

**BAZI POTANSİYEL BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİN
KÜTLE SOĞURMA KATSAYILARI, ETKİN ATOM
NUMARALARI, ATOMİK TESİR KESİTLERİ VE
FOTON KUVVETLENDİRME FAKTÖRLERİNİN
İNCELENMESİ**

Zeynep GEDİK

**Yüksek Lisans Tezi
Fizik Ana Bilim Dalı
Doç. Dr. Demet YILMAZ
2013
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI POTANSİYEL BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİN KÜTLE
SOĞURMA KATSAYILARI, ETKİN ATOM NUMARALARI,
ATOMİK TESİR KESİTLERİ VE FOTON KUVVETLENDİRME
FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ**

Zeynep GEDİK

FİZİK ANA BİLİM DALI

**ERZURUM
2013**

Her Hakkı Saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**BAZI POTANSİYEL BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİN KÜTLE SOĞURMA
KATSAYILARI, ETKİN ATOM NUMARALARI, ATOMİK TESİR KESİTLERİNİN
VE FOTON KUVVETLENDİRME FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ**

Doç. Dr. Demet YILMAZ danışmanlığında, Zeynep GEDİK tarafından hazırlanan bu çalışma ..22../..12../2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oyçokluğu~~ (2./3.) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Demet YILMAZ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Elif BOYDAŞ

İmza :

Üye : Prof. Dr. H. İnci GÜL

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI POTANSİYEL BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİN KÜTLE SOĞURMA KATSAYILARI, ETKİN ATOM NUMARALARI, ATOMİK TESİR KESİTLERİ VE FOTON KUVVETLENDİRME FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ

Zeynep GEDİK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Demet YILMAZ

Bu tezin amacı, bazı potansiyel biyoaktif bileşiklerin (Seri I-V) kütle soğurma katsayıları, etkin atom numaraları ve atomik tesir kesitlerinin 8,04-59,54 keV enerji aralığında foton uyarması ve HPGe dedektör kullanılarak deneysel olarak ölçülmesidir.

Seri I-IV mono Mannich bazları olup kimyasal adları 1-aril-3-[fenetilamino (Seri I)/ dibenzilamino (Seri II)/ morfolino (Seri III)/ 4-metilpiperazino (Seri IV)]-1-propanon hidroklorür (Seri I-III) veya dihidroklorür (Seri IV)'dür. Seri V ise aril metil keton p-amino sülfonil fenil hidrazon kimyasal yapısındadır. Aril grupları fenil ve sübstitue feniller, tiyenil ve furfuril olarak değiştirilmiştir.

Bu bileşiklerin foton kuvvetlendirme faktörleri teorik olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçların medikal onkolojide ilaç adayı yeni bileşiklerin geliştirilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

2013, 122 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Mannich bazları, kütle soğurma katsayısı, etkin atom numarası, atomik tesir kesiti, foton kuvvetlendirme faktörü.

ABSTRACT

MS Thesis

INVESTIGATION of MASS ATTENUATION COEFFICIENTS, EFFECTIVE ATOMIC NUMBERS, ATOMIC CROSS SECTIONS and PHOTON BUILDUP FACTORS of SOME POTENTIAL BIOACTIVE COMPOUNDS

Zeynep GEDİK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Department
Department of Physics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Demet YILMAZ

In this thesis, mass attenuation coefficients, effective atomic numbers, atomic cross-sections of some potential bioactive compounds (Series I-V) have been measured experimentally by photon excitation at 8,04-59,54 keV energy range and using HPGe detector.

Series I-V are 1-aryl-3-fenethylamino (Series I), dibenzylamino (Series II), morpholino (Series III), 4-methylpiperazino (Series IV)-1-propanone hydrochloride (Series I-III) and dihydrochloride (Series IV). Series V is aryl methyl ketone p-amino sulphonyl phenyl hydrazone.

The photon buildup factors of these compounds have been calculated theoretically. Consequently, it is thought that the results obtained in this study would allow the development of drug candidate new compounds in medical oncology.

2013, 122 Pages

Keywords: Mannich bases, mass attenuation coefficient, effective atomic number, atomic cross-section, photon buildup factor.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanması süresince her türlü desteğini ve sabrını benden esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Demet YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam esnasında yardımlarını benden esirgemeyip bana yardımcı olan Sayın Öğr. Gör. Bünyamin ALIM'a ve doktora öğrencisi Zeynep UZUNOĞLU'na teşekkür ederim.

Bu çalışmada kullanılan bileşiklerin hazırlanmasında Sayın Prof. Dr. H. İnci GÜL ve öğrencilerine (Atatürk Üniversitesi Eczacılık Fakültesi) teşekkür ederim.

Teşvik, destek ve sonsuz sabırlarından dolayı çok değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep GEDİK

Aralık, 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Elektromanyetik Dalganın Madde ile Etkileşimi	4
2.1.1. Fotoelektrik Olay.....	4
2.1.2. Compton Saçılması.....	7
2.1.3. Çift Oluşumu	8
2.1.4. Etkilenmeden Geçiş (Transmission)	9
2.1.5. Auger Olayı (Işımasız Geçiş)	10
2.2. Kütle Soğurma Katsayısı.....	12
2.3. Atomik Tesir Kesiti	12
2.4. Elektronik Tesir Kesiti	12
2.5. Etkin Atom Numarası ve Önemi	13
2.6. Foton Buildup Faktörü	14
2.7. Mannich Bazları	15
2.8. İlaç Tasarımında Fizikokimyasal Özelliklerin Önemi	16
2.9. Seri I-V Bileşikleri ile İlgili Literatür Özeti	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. HPGe Dedektörün Çalışma Prensibi	18
3.2. HPGe Dedektörün Karakteristik Özellikleri	20
3.3. Sayma Sistemi	21
3.3.1. Güç Kaynağı.....	22
3.3.2. Ön Yükseltici.....	23
3.3.3. Yükseltici.....	23

3.3.4. Analog Sayısal Dönüştürücü (ADC).....	23
3.3.5. Çok Kanallı Analizör (MCA).....	24
3.4. Numunelerin Hazırlanması.....	24
3.4.1. 3-Fenetilamino-1-Aril-1-Propanon Hidroklorür Tipi (Seri I) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi	25
3.4.2. 3-Dibenzilamino-1-Aril-1-Propanon Hidroklorür Tipi (Seri II) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi	26
3.4.3. 3-Morfolino-1-Aril-1-Propanon Hidroklorür Tipi (Seri III) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi	26
3.4.4. 3-(4-Metilpiperazino)-1-Aril-1-Propanon Dihidroklorür Tipi (Seri IV) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi.....	26
3.4.5. Aril Metil Keton p-Amino Sülfonil Fenil Hidrazon Tipi (Seri V) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi.....	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	28
5. SONUÇ ve TARTIŞMA.....	117
KAYNAKLAR	120
ÖZGEÇMİŞ	123

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

a, b, c, d, X_k	G-P fit parametreleri
$B(E,x)$	Foton absorpsiyon buildup faktörü
E_b	Elektronun bağlanma enerjisi
F	Etkin alan kesri
f_i	i . elementin kısmi bolluğu
g	İkincil yüklü parçacıkların kinetik enerji ortalaması
$h\nu$	Gelen fotonun enerjisi
σ	Tesir kesiti
$(\mu/\rho)_i$	Materyal içindeki i . elementin kütle soğurma katsayısı
μ/ρ	Toplam azaltma (soğurma) katsayısı
μ_{en}/ρ	Kütle enerji soğurma katsayısı
$K(E,x)$	Nüfus derinliğine bağlı foton maruz kalma (exposure) faktörü
K_e	Elektronun kazandığı kinetik enerji
m_0c^2	Elektronun durgun kütle enerjisi
t	Numune kalınlığı (gr/cm ²)
W	Materyal içindeki elementin ağırlık kesri
x	Ortalama serbest yol
Z_{eq}	İnterpolasyon yönteminden hesaplanan (tahmini) etkin atom numarası
Z_{etkin}	Etkin atom numarası
$\Delta\lambda$	Compton kayması
κ/ρ	Elektron-pozitron çift oluşum azaltma katsayısı
σ/ρ	Saçılma azaltma katsayısı
σ_e	Elektronik tesir kesiti
σ_t	Atomik tesir kesiti
τ/ρ	Fotoelektrik azaltma (soğurma) katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Elektromanyetik dalganın madde ile etkileşmesi sonucunda meydana gelebilecek farklı tipteki olaylar.....	5
Şekil 2.2. Fotoelektrik olay.....	6
Şekil 2.3. Compton saçılması.	8
Şekil 2.4. Çift oluşumu	9
Şekil 2.5. Elektromanyetik dalganın maddeden geçişi.	10
Şekil 2.6. (a) Karakteristik X-ışını emisyonu, (b) Auger elektron emisyonu.	11
Şekil 2.7. Genel Mannich reaksiyonu.	16
Şekil 3.1. Dedektör kristali ile foton etkileşimi.	20
Şekil 3.2. Sayma sistemi.	22
Şekil 3.3. HPGe dedektörün kullanıldığı deney düzeneği.	25
Şekil 3.4. Deney geometrisi (a=0,6 cm, b=1,50cm).	25
Şekil 4.1. Seri I-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.	112
Şekil 4.2. Seri II-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.	113
Şekil 4.3. Seri III-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.	114
Şekil 4.4. Seri IV-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.	115
Şekil 4.5. Seri V-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.	116

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Farklı yarıiletken dedektörlerin karakteristik özellikleri	21
Çizelge 4.1. Seri I bileşiklerinin ortalama atom numaraları.	28
Çizelge 4.2. Seri II bileşiklerinin ortalama atom numaraları.	29
Çizelge 4.3. Seri III bileşiklerinin ortalama atom numaraları.	29
Çizelge 4.4. Seri IV bileşiklerinin ortalama atom numaraları.	30
Çizelge 4.5. Seri V bileşiklerinin ortalama atom numaraları.	30
Çizelge 4.6. Seri I bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm^2/g).	31
Çizelge 4.7. Seri II bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm^2/g).	33
Çizelge 4.8. Seri III bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm^2/g).	35
Çizelge 4.9. Seri IV bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm^2/g).	37
Çizelge 4.10. Seri V bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm^2/g).	39
Çizelge 4.11. Seri I bileşiklerinin etkin atom numaraları.	41
Çizelge 4.12. Seri II bileşiklerinin etkin atom numaraları.	43
Çizelge 4.13. Seri III bileşiklerinin etkin atom numaraları.	45
Çizelge 4.14. Seri IV bileşiklerinin etkin atom numaraları.	47
Çizelge 4.15. Seri V bileşiklerinin etkin atom numaraları.	49
Çizelge 4.16. Seri I bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.	51
Çizelge 4.17. Seri II bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.	53
Çizelge 4.18. Seri III bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.	55
Çizelge 4.19. Seri IV bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.	57
Çizelge 4.20. Seri V bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.	59
Çizelge 4.21. Seri I bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).	61
Çizelge 4.22. Seri II bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).	63
Çizelge 4.23. Seri III bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).	65
Çizelge 4.24. Seri IV bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).	67
Çizelge 4.25. Seri V bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).	69
Çizelge 4.26. Seri I bileşiklerinin foton buildup faktörleri.	71
Çizelge 4.27. Seri II bileşiklerinin foton buildup faktörleri.	79
Çizelge 4.28. Seri III bileşiklerinin foton buildup faktörleri.	87

Çizelge 4.29. Seri IV bileşiklerinin foton buildup faktörleri.	94
Çizelge 4.30. Seri V bileşiklerinin foton buildup faktörleri.	103
Çizelge 4.31. 17,48, 19,61 ve 59,54 keV enerjili x-ve gama ışını tepeleri altında kalan alanların rölatif standart sapması (RSD).....	111

1. GİRİŞ

Bir radyasyon kaynağından yayımlanan elektromanyetik dalgalar, madde atomlarıyla çeşitli etkileşmeler sonucunda enerjisinin ya bir kısmını ya da tamamını kaybeder. Kullanılan numune ister saf ister bileşik olsun, etkileşime giren radyasyon tipi ve enerjisi için kütle soğurma katsayısı (μ/ρ), kütle enerji soğurma katsayısı (μ_{en}/ρ), etkin atom numarası (Z_{etkin}) ve foton buildup (kuvvetlendirme) faktörleri bir karakteristik özellik anlamı taşımaktadır. Elementler ve bileşikler için ayırt edici özellik olan bu fiziksel parametreler, temel fizikte, ziraat, endüstri, eczacılık, radyasyon dozimetrisi, medikal onkoloji ve biyoloji alanlarında kullanılmaktadır.

Sidhu *et al.* (2012); dozimetrik öneme sahip anilin ($C_6H_5NH_2$), sikloheksan (C_6H_{12}), gliserin ($C_3H_5(OH)_3$), bütül alkol ($N-(C_4H_9OH)$), dimetil sülfoksil (C_2H_6OS), metil-etil-keton (C_4H_8O), ksilen (C_8H_{10}), asetofenon (C_8H_8O) ve trietil amin ($C_6H_{15}N$) bileşiklerinin kütle soğurma katsayılarını 100 mCi'lik Am^{241} radyoaktif kaynaktan yayımlanan 59,54 keV enerjili gama ışınlarını kullanarak hesapladılar.

Demir ve Turşucu (2012); bazı vitaminlerin kütle soğurma katsayıları, kütle enerji soğurma katsayıları ve kerma değerlerini 356,61, 661,66, 1250 ve 1408,01 keV foton enerjilerini kullanarak hesapladılar.

Manohara *et al.* (2008); 1 keV'dan daha fazla foton enerjisinde tüm materyaller için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğunu kapsamlı ve tutarlı bir şekilde veren bir ampirik formül türettiler. Manohara *et al.* (2008); bazı yağ asitleri ve karbonhidratların etkin atom numaralarını, etkin elektron yoğunluklarını ve kerma değerlerini, foton etkileşim tesir kesitleri ve WinXCom programı verilerini kullanarak 1 keV ile 100 GeV enerji aralığında hesapladılar. Z_{eff} ve N_{el} değerlerindeki önemli ölçüdeki değişimlerin farklı enerji bölgelerindeki farklı etkileşim olaylarının baskınlığının değişiminden kaynaklandığı sonucuna ulaştılar. Z_{eff} ve N_{el} 'nin maksimum değerleri, fotoelektrik soğurmanın ana etkileşim işlemi olduğu düşük

enerji aralıklarında elde edilir. Z_{eff} ve N_{el} 'nin minimum değerleri, Compton saçılmasının daha baskın olduğu ($0,05 \text{ MeV} < E < 5 \text{ MeV}$) enerjilerde elde edilir. Bu durumda, biyomoleküllerin Z_{eff} değerlerinin ortalama atom numaraları ile aynı olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu çalışmada, fotoelektrik soğurmanın baskın olduğu düşük enerji bölgelerinde karbonhidratların yağ asitlerinden daha büyük kerma değerlerine sahip olduğunu gözlemlenmiştir. Bunun aksine, Compton saçılmasının baskın olduğu enerji bölgelerinde yağ asitlerinin karbonhidratlardan daha büyük kerma değerlerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Shivaramu *et al.* (2001); A-150 doku-eşdeğer plastik (A150TEP) gibi bazı dozimetri ile ilişkili düşük Z'li maddeler, alanin, bakalit, Gafkromik sensör (GS), plastik sintilatör, polietilen, mylar (polyester), polisitren, perspex (camdan hafif dayanıklı şeffaf plastik), naylon tabanlı radiokromik boya filimleri (RDF:NB), doku-eşdeğer gaz-metan tabanları (TEG:MB) ve doku-eşdeğer gaz-propan tabanları (TEG:PB) gibi malzemelerin foton etkileşimleri için etkin atom numaralarını (Z_{Pleff}) ve foton enerji soğurması için etkin atom numaralarını (Z_{PEAeff}), 1 keV-20 MeV enerji aralığında doğrudan bir metotla hesaplamışlardır. 26,34, 33,2 ve 59,54 keV gibi seçilen foton enerjilerinde yukarıda sayılan maddelerin bazılarının deneysel kütle soğurma katsayıları ve Z_{Pleff} değerlerini teorik değerlerle karşılaştırmışlardır. Çalışılan tüm numuneler için Z_{PEAeff} ve Z_{Pleff} değerlerinin 6-15 keV üzerinde sürekli artış gösterdiğini ve daha sonra 600-1500 keV üzerinde sürekli azalış gösterdiğini gözlemlemişlerdir. 1,5 MeV'den itibaren, tüm değerlerin 20 MeV'e kadar enerji artışıyla birlikte arttığını belirtmişlerdir. 10-150 keV enerji aralığında Z_{Pleff} ve Z_{PEAeff} arasında %33,68'in üzerinde önemli ölçüde farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Çalışılan tüm maddeler için, XMuDat ($Z_{\text{XMUDATeff}}$) programı kullanılarak elde edilen etkin atom numaralarının Z_{PEAeff} ve Z_{Pleff} değerlerinden ilgili tüm enerjilerde büyük ölçüde daha büyük olduğunu saptamışlardır. Doğrudan hesaplanan Z_{PEAeff} ve Z_{Pleff} 'nin farklı enerjilerdeki değerleri değişik teorik yollarla belirlenen enerjiden bağımsız olan etkin atom numaraları ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, etkin atom numarası üzerine soğurmanın etkisini, foton enerjisine bağlı olarak etkin atom numaralarının nasıl değiştiğini ve kompozit maddelerdeki elementlerin soğurması altında bu tanımlanan iki ihtimaliyeti tartışmışlardır. Manohara *et al.* (2010); 0,015-15MeV enerji aralığında ve 40 mfp (mean free path (ortalama serbest yol))'nin üzerindeki nüfuz etme derinliğinde yedi termoluminesans dozimetrik (TLD) materyal için gama ışını enerji absorpsiyon

buildup faktörlerini beş-parametrelili geometrik ilerleme (G-P) fit etme formülünü kullanarak hesaplamışlardır. Elde edilen enerji-absorpsiyon buildup faktörlerini, nüfuz derinliği ve uyarıcı foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak çalışmışlardır. Bu çalışmada belirlenen buildup faktörlerinin radyasyon dozimetrisi, teşhis ve terapide yararlı olabileceğini belirtmişler ve aynı zamanda TLD materyallerinin doku denkliğini tartışmışlardır. Küçük *et al.* (2013); 0,015-15MeV enerji aralığında ve 10 mfp için yedi termoluminesans dozimetrik (TLD) materyalin gama ışını enerji absorpsiyon buildup faktörünü hesapladı.

Mannich bazlarının çeşitli biyolojik aktiviteleri literatürlerde rapor edilmiştir. Bu aktivitelerden biri de onların sitotoksiteleridir (Gul *et al.* 2005; Gu *et al.* 2006). Medikal onkolojide kanserli hastalara cerrahi tedavi, radyoterapi (radyasyon tedavisi) ve kemoterapi (ilaçla tedavi) uygulanmaktadır. Medikal onkolojide ilaç adayı yeni bileşiklerin sentezlenmesi ve onların sitotoksik özellik gösterebilme potansiyeline sahip olması önemlidir. Bu bileşiklerin çeşitli radyasyon parametrelerinin de tayin edilmesi teşhis ve terapide faydalı olacaktır.

Bu tez çalışmasında kimyasal adları 1-aril-3-fenetilamino (Seri I), dibenziamino (Seri II), morfolino (Seri III), 4-metilpiperazino (Seri IV)-1-propanon hidroklorür (Seri I-III), dihidroklorür (Seri IV) ve aril metil keton p-aminosülfonilfenil hidrazon (Seri V) olan bazı biyoaktif bileşiklerin kütle soğurma katsayıları, etkin atom numaraları ve atomik tesir kesitleri 8,04-59,54 keV enerji aralığında foton uyarması kullanılarak bir HPGe dedektör ile ölçülmüştür. Ayrıca, bu bileşiklerin 0,015-15 MeV enerji aralığında foton buildup faktörleri penetrasyon derinliği 1, 5, 10, 20 ve 40 mfp için teorik olarak hesaplanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Elektromanyetik Dalganın Madde ile Etkileşimi

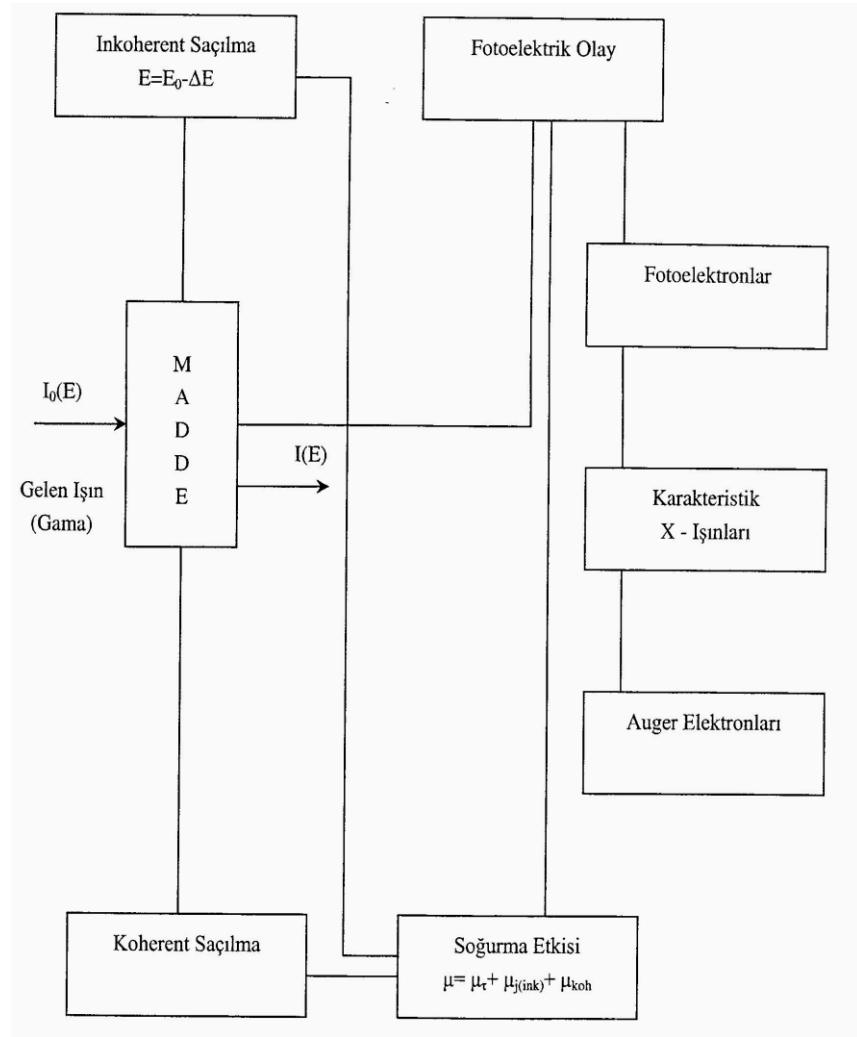
Gama ve X-ışını gibi bütün elektromanyetik radyasyonlar birçok olayda parçacıklara benzer davranış gösterdiği için, çok küçük enerji paketleri anlamına gelmek üzere bu radyasyonların birim elemanına foton adı verilmiştir. Radyasyonun belli bir frekansı için bütün paketlerde taşınan enerji aynıdır ve

$$E = h\nu \quad (2.1)$$

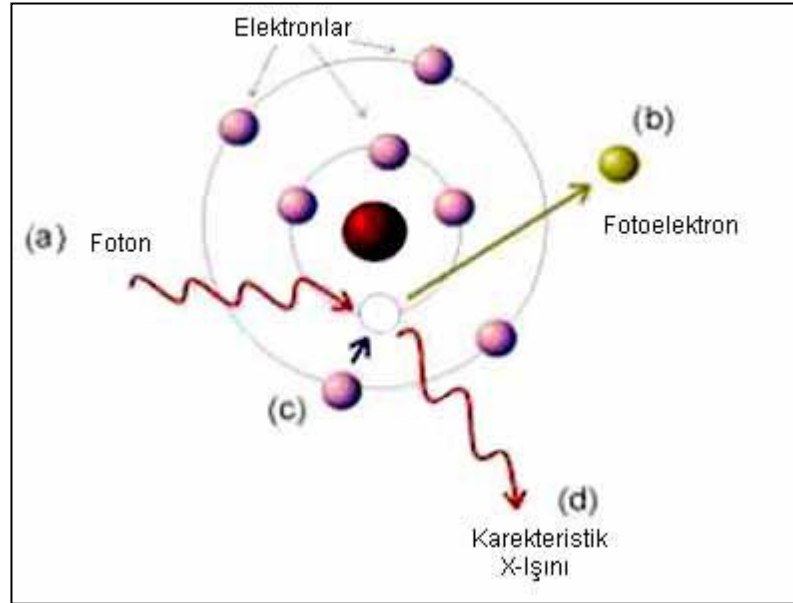
ile ifade edilir. Fotonlar, içinden geçtikleri ortamın (maddenin) atomları ile rastgele yaptıkları karşılıklı etkileşimler sonucunda ortama enerji bırakarak soğurulabileceği gibi saçılmaya da uğrayabilirler. Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde meydana gelebilecek farklı tipteki olaylar Şekil 2.1'de verilmiştir.

2.1.1. Fotoelektrik Olay

Düşük enerjili bir foton genellikle içinden geçtiği ortamdaki atomların *K* veya *L* yörüngesindeki bir elektrona bütün enerjisini vererek onu pozitif yüklü çekirdeğin bağlayıcı kuvvetinden kurtarır. Dışarıya fırlatılan bu elektrona fotoelektron denir. Bu olay neticesinde oluşan elektron boşluğu dış yörüngedeki başka bir elektron tarafından doldurulur ve bu sırada X-ışını yayımlanır. 0,5 MeV'den daha küçük enerjili fotonların ağır elementler tarafından soğurulmasında bu olay oldukça önemlidir. Fotoelektrik olay Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Elektromanyetik dalganın madde ile etkileşmesi sonucunda meydana gelebilecek farklı tipteki olaylar.



Şekil 2.2. Fotoelektrik olay.

Bu olay sırasında gelen fotonun enerjisinin bir kısmı elektronu bağlı olduğu atomdan koparabilmek için harcanır. Geri kalan kısmı ise koparılan elektrona kinetik enerji olarak aktarılır:

$$h\nu = E_{Bağlanma} + E_{Kinetik} \quad (2.2)$$

Gelen radyasyonunun enerjisi $h\nu$ ise fotoelektrik olayda

$$h\nu = W + \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.3)$$

bağıntısı yazılabilir. Burada W , elektronun çekirdeğin elektrik alanından koparılması için gereken enerjidir ve iş fonksiyonu olarak adlandırılır. Foton enerjisinin geri kalan kısmı elektrona kinetik enerji olarak aktarılır. Bu kinetik enerji $h\nu - W$ kadardır. Burada h Planck sabiti olup $h = 6,62 \times 10^{-34}$ J.s'dir. ν gelen fotonun frekansı olmak üzere eğer

$$h\nu = W \quad (2.4)$$

ise fotoelektronların hızı sıfırdır. Foton-elektron çarpışmaları düşük enerjilerde dış ve yüksek enerjilerde iç yörüngelerde meydana gelir. Serbest haldeki bir elektronda enerji ve momentumun ikisi birden korunumlu olmayacağından, böyle bir elektronun foton soğurması mümkün değildir. Fakat bağlı elektronlarda durum böyle değildir. Atom geri tepir ve böylece momentumun korunması sağlanır. Atomun kütlesi çok büyük olduğundan geri tepme enerjisi çok küçüktür ve bu yüzden de kinetik enerji ifadesi ihmal edilmiştir. Düşük atom numaralı elementlerin bağlanma enerjileri de düşük olduğundan fotoelektrik olay bahsedilen fotonlar için baskın olmaz. Z arttıkça bağlanma enerjisi de artar ve böylece fotoelektrik etki de artar. Fotoelektrik olayı atomun çevresinde tüm yörüngelerde meydana gelebilir. Foton enerjisinin yüksek olduğu durumlarda bu olayın iç yörüngelerde olma olasılığı artmaktadır. Foton enerjisi herhangi bir yörüngenin bağ enerjisine eşit olduğu durumda etkileşme o yörüngede yoğunluk kazanmaktadır.

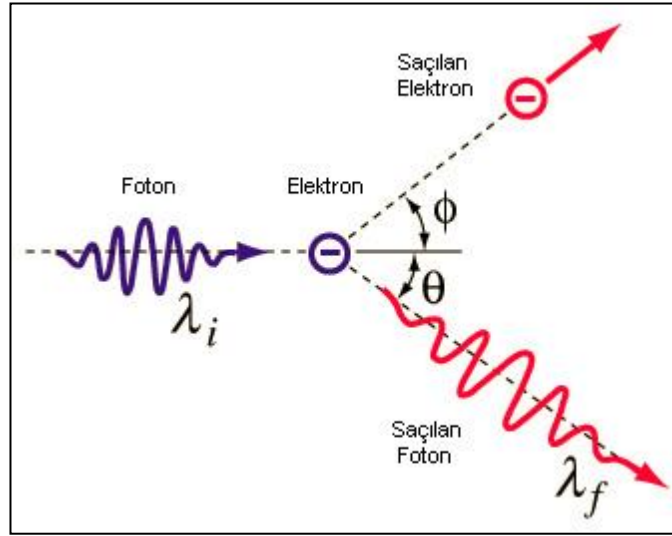
2.1.2. Compton Saçılması

Yüksek enerjili bir fotonun serbest veya bağlanma enerjisi gelen fotonun enerjisine göre küçük olan bağlı bir elektrondan enerji kaybederek saçılmasına Compton saçılması denir. Şekil 2.3'te Compton saçılması gösterilmiştir. Elektron kütleli bir parçacık olduğu için fotonun bütün enerjisini soğurması, momentumun korunumu gereği mümkün değildir. Dolayısıyla foton, enerjisinin bir kısmını elektrona aktararak saçılıma uğrayarak yoluna devam eder. Şekilde θ ile gösterilen saçılma açısı fotonun enerjisine bağlıdır. Gelen fotonun dalgaboyu ile saçılan fotonun dalgaboyu arasındaki fark

$$\Delta\lambda = \lambda_f - \lambda_i = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos \theta) \quad (2.5)$$

ifadesiyle verilir.

Burada h/m_0c Compton dalgaboyu olarak adlandırılır. Compton saçılması 0,05 – 5 MeV enerji aralığında ve hafif elementlerden oluşan ortamlarda daha baskındır.



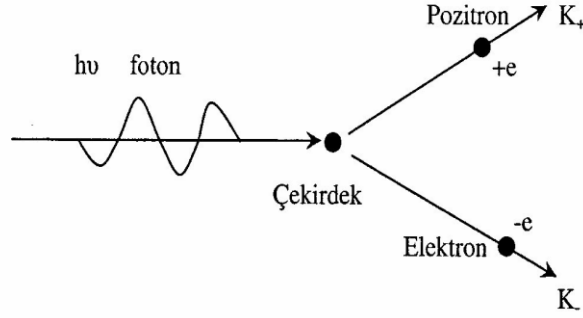
Şekil 2.3. Compton saçılması.

2.1.3. Çift Oluşumu

Eğer, fotonun enerjisi yeteri kadar büyük ise ve bu foton atom çekirdeğinin çok yakınından geçerse, kütlesi olmayan fotonun enerjisinden çekirdek yakınında aynı anda biri negatif yüklü elektron diğeri pozitif yüklü pozitron olmak üzere iki parçacık meydana gelir. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi elektromanyetik bir dalgadan madde oluşur:

$$h\nu = m_{e^+} + m_{e^-} + T_{e^+} + T_{e^-} \quad (2.6)$$

Teorik olarak bir çift oluşumunun meydana gelebilmesi için, (2.6) ifadesinde verilen denkleme göre fotonun enerjisinin en az $2 \times 0,511 = 1,022$ MeV olması gerekir. Foton enerjisinin daha büyük olduğu durumlarda ise bu enerjinin artakalan kısmı elektron ve pozitrona kinetik enerji olarak aktarılır. Oluşan elektron, atomla serbest elektronlar gibi etkileşirken, pozitron ise bir yörünge elektronu ile birleşir ve zıt yönlü iki foton salarak yok olur. Bu foton ise fotoelektrik yolla soğurulur. Pratikte çift oluşumu 2 MeV'den daha büyük enerjili fotonlar ve ağır elementler için daha baskındır.



Şekil 2.4. Çift oluşumu

2.1.4. Etkilenmeden Geçiş (Transmission)

Paralel ve ince bir X-ışını demeti herhangi bir ortam içinden geçerken belirli bir şiddet kaybına uğrar. Bu, elektromanyetik dalganın bir kısmının madde atomları ile etkileşme geçirdiğini kalan kısmının ise etkileşmeye uğramadan maddesel ortamdan çıktığını (etkilenmeden geçiş) gösterir. Meydana gelen kayıp ortamın cinsine ve madde içerisinde meydana gelen fiziksel olaylara bağlıdır.

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi I_0 şiddetinde paralel bir elektromanyetik radyasyon demeti d_x kalınlığında soğurucu bir madde üzerine gönderilirse

$$dI = -\mu I_0 dx \quad (2.7)$$

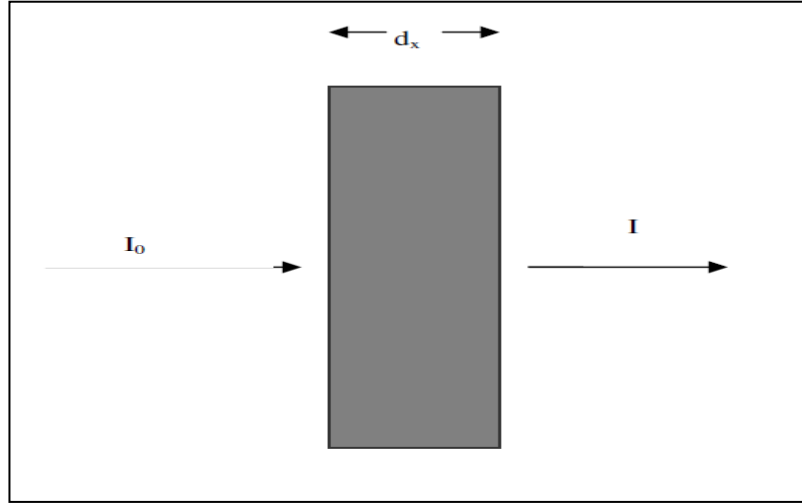
ifadesine göre radyasyon şiddeti dI kadar azalır. Bu ifadenin integrali alınırsa

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.8)$$

olur. Bu ifadeye Lambert-Beer kanunu denir. Burada μ 'ye lineer soğurma katsayısı veya toplam soğurma katsayısı denir ve bu değer birim uzunluk başına bağlı şiddette meydana gelen azalmayı gösterir. μ , her soğurucu maddeye göre değişen bir sabittir. Toplam lineer soğurma katsayısı

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad (2.9)$$

olarak yazılabilir. Burada τ fotoelektrik soğurma katsayısını, σ Compton soğurma katsayısını ve κ çift oluşumu soğurma katsayısını göstermektedir.



Şekil 2.5. Elektromanyetik dalganın maddeden geçişi.

2.1.5. Auger Olayı (Işımasız Geçiş)

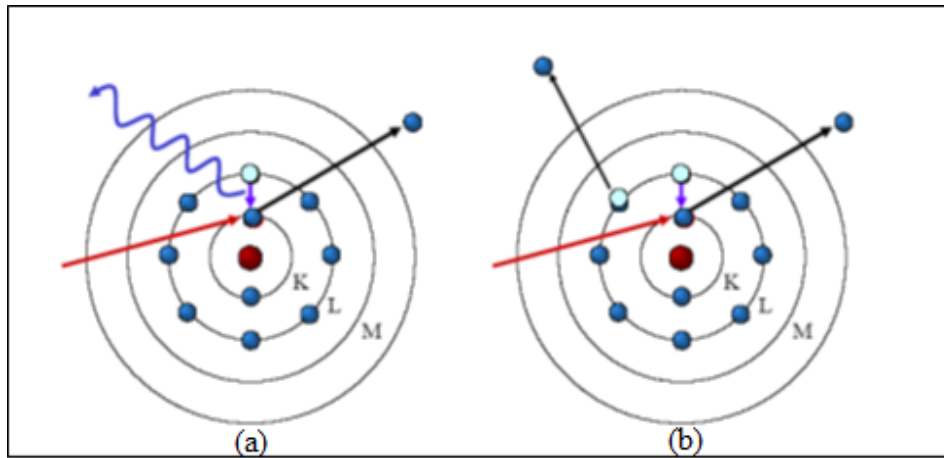
Kararsız halde bulunan bir atomda değişik geçişler gözlenebilir. Bunlar;

- Işımalı geçişler,
- Auger geçişleri,
- Coster-Kronig geçişleri,
- Oto iyonizasyon (kendiliğinden) geçişler

dir. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi herhangi bir uyarma sonucunda atomda meydana gelen boşluk, üst tabakadaki başka bir elektron geçişi ile ışımalı veya ışımasız olarak doldurulabilir. Bunlardan Auger, Coster-Kronig ve oto iyonizasyon geçişleri ışımasız olaylardır.

Uyarılan bir atomda meydana gelen bir boşluk üst tabakalardan elektron geçişi ile doldurulur ve atom daha düşük enerji seviyesine geçer. Bu sırada ortaya çıkan enerji, bir dış yörüngedeki elektronu sökmek için kullanılırsa, foton ışıması bir geçiş yapar ve fazla enerjisini dışarı atar. Bu olaya Auger olayı, sökülen elektrona da Auger elektronu denir. Coster-Kronig geçişi Auger geçişinin özel bir durumudur. Auger olayından farklı olarak boşluğun bulunduğu kabukla, bu boşluğu dolduran elektronun kabuk düzeyi aynıdır. Yani $\Delta n=0$ 'dır. Bir kabuğun alt kabukları arasındaki enerji seviyelerinin farkları oldukça düşük olacağından, elektron, ilgili atomun en düşük seviyesinden kopacaktır. Böylece Coster-Kronig elektronunun enerjisi de Auger elektronunun enerjisine göre daha düşük olacaktır. Oto iyonizasyonda ise en üst seviyedeki iki elektron eş zamanlı olarak doldurulmamış daha yüksek bir seviyeye uyarılır. Elektronlar eski hallerine döndürüldüğünde diğer bir elektron sökülür. Bu işlemde ikiden fazla elektron da kullanılabilir.

Auger olayı, elektronları daha gevşek bağlı ve karakteristik fotonların daha kolay soğurulduğu atom numarası düşük olan elementlerde daha yaygın görülür. Bu nedenden dolayı, bu olay L serisi için K serisinden, M serisi için de L serisinden daha baskındır. Örneğin; K boşlukları Auger olayı olasılığı özellikle küçük atom numaralı elementler ($10 \leq Z \leq 12$) için yüksektir. L boşluğu için bu olasılık $35 \leq Z \leq 38$ arası olan elementlerde daha yüksektir.



Şekil 2.6. (a) Karakteristik X-ışını emisyonu, (b) Auger elektron emisyonu.

2.2. Kütle Soğurma Katsayısı

Kütle soğurma katsayısı,

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\ln(I_0/I)}{x\rho} \quad (2.10)$$

ifadesi ile verilir. Burada ρ soğuran maddenin yoğunluğu, x ise kalınlığıdır. Kütle soğurma katsayısının değeri, soğurucu materyalin fiziksel özelliğine bağlı olmadığından dolayı lineer soğurma katsayısından çok daha önemlidir. Kütle soğurma katsayısı direkt olarak soğurucu materyalin tabiatını yansıtır. Bu nedenle lineer soğurma katsayısından kütle soğurma katsayısını ölçmek çok daha uygundur (Gerward *et al.* 2004).

2.3. Atomik Tesir Kesiti

Materyal için toplam atomik tesir kesiti (σ_t) kütle soğurma katsayısı bulunarak belirlenebilir. σ_t ve μ_m arasında;

$$\sigma_t = \frac{\mu_m N}{N_A} \quad (2.11)$$

ilişkisi yazılabilir. Burada N atomik kütleyi ve N_A Avogadro sayısını göstermektedir.

2.4. Elektronik Tesir Kesiti

İlgilenilen element için toplam elektronik tesir kesiti (σ_e);

$$\sigma_e = \frac{1}{N_A} \sum \frac{f_i N_i}{Z_i} (\mu_m)_i = \frac{\sigma_t}{Z_e} \quad (2.12)$$

ifadesiyle verilir. Burada f_i , $f_1+f_2+f_3+...+f_n=1$ olacak şekilde i . elementin kısmi bolluğudur. Z_i ise i . elementin atom numarasıdır. f_i ise i . elementteki atom sayısının bileşikteki tüm elementlerin toplam atom sayısına oranıdır.

2.5. Etkin Atom Numarası ve Önemi

Şayet numune bir karışım, bileşik ya da alaşım formunda ise etkin atom numarası (Z_{etkin}) olarak bilinen bir parametrenin tayin edilmesi gereklidir. Etkin atom numaraları üzerine güvenilir veriler, radyasyon biyolojisinde, medikal fizikte, medikal onkolojide, radyografi ve radyasyon dozimetri hesaplamalarında gereklidir. Etkin atom numarası materyallerin x- ya da γ -ışını soğurma kesirlerinin anlamını ortaya çıkarmak için ölçülmesi gereken önemli bir parametredir (Murty *et al.* 2000). Bu parametre, son yıllarda teknik ve mühendislik uygulamalarda da kullanılmaya başlanmıştır. Polimerler ve alaşımların bilim, teknoloji, nükleer endüstri ve endüstrinin diğer alanlarında ve uzay araştırma programları gibi pek çok alanda artan bir kullanımından dolayı, polimer ve alaşımlara eşdeğer ve onları temsil eden etkin atom numarasının tayini daha da önem kazanmaktadır (Nayak *et al.* 2001). Bu parametre ölçülürken numune ile etkileşen gama ışınlarının etkileşme türü de önemlidir. Fotoelektrik, Compton ile koherent saçılma ve çift oluşum gibi her bir işlem türü için kısmi etkin atom numarası parametresi tanımlanır. Kullanılan enerji ve numune durumuna göre, bu etkileşme türlerinin toplam etkin atom numarası parametresindeki katkıları da değişim gösterebilir.

Etkin atom numarası atom başına düşen etkin (ortalama) tesir kesiti σ_t ve elektron başına düşen etkin (ortalama) tesir kesiti σ_e cinsinden

$$Z_{\text{etkin}} = \sigma_t / \sigma_e \quad (2.13)$$

ile ifade edilir (Adıgüzel 2013).

2.6. Foton Buildup Faktörü

Foton buildup (kuvvetlendirme) faktörü üç aşamalı bir yöntemle aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

- a) Etkin atom numarasının hesaplanması (Z_{etkin})
- b) Geometrik dizi (G-P) fit parametrelerinin hesaplanması
- c) Maruz kalma (exposure) veya enerji absorpsiyon kuvvetlendirme (buildup) faktörünün hesaplanması

Etkin atom numarası elementlerin atom numaralarına benzer bir parametredir. Buildup faktörü çoklu saçılmanın doğrudan bir sonucu olduğu için, bu parametrenin hesaplanmasında büyük ölçüde Compton saçılmasının katkısından elde edilen etkin atom numarası kullanılmaktadır. Verilen çoklu yapıdaki bir madde için, etkin atom numarası, maddenin etkileşim katsayılarının oranının ($\sigma_{\text{comp}} / \sigma_{\text{tot}}$) aynı enerjide bu orana karşılık gelen etkileşim katsayıları oranına sahip elementin belirlenmesiyle bulunur. Bu oran, ard arda gelen iki elementin arasında olduğu durumlarda, Z_{eq} aşağıdaki interpolasyon formülü yardımıyla bulunabilir (Harima 1983; Maron 1987):

$$Z_{\text{eq}} = \frac{Z_1(\log R_2 - \log R) + Z_2(\log R - \log R_1)}{\log R_2 - \log R_1} \quad (2.14)$$

Burada Z_1 ve Z_2 sırasıyla R_1 ve R_2 ($\sigma_{\text{comp}} / \sigma_{\text{tot}}$) oranına karşılık gelen elementlerin atom numaralarıdır. R ($\sigma_{\text{comp}} / \sigma_{\text{tot}}$) ise verilen madde için aynı enerjideki oranı temsil etmekte birlikte R_1 ve R_2 arasında değerler almaktadır ($R_1 < R < R_2$).

Hem maruz kalma hem de enerji soğurma buildup faktörü için geometrik dizi (G-P) fit parametreleri benzer bir interpolasyon yöntemi kullanarak hesaplanabilir. Elementler için G-P fit parametreleri ANSI/ANS-6.4.3 (ANSI/ANS 1991) standart referans veri tabanından alınmıştır. Bu veri tabanında 23 element için (Be, B, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Ar, K, Ca, Fe, Cu, Mo, Sn, La, Gd, W, Pb ve U) G-P fit parametreleri

mevcuttur. Kullanılan numuneler için G-P fit buildup faktörü katsayıları arasındaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$C = \frac{C_1(\log Z_2 - \log Z_{eq}) + C_2(\log Z_{eq} - \log Z_1)}{\log Z_2 - \log Z_1} \quad (2.15)$$

Burada C_1 ve C_2 , sırasıyla Z_1 ve Z_2 atom numaralarına karşılık gelen katsayı değerleri ve Z_{eq} ise verilen numunenin interpolate etkin atom numarasıdır. Bu parametreler verilen maddelerde maruz kalma ve enerji soğurma buildup faktörlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller ile birlikte kullanılır (Harima *et al.* 1986).

$$B(E, x) = 1 + \frac{b-1}{K-1} (K^x - 1) \quad K \neq 1 \text{ için} \quad (2.16)$$

$$B(E, x) = 1 + (b - 1)x \quad K=1 \text{ için} \quad (2.17)$$

Burada,

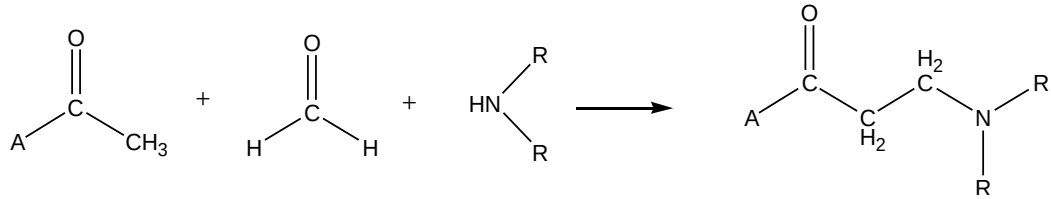
$$K(E, x) = cx^a + d \frac{\tanh\left(\frac{x}{X_k} - 2\right) - \tanh(-2)}{1 - \tanh(-2)} \quad x \leq 40 \text{ mfp için} \quad (2.18)$$

ifadesi kullanılır. Bu ifadede E foton enerjisi, x birimi ortalama serbest yol (mfp) olmak üzere nüfuz derinliği; a , b , c , d ve X_k ise G-P fit parametreleridir. b parametresinin değeri 1 mfp'deki buildup faktörünün değerine karşılık gelmektedir. Ortalama serbest yol, fotonun iki etkileşim arasında almış olduğu yoldur. $K(E, x)$ parametresinin nüfuz derinliği ile değişim foton doz çarpımı ve spektrumun şeklindeki değişimi temsil etmektedir (Kurudirek 2011).

2.7. Mannich Bazları

Mannich reaksiyonu, aktif bir veya daha fazla hidrojen atomu içeren bir bileşikle, bir aldehit ve genellikle hidroklorür tuzu halinde amonyak, primer veya sekonder aminin

kondensasyonu olarak tanımlanır (Blicke 1942). Reaksiyon sonucu oluşan β -aminokarbonil bileşiği Mannich bazı olarak adlandırılır (Kandepu 1999). Örnek bir Mannich reaksiyonu aşağıda Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Bu reaksiyon "Mannich Reaksiyonu" ismini kimyacı Carl Mannich'den 1912 yılında almıştır (Mannich *et al.* 1912). Organik kimyada en önemli C-C bağı oluşum reaksiyonlarından biridir (Davioud-Chaned *et al.* 2003).



Şekil 2.7. Genel Mannich reaksiyonu.

2.8. İlaç Tasarımında Fizikokimyasal Özelliklerin Önemi

Kantitatif Yapı Aktivite İlişkisi (Quantitative Structure Activity Relationship-QSAR), ilacın fizikokimyasal özellikleri ile ilacın biyolojik aktivitesi arasındaki ilişkiyi araştırır. Son yüzyılda QSAR kimyasal yapı ve biyoaktivite arasındaki ilişkileri kantitatif olarak ifade etmiştir (Tute 1990). Bununla birlikte kantitatif metodlar ilk kez modern medisinal kimyaya Corwin Hansch tarafından tanıtılmıştır (Hansch 1981; Craig 1984). QSAR yaklaşımında bazı fiziksel, yapısal ve kimyasal parametreler ele alınmıştır. Elektronik etki bir bileşiğin biyoaktivitesinin atfedilebileceği fizikokimyasal parametreden biridir. Bir ilacın iyonizasyonu ve polaritesi değişik sübstitüentlerin elektronik etkilerinden etkilenir. Elektronik etkiler, ilacın reseptörle nasıl kuvvetli bağlanabileceğini veya hücre membranlarından nasıl kolayca geçebileceği üzerindeki etkiyi de açıklar (Kandepu 1999). Elektronik etkiler σ (Hammett sübstitüent sabiti) ile ifade edilir. Benzen halkasının meta ve para pozisyonlarındaki sübstitüentler için σ farklı değerlerdedir. σ elektron veren sübstitüentlerde - değer alırken, elektron çeken sübstitüentlerde + değer alır.

2.9. Seri I-V Bileşikleri ile İlgili Literatür Özeti

Seri I: Sitotoksik etkisi, DNA topoizomeraaz I enzimi üzerine etkisi tarafımızdan rapor edilmiştir (Mete *et al.* 2010a; 2010b). Ayrıca, bu bileşiklerin antifungal etkileri de bildirilmiştir.

Seri II: β -Amino ketonların Mannich bazlarının lokal anesteziye sahip oldukları rapor edilmiştir (Mannich *et al.* 1922; Hanning 1952). Asetofenon türevlerinin farklı sekonder aminlerle 25 adet Mannich bazı sentezlenmiştir. Bunlardan dibenzilamin ile hazırlanan mono Mannich bazlarının lokal anesteziye ilaç olarak kullanılan lignokain ile karşılaştırılabilir potansiyele sahip olduğu görülmüştür (Chaturverdi *et al.* 1985).

Seri III: Immün sistemin baskılandığı, direncin düştüğü kanser ve AIDS gibi hastalıklar fırsatçı mantar enfeksiyonlarına davetiye çıkarır (Vashishtha *et al.* 1998). Günümüzde mevcut antifungal ilaçlar kazanılmış direnç, yan etkiler, ya da etki gücü açısından ihtiyaca cevap verememektedir. Bu sorunlara çözüm üretmek amacıyla Seri III bileşikleri sentezlenmiştir (Gul *et al.* 2001). Sentezlenen bileşikler insan, bitki patojenleri ve bazı kontaminant patojenler olmak üzere 15 fungusa karşı test edilmiş, sonuçlar Minimum İnhibisyon konsantrasyonu (MİK $\mu\text{g/ml}$) cinsinden rapor edilmiştir. Elde edilen sonuçlar antifungal ilaç olan Amfoterisin B ile karşılaştırılmıştır.

Seri IV: Bu tip bileşiklerin antispazmotik ve spermisidal (sperm öldürücü) etkileri rapor edilmiştir (Zauggr *et al.* 1958; Kumar *et al.* 2006).

Seri V: Bu bileşiklerin gram pozitif bakterilere karşı anti bakteriyel ve ayrıca antifungal etkileri bildirilmiştir (Adnan *et al.* 2009; Pawan *et al.* 2011).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. HPGe Dedektörün Çalışma Prensibi

Katılarda iyonlaşma enerjisi, bant aralıklarıyla doğru orantılıdır. İletkenlerde yasak enerji aralığı küçük, yalıtkanlarda ise büyüktür. Yarıiletkenlerin düşük sıcaklıklarda iyi bir yalıtkan davranışı göstermesinden istifade ile yapılmış olan katıhal sayaçları ikincil X-ışınlarını ölçmek için yaygın olarak kullanılırlar. Karakteristik X-ışınlarının hem düşük enerji bölgesinde yer almalarından hem de enerjilerinin birbirlerine çok yakın olmasından dolayı bunların şiddetleri ölçülürken rezolüsyonu ve dedektör verimi çok iyi olan yarıiletken dedektörler tercih edilir. Son yıllarda Si-PIN, HgI₂, Si-DRIFT, CdTe gibi yüksek rezolüsyonlu yarıiletken dedektörler yapılmasına rağmen, Si(Li), Ge(Li) ve HPGe gibi yarıiletken kristal dedektörler uygun şekil ve soğurma şartlarına sahip olmalarından dolayı daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

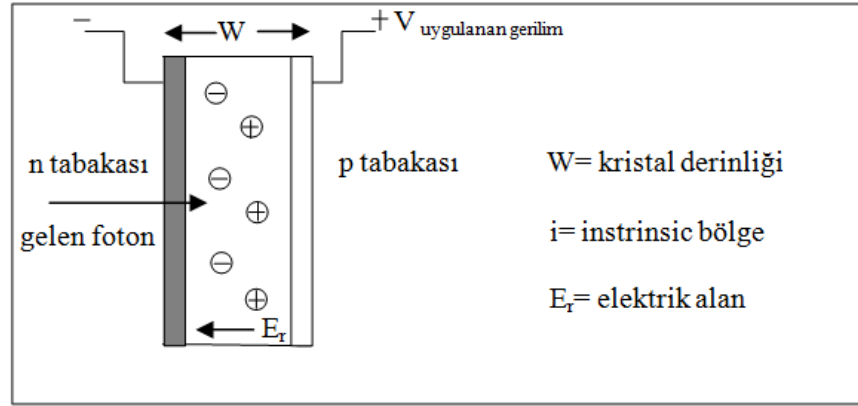
HPGe dedektörün en önemli iki fiziksel özelliği; kalınlığı ve alanıdır. Soğurma verimliliği dedektör kalınlığı arttıkça artar. Sayım için önemli bir faktör olan geometrik verim ise dedektör alanı arttıkça artar, ancak bu rezolüsyonu azaltır. Katıhal dedektöre gelen fotonlar altın elektrot ve ölü tabakayı geçerek deplasyon bölgesinde bulunan Ge atomlarını uyarır. Böylece, + ve – iyon çiftleri meydana gelmiş olur. Bu işlem sırasında fotonlar enerjilerinin büyük bir kısmını fotoelektronlara aktarırlar. Bu fotoelektronlar enerjileri bitinceye kadar yolları üzerinde elektron-hol çiftleri oluştururlar. Uygulanan ters beslem (-2000 V) nedeniyle meydana gelen elektrik alan elektron-hol çiftlerini toplar. Ters beslem nedeniyle elektronlar n-tipi, boşluklar (holler) p-tipi bölgeye yönelirler. Sonuçta dedektöre gelen foton enerjisi ile orantılı sayıda elektron-hol çifti oluşur. Sayaç maddesinin seçiminde elektro-hol çifti veriminin büyük olması, yani elektron hol çifti başına düşen enerjinin küçük olması tercih edilir. Aynı fotonun meydana getirdiği + ve – yükler çeşitli etkileşimlerden sonra tekrar birleşebilirler ki bu olaya rekombinasyon denir. Katıhal sayaçlarında sayaç içi bir amplifikasyon olmadığından bu sayaçlarda alçak gürültü ve yüksek kazançlı ön amplifikatöre ihtiyaç vardır. Bu iş için genellikle FET (field-effect-transistor) kullanılmaktadır. FET toplanan

yükü akım pulslarına dönüştürmektedir. Dedektör elementi ve dedektör kapasitansındaki sızıntı akımı sistemin gürültüsüne ve rezolüsyonun düşmesine neden olur. Sızıntı akımından kaynaklanan gürültü sıvı azot sıcaklığında (-196 °C) ihmal edilebilir bir dereceye düşmektedir. Mikrofonik gürültü üretilmesi de rezolüsyon genişlemesinin önemli bir kaynağıdır. FET'in sıvı azot sıcaklığında ve dedektöre yakın tutulması mikrofonikleri azaltmaktadır. Dedektörün sıvı azot içerisinde tutulması katı materyal içindeki termal olarak uyarılmış taşıyıcılardan kaynaklanan elektriksel gürültüyü de minimuma indirir.

HPGe dedektör, diyotları arasına uygulanan ters gerilimle çalışır. Radyasyon dedektörün hassas hacminde soğurulduğundan, soğrulan foton enerjisi ile orantılı olarak elektrik sinyaline çevirilir. Üretilen bu elektrik sinyali dedektöre yakın olan ön yükselticiye gelir. Oradan ana yükselticiye ve sonra çok kanallı analizöre ulaşır. Buraya gelen sinyal; elektronik gürültü, yük taşıyıcılarda istatistiksel dalgalanma ve tamamlanmamış yük toplanmasından dolayı genişletilmiş çizgi spektrumunu oluşturur. Temel sayma (background) radyasyonu spektrumun altında kalır. Spektrumda temel sayma bölgesinin çoğu, dedektöre gelen fotonların Compton saçılmasından bazen de dedektörü çevreleyen materyalden kaynaklanır. Kaynağın içindeki radyasyon kirliliği de spektruma olumsuz yönde katkı sağlar. Birçok dedektörde dıştaki aktif olmayan kontak tabakanın güçlü soğurmasından dolayı radyasyon miktarı beklenenin altındadır. Enerji rezolüsyonu, pik/Compton oranı, dedeksiyon verimi, pencere kalınlığı, temel sayma (background) seviyesi ve dedektör-kaynak mesafesi radyoaktif kaynaktan gelen radyasyonun spektrumunu etkiler.

Yarıiletken dedektörlerin bütün yük taşıyıcılarını durdurmak için sıvı azot sıcaklığında tutulmasına ek olarak, kristalinin de vakuma alınması gerekir. Ön yükselticiler küçük sinyal akımını daha geniş sinyal pulsuna dönüştürmek için ana yükselticiye düşük dirençli (50 ohm) kablolarla bağlanır. Dirençli geri beslemeli (resistive feed-back (RFB)) ve optik pulslu geri beslemeli (pulsed optical feed-back (POFB)) olmak üzere iki farklı ön yükseltici vardır. RFB ön yükselticiler puls şekillendirme çıkışına sahiptirler ve bu yüzden genel amaçlı dedektörlerde kullanılır. POFB ön yükselticiler

ise düşük enerji bölgesindeki yüksek rezolüsyonlu spektrometrelerde kullanılırlar. Bütün POFB ön yükselticilerin ön kısmının (FED ve LED) dedektöre yakın olması ve soğuk tutulması gerekir. Şekil 3.1'de dedektör kristaline ulaşan fotonun, yarıiletken tabaka ile etkileşimi görülmektedir.



Şekil 3.1. Dedektör kristali ile foton etkileşimi.

3.2. HPGe Dedektörün Karakteristik Özellikleri

Germanyum dedektörün nemden korunması için vakum odasında ve kaçak akımları kabul edilebilir bir seviyede tutulması için de sıvı azot sıcaklığında bulunması gerekir. Dedektör kristali ultra saf germanyum kristalden veya lityum sürüklenmiş germanyum kristalden de olabilir. Ön yükseltici, elektronik gürültüyü önlemek için dedektör kristali yakınlarında yer alır.

Coaxial (eş eksenli), planar (düzlemsel), well type (kuyu tipi) gibi farklı germanyum dedektör tipleri vardır. Farklı dedektör tiplerinde gama ve x-ışınları için dedektör verimi, enerji aralığı ve enerji rezolüsyonu farklıdır. Coaxial p-tipi germanyum dedektörler gama ışınları için kullanılır ve enerji aralığı 100 keV'den yaklaşık 10 MeV'e kadardır. Bu dedektörler düşük enerjili gama ve x-ışınları için tercih edilmezler. Çünkü yüksek enerjili gama ışınları dedektörün alüminyum penceresiyle dedektörün aktif hacmine geçebilmelidir. X-ışını spektroskopisinde, n-tipi ve planar dedektörler kullanılabilir. Çünkü bu dedektörler ince berilyum pencereden yapılmıştır. Düşük

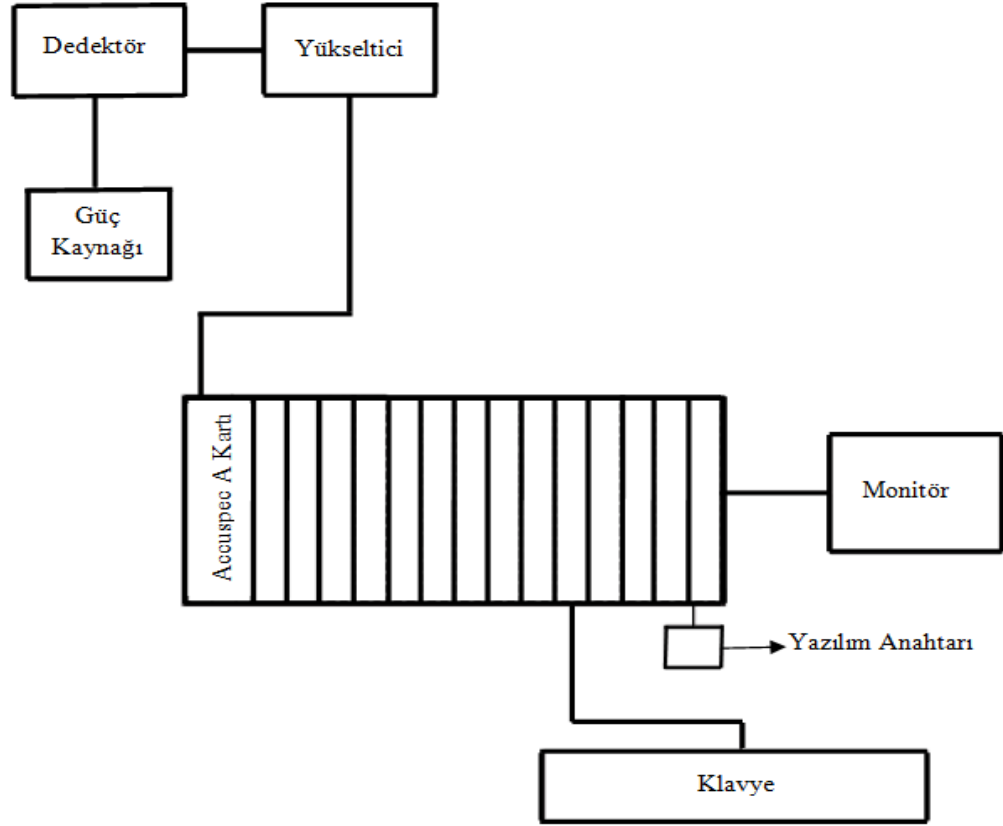
enerjilerde dedektör verimi kesit alanı ve pencere kalınlığının bir fonksiyonu iken, yüksek enerjilerde dedektör veriminin az veya çok olması dedektörün aktif hacmi ile doğrudan bağlantılıdır. Farklı yarıiletken dedektörlerin karakteristik özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir (Turşucu,2012).

Çizelge 3.1. Farklı yarıiletken dedektörlerin karakteristik özellikleri

Dedektör	Be Pencere Kalınlığı (μm)	Foton Enerji Aralığı	Rezolüsyon (FWHM)
Si(Li)	0,1	1-60 keV	5,9 keV'de 160-200 eV
Ge(Li)	300-1000	50 keV-10 MeV	1,33 MeV'de 1,8-22 eV
p-tipi HPGe	300-6000	50 keV-10 MeV	1,33 MeV'de 1,8-22 eV
n-tipi HPGe	0,1	3 keV-10 MeV	1,33 MeV'de 1,8-22 eV

3.3. Sayma Sistemi

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi sayma sistemi, üzerinde ön yükseltici bulunduran bir dedektör, ikincil bir yükseltici, analog sayısal dönüştürücü ve çok kanallı analizör özelliklerini ihtiva eden bir bilgisayar bileşeni (AccuSpec A), sistemin yönetimini sağlayan ve spektrumların değerlendirilmesinde kullanılan "Genie 2000" programının yüklü olduğu bir bilgisayardan oluşmaktadır. Yönetici programın çalışmasını sağlamak amacıyla da bilgisayar üzerinde arayüz oluşturan sistem tamamlayıcı yazılım anahtarı (dongle) bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Sayma sistemi.

Kullandığımız sayma sisteminde bilgisayar üzerinden sadece MCA (multi channel analyzer) programı kontrol edilmektedir. Diğer sistem bileşenleri ise manuel olarak kontrol edilmektedir.

3.3.1. Güç Kaynağı

Dedektörde meydana gelen yükleri toplamak için dedektör üzerine yüksek gerilim uygulanmalıdır. En iyi çalışma gerilimi deneyde kullanılan dedektöre ait kullanım bilgilerinin iyi bir analizi sonucunda dedektöre ve sistem bileşenlerine zarar vermeyecek düzeyde olacak şekilde belirlenir. Bu çalışmada kullanılan HPGe dedektöre -2000 V gerilim uygulanmıştır. Gerilimin dedektöre uygulanması ve dedektörün kapatılması ise kademeli olarak yapılarak oluşabilecek hasarlardan dedektörün korunması sağlanmıştır.

3.3.2. Ön Yükseltici

Modern yarıiletken dedektör sistemleri genellikle yüke hassas bir ön yükseltici ile birlikte kullanılır. Elektronik gürültüyü minimize etmek için, genellikle alan etkili tranzistör olan ön yükselticinin girişi dedektör gibi sıvı azot sıcaklığında tutulur. Ön yükselticinin verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için FET'in sıcaklığı dedektörün sıcaklığından biraz daha fazla olabilir. Ön yükseltici dedektörden gelen yükü voltaj pulsuna dönüştürür. Ön yükselticiden çıkan pulsların yükseklikleri veya genlikleri dedektörde toplanan yük miktarı eğer fotonun bütün enerjisi dedektörde soğurulmuş ise, fotonun enerjisi ile orantılı olmalıdır.

3.3.3. Yükseltici

Bir yükselticinin birinci görevi; ön yükselticinin çıkış puls genliklerini ayırt etmek ve sayılması için uygun voltaj seviyelerine yükseltmek, ikinci görevi ise; pulsları, puls genliği ve x-ışını fotonu arasındaki orantılı ilişkiyi aynen koruyarak işleme uygun bir hale getirmektir. Kullanıcı, puls genişliğini belirleyen şekillendirme zaman sabitinin (shaping time) seçimine dikkat etmelidir. Bir spektrumdaki pikler için en iyi rezolüsyon genellikle daha uzun zaman sabitiyle elde edilebilir. Çünkü sistem daha uzun bir zaman üzerinden gürültünün ortalamasını alabilir. Bununla birlikte, daha uzun zaman sabitleri yüklerin rastgele daha fazla toplanmasına neden olur (Debertin and Helmer 1988).

3.3.4. Analog Sayısal Dönüştürücü (ADC)

Analog sayısal dönüştürücünün (ADC) görevi yükselticiden gelen analog pulsunu, onun genliğiyle (dolayısıyla x-ışını fotonunun enerjisiyle) orantılı bir tam sayıya çevirmektir. Ön yükselticiden gelen potansiyel pulsları lineer yükselticide büyütüldükten sonra ADC'ye gönderilirler. ADC'de analog işlemleri yapılan bu pulslar çok kanallı analizöre gönderilir ve orada enerjilerine karşılık gelen kanallarda sayılırlar. Bu sayımlar sonucu sayacın ayırma gücüyle ilgili olarak aynı enerjili karakteristik X-ışınları bir tepe (pik)

oluştururlar. Bu pikler bir araya geldiğinde enerjiye veya dalgaboyuna karşı şiddet desenleri oluştururlar ki bu desene X-ışını spektrumu denir.

3.3.5. Çok Kanallı Analizör (MCA)

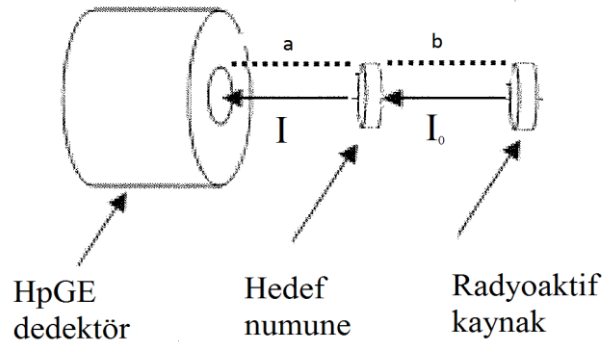
Çok kanallı analizör (multi channel analyzer, MCA) sayısal hale getirilmiş pulsları uygun gelen kanallara yerleştirir ve bilgisayar hafızasına kaydeder. Her kanal kalibrasyon işlemiyle belirlenmiş olan belli bir enerji aralığına düşen pulsları sayar. Kalibrasyon işlemi için düşük şiddetli radyoaktif kaynaklar kullanılmasıyla deney süresince kullanılacak yükseltici ayarları belirlenmiştir ve bu ayarlar deney sonuna kadar sabit tutulur. Bu tez çalışmasında, Maestro programı vasıtasıyla gerekli dönüşüm yapılarak, Microcal Origin 7.5 programında çizdirilmiştir. Bu program kullanılarak piklerin enerjileri ve net alanları belirlenmiştir.

3.4. Numunelerin Hazırlanması

Bu tez çalışmasında kullanılan bazı potansiyel biyoaktif bileşikler numune haline getirmek için öğütme işlemi yapılmıştır. Daha sonra homojen bir dağılım elde etmek için numune karıştırıcısında 30 dakika karıştırılmıştır. Böylece parçacık büyüklüğü ve soğurma etkileri imkânlar dâhilinde en aza indirilmiştir. Bu bileşikler 0,65 cm yarıçaplı tabletler haline getirmek için 5 ton basınç altında preslenmiştir. Tabletlerin kütleleri 10^{-5} gram hassasiyete sahip bir terazi ile tartılmıştır. Bileşiklerin radyasyon parametrelerinin deneysel olarak belirlenmek için kullanılan deney düzeneği Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.3. HPGe dedektörün kullanıldığı deney düzeneği.



Şekil 3.4. Deney geometrisi ($a=0,6$ cm, $b=1,50$ cm).

3.4.1. 3-Fenetilamino-1-Aril-1-Propanon Hidroklorür Tipi (Seri I) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi

Keton bileşiği, paraformaldehit ve amin hidroklorür sırasıyla alınarak 1: 1,2: 1 mol oranlarında alınarak 5 ml EtOH ve derişik HCl'nin (0,5 ml, %36,5, w/v) 2 ml etanol içerisindeki çözeltisi karışıma eklendi. Belirli zaman aralıklarında reaksiyonların bitişine TLC (CHCl_3 : MeOH (4:1)) kullanılarak izlendi. Reaksiyon çözücüsü alçak

basınç altında damıtıldı. Ham ürün uygun çözücü veya çözücü karışımları kullanılmak suretiyle kristallendirildi.

3.4.2. 3-Dibenzilamino-1-Aril-1-Propanon Hidroklorür Tipi (Seri II) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi

Mannich bazlarının genel sentezinde keton bileşiği, paraformaldehit ve amin hidroklorür sırasıyla alınarak 1: 1, 2: 1 mol oranlarında asetik asit içerisinde 120°C'de geri çeviren soğutucu altında ısıtıldı. Tepkimenin yürüyüşü İ.T.K. (CHCl₃: MeOH (9:1)) kullanılarak izlendi. Keton bileşiğinin bitmesinden dolayı reaksiyona son verildi. Reaksiyon çözücüsü alçak basınç altında damıtıldı. Ham ürün uygun çözücü veya çözücü karışımları kullanılmak suretiyle kristallendirildi. Elde edilen bileşikler MeOH'den kristallendirildi. Kristallerin oluşumu için gerektiğinde 0-4°C 'de bekletme işlemi uygulandı. Oluşan kristaller oda sıcaklığında kurutuldu.

3.4.3. 3-Morfolino-1-Aril-1-Propanon Hidroklorür Tipi (Seri III) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi

Uygun bir keton, paraformaldehit ve morfolin hidroklorür 1:2:1 oranında alınarak asetik asit (30-40 ml) içerisinde geri çeviren soğutucu altında ısıtıldı. Reaksiyonlar İTK ile izlenerek reaksiyona son verildi. Reaksiyon çözücüsü alçak basınçta uzaklaştırıldı. Elde edilen katı yada yarıkatı madde aseton eklenerek oda sıcaklığında 3-4 saat karıştırılıp buzdolabında 4°C'de çökmeye bırakıldı. Elde edilen çökelti uygun çözücüde kristallendirildi. Oda sıcaklığında kurutuldu.

3.4.4. 3-(4-Metilpiperazino)-1-Aril-1-Propanon Dihidroklorür Tipi (Seri IV) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi

4-Hidrazinobenzensülfonamit hidroklorür (5,3 mmol)'ün 15 ml sudaki çözeltisi üzerine susuz sodyum asetat (5,3 mmol) ve 20 ml EtOH reaksiyon çözücüsü olarak eklendi. Daha sonra aril kısmının yukarıdaki şerkilde değiştiği metil ketonlar (5,3 mmol) ilave

edildi ve reaksiyon karışımı 1 saat reflux edildi. Sonrasında oluşan katı bileşikler EtOH kullanılarak kristallendirildi (Adnan *et al.* 2009; Pawan *et al.* 2011).

3.4.5. Aril Metil Keton p-Amino Sülfonil Fenil Hidrazon Tipi (Seri V) Bileşiklerin Genel Sentez Yöntemi

Genel sentezde keton bileşiği, paraformaldehit ve amin hidroklorür sırasıyla alınarak 1: 1.2: 1 mol oranlarında asetik asit içerisinde 120°C'de geri çeviren soğutucu altında ısıtıldı. Tepkimenin yürüyüşü İ.T.K. (CHCl₃: MeOH (8:2)) kullanılarak izlendi. Reaksiyon ortamında keton bileşiğinin bitmesinden dolayı 15-32,5 saat aralığında değişen sürelerde reaksiyon sonlandırıldı. Reaksiyon çözücüsü alçak basınç altında damıtıldı. Ham ürün uygun çözücü veya çözücü karışımları kullanılmak suretiyle kristallendirildi. Kristallerin oluşumu için gerektiğinde 0-4°C'de bekletme işlemi uygulandı. Oluşan kristaller oda sıcaklığında kurutuldu.

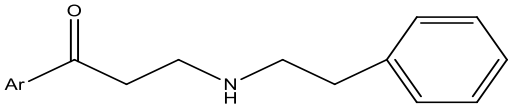
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

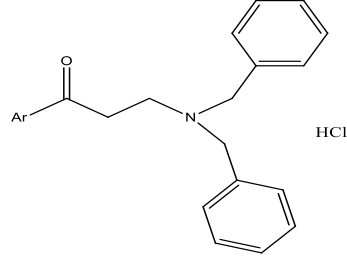
Bu çalışmada kullanılan potansiyel biyoaktif bileşiklerin (Seri I-V) ortalama atom numaraları Çizelge 4.1-4.5'te verilmiştir.

Bileşiklerin 8,04-59,54 keV enerji aralığında deneysel olarak ölçülen ve WinXCom programında teorik olarak hesaplanan kütle soğurma katsayıları Çizelge 4.6-4.10'da, etkin atom numaraları Çizelge 4.11-4.15'te, atomik tesir kesitleri Çizelge 4.16-4.20'de, elektron yoğunlukları Çizelge 4.21-4.25'te ve buildup faktörleri Çizelge 4.26-4.30'da verilmiştir. Her bir serideki bir bileşik için enerji ile buildup faktörünün değişimi Şekil 4.1-4.5'de verilmiştir.

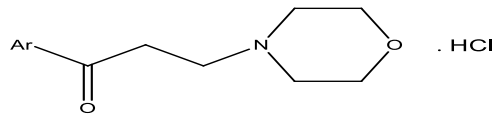
Bu tez çalışmasında hesaplanan radyasyon parametrelerinin güvenilirliğini tespit etmek için her bir seriden bir bileşik için hazırlanan numunenin ard arda 10 defa spektrumu alındı. Spektrumdaki 17,48, 19,61 ve 59,54 keV enerjili X- ve gama ışını tepeleri altında kalan alanların rölatif standart sapması Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Seri I bileşiklerinin ortalama atom numaraları.

			
Sıra	Moleküler formül	Aril (Ar)	Z _{ort}
1	C ₁₇ H ₂₀ ClNO ₂	C ₆ H ₅	3,95
2	C ₁₇ H ₂₀ ClNO	4-CH ₃ C ₆ H ₄	3,85
3	C ₁₈ H ₂₂ ClNO	4-CH ₃ OC ₆ H ₄	3,77
4	C ₁₇ H ₁₉ ClFNO	4-FC ₆ H ₄	4,05
5	C ₁₇ H ₁₉ BrClNO	4-BrC ₆ H ₄	4,70
6	C ₁₇ H ₁₉ Cl ₂ NO	4-ClC ₆ H ₄	4,25
7	C ₁₇ H ₁₉ ClN ₂ O ₃	4-NO ₂ C ₆ H ₄	4,19
8	C ₁₅ H ₁₈ ClNOS	C ₄ H ₃ S (2-il)	4,05

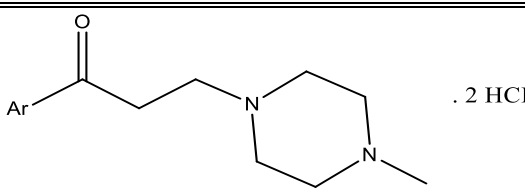
Çizelge 4.2. Seri II bileşiklerinin ortalama atom numaraları.

Sıra	Moleküler formül	Aril (Ar)	Z _{ort}
1	C ₂₃ H ₂₄ ClNO	C ₆ H ₅	3,88
2	C ₂₄ H ₂₆ ClNO	4-CH ₃ C ₆ H ₄	3,81
3	C ₂₁ H ₂₂ ClNOS	C ₄ H ₃ S (2-il)	4,17
4	C ₂₃ H ₂₃ ClFNO	4-FC ₆ H ₄	4,04
5	C ₂₃ H ₂₃ BrClNO	4-BrC ₆ H ₄	4,58
6	C ₂₃ H ₂₃ Cl ₂ NO	4-ClC ₆ H ₄	4,20
7	C ₂₃ H ₂₃ ClN ₂ O ₃	4-NO ₂ C ₆ H ₄	4,15
8	C ₂₄ H ₂₆ ClNO ₂	4-CH ₃ OC ₆ H ₄	3,89

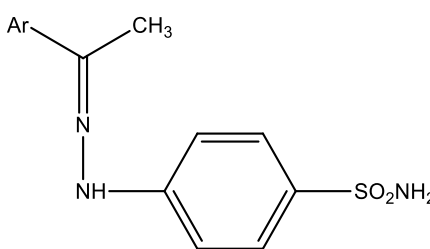
Çizelge 4.3. Seri III bileşiklerinin ortalama atom numaraları.

Sıra	Moleküler formül	Aril (Ar)	Z _{ort}
1	C ₁₄ H ₁₈ ClNO ₂	C ₆ H ₅	3,94
2	C ₁₅ H ₂₀ ClNO ₂	4-CH ₃ C ₆ H ₄	3,85
3	C ₁₄ H ₁₇ ClFNO ₂	4-FC ₆ H ₄	4,17
4	C ₁₄ H ₁₇ BrClNO ₂	4-BrC ₆ H ₄	4,89
5	C ₁₅ H ₂₀ ClNO ₃	4-CH ₃ OC ₆ H ₄	3,95
6	C ₁₄ H ₁₇ ClN ₂ O ₄	4-NO ₂ C ₆ H ₄	4,32
7	C ₁₄ H ₁₇ Cl ₂ NO ₂	4-ClC ₆ H ₄	4,39

Çizelge 4.4.Seri IV bileşiklerinin ortalama atom numaraları.

			
Sıra	Moleküler formül	Aril (Ar)	Z _{ort}
1	C ₁₄ H ₂₂ Cl ₂ N ₂ O	C ₆ H ₅	3,95
2	C ₁₅ H ₂₄ Cl ₂ N ₂ O	4-CH ₃ C ₆ H ₄	3,73
3	C ₁₅ H ₂₄ Cl ₂ N ₂ O ₂	4-CH ₃ OC ₆ H ₄	3,82
4	C ₁₄ H ₂₁ Cl ₂ FN ₂ O	4-FC ₆ H ₄	4,15
5	C ₁₄ H ₂₁ BrCl ₂ N ₂ O	4-BrC ₆ H ₄	4,78
6	C ₁₄ H ₂₁ Cl ₃ N ₂ O	4-ClC ₆ H ₄	4,34
7	C ₁₄ H ₂₁ Cl ₂ N ₃ O ₃	4-NO ₂ C ₆ H ₄	4,28
8	C ₁₄ H ₂₂ Cl ₂ N ₂ O ₂	4-OHC ₆ H ₄	4,05
9	C ₁₄ H ₂₀ Cl ₄ N ₂ O	4-ClC ₆ H ₄	4,73

Çizelge 4.5. Seri V bileşiklerinin ortalama atom numaraları.

			
Sıra	Moleküler formül	Aril (Ar)	Z _{ort}
1	C ₁₄ H ₁₆ ClN ₃ O ₂ S	C ₆ H ₅	4,59
2	C ₁₅ H ₁₈ ClN ₃ O ₂ S	4-CH ₃ C ₆ H ₄	4,45
3	C ₁₄ H ₁₅ Cl ₂ N ₃ O ₂ S	4-ClC ₆ H ₄	5,03
4	C ₁₄ H ₁₅ ClFN ₃ O ₂ S	4-FC ₆ H ₄	4,81
5	C ₁₅ H ₁₈ ClN ₃ O ₃ S	4-CH ₃ OC ₆ H ₄	4,65
6	C ₁₄ H ₁₅ BrClN ₃ O ₂ S	4-BrC ₆ H ₄	5,51
7	C ₁₂ H ₁₄ ClN ₃ O ₂ S ₂	C ₄ H ₃ S (2-il)	5,06
8	C ₁₂ H ₁₄ ClN ₃ O ₃ S	C ₄ H ₃ O (2-il)	4,82

Çizelge 4.6. Seri I bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm²/g).

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	17,52	17,10±0,513	17,12	16,67±0,501	16,51	17,86±0,535	17,09	17,21±0,516
8,910	13,11	10,20±0,306	12,83	13,04±0,391	12,37	13,28±0,398	12,80	13,23±0,396
13,40	4,08	3,05±0,091	4,02	4,04±0,121	3,88	3,17±0,095	4,00	3,89±0,116
14,96	3,00	2,32±0,069	2,96	2,70±0,081	2,86	2,06±0,062	2,94	2,84±0,085
17,48	1,96	1,44±0,043	1,94	1,88±0,056	1,87	1,59±0,048	1,92	1,89±0,056
19,61	1,44	1,38±0,041	1,43	1,47±0,044	1,39	1,12±0,034	1,42	1,38±0,041
22,16	1,06	1,02±0,030	1,05	1,23±0,036	1,02	0,71±0,021	1,04	1,22±0,036
24,94	0,79	0,78±0,023	0,80	0,92±0,027	0,77	0,51±0,015	0,79	0,81±0,024
32,19	0,46	0,51±0,015	0,47	0,65±0,019	0,46	0,49±0,015	0,47	0,26±0,007
36,38	0,37	0,50±0,015	0,38	0,30±0,009	0,38	0,39±0,012	0,38	0,31±0,009
44,48	0,28	0,48±0,014	0,29	0,32±0,009	0,29	0,42±0,013	0,29	0,31±0,009
50,38	0,24	0,30±0,009	0,25	0,28±0,008	0,25	0,57±0,017	0,25	0,32±0,009
59,54	0,21	0,15±0,004	0,22	0,26±0,007	0,22	0,28 ±0,008	0,22	0,32 ±0,009

Çizelge 4.6 (devam)

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	5		6		7		8	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	32,70	33,93±1,017	26,86	26,19±0,785	16,22	12,77±0,383	26,49	31,07±0,932
8,910	24,68	26,55±0,796	20,16	24,51±0,735	12,14	10,88±0,326	19,87	27,92±0,837
13,40	7,95	7,92±0,237	6,30	6,36±0,190	3,79	2,99±0,089	6,19	7,35±0,221
14,96	26,73	27,67±0,830	4,61	4,57±0,137	2,79	2,33±0,069	4,53	5,13±0,154
17,48	17,82	18,49±0,554	2,98	2,99±0,089	1,83	1,46±0,043	2,93	3,43±0,103
19,61	13,15	15,60±0,468	2,18	2,56±0,076	1,35	1,33±0,039	2,13	2,32±0,069
22,16	9,50	9,89±0,296	1,57	1,76±0,052	1,00	0,99±0,029	1,54	1,99±0,059
24,94	6,93	7,04±0,211	1,16	1,36±0,040	0,76	0,72±0,021	1,14	1,39±0,042
32,19	3,50	4,20±0,126	0,64	0,93±0,027	0,45	0,70±0,021	0,63	0,60±0,018
36,38	2,53	2,39±0,071	0,50	0,13±0,003	0,37	0,24±0,007	0,49	0,42±0,013
44,48	1,50	1,40±0,042	0,35	0,36±0,010	0,28	0,33±0,009	0,35	0,44±0,013
50,38	1,10	1,40±0,042	0,30	0,32±0,009	0,25	0,30±0,009	0,29	0,35±0,011
59,54	0,74	0,73±0,021	0,24	0,25±0,007	0,22	0,24±0,007	0,24	0,26±0,008

Çizelge 4.7. Seri II bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm²/g).

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel
8,040	14,45	14,49±0,551	14,06	14,77±0,561	21,90	22,95±0,872	14,55	16,09±0,611
8,910	10,82	11,20±0,425	10,53	11,52±0,437	16,40	18,19±0,691	10,89	11,93±0,453
13,40	3,40	3,40±0,129	3,31	3,39±0,128	5,13	5,09±0,193	3,41	3,74±0,142
14,96	2,51	2,40±0,091	2,44	2,84±0,107	3,76	3,89±0,147	2,51	2,82±0,107
17,48	1,65	1,64±0,062	1,61	1,49±0,056	2,44	2,43±0,092	1,65	1,80±0,068
19,61	1,23	1,19±0,045	1,20	1,01±0,038	1,79	1,67±0,063	1,23	1,21±0,045
22,16	0,91	1,07±0,041	0,89	0,95±0,036	1,30	1,50±0,057	0,91	1,17±0,044
24,94	0,70	1,11±0,042	0,68	0,53±0,020	0,97	1,06±0,040	0,70	0,58±0,022
32,19	0,42	1,04±0,039	0,42	0,46±0,017	0,55	0,51±0,019	0,42	0,60±0,022
36,38	0,35	0,60±0,022	0,35	0,45±0,017	0,44	0,23±0,008	0,35	0,36±0,013
44,48	0,27	0,37±0,014	0,27	0,26±0,009	0,32	0,47±0,017	0,27	0,42±0,015
50,38	0,24	0,33±0,012	0,24	0,23±0,008	0,27	0,24±0,009	0,24	0,40±0,015
59,54	0,21	0,32 ±0,012	0,21	0,15±0,005	0,23	0,32 ±0,012	0,21	0,19±0,007

Çizelge 4.7 (devam)

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	5		6		7		8	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	27,83	25,20±0,957	22,56	22,70±0,862	14,01	13,62±0,517	13,95	14,02±0,532
8,910	21,00	21,13±0,803	16,93	17,52±0,665	10,48	10,17±0,386	10,44	10,18±0,386
13,40	6,77	4,79±0,182	5,30	5,27±0,201	3,28	3,02±0,114	3,28	3,32±0,126
14,96	22,29	16,50±0,627	3,88	3,77±0,143	2,42	2,11±0,080	2,42	2,43±0,092
17,48	14,86	14,20±0,539	2,52	2,42±0,092	1,59	1,44±0,054	1,60	1,56±0,059
19,61	10,98	12,10±0,459	1,85	1,12±0,042	1,19	1,10±0,041	1,19	1,09±0,041
22,16	7,94	6,80±0,258	1,34	1,40±0,053	0,88	0,76±0,028	0,88	1,02±0,038
24,94	5,79	4,70±0,178	1,00	0,92±0,034	0,67	0,50±0,019	0,68	0,77±0,029
32,19	2,94	2,07±0,078	0,56	0,53±0,020	0,41	0,47±0,017	0,41	0,29±0,011
36,38	2,13	2,15±0,081	0,45	0,02±0,001	0,34	0,38±0,014	0,34	0,35±0,013
44,48	1,28	1,10±0,041	0,32	0,38±0,014	0,27	0,27±0,010	0,27	0,34±0,012
50,38	0,95	0,80±0,030	0,28	0,46±0,017	0,24	0,22±0,008	0,24	0,28±0,011
59,54	0,65	0,17±0,006	0,23	0,15±0,005	0,21	0,10±0,003	0,21	0,24±0,009

Çizelge 4.8. Seri III bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm²/g).

Seri III Bileşikleri								
Enerji (keV)	1 Teorik	Deneysel	2 Teorik	Deneysel	3 Teorik	Deneysel	4 Teorik	Deneysel
8,040	18,60	18,75±0,787	17,87	18,34±0,770	18,47	18,27±0,767	34,83	33,85±1,421
8,910	13,94	14,3±0,601	13,39	14,54±0,610	13,83	14,57±0,611	26,29	30,10±1,260
13,40	4,36	4,35±0,182	4,19	4,27±0,179	4,31	4,39±0,184	8,46	8,53±0,358
14,96	3,20	3,03±0,127	3,08	3,25±0,136	3,17	3,08±0,129	28,43	26,44±1,110
17,48	2,09	1,98±0,083	2,01	2,13±0,089	2,07	2,03±0,085	18,94	19,43±0,816
19,61	1,54	1,38±0,058	1,49	1,62±0,068	1,52	1,47±0,061	13,98	14,26±0,598
22,16	1,13	1,11±0,046	1,09	1,26±0,052	1,11	1,15±0,048	10,09	10,35±0,434
24,94	0,85	0,80±0,033	0,82	0,87±0,036	0,84	0,82±0,034	7,36	7,94±0,333
32,19	0,49	0,51±0,021	0,48	0,99±0,041	0,49	0,82±0,034	3,71	4,59±0,192
36,38	0,40	0,38±0,015	0,39	0,04±0,001	0,39	0,34±0,014	2,68	2,06±0,086
44,48	0,30	0,23±0,009	0,29	0,40±0,017	0,30	0,19±0,008	1,59	1,40±0,058
50,38	0,26	0,08±0,003	0,26	0,27±0,011	0,26	0,13±0,005	1,16	1,10±0,046
59,54	0,22	0,04±0,001	0,22	0,25±0,011	0,22	0,13±0,005	0,78	0,51±0,021

Çizelge 4.8 (devam)

Seri III Bileşikleri						
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel
8,040	17,52	17,88±0,750	17,42	17,55±0,737	28,88	29,28±1,229
8,910	13,12	13,42±0,563	13,04	14,39±0,604	21,68	22,17±0,931
13,40	4,10	4,06±0,170	4,06	4,06±0,171	6,76	6,60±0,277
14,96	3,01	3,24±0,136	2,99	3,15±0,132	4,95	4,93±0,207
17,48	1,97	1,99±0,083	1,95	1,95±0,082	3,19	3,13±0,131
19,61	1,45	1,34±0,056	1,44	1,34±0,056	2,32	2,23±0,093
22,16	1,07	1,20±0,051	1,06	1,26±0,053	1,67	1,71±0,071
24,94	0,81	0,84±0,035	0,80	0,89±0,037	1,23	1,21±0,050
32,19	0,48	0,76±0,031	0,47	0,61±0,026	0,67	0,63±0,026
36,38	0,39	0,35±0,014	0,38	0,34±0,014	0,52	0,05±0,002
44,48	0,29	0,27±0,011	0,29	0,37±0,016	0,36	0,31±0,013
50,38	0,25	0,16±0,006	0,25	0,26±0,011	0,30	0,24±0,010
59,54	0,22	0,06±0,002	0,22	0,19±0,008	0,25	0,24±0,010

Çizelge 4.9. Seri IV bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm²/g).

Enerji (keV)	Seri IV Bileşikleri									
	1		2		3		4		5	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	28,34	27,95±1,453	27,27	27,36±1,422	26,51	26,88±1,397	27,69	29,14±1,515	40,99	40,84±2,123
8,910	21,28	19,5±1,014	20,47	21,11±1,097	19,90	21,37±1,111	20,78	17,31±0,900	30,92	31,09±1,616
13,40	6,65	6,41±0,333	6,40	6,32±0,328	6,21	6,02±0,313	6,48	6,54±0,340	9,87	9,57±0,497
14,96	4,86	4,73±0,245	4,68	4,51±0,234	4,55	4,55±0,236	4,74	4,84±0,251	27,29	20,79±1,081
17,48	3,14	2,81±0,146	3,03	2,97±0,154	2,94	2,84±0,147	3,06	2,94±0,152	18,14	13,42±0,697
19,61	2,29	2,21±0,114	2,21	2,41±0,125	2,15	2,08±0,108	2,23	2,08±0,108	13,36	12,34±0,641
22,16	1,65	1,57±0,081	1,59	1,86±0,096	1,55	1,62±0,084	1,61	1,67±0,086	9,63	7,20±0,374
24,94	1,22	1,05±0,054	1,18	1,22±0,063	1,15	1,25±0,065	1,19	1,09±0,056	7,01	7,52±0,391
32,19	0,67	0,27±0,014	0,65	0,68±0,035	0,63	0,30±0,016	0,65	0,57±0,029	3,53	2,69±0,139
36,38	0,52	0,07±0,004	0,50	0,25±0,013	0,49	0,10±0,005	0,51	0,93±0,048	2,55	3,36±0,174
44,48	0,36	0,19±0,010	0,36	0,31±0,016	0,35	0,26±0,013	0,36	0,10±0,005	1,51	0,79±0,041
50,38	0,30	0,11±0,005	0,30	0,18±0,009	0,30	0,10±0,005	0,30	0,08±0,004	1,11	0,31±0,016
59,54	0,25	0,13±0,006	0,25	0,25±0,013	0,25	0,32±0,016	0,25	0,02±0,001	0,75	0,38±0,019

Çizelge 4.9 (devam)

Seri IV Bileşikleri								
Enerji (keV)	6		7		8		9	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	36,50	37,66±1,958	26,04	27,06±1,407	27,5	27,01±1,404	43,16	42,83±2,227
8,910	27,42	28,37±1,475	19,53	20,33±1,057	20,64	23,18±1,205	32,43	34,7±1,804
13,40	8,55	8,75±0,455	6,09	6,11±0,317	6,44	6,33±0,329	10,11	9,75±0,507
14,96	6,25	6,69±0,347	4,46	4,10±0,213	4,71	4,65±0,241	7,37	7,37±0,383
17,48	4,02	4,20±0,218	2,88	2,79±0,145	3,05	2,92±0,151	4,73	4,35±0,226
19,61	2,91	2,76±0,143	2,10	1,88±0,097	2,22	2,19±0,113	3,42	3,00±0,156
22,16	2,08	2,26±0,117	1,52	1,55±0,081	1,60	1,78±0,092	2,43	2,33±0,121
24,94	1,52	1,61±0,083	1,12	1,09±0,056	1,18	1,39±0,072	1,77	1,47±0,076
32,19	0,81	0,37±0,019	0,62	0,61±0,031	0,65	0,49±0,025	0,92	0,53±0,027
36,38	0,61	0,54±0,028	0,49	0,99±0,051	0,51	0,28±0,014	0,69	0,05±0,002
44,48	0,41	0,31±0,016	0,35	0,10±0,005	0,36	0,22±0,011	0,46	0,08±0,004
50,38	0,34	0,15±0,007	0,29	0,34±0,017	0,30	0,11±0,005	0,37	0,11±0,006
59,54	0,27	0,27±0,014	0,24	0,09±0,004	0,25	0,18±0,009	0,29	0,04±0,002

Çizelge 4.10. Seri V bileşiklerinin kütle soğurma katsayıları (cm²/g).

Seri V Bileşikleri								
Enerji (keV)	1 Teorik	Deneysel	2 Teorik	Deneysel	3 Teorik	Deneysel	4 Teorik	Deneysel
8,040	25,08	26,98±1,079	24,21	22,64±0,905	33,08	34,05±1,362	24,64	25,44±1,017
8,910	18,80	17,32±0,692	18,14	16,86±0,670	24,83	23,40±0,936	18,45	19,62±0,784
13,40	5,84	5,76±0,241	5,64	5,26±0,210	7,72	8,30±0,332	5,73	5,96±0,238
14,96	4,27	3,94±0,165	4,13	3,79±0,151	5,63	6,36±0,254	4,19	4,41±0,176
17,48	2,76	1,76±0,070	2,67	2,48±0,099	3,63	4,18±0,167	2,71	2,64±0,105
19,61	2,02	1,22±0,048	1,95	1,62±0,064	2,63	3,20±0,128	1,98	1,75±0,070
22,16	1,46	1,30±0,052	1,41	1,41±0,056	1,88	2,83±0,113	1,43	1,49±0,059
24,94	1,08	0,84±0,033	1,05	1,03±0,041	1,38	2,00±0,080	1,06	1,00±0,040
32,19	0,60	0,77±0,031	0,59	0,53±0,021	0,74	1,02±0,040	0,59	0,78±0,031
36,38	0,47	0,59±0,024	0,46	0,39±0,015	0,57	0,21±0,008	0,46	0,87±0,034
44,48	0,34	0,24±0,009	0,33	0,23±0,009	0,39	0,41±0,016	0,33	0,04±0,001
50,38	0,29	0,20±0,008	0,28	0,18±0,007	0,32	0,39±0,015	0,28	0,01±0,001
59,54	0,24	0,19±0,007	0,24	0,10±0,004	0,26	0,24±0,009	0,24	0,03±0,001

Çizelge 4.10 (devam)

Seri V Bileşikleri								
Enerji (keV)	5		6		7		8	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	23,63	25,99±1,039	37,72	36,97±1,478	33,29	36,03±1,441	26,11	27,11±1,084
8,910	17,70	16,93±0,677	28,43	29,44±1,177	24,96	27,79±1,111	19,57	19,23±0,769
13,40	5,50	5,17±0,206	9,06	8,72±0,348	7,74	8,67±0,346	6,07	6,19±0,247
14,96	4,03	4,01±0,160	25,67	24,28±0,971	5,65	6,41±0,256	4,44	4,69±0,187
17,48	2,61	2,37±0,094	17,07	16,40±0,656	3,63	3,96±0,158	2,87	2,75±0,110
19,61	1,91	1,78±0,071	12,58	13,21±0,528	2,63	2,72±0,108	2,09	2,00±0,080
22,16	1,38	1,36±0,054	9,07	8,78±0,351	1,88	2,14±0,085	1,51	1,66±0,060
24,94	1,02	1,24±0,049	6,61	7,31±0,292	1,38	1,09±0,043	1,11	1,14±0,040
32,19	0,57	1,25±0,050	3,33	2,71±0,108	0,74	0,03±0,001	0,62	0,97±0,030
36,38	0,45	0,07±0,002	2,41	1,03±0,041	0,57	0,34±0,013	0,48	0,02±0,001
44,48	0,33	0,26±0,010	1,43	1,20±0,048	0,39	0,56±0,022	0,34	0,27±0,010
50,38	0,28	0,22±0,008	1,05	0,78±0,031	0,32	0,46±0,018	0,29	0,26±0,010
59,54	0,23	0,09±0,003	0,71	0,63±0,025	0,26	0,11±0,004	0,24	0,33±0,013

Çizelge 4.11. Seri I bileşiklerinin etkin atom numaraları.

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	1 Teorik	Deneysel	2 Teorik	Deneysel	3 Teorik	Deneysel	4 Teorik	Deneysel
8,040	6,42	6,27±0,188	6,29	6,12±0,183	6,23	6,75±0,202	6,12	6,17±0,185
8,910	6,40	4,98±0,149	6,28	6,38±0,191	6,22	6,68±0,200	6,12	6,32±0,189
13,40	6,07	4,53±0,135	5,96	5,98±0,179	5,89	4,81±0,144	5,85	5,69±0,170
14,96	5,88	4,54±0,136	5,77	5,27±0,158	5,69	4,10±0,123	5,68	5,48±0,164
17,48	5,51	4,05±0,121	5,42	5,27±0,158	5,33	4,52±0,135	5,37	5,27±0,158
19,61	5,18	4,95±0,148	5,10	5,25±0,157	5,00	4,04±0,121	5,07	4,93±0,147
22,16	4,78	4,62±0,138	4,71	5,50±0,165	4,61	3,21±0,096	4,71	5,50±0,165
24,94	4,36	4,29±0,128	4,31	5,01±0,150	4,21	2,76±0,082	4,34	4,45±0,133
32,19	3,51	3,86±0,115	3,49	4,82±0,144	3,40	3,62±0,108	3,56	1,99±0,059
36,38	3,16	4,22±0,126	3,17	2,50±0,075	3,08	3,20±0,096	3,24	2,65±0,079
44,48	2,72	4,64±0,139	2,75	3,02±0,090	2,68	3,89±0,116	2,83	3,05±0,091
50,38	2,53	3,08±0,092	2,56	2,78±0,083	2,50	5,65±0,169	2,65	3,34±0,100
59,54	2,34	1,66±0,049	2,38	2,86±0,085	2,33	3,01±0,008	2,47	3,72±0,009

Çizelge 4.11 (devam)

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel
8,040	13,60	14,10±0,423	7,14	6,97±0,209	5,96	4,69±0,140	6,77	7,94±0,238
8,910	13,70	14,70±0,441	7,14	8,67±0,260	5,95	5,33±0,159	6,76	9,50±0,285
13,40	13,50	13,40±0,402	6,90	6,97±0,209	5,71	4,50±0,135	6,53	7,76±0,232
14,96	59,90	62,00±1,860	6,75	6,69±0,200	5,55	4,64±0,139	6,39	7,25±0,217
17,48	57,70	59,90±1,797	6,46	6,48±0,194	5,26	4,19±0,125	6,10	7,15±0,214
19,61	54,50	64,60±1,938	6,17	7,26±0,217	4,98	4,88±0,146	5,83	6,33±0,189
22,16	49,70	51,80±1,554	5,79	6,51±0,195	4,64	4,63±0,138	5,47	7,07±0,212
24,94	44,20	44,90±1,347	5,38	6,32±0,189	4,29	4,07±0,122	5,08	6,22±0,186
32,19	31,00	37,20±1,116	4,42	6,41±0,192	3,55	5,54±0,166	4,18	3,99±0,119
36,38	25,10	23,80±0,714	3,98	1,03±0,030	3,25	2,14±0,064	3,77	3,20±0,096
44,48	17,20	16,00±0,480	3,38	3,50±0,105	2,87	3,41±0,102	3,21	4,03±0,120
50,38	13,50	17,10±0,513	3,09	3,32±0,099	2,69	3,26±0,097	2,94	3,48±0,104
59,54	9,76	9,62±0,288	2,80	2,91±0,087	2,52	2,86±0,085	2,67	2,90±0,087

Çizelge 4.12. Seri II bileşiklerinin etkin atom numaraları.

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel
8,040	5,90	5,92±0,224	5,86	6,16±0,234	6,68	7,00±0,266	5,79	6,40±0,243
8,910	5,89	6,10±0,231	5,85	6,40±0,243	6,67	7,39±0,280	5,78	6,33±0,240
13,40	5,58	5,57±0,211	5,52	5,65±0,214	6,43	6,38±0,242	5,50	6,03±0,229
14,96	5,39	5,17±0,196	5,33	6,19±0,235	6,27	6,48±0,246	5,34	5,98±0,227
17,48	5,05	5,02±0,191	4,98	4,61±0,175	5,96	5,94±0,225	5,03	5,47±0,207
19,61	4,74	4,59±0,174	4,67	3,91±0,148	5,67	5,28±0,201	4,74	4,66±0,177
22,16	4,38	5,15±0,195	4,30	4,56±0,173	5,29	6,12±0,232	4,40	5,66±0,215
24,94	4,01	6,36±0,241	3,94	3,06±0,116	4,89	5,36±0,203	4,05	3,36±0,127
32,19	3,28	8,02±0,304	3,21	3,54±0,134	4,01	3,74±0,142	3,34	4,74±0,180
36,38	3,00	5,13±0,194	2,94	3,84±0,145	3,63	1,93±0,073	3,06	3,16±0,120
44,48	2,64	3,62±0,137	2,59	2,51±0,095	3,12	4,61±0,175	2,71	4,16±0,158
50,38	2,49	3,42±0,129	2,44	2,29±0,087	2,88	2,52±0,095	2,56	4,30±0,163
59,54	2,34	3,51±0,012	2,30	1,57±0,059	2,65	3,75±0,012	2,41	2,20±0,083

Çizelge 4.12 (devam)

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	5		6		7		8	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	9,41	6,40±0,243	6,82	6,40±0,243	5,66	5,50±0,209	5,57	6,40±0,243
8,910	9,43	9,49±0,360	6,81	7,05±0,269	5,65	5,48±0,208	5,56	5,41±0,205
13,40	9,20	6,51±0,247	6,56	6,53±0,248	5,40	4,97±0,188	5,27	5,34±0,202
14,96	14,70	10,90±0,414	6,41	6,21±0,235	5,24	4,57±0,173	5,11	5,14±0,195
17,48	14,50	13,90±0,528	6,09	5,85±0,222	4,95	4,47±0,169	4,80	4,70±0,178
19,61	14,20	15,70±0,596	5,79	3,50±0,133	4,67	4,34±0,165	4,52	4,14±0,157
22,16	13,80	11,90±0,452	5,42	5,67±0,215	4,35	3,75±0,143	4,19	4,83±0,183
24,94	13,30	10,80±0,410	5,01	4,63±0,175	4,02	2,98±0,113	3,86	4,36±0,165
32,19	11,70	8,24±0,313	4,10	3,89±0,147	3,35	3,81±0,145	3,19	2,24±0,085
36,38	10,70	10,70±0,406	3,70	0,15±0,005	3,08	3,41±0,129	2,93	2,98±0,113
44,48	8,87	7,61±0,289	3,17	3,70±0,140	2,75	2,78±0,106	2,60	3,25±0,123
50,38	7,74	6,53±0,248	2,93	4,85±0,184	2,60	2,41±0,091	2,45	2,90±0,111
59,54	6,35	1,65±0,062	2,68	1,75±0,066	2,45	1,17±0,044	2,32	2,62±0,099

Çizelge 4.13. Seri III bileşiklerinin etkin atom numaraları.

Seri III Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel
8,040	6,38	6,43±0,270	6,32	6,49±0,272	6,20	6,13±0,257	9,85	9,57±0,401
8,910	6,37	6,53±0,274	6,31	6,85±0,287	6,19	6,53±0,274	9,87	10,30±0,432
13,40	6,08	6,07±0,254	6,00	6,12±0,257	5,95	6,06±0,254	9,71	9,79±0,411
14,96	5,91	5,59±0,234	5,82	6,15±0,258	5,80	5,65±0,237	14,70	13,60±0,571
17,48	5,57	5,29±0,222	5,47	5,78±0,242	5,50	5,42±0,227	14,50	14,90±0,625
19,61	5,26	4,71±0,197	5,15	5,61±0,235	5,22	5,03±0,211	14,30	14,60±0,613
22,16	4,88	4,82±0,202	4,77	5,52±0,231	4,87	5,04±0,211	14,10	14,40±0,604
24,94	4,48	4,24±0,178	4,37	4,63±0,194	4,50	4,42±0,185	13,70	14,70±0,617
32,19	3,65	3,76±0,157	3,54	7,29±0,306	3,71	6,25±0,262	12,40	15,30±0,642
36,38	3,30	3,15±0,132	3,20	0,31±0,013	3,38	2,92±0,122	11,50	8,84±0,371
44,48	2,86	2,23±0,093	2,78	3,80±0,159	2,95	1,91±0,080	9,86	8,69±0,364
50,38	2,66	0,77±0,032	2,58	2,70±0,114	2,75	1,42±0,059	8,76	8,29±0,348
59,54	2,46	0,49±0,021	2,40	2,65±0,111	2,56	1,61±0,067	7,31	4,77±0,200

Çizelge 4.13 (devam)

Seri III Bileşikleri						
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel
8,040	6,02	6,14±0,257	6,02	6,07±0,254	7,19	7,29±0,306
8,910	6,00	6,14±0,257	6,02	6,65±0,279	7,19	7,35±0,308
13,40	5,73	5,67±0,238	5,80	5,79±0,243	6,98	6,82±0,286
14,96	5,57	5,99±0,251	5,66	5,97±0,251	6,85	6,83±0,286
17,48	5,26	5,30±0,222	5,38	5,37±0,225	6,57	6,44±0,270
19,61	4,98	4,58±0,192	5,12	4,77±0,200	6,30	6,06±0,254
22,16	4,63	5,21±0,218	4,79	5,73±0,240	5,95	6,09±0,255
24,94	4,27	4,43±0,186	4,44	4,98±0,209	5,55	5,44±0,228
32,19	3,51	5,60±0,235	3,70	4,82±0,202	4,60	4,35±0,182
36,38	3,19	2,90±0,121	3,39	3,02±0,126	4,15	0,38±0,015
44,48	2,79	2,58±0,108	2,98	3,80±0,159	3,53	3,03±0,127
50,38	2,61	1,65±0,069	2,79	2,83±0,118	3,23	2,59±0,108
59,54	2,43	0,73±0,031	2,61	2,28±0,095	2,92	2,82±0,118

Çizelge 4.14. Seri IV bileşiklerinin etkin atom numaraları.

Seri IV Bileşikleri										
Enerji (keV)	1		2		3		4		5	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	7,31	7,21±0,374	7,01	7,03±0,365	6,90	6,99±0,363	7,12	7,49±0,389	9,67	9,64±0,501
8,910	7,30	6,69±0,347	7,00	7,22±0,375	6,89	7,40±0,384	7,11	5,93±0,308	9,68	9,74±0,506
13,40	7,03	6,78±0,352	6,72	6,64±0,345	6,63	6,42±0,333	6,88	6,95±0,361	9,52	9,23±0,479
14,96	6,86	6,67±0,346	6,55	6,31±0,328	6,47	6,48±0,336	6,73	6,87±0,357	14,40	11,00±0,572
17,48	6,54	5,83±0,303	6,22	6,09±0,316	6,15	5,95±0,309	6,43	6,18±0,321	14,30	10,60±0,551
19,61	6,22	6,00±0,312	5,91	6,45±0,335	5,85	5,67±0,294	6,14	5,71±0,296	14,10	13,00±0,676
22,16	5,82	5,54±0,288	5,51	6,43±0,334	5,47	5,70±0,296	5,77	5,97±0,310	13,80	10,30±0,535
24,94	5,38	4,66±0,242	5,08	5,28±0,274	5,05	5,52±0,287	5,35	4,91±0,255	13,40	14,40±0,748
32,19	4,36	1,77±0,092	4,09	4,29±0,223	4,09	1,91±0,099	4,39	3,84±0,199	12,10	9,21±0,478
36,38	3,90	0,55±0,028	3,66	1,80±0,093	3,67	0,78±0,040	3,95	7,22±0,375	11,20	14,80±0,769
44,48	3,28	1,72±0,089	3,07	2,69±0,139	3,10	2,30±0,119	3,34	0,98±0,051	9,55	4,98±0,258
50,38	2,98	1,12±0,058	2,80	1,64±0,085	2,83	0,94±0,048	3,05	0,77±0,040	8,45	2,38±0,123
59,54	2,68	1,36±0,070	2,52	2,54±0,132	2,56	3,39±0,176	2,76	0,28±0,014	7,03	3,56±0,185

Çizelge 4.14 (devam)

Seri IV Bileşikleri								
Enerji (keV)	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel	9 Teorik	Deneysel
8,040	7,66	7,90±0,411	6,96	7,23±0,375	7,18	7,05±0,366	7,84	7,78±0,404
8,910	7,65	7,92±0,411	6,96	7,24±0,376	7,17	8,05±0,418	7,83	8,38±0,435
13,40	7,45	7,62±0,396	6,74	6,76±0,351	6,92	6,80±0,353	7,67	7,40±0,384
14,96	7,32	7,84±0,407	6,59	6,07±0,315	6,76	6,67±0,346	7,57	7,56±0,393
17,48	7,05	7,38±0,383	6,31	6,10±0,317	6,45	6,18±0,321	7,35	6,76±0,351
19,61	6,79	6,44±0,334	6,03	5,40±0,280	6,14	6,05±0,314	7,13	6,25±0,325
22,16	6,44	6,98±0,362	5,67	5,79±0,301	5,76	6,40±0,332	6,82	6,53±0,339
24,94	6,03	6,39±0,332	5,27	5,11±0,265	5,33	6,25±0,325	6,47	5,38±0,279
32,19	5,02	2,33±0,121	4,35	4,27±0,222	4,34	3,25±0,169	5,51	3,19±0,165
36,38	4,53	3,97±0,206	3,93	8,03±0,417	3,90	2,12±0,110	5,02	0,37±0,019
44,48	3,81	2,82±0,146	3,35	0,98±0,051	3,29	2,05±0,106	4,25	0,73±0,037
50,38	3,44	1,54±0,080	3,08	3,62±0,188	3,00	1,13±0,058	3,85	1,19±0,061
59,54	3,07	3,03±0,157	2,80	1,10±0,057	2,72	1,96±0,102	3,41	0,45±0,023

Çizelge 4.15. Seri V bileşiklerinin etkin atom numaraları.

Seri V Bileşikleri								
Enerji (keV)	1 Teorik	Deneysel	2 Teorik	Deneysel	3 Teorik	Deneysel	4 Teorik	Deneysel
8,040	6,77	7,28±0,291	6,74	6,30±0,252	7,24	7,45±0,298	6,62	6,84±0,273
8,910	6,77	6,24±0,249	6,74	6,26±0,250	7,24	6,83±0,273	6,62	7,04±0,281
13,40	6,58	6,49±0,259	6,53	6,09±0,243	7,10	7,64±0,305	6,46	6,72±0,268
14,96	6,46	5,95±0,238	6,39	5,87±0,234	7,00	7,90±0,316	6,35	6,68±0,267
17,48	6,20	3,95±0,158	6,13	5,67±0,226	6,79	7,83±0,313	6,12	5,96±0,238
19,61	5,95	3,59±0,143	5,86	4,85±0,194	6,58	8,00±0,320	5,89	5,21±0,208
22,16	5,63	5,01±0,200	5,52	5,50±0,220	6,29	9,44±0,377	5,59	5,83±0,233
24,94	5,26	4,11±0,164	5,15	5,06±0,202	5,95	8,63±0,345	5,25	4,95±0,198
32,19	4,40	5,66±0,226	4,28	3,87±0,155	5,09	7,05±0,282	4,44	5,86±0,234
36,38	4,01	5,03±0,201	3,89	3,31±0,132	4,66	1,70±0,068	4,06	7,65±0,306
44,48	3,46	2,43±0,097	3,35	2,36±0,094	4,01	4,29±0,171	3,53	0,40±0,016
50,38	3,20	2,24±0,089	3,10	1,97±0,078	3,68	4,50±0,180	3,28	0,14±0,005
59,54	2,93	2,43±0,097	2,84	1,31±0,052	3,34	3,23±0,129	3,31	3,20±0,128

Çizelge 4.15 (devam)

Seri V Bileşikleri								
Enerji (keV)	5		6		7		8	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	6,80	7,48±0,299	6,04	6,24±0,249	7,18	7,77±0,311	6,76	7,02±0,280
8,910	6,80	6,51±0,260	6,02	6,40±0,256	7,18	7,99±0,319	6,76	6,64±0,265
13,40	6,60	6,21±0,248	5,81	6,05±0,242	7,04	7,89±0,315	6,60	6,72±0,268
14,96	6,47	6,45±0,258	2,31	2,43±0,097	6,94	7,89±0,315	6,49	6,85±0,274
17,48	6,21	5,65±0,226	2,24	2,18±0,087	6,74	7,36±0,294	6,26	6,01±0,240
19,61	5,94	5,56±0,222	2,19	1,94±0,077	6,53	6,74±0,269	6,03	5,78±0,231
22,16	5,61	5,54±0,221	2,16	2,25±0,090	6,25	7,10±0,284	5,73	6,31±0,252
24,94	5,24	6,31±0,252	2,14	2,02±0,080	5,93	4,68±0,187	5,38	5,50±0,220
32,19	4,38	9,48±0,379	2,16	2,85±0,114	5,08	0,17±0,006	4,55	7,18±0,287
36,38	3,99	0,58±0,023	2,19	4,13±0,165	4,66	2,80±0,112	4,17	0,18±0,007
44,48	3,45	2,78±0,111	2,28	0,26±0,010	4,02	5,83±0,233	3,61	2,85±0,114
50,38	3,20	2,50±0,100	2,36	0,10±0,004	3,70	5,29±0,211	3,34	3,06±0,122
59,54	2,94	1,21±0,048	7,44	6,68±0,267	3,36	1,46±0,058	3,07	4,24±0,169

Çizelge 4.16. Seri I bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	115,0	112,0±3,36	109,0	107,0±3,210	103,0	111,7±3,352	115,0	116,0±3,480
8,910	86,00	66,90±2,007	82,10	83,40±2,502	77,40	83,10±2,493	86,10	89,00±2,670
13,40	26,80	20,00±0,600	25,70	25,80±0,774	24,30	19,83±0,594	26,90	26,20±0,786
14,96	19,70	15,20±0,456	18,90	17,30±0,519	17,90	12,89±0,386	19,80	19,10±0,573
17,48	12,80	9,40±0,282	12,40	12,10±0,363	11,70	9,95±0,298	12,90	12,70±0,381
19,61	9,50	9,00±0,270	9,20	9,40±0,282	8,70	7,01±0,210	9,60	9,30±0,279
22,16	6,90	6,70±0,201	6,70	7,90±0,237	6,40	4,50±0,135	7,00	8,20±0,246
24,94	5,20	5,10±0,153	5,10	5,90±0,177	4,90	3,20±0,096	5,30	5,44±0,163
32,19	3,04	3,35±0,100	3,00	4,15±0,124	2,90	3,06±0,091	3,10	1,80±0,054
36,38	2,46	3,28±0,098	2,40	1,90±0,057	2,40	2,44±0,073	2,60	2,08±0,062
44,48	1,80	3,10±0,093	1,90	2,00±0,060	1,80	2,60±0,078	1,90	2,10±0,063
50,38	1,60	2,00±0,060	1,60	1,80±0,054	1,60	3,60±0,108	1,70	2,10±0,063
59,54	1,40	1,00±0,030	1,40	1,70±0,051	1,40	1,80±0,008	1,50	2,20±0,069

Çizelge 4.16 (devam)

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel
8,040	255,0	265,0±7,950	189,5	184,9±5,547	112,8	88,90±2,667	178,3	209,1±6,270
8,910	193,0	207,0±6,210	142,3	173,1±5,190	84,50	75,70±2,271	133,7	188,1±5,640
13,40	62,10	61,80±1,854	44,46	44,90±1,347	26,40	20,80±0,624	41,65	49,50±1,485
14,96	209,0	216,0±6,480	32,55	32,20±0,966	19,42	16,20±0,486	30,47	34,60±1,038
17,48	139,0	144,0±4,320	21,05	21,10±0,633	12,72	10,10±0,303	19,70	23,10±0,693
19,61	103,0	122,0±3,660	15,35	18,10±0,543	9,41	9,20±0,276	14,37	15,61±0,468
22,16	74,20	77,20±2,316	11,08	12,50±0,375	6,94	6,90±0,207	10,37	13,42±0,402
24,94	54,10	55,00±1,650	8,18	9,61±0,288	5,26	5,00±0,150	7,66	9,43±0,282
32,19	27,30	32,80±0,984	4,50	6,54±0,195	3,14	4,90±0,147	4,23	4,04±0,121
36,38	19,70	18,70±0,561	3,51	0,91±0,027	2,56	1,70±0,051	3,30	2,80±0,084
44,48	11,70	10,90±0,327	2,48	2,57±0,078	2,96	2,30±0,069	2,35	3,02±0,090
50,38	8,60	10,90±0,327	2,09	2,24±0,066	1,72	2,10±0,063	1,98	2,30±0,069
59,54	5,80	5,70±0,171	1,70	1,81±0,054	1,50	1,70±0,051	1,60	1,81±0,054

Çizelge 4.17. Seri II bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	93,10	93,40±3,549	89,00	93,50±3,553	151,70	159,0±6,042	97,61	108,0±4,104
8,910	69,74	72,20±2,743	66,70	72,90±2,770	113,60	126,0±4,788	73,07	80,01±3,040
13,40	21,92	21,90±0,832	21,01	21,50±0,817	35,53	35,30±1,341	22,89	25,10±0,953
14,96	16,17	15,50±0,589	15,51	18,00±0,684	26,04	26,90±1,022	16,88	18,90±0,718
17,48	10,65	10,60±0,402	10,22	9,40±0,357	16,90	16,80±0,638	11,10	12,10±0,459
19,61	7,92	7,70±0,293	7,61	6,40±0,243	12,40	11,60±0,440	8,25	8,10±0,307
22,16	5,88	6,90±0,262	5,58	6,00±0,228	9,00	10,40±0,395	6,11	7,90±0,300
24,94	4,49	7,10±0,269	4,27	3,40±0,129	6,71	7,40±0,281	4,67	3,90±0,148
32,19	2,73	6,70±0,255	2,65	2,91±0,110	3,81	3,60±0,136	2,84	4,02±0,152
36,38	2,26	3,90±0,148	2,20	2,90±0,110	3,03	1,60±0,060	2,34	2,41±0,091
44,48	1,75	2,40±0,091	1,68	1,70±0,064	2,21	3,30±0,125	1,82	2,80±0,106
50,38	1,56	2,10±0,079	1,48	1,40±0,053	1,89	1,70±0,064	1,61	2,70±0,102
59,54	3,90	1,40±0,012	1,30	0,90±0,034	1,60	2,30±0,012	1,40	1,30±0,049

Çizelge 4.17 (devam)

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel
8,040	211,7	192,1±7,296	157,4	158,1±6,004	96,63	94,00±3,572	90,11	90,60±3,442
8,910	159,7	161,1±6,118	118,2	122,1±4,636	72,30	70,14±2,665	67,47	65,80±2,500
13,40	51,50	36,40±1,383	36,96	36,70±1,394	22,64	20,83±0,106	21,18	21,50±0,817
14,96	169,6	125,1±4,750	27,10	26,30±0,999	16,70	14,55±0,552	15,63	15,70±0,596
17,48	113,1	108,0±4,104	17,60	16,90±0,642	10,99	9,94±0,377	10,30	10,11±0,383
19,61	83,50	92,04±3,497	12,89	7,81±0,296	8,18	7,58±0,288	7,67	7,02±0,266
22,16	60,38	51,73±1,965	9,36	9,82±0,372	6,08	5,24±0,199	5,70	6,61±0,250
24,94	44,08	35,75±1,358	6,97	6,43±0,243	4,65	3,44±0,130	4,37	4,93±0,186
32,19	22,37	15,78±0,599	3,93	3,72±0,140	2,85	3,24±0,123	2,68	1,92±0,072
36,38	16,23	16,30±0,619	3,11	0,14±0,003	2,36	2,60±0,098	2,22	2,26±0,085
44,48	9,75	8,36±0,317	2,26	2,60±0,098	1,84	1,86±0,070	1,74	2,20±0,083
50,38	7,21	6,08±0,231	1,93	3,20±0,121	1,64	1,52±0,057	1,54	1,80±0,068
59,54	4,90	1,30±0,049	1,60	1,10±0,041	1,45	0,69±0,026	1,40	1,50±0,057

Çizelge 4.18. Seri III bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.

Seri III Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel
8,040	121,8	122,8±5,166	114,2	117,1±4,914	127,8	126,1±5,292	282,8	275,1±11,550
8,910	91,33	93,70±3,935	85,55	92,90±3,901	95,74	101,0±4,242	213,5	244,1±10,240
13,40	28,56	28,50±1,197	26,77	27,30±1,146	29,85	30,40±1,276	68,69	69,20±2,906
14,96	20,98	19,90±0,835	19,68	20,80±0,873	21,92	21,30±0,896	230,8	215,0±9,030
17,48	13,69	12,99±0,546	12,86	13,60±0,571	14,29	14,10±0,592	153,8	158,1±6,636
19,61	10,09	9,03±0,378	9,49	10,30±0,432	10,53	10,10±0,424	113,5	116,1±4,872
22,16	7,39	7,30±0,306	6,96	8,10±0,340	7,71	8,02±0,336	81,98	84,10±3,532
24,94	5,56	5,31±0,222	5,26	5,60±0,235	5,80	5,71±0,239	59,73	64,50±2,709
32,19	3,24	3,34±0,140	3,08	6,40±0,268	3,38	5,71±0,234	30,14	37,30±1,566
36,38	2,61	2,49±0,104	2,50	0,20±0,008	2,73	2,35±0,098	21,73	16,70±0,701
44,48	1,96	1,52±0,063	1,88	2,60±0,109	2,04	1,32±0,054	12,89	11,40±0,478
50,38	1,70	0,53±0,021	1,64	1,70±0,071	1,78	0,93±0,037	9,44	8,93±0,375
59,54	1,50	0,30±0,012	1,40	1,60±0,067	1,50	1,00±0,042	6,30	4,10±0,172

Çizelge 4.18 (devam)

Seri III Bileşikleri						
Enerji (keV)	5		6		7	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	114,9	117,3±4,914	124,9	125,8±5,292	210,5	213,4±8,946
8,910	86,11	88,10±3,700	93,48	103,2±4,326	158,1	161,6±6,804
13,40	26,90	26,60±1,117	29,13	29,10±1,222	49,30	48,10±2,020
14,96	19,78	21,30±0,894	21,40	22,60±0,949	36,06	35,90±1,507
17,48	12,93	13,01±0,546	13,98	13,98±0,588	23,28	22,80±0,956
19,61	9,54	8,80±0,369	10,32	9,60±0,403	16,95	16,30±0,684
22,16	7,02	7,90±0,331	7,57	9,10±0,382	12,20	12,50±0,525
24,94	5,29	5,50±0,231	5,72	6,40±0,268	8,97	8,80±0,369
32,19	3,12	4,97±0,210	3,37	4,40±0,185	4,89	4,60±0,193
36,38	2,53	2,29±0,096	2,73	2,40±0,101	3,79	0,30±0,012
44,48	1,91	1,80±0,075	2,07	2,60±0,109	2,65	2,30±0,096
50,38	1,67	1,11±0,046	1,81	1,80±0,076	2,22	1,80±0,076
59,54	1,40	0,40±0,016	1,60	1,40±0,058	1,80	1,80±0,076

Çizelge 4.19. Seri IV bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.

Seri IV Bileşikleri										
Enerji	1		2		3		4		5	
(keV)	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel
8,040	186,0	183,4±9,516	168,8	169,4±8,788	168,3	170,6±8,892	190,6	200,6±10,452	325,4	324,3±16,848
8,910	139,6	128,0±6,656	126,7	131,0±6,812	126,3	135,6±7,072	143,1	119,2±6,188	245,5	245,5±12,844
13,40	43,61	42,10±2,189	39,60	39,10±2,033	39,40	38,20±1,986	44,61	45,10±2,345	78,41	76,01±3,952
14,96	31,92	31,03±1,612	28,99	27,90±1,450	28,91	28,90±1,502	32,64	33,30±1,731	216,6	165,0±8,580
17,48	20,62	18,40±0,956	18,75	18,40±0,956	18,70	18,10±0,941	21,09	20,30±1,055	144,0	107, 2±5,564
19,61	15,03	14,50±0,754	13,67	14,90±0,774	13,60	13,20±0,686	15,37	14,30±0,743	106,0	98,01±5,096
22,16	10,83	10,30±0,535	9,86	11,50±0,598	9,84	10,30±0,535	11,07	11,50±0,598	76,49	57,20±2,974
24,94	7,98	6,91±0,358	7,28	7,60±0,395	7,27	7,96±0,416	8,16	7,50±0,390	55,68	59,70±3,104
32,19	4,37	1,82±0,093	4,01	4,20±0,218	4,02	1,90±0,098	4,48	3,90±0,202	28,03	21,40±1,112
36,38	3,39	0,52±0,026	3,12	1,50±0,078	3,14	0,70±0,036	3,49	6,40±0,332	20,23	26,70±1,388
44,48	2,39	1,31±0,067	2,21	1,90±0,098	2,23	1,70±0,088	2,46	0,70±0,036	12,01	6,30±0,327
50,38	2,00	0,70±0,036	1,86	1,10±0,057	1,88	0,60±0,031	2,06	0,50±0,026	8,81	2,50±0,130
59,54	1,60	0,80±0,041	1,50	1,50±0,078	1,60	2,10±0,109	1,70	0,20±0,010	5,90	3,00±0,156

Çizelge 4.19 (devam)

Seri IV Bileşikleri								
Enerji (keV)	6		7		8		9	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	263,2	271,5±14,144	185,0	192,3±9,984	184,8	181,6±9,464	339,1	336,6±17,524
8,910	197,7	204,5±10,660	138,8	144,5±7,540	138,7	155,8±8,112	254,9	272,6±14,196
13,40	61,67	63,11±3,281	43,27	43,40±2,256	43,30	42,50±2,210	79,43	76,63±3,983
14,96	45,04	48,30±2,511	31,67	29,10±1,513	31,69	31,20±1,622	57,95	57,90±3,010
17,48	28,97	30,30±1,575	20,48	19,80±1,029	20,48	19,60±1,019	37,18	34,21±1,778
19,61	21,00	19,90±1,034	14,95	13,40±0,696	14,93	14,70±0,764	26,87	23,62±1,227
22,16	15,01	16,30±0,847	10,79	11,03±0,572	10,77	11,97±0,624	19,13	18,30±0,951
24,94	10,95	11,60±0,603	7,98	7,70±0,400	7,94	9,30±0,483	13,88	11,51±0,598
32,19	5,81	2,70±0,140	4,41	4,30±0,223	4,36	3,30±0,171	7,22	4,20±0,218
36,38	4,42	3,91±0,202	3,45	7,10±0,369	3,40	1,90±0,098	5,43	0,40±0,021
44,48	2,99	2,21±0,114	2,46	0,70±0,036	2,40	1,51±0,078	3,59	0,61±0,031
50,38	2,44	1,12±0,057	2,07	2,40±0,124	2,02	0,82±0,041	2,89	0,92±0,046
59,54	2,00	1,90±0,098	1,70	0,70±0,036	1,70	1,20±0,062	2,30	0,30±0,015

Çizelge 4.20. Seri V bileşiklerinin atomik tesir kesitleri.

Seri V Bileşikleri								
Enerji	1		2		3		4	
(keV)	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel
8,040	191,4	205,1±8,200	178,9	167,32±6,680	276,2	284,3±11,372	196,8	203,1±8,120
8,910	143,4	132,0±5,400	134,0	125,0±5,000	207,2	195,3±7,815	147,4	157,1±6,280
13,40	44,58	43,95±1,758	41,69	38,90±1,556	64,43	69,30±2,772	45,76	47,60±1,904
14,96	32,62	30,08±1,203	30,52	28,01±1,120	47,04	53,11±2,124	33,47	35,20±1,408
17,48	21,10	13,40±0,536	19,76	18,30±0,732	30,27	34,90±1,396	21,64	21,10±0,844
19,61	15,40	9,30±0,372	14,44	12,01±0,480	21,96	26,70±1,068	15,80	14,01±0,560
22,16	11,13	9,90±0,396	10,40	10,40±0,416	15,73	23,60±0,944	11,42	11,90±0,476
24,94	8,24	6,40±0,256	7,75	7,60±0,304	11,51	16,70±0,668	8,46	8,02±0,320
32,19	4,58	5,90±0,236	4,33	3,90±0,156	6,16	8,50±0,340	4,71	6,20±0,248
36,38	3,59	4,50±0,180	3,41	2,90±0,116	4,72	1,70±0,068	3,70	7,02±0,280
44,48	2,57	1,80±0,072	2,45	1,70±0,068	3,22	3,50±0,140	2,65	0,30±0,012
50,38	2,18	1,52±0,060	2,08	1,30±0,052	2,67	3,30±0,132	2,25	0,10±0,004
59,54	1,80	1,50±0,060	1,70	0,80±0,032	2,10	2,00±0,080	2,10	2,00±0,080

Çizelge 4.20 (devam)

Seri V Bileşikleri								
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel
8,040	183,1	201,0±8,040	225,6	233,0±9,320	279,7	302,7±12,120	209,2	217,2±8,680
8,910	137,0	131,0±5,240	169,0	179,6±7,201	209,7	233,4±9,320	156,7	154,2±6,160
13,40	42,50	40,02±1,601	52,44	54,60±2,184	65,00	72,90±2,916	48,65	49,60±1,984
14,96	31,10	31,01±1,240	38,36	40,30±1,612	47,43	53,90±2,156	35,57	37,60±1,504
17,48	20,10	18,30±0,732	24,80	24,20±0,968	30,50	33,30±1,332	22,98	22,10±0,884
19,61	14,71	13,80±0,552	18,11	16,02±0,640	22,12	22,80±0,912	16,75	16,10±0,644
22,16	10,72	10,50±0,420	13,09	13,70±0,548	15,83	17,97±0,720	12,09	13,30±0,532
24,94	7,89	9,50±0,381	9,69	9,20±0,368	11,58	9,10±0,364	8,93	9,11±0,364
32,19	4,44	9,60±0,384	5,40	7,10±0,284	6,20	0,21±0,008	4,93	7,80±0,312
36,38	3,45	0,50±0,020	4,24	8,01±0,320	4,75	2,86±0,116	3,86	0,20±0,008
44,48	2,45	2,03±0,080	3,04	0,30±0,012	3,26	4,75±0,188	2,74	2,20±0,088
50,38	2,22	1,70±0,068	2,58	0,10±0,004	2,69	3,84±0,152	2,31	2,10±0,084
59,54	1,80	0,70±0,028	6,50	5,80±0,232	2,20	0,90±0,036	1,90	2,70±0,108

Çizelge 4.21. Seri I bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	1 Teorik	Deneysel	2 Teorik	Deneysel	3 Teorik	Deneysel	4 Teorik	Deneysel
8,040	5,18	5,06±0,151	5,22	5,08±0,152	0,13	0,14±0,004	4,79	4,82±0,144
8,910	5,16	4,02±0,120	5,21	5,29±0,158	0,13	0,13±0,003	4,78	4,94±0,148
13,40	4,89	3,65±0,109	4,95	4,97±0,149	0,12	0,10±0,003	4,57	4,45±0,133
14,96	4,74	3,62±0,109	4,79	4,37±0,131	0,11	0,08±0,002	4,44	4,28±0,128
17,48	4,44	3,26±0,097	4,50	4,38±0,131	0,11	0,09±0,003	4,19	4,11±0,123
19,61	4,17	3,99±0,119	4,23	4,35±0,131	0,10	0,08±0,002	3,96	3,85±0,115
22,16	3,85	3,72±0,111	3,91	4,56±0,137	0,09	0,07±0,002	3,68	4,29±0,128
24,94	3,51	3,46±0,103	3,58	4,15±0,124	0,08	0,07±0,002	3,39	3,48±0,104
32,19	2,83	3,11±0,093	2,90	4,01±0,120	0,07	0,07±0,002	2,78	1,55±0,046
36,38	2,55	3,41±0,102	2,62	2,07±0,062	0,06	0,06±0,001	2,53	2,08±0,062
44,48	2,19	3,74±0,112	2,28	2,51±0,075	0,05	0,08±0,002	2,21	2,38±0,071
50,38	2,04	2,48±0,074	2,12	2,31±0,069	0,05	0,11±0,003	2,07	2,61±0,078
59,54	1,88	1,34±0,040	1,98	2,37±0,071	0,04	0,06±0,001	1,93	2,91±0,009

Çizelge 4.21 (devam)

Seri I Bileşikleri								
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel
8,040	8,88	9,21±0,276	5,30	5,17±0,155	4,49	3,54±0,106	5,09	5,97±0,179
8,910	8,93	9,61±0,288	5,29	6,44±0,193	4,49	4,02±0,120	5,09	7,15±0,214
13,40	8,80	8,76±0,262	5,12	5,17±0,155	4,30	3,40±0,102	4,91	5,83±0,175
14,96	39,12	40,42±1,214	5,01	4,96±0,148	4,19	3,50±0,105	4,80	5,45±0,163
17,48	37,65	39,08±1,172	4,79	4,81±0,144	3,96	3,16±0,094	4,59	5,38±0,161
19,61	35,55	42,17±1,265	4,57	5,38±0,161	3,75	3,68±0,110	4,38	4,76±0,142
22,16	32,47	33,81±1,014	4,30	4,83±0,144	3,50	3,49±0,104	4,12	5,32±0,159
24,94	28,85	29,34±0,880	3,99	4,69±0,140	3,24	3,06±0,092	3,82	4,68±0,140
32,19	20,22	24,29±0,728	3,27	4,76±0,142	2,68	4,18±0,125	3,14	3,00±0,090
36,38	16,39	15,52±0,465	2,95	0,76±0,022	2,45	1,61±0,048	2,83	2,40±0,072
44,48	11,23	10,46±0,313	2,50	2,59±0,077	2,16	2,57±0,077	2,41	3,03±0,090
50,38	8,81	11,13±0,334	2,29	2,46±0,074	2,03	2,45±0,073	2,21	2,62±0,078
59,54	6,37	6,27±0,1883	2,08	2,16±0,064	1,90	2,16±0,064	2,01	2,18±0,065

Çizelge 4.22. Seri II bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneyisel	Teorik	Deneyisel	Teorik	Deneyisel	Teorik	Deneyisel
8,040	4,85	4,86±0,184	4,64	4,87±0,185	5,08	5,32±0,202	4,53	5,01±0,190
8,910	4,84	5,01±0,190	4,63	5,06±0,192	5,06	5,62±0,213	4,53	4,96±0,188
13,40	4,58	4,58±0,174	4,37	4,47±0,170	4,89	4,85±0,184	4,31	4,72±0,179
14,96	4,43	4,24±0,161	4,22	4,89±0,186	4,76	4,93±0,187	4,18	4,68±0,178
17,48	4,15	4,12±0,156	3,94	3,64±0,138	4,53	4,51±0,171	3,93	4,28±0,162
19,61	3,90	3,77±0,143	3,69	3,10±0,117	4,31	4,01±0,152	3,71	3,64±0,138
22,16	3,60	4,23±0,160	3,40	3,61±0,137	4,02	4,65±0,176	3,44	4,43±0,168
24,94	3,30	5,23±0,198	3,11	2,42±0,092	3,72	4,07±0,154	3,17	2,63±0,100
32,19	2,69	6,59±0,250	2,55	2,80±0,106	3,05	2,84±0,108	2,62	3,72±0,141
36,38	2,46	4,21±0,160	2,32	3,04±0,115	2,76	1,46±0,055	2,40	2,48±0,094
44,48	2,17	2,97±0,113	2,05	1,98±0,075	2,37	3,50±0,133	2,12	3,26±0,123
50,38	2,04	2,81±0,106	1,93	1,81±0,069	2,19	1,91±0,072	2,00	3,36±0,128
59,54	1,92	2,89±0,012	1,81	1,24±0,047	2,01	2,85±0,012	1,88	1,72±0,065

Çizelge 4.22 (devam)

Seri II Bileşikleri								
Enerji (keV)	5		6		7		8	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	7,76	7,02±0,267	5,12	5,15±0,195	4,30	4,19±0,159	4,56	4,59±0,174
8,910	7,77	7,82±0,297	5,12	5,29±0,201	4,30	4,17±0,158	4,55	4,44±0,168
13,40	7,58	5,36±0,204	4,93	4,90±0,186	4,10	3,78±0,143	4,32	4,38±0,166
14,96	12,12	8,98±0,341	4,81	4,66±0,177	3,99	3,48±0,132	4,19	4,21±0,160
17,48	11,95	11,40±0,433	4,58	4,39±0,167	3,76	3,40±0,129	3,93	3,86±0,146
19,61	11,74	12,90±0,490	4,35	2,63±0,099	3,56	3,30±0,125	3,70	3,40±0,129
22,16	11,40	9,77±0,371	4,07	4,26±0,161	3,31	2,86±0,108	3,43	3,96±0,150
24,94	10,97	8,90±0,338	3,76	3,48±0,132	3,06	2,27±0,086	3,16	3,57±0,135
32,19	9,63	6,79±0,258	3,08	2,92±0,110	2,55	2,90±0,110	2,61	1,83±0,069
36,38	8,80	8,86±0,336	2,78	0,11±0,004	2,34	2,59±0,098	2,40	2,45±0,093
44,48	7,31	6,28±0,238	2,38	2,77±0,105	2,09	2,11±0,080	2,13	2,66±0,101
50,38	6,38	5,39±0,204	2,19	3,64±0,138	1,97	1,83±0,069	2,01	2,38±0,090
59,54	5,23	1,36±0,051	2,01	1,31±0,049	1,86	0,89±0,033	1,90	2,15±0,081

Çizelge 4.23. Seri III bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).

Seri III Bileşikleri								
Enerji (keV)	1		2		3		4	
	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel
8,040	5,16	5,20±0,218	5,26	5,40±0,226	4,85	4,80±0,201	6,15	5,98±0,251
8,910	5,15	5,28±0,222	5,25	5,70±0,239	4,84	5,10±0,214	6,17	7,07±0,296
13,40	4,91	4,91±0,206	5,00	5,09±0,214	4,65	4,74±0,199	6,06	6,11±0,256
14,96	4,77	4,52±0,189	4,84	5,12±0,215	4,53	4,42±0,185	9,16	8,52±0,358
17,48	4,50	4,27±0,179	4,55	4,81±0,202	4,30	4,24±0,178	9,08	9,31±0,391
19,61	4,25	3,80±0,159	4,29	4,67±0,196	4,08	3,93±0,165	8,96	9,14±0,384
22,16	3,94	3,90±0,163	3,97	4,59±0,193	3,81	3,94±0,165	8,78	9,01±0,378
24,94	3,62	3,43±0,144	3,63	3,85±0,161	3,52	3,46±0,145	8,53	9,21±0,386
32,19	2,95	3,04±0,127	2,94	6,07±0,255	2,90	4,89±0,205	7,72	9,56±0,401
36,38	2,67	2,55±0,107	2,66	0,26±0,010	2,64	2,28±0,095	7,19	5,52±0,232
44,48	2,31	1,80±0,075	2,31	3,16±0,132	2,30	1,49±0,062	6,16	5,42±0,228
50,38	2,15	0,62±0,026	2,15	2,24±0,094	2,15	1,11±0,046	5,47	5,18±0,217
59,54	1,99	0,39±0,016	1,99	2,20±0,092	2,00	1,25±0,052	4,56	2,98±0,125

Çizelge 4.23 (devam)

Seri III Bileşikleri						
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel
8,040	4,86	4,96±0,208	4,40	4,43±0,186	5,15	5,22±0,219
8,910	4,85	4,96±0,208	4,40	4,86±0,204	5,15	5,27±0,221
13,40	4,63	4,58±0,192	4,24	4,23±0,177	5,00	4,88±0,205
14,96	4,50	4,84±0,203	4,13	4,36±0,183	4,90	4,89±0,205
17,48	4,25	4,28±0,180	3,93	3,92±0,165	4,71	4,62±0,194
19,61	4,02	3,70±0,155	3,74	3,48±0,146	4,51	4,34±0,182
22,16	3,74	4,20±0,176	3,50	4,18±0,175	4,26	4,36±0,183
24,94	3,45	3,58±0,150	3,25	3,63±0,152	3,97	3,89±0,163
32,19	2,83	4,52±0,190	2,70	3,52±0,148	3,29	3,11±0,130
36,38	2,58	2,35±0,098	2,47	2,20±0,092	2,97	0,27±0,011
44,48	2,26	2,09±0,087	2,17	2,78±0,116	2,53	2,17±0,091
50,38	2,11	1,33±0,056	2,04	2,07±0,086	2,31	1,85±0,077
59,54	1,96	0,59±0,024	1,91	1,66±0,070	2,09	2,01±0,084

Çizelge 4.24. Seri IV bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).

Seri IV Bileşikleri										
Enerji (keV)	1		2		3		4		5	
	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel	Teorik	Deneyssel
8,040	5,90	5,82±0,303	5,81	5,83±0,303	5,57	5,65±0,293	5,43	5,72±0,297	6,21	6,19±0,321
8,910	5,89	5,40±0,281	5,80	5,98±0,311	5,56	5,97±0,310	5,43	4,52±0,235	6,22	6,25±0,325
13,40	5,68	5,48±0,285	5,57	5,50±0,286	5,35	5,18±0,269	5,25	5,30±0,275	6,11	5,92±0,308
14,96	5,54	5,39±0,280	5,43	5,23±0,272	5,22	5,23±0,272	5,13	5,24±0,272	9,24	7,04±0,366
17,48	5,28	4,71±0,245	5,16	5,05±0,262	4,97	4,80±0,249	4,90	4,71±0,245	9,16	6,78±0,352
19,61	5,02	4,85±0,252	4,90	5,35±0,278	4,72	4,57±0,238	4,68	4,36±0,226	9,04	8,35±0,434
22,16	4,70	4,47±0,232	4,57	5,33±0,277	4,41	4,60±0,239	4,40	4,55±0,237	8,85	6,62±0,344
24,94	4,34	3,77±0,196	4,21	4,37±0,227	4,07	4,45±0,231	4,08	3,74±0,194	8,60	9,22±0,479
32,19	3,52	1,43±0,074	3,39	3,55±0,185	3,30	1,54±0,080	3,34	2,93±0,152	7,75	5,91±0,307
36,38	3,15	0,44±0,022	3,03	1,49±0,077	2,96	0,62±0,032	3,01	5,51±0,286	7,19	9,48±0,493
44,48	2,65	1,39±0,072	2,55	2,23±0,116	2,50	1,85±0,096	2,55	0,74±0,038	6,13	3,20±0,166
50,38	2,41	0,90±0,046	2,32	1,36±0,070	2,28	0,75±0,039	2,33	0,58±0,030	5,42	1,52±0,079
59,54	2,17	1,10±0,057	2,09	2,10±0,109	2,06	2,73±0,142	2,10	0,21±0,010	4,51	2,28±0,119

Çizelge 4.24 (devam)

Seri IV Bileşikleri								
Enerji (keV)	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel	9 Teorik	Deneysel
8,040	5,56	5,74±0,298	5,14	5,34±0,277	5,65	5,55±0,288	5,16	5,13±0,266
8,910	5,55	5,75±0,299	5,14	5,35±0,278	5,64	6,33±0,329	5,16	5,52±0,287
13,40	5,40	5,53±0,287	4,97	4,99±0,259	5,44	5,34±0,278	5,05	4,88±0,253
14,96	5,31	5,69±0,296	4,87	4,48±0,233	5,31	5,24±0,272	4,99	4,98±0,259
17,48	5,12	5,35±0,278	4,66	4,50±0,234	5,07	4,86±0,252	4,84	4,45±0,231
19,61	4,93	4,67±0,243	4,45	3,99±0,207	4,83	4,76±0,247	4,70	4,12±0,214
22,16	4,67	5,07±0,263	4,19	4,28±0,222	4,52	5,03±0,261	4,50	4,30±0,223
24,94	4,38	4,64±0,241	3,89	3,77±0,196	4,19	4,92±0,255	4,26	3,54±0,184
32,19	3,64	1,69±0,087	3,21	3,15±0,164	3,41	2,56±0,133	3,63	2,10±0,109
36,38	3,28	2,88±0,149	2,90	5,93±0,308	3,06	1,67±0,086	3,30	0,24±0,012
44,48	2,76	2,04±0,106	2,47	0,72±0,037	2,59	1,61±0,084	2,80	0,47±0,024
50,38	2,50	1,12±0,058	2,27	2,67±0,138	2,36	0,88±0,046	2,53	0,78±0,040
59,54	2,22	2,19±0,114	2,06	0,80±0,042	2,13	1,54±0,080	2,25	0,29±0,015

Çizelge 4.25. Seri V bileşiklerinin elektron yoğunlukları (10^{23} elektron/g).

Seri V Bileşikleri								
Enerji (keV)	1 Teorik	Deneysel	2 Teorik	Deneysel	3 Teorik	Deneysel	4 Teorik	Deneysel
8,040	4,62	4,98±0,199	4,77	4,46±0,178	4,47	4,61±0,184	4,28	4,42±0,177
8,910	4,62	4,26±0,170	4,77	4,43±0,177	4,47	4,22±0,168	4,28	4,55±0,182
13,40	4,49	4,44±0,177	4,62	4,31±0,172	4,39	4,72±0,188	4,18	4,35±0,174
14,96	4,41	4,07±0,162	4,53	4,16±0,166	4,32	4,89±0,195	4,11	4,32±0,172
17,48	4,23	2,69±0,107	4,33	4,02±0,160	4,19	4,84±0,193	3,96	3,86±0,154
19,61	4,06	2,45±0,098	4,15	3,43±0,137	4,06	4,94±0,197	3,81	3,37±0,134
22,16	3,84	3,42±0,137	3,91	3,89±0,155	3,88	5,83±0,233	3,61	3,77±0,151
24,94	3,59	2,81±0,112	3,64	3,58±0,143	3,68	5,33±0,213	3,39	3,20±0,128
32,19	3,00	3,86±0,154	3,03	2,73±0,109	3,14	4,35±0,174	2,87	3,79±0,151
36,38	2,74	3,44±0,137	2,75	2,34±0,093	2,87	1,05±0,042	2,63	4,95±0,198
44,48	2,36	1,66±0,066	2,37	1,66±0,066	2,48	2,65±0,106	2,28	0,25±0,010
50,38	2,18	1,53±0,061	2,19	1,39±0,055	2,27	2,78±0,111	2,12	0,09±0,003
59,54	2,00	1,65±0,066	2,01	0,92±0,037	2,06	1,99±0,079	2,14	2,07±0,083

Çizelge 4.25 (devam)

Seri V Bileşikleri								
Enerji (keV)	5 Teorik	Deneysel	6 Teorik	Deneysel	7 Teorik	Deneysel	8 Teorik	Deneysel
8,040	4,71	5,18±0,207	3,32	3,43±0,137	4,42	4,79±0,191	4,37	4,54±0,181
8,910	4,71	4,51±0,180	3,31	3,52±0,140	4,42	4,93±0,197	4,38	4,30±0,172
13,40	4,57	4,30±0,172	3,19	3,32±0,133	4,34	4,86±0,194	4,27	4,35±0,174
14,96	4,48	4,47±0,178	1,27	1,33±0,053	4,28	4,86±0,194	4,20	4,43±0,177
17,48	4,30	3,91±0,156	1,23	1,20±0,048	4,15	4,53±0,181	4,05	3,89±0,155
19,61	4,12	3,85±0,154	1,20	1,06±0,042	4,02	4,15±0,166	3,90	3,74±0,149
22,16	3,89	3,84±0,153	1,18	1,24±0,049	3,85	4,37±0,175	3,71	4,08±0,163
24,94	3,63	4,37±0,175	1,17	1,11±0,044	3,65	2,88±0,115	3,48	3,56±0,142
32,19	3,03	6,57±0,263	1,18	1,56±0,062	3,13	0,10±0,004	2,95	4,65±0,186
36,38	2,76	0,40±0,016	1,20	2,27±0,090	2,87	1,72±0,069	2,70	0,11±0,004
44,48	2,39	1,93±0,077	1,25	0,14±0,005	2,48	3,59±0,143	2,34	1,84±0,073
50,38	2,21	1,73±0,069	1,29	0,05±0,002	2,28	3,26±0,130	2,16	1,98±0,079
59,54	2,03	0,84±0,033	4,09	3,67±0,146	2,06	0,90±0,036	1,98	2,74±0,109

Çizelge 4.26. Seri I bileşiklerinin foton buildup faktörleri.

Enerji (MeV)	1				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,073	1,128	1,149	1,186	1,275
0,020	1,146	1,284	1,339	1,422	1,612
0,030	1,483	1,970	2,207	2,605	3,551
0,040	2,137	3,899	4,652	5,450	6,746
0,050	3,098	8,931	13,08	17,06	20,15
0,060	4,141	17,41	32,51	53,01	62,67
0,080	4,985	36,16	109,9	356,1	735,6
0,100	4,585	49,54	226,7	1313	4580
0,150	4,102	46,34	234,9	1711	9662
0,200	3,365	39,69	216,7	1641	7840
0,300	2,942	28,79	139,1	922,6	4253
0,400	2,667	22,49	97,47	553,1	2151
0,500	2,488	18,47	72,81	364,4	1268
0,600	2,369	15,75	56,97	254,1	802,1
0,800	2,219	12,33	38,69	144,0	403,5
1,000	2,102	10,32	29,43	96,00	237,1
1,500	1,942	7,589	18,16	48,20	109,6
2,000	1,838	6,229	13,41	31,44	67,48
3,000	1,709	4,812	9,061	18,24	37,02
4,000	1,625	4,053	7,028	12,99	25,97
5,000	1,561	3,574	5,869	10,29	20,51
6,000	1,501	3,228	5,098	8,467	15,65
8,000	1,420	2,791	4,237	6,966	13,92
10,000	1,360	2,498	3,656	5,759	10,98
15,000	1,265	2,060	2,827	4,166	7,534

Çizelge 4.26 (devam)

Enerji (MeV)	2				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,090	1,161	1,189	1,237	1,352
0,020	1,185	1,372	1,449	1,564	1,831
0,030	1,601	2,308	2,676	3,312	4,976
0,040	2,327	4,851	6,222	7,768	10,30
0,050	3,298	11,04	18,28	27,56	36,27
0,060	4,261	20,86	45,30	92,97	138,8
0,080	4,975	40,83	141,9	575,4	1604
0,100	4,597	52,85	258,9	1686	7002
0,150	4,034	48,58	264,0	2130	1348
0,200	3,365	40,91	231,7	1879	1005
0,300	2,915	29,37	146,4	1010	4786
0,400	2,653	22,81	100,8	586,7	2309
0,500	2,480	18,69	74,73	379,6	1316
0,600	2,367	15,89	58,04	261,4	822,8
0,800	2,214	12,42	39,35	147,8	410,7
1,000	2,104	10,35	29,61	97,32	244,2
1,500	1,933	7,618	18,41	49,40	111,6
2,000	1,834	6,253	13,52	31,70	66,43
3,000	1,707	4,825	9,115	18,36	36,77
4,000	1,631	4,064	7,011	12,83	25,25
5,000	1,570	3,582	5,833	10,11	20,00
6,000	1,491	3,262	5,241	8,795	15,56
8,000	1,436	2,796	4,171	6,722	13,47
10,000	1,367	2,533	3,719	5,834	10,78
15,000	1,277	2,091	2,859	4,157	7,254

Çizelge 4.26 (devam)

Enerji (MeV)	3				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,012	1,023	1,028	1,034	1,046
0,020	1,026	1,042	1,047	1,055	1,070
0,030	0,768	0,683	0,665	0,644	0,611
0,040	1,660	1,926	1,951	1,982	2,027
0,050	3,336	7,078	7,931	8,122	8,195
0,060	4,522	19,06	32,01	39,52	31,91
0,080	5,020	43,22	142,8	424,6	469,2
0,100	5,356	47,66	169,4	647,7	1291
0,150	4,117	48,35	247,0	1700	7360
0,200	3,635	40,89	215,5	1708	1104
0,300	2,892	29,28	145,5	970,8	4070
0,400	2,611	22,69	100,7	569,8	1972
0,500	2,468	18,73	73,95	345,3	929,3
0,600	2,330	16,00	59,55	266,6	750,2
0,800	2,206	12,44	39,74	151,0	423,1
1,000	2,126	10,29	28,96	94,81	253,1
1,500	1,930	7,623	18,47	49,72	112,2
2,000	1,837	6,247	13,48	31,59	67,03
3,000	1,710	4,821	9,080	18,26	36,78
4,000	1,628	4,070	7,054	12,98	25,53
5,000	1,566	3,596	5,900	10,28	20,06
6,000	1,504	3,256	5,174	8,680	16,22
8,000	1,430	2,810	4,238	6,892	13,59
10,000	1,369	2,531	3,701	5,780	10,68
15,000	1,276	2,094	2,868	4,175	7,252

Çizelge 4.26 (devam)

Enerji (MeV)	4				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,088	1,159	1,186	1,233	1,346
0,020	1,183	1,366	1,442	1,555	1,816
0,030	1,595	2,290	2,652	3,274	4,896
0,040	2,319	4,805	6,141	7,641	10,09
0,050	3,288	10,93	17,99	26,90	35,15
0,060	4,255	20,66	44,48	90,07	132,4
0,080	4,976	40,47	139,3	555,9	1517
0,100	4,596	52,54	255,8	1649	6740
0,150	4,042	48,30	260,3	2075	1296
0,200	3,365	40,74	229,5	1843	9703
0,300	2,919	29,27	145,2	995,9	4698
0,400	2,656	22,76	100,2	580,8	2281
0,500	2,481	18,65	74,38	376,8	1307
0,600	2,367	15,87	57,84	260,1	819,1
0,800	2,215	12,40	39,23	147,1	409,4
1,000	2,104	10,35	29,58	97,07	242,8
1,500	1,935	7,613	18,36	49,16	111,2
2,000	1,835	6,248	13,50	31,65	66,65
3,000	1,708	4,822	9,103	18,34	36,82
4,000	1,630	4,061	7,014	12,86	25,40
5,000	1,568	3,580	5,841	10,15	20,11
6,000	1,493	3,255	5,212	8,730	15,60
8,000	1,433	2,796	4,186	6,775	13,57
10,000	1,365	2,525	3,705	5,818	10,82
15,000	1,274	2,085	2,852	4,159	7,312

Çizelge 4.26 (devam)

Enerji (MeV)	5				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,002	1,002	1,003	1,003	1,004
0,020	1,016	1,015	1,015	1,016	1,017
0,030	0,932	0,899	0,888	0,869	0,826
0,040	0,816	0,783	0,772	0,751	0,709
0,050	0,378	0,128	0,055	0,043	0,230
0,060	0,318	0,325	0,319	0,317	0,303
0,080	0,672	0,716	0,723	0,729	0,733
0,100	1,760	1,628	0,732	42,64	3228
0,150	4,458	5,981	6,159	6,323	6,584
0,200	3,942	14,46	24,73	37,58	47,98
0,300	3,278	19,17	54,94	184,7	587,8
0,400	3,064	14,45	34,41	89,52	233,9
0,500	3,124	9,818	16,09	24,65	36,13
0,600	2,530	12,59	33,72	104,2	297,4
0,800	2,226	10,37	27,67	85,79	244,4
1,000	2,138	9,575	25,01	75,30	202,0
1,500	1,940	7,313	16,99	44,15	105,6
2,000	1,837	6,111	13,02	30,80	72,63
3,000	1,695	4,765	9,036	18,52	39,23
4,000	1,607	4,005	7,016	13,26	27,79
5,000	1,546	3,468	5,660	10,08	22,34
6,000	1,474	3,136	4,987	8,478	16,79
8,000	1,381	2,691	4,171	7,237	16,39
10,000	1,309	2,386	3,603	6,024	12,56
15,000	1,232	1,935	2,656	4,095	9,149

Çizelge 4.26 (devam)

Enerji (MeV)	6				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,015	1,024	1,028	1,034	1,049
0,020	0,992	0,986	0,984	0,981	0,973
0,030	0,962	0,940	0,932	0,920	0,898
0,040	1,257	1,359	1,376	1,401	1,439
0,050	2,170	3,151	3,302	3,440	3,633
0,060	3,595	7,248	8,026	8,334	8,652
0,080	5,027	20,23	33,08	41,93	37,57
0,100	4,540	38,02	130,6	457,5	755,3
0,150	4,320	38,91	152,8	742,4	2501
0,200	3,365	36,34	178,2	1103	3774
0,300	3,006	27,33	121,9	724,2	3051
0,400	2,698	21,77	90,06	481,1	1805
0,500	2,505	18,01	68,80	332,6	1160
0,600	2,373	15,45	54,81	239,4	758,1
0,800	2,231	12,15	37,39	136,4	387,5
1,000	2,098	10,25	29,07	93,45	223,8
1,500	1,948	7,565	17,96	47,29	107,9
2,000	1,839	6,220	13,36	31,33	67,89
3,000	1,710	4,808	9,044	18,21	37,10
4,000	1,623	4,050	7,033	13,04	26,19
5,000	1,558	3,572	5,879	10,34	20,66
6,000	1,504	3,217	5,055	8,366	15,65
8,000	1,415	2,789	4,253	7,028	14,02
10,000	1,358	2,488	3,639	5,739	11,03
15,000	1,262	2,051	2,818	4,168	7,610

Çizelge 4.26 (devam)

Enerji (MeV)	7				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,097	1,176	1,207	1,260	1,386
0,020	1,205	1,417	1,506	1,639	1,949
0,030	1,666	2,515	2,977	3,785	6,027
0,040	2,433	5,463	7,334	9,582	13,36
0,050	3,405	12,33	21,84	36,11	52,08
0,060	4,321	22,76	53,23	123,1	212,9
0,080	4,971	42,88	157,3	696,5	2179
0,100	4,601	54,06	271,2	1838	8100
0,150	4,018	49,11	271,1	2239	1452
0,200	3,365	41,12	234,3	1922	1048
0,300	2,912	29,42	147,1	1019	4839
0,400	2,653	22,83	101,0	588,8	2319
0,500	2,480	18,69	74,81	380,2	1318
0,600	2,367	15,90	58,07	261,6	823,5
0,800	2,214	12,42	39,36	147,9	410,9
1,000	2,104	10,35	29,61	97,34	244,3
1,500	1,934	7,614	18,37	49,23	111,3
2,000	1,835	6,248	13,50	31,65	66,63
3,000	1,708	4,822	9,104	18,34	36,82
4,000	1,630	4,062	7,014	12,86	25,40
5,000	1,568	3,580	5,841	10,15	20,10
6,000	1,493	3,255	5,212	8,730	15,60
8,000	1,433	2,796	4,185	6,775	13,57
10,000	1,365	2,525	3,705	5,819	10,82
15,000	1,274	2,085	2,852	4,159	7,312

Çizelge 4.26 (devam)

Enerji (MeV)	8				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,019	1,030	1,034	1,042	1,061
0,020	1,002	1,003	1,004	1,005	1,006
0,030	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997
0,040	1,322	1,470	1,496	1,532	1,588
0,050	2,241	3,412	3,613	3,784	4,019
0,060	3,638	7,767	8,799	9,189	9,532
0,080	5,023	21,26	36,47	48,85	43,95
0,100	4,544	38,84	136,6	499,1	875,2
0,150	4,304	39,46	158,1	794,3	2800
0,200	3,365	36,56	180,6	1134	3970
0,300	3,002	27,42	122,9	735,3	3117
0,400	2,696	21,81	90,45	484,8	1823
0,500	2,504	18,04	69,00	334,2	1165
0,600	2,373	15,46	54,91	240,1	760,2
0,800	2,230	12,16	37,45	136,8	388,2
1,000	2,099	10,26	29,09	93,56	224,4
1,500	1,948	7,566	17,96	47,30	108,0
2,000	1,839	6,219	13,36	31,33	67,91
3,000	1,710	4,808	9,043	18,20	37,10
4,000	1,622	4,050	7,034	13,04	26,21
5,000	1,558	3,572	5,879	10,34	20,67
6,000	1,504	3,216	5,052	8,359	15,65
8,000	1,415	2,789	4,254	7,033	14,03
10,000	1,358	2,487	3,638	5,737	11,04
15,000	1,262	2,050	2,817	4,168	7,616

Çizelge 4.27. Seri II bileşiklerinin foton buildup faktörleri.

Enerji (MeV)	1				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,05	1,09	1,11	1,14	1,19
0,020	1,11	1,19	1,22	1,26	1,35
0,030	1,09	1,14	1,15	1,17	1,19
0,040	2,06	2,99	3,14	3,26	3,44
0,050	3,62	10,19	13,33	14,44	14,09
0,060	4,64	24,43	51,30	84,95	72,77
0,080	5,00	48,89	187,6	731,27	1175
0,100	5,21	53,12	221,7	1118	3351
0,150	4,03	50,62	279,9	2194	1139
0,200	3,57	42,16	234,7	2004	1390
0,300	2,88	29,75	151,5	1051	4638
0,400	2,61	22,96	103,2	599,5	2171
0,500	2,47	18,87	75,58	366,3	1064
0,600	2,34	16,08	59,82	270,1	786,8
0,800	2,20	12,50	40,07	152,6	423,5
1,000	2,12	10,34	29,32	96,63	255,5
1,500	1,93	7,63	18,49	49,70	111,8
2,000	1,84	6,25	13,47	31,57	67,28
3,000	1,71	4,82	9,07	18,23	36,75
4,000	1,63	4,07	7,07	13,03	25,54
5,000	1,57	3,60	5,92	10,33	20,00
6,000	1,51	3,26	5,17	8,68	16,46
8,000	1,43	2,82	4,25	6,92	13,57
10,000	1,37	2,54	3,70	5,77	10,61
15,000	1,28	2,10	2,88	4,18	7,21

Çizelge 4.27 (devam)

Enerji (MeV)	2				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,055	1,112	1,134	1,165	1,227
0,020	1,129	1,230	1,265	1,319	1,432
0,030	1,161	1,275	1,304	1,339	1,395
0,040	2,158	3,336	3,551	3,716	3,942
0,050	3,686	11,11	15,23	17,02	16,45
0,060	4,667	25,87	57,33	103,1	93,16
0,080	4,994	50,31	199,9	829,6	1463
0,100	5,173	54,45	235,9	1267	4166
0,150	4,009	51,16	288,5	2331	1262
0,200	3,548	42,47	239,6	2083	1467
0,300	2,873	29,87	153,1	1072	4796
0,400	2,614	23,03	103,9	607,6	2227
0,500	2,465	18,91	76,01	372,2	1103
0,600	2,344	16,09	59,89	271,1	796,9
0,800	2,204	12,51	40,16	153,0	423,6
1,000	2,118	10,35	29,42	97,12	256,1
1,500	1,933	7,637	18,49	49,68	111,7
2,000	1,839	6,245	13,46	31,55	67,37
3,000	1,712	4,821	9,068	18,21	36,74
4,000	1,627	4,076	7,078	13,05	25,54
5,000	1,565	3,606	5,931	10,35	19,97
6,000	1,509	3,258	5,162	8,674	16,57
8,000	1,430	2,819	4,261	6,936	13,55
10,000	1,372	2,538	3,705	5,765	10,58
15,000	1,279	2,103	2,880	4,182	7,190

Çizelge 4.27 (devam)

Enerji (MeV)	3				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,048	1,081	1,093	1,115	1,169
0,020	1,078	1,144	1,169	1,207	1,292
0,030	1,254	1,436	1,516	1,642	1,898
0,040	1,756	2,480	2,673	2,892	3,247
0,050	2,704	5,766	6,939	7,712	8,508
0,060	3,913	12,17	17,37	20,62	21,09
0,080	5,002	28,99	68,89	148,2	183,3
0,100	4,568	44,77	183,8	881,9	2316
0,150	4,183	43,59	202,0	1282	6133
0,200	3,365	38,47	202,3	1427	6060
0,300	2,964	28,31	133,3	853,1	3830
0,400	2,677	22,26	95,05	529,3	2037
0,500	2,493	18,33	71,53	354,2	1234
0,600	2,370	15,65	56,29	249,5	788,5
0,800	2,223	12,27	38,29	141,7	398,7
1,000	2,101	10,30	29,32	95,21	232,9
1,500	1,942	7,589	18,16	48,21	109,6
2,000	1,837	6,233	13,43	31,49	67,29
3,000	1,709	4,815	9,072	18,27	36,97
4,000	1,626	4,056	7,024	12,95	25,81
5,000	1,563	3,576	5,861	10,25	20,39
6,000	1,499	3,236	5,133	8,548	15,65
8,000	1,424	2,793	4,222	6,909	13,83
10,000	1,361	2,506	3,671	5,777	10,93
15,000	1,268	2,067	2,835	4,164	7,465

Çizelge 4.27 (devam)

Enerji (MeV)	4				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,043	1,086	1,103	1,126	1,172
0,020	1,101	1,175	1,200	1,239	1,318
0,030	1,059	1,094	1,103	1,113	1,129
0,040	2,030	2,884	3,012	3,123	3,280
0,050	3,595	9,881	12,70	13,64	13,36
0,060	4,629	23,89	49,11	78,84	66,46
0,080	5,001	48,25	182,2	690,0	1063
0,100	5,227	52,42	214,5	1046	2981
0,150	4,045	50,23	274,2	2103	1060
0,200	3,580	41,91	230,7	1942	1329
0,300	2,881	29,63	150,0	1030	4492
0,400	2,613	22,88	102,5	591,2	2114
0,500	2,466	18,83	75,10	360,1	1023
0,600	2,338	16,05	59,74	269,1	775,6
0,800	2,205	12,48	39,97	152,1	423,4
1,000	2,122	10,32	29,21	96,06	254,7
1,500	1,931	7,627	18,48	49,71	112,0
2,000	1,837	6,246	13,47	31,59	67,08
3,000	1,710	4,821	9,079	18,25	36,78
4,000	1,628	4,070	7,056	12,99	25,53
5,000	1,566	3,596	5,902	10,29	20,05
6,000	1,504	3,256	5,173	8,680	16,24
8,000	1,430	2,810	4,239	6,894	13,59
10,000	1,369	2,532	3,702	5,779	10,67
15,000	1,276	2,094	2,868	4,175	7,249

Çizelge 4.27 (devam)

Enerji (MeV)	5				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,982	0,971	0,966	0,959	0,941
0,020	0,940	0,868	0,845	0,820	0,785
0,030	0,772	0,641	0,596	0,522	0,365
0,040	0,519	0,439	0,415	0,369	0,287
0,050	0,247	0,400	0,424	0,450	0,480
0,060	0,115	0,397	0,463	0,500	0,564
0,080	0,727	0,807	0,820	0,832	0,845
0,100	2,286	3,463	3,834	3,924	3,965
0,150	4,644	5,318	5,337	5,397	5,503
0,200	4,160	4,936	4,964	5,019	5,128
0,300	3,209	19,15	56,27	195,6	625,6
0,400	2,995	14,02	32,94	81,61	183,2
0,500	2,632	14,28	41,53	147,7	528,3
0,600	2,496	13,33	38,10	125,6	344,0
0,800	2,290	11,12	30,47	97,97	287,0
1,000	2,124	9,778	26,31	82,32	225,4
1,500	1,952	7,475	17,56	46,20	110,2
2,000	1,826	6,181	13,38	31,83	70,79
3,000	1,693	4,776	9,090	18,67	39,19
4,000	1,607	4,006	7,020	13,26	27,76
5,000	1,548	3,472	5,662	10,08	22,44
6,000	1,475	3,139	4,991	8,473	16,70
8,000	1,382	2,690	4,161	7,175	16,01
10,000	1,313	2,389	3,592	5,976	12,52
15,000	1,229	1,941	2,683	4,164	9,183

Çizelge 4.27 (devam)

Enerji (MeV)	6				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,042	1,070	1,081	1,100	1,146
0,020	1,062	1,114	1,133	1,162	1,227
0,030	1,199	1,329	1,385	1,472	1,643
0,040	1,662	2,215	2,347	2,504	2,757
0,050	2,604	5,147	5,966	6,502	7,114
0,060	3,854	11,05	14,84	16,80	17,19
0,080	5,006	27,23	60,42	116,4	128,8
0,100	4,563	43,52	173,2	787,9	1909
0,150	4,205	42,82	193,3	1177	5350
0,200	3,365	38,13	198,4	1372	5636
0,300	2,970	28,17	131,6	834,3	3715
0,400	2,680	22,20	94,38	522,7	2006
0,500	2,495	18,29	71,18	351,4	1225
0,600	2,370	15,63	56,10	248,2	784,8
0,800	2,224	12,26	38,18	141,0	397,4
1,000	2,101	10,29	29,29	95,00	231,8
1,500	1,942	7,587	18,14	48,13	109,4
2,000	1,837	6,233	13,43	31,48	67,33
3,000	1,709	4,814	9,071	18,27	36,97
4,000	1,626	4,055	7,025	12,96	25,82
5,000	1,563	3,576	5,861	10,25	20,40
6,000	1,499	3,236	5,130	8,542	15,65
8,000	1,423	2,793	4,223	6,914	13,83
10,000	1,361	2,505	3,670	5,776	10,93
15,000	1,268	2,067	2,834	4,164	7,470

Çizelge 4.27 (devam)

Enerji (MeV)	7				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,053	1,107	1,128	1,157	1,216
0,020	1,125	1,222	1,256	1,308	1,416
0,030	1,153	1,259	1,286	1,318	1,371
0,040	2,148	3,296	3,503	3,663	3,882
0,050	3,677	10,97	14,95	16,61	16,08
0,060	4,662	25,59	56,14	99,42	88,80
0,080	4,995	49,87	196,1	798,5	1369
0,100	5,188	53,88	229,8	1202	3801
0,150	4,023	50,79	282,6	2237	1177
0,200	3,564	42,20	235,3	2014	1400
0,300	2,878	29,73	151,3	1048	4621
0,400	2,613	22,94	103,1	597,5	2157
0,500	2,466	18,86	75,43	364,4	1051
0,600	2,340	16,06	59,79	269,8	783,0
0,800	2,204	12,49	40,03	152,4	423,4
1,000	2,121	10,33	29,27	96,42	255,2
1,500	1,931	7,628	18,48	49,71	112,0
2,000	1,837	6,247	13,48	31,59	67,06
3,000	1,710	4,821	9,079	18,26	36,78
4,000	1,628	4,070	7,054	12,98	25,53
5,000	1,566	3,595	5,899	10,28	20,06
6,000	1,504	3,256	5,174	8,681	16,21
8,000	1,430	2,810	4,237	6,891	13,59
10,000	1,369	2,531	3,701	5,780	10,68
15,000	1,276	2,094	2,867	4,174	7,254

Çizelge 4.27 (devam)

Enerji (MeV)	8				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,057	1,116	1,138	1,170	1,234
0,020	1,133	1,239	1,276	1,332	1,450
0,030	1,180	1,309	1,344	1,383	1,449
0,040	2,182	3,425	3,662	3,839	4,079
0,050	3,702	11,32	15,72	17,71	17,08
0,060	4,673	26,18	58,70	107,5	98,47
0,080	4,993	50,55	202,1	847,5	1519
0,100	5,168	54,62	237,7	1287	4280
0,150	4,008	51,18	288,6	2335	1266
0,200	3,549	42,45	239,4	2079	1463
0,300	2,874	29,85	152,9	1070	4774
0,400	2,614	23,01	103,8	606,1	2216
0,500	2,466	18,90	75,91	370,9	1095
0,600	2,343	16,09	59,87	270,9	794,5
0,800	2,204	12,50	40,13	152,9	423,5
1,000	2,119	10,35	29,39	96,99	255,9
1,500	1,933	7,635	18,49	49,69	111,8
2,000	1,838	6,246	13,46	31,56	67,29
3,000	1,711	4,821	9,071	18,22	36,75
4,000	1,627	4,075	7,072	13,03	25,54
5,000	1,565	3,603	5,922	10,33	20,00
6,000	1,508	3,258	5,165	8,677	16,47
8,000	1,430	2,816	4,255	6,924	13,56
10,000	1,371	2,536	3,704	5,769	10,60
15,000	1,278	2,100	2,876	4,180	7,208

Çizelge 4.28. Seri III bileşiklerinin foton buildup faktörleri.

1					
Enerji (MeV)	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,978	0,957	0,949	0,938	0,917
0,020	0,946	0,919	0,911	0,898	0,873
0,030	0,461	0,375	0,357	0,339	0,308
0,040	1,266	1,290	1,291	1,293	1,298
0,050	3,054	4,972	5,164	5,247	5,339
0,060	4,403	14,68	20,17	21,02	18,34
0,080	5,043	37,79	106,1	237,0	189,2
0,100	5,514	42,01	124,4	345,9	444,1
0,150	4,215	45,75	212,8	1252	4324
0,200	3,716	39,33	193,8	1395	8148
0,300	2,910	28,71	138,4	878,9	3454
0,400	2,607	22,35	97,66	534,7	1749
0,500	2,470	18,56	71,93	320,2	783,6
0,600	2,316	15,91	59,21	262,2	706,0
0,800	2,207	12,37	39,33	149,0	422,3
1,000	2,135	10,23	28,51	92,45	249,6
1,500	1,927	7,604	18,44	49,76	112,8
2,000	1,834	6,248	13,51	31,66	66,55
3,000	1,708	4,820	9,096	18,32	36,85
4,000	1,629	4,061	7,020	12,89	25,50
5,000	1,567	3,581	5,852	10,19	20,17
6,000	1,496	3,251	5,188	8,679	15,69
8,000	1,430	2,797	4,203	6,827	13,65
10,000	1,365	2,521	3,696	5,802	10,83
15,000	1,273	2,081	2,850	4,163	7,345

Çizelge 4.28 (devam)

Enerji (MeV)	2				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,990	0,980	0,977	0,972	0,962
0,020	0,974	0,961	0,956	0,950	0,937
0,030	0,571	0,474	0,454	0,431	0,396
0,040	1,409	1,486	1,491	1,499	1,513
0,050	3,156	5,638	5,974	6,079	6,179
0,060	4,446	16,16	23,77	25,94	21,91
0,080	5,035	39,70	118,3	293,2	260,2
0,100	5,457	44,02	139,4	435,9	653,7
0,150	4,180	46,69	224,7	1400	5258
0,200	3,688	39,89	201,4	1502	9121
0,300	2,904	28,91	140,9	910,6	3662
0,400	2,608	22,47	98,73	546,7	1824
0,500	2,469	18,62	72,63	328,7	831,5
0,600	2,321	15,94	59,33	263,8	721,1
0,800	2,207	12,40	39,47	149,7	422,6
1,000	2,132	10,25	28,66	93,28	250,8
1,500	1,928	7,611	18,45	49,74	112,6
2,000	1,835	6,248	13,50	31,64	66,71
3,000	1,709	4,821	9,091	18,30	36,83
4,000	1,629	4,064	7,032	12,92	25,51
5,000	1,567	3,586	5,868	10,22	20,13
6,000	1,499	3,253	5,184	8,681	15,87
8,000	1,430	2,801	4,214	6,849	13,63
10,000	1,366	2,524	3,698	5,795	10,78
15,000	1,274	2,086	2,856	4,167	7,313

Çizelge 4.28 (devam)

Enerji (MeV)	3				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,075	1,132	1,154	1,192	1,284
0,020	1,149	1,290	1,347	1,432	1,627
0,030	1,487	1,980	2,220	2,623	3,586
0,040	2,142	3,923	4,690	5,502	6,822
0,050	3,106	9,011	13,26	17,39	20,60
0,060	4,148	17,61	33,17	54,80	65,50
0,080	4,984	36,60	112,7	373,5	795,1
0,100	4,587	49,95	230,6	1356	4838
0,150	4,090	46,74	239,9	1781	1028
0,200	3,365	39,94	219,8	1688	8257
0,300	2,935	28,93	140,9	943,2	4378
0,400	2,664	22,57	98,32	561,5	2191
0,500	2,486	18,53	73,31	368,3	1281
0,600	2,368	15,79	57,25	256,0	807,6
0,800	2,218	12,35	38,87	145,0	405,5
1,000	2,103	10,33	29,48	96,35	239,0
1,500	1,938	7,602	18,26	48,72	110,5
2,000	1,836	6,240	13,46	31,57	66,99
3,000	1,708	4,818	9,086	18,30	36,90
4,000	1,628	4,058	7,020	12,91	25,62
5,000	1,566	3,578	5,852	10,20	20,26
6,000	1,496	3,245	5,169	8,632	15,63
8,000	1,428	2,794	4,206	6,850	13,72
10,000	1,363	2,515	3,686	5,796	10,88
15,000	1,271	2,075	2,843	4,162	7,396

Çizelge 4.28 (devam)

Enerji (MeV)	4				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001
0,020	1,013	1,012	1,012	1,012	1,013
0,030	0,918	0,881	0,868	0,845	0,796
0,040	0,784	0,754	0,743	0,722	0,680
0,050	0,307	0,054	0,019	0,116	0,301
0,060	0,219	0,262	0,264	0,270	0,268
0,080	0,535	0,623	0,638	0,652	0,662
0,100	1,642	1,669	0,598	469,6	6520
0,150	4,478	5,465	5,566	5,655	5,811
0,200	3,960	13,62	21,90	30,75	36,85
0,300	3,293	18,76	52,26	168,0	507,8
0,400	3,086	14,02	32,06	78,18	188,4
0,500	3,163	9,291	14,31	20,21	27,15
0,600	2,538	12,43	32,71	98,60	274,8
0,800	2,226	10,27	27,18	83,34	236,2
1,000	2,164	9,114	22,33	62,02	161,9
1,500	1,940	7,293	16,90	43,86	105,3
2,000	1,838	6,076	12,90	30,62	74,89
3,000	1,694	4,755	9,008	18,47	39,30
4,000	1,605	4,000	7,007	13,27	27,93
5,000	1,538	3,470	5,705	10,19	22,05
6,000	1,468	3,123	4,984	8,536	17,16
8,000	1,378	2,676	4,138	7,107	15,67
10,000	1,309	2,370	3,566	5,982	12,96
15,000	1,230	1,919	2,623	4,043	9,308

Çizelge 4.28 (devam)

Enerji (MeV)	5				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,994	0,989	0,987	0,984	0,978
0,020	0,986	0,978	0,975	0,971	0,963
0,030	0,617	0,518	0,498	0,475	0,438
0,040	1,468	1,578	1,586	1,597	1,616
0,050	3,198	5,940	6,359	6,476	6,576
0,060	4,463	16,77	25,39	28,35	23,65
0,080	5,032	40,41	123,0	316,6	293,0
0,100	5,438	44,69	144,7	469,7	742,2
0,150	4,171	46,93	227,8	1440	5522
0,200	3,682	40,01	203,0	1524	9323
0,300	2,903	28,94	141,2	914,8	3690
0,400	2,608	22,48	98,83	547,9	1831
0,500	2,469	18,62	72,68	329,3	834,9
0,600	2,321	15,94	59,33	263,8	721,9
0,800	2,207	12,40	39,48	149,7	422,6
1,000	2,132	10,26	28,67	93,31	250,9
1,500	1,928	7,609	18,45	49,75	112,7
2,000	1,835	6,248	13,50	31,65	66,64
3,000	1,708	4,820	9,094	18,31	36,84
4,000	1,629	4,062	7,026	12,91	25,51
5,000	1,567	3,583	5,860	10,20	20,15
6,000	1,497	3,252	5,186	8,680	15,78
8,000	1,430	2,799	4,208	6,838	13,64
10,000	1,365	2,523	3,697	5,798	10,80
15,000	1,273	2,083	2,853	4,165	7,330

Çizelge 4.28 (devam)

Enerji (MeV)	6				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,084	1,150	1,176	1,221	1,327
0,020	1,173	1,344	1,414	1,519	1,760
0,030	1,566	2,204	2,530	3,086	4,503
0,040	2,272	4,559	5,720	6,997	9,075
0,050	3,240	10,39	16,58	23,87	30,19
0,060	4,225	19,78	41,05	78,45	108,1
0,080	4,978	39,28	130,9	494,7	1255
0,100	4,593	51,69	247,4	1548	6059
0,150	4,060	47,72	252,5	1961	1190
0,200	3,365	40,40	225,4	1777	9077
0,300	2,927	29,12	143,2	971,5	4550
0,400	2,660	22,67	99,32	571,4	2237
0,500	2,484	18,59	73,84	372,5	1294
0,600	2,368	15,83	57,54	258,0	813,2
0,800	2,216	12,38	39,04	146,0	407,4
1,000	2,103	10,34	29,52	96,70	240,8
1,500	1,937	7,604	18,29	48,83	110,6
2,000	1,836	6,241	13,47	31,58	66,94
3,000	1,708	4,818	9,088	18,30	36,89
4,000	1,628	4,059	7,019	12,91	25,60
5,000	1,566	3,578	5,851	10,20	20,25
6,000	1,496	3,246	5,173	8,641	15,63
8,000	1,428	2,794	4,204	6,844	13,71
10,000	1,363	2,516	3,688	5,798	10,87
15,000	1,271	2,076	2,843	4,162	7,389

Çizelge 4.28 (devam)

Enerji (MeV)	7				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,004	1,006	1,006	1,008	1,011
0,020	0,962	0,936	0,927	0,913	0,882
0,030	0,861	0,797	0,775	0,742	0,686
0,040	1,083	1,104	1,107	1,112	1,120
0,050	1,981	2,564	2,633	2,710	2,819
0,060	3,480	6,050	6,404	6,592	6,831
0,080	5,036	17,57	25,35	28,56	26,11
0,100	4,530	35,66	114,2	353,3	490,4
0,150	4,374	37,06	135,6	585,9	1679
0,200	3,365	35,49	169,1	990,8	3097
0,300	3,025	26,91	117,1	672,4	2743
0,400	2,707	21,56	87,88	460,6	1705
0,500	2,510	17,87	67,59	323,1	1125
0,600	2,374	15,35	54,15	234,9	744,2
0,800	2,234	12,09	36,98	134,1	382,0
1,000	2,097	10,23	28,96	92,66	219,8
1,500	1,952	7,552	17,86	46,78	107,0
2,000	1,840	6,211	13,33	31,24	68,25
3,000	1,710	4,804	9,028	18,17	37,18
4,000	1,620	4,046	7,039	13,09	26,44
5,000	1,555	3,569	5,890	10,40	20,82
6,000	1,507	3,205	5,003	8,246	15,62
8,000	1,410	2,786	4,271	7,100	14,12
10,000	1,356	2,477	3,619	5,714	11,10
15,000	1,258	2,041	2,807	4,169	7,703

Çizelge 4.29. Seri IV bileşiklerinin foton buildup faktörleri.

Enerji (MeV)	1				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,009	1,015	1,017	1,021	1,030
0,020	0,976	0,960	0,954	0,945	0,925
0,030	0,908	0,862	0,845	0,820	0,776
0,040	1,164	1,216	1,224	1,236	1,255
0,050	2,069	2,820	2,919	3,021	3,165
0,060	3,534	6,581	7,096	7,330	7,606
0,080	5,031	18,81	28,78	34,09	30,75
0,100	4,535	36,81	122,0	401,5	606,6
0,150	4,346	38,02	144,3	663,1	2069
0,200	3,365	35,94	173,9	1049	3443
0,300	3,014	27,14	119,8	701,0	2912
0,400	2,702	21,68	89,12	472,2	1762
0,500	2,507	17,95	68,29	328,6	1145
0,600	2,373	15,41	54,53	237,5	752,3
0,800	2,232	12,13	37,22	135,4	385,2
1,000	2,098	10,24	29,03	93,12	222,1
1,500	1,949	7,562	17,93	47,16	107,7
2,000	1,839	6,218	13,36	31,32	67,95
3,000	1,710	4,807	9,042	18,20	37,11
4,000	1,622	4,049	7,034	13,05	26,22
5,000	1,558	3,572	5,880	10,35	20,68
6,000	1,504	3,216	5,048	8,351	15,64
8,000	1,415	2,788	4,256	7,037	14,03
10,000	1,358	2,487	3,637	5,736	11,04
15,000	1,262	2,050	2,817	4,168	7,621

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	2				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,016	1,026	1,029	1,036	1,052
0,020	0,993	0,988	0,987	0,984	0,978
0,030	0,965	0,946	0,938	0,927	0,907
0,040	1,262	1,368	1,386	1,411	1,451
0,050	2,176	3,172	3,326	3,467	3,663
0,060	3,599	7,294	8,093	8,408	8,727
0,080	5,026	20,34	33,45	42,66	38,23
0,100	4,541	38,13	131,4	463,3	771,5
0,150	4,316	39,03	154,0	753,7	2565
0,200	3,365	36,40	178,9	1112	3831
0,300	3,005	27,37	122,3	729,0	3079
0,400	2,697	21,79	90,27	483,2	1815
0,500	2,504	18,03	68,93	333,6	1163
0,600	2,373	15,46	54,88	239,9	759,6
0,800	2,230	12,16	37,43	136,7	388,1
1,000	2,099	10,26	29,08	93,54	224,2
1,500	1,947	7,568	17,99	47,41	108,2
2,000	1,838	6,222	13,38	31,37	67,78
3,000	1,709	4,809	9,050	18,22	37,07
4,000	1,623	4,051	7,031	13,02	26,10
5,000	1,559	3,573	5,875	10,32	20,60
6,000	1,502	3,222	5,073	8,409	15,65
8,000	1,417	2,790	4,246	7,001	13,98
10,000	1,359	2,492	3,647	5,748	11,01
15,000	1,263	2,055	2,822	4,167	7,575

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	3				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,020	1,032	1,036	1,045	1,064
0,020	1,003	1,006	1,007	1,008	1,011
0,030	1,000	1,001	1,001	1,001	1,001
0,040	1,323	1,472	1,498	1,534	1,591
0,050	2,242	3,414	3,615	3,787	4,022
0,060	3,638	7,771	8,805	9,195	9,538
0,080	5,023	21,29	36,57	49,06	44,15
0,100	4,544	38,90	137,0	501,8	883,3
0,150	4,301	39,55	159,1	803,9	2857
0,200	3,365	36,62	181,4	1143	4030
0,300	3,000	27,47	123,4	741,2	3152
0,400	2,695	21,84	90,73	487,6	1836
0,500	2,503	18,06	69,17	335,6	1170
0,600	2,372	15,48	55,01	240,8	762,3
0,800	2,230	12,17	37,51	137,1	389,1
1,000	2,099	10,26	29,11	93,69	225,0
1,500	1,947	7,569	17,99	47,44	108,2
2,000	1,838	6,222	13,38	31,36	67,78
3,000	1,709	4,809	9,050	18,22	37,07
4,000	1,623	4,051	7,032	13,02	26,12
5,000	1,559	3,573	5,875	10,32	20,60
6,000	1,503	3,221	5,071	8,403	15,65
8,000	1,417	2,790	4,247	7,005	13,99
10,000	1,359	2,492	3,646	5,746	11,01
15,000	1,263	2,054	2,821	4,167	7,581

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	4				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,011	1,018	1,021	1,025	1,036
0,020	0,982	0,969	0,965	0,958	0,943
0,030	0,929	0,892	0,878	0,858	0,822
0,040	1,201	1,272	1,283	1,300	1,326
0,050	2,110	2,948	3,066	3,181	3,343
0,060	3,558	6,835	7,442	7,701	7,994
0,080	5,030	19,32	30,28	36,72	32,99
0,100	4,537	37,21	124,8	419,5	652,9
0,150	4,339	38,25	146,5	682,8	2173
0,200	3,365	36,02	174,7	1059	3504
0,300	3,014	27,16	120,0	703,3	2926
0,400	2,701	21,68	89,16	472,6	1763
0,500	2,507	17,95	68,29	328,6	1145
0,600	2,373	15,41	54,53	237,5	752,3
0,800	2,232	12,13	37,21	135,4	385,2
1,000	2,098	10,24	29,02	93,11	222,1
1,500	1,950	7,559	17,91	47,06	107,5
2,000	1,839	6,216	13,35	31,29	68,06
3,000	1,710	4,806	9,036	18,19	37,14
4,000	1,621	4,048	7,036	13,06	26,31
5,000	1,557	3,571	5,884	10,37	20,73
6,000	1,505	3,211	5,030	8,309	15,64
8,000	1,413	2,787	4,262	7,063	14,07
10,000	1,357	2,483	3,630	5,727	11,06
15,000	1,260	2,046	2,813	4,169	7,654

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	5				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,001	1,002	1,002	1,002	1,003
0,020	1,015	1,014	1,014	1,014	1,015
0,030	0,928	0,895	0,883	0,863	0,818
0,040	0,809	0,777	0,766	0,745	0,703
0,050	0,367	0,116	0,042	0,055	0,242
0,060	0,304	0,315	0,311	0,310	0,297
0,080	0,656	0,704	0,713	0,720	0,724
0,100	1,747	1,631	0,639	55,97	5814
0,150	4,460	5,916	6,083	6,237	6,485
0,200	3,945	14,34	24,30	36,50	46,11
0,300	3,281	19,09	54,41	181,3	571,5
0,400	3,069	14,35	33,84	86,71	222,3
0,500	3,134	9,676	15,60	23,35	33,35
0,600	2,532	12,54	33,43	102,6	290,8
0,800	2,226	10,34	27,51	85,03	241,9
1,000	2,128	9,743	26,03	80,46	216,1
1,500	1,940	7,301	16,93	43,97	105,4
2,000	1,838	6,077	12,90	30,62	74,87
3,000	1,694	4,753	9,004	18,46	39,31
4,000	1,605	3,999	7,005	13,27	27,96
5,000	1,536	3,470	5,715	10,22	21,98
6,000	1,467	3,120	4,983	8,549	17,25
8,000	1,377	2,673	4,130	7,075	15,50
10,000	1,308	2,366	3,557	5,971	13,07
15,000	1,229	1,915	2,614	4,029	9,349

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	6				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,970	0,955	0,950	0,939	0,915
0,020	0,873	0,799	0,775	0,737	0,659
0,030	0,552	0,470	0,441	0,405	0,355
0,040	0,538	0,575	0,582	0,586	0,586
0,050	1,382	1,406	1,406	1,409	1,416
0,060	3,114	3,629	3,652	3,683	3,737
0,080	5,065	11,04	12,09	12,20	12,16
0,100	4,497	28,84	73,21	151,4	131,7
0,150	4,542	31,40	90,66	261,5	429,3
0,200	3,365	32,97	143,4	707,1	1672
0,300	3,079	25,61	103,4	531,4	1937
0,400	2,733	20,91	81,64	403,2	1425
0,500	2,524	17,46	64,12	296,1	1023
0,600	2,377	15,09	52,26	222,2	703,4
0,800	2,244	11,93	35,81	127,3	365,6
1,000	2,094	10,17	28,65	90,44	208,7
1,500	1,960	7,520	17,60	45,57	104,7
2,000	1,842	6,193	13,24	31,04	69,01
3,000	1,711	4,796	8,994	18,09	37,35
4,000	1,616	4,038	7,050	13,20	26,95
5,000	1,549	3,563	5,912	10,52	21,15
6,000	1,513	3,177	4,893	7,989	15,50
8,000	1,399	2,778	4,305	7,237	14,28
10,000	1,351	2,454	3,579	5,665	11,24
15,000	1,251	2,020	2,784	4,171	7,895

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	7				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,020	1,033	1,037	1,046	1,066
0,020	1,006	1,010	1,011	1,014	1,019
0,030	1,011	1,017	1,020	1,023	1,031
0,040	1,342	1,506	1,535	1,575	1,638
0,050	2,262	3,490	3,708	3,890	4,139
0,060	3,649	7,912	9,024	9,440	9,790
0,080	5,023	21,52	37,36	50,75	45,78
0,100	4,545	39,04	138,0	509,2	905,4
0,150	4,300	39,58	159,3	806,2	2870
0,200	3,365	36,61	181,2	1141	4014
0,300	3,002	27,44	123,1	737,8	3132
0,400	2,696	21,82	90,54	485,8	1827
0,500	2,503	18,04	69,05	334,6	1167
0,600	2,373	15,47	54,94	240,3	760,8
0,800	2,230	12,16	37,46	136,9	388,4
1,000	2,099	10,26	29,09	93,60	224,5
1,500	1,948	7,565	17,96	47,26	107,9
2,000	1,839	6,218	13,36	31,32	67,95
3,000	1,710	4,807	9,041	18,20	37,11
4,000	1,622	4,049	7,034	13,05	26,24
5,000	1,558	3,571	5,881	10,35	20,69
6,000	1,504	3,215	5,044	8,342	15,64
8,000	1,414	2,788	4,257	7,043	14,04
10,000	1,357	2,486	3,635	5,734	11,05
15,000	1,261	2,049	2,816	4,168	7,630

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	8				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,013	1,021	1,025	1,030	1,043
0,020	0,987	0,978	0,975	0,970	0,959
0,030	0,946	0,916	0,906	0,889	0,860
0,040	1,230	1,316	1,330	1,350	1,382
0,050	2,141	3,051	3,184	3,311	3,488
0,060	3,577	7,044	7,734	8,017	8,322
0,080	5,028	19,79	31,70	39,30	35,24
0,100	4,539	37,63	127,8	439,0	704,5
0,150	4,329	38,60	149,8	713,9	2342
0,200	3,365	36,19	176,6	1082	3646
0,300	3,010	27,26	121,0	714,5	2992
0,400	2,699	21,73	89,64	477,2	1786
0,500	2,505	17,99	68,57	330,8	1153
0,600	2,373	15,43	54,68	238,6	755,4
0,800	2,231	12,14	37,31	136,0	386,4
1,000	2,098	10,25	29,05	93,30	223,0
1,500	1,949	7,563	17,94	47,20	107,8
2,000	1,839	6,218	13,36	31,32	67,95
3,000	1,710	4,807	9,042	18,20	37,11
4,000	1,622	4,049	7,034	13,05	26,23
5,000	1,558	3,571	5,880	10,35	20,68
6,000	1,504	3,215	5,047	8,347	15,64
8,000	1,414	2,788	4,256	7,040	14,04
10,000	1,357	2,486	3,636	5,735	11,04
15,000	1,262	2,050	2,816	4,168	7,625

Çizelge 4.29 (devam)

Enerji (MeV)	9				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,944	0,920	0,911	0,893	0,854
0,020	0,806	0,709	0,679	0,630	0,531
0,030	0,320	0,307	0,294	0,285	0,275
0,040	0,122	0,339	0,374	0,403	0,431
0,050	0,915	0,930	0,932	0,933	0,935
0,060	2,825	2,656	2,633	2,613	2,603
0,080	5,089	7,758	7,901	7,978	8,065
0,100	4,470	23,98	50,06	76,03	55,09
0,150	4,685	26,84	62,44	125,4	134,3
0,200	3,365	30,90	123,9	524,3	974,2
0,300	3,126	24,45	92,01	424,6	1372
0,400	2,756	20,33	76,25	355,7	1196
0,500	2,537	17,09	61,08	272,8	931,9
0,600	2,380	14,85	50,61	211,1	666,4
0,800	2,253	11,78	34,77	121,3	349,8
1,000	2,091	10,12	28,37	88,49	199,4
1,500	1,968	7,486	17,34	44,38	102,2
2,000	1,845	6,174	13,15	30,82	69,78
3,000	1,713	4,787	8,961	18,01	37,53
4,000	1,611	4,030	7,061	13,32	27,51
5,000	1,542	3,556	5,934	10,64	21,49
6,000	1,520	3,145	4,768	7,704	15,29
8,000	1,388	2,767	4,335	7,368	14,37
10,000	1,346	2,430	3,536	5,611	11,39
15,000	1,243	1,997	2,759	4,171	8,104

Çizelge 4.30. Seri V bileşiklerinin foton buildup faktörleri.

Enerji (MeV)	1				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,025	1,040	1,046	1,057	1,082
0,020	1,019	1,034	1,039	1,047	1,064
0,030	1,059	1,089	1,102	1,120	1,154
0,040	1,427	1,668	1,713	1,774	1,870
0,050	2,353	3,871	4,185	4,424	4,743
0,060	3,704	8,651	10,22	10,81	11,19
0,080	5,018	22,91	42,33	62,32	57,51
0,100	4,549	40,11	146,1	568,2	1091
0,150	4,280	40,28	166,4	878,0	3307
0,200	3,365	36,90	184,4	1182	4289
0,300	2,996	27,56	124,5	753,1	3224
0,400	2,693	21,88	91,10	491,1	1853
0,500	2,502	18,07	69,33	336,8	1175
0,600	2,372	15,49	55,09	241,3	763,9
0,800	2,229	12,17	37,55	137,4	389,6
1,000	2,099	10,26	29,12	93,76	225,4
1,500	1,948	7,565	17,96	47,27	107,9
2,000	1,839	6,217	13,35	31,31	67,99
3,000	1,710	4,807	9,039	18,19	37,13
4,000	1,622	4,048	7,035	13,06	26,28
5,000	1,557	3,571	5,883	10,36	20,71
6,000	1,505	3,213	5,036	8,323	15,64
8,000	1,413	2,788	4,260	7,055	14,06
10,000	1,357	2,484	3,632	5,730	11,06
15,000	1,261	2,047	2,814	4,168	7,645

Çizelge 4.30 (devam)

Enerji (MeV)	2				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,031	1,051	1,059	1,073	1,105
0,020	1,035	1,063	1,073	1,089	1,123
0,030	1,113	1,177	1,204	1,244	1,320
0,040	1,519	1,864	1,935	2,026	2,169
0,050	2,452	4,329	4,792	5,115	5,528
0,060	3,763	9,528	11,78	12,70	13,08
0,080	5,014	24,52	48,61	78,99	76,56
0,100	4,554	41,38	156,0	644,1	1351
0,150	4,253	41,20	175,8	978,8	3957
0,200	3,365	37,32	189,2	1245	4719
0,300	2,988	27,77	126,8	779,6	3383
0,400	2,689	21,98	92,15	501,2	1902
0,500	2,500	18,14	69,92	341,5	1191
0,600	2,372	15,53	55,41	243,5	770,5
0,800	2,228	12,20	37,75	138,5	392,1
1,000	2,099	10,27	29,17	94,15	227,4
1,500	1,947	7,571	18,01	47,51	108,3
2,000	1,839	6,221	13,37	31,35	67,82
3,000	1,710	4,809	9,047	18,21	37,09
4,000	1,623	4,050	7,033	13,03	26,16
5,000	1,559	3,572	5,877	10,33	20,64
6,000	1,503	3,219	5,061	8,380	15,65
8,000	1,416	2,789	4,251	7,020	14,01
10,000	1,358	2,489	3,642	5,741	11,02
15,000	1,262	2,052	2,819	4,168	7,600

Çizelge 4.30 (devam)

3					
Enerji (MeV)	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,981	0,971	0,968	0,961	0,945
0,020	0,904	0,845	0,825	0,794	0,730
0,030	0,666	0,573	0,542	0,500	0,436
0,040	0,744	0,736	0,736	0,733	0,727
0,050	1,610	1,749	1,759	1,776	1,803
0,060	3,254	4,344	4,415	4,489	4,598
0,080	5,054	13,16	15,57	15,86	15,47
0,100	4,509	31,24	86,56	207,7	209,8
0,150	4,483	33,36	104,9	350,8	703,2
0,200	3,365	33,80	151,6	792,5	2058
0,300	3,062	26,02	107,6	573,0	2169
0,400	2,725	21,10	83,47	419,8	1506
0,500	2,520	17,58	65,11	303,8	1053
0,600	2,376	15,16	52,79	225,8	715,0
0,800	2,242	11,98	36,14	129,2	370,3
1,000	2,095	10,19	28,73	91,05	211,7
1,500	1,959	7,524	17,63	45,73	105,0
2,000	1,842	6,194	13,24	31,04	68,99
3,000	1,711	4,796	8,994	18,09	37,36
4,000	1,616	4,038	7,050	13,21	26,97
5,000	1,549	3,563	5,912	10,52	21,16
6,000	1,513	3,176	4,889	7,980	15,50
8,000	1,399	2,778	4,306	7,242	14,28
10,000	1,351	2,453	3,577	5,663	11,24
15,000	1,251	2,019	2,783	4,171	7,903

Çizelge 4.30 (devam)

Enerji (MeV)	4				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,026	1,043	1,049	1,061	1,087
0,020	1,023	1,041	1,047	1,057	1,079
0,030	1,075	1,114	1,130	1,155	1,200
0,040	1,455	1,724	1,777	1,846	1,955
0,050	2,383	4,002	4,355	4,616	4,961
0,060	3,721	8,894	10,64	11,31	11,69
0,080	5,017	23,31	43,85	66,15	61,66
0,100	4,550	40,39	148,2	584,1	1143
0,150	4,276	40,41	167,6	891,5	3392
0,200	3,365	36,93	184,8	1187	4321
0,300	2,996	27,56	124,5	753,1	3224
0,400	2,694	21,87	91,05	490,6	1851
0,500	2,502	18,07	69,29	336,5	1173
0,600	2,372	15,48	55,06	241,1	763,3
0,800	2,229	12,17	37,53	137,3	389,3
1,000	2,099	10,26	29,11	93,72	225,2
1,500	1,949	7,562	17,94	47,17	107,7
2,000	1,839	6,215	13,34	31,28	68,09
3,000	1,710	4,805	9,034	18,18	37,15
4,000	1,621	4,047	7,037	13,07	26,35
5,000	1,556	3,570	5,886	10,38	20,77
6,000	1,506	3,209	5,020	8,285	15,63
8,000	1,412	2,787	4,266	7,078	14,09
10,000	1,356	2,480	3,626	5,722	11,08
15,000	1,260	2,044	2,810	4,169	7,675

Çizelge 4.30 (devam)

Enerji (MeV)	5				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,035	1,057	1,066	1,081	1,118
0,020	1,044	1,080	1,093	1,113	1,157
0,030	1,145	1,231	1,267	1,323	1,428
0,040	1,573	1,988	2,078	2,191	2,369
0,050	2,509	4,618	5,193	5,580	6,059
0,060	3,796	10,06	12,80	14,00	14,39
0,080	5,011	25,43	52,40	90,12	90,73
0,100	4,557	42,05	161,3	687,0	1509
0,150	4,240	41,63	180,4	1028	4294
0,200	3,365	37,51	191,3	1274	4916
0,300	2,984	27,84	127,8	789,8	3445
0,400	2,688	22,02	92,53	504,8	1920
0,500	2,499	18,16	70,12	343,0	1196
0,600	2,372	15,55	55,51	244,2	772,7
0,800	2,227	12,21	37,81	138,9	392,9
1,000	2,100	10,27	29,19	94,27	228,0
1,500	1,946	7,571	18,01	47,53	108,4
2,000	1,839	6,221	13,37	31,35	67,82
3,000	1,710	4,808	9,046	18,21	37,09
4,000	1,623	4,050	7,033	13,03	26,17
5,000	1,559	3,572	5,878	10,34	20,64
6,000	1,503	3,218	5,059	8,376	15,65
8,000	1,416	2,789	4,252	7,023	14,01
10,000	1,358	2,489	3,641	5,740	11,03
15,000	1,262	2,052	2,819	4,168	7,604

Çizelge 4.30 (devam)

Enerji (MeV)	6				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,002	1,003	1,003	1,004	1,005
0,020	1,017	1,016	1,016	1,017	1,018
0,030	0,937	0,907	0,897	0,879	0,839
0,040	0,831	0,798	0,787	0,767	0,725
0,050	0,416	0,169	0,096	0,001	0,188
0,060	0,373	0,362	0,354	0,347	0,327
0,080	0,751	0,775	0,780	0,783	0,783
0,100	1,828	1,623	1,105	8,459	1175
0,150	4,447	6,307	6,544	6,758	7,091
0,200	3,933	14,91	26,32	41,84	55,67
0,300	3,271	19,35	56,17	192,5	626,4
0,400	3,056	14,62	35,38	94,45	254,7
0,500	3,109	10,01	16,81	26,60	40,51
0,600	2,527	12,64	34,07	106,2	305,5
0,800	2,227	10,40	27,83	86,60	247,1
1,000	2,159	9,198	22,80	64,34	169,2
1,500	1,940	7,311	16,98	44,11	105,6
2,000	1,838	6,088	12,94	30,68	74,12
3,000	1,694	4,756	9,011	18,47	39,29
4,000	1,606	4,000	7,007	13,27	27,92
5,000	1,538	3,470	5,705	10,19	22,06
6,000	1,468	3,123	4,984	8,536	17,16
8,000	1,377	2,676	4,137	7,103	15,66
10,000	1,309	2,370	3,565	5,980	12,97
15,000	1,230	1,919	2,621	4,040	9,315

Çizelge 4.30 (devam)

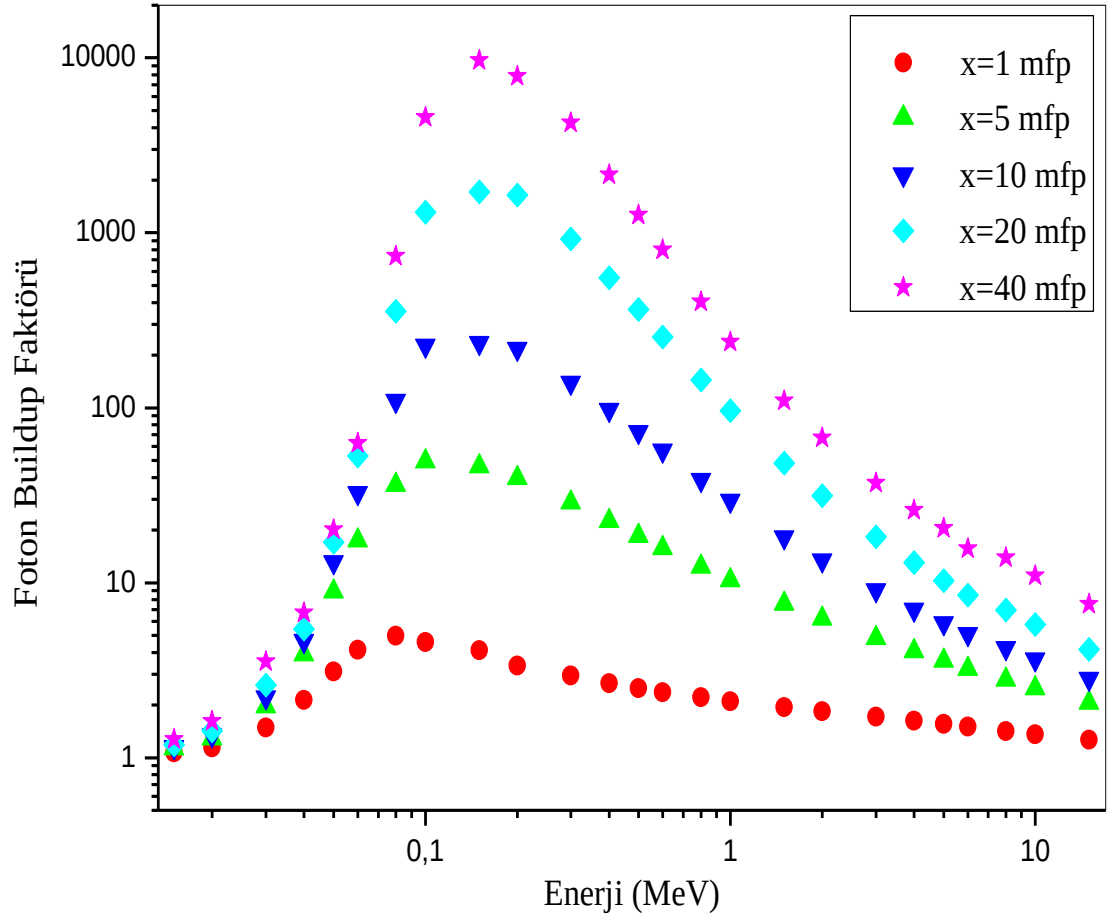
Enerji (MeV)	7				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	0,981	0,971	0,968	0,961	0,945
0,020	0,905	0,846	0,826	0,795	0,731
0,030	0,671	0,577	0,546	0,504	0,440
0,040	0,753	0,744	0,744	0,741	0,735
0,050	1,620	1,767	1,779	1,797	1,824
0,060	3,260	4,383	4,458	4,534	4,646
0,080	5,054	13,25	15,74	16,06	15,64
0,100	4,510	31,32	87,01	209,7	213,0
0,150	4,483	33,37	104,9	350,9	703,5
0,200	3,365	33,77	151,4	790,1	2047
0,300	3,063	25,99	107,3	569,9	2152
0,400	2,726	21,08	83,28	418,1	1497
0,500	2,521	17,56	64,98	302,8	1049
0,600	2,377	15,15	52,72	225,3	713,4
0,800	2,242	11,97	36,09	128,9	369,6
1,000	2,095	10,19	28,72	90,95	211,2
1,500	1,960	7,521	17,61	45,62	104,8
2,000	1,843	6,191	13,23	31,02	69,09
3,000	1,712	4,795	8,989	18,08	37,38
4,000	1,615	4,037	7,051	13,22	27,04
5,000	1,548	3,562	5,915	10,54	21,20
6,000	1,514	3,172	4,873	7,944	15,48
8,000	1,397	2,776	4,310	7,260	14,30
10,000	1,350	2,450	3,571	5,656	11,26
15,000	1,250	2,016	2,780	4,171	7,931

Çizelge 4.30 (devam)

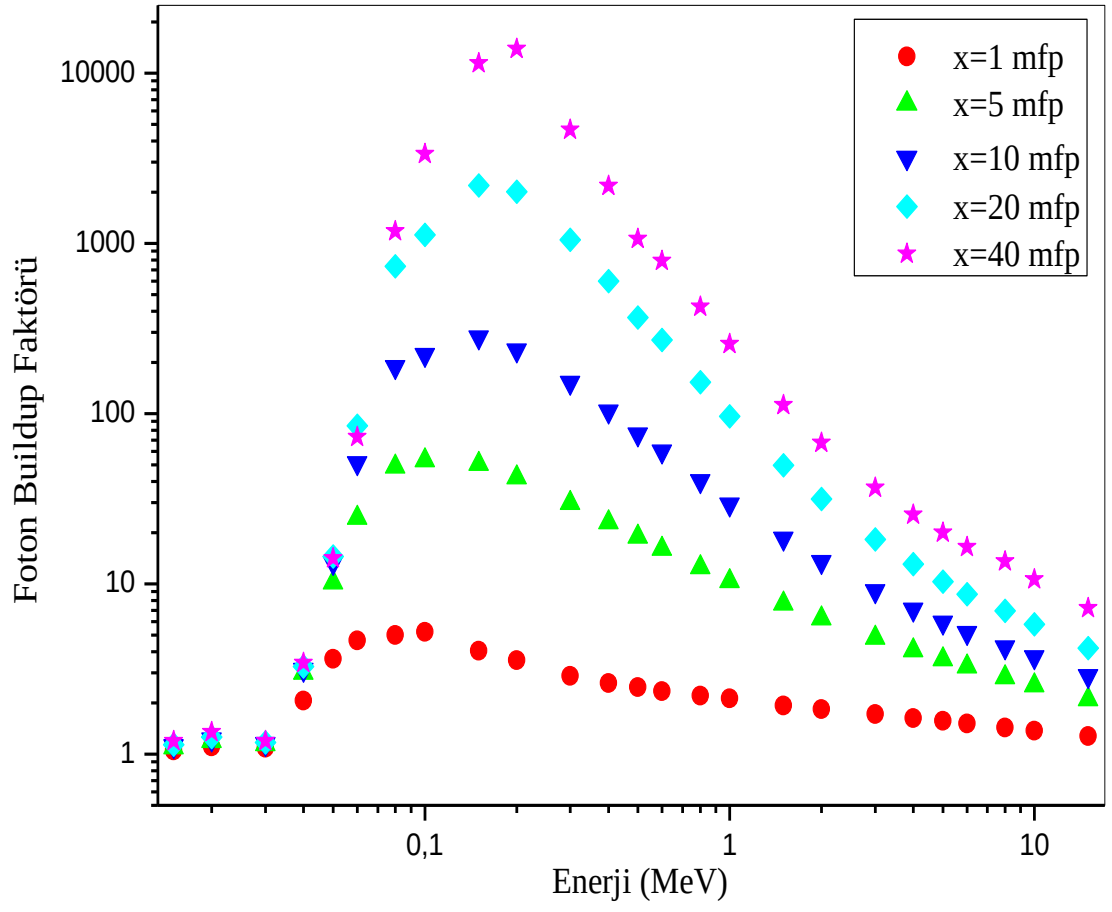
Enerji (MeV)	8				
	x=1	x=5	x=10	x=20	x=40
0,015	1,018	1,029	1,033	1,040	1,058
0,020	1,001	1,001	1,001	1,002	1,002
0,030	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997
0,040	1,324	1,474	1,500	1,536	1,593
0,050	2,243	3,417	3,620	3,791	4,027
0,060	3,637	7,761	8,790	9,178	9,521
0,080	5,024	21,15	36,10	48,05	43,20
0,100	4,543	38,66	135,3	489,8	847,6
0,150	4,312	39,17	155,3	766,9	2641
0,200	3,365	36,37	178,6	1108	3807
0,300	3,008	27,30	121,5	720,0	3025
0,400	2,699	21,74	89,73	478,0	1790
0,500	2,505	17,99	68,57	330,8	1153
0,600	2,373	15,43	54,66	238,4	755,1
0,800	2,232	12,14	37,29	135,9	386,2
1,000	2,098	10,25	29,04	93,26	222,8
1,500	1,951	7,555	17,88	46,92	107,3
2,000	1,840	6,211	13,33	31,24	68,25
3,000	1,710	4,804	9,026	18,16	37,19
4,000	1,620	4,046	7,039	13,10	26,46
5,000	1,555	3,569	5,891	10,40	20,84
6,000	1,507	3,203	4,997	8,232	15,62
8,000	1,409	2,785	4,273	7,108	14,13
10,000	1,355	2,475	3,617	5,711	11,11
15,000	1,258	2,039	2,806	4,169	7,715

Çizelge 4.31. 17,48, 19,61 ve 59,54 keV enerjili x-ve gama ışını tepeleri altında kalan alanların rölatif standart sapması (RSD).

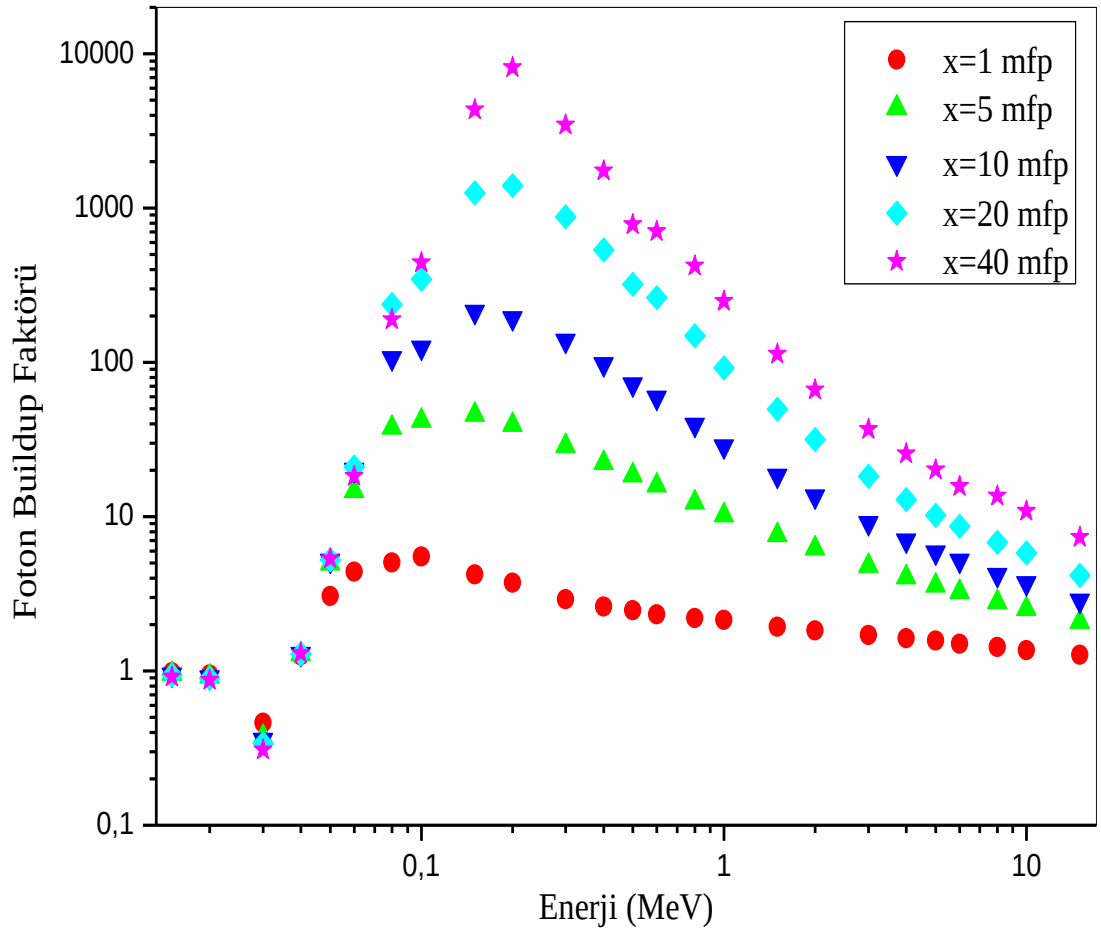
	17,48 keV	19,61 keV	59,54 keV
	1 numune/10 ölçüm RSD (%)	1 numune/10 ölçüm RSD (%)	1 numune/10 ölçüm RSD (%)
Seri I	0,12	0,22	0,32
Seri II	0,18	0,32	0,30
Seri III	0,15	0,24	0,28
Seri IV	0,22	0,18	0,24
Seri V	0,18	0,25	0,31



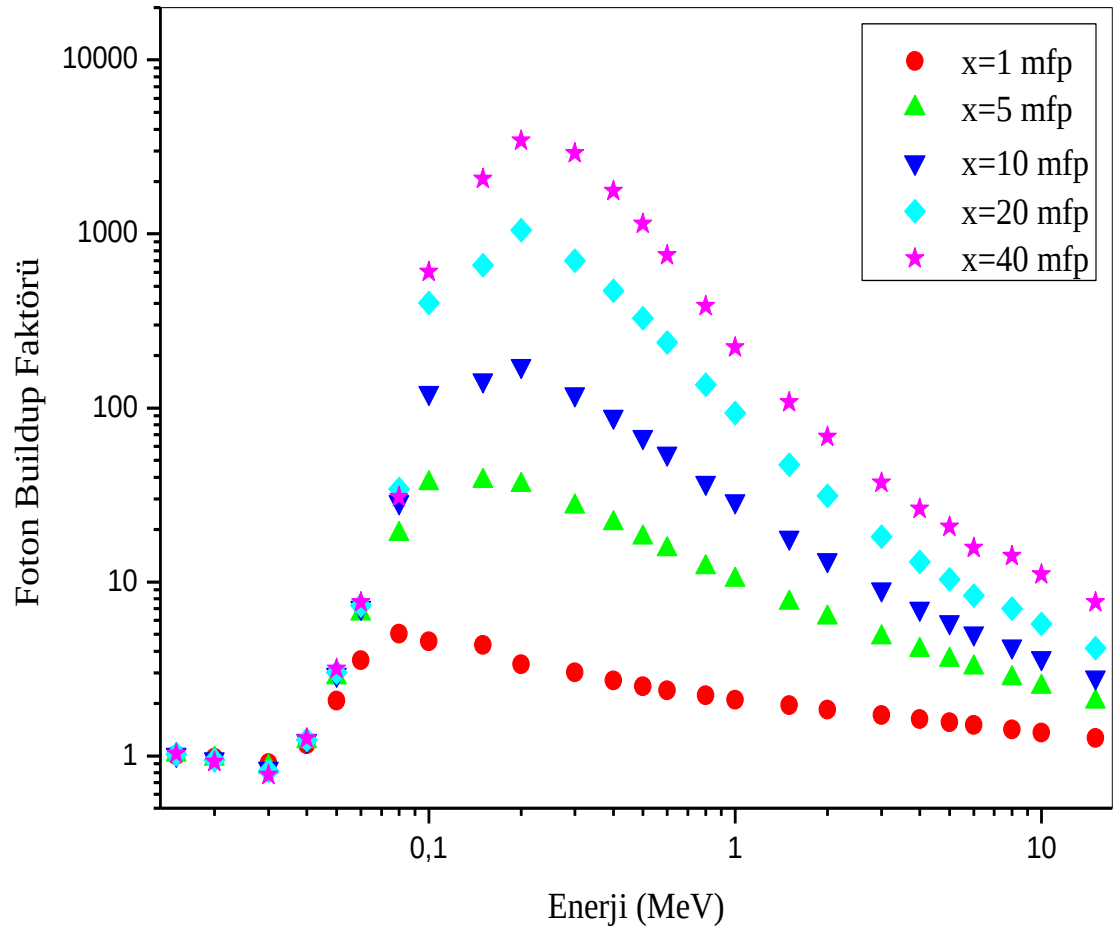
Şekil 4.1. Seri I-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.



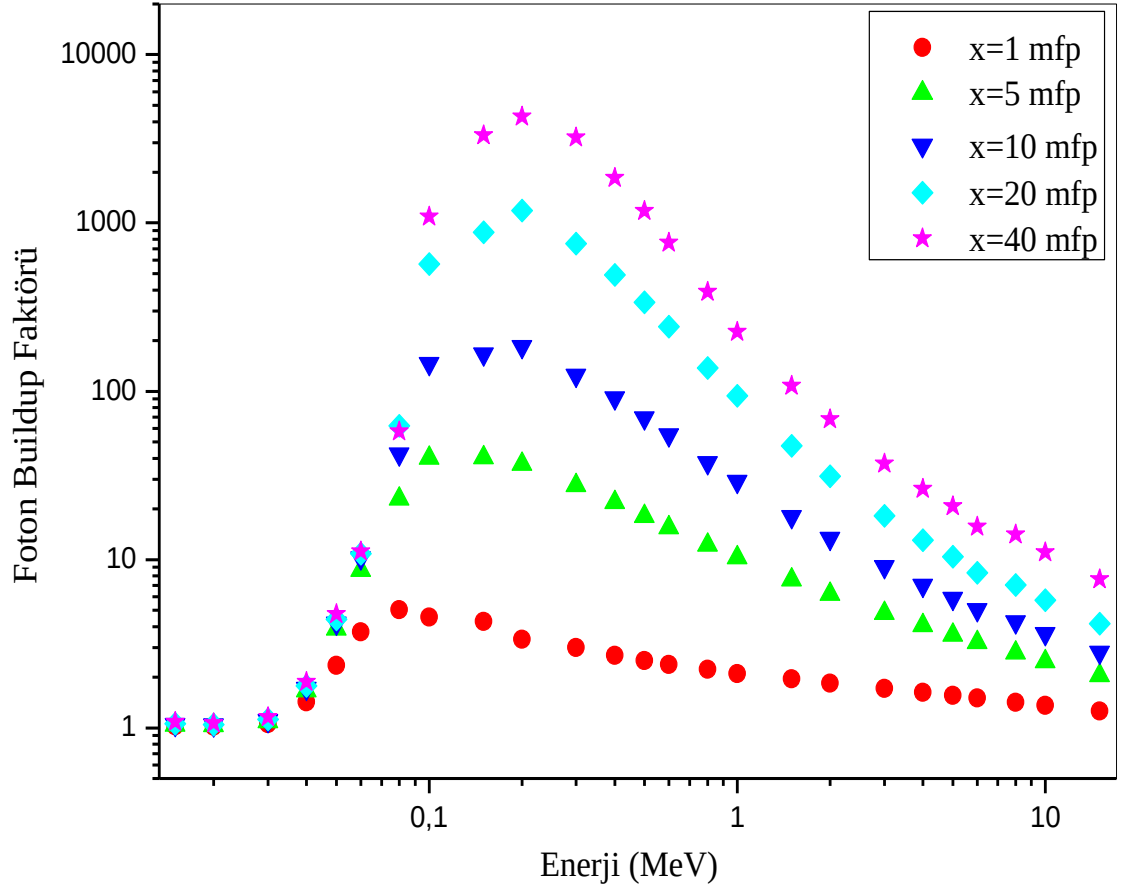
Şekil 4.2. Seri II-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.



Şekil 4.3. Seri III-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.



Şekil 4.4. Seri IV-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.



Şekil 4.5. Seri V-1 numaralı bileşik için foton buildup faktörünün enerjiyle değişimi.

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında bazı potansiyel biyoaktif bileşiklerin kütle soğurma katsayıları, etkin atom numaraları, elektron yoğunluklarını ve atomik tesir kesitleri deneysel ve teorik olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu bileşiklerin foton buildup faktörleri teorik olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar çizelgeler halinde sunulmuştur.

Bileşiklerin buildup faktörleri hesaplanırken öncelikle WinXCom programı yardımıyla R ($\sigma_{\text{comp}}/\sigma_{\text{total}}$) değerleri hesaplandı. Daha sonra $1 \leq Z \leq 56$ olan elementler için R ($\sigma_{\text{comp}}/\sigma_{\text{total}}$) değerleri hesaplanarak bir veri havuzu oluşturuldu. İncelenen bileşiğin R ($\sigma_{\text{comp}}/\sigma_{\text{total}}$) değerine alt ve üst sınırdan en yakın elementlerin R ($\sigma_{\text{comp}}/\sigma_{\text{total}}$) değerleri seçilerek bunlar R_1 ve R_2 olarak belirlendi. Seçilen elementlerin atom numaraları da kullanılarak (2.14) bağıntısından (Z_{eq}) değerleri bulundu. ANSI-ANS 6.4.3 standart referans veri tabanından çeşitli elementlere (Be, B, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Ar, K, Ca, Fe, Cu, Mo, Sn, La, Gd, W, Pb ve U) ait G-P fit parametreleri bulunup, (2.15) bağıntısından faydalanarak incelenen her bir bileşik için G-P fit parametreleri (a, b, c, d, X_k) hesaplandı. Burada ($a_1, b_1, c_1, d_1, X_{k1}$) ve ($a_2, b_2, c_2, d_2, X_{k2}$) olarak R_1 ve R_2 değerleri için seçilen elementlere ait G-P fit parametre değerleri kullanıldı. Bulunan bu değerler vasıtasıyla (2.18) denklemi kullanılarak ve nüfuz derinliğine bağlı olarak foton enerji soğurma faktörü ($K(E,x)$) hesaplandı. Burada $K=1$ için (2.17) denklemi ve $K \neq 1$ için (2.16) denklemi kullanılarak foton buildup faktörü ($B(E,x)$) hesaplandı.

İncelenen bileşiklerin kütle soğurma katsayısı, etkin atom numarası, atomik tesir kesitleri ve elektron yoğunluklarının deneysel olarak belirlenmesinde yapılan hata, spektrumdaki gama ve x-ışını piklerinin altındaki alanların değerlendirilmesinden (%2,1-%7,0), kütle kalınlığı ölçümlerinden (%1,5-%3,9) ve istatistik hatalardan (<%1) kaynaklanmaktadır. Deneysel parametreleri etkileyen toplam hata (%2,8-%8,1) arasındadır.

Çizelge 4.6-4.10'da görüldüğü üzere tüm biyoaktif bileşiklerin deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları birbirleri ile uyumludur. Bileşiklerin kütle soğurma katsayıları artan enerji ile azalmaktadır. Hafif elementlerden müteşekkil bileşik içerisindeki ağır elementlerin varlığı deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları arasında farklara sebebe olmaktadır. Bunun sebebi kütle soğurma katsayısının yüksek olduğu 0,01 MeV-0,5 MeV enerji aralığında fotoelektrik olayın baskın olmasındandır.

Çizelge 4.7'den görüldüğü üzere kütle soğurma katsayılarının enerjiyle değişiminde özellikle 5 numaralı (yüksek Z'li) bileşik için önemli değişimler gözlemlenmektedir. Tüm enerji bölgesinde kütle soğurma katsayılarının en büyük değerleri bu bileşik için elde edilmiştir. Ayrıca 13,40, 14,96 ve 17,48 keV enerjilerde kütle soğurma katsayısı artan foton enerjisiyle azalmaktadır. Aril grubu C_6H_5 , 4- $CH_3C_6H_4$, 4- FC_6H_4 ve 4- $NO_2C_6H_4$ olarak seçildiğinde μ_m değerleri birbirlerine yakın çıkmıştır. Benzer eğilim 4- ClC_6H_4 ve $C_4H_3S(2-il)$ aril gruplarının bağlı bulunduğu bileşiklerde de gözlemlenmektedir. Birbirinin biyoisosteri olan 4- ClC_6H_4 ve $C_4H_3S(2-il)$ aril grupları radyasyon soğurma açısından yer değiştirmiş gibidir. Bu durum fenil halkasının tiyofenil halkası ile yer değiştirmiş olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Bu tez çalışmasında incelenen potansiyel biyoaktif bileşiklerin etkin atom numaraları Çizelge 4.11-4.15'te verilmiştir. Deneysel ve teorik verilerin birbirleriyle uyumlu olduğu çizelgelerde görülmektedir. Çizelge 4.1-4.5'te bileşiklerin ortalama atom numaraları görülmektedir. Çizelge 4.1-4.5 ve 4.6-4.10 karşılaştırıldığında, medikal onkolojide ilaç adayı yeni bileşikler geliştirilirken bileşiklerin etkin atom numaralarının belirlenmesinin daha önemli olduğunu sonucu çıkarılabilir. Ayrıca radyoterapi uygulamalarında kullanılacak bileşik için etkin atom numarasının enerjiye bağımlılığının dikkate alınması gerekir. Bileşiklerin etkin atom numaralarının uygulanan foton enerjisiyle üstel olarak azaldığı çizelgelerden görülmektedir. Etkin atom numarası fotoelektrik olayın baskın olduğu enerji aralığında daha baskındır. Çizelge 4.16-4.20'de bileşiklerin atomik tesir kesitleri verilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü üzere yapıya bir C_6H_5 aril grubunun katılması fotonun atomla etkileşme ihtimalini azaltırken ağır bir elementin (Br gibi) katılması etkileşme ihtimalini

artırmaktadır. Bu ağır elementler için fotoelektrik etkinin baskın olması ve atomik tesir kesitlerinin de kütle soğurma katsayısıyla orantılı olmasından kaynaklanmaktadır. Bileşiğin birim kütlesindeki elektron sayısını gösteren elektron yoğunluklarının verildiği Çizelge 4.21-4.25'te görüldüğü üzere ağır elementin katıldığı ve dolayısıyla atomik kütle arttığı bileşikler için elektron yoğunluğu artmaktadır.

Bu çalışmada sentezlenen bileşiklerin medikal onkolojide ilaç adayı olabilmeleri (teşhis ve terapi amaçlı) veya doku eşdeğeri malzeme yapımında kullanılabilmesi için foton buildup faktörlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında ilgilenilen bileşiklerin $x=1, 5, 10, 20$ ve 40 mfp penetrasyon derinliği ve $0,015-15$ MeV enerji aralığı için buildup faktörleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.26-4.30'da görüldüğü üzere buildup faktörleri penetrasyon derinliğinin artmasıyla artmakta ve ortalama $50-1000$ keV enerji aralığında baskın olmaktadır (Şekil 4.1-4.5). Buildup faktörleri için oluşturulan bu çizelge değerlerinin literatüre sitotoksik (antikanser) etkili yeni bileşikler geliştiriliyorken fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

Potansiyel biyoaktif bileşiklerin radyasyon parametreleri belirlenirken kullanılan deney sisteminin güvenilirliğini test etmek amacıyla yapılan çoklu ölçümler ve hesaplanan RSD değerleri Çizelge 4.31'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere, bir numunenin 10 kez ölçümden elde edilen RSD değerleri küçüktür. Bu hem kullanılan spektrumların hassasiyetinin çok iyi olduğunu hem de numune hazırlamadan kaynaklanan belirsizliğin makul bir seviyede olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Adıgüzel, S., 2013, Bazı termolüminesans dozimetrik bileşiklerin ve aminoasitlerin 0,015-15 Mev enerji aralığında kütle ve enerji soğurma katsayıları, etkin atom numaraları, atomik ve elektronik tesir kesitleri ve foton kuvvetlendirme faktörlerinin incelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Adnan, A. Bekhit., Hayam, M., A. Ashour., Alaa el-dina, Bekhit., Hamdy, M. Abdelrahman., Salma, A. Bekhit., 2009, Synthesis of some pyrazolyl benzenesulfonamide derivatives as dual anti-inflammatory antimicrobial agents, *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, February, 24(1), 296–309.
- ANSI/ANS-6.4.3. 1991, Gama ray attenuation coefficient and buildup factors for engineering materials, American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois.
- Blicke, F.F., 1942, Mannich Reaction. In: Adams R (ed). *Organic Reactions*. 1st ed. New York, John Wiley and Sons, 303-341.
- Chaturvedi, S.C., Patnaik, G.K., Dhawan, B.N., and Dixit, V.K., 1985, Local anaesthetic activity of some para substituted acetophenone Mannich Bases, *Indian Pharmac.*, 155-157.
- Craig, P.N., 1984, QSAR-Origins and present status: A historical perspective. *Drug Information Journal*, 18, 123-130.
- Davioud-Charvet, E., McLeish, MJ., Veine, D.M., Giegel, D., Arscott, L.D., Andricopulo, A.D., Becker, K., Muller, S., Schirmer, R.H., Williams, C.H., Kenyon, G.L., 2003, Mechanism-based inactivation of thioredoxin reductase from *Plasmodium falciparum* by Mannich bases. Implication for cytotoxicity, *Biochemistry*, 42, 13319-13330.
- Debertin, K. and Helmer, R.G. 1988, *Gamma and X-ray spectrometry with semiconductor detectors*, Elsevier Science Publishers, 94-97, New York, U.S.A.
- Demir, D., Turşucu, A, 2012, Studies on mass attenuation coefficient, mass energy absorption coefficient and kerma of some vitamins, *Annals of Nuclear Energy*, 48, 17-20.
- Gerward, L., Guilbert, N., Jensen, K.B., Leving, H., 2004, WinXCom, A program for calculating X-ray attenuation coefficients. *Radiation Physics and Chemistry*, 71, 653-654.
- Gu, H., Guo, Y., Shi, Z., 2006, Covert Mannich reaction via carbon transfer, *Synthetic Communications*, 36, 3335-3338.
- Gul, H.I., Ojanen, T., Vepsäläinen, J., Gul, M., Erciyas, E., Hanninen, O., 2001, Antifungal activity of some mono, bis and quaternary Mannich bases derived from acetophenone, *Arzneimittelforschung*, 51, 72-75.
- Gul, H.I., Sahin, F., Gul, M., Ozturk, S., Yerdelen, K.O., 2005, Evaluation of antimicrobial activities of several mannich bases and their derivatives, 338, 335-338.
- Hanning, E., 1952, 2-piperidinoethyl 4-propoxyphenyl ketone HCl as local anaesthetic, *Arzneimittelforsch.*, 2, 232-235.

- Hansch, C., 1981, The physicochemical approach to drug design and discovery (QSAR). *Drug Development Research*, 1, 267-309.
- Harima, Y., 1983, An approximation of gamma ray buildup factors by modified geometrical progression. *Nucl. Sci. Eng.*, 83, 299-309.
- Harima, Y., Sakamoto, Y., Tanaka, S., Kawai, M., 1986. Validity of the Geometric-progression Formula in Approximating Gamma-Ray Buildup Factors. *Nuclear Science and Engineering*, 94, 24-35.
- Kandepu, N.M., 1999, Mannich bases of chalcones and cyclohexanones as candidate cytotoxic agents. *Pharmacy. Thesis PhD*, Ottawa, University of Saskatchewan.
- Kumar, S.T.V.S.K., Sharma, V.L., Kumar, M., Shukla, P.K., Tiwari, P., Jain, R.K., Maikhuri, J.P., Singh, D., Guptac, G., Singhc, M.M., 2006, Synthesis of benzenepropanamine analogues as non-detergent spermicides with antitrichomonas and anticandida activities, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 14, 6593–6600.
- Kurudirek, M., 2011, Bazı çoklu element yapıdaki maddelerin foton etkileşimi, foton enerji soğurması, foton kuvvetlendirme faktörü ve hızlı nötron azaltma tesir kesitleri açısından incelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi, 135 s.
- Küçük, N., Manohara, S.R., Hanagodimath, S.M., Gerward L., 2013, Modeling of gamma ray energy-absorption buildup factors for thermoluminescent dosimetric materials using multilayer perceptron neural network: A comparative study. *Radiation Physics and Chemistry*, 86, 10-22.
- Mannich, C., Krosche, W., 1912, Ueber ein kondensations produkt aus formaldehyd, ammoniak und antipyrin, *Archiv der Pharmazie*, 250, 647–667.
- Mannich, C., Lammerinc, D., 1922, Synthesis of β -ketobases from aliphatic, aromatic ketones, formaldehyde and secondary amines, *Chem*, 55, 3510.
- Manohara, S.R., Hanagodimath, S.M., Gerward L., 2008, Studies on effective atomic number, electron density and kerma for some fatty acids and carbohydrates, *Phys. Med.Biol.*, 53, N377-N386
- Manohara, S.R., Hanagodimath, S.M., Gerward L., 2010, Energy absorption buildup factors for thermoluminescent dosimetric materials and their tissue equivalence, *Radiat. Phys. Chem.*, 79, 575-582.
- Manohara, S.R., Hanagodimath, S.M., Thind, K.S., Gerward, L., 2008, On the effective atomic number and electron density: A comprehensive set of formulas for all types of materials and energies above 1 keV, *Nucl.Inst.Meth.B*, 266, 3906-3912.
- Maron, M.J., 1987. *Numerial analysis: A practical approach*. Macmillan, New York.
- Mete, E., Gul, H.I., Canturk, P., Topcu, Z., Pandit, B., Gul, M., Li, P.K., 2010a, Biological activity of 1-aryl-3-phenethylamino-1-propanone hydrochlorides and 3-aroyle-4-aryl-1-phenethyl-4-piperidinols on PC-3 cells and DNA topoisomerase I enzyme, *Z Naturforsch C. Nov-Dec*, 65 (11-12), 647-52.
- Mete, E., Ozelgul, C., Kazaz, C., et al., 2010b, Synthesis and Antifungal Activity of 1-Aryl-3-phenethylamino-1-propanone Hydrochlorides and 3-Aroyle-4-aryl-1-phenethyl-4-piperidinols, *Archiv der pharmazie*, 343, 291-300. DOI: 10.1002/ardp.200900136 Published: MAY.
- Murty, R.C., Nageswara, A.S.R., Krishna, R.G., 1999, Z-dependence of photon interactions in simulated materials, *Appl. Rad. and Isot.*, 51, 335-339.

- Murty, V.R.K., Winkoun, D.P., Devan, K.R.S., 2000, Effective atomic numbers for W/Cu alloy using transmission experiments, *Appl. Rad. and Isot.*, 53, 945-948.
- Nayak, G., N., Vijaya, M.G., Siddappa K., 2001, Effective atomic numbers of some polymers and other materials for photoelectric process at 59.54 keV, *Radiat. Phys. Chem.*, 61, 559-561.
- Pawan, K.S., Navneet C., Pawan K., Chetan S., Kamal R.A., 2011, Synthesis and biological evaluation of some 4-functionalized-pyrazoles as antimicrobial agents, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 46, 1425-1432.
- Shivaramu, Vijayakumar R., Rajasekaran L., Ramamurthy N., 2001, Effective atomic numbers for photon energy absorption of some low-Z substances of dosimetric interest. *Radiat. Phys. Chem.*, 62, 371-377.
- Sidhu, S.B., Dhaliwal, A.S. , Mann, K.S., Kahlon K.S., 2012, Study of mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities for some low Z compounds of dosimetry interest at 59.54 keV incident photon energy, *Annals of Nuclear Energy*, 42, 153-157.
- Turşucu, A., 2012, Atom numarası $21 \leq Z \leq 71$ arasında olan nadir toprak elementler ve oksitli bileşiklerinin etkin atom numaralarının gama ışınlarının saçılması ve soğurulmasından faydalanılarak bulunması. Atatürk Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Tute, M.S., 1990, History and Objectives of Quantitative Drug Design. In: Hansch C, Sammes P.G., Taylor J.B. (eds). *Comprehensive Medicinal Chemistry*, 1st ed. New York, Pergamon Press, 1-31.
- Vashishtha, S.C., Dimmock, J.R., Manavathu, E.K., 1998, Antifungal activity of some quaternary ammonium salts of 4-(2-arylvinyl)-3-(3-aryl-2-propenoyl)-1-ethyl-4-piperidinols and related compounds, *Pharmazie*, 53(7), 499-500.
- Zauggr, H.E., Michaelsh, J., Glennl, J., Swett, R., Freifelderg, M., Stone, G.R., Weston, A., 1958, W. Tertiary Carbinols of the Piperazine Series. I., 80, 2763-2768.

ÖZGEÇMİŞ

Erzurum’da doğan Zeynep GEDİK ilk öğrenimini Kültür Kurumu İlkokulu’nda, orta öğrenimini Sabancı Orta Okulu’nda tamamladı. Lise eğitimini yabancı dil ağırlıklı Nenehatun Kız Lisesi’nde tamamladı. 2007 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi (Fizik Öğretmenliği) Anabilim Dalı’nda Tezsiz Yüksek Lisans’ı tamamladı. 2011-2012 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Atom ve Molekül Fiziği Anabilim Dalı’nda başladığı Yüksek Lisans eğitimini Aralık-2013’te tamamladı.