

166751

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**GAMA TRANSMİSYON TEKNİĞİ İLE
Cs-137 ve Co-60 GAMA KAYNAĞI KULLANILARAK FARKLI
METALLER İÇİN YOĞUNLUK TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elekt. ve Hab. Müh. M. Ergun TURGAY

304.01.1.059

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 27 Aralık 2004

Tezin Savunulduğu Tarih: 27 Ocak 2005

Tez Danışmanı:

Prof.Dr. A. Beril TUĞRUL

Diğer Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Cenap Ş. ÖZBEN

Yrd. Doç. Dr. Sevilay HACIYAKUPOĞLU

[Handwritten signatures and dates]
15.02.2005
16.02.2005
15.02.2005

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Bu Yüksek Lisans Tez Çalışmasında Gama Transmisyon Tekniğı ile Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ve Co-60 gama radyoizotop kaynağı kullanılarak endüstride sıkça kullanılan farklı metaller için yoğunluk tayini yapılmasına ilişkin deneysel bir inceleme amaçlanmıştır. Yapılan bu deneysel çalışmanın, endüstride aynı teknik kullanılarak farklı alanlarda yapılacak çalışmalara faydalı olması beklenebilir.

Yüksek Lisans Eğitimin boyunca ve de özellikle tez çalışmalarında , bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim kıymetli hocam Prof. Dr. Sn. A. Beril TUĞRUL ' a en iyi dileklerle birlikte teşekkürlerimi sunarım .

Hayatım boyunca manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim sevgili annem Aynur TURGAY ve babam Kazım TURGAY ' a da bu vesile ile şükranlarımı sunmaktan mutluluk duyarım .

Ocak 2005

M.Ergun TURGAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GAMA IŞINLARININ TANITIMI	4
2.1. Gama Işınları	4
2.2. Gama Işınlının Özellikleri	4
2.3. Gama Işınlının Madde ile Etkileşimi	8
2.3.1 Fotoelektrik Olay	8
2.3.2. Compton Saçılması	9
2.3.3. Çift Oluşumu	9
2.3.4. Gama Işınlının Soğurulması	10
2.4. Gama Kaynakları	12
3. GAMA TRANSMİSYON TEKNİĞİ	14
3.1. Gama Transmisyon Tekniğinin Genel Prensipleri	14
3.2. İlgili Düzenekler	17
3.3. Gama Transmisyon Tekniğinin Uygulama Alanları	19
3.3.1. Kalınlık Ölçümleri	19
3.3.2. Seviye Tayini	19
3.3.3. Yoğunluk Tayini	21
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	23
4.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler	23
4.1.1. Kurşun	23
4.1.2. Çelik	24
4.1.3. Bakır	26
4.1.4. Pirinç	26
4.1.5. Alüminyum	28
4.2. Deneylerde Kullanılan Numuneler	29
4.2.1. Kurşun Numunesi	30
4.2.2. Çelik Numune	31
4.2.3. Bakır Numune	32
4.2.4. Pirinç Numune	33
4.2.5. Alüminyum Numunesi	34
4.3. Deneyde Kullanılan Gama Radyoizotop Kaynakları	35
4.4. Deney Düzeneci Elemanları	36
4.4.1. Çok Kanallı Analizör	37
4.4.2. Zırlı Kolimatör	38
4.4.3. Sintilasyon Dedektörü	38

4.4.4. Zırh Ünitesi Bariyerler	39
4.5. Deney Geometrisi ve Düzenegi	39
4.6. Deneylerin Yapılışı	41

5. DENEY SONUÇLARI

5.1. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Elde Edilen Deney Sonuçları	42
5.1.1 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Kurşun İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	42
5.1.2 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Çelik İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	43
5.1.3 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Bakır İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	44
5.1.4 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Pirinç İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	44
5.1.5 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	45
5.2. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Elde Edilen Deney Sonuçları	46
5.2.1 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Kurşun İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	46
5.2.2 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Çelik İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	47
5.2.3 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Bakır İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	47
5.2.4 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Pirinç İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	48
5.2.5 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum İçin Elde Edilen Deney Sonuçları	49
5.3. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Tayin Edilen Yoğunlukların İrdelenmesi	50
5.3.1 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	50
5.3.2 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	51
5.3.3 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	51
5.3.4 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	52
5.3.5 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	53
5.4. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Tayin Edilen Yoğunlukların İrdelenmesi	54
5.4.1 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	54
5.4.2 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	55
5.4.3 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	55

5.4.4. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	56
5.4.5. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi	57
5.5. Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Tayin Edilen Yoğunlukların Mukayeseli Değerlendirmesi	58
5.6. Fark İrdelenmesi	61
5.6.1. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının İrdelenmesi	61
5.6.2. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının İrdelenmesi	63
5.6.3. Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının Mukayeseli İrdelenmesi	64

6. SONUÇ VE TARTIŞMA	66
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	71

KISALTMALAR

BS : British Standards (Çelik İçin İngiliz Standartları)

İMMİB : İstanbul Metal Maden İhracatçıları Birliği

TMMOB : Türkiye Mimarlar Mühendisler Odaları Birliği

İMİB : İstanbul Metal İhracatçıları Birliği

MCA : Multichannel Analyzier (Çok Kanallı Analizör)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 : Kurşunun Genel Özellikleri.....	24
Tablo 4.2 : Çelik için BS-İngiliz Standartları ve Anlamları.....	25
Tablo 4.3 : BS-İngiliz Standartlarında Harfler ve Anlamları.....	25
Tablo 4.4 : Yay Çeliğine İlişkin Bazı Özellikleri.....	25
Tablo 4.5 : Bakırın Genel Özellikleri.....	26
Tablo 4.6 : Pirinçe İlişkin Bazı Özellikler.....	27
Tablo 4.7 : Alüminyumun Genel Özellikleri.....	29
Tablo 4.8 : Kurşun Numunesi Özellikleri.....	31
Tablo 4.9 : Çelik Numunesi Özellikleri.....	32
Tablo 4.10 : Bakır Numunesi Özellikleri.....	33
Tablo 4.11 : Pirinç Numunesi Özellikleri.....	34
Tablo 4.12 : Alüminyum Numunesi Özellikleri.....	34
Tablo 4.13 : Deneylerde Kullanılan Radyoizotop Kaynakların Özellikleri.....	35
Tablo 5.1 : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Kurşun İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	42
Tablo 5.2 : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	43
Tablo 5.3. : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Çelik İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	43
Tablo 5.4 : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	43
Tablo 5.5. : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Çelik İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	44
Tablo 5.6 : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	44
Tablo 5.7. : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Pirinç İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	45
Tablo 5.8 : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	45
Tablo 5.9. : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Alüminyum İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	45
Tablo 5.10 : Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	46
Tablo 5.11. : Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Kurşun İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	46
Tablo 5.12 : Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	46
Tablo 5.13. : Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Çelik İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	47
Tablo 5.14 : Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	47
Tablo 5.15. : Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Bakır İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	48

Tablo 5.16	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı İle Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	48
Tablo 5.17.	: Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Pirinç İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	48
Tablo 5.18	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı İle Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	49
Tablo 5.19.	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum İçin Elde Edilen Deney Sonuçları.....	49
Tablo 5.20	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluk.....	49
Tablo 5.21	: Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun için Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	50
Tablo 5.22	: Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik için Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	51
Tablo 5.23	: Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır için Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	52
Tablo 5.24	: Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç için Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	52
Tablo 5.25	: Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum için Tayin Edilen Yoğunlukla, Alüminyum İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	53
Tablo 5.26	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	54
Tablo 5.27	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	55
Tablo 5.28	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	56
Tablo 5.29	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	56
Tablo 5.30	: Co-60 Gama Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Alüminyum İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	57
Tablo 5.31	: Cs-137 ve de Co-60 Gama Radyoizotop Kaynaklarının Kullanımı İle Tayin Edilen Yoğunluk Değerleri ve de Verilen Değerler.....	58
Tablo 5.32	: Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının İrdelenmesi.....	62
Tablo 5.33	: Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının İrdelenmesi.....	63

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Elektromanyetik Radyasyon Ailesi.....	5
Şekil 2.2 : Ters Kare Kanunu.....	7
Şekil 2.3 : Fotoelektrik Olay.....	8
Şekil 2.4 : Compton Saçılması.....	9
Şekil 2.5 : Çift Oluşumu.....	10
Şekil 2.6 : Kurşun İçinde Gama Işınlınının Soğurulması.....	11
Şekil 3.1 : Gama Işınlınının Soğurulması.....	14
Şekil 3.2 : Gama Transmisyon Tekniğinin Prensip Şeması.....	16
Şekil 3.3 : Seviye Tespitine dair Düzenekler.....	20
Şekil 3.4 : Borulardaki Akışkana Ait yoğunluk ölçüm şeması.....	22
Şekil 4.1 : Bakır-Çinko Denge Diyagramı.....	27
Şekil 4.2 : Standart Setler.....	30
Şekil 4.3 : Kurşun Numunesi.....	31
Şekil 4.4 : Çalışılan Çelik numunesi.....	32
Şekil 4.5 : Bakır Numunesi.....	33
Şekil 4.6 : Çalışılan Pirinç Numunesi.....	34
Şekil 4.7 : Çalışılan Standart Alüminyum Numunesi.....	35
Şekil 4.8 : Deneylerde Kullanılan Cs-137 Radyoizotop Kaynağı.....	36
Şekil 4.9 : Deneylerde Kullanılan Co-60 Radyoizotop Kaynağı.....	36
Şekil 4.10 : Çok Kanallı Analizör ve Monitörü.....	37
Şekil 4.11 : Zırh Kolimatör.....	38
Şekil 4.12 : Sintilasyon Dedektörü.....	38
Şekil 4.13 : Zırh Ünitesi Bariyerler.....	39
Şekil 4.14 : Deney Düzenegi ve Geometrisi Şeması.....	40
Şekil 4.15 : Deney Düzeneginin Görünümü.....	40
Şekil 5.1. : Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	50
Şekil 5.2. : Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	51
Şekil 5.3. : Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	52
Şekil 5.4. : Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	53
Şekil 5.5. : Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Alüminyum İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	53
Şekil 5.6. : Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	54

Şekil 5.7.	: Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	55
Şekil 5.8.	: Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	56
Şekil 5.9.	: Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	57
Şekil 5.10.	: Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Alüminyum İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi.....	57
Şekil 5.11.	: Kurşun İçin; Cs-137 ve de Co-60 Radyoizotop Kaynaklarının Kullanımı İle Tayin Edilen Yoğunluk Değerleri İle Verilen Değerin Mukayesesi.....	59
Şekil 5.12.	: Çelik İçin; Cs-137 ve de Co-60 Radyoizotop Kaynaklarının Kullanımı İle Tayin Edilen Yoğunluk Değerleri İle Verilen Değerin Mukayesesi.....	59
Şekil 5.13.	: Bakır İçin; Cs-137 ve de Co-60 Radyoizotop Kaynaklarının Kullanımı İle Tayin Edilen Yoğunluk Değerleri İle Verilen Değerin Mukayesesi.....	60
Şekil 5.14.	: Pirinç İçin; Cs-137 ve de Co-60 Radyoizotop Kaynaklarının Kullanımı İle Tayin Edilen Yoğunluk Değerleri İle Verilen Değerin Mukayesesi.....	60
Şekil 5.15.	: Alüminyum İçin; Cs-137 ve de Co-60 Radyoizotop Kaynaklarının Kullanımı İle Tayin Edilen Yoğunluk Değerleri İle Verilen Değerin Mukayesesi.....	61
Şekil 5.16.	: Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Elde Edilen Fark Grafiği.....	62
Şekil 5.17.	: Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Elde Edilen Fark Grafiği.....	64
Şekil 5.18.	: Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynakları İçin Elde Edilen Ortalama Fark Grafiği.....	64
Şekil 5.19.	: Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynakları İçin Elde Edilen Ortalama Mutlak Fark Grafiği.....	65

SEMBOL LİSTESİ

c	: Elektromanyetik dalga hızı
E	: Elektromanyetik dalganın enerjisi
e_d	: Dedektör verimi
f	: Elektromanyetik dalga frekansı
f_s	: Kaynağın self-absorbsiyon katsayısı
h	: Planck sabiti
I	: Malzemeyi katedip diğer tarafa geçebilen radyasyon şiddeti
I_0	: Radyasyonun malzemeyle etkileşmeye başlamadan evvel ki şiddeti
x	: Malzeme kalınlığı
x_a	: Akışkan kalınlığı
x_b	: Boru et kalınlığı
x_m	: Malzemeye ilişkin kalınlık yoğunluğu
α	: Alfa ışınları
β	: Beta ışınları
λ	: Elektromanyetik dalgaya ait dalga boyu
μ	: Malzemeye ilişkin lineer soğurma katsayısı,
μ_C	: Compton Olayı soğurma katsayısı
μ_F	: Fotoelektrik olay soğurma katsayısı
μ_m	: Malzemeye ilişkin kütleli soğurma katsayısı
μ_P	: Çift Oluşumu soğurma katsayısı
μ_T	: Toplam lineer soğurma katsayısı
ρ	: Malzeme yoğunluğu
ρ_a	: Akışkan yoğunluğu
ρ_b	: Boru malzemesi yoğunluğu
d_1	: Kaynakla birinci yüzey arasındaki mesafe
d_2	: Kaynakla ikinci yüzey arasındaki mesafe
A_1	: Birinci yüzey alanı
A_2	: İkinci yüzey alanı
Ψ	: Compton elektronu saçılma açısı
θ	: Compton saçılmasında saçılan gama ışınının saçılma açısı

GAMA TRANSMİSYON TEKNİĞİ İLE Cs-137 ve Co-60 GAMA KAYNAĞI KULLANILARAK FARKLI METALLER İÇİN YOĞUNLUK TAYİNİ

ÖZET

Bu Yüksek Lisans Tez Çalışmasında Gama Transmisyon Tekniğı ile Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ve Co-60 gama radyoizotop kaynağı kullanılarak endüstride sıkça kullanılan farklı metaller için yoğunluk tayini yapılmasına ilişkin deneysel bir inceleme amaçlanmıştır.

Birden fazla radyoizotop kaynak kullanılarak, deneylerin geniş bir spektrumda yapılması ve mukayese edilebilir olması amaçlanmıştır. Radyoizotop kaynak seçiminde; yarı ömür, enerji seviyesi ve madde ile etkileşim gibi özellikler dikkate alınmıştır.

Transmisyon tekniğine ilişkin deney düzeneğı hazırlanıp, ölçümler yapılmıştır. Kaydedilen deney sonuçlarına göre, farklı metaller için yoğunluk tayini gerçekleştirilmiştir.

Yapılan irdeleme sonucunda, gama transmisyon tekniğı ile tayin edilen yoğunluk değerleri ile, verilen yoğunluk değerleri arasında kabul edilebilir mertebede fark olduğu tespit edilmiştir. Bu da, gama transmisyon tekniğı kullanılarak yoğunluk tayini yapılabileceğini ve de sonuçların güvenilirliğini göstermektedir.

Öz olarak, ifade etmek gerekirse; bu Yüksek Lisans Tezi ile, gama transmisyon tekniğı ile Cs-137 ve Co-60 gama radyoizotop kaynakları kullanılarak yoğunluk tayini yapılmış ve uygulamaya yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

DENSITY MEASUREMENT FOR DIFFERENT METALS BY USING Cs-137 and Co-60 GAMMA SOURCE WITH GAMMA TRANSMISSION TECHNIQUE

SUMMARY

The purpose of this experimental study is an analysis of density measurement of different metals with the gamma transmission technique using of Cs-137 and also Co-60 as radioisotope sources.

There are two radioisotope sources which used in laboratory to have the large spectrums and comparable results. Preferred radioisotopes sources were suitable for gamma transmission technique as well as, half-life, energy level and penetration to material.

Experimental settings were located and count results were noted. Regarding these results; density measurements were completed for different metals.

Finally; the differences, between the signficated density values of density measurement with gamma transmission technique and given density values, are acceptable level. This result confirms that, density measurement could be done with gamma transmission technique and the results of measurement are reliable.

As a result; in this experimental study, the density measurement was observed by usingCs-137 and Co-60 gamma radioisotope sources succesfully, so a research was completed for using in industrial application.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sanayi devrimini takiben, sanayinin talebi doğrultusunda bir çok bilim alanında gelişmeler olmuş ve bunlar hayata geçirilmiştir. Böylece, yirminci yüzyıla gelindiğinde farklı teknolojilerin gelişimi söz konusu olmuştur. Bu teknolojilerin içinde nükleer teknolojinin, bilim tarihi içinde kronolojik olarak geç de olsa gelişme gösterdiği görülmektedir .

Nükleer tekniklerin, teknoloji gelişimi içinde nispeten geç olarak ortaya çıkması, radyasyonun, fisyon, füzyon ve radyoaktif bozunum gibi nükleer reaksiyonların geç keşfedilmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin; X-ışınları, 1895 yılında Röntgen tarafından keşfedilmiş, bunu takiben beta ve gama ışınları gibi ışınlar bulunmuş olmasına karşın nötron ancak 1932 (**Chadwick**) yılında keşfedilebilmiştir (**Harms ve Wyman , 1986**). Atomaltı parçacıkların keşfi ise, günümüzde bile süre gitmektedir (**Rahman ve Shieh , 1981**).

Bununla beraber, özellikle ikinci dünya savaşını takiben nükleer teknolojinin, özellikle reaktör teknolojisinin gelişmesi ve ticarileşmesinden sonra barışçıl amaçlı kullanımı artmıştır. Bu gelişim, günümüze değin artarak yaygınlaşarak sürmüş ve halen de sürmektedir.

Nükleer teknolojinin gelişimiyle farklı ve çeşitli birçok nükleer teknik vücut bulmuş ve farklı alanlarda başarıyla uygulanabilmektedir. Öz olarak; atom ve yapısındaki elementer parçacıkların ve/veya elektromanyetik ışınların kullanıldığı radyasyon teknikleri “nükleer teknikler” olarak nitelenebilir. Bu tanım çerçevesinde, bir çok farklı radyasyon kaynağının kullanıldığı farklı tekniklerden bahsedilebilir .

Günümüzde, nükleer tekniklerin birçok alanlarda, diğer tekniklere göre tercih edilerek kullanıldıklarını görmekteyiz. Tercih sebepleri arasında; çeşitli ürün ve elemanlara uygulanabilir olmaları, tahribatsız muayene metodları arasında yer almaları, çoğu kez malzemeye temas olmadan uygulanabilmeleri, malzeme iç yapısı hakkında bilgi verebilmeleri ve kimi kez alternatifsiz olmaları sayılabilir (**Mix , 1987**).

Nükleer tekniklerin, radyasyonla çalışılıyor olmasından ötürü, nükleer güvenlik şartlarının sağlanması, uygulamada konuya ilişkin yetişmiş uzman elemanlara ihtiyaç göstermeleri, genellikle pahalı teknikler olmaları gibi özellikleri olmasına karşın sağladıkları güvenilir ve hassas sonuçlar nedeniyle yaygınlıkları giderek artmaktadır (Halmshaw , 1995).

Nükleer güvenlik ve dozimetri konusunda ileri hesaplamalar halen de sürmektedir (Doğan ve Tuğrul, 2005).

Nükleer tekniklerin sağladığı geniş olanaklar, kullanım alanlarını da genişletmiştir. Nitekim, nükleer teknikler; tarımdan tıba, arkeolojik konulardan endüstriye kadar geniş bir yelpazede hizmet vermektedirler.

Günümüzde, nükleer tekniklerin belki de en yaygın kullanımı tıp alanında görülmektedir. Objesi, insan olan tıp için hem teşhis ve hem de tedavi amaçlı olarak nükleer teknolojinin kullanıldığını görmekteyiz.

Teşhis amaçlı kullanım tekniklerinin en eskisi röntgen çekimidir. Bu teknik, X-ışınlarının keşfini takiben hemen yirminci yüzyılın başında kullanılmaya başlanmıştır. Buna karşın , teşhise yönelik olarak yirminci yüzyılın son çeyreğinde büyük versiyonel gelişimler de kaydedilmiştir. Bu bağlamda, bilgisayarlı tomografi, çeşitli sintigrafi teknikleri, pozitron emisyon tomografisinden bahsedilebilir. Tedavi yöntemleri çerçevesinde ise, kanser tedavisinde radyasyonun kullanımı rutinleşmiştir denebilir (Early ve Sodde , 1995; Bernier, Christian ve Langan , 1997).

Endüstri, nükleer tekniklerin kullanıldığı, önemli bir alandır. Endüstriyel üretimin artması, kalite temin ve kalite kontrol bağlamında kalite güvence ve toplam kalite kavramlarının gelişmesiyle malzemenin çeşitli özelliklerinin tahribatsız anlamda takibinin sağlanabilmesi nedeniyle nükleer teknikler sanayi amaçlı kullanılır olmuştur (Mix , 1987).

Nükleer tekniklerin endüstriyel kullanımları; madencilikten kağıt sanayiine, demir çelik sektöründen çimento sektörüne, rafinerilerden, otomotiv sanayiine kadar hemen tüm endüstri dallarını kapsamaktadır. Bu çerçevede olmak üzere; radyasyonla ölçüm teknikleri, radyoaktif izleme teknikleri, çeşitli analiz teknikleri geliştirilmiş bulunmaktadır (Gardner ve Ely , 1967).

Sanayi kullanımlarının incelediğimizde, nükleer tekniklerin özellikle; kalınlık ölçümü, yoğunluk tayini, malzeme tespiti, malzeme analizi, aşınma tespiti ve akış takibi konularında yoğunlukla kullanıldığını görmekteyiz. Bir başka deyişle, nükleer teknikler sanayinin, malzemelerde tayin etmek istediği temel amaçlara yönelik kullanılabilir.

Bu amaçlara yönelik olarak ise, farklı radyasyon tipleri kullanılır olmakla beraber, daha çok girici elektromanyetik radyasyonun kullanıldığı görülmektedir. Bir başka deyişle, X ve gama ışınlarının endüstriyel uygulamalarda çoğu kez tercih edildiği söylenebilir.

Bu Yüksek Lisans tezi çerçevesinde endüstriyel bir uygulama olan gama ışınları ile yoğunluk tayinine ilişkin bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Bu konuya ilişkin olarak farklı malzemelerin yoğunluk tayinine yönelik deneysel bir araştırma yapılması hedeflenmektedir.

BÖLÜM 2

GAMA IŞINLARININ TANITIMI

2.1. Gama Işınları .

Gama ışınları, elektromanyetik radyasyon ailesinin bir üyesi olup, diğer elektromanyetik radyasyonlar gibi dalga tabiatındadırlar. Atom çekirdeği orijinlidirler. Kararsız çekirdeklerin kararlı hale geçerken dalga ya da parçacık şeklinde enerji fazlalıklarını atmaları olayına ‘radyoaktif bozunma’ adı verilmektedir (Földiák , 1986).

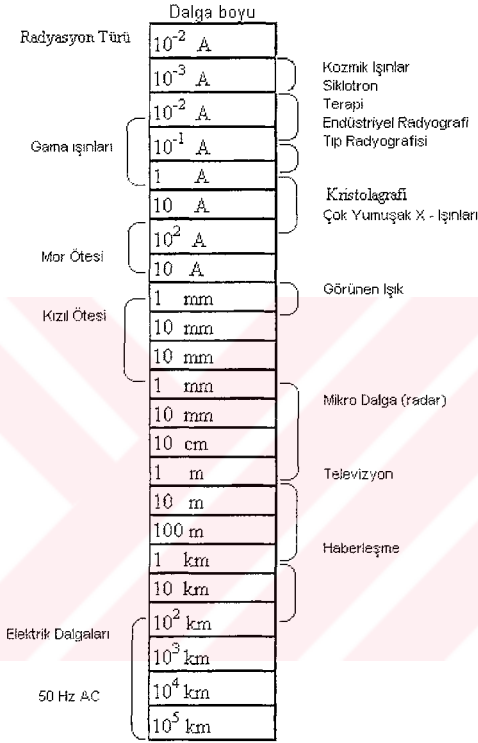
Radyoaktif bozunma bazen iki adımda gerçekleşmektedir . Kararsız çekirdek önce bir parçacık atarak (α ya da β) yeni bir çekirdeğe dönüşmektedir. Bu yeni çekirdekteki fazla enerji de foton halinde yayınlanmaktadır. İşte bu fotonlar gama ışınları olarak nitelenmektedir .

2.2. Gama Işınlarmın Özellikleri .

Gama ışınları, elektromanyetik radyasyon ailesine mensup olduğundan, elektromanyetik radyasyon ailesinin genel özelliklerine sahiptirler . Elektromanyetik radyasyon ailesi geniş bir spektruma sahiptir. Gama ışınları, radyo dalgaları, mikrodalga, kızıl ötesi radyasyon, görünür ışık, mor ötesi radyasyon ve X-ışınları ile aynı spektrum içinde yer almaktadırlar.

Elektromanyetik spektrumda, Mor ötesi ışıklardan daha küçük dalga boylarında yer alan elektromanyetik radyasyonlar maddeye nüfuz edebilme özelliğine sahiptirler. Gama ışınları da bu bölgede yer almaktadır. Bir başka deyişle, gama ışınları maddeye nüfuz edebilen girici ışıklardır.

Gama ışınlarının, X-ışınlarına benzer özellikleri bulunmaktadır, ancak orijinleri farklıdır. Gama ışınları atom çekirdeğinden, X-ışınları ise atom uzayından yayınlanmaktadır.



Şekil 2.1. Elektromanyetik Radyasyon Ailesi (Bilge ve Tuğrul , 1990)

Foton olarak tanımlanan boyutsuz ve kütesiz enerji paketlerinden oluşan gama ışınları ışık hızı ile hareket etmektedirler .

$$c = f \cdot \lambda \quad (2.1)$$

Burada ;

c : Elektromanyetik dalga hızı (m/sn),

f : Elektromanyetik dalga frekansı (1/sn),

λ : Elektromanyetik dalgaya ait dalga boyu (m)

ifade etmektedir.

Foton Enerjileri (E) için;

$$E = h \cdot f \quad (2.2)$$

Olarak yazılabilir. Burada;

E : Elektromanyetik dalganın enerjisi (keV),

h : Planck sabiti,

f : Elektromanyetik dalganın frekansı (1/sn),

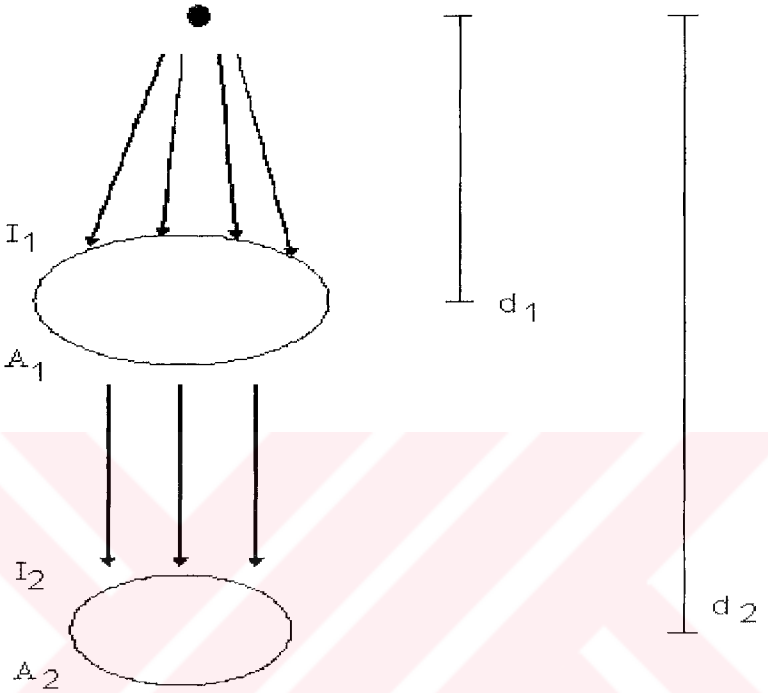
ifade etmektedir.

Denklem 2.1 ve Denklem 2.2' den hareketle;

$$E \text{ (keV)} = 12.4 / \lambda \text{ (Å)} \quad (2.3)$$

yazılabilir (**Bilge ve Tuğrul, 1990**). Denklem 2.3' de görüleceği üzere fotonun enerjisi ile dalga boyu arasında ters orantılı bir değişim izlenmektedir.

Kaynaktan izotropik olarak yayınlanan gama ışınlarının şiddeti uzaklığının karesi ile ters orantılı azalır. Yani ‘‘ ters kare ‘‘ kanunu geçerlidir.



Şekil 2.2 Ters Kare kanunu

Ters kare kanunu;

$$I_1 \cdot d_1^2 = I_2 \cdot d_2^2 \quad (2.4)$$

olarak ifade edilebilir.

Burada;

I_1 : A_1 yüzeyine düşen radyasyon şiddeti

I_2 : A_2 yüzeyine düşen radyasyon şiddeti

d_1 : A_1 yüzeyinin radyasyon kaynağına olan mesafesi

d_2 : A_2 yüzeyinin radyasyon kaynağına olan mesafesi

2.3. Gama Işınlarnın Madde ile Etkileşimi .

Girici radyasyon olan gama ışınları, aynı enerjili alfa-beta gibi parçacık radyasyonlarına göre madde içinde daha fazla yol alabilmektedirler. Gama ışınlarının madde ile etkileşiminde başlıca üç farklı olay söz konusudur (**Glastone ve Sesonske , 1981**).

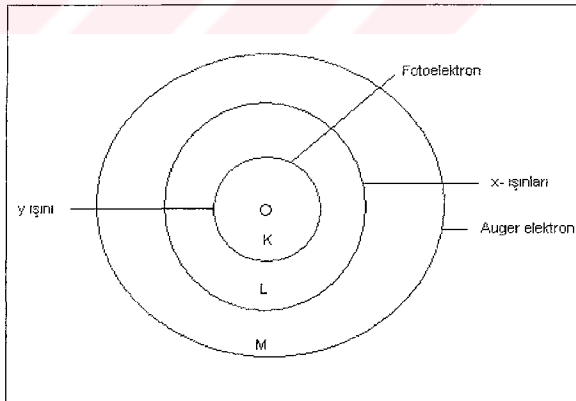
Bunlar;

- Fotoelektrik Olay,
- Compton Saçılması ve
- Çift Oluşumu

olaylarıdır.

2.3.1. Fotoelektrik Olay

100keV civarında fotoelektrik olayın olma olasılığı yüksektir. Böyle bir fotonun enerjisi, tümüyle etkileştiği atomun elektronuna transfer edilmektedir. Bu enerji elektronun bağ enerjisinden (yaklaşık 32eV) daha yüksek olduğundan elektron atomdan kopar. Bu durumda, elektronunu kaybetmiş iyon ve enerjitik elektron, bir iyon çifti oluştururlar. Böylelikle atom iyonlaşmış olur. Fotoelektrik olay sonucunda kopan elektron madde içinde yol alarak madde ile etkileşir ve enerjisini kaybeder. Olaya ilişkin çizim Şekil 2.3 ' de görülmektedir.

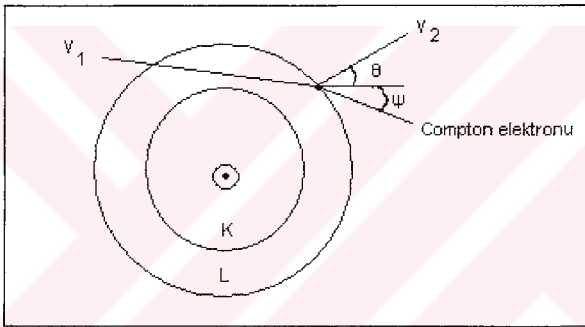


Şekil 2.3 Fotoelektrik Olay (Bilge ve Tuğrul , 1990)

2.3.2. Compton Saçılması

Gama fotonu, enerjisini madde atomunun elektronuna tümüyle transfer etmeyebilir. Bu durumda, gama fotonu enerjisini elektrona verip, onu yörüngesinden koparıırken, kendisi farklı bir yönde saçılır. Elektron ise başka bir açıyla yol alır ve madde ile etkileşerek yoluna devam eder. Bu olaya “ Compton Saçılması ” adı verilmektedir (Glastone ve Sesonske , 1981).

