

46468

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR CEVHER NUMUNESİNDEKİ İZOTOPLARIN ve YARIÖMÜRLERİNİN
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fizik Müh. BİRKAN BELİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 12 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Haziran 1995

Tez Danışmanı : Prof. Dr. H. Hüseyin GÜVEN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Yıldırhan ÖNER

: Doç. Dr. Nurfer GÜNGÖR

HAZİRAN 1995

ÖNSÖZ

Beş bölümden meydana gelmiş olan bu çalışma, bir cevher numunesi içerisindeki saniye ve dakika mertebesinde yarıömrü sahip radyoizotopların belirlenmesini ve yarıömrülerinin de hesaplanışını içermektedir.

Çalışmam boyunca göstermiş oldukları tüm yardımlardan ötürü öncelikle Sayın Hocam Prof.Dr.Hüseyin Güven, Doç.Dr.Nürfer Güngör,Araştırma görevlileri Cenap Ş. Özben ve Ayşe Alemdar,Nükleer enerji enstitü müdürü Prof. Dr. Hasbi Yavuz, Araştırma görevlilerinden Sevilay Kalaylıoğlu ve Sağlık fiziği personeli olan Muhittin Okka, Secaettin Yener, Mehmet Genceli'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 1995
İstanbul

Birkan Belin

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
BÖLÜM 1 . GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 .DENEY DÜZENEGİ.....	2
2.1. Sistem 100 , Sampo 90 ve Task	2
2.2. Dedektör.....	4
BÖLÜM 3 . AKTİVASYON ANALİZİ.....	7
3.1.Aktivasyon Analizine Genel Bakış.....	7
BÖLÜM 4 .SANİYE MERTEBESİNDEKİ YARIÖMÜRLERİN ÖLÇÜLMESİ..	11
4.1. Kısa Yarıömürlülerin Ölçülmesi Üzerine Bilgi..	11
BÖLÜM 5 . YARIÖMÜRLERİN BELİRLENMESİ.....	14
5.1. Numunedeki Kısa Yarıömürlü İzotopların Yarıömürlerinin Belirlenmesi.....	14
BÖLÜM 6 . SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	17
KAYNAKLAR.....	25
ÖZGEÇMİŞ.....	26

ÖZET

Aktivasyon analizlerin çoğu termal nötronlarla Nükleer reaktörlerde yapılır.

Bu çalışmada bir cevherden alınan numuneler, İ.T.Ü.Triga 2 Nükleer reaktöründe $1.66 \cdot 10^{12}$ nötron $\text{cm}^{-2}\text{sn}^{-1}$ akıllık termal nötron akısı ile ışınlanmış, Sistem 100 adı verilen çok kanallı analizör programı ile spektrumları alınmış, Sampo90, analiz programı ile değerlendirilmiştir.

Spektrumların değerlendirilmesi için ilgilenilen enerji bölgesinde Co^{60} , Cs^{137} , Ba^{133} standart kaynakları kullanılarak enerji, şekil ve verim kalibrasyonları yapılmıştır. Ayrıca, Eu^{152} standart olmayan nokta kaynağı da bu kalibrasyonlarda relatif olarak kullanılmıştır.

Çalışmada, bir cevher içerisindeki saniye ve birkaç dakika mertebesindeki radyoizotopların yarıömürleri saptanmıştır. Bu işlem Sistem 100 analizör programı içerisindeki Task menülerinin kullanılmasıyla ışınlamadan sonra sırasıyla önce 15sn'lik sonra 2.8dak.'lık 8'er spektrumun ardarda alınması ve bunların değerlendirilmesiyle yapılmıştır.

Sonuç olarak numunemizde 18.6 sn yarıömre sahip Hf^{179m} ve 3.76 dak.lık V^{52} izotopları gözlenmiş ve yarıömürleri de hata payı içerisinde literatür değerleri ile uyum içerisinde bulunmuştur.

DETERMINATION OF ISOTOPS AND THEIR HALF LIFE OF A NATURAL SAMPLE

SUMMARY

Among the nuclear techniques used for elemental analysis, activation analysis plays a leading role. Fast neutron, photon and charged particle activation analysis are successfully applied in specific cases, but the majority of analysis is performed with thermal neutrons from nuclear reactors.

Activation analysis achieves a qualitative analysis of an unknown sample by irradiating the sample and thus producing radioactive nucleids from stable or unstable isotopes present in the sample. The radioactive nucleids can be identified from properties of the radiations they emit:

1. Type of radiation
2. Energy of radiation
3. Intensity of radiation
4. Half life

An advantageous feature of photon and neutron activation analysis in comparison to many other analytical methods is a minimum requirement for sample treatment. Thus, compact samples can be analyzed directly and non-destructively, and the risk of trace element losses, a danger in chemical procedure, is ruled out.

For various reasons activation analysis with thermal neutrons, NAA, has been successful. First, reactors are intense neutron sources with thermal neutron flux densities up to $10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ at the usual sample irradiation positions; second, the cross sections for thermal neutron induced reactions, in particular for (n, γ) reactions, are in general much higher than those for reactions induced by fast neutrons, photons or charged particles; and third, each activation product can be assigned unambiguously to a particular sample nucleid.

The reaction obtained by thermal neutron for a nucleid is ;



In this work, natural sample taken from nature were irradiated with the thermal flux of $1.66 \cdot 10^{12}$ nōtron $\text{cm}^{-2} \text{sn}^{-1}$ at I.T.U. Nuclear Energy Enstitution Triga 2 Nuclear Reactor and spectra were taken by Task menus of system 100.

The main parts of experimental system are detector, multichannel analyzer (System 100), interactive fitting programme for γ ray spectra taken with high resolution solid state detectors (sampo 90).

Gamma ray spectra has been taken with a PC based multichannel analyzer (System 100). System 100, using own microprocessors (Intel 80186), works independently from personal computer.

So many works can be done by using system 100 such as using screen with groups, energy calibration , live or true time settings peak information options, region of interest processes and adding or subtracting spectrums in groups.

The detector that used in this experiment is HpGe coaxial dedector. Some features of the detector are following.

Physical Characteristics:

Geometry : Xtra - extended range closed-end coaxial
Diameter : 51.1 mm
Length : 50 mm
Distance from window: 5 mm

Electrical Characteristics:

Depletion Voltage	: 2000 V
Recommended Bias Voltage	: 3500 V
Leakage current at recommended bios	: 0.01 nA
Preamplifier test voltage at recommended voltage	: -0.67V
Capasitance at recommended bias	: 22pF

The most important feature of detector is resolution. The resolution of this detector is as follows.

0.8 keV at 22 keV
 0.9 keV at 88 keV
 1.8 keV at 1.33 MeV

Peak Compton Ratio : 48:1 at 1.33 MeV

To obtain numerical results from the measured spectra, they should be analyzed and the peaks have to be fitted with a computer programme called sampo 90 which could be run by a PC.

Shape, energy and efficiency calibration files have to be created before starting to analyze spectra of our samples. The efficiency data were fitted to the function below. For this purpose, we used a programme that uses Morquardt method.

$$\epsilon_{abs} = \exp(a_1 - (a_2 + a_3 e^{-a_4 E}) e^{-a_5 E} \ln E)$$

The parameters in above equation are as follows.

a[1]= 1.1952
 a[2]= 0.7952
 a[3]= -1.7302
 a[4]= 39.9227
 a[5]= -0.1454

The efficiency graph is as figure 1.

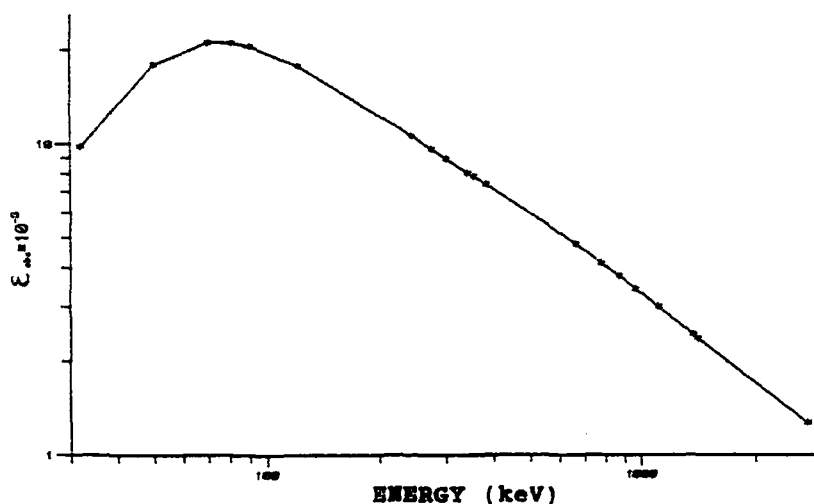


Figure 1. Absolute efficiency at 30cm.

The Task programme used in getting consecutive 8 spectra for second half lived isotops is as follows.

```
001  Clear, Group: Full, Data
002  Preset, Group: 1/4, Live Time : 15 sn
003  Acquire, Group: 1/4, Start
004  Preset, Group: 2/4, Live Time : 15 sn
005  Acquire, Group: 2/4, Start
006  Preset, Group: 3/4, Live Time : 15 sn
007  Acquire, Group: 3/4, Start
008  Preset, Group: 4/4, Live Time : 15 sn
009  Acquire, Group: 4/4, Start
010  Save, Group: Full, Data: Spectrum, Device:Disk,SDnnnn.MCA
011  End of Task
```

If this programme is used with 2 cycle 8 spectrum can be obtained. In figure 2, it can be seen how $\text{Hf}^{179\text{m}}$ peak of 214.3 keV is getting smaller during 15 sn periods.

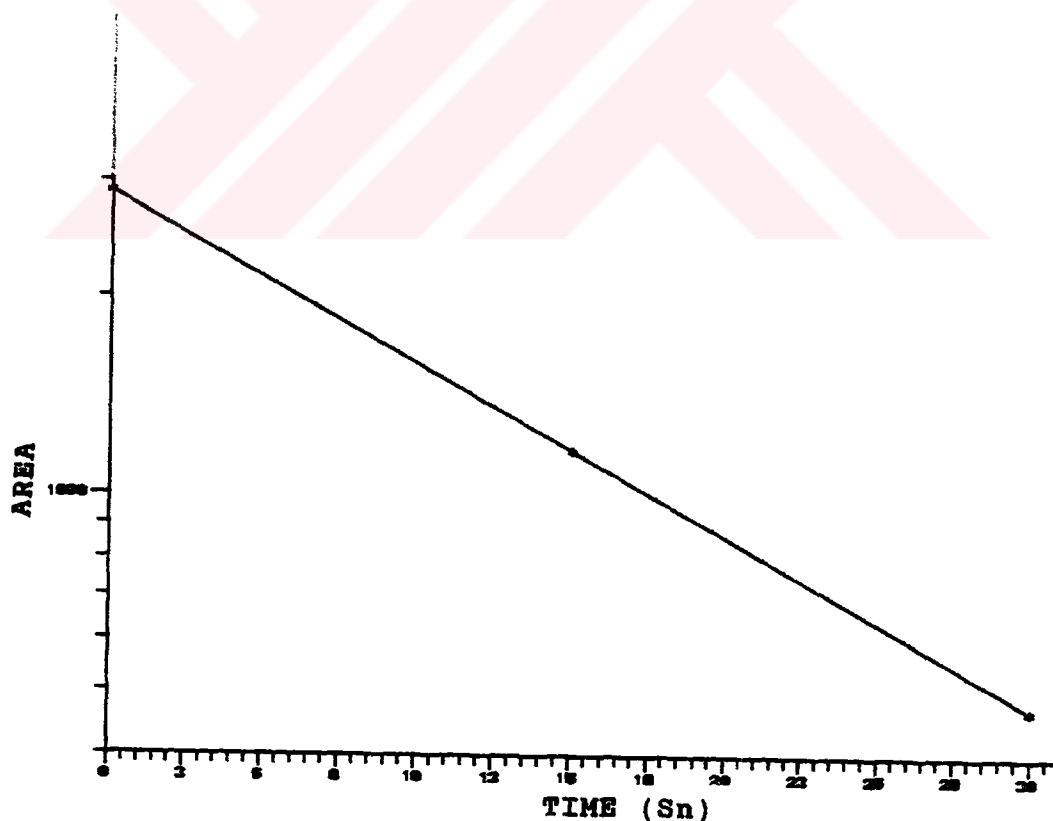


Figure 2. Reduction of the counts of $\text{Hf}^{179\text{m}}$ peak

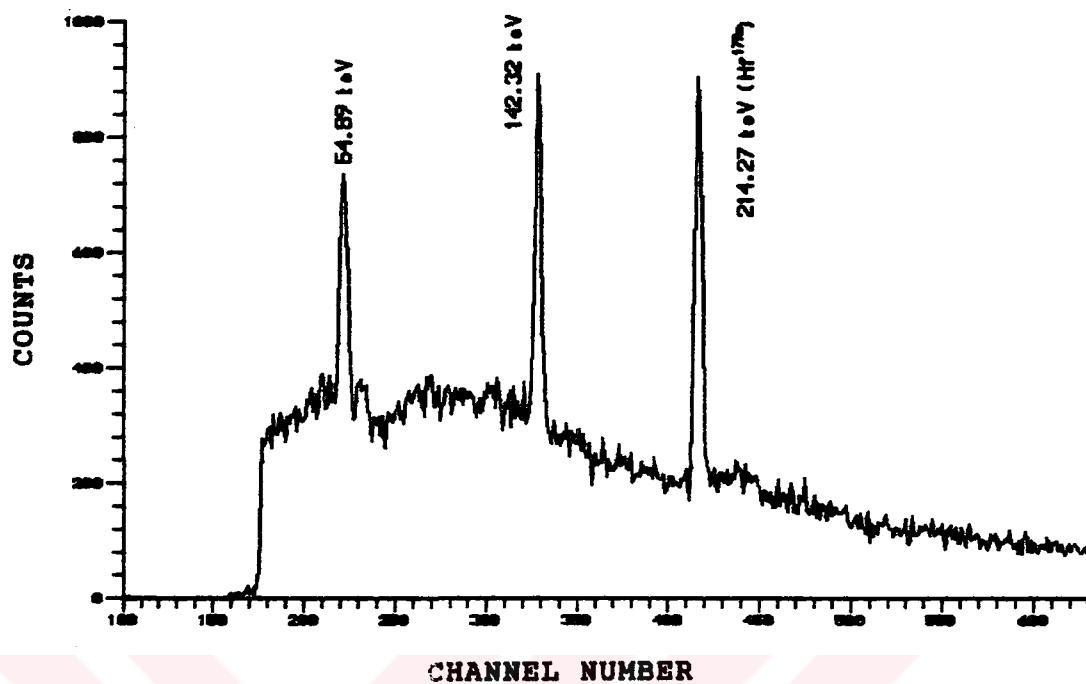


Figure 3. The partial gamma spectrum of the sample irradiated 15 sn.

Finally, in the natural sample radionuclides which have short life, $\text{Hf}^{179\text{m}}$ at 214.3 keV, V^{52} at 1434.5 keV, were observed and their half lives, almost 18.6 sn and 3.76 minute, were calculated.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Elementer analiz için kullanılan nükleer teknikler arasında aktivasyon analizi önemli bir rol oynar. Numunelerin hızlı nötron, foton ve yüklü parçacıklarla aktivasyon analizi((n,2n), (n, α), (γ ,p), (γ ,n), (p,n)) başarı ile uygulandığı gibi analizlerin çoğu termal nötronlarla Nükleer reaktörlerde yapılır.

Çalışmada nötron aktivasyonu analizi ile saniye ve dakika mertebesinde yarıömrürlü izotopların belirlenmesi, yarıömrülerinin de Sistem 100 γ analizör programı içerisindeki Task menüleri yardımıyla nasıl hesaplandığı görülecektir.

Ayrıca, ilerideki bölümlerde deney düzeneğini oluşturan dedektör, Sistem 100, Task ve programı, Sampo 90 γ analiz programı hakkında bilgi de verilecektir.

BÖLÜM 2. DENEY DÜZENİĞİ

2.1 Sistem 100 , Sampo 90 ve Task

Sistem 100, spektroskopik araştırmalar için kullanılan çok kanallı analizördür. PC'ye yerleştirilen bu kartın içerisinde Intel 80186, 8 Mhz, 16 Bitlik bir mikroişlemci bulunmakta ve bu sayede ADC (Analog Dijital çevirici)'den gelen sinyali hafızasında saklayarak PC'den bağımsız çalışabilmektedir. Bu işlemci ile 16384 kanalda ve her kanalda 32 bit olmak üzere bilgiler saklanır [1].

Her grupta farklı spektrumlar alınabildiği gibi bunları karşılaştırmalı olarak ikiye ikiye veya ayrı ayrı görmek mümkündür.

Sistem 100'ün en önemli özelliklerinden biri de her grupta ayrı ayrı alınan spektrumların üst üste eklenebilmesi yada farklarının alınabilmesidir.

Piklerin kontrolü ROI(Range of Interested) bölgelerle yapılır. Bu bölgeler spektrumdan renkli olarak ayrılır ve ekranın üst kısmında işaretli bölge renkli olarak görülür. Peak Information menüsünden pik ile ilgili pik enerjisi, net alan, toplam alan, pik genişliği gibi bilgiler alınabilir.

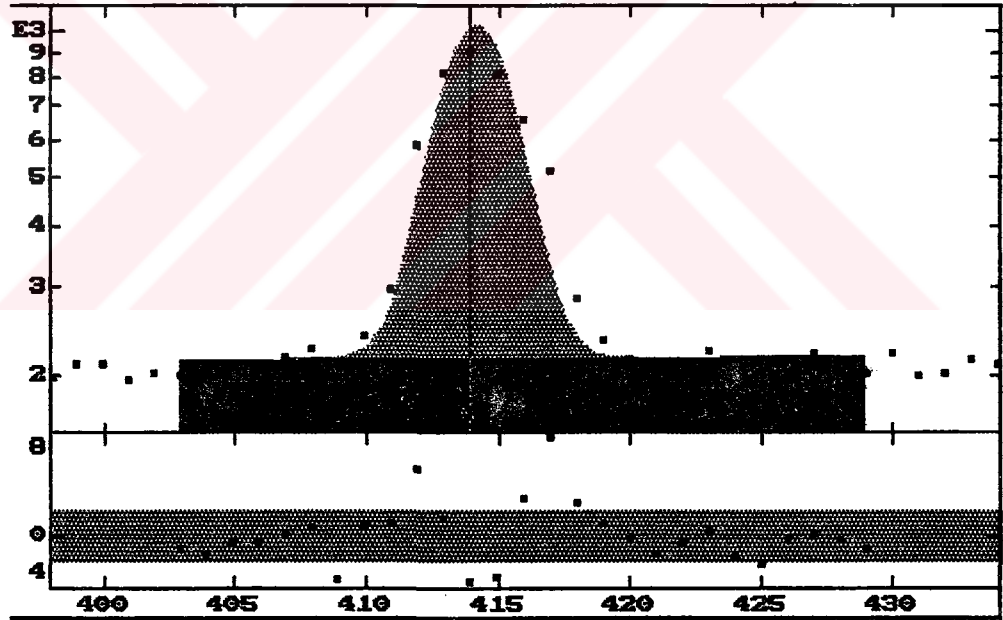
Sistem 100 bünyesindeki Task menüleri ile ardarda yspektrumlar alınabilmekte ve bu sayede de kısa yarıömürlü izotopların yarıömürleri belirlenebilmektedir.

Alınan spektrumların enerji , shape ve verim kalibrasyonları yapılarak değerlendirilmeleri Sampo 90 analiz programı ile yapılmaktadır.

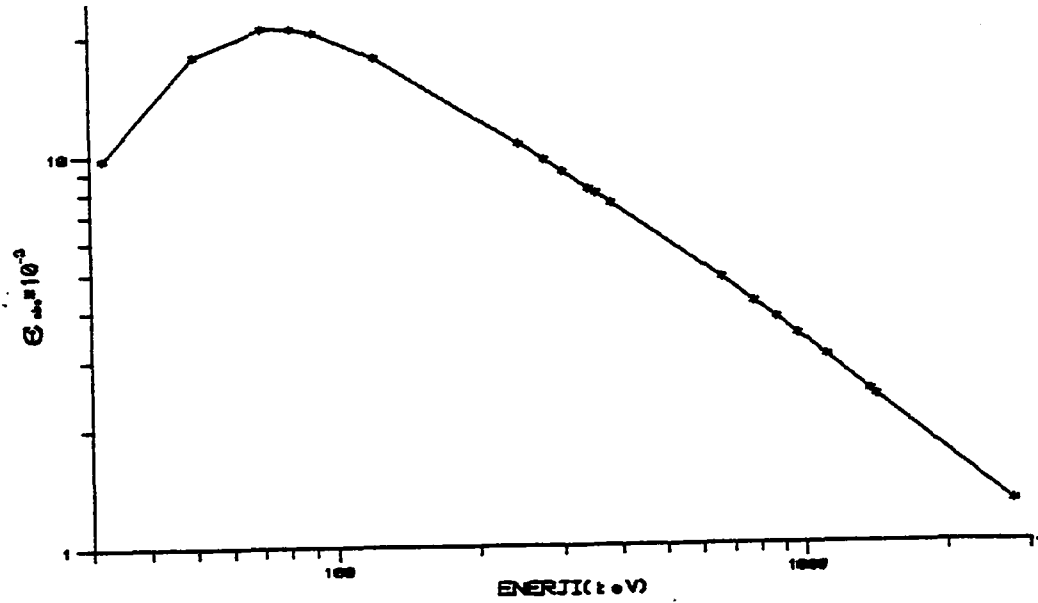
Sampo 90, Ge(Li), Si(Li) ve HpGe dedektörlerle alınan γ spektrumlarının analizlerinin hızlı ve doğru olarak yapılmasını sağlayan spektrum analiz programıdır [2].

Sampo 90'da pik değerlendirilmesi enerji, shape ve verim kalibrasyonları yapılarak pik table dosyaları oluşturulduktan sonra olur.

Fit edilirken ekranda pik noktalarının rezidüel dağılımları görülür. Fit'in iyiliği fit noktalarının rezidüel bant aralığı içerisinde oluşuna ve pik genişliğine bağlıdır. Pik'lerin fitleri de en küçük kareler yöntemine göre yapılmaktadır [3].



Şekil 2.1. $\text{Hf}^{179\text{m}}$ pikinin Sampo 90'da fit edilmiş hali.



Şekil 2.2.Dedektörün Ba^{133} , Co^{60} , Cs^{137} , standart kaynakları ve Eu^{152} ile hesaplanmış mutlak verim grafiği.

Şekil 2.2. 'nin fit fonksiyonu ve parametreleri aşağıdaki gibidir.

$$\varepsilon_{abs} = \exp(a_1 - (a_2 + a_3 e^{-a_4 E}) e^{-a_5 E} \ln E)$$

$$\begin{aligned} a[1] &= 1.1952 \\ a[2] &= 0.7952 \\ a[3] &= -1.7302 \\ a[4] &= 39.9227 \\ a[5] &= -0.1454 \end{aligned}$$

2.2.Dedektör

Sistem 100 ile alınıp Sampo 90 ile değerlendirilen spektrumlar, HPGe dedektör vasıtasıyla alınmaktadır. Deneyde kullanılan HpGe dedektörün bazı özellikleri aşağıda verilmiştir.

0.5 mm kırılğan Berilyum pencereye sahip Canberra XtRa bir koaksiyel Ge dedektördür. Koaksiyel dedektörler 0.3 - 1 mm arasında tