaların devam ettiği bir dönem olmuştur.

İş sağlığı ve güvenliğinin dönüm noktası, PercivalPott'un baca temizleyiciler üzerinde yaptığı bir araştırma sayesinde olmuştur. Araştırma sonucunda baca temizleyicileri işi gereği kanser hastalığına yakalandığını ifade etmiştir. Buna istinaden İngiliz Parlamentosu'da 1788'de Baca Temizleyicileri Yasası ve 1833 yılında İngiliz Fabrikaları Yasasının çıkarılmasıdır. İş sağlığı ve güvenliğinin 19 yüzyıldan sonra ciddi derecede ele alınmıştır. 1802'de çıkartılan Çıraklık Sağlık ve Ahlak Yasası, 1824'e kadar yasak olan sendikal etkinlikler kaldırılması bu kanıtlardan sadece 2 tanesidir.

Sanayi devrimi ile faaliyet alanlarının artmasının yarattığı olumsuz çalışma koşullarının engellemek amacıyla, işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili yasalar hazırlanmıştır. Yasalara uymayanlar için yaptırımlar uygulanması

konusunda çeşitli etkinliklerde bulunmuşlardır. Sosyal güvenliğe ilişkin ilkeleri on dokuzuncu yüzyılda yaygınlaştırdı. Örneğin çeşitli sigorta kurumları kurulmuş ve iş kazaları ile meslek hastalıkları sigortası uygulanmaya başlanmıştır. 1919 yılında Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) kurulmuştur. 1946 Birleşmiş Milletler ile bir anlaşma imzalayarak üye devletler için iş güvenliği konusunda önerilerde bulunan uzman bir danışmanlık kurumu olmuştur. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ile Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gibi birçok kuruluş işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden önemli çalışmalar yapmışlardır.

2.5 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Ülkemizdeki Gelişimi

Osmanlı döneminde sanayileşmenin Avrupa'ya göre daha geç gerçekleştiği ve fabrika denilecek kadar büyüklükteki işletmelerin azlığı iş güvenliği konusunda çalışmaların gecikmesine neden olmuştur. Bu dönemde ilk olarak 1865 yılında Ereğli kömür madenlerinde çalışan madenciler için düzenlemeler yapılmıştır. Daha sonra 1869 yılında konu ile ilgili Maadin nizamnamesi yayınlanmıştır. Cumhuriyet döneminde ise 1921 bir yılında 151 sayılı Ereğli Havza-i Fahmiye Maden Amelesinin Hukukuna müteallik kanun çıkartılmıştır. Bu resmi olarak iş ilk sağlığı ve güvenliği kanununu oluşturmuştur.

1924 yılında 394 sayılı yasa çalışanlara hafta tatilini getirmiştir. Daha sonra ise 1935 yılında milli bayram ve genel tatil günleri hakkındaki yasa da yürürlüğe girmiştir. 1926 yılında 818 sayılı Borçlar yasası, iş kazası meslek hastalıkları ile ilgili hukuki hükümler getirmiştir. 1930 yılında çıkarılan Belediyeler Yasası ise denetim konusunda hükümler içermektedir. 1930 yılında çıkarılan 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ve 1937 yılında çıkarılan 3008 sayılı İş Yasası bu konuda çıkarılan önemli yasalardır. Bu yasalara dayalı çok sayıda tüzük ile detaylar ve uygulamalar belirlenmiştir. 1946 yılında Çalışma Bakanlığını kurulması İş güvenliği ve İş sağlığı konusunda en önemli aşama olarak görülmektedir. 1945 yılında 4792 sayılı — İşçi Sigortaları Kurumu Yasası da önemli bir aşamadır. 3008 sayılı İş Yasası, 1967 yılında 931 sayılı yasayla yürürlükten kaldırılmış, bunun yerine ise 1971 tarihinde 1475 sayılı İş Yasası

gelmiştir. Bu yasa uzun bir süre yürürlükte kalmış ve bu yasaya dayanarak birçok tüzük ve yönetmelikte çıkarılmıştır. Son olarak 2003 tarihinde 4857 sayılı ĞĞ Yasası yürürlüğe girmiştir. 1964 yılında yürürlüğe giren 506 sayılı Sosyal Sigortalar Yasası işçilere çeşitli risklere karşı güvenceler getirmiştir. Bu yasa 2003 yılında çıkarılan 4958 sayılı yasayla değiştirilmiştir. 16.06.2006 tarihli 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Yasası kabul edilmiştir. 4857 sayılı İş Yasasıyla birlikte ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatımız da değişmiş, bu yasayla birlikte 50 yönetmelik ve 5 tebliğ yayımlanmıştır. Son olarak 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu ile güvence, ceza ve kapsamlar daha da genişletilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin iş yerlerinde daha aktif rol almaları sağlanmıştır.

2.6 Radyasyon ve İş güvenliği

Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle yeni buluş ve cihazların ortaya çıkması beraberinde de iş güvenliğinin de kendisini yenilemesi zorunlu kılmıştır.1895 yılında Roentgen tarafından X ışınları, 1900 yılların başında Curie tarafından radyoaktivite keşf edilmiştir.

Bu keşiflerden yaklaşık altı ay sonra radyasyondan kaynaklanan ilk hastalık tanımlanmıştır. Bu hastalıktan etkilenen ilk insanlar maalesef onu keşf eden insanlardı. Becruquel ve Curie akut radyasyon dermatinden yakındılar ve radyum yanığı olarak tanımlanan bir hastalıkla karşı karşıya kaldılar. Daha sonra radyasyon, radyasyonun etkileri ve korunma konularına ilgi artı. Radyasyonabağlıcilt kanseri gelişenilk olgu olarak 1902’de rapor edildi. Madam Curie kendisi de kan kanserinden öldü. Saat endüstrsi işçilerin de kemik kanserine bağlı ölümler saptandı. (KIRAÇ, 2008)

Artık radyasyon çalışanların hayatı için bir tehlike olarak tanımlanarak iş güvenliği biliminin alanına girmiş oldu.1905 yılında aşırı derece radyasyon dozunun kansere neden olduğu birçok bilimsel makale ile ispatlandı. Radyasyonun kullanımının artması ile 1900’lerin başında radyasyona maruz kalan birçok işçi ölümcül deri kanserine yakalanmış, kanserin yayılmasını önlemek için 100’den fazla kişinin organları kesilmiş ve birçok radyolog ise bu tip deri kanserinden ölmüştür. (KUŞ, 2012)

Böcekler üzerinde Herman Müller tarafından yapılan bir çalışmada radyasyonun DNA üzerinde kalıcı hasarlar bıraktığı ortaya koymaktaydı. Bütün bunların ortaya çıkması ile radyasyondan korunmak için cihaz, kişisel koruyucu donanımların gelişmesini tetikledi. Devletler araştırma yapan kuruluşlardan görüş alarak işçilerin korunması için yasalar hazırlamaya başladılar. Radyasyondan korunma yönetmelikleri çıkartıldı. Radyasyon ile çalışan işçilerin aldıkları dozlar takip edilerek fazla doz alanların izine çıkarılması sağlandı. Kurşun yelek, gözlük kişisel koruyucu donanımlar zorunlu hale getirildi.

3 RADYASYON DOZ BİRİMLERİ

3.1 Aktivite

Aktivite; radyoaktif maddelerin belirli bir zaman aralığındaki bozulma miktarına aktive denir. Aktivite Birimi Becquerel (Bq) 'dir.

Becquerel (Bq) = bir saniyedeki bozulma sayısıdır.(Yoldaş, 2011)

Özel birim: Curie (Ci)

SI birimi:Becquerel (Bq)

1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq veya 1 Bq = 2.703×10^{-11} Ci 1 Bq küçük bir değerdir.

- Her insanda 1.000 Bq üzerinde Potasyum 40 vardır.
- Radyoterapide kullanılan radyoaktif kaynakların aktivitesi 100 000 000Bq 'den büyüktür
- Nükleer tıp tetkikleri için hastaya verilen aktivite 20 000 000 -1 000 000 000

3.2 Soğurulma Doz Birimi

Özel Birim: Rad

SI Birimi: Gray (Gy)

Rad: Radyasyona maruz kalan 1 gram materyalde emilen 100 erglik enerjiye 1 rad denir. Soğurulan enerji parçacık veya foton olabilir. Son zamanlarda uluslararası sisteme göre (Systeme International, SI) rad yerine Gray birimi kullanılmaktadır.

Gray: Işınlanan maddenin 1 kg'ına 1joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır.(KUŞ, 2012)

1 rad = 0.01 Gy

1 Gy = 100 rad

- Radyoterapide tedavi dozları 40-60 Gy civarında değişebilir.
- Klasik radyolojik tetkiklerde alınan doz 0.001Gy'den küçüktür.
- Yıllık doğal radyasyondan kaynaklanan doz düzeyi (Toprak, Kozmik, gıdalar, Radon) yaklaşık 0,0024Gy'dir.

3.3 Doz Eşdeğer Birimi

Özel Birim: Rem

SI Birimi: Sievert (Sv)

Vücuttaki toplam enerjinin ifadesidir. Düşük doz düzeylerinde radyasyonun tipine ve enerjisine göre biyolojik hasarlarını da içeren bir kavramdır. Radyasyon korunmasında kullanılan bir birimdir.(Yoldaş, 2011)Rem, biyolojik doz birimidir. Farklı tip radyasyonlardan soğurulan enerjiler eşit olsa bile biyolojik etkileri farklı olabilir.