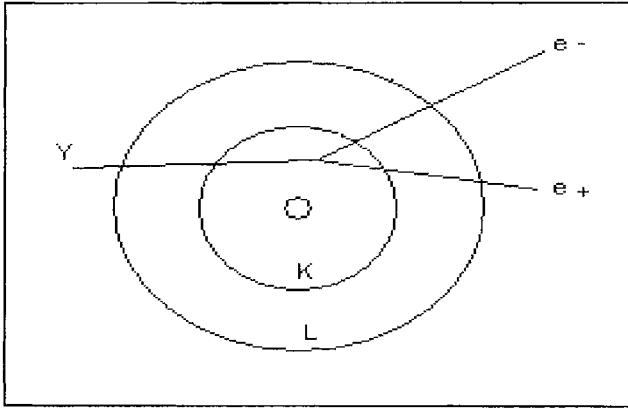
Saçılan gama fotonu da maddeyle etkileşmeye devam edebilir. Tamamen yutulursa fotoelektrik olay gerçekleşir . Olaya ilişkin çizim şekil 2.4 ‘ de verilmiştir .



Şekil 2.4 Compton Saçılması (Bilge ve Tuğrul , 1990)

2.3.3. Çift Oluşumu

Gama fotonlarının enerjisi 1.02MeV ‘ in üzerinde ise meydana gelen bir etkileşimdir. Gama ışıını çekirdeğin Coulomb alanıyla etkileşirse, elektron (negatron) ve pozitron parçaları üretilir. Her ikisi de 0.51MeV lik enerji ile hareket ederler. Gama fotonu yok olur. Bu olay “ Çift Oluşumu ” olarak bilinmektedir (Glastone ve Sesonske , 1981). Olaya ilişkin çizim şekil 2.5 ‘ de verilmiştir.



Şekil 2.5 Çift Oluşumu (Bilge ve Tuğrul , 1990)

2.3.4. Gama Işınlarnının Soğurulması .

Gama ışınlarının madde içinde yol alırken soğurulmaları;

$$I = I_0 [\exp (-\mu x)] \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Buradaki büyüklükler;

I: Malzemeyi katedip diğer tarafa geçebilen radyasyon şiddeti,

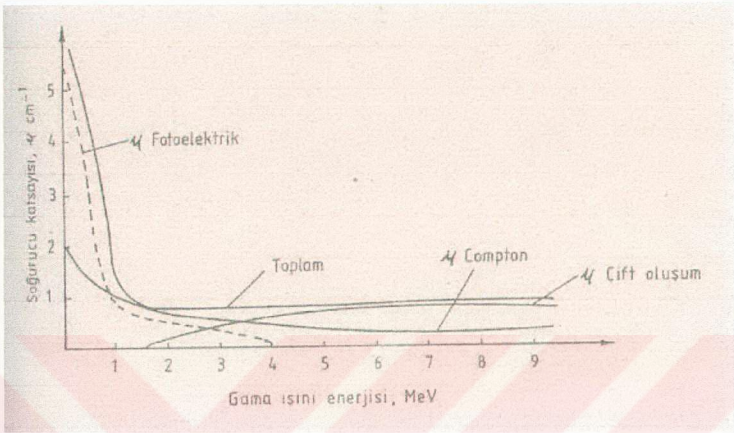
I_0 : Radyasyonun malzemeye etkileşmeye başlamadan önceki şiddeti,

μ : Malzemeye ilişkin lineer soğurma katsayısı,

x : malzeme kalınlığı,

temsil etmektedir.

Gama ışınlarının madde ile etkileşiminde, toplam tesir kesiti (yutulma katsayısı) hesabında her üç olay da etkindir. Bir başka deyişle her üç olay da birlikte incelenebilir. Gama ışınlarının madde ile etkileşiminde, her üç olaya ait soğurma katsayıları aynı grafikte verilebilmektedir. Şekil 2.6 ' da Gama ışınlarının Kurşun içerisindeki lineer soğurma katsayıları verilmektedir .



Şekil 2.6 Kurşun içinde Gama Işınlının Soğurulması (Bilge ve Tuğrul , 1990)

Denklem 2.5 ' te ifade edilen μ ; gama ışınlarının madde ile etkileşiminde muhtemel üç olay ait toplam soğurma katsayısıdır .

$$\mu_T = \mu_F + \mu_C + \mu_P \quad (2.6)$$

olarak ifade edilmektedir.

Burada ;

μ_T : Toplam lineer soğurma katsayısı

μ_F : Fotoelektrik olay soğurma katsayısı

μ_C : Compton Olayı soğurma katsayısı

μ_P : Çift Oluşumu soğurma katsayısı

2.4. Gama Kaynakları .

Tabiatta doğal olarak bulunan gama radyoizotopları yanında reaktörler ve hızlandırıcılar da gama kaynağı olarak kullanılabilmektedir. (n,γ) reaksiyonuya birçok elementin radyoizotopu elde edilebilmektedir. Burada önemli olan uygun radyoizotopun seçilebilmesidir .

Özellikle 400 keV mertebesi geçilince, boyut ve taşınabilirlik açısından X-ışını tüpleri kullanımı tercih edilmemektedir. Bu durumda, gama kaynakları çoğu kez vazgeçilmez olmaktadır.

Enerjiden ayrı bir kriter de yarı ömürdür. Endüstri için genellikle yıl mertebesi uygun olarak nitelenmektedir. Gama ışını yayınlayan radyoizotoplar, endüstriyel amaçlı ‘‘kaynak’’ olarak kullanılırken farklı geometri şekillerde tasarlanmaktadırlar. Radyoizotop kaynağın nokta, doğrusal veya düzlem tipinde seçilmesi veya kapsül biçiminde olması, uygulamaya yönelik olarak seçilebilmektedir.

Uygulamada kullanılan bazı Gama Kaynakları (Földiák, 1986) :

²²Na ; Mika tabaka ile kullanımı sözkonusudur.

⁵⁵Fe ; Özel uygulamalar için kullanılmaktadır (5.9keV lik X-ışını). Aktif madde genellikle bakır disk ile kaplanmış olarak kullanılmaktadır.

⁶⁰Co ; En yaygın kullanılan gama kaynaklarından biridir. 1.17 ve 1.33 MeV’ lerde gama enerji piki bulunmaktadır. Farklı amaçlarla kullanımları söz konusudur. Yarı ömrü, enerjisi ve doz oranıyla önemli bir gama kaynağıdır. Radyografi kaynağı olarak da sıkça kullanılmaktadır.

¹²⁴Sb ; Madde içinde uzun menzilli bir radyoizotop kaynaktır. Maliyeti düşüktür. Yarı ömrü 60.9 gündür ve bu yarı ömür endüstride limit getirmektedir.

¹²⁵I ; Geniş kullanımı olan bir radyoizotoptur. 35keV’ de gama enerji piki bulunmaktadır. Daha çok tıp uygulamalarında kullanılmaktadır.

¹³⁷Cs ; Tek enerji pikli (662 keV) bir radyoizotop kaynaktır. Yarı ömrü 30 yıldır.

¹⁷⁰Tm ; Radyografi uygulamalarında kullanılan bir radyoizotop kaynaktır.

¹⁹²Ir ; Genellikle radyografide kullanılan bir radyoizotop kaynaktır. Yarı ömrü 74 gündür. Yüksek aktivitesi tercih sebebi olmaktadır. Genellikle nokta kaynak olarak üretilmektedirler. Self absorbsiyon sorunu (10-30%) bulunmaktadır.

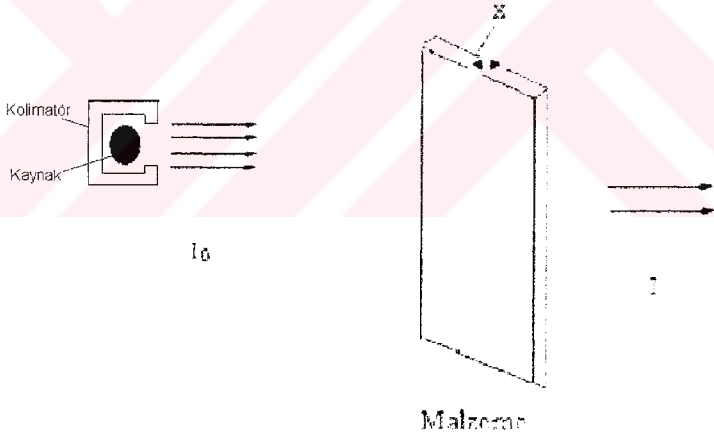
²⁴¹Am ; Alfa ve gama yayınlamaktadır. Pratik kullanımda alfa zırhlaması uygulanması tavsiye edilmektedir. Oldukça pahalıdır. Yaygın bir uygulaması bulunmaktadır. 60keV de gama fotonu yayınlamaktadır.

BÖLÜM 3

GAMA TRANSMİSYON TEKNİĞİ

3.1. Gama Transmisyon Tekniğinin Genel Prensipleri .

Gama ışınları madde içinde yol alırken, Bölüm 2.3.4.'de belirtildiği üzere; madde ile etkileşimleri sonucunda; ya tümüyle enerjilerini kaybedebilirler ya da enerjilerinin bir kısmını kaybederek yollarına devam edebilirler. Etkileşmeden maddeyi katedip yola devam etmeleri de mümkün olmaktadır. Sonuçta, madde dışından olay izlendiğinde gama ışınlarının bir kısmının soğurulduğu gözlemlenir (Şekil 3.1). Gama ışınlarının malzeme içindeki söz konusu soğurulması, eksponansiyel azalışı göstermektedir (Denklemler 2.5).



Şekil 3.1. Gama Işınlarının Soğurulması

Gama ışınlarının malzeme ile etkileşiminde üç önemli parametre rol oynamaktadır.

Bunlar;

- Gama kaynağından çıkan ışınların enerjisi
- Malzemenin kalınlığı
- Malzeme yapısı

olarak ifade edilebilir.

Eksponansiyel soğurulma ifadesini kütleli soğurma katsayısını kullanarak yazarsak;

$$I = I_0 [\exp (-\mu_m x_m)] \quad (3.1)$$

olarak belirtilebilir (Földiák, 1986) . Buradaki büyüklükler;

I : Malzemeyi katedip diğer tarafa geçebilen radyasyon şiddeti ,

I_0 : Radyasyonun malzemeye etkileşmeye başlamadan önceki şiddeti ,

μ_m : Malzemeye ilişkin kütleli soğurma katsayısı ,

x_m : Malzemeye ilişkin kalınlık yoğunluğu

olarak verilmektedir.

Denklem 3.1’de bahsedilen μ_m , malzemeye ilişkin kütleli soğurma katsayısı olarak tanımlanmıştır. μ_m için;

$$\mu_m = \mu / \rho \quad (3.2)$$

yazılabilir. Burada;

μ : malzemeye ilişkin lineer soğurma katsayısı

ρ : malzeme yoğunluğu

olarak ifade edilmektedir.

Denklem 3.1’de bahsedilen x_m , malzemeye ilişkin kalınlık yoğunluğu olarak tanımlanmıştı. x_m için;

$$x_m = x \cdot \rho \quad (3.3)$$

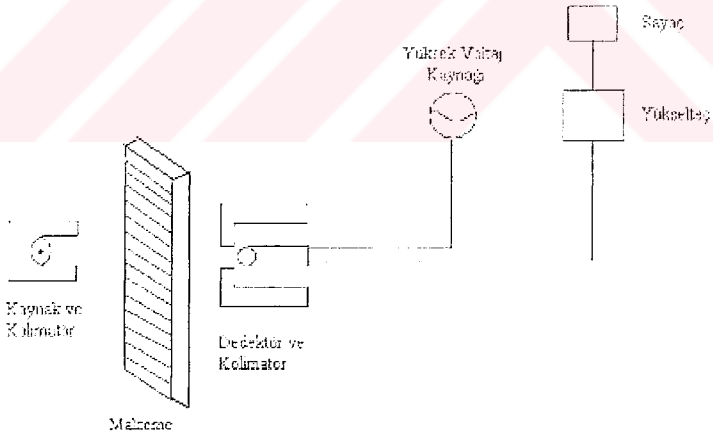
olarak yazılabilir. Burada;

x : malzeme kalınlığı,

ρ : malzeme yoğunluğu

şeklinde ifade edilmektedir.

Gama transmisyon tekniği, gama ışınlarının maddeyi kat ederken Denklem 3.1 bağlamında soğurulmasının izlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu teknikte temel prensip; kaynakla detektörün, ölçümü yapılacak olan malzemenin farklı taraflarına uygun geometride yerleştirilmesi şeklinde ifade edilebilir (**Gardner ve Ely, 1967**). şekil 3.2.’ de gama transmisyon tekniğinin prensip şeması görölmektedir.



şekil 3.2. Gama Transmisyon Tekniğinin Prensip şeması

Numuneli geometride dedektörden gelen sayım bilgisi, numunesiz geometride dedektörden gelen sayım bilgisi ile mukayese edilerek ölçümü yapılmak istenen değere ulaşılabilir (Gardner ve Ely, 1967). Bu haliyle, gama transmisyon tekniği hızla uygulanabilen bir teknik olarak nitelenebilir.

Uygulamada gama transmisyon tekniği kullanılarak, işlerin aksamasına imkan vermeden ölçüm yapılabilir. Bir başka deyişle, gama transmisyon tekniği kullanılarak üretim bandında bulunan malzemeye ilişkin uygulama yapmak mümkün olmaktadır.

3.2. İlgili Düzenekler .

Gama transmisyon tekniği elemanları;

- Radyasyon kaynağı
- Numune
- Dedektör
- Sayım sistemi

olarak yazılabilir.

Radyasyon kaynağı seçiminde kaynağın seçimi ve aktivitesi önem arz etmektedir. Özellikle kalın malzeme ölçümlerinde, çalışılacak kaynağı seçerken limit durum oluşmaktadır. Dolayısıyla yüksek enerjili gama kaynaklarının seçilmesi gerekmektedir. Kaynak aktivitesi uygulama hızını etkilemektedir.

Diğer bir husus da saçılan radyasyonu sistemden izole etmek için uygun bir kolimator kullanılmasıdır. Kaynak genellikle kurşundan yapılan zırh içine uygun geometri ile konularak, saçılan radyasyonun dedektör tarafından algılanması minimize edilmektedir.

Dedektör, gama transmisyon tekniğinde ölçüm sisteminin önemli bir elemanıdır. Farklı uygulamalara hitap eden çeşitli detektörler kullanılmaktadırlar. Çevreden saçılan radyasyonun önemli olduğu durumlarda, dedektör için de bir kolimatör kullanılması önerilmektedir.

Gama transmisyon tekniğinde ölçümün verimini etkileyen başlıca üç faktör bulunmaktadır. Bunlar;

- kaynağın self-absorbsiyon katsayısı [f_s]
- geometri (kaynak-malzeme-dedektör)
- dedektör verimi [e_d]

olarak ifade edilebilir.

Kaynağın self-absorbsiyon katsayısı nokta kaynaklar için ihmal edilebilmektedir. Dedektör verimi dedektörün, gelen radyasyonun ne kadarını ölçebildiğini ifade etmektedir. Geometri faktörü ise ölçüm şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir.

Sonuçların alınabilmesi için dedektörün bağlanacağı bir sayım sistemine ihtiyaç vardır. Sayım sisteminin ana elemanları olarak;

- Ön yükseltici
- Yükseltici
- Güç kaynağı
- Zaman ayarlayıcı
- Data çıkış üniteleri

sayılabilir.

3.3. Gama Transmisyon Tekniğinin Uygulama Alanları .

Gama transmisyon tekniği kullanılarak farklı amaçlı bir çok ölçüm yapılabilmektedir. Bunlardan bazıları; malzeme kalınlık ölçümü, seviye tayini, yoğunluk ölçümü olarak verilebilmektedir (Büyük, 2004).

Üretim bandındaki malzeme miktarı, akışkanlarda yoğunluk ve hız tayini, levha-sac kalınlıkları gibi ölçümler de yapılabilmektedir .

3.3.1 Kalınlık  l  mleri

Gama transmisyon tekniği kullanılarak, sabit yoğunluktaki malzemelerin kalınlığını ölçmek yüksek doğrulukla mümkün olabilmektedir. Kalınlık yoğunluğu 10^{-4} g/m² ile 10^5 g/m² arasındaki malzemelerin kalınlık ölçümleri;

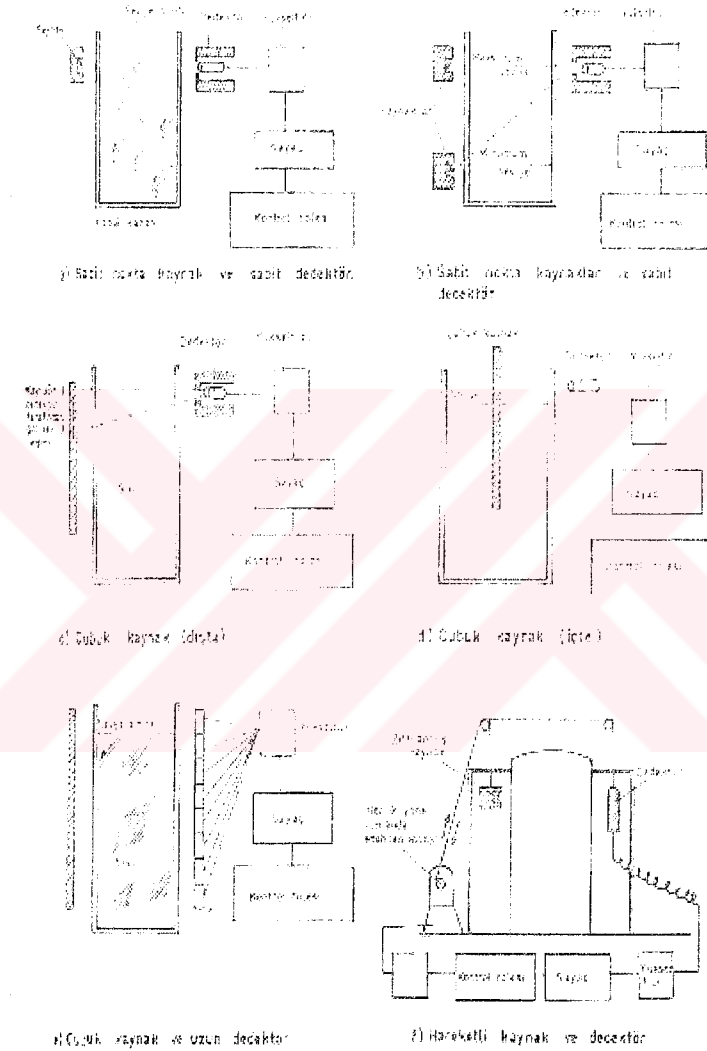
- Co-60
- Cs-137
- Ir-192
- Am-241

gibi gama kaynaklarıyla yapılabilmektedir (F ldiak, 1986). Denklem 3.1' deki ifade kullanılarak istenilen sonuçlar elde edilebilmektedir.

3.3.2 Seviye tayini

Seviye tespitinde de transmisyon tekniğinin genel prensiplerine dayanılarak sonuca gidilmektedir. Endüstrinin hemen her dalında özellikle tekstil, kimya ve de metal sanayinde Gama Transmisyon tekniği kullanılarak seviye tespit çalışmaları yapılmaktadır.

Seviye tayinine ilişkin farklı versiyonel uygulamalar söz konusudur. Tek dedektör ve tek radyoizotop kaynakla uygulama yapılabildiği gibi tek dedektör ve çok kaynak, ya da çok dedektör ve tek kaynak kullanılarak özel uygulamalar yapılabilmektedir. İlgili  rnekler şekil 3.3' de görülmektedir.



Şekil 3.3 Seviye tespitiine dair düzenekler (Bilge, 1985)

3.3.3 Yoğunluk tayini

Gama transmisyon tekniği kullanılarak yapılan yoğunluk tayini çalışmalarında, çalışılacak malzemenin kalınlığının bilinmesi söz konusudur. Bir başka deyişle Denklem 3.1.' den hareketle, kalınlığı aynı ve homojen olan bir numunenin yoğunluğunun tayini gama transmisyon tekniği ile mümkün olmaktadır. Burada homojen demekle, Denklem 3.1. ve Denklem 3.2.' de yer alan kütleel soğurma katsayısının (μ_m) numune için sabit olduğu ifade edilmektedir. Kalınlığı aynı ifadesi ile de, Denklem 3.1. ve Denklem 3.3.' deki malzemeye ilişkin kalınlık yoğunluğunun (x_m) çarpanlarından Denklem 3.3' de yer alan malzeme kalınlığının (x) sabit olduğu kastedilmektedir. Bu şartlarda;

$$I = I_0 (\exp [-\mu_m \rho x]) \quad (3.4)$$

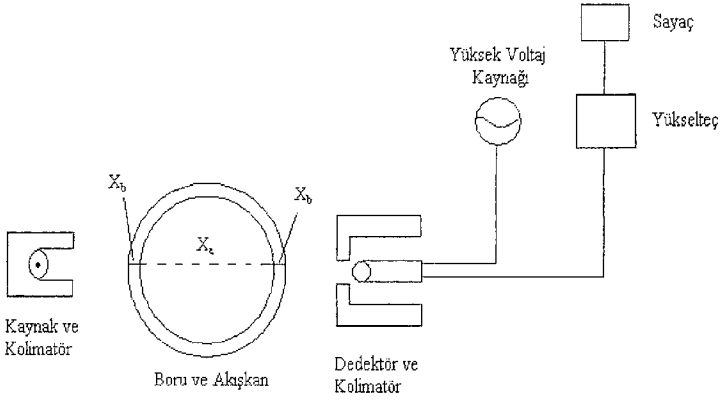
ifadesi yazılabilmektedir. Bu ifadeden yoğunluk çekilecek olursa;

$$\rho = - [(1/ (x \mu_m))] \ln [I/I_0] \quad (3.5)$$

olarak tayin edilebilmektedir.

Malzeme yoğunluk ölçümleri için genel olarak Bölüm 3.1' de verilen Denklem 3.1, Denklem 3.2 ve Denklem 3.3 ifadeleri kullanılmaktadır. Denklem 3.4 ve Denklem 3.5 de ayrıca kullanılabilmektedir.

Gama transmisyon tekniği kullanılarak borulardaki akışkana ait yoğunluk ölçümleri de yapılabilmektedir. Şekil 3.4' de böyle bir ölçüm için gerekli olan prensip şeması görülmektedir.



Şekil 3.4 Borulardaki akışkana ait yoğunluk ölçüm şeması

Şekil 3.4’ de verilen düzenekte; kalınlık yoğunluğu için Denklem 3.6’ deki ifade kullanılmaktadır (**Bilge, 1985**),

$$x_m = [(x_b \rho_b) \cdot 2] + x_a \rho_a \quad (3.6)$$

Gama ışını boruyu iki defa kat ederek dedektöre ulaşacağından, boruya ilişkin büyüklükler denklemde iki kez yer almaktadır. Bu durum akışkan için bir kez görülmektedir. Denklem 3.4 ve Denklem 3.1 kullanılarak gerekli sonuçlar elde edilebilmektedir.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu yüksek lisans tezinde farklı malzemelerden alınan numunelere ilişkin yoğunlukların gama transmisyon tekniğiyle tespiti amaçlanmıştır . Bu amaç doğrultusunda deneysel çalışmalar yapılmıştır .

4.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler .

Deneysel çalışmalarda 5 farklı malzeme ile çalışılmıştır. Endüstride oldukça sık kullanılan malzemeler seçilmiştir. Deneylerde kullanılan malzemeler ;

- Kurşun
- Çelik
- Bakır
- Pirinç
- Alüminyum

dir.

4.1.1. Kurşun

Kurşun madenciliği ve metalurjisi dünya çapında büyük bir sanayi dalı durumundadır. 1970' li yıllarda toplam kurşun metal üretimi; alüminyum, çelik, bakır ve çinko' dan sonra beşinci sırada yer almıştır (İ.M.İ.B./ E.Yüce, 1987).

Kurşun yoğun bir malzeme olarak, elektromanyetik radyasyonu az geçiren bir metal olması nedeniyle bu ışınlardan korunmada kullanılmaktadır. Bir başka deyişle radyasyon zırhlamasında, kurşun tercih edilen bir zırh malzemesidir.

Kurşun, renkli televizyon tüplerinin yapımında, akü imalatında ve yer altı haberleşme kablolarının izolasyonunda da kullanılmaktadır (İ.M.İ.B./ E.Yüce, 1987). Kurşun' a ait genel özellikler Tablo 4.1' de verilmektedir.

Tablo 4.1
Kurşun' un Genel Özellikleri (www.kimyaokulu.com)

Sembol	Yoğunluk	Erimе Noktası	Kaynama Noktası	Atom Numarası	Atom Ağırlığı
Pb	11,34 g/cm ³	600 ° K	2013 ° K	82	207 amu

4.1.2. Çelik .

Çelik, bir Demir (Fe)-Karbon (C) alaşımıdır. Çelikteki, mangan (Mn), fosfor (P), kükürt (S) ve silisyum (Si), üretim sırasında hammaddeden kaynaklanan elementler olup, çelik bünyesinde belirli oranlarda bulunmaktadır. Çeliğe farklı özellikler kazandıran, içerdği elementlerin kimyasal bileşimi ve çeliğin iç yapısıdır. Çelikler içerdikleri karbon miktarına göre; Az Karbonlu, Orta Karbonlu ve de Yüksek Karbonlu olmak üzere üç sınıfta incelenebilmektedirler.

Az karbonlu çelikler, genel amaçlar için kullanılmaktadır. Bu tip çelikler, ucuz çelik türüdür. Süneklikleri yüksek olup kolay işlenebilmektedirler. Su verme işlemi ile de sertleştirilmektedirler.

Orta karbonlu çelikler, daha yüksek mukavemete sahiptirler. Su verme işlemi ile sertleştirilebilirler. Yapılarda ve makine parçası imalatında sıkça kullanılmaktadırlar.

Yüksek karbonlu çelikler, sert olup işlenmeleri oldukça zordur. Genellikle takım ve kalıp üretimine elverişlidirler. Bu çelikler, 700 ° C'da uzun süre tavlınırsa küresel karbür oluşmaktadır. Küreleştirme işlemi ile sertlik azalmaktadır. Çeliğe şekil verdikten sonra su verilerek tekrar sertleştirilmektedirler (Onaran, 1993).

Çelik standartları çeşitlidir. Burada BS-İngiliz Standartları üzerinde durulacaktır. Tablo 4.2. ve Tablo 4.3' de BS-İngiliz Standartlarına ilişkin bilgiler verilmektedir.

BS standartlarında çeliklerin kısa işaretleri, kimyasal analizlerine göre altı (6) haneli sayı sembol sistemi kullanılarak verilmektedir. İlk üç hane Çelik türü ve ana grubunu, orta hanedeki harf çeliğin özelliğini ve son üç hane de C% miktarının 100 katını ifade etmektedir.

Tablo 4.2.
Çelik için BS-İngiliz Standartları ve anlamları (İMMİB,1995)

ÇELİK TÜRÜ ANA GRUPLARI	TANIMI
000 – 199	KARBON ÇELİKLERİ, KARBON VE MANGANLI ÇELİKLER
200 – 240	OTOMAT ÇELİKLERİ
250 – 299	SİLİSYUM VE MANGANLI YAY ÇELİKLERİ
300 – 499	PASLANMAZ ÇELİKLER, ISIYA DAYANIMLI ÇELİKLER
500 – 999	ALAŞIMLI ÇELİKLER

Tablo 4.3.
BS-İngiliz Standartlarında harfler ve anlamları (İMMİB,1995)

HARFLER	TANIMI
"A"	Kimyasal analizi istenilen aralıklarda
"H"	Sertleşebilirlik eğrisi istenilen sınırlar arasında
"M"	Mekanik özelliklere ait değerler istenilen sınırlar arasında
"S"	Paslanmaz çelikler

Deneylerde çalışılan yay çeliğine ilişkin bazı özellikler Tablo 4.4' de verilmektedir.

Tablo 4.4
Yay Çeliğine İlişkin Bazı Özellikler

Sembol	Yoğunluğu	Geometri
250-A-299	7.80 g/cm ³	Levhasal

4.1.3. Bakır .

Arı bakır, yumuşak, plastik işlenebilme özelliği yüksek ve korozyona dayanıklıdır. Yüksek ısı iletkenliği nedeni ile ısıtma ve soğutma sistemleri üretiminde tercih edilmektedir. Yüksek elektriksel iletkenliği nedeni ile de iletken tel üretiminde çok kullanılan bir malzemedir (Onaran, 1993).

Sanayide yaygın kullanılan bir malzeme olan bakıra farklı şekil verme teknikleri uygulanabilmektedir. Bakıra ait genel özellikler Tablo 4.5’ de verilmektedir.

Tablo 4.5.
Bakırın Genel Özellikleri (www.kimyaokulu.com)

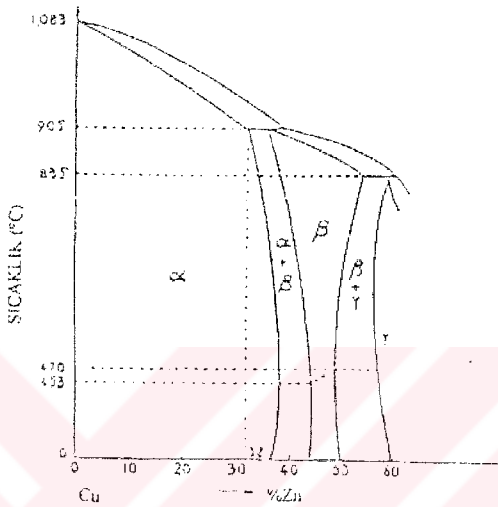
Sembol	Yoğunluk	Erime Noktası	Kaynama Noktası	Atom Numarası	Atom Ağırlığı
Cu	8,96 g/cm ³	1357.6 ° K	2840 ° K	29	63,54 amu

4.1.4. Pirinç .

Pirinç, bakır ile çinko alaşımlarına verilen genel bir ad olarak bilinmektedir. Bu alaşımlar; mekanik mukavemetleri ve korozyona karşı dirençlerinden dolayı endüstride tercih edilmektedirler. Kolay işlenebilme özellikleri de tercih edilmelerine diğer bir sebep olarak gösterilebilmektedir (Onaran, 1993).

Bakırın rengi kırmızı olup korozyona dayanıklıdır. Pahalı bir malzeme türüdür. İçine katılan çinko oranı arttıkça renk sarıya dönmektedir. Korozyon mukavemeti azalmakta ve bu da karışımın fiyatını ucuzlatmaktadır. 20%’ den az Çinko (Zn) içeren pirinçler kırmızı pirinç, 20%’den fazla Çinko içeren pirinçlere de sarı pirinç adı verilmektedir (Onaran, 1993).

Bakır çinko ikili faz diyagramında temelde üç ayrı tip faz bulunmaktadır. Bunlar; alfa, beta ve gama fazlarıdır. Bakır- çinko ikili sisteme ait faz diyagramı Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1. Bakır-Çinko Denge Diyagramı

Sanayide ve günlük hayatta sıkça kullanılan pirinçlere ilişkin genel özellikler Tablo 4.6’ da verilmiştir. (Hodgman, 1962).

Tablo 4.6
Pirinçe İlişkin Bazı Özellikler
(Hodgman, Weast, Shankland ve Selby, 1962)

Pirinç türü	Yoğunluk	Kompozisyon
Sarı pirinç	8.44 g/cm ³	%70 Cu, %30 Zn
Kırmızı pirinç	8.60 g/cm ³	%90 Cu, %10 Zn
Beyaz pirinç	8.20 g/cm ³	%50 Cu, %50 Zn

4.1.5. Alüminyum .

Alüminyum, hafif metal olarak nitelenmektedir. Atom numarası 13 olan Alüminyum elementi, tabiatta doğal olarak ^{27}Al şeklinde tek izotop olmasına karşın, yapay radyoizotoplarının eldesi de mümkün olmaktadır. Doğal alüminyum, nötronla etkileşimde küçük absorpsiyon tesir kesitine sahip olduğundan reaktörlerde kullanılması elverişli olmaktadır. Bu bağlamda uranyum yakıt elemanlarının muhafaza edildiği tüpler alüminyum malzemeden elde edilmektedir (**Van Horn, 1967**).

Alüminyum yerkabuğunun %8' ini teşkil etmektedir. Bu miktarla alüminyum, elementler sınıfında; %50 O_2 ve %27 Si' dan sonra üçüncü sırayı almaktadır. Metaller sınıfında ise bu oran ile birinci sırada yer almaktadır. Alüminyum %5 ile Fe, %2 ile Mg ve %0.01 ile Cu izlemektedir (**TMMOB-Metalurji Muh. Odası, 1986**).

Arı alüminyum yumuşak, işlenmesi kolay ve korozyona dayanıklıdır. Alüminyum, döküm ve ekstrüzyonla imalata uygun bir malzeme durumundadır. Isıl ve elektriksel iletkenliği yüksektir. Alaşımlandırma ile mukavemeti önemli derecede artırılabilir.

Alüminyumun özgül ağırlığı düşük olduğundan ($2,7 \text{ g/cm}^3$) uçak ve benzeri hafif malzeme gerektiren yapılar için tercih edilmektedir (**Onaran, 1993**). Demir ve bakır yerine alüminyum ya da alaşımlarının kullanılması makinalarda ve çeşitli konstrüksiyonlarda ağırlığın önemli ölçüde azalmasını sağlamıştır (**Onaran, 1993**).

Alüminyuma Cu, Mg, Si, Ni ve Mn gibi çeşitli alaşım elemanları katılarak belirli amaçlara yönelik alaşımlar elde edilebilmektedir. Duralümin' de %4 Cu + %1,5 Mg + %0,5 Mn bulunmaktadır. Duralümin yüksek mukavemetli olduğundan uçak endüstrisinde vazgeçilmez olmaktadır.

Piston alaşımı'nda %4 Cu + %8 Si + %1,0 Mn bulunmaktadır. Gerek döküme, gerekse plastik işlemeye elverişlidir. Yüksek sıcaklıkta mukavemetini koruduğu için özellikle piston ve makine parçaları üretimine uygundur.

Başta çeşitli iletkenlerin, enerji dağıtım barlarının ve yüksek elektrik iletkenliği gerektiren diğer parçaların yapımı olmak üzere, saf alüminyum elektrik mühendisliğinde tercih edilmektedir. Alüminyumun elektrik iletkenliği bakırın %65'i düzeyinde olmasına karşın, bakırdan üç kat daha hafiftir.

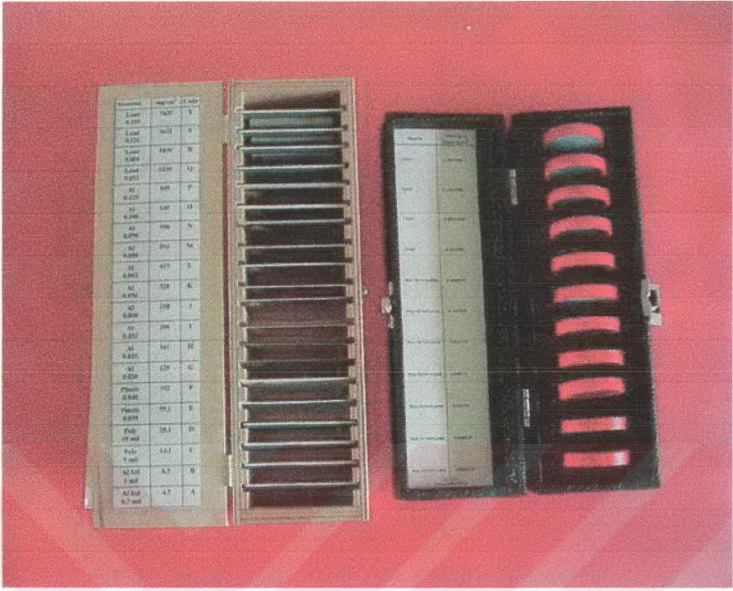
Mekanik işleme kolaylığı, hafifliği ve görünüşünün mükemmelliği alüminyum ve alaşımlarının çeşitli cihazlarda kullanılmasını özendirir. Bu nedenle, sinema cihazlarında, fotoğraf makinelerinde, ölçü cihazlarında, radyo ve benzeri aletlerde giderek daha çok kullanılmaktadır (TMMOB-Metalurji Muh. Odası, 1986). Alüminyuma ait genel özellikler Tablo 4.7' de verilmektedir.

Tablo 4.7
Alüminyum' un Genel Özellikleri (www.kimyaokulu.com)

Sembol	Yoğunluk	Erime Noktası	Kaynama Noktası	Atom Numarası	Atom Ağırlığı
Al	2,70 g/cm ³	933 ° K	2792 ° K	13	27 amu

4.2. Deneylerde Kullanılan Numuneler .

Deneylerde, Bölüm 4.1 içinde tanıtılan kurşun, çelik, bakır, prinç, alüminyum ve polietilen malzemelerden oluşan numunelerle çalışılmıştır. Olabildiğince numuneler standartlardan seçilmeye çalışılmıştır. Deneyisel çalışmalarda kullanılan standart numunelerin de bulunduğu standart setler Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.2. Standart Setler

4.2.1. Kurşun Numunesi

Deneyisel çalışmalar için seçilen malzemelerden kurşun, nükleer teknolojilerde çoğunlukla zırh malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, nükleer güvenliği sağlayan malzeme olarak da bilinmektedir.

Deneyisel çalışmalarda kullanılan kurşun numunesinin özellikleri Tablo 4.8’de verilmektedir. Şekil 4.3’de ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.8
Kurşun numunesinin özellikleri

Sembol	Kalınlık	Kalınlık Yoğunluğu [mg/ cm ²]	Geometrisi
Pb	0.32cm	3600	Dairesel



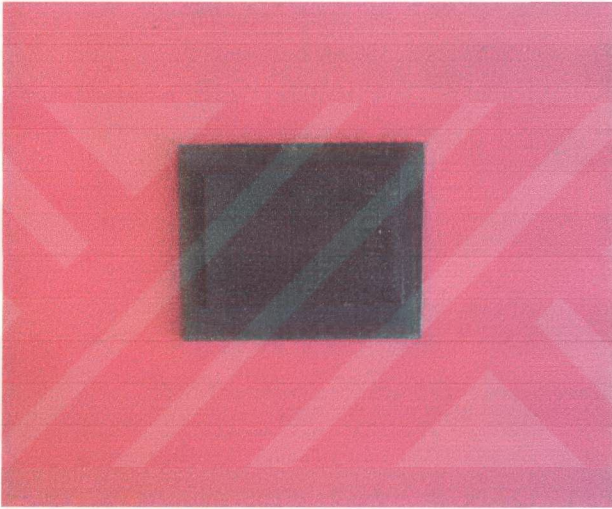
Şekil 4.3. Kurşun numunesi

4.2.2. Çelik Numune

Deneysel çalışmalarda 250-A-299 çeliği kullanılmıştır. Kalınlığı 2.0 mm ve 1.20 mm olan çelik numuneler ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan çelik numunenin özellikleri Tablo 4.9.'da verilmektedir. Şekil 4.4'de de görünümü verilmektedir.

Tablo 4.9.
Çelik numunesi özellikleri

Sembol	Kalınlık	Yoğunluğu	Geometrisi
250-A-299	0.32cm	7,80 g/ cm ³	Levhasal



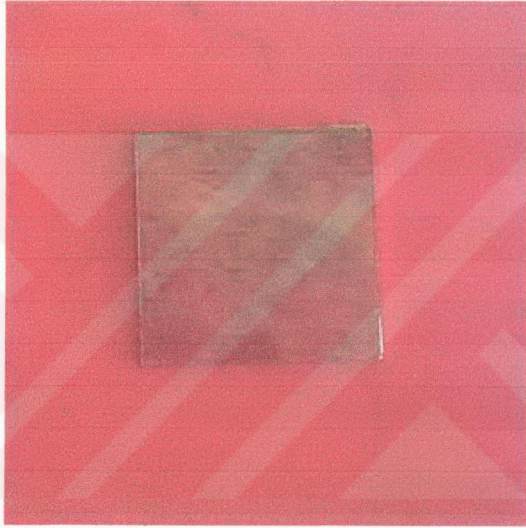
Şekil 4.4. Çalışılan çelik numunesi

4.2.3. Bakır Numune

Deneyssel çalışmalarda, kalınlığı 1.20 mm (iki adet) ve 0.80 mm olan bakır numuneleri kullanılmıştır. Ebatları ise 50 x 50 (mm) olarak seçilmiştir. Bu bakır numuneleri için yoğunluk değeri de 9.0 g/cm³ olarak verilmektedir. Deneyssel çalışmalarda kullanılan bakır numuneler Tablo 4.10’ da verilmektedir. Şekil 4.5’de de görünümü verilmektedir.

Tablo 4.10
Bakır numunesi özellikleri

Sembol	Kalınlık	Yoğunluğu	Geometrisi
Cu	0.32cm	9.0 g/cm ³	Levhasal

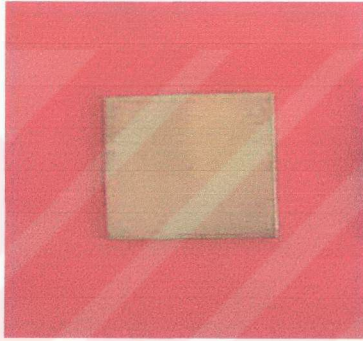


4.2.4. Pirinç Numune

Alaşımdaki bakır ve çinko oranları pirinç için anma değeri olarak kullanılmaktadır. Deneylerde kullanılan pirinç **MS63** pirinçi olup, %63 Cu ve %37 Zn içermektedir. Alaşımdaki çinko yüzdesi arttıkça pirinçin mukavemeti de yükselmektedir. Bu pirinç için yoğunluk değeri de **8.9 g/cm³** olarak verilmektedir. Deneysel çalışmalarda 3 mm kalınlıkta ve **50 x 50 (mm)** ebatlarında pirinç numune kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan pirinç numuneler Tablo 4.11.'de verilmektedir. Şekil 4.6'da de görünümü verilmektedir.

Tablo 4.11
Pirinç numunesi özellikleri

Çalışılan Pirinç Tipi	Kalınlık	Yoğunluğu	Geometrisi
MS-63 Pirinç	0.30 cm	8.9 g/cm ³	Levhasal



Şekil 4.6. Çalışılan Pirinç numunesi

4.2.5. Alüminyum Numunesi

Deneysel çalışmalarda kullanılan alüminyum numuneler Tablo 4.12.'de verilmektedir. Şekil 4.7'de çalışılan standart numune görülmektedir.

Tablo 4.12
Alüminyum numunesi özellikleri

Sembol	Kalınlık	Kalınlık Yoğunluğu [mg/ cm ²]	Geometrisi
Al	0.32cm	849	Levhasal



Şekil 4.7. Çalışılan standart alüminyum numunesi

4.3. Deneyde Kullanılan Gama Aktif Radyoizotop Kaynakları .

Deneyisel çalışmalarda iki farklı gama aktif radyoizotop kullanılmıştır. Bunlar,

- Cs-137 (Sezyum)
- Co-60 (Kobalt)

gama radyoizotoplarıdır.

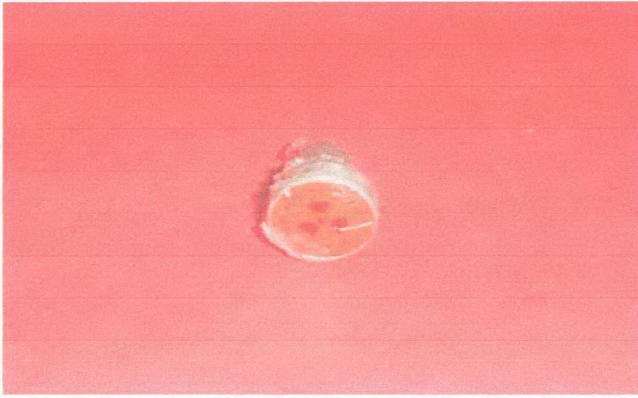
Deneylerde farklı enerji pikleri olan radyoaktif kaynaklarla çalışılmıştır. Böylelikle farklı radyoizotop kaynak şartlarında yoğunluk tayini amaçlanmıştır. Deneyde kullanılan radyoizotop kaynaklara ve bazı özelliklerine ilişkin bilgiler Tablo 4.13’ de görülmektedir.

Tablo 4.13

Deneylerde Kullanılan Radyoizotop Kaynakların Özellikleri (Földiák, 1986)

Gama radyoizotop kaynağı	Yarı ömrü	Enerjisi (MeV) ve bolluk yüzdesi	Çalışılan Aktivite
Cs – 137	30 yıl	γ_1 0,667 (85)	11,1 μ Ci
Co – 60	5,26 yıl	γ_1 1,17 (99) γ_2 1,33 (100)	40,0 μ Ci

Deneyde kullanılan gama radyoizotop kaynaklardan Cs-137 ve Co-60 Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da görülmektedir.



Şekil 4.8 Deneylerde Kullanılan Cs-137 Radyoizotop Kaynağı



Şekil 4.9. Deneylerde Kullanılan Co-60 Radyoizotop Kaynağı

4.4. Deney Düzeneği Elemanları

Deney için oluşturulan düzenek; radyoaktif kaynaklar ve radyasyon sayımı için gerekli cihaz ve üniteler ile birlikte, deney için seçilen numunelerden ibarettir. Önceki alt bölümlerde tanıtılan numuneler ve radyoaktif kaynaklar haricindeki başlıca elemanlar aşağıda belirtilmiştir.

- Çok kanallı analizör
- Zırh Kolimatör
- Sintilasyon detektörü
- Zırh ünitesi bariyer tuğlalar

olarak sayılabilmektedir.

4.4.1. Çok Kanallı Analizör (MCA)

Deneylerde, Nucleus marka 800A model çok kanallı analizör kullanılmıştır. Bu analizörde 256 kanal bulunmaktadır. Dolayısıyla farklı enerji piklerinin tespiti mümkün olabilmektedir.

Kullanılan Çok kanallı analizör; yükseltici, güç kaynağı ve sayıcı gibi birimleri tek bir cihaz olarak içinde bulundurmaktadır. Görüntü cihazı olan monitörle birlikte kullanılan çok kanallı analizör Şekil 4.10'da görülmektedir.

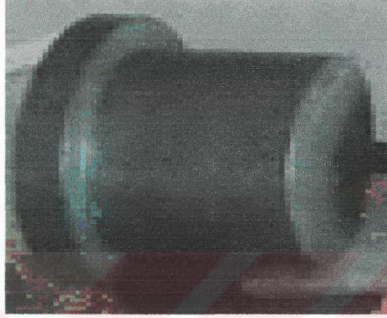
Deneylerde çok kanallı analizör kullanımı ile, sadece çalışılan radyoizotopa ait enerji piki bölgelerine ilişkin sayımlar alınabilmekmiştir. Böylelikle, deneyler için daha rasyonel sayımların alınabilmesi mümkün olmuştur.



Şekil 4.10 Çok Kanallı Analizör ve Monitörü

4.4.2. Zırh Kolimatör

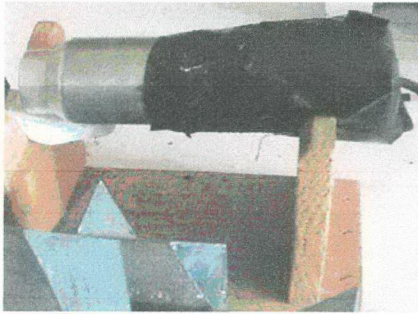
Deneyde kullanılan radyoizotop kaynaklar kolimatörle birlikte kullanılmıştır. Kolimatör kurşundan imal edilmiştir ve kaynakların yerleştirilmesine uygun geometridedir. Zırh Kolimatör Şekil 4.11.' de görülmektedir.



Şekil 4.11. Zırh Kolimatör

4.4.3. Sintilasyon Dedektörü

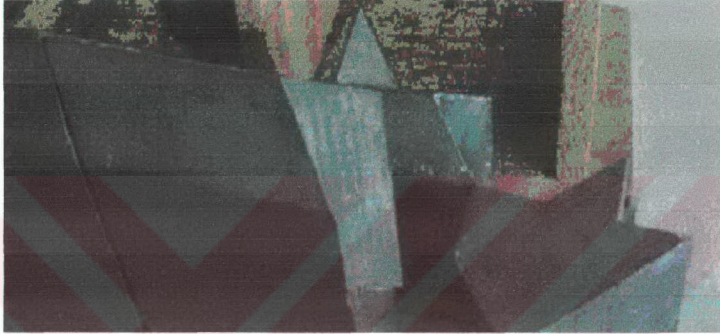
Deneylerde, Nucleus marka NaI (TI) kristalli bir sintilasyon dedektörü kullanılmıştır. Bu dedektör, Talyumla aktif hale getirilmiştir. Sayım verimi yüksek olup kullanımı kolay olmaktadır. Sintilasyon dedektörü Şekil 4.12.' de görülmektedir.



Şekil 4.12. Sintilasyon Dedektörü

4.4.4. Zırh Ünitesi Bariyerler

Zırh elemanı bariyer tuğlalar, deneylerde nükleer güvenliği sağlamak üzere kullanılmışlardır. Bu suretle, radyasyon güvenliği açısından uygun şartlarda deney yapabilmek mümkün olmuştur. Geometri olarak kemer tuğlalar seçilmiş olup, bu suretle radyoaktif sızmaların önüne geçilmiştir. Zırh üniteleri Şekil 4.13.'de görülmektedir.

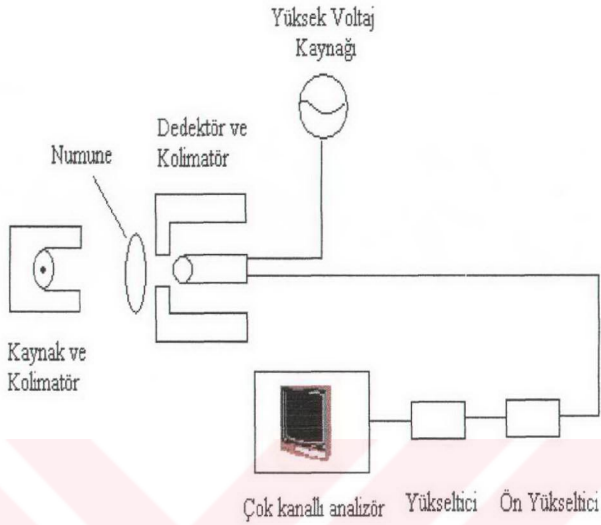


Şekil 4.13. Zırh Ünitesi Bariyerler

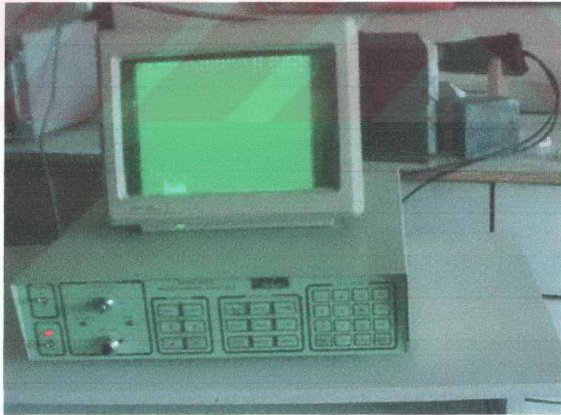
4.5. Deney Geometrisi ve Düzeneği

Deneysel çalışmalarda sağlıklı ölçümlerin yapılabilmesi için uygun deney geometrisi gerekmektedir. Malzemelere dair ölçümler sırasında kaynak ve dedektör geometrisi sabit tutulmaktadır. Deneysel çalışmalarda kullanılan düzenek ve geometriye ilişkin şematik çizim Şekil 4.14.'de verilmektedir.

Bu geometri için; radyoizotop kaynak ile çok kanallı analizöre sinyal gönderen dedektör aynı eksenel geometride tutulmuştur. Aralarına da uygun şekilde malzemeler yerleştirilmiştir. Güvenlik ünitesi kurşun bariyerler de deney düzeneğindeki yerini almıştır. Şekil 4.15.'de deney düzeneğine ait genel bir görüntü verilmektedir.



Şekil 4.14. Çok Kanallı Analizör ve Deney Düzenekinin Geometrisi Şeması



Şekil 4.15. Deney Düzenekinin Görünümü

4.6. Deneylerin Yapılışı

Deneylere başlamadan evvel doğal ortam radyasyonu, bir başka deyişle background ölçülmüştür. Bu sayımlar her defasında en az üçer kez alınmış ve kaydedilmiştir.

Deneyisel çalışmalara başlarken kullanılan radyoizotop kaynak ve dedektör uygun geometride, bir başka deyişle aynı eksenel geometri de yerleştirilmiştir. Daha sonra numunelere ait sayımlar alınarak kaydedilmiştir. Her numune için en az üç sayım alınmıştır.

Deneyisel çalışmalarda her bir kaynak ve de malzeme için ayrı ayrı ölçüm sonuçları alınmıştır. Bu da çok yönlü neticelere varma imkanını verebilmektedir. Ölçümlere ilişkin standart sapmalar Microsoft Office (XP versiyon) “Excel” programı ile hesaplanmıştır.

Elde edilen sayımlardan hareketle Denklem 3.5 kullanılarak çalışılan numuneler için yoğunluk tayini yapılmıştır. Farklı radyoizotop kaynaklar kullanılarak da deneyler tekrarlanmış ve aynı malzemeler için yine yoğunluk tayini yapılmıştır. Böylelikle deneylerin sınanması yoluna gidilmiştir.

BÖLÜM 5

DENEY SONUÇLARI

Bu yüksek lisans tezinde gama absorbsiyon tekniği ile iki farklı gama radyoizotop kaynak (Cs-137, Co-60) kullanılarak 5 değişik malzemenin (kurşun, çelik, bakır, pirinç ve alüminyum) yoğunlukları tayin edilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, farklı kaynaklar için ve çalışılan her malzeme için ayrı ayrı aşağıdaki alt bölümler içinde verilmektedir. Deneylerde sayım süresi 10 saniye olarak belirlenmiştir.

5.1. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Elde Edilen Deney Sonuçları

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile elde edilen deney sonuçları, çalışılan 5 farklı malzeme (kurşun, çelik, bakır, pirinç ve alüminyum) için aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.1 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Kurşun İçin Elde Edilen Deney Sonuçları

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile kurşun için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.1’ de verilmektedir. Tablo 5.1’ den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değerleri ise Tablo 5.2’ de verilmektedir.

Tablo 5.1

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile kurşun için elde edilen deney sonuçları

Cs-137 I_0 : 6595±81		Doğal Sayım: 6 ± 2							
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım (1 / I_0)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.32	4464	4458	4435	4429	4399	4393	4427	32,56	0,671

Tablo 5.2

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm ² / g)	I / I ₀	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)
0.32	0,1097	0,671	11,37

5.1.2 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Çelik İçin Elde Edilen Deney**Sonuçları**

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile çelik için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.3' de verilmektedir. Tablo 5.3' den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.4' de verilmektedir.

Tablo 5.3.

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile çelik için elde edilen deney sonuçları

Cs-137 I ₀ : 6463±80					Doğal Sayım: 13±3				
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım (1 / I ₀)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.32	5335	5322	5433	5420	5304	5291	5344	67,34	0,827

Tablo 5.4

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm ² / g)	I / I ₀	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)
0.32	0,0738	0,827	8,04

5.1.3 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Bakır İçin Elde Edilen Deney

Sonuçları

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile bakır için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.5’ de verilmektedir. Tablo 5.5’ den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.6’ da verilmektedir.

Tablo 5.5.

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile Bakır için elde edilen deney sonuçları

Cs-137	$I_0: 6251 \pm 79$						Doğal Sayım: 13 ± 3		
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım (I/I_0)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.32	5082	5069	5082	5069	5083	5070	5069	0,58	0,811

Tablo 5.6

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm^2/g)	I/I_0	Tayin edilen yoğunluk (g/cm^3)
0.32	0,0729	0,811	8,98

5.1.4 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Pirinç İçin Elde Edilen Deney

Sonuçları

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile pirinç için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.7’ de verilmektedir. Tablo 5.7’ den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.8’ de verilmektedir.

Tablo 5.7.

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile Piriñ için elde edilen deney sonuçları

Cs-137	$I_0: 6370 \pm 80$		Doğal Sayım: 13 ± 3						
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım (I/I_0)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.30	5249	5236	5276	5263	5163	5150	5216	50,01	0,819

Tablo 5.8

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Piriñ için Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm^2/g)	I/I_0	Tayin edilen yoğunluk (g/cm^3)
0.30	0,0731	0,819	9,11

5.1.5 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum için Elde Edilen Deney Sonuçları

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile alüminyum için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.9' da verilmektedir. Tablo 5.9' dan hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.10' da verilmektedir.

Tablo 5.9.

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile Alüminyum için elde edilen deney sonuçları

Cs-137	$I_0: 6350 \pm 80$		Doğal Sayım: 6 ± 2						
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım (I/I_0)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.32	5948	5942	5962	5956	5949	5943	5947	7,81	0,937

Tablo 5.10

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm^2/g)	$1/I_0$	Tayin edilen yoğunluk (g/cm^3)
0.32	0,0749	0,937	2,72

5.2. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Elde Edilen Deney Sonuçları

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile elde edilen deney sonuçları, çalışılan 5 farklı malzeme (kurşun, çelik, bakır, pirinç ve alüminyum) için aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.2.1 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Kurşun İçin Elde Edilen Deney Sonuçları

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile kurşun için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.11' de verilmektedir. Tablo 5.11' den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değerleri ise Tablo 5.12' de verilmektedir.

Tablo 5.11.

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile kurşun için elde edilen deney sonuçları

Co-60	$I_0: 7861 \pm 89$						Doğal Sayım: 1 ± 1		
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım ($1/I_0$)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.32	6334	6333	6337	6336	6456	6455	6375	69,59	0,811

Tablo 5.12

Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm^2/g)	$1/I_0$	Tayin edilen yoğunluk (g/cm^3)
0.32	0,0613	0,811	10,68

5.2.2 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Çelik İçin Elde Edilen Deney

Sonuçları

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile çelik için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.13' de verilmektedir. Tablo 5.13' den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.14' de verilmektedir.

Tablo 5.13.

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile çelik için elde edilen deney sonuçları

Co-60 $I_0: 7861 \pm 89$		Doğal Sayım: 1 ± 1							
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapıma	Bağıl Sayım ($1/I_0$)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.32	6881	6880	6836	6835	6878	6877	6864	25,16	0,873

Tablo 5.14

Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm^2/g)	$1/I_0$	Tayin edilen yoğunluk (g/cm^3)
0.32	μ_m (cm^2/g)	0,873	7,82

5.2.3 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Bakır İçin Elde Edilen Deney

Sonuçları

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile bakır için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.15' de verilmektedir. Tablo 5.15' den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.16' de verilmektedir.

Tablo 5.15.

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile bakır için elde edilen deney sonuçları

Co-60 I_0 : 7815±88		Doğal Sayım: 1 ± 1							
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım (1/ I_0)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.32	6695	6694	6767	6766	6619	6618	6693	74,01	0,856

Tablo 5.16

Co-60 Radyoizotop Kaynağı ile Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm ² / g)	1/ I_0	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)
0.32	0,0534	0,856	9,10

5.2.4 Co-60 Radyoizotop Kaynağı ile Pirinç İçin Elde Edilen Deney Sonuçları

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile pirinç için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.17' de verilmektedir. Tablo 5.17' den hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.18' de verilmektedir.

Tablo 5.17.

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile pirinç için elde edilen deney sonuçları

Co-60 I_0 : 7861±89		Doğal Sayım: 1 ± 1							
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağıl Sayım (1/ I_0)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.30	6879	6878	6881	6880	6849	6848	6869	17,93	0,874

Tablo 5.18

Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Pirinç İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm ² / g)	1 / I ₀	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)
0.30	0,0535	0,874	8,39

5.2.5 Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum İçin Elde Edilen Deney**Sonuçları**

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile alüminyum için elde edilen deney sonuçları Tablo 5.19' da verilmektedir. Tablo 5.19' dan hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluk değeri ise Tablo 5.20' de verilmektedir.

Tablo 5.19.

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile alüminyum için elde edilen deney sonuçları

Co-60	I ₀ :7555±87						Doğal Sayım: 1 ± 1		
Kalınlık (cm)	1. Sayım		2. Sayım		3. Sayım		Ortalama Net Sayım	Standart Sapma	Bağırl Sayım (1 / I ₀)
	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım	Ölçülen Sayım	Net Sayım			
0.64	6882	6881	6883	6882	6882	6881	6881	0,58	0,911

Tablo 5.20

Co-60 Radyoizotop Kaynağı İle Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluk

Kalınlık (cm)	μ_m (cm ² / g)	1 / I ₀	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)
0.64	0,0557	0,911	2,62

5.3. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Tayin Edilen Yoğunlukların İrdelenmesi

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı kullanılarak tayin edilen yoğunluklarla, verilen yoğunlukların mukayesesi, çalışılan 5 farklı malzeme (kurşun, çelik, bakır, pirinç ve alüminyum) için aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

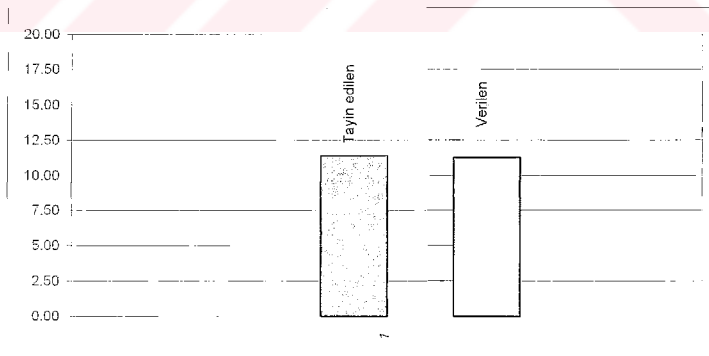
5.3.1 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.2.' de belirtilen, "kurşun için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.8.' de belirtilen, "kurşun için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.21' de mukayeseli olarak görülmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.1' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.21

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun için Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Cs-137	11,37	11,25	1,07



Şekil 5.1. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun için Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

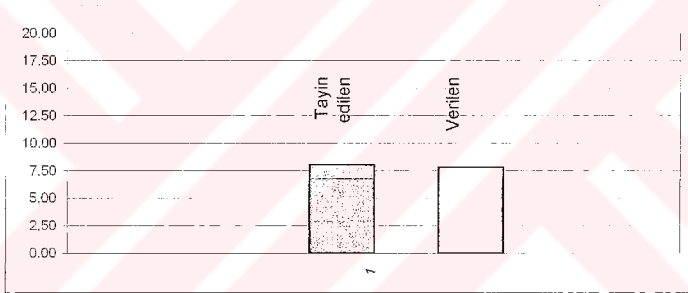
5.3.2 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.4.' de belirtilen, "çelik için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.9.' da belirtilen, "çelik için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.22' de mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.2' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.22

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik için Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Cs-137	8,04	7,80	3,08



Şekil 5.2. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik için Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

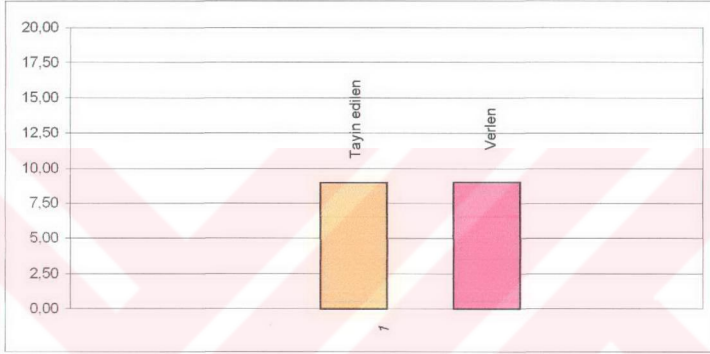
5.3.3 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.6.' da belirtilen, "bakır için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.10.' da belirtilen, "bakır için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.23' de mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.3' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.23

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır için Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Cs-137	8,98	9,00	-0,22



Şekil 5.3. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır için Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

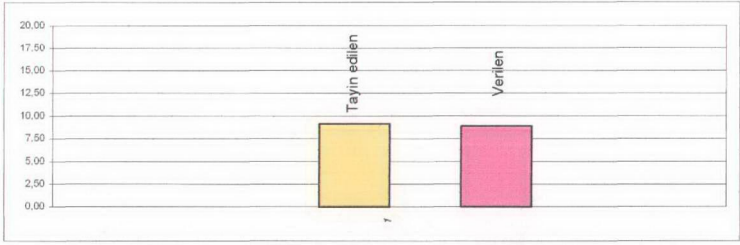
5.3.4 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç için Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.8.' de belirtilen, "pirinç için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.11.' de belirtilen, "pirinç için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.24' de mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.4' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.24

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç için Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Cs-137	9,11	8,90	2,34



Şekil 5.4. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç için Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

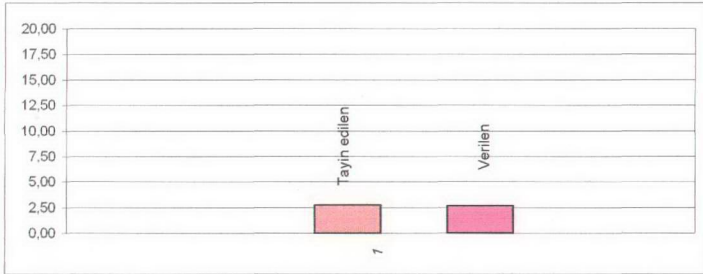
5.3.5 Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.8.' de belirtilen, "alüminyum için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.12.' de belirtilen, " alüminyum için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.25' de mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.5' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.25

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Alüminyum İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Cs-137	2,72	2,65	2,64



Şekil 5.5. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum için Tayin Edilen Yoğunlukla, Alüminyum için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

5.4. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Tayin Edilen Yoğunlukların İrdelenmesi

Co-60 gama radyoizotop kaynağı kullanılarak tayin edilen yoğunluklarla, verilen yoğunlukların mukayesesi, çalışılan 5 farklı malzeme (kurşun, çelik, bakır, pirinç ve alüminyum) için aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

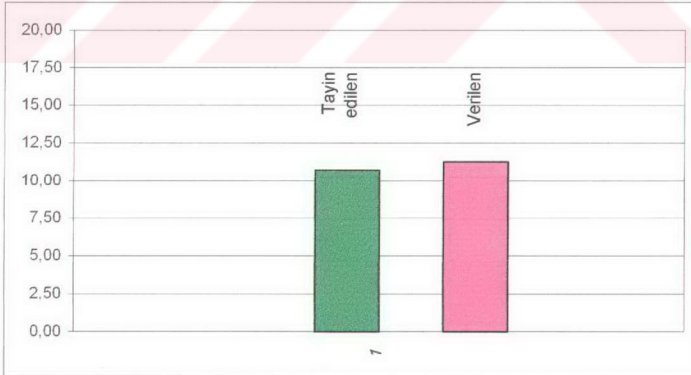
5.4.1 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.12.' de belirtilen, "kurşun için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.8.' da belirtilen, "kurşun için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.26' da mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.6' da grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.26

Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun için Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Co-60	10,68	11,25	-5,07



Şekil 5.6. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Kurşun için Tayin Edilen Yoğunlukla, Kurşun için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

5.4.2 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik İçin Tayin Edilen

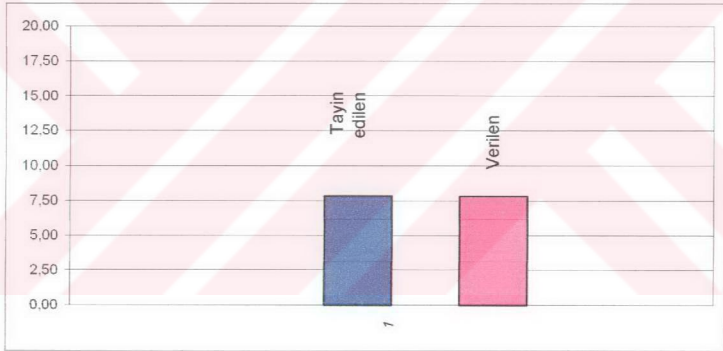
Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.14.' de belirtilen, "çelik için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.9.' da belirtilen, "çelik için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.27' de mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.7' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.27

Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik için Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Co-60	7,82	7,80	0,26



Şekil 5.7. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Çelik için Tayin Edilen Yoğunlukla, Çelik için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

5.4.3 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır İçin Tayin Edilen

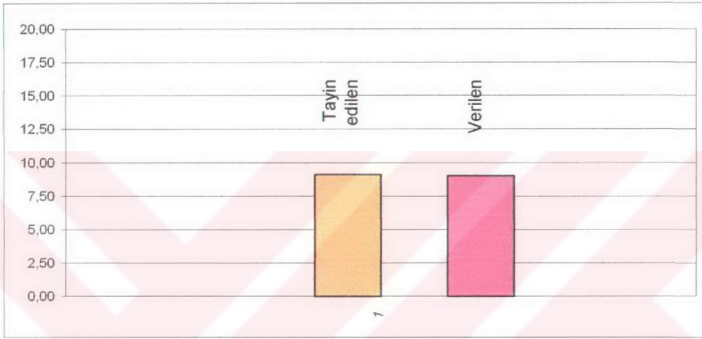
Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.16.' da belirtilen, "bakır için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.10.' da belirtilen, "bakır için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.28' de mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.8' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.28

Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır için Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Co-60	9,10	9,00	1,11



Şekil 5.8. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Bakır için Tayin Edilen Yoğunlukla, Bakır için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

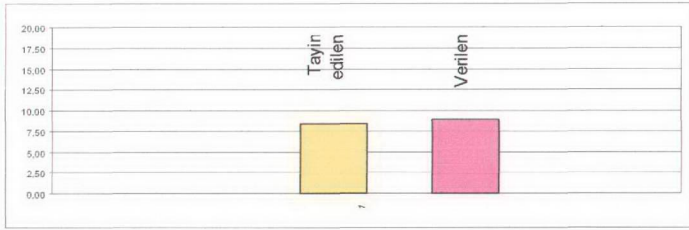
5.4.4 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç için Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.18.' de belirtilen, "pirinç için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.11.' da belirtilen, "pirinç için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.29' da mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.9' da grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.29

Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç için Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Co-60	8,39	8,90	-5,73



Şekil 5.9. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Pirinç için Tayin Edilen Yoğunlukla, Pirinç için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

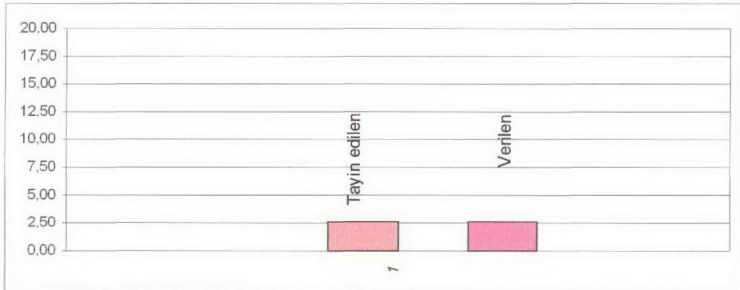
5.4.5 Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunluğun İrdelenmesi

Tablo 5.20.' de belirtilen, "alüminyum için tayin edilen yoğunluk" değeri ile Tablo 4.12.' de belirtilen, " alüminyum için verilen yoğunluk" değeri Tablo 5.30' da mukayese edilmektedir. Yine bu mukayese Şekil 5.10' de grafik olarak verilmektedir.

Tablo 5.30

Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak alüminyum için Tayin Edilen Yoğunlukla, alüminyum için Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

Kaynak	Tayin edilen yoğunluk (g/ cm ³)	Verilen yoğunluk (g/ cm ³)	Fark (%)
Co-60	2,62	2,65	-1,13



Şekil 5.10. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Alüminyum İçin Tayin Edilen Yoğunlukla, Alüminyum İçin Verilen Yoğunluğun Mukayesesi

5.5. Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Tayin Edilen Yoğunlukların Mukayeseli Değerlendirmesi

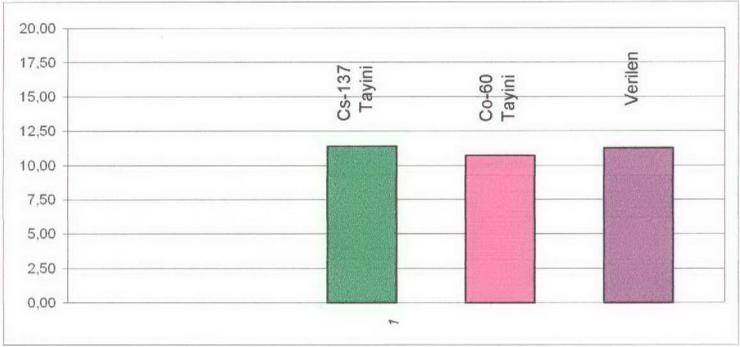
Deneylerde kullanılan beş malzeme için Bölüm 5.1 ve Bölüm 5.2’ de; Cs-137 ve Co-60 radyoizotop kaynaklarının kullanımı ile tayin edilen yoğunluk değerleri ile Bölüm 4’ de verilen yoğunluk değerleri, Tablo 5.31’ de birlikte gösterilmektedir.

Tablo 5.31

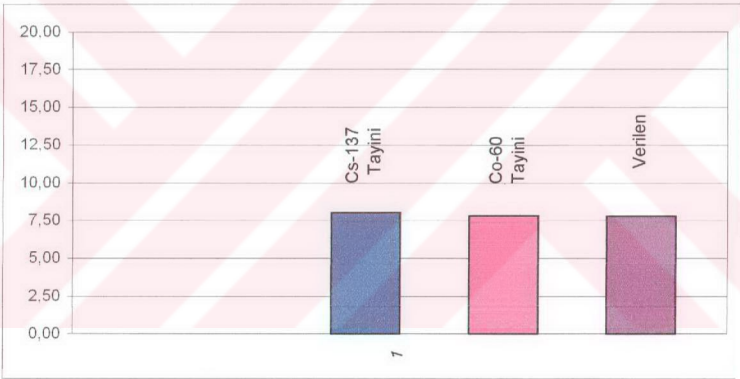
Cs-137 ve de Co-60 Gama Radyoizotop Kaynaklarının Kullanımı ile Tayin Edilen Yoğunluk Değerleri ve de Verilen Değerler

Malzeme	Yoğunluk (g/ cm ³)		
	Cs-137 İle Tayin Edilen	Co-60 İle Tayin Edilen	Verilen
Kurşun	11,37	10,68	11,25
Çelik	8,04	7,82	7,80
Bakır	8,98	9,10	9,00
Pirinç	9,11	8,39	8,90
Alüminyum	2,72	2,62	2,65

Tablo 5.31’den hareketle kurşun ve çelik için çizilen grafikler, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de görülmektedir.

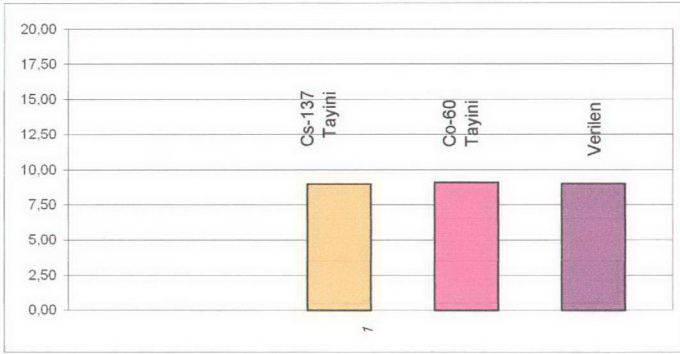


Şekil 5.11. Kurşun için; Cs-137 ve de Co-60 radyoizotop kaynaklarının kullanımı ile tayin edilen yoğunluk değerleri ile verilen değerin mukayesesi

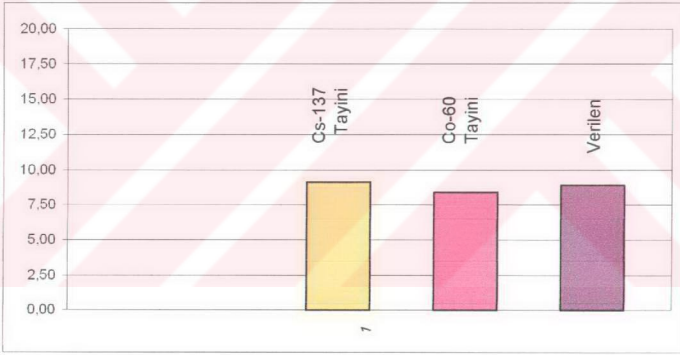


Şekil 5.12. Çelik için; Cs-137 ve de Co-60 radyoizotop kaynaklarının kullanımı ile tayin edilen yoğunluk değerleri ile verilen değerin mukayesesi

Tablo 5.31’den hareketle bakır ve pirinç için çizilen grafikler, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de görülmektedir.

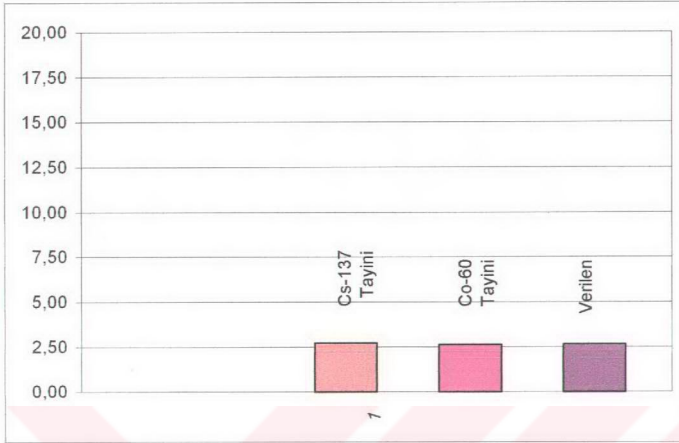


Şekil 5.13. Bakır için; Cs-137 ve de Co-60 radyoizotop kaynaklarının kullanımı ile tayin edilen yoğunluk değerleri ile verilen değerlerin mukayesesi



Şekil 5.14. Pirinç için; Cs-137 ve de Co-60 radyoizotop kaynaklarının kullanımı ile tayin edilen yoğunluk değerleri ile verilen değerlerin mukayesesi

Tablo 5.31'den hareketle alüminyum için çizilen grafik ise, Şekil 5.15'te görülmektedir.



Şekil 5.15. Alüminyum için; Cs-137 ve de Co-60 radyoizotop kaynaklarının kullanımı ile tayin edilen yoğunluk değerleri ile verilen değerin mukayesesi

5.6. Fark İrdelemesi

5.6.1. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının İrdelenmesi

Cs-137 radyoizotop kaynağı kullanılarak beş farklı malzeme için tayin edilen yoğunlukların fark irdellemelerine ilişkin olarak Tablo 5.32 düzenlenmiştir. Tablo 5.32’den hareketle farklara ilişkin çizilen grafik ise Şekil 5.16’da görülmektedir.

Tablo 5.32

Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının İrdelenmesi

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)		Fark (%)
	Cs-137 İle Tayin Edilen	Verilen	
Kurşun	11,37	11,25	1,07
Bakır	8,98	9,00	-0,22
Pirinç	9,11	8,90	2,34
Çelik	8,04	7,80	3,08
Alüminyum	2,72	2,65	2,64
Ortalama Fark			1,78
Ortalama Mutlak Fark			1,87



Şekil 5.16. Cs-137 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak

Elde Edilen Fark Grafiği

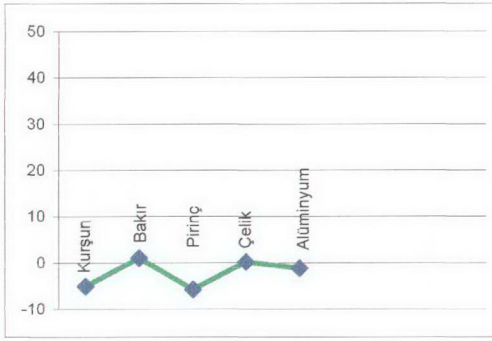
**5.6.2. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin
Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının
İrdelenmesi**

Co-60 radyoizotop kaynağı kullanılarak beş farklı malzeme için tayin edilen yoğunlukların fark irdemelerine ilişkin olarak Tablo 5.33 düzenlenmiştir. Tablo 5.33'den hareketle farklara ilişkin çizilen grafik ise Şekil 5.17'de görülmektedir.

Tablo 5.33

**Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen
Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının İrdelenmesi**

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)		Fark (%)
	Co-60 İle Tayin Edilen	Verilen	
Kurşun	10,68	11,25	-5,07
Bakır	9,10	9,00	1,11
Pirinç	8,39	8,90	-5,73
Çelik	7,82	7,80	0,26
Alüminyum	2,62	2,65	-1,13
Ortalama Fark			-2.11
Ortalama Mutlak Fark			2,66

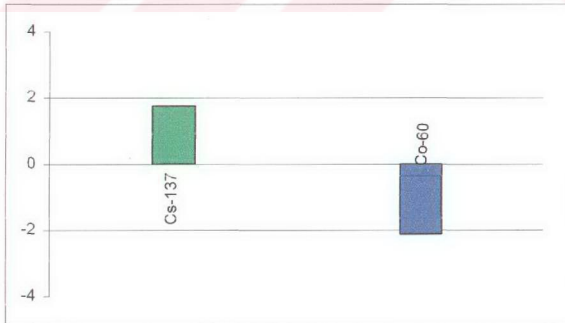


Şekil 5.17. Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak

Elde Edilen Fark Grafiği

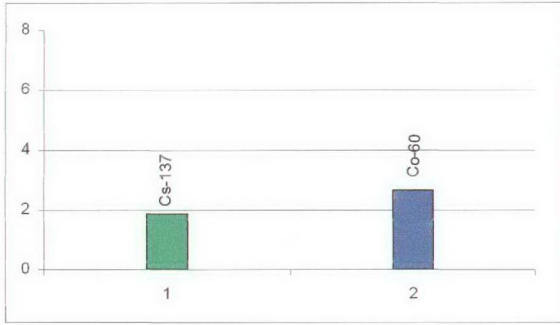
5.6.3. Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynağı Kullanılarak Farklı Malzemeler İçin Tayin Edilen Yoğunluklarının Verilen Yoğunluklarla Farklarının Mukayeseli İrdelenmesi

Cs-137 ve Co-60 radyoizotop kaynakları kullanılarak beş farklı malzeme için tayin edilen yoğunlukların fark irdemelerine ilişkin olarak düzenlenen Tablo 5.32 ve Tablo 5.33'ten hareketle farklara ilişkin çizilen ortalama fark ve ortalama mutlak farklara ilişkin mukayeseli grafikler Şekil 5.18 ve Şekil 5.19' da görülmektedir.



Şekil 5.18. Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynakları İçin

Elde Edilen Ortalama Fark Grafiği



Şekil 5.19. Cs-137 ve Co-60 Radyoizotop Kaynakları İçin

Elde Edilen Ortalama Mutlak Fark Grafiği

BÖLÜM 6

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu Yüksek Lisans Tezinde, gama transmisyon tekniği ile farklı metaller için yoğunluk tayininde bulunmak üzere deneysel çalışmalar yapılmıştır. Mukayeseli sonuçlar elde edebilmek amacıyla iki farklı gama radyoizotop kaynağı kullanılmıştır.

Yoğunluk tayininin gama transmisyon tekniği ile gerçekleşmesi, genellikle endüstriyel üretim bandlarında uygulama alanı bulmaktadır. Bu şekilde yoğunluk tayini, sürekli üretim şartlarında kullanımı tercih edilen bir uygulama olmaktadır.

Deneylerde kullanılmak üzere seçilen beş metal (kurşun, çelik, bakır, pirinç ve alüminyum) de sanayide yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Alüminyum ve kurşun numuneler, referans malzeme olan alüminyum ve kurşun setlerden kullanılmıştır. Diğerleri ise (çelik, bakır ve pirinç numuneler) piyasada sık kullanılan malzemeler arasından seçilmişlerdir. Bu şekilde, uygulamaya yönelik bir çalışma amaçlanmıştır.

Deneylerde çalışılan gama radyoizotop kaynakları, Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile Co-60 gama radyoizotop kaynaklarıdır. Söz konusu bu kaynakların seçilmesinin sebebi, öncelikle, ulaşılabilen ve uygulamada yaygın kullanımı olan gama radyoizotop kaynakları olmasıdır. Araştırmada, metaller ile çalışılması hedeflenmiş olduğundan, metallere nüfuz edebilecek, uygun bir radyasyon kaynağı ile çalışılması gerekmektedir. Her iki kaynak da enerjileri ve yarı ömürleri itibarıyla numunelerimizle çalışmaya uygun olarak nitelenebilecek gama radyoizotop kaynaklarıdır. Her iki kaynağın da yarı ömürleri, ölçüm sırasında yarı ömür nedeniyle olabilecek “aktivite düşümü” ihmal edilebilecek mertebede olan radyoizotop kaynaklardır.

Şekil 4.14’ de verilen deney düzeneği kurularak her iki kaynak ve beş malzemenin tümü için ayrı ayrı deneyler yapılmış ve alınan sonuçlar Bölüm 5’ de detaylı olarak belirtilmiştir.

Deneylerden elde edilen sayım sonuçları, Cs-137 radyoizotopu için Tablo 5.1, Tablo 5.3, Tablo 5.5, Tablo 5.7 ve Tablo 5.9’ da çalışılan her malzeme için ayrı ayrı verilmiştir. Bu sonuçlardan hareketle Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluklar ise, Cs-137 radyoizotopu için her metal için Tablo 5.2, Tablo 5.4, Tablo 5.6, Tablo 5.8 ve Tablo 5.10’ da görülmektedir. Co-60 radyoizotopu için ise, deneylerden elde edilen sayım sonuçları Tablo 5.11, Tablo 5.13, Tablo 5.15, Tablo 5.17 ve Tablo 5.19’ da her malzeme için ayrı ayrı verilmiştir. Bu sonuçlardan hareketle yine Denklem 3.5 kullanılarak tayin edilen yoğunluklar da, Co-60 radyoizotopu için her metal için Tablo 5.12, Tablo 5.14, Tablo 5.16, Tablo 5.18 ve Tablo 5.20’ de görülmektedir.

Gama transmisyon tekniği ile Cs-137 ve Co-60 gama radyoizotop kaynakları kullanılarak beş farklı metal (kurşun, çelik, bakır, pirinç ve alüminyum) için tayin edilen yoğunlukların doğruluğunun sınanması ve irdelenmesi için, söz konusu çalışılan numunelere ilişkin verilen yoğunluk değerleri ile mukayese edilmesi yoluna gidilmiştir. Söz konusu mukayeselere ilişkin olarak, Cs-137 radyoizotop kaynağı kullanılarak tayin edilen yoğunlukların farkları, her metal için Tablo 5.21 - Tablo 5.25’ de verilmektedir. Grafiksel mukayeseler ise, Şekil 5.1 - Şekil 5.5’de görülmektedir. Benzer şekilde, Co-60 radyoizotop kaynağı kullanılarak tayin edilen yoğunlukların farkları, her metal için Tablo 5.26 - Tablo 5.30’ da verilmektedir. Grafiksel mukayeseler ise, Şekil 5.6 - Şekil 5.10’ da görülmektedir.

Deneylerde kullanılan iki farklı gama radyoizotop kaynağı olan Cs-137 ve Co-60 radyoizotopları ile tayin edilen metal yoğunlukları ile verilen metal yoğunlukları birarada Tablo 5.31’ de görülmektedir. Grafiksel mukayese ise, Şekil 5.11 - Şekil 5.15’ de görülmektedir. Endüstri dallarınca kabul edilen hata ya da fark sınırları değişmektedir. Uzun endüstrisince kabul edilebilir hata ya da fark, örneğin genel imalat endüstrisince kabul edilebilir hata ya da fark ile aynı olmamaktadır. Genel imalat endüstrisince %10 luk hata ya da fark kabul edilebilirlik çerçevesindedir ve bu oran %5 lere doğru gitme eğilimindedir.

%10 luk farkın genel imalat endüstrisinde kabul edilebilirliği göz önünde bulundurularak; Tablo 5.31 ve Şekil 5.11 – Şekil 5.15 incelendiğinde, gama transmisyon tekniği ile iki farklı radyoizotop kullanılarak gerçekleştirilen yoğunluk tayinlerinin uygunluğu açık olarak gözlenmektedir. Bir başka deyişle %10' un altında kalan değerler yapılan çalışmaların amaca uygunluğunu ve sonuçların güvenilirliğini göstermektedir.

Bunlardan ayrı olarak, deneylerde kullanılan her bir gama radyoizotop kaynak ile tayin edilen yoğunluk değerlerinin, çalışılan metal numuneler için verilen yoğunluk değerleri ile olan farklarının değerlendirilmesi yoluna da gidilmiştir. Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile tayin edilen metal yoğunluklarının, metaller için verilen yoğunluk değerleri ile farkları Tablo 5.32'de biraraya toplanmıştır. Fark grafiği olarak ise Şekil 5.16' da görülmektedir. Tablo 5.32' den görüldüğü üzere çalışılan tüm metaller için fark % 3 dolayında kalmıştır. Ortalama fark ve ortalama mutlak fark ise % 2' nin altında olmuştur.

Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile tayin edilen metal yoğunluklarının, metaller için verilen yoğunluk değerleri ile farkları ise, Tablo 5.33' de biraraya toplanmıştır. Fark grafiği olarak da, Şekil 5.17' de görülmektedir. Tablo 5.33'den görüldüğü üzere çalışılan tüm metaller için fark % 6' nın altında kalmıştır. Ortalama fark ve ortalama mutlak fark ise % 3' ün altında olmuştur.

Çalışılan her iki gama radyoizotop kaynak için mukayeseli fark grafikleri Şekil 5.18 ve Şekil 5.19' da görülmektedir. Tablo 5.32 ve Tablo 5.33 ile bunlardan hareketle çizilen Şekil 5.16 – Şekil 5.19 grafikleri, farkların kabul edilebilir mertebelerde olduğunu ve gama transmisyon tekniği ile yoğunluk tayininin uygunluğunu göstermektedir.

Öte yandan, Tablo 5.32 ve Tablo 5.33 ile bunlardan hareketle çizilen Şekil 5.16 – Şekil 5.19 grafikleri çalışılan gama radyoizotop kaynakları bağlamında irdelendiğinde, Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile çalışılması halinde, Co-60 gama radyoizotop kaynağı ile çalışılmasına göre verilen yoğunluk değerleri ile aradaki farkın daha küçük olduğu gözlenmektedir. Bu durum, Cs-137 gama radyoizotop kaynağının tek gama pikinin olması, buna karşın Co-60 gama radyoizotop kaynağının iki pikinin olması ve Cs-137 gama radyoizotop kaynağının 662 keV olan enerji seviyesinin çift oluşumuna olanak vermemesi, buna karşın

Co-60 gama radyoizotop kaynağının piklerinin her ikisinin de çift oluşumu eşik enerjisinin üzerinde olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu etkiler, farklı etkileşim ve rezolüsyona neden olabileceğinden fark değerlerin Cs-137 gama radyoizotopu lehinde sonuçlara ulaşıldığı ifade edilebilir. Bununla beraber, her iki radyoizotop ile de yoğunluk tayininin yapılabileceği gözlenmektedir.

Gama transmisyon tekniği ile yapılan bu deneysel çalışmada, yapılan irdeleme sonucunda, yoğunluk tayininin uygunluğu gözlenmiştir. Yine elde edilen sonuçların güvenilirliği tespit edilmiştir.

Bu Yüksek Lisans Tezinde, gama transmisyon tekniği ile Cs-137 ve Co-60 gama radyoizotop kaynakları kullanılarak farklı metaller için yoğunluk tayininin yapılabileceği amaçlanmış, sonuçların güvenilirliği ve de çalışmaların uygulamaya yönelik olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Bernier, Christian ve Langan,** 1997. Nuclear medicine: Technology and Techniques, Times Mirror Company, New York.
- Bilge, A.N.,** 1985. Nükleer Tekniklerin Endüstriye Uygulanması, TAEK ÇNAEM Matbaası, İstanbul.
- Bilge, A.N., Tuğrul, A.B.,** 1990. Endüstriyel Radyografinin Esasları, İ.T.Ü. Rektörlük Ofset Atölyesi, İstanbul.
- Büyük, B.,** 2004. Gama Transmisyon Tekniği İle Cs-137 Gama Kaynağı Kullanılarak Farklı Metaller İçin Kalınlık Tayini, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Early ve Sodee,** 1995. Principles and Practice of Nuclear Medicine, Mosby- Year Book Inc., USA.
- Földiák, G.,** 1986. Industrial Application of Radioisotopes, Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest- Hungary.
- Gardner, R.P., Ely, R.L.,** 1967. Radioisotopes Measurement Applications in Engineering, Reinhold Publishing Co., New York.
- Glastone S.,** 1981. Nuclear Reactor Engineering, V.N. Reinhold Company, USA.
- Rahman ve Shieh,** 1981. Introduction to Nuclear Engineering, R.E. Krieger Publishing Company Inc., USA.
- Halmshaw,** 1995. Industrial Radiology, Chapman & Hall, London.
- Harms ve Wyman,** 1986. Mathematics and Physics of Neutron Radiography, D.Reidel Publishing Company, USA.
- Hodgman, C. D., Shankland R.S., Weast R. C. ve Selby S. M.** 1962. Handbook of Chemistry and Physics, The Chemical Rubber, Publishing Co, Ohio.
- Horn, Van.K.R.** 1967. Aluminum, American Society for Metals, Ohio.
- İ.M.İ.B./ E.Yüce,** 1987. Türkiye’ de Kurşun Envanteri, İstanbul.
- İMMİB,** 1995. Çelik Standartları, İstanbul.
- Mix, P.E.,** 1987. Introduction to Non-Destructive Testing, John Wiley, New York.
- Onaran,** 1993. Malzeme Bilimi, İ.T.Ü. Rektörlük Ofset Atölyesi, İstanbul.
- TMMOB-Metalurji Muh. Odası,** 1986. Dünyada Alüminyum, İstanbul.
- Yaşar, D., Tuğrul, A.B.,** 2005. A New Approach For Calculation of Critical Organ Dose in Nuclear Medicine Applications, Appl. Rad. Isot.62, 405-410.

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Gaziantep’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Gaziantep’de tamamladı. Üniversite öğrenimini İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği’nde tamamlayarak Temmuz-1995 döneminde mezun oldu.

Halen, özel sektörde, ticari faaliyetlerini sürdürmektedir.

