

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BARİT KAPLANMIŞ BAZI KUMAŞ TÜRLERİNİN RADYASYON
SOĞURMA ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Serpil EMİKÖNEL

**Danışman
Prof. Dr. İskender AKKURT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2015**

© 2015 [Serpil EMİKÖNEL]

TEZ ONAYI

Serpil EMİKÖNEL tarafından hazırlanan "**Barit Kaplanmış Bazı Kumaş Türlerinin Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Araştırılması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. İskender AKKURT
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Feyza AKARSLAN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof.Dr.Ahmet ŞAHİNER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Serpil EMİKÖNEL



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Radyasyon ve Radyasyon Kaynakları	2
1.1.1. Doğal radyasyon kaynakları	6
1.1.2. Yapay radyasyon kaynakları	7
1.2. Radyoaktivite ve Radyoaktif Bozunma Türleri	8
1.2.1. Alfa bozunması.....	11
1.2.2. Beta bozunumu	12
1.2.3. Gama bozunması	15
1.2.4. Nötron bozunması (Nükleer bölünme)	15
1.3. Radyasyon Birimleri	16
1.4. Radyasyonun Biyolojik Etkileri	18
1.5. Radyasyondan Korunmanın Önemi ve Gerekliliği	20
1.6. Radyasyondan Korunma Yöntemleri	22
1.6.1. Zaman kuralı	22
1.6.2. Mesafe kuralı	23
1.6.3. Zırhlama kuralı	24
1.7. γ -Işınlarının Maddeyle Etkileşmesi ve Toplam Zayıflatma Katsayısı.....	24
1.7.1. Fotoelektrik etkileşme	27
1.7.2. Compton etkileşmesi	28
1.7.3. Çift oluşumu	30
1.8. Barit Madeninin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	31
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	33
3. MATERYAL VE YÖNTEM	37
3.1. Kullanılan Kumaşlar ve Özellikleri.....	37
3.1.1. Terikoton kumaş	37
3.1.2. Pamuklu kumaş	37
3.1.3. Pamuk polyester (pamuk-pes) karışımı kumaş	38
3.2. Kumaşın hazırlanması.....	38
3.2.1. Kaplama yöntemi	39
3.3. Gama Spektroskopi Sistemi	43

3.3.1. NaI(Tl) dedektörü.....	45
3.3.2. Elektronik aygıtlar ve yazılım	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	49
4.1. Zayıflatma Katsayısı Sonuçları.....	49
4.2. Zayıflatma Katsayısının Enerji ile Değişimi	52
4.3. Zayıflatma Katsayısının Barit Oranı ile Değişimi	57
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	66
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BARİT KAPLANMIŞ BAZI KUMAŞ TÜRLERİNİN RADYASYON SOĞURMA ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Serpil EMİKÖNEL

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. İskender AKKURT

Nükleer teknolojinin kullanım alanlarının hızla artış göstermesi ile birlikte radyasyondan korunmanın önemi de artmıştır.

Dünyada temel bilim araştırmalarında ve uygulama alanlarında üç binden fazla nükleer tesis, bunlara ilaveten tıp merkezlerinde tedavi ve teşhis amacı ile radyasyon ışınları kullanılmaktadır. Ayrıca günlük yaşantımızda ise doğal ve yapay radyasyon kaynaklarına sürekli maruz kalınmaktadır. Radyasyondan korunma zaman, mesafe ve zırh olmak üzere üç temel yolla yapılmaktadır. Bu üç yoldan en etkili olanı zırhlamadır. Bu alanlarda çalışan insanların radyasyondan korunmaları amacıyla radyasyon ışınlarını soğuran zırh kıyafetleri giymeleri gerekmektedir. Bu başta kurşun olmak üzere ağır elementler içeren önlükler sayesinde sağlanmaktadır. Ancak kurşun gibi ağır elementler sağlık açısından riskler taşıması yanında ekonomik olarak da uygun değildir. Bu yüzden özellikle radyasyon çalışanları başta olmak üzere günlük giyilen kıyafetlerin radyasyon soğurma özelliklerinin geliştirilmesi için alternatif giysilerin düşünülmesi gereği doğmuştur.

Bu çalışmada bazı kumaş türleri değişik oranlarda baritle kaplanarak radyasyon soğurma özellikleri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Radyasyon, radyasyondan korunma, baritli kumaş

2015, 71 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF RADIATION SHIELDING PROPERTIES OF SOME FABRIC COATED BARITE

Serpil EMİKÖNEL

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Physics**

Supervisor: Prof. Dr. İskender AKKURT

The importance of radiation protection has rapidly increased along with the increasing use of nuclear technology.

Radiation are used for scientific research and application areas throughout the world in more than three thousand nuclear facilities and medical treatment. People are also exposed to natural and artificial radiation sources in daily lives. Radiation protection is possible in three basic ways: time, distance and shielding. Shielding is the most effective way. People working in these areas are required to wear protective clothing against radiation in order to protect from radiation. However shielding materials such as lead are both hazardous for health and expensive. Thus an alternative way to protect especially radiation worker should be considered.

In this study, radiation absorption characteristics of barite coated fabrics in different proportions were determined.

Keywords: Radiation, protection, barite coated fabric.

2015, 71 pages

TEŞEKKÜR

"Baritli Bazı Kumaşların Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Araştırılması" adlı yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesinde sonsuz ilgi ve desteğini esirgemeyen, her daim yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, bugünlere gelmemde büyük emeği olan değerli danışman hocam Prof. Dr. İskender AKKURT'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamında incelenen kaplanmış kumaşların üretiminde, deneylere hazır hale getirilmesinde ve deneysel çalışmalarım sırasında bilgi birikimini ve imkânlarını esirgemeyerek bana destek olan değerli hocalarım Doç. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN, Yrd. Doç. Dr. Feyza AKARSLAN ve Yrd. Doç. Dr. Kadir GÜNOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını benden esirgemeyen değerli hocalarım Arş. Gör. Dr. Hakan AKYILDIRIM'a ve Arş. Gör. Dr. Durmuş Ali ALDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

2012 yılında almış olduğum bilim ödülü (2007, Isparta yakınlarında düşen uçakta hayatını kaybeden Arş. Gör. Özgen Berkol Doğan adına) "Özgen Berkol Doğan İsim Yaşatma Bursu" adı altında yüksek lisans çalışmam boyunca maddi olarak bana destek veren sayın Prof. Dr. Nevzat DOĞAN ve ailesine teşekkürlerimi sunarım.

3812-YL2-13 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

Bana maddi ve manevi destek olan Ali ÖZÇELİK, Dilek KABALOĞLU, Mustafa DİNÇKAN, Zafer DERİN ve Neriman DERİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde büyük emeği olan, her konuda beni destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Serpil EMİKÖNEL
ISPARTA, 2015

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Radyasyonun çeşitleri	3
Şekil 1.2. Elektromanyetik radyasyonun enerji spektrumu	4
Şekil 1.3. Elektromanyetik tayf.....	4
Şekil 1.4. İyonizasyon.....	5
Şekil 1.5. Dünya genelinde doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından alınan dozların oranları	6
Şekil 1.6. Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri	7
Şekil 1.7. Yapay radyasyonun dağılım oranları	8
Şekil 1.8. Proton-nötron sayısına göre elementlerin kararlılık eğrisi	10
Şekil 1.9. İyonlaştırıcı radyasyonun giriciliği.....	11
Şekil 1.10. Alfa Bozunumu	11
Şekil 1.11. Radyasyonun canlılar üzerine etkileri.....	19
Şekil 1.12. Radyasyondan korunmanın üç temel yolunun şematik gösterimi.....	22
Şekil 1.13. Radyasyon çeşitlerine göre zırh malzemesi	24
Şekil 1.14. Gama enerjisine göre üç etkileşmenin baskın olduğu aralıklar	26
Şekil 1.15. Gamma ışınlarının zayıflatılması	27
Şekil 1.16. Fotoelektrik olay	28
Şekil 1.17. Compton saçılması	29
Şekil 1.18. Çift oluşumu	30
Şekil 1.19. Barit.....	31
Şekil 3.1. Baritin kumaşa uygulanmasının şematik gösterimi	42
Şekil 3.2. Kaplanmış kumaş görüntüsü	43
Şekil 3.3. Kaplanmış kumaş örneği (soldaki resim) ve ölçüm alınan sistem (sağdaki resim)	44
Şekil 3.4. Gama spektroskopi sisteminin şematik diyagramı	44
Şekil 3.5. NaI(Tl) dedektörü	45
Şekil 3.6. NaI(Tl) dedektörünün çalışma şeklinin tasviri	46
Şekil 3.7. DSPEC LF modülü (üstte) ve yüksek gerilim modülü (altta).....	48
Şekil 3.8. MAESTRO-32 yazılımı ile elde edilmiş olan örnek bir spektrum	48
Şekil 4.1. 511 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	49
Şekil 4.2. 662 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	50
Şekil 4.3. 835 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	50
Şekil 4.4. 1173 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	51
Şekil 4.5. 1275 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	51
Şekil 4.6. 1332 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	52
Şekil 4.7. Terikoton kumaş türündeki %60'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri	52

Şekil 4.8. Terikoton kumaş türündeki %50'lik barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	53
Şekil 4.9. Terikoton kumaş türündeki %40'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	53
Şekil 4.10. Pamuklu kumaş türündeki %60'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	54
Şekil 4.11. Pamuklu kumaş türündeki %50'lik barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	54
Şekil 4.12. Pamuklu kumaş türündeki %40'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	55
Şekil 4.13. Pamuk-PES kumaş türündeki %60'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	55
Şekil 4.14. Pamuk-PES kumaş türündeki %50'lik barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	56
Şekil 4.15. Pamuk-PES kumaş türündeki %40'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	56
Şekil 4.16. Terikoton kumaşın 511 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	57
Şekil 4.17. Terikoton kumaşın 662 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	57
Şekil 4.18. Terikoton kumaşın 835 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	58
Şekil 4.19. Terikoton kumaşın 1173 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	58
Şekil 4.20. Terikoton kumaşın 1275 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	59
Şekil 4.21. Terikoton kumaşın 1332 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	59
Şekil 4.22. Pamuklu kumaşın 511 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	60
Şekil 4.23. Pamuklu kumaşın 662 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	60
Şekil 4.24. Pamuklu kumaşın 835 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	61
Şekil 4.25. Pamuklu kumaşın 1173 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	61
Şekil 4.26. Pamuklu kumaşın 1275 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	62
Şekil 4.27. Pamuklu kumaşın 1332 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	62
Şekil 4.28. Pamuk-PES kumaşın 511 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	63
Şekil 4.29. Pamuk-PES kumaşın 662 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	63
Şekil 4.30. Pamuk-PES kumaşın 835 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	64
Şekil 4.31. Pamuk-PES kumaşın 1173 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri.....	64

Şekil 4.32. Pamuk-PES kumaşın 1275 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri	65
Şekil 4.33. Pamuk-PES kumaşın 1332 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Bazı radyoaktif izotoplar ve özellikleri	9
Çizelge 1.2. Nötronların enerjilerine göre sınıflandırılması	16
Çizelge 1.3. Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki	17
Çizelge 1.4. Radyasyona karşı organların duyarlılıkları	20
Çizelge 1.5. Müsaade edilen maksimum radyasyon dozu	22
Çizelge 3.1. Terikoton tipi kumaşın özellikleri	37
Çizelge 3.2. Pamuklu kumaşın özellikleri	38
Çizelge 3.3. Pamuk polyester karışımı kumaşın özellikleri	38
Çizelge 3.4. Kumaş numunelerine ait özellikler	39

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Kütle numarası
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
BaSO ₄	Baryum sülfat
c	Işık hızı
e	Elektron yükü
E _γ	Gama enerjisi
h	Planck sabiti
He	Helyumun simgesi
ICRU	Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi
ICRP	Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu
m ₀	Elektronun durgun hal kütlesi
n	Nötron
NaI(Tl)	Talyum ihtiva eden Sodyum İyodür
p	Proton
SI	Uluslararası Birimler Sistemi
t	Zaman
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
Z	Atom numarası
W _R	Radyasyon ağırlık faktörü
α	Alfa taneciği
β	Beta taneciği
γ	Gama ışını
μ	Toplam zayıflatma katsayısı
λ	Bir radyoaktif elementin bozunma sabiti
Γ	Kaynağa bağlı gama sabiti
Q	Parçalanma enerjisi
ΔX	Radyasyon pozundaki değişim

1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknoloji insan hayatında birçok kolaylık sağlarken insan sağlığını tehdit eden pek çok faktör de ortaya çıkarmıştır. Bunlardan birisi de radyasyondur. Canlıların radyasyona maruz kalmaları evrenin başlangıcından beri devam etmektedir. Tıpta teşhis ve tedaviden nükleer santraller aracılığı ile elektrik enerjisi elde edilmesine kadar çok geniş kullanım alanına sahip olan, radyasyon ve nükleer enerjinin zararlı biyolojik etkileri ilk keşiflerinden itibaren bilinmektedir. Enerji ve tıp alanlarının dışında radyasyonun, tarımda daha iyi verim sağlayan ürünlerin yetiştirilmesinde ve çeşitli zararlılarla savaşta insanlığın hizmetinde olduğu, endüstride kalite kontrollerinde yarar sağladığı bilinmektedir.

Radyasyon kaynakları var olduğu sürece de radyasyon olacak ve bundan kaçınılması mümkün olmayacaktır. Radyasyon teknolojisi toplumsal yaşamı kolaylaştırmasının yanında maruz kalmaya bağlı olarak birçok sağlık problemini de beraberinde getirmiştir.

Radyasyon evrenin ilk anlardan (büyük patlama) beri var olmasına rağmen keşfedilmesi 19. yy başlarında yapılmıştır.

1895 yılında katot ışını tüpü içerisinde hızlandırılmış elektronlarla deneyler yapan W. Röntgen'in X-ışınlarını keşfetmesi, 1896 yılında radyoaktivitenin keşfini tetiklemiştir. H. Becquerel uranyum tuzlarından gözle görülemeyen ışınlar çıktığını ve bu ışınların maddeden geçerek fotoğraf filmine etki ettiğini gözlemlemiştir. Aynı sene içerisinde M. Curie ve P. Curie Toryumun da aynı davranışı sergilediğini gözlemişlerdir ve radyoaktivitenin dış etkenlerden bağımsız olduğunu da ortaya koymuşlardır. 1899 yılında Rutherford'ta uranyumdan alfa ve beta tanecikleri yayınlandığını bularak radyoaktivitenin atom altı bir süreç olduğunu ortaya koymuştur. 1900 yılında ise P. Villard radyoaktivite sonucunda gama ışınlarının yayınlandığını göstermiştir. Takip eden bu çalışmalar radyoaktivitenin bazı atom çekirdeklerinin kararsız

olmasından kaynaklandığını göstermiştir. Bundan dolayı kararsız çekirdeklerin kararlı hale geçerken yaptıkları ışımlar nükleer radyasyon olarak tanımlanır. Yapılan çalışmalar sonucunda uranyum, toryum, polonyum ve radyum gibi bazı elementlerin ışıma yaptıkları belirlenmiş ve bu gelişmelerin ardından radyasyon kaynakları; araştırmalar başta olmak üzere tıpta, endüstride, tarımda ve daha birçok alanda hızla kullanılmaya başlanmıştır.

1.1. Radyasyon ve Radyasyon Kaynakları

Radyasyon, doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde yayılan ışın olarak tanımlanır.

Radyasyon için kullanılan en önemli özellik

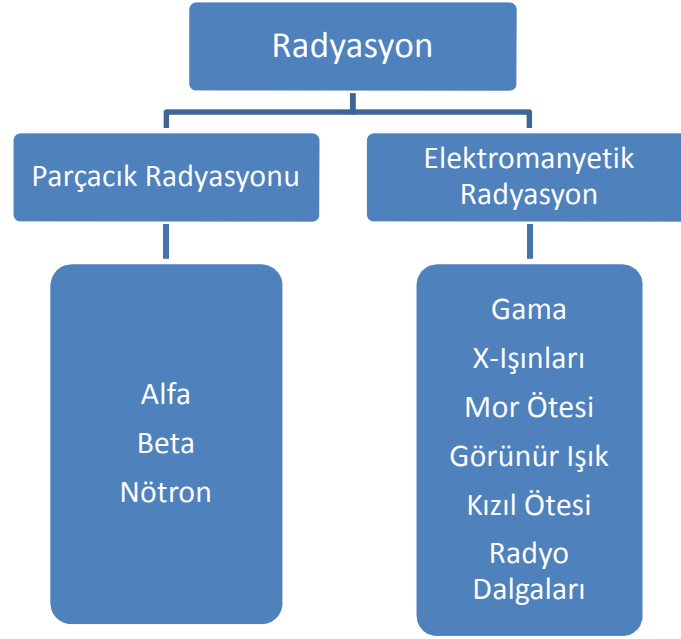
- Enerjisi (düşük ve yüksek enerjili radyasyon)
- Türü (parçacık radyasyonu ve elektromanyetik radyasyon)
- Kaynağı (doğal ve yapay radyasyon kaynakları)

şeklinde tanımlanabilir.

Parçacık radyasyonu; belli bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden parçacıkları ifade eder. Alfa(α) ve Beta(β) ışınları bu tür radyasyona örnektir (Önen, 1997).

Elektromanyetik tipi radyasyon; belli bir enerjiye sahip ancak kütsüz radyasyon çeşididir. Bunlar, titreşim yaparak ilerleyen elektrik ve manyetik enerji dalgaları gibidir. Yayılmaları sırasında belirli bir ortama ihtiyaç göstermeyen ve yolları üzerinde bir cisme çarpmadıkları sürece enerjilerinden bir şey kaybetmeyen elektromanyetik dalgalar boşlukta yayılımları sırasında aynı hıza sahiptir (3×10^8 m/saniye).

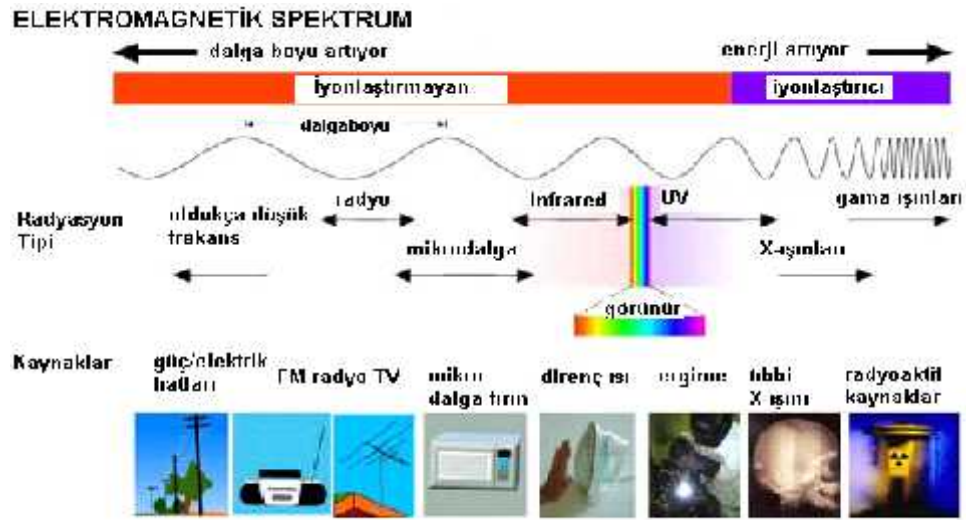
Şekil 1.1’de parçacık ve elektromanyetik radyasyon çeşitleri gösterilmektedir.



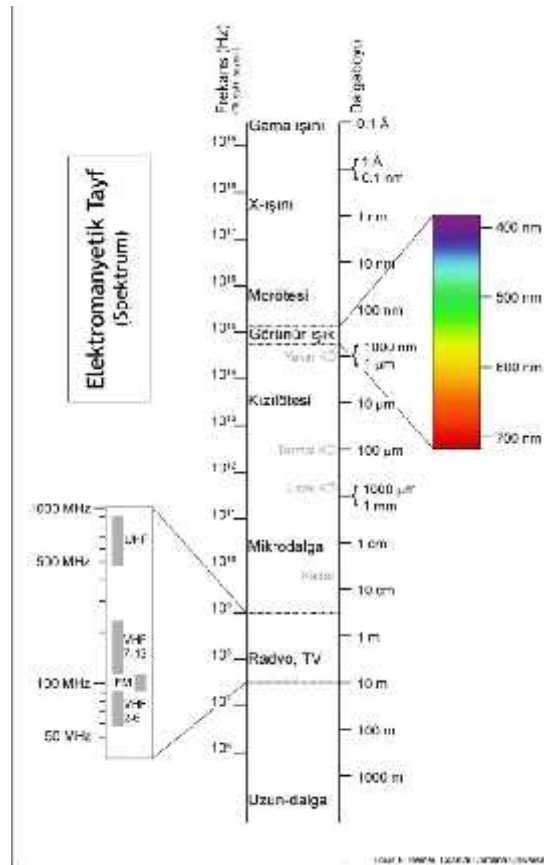
Şekil 1.1. Radyasyonun çeşitleri

Elektromanyetik spektrumu oluşturan bütün radyasyonlarda enerji, yüksüz ve kütesiz fotonlar tarafından taşınmaktadır. Eğer iyonize edici elektromanyetik radyasyon çekirdekten yayımlanıyorsa gama, yörüngeden yayımlanıyorsa x-ışını adını alır.

Düşük enerjili ya da iyonize etmeyen radyasyon ise etkileştiği materyal içindeki atomları yeteri kadar enerjisi olmadığı için iyonize edemez ve sadece uyarmakla yetinir. Mikrodalgalar, görünür ışık, radyo dalgaları, kızılötesi ve (çok kısa dalga boyluları hariç olmak üzere) morötesi ışık iyonize etmeyen radyasyona örnektir. Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te elektromanyetik spektrum gösterilmektedir.

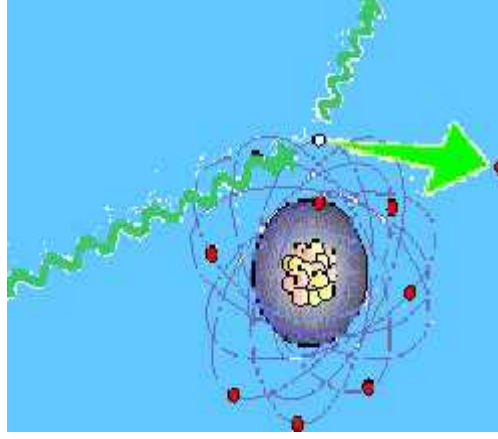


Şekil 1.2. Elektromanyetik radyasyonun enerji spektrumu



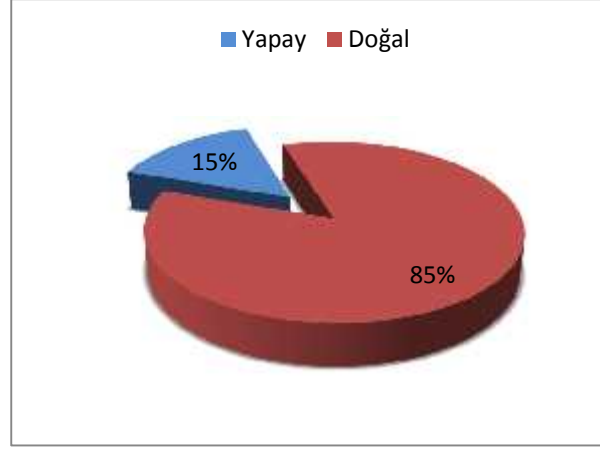
Şekil 1.3. Elektromanyetik tayf

İyonizasyon; Kararlı durumdaki atomun elektronlarından biri koparıldığında, protonların sayısı elektronlardan fazla olacağından atom bir elektrik yükü kazanacaktır. Bu şekilde bir elektronun atomdan ayrılmasından sonra geriye kalan atoma “iyon” adı verilir. İyonların meydana gelişi olayına da “iyonizasyon” denir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. İyonizasyon

İnsanlar, hayatın bir parçası olarak dış uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlar, yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar, yapı malzemeleri, su ve gıdalar gibi doğal kaynaklardan sürekli olarak ışınlanmaya maruz kalmaktadırlar. Bunların yanı sıra enerji üretimi, tıp, endüstri, araştırma, tarım, hayvancılık gibi pek çok alanda kullanımı kaçınılmaz olan yapay kaynaklar nedeni ile de ışınlanmaya maruz kalınmaktadır. Bu sebeplerden dolayı doğadaki radyasyon kaynaklarını doğal ve yapay olmak üzere iki başlıkta toplayabiliriz. Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarının küresel radyasyon dozuna oransal katkıları Şekil 1.5’te verilmiştir (TAEK, 2012). Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozunun dünya ortalaması 2.7 mSv/yıl’dır.



Şekil 1.5. Dünya genelinde doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından alınan dozların oranları (TAEK, 2012)

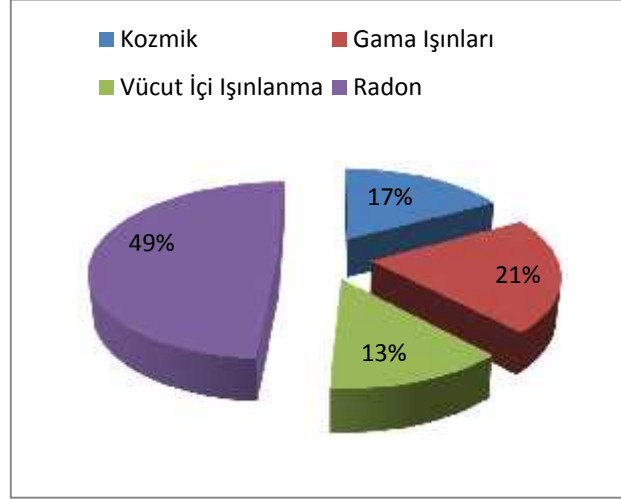
1.1.1. Doğal radyasyon kaynakları

Evrenin ilk anlarında oluşan ve tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyini oluşturmuşlardır. Doğal kaynaklı bulunan radyasyonlar, uzaydan gelen kozmik ışınlar ve yer kabuğunda (taşa, toprakta, havada, suda, bitkilerde ve tüm canlılarda) bulunan doğal radyoaktif maddelerde yayılan radyasyonlardır.

Kozmik ışınların büyük bir kısmı dünyaya atmosferinden geçmeye çalışırken atmosfer tarafından tutulduğundan bu ışınların sadece küçük bir miktarı dünyaya ulaşır. Bu yüzden yerküreye ulaşan ışınlardan bir dağın tepesinde veya havada yol almakta olan uçakta bulunan bir kişi, deniz seviyesinde bulunan bir kişiden çok daha fazla kozmik ışına maruz kalır.

Doğal radyasyon düzeyini arttıran en önemli sebeplerden biri, yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin (Ra^{226}) bozunması sırasında salınan “radon gazı”dır. Bu bozunma sırasında oluşan diğer radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalırken maalesef radon toprak yüzeyine doğru yükselir. 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 (Yülek, 1992). Şekil 1.6'da doğal radyasyon kaynaklarının doğal radyasyon seviyesine katkıları oransal olarak gösterilmektedir.

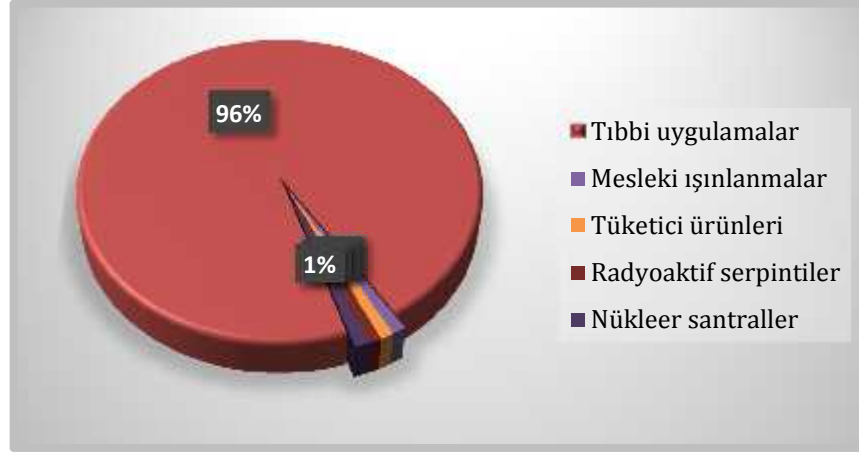


Şekil 1.6. Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri (TAEK, 2012)

1.1.2. Yapay radyasyon kaynakları

İnsanoğlu, teknolojik gelişiminin gereği olarak, bazı radyasyon kaynaklarını yapay yollarla üretme ihtiyacı duymuştur. Bu kaynaklar, birçok işin daha iyi, daha kolay, daha çabuk, daha ucuz ve daha basit yapılmasına olanak sağlar. Bazı durumlarda ise alternatifleri yok gibidir. Yapay radyasyon kaynakları da tıpkı doğal radyasyon kaynakları gibi belli miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınmasına neden olmaktadır. Ancak bu doz miktarı, talebe bağlı olarak artsa da, doğal kaynaklardan alınan doza göre çok daha düşüktür. Doğal radyasyon kaynaklarının aksine tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalınacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir. Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X ışınları ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpinçler, çok az da olsa nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ile bazı tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler bilinen başlıca yapay radyasyon kaynaklarıdır. Şekil 1.7'de

yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozlarının oransal değerleri gösterilmektedir (TAEK, 2012).



Şekil 1.7. Yapay radyasyonun dağılım oranları (TAEK, 2012)

1.2. Radyoaktivite ve Radyoaktif Bozunma Türleri

Doğada bulunan elementlerin bir kısmı kararlı çekirdeklere sahipken bir kısmı ise kararsız çekirdeklere sahiptir. Kararlılık durumundan biri de bir atomun çekirdeğindeki nötron ve proton sayıları arasındaki denge ile belirlenir. Bu durumda çekirdek fazla enerjisinden kurtulmak isteyecektir. Kararsız haldeki çekirdeklerin kararlı hale geçmek için radyasyon yayınlaması olayı "radyoaktivite" olarak adlandırılır. Radyoaktif ışın yayan elementlere de "radyoaktif element" denir. Bazı radyoaktif elementlerin yarı-ömürleri ve yayınladıkları radyasyonlar Çizelge 1.1'de verilmiştir.

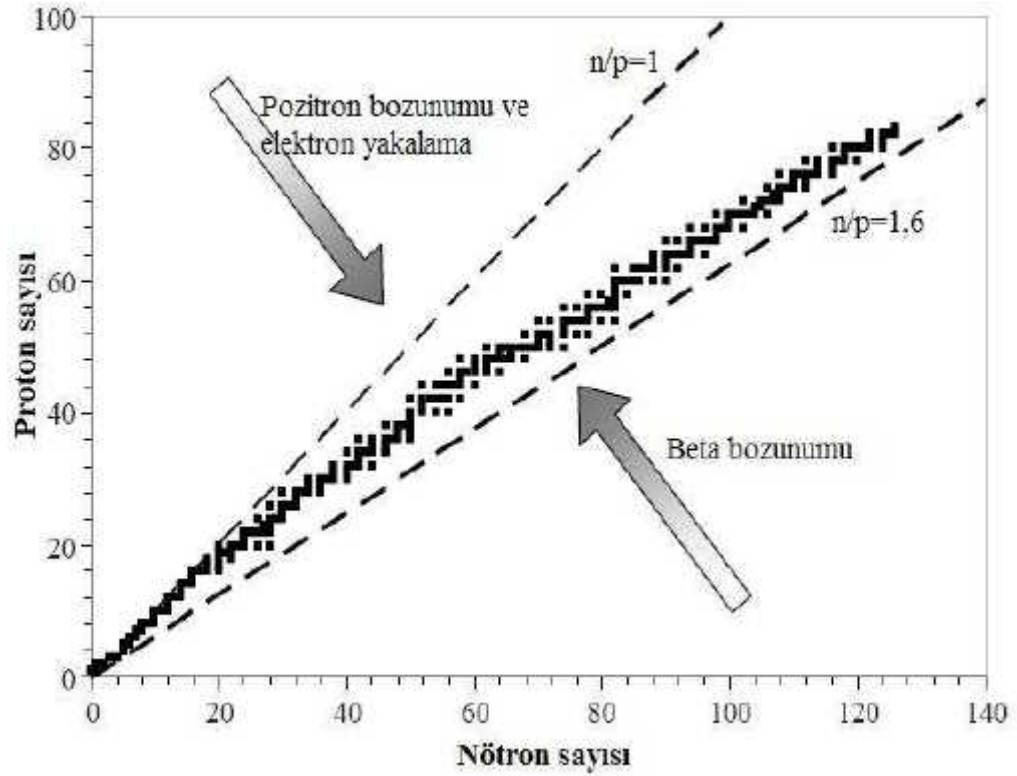
Çizelge 1.1. Bazı radyoaktif izotoplar ve özellikleri

Element	İzotop	Yarı-Ömür	Yaydığı Radyasyon
Hidrojen	^3_1H	12 yıl	Beta
Karbon	$^{14}_6\text{C}$	5730 yıl	Beta
Fosfor	$^{32}_{15}\text{P}$	14 gün	Beta
Potasyum	$^{40}_{19}\text{K}$	1.28×10^9 yıl	Beta ve gama
Kobalt	$^{60}_{27}\text{Co}$	5 yıl	Beta ve gama
Stronsiyum	$^{90}_{38}\text{Sr}$	28 yıl	Beta
İyot	$^{131}_{53}\text{I}$	8 gün	Beta ve gama
Sezyum	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30 yıl	Beta
Polonyum	$^{210}_{84}\text{Po}$	1.6×10^{-4} saniye	Alfa ve gama
Radyum	$^{226}_{88}\text{Ra}$	1600 yıl	Alfa ve gama
Uranyum	$^{238}_{92}\text{U}$	7.1×10^8 yıl	Alfa ve gama
	$^{235}_{92}\text{U}$	4.5×10^9 yıl	Alfa

Radyoaktif çekirdekler, tür ve yayılan radyasyondan bağımsız olarak radyoaktif bozunma yasasına tabidirler. N_0 çekirdeklerin başlangıçtaki sayısı ve λ (zaman⁻¹) birim zaman başına bozunma ihtimali demek olan bozunma sabiti olmak üzere, t zaman sonraki mevcut ürün çekirdek sayısı (N) Denk. 1.1. ile verilmektedir.

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1.1)$$

Bir çekirdeğin kararlılığı onun nötron (N) ve proton sayısı (Z) yakından ilgilidir. Pek çok çekirdek için $N > Z$ 'dir ve kararlılık $N \cong Z$ civarında sağlanır (Şekil 1.8, Jevremovic, 2009'dan). $Z > 80$ olan tüm çekirdekler bir radyoaktif izotopa sahiptir. Aynı zamanda $Z \geq 83$ olan tüm çekirdekler radyoaktiftir. Atom numarası en büyük radyoaktif olmayan element $^{209}_{83}\text{Bi}$ 'tur (Eisenbud ve Gesell, 1997).



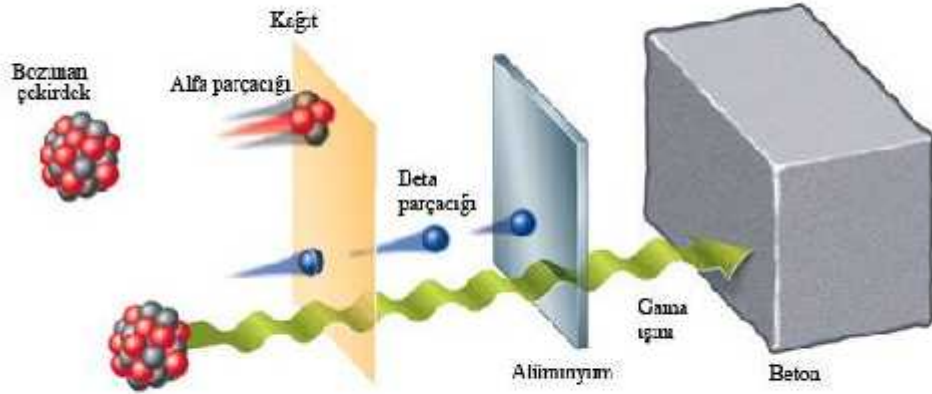
Şekil 1.8. Proton-nötron sayısına göre elementlerin kararlılık eğrisi (Jevremovic, 2009).

Kararsız çekirdekler fazla enerjilerini vererek kararlı hale geçmek için üç temel bozunma ve bunlara ek olarak nötron (nükleer bölünme) bozunmasına uğrarlar.

Bunlar sırasıyla;

- Alfa Bozunumu
- Beta Bozunumu (Negatron (β^-) ve Pozitron (β^+) Bozunumu, Elektron Yakalama)
- Gama Bozunumu 'dur.

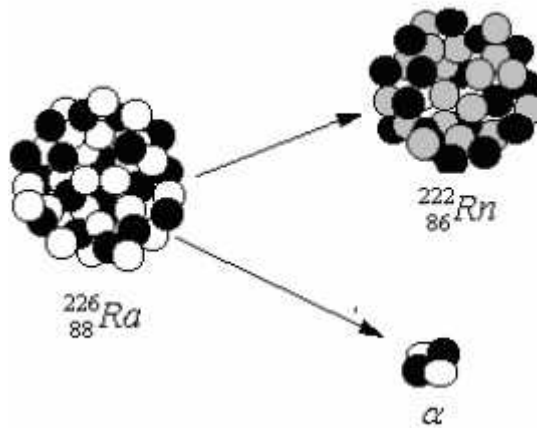
Bu ışımaların madde tarafından durdurulması Şekil 1.9'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.9. İyonlaştırıcı radyasyonun giriciliği

1.2.1. Alfa bozunması

Alfa parçacığı, iki proton ve iki nötrondan oluşan bir ${}^4_2\text{He}$ çekirdeğidir. Çekirdeğin kararsızlığı hem proton hem de nötron fazlalığından ileri geliyorsa, çekirdek iki proton ve iki nötrondan oluşan bir alfa parçacığı yayımlayarak daha küçük ve kararlı bir çekirdeğe bozunur. Çekirdeğin, alfa parçacığı çıkararak bozunması olayı genellikle ağır izotoplarda görülür ve sıklıkla doğal radyoaktif atomlarda gözlenir. Alfa bozunumuna örnek olarak Şekil 1.10. da Ra^{226} 'dan Rn^{222} 'ye, α parçacığı yayımlayarak değişim gösterilmektedir.



Şekil 1.10. Alfa Bozunumu (Mavi, 2010)

$${}_Z X^A \longrightarrow {}_{Z-2} Y^{A-4} + {}_2 \text{He}^4 (\alpha) + Q \quad (1.2)$$

Eşitlik (1.2)'ye göre ${}_Z X^A$, kararsız halde bulunan ana çekirdek ${}_{Z-2} Y^{A-4}$, kararlı olan ürün çekirdek ${}_2 \text{He}^4 (\alpha)$, alfa parçığı ve Q ise parçalanma enerjisidir (Soyberk, 2003).

Alfa parçacıklarının sahip oldukları elektrik yükleri herhangi bir madde içerisinde geçerken yolları üzerinde yoğun bir iyonlaşma meydana getirmelerine ve bu yüzden de enerjilerini çabucak kaybetmelerine yol açar. Dolayısıyla menzil uzaklıkları da çok kısadır ve ince bir kâğıt parçası tarafından durdurulabilirler. Bu işinlerin en enerjik olanları yaklaşık olarak 9 MeV civarında bir enerjiye sahiptirler. Alfa (α) taneciklerinin giricilikleri (nüfuz etme gücü) düşüktür. Bu nedenle dış radyasyon tehlikesi de yaratmazlar. Ancak sindirim, solunum ve yaralar vasıtası ile vücuda girdiklerinde iç radyasyon açısından tehlikeli olabilirler.

1.2.2. Beta bozunumu

Eğer çekirdeğin kararsızlık sebebi proton-nötron dengesinin bozukluğu ise çekirdek içinde bu denge proton-nötron birbirine dönüşümü ile çözülür.

Beta parçacığı (β), radyoaktif bir atom çekirdeğinden yayınlanan elektrondur. Beta parçacıklarında çekirdek civarındaki enerji fazlalığı $E = mc^2$ eşitliği ile ifade edilebilen bir kütle oluşturur. Bu kütle çekirdekteki fazla yükü alır ve dışarıya beta ışını olarak çıkar. Bu beta ışınları pozitif veya negatif yüklü elektronlardır. Eğer çekirdek içerisindeki enerji fazlalığı proton fazlalığından dolayı meydana geliyorsa pozitif yüklü elektronlar (β^+), nötron fazlalığından dolayı meydana geliyorsa negatif yüklü elektronlar (β^-) çıkar.

Belli bir yük ve kütleye sahip olan beta parçacıkları da alfa parçacıkları gibi madde içerisinden geçerken yolları üzerinde iyonlaşmaya neden olurlar. Fakat bu iyonlaşma, alfa parçacıklarının oluşturmuş olduğu iyonlaşmadan daha azdır. Çünkü bu parçacıklar alfa parçacıklarına göre çok daha küçük, daha hafif ve yüz kere daha fazla giricilerdir. Beta ışınlarının enerjisi yaklaşık 0,01 MeV'den 5 MeV'e kadar olabilir. En büyük enerjili beta ışınlarının havadaki yol uzunluğu 70-80 cm'yi bulur. Bu ışıdan korunmak için ince aliminyum levhadan yapılmış bir zırh malzemesi kullanılabilir.

Beta bozunumu üç farklı şekilde gerçekleşir. Bunlar;

- a) β^- bozunumu
- b) β^+ bozunumu
- c) Elektron yakalaması

a) Negatron (β^-) bozunumu:

Kararsızlığı çekirdekteki nötron fazlalığından kaynaklanan ve alfa ışıması yapamayan kararsız bir çekirdek, çekirdeğindeki nötron fazlalığını gidermek için nötronlarından birini bir proton ve bir anti-nötrino' ya dönüştürür. Bunun sonucunda elektron açığa çıkar ve çekirdekte kalamayan bu elektron hızla atomdan dışarı atılır. Çok yüksek hıza sahip olan bu elektrona negatron (β^-) adı verilir.



veya,



Eşitlik (1.3)'de n, nötronu p, protonu $\bar{\nu}^-$, antinötrino eşitlik (1.4)'de ise ${}_Z X^A$, kararsız ana çekirdeği ${}_{Z+1} Y^A$, ise kararlı ürün çekirdeği ifade eder.

b) Pozitron (β^+) bozunumu:

Kararsızlığı çekirdekteki nötron azlığı veya proton fazlalığından kaynaklanan bir radyoçekirdek, protonlarından birini bir nötrona dönüştürür ve bu arada pozitif yüklü elektron (pozitron) ve nötrino açığa çıkar (Eşitlik 1.5).



veya,



Burada nötron çekirdek içerisinde kalırken pozitron ise dışarı fırlatılır. Pozitron yayımlayan çekirdeğin proton sayısı bir azalarak kendinden bir önceki elementin atomuna dönüşür ve kütle sayısı değişmez (Eşitlik 1.6).

c) Elektron yakalama olayı:

Çekirdeğin kararsızlığı proton fazlalığından dolayı kaynaklanıyorsa ve bu çekirdek β^+ yayımlayamıyorsa atomun çekirdeğe yakın yörüngelerinde bulunan elektronlarından biri çekirdek tarafından yakalanır. Elektron ile bir proton birleşerek nötron ve nötrino haline dönüşür (Eşitlik 1.7). Bu bozunum sonucunda *proton sayısı bir azalır, kütle numarası ise sabit kalır (Eşitlik 1.8). Bu olayda boşalan elektron yörüngesine üst yörüngelerdeki başka bir elektron geçer ve bu olay "iç dönüşüm" olarak adlandırılır.*



veya,



1.2.3. Gama bozunması

Gama ışınları kısa dalga boylu ve yüksek enerjili ışınlardır. Bu ışınlar atomun çekirdeğinin enerji seviyelerindeki farklılıklardan dolayı meydana gelir. Kararsız çekirdekler bir alfa veya bir beta ışıması yapmasına rağmen genellikle kararlı hale geçemez. Bu durumda çekirdek fazla olan enerjisini gama ışınları şeklinde yayınlar. Açığa çıkan gamaların enerjileri;

$$E_{\gamma} = h\nu = E_2 - E_1 \quad (1.9)$$

olacak şekilde iki seviye arasındaki farka eşittir (Eşitlik 1.9). γ bozunmaları izomerik geçişlerdir. Bir alfa veya beta bozunması sonucu uyarılmış halde kalan çekirdeğe nükleer izomer; bu çekirdeğin gama ışımasıyla kararlı hale geçmesine de izomerik geçiş denir. İzomerik geçişte ana çekirdeğin atom ve kütle numarası değişmemektedir (Noz ve Maguire, 2007).

Gama ışınlarının alfa ve beta parçacıklarına göre madde içerisine nüfuz etme kabiliyetleri çok daha fazladır. Dolayısıyla da iyonlaşmaya sebep olma kabiliyetleri çok daha düşüktür. Bu ışınlar birkaç santimetre kalınlığındaki kurşun bloklarla sadece belli bir kısmı durdurulabilir. Gama ışınları yüksüz ve kütsüz elektromanyetik radyasyondur. Yüksüz olduklarından dolayı elektrik ve manyetik alanda sapma göstermezler. Gama radyasyonunun şiddeti ise madde içerisinden geçerken üstel bir fonksiyon şeklinde azalma gösterir.

1.2.4. Nötron bozunması (Nükleer bölünme)

Radyoaktif atom çekirdeğinin bir nötronu dışarı fırlatması olayıdır. Bu tepkime sık görülmez ve hızlı gerçekleşeceği için de takip edilmesi kolay değildir. Bu bozunma türünde atom numarası değişmez, kütle numarası ise bir azalır. Sonuçta ışıma yapan atomun izotopu meydana gelir.

Nötron bozunmasına uğrayan çekirdeklerin yapılarında iki farklı değişim söz konusudur. Bunlar gecikmeli nötron bozunumu ve kendiliğinden fisyon'dur.

Gecikmeli nötron bozunumunda, elementin türü değişmez fakat atom o elementin farklı bir izotopuna dönüşür. Bir ana çekirdeğin alfa veya beta bozunmasına uğradıktan sonra ara basamakta kararsız bir yavru çekirdek oluşur ve bu oluşan yavru çekirdek te esas yavru çekirdeğin genellikle γ ışıması yapacak olan kararsız bir izotopudur. Bu kararsız çekirdek de nötron yayınlayarak esas çekirdeği oluşturur. Buna örnek olarak bir fisyon ürünü olan Br^{87} ' un Kr^{87} 'a dönüşmesi verilebilir.

Kendiliğinden fisyon olayı çok fazla enerjiye sahip bazı ağır çekirdeklerin kendilerini daha küçük çekirdeklere ayırması olayıdır. Bozunma sonucunda ana çekirdeğin türüne göre 2 ile 4 adet nötron salınabilir. α veya β bozunmaları sürece eşlik edebilir. Örnek olarak U^{235} ve Cf^{252} verilebilir (Martin, 2006).

Nötron radyasyonlarının sınıflandırılmasına dair literatürde az da olsa farklılık gösteren yaklaşımlar söz konusudur. Ancak genel bir sınıflandırma Çizelge 1.2' deki gibidir (Krane, 1988; Annunziata, 2003).

Çizelge 1.2. Nötronların enerjilerine göre sınıflandırılması

Sınıflandırma adı	Nötron enerjisi
Soğuk	10^{-3} eV
Yavaş (termal)	10^{-3} - 0,4 eV
(epitermal)	0,4 - 100 eV
Orta dereceli	100 eV - 200 keV
Hızlı	200 keV - 10 MeV
Görelî	≥ 10 MeV

1.3. Radyasyon Birimleri

- **Radyasyon dozu**

Doz, herhangi bir maddenin belli bir zaman içerisinde kullanılan veya tüketilen miktarı demektir. Radyasyon dozu ise hedef kütle tarafından,

belli bir sürede, soğurulan veya alınan radyasyon miktarıdır. Radyasyon dozunun hedef kütlede meydana getireceği etki, radyasyonun çeşidine, doz hızına ve bu doza maruz kalış süresine bağlıdır. İyonlaştırıcı radyasyonlarla yapılan çalışmalarda sonuca ulaşabilmek ve zararlı biyolojik etkileri belirleyebilmek için radyasyon dozunun bilinmesi gerekir (TAEK, 2012).

Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi (ICRU) radyasyon çalışmalarında kullanılan birimlerin tüm dünyada aynı olması düşüncesi ile M.K.S. sistemini esas alan “Uluslararası Birimler Sistemi (SI)” kullanılmaktadır (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki (TAEK, 2012)

Terim	Birimi		Dönüşüm
	Eski	Yeni	
Aktivite	Curie(Ci); 3.7×10^{10} parçalanma/ 1 saniye	Becquerel(Bq); 1 parçalanma/1 saniye	$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
İşinlanma dozu	Röntgen(R); normal hava şartlarında (0°C ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1 kg'ında 2.58×10^{-4} Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır.	Coulomb/kilogram(C/kg); normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır.	$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$ $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
Soğurulmuş doz	Radiation absorbed doz(rad); işinlanan maddenin 1 kg'ında 10^{-2} Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	Gray(Gy); işinlanan maddenin 1 kg'ında 1 Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$
Doz eşdeğeri	Röntgen equivalent man(rem); 1 Röntgenlik X veya γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{rem} = (\text{rad}) \times (W_R)^*$	Sievert(Sv); 1 Gy'lik X veya γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Sv} = (\text{Gy}) \times (W_R)^*$	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$

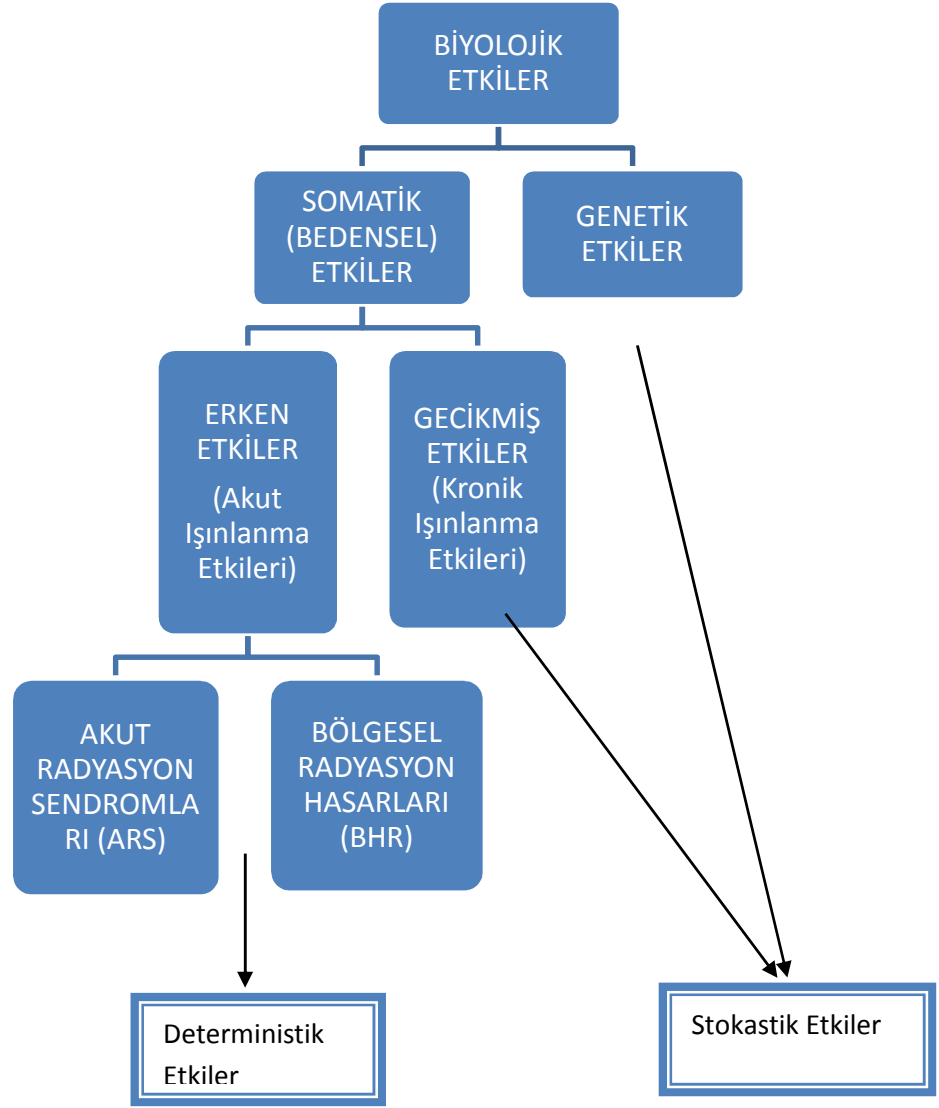
*W_R, “Radyasyon ağırlık faktörü” olarak adlandırılır. Farklı radyasyonların biyolojik etkilerindeki farklılıkları hesaba katmak ve aynı zamanda radyasyondan korunma hesaplarını basitleştirmek için kullanılan bir faktördür.

1.4. Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Radyasyonun insan sağlığı açısından yaratabileceği zararlı etkileri uzun zamandır bilinen bir gerçektir. Bu zararlı etkilerin insanda meydana getireceği hasarlardan bazıları, radyasyon yanıkları, kanser ve gelecek nesillerdeki genetik bozukluklardır. Çok büyük miktarda radyasyon dozuna maruz kalınması ani ölümlere bile sebep olmaktadır.

İyonlaştırıcı radyasyonun canlıda biyolojik bir hasara sebep olabilmesi için radyasyon enerjisinin canlıyı oluşturan hücreler ve dokular tarafından soğurulması gerekir. Meydana gelebilecek hasarlar alınan enerjinin türü, miktarı, maruz kalınan süre ve şekli bilindiği zaman en iyi şekilde değerlendirilebilir.

Radyasyon enerjisine maruz kalan hücre ölebilir ya da zamanla doku tarafından onarılabilir. Kurtulan bu hücre, kromozomlarındaki kırılmalar sebebiyle fiziksel ve kimyasal yapısı değişerek mutasyona uğrarsa, bunun sonucunda fonksiyon değişikliğine uğrayan hücre normal işlevini yapamaz ve ileride kişinin kendisinde (somatik) veya gelecek nesillerde (genetik) hasarlar meydana getirebilir. İnsanda ani ve şiddetli dozlara maruz kalma durumunun hemen ardından meydana gelecek hasarlara erken etkiler (akut ışınlama etkileri), bazen de düşük dozların etkileri uzun zaman sonra ortaya çıkabilir; kanser, ömür kısalması ve genetik bozukluklar gibi sonradan meydana gelecek hasarlara da gecikmiş etkiler (kronik ışınlama etkileri) denir. Radyasyonun biyolojik etkileri şematik olarak Şekil 1.11'de gösterilmektedir.



Şekil 1.11. Radyasyonun canlılar üzerine etkileri

İnsan vücudundaki dokuları meydana getiren hücreler farklı özelliklere sahip olmalarından dolayı radyasyona karşı hassasiyetleri de farklılık göstermektedir. Örneğin, sık sık bölünen hücreler, ara sıra bölünen hücrelere göre radyasyondan daha fazla etkilenirler. Ayrıca dokunun oksijen yoğunluğuna, ışınlama anındaki hücrelerin bölünme safhasına, kan ve besin durumuna bağlı olarak, vücudun radyasyona maruz kalan bölgesine ve bu bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak, tüm vücudun, karın veya bacakların tek tek aynı doza maruz kalması halinde gözlenen radyasyon hasarına bağlı olarak, bunların yanı sıra kişinin yaşı, cinsiyeti, sağlık durumu, radyasyonun oluşturacağı hasarların farklı olmasına sebep olmaktadır.

X ve gama ışınları düşük (radyografi), alfa ve nötronlar ise yüksek biyolojik etkinlik gösterirler.

Çizelge 1.4.' te organların radyasyona karşı duyarlılık dereceleri kıyaslanmıştır.

Çizelge 1.4. Radyasyona karşı organların duyarlılıkları

Yüksek duyarlılık	Orta duyarlılık	Düşük duyarlılık
Kemik iliği	Cilt	Kas
Dalak	Diğer organlar, Kalp,	Kemik
Timüs	Karaciğer, Akciğer	Sinir sistemi
Lenf nodülleri		
Üreme organları		
Gözler		
Lenfositler		

1.5. Radyasyondan Korunmanın Önemi ve Gerekliliği

Radyasyonun biyolojik etkilerinden korunmak amacıyla bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Burada amaç deterministik etkilerin önlenmesi (ölüm, cilt yanıkları, kısırlık, katarakt) ve stokastik etkilerin meydana gelme olasılığının ise en aza indirilmesi (kanser, genetik etkiler)' dir. Kısacası radyasyon çalışanlarının, halkın ve çevrenin radyasyonun zararlı etkilerinden korunmasıdır. Buda ancak radyoaktivite/doz ile ilgili niceliklerin ve birimlerin bilinmesi, gerekli ölçümlerin yapılabilmesi, ölçüm sonuçlarının değerlendirilebilmesi ve sürekliliğin sağlanabilmesi ile mümkündür.

Radyasyondan korunmada 3 temel prensip vardır. Bunlar;

- i. **Gereklilik (Justification):** Net bir yarar sağlamayacak hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilmemelidir.
- ii. **Etkinlik (Optimizasyon-ALARA):** Uygulanmasının gerekliliği onaylanmış olan ve ekonomik-sosyal faktörlerin göz önünde bulundurularak yapılan bütün ışınlamalarda mümkün olan en düşük dozun alınmasının sağlanmasıdır.
- iii. **Kişisel Doz-Risk Sınırları:** Alınmasına izin verilen maksimum doz sınırları aşılmamalıdır.

Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından Müsaade Edilebilir Maksimum Doz (MEMD), bir insanda ömür boyunca hiçbir önemli vücut arazi ve bir genetik etki meydana getirmesi beklenmeyen iyonlaştırıcı radyasyon dozu olarak tarif edilir (Zeyrek, 2012).

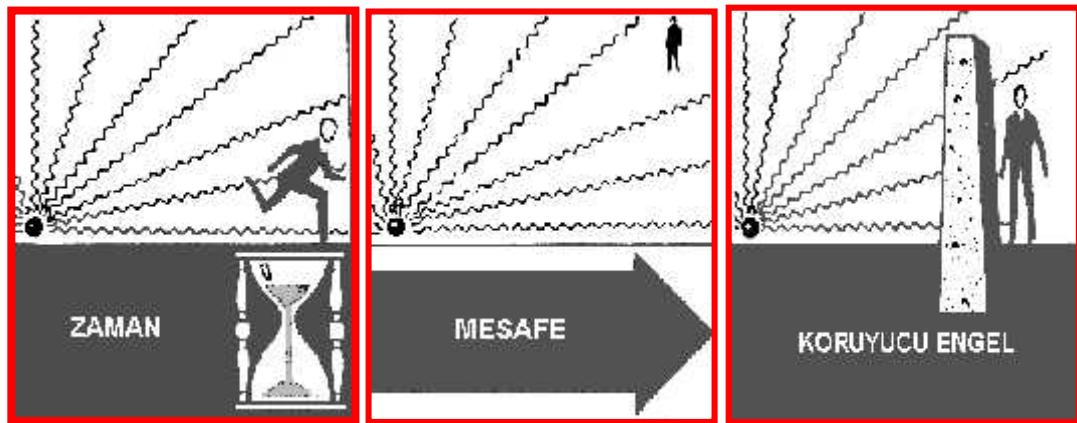
ICRP'nin önerilerine göre; radyasyon çalışanları için müsaade edilen maksimum doz sınırı, birbirini takip eden beş yılın ortalaması 20 mSv'i geçemezken (yılda en fazla 50 mSv), toplum üyesi diğer kişiler (halk) için aynı şartlardaki bu sınır 1 mSv' in altında tutulmaktadır (Zeyrek, 2012). Çizelge 1.5'te müsaade edilen maksimum radyasyon doz değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 1. 5. Müsaade edilen maksimum radyasyon dozu

Müsaade Edilen Maksimum Doz			
		Görevli	Halk
Yıllık Etkin Doz		20 mSv	1 mSv
Yıllık Eşdeğer Doz	Göz	150 mSv	15 mSv
	Cilt	500 mSv	50 mSv
	Kol-Bacak	500 mSv	50 mSv

1.6. Radyasyondan Korunma Yöntemleri

Radyasyon kaynaklarıyla yapılan çalışmalarda herhangi bir radyasyon kazasına sebebiyet vermemek için ve zararlı ışınların etkilerinden korunmak için 3 temel altın kural vardır (Şekil 1.12).



Şekil 1.12. Radyasyondan korunmanın üç temel yolunun şematik gösterimi

1.6.1. Zaman kuralı

Radyasyondan korunmanın ilk ve en basit olanı zaman kuralıdır. Radyoaktif kaynaklar kullanılarak yapılan çalışmalarda radyasyon kaynağının yakınında ne kadar az zaman geçirilirse o kadar az doza maruz kalınır.

Radyasyona maruz kalan maddenin emdiği doz zamanla değişmektedir(Eşitlik 1.10). A aktivitesine sahip bir kaynağın kendisinden r mesafedeki doz hızı ve Γ spesifik gama-ışını sabiti olmak üzere;

$$\Delta X = \Gamma \frac{A}{r^2} \Delta t \quad (1.10)$$

ile verilir (Krane, 1988). Buradan görüldüğü gibi emilen doz zamanla doğru orantılıdır.

1.6.2. Mesafe kuralı

Alfa ve beta radyasyonları gibi yüklü radyasyonların havadaki ortalama serbest yolları oldukça kısadır. Nötron ve gama radyasyonları ise görece daha uzun yollar almalarına karşın mesafeyle şiddetleri azalır. Bu nedenle bir radyasyon kaynağının zararlarından sakınmanın etkili yollarından birisi de kaynaktan olabildiğince uzakta durmaktır. Maruz kalınan radyasyon miktarı mesafeyle ters kare yasasına bağlı olarak azalmaktadır (Eaves, 1964). Bunu doğrulamak için kaynaktan aynı anda çıkan ışınların bir t zaman sonra r uzaklıkta küresel dalga cepheleleri oluşturduğunu varsaymak yeterli bir doğruluk sağlayacaktır. Böylece herhangi bir küresel dalga cephesini yüzeyindeki ışınların yoğunluğu, eşitlik 1.11'de görüldüğü gibi kaynağın A_0 şiddeti ile doğru, küre yüzeyinin alanıyla ters orantılıdır (Akyıldırım, 2011).

$$A \propto \frac{A_0}{4 \pi r^2} \quad (1.11)$$

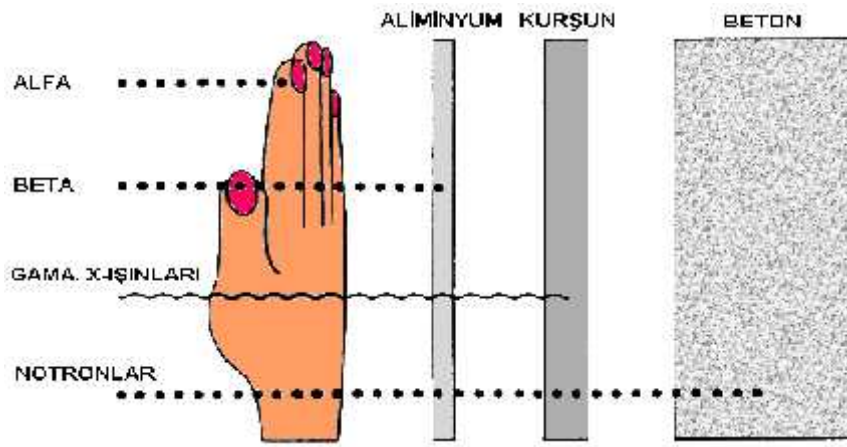
Burada A, r mesafedeki radyasyon şiddetidir. Ayrıca Eşitlik 1.12'den görüldüğü gibi bir d_2 uzaklığındaki doz hızı D_2 , baska bir d_1 uzaklığındaki ($d_1 < d_2$) doz hızı D_1 'den uzaklıkların kareleriyle ters orantılı olacak şekilde daha küçüktür (Akyıldırım, 2011).

$$D_2 = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 D_1 \quad (1.12)$$

1.6.3. Zırhlama kuralı

Radyasyon tehlikesinin en etkili yöntemi olan zırhlama, radyasyon kaynağı ile kişi arasına uygun özelliklere sahip koruyucu bir engel konularak radyasyonun etkilerini yok etme veya makul düzeylere indirme işlemidir. Zırhlamada kullanılacak malzemenin seçiminde radyasyonun türü önemlidir. Çünkü nükleer radyasyonların madde ile etkileşimleri sahip oldukları kütleye, yüke ve enerjilerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Radyasyonların madde içerisine nüfuz edebilme kabiliyetleri karşılaştırıldığında en çok tehlikeli olan radyasyon türlerinin gama ve nötronlar olduğu bilinmektedir. Çünkü nötronlar yüksüz; gama ışınları ise hem yüksüz hem de kütesiz olmasından dolayı daha tehlikelidir. Şekil 1.13.'de farklı türdeki radyasyonların farklı türdeki materyallerdeki giricilikleri gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Radyasyon çeşitlerine göre zırh malzemesi

1.7. γ -Işınlarının Maddeyle Etkileşmesi ve Toplam Zayıflatma Katsayısı

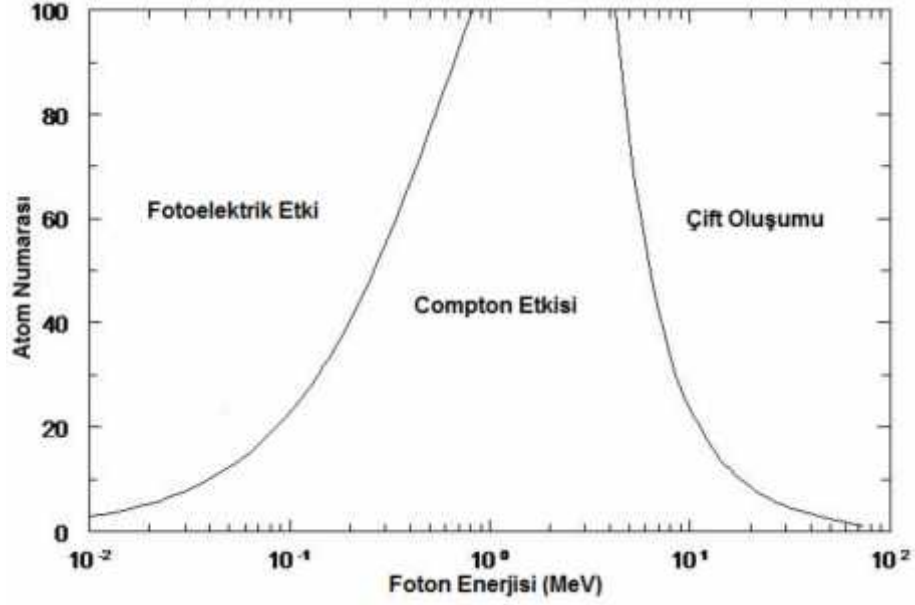
γ - ve X-ışınları elektrik ve manyetik alandan etkilenmeyen, yüksek girici güce sahip olan çok kısa dalga boylu (10^{-14} - 10^{-10} m) elektromanyetik dalgalardır. Gama ve X ışını gibi bütün elektromanyetik radyasyonlar birçok olayda parçacıklara benzer davranış gösterdiğinden çok küçük enerji paketleri anlamına gelen bu

radasyonların birim elemanına foton adı verilmistir. Radyasyonun belirli bir frekansı için bütün paketlerde taşınan enerji miktarı aynıdır ve $E=h\nu$ şeklinde ifade edilir.

Radyasyon zırhlama söz konusu olduğunda enerjisi 10 eV ile 20 MeV arasında olan fotonlar önem taşımaktadır. Daha küçük enerjili olanlar madde içine hemen hemen hiç nüfuz edemezlerken, 20 MeV'den büyük enerjili fotonların üretildiği fiziksel süreçler ise enderdir (Shultis ve Faw, 2002). Gama radyasyonları için toplam zayıflatma katsayısı μ , gama fotonlarının zırhın atomlarıyla etkileşmesi sonucu ortaya çıkan parametredir ve bu etkileşmeler oldukça karmaşıktır. Bir foton içinde hareket ettiği ortamdaki maddeyle farklı şekillerde etkileşir (Akyıldırım, 2011). Fotonlar, içinden geçtikleri maddenin atomları ile rastgele yapmış oldukları karşılıklı etkileşimler sonucu ortama enerji bırakarak absorblanabileceği gibi saçılıma da uğrayabilirler. Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşimindeki üç önemli olay;

- Fotoelektrik Olay
- Compton Saçılımı
- Çift Oluşumu olaylarıdır.

Bu üç olayın gerçekleşme ihtimali, X ve gama ışınlarının enerjileri ile etkileşilen maddenin atom numarasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Atom numarası 0 – 100 ve foton enerjisi 10^{-2} MeV - 10^2 MeV aralığında olmak üzere bu değişim Şekil 1.14'de gösterilmiştir (Krane, 1988).



Şekil 1.14. Gama enerjisine göre üç etkilesmenin baskın olduğu aralıklar (Krane,1988)

Fotoelektrik, Compton ve çift oluşumu etkileşmelerinin her birisi, sırasıyla τ , σ ve κ sembolleriyle temsil edilen birer kısmi zayıflatma katsayısı verir ve Eşitlik 1.13' den de görüldüğü üzere toplam zayıflatma katsayısı μ bu üç etkileşmenin her birisinden gelen zayıflatma katsayılarının toplamına eşittir (Jaeger, 1965; Hubbell, 1982).

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad (1.13)$$

Gelen radyasyonun şiddetindeki azalmaya radyasyonun zayıflatılması, etkileştiği maddede terk edilen enerjiye ise soğurulma adı verilir (Şekil 1.15).

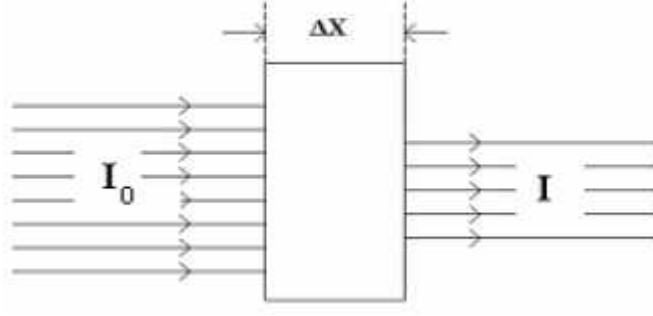
Eşitlik 1.14'de I şiddetinde gelen paralel bir gama radyasyon demeti, Δx kalınlığındaki bir soğurucuda ΔI kadar azalırsa

$$\Delta I = -\mu I \Delta x \quad (1.14)$$

yazılabilir. Burada μ soğurucunun lineer soğurma katsayısı olup, her soğurucuya ait olan bir sabittir. Bu eşitliğin integrali alınarak Eşitlik 1.15,

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1.15)$$

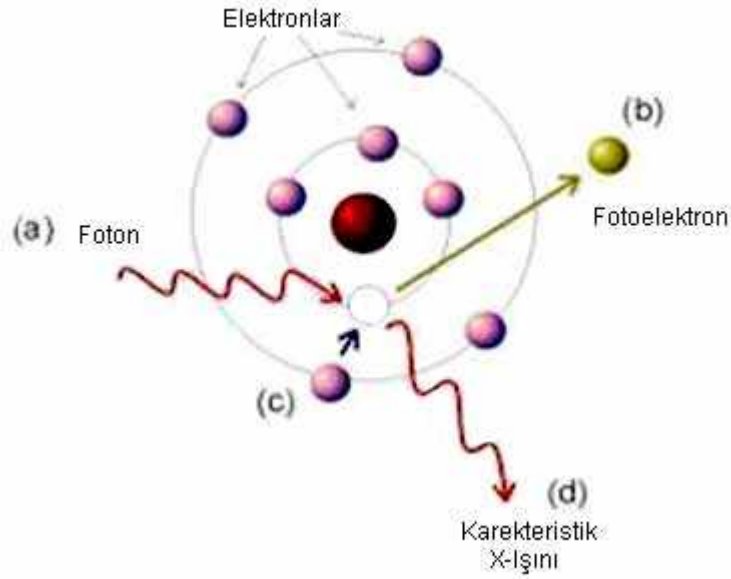
elde edilir. Burada I soğurucudan çıkan, I_0 ' da soğurucuya giren radyasyonun şiddetini, x soğurucunun kalınlığını ve μ lineer soğurma katsayısını gösterir.



Şekil 1.15. Gamma ışınlarının zayıflatılması

1.7.1. Fotoelektrik etkileşme

Fotoelektrik etkileşme, $h\nu$ enerjili bir foton içinden geçtiği ortamdaki bir atomla etkileşerek bütün enerjisini atomun kabuklarındaki bir elektrona aktararak onu çekirdeğin bağlayıcı kuvvetinden kurtarması olayıdır. Böylece dışarıya bir elektron fırlatılmış olur ve fırlatılan bu elektrona fotoelektron denir. Bu olay sonucunda oluşan elektron boşluğu dış yörüngedeki başka bir elektron tarafından doldurulur ve bu sırada X-ışını yayımlanır. Fotoelektrik olay, 0,5 MeV'den daha düşük enerjili fotonların ağır elementler tarafından soğrulmasında oldukça önem kazanır.



Şekil 1.16. Fotoelektrik olay

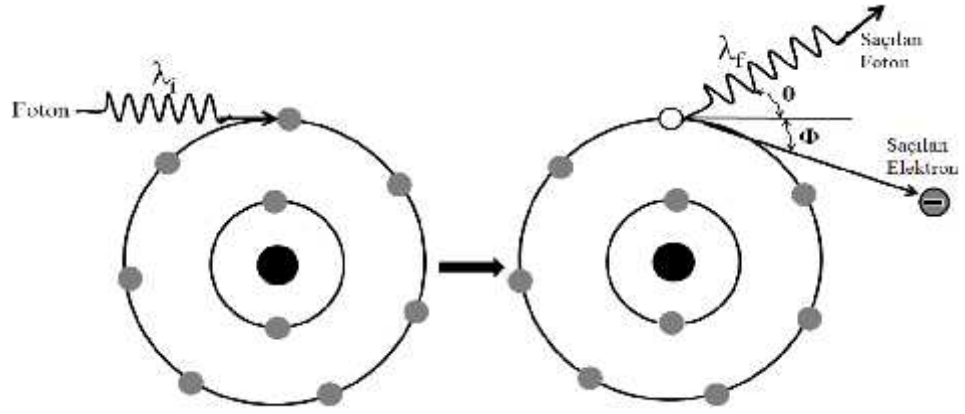
Bu olayın gerçekleşmesi esnasında gelen fotonun enerjisinin bir kısmı elektronu bağlı olduğu atomdan koparabilmek için harcanır, geri kalan kısmı ise koparılan elektrona kinetik enerji olarak aktarılır (Eşitlik 1.16).

$$h\nu = E_{\text{Bağlanma}} + E_{\text{Kinetik}} \quad (1.16)$$

Foton-elektron çarpışmaları düşük enerjilerde dış yörüngelerde, yüksek enerjilerde ise iç yörüngelerde meydana gelmektedir.

1.7.2. Compton etkileşmesi

Esnek olmayan bir etkileşme türü olan Compton saçılması, enerjisi $h\nu$ olan bir fotonun atoma gevşek olarak bağlanmış bir dış yörünge elektronuyla çarpışması sonucunda fotonun enerjisinin bir kısmını elektrona aktarması yoluyla gerçekleşir (Şekil 1.17).



Şekil 1.17. Compton saçılması

Elektron kütleli bir parçacık olduğu için fotonun bütün enerjisini absorblaması momentumun korunumuna göre mümkün değildir. Bundan dolayı foton, enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır ve saçılma uğrayarak yoluna devam eder. Foton ile elektron arasında oluşan açı fotonun enerjisine bağlıdır. Gelen fotonun dalga boyu ile saçılan fotonun dalga boyu arasındaki fark θ açısına bağlı olarak,

$$\Delta\lambda = \lambda_f - \lambda_i = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\theta) \quad (1.17)$$

Eşitlik 1.17 ifadesi ile verilir. Buradaki $\Delta\lambda$ Compton kayması, $h/m_0 c$ Compton dalga boyu ($0,024 \text{ \AA}$), m_0 elektronun durgun haldeki kütlesi, h Planck sabiti, c ise ışık hızıdır.

Energileri $0,5-2,0 \text{ MeV}$ arasında olan fotonların hafif elementlerden oluşan ortamlar tarafından soğrulmasında bu olay diğerlerine göre daha çok önem kazanmaktadır. Yüksek enerjili fotonların enerjileri belirli bir seviyeye düşene kadar Compton saçılmasına uğrarlar ve bu seviyeden sonra da fotoelektrik olayla absorblanırlar. Çünkü sadece Compton saçılımı ile fotonlar tamamıyla soğrulanamazlar.

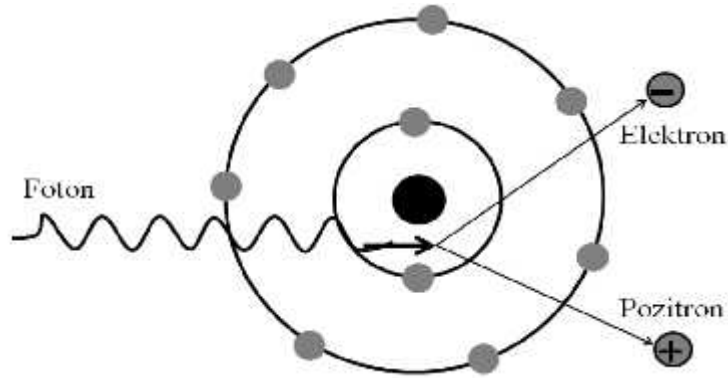
Saçılan fotonun enerjisinin saçılma açısına bağlı olarak ifade edecek olursak,

$$E = \frac{E_0}{1 + (E_0/m_0 c^2) (1 - \cos\theta)} \quad (1.18)$$

Eşitlik 1.18 şeklinde yazılır. Burada E_0 gelen fotonun enerjisi, E saçılan fotonun enerjisi, θ ise saçılma açısıdır.

1.7.3. Çift oluşumu

Fotonun madde ile etkileşme yollarından fotoelektrik ve Compton olayları gelen foton enerjisinin tamamının veya bir kısmının elektronlara aktarılması esasına dayanmakta idi. Çift oluşumu ise bir enerji-kütle dönüşümü olması sebebiyle fotoelektrik etkileşme gibi bir soğurma sürecidir. Eğer, fotonun enerjisi yeteri kadar büyükse ve bu foton atom çekirdeğinin çok yakınından geçerse, kütsüz olan fotonun enerjisinden çekirdek yakınında aynı anda biri negatif yüklü elektron diğeri pozitif yüklü pozitron olmak üzere iki parçacık oluşur (Şekil 1.18). Böylece elektromanyetik bir dalgadan madde meydana gelmiş olur.



Şekil 1.18. Çift oluşumu

Elektron-pozitron çiftinin kütleleri ve yükleri eşittir fakat bunlar birbirinin karşıt parçacığdır.

$$h\nu = m_e^+ + m_e^- + K_e^+ + K_e^- \quad (1.19)$$

Burada m_e^+ ve m_e^- , sırasıyla pozitron ve elektronun durgun kütleleri, K_e^+ ve K_e^- ise sırasıyla pozitron ve elektronun kinetik enerjileridir (Eşitlik 1.19). Çift oluşumu sonucu meydana gelen zıt yüklü parçacıkların kütlelerinin enerji karşılığı yaklaşık olarak, 0.511 MeV 'dir. Teorikte böyle bir çift oluşumunun meydana gelebilmesi için fotonun enerjisinin minimum $2 \times 0.511 = 1,022$ MeV ($h\nu$

$\geq 1,022$ MeV) olması gerekir. Fotonun enerjisinin fazla olduğu durumlarda ise bu enerjinin arta kalan kısmı elektron ve pozitrona kinetik enerji olarak aktarılır. Oluşan bu elektron, atomla serbest elektronlar gibi etkileşirken, pozitron ise bir yörünge elektronu ile birleşir ve zıt yönlü olan iki foton salarak yok olur. Bu foton ise fotoelektrik yolu ile soğurulur. Çift oluşumu genellikle 2 MeV'den daha büyük enerjili fotonlar ve ağır elementler için daha baskındır.

Çift oluşumu olayının, fotoelektrik ve Compton etkileşmelerinden en önemli farkı, elektromanyetik radyasyonun ortam elektronları ile etkileşmeye girmeden karakter değiştirerek parçacık haline geçmesidir.

1.8. Barit Madeninin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Barit radyasyon tutma özelliği taşıyan baryum elementinin en yaygın minerali olarak bilinen baryum sülfattır (BaSO_4). Genellikle beyaz, opak veya yarı şeffaf görünüştedir (Şekil 1.19).



Şekil 1.19. Barit

Barit metalik olmayan mineraller arasında en ağır olanıdır. Özgül kütlesi ortalama 4.5 gr/cm^3 tür. Sertliği 2.5-3.5 arasında değişmektedir. Erime noktası 1580° C dir. Kimyasal bileşimi BaSO_4 şeklinde olup, % 65,70 oranında BaO, %34,30 oranında SO_3 içerir. Baryum oranı ise % 58,8 dir. Barit suda hemen

hemen hiç erimez. Soğuk asit içinde erimeyen barit kaynayan sülfürik asit içinde hafifçe eriyebilir. Baritin tane iriliği çok önemlidir.

Öğütülmüş baritin en önemli kullanım alanı sondaj sektörü olmakla birlikte dünya barit üretiminin yaklaşık %85-90'ı bu sektörde kullanılmaktadır. Baritin yoğunluğunun yüksek olması, aşındırıcılığının düşük olması, yüksek basınç ve ısıya karşı stabil olması, manyetik özelliğinin olmaması, çeşitli kaynaklardan kolay ve uygun maliyetle elde edilebilmesinden dolayı bu sektörde yaygın olarak tüketilmektedir.

Bir diğer kullanım alanı ise cam endüstrisidir. Burada değişik baryum bileşikleri kullanılmaktadır. Özellikle preslenmiş olan camlarda, baryum oksit kurşun oksitten daha çok parlaklık sağlamaktadır.

Barit boya sanayisinde badana tipi boyalarda beyazlatıcı pigment olarak, yağlı boyalarda ise inceltici olarak kullanılmaktadır.

Lastik sanayisinde dolgu malzemesi olarak, seramik sanayisinde ise seramik cilesi olarak kullanılmaktadır.

Kimya sanayisinde ise litofon, baryum hidroksit, baryum siyanat, baryum kromat, baryum nitrat vs eldesinde kullanılmaktadır.

Bu kadar geniş kullanım alanına sahip olan barit günümüzde ise teknolojinin gelişimi ile birlikte çoğalan nükleer santrallerde ve radyoterapi uygulanan ünitelerde ağır beton yapımında agrega olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir.

Bu çalışmada baritin ön plana çıkarılmak istenen en önemli özelliği radyoaktif atom çekirdeklerinden yayımlanan zararlı ışıklardan özellikle de madde içerisindeki giriciliği yüksek olan gama ışınlarını absorblayarak koruyucu olarak kullanılmasıdır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu tez konusu ile ilgili literatür bilgileri tarandığı zaman; yapılan çalışmalar iki grup halinde toplanılabilir. Bu çalışmaların birinci grubunu radyasyona karşı koruyuculuk sağlayan tekstil materyalleri ile ilgili yapılan çalışmalar oluşturmakta, ikinci grubunu ise nötron ve gama radyasyonunun zırhlaması ile ilgili çalışmalar oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasını konu alan literatür bilgileri tarandığı zaman yapılan çalışmaları;

Kılınçarslan (2004), çalışmasında barit oranının artması ile tüm beton serilerinde betonların yoğunluğu ve radyasyon geçirgenliği arasında anlamlı bir ilişki olduğunu belirlemiş ve barit oranının artması, radyasyon geçirgenliğini olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir.

Akkurt vd. (2004), yaptıkları çalışmada, barit, mermer ve limra gibi Türkiye’de sık kullanılan yapı malzemelerinin toplam doğrusal ve kütleli soğurma katsayıları XCOM yazılımı kullanılarak 1 keV – 300 MeV enerji aralığında teorik olarak hesaplamışlar. Bu sonuçlar NaI(Tl) detektörü kullanarak 0,662 MeV ve 1,33 MeV enerjileri için elde ettikleri deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuç olarak baritin diğerlerinden daha iyi bir γ soğurucu olduğunu gösterilmiştir.

Akkurt vd. (2005b), yaptıkları çalışmada, barit (BaSO_4) minerali kullanılarak üretilmiş olan farklı yoğunluktaki ağır betonların gama radyasyonu zırhlama malzemesi olarak kullanımını incelemişler ve farklı içerikli ve yoğunluklu betonların kütleli zayıflatma katsayıları 1 keV ile 100 GeV enerji bölgesinde XCOM programıyla hesaplatılıp 0,662 MeV ve 1,25 MeV gama enerjilerinde Geiger-Müller sayacı kullanılarak elde ettikleri deneysel değerlerle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak barit katkısının betonun zayıflatma katsayısı üzerinde önemli derecede etkisi olduğu görülmüştür.

Başıyigit ve Kaçar (2006) yaptıkları çalışmalarında radyasyon zırhlanmasında yapı malzemelerinin özellikleri malzemeler ile olan etkileşiminin ifadesi olan radyasyon soğurma katsayısı (μ); cam, normal beton, baritli beton, düşük karbon çeliği, ahşap gibi yapı malzemeleri için 10 keV ile 100 GeV geniş enerji aralığında hesaplayarak, hesaplanan μ değeri, yüksek ve düşük enerji bölgelerinde önemli değişimler gösterirken, orta enerji bölgelerinde ise aynı değişimi göstermediğini tespit etmişlerdir.

Kaçar (2006), yaptığı çalışmasında da, 0.001 Mev ile 10000 Mev enerji aralığında beton barit agregalı ağır beton ve kurşun malzemeleri için delphi programlama dili kullanarak zırh kalınlığı hesaplama programı oluşturmuş ve el ile çözülen örnekler ile karşılaştırarak aynı değerlerin tespitini sağlamıştır. Ayrıca zırh malzemesi kalınlığının yoğunlukları sırasıyla 11.35 gr/cm³, 3,2 gr/cm³ ve 2.35 gr/cm³ olan kurşun, baritli ağır beton ve normal beton yoğunluğa ters orantılı olarak azaldığını ortaya koymuştur.

Saravanan (2007), yaptığı çalışmada, UV ışınlarının zararlı etkilerine değinerek, uygun terbiye yöntemleri ile kumaş yapımındaki parametrelerindeki değişiklikler ile UV koruma tekstil yapıları araştırılmıştır.

Kılınçarslan vd. (2007), yapmış oldukları çalışmalarında, belli oranlarda barit ve normal agrega kullanılarak C20, C30 ve C40 dayanım sınıfına sahip üç farklı seri betonlar üreterek bu betonların fiziksel ve mekanik özellikleri ile radyasyon soğurma katsayılarını bulmuşlar ve çalışma sonucunda normal agrega yerine barit kullanılması ile barit miktarının artmasıyla birlikte lineer soğurma katsayısının arttığı, fiziksel ve mekanik dayanımlarda değişme olduğu görülmüştür.

Kılıç vd. (2009), yapmış oldukları çalışmada, elektromanyetik çevre kirliliği ve bu kirliliğe karşı koruyucu özellikteki tekstil malzemeleri hakkında bilgiler vermişlerdir.

Akaydın vd. (2009), yapmış oldukları çalışmada, farklı gramaj ve konstrüksiyonlardaki %100 pamuk örgü kumaşlara UV absorblayıcı kimyasal madde aplike etmişler ve bu kumaşların UV geçirgenlikleri ile ultraviyole koruma faktörleri için en düşük geçirgenlik değerlerini araştırmışlardır.

Akkurt vd. (2010), yapmış oldukları çalışmalarında, barit ile üretilen betonun radyasyon zırhlama özelliklerini inceleyerek standart koruyucu malzeme olan kurşun ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada lineer zayıflama katsayıları 1 keV-1 GeV hesaplanmış ve ölçüm gama spektrometre NaI (TI) dedektörü ile MCA 662 de, 1173 ve 1332 keV enerjilerde gerçekleştirilmiştir.

Bulut Y. ve Sülar V. (2010), yaptıkları çalışmalarında, tekstil ürünlerinin üretim yöntemlerinden olan kaplama ve lamine kumaşların zirai tekstillerden tıbbi tekstillere, ev tekstillerinden koruyucu giysilere kadar birçok kullanım alanı bulunduğunu belirtmişlerdir ve çalışma kapsamında kaplama ve laminasyon yöntemleri, kaplanmış ve lamine edilmiş kumaşların kullanım alanları, üretim yöntemleri ve performans testleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Molla (2011), çalışmasında barit madeninin kumaşa sıvanmasıyla, sıvandığı kumaşa radyasyon zırhlama özelliği kazandırdığını tespit etmiştir.

Binici vd. (2013), yapmış oldukları çalışmalarında, barit, uçucu kül ve kurşun kullanılarak üretilen kompozit malzemelerin 20.7, 26 ve 60 keV enerji aralığında zırhlama özelliklerini araştırmışlardır ve üretilen kompozit malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı ile ses geçirgenlik özelliği de araştırılmıştır.

Oto vd. (2013), yapmış oldukları çalışmalarında, farklı oranlarda barit ve kolemanit içeren betonların radyasyon zırhlama özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada ¹³³ Ba (80.99 ve 303 keV) ve ²⁴¹ Am (59.54 keV) radyoaktif kaynakları ile gama ışınları 662 keV 122 keV çözünürlüğe sahip bir NaI (TI) dedektörü kullanılmıştır. Teorik sonuçlar Penelope ve WinXCom bilgisayar programları elde edilmiştir. Sonuç olarak gama ışınlarının serbest yol değerleri artan barit oranı ile azaldığı tespit edilmiştir.

Davraz vd. (2013), yapmış oldukları çalışmalarında, Sivas Divriği yöresinde bulunan orta yoğunluklu baritin ağır agregası olarak kullanım olanağını araştırmışlar ve bu araştırmada malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, bu malzeme ile üretilen ağır betonun fiziksel, mekanik ve radyasyon tutuculuk değerlerini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda ise Sivas Divriği yöresi baritlerinin ağır agregası olarak kullanılabileceği ve barit kullanılarak üretilen ağır betonun normal betona göre radyasyon zırhlama kapasitesini yaklaşık %20 oranında artırdığını tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında üç farklı kumaş örneğinin her birine üç farklı barit oranı ile kaplama yapılarak kumaş numunelerimiz elde edilmiştir.

3.1. Kullanılan Kumaşlar ve Özellikleri

Bu tez çalışmasında kullanılacak olan kumaşlar; terikoton kumaş, pamuklu kumaş ve pamuk polyester karışımı kumaşlardır. Kumaşların özellikleri Süleyman Demirel Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde analiz ettirilmiştir. Seçilen kumaşların özellikleri ve seçilme amaçları aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Terikoton kumaş

Bu çalışmada seçilmesinin sebebi önlük ve gömleklik olarak yaygın bir şekilde tercih edilen kumaşlardan olmasıdır. Terikoton kumaş; polyester/viskon karışımı bezayağı dokuma kumaştır. Kullanılan terikoton tipi kumaşın özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Terikoton tipi kumaşın özellikleri

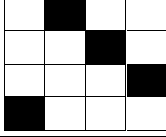
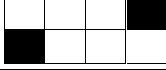
Terikoton kumaş özellikleri	Sıklık (tel/cm)	İplik numarası (Nm)	Örgü raporu	C ₁ (kıvrılma oranı)	Elyaf cinsi	Gramaj (gr/ m ²)	Dokuma tipi
Atkı(weft)	38	60		%7,5	PES	172	Bezayağı
Çözü (warp)	110	100		%4,3	Viskon + PES		

3.1.2. Pamuklu kumaş

Pamuklu kumaşlar hava alır ve nemi emerler. Bu sebeple günlük hayatta tercih

edilir ve geniş kullanım alanları vardır. Bu çalışmada tercih edilmesinin temel sebebi de bu özellikleridir. Kullanılan pamuklu kumaş %100 pamuk ve dimi dokuma örgüsündedir. Kumaşa ait özellikler Çizelge3.2'de verilmiştir.

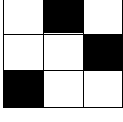
Çizelge 3.2. Pamuklu kumaşın özellikleri

Pamuk - kumaş özellikleri	Sıklık (tel/cm)	İplik numarası (Nm)	Örgü raporu	C ₁ (kıvrılma oranı)	Elyaf cinsi	Gramaj (gr/ m ²)	Dokuma tipi
Atkı(weft)	13	20		%6	Pamuk	230	D 1/3 S
Çözü (warp)	27	34		%4	Pamuk		

3.1.3. Pamuk polyester (pamuk-pes) karışımı kumaş

Günlük hayatta pamuk/ polyester karışımı kumaşlar çok kullanıldığından dolayı bu çalışmada tercih edilmiştir. Pamuklu kumaşların ütülenmesindeki zorlukların ortadan kaldırılabilmesi için polyester karışımı kullanılır. Çalışmada kullanılan pamuk polyester karışımı kumaşın özellikleri Çizelge 3.3' te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Pamuk polyester karışımı kumaşın özellikleri

Pamuk/PES kumaş özellikleri	Sıklık (tel/cm)	İplik numarası (Nm)	Örgü raporu	C ₁ (kıvrılma oranı)	Elyaf cinsi	Gramaj (gr/ m ²)	Dokuma tipi
Atkı(weft)	20	60		%5,7	PES (lycra)	249,8	D 1/2 S
Çözü (warp)	32	30		%3,3	Pamuk		

3.2. Kumaşın hazırlanması

Farklı türlerdeki kumaş numunelerine gerekli yardımcı kimyasallar ile hazırlanan barit karışımı kaplama yöntemiyle uygulanmıştır.

Kaplama yöntemiyle çeşitli varyasyonlarda üç farklı kumaş numunesi üretilmiştir. Kaplama yönteminin uygulamasında kullanmak üzere hazırlanan karışımlara farklı oranlarda barit ve kaplama kimyasalı ilave edilmiştir. Uygulanan oranlar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Kaplamada kullanılmak üzere hazırlanan çerçeveye (şablon) gaze bezi gerilerek uygulama gerçekleştirilmiştir. Numune kumaşların tek yüzeylerine kaplama işlemi uygulanmıştır. Bu şekilde farklı varyasyonlarda numune üreterek optimum özelliklere sahip kumaş üretmeye çalışılmıştır. Kumaşların uygulamalardan önceki ve sonraki birim alan kütleleri TS 251'e göre belirlenerek hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. Kumaş numunelerine ait özellikler

Kumaş Türü	Barit Oranı	Kaplama Kimyasalı (Tubicoat CRO)
Terikoton kumaş	%60	%40
	%50	%50
	%40	%60
	%0	%0
Pamuklu kumaş	%60	%40
	%50	%50
	%40	%60
	%0	%0
Pamuk polyester karışımı kumaş (Pamuk-PES)	%60	%40
	%50	%50
	%40	%60
	%0	%0

3.2.1. Kaplama yöntemi

Kaplama, dokuma ve örme yüzeyden oluşmuş bir taban kumaşın bir yüzünü veya her iki yüzünü kimyasal bir madde ile kaplamak (sıvama, sürme, püskürtme, aktarma vb.) suretiyle yapılan işleme denir. Kaplama kumaşın niteliği, tekstil lifi veya kumaş yapısı bazındaki özelliklerine değil, kaplama maddesi tarafından

kumaşa kazandırılmış olunan özelliklerin istenilen düzeyde olmasına bağlıdır. Ancak bazı örnekler buna istisna göstermektedir. Örneğin; bazı yağmurluklar gibi arkası kaplanmış kumaşın, boyanmış, basılmış ve görünen yüzü tekstil materyali ise tekstil lifinin ve kumaş konstrüksiyonu daha fazla önem kazanmaktadır. Kaplanacak tekstil malzemelerinin üzerine (kâğıt kumaşlar ve tuftingler) sıvı veya plastik maddeler sürülür ve sürülen bu tabaka, fiziksel veya kimyasal metotlarla sabitleştirilir. Kaplama sonucunda, yeni özelliklere sahip bir malzeme oluşur. Bu özellikler her iki komponentin (kumaş ve kaplama kimyasalı) cinsine ve miktarına ve kullanılan kaplama metoduna bağlıdır. Kaplama işlemi ile aynı zamanda kumaşın gözenekleri kapanarak kumaşa su geçirmezlik ve hava geçirmezlik özelliği de kazandırılmaktadır. Taşıyıcı (zemin) tabakası üzerinde bulunan sentetik kaplama maddesi (polivinilklorür = PVC, poliüretan = PU, vb.); sıvı, eriyik, macun, toz veya granül şeklinde kullanılabilir. Kaplama kumaşlar ayrıca, genellikle çeşitli viskoz sıvı polimerlerin tekstil yüzeyine uygulanmasını da içerir. Uygulanan filmin inceliği veya kalınlığı uygulamanın bir bıçak yoluyla veya benzer bir aparat ile kontrol edilmektedir.

Kaplamada amaç; polimer bir tabakanın bir tekstil dış yüzeyine nüfuz ederek fiziksel ve karakteristik özelliklerinin önemli bir şekilde değiştirilmesi ya da farklı özellikler kazandırılmasıdır. Tekstil kaplamacılığı sayesinde kumaşı oluşturan lifler ile kazandırılmayacak özelliklerin, uygun bir polimer maddenin mamule aktarılması ile kazandırılır. Bu tekstil kumaşları iki grup içerisinde sınıflandırılabilir. Birinci grubun kapsamı tüm bu materyallerin kaplama ile birleştirilmesinden sonra tekstil karakteristik özelliklerini yine de sergilemesidir. İkinci grup kumaşlarda materyalin basit görevlerle desteklenebilmesidir veya taşıyıcılarla ve güçlendirmeye hizmet veren polimer tabakalarla sağlamlaştırılmasıdır. Bu olay sonucunda çoğunlukla polimer tarafından tanımlanan daha önemli özellikler oluşur.

Kaplama ve lamine kumaşlar yaygın ve geniş bir uygulama alanına sahip olabilmesi için geniş bir yelpazede değişen ağırlık ve konstrüksiyonlarda yapılır. Uygulama alanları şunları kapsamaktadır; estetik beklentiler için seçilmiş kaplama kumaş, örneğin yapay deri veya fırtınalı bir havada bu tip kumaş giyeni

kuru tutan, terleme gibi bir durumda su buharının vücuttan uzaklaşmasına olanak veren kaplama kumaş vb. bu tip ürünler pek çok açık hava şartlarında veya dağcılık, golf gibi uğraşları olanlar tarafından kullanılır. Kaplama kumaşlar inceliklerine göre; anorak, yağmurluk gibi dış giysiler, branda, şemsiye, yapay deri, spor malzemesi, dekorasyon malzemesi, döşemelik gibi kullanım yerleri bulunmaktadır.

Kaplama direkt ve dolaylı (transfer) kaplama olarak tekstil yüzeyine uygulanabilir. Bıçak (rakle ile) kaplama; kaplamanın en eski ve en önemli yöntemlerinden birisidir. Rakle bıçağı ile kaplama hamuru, düzgün bir şekilde taşıyıcı malzemenin üstüne sürülür. Bu kaplama yöntemin de, kaplama maddesi bir bıçak ile kumaşa tüm eni boyunca uygulanır. Bıçak kaplama; substrat uygulamalarında, kaplama alanlarında gittikçe artan çok yönlü teknolojiler kullanılmaya başlamıştır. Bu teknik sıklıkla “sıyırıcı (sıvama) kaplama” olarak söz edilir. Kaplama bileşenleri (yapışkan çözelti, yoğun emülsiyonlar, macun ya da köpük) bir sabit bıçak ya da sıyırma bıçağı yardımıyla tekstil substratı üzerine üniform dağıtılır ve direkt uygulanır. Kumaşın sıyırıcı bıçak altından geçmesi destekli olmalıdır. Kaplama tabakasının kalınlığına karar verilince, önceden ayarlanmış bıçak aralığını; çelik silindir, kauçuk silindir, kauçuk blanket ya da masa destekler.

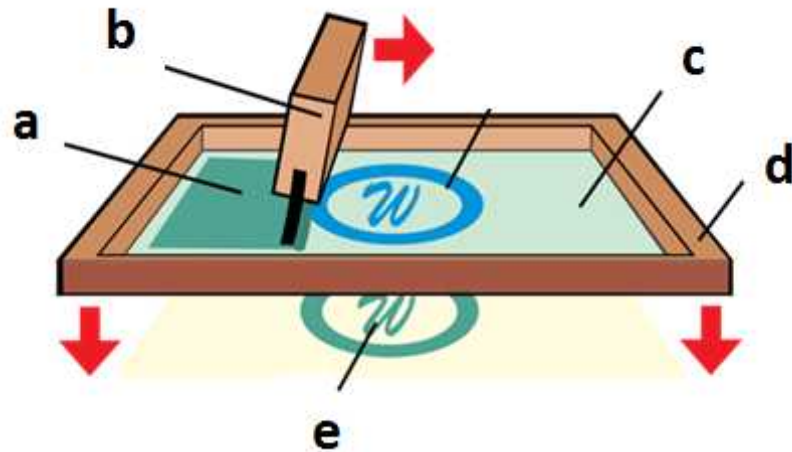
Kaplama çeşitli süreç varyasyonlarına bağlı olarak kurutucu üniteye gerçekleştirilir. Burada; polimerin sertleşmesi ya da çapraz bağlanması, organik çözücü ya da suyun uzaklaştırılıp “katı” form oluşumu ve plastisollerin jelleşmesi gözlenir.

Substratların farklı çeşitlerinden dolayı, kaplamalarda farklı çeşitlilikte bıçaklar vardır. Bıçak pozisyonlarına bağlı olarak da sıyırıcılara göre (havada bıçak ya da havada rakle), aralığa göre (silindir üzerinde bıçak, blanket üzerinde bıçak ve masa üzerinde bıçak) kaplama teknikleri vardır.

Bu tez konusu ile ilgili literatür bilgileri tarandığı zaman yapılan araştırmalar sonucu barit ve kumaşın bir arada bulunduğu çalışmayı "Radyasyon

Zırhlanmasında Kullanılacak Baritli Kumaş Üretimi ve Özellikleri" tez konusu ile (Molla, 2011) gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada bıçak yöntemi ile kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle kumaşa homojen bir kaplama kalınlığında kaplama işlemini gerçekleştirebilmek amacıyla çerçeve (şablon) hazırlanmıştır. Hazırlanan şablona gaze bezi gerilmiştir (Şekil 3.1). Hazırlanmış olan şablon kullanılarak farklı oranlarda barit ve temin ettiğimiz kaplama kimyasalı (CHT Tekstil'den elde edilen ticari adı Tubicoat CRO olan kaplama kimyasalı) kullanılarak hazırlanan hamur, düz bir zemine sabitlenen kumaş üzerine yerleştirilen şablon ve rakle vasıtasıyla kumaşa uygulanmıştır. Daha sonra 100°C kurutma ve 120°C sıcaklıkta fikse işlemleri yapılarak uygulama tamamlanmıştır.



Şekil 3.1. Baritin kumaşa uygulanmasının şematik gösterimi

- a - Kaplama hamuru
- b - Rakle (bıçak)
- c - Gerdirme bezi (gaze bezi)
- d - Şablon (çerçeve)
- e - Resim çıkması isteniyorsa çıkacak resim

Baritle kaplanmış bir kumaş örneği Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Kaplanmış kumaş görüntüsü

3.3. Gama Spektroskopi Sistemi

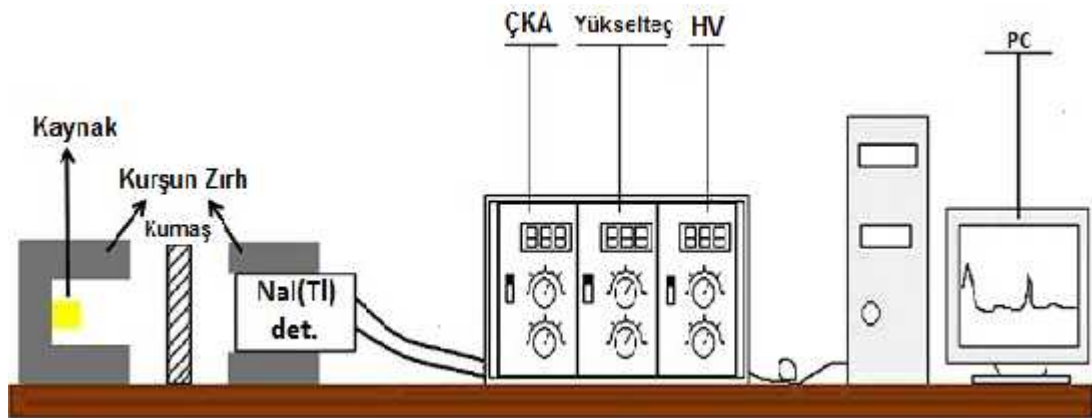
Amaç doğrultusunda bu tez çalışmasında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde kumaş örnekleri baritle kaplanmıştır. Elde edilecek örnekler ölçüme hazır hale getirildikten sonra Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Gama Spektroskopi Laboratuvarında bulunan NaI(Tl) detektörüne bağlı gamma spektrometresi ile doğal radyoaktivite ölçümü ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{60}Co ve ^{137}Cs gibi radyoaktif kaynaklarından yayınlanan 511, 662, 835, 1173, 1275 ve 1332 keV gama enerjilerinin bazıları kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kaplanmış kumaş örneği (soldaki resim) ve ölçüm alınan sistem (sağdaki resim)

Gama spektrometresi, bir materyalin radyoaktif olup olmadığını, eğer radyoaktif ise bu radyoaktivitenin hangi radyoizotoptan kaynaklandığının bulunmasını sağlayan ve radyoaktif elementler tarafından yayınlanan gama ışınlarını enerjilerine göre spektral olarak ayırabilen bir sistemdir (Şekil 3.4).

Spektrometrede NaI(Tl) dedektörü kullanılmakta ve elektronik aygıtlar yardımı ile gama ışınları ölçülmektedir.



Şekil 3.4. Gama spektroskopi sisteminin şematik diyagramı

Burada dedektör yüksek gerilim kaynağı (HV) tarafından beslenmektedir. Yükselteç dedektörden gelen atmaları güçlendirip uygun bir enerji ayırımını yaparak şekillendirmeyi sağlar. Yükselteçten çıkan sinyal her biri bir enerji değerine karşılık gelen Çok Kanallı Analizör'e (Ç.K.A.) gelerek burada dijital hale getirilir. Her bir sinyal genliğine bağlı olarak hafıza kanalına atılır. Sayısal hale çevrilen bilgiler ekranda spektrum olarak gözlenir. Bu spektrumla ilgili bilgiler Ç.K.A. 'ya bağlı uygun bir giriş/çıkışla (I/O) değerlendirilmek üzere dışarı alınır.

Kısacası gama spektroskopi sistemindeki temel amaç, dedektörden gelen sinyallerin işlenmesi ile oluşan ve enerji absorblanmasına karşılık gelen puls yükseklik spektrumundaki piklerin analizinin yapılmasıdır.

3.3.1. NaI(Tl) dedektörü

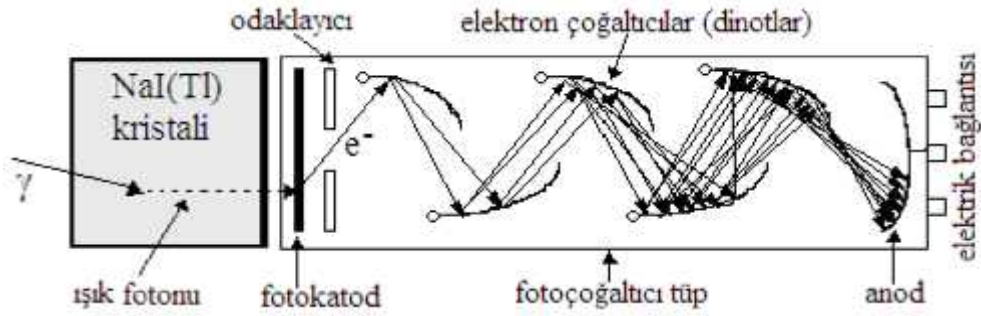
Kullanılan malzemeye bağlı olarak radyasyon dedektörlerini gazlı, yarı-iletken ve sintilasyon (parıldayıcı) dedektörler olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür. Bu çalışmadaki gama radyasyonu spektrumları ORTEC marka "3 x 3" boyutlu NaI(Tl) sintilasyon dedektörü kullanılarak ölçüm sonuçları elde edilmiştir. Şekil 3.5'de NaI(Tl) sintilasyon dedektörü, Şekil 3.6'da ise dedektörün çalışma şekli gösterilmektedir.



Şekil 3.5. NaI(Tl) dedektörü

NaI(Tl) sintilatörleri; Talyum ile aktive edilerek oluşan Sodyum İyodür NaI(Tl) kristali gama ışınlarının sayımı için mükemmel bir sintilatördür (Yaramış, 1985). İyotun atom numarasının yüksek olması, yüksek fotoelektrik absorpsiyonu ve

yüksek verim sağlamaktadır. Ancak; çok kırılğan olmaları, ısıya ve mekanik strese karşı hassas olmaları, nemli ortamlarda renk değiştirmeleri ve pahalı olmaları gibi dezavantajları bulunmaktadır (Görpe ve Cantez, 1972).



Şekil 3.6. NaI(Tl) dedektörünün çalışma şeklinin tasviri

Bir sintilasyon dedektörü iki ana kısımdan oluşmaktadır: Birinci kısım içinde parıldayıcı bir malzeme bulunan sintilatör, ikinci kısım ise içinde foto katot odaklayıcı elektrot, elektron çoğaltıcılar (dinotlar), anot bulunduran foto çoğaltıcı tüp. Bir sintilasyon dedektörünün gelen gama ışınlarını kaydetmesi için bazı süreçlerin gerçekleşmesi gerekir. Öncelikle gama ışını sintilatöre girer ve buradaki malzemeye birinci kısımda bahsi edilen etkileşmelere uğrar. Böylece gama ışınının enerjisinin tamamı veya bir kısmı elektronlara ya da elektron-pozitron çiftlerine aktarılır. Gama ışınları tarafından uyarılan elektronlar temel seviyelerine geri dönerken dalga boyu görünür bölgede veya görünür bölgeye çok yakın olan ışık yayınlarlar. Bu yolla üretilen ışık sinyallerine flüoresan radyasyonu denir (Akyıldırım, 2011).

Flüoresan ışınlar dedektörün foto çoğaltıcı bölümüne girerler ve ilk olarak ışığa duyarlı foto katotla etkileşirler. Etkileşme sonucu meydana gelen foto elektronlar odaklama vazifesi gören bir elektrot tarafından elektron çoğaltıcı (dinot) tabakalardan ilkinde yönlendirilir. Elektron çoğaltıcı tabakayla etkileşen elektronların başlangıç enerjilerine göre çoğaltıcıdan birden fazla ikincil elektron kopar. Koparılan bu yeni elektronlar da odaklayıcılar sayesinde bir sonraki elektron çoğaltıcıya yönlendirilir. Bu işlem anoda kadar devam eder. Her bir

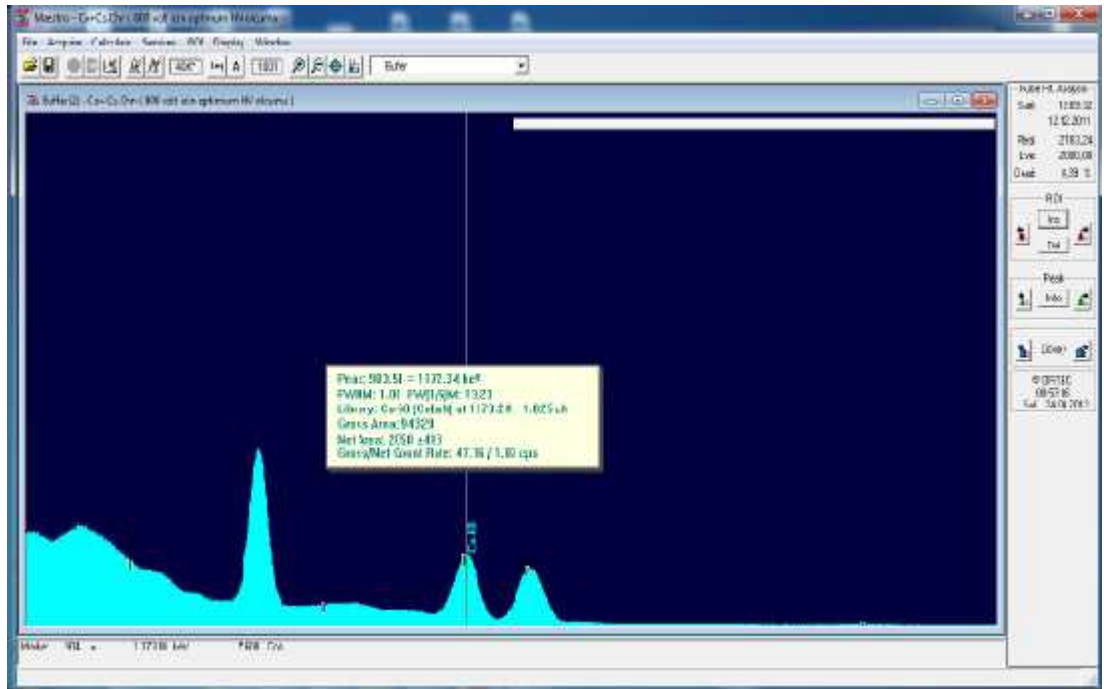
çoğaltıcıdan koparılan elektron miktarı foto katotla anot arasındaki gerilim gradyentine göre değişir. Süreç sonunda anotta bir akım sinyali oluşur ve bu sinyal yükseltilerek elektronik elemanlar vasıtasıyla okunabilir spektruma çevrilir (Akyıldırım, 2011).

3.3.2. Elektronik aygıtlar ve yazılım

NaI(Tl) detektörü ile etkileşen gama radyasyonunun oluşturduğu atmaların anlamlı sayısal sinyallere dönüşmesi için elektronik cihazlara ve sinyallerin analizi için de yazılıma ihtiyaç vardır. Radyasyonun detektörde oluşturduğu sinyaller yükseltici(amplifikatör) yardımıyla yükseltilir, şekillendirilir ve içerisinde Çok Kanallı Analizöre (Ç.K.A.) sahip DSPEC LF'e gönderilir. 16384 kanala sahip DSPEC LF ile sayısal hale çevrilen bilgiler MAESTRO-32 yazılımı yardımı ile ekranda spektrum olarak gözlenir. Gama radyasyonu spektrumunu oluşturan pikler Gauss eğrisi seklindedir. Her bir enerji ve kanal numarası başına düşen sinyal sayısı yazılım tarafından kaydedilir. Sistem bir yüksek gerilim birimi ile beslenmektedir. Detektör çalışma gerilimi olan 800 V bu birim tarafından sağlanmaktadır. Şekil 3.7'de DSPEC LF ve yüksek gerilim modülünü göstermektedir. Şekil 3.8'de MAESTRO-32 yazılımı yardımıyla elde edilen örnek bir spektrum gösterilmiştir (Günoğlu, 2012).



Şekil 3.7. DSPEC LF modülü (üstte) ve yüksek gerilim modülü (altta)



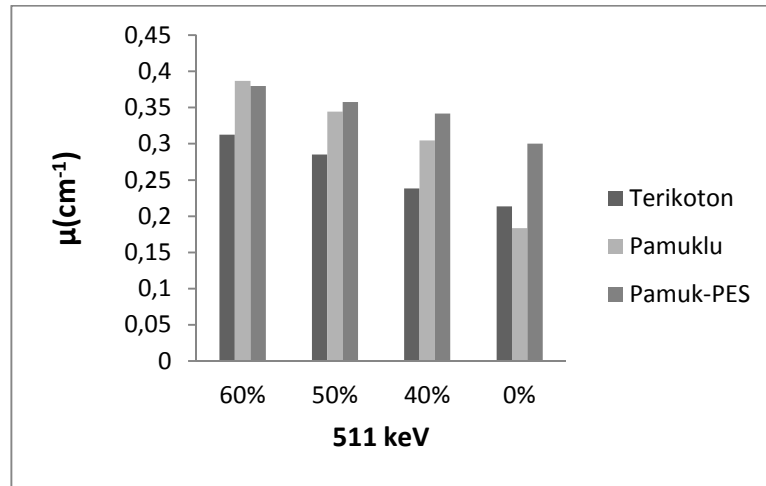
Şekil 3.8. MAESTRO-32 yazılımı ile elde edilmiş olan örnek bir spektrum

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

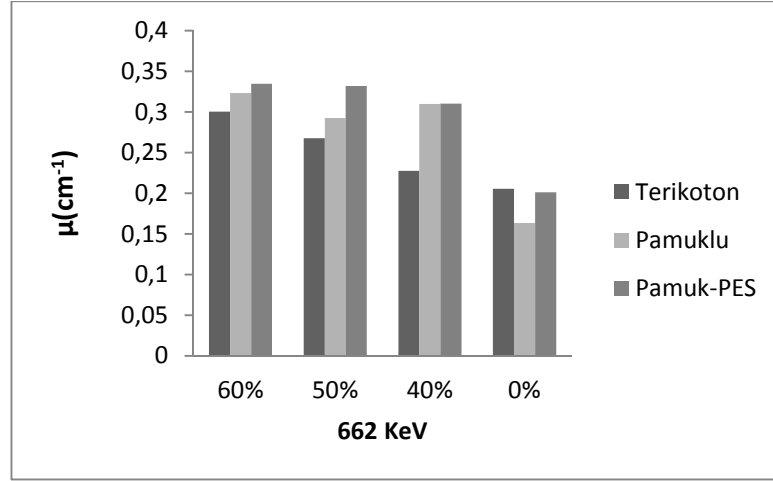
Bu tez çalışması kapsamında, üretilmiş olan 3 farklı kumaş türünün her birine uygulanan %60, %50 ve %40 barit oranları ile toplam 9 değişik tip barit kaplı kumaşın gama radyasyonları için toplam doğrusal (lineer) zayıflatma (μ) katsayısı araştırılmıştır. Deneyler Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Nükleer Fizik A.B.D. Gamma Spektroskopi Laboratuvarında bulunan NaI(Tl) dedektörü ile gerçekleştirilmiştir.

4.1. Zayıflatma Katsayısı Sonuçları

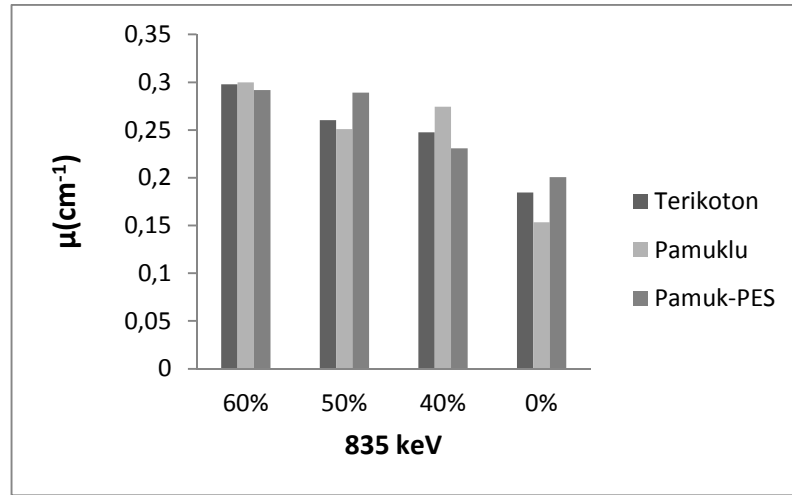
Yapılan deneyler sonucunda Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'dan görüldüğü üzere belli bir gama enerji değerinde, kaplanmış kumaşlardaki barit oranına ve kumaş türüne bağlı olarak en iyi lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerinin hangi kumaş numunesine ait olduğu gösterilmiştir.



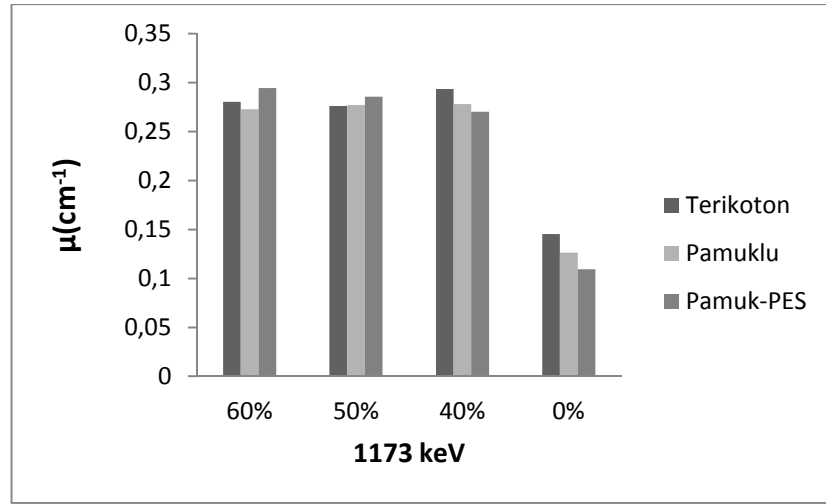
Şekil 4.1. 511 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



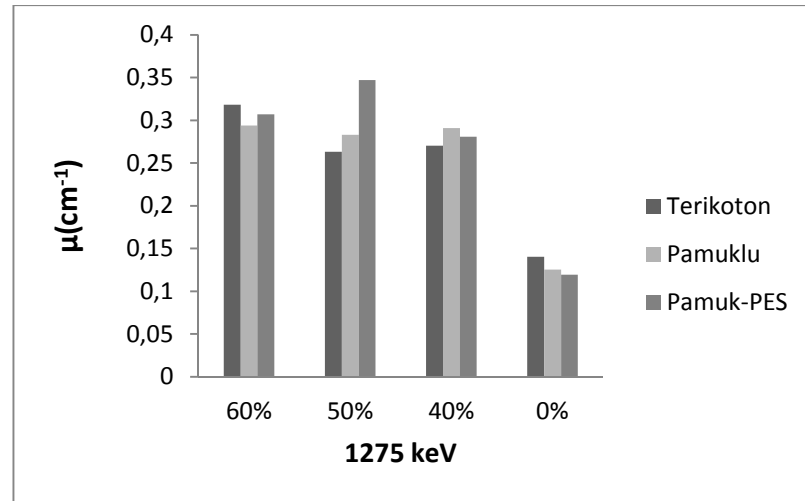
Şekil 4.2. 662 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



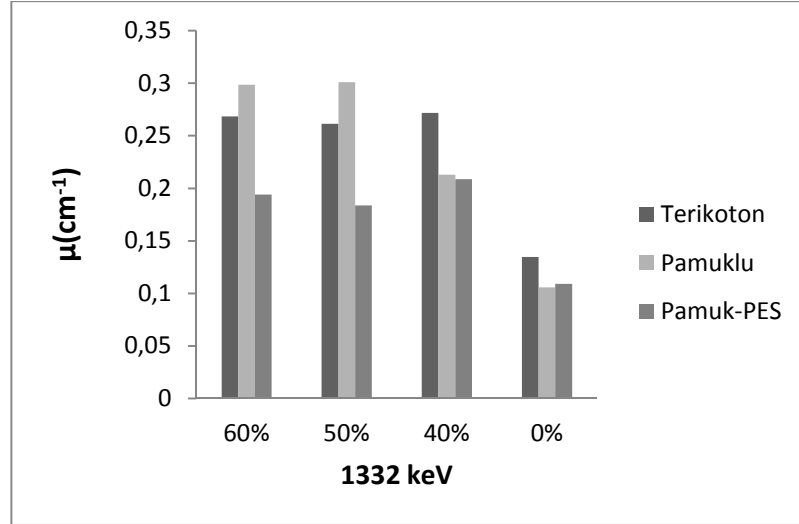
Şekil 4.3. 835 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



Şekil 4.4. 1173 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



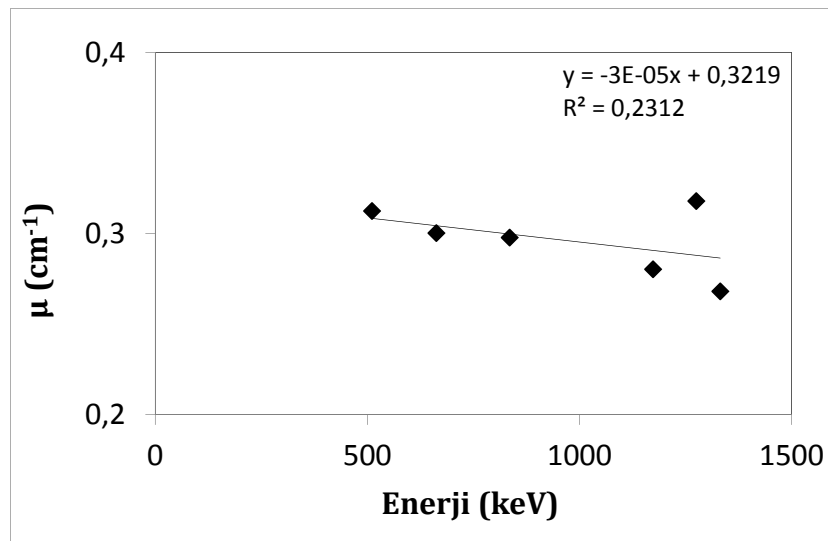
Şekil 4.5. 1275 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



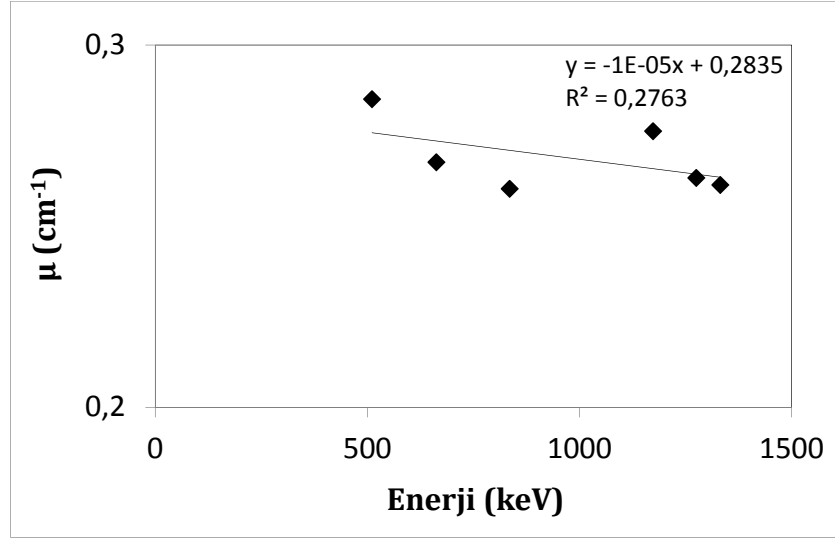
Şekil 4.6. 1332 keV'de farklı kumaş numunelerindeki barit oranının lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri

4.2. Zayıflatma Katsayısının Enerji ile Değişimi

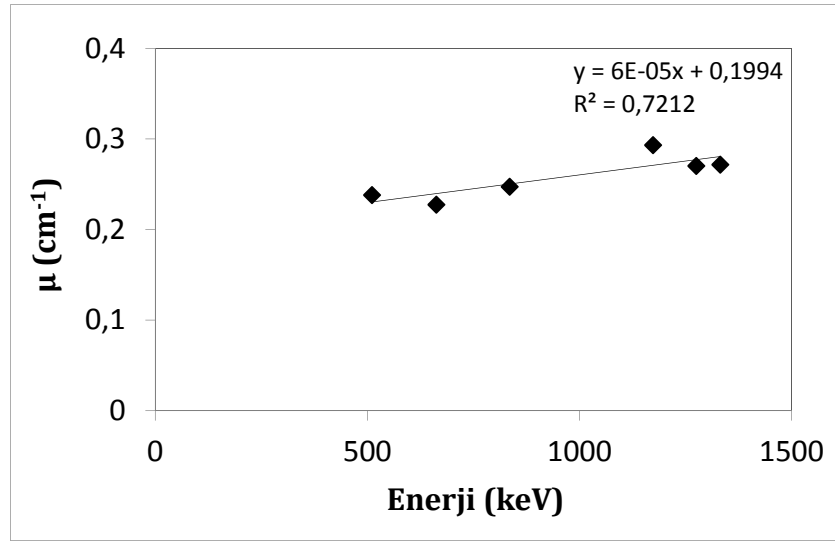
İncelenen üç çeşit kumaş olan terikoton, pamuklu ve pamuk-polyester (pamuk-pes) karışımı kumaşlar için elde edilen gama ışını zayıflatma katsayılarının gamanın enerjisi ile değişimi Şekil 4.7 - Şekil 4.15 arasında verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği gibi zayıflatma katsayısı enerji ile azalmaktadır. Bu azalma sadece terikoton kumaş için %40'lık barit oranı ölçümünde gözlenememiştir.



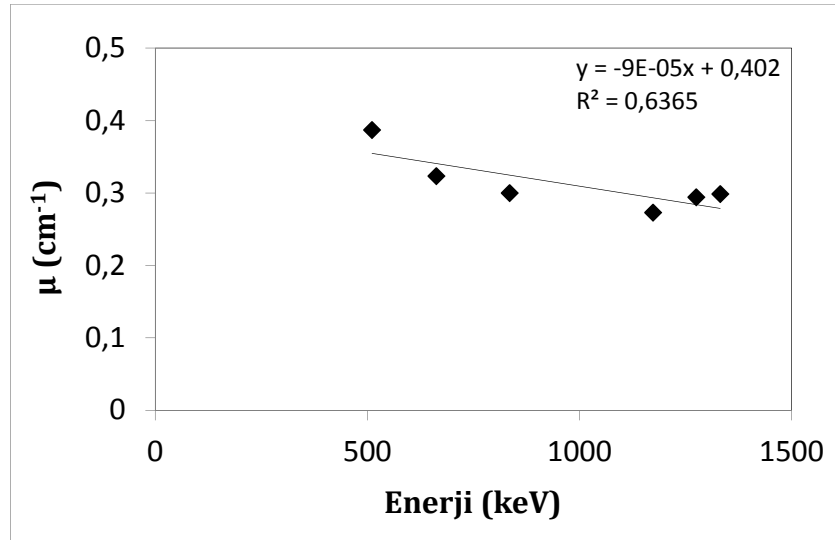
Şekil 4.7. Terikoton kumaş türündeki %60'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



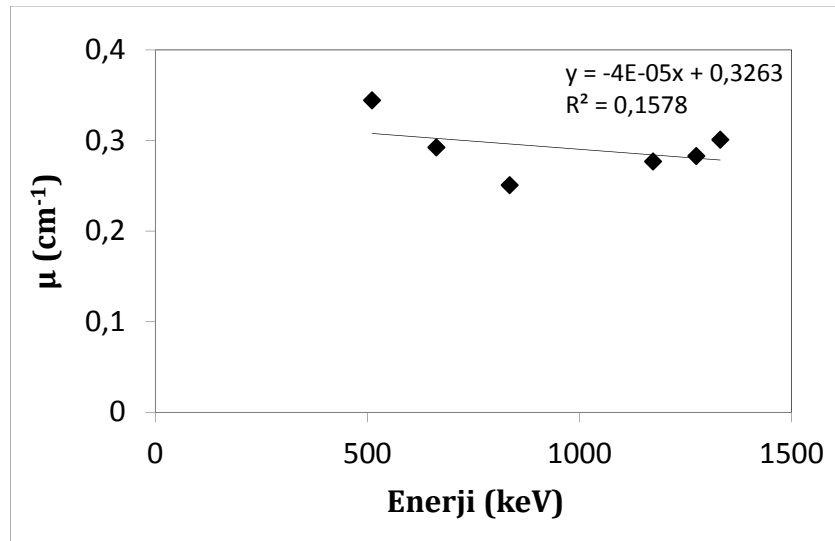
Şekil 4.8. Terikoton kumaş türündeki %50'lik barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



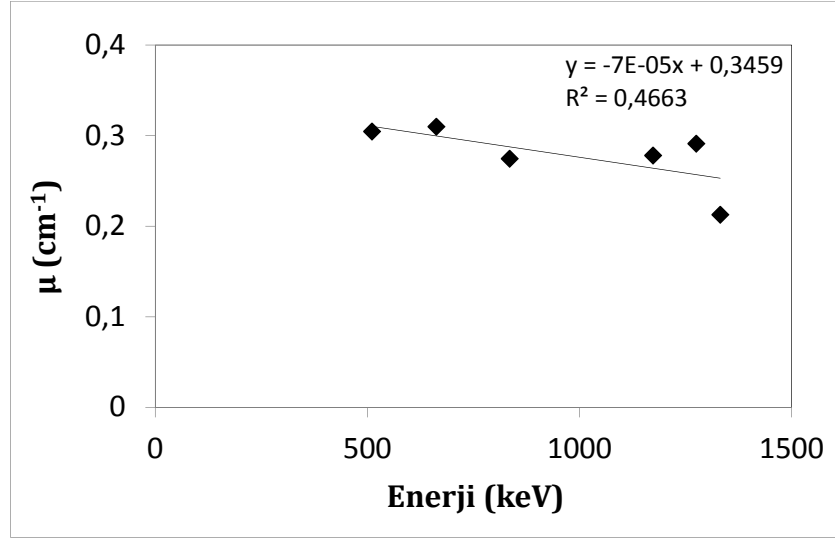
Şekil 4.9. Terikoton kumaş türündeki %40'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



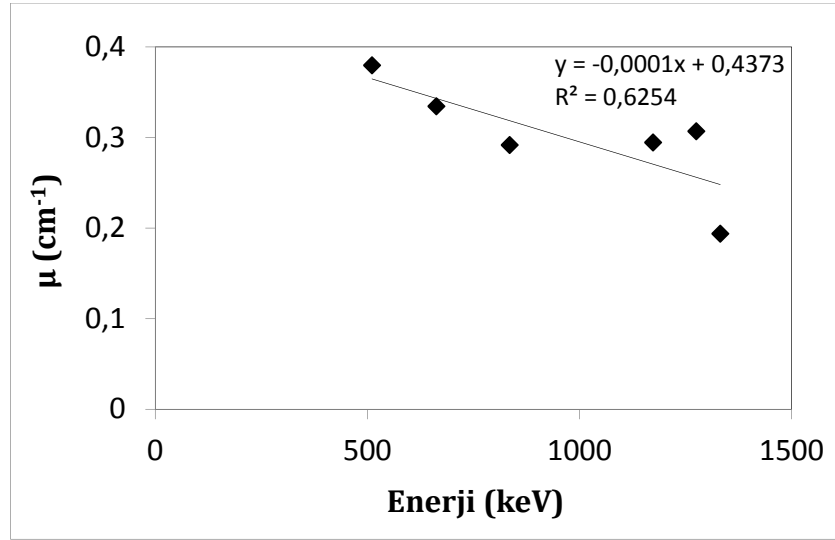
Şekil 4.10. Pamuklu kumaş türündeki %60'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



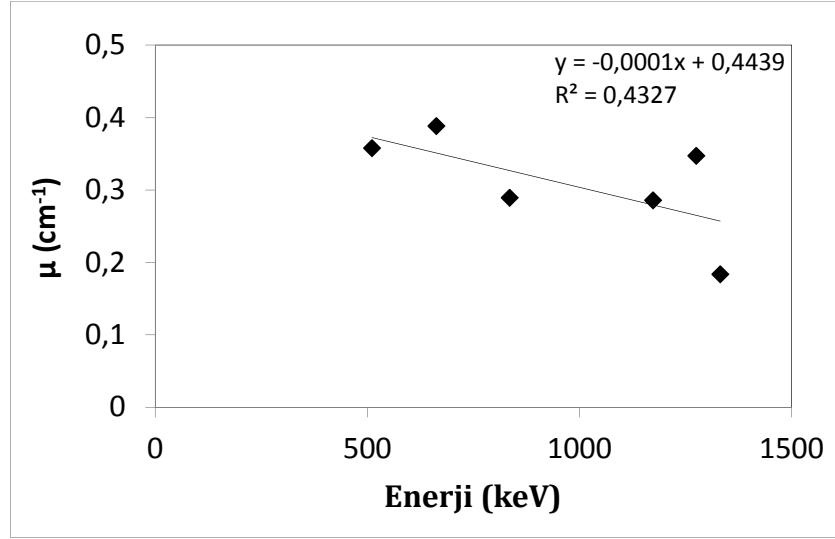
Şekil 4.11. Pamuklu kumaş türündeki %50'lik barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



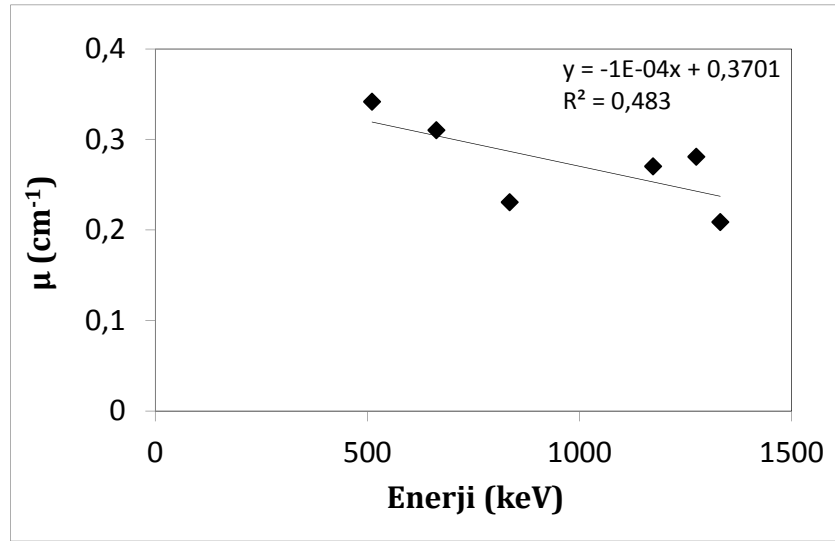
Şekil 4.12. Pamuklu kumaş türündeki %40'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



Şekil 4.13. Pamuk-PES kumaş türündeki %60'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



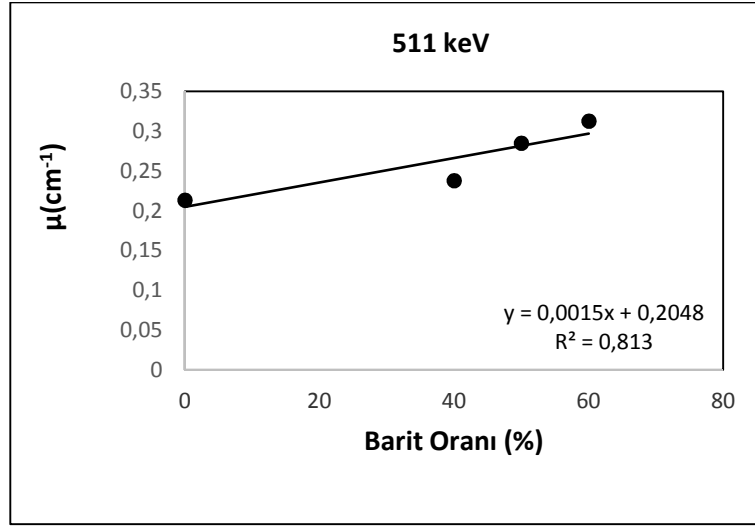
Şekil 4.14. Pamuk-PES kumaş türündeki %50'lik barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



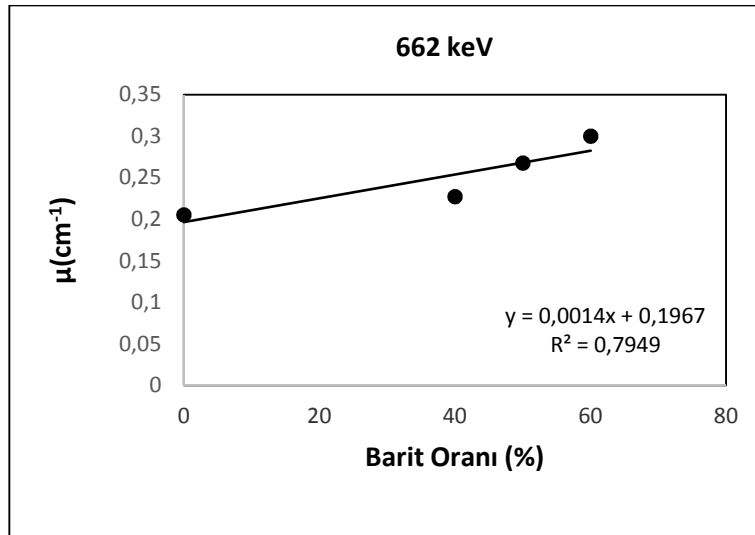
Şekil 4.15. Pamuk-PES kumaş türündeki %40'lık barit oranının enerjiye bağlı olarak lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri

4.3. Zayıflatma Katsayısının Barit Oranı ile Değişimi

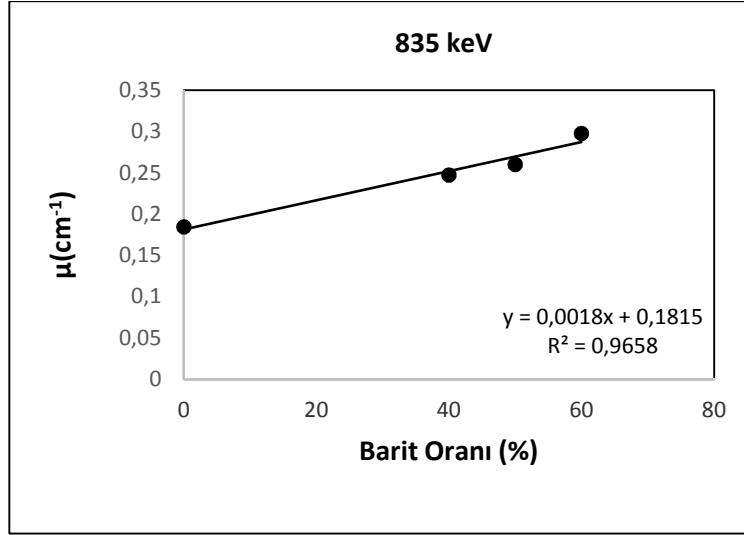
Şekil 4.16 - Şekil 4.33'den görüldüğü üzere terikoton, pamuklu ve pamuk-polyester karışımı (pamuk-pes) üç kumaş türünde barit oranının artmasıyla lineer soğurma katsayısı (μ) değeri de artış göstermektedir.



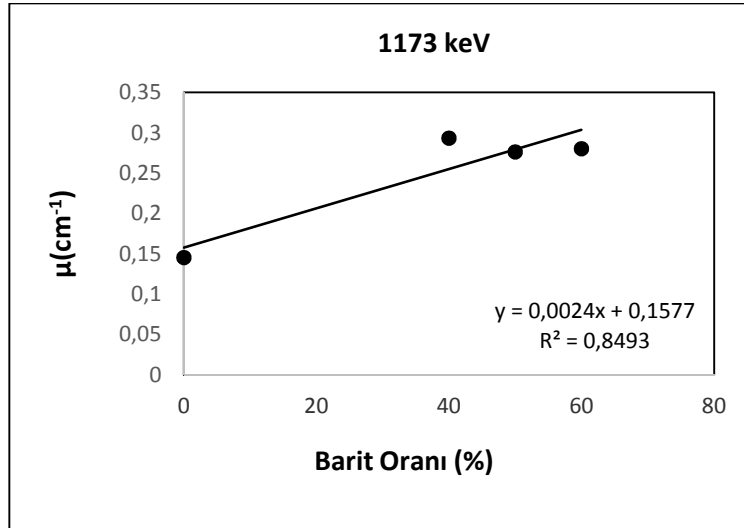
Şekil 4.16. Terikoton kumaşın 511 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



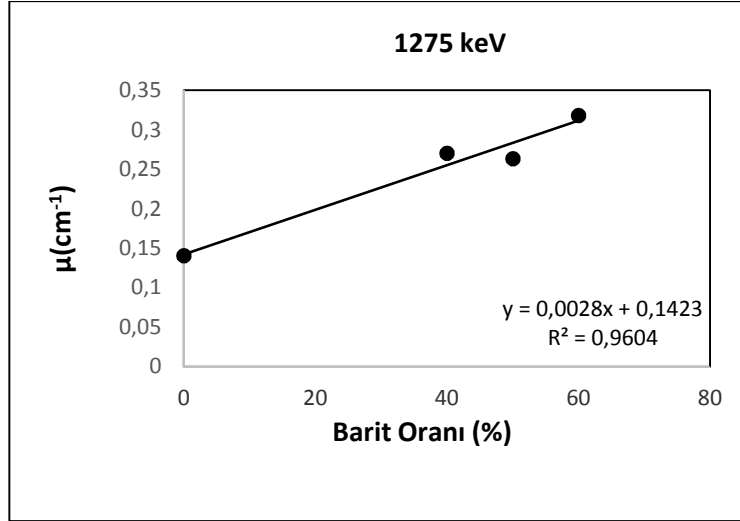
Şekil 4.17. Terikoton kumaşın 662 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



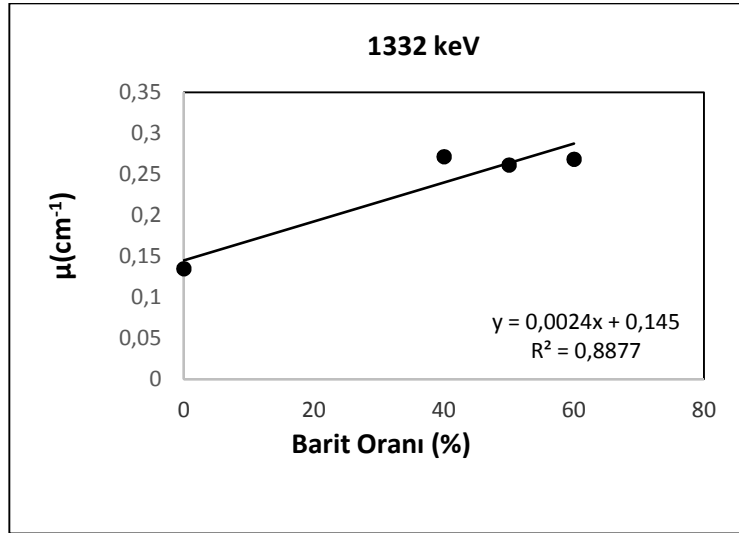
Şekil 4.18. Terikoton kumaşın 835 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



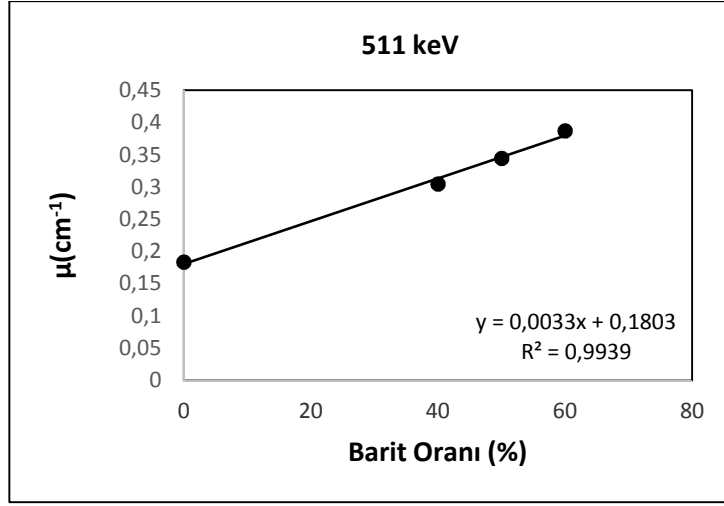
Şekil 4.19. Terikoton kumaşın 1173 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



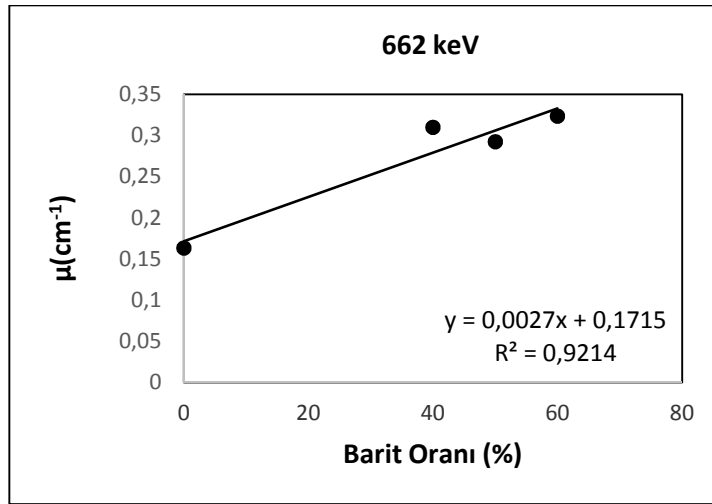
Şekil 4.20. Terikoton kumaşın 1275 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



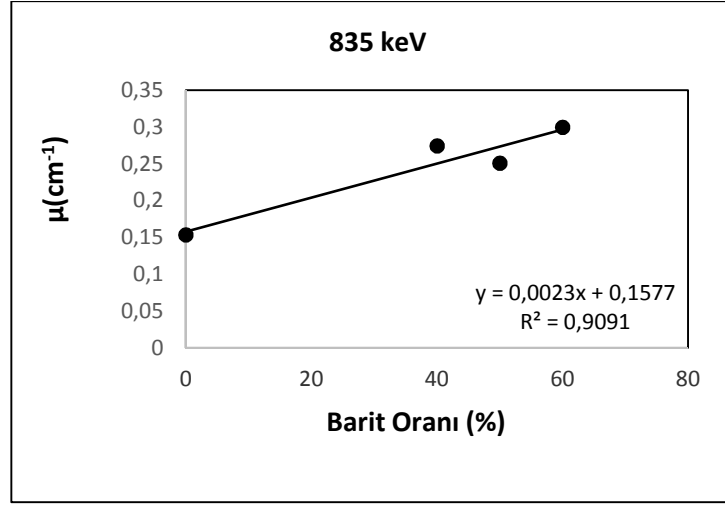
Şekil 4.21. Terikoton kumaşın 1332 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



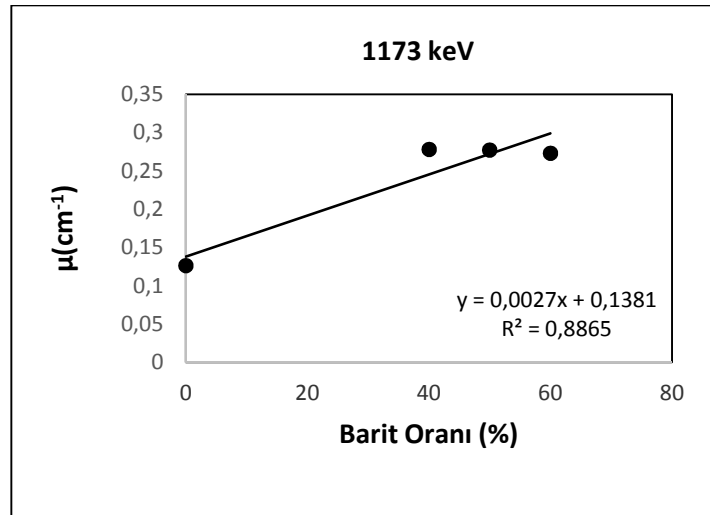
Şekil 4.22. Pamuklu kumaşın 511 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



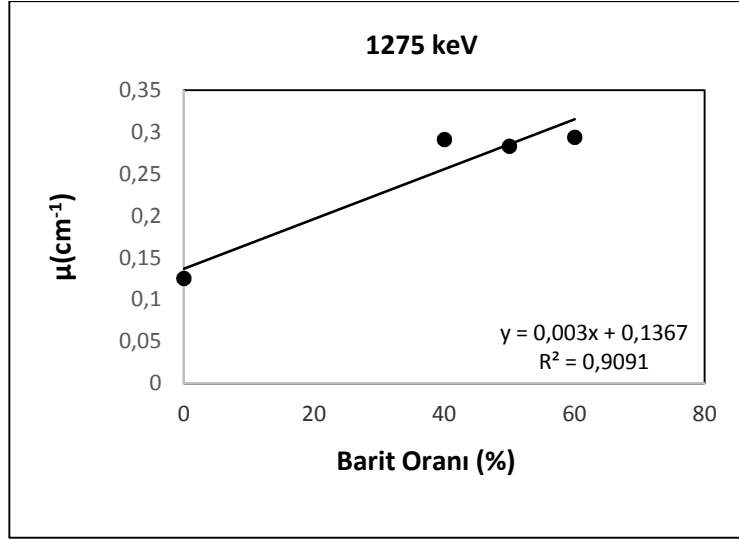
Şekil 4.23. Pamuklu kumaşın 662 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



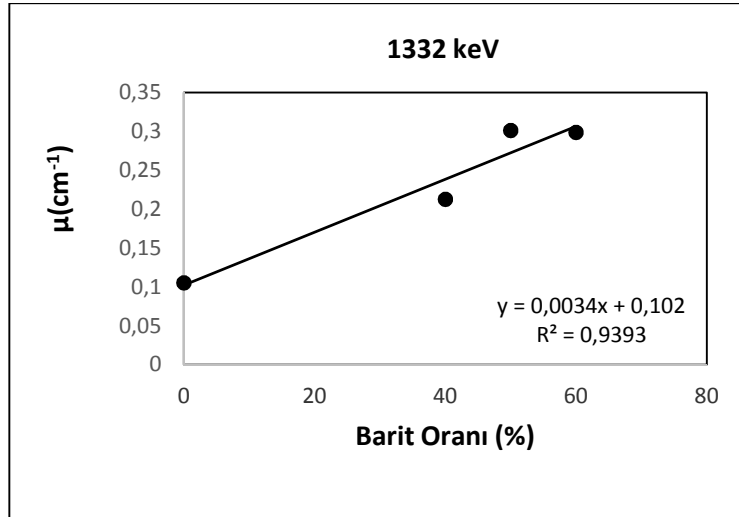
Şekil 4.24. Pamuklu kumaşın 835 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



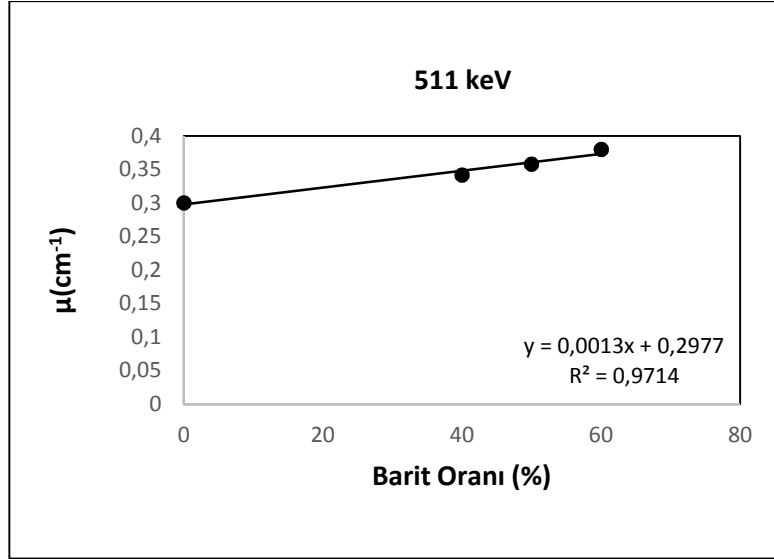
Şekil 4.25. Pamuklu kumaşın 1173 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



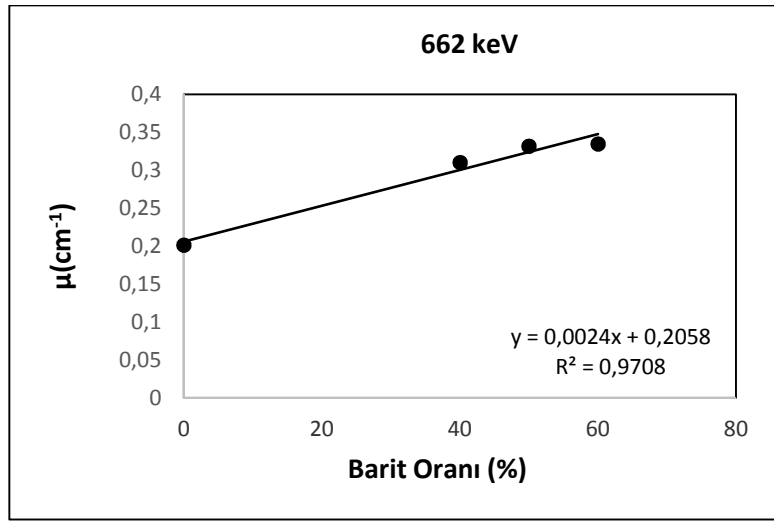
Şekil 4.26. Pamuklu kumaşın 1275 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



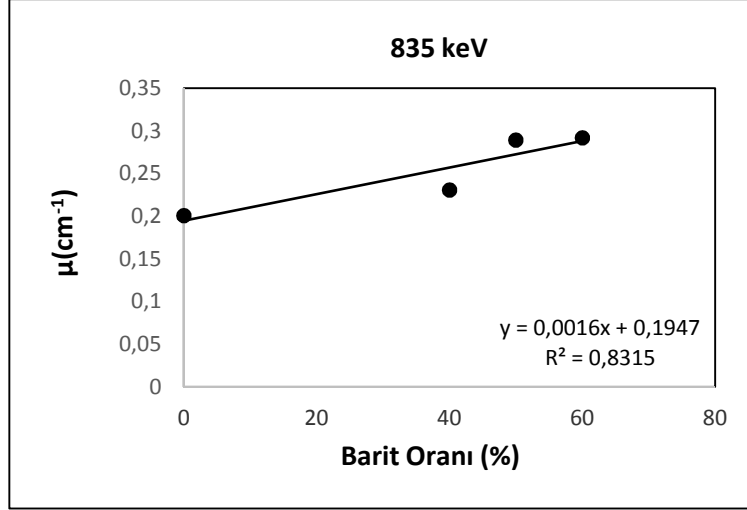
Şekil 4.27. Pamuklu kumaşın 1332 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



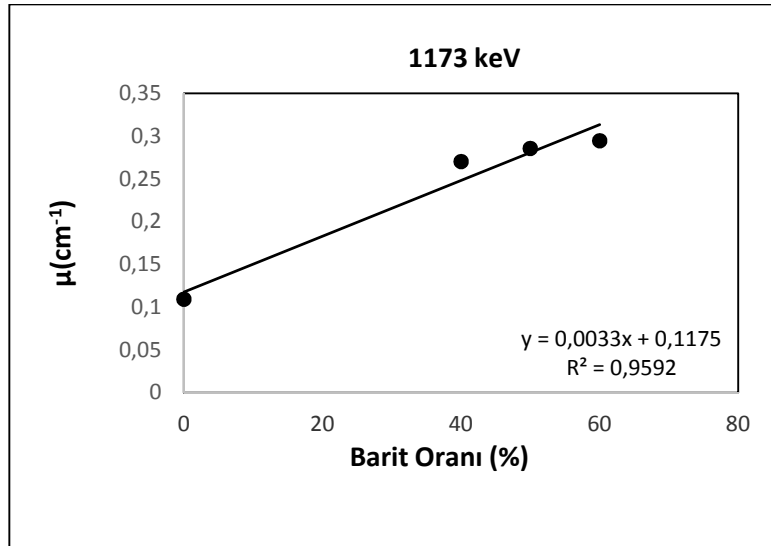
Şekil 4.28. Pamuk-PES kumaşın 511 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



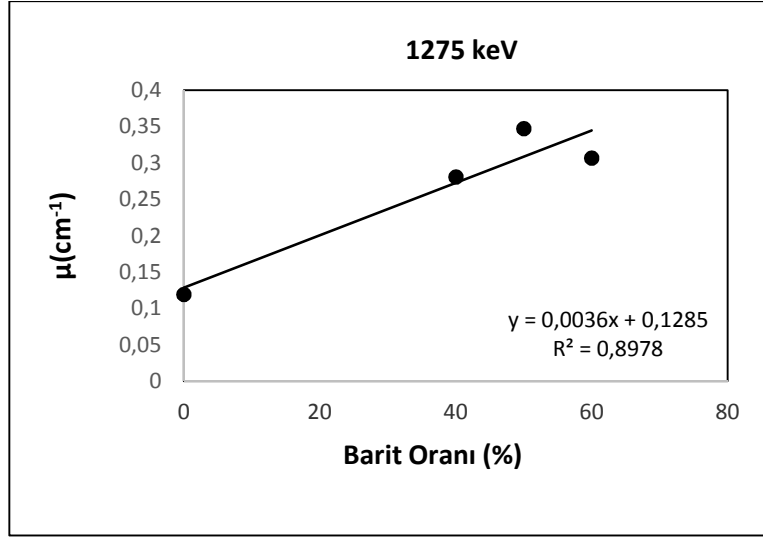
Şekil 4.29. Pamuk-PES kumaşın 662 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



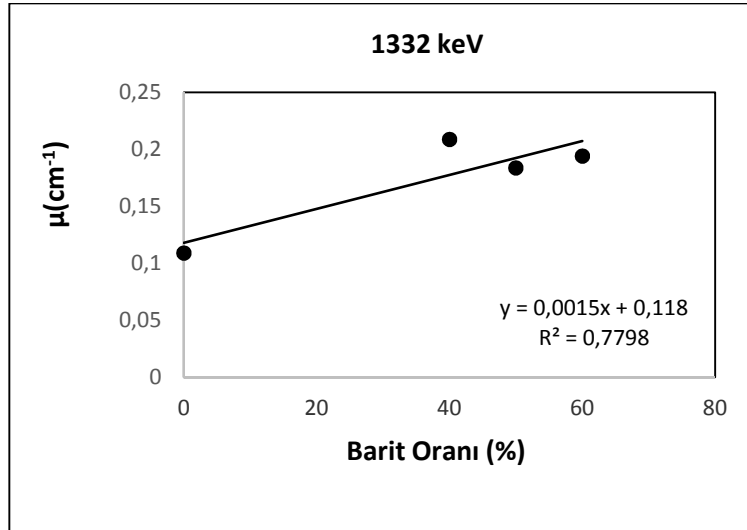
Şekil 4.30. Pamuk-PES kumaşın 835 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



Şekil 4.31. Pamuk-PES kumaşın 1173 keV’de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



Şekil 4.32. Pamuk-PES kumaşın 1275 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri



Şekil 4.33. Pamuk-PES kumaşın 1332 keV'de barit oranlarına bağlı lineer zayıflatma katsayısı (μ) değerleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Literatür bilgilerine bakıldığında barit madeninin radyasyonu absorbe edebilme özelliği tespit edilmiştir. Baritin bu özelliğinden yararlanarak günümüzde kurşun plakalar kullanılarak elde edilen koruyucu giysiler ağır metal içerdiklerinden hem sağlıksız hem de kullanımının zor olmasından dolayı yeni bir alternatif düşünülüp barit madeni kumaşa nüfus ettirilerek radyasyon zırh kıyafeti üretilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalarda üç farklı türde kumaşın %60, %50, %40 barit oranlarında kaplanarak ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{60}Co ve ^{137}Cs radyoaktif kaynaklarından yayınlanan 511, 662, 835, 1173, 1275 ve 1332 keV gama enerjileri için gama radyasyonu soğurma özellikleri deneysel olarak ölçülmüştür. Elde edilen deneysel sonuçlara göre 511 keV ve 835 keV'de %60 barit oranında kaplanmış pamuklu kumaşın en iyi soğurmaya sahip olduğu, 662 keV'de %60 pamuk-pes 1275 keV'de %50 pamuk-pes ve 1173 keV'de %40 terikoton kumaşın en yüksek soğurmaya sahip olduğu tespit edildi. Terikoton kumaşta beklenen sonuç elde edilememiştir. Bunun nedeni terikotonun kumaş sıklığı fazla olduğu için karışımın kumaşa iyi nüfuz edemediği şeklinde yorumlanmıştır.

Sonuç olarak barit kaplama işlemi, kumaşların radyasyon soğurma özelliklerine önemli derecede katkı sağladığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Arya, A. P., 1999. Çekirdek Fiziğinin Esasları. Aktif Yayınevi, 427s, Erzurum.
- Algüneş, Ç., 2002. Radyasyon Biyofiziği. Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, 51, 135s, Edirne.
- Akkurt, İ., 2001. Süleyman Demirel Üniversitesi Fizik Bölümü Isparta. "Nükleer Fizik" Ders Notları.
- Akkurt, İ., Kılınçarslan, Ş., Başığit, C., 2004. The photon attenuation coefficients of barite, marble and limra. *Annals of Nuclear Energy*, 31, 577–582.
- Akkurt, İ., Başığit, C., Kılınçarslan, Ş., Mavi, B., 2005. The Shielding Of γ -Rays By Concretes Produced With Barite. *Progress in Nuclear Energy*, 46(1), 1-11.
- Akkurt, İ., Başığit, C., Kılınçarslan, Ş., Mavi, B., Akkurt A., 2006. Radiation Shielding oConcretes Containing different Aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 28, 53-157.
- Akkurt, İ., Mavi, B., Akyıldırım, H., Gunoglu, K., 2009. Natural Radioactivity of Coals and Its Risk Assessment. *International Journal of Physical Sciences*, 4, 403-406.
- Akkurt, İ., 2009. Süleyman Demirel Üniversitesi Fizik Bölümü Isparta. "Radyasyon Ölçüm Teknikleri ve Korunma" Ders Notları.
- Akaydın, M., İkiz, Y., Seyrek Kurban, N., 2009. Measurement and Evaluation of Permeability of UV Rays in Cotton Knitted Fabrics. *Textile and Confection*, 3, 212–117.
- Akkurt, İ., Akyıldırım, H., Mavi, B., Kılınçarslan, Ş., Başığit, C., 2010. Photon Attenuation Coefficients of Concrete Includes Barite in Different Rate. *Ann Nucl Energy*, 37, 910-914.
- Akkurt, İ., Akyıldırım, H., Mavi, B., Kılınçarslan, Ş., Başığit, C., 2010. Gamma-ray shielding properties of concrete including barite at different energies. *Progress in Nuclear Energy* 52, 620-623.
- Akkurt, I., Akyıldırım, H., Mavi, B., Kilincarslan, Ş., Basyigit, C., 2010. Radiation Shielding of Concrete Containing Zeolite. *Radiation Measurements*, 45, 827-830.
- Akkurt, İ., Günoğlu, K., Emikönel, S., 2012. Barit Kaplamanın Kumaşların Radyasyon Zırlama Özelliklerine Etkisi. *Turkish Physical Society 29th International Physics Congress*, September 05-08, Bodrum, 668s.

- Akkurt, İ., Emikönel, S., Günoğlu, K., Akarslan, F., Kılınçarslan, Ş., Üncü, İ. S., 2014. Bazı Kumaşların 662 KeV Enerjili Gamma Radyasyonu Zırhlama Özellikleri. Adım Fizik Günleri III, 17-18 Nisan, Isparta, 114 s.
- Akyıldırım, H., 2011. Ağır Betonların Nükleer Radyasyon Zırhlama Özelliklerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 95s, Isparta.
- Başıyigit, C., Kaçar, A., 2006. Bazı Yapı Malzemelerinin Radyasyon Tutuculuk Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-2, 307-310.
- Bilen, U., 2007. Alpaka Lifinin Dokuma Ürünlerde Kullanılabilirliği. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 157, Bornova İzmir.
- Bulut, Y., Sular, V. , 2011. Effects of process parameters on mechanical properties of coated fabrics. International Journal of Clothing Science and Technology, 23(4), 205 – 221.
- Binici, H., Küçükönder, A., Sevinç, A. H., Eken, M., Kara, M., 2013. Hafif ve Ağır Malzemelerin Isı, Ses ve Radyasyon Yalıtım Özelliklerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(2), 113-123 ss.
- Duran, K., Bahtiyari, M, İ., Atav, R., 2007. Koruyucu Dokusuz Teknik Tekstiller. T.C. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi.
- Demir, F., 2009. Bor ve Barit Agregalı Ağır Betonların Nötron Parçacıkları, X- ve γ -Işınları İçin Radyasyon Soğurganlıklarının Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 212s, Erzurum.
- Davraz, M., Gerçek, U., Kılınçarslan, Ş., Akkurt, İ., 2013. Sivas Divriği Yöresi Barit Oluşumlarının Ağır Agregata Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Cıvıl Engi, 1, 10s, 135-144.
- Gürcüm, B, H., 2005. Tekstil Malzeme Bilgisi. Ankara, Grafiker Ofset. 1. Basım
- Günoğlu, K., 2012. Türkiye'deki Bazı Doğal Taşların Radyoaktivite Tayini ve Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 96s, Isparta.
- International Comission on Radiological Protection (ICRP) Report, 1977. Johns, H.E., Cunningham, J.R., 1983. The Physicis of Radiology, C. Thomas Publishers.
- Krane, S.K., 1988. Nuclear Physics. John Wiley & Sons, 404 s, New York.

- Kılınçarslan, Ş., 2004. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlamasındaki Özellikleri ve Optimal Karışımlarının Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 125s, Isparta.
- Kılınçarslan, Ş., Başıyigit, C., Akkurt, İ., 2007. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlama Amacıyla Kullanımının Araştırılması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2), 393-399.
- Kaçar, A., 2006. Yapılarda Radyasyon Kalkanı Olarak Kullanılan Barit Agregalı Ağır Beton Elemanlarının Zırh Kalınlık Hesaplarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60s, Isparta.
- Kılıç, G., Örtlek, H.G., Saraçoğlu, Ö.G., 2009. Electromagnetic Pollution and Textile Barriers for Protection from Electromagnetic Pollution. UCTEA The Chamber of Textile Engineers, The Journal of Textiles and Engineers, 14(67), 23-35.
- Mavi, B., 2010. Isparta'daki Bazı Yapı Malzemelerinde Doğal Radyoaktivite Tayini. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 93s, Isparta.
- Mavi, B., Akkurt, İ., 2010. Natural Radioactivity and Radiation Hazards in Some Building Materials Used in Isparta, Turkey. Rad Phys Chem, 79, 933-937.
- Molla, T., 2011. Radyasyon Zırhlamasında Kullanılacak Baritli Kumaş Üretimi ve Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 61s, Isparta.
- Oto, B., Gür, A., Kaçal, M. R., Doğan, B., Arasoğlu, A., 2013. Photon attenuation properties of some concretes containing barite and colemanite in different rates. Annals of Nuclear Energy, 51,120-124.
- Önen, S., 1993. Radyasyon Biyofiziği. İstanbul Üniversitesi Basımevi, 112s, İstanbul.
- Saravanan, D., 2007. UV Protection Textile Materials. Autex Research Journal, 7, 53-62.
- Sancar, S., 2010. Baritli Betonun Mekanik Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s, Isparta.
- Seven, A., 2011. Baritli Hazır Sıva Kaplamalarının Radyasyon Zırh Elemanı Olarak Kullanılabilirliğinin Görüntü İşleme Yöntemi İle Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Isparta.

Turhan, A., 2008. Borlanmanın Paslanmaz Çeliğin Radyasyon Zırhlama Özelliğine Etkisinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Isparta.

TAEK, 2012. Erişim Tarihi:29.03.2012. <http://www.taek.gov.tr/ogrenci/sf4.html>

TAEK, 2012. Erişim Tarihi:29.03.2012. <http://www.taek.go.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/181-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>

Wulfhorst, B., 1998. Tekstil Üretim Yöntemleri. İstanbul, Şan Ofset.

Yülek, G., 1992. Radyasyon Fiziği ve Radyasyonda Korunma. SEK Yayınları, 198s, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serpil EMİKÖNEL

Doğum Yeri ve Yılı : Ankara, 1989

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu

Lise : Ankara Keçiören Rauf Denktaş Lisesi, (2003 - 2006)

Lisans : SDÜ, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü (2008 - 2012)

Yayınları

İ. Akkurt, K. Günoğlu, S. Emikönel, "BARİT KAPLAMANIN KUMAŞLARIN RADYASYON ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ" Turkish Physical Society 29th International Physics Congress between September 05-08, 2012 Bodrum / TURKEY.

İskender AKKURT^{1*}, Serpil EMİKÖNEL¹, Feyza AKARSLAN², Kadir GÜNOĞLU³, Şemsettin KILINÇARSLAN², İ. Serkan ÜNCÜ⁴, "Barite Effect on Radiation Shielding Properties of Cotton-Polyester Fabric", International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESSEN), October 25-29, 2014, Kemer-Antalya-TURKEY.

İskender AKKURT¹, Serpil EMİKÖNEL¹, Kadir GÜNOĞLU^{3*}, Feyza AKARSLAN², Şemsettin KILINÇARSLAN², İ. Serkan ÜNCÜ⁴, "Radiation Shielding Properties of Barite Coated Tericoton Fabric at 662 keV", International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESSEN), October 25-29, 2014, Kemer-Antalya-TURKEY.

İskender AKKURT¹, Serpil EMİKÖNEL¹, Kadir GÜNOĞLU², Feyza AKARSLAN³, Şemsettin KILINÇARSLAN⁴, İsmail Serkan ÜNCÜ⁵, "BAZI KUMAŞLARIN 662 KeV ENERJİLİ GAMMA RADYASYONU ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİ* ", ADIM FİZİK GÜNLERİ III, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Isparta, 17- 18 Nisan 2014, Özet Kitapçığı s. 114.