Sievert: 1 Gray'lik x veya gamma ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren radyasyon miktarıdır.(KUŞ, 2012)

1 Rem = 0.01Sv

1Sv = 100 Rem

3.4 Etkin Doz

Etkin doz: Birimi Sievert (Sv) olup, insan vücudunda ışınlanan bütün doku ve organlar için hesaplanmış eşdeğer dozun, her doku ve organın doku ağırlık faktörleri ile çarpılması sonucunda elde edilen dozların toplamıdır.(ÇSGB, 2012)

Etkin doz,

$$E = \sum_t W_t X H_t$$

Formülü ile bulunur H_T doku için eşdeğer doz, W_T doku için ağırlık faktörüdür.
(ÇATAK, 2012)

| | | Radyasyon Görevlileri | Halk |
|--------------------|------------------------|------------------------------|-------------|
| Etkin doz | Yıllık Ortalama | 20 mSv/yıl | 1 mSv/yıl |
| | Tek Yıl | 50 mSv/yıl | 5 mSv/yıl |
| Eşdeğer Doz | Göz | 150 mSv/yıl | 15 mSv/yıl |
| | Cilt | 500 mSv/yıl | 50 mSv/yıl |
| | El-Ayak | 500 mSv/yıl | 50 mSv/yıl |

Tablo 2 Doz Sınırlar(TAEK)

4 RADYASYONDAN KORUNMADA KİŞİSEL KORUYUCUDONANIMLAR

Tanım: Çalışanı, yürütülen işten kaynaklanan, sağlık ve güvenliği etkileyen bir veya birden fazla risk karşı koruyan, çalışan tarafından giyilen takıla veya tutulan, bu maksada uygun olarak tasarım yapılmış tüm alet, araç, gereç ve cihazları ifade eder. İşyerinde kullanılan kişisel koruyucu donanım, Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği hükümlerine uygun olarak tasarlanır ve üretilir. Tüm kişisel koruyucu donanımlar

- 1) Kendisi ek risk oluşturmadan ilgili riski önlemeye uygun olur.
- 2) İşyerinde var olan koşullara uygun olur.
- 3) Kullananın ergonomik gereksinimlerine ve sağlık durumuna uygun olur.
- 4) Gerekli ayarlamalar yapıldığında kullanana tam uyar.
- 5) Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği kapsamına giren ürünlerde uygun şekilde CE işareti ve Türkçe kullanım kılavuzu bulundurur.

İşveren, yapılacak risk değerlendirmesi sonucu alınacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri ile kullanılması gereken kişisel koruyucu donanımı belirler

Şuan için radyasyona en çok maruz kalan iş sektörü tıp alanındadır. Çalışanların radyasyon kaynaklarından korunması için kaynak yanında gereğinden fazlakalmaması ve kendisi ile radyasyon kaynağı arasına gerekli zırh malzemesi (kişisel veya toplu koruma için) konulması sayesinde radyasyon tehlikelerinden korunmalar sağlanır. Tabi radyasyondan korunmak birçok yolla mümkündür. Ama kişisel koruyucu donanımların kullanımı radyasyon ile çalışmalarda daha önem kazanmaktadır. (Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmelik, 2013)

4.1 Dozimetreler

Radyasyonu ölçmek için tasarlanmış cihazlara dozimetre adı verilir. Dozimetrelerde bir kişisel koruyucu donanımdır. Radyasyon ile çalışanların, çalışırken hiç olmazsa bir film dozimetresini göğsünde taşıması gerekir. Çalışan kişinin vücudun ışına daha fazla maruz kalan bölgelerinde dozimetre takmak uygun olur (bilek, parmaklar gibi). Dozimetreler, ışınların çeşitli etkilerine göre çalışır. Radyoloji tanısında, sanayide, bilimsel araştırmalarda kullanım amaçlarına göre değişen farklı dozimetreler vardır.(TC MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, 2011)

4.1.1 Film Dozimetreler

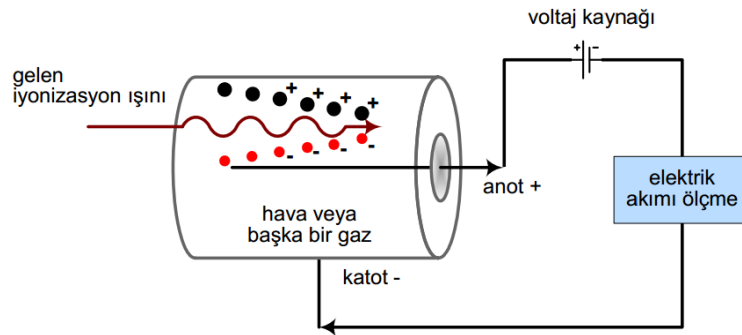
1940'tan beri kullanılan film dozimetreleri genelde plastik kılıf içine yerleştirilmiş bir film yani fotoğraf emülsiyon vardır. Filmin üzeri değişik emilim özelliği olan ve belirli kalınlıklarda alüminyum, kalay gibi maddelerle kapatılmıştır. X-ışınları bu maddelerden geçerken filmüzerinde bir kararmaya neden olur kararmanın derecesi dansitometrik yöntemlerle ölçülerek çalışanın aldığı doz belirlenir. Aktif ölçüm alınmadığı için çalışma şartlarına göre değişebilen kontroller yapılmaktadır ama önerilen bu ölçümlerin aylık yapılmasıdır. Okuma işleminin ardından dozimetre içerisindeki film değiştirilir. Türkiye'de bu dozimetrelerin dağıtımı ve okunması ağılayacak olan kuruluş ise "Atom Enerjisi Kurumu" dur. Film dozimetreler ile 20 mrem'in altındaki dozları ölçülebilecek kadar hassas değildir. Isı ve nem bu tür dozimetrelerin yapısını bozabileceği için oda sıcaklığında, kuru ve nemsiz ortamda saklanmalıdır.

4.2 Gazlı Dozimetreler

İyonlaştırıcı radyasyon, kapalı bir hacimde bulunan gaz içerisinde geçerken gaz atomları ile etkileşerek atomik uyarma ve iyonizasyona neden olup enerjisini kayıp etmektedir. Radyasyonun oluşturduğu iyonizasyon da doz hesabı oluşturduğu yüklerin ölçülmesi temeline dayanır. Bu tip dozimetrelerde kullanılan sıkıştırılmış xenon gazı detektörleri buna iyibir örnektir.(TC MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, 2011)

4.3 İyon Odaları

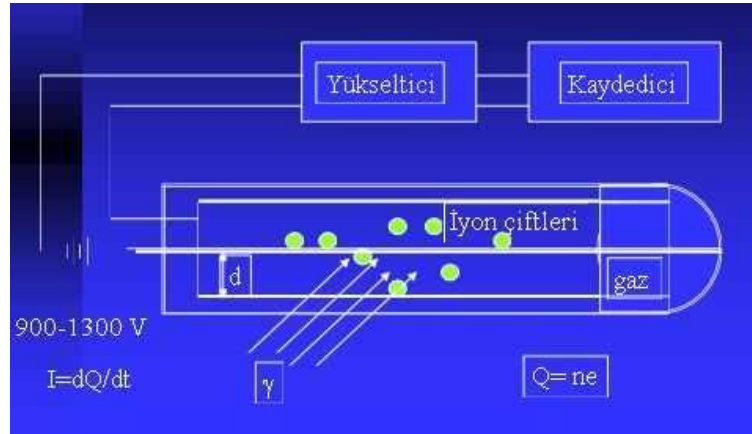
Bu yöntem, gaz atomlarından radyasyon etkisiyle serbest hale geçen elektronların elektrik sinyaline dönüştürülerek ölçüldüğü yöntemdir. Serbestleşen elektronların, cihazın elektrotuyla teması sonucu bir akım meydana gelir. Silindirik şeklindeki havanın ortasında bulunan santral elektrotunda ölçülen voltaj farkı bir cihaz yardımıyla yükseltilebilir. İyonizasyon odaları dozimetrelerinin arasında detektör olarak en sık kullanılanlar “cutiepie” tipi cihazlardır. Bu cihazlarla bir ile birkaç bin mR/saat’lik radyasyon yoğunlukları ölçülebilmektedir.



Şekil 2 Gazlı Radyasyon algılama detektörü

4.4 Geiger-Müller Tüpleri

Geiger-Müller Tüpleri, yoğun olarak nükleer tıp bölümünde radyoaktif sızıntıların tespitinde kullanılmaktadır. Sızıntı olduğunda sesli uyarı vermeleri oldukça güzel bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tüpler, 900-1300V'luk çalışma aralığında etkin olarak kullanılır. Bu detektörlerle az iyonlaşma meydana getiren yüklü parçacıklar yani düşük enerjili X ve Gama ışınları ölçülür. Bu detektörle parçacık enerjisinin ölçülmesi ve parçacık cinslerinin bir birinden ayrılması mümkün değildir. Radyasyon kaynağı olan odanın önüne yerleştirilen bir zırh ile beta parçacıkları tutulup, yalnız gama ışınları sayılabilir.



Şekil 3 Geiger müller tüpleri

4.5 Diğer Dozimetreler

Temelde Luminesans olayına dayanan dozimetrelere örnek olarak radyoluminans ve termoluminans dozimetreleri verilebilir. Ayrıca sintilasyon algılayıcıları, kalorimetrik yöntem, katı hâdetektörleri, nötron detektörleri ve

kalem dozimetreler geliştirilmiştir. Bu tür dozimetrelerin nasıl çalıştığına kısaca değinmek faydalı olacaktır.

4.5.1 Radyoluminans Dozimetreler

Alüminflüorür, litmin flüorür gibi kimyasal özeliğinden dolayı termoluminesans ışıması yapan yani diğer bir deyişle ışık veren maddeler, ışılandıktan sonra, madde içerisinde depolanan enerjinin etkisiyle Luminesans verir. Bu tür maddeler; toz haline getirilerek paketler içinde konulur. Bu paketler yüzük içerine konulup parmaklara takılabilmektedir. Alınan dozlar özel okuyucu cihazlar sayesinde belirlenir.

4.5.2 Termoluminesans Dozimetreler

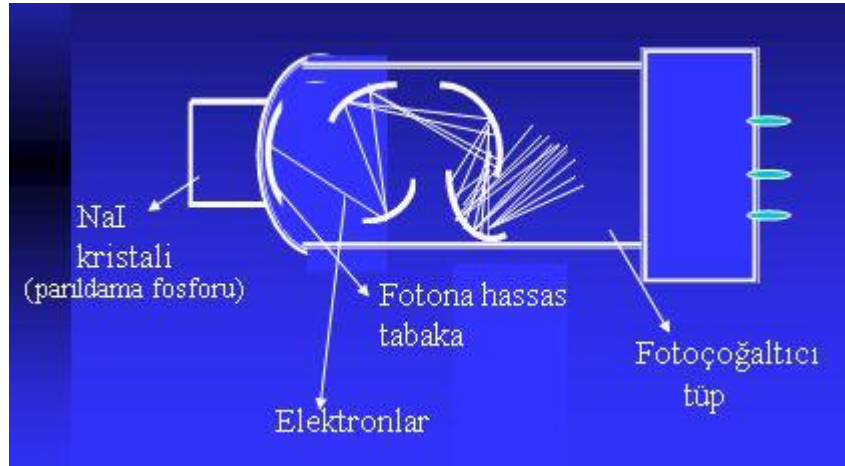
Lityum florit gibi bazı maddeler ısıtılırsa, görünür bölgede ışık yayarlar bu olaya termoluminesans denir. Radyasyonla ortaya çıkan termoluminesans olayı 20. yüzyılın ortalarında fark edilmiştir. Madde radyasyonla etkileştikten sonra yaklaşık 200 C kadar ısıtılırsa maddenin absorbe ettiği doz ile orantılı olarak ışık salar. Bu görülebilir ışık miktarını ölçmek için foto çoğaltıcı tüpler kullanılmaktadır.

Termoluminesans maddelerden en çok tercih edilen madde Lityum Florit'dir. Atom numarası (9) olan bu maddenin yumuşak dokulara benzemesi açısından doku eşdeğeri dozimetre olarak kullanılabilir.

Lityum florit, radyasyon ile etkileştiğinde bünyesinde enerji depolar ve ısı enerjisi uygulanırsa bünyesinde depoladığı enerjii ışık olarak yayar ve tekrar eski haline gelir. Ölçüm işlemi bittiğinde eski haline dönen bu dozimetri tekrar kullanılabilir. Toplam doz hesaplamasında kullanıldığı için çalışanların korunmasında önemlidir. Lityum florit küçük bir parça yâda toz şeklinde bir muhafaza içine konulur. Küçük boyutlarda olduğu için az yer kaplarlar. Bu dozimetreler, vücut boşluklarına yerleştirilebildikleri için ışın tedavisinde ya da araştırmalarda kullanılmaktadırlar. Duyarlılık olarak oldukça iyi olan bu dozimetreler 5 mrem'e kadar düşük dozlar hesaplanabilir.

4.5.3 Sintilasyon algılayıcıları

Sintilatör algılayıcılar, nükleer tıp uygulamalarında kullanılan gama kameralarının temelini oluşturur. Bu detektörler, aldıkları radyasyon dozu miktarıyla orantılı olarak ışık yayarlar. Bu ışığın miktarına göre foto çoğaltıcı tüpleriyle ölçülerek radyasyon dozu belirlenebilir. (OCAK, 2013) Ölçüm sisteminin de alınan dozun hesaplanmasında ölçümleme zor olduğu için dozimetre olarak tercih edilmemektedir.



Şekil 4: Sintilasyon algılayıcıları (TAEK (A))

4.5.4 Katı hal detektörleri

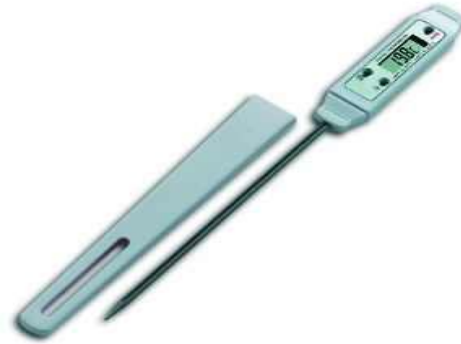
Yarı iletken detektörleri olarak da bilinen katı hal detektörleri yapı olarak, silikon ya da germanyum gibi yarı iletken tabaka üzerine büyütülmüş radyasyona duyarlı kısmı barındıran yapılardır. Bu yapılar iyonlaştırıcı radyasyon maruz kaldığında detektörün cinsine göre P-N kavşak noktalarından ya da Schottky kavşak noktalarından akım geçer. Bu geçen akımın miktarına göre daha önceden kalibre edilmiş skala kullanılarak maruz kalınan doz ölçülmüş olur.

4.5.5 Elektronik doz ölçerler

Bu dozimetreler, alınan dozu dijital olarak gösteren dozimetrelerdir. X ve γ gibi radyasyon dozlarını geniş bir ölçüm skalasında gösterir. Endüstride kullanılan radyasyon cihazları genellikle portatif olduğundan ve çeşitli yerlerde kullanıldığından sürekli çalışma yerlerin kapatılması ve önlemler alınması gerekmektedir. Bu nedenle bu alanda çalışan personelin, sesli ikaz veren dozimetreler kullanmasında büyük yarar vardır. Sesli cep dozimetreler belli bir radyasyon şiddetine ayarlanan tipte veya maruz kalınan toplam dozukaydeden ve müsaade edilen sınırlar geçildiğinde ses ve ışık ile uyaran tipte olabilmektedir.

4.5.6 Kalem dozimetreler

Bu dozimetreler küçük bir boşluğa hapsedilmiş havanın içine yerleştirilmiş elektrotlar vardır. Radyasyonun etkisiyle hava iyonize olur. İyonizasyona bağlı olarak elektrotlar arasındaki gerilim farklılığı sonucunda elektrotlarda yer değiştirme olur. Aldığı radyasyonla orantılı olarak yer değiştiren elektrot bir skala üzerinde hareket eder. Dozimetrenin bir ucundaki ışık verilerek diğer tarafından bakıldığında, elektrotun gösterge çizelgesi üzerindeki seviyesi görülür. Burada okunan değer, alınan toplam dozu verir.



Resim 1: Kalem dozimetre

4.6 Gözlerin Radyasyondan Korunması

Gözler, reme organından sonra insan vücudunda radyasyona en duyarlı kısımdır. Bu yüzden gözleri korumak çok önemlidir ve bunun için kurşun içeren gözlükler kullanılmalıdır. Radyasyona karşı özel olarak yapılmış kurşunlu Gözlük Camları kullanılmış olmalıdır. Kesinlikle gözlük camı maksadıyla yapılmamış düz kurşunlu camlar kullanılmamalıdır. Başı saran şakak dizaynı ile tasarımı estetik olmalı ve maksimum koruma sağlamalıdır. Hafif olmalıdır. Gz, sıçrayan ve ayrıca yanlardan da gelebilecek radyasyona karşı koruyacak nitelikte tarlanmış olmalıdır. Kullanımı kolaylaştırmak, düşmeyi engellemek üzere boyun tutucusu bulunmalıdır. Taşıma ve saklama maksadıyla kutusu bulunmalıdır. Gözlükler göz ve görme sağlığının korunması devamının sağlanması bakımından Uluslararası EN 61331-1-2002 Standartlarına uygun olmalıdır. Radyasyona karşı koruyucu özellikleri ve koruma oranları, yapılan test sonuçları ile belgelendirilmelidir.



Resim 2: Kurşunlu Gözlük

4.7 BoyunKoruyucuları

X-Ray ve Gamma Ray ışınları saçılma ve sekme türü radyasyondan korunması amacıyla, Radyasyonla alışma işlemi yapılan tüm uygulama

alanlarında çalışan Doktor, Hemşire, aktif saha personeli ile Uygulayıcı Radyoloji uzmanları, Röntgen teknisyenleri ve Hastalar Radyolojik X-Ray film ile Diş, Çene, Kafa, Boyun, Akciğer Röntgen Filmi ve Tomografisi uygulamaları sırasında çok dikkatli olmak zorundadırlar.

Baş, Boyun veya Köprücük kemiği alanı radyasyona maruz bırakılıyorsa, radyasyon tiroit bezesi üzerine zarar verebilmektedir. Tiroit metabolizması ve enerji yöneticisi bezi ile ilgili sorunlar başlıca Doğurganlık, Kalp hastalığı, Ruh sağlığı ve diğer sağlık sorunlarına bağlı birçok önemli yönlerini tetiklemekte ve kalıcı olarak etkilemektedir. Tiroit bezi özellikle radyasyona karşı duyarlıdır. Radyoaktif dalgalar, aşırı radyasyona maruz kalma, tiroit papiller kanseri, tiroit kanseri çeşitleri oluşumu ve koşulları için bilinen bir risk faktörüdür. Bu nedenle radyasyonla çalışmalarda tiroit koruyucu yakalık giydirilmesi zorunlu kılınmıştır. Özel tasarlanmış tiroit ve boyun koruyucular, tiroitalanı için uygun değerlerde koruma sağlar.



Resim 3: Boyun Koruyucu Örneği

4.8 Kurşunlu Önlüklerle Radyasyondan Korunma

Kişisel korunmanın sağlanabilmesi için kurşun içeren önlükler kullanılması gerekir. Bu önlükler, kurşun tozu içeren plastik malzemelerden ve genellikle 0,3 ile 0,5 mm arasında değişen kalınlıklardaki kurşun eşdeğerinde yapılırlar. Önlükler aşağıda tanımlanan değişik şekillerde olabilir:

Önlük: En çok kullanılan ve en güvenli önlük çeşidi olup bedeni tamamen sarmak üzere tasarlanır ve genellikle şeritlerle bedenin ön tarafında tutturulurlar.

Panço önlük: Başın üzerinden geçirilerek giyildikten sonra iki bağlama noktası ile yanlardan tutturulur.

Parçalı önlük: Belin taşıdığı ağırlığı mümkün olduğu kadar azaltmak için, genellikle ön tarafta bağlanan bir üst bölüm ve kalçaya giyilip belde tutturulan bir alt bölümden oluşur. Bu giysi, etek-bluz olarak adlandırılır.

Bel yükü azaltılmış önlük: Önlüğün bir miktar yükünü bel yerine kalçaya taşıyan bir kemere sahip olan şeklidir.

Kırık tabakalı önlük: Kardiyolojide anjiyografi uygulamalarında olduğu gibi, saçılan radyasyon düzeyinin yüksek olduğu alanlarda, 0,5 mm kalınlığında kurşun eşdeğerli önlük kullanılması gerekir. 0,5 mm kurşun eşdeğerli önlüğün ağırlığı sorun yaratacağından, bu önlükler genellikle arkasında ya bir açıklık olacak ya da daha az bir kurşun eşdeğeri (0.25 mm) sağlanacak biçimde tasarlanır. Normal uygulamalarda, ışınlama esnasında çalışanların yüzü radyasyon kaynağına dönük olacağından, arkalarında daha az zırhlama olması hem çalışanların hareketleri kısıtlamayacak hem de gerekli korunmayı sağlayacaktır.

Kurşun önlüklerin çalışma sonrası saklanma şekli önemlidir. Önlük içindeki kurşun tabakalarının kırılmasını önlemek için ya katlanmadan düzgün bir şekilde ya da özel tasarlanmış askılarda muhafaza altına alınmalıdır. Şekilde önlüğün doğru biçimde saklanma şekli gösterilmektedir.(GÜNDÜZ, 2014)



Resim 4: Kurşunlu Önlük Örnekleri

4.9 Kurşunlu Eldivenler

Floroskopi, X ışını kullanılarak çekilir bu cihazlar ile yapılacak olan teşhis ve tedavilerde çalışanlar kurşunlu önlüklerle beraber, kurşunlu eldivenler de kullanmalıdır. Kurşunlu eldivenler, parmaklar, bilekler içine alacak derece büyük olmalıdır. Ellerin tamamını zırhlanabilecek özellikte olmalı ve radyasyonun enerjisine göre eldivenlerin kalınlıkları değişebilir örneğin 150 Kv enerjili radyasyon için en az 0,25 mm kalınlıkta olmalıdır. Kurşunlu eldivenler özel bir özenle saklanmalıdır zira kırılma ve deformeler olabilmektedir. Katlanan eldivenler katlanma noktalarında çatlaklar meydana gelir ve bu noktalar radyasyonu soğuramaz. Bu nedenle çatlamış olan kurşunlu eldivenler etkin koruma sağlayamaz.(TC MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, 2011)



Resim 5 :Kurşunlu Eldiven Örneği

4.10 Kurşunlu Paravanlar

Radyoloji bölümünde, kumanda masası dışarıda olmalıdır. Eğer kumanda masası içerde bir yerde ise kaynağın enerjisi dikkate alınarak ve gerekli ölçümler yapılarak kurşun paravan kalınlığı belirlenmelidir. En az 2 m genişlik ve 2,25 yüksekliğe sahip kurşunlu paravan konulmalıdır. Kumanda masası ile inceleme masası arasında mesafe yönetmeliklere dikkat ederek konulmalıdır. Işınlama zamanı boyuncaradyasyon kaynağından uzak durmaya dikkate edilmelidir. Radyografi ışınlaması süresince kurşun paravanın arkasında durulmalıdır. Eğer yardıma ihtiyacı olan hastalar olursa kurşun yelek, kurşunlu gözlük gibi önlemler alınarak hastaya yardım edilmelidir. Eğer hasta yakınının içeri girmesi zorunlu ise kişisel koruyucu donanımlar verilmeli aksi durumda ise dışarı da bekletilmelidir.(MEB, 2011)



Resim 6:Kurşunlu Paravan

4.11 Üreme Organlarına Yönelik Koruyucu Önlemler

Araştırma veya tedavi yapılan bölgeleri engellemediği sürece cinsel organların kurşun tabaka ile koruma altına alınmalıdır.150 Kv ve daha alt enerjilerde foton üreten cihazlarda gonadlar koruyucular en az 0.25 mm kalınlıkta olmalıdır.(MEB, 2011)



Resim7:Kurşunlu Gonad Koruyucu Örneği

5 MATERYAL VE METOD

5.1 Monte Carlo Benzetişim Tekniği

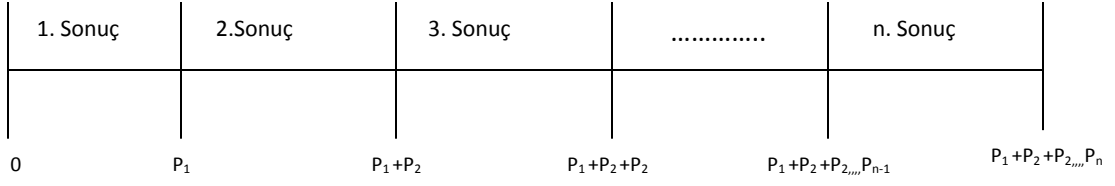
MBCT olayların sayısal verilere dayalı olarak olay veya deneylerin taklit edilmesidir. Bilimsel kurallar temeline dayanarak rastgele ve ardışık sayılar elde edip ve istatistiksel yaklaşım tekniklerini kullanarak bir deneyi taklit edebilir. Doğaya ait bir olayı istatistiksel sınırlar içerisinde matematiksel ifadeleri kullanarak bir bilgisayar yardımıyla belli bir yaklaşık değere kadar hesaplayabilir.

Birçok teorik fizik hesaplamalarında MCBT sıklıkla başvuru olan bir yöntemdir. Bu yöntem klasik yaklaşım ile çok zor gibi görünen problemleri çözmek için oldukça etkili bir yöntemdir. Problemler analitik yöntem kullanarak hesaplanamayacak kadar güçse, art arda birçok kolay meydana geliyorsa ve olasılık içeriyorsa problemin çözümünde bir o kadar zorlaşır. Eğer olayı meydana getiren fiziksel olgular biliniyorsa her olay MCBT kullanılarak bir sıklık dağılımı olarak hesaplanabilir. Bu tekniğin ilk kullanımı nötron soğurma sacımla çalışmalarıdır.

5.1.1 Temel Monte Carlo İlkesi

Bir olayı MCBT kullanarak ifade etmek için bu olayın belli olması gereklidir. Örnek olarak bir foton kurşun ortamında kurşunla etkileşmesi bir olay ve bu olayın sonuçlarından biri olan fotoelektrik etkileşme ve çift oluşumu da ayrı birer olaydır.

Bu olaylar sonucunda n tane sonuç olsun her bir sonucun oluşma olasılığı da $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ ile ifade edilsin bir olayın olma olasılığı sıfır ile bir arasında olduğu için 0 ile 1 arasında n bölme ayırılım ve her olayın sayısı doğrusu üzerindeki değeri genişliği kadar olsun.



Şekil 5: Olayların n tane olasılığa ayrılması

Bu sayı doğrusu üzerinde herhangi bir olayın olması bir q sayısıdır. Eğer bu q sayısına bağlı olaylar hangi aralıkta ise o olay meydana gelir.

$0 < q < p_1$ ise, birinci sonuç

$P_1 < q < P_1 + P_2$, ise ikinci sonuç

...

$P_1 + P_2 + P_{2,\dots}, P_{n-1} < q < P_1 + P_2 + P_{2,\dots}, P_n$ ise n. sonuç meydana gelir.

Bir deney veya olay sonucunda $a < x < b$ aralığında sürekli değerler aldığını ve bu ölçümlere karşılık gelen fonksiyona da $F(x)$ fonksiyonu diyelim. MCBT temel ilkesi 0-1 arasında eşit olasılıklarla değer alan q sayılarını kullanarak a-b arasında x sayıları üretmektir.

Deney sonucunun x ile x+dx arasında değer alabilme olasılığı

$$P(x)dx = \frac{F(x)dx}{\int_a^b F(x)dx}$$

$P(x)$ fonksiyonuna olasılık yoğunluk fonksiyonu denir. Olasılık 0-1 arasında olacağı için

$$\int_a^b P(x)dx = 1 \text{ dir.}$$

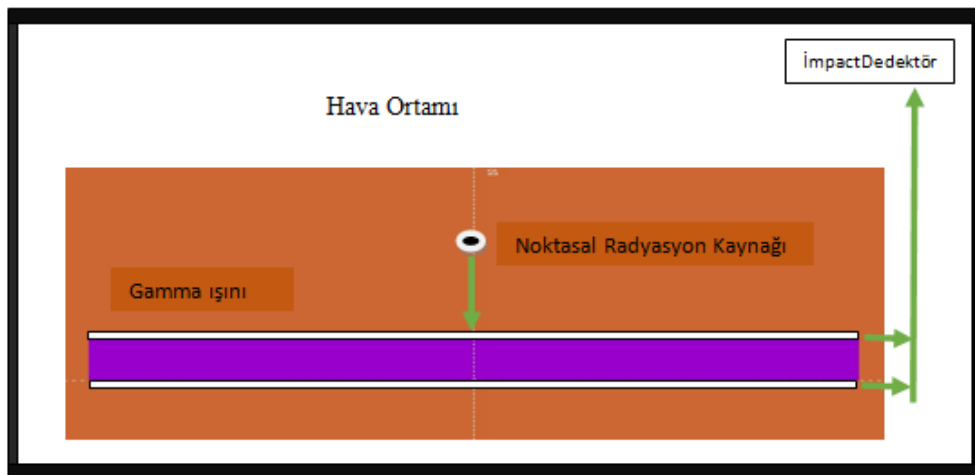
Olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$P(x) = \int_a^x p(x') dx'$$

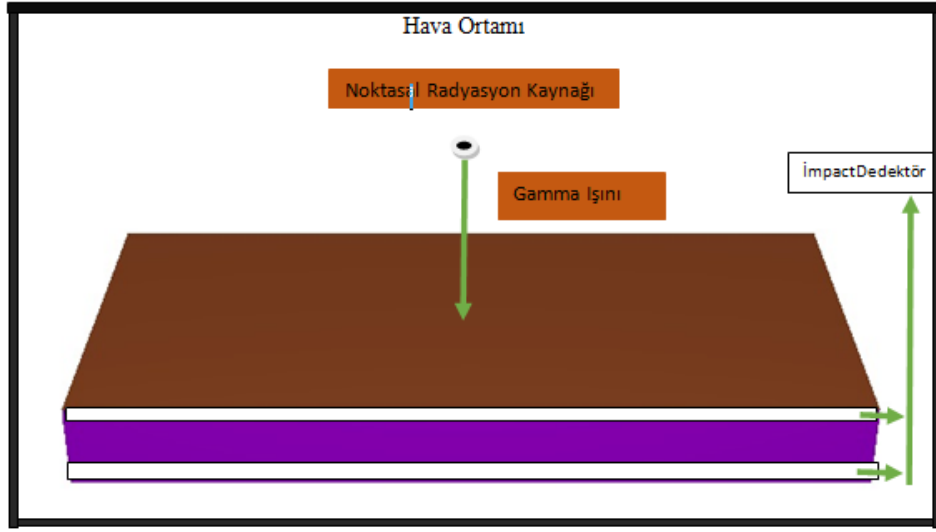
Olarak tanımlanır. Toplam olasılık yoğunluk fonksiyonu 0-1 arasında rastgele değerler alır. $P(a)=0, P(b)=1$ arasında dağılımlı sayı olarak tanımlandığına göre $P(x)=q$ değerine eşitlene bilir.

5.2 SİMÜLASYON

Bu çalışmada ^{137}Cs ve ^{60}Co kaynaklarından yayınlanan 662 keV ve 1.25 MeV enerjili gamma fotonlarının kurşun ortamındaki davranışları PENELOPE Monte Carlo Benzetişim (MCBT) programı ile belirlenmiştir. ^{60}Co 'dan olasılıkları % 99 olan iki farklı enerjide gamma yayınlanmaktadır. Bu gammaların yayınlanma olasılıkları birbirine çok yakın olduğu için benzetişim programında ortalama enerji değeri kullanılmıştır. MCBT' inde kullanılan kurşunun kalınlığı 0,2 ile 10 cm arasında değiştirilmiştir. PENELOPE' nin PENGEOM programında hazırlanan benzetim geometrisinin iki ve üç boyutlu görüntüsü Şekil 6' ve Şekil 7 da verilmiştir.



Şekil 6 İki boyutlu benzetişim geometrisi

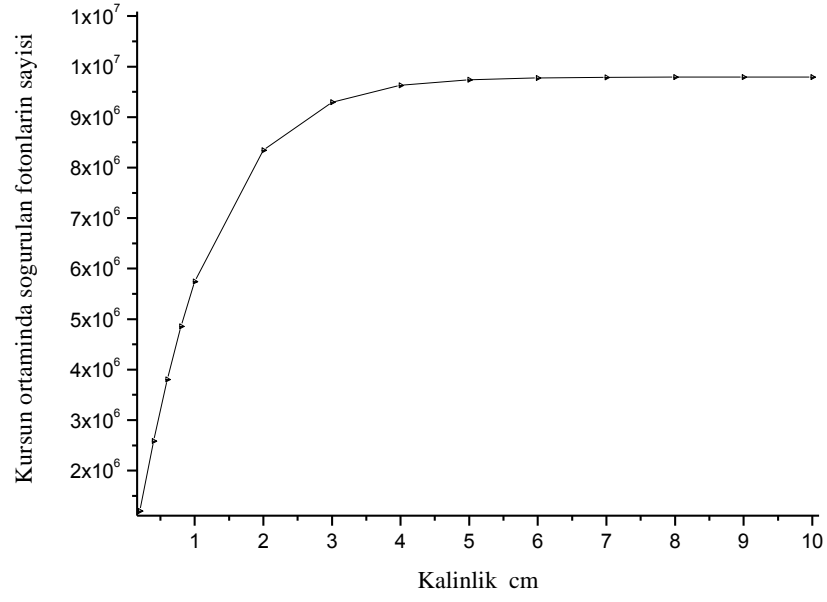


Şekil 7 Üç boyutlu benzetişim geometrisi

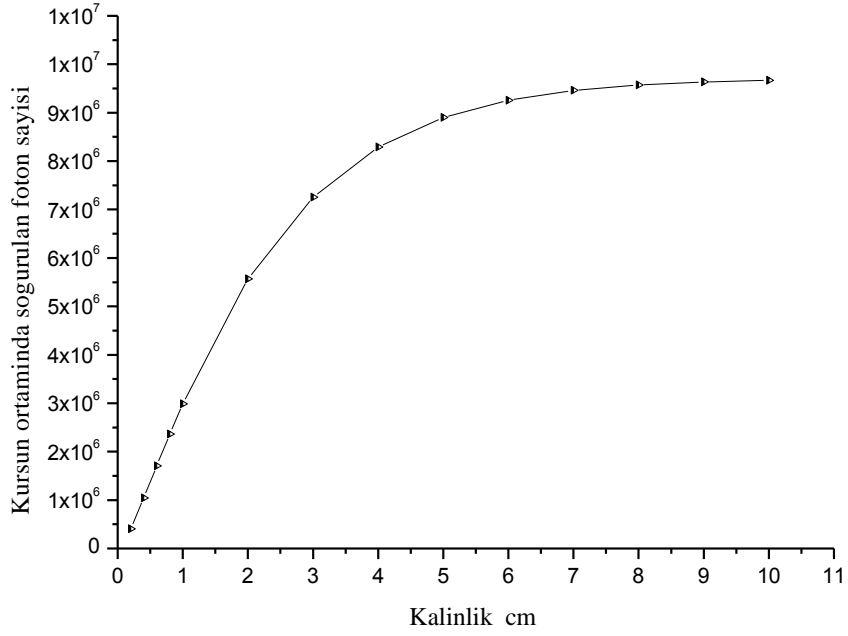
MCBT' inde gamma ışınlarının noktasal bir kaynaktan yayımlandığı var sayılmıştır. Sonuçlarda istatistiğini arttırmak amacıyla yayınlanan her bir gamma ışını kurşun ortamına etkileşme yapacak şekilde gönderilmiştir. Simülasyonlarda toplam 10^7 tane gamma ışını kullanılmıştır. Fotonların izleme kesilimi enerjisi 1 keV olarak kabul edilmiştir. Bu enerjinin altındaki fotonların ise ortamda doğrudan soğrulduğu kabul edilmiştir. Bununla birlikte ortamdan geçen ve ortamdan saçılan fotonların enerjiye bağlı dağılımları PENELOPE' de "impactdedector" ler vasıtasıyla belirlenmiştir.

5.3 TARTIŞMA

Fotonların etkileşme olasılığı ortamın atom numarasına (Z) ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Diğer yandan ortama gelen fotonun enerjisi arttıkça ortamda soğrulma olasılığı da azalır. Bu değişimi gözlemlemek amacıyla iki farklı enerjide gamma fotonu yayınlayan ^{60}Co (1.25 MeV) ve ^{137}Cs (0.662 MeV) radyoaktif kaynakları kullanılarak benzetişim yapılmıştır. Şekil 8' de 662 keV (^{137}Cs) enerjili gamma ışınlarının Şekil 9' da 1.25 (^{60}Co) MeV enerjili gamma ışınlarının farklı kalınlıklarda kurşun ortamına gönderilmesiyle ortama tüm enerjisini aktaran fotonların sayısı görülmektedir.

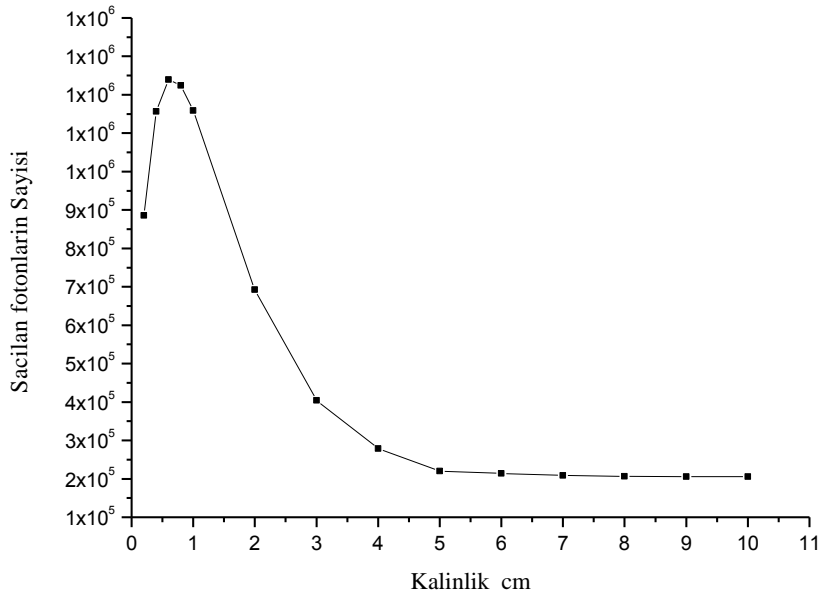


Şekil 8 : 662 KeV (¹³⁷Cs) enerjisinin tümünü kurşuna aktaran fotonların sayısı

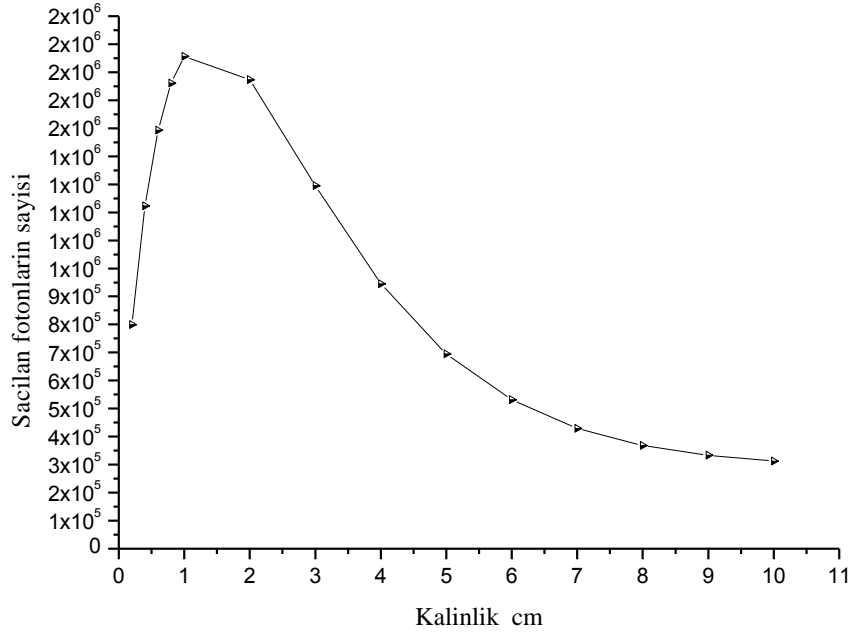


Şekil 9 : 1.25 MeV (⁶⁰Co) enerjisinin tümünü kurşuna aktaran fotonların sayısı

Şekil 8 ve Şekil 9' den görüldüğü üzere artan kurşun kalınlığı ile birlikte ortamda soğrulan fotonların sayısı belli bir kalınlık değerine kadar artmış ve daha sonra hemen hemen sabit bir değer almıştır. Belirli bir kalınlığı geçen fotonların sayısı üstel fonksiyon ile ifade edilir ($I_S = I_I e^{-\mu x}$). Daha basit bir ifadeyle gönderilen tüm fotonların ortamda soğrulması için kalınlığın sonsuz olması gerekmektedir. Bu nedenle kalınlık artışı nedeniyle, ortamda fotonların etkileşme yapma olasılıkları artarken, materyalden kaçma olasılıkları azalmaktadır. Her iki radyoaktif kaynaktan elde edilen kalınlığa bağlı soğrulma grafikleri bezer bir davranış gösterse de ^{60}Co ' tan yayınlanan gammaların enerjileri daha yüksek olduğu için, soğrulma daha büyük kalınlıklarda doyuma ulaşmıştır. ^{60}Co için doyum noktası 7,70 cm iken ^{137}Cs için doyma noktası 3,97 cm olarak elde edilmiştir.



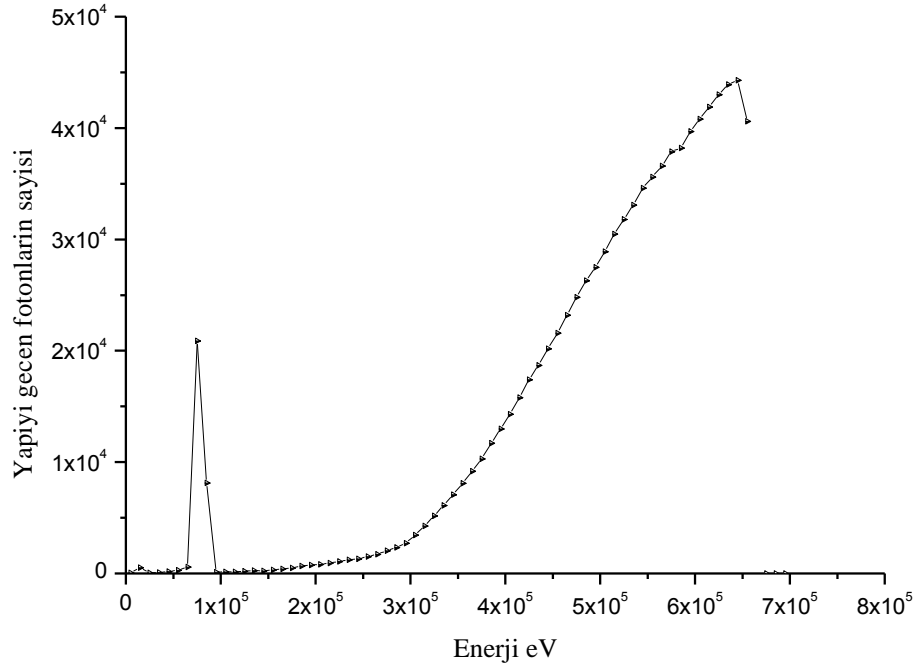
Şekil 10: 662 keV ^{137}Cs saçılan foton



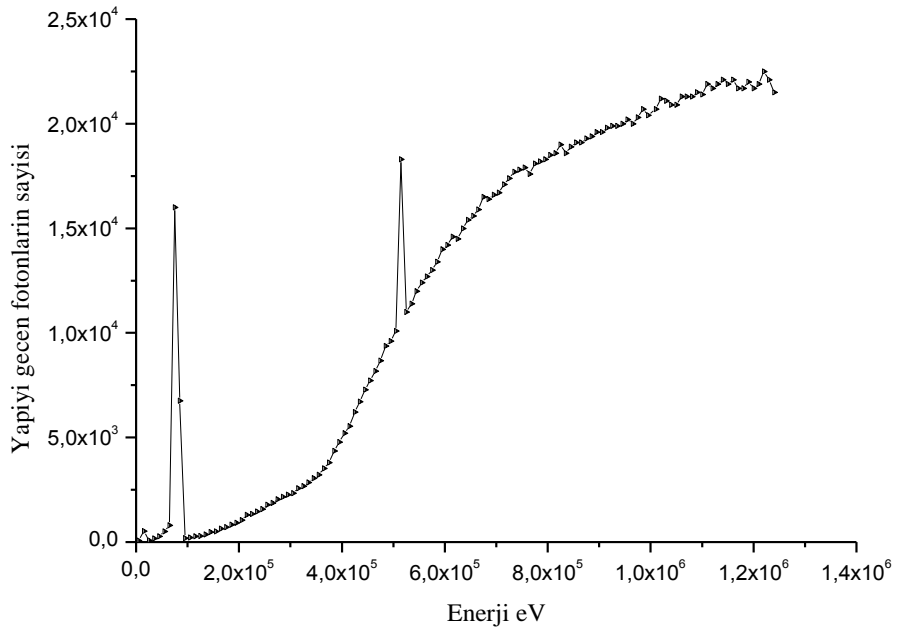
Şekil 11: 1.25 MeV (⁶⁰Co) saçılan fotonların sayısı

Şekil 10’ de 662 keV (137 Cs) enerjili gamma ışınlarının Şekil 11’ de 1.25 MeV’ enerjili gamma ışınlarının farklı kalınlıklarda kurşun ortamına gönderilmesiyle ortamdan saçılan fotonların kalınlığa bağlı değişimi görülmektedir. Yukarıdaki şekillerden anlaşılacağı üzere ortamda soğrulan fotonların sayısı arttıkça, saçılan fotonların sayısı azalmaktadır. Belli bir kalınlık değerine kadar saçılan foton sayısında da artış görülmektedir. Bunun nedeni bu kalınlık değerine kadar, ortamın kalınlığının saçılan fotonların enerjilerini soğrulamaya yetecek büyüklükte olmamasıdır.

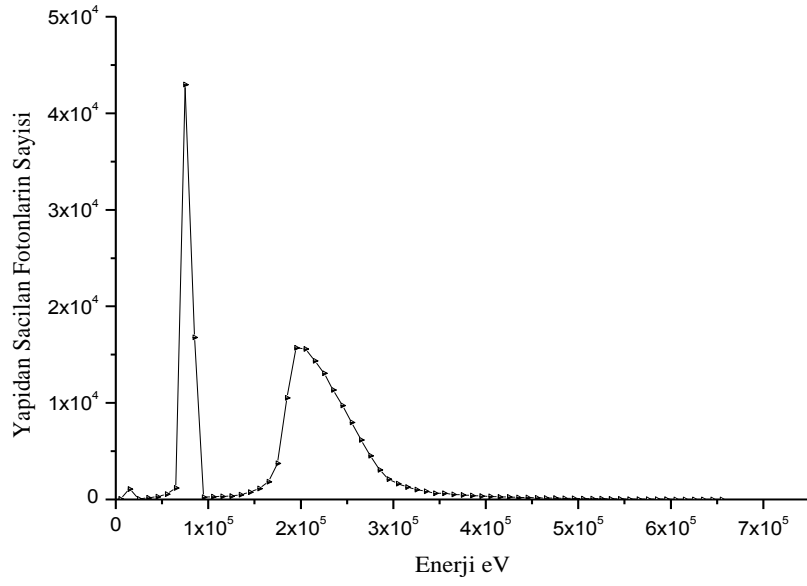
Şekil: 12 ve Şekil 13’ de 1 cm kalınlıkta kurşunu geçen ve kurşundan geri saçılan gammaların enerji spektrumları görülmektedir.



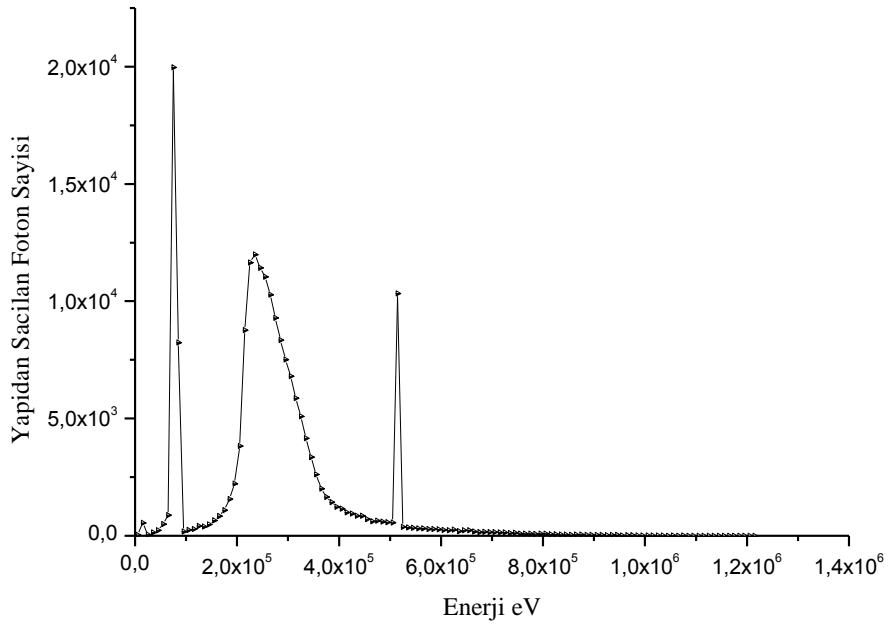
Şekil 12: ^{137}Cs 1 cm yapıyı geçen fotonların sayısı



Şekil 13 : ^{60}Co 1 cm yapıyı geçen fotonların sayısı



Şekil 14: ^{137}Cs Kursun yapıdan saçılan foton sayısı



Şekil 15 : ^{60}Co Kursun yapıdan saçılan foton sayısı

Yapıyı geçenlerin enerji spektrumunda maksimum enerjili gammaların sayması elimine edilmiştir. Bu enerjide oldukça fazla sayma olduğundan spektrumun geri kalanını bastırmaktadır. Şekil 14 ve 15 ' ten görüldüğü üzere her iki spektrumda

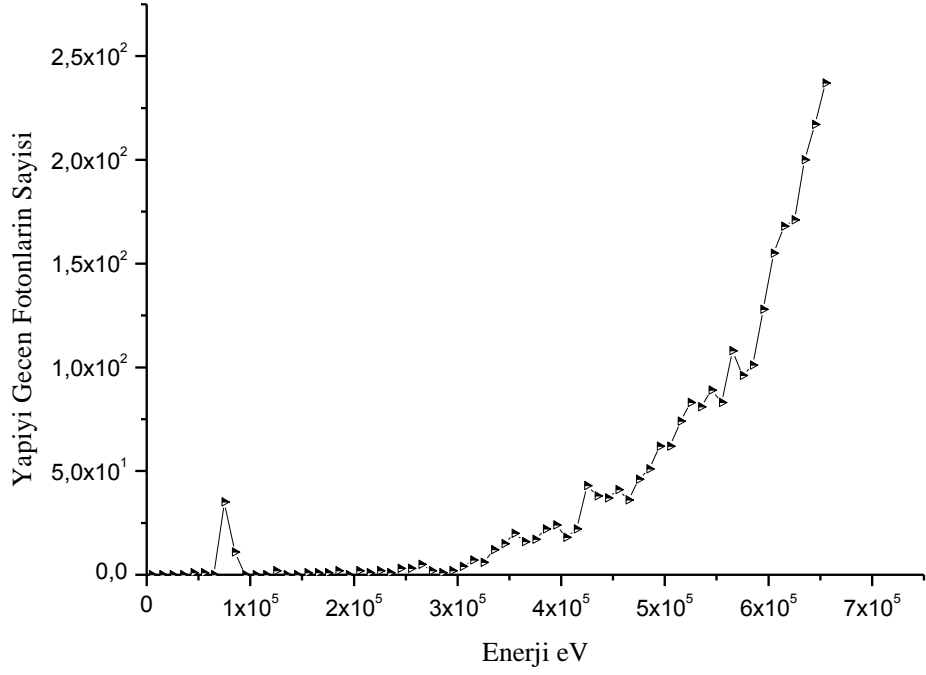
da pik görülmektedir. Bunun nedeni karakteristik x ray ışınıdır. Bununla birlikte Şekil 15’ de görüldüğü gibi 515 keV de bir pik görülmektedir. Bu pikin ^{137}Cs ’ da görülmeme nedeni, bu izotopun yaydığı gamma enerjisi için çift oluşum olayının meydana gelmemesidir. Diğer bir deyişle, enerjisi 1.022 MeV’ den büyük gammalar ortamla etkileştikleri zaman elektron pozitron çifti oluştururlar. Elektron ortamda elastik, inelastik vb. etkileşmeler yaparak belirli bir süre sonunda yapı içerisinde büyük olasılıkla soğrulur. Ancak pozitronlar çok kısa bir süre içerisinde elektronla etkileşirler. Bunun sonucunda birbirine zıt doğrultuda 511 keV enerjili iki foton yayınlanır. Oluşan bu yok olma fotonlarının yapıyı geçme ve yapıdan geri saçılma olasılıkları vardır. Bu nedenle ^{60}Co için bu enerji bölgesinde bir pik gözlenmektedir. Şekil 14 de görüldüğü gibi 195 keV enerji bölgesinde bir pik görülmektedir. Bu pikin nedeni 180 derecede’ de geri saçılan fotonlardır. Benzer bir durum 235 keV enerjisinde ^{60}Co spektrumu için de gözlenmiştir (şekil 15). Her iki radyoizotop için 180° de geri saçılan fotonların enerjisi aşağıdaki formülünden hesaplanabilir.

$$E'_{\gamma} = \frac{E_{\gamma}}{1 + \frac{E_{\gamma}}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)}$$

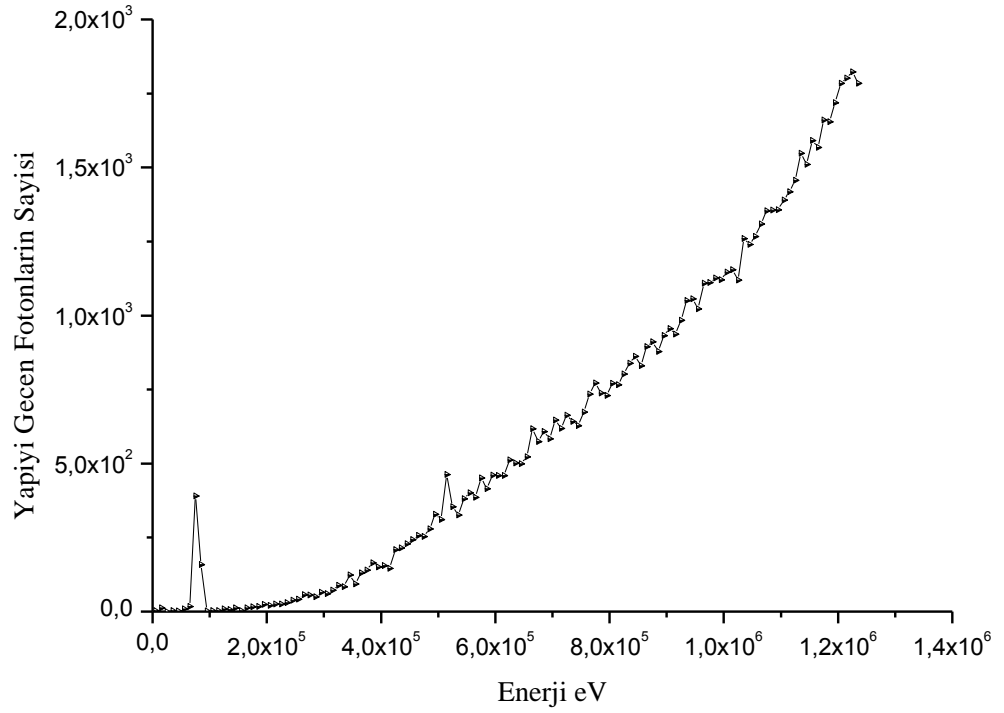
Co 60 için;180 derecede saçılan fotonun teorik enerjisi; 212keV

Cs 137 için;180 derecede saçılan fotonun teorik enerjisi; 184 keV

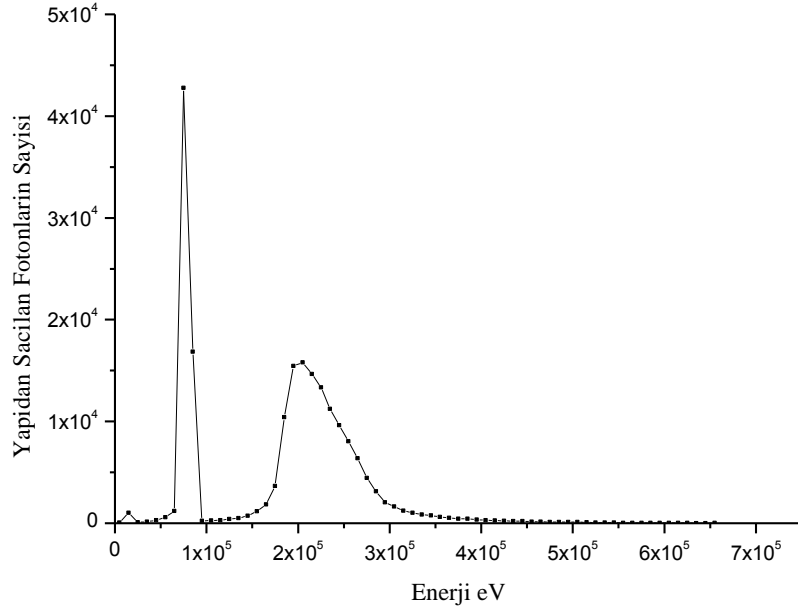
Görüldüğü gibi bulunan teorik değerler benzetim sonuçlarıyla uyum içerisinde. Benzer pikler 7 cm kalınlı kurşundan da elde edilmiştir (bakınız şekil, 16.17.18.19).



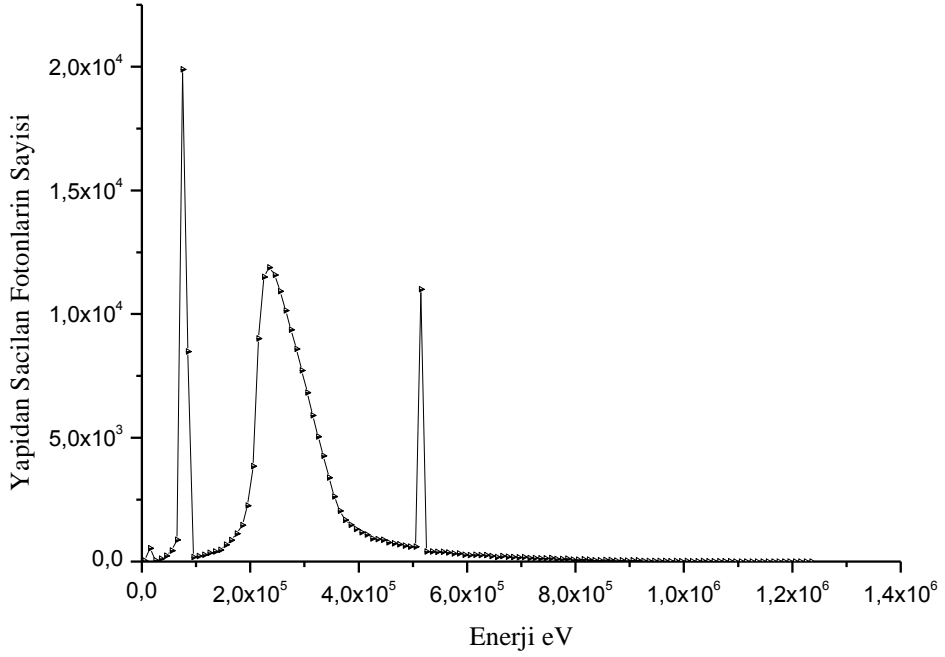
Şekil 16 : ^{137}Cs 7 cm kursun yapıyı geçenlerin sayısı



Şekil 17: ^{60}Co 7 cm kursun yapıyı geçenlerin sayısı



Şekil 18 ^{137}Cs 7 cm Kursorun yapıdan saçılan fotonların sayısı



Şekil 19: ^{60}Co 7 cm Kursorun yapıdan saçılan fotonların sayısı

5.4 SONUÇ

Radyasyonun olumsuz etkileri günümüzde gittikçe dahada önem kazanmaktadır. Bu nedenle kullanıldığı alanlarda (hastanelerde, endüstride ve nükleer santrallerde vb.) güvenlik ve korunma işlemleri daha hassas bir şekilde yürütülmektedir. Pek çok alanda, korunmanın maksimum düzeyde olmasını sağlamak için zırhlamanın planlama ve hesaplama kısımlarında birçok faktör göz önünde bulundurulmaktadır.

Bu tez çalışmasında dikkat edilen unsurlar arasında; doz ölçümü, kişisel koruyucu donanımlar yanında özellikle zırhlamada kurşunun etkileri araştırılmıştır. MCBT ^{60}Co , ^{137}Cs izotoplarından yayımlanan gammaların kurşun ortamında uygun değer kalınlıkları ^{60}Co için 7,70 cm, ^{137}Cs için 3,97 cm olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerin de Kullanılması Hakkındaki Yönetmelik. (2013).
- AKDOĞAN, ç. (2010). Radon Kirliliği ve Halk Sağlığı İlişkisi. İzmir.
- ARIKAN, İ. H. (2007). *ÇEVRESEL RADYASYONUN CANLILIĞIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNE ETKİLERİ*. Ankara : Ankara Üniv.
- ATAKAN, Y. (2006). *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi* .
- ATAKAN, Y. (2006).
- Atakan, Y. (2006). İyonlayıcı Radyasyon.
- Aviva. İşçi sağlığı ve İş güvenliği Rehberi.
- ÇATAK, M. N. (2012). *DOĞRUSAL İVMELENDİRİCİ CİHAZLARININ NCRP-151 RAPORUNA*. Ankara: Ankara Üniversitesi.
- ÇSGB. (2012). *SAĞLIK HİZMETLERİNDE İYONLAŞTIRICI RADYASYON KAYNAKLARI İLE ÇALIŞAN PERSONELİN RADYASYON DOZ LİMİTLERİ VE ÇALIŞMA ESASLARI HAKKINDA YÖNETMELİK*.
- DAGİSTAN, S., HARORLI, E., & AKGÜL, H. M. (2003). Radyasyon ve Toplum. *Atatürk Üniv.Dış Hek Fak Derg*, 13 (1), 44-56.
- DUMAN, V. (2011). *FUKUŞİMA NÜKLEER SANTRAL KAZASI*. FİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI.
- FMO. (2011). *Nükleer Enerji Raporu*. Ankara.
- GENÇER, Ç. (2003). MODELLING OF THE AUTOMATICALLY WORKING RADIATION CONTROL SYSTEM. *Journal of Polytechnic*, 6 (4).
- GÜNDÜZ, H. (2014). *RADYASYON GÜVENLİĞİ, KORUNMA YÖNTEMLERİ VE DOZİMETRE KULLANIMINDA DİKKAT EDİLECEK HUSULAR*. ANKARA: SANANEM.
- IAEA. (2011). *The Accident at TEPCO'S fukushima nuclear power Station*.
- İSKENDER, S. (2005). S. İSKENDER içinde, *TÜRKİYE' DE VE DÜNYADA ENERJİ GERÇEĞİ*. Ankara: Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı Yayınları: 1.

KIRAÇ, D. (2008). Hekim Sağlığı ve Radyasyon. Denizli: Pamukkale Ün. Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı,.

Krane, k. S. (1988). *Introductory Nuclear Physics*. New York.

KURU, S. (2003). Raddon Kirliliği ve Halk Sağlığı İlişkisi. İzmir.

KUŞ, K. (2012). *RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ*. TRABZON: KTÜ.

M.E.B. (2008). *Biyomedikal Cihaz Teknolojileri X-Işını Görüntüleyici Kurulumu*. Ankara.

MEB. (2011). *RADYASYONDAN KORUNMA*. Ankara: T.C.MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI.

OCAK, S. B. (2013). Sintilyasyon Dedektörleri.

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2012). İş Kanunu. (28339).

taek. (tarih yok). 02 11, 2015 tarihinde <http://www.taek.gov.tr>:

<http://www.taek.gov.tr/ogrenci/r05.htm> adresinden alındı

TAEK (A). (tarih yok). *Bölüm 3 - Radyasyon "Radyasyon ve Biz"*. 10 21, 2014 tarihinde

TAEK web sitesi : <http://www.taek.gov.tr/ogrenci/sf5.html> adresinden alındı

TAEK. (2009). *Çernobil Nükleer Santral Kazası*. TAEK.

TAEK. (2009(A)). ÇEVİRİ,RADYASYON İNSAN VE ÇEVRE.

TAEK. (tarih yok). www.taek.gov.tr. 7 22, 2014 tarihinde

<http://www.taek.gov.tr/ogrenci/index.html>: <http://www.taek.gov.tr/ogrenci/index.html> adresinden alındı

TAEK. ((b)2009). *Radyasyonla Birlikte Yaşıyoruz*. Ankara.

TC MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI. (2011). *Radyasyondan korunma*. Ankara.

TOGAY, E. Y. (2002). *Radyasyon ve Biz*. içinde Ankara: TAEK.

Türk Fizik Derneği. (tarih yok). <http://www.trkd.org.tr>. 7 18, 2014 tarihinde

<http://www.trkd.org.tr>: <http://www.trkd.org.tr/genel-bilgiler/101-radyasyon-nedir/radyasyon-nedir.html> adresinden alındı

Yoldaş, N. (2011). *ARAŞTIRMA VE UYGULAMA HASTANESİ BİRİMLERİNDE ÖLÇÜLEN RADYASYON DOZLARI VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİSİ*. Isparta: SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ.