

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI FOTON ENERJİLERİNDE BAZI MoCu
ALAŞIMLARININ RADYASYON SOĞURMA
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Serkan BİLGİÇ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuba AKKUŞ

FİZİK
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2020
Her Hakkı Saklıdır.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Farklı Foton Enerjilerinde Bazı MoCu Alaşımlarının Radyasyon Soğurma Parametrelerinin Belirlenmesi” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim.10/07/2020

(imza)

Serkan BİLGİÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI FOTON ENERJİLERİNDE BAZI MoCu ALAŞIMLARININ RADYASYON SOĞURMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Serkan BİLGİÇ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuba AKKUŞ

Alaşımalar, çeşitli fiziksel özelliklere sahip oldukları için teknolojinin gelişiminde önemli yere sahiptirler. Alaşımaların kullanıldığı uygulamaların geliştirilmesine fayda sağlamak için alaşımların radyasyon soğurma parametrelerinin bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki Mo_xCu_{1-x} ($x=0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımlarının bazı soğurma parametreleri (kütle soğurma katsayısı, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası, elektron yoğunluğu) 59,54-661,62 keV enerji aralığında bir HpGe yarıiletken katıhal dedektörü kullanılarak deneysel olarak hesaplandı. Ayrıca karışım kuralı dikkate alınarak WinXCOM programından teorik kütle soğurma katsayıları hesaplandı. Elde edilen teorik kütle soğurma katsayıları kullanılarak da diğer soğurma parametreleri teorik olarak elde edildi.

2020, 59 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Atomik tesir kesiti, Elektronik tesir kesiti, Etkin atom numarası, Etkin elektron yoğunluğu, Kütle soğurma katsayısı, MoCu alaşımları

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION of RADIATION ABSORPTION PARAMETERS of SOME MoCu ALLOYS in DIFFERENT PHOTON ENERGIES

Serkan BİLGİÇ

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Tuba AKKUŞ

Alloys have an important place in the development of technology as they have various physical properties. It is important to know the radiation absorption parameters of the alloys in order to benefit from the development of applications where alloys are used. In this study, some absorption parameters (mass attenuation coefficient, atomic and electronic cross sections, effective atomic number, electron density) of $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x=0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ and 0.7) alloys of different concentrations was calculated using a HpGe semiconductor solid-state detector in the 59.54-661.62 keV energy range experimentally. In addition, theoretical mass attenuation coefficients have been calculated by means of mixture rule from the WinXCOM program. Other absorption parameters were obtained theoretically by using the obtained theoretical mass attenuation coefficients.

2020, 59 Pages

Keywords: Atomic cross section, Electronic cross section, Effective atomic number, Effective electron density, Mass attenuation coefficient, MoCu alloys.

TEŞEKKÜR

Sunmuş olduğum bu yüksek lisans tez çalışması; Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuba AKKUŞ'un yöneticiliğinde hazırlanmıştır. Bu tez çalışmasının planlanması ve yürütülmesi sırasında her konuda desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuba AKKUŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel ölçümlerin alınmasında yardımını esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Demet YILMAZ'a teşekkür ederim.

Çalışmadaki numunelerin tedarik edilmesine olanak sağlayan Atatürk Üniversitesi'ne ve Fen Fakültesi Fizik Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Lütfü DEMİR'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince desteğini, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen Sayın Dr. Mine UĞURLU'ya, katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışma sırasında yine her türlü desteği benden esirgemeyen aileme ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

Serkan BİLGİÇ

Temmuz, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. KURAMSAL TEMELLER	9
3.1. Alaşım	9
3.2. Çekirdek Kararlılığı.....	10
3.2.1. Beta Bozunması.....	11
3.2.2. Pozitron Yayınlanması	11
3.2.3. Elektron Yakalanması	11
3.2.4. Alfa Bozunması.....	11
3.2.5. Gama Işınması.....	12
3.3. Gama Işınlarnın Madde ile Etkileşimi	12
3.3.1. Fotoelektrik olay	13
3.3.2. Compton saçılması	14
3.3.3. Çift oluşum.....	15
3.4. Lineer Soğurma Katsayısı	16
3.5. Kütle Soğurma Katsayısı.....	17
3.6. Atomik Tesir Kesiti	17
3.7. Elektronik Tesir Kesiti	18
3.8. Etkin Atom Numarası.....	18
3.9. Etkin Elektron Numarası	18
4. MATERYAL ve YÖNTEM	19
4.1. X-Işını Floresans Spektroskopisi (XRF)	19

4.2. Enerji Ayırmalı X-ışını Spektrometresi (EDXRF)	21
4.3. HPGe Dedektörlerin Çalışma Prensibi.....	22
4.4. Sayma Sistemi	22
4.5. Numunelerin Hazırlanması	23
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	26
6. SONUÇLAR.....	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ.....	60



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Alfa bozunmasını ve beta bozunmasını müteakiben gözlenen gama ışınlarının yayınlanması.....	12
Şekil 3.2. Fotoelektrik olayın gösterimi.....	13
Şekil 3.3. Compton saçılması.....	14
Şekil 3.4. Elektron-pozitron çifti oluşumu.....	16
Şekil 4.1. Tipik bir X-ışını flöresans düzeneği	19
Şekil 4.2. Enerji ayırmalı X-ışını spektrometresi çalışma prensibi	21
Şekil 4.3. Deney Geometrisi	23
Şekil 5.1. 59,54 keV'de $Mo_{0,5}Cu_{0,5}$ numunesi için elde edilen soğurma spektrumu.....	26
Şekil 5.2. 661,661 keV'de $Mo_{0,3}Cu_{0,7}$ numunesi için elde edilen soğurma spektrumu...	27
Şekil 5.3. 59,54 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının için Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	29
Şekil 5.4. 80,99 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	29
Şekil 5.5. 276,39 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	30
Şekil 5.6. 302,85 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	30
Şekil 5.7. 356 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	31
Şekil 5.8. 383,85 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	31
Şekil 5.9. 661,661 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	32
Şekil 5.10. 59,54 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	34
Şekil 5.11. 80,99 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.	34
Şekil 5.12. 276,39 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.	35
Şekil 5.13. 302,85 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	35
Şekil 5.14. 356 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	36

Şekil 5.15. 383,85 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	36
Şekil 5.16. 661,661 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	37
Şekil 5.17. 59,54 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	39
Şekil 5.18. 80,99 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.	39
Şekil 5.19. 276,39 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.	40
Şekil 5.20. 302,85 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	40
Şekil 5.21. 356 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	41
Şekil 5.22. 383,35 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	41
Şekil 5.23. 661,661 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	42
Şekil 5.24. 59,54 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	44
Şekil 5.25. 80,99 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	44
Şekil 5.26. 276,39 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	45
Şekil 5.27. 302,85 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	45
Şekil 5.28. 356 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	46
Şekil 5.29. 383,85 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	46
Şekil 5.30. 661,661 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	47
Şekil 5.31. 59,54 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	49
Şekil 5.32. 80,99 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	49
Şekil 5.34. 276,39 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	50
Şekil 5.35. 302,85 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	50

Şekil 5.36. 356 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	51
Şekil 5.37. 383,85 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	51
Şekil 5.38. 661,661 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi	52



TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Radyoaktif kaynakların bazı özellikleri ve kullanılan foton enerjileri	23
Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan numunelerin kütle, çap ve kütle kalınlık değerleri.....	24
Tablo 4.3. Mo ve Cu metallerinin temel özellikleri	25
Tablo 4.4. Mo ve Cu metallerinin teknik özellikleri	25
Tablo 5.1. Mo, Cu ve MoCu alaşımlarının kütle soğurma katsayıları (μ_m)	28
Tablo 5.2. Mo, Cu ve MoCu alaşımlarının atomik tesir kesitleri (σ_a).....	33
Tablo 5.3. Mo, Cu ve MoCu alaşımlarının elektronik tesir kesitleri (σ_e).....	38
Tablo 5.4. MoCu alaşımlarının etkin atom numaraları (Z_{eff}).....	38
Tablo 5.5. MoCu alaşımlarının elektron yoğunlukları (N_{eff})	48

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

A_i	Alaşımı Oluşturan i. Elementin Atomik Kütlesi
C	Işık Hızı
Cm	Santimetre
E	Elektronun Yüğü
E_b	Elektronun Bağlanma Enerjisi
E_+	Pozitronun Enerjisi
E_-	Elektronun Enerjisi
E_k	Elektronun Kinetik Enerjisi
E_{nuc}	Geri Tepen Çekirdeğin Enerjisi
f_i	i. Elementin Kısmi Bolluğu
H	Planck Sabiti
$h\nu$	Gelen Fotonun Enerjisi
I	Radyasyonun Soğurucudan Geçtikten Sonraki Şiddeti
I_0	Gelen Radyasyonun Şiddeti
keV	Kilo Elektron Volt
M	Metre
MeV	Mega Elektron Volt
m_0	Elektronun Durgun Kütlesi
M_T	Atomik Kütle
N_A	Avagadro Sayısı
N_e	Etkin Elektron Sayısı
n_i	i. Elementin Ağırlıkça Yüzdesi
T	Numune Kalınlığı
Z	Atom Numarası
γ	Gama Parçacığı
σ	Tesir Kesiti
σ_a	Toplam Atomik Tesir Kesiti
σ_e	Toplam Elektronik Tesir Kesiti
μ	Lineer Soğurma Katsayısı
μ_m	Kütle Soğurma Katsayısı
α	Alfa Parçacığı
$\Delta\lambda$	Compton Kayması
μCi	Mikro Curie

Kısaltmalar

ADC	Analog Dijital Dönüştürücü
EDXRF	Enerji Ayırmalı X-Işını Floresans Spektrometresi
FWHM	Yarı Maksimumdaki Tam Genişlik (Full Width at Half Maximum)
HpGe	High Purity Germanium
XRF	X-ışını Floresansı



1. GİRİŞ

Alaşımaların modern teknolojinin gelişmesindeki önemi gün geçtikçe artmaktadır. Metal alaşımları çeşitli fiziksel özelliklere sahip olmasından dolayı sensörlerde, manyetik kayıt ve hafıza cihazlarında, elektronik devrelerde ısı kontrolünde, dayanıklılık ve düşük direnç ve yüksek geçirgenlik gibi özelliklerinden dolayı elektronik sanayide, korozyona karşı yüksek mukavemetten dolayı yapı sanayide vb. birçok uygulama alanlarında kullanılmaktadırlar. Alaşımların kullanıldığı uygulamaların geliştirilmesine fayda sağlamak için alaşımların radyasyon soğurma parametrelerinin bilinmesi önemlidir.

MoCu alaşımları, molibden ve bakır arasındaki küçük yoğunluk farkı, düşük ısı iletkenliği, molibdenin düşük erime noktası ve molibdenin sertliğinden dolayı elektronik paketleme cihazlarında, ısı emici malzemelerde, vakum teknolojisinde, havacılıkta ve diğer birçok uygulama alanında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. MoCu alaşımları hem Mo hem Cu özelliğine sahiptir ve birbirini tamamlayabilirler. Bu nedenle, MoCu alaşımları iyi kapsamlı özellikler göstermektedirler (Li vd., 2013, Song vd., 2009). Metalurjik toz MoCu alaşımları, yüksek termal ve elektriksel iletkenlik, düşük ve değiştirilebilir termal genleşme katsayısı, düşük kütle, manyetik olmayan ve yüksek sıcaklık davranışı gibi mükemmel fiziksel ve elektronik özelliklere sahiptirler (Amirjan vd., 2009, Tian vd., 2010, Zhou vd., 2010).

Homojen mikro yapılı yüksek yoğunluklu MoCu malzemeleri elde etmek için, ultra ince ve kaynaklanmış MoCu kompozit tozlarının birçok farklı şekilde hazırlanabileceği bilinmektedir örneğin spreyle kurutma ve indirgeme işlemi, elektriksiz kaplama tekniği ve mekanik alaşımlama işlemi gibi (Wang vd., 2008, Martinez vd.,2007). Ancak bu metotlar karmaşık deneysel prosedürleri içerir bu yüzden son zamanlarda çökeltme ve jelatinleştirme gibi bazı kimyasal yollarla MoCu tozları yüksek saflıkta ve mükemmel sinterleme performansı ile sentezlenmeye çalışılmaktadır (Shie vd., 2007, Hwang vd., 2001).

Radyasyon soğurma parametreleri temel fizik ve birçok uygulamalı alanda çok önemlidirler. Çeşitli malzemelerde fotonlar için elde edilen μ değerleri nükleer ve radyasyon fiziği, radyasyon dozimetri, radyografi, spektrometri, kristolografi, biyoloji, medikal, ziraat, çevresel ve endüstriyel gibi birçok alanda gereklidirler.

Son zamanlarda, teknoloji uzmanları, tıbbi uygulamalarda ve nükleer reaktörlerde gama radyasyonu zırhlama malzemesi olarak gelişmiş performansla sahip kurşun ve beton gibi geleneksel malzemeler yerine yeni gama radyasyon zırhlama malzemeleri geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu amaçla, paslanmaz çelik ve karbon çeliği gibi alaşımlar bugünlerde çok dikkat çekmektedir. Bu tür alaşımlardaki ön sonuçlar, geleneksel zırhlama malzemelerine kıyasla gama ışınlarını daha iyi soğurdukları gözlemlenmiştir (Sayyed vd., 2019).

Literatürde soğurma parametrelerinin farklı foton enerjilerinde ve farklı malzemeler için incelenmiştir. Alaşımların soğurma parametreleri ile ilgili çalışmalar oldukça azdır. Bu yüzden bu çalışmada MoCu alaşımlarının soğurma parametreleri incelenecektir.

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmada bazı MoCu alaşımlarının soğurma parametreleri (kütle soğurma katsayıları, atomik tesir kesitleri, elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve etkin elektron sayıları) farklı foton enerjilerinde deneysel olarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar teorik sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

El-Rahman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, numune kalınlığının, bazı bileşiklerin ve elementlerin kütle soğurma katsayılarına etkisini 59,54, 661,6 ve 1332,5 keV enerjilerinde araştırmışlardır. Seçilen bu malzemelerde kütle soğurma katsayısı değerlerinin 3 ortalama serbest yola kadar teorik değerlerle iyi bir uyum içinde sabit kaldığını ve daha sonra Cu, Pb ve Hg için kütle soğuma katsayısı değerlerinin, soğurucu kalınlığındaki artışla azaldığını gözlemlemişlerdir. (El-Rahman vd., 2000).

Angelona ve arkadaşları 2001 yılında yaptıkları çalışmalarında 22 saf elementin kütle soğurma katsayılarını HpGe dedektör kullanarak 13 ile 50 keV enerji aralığında hesaplamışlardır ve elde ettikleri sonuçları XCOM değerleri ile karşılaştırmışlardır (Angelona vd., 2001).

Seven ve arkadaşları 2004 yılında yaptıkları çalışmalarında Si(Li) dedektör kullanarak Co, Cu, Ni elementlerinin ve CoCu, CoCuNi alaşımlarının toplam kütle soğurma katsayılarını 11,88, 13,93, 17,59, 21,09 ve 26,00 keV enerjide hesaplamışlardır. Elde ettikleri deneysel sonuçları alaşımlar için beklenen değerlerle karşılaştırmışlardır (Seven vd., 2004).

Gowda ve arkadaşları. yaptıkları çalışmada bazı dozimetrik bileşiklerin kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını 200 ile 1500 keV enerji aralığında hesaplamışlardır (Gowda vd., 2004).

İçelli ve Erzeneoğlu 2004 yılında yaptıkları çalışmada bazı vanadyum ve nikel bileşiklerinin kütle soğurma katsayılarını Si(Li) dedektör kullanarak 15,746 ile 40,930 keV aralığında deneysel olarak hesaplamışlar ve elde ettikleri sonuçları WinXcom programından elde edilen teorik sonuçlarla karşılaştırmışlardır (İçelli ve Erzeneoğlu, 2004).

Salinas ve arkadaşları 2006 yılında yaptıkları çalışmada altı farklı inşaat malzemesi için 50-3000 keV enerji aralığında kütle soğurma katsayılarını yirmi bir farklı enerjide hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda 100-3000 keV enerji aralığında inşaat malzemeleri arasında fazla bir farklılık gözlemlememişlerdir. 100 keV altındaki

enerjilerde malzemeler arasında belirgin farklılıklar olduğunu gözlemlemiştir (Salina vd., 2006).

Turgut ve arkadaşlarının 2007 yılında yaptıkları çalışmada bazı Cr, Co ve Fe bileşiklerinin kütle soğurma katsayılarını ikincil uyarı kaynak kullanarak 4,508-14,142 keV enerji aralığında Si(Li) dedektör kullanarak deneysel olarak hesaplamışlardır. Karışım kuralı kullanılarak elde edilen teorik sonuçlarla deneysel sonuçların yakın olduğunu gözlemlemiştir (Turgut vd., 2007).

Harada ve arkadaşları, Ge ve BGO ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) kristallerinin kütle soğurma katsayılarını 10 MeV enerjide yüksek çözünürlüklü yüksek enerji foton spektrometresini kullanarak hesaplamışlardır (Harada vd., 2008).

Özdemir ve Kurudirek yaptıkları çalışmada yirmi bir farklı bileşik için 59,54 keV enerjili gama ışınlarını kullanarak kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını Si(Li) dedektör kullanarak hesaplamışlardır. Elde ettikleri deneysel sonuçlar WinXcom programından elde edilen teorik sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Ayrıca etkin atom numaralarını Hine tarafından elde edilen farklı bir yaklaşımla da karşılaştırmışlardır (Özdemir ve Kurudirek 2009).

Han ve Demir yaptıkları çalışmada bazı TiCo ve CoCu alaşımlarının kütle soğurma katsayılarını ve elde edilen kütle soğurma katsayılarını kullanarak etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını 22,1, 25,0, 59,5 ve 88,0 keV gama enerjilerinde hesaplamışlardır (Han ve Demir, 2009).

Morabad ve Kerur 2010 yılında yaptıkları çalışmada Hindistan'da ilaç olarak kullanılan bazı bitkilerin kütle soğurma katsayılarını NaI(Tl) dedektör kullanarak 8-32 keV enerji aralığında hesaplamışlar ve kütle soğurma katsayılarının enerji ile liner olarak değiştiğini gözlemlemiştir (Morabad ve Kerur 2010).

Önder ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptıkları çalışmada bazı termoluminesans dozimetrik bileşiklerin 8,09-661,66 keV enerji aralığında kütle soğurma katsayılarını, etkin atom sayılarını ve elektron yoğunluklarını HpGe dedektör kullanarak deneysel olarak hesaplamışlardır (Önder vd., 2012).

Demir ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bazı vitaminlerin soğurma parametreleri 30,82-1408,01 keV enerji aralığında NaI dedektör kullanarak hesaplamışlardır (Demir vd., 2012).

Demir ve Turşucu yaptıkları çalışmada bazı FeCr ve FeNi alaşımların etkin atom numaralarını koherent/kompton saçılma şiddet oranını kullanarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada atom numarası $4 \leq Z \leq 82$ aralığında olan saf numuneler için koherent/kompton saçılma oranını elde etmişlerdir. Daha sonra aynı deney geometrisinde alaşımlar için ölçümler almışlardır. Saf numuneler için elde ettikleri eğriyi kullanarak alaşımların etkin atom numaralarını farklı bir metotla hesaplamışlardır (Demir ve Turşucu, 2013).

Büyük yaptığı çalışmada ticari olarak kullanılan bazı paslanmaz çeliklerin ve bazı bor çeliklerinin lineer ve kütle soğurma katsayılarını Cs-137 ve Co-60 radyoaktif kaynaklarını kullanarak hesaplamıştır. Bazı paslanmaz çeliklerin ve bor çeliklerinin kurşun yerine zırhlama uygulamalarında kullanılabileceğini göstermiştir (Büyük, 2014).

Akça ve Erzeneoğlu yaptıkları çalışmada biyomedikal öneme sahip bazı element ve bileşiklerin soğurma parametrelerini 59,54 keV enerjide incelemişlerdir. Elde edilen deneysel sonuçları FFAST ve WinXCom programından elde edilen teorik sonuçlarla karşılaştırmışlardır (Akça ve Erzeneoğlu, 2015).

Akman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bazı samaryum bileşiklerinin soğurma parametrelerini 36,847-57,142 keV enerji aralığında hesaplamışlardır. Bu çalışmada ikincil uyarıcı kaynak olarak Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho ve Er elementlerinin K X-ışınlarını kullanmışlardır (Akman vd., 2015).

Demir yaptığı çalışmada NaI ve CdTe dedektörlerini kullanarak beş farklı kaynak-numune uzaklığında H₂O, PbO ve selüloz için kütle soğurma katsayılarını 59,54 keV enerjide hesaplamıştır (Demir, 2015).

Yılmaz ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmada bazı demir alaşımlarının soğurma parametrelerini 17,44-51,70 keV enerji aralığında hesaplamışlardır (Yılmaz vd., 2015).

Degrelle ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Monte Carlo simülasyon tekniğini kullanarak kimyasal bileşeni bilinmeyen numunelerin 59,54 keV enerjide kütle soğurma katsayılarını hesaplamışlardır (Degrelle vd., 2016).

Yılmaz ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 3d geçiş elementlerinin bazı bileşikleri için kütle soğurma katsayılarını ve etkin atom numaralarını 19,63 and 22,10 keV enerjide HPGe dedektör kullanarak hesaplamışlardır (Yılmaz vd., 2016).

Waly ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Microshield kodu kullanılarak zırhlama malzemesi olarak kullanılan bazı oksitli cam malzemelerin 0,015-15 MeV enerji aralığında kütle soğurma katsayıları ve yarı kalınlık değerleri hesaplanmıştır (Waly vd., 2016).

Gjorgieva ve Barandovski yaptıkları çalışmada Co, Ba ve Cs radyoaktif kaynaklarını kullanarak Al, Cu ve Pb için kütle soğurma katsayılarını 81-1333 keV enerji aralığında hesaplamışlardır (Gjorgieva ve Barandovski, 2016).

Chaiphaksa ve arkadaşları, GAGG:Ce ve CaMoO₄ sintilatörleri için kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını farklı sekiz enerjide Compton saçılma tekniğini kullanarak hesaplamışlar ve elde edilen deneysel sonuçların WinXcom'dan elde edilen teorik sonuçlarla uyum içinde olduğunu gözlemlemişlerdir (Chaiphaksa vd., 2016).

Yılmaz ve Şimşek yaptıkları çalışmada MgB₂ ve %2 bor nitrit katkılı MgB₂ süper iletkenleri için kütle soğurma katsayılarını 8,04-59,5 keV enerji aralığında HpGe dedektör kullanarak hesaplamışlardır. Bor nitrit katkılı süper iletkenlerin kütle soğurma katsayılarının daha büyük olduğunu gözlemlemişlerdir (Yılmaz ve Şimşek, 2017).

Gaikwad ve arkadaşları bazı enzimlerin, proteinlerin, amino asitlerin ve bazı yağ asitlerin 122, 356, 511, 662, 1170, 1275 ve 1330 keV enerjide kütle soğurma katsayılarını NaI dedektör kullanarak hesaplamışlardır (Gaikwad vd., 2017).

Işıklı ve Oto yaptıkları çalışmada on dört biokimyasal bileşiğin bazı soğurma parametrelerini 1 keV-100 GeV enerji aralığında WinXcom programını kullanarak hesaplamışlardır (Işıklı ve Oto, 2017).

Mirji ve Lobo yaptıkları çalışmada bazı sentetik polimerlerin kütle soğurma katsayılarını 14,4 - 1332 keV enerji aralığında ikinci ve üçüncü dereceden polinomal denklemlerle hesaplamışlardır. Düşük foton enerjilerinde üçüncü dereceden denklemlerin daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir (Mirji ve Lobo, 2017).

Tonguç ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bazı biyomoleküllerin soğurma parametrelerini Geant4 simülasyon kodunu kullanarak 1 keV-100 MeV enerji aralığında hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuçları XCOM sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Orta ve yüksek enerji bölgelerinde elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğunu ancak 10-150 keV enerji aralığında %20' ye varan farklılıklar olduğunu gözlemlemişlerdir (Tonguc vd., 2018).

Sayyed ve arkadaşları 2018 yılında yaptıkları çalışmada bazı aromatik bitkilerin soğurma parametrelerini 13,92-59,54 keV enerji aralığında deneysel olarak hesaplamışlardır. Deneysel sonuçları Monte Carlo metodu ve WinXcom programından elde edilen teorik sonuçlarla karşılaştırmışlardır (Sayyed vd., 2018).

Akman ve arkadaşları sentezledikleri bazı triazollerin etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını 13,93-59,54 keV enerji aralığında deneysel olarak hesaplamışlardır. Ölçülen parametrelerin foton enerjisine, triazollerin kimyasal bileşenlerine, triazollerdeki atom sayısına bağlı olduklarını tespit etmişlerdir (Akman vd., 2019).

Ogundare ve arkadaşları dizel, gazyağı, hurma ve yer fıstığı yağlarının kütle soğurma katsayılarını 60-1332 keV enerji aralığında NaI dedektör kullanarak deneysel olarak hesaplamışlardır. Gaz yağı, hurma ve yerfıstığı yağları için elde edilen sonuçları arasında büyük farklılıklar olmadığını dizel için elde edilen sonuçların ise diğer yağlardan elde edilen sonuçlardan farklı olduğunu gözlemlemişlerdir (Ogundare vd., 2019).

Tekin ve arkadaşları kobalt oksit ve nikel oksit ihtiva eden on bioaktif camın gama ışını ve nötron soğurma parametrelerini 0,02-20 MeV enerji aralığında MCNPX kodunu kullanarak hesaplamışlardır. Bioaktif camların kütle soğurma katsayılarının metal oksit

miktarına ve foton enerjisine bağlı olarak değiştiğini gözlemlemişlerdir (Tekin vd., 2019).

Sayyed ve arkadaşları yaptıkları çalışmada nükleer tesislerde zırhlama malzemesi olarak kullanılabilir farklı alaşım örnekleri için foton soğurma parametrelerini 80,997-1332,531 keV enerji aralığında hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçlarda $Ta_{97,5}/W_{2,5}$ alaşımının radyasyon zırhlama malzemesi için olarak en iyi alaşım olduğunu tespit etmişlerdir (Sayyed vd., 2019).



3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Alaşım

Bir metale en az bir başka elementin (metal veya ametal) eklenmesi ile elde edilen yeni metal karakterli malzemedir. Alaşımda miktarı fazla olan metale asıl metal adı verilir. Genellikle mühendislik malzemesi olarak kullanılan metalik malzemeler ana metale başka bir element veya birden fazla elementin eklenmesi ile elde edilen metalik alaşımlardır.

Alaşımlar kendilerini oluşturan tüm elementlerden farklı özellikler taşırlar. Alaşımların özellikleri alaşımı oluşturan elementlerin özelliklerine ve oranına göre değişir. Alaşımların bazı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1) Alaşımların yapısında metal olmayan element olsa bile metal karakterlidirler.
- 2) Alaşımlarda her iki metal, hem katı hem de sıvı halinde birbiri içerisinde ergimiştir.
- 3) İki metalden oluşan bir alaşımın erime noktası bu iki metalin erime noktalarından daha düşük, daha büyük ya da tam ara değerde olabilir.
- 4) Genel olarak alaşımlar, kendini teşkil eden maddelerden daha sert ve dayanıklıdır.
- 5) Isı ve elektriği iletirler.
- 6) Bazı alaşımların üzerinde Şekil değişikliği meydana getirilebilir ancak alaşım belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında tekrar eski haline dönebilir.
- 7) Alaşımlar genellikle kendilerini meydana getiren elementlerden daha az aktiftirler.
- 8) Alaşımların bazıları beyazdır. Fakat bakır ve altın gibi renkli madenler yeteri miktarda bulunursa alaşımlar renklidir.

Alaşımlar saf metallere daha iyi mekanik özelliklere sahiptirler. Uygulamada çoğunlukla mekanik özelliklerinin düşüklüğü nedeniyle saf metaller kullanılmaz. Saf metallere kullanım alanları oldukça sınırlıdır. Alaşımlama ile metallere fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini değiştirmek suretiyle elverişli malzemeler üretmek, çok sayıda ve değişik özelliklere sahip metaller geliştirerek ihtiyaçlara cevap vermek,

ısıtıl işlemlere uygun metaller üretmek, malzemelerin maliyetini düşürmek, malzemenin aşınma ve dış şartların yıpratıcı etkilerden korunmasını sağlamak, üstün özelliklere sahip yeni malzemeler elde etmek gibi işlemler amaçlanmaktadır (Uğurlu, 2018).

3.2. Çekirdek Kararlılığı

Doğada kararlı çekirdek sayısı oldukça azdır. Radyoaktivite; kararsız çekirdeklerin radyoaktif ışınlar yaparak kararlı hale geçmeleridir. Bir çekirdeğin kararlı olması, belli sayıda nötrona/proton oranına sahip olmasına bağlıdır. Bu sayıların dışına çıkıldığı zaman, çekirdekler kararsız bir yapı kazanırlar. Kararlı hale gelebilmek için parçalanmış bu tür çekirdekler, radyoaktif çekirdekler olarak bilinirler. Ağır elementlerin çoğu radyoaktif özelliklere sahiptir. Radyoaktif çekirdekler kararlı bir nötron/proton oranına kadar, bozunmaya uğrarlar. Bozunma sürecindeki radyoaktif çekirdekler α , β ve γ radyasyonlarından birini veya birkaçını yayınlamaya, parçalanma yolunu seçerler.

Kararlı izotoplar, kararlılık kuşağı adı verilen dar bir bant üzerinde bulunurlar. Hafif elementlerde ($Z \leq 20$) proton ve nötron sayıları çoğunlukla eşit olduğu halde, ağır elementlerde protondan çok nötron bulunmaktadır ve kararlılık kuşağı sonuna doğru nötron/proton oranı 1,5'a kadar artmaktadır. Protonların sayısı artarsa, aralarındaki itmeyi yenmek için gittikçe daha fazla sayıda nötron bulunması gerektiği açıktır. Kararlılık kuşağı dışındaki çekirdekler kararsızdırlar ve daha kararlı bir nötron/proton (n/p) oranına erişmek için radyoaktif dönüşümlere uğrarlar. Böylece bazı elementlerin niçin radyoaktif parçalanmaya uğrarlar (Erdik ve Sarıkaya, 2014).

Doğada mevcut çekirdeklerden bir kısmı kararsızdır ve radyoaktif ışınlar salarlar. Bunlara doğal radyoaktif çekirdekler, bunların radyoaktif ışın salma olayına da doğal radyoaktivite denir. Doğal radyoaktiviteye iyi bir örnek olarak Uranyum izotopunun parçalanması gösterilebilir. Doğada kararlı olarak yer alan izotoplarda yapay yolla kararsız hale getirilebilirler. Kararlı bazı elementler radyasyona maruz bırakılarak aktif hale getirilir. Aktif hale gelen çekirdek parçalanmaya uğrar. Bu olay yapay radyoaktivite olarak adlandırılır.

Kararlılık kuşağı üstünde bulunan elementler daha kararlı n/p oranına erişmek, yani n/p oranını azaltmak için beta yayınına ya da nötron yayınına yapabilirler. Nötron yayınına çok az rastlanan bir radyoaktif parçalanma türüdür. Kararlılık kuşağı

altında bulunan elementler, daha kararlı n/p oranına ulaşmak yani n/p oranını arttırmak için; pozitron yayımlanması yapabilirler ya da elektron yakalayabilirler.

3.2.1. Beta Bozunması

Beta bozunması kararsız çekirdekten elektron fırlatılması olayıdır. Atom çekirdeğinde elektron bulunmaz. Beta bozunması sırasında kararsız çekirdekteki nötronlardan biri proton ve elektrona parçalanır.



3.2.2. Pozitron Yayımlanması

Pozitron yayımlanması ile pozitron (veya β^+) diye adlandırılan bir pozitif elektron fırlatılır. Pozitronun kütlesi, elektronun kütlesi kadardır, fakat artı bir yüklüdür.



3.2.3. Elektron Yakalanması

Pozitron, yayılmasıyla aynı sonuca ulaşan diğer bir durum da elektron yakalanmasıdır. Çekirdeğe en yakın orbitaldeki elektron, çekirdek tarafından yakalanarak bir proton ile birleşir ve bir nötrona dönüşür. Bu olaya elektron yakalanması denir.

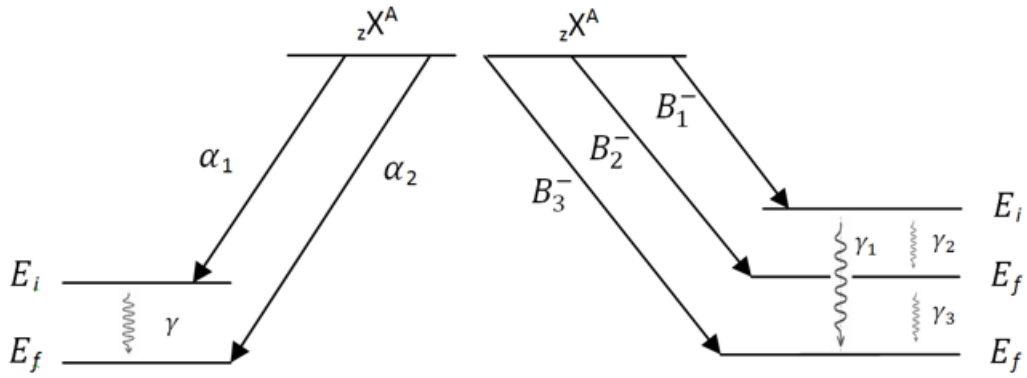


3.2.4. Alfa Bozunması

Atom numaraları büyük olan yani kararlılık kuşağının ötesindeki elementler (ağır elementler), hem proton ve hem de nötron kaybederek α -parçacıkları yayımlarlar. Alfa parçacıkları +2 yüklü He iyonlarıdır. Alfa parçacıkları yayılması, radyoaktif çekirdekten iki proton ve iki nötron atılmasıyla, daha kararlı bir çekirdek oluşması olarak düşünebiliriz. Alfa tanecikleri pozitif yük (+) taşıdıklarından elektrik ve magnetik alanlarda sapmaya uğrarlar.

3.2.5. Gama Işıması

Radyoaktif bozunma esnasında, çekirdeği oluşturan tanecikler tekrar düzenlenir. Taneciklerin çekirdeklerinin enerjileri minimum düzeyde olması gerektiği halde enerjileri daha yüksek olur. Yüksek enerjili bu çekirdeklere uyarılmış çekirdek denir. Uyarılmış çekirdekler gama ışınları yaparak kararlı hale dönüşürler. Gama ışınları, çekirdekte gözlenen Alfa ve beta bozunmalarından farklı olarak çekirdeğin atom ve kütle numaralarında bir değişikliğe neden olmaz. Çok küçük yarı ömre sahiptirler. Çok yüksek girme gücüne sahip elektromanyetik dalgalarıdır. Gama ışınları fazla iyonlaşmaya sebep olmazlar ve elektrik ve manyetik alanda sapmazlar. Gama ışınları tek başına oluşmaz, her hangi bir bozunma veya çekirdek tepkimesi sonucunda oluşur (Şahin, 1999).



Şekil 3.1. Alfa bozunmasını ve beta bozunmasını müteakiben gözlenen gama ışınlarının yayınlanması (Şahin, 1999).

3.3. Gama Işınlının Madde ile Etkileşimi

Gama ışınları madde ile etkileştiğinde enerji kaybederler. Bunu açıklayan birçok olay vardır. Bu olayların hepsi farklı enerjili fotonlar için farklı öneme sahiptirler.

Bir nükleer bozunmada yayınlanan gama ışınları genellikle bir MeV'in kesirinden birkaç MeV'e kadar bir aralıkta enerjiye sahiptirler. Bu enerji aralığında fotonların maddeyle etkileşerek enerji kaybettikleri üç ana olay vardır.

- a) Fotoelektrik Olay
- b) Compton Olayı veya Compton Saçılması
- c) Çift Oluşumu

Bu üç ana olay foton enerjisinin farklı aralıklarında baskınlık gösterir.

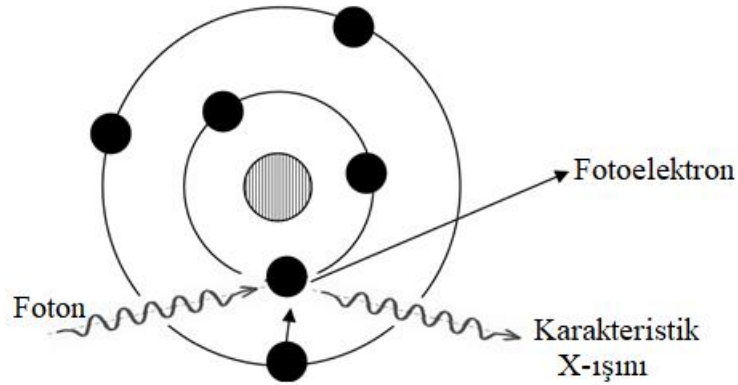
~ 0,01 MeV'den 0,5 MeV'e kadar fotoelektrik olay

~ 0,1 MeV'den 10 MeV'e kadar Compton saçılması

~ 1,02 MeV'den başlayarak artan gama enerjisinde çift oluşumu.

3.3.1. 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 sonucunda meydana gelen elektron boşluğu diğer yörüngelerdeki bir elektronla doldurulur. Bu sırada karakteristik bir X-ışını yayınlanır. 0,5 MeV'den daha küçük enerjili fotonların ağır elementler tarafından soğurulmasında bu olay oldukça önemlidir. Fotoelektrik olay Şekil 3.2'de gösterilmiştir



Şekil 3.2. Fotoelektrik olayın gösterimi

Bu olayda 0,5 MeV'den daha küçük enerjili fotonun enerjisi E_f , elektronun çekirdekten kopabilmesi için gerekli enerji olan bağlanma enerjisi E_b olmak üzere koparılan

elektronun kinetik enerjisi

$$E_f = E_b + E_k \quad (3.4)$$

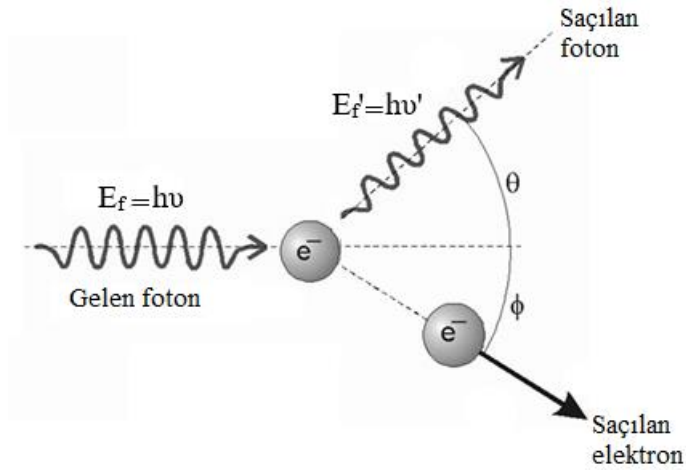
$$h\nu = E_b + E_k \quad (3.5)$$

$$E_k = h\nu - E_b \quad (3.6)$$

bağıntısı ile bulunur. Yani fotonun enerjisinin bir kısmı bağlanma enerjisine bir kısmı da elektrona kazandırılan kinetik enerjiye harcanır. Burada $h=6,626 \times 10^{-34}$ j.s planck sabitidir. ν ise fotonun frekansıdır (Şahin,1999).

3.3.2. 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 3.3'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 aktarır saçılmaya uğrayarak yoluna devam eder.



Şekil 3.3. Compton saçılması

Compton saçılmasında Einstein' in bağıntısı geçerlidir.

$$E_f = E_f' + E_{\bar{e}} \quad (3.7)$$

$$h\nu = h\nu' + E_{\bar{e}} \quad (3.8)$$

Burada E_f gelen fotonun enerjisi, E_f' saçılan fotonun enerjisi, $E_{\bar{e}}$ saçılan elektronun kinetik enerjisidir.

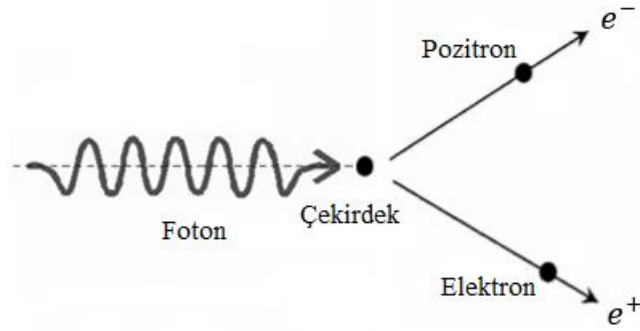
Gelen fotonun dalga boyu λ , saçılan fotonun dalga boyu λ' olmak üzere dalga boyundaki değişim

$$\lambda' - \lambda = \left(\frac{h}{m_0 c} \right) (1 - \cos \theta) \quad (3.9)$$

bağıntısıyla bulunur. Burada m_0 elektronun durgun kütlesi ve c ışığın boşluktaki hızıdır.

3.3.3. Çift oluşum

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. Teorik olarak çift oluşumunun meydana gelebilmesi için, 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 3.4. Elektron-pozitron çifti oluşumu

Çift oluşumu çekirdek alanında gerçekleşmekte ve enerji korunmaktadır. Enerji korunumundan

$$h\nu = 2m_0c^2 + E_+ + E_- + E_{nuc} \quad (3.10)$$

bağıntısıyla yazılır. Burada $h\nu$ gelen fotonun enerjisi, $2m_0c^2$ elektron ve pozitronun toplam durgun kütle enerjisi, E_+ , E_- ve E_{nuc} sırasıyla pozitronun, elektronun ve geri tepen çekirdeğin kinetik enerjisidir. Çekirdeğin kütlesi çok büyük olduğundan kinetik enerjinin çok küçük bir kısmını alır ve böylece E_{nuc} ihmal edilebilir. Bu durumda enerji eşitliği

$$h\nu = 2m_0c^2 + E_+ + E_- \quad (3.11)$$

şeklini alır. Hafif çekirdeklerin alanında da çift oluşumu gerçekleşebilir. Ancak bunun gerçekleşebilmesi için eşik enerjisi yüksek olmalıdır.

3.4. Lineer Soğurma Katsayısı

Kalınlığı olan bir madde üzerine gelen şua, maddeyi geçtikten sonra azalacaktır. I_0 şiddetinde paralel bir elektromanyetik radyasyon demeti t kalınlığında soğurucu bir madde üzerine gönderilirse şiddetteki azalma aşağıdaki gibi ifade edilir. Burada negatif işaret gelen şua şiddetindeki azalmayı gösterir. Bu azalma gelen şua şiddeti ve kalınlıkla doğru orantılı olacaktır. μ 'ye lineer soğurma katsayısı denir. Kısaca birim kalınlık başına düşen soğurma kesri olarak tanımlanır.

$$dI = -\mu I_0 t \quad (3.12)$$

$$\mu = \frac{\ln(I_0/I)}{t} \quad (3.13)$$

3.5. Kütle Soğurma Katsayısı

Kütle soğurma katsayısı birim alanda birim kütle başına düşen azalmayı gösterir. Burada ρ soğuran maddenin yoğunluğu, t 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 katsayısından kütle soğurma katsayısını ölçmek çok daha uygundur.

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu}{\frac{m}{V}} = \frac{\ln(I_0/I)}{\frac{m}{Vt}} = \frac{\ln(I_0/I)}{\frac{m}{At}} = \frac{\ln(I_0/I)}{\frac{m}{A}} \quad (3.14)$$

3.6. Atomik Tesir Kesiti

Tesir kesiti, herhangi bir olayın meydana gelme ihtimaliyetini tanımlayan bir kavramdır. Atom başına düşen toplam foton etkileşim tesir kesiti olan toplam atomik tesir kesiti aşağıdaki formül yardımıyla bulunabilir.

$$\sigma_a = \frac{\mu_m}{N_A} M_T \quad (3.15)$$

Burada M_T atomik kütle ve N_A Avagadro sayısını göstermektedir.

$$M_T = \sum_i n_i A_i \quad (3.16)$$

Burada A_i alaşımı oluşturan i elementinin atomik kütle ve n_i i . elementin ağırlıkça yüzdesini göstermektedir.

3.7. Elektronik Tesir Kesiti

Elektron başına düşen toplam foton etkileşim tesir kesiti olan toplam elektronik tesir kesiti,

$$\sigma_e = \frac{1}{N_A} \sum_i \frac{f_i A_i}{Z_i} \mu_m = \frac{\sigma_a}{Z_{eff}} \quad (3.17)$$

formülü ile ifade edilir. Burada f_i , $f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = 1$ 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.

3.8. Etkin Atom Numarası

Şayet numune bir karışım, bileşik ya da alaşım formunda ise etkin atom numarası (Z_{eff}) 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. Aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$Z_{eff} = \frac{\sigma_a}{\sigma_e} \quad (3.18)$$

3.9. Etkin Elektron Numarası

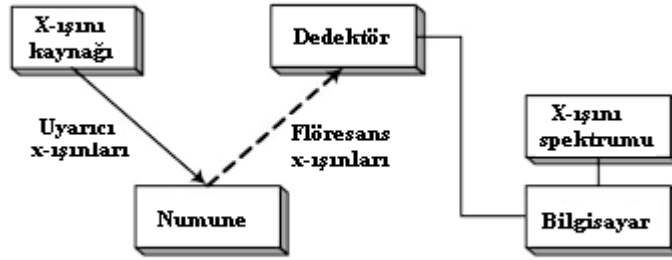
Birim kütle başına düşen elektron sayısı olarak tanımlanan etkin elektron yoğunluğu, etkin atom numarasıyla yakından ilişkilidir.

$$N_{eff} = \frac{N_A}{M_T} Z_{eff} \sum_i n_i = \frac{\mu_m}{\sigma_e} \quad (3.19)$$

4. MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. X-Işını Floresans Spektroskopisi (XRF)

1970'lerden beri birçok analitik problemin çözümünde kullanılan bir tekniktir. XRF değişik formda (katı, sıvı, vs.) numunelerde kalitatif (elementler) ve kantitatif (konsantrasyon) majör, minör ve eser element analizleri için kullanılan hızlı tahribatsız analitik yöntemlerden biridir. Çalışma prensibi, yüksek enerjili X-ışınları (primer X-ışını) ile numune atomlarının uyarılmasının ardından her bir elementin atom numarasına bağlı (Moseley Kanunu) belli enerjili karakteristik fotonların yayınlanmasına (X-ışını floresan) dayanır. Yayınlanan fotonların enerji yada dalga boylarının belirlenmesi ile kalitatif analizler ve yayınlanan karakteristik fotonların sayısının (şiddetinin) belirlenmesi ile kantitatif analizler yapılır. Kısaca X-ışınları kullanılarak elementin kompozisyonu belirlenir. XRF analiz ile atom numarası $Z > 4$ olan herhangi bir elementi belirlemek mümkündür. Tipik bir X-ışını floresans spektrometre, bir primer radyasyon kaynağı (genellikle bir radyoizotop kaynak veya X-ışını tüpü) ve numuneden yayımlanan karakteristik X-ışınlarını saymak için kullanılan bir dedektör ve sayma sisteminden oluşur.



Şekil 4.1. Tipik bir X-ışını floresans düzenneği

XRF'in avantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

1. Analiz süresinin kısa olması
2. Multi-element analizi yapabilme
3. Tahribatsız analiz yapabilme
4. Birkaç miligramdan daha az madde ile kantitatif analiz yapabilme

5. Analizi yapılacak numunenin gaz, katı, sıvı, toz, briket (pellet) ve ince film gibi değişik hallerde ve biçimlerde hazırlanabilme imkanı
6. Hemen hemen periyodik tabloda berilyum ve daha büyük atom numaralı tüm elementlerin analizlerinin yapılabilmesi
7. Yüksek hassasiyetle (0,1 ppm'e kadar) miktar analizlerinin yapılabilmesi
8. Ucuz maliyet ve otomasyonda kolaylık.

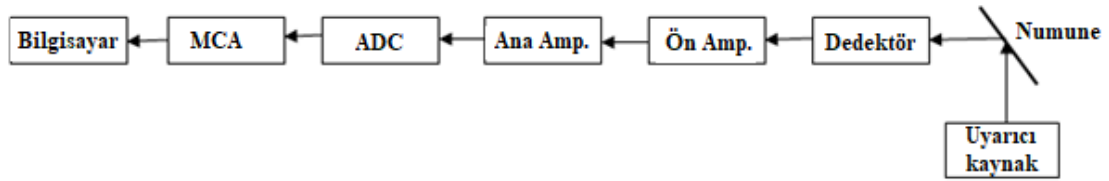
XRF'in kullanım alanlarını şöyle sıralayabiliriz:

1. Atom ve molekül fiziği araştırmalarında
2. Radyasyon fiziği araştırmalarında
3. Ekolojide ağır metallerin ölçümünde
4. Metalurji ve kimya sanayisinde ham maddelerin üretim süreçleri ve kalite kontrollerinde
5. Jeolojide toprak ve minerallerin kalitatif kantitatif analizde
6. Boya sanayisinde kurşun bazlı boyaların analizinde
7. Tarımda tarım ürünlerinin analizinde
8. Yakıt endüstrisinde yakıtlardaki kirlilik miktarını belirlemede
9. Gıda kimyasında gıda maddelerindeki toksit metallerin belirlenmesinde.

X- ışını spektrometreleri iki kısımda incelenmektedir. Enerji dağılımlı spektrometreler (EDXRF) ve dalga boyu dağılımlı spektrometreler (WDXRF). Her iki sistemde de kullanılan dedektörlerin çalışma prensibi elektromanyetik radyasyonun parçacık özelliği ile açıklanabilmektedir. Bu, çarpan fotonun dalga boyu cinsinden değil de enerji cinsinden ifade edilmesinin sebebidir. Dalga boyu ayırmalı sistemlerde kayıpların önemli bir kısmından kristal sorumludur. Bu sorunun üstesinden, büyük şiddette kaynaklar kullanılarak, önemli ölçüde gelinebilir. Dalga boyu ayırmalı sistemlerde enerji ayırmalı sistemlerde olmayan bir kristal mevcuttur. Bu kristal sadece dedekte edici alet olmayıp, bir dispersive alet olarak da görev yapar. Enerji ayırmalı sistemlerin cazip tarafı tam spektrumun aynı zamanda toplanabilirliğidir. Dalga boyu ayırmalı sistemlerde cihazın aksiyonu oldukça sınırlıdır. Enerji ayırmalı sistemlerde sistemin maksimum sayma hızı, tüm spektrum için 30 cps (count per second) olup bu toplanan sayımların toplam sayısını önemli ölçüde sınırlar ki bu da sonuçta hassasiyeti sınırlar (Şahin ve Demir, 2013).

4.2. Enerji Ayırmalı X-ışını Spektrometresi (EDXRF)

Enerji ayırmalı X-ışını spektrometrelerinde X-ışını kaynağı veya radyoaktif kaynaktan yayımlanan radyasyon ile numuneler uyarılır. Numunelerden yayımlanan X-ışınları bir katihal dedektörüne gelir ve enerji ayırıcı çeşitli elektronik devreler yardımıyla çok kanallı analizör ile enerjilerine göre kanallara ayrılarak bilgisayar ekranında görüntülenir. Enerji ayırmalı cihazlarda kullanılan sayma sisteminin şeması Şekil 4.2' de görülmektedir. Sistem ön amplifikatör, ana amplifikatör, analog sayısal dönüştürücü ve çok kanallı analizörden oluşur. Enerji ayırmalı sistemlerin en büyük avantajı spektrometrenin uyarma ve alıcı kısmındaki parçaların basitliği ve hareketsiz oluşudur. Enerji ayırmalı sistemlerde azot soğutmalı veya peltier soğutmalı katihal dedektörleri kullanılmaktadır.



Şekil 4.2. Enerji ayırmalı X-ışını spektrometresi çalışma prensibi

Dedektörde meydana gelen yükleri toplamak için dedektör üzerine uygun yüksek gerilim uygulanmalıdır. Bu gerilim dedektörün cinsine ve boyutlarına bağlı olarak değişebilir. Elektronik gürültüyü minimize etmek için bir alan etkili transistör (FET) olan ön yükselticinin girişi dedektörle aynı tarzda soğutulur. Ön yükseltici, dedektörden gelen yükü gerilim (voltaaj) pulsuna dönüştürür. Ön yükselticiden gelen potansiyel pulsuları ana yükselteçte lineer olarak büyütüldükten sonra ADC'ye gönderir. Analog sayısal dönüştürücü ise yükselticiden gelen analog pulsunu, onun genliğiyle, dolayısıyla X-ışını fotonunun enerjisiyle orantılı bir sayıya çevirir ve çok kanallı analizöre gönderir. Bu sayımlar sonucu sayacın ayırma gücüyle ilgili olarak aynı enerjili karakteristik X-ışını fotonları bir tepe (pik) oluştururlar.

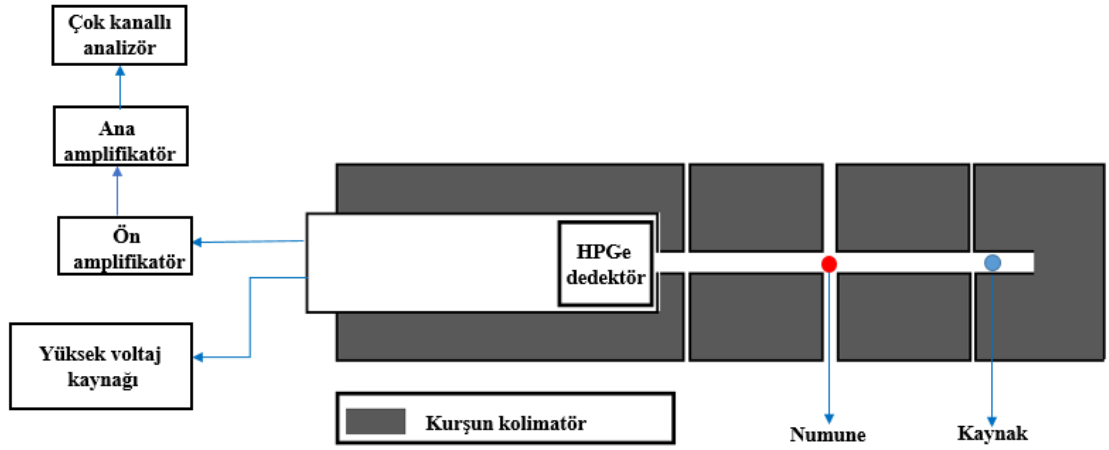
4.3. HPGe Dedektörlerin Çalışma Prensipleri

Yüksek saflıktaki germanyum dedektörleri çoğunlukla nükleer fizikte, gama spektroskopisi ve ayrıca X-ışını spektroskopisinde kullanılırlar. Germanyum dedektörlerinde elektron-hol çifti oluşturmak için gereken enerji 2,9 eV iken silisyum dedektörlerde bu değer 3,6 eV dur. Bu bakımdan radyasyon tespiti için çok daha verimlidirler. Silisyum dedektörler birkaç milimetreden kalın olamazken germanyum dedektörler birkaç santim kalınlıkta olabilirler bu nedenle MeV enerjeye kadar olan gama ışınları için kullanılabilirler. Maksimum verim elde etmek için HPGe dedektörleri çok düşük sıcaklıklarda sıvı azotta (-196 ° C) çalışmalıdır, çünkü oda sıcaklıklarında termal uyarmanın neden olduğu gürültü çok yüksektir.

Yarı iletken dedektörlerin çalışması şu şekilde özetlenebilir. İyonize radyasyon dedektörün hassas hacmine (germanyum kristali) girer ve yarı iletken malzeme ile etkileşime girer. Dedektörden geçen yüksek enerjili foton, yarıiletkenin atomlarını iyonize ederek elektron hol çiftlerini oluşturur. Elektron hol çiftlerinin sayısı, yarıiletkene gelen radyasyonun enerjisi ile orantılıdır. Sonuç olarak, valans bandından iletim bandına bir dizi elektron aktarılır ve valans bandında eşit sayıda hol oluşturulur. Elektrik alanının etkisi altında, elektronlar ve holler elektrotlara gider ve bu da dış devrede ölçülebilen bir sinyal ile sonuçlanır. Bu sinyal gelen radyasyonun enerjisi hakkında bilgi taşır. Ayrıca birim zamanda gelen bu sinyallerin sayısı da radyasyonun şiddeti hakkında bilgi verir.

4.4. Sayma Sistemi

Bu çalışmada kullanılan enerji ayırmalı X-ışını spektrometresinin esas bileşenleri, X-ışını uyarıcı kaynak, HpGe katihal sayacı, ön yükseltici (preamplifier), yükseltici (amplifier), analog sayısal dönüştürücü (ADC), yüksek voltaj kaynağı (high voltage supplier), çok kanallı analizör (MCA), sistemin tüm birimlerini yöneten spektrumları alan ve değerlendirmede kullanılan Genie-2000 programının yüklü olduğu bir bilgisayar ve bilgisayar ile sistemin diğer birimleri arasında interface görevi yapan bir dangedan (software key) oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan HpGe dedektör sıvı azot sıcaklığında (-196 °C) tutulmuştur. MoCu alaşımlarının soğurma parametrelerinin deneysel olarak belirlenmesi için kullanılan deney geometrisi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Deney Geometrisi

Numuneleri uyarmak için Am^{241} , Ba^{133} ve Cs^{137} radyoizotop nokta kaynaklar kullanılmıştır. Bu kaynakların yarı ömürleri, aktiflikleri, kullanılan fotonların enerjileri ve yayınlanma ihtimaliyetleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Radyoaktif kaynakların bazı özellikleri ve kullanılan foton enerjileri

Çekirdek	Yarı ömür (yıl)	Aktivite (μCi)	Foton Enerjileri (keV)	Yayımlanma ihtimaliyeti (%)
Am^{241}	433	11,5	59,54	35,78
			80,99	32,90
			276,39	7,16
Ba^{133}	10,8	11,13	302,85	18,34
			356,01	62,05
			383,85	8,94
Cs^{137}	30,17	10,8	661,661	84,99

4.5. Numunelerin Hazırlanması

Bu tez çalışmasında 10 μm partikül boyutuna sahip Mo ve Cu saf mikro toz metaller kullanılarak Mo_xCu_{1-x} alaşımları ($x=0,30; 0,40; 0,50; 0,60$ ve $0,70$) elde edilmiştir. Mo ve Cu saf mikro metallerinin bazı önemli temel ve karakteristik özellikleri Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de verilmiştir.

MoCu alaşımları elde edilirken mikro metallerin hesaplanan kütleleri, hassasiyeti 10^{-5} g olan hassas terazi ile tartılmıştır. Daha sonra homojen bir karışım elde edebilmek için oval titreşimler yapan bir mikserle 15 dakika karıştırılmıştır. Karışım işleminden sonra 13 mm çapında bir die set ve bir press makinası ile şekillendirilmişlerdir. 13 mm çaplı dairesel numuneler $25^{\circ}\text{C}/\text{dk}$ sıcaklık artış hızı ile sıcaklığı artıp, belirlenen 1000°C sinterleme sıcaklığında 30 dk süre sabit sıcaklıkta sinterlenmiştir. Daha sonra atmosfer basıncında oda sıcaklığında soğutulmuştur. Bu işlemler her bir alaşım için ayrı ayrı tekrarlanmış ve 1000°C tavlama sıcaklığında MoCu alaşımları üretilmiştir.

Bu tez çalışmasında kullanılan numunelerin Mo, Cu saf mikro metalleri ve bu metallere kullanılarak elde edilen alaşımların kütle ve çap değerleri Tablo4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan numunelerin kütle, çap ve kütle kalınlık değerleri

Numuneler	Kütle (g)	ap (mm)	Kütle kalınlığı (g/cm^2)
Cu	1,0011	14,1	0,6411
$\text{Mo}_{0,3}\text{Cu}_{0,7}$	0,46529	12,9	0,3560
$\text{Mo}_{0,4}\text{Cu}_{0,6}$	0,43630	12,9	0,3338
$\text{Mo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}$	0,42072	12,9	0,3219
$\text{Mo}_{0,6}\text{Cu}_{0,4}$	0,42483	12,9	0,3250
$\text{Mo}_{0,7}\text{Cu}_{0,3}$	0,37885	12,9	0,2899
Mo	1,05966	13,0	0,7983

Tablo 4.3. Mo ve Cu metallerinin temel özellikleri

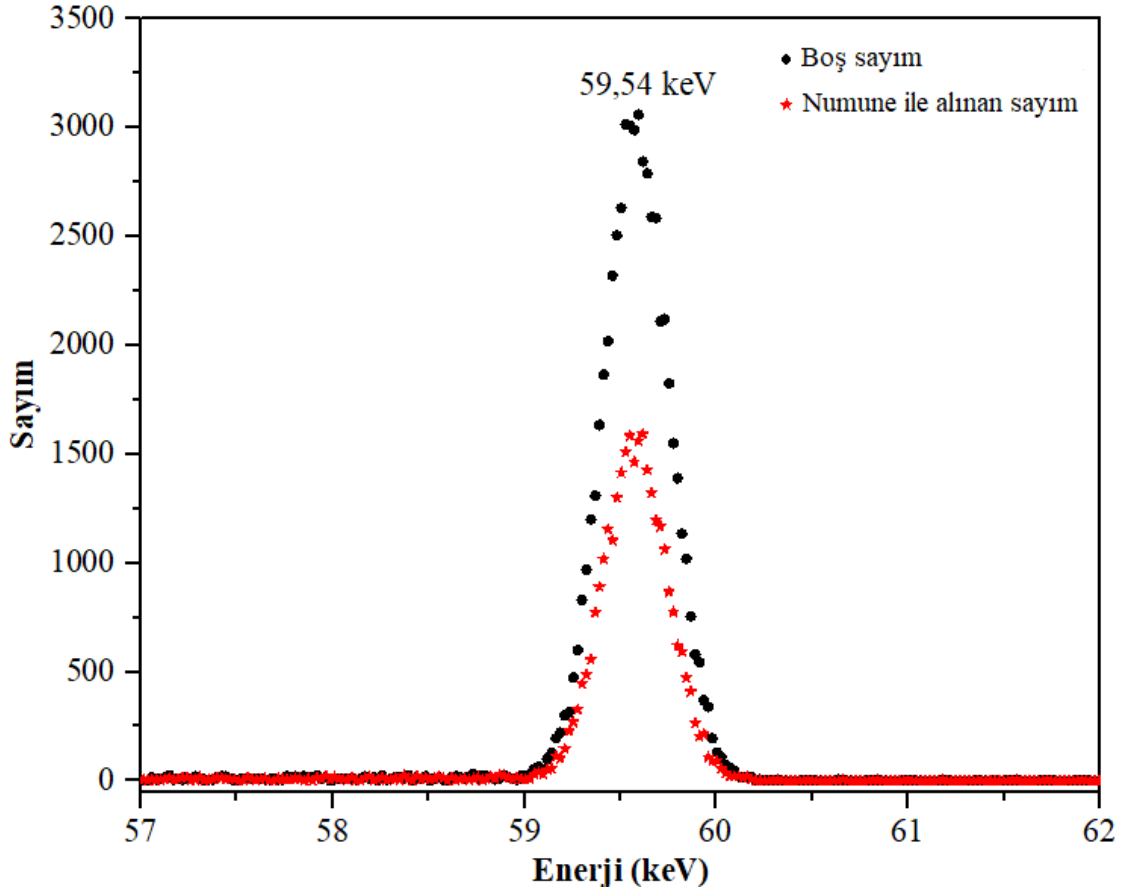
Karakteristik Özellik	Mo	Cu
Atom Numarası	42	29
Atom Ağırlığı	95,95	63,55
Elektron Yapısı	[Ar]4d ⁵ 5s ¹	[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹
Elektronegatifliği	2,16	1,90
Valens değerleri	6	1,2
Erime Noktası (°C)	2623	1084,77
Kaynama Noktası (°C)	4639	2957
Yoğunluk (20°C 'de g/cm ³)	10,28	8,94
Elektriksel Özdirenci (20°C 'de µOhmcm)	5,34	1,673

Tablo 4.4. Mo ve Cu metallerinin teknik özellikleri

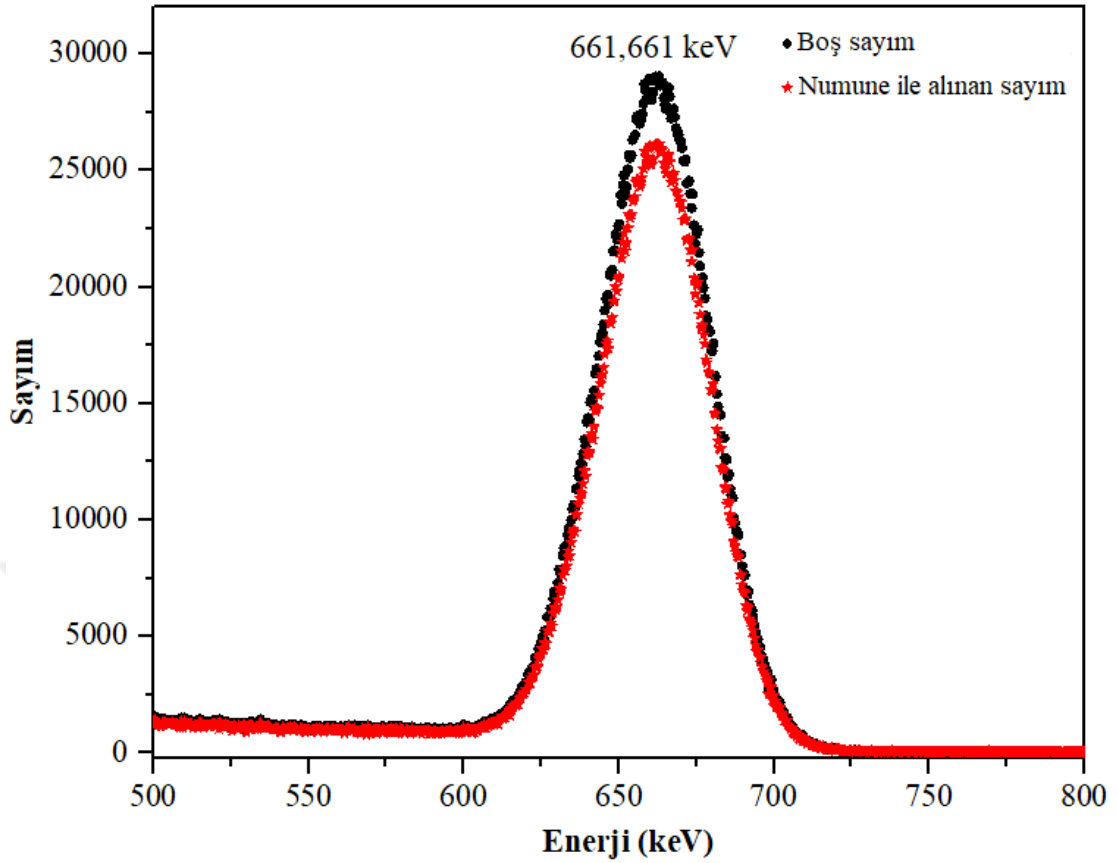
Teknik Özellik	Mo	Cu
Atomik çap (Å)	1,90	1,45
İyonik çap (Å)	1,45	1,35
Kristal çap (Å)	0,79	0,71
Kovalent çap (Å)	1,45	1,38
Morfolojisi	Küresel	Küresel
Ortalama parçacık boyutu (µm)	10	10
Safılık (%)	99,99	99,90
Van der Waals çap (Å)	----	1,40

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada bazı MoCu alaşımlarının soğurma parametreleri (kütle soğurma katsayıları, atomik tesir kesitleri, elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve etkin elektron sayıları) 59,54 - 661,661 keV enerji aralığında deneysel ve WinXCom programı kullanılarak da teorik olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.1'de $\text{Mo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}$ alaşımının 59,54 keV'deki ve Şekil 5.2'de $\text{Mo}_{0,3}\text{Cu}_{0,7}$ alaşımının 661,661 keV'deki soğurma spektrumları verilmiştir.



Şekil 5.1. 59,54 keV'de $\text{Mo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}$ numunesi için elde edilen soğurma spektrumu



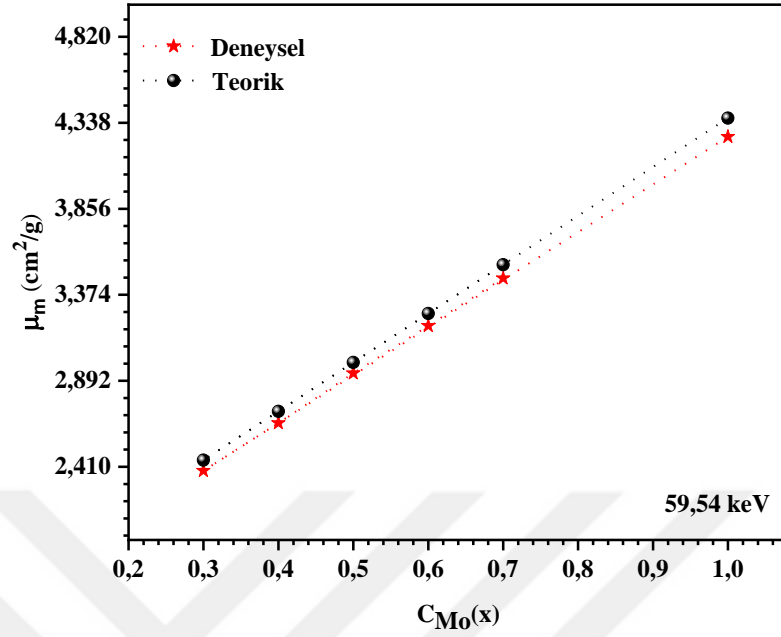
Şekil 5.2. 661,661 keV'de $\text{Mo}_{0,3}\text{Cu}_{0,7}$ numunesi için elde edilen soğurma spektrumu

Mo, Cu saf mikro metalleri ve $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x= 0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımlarının 59,54-661,661 keV enerji aralığında deneysel olarak hesaplanan ve WinXcom programında karışım kuralı kullanılarak hesaplanan kütle soğurma katsayıları Tablo 5.1' de, atomik tesir kesitleri Tablo 5.2'de, elektronik tesir kesitleri Tablo 5.3'de, etkin atom numaraları Tablo 5.4'de ve elektron yoğunlukları Tablo 5.5'de, verilmiştir.

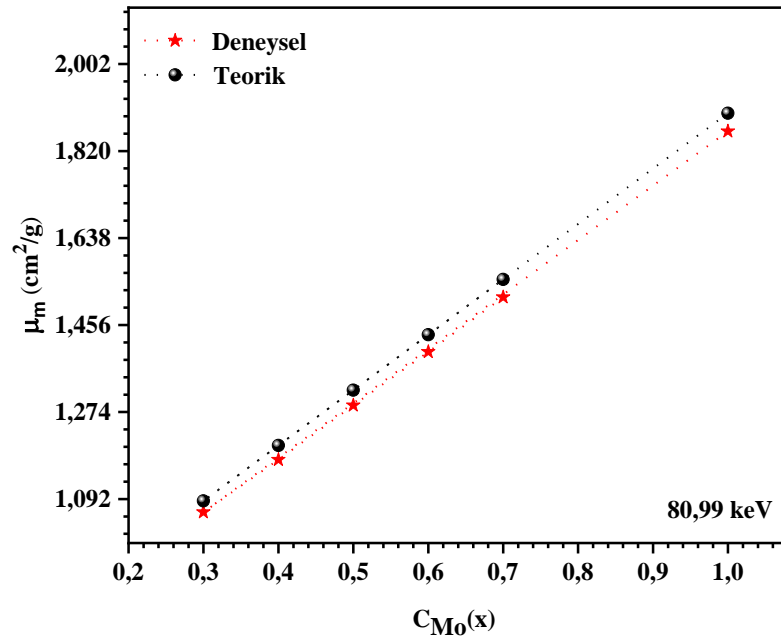
Farklı foton enerjileri için farklı konsantrasyonlardaki $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x= 0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımlarının kütle soğurma katsayılarının Mo konsantrasyonuna bağlı olarak değişimi Şekil 5.3-5.9'da, atomik tesir kesitleri Şekil 5.10-5.16'da, elektronik tesir kesitleri Şekil 5.17-5.23'te, etkin atom numaraları Şekil 5.24-5.30'da ve elektron yoğunlukları Şekil 5.31-5.37'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Mo, Cu ve MoCu alaşımlarının kütle soğurma katsayıları (μ_m)

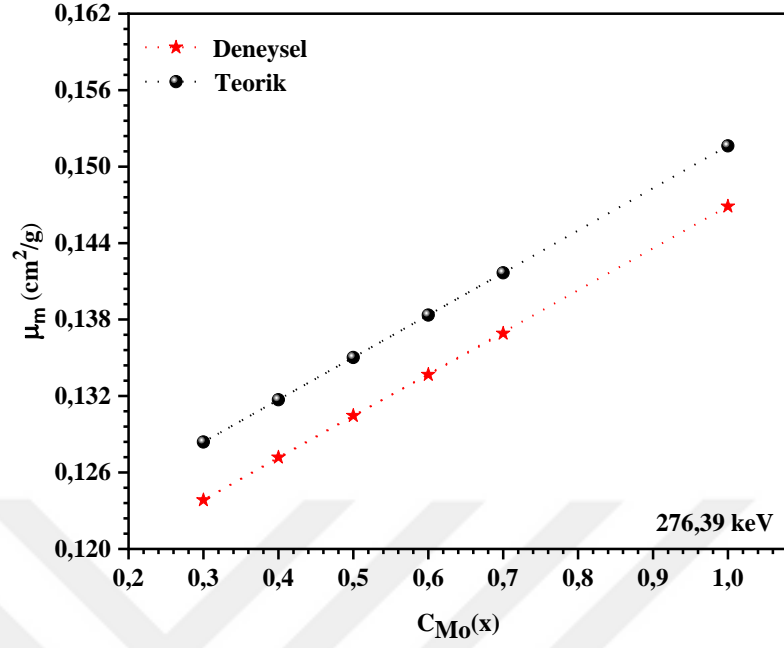
Enerji (keV)	Cu		Mo _{0,3} Cu _{0,7}		Mo _{0,4} Cu _{0,6}		Mo _{0,5} Cu _{0,5}		Mo _{0,6} Cu _{0,4}		Mo _{0,7} Cu _{0,3}		Mo	
	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.
59,54	1,6257	1,5864	2,4472	2,3879	2,7210	2,6558	2,9949	2,9350	3,2687	3,2001	3,5426	3,4669	4,3641	4,2599
80,99	0,7406	0,7219	1,0881	1,0647	1,2040	1,1744	1,3198	1,2882	1,4356	1,4001	1,5515	1,5143	1,8990	1,8612
276,39	0,1184	0,1142	0,1284	0,1238	0,1317	0,1272	0,1350	0,1305	0,1383	0,1337	0,1417	0,1369	0,1516	0,1469
302,85	0,1112	0,1085	0,1188	0,1159	0,1213	0,1183	0,1238	0,1208	0,1263	0,1233	0,1289	0,1257	0,1364	0,1331
356,01	0,1006	0,0982	0,1052	0,1027	0,1067	0,1042	0,1083	0,1057	0,1098	0,1073	0,113	0,1088	0,1159	0,1136
383,85	0,0960	0,0931	0,0999	0,0966	0,1012	0,0978	0,1024	0,0990	0,1036	0,1002	0,1048	0,1014	0,1050	0,1084
661,661	0,0726	0,0711	0,0730	0,0716	0,0731	0,0717	0,0733	0,0718	0,0734	0,0720	0,0721	0,0735	0,0739	0,0726



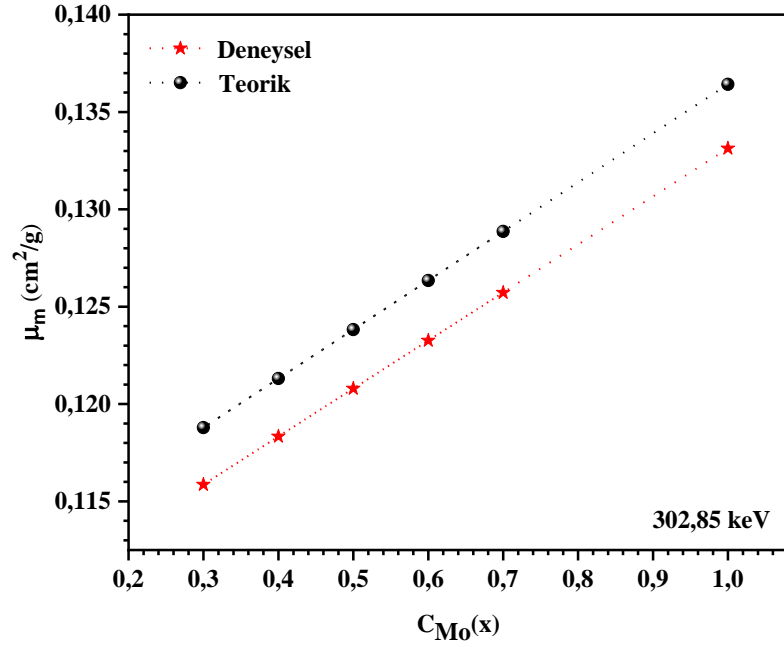
Şekil 5.3. 59,54 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının için Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



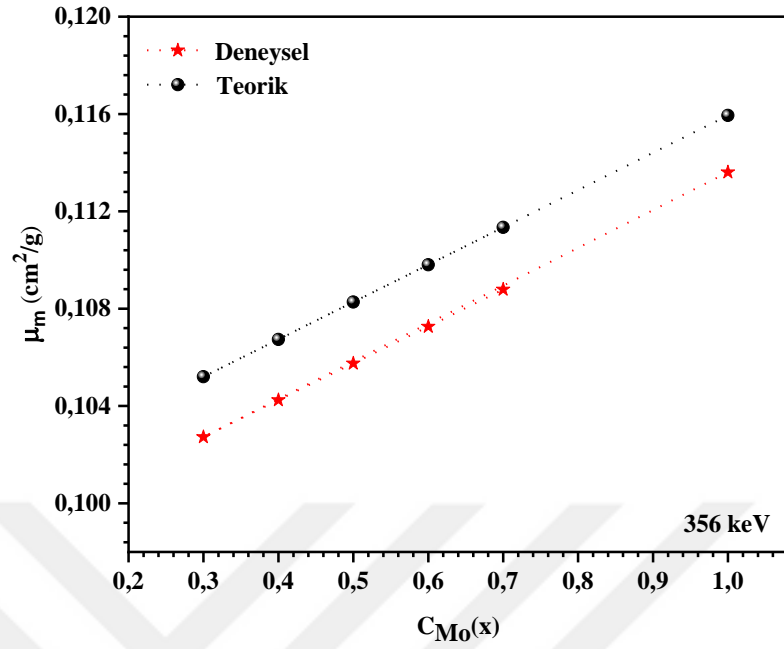
Şekil 5.4. 80,99 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



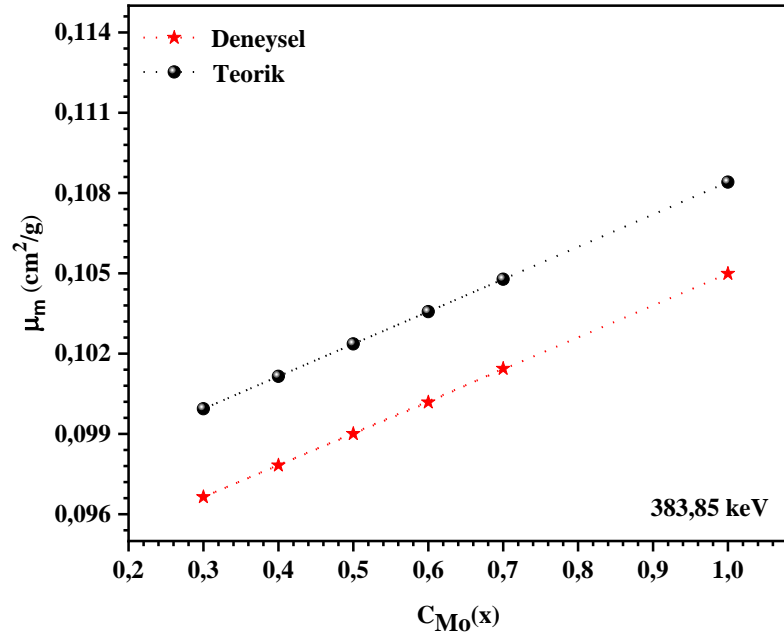
Şekil 5.5. 276,39 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



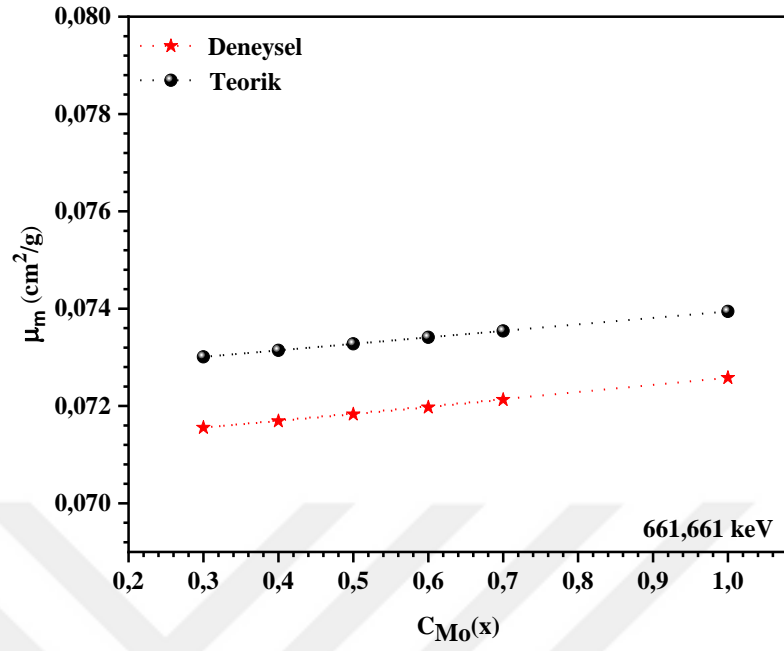
Şekil 5.6. 302,85 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



Şekil 5.7. 356 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



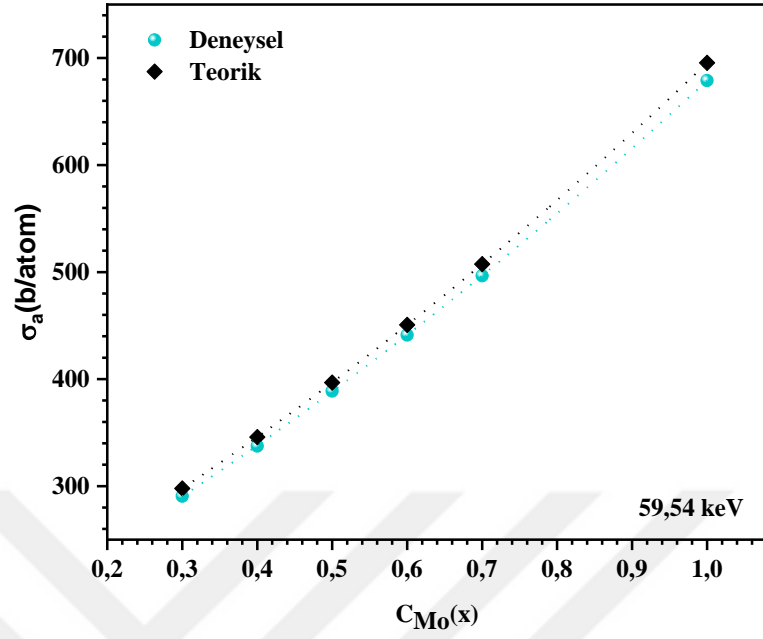
Şekil 5.8. 383,85 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



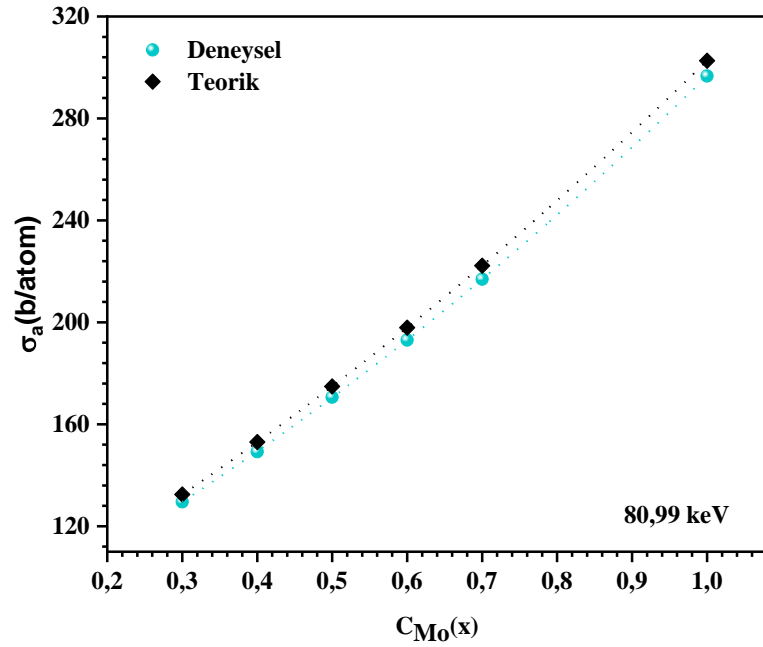
Şekil 5.9. 661,661 keV enerjide kütle soğurma katsayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi

Tablo 5.2. Mo, Cu ve MoCu alaşımlarının atomik tesir kesitleri (σ_a)

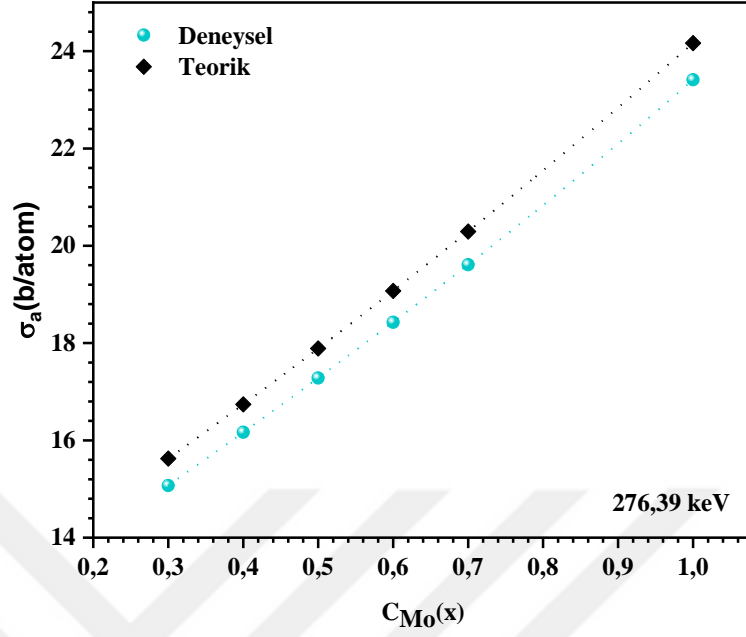
Enerji (keV)	Cu		Mo _{0,3} Cu _{0,7}		Mo _{0,4} Cu _{0,6}		Mo _{0,5} Cu _{0,5}		Mo _{0,6} Cu _{0,4}		Mo _{0,7} Cu _{0,3}		Mo	
	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.
59,54	171,61	167,47	297,85	290,63	345,82	337,53	396,75	388,82	450,62	441,16	507,43	496,59	695,57	678,96
80,99	78,18	76,21	132,44	129,58	153,02	149,26	174,84	170,65	197,91	193,01	222,23	216,91	302,67	296,66
276,39	12,50	12,05	15,63	15,07	16,74	16,17	17,89	17,28	19,07	18,43	20,29	19,61	24,17	23,41
302,85	11,74	11,45	14,46	14,10	15,42	15,04	16,40	16,00	17,42	16,99	18,46	18,01	21,74	21,22
356,01	10,62	10,36	12,80	12,50	13,57	13,25	14,34	14,01	15,14	14,79	15,95	15,58	18,48	18,11
383,85	10,17	9,83	12,16	11,76	12,86	12,43	13,56	13,12	14,28	13,81	15,01	14,67	17,28	16,73
661,661	7,66	7,51	8,89	8,71	9,30	9,11	9,71	9,52	10,12	9,92	10,53	10,33	11,79	11,57



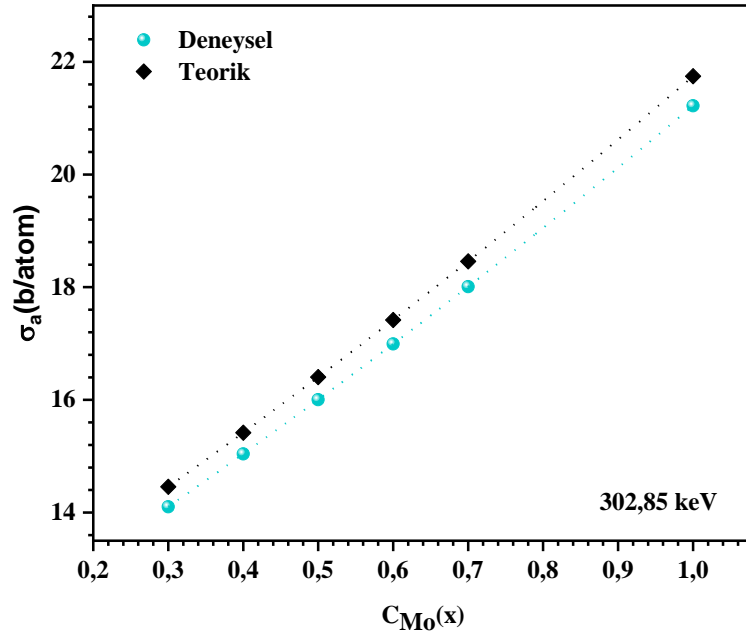
Şekil 5.10. 59,54 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



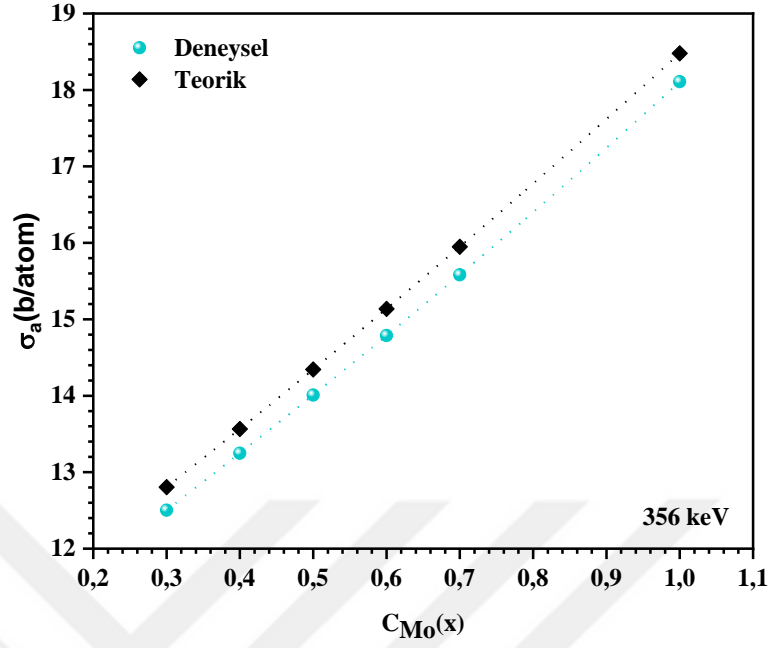
Şekil 5.11. 80,99 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.



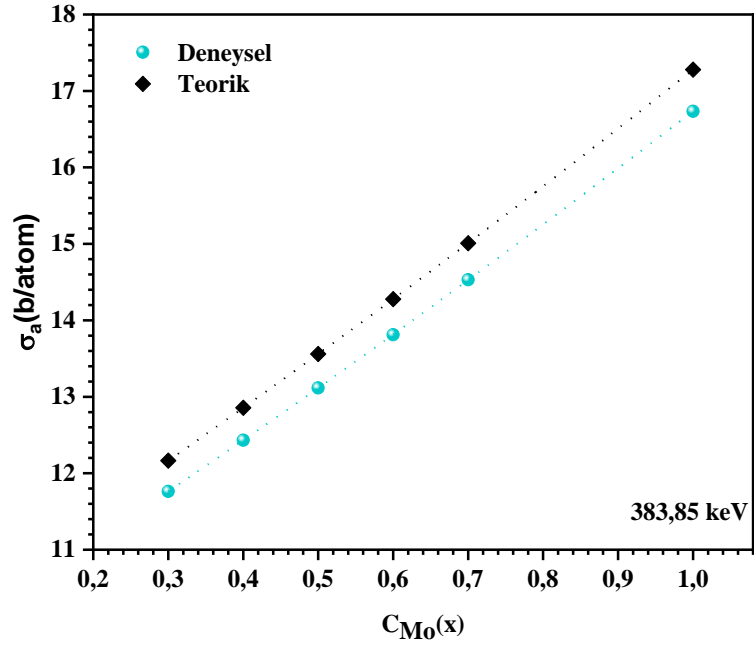
Şekil 5.12. 276,39 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.



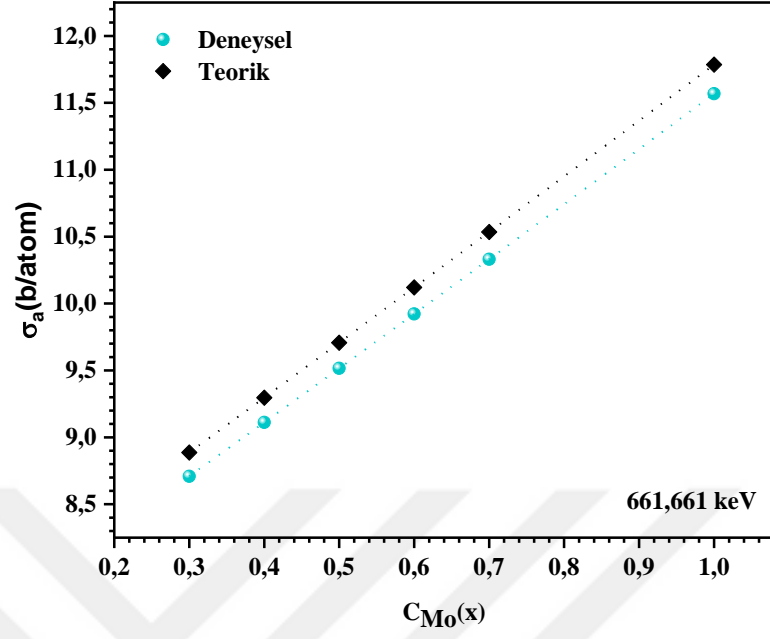
Şekil 5.13. 302,85 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



Şekil 5.14. 356 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



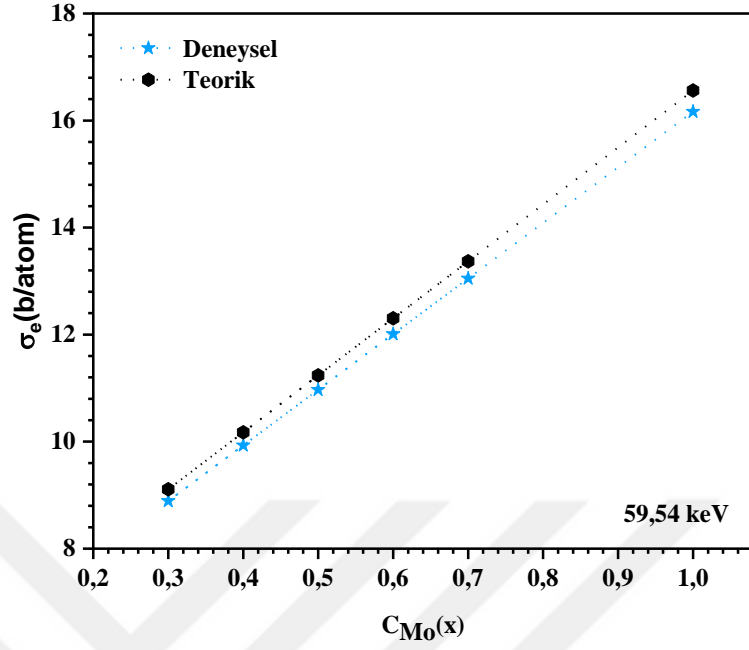
Şekil 5.15. 383,85 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



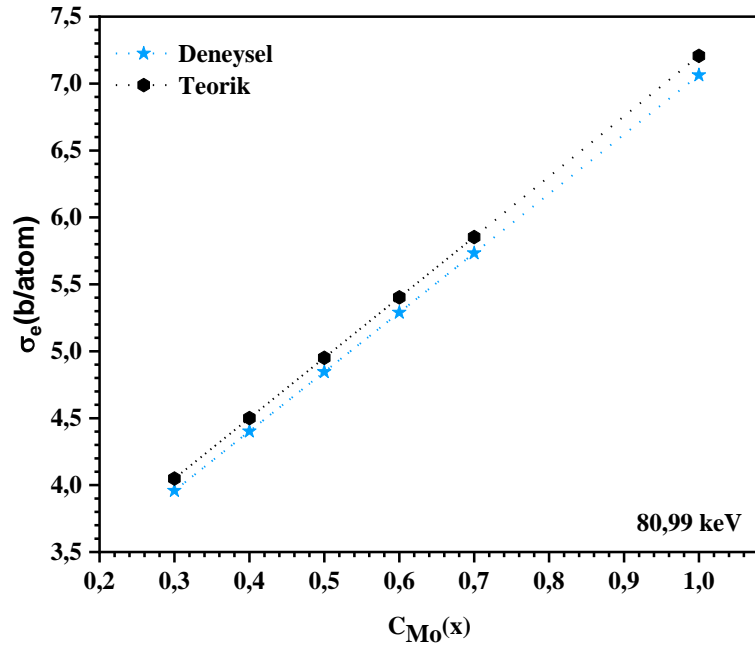
Şekil 5.16. 661,661 keV enerjide atomik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi

Tablo 5.3. Mo, Cu ve MoCu alaşımlarının elektronik tesir kesitleri (σ_e)

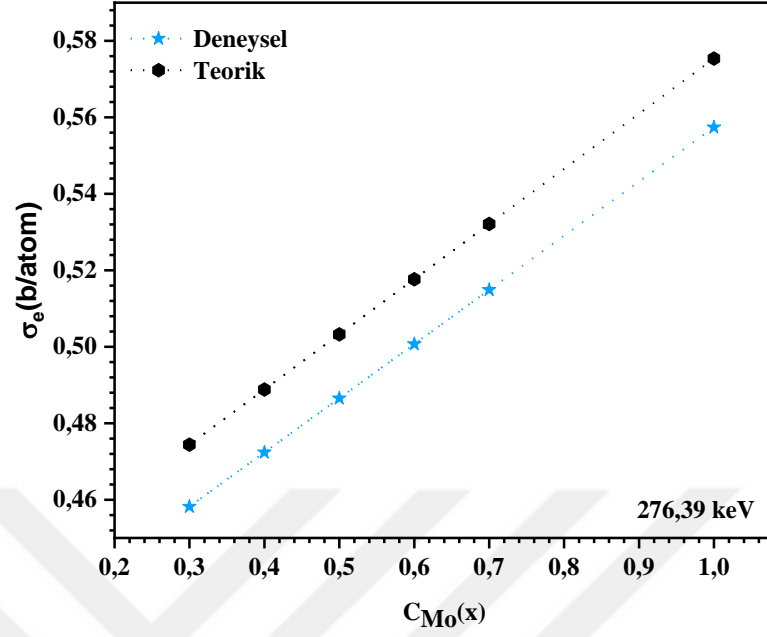
Enerji (keV)	Cu		Mo _{0,3} Cu _{0,7}		Mo _{0,4} Cu _{0,6}		Mo _{0,5} Cu _{0,5}		Mo _{0,6} Cu _{0,4}		Mo _{0,7} Cu _{0,3}		Mo	
	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.
59,54	5,9176	5,7746	9,1107	8,8920	10,1751	9,9311	11,2394	10,9703	12,3038	12,0094	13,3681	13,0485	16,5612	16,1658
80,99	2,6960	2,6279	4,0492	3,9585	4,5020	4,4021	4,9512	4,8456	5,4023	5,2891	5,8533	5,7326	7,2065	7,0632
276,39	0,4311	0,4156	0,4744	0,4581	0,4888	0,4724	0,5032	0,4865	0,5176	0,5007	0,5321	0,5148	0,5739	0,5574
302,85	0,4049	0,3949	0,4387	0,4279	0,4500	0,4390	0,4613	0,4501	0,4726	0,4611	0,4839	0,4721	0,5177	0,5052
356,01	0,3662	0,3574	0,3883	0,3794	0,3957	0,3868	0,4031	0,3942	0,4105	0,4016	0,4179	0,4090	0,4311	0,4399
383,85	0,3506	0,3390	0,3688	0,3568	0,3749	0,3627	0,3810	0,3687	0,3871	0,3746	0,3932	0,3806	0,4114	0,3984
661,661	0,2590	0,2643	0,2692	0,2691	0,2708	0,2656	0,2724	0,2672	0,2741	0,27688	0,2757	0,2705	0,2806	0,2754



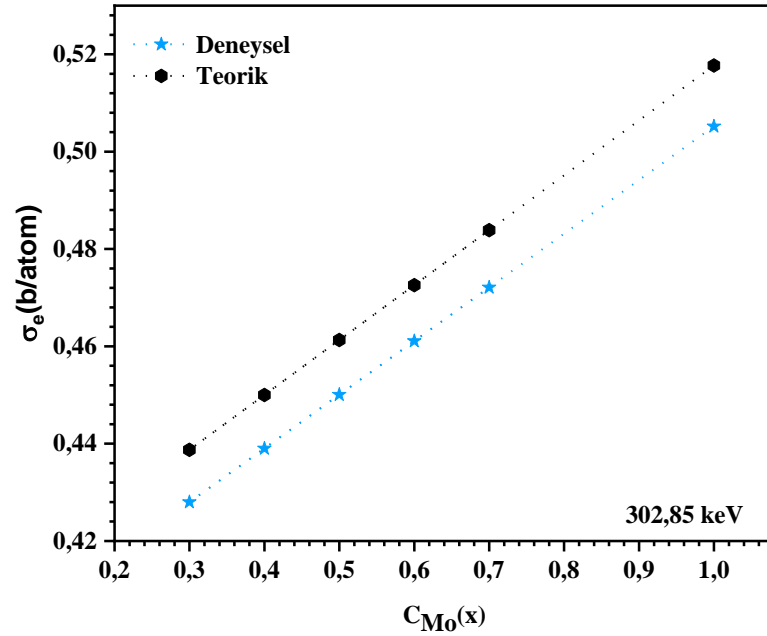
Şekil 5.17. 59,54 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



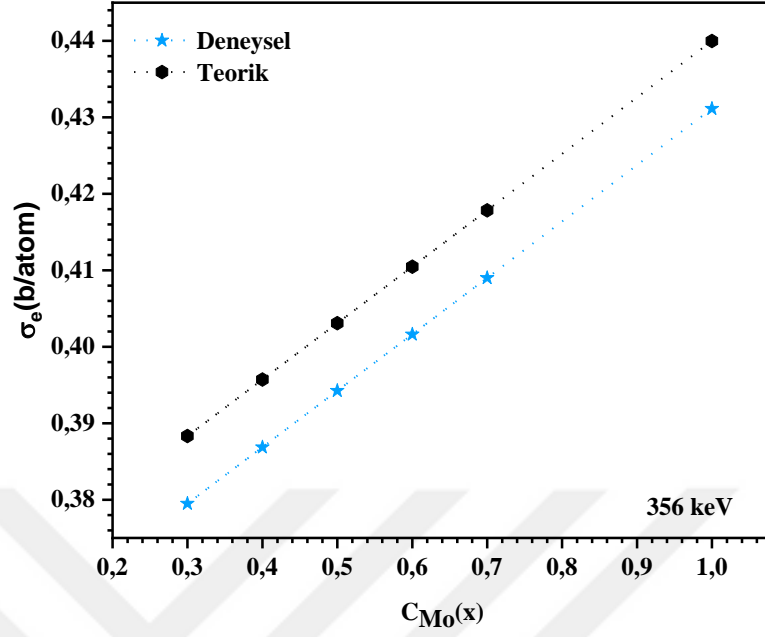
Şekil 5.18. 80,99 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.



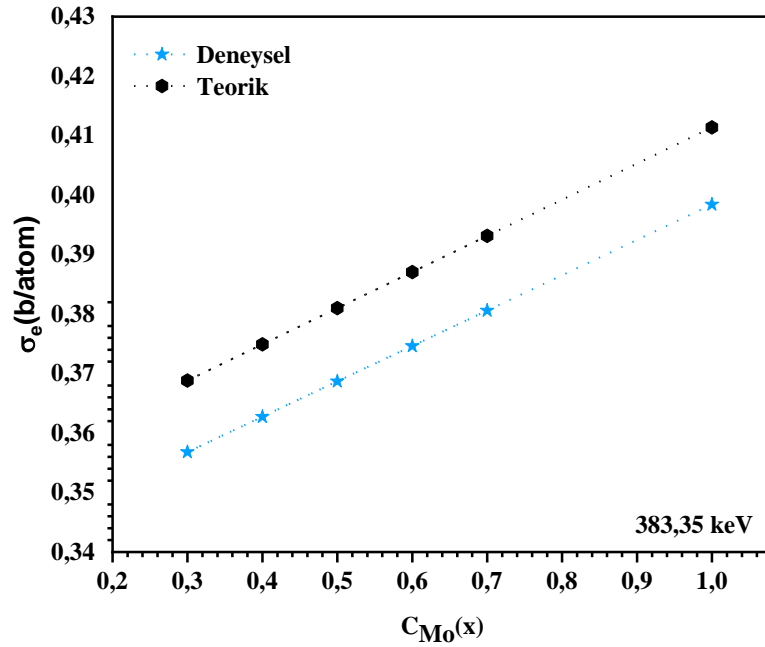
Şekil 5.19. 276,39 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi.



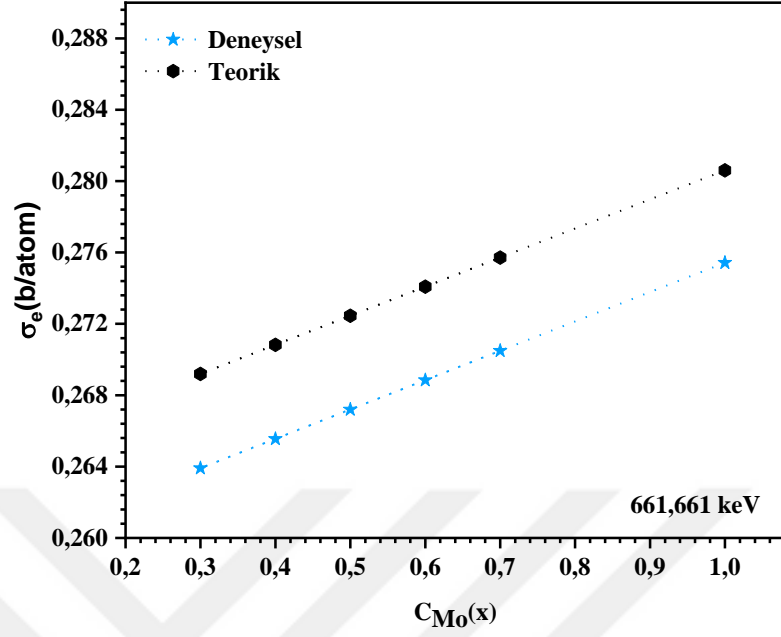
Şekil 5.20. 302,85 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



Şekil 5.21. 356 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



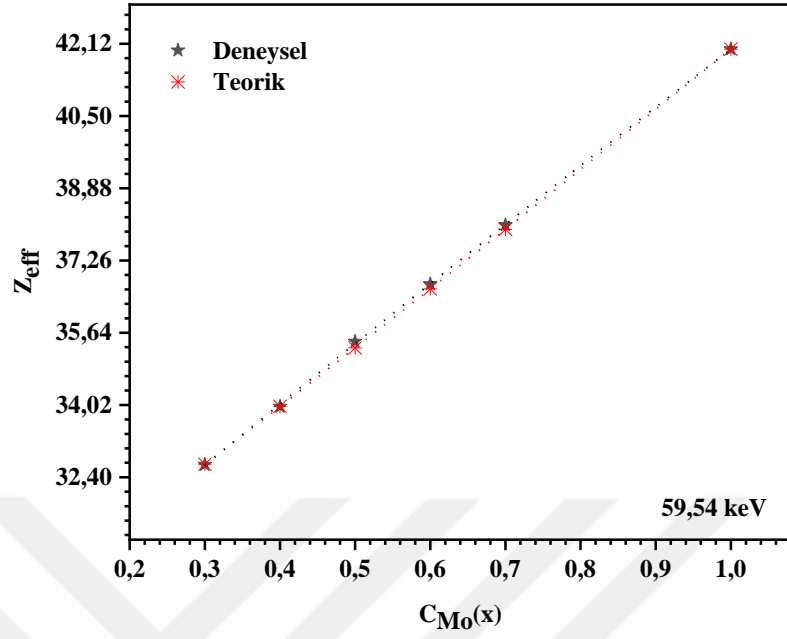
Şekil 5.22. 383,35 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



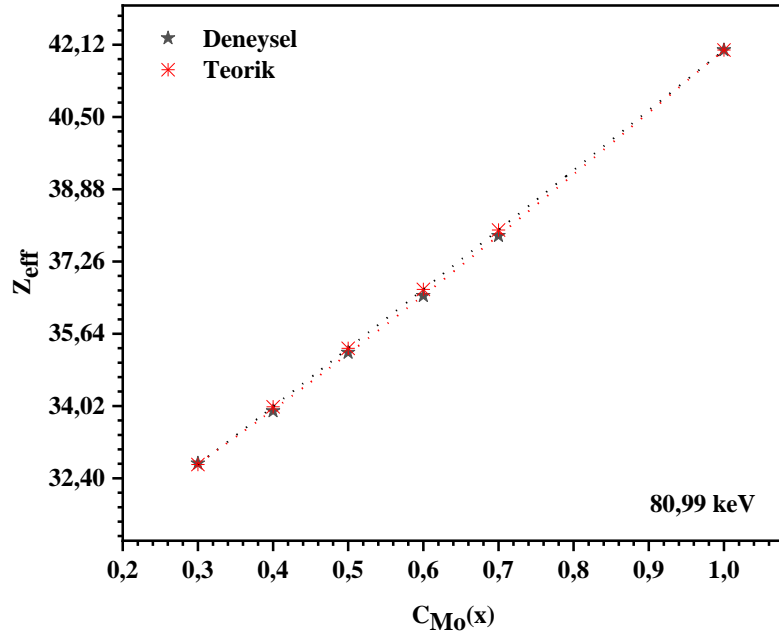
Şekil 5.23. 661,661 keV enerjide elektronik tesir kesitlerin Mo element konsantrasyonuna göre değişimi

Tablo 5.4. MoCu alaşımlarının etkin atom numaraları (Z_{eff})

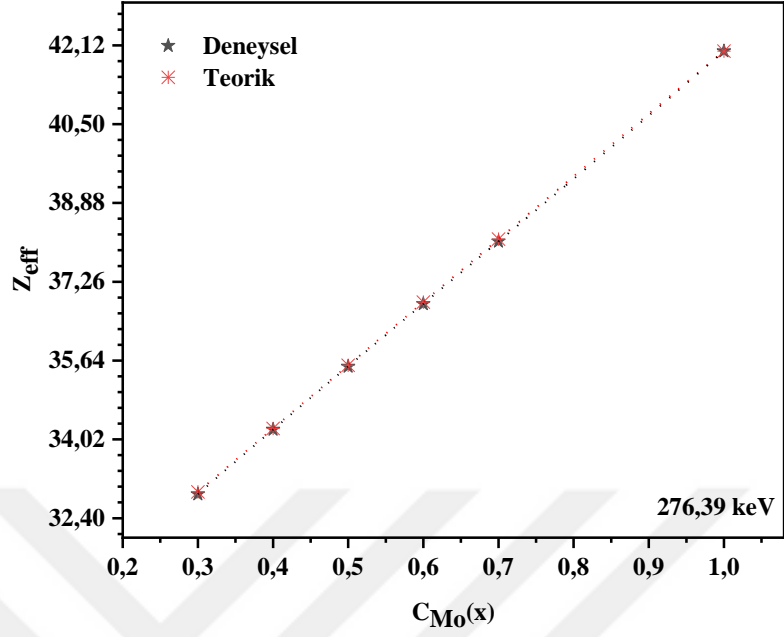
Enerji (keV)	Mo_{0,3}Cu_{0,7}		Mo_{0,4}Cu_{0,6}		Mo_{0,5} Cu_{0,5}		Mo_{0,6} Cu_{0,4}		Mo_{0,7}Cu_{0,3}	
	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo	Den.	Teo.	Den.
59,54	32,692	32,684	33,987	33,986	35,299	35,443	36,624	36,734	37,958	38,057
80,99	32,708	32,735	34,002	33,906	35,313	35,217	36,635	36,492	37,967	37,838
276,39	32,940	32,893	34,244	34,223	35,544	35,520	36,841	36,804	38,135	38,089
302,85	32,953	32,949	34,259	34,256	35,560	35,556	36,856	36,853	38,148	38,143
356,01	32,972	32,945	34,280	34,245	35,583	35,533	36,878	36,818	38,167	38,099
383,85	32,979	32,967	34,289	34,275	35,592	35,573	36,886	36,865	38,174	38,555
661,661	33,010	33,000	34,324	34,310	35,629	35,612	36,922	36,905	38,207	38,195



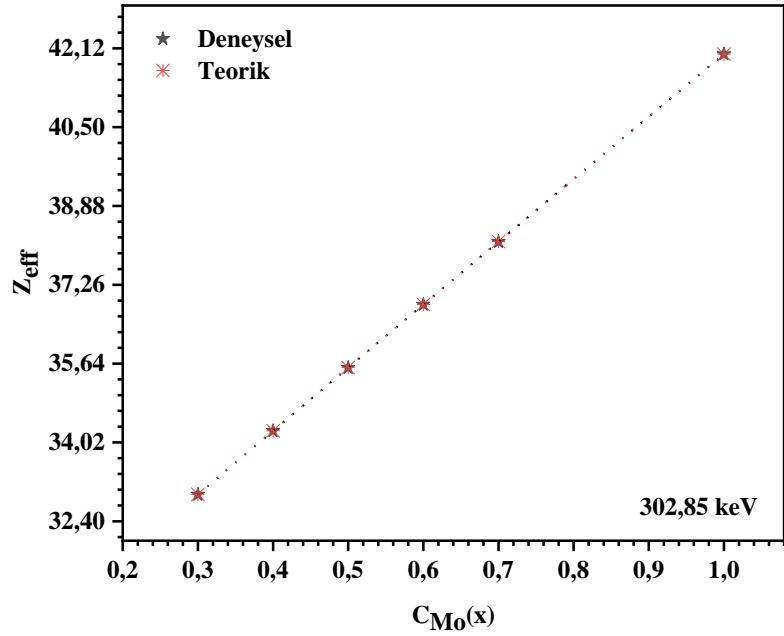
Şekil 5.24. 59,54 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



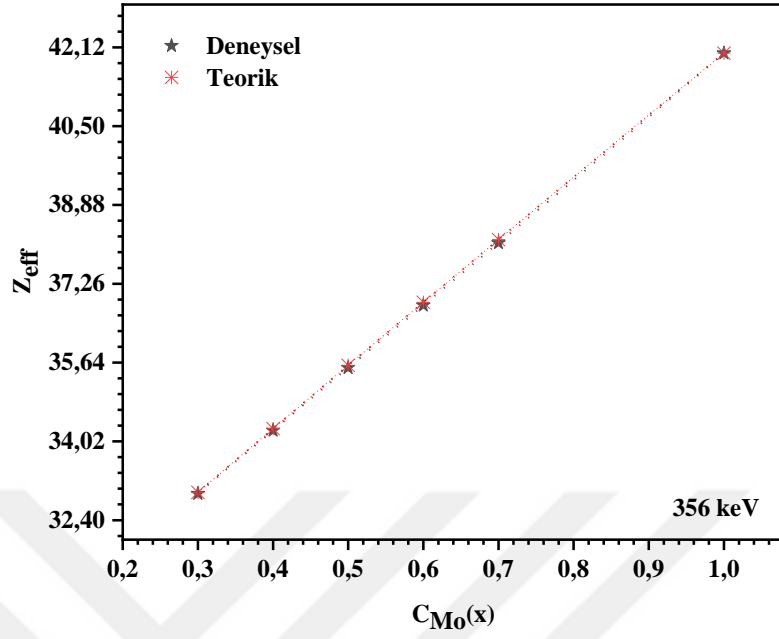
Şekil 5.25. 80,99 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



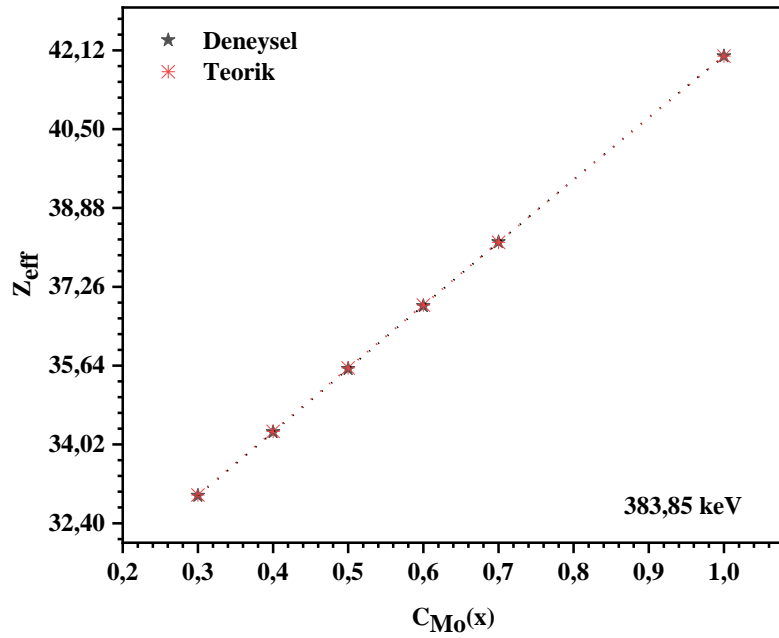
Şekil 5.26. 276,39 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



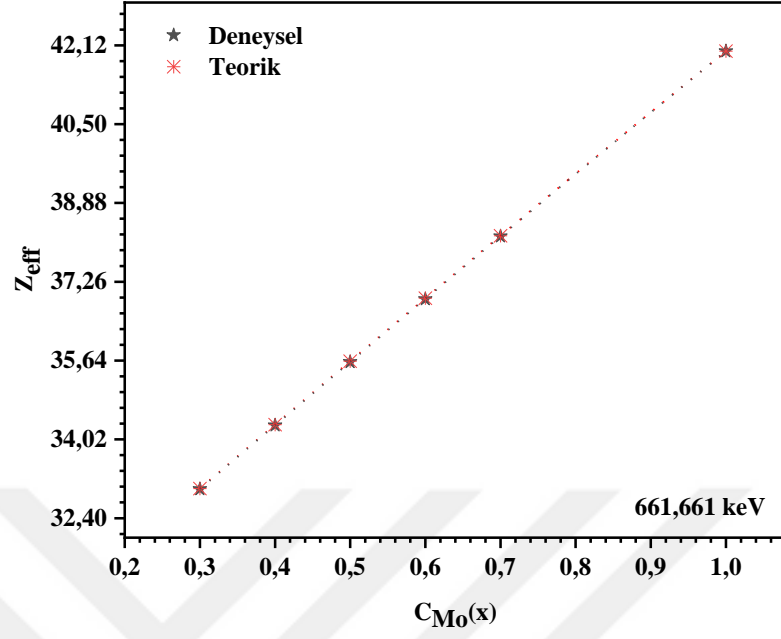
Şekil 5.27. 302,85 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



Şekil 5.28. 356 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



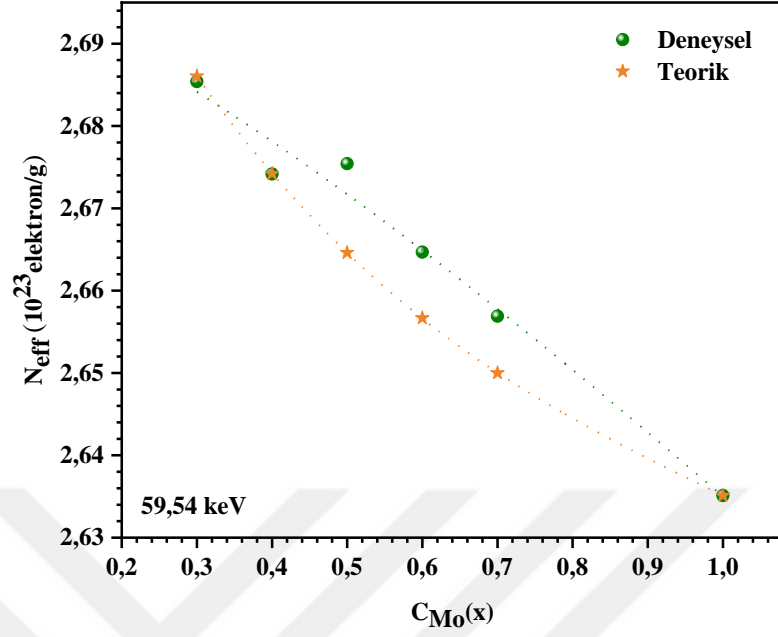
Şekil 5.29. 383,85 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



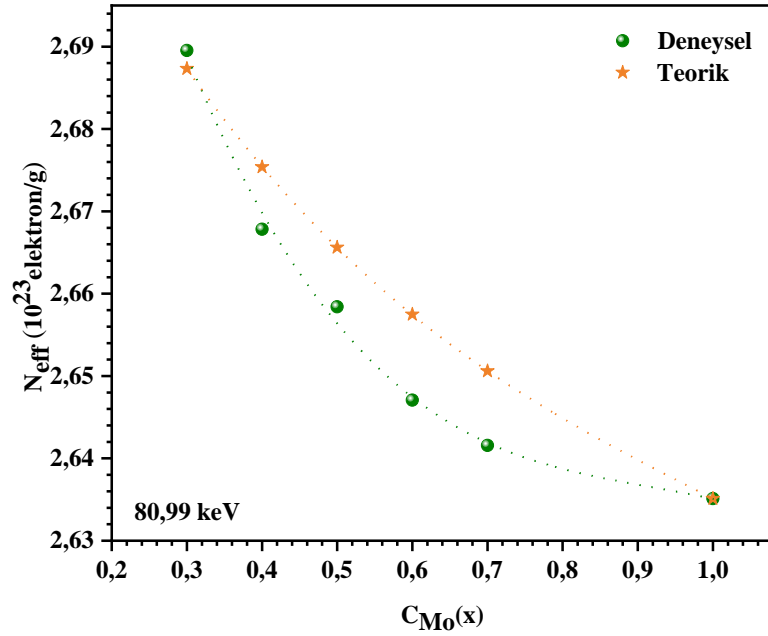
Şekil 5.30. 661,661 keV enerjide etkin atom numaralarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi

Tablo 5.5. MoCu alaşımlarının elektron yoğunlukları (N_{eff})

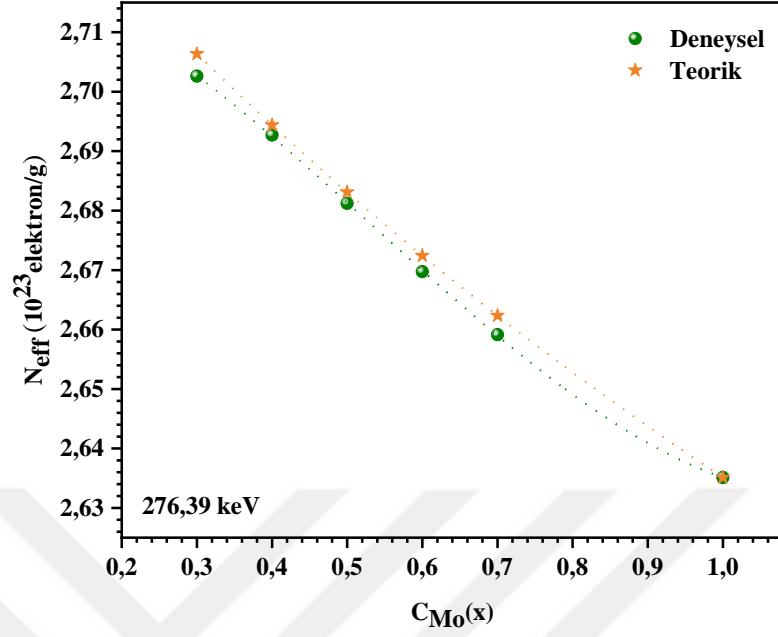
Enerji (keV)	Mo_{0,3}Cu_{0,7}		Mo_{0,4}Cu_{0,6}		Mo_{0,5}Cu_{0,5}		Mo_{0,6}Cu_{0,4}		Mo_{0,7}Cu_{0,3}	
	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.	Teo.	Den.
59,54	2,6860	2,6854	2,6742	2,6742	2,6646	2,6754	2,6566	2,6647	2,6499	2,6569
80,99	2,6873	2,6895	2,6754	2,6678	2,6656	2,6584	2,6575	2,6471	2,6506	2,6416
276,39	2,7064	2,7026	2,6944	2,6927	2,6831	2,6812	2,6724	2,6697	2,6623	2,6591
302,85	2,7075	2,7071	2,6956	2,6954	2,6843	2,6840	2,6535	2,6733	2,6632	2,6629
356,01	2,7091	2,7069	2,6973	2,6945	2,6860	2,6823	2,6751	2,6707	2,6646	2,6598
383,85	2,7097	2,7086	2,6980	2,6968	2,6867	2,6853	2,6757	2,6742	2,6651	2,6917
661,661	2,7121	2,7113	2,7007	2,6996	2,6895	2,6882	2,6783	2,6771	2,6673	2,6665



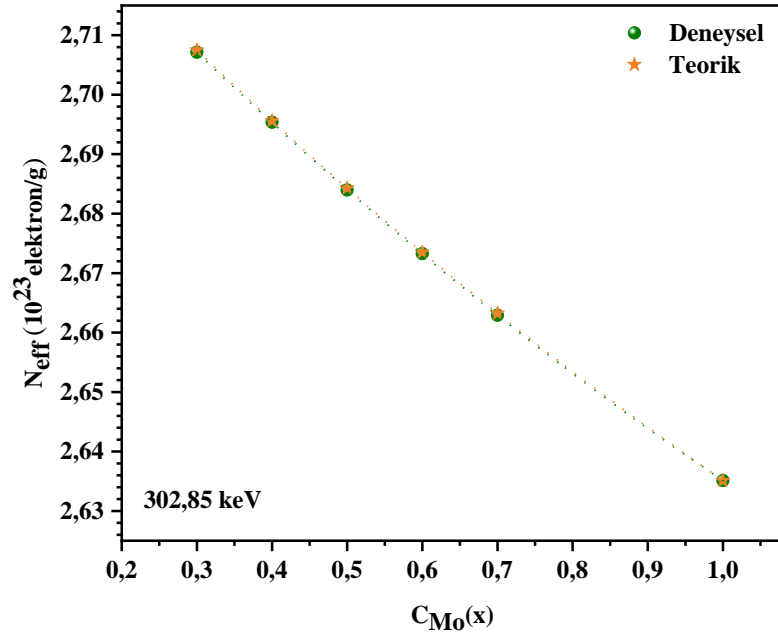
Şekil 5.31. 59,54 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



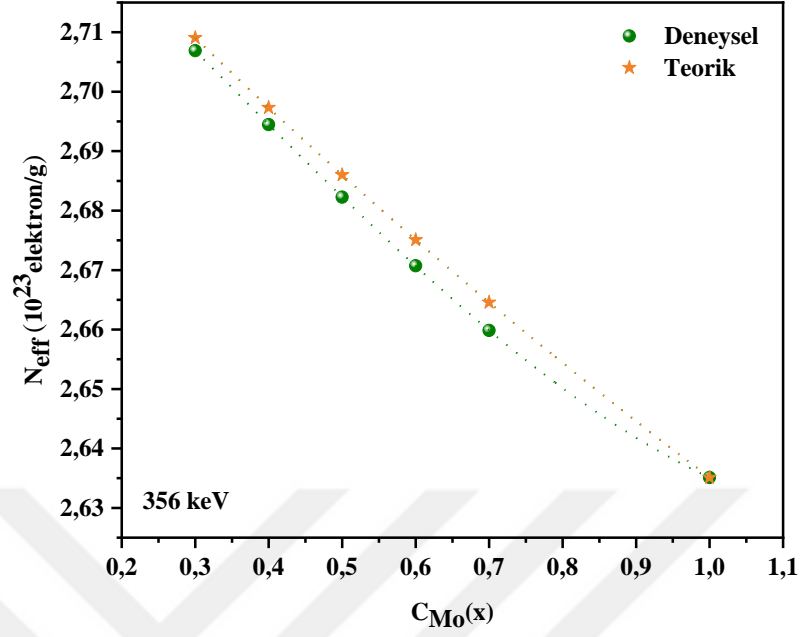
Şekil 5.32. 80,99 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



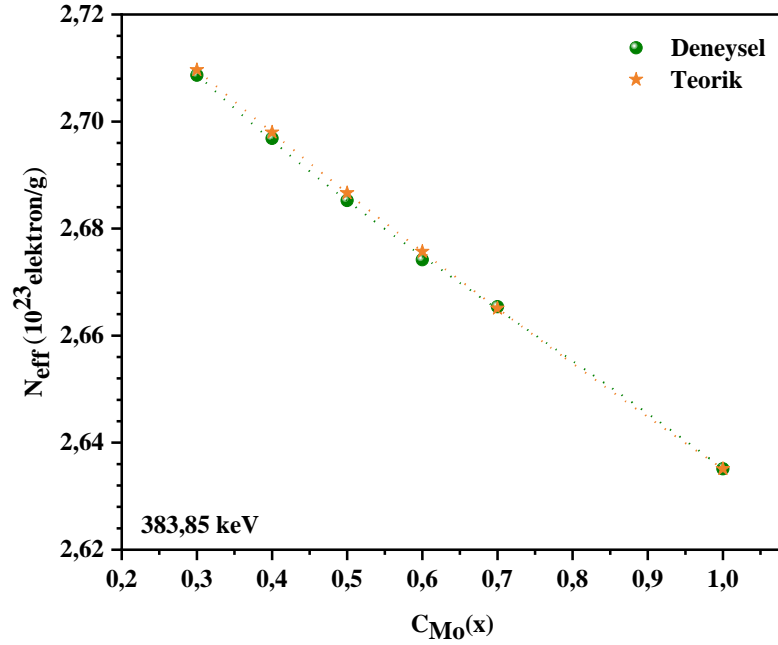
Şekil 5.33. 276,39 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



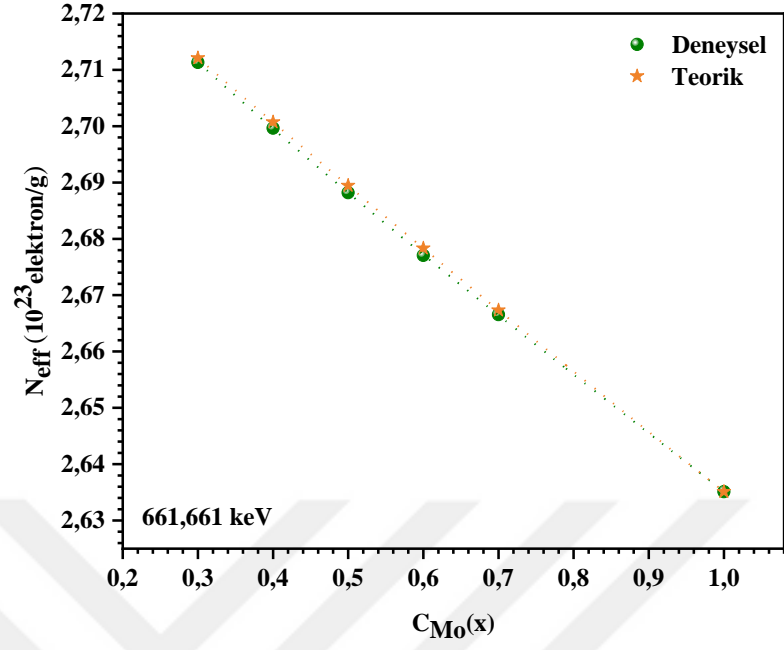
Şekil 5.34. 302,85 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



Şekil 5.35. 356 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



Şekil 5.36. 383,85 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi



Şekil 5.37. 661,661 keV enerjide etkin elektron sayılarının Mo element konsantrasyonuna göre değişimi

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Mo, Cu saf mikro metalleri ve $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x=0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımlarının kütle soğurma katsayıları, atomik tesir kesitleri, elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları $59,54-661,661$ keV enerji aralığında deneysel ve teorik olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 5.1'den Mo, Cu saf mikro metalleri ve $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x=0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımlarının kütle soğurma katsayıları artan enerji ile azaldığı görülmektedir. Kütle soğurma katsayısı, lineer soğurma katsayısının soğurucunun özgül ağırlığına bölünmesi ile edilmektedir. Fotonun madde ile etkileşmesi fotonun enerjisine bağlı olarak üç şekilde gerçekleşir. Bunlar fotoelektrik, Compton ve çift oluşum katsayılarıdır. Lineer soğurma katsayısı bu üç etkileşmenin toplamıdır. Düşük enerji bölgesinde soğurma katsayıları enerjinin artmasıyla azalır. Çünkü burada fotoelektrik etki baskındır. Fotoelektrik etkinin meydana gelme ihtimaliyeti $Z^{4,5}$ ile orantılıdır. Orta enerji bölgesine gidildikçe Compton olayı baskın olmaya başlar. Compton olayının olma ihtimali de Z ile orantılıdır. Bu yüzden orta enerji bölgesinde kütle soğurma katsayıları düşük enerji bölgesine nazaran alaşımın konsantrasyonuna bağlı olmazlar.

Şekil 5.3-5.9'dan görüldüğü üzere kütle soğurma katsayıları Mo konsantrasyonun artmasıyla artmıştır. Ayrıca $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x= 0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımları için elde edilen kütle soğurma katsayısı değerleri, Mo ve Cu için bulunan kütle soğurma katsayıları arasında bir değer almıştır. Teorik kütle soğurma katsayıları WinXCom programı kullanılarak elde edilmiştir. Deneysel kütle soğurma katsayıları ile teorik kütle soğurma değerlerinin birbiriyle uyumlu olduğu Tablo 5.1, Şekil 5.3-5.9'dan görülmektedir.

Tablo 5.2 ve 5.3'de Mo, Cu saf mikro metalleri ve $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x=0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımları için atomik ve elektronik tesir kesitleri verilmiştir. Tesir kesiti bir olayın meydana gelme ihtimaliyetini ifade eder ve fotonun madde ile etkileşmesine göre adlandırılır. Tablo 5.2'den görüldüğü gibi artan foton enerjisiyle fotonun atomla etkileşme ihtimaliyeti azalmıştır. Benzer şekilde Tablo 5.3'den görüldüğü gibi artan foton enerjisiyle fotonun elektron ile etkileşmesi de azalmaktadır.

$\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x=0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımlarının etkin atom numaraları Tablo 5.4'de verilmiştir. $\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x=0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımları için etkin atom numarası değerleri foton enerjisine göre farklılık gösterdiği Tablo 5.4'den görülmektedir. Kompozit malzemelerde gama ve X-ışınlarının etkileşimi (soğurma ve saçılma gibi) kompozit materyalin etkin atom numarası ve foton enerjisi ile ilgilidir. Bu tür etkileşmelerde fotondan maddeye enerji transferi vardır. Foton enerjisine bağlılık duşuk enerjilerde daha önemlidir yüksek enerjilerde foton enerjisine bağlılık ihmal edilebilir. Büyük atom numarasına sahip materyallerin gelen fotonu güçlü bir şekilde absorplaması atom numarasına bağlılığın göstergesidir.

$\text{Mo}_x\text{Cu}_{1-x}$ ($x=0,3, 0,4, 0,5, 0,6$ ve $0,7$) alaşımlarının elektron yoğunlukları Tablo 5.5'de verilmiştir. Tablo 5.5'den gorlduği gibi etkin atom numarası arttıka elektron yoğunlukları artmıştır.

Bu alışma radyasyon teknolojisi, nükleer teknoloji, koruma teknolojisi ve enerji teknolojisi alanlarında kullanılmak üzere MoCu alaşımı için literatüre veri sağlaması bakımından nem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Akça, B. and Erzeneoğlu, S. Z. (2014). "The mass attenuation coefficients, electronic, atomic, and molecular cross sections, effective atomic numbers, and electron densities for compounds of some biomedically important elements at 59.5 keV". *Science and Technology of Nuclear Installations*, 2014.
- Akman, F., Durak, R., Turhan, M. F. and Kaçal, M. R. (2015). " Studies on effective atomic numbers, electron densities from mass attenuation coefficients near the K edge in some samarium compounds". *Applied Radiation and Isotopes* 101, 107-113.
- Akman, F., Geçibesler, I. H., Demirkol, İ. and Çetin, A. (2018). "Determination of effective atomic numbers and electron densities for some synthesized triazoles from the measured total mass attenuation coefficients at different energies". *Canadian Journal of Physics*, 97(1), 86-92.
- Amirjan, M., Zangeneh-Madar, K. and Parvin, N. (2009). "Evaluation of microstructure and contiguity of W/Cu composites prepared by coated tungsten powders". *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 27(4), 729-733.
- Angelone, M., Bubba, T. and Esposito, A. (2001). "Measurement of the mass attenuation coefficient for elemental materials in the range $6 \leq Z \leq 82$ using X-rays from 13 up to 50 keV". *Applied Radiation and Isotopes* 55(4), 505-511.
- Buyuk, B. (2015). "Gamma Attenuation Behavior of Some Stainless and Boron Steels". *Acta Physica Polonica A* 127(4), 1342-1345.
- Chaiphaksa, W., Limkitjaroenporn, P., Kim, H. J. and Kaewkhao, J. (2016). "The mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and effective electron densities for GAGG: Ce and CaMoO₄ scintillators". *Progress in Nuclear Energy*, 92, 48-53.
- Degrelle, D., Mavon, C. and Groetz, J. E. (2016). " Determination of mass attenuation coefficient by numerical absorption calibration with Monte-Carlo simulations at 59.54 keV". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A* 816, 47-52.
- Demir, D., Turşucu, A. and Öznülür, T. (2012). "Studies on mass attenuation coefficient, effective atomic number and electron density of some vitamins". *Radiation and Environmental Biophysics* 51(4), 469-475.
- Demir, D. and Turşucu, A. (2013). "Measurement of the effective atomic number of Fe_xCr_{1-x} and Fe_xNi_{1-x} alloys using scattering of gamma rays". *Journal of Alloys and Compounds* 581, 213-216.

- Demir, F. (2015). "Characterization of Mass Attenuation Coefficients as a Function of Experimental Geometry". *Instrumentation Science & Technology* 43(6), 661-668.
- El-Rahman, M. A., Abdel-Hady, Y. L., Kamel, N. and Badawi, E. A. (2000). "Effect of sample thickness on the measured mass attenuation coefficients of some compounds and elements for 59.54, 661.6 and 1332.5 keV gamma-rays". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A* 447, 432-436.
- Erdik, E. ve Sarıkaya, Y. (2014). "Temel Üniversite Kimyası" Gazi Yayınevi.
- Han, I. and Demir, L. (2009). "Studies on effective atomic numbers, electron densities from mass attenuation coefficients in Ti_xCo_{1-x} and Co_xCu_{1-x} alloys". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 267(21-22), 3505-3510.
- Harada, H., Kitatani, F., Goko, S., Hara, K. Y., Toyokawa, H., Kaihori, T. and Utsunomiya, H. (2008). "Measurements of photon mass attenuation coefficients for Ge and BGO crystals at 10 Me V". *Journal of Nuclear Science and Technology* 45(11), 1228-1232.
- Hwang, K. S. and Huang, H. S. (2001). "The liquid phase sintering of molybdenum with Ni and Cu additions". *Materials Chemistry and Physics*, 67(1-3), 92-100.
- Gaikwad, D. K., Pawar, P. P. and Selvam, T. P. (2017). " Mass attenuation coefficients and effective atomic numbers of biological compounds for gamma ray interactions". *Radiation Physics and Chemistry*, 138, 75-80.
- Gjorgieva, S. and Barandovski, L. (2016). "Measurement of the mass attenuation coefficient from 81 keV to 1333 keV for elemental materials Al, Cu and Pb". *AIP Conference Proceedings* 1722, 1, 180003.
- Gowda, S., Krishnaveni, S., Yashoda, T., Umesh, T. K. and Gowda, R. (2004). "Photon mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities of some thermoluminescent dosimetric compounds". *Pramana* 63(3), 529-541.
- Isikli, Z. and Oto, B. (2017). "Gamma or X-rays attenuation properties of some biochemical compounds". *Radiation Effects and Defects in Solids*, 172(3-4), 296-304.
- İçelli, O. and Erzeneoğlu, S. (2004). "The mass attenuation coefficients in some vanadium and nickel compounds". *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 88(4), 519-524.
- Li, Y., Wang, D. Z. and Sun, A. K. (2013). "Preparation and characterization of Mo-Cu nanocomposite powders by chemical liquid reduction process". *Journal of Central South University*, 20(3), 587-591.

- Manohara, S. R., Hanagodimath, S. M. and Gerward, L. (2009). "The effective atomic numbers of some biomolecules calculated by two methods: a comparative study". *Medical physics* 36(1), 137-141.
- Martinez, V. D. P., Aguilar, C., Marín, J., Ordoñez, S. and Castro, F. (2007). " Mechanical alloying of Cu–Mo powder mixtures and thermodynamic study of solubility". *Materials Letters* 61(4-5), 929-933.
- Mirji, R. and Lobo, B. (2017). "Computation of the mass attenuation coefficient of polymeric materials at specific gamma photon energies". *Radiation Physics and Chemistry* 135, 32-44.
- Morabad, R. B. and Kerur, B. R. (2010). "Mass attenuation coefficients of X-rays in different medicinal plants". *Applied Radiation and Isotopes* 68(2), 271-274.
- Ogundare, F. O., Adekola, F. M. and Oladosu, I. A. (2019). "Compositions and photon mass attenuation coefficients of diesel, kerosene, palm and groundnut oils". *Fuel* 255, 115697.
- Önder, P., Turşucu, A., Demir, D. and Gürol, A. (2012). "Studies on mass attenuation coefficient, effective atomic number and electron density of some thermoluminescent dosimetric compounds". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 292, 1-10.
- Özdemir, Y. and Kurudirek, M. (2009). "A study of total mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities for various organic and inorganic compounds at 59.54 keV". *Annals of Nuclear Energy* 36(11-12), 1769-1773.
- Salinas, I. C. P., Conti, C. C. and Lopes, R. T. (2006). "Effective density and mass attenuation coefficient for building material in Brazil". *Applied Radiation and Isotopes* 64(1), 13-18.
- Sayyed, M. I., Akman, F., Geçibesler, I. H. and Tekin, H. O. (2018). "Measurement of mass attenuation coefficients, effective atomic numbers, and electron densities for different parts of medicinal aromatic plants in low-energy region". *Nuclear Science and Techniques* 29(10), 144.
- Sayyed, M. I., Akman, F. and Kaçal, M. R. (2019). "Experimental investigation of photon attenuation parameters for different binary alloys". *Radiochimica Acta* 107(4), 339-348.
- Seven, S., Karahan, I. H. and Bakkaloglu, Ö. F. (2004). "The measurement of total mass attenuation coefficients of CoCuNi alloys". *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 83(2), 237-242.
- Shi, X., Yang, H., Wang, S., Shao, G., Duan, X., Xiong, Z. and Wang, T. (2007). "Characterization of W–20Cu ultrafine composite powder prepared by spray

- drying and calcining-continuous reduction technology". *Materials Chemistry and Physics* 104(2-3), 235-239.
- Song, P., Cheng, J., Wan, L., Zhao, J., Wang, Y. and Cai, Y. (2009). "Preparation and characterization of Mo-15 Cu superfine powders by a gelatification-reduction process". *Journal of Alloys and Compounds*, 476(1-2), 226-230.
- Şahin, Y. and Demir, D. (2013). "X-Işını Spektroskopisi"Çimke Yayınevi.
- Şahin, Y. (1999). "Çekirdek Fizikinin Esasları "Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Tian, J. M., Fan, J. L., Chen, Y. B. and Liu, T. (2010). "Sintering characteristics of fine grained Mo-40Cu alloy". *J. Cent. South Univ.(Sci. Technol.)*, 41(5), 1736-1742.
- Tekin, H. O., Kavaz, E., Altunsoy, E. E., Kilicoglu, O., Agar, O., Erguzel, T. T. and Sayyed, M. I. (2019). "An extensive investigation on gamma-ray and neutron attenuation parameters of cobalt oxide and nickel oxide substituted bioactive glasses". *Ceramics International*, 45(8), 9934-9949.
- Turgut, U., Şimşek, O. and Büyükkasap, E. (2007). "Measurement of mass attenuation coefficients in some Cr, Co and Fe compounds around the absorption edge and the validity of the mixture rule". *Pramana* 69(2), 199-207.
- Uğurlu, M., (2018) " Sinterleme Metodu ile Elde Edilen Kimyasal Özellikleri Benzer Bazı 3d ve 4d Geçiş Metal Alaşımalarının Dış Manyetik Alanda K Tabakası X-Işını Şiddet Oranı ve Valens Elektron Yoğunluğunun Belirlenmesi", Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yılmaz, D., Şahin, Y. and Demir, L. (2015). "Studies on mass attenuation coefficient, mass energy absorption coefficient, and kerma for Fe alloys at photon energies of 17.44 to 51.70 keV". *Turkish Journal of Physics* 39(1), 81-90.
- Yılmaz, D., Boydaş, E. and Cömert, E. (2016). "Determination of mass attenuation coefficients and effective atomic numbers for compounds of the 3d transition elements". *Radiation Physics and Chemistry* 125, 65-68.
- Yılmaz, D. and Şimşek, Ü. (2017). "Measurement of mass attenuation coefficients for undoped and boron nitride-doped magnesium diboride superconductors in the X-ray region 8.04–59.5 keV". *Spectroscopy Letters* 50(6), 299-300.
- Waly, E. S. A., Fusco, M. A. and Bourham, M. A. (2016). "Gamma-ray mass attenuation coefficient and half value layer factor of some oxide glass shielding materials". *Annals of Nuclear Energy*, 96, 26-30.
- Wang, D. Z., Wang, G. J., Zhou, J. and Wu, Z. Z. (2008). "Preparation of Mo/Cu composite powders with ultrasonic electroless plating copper ". *Journal of Central South University Science and Technology* 39(5), 945-950.

Zhou, X. L., Dong, Y. H., Hua, X. Z . and Ye, Z. G. (2010). "Effect of Fe on the sintering and thermal properties of Mo–Cu composites". *Materials & Design*, 31(3), 1603-1606.



ÖZGEÇMİŞ

Elazığ doğumlu olan Serkan BİLGİÇ ilköğrenimini Cip Köyü İlkokulu'nda, orta öğrenimini Elazığ Orta Okulu'nda tamamladı. Lise eğitimini Balakgazi Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik bölümünden mezun oldu. 2002-2016 yılları arasında özel öğretim kurumlarında öğretmen olarak çalıştı. 2016 yılından beri Erzincan Anadolu İmam Hatip Lisesi'nde Fizik öğretmeni olarak görev yapmaktadır. 2018 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Atom ve Molekül Fiziği Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans eğitimi devam etmektedir.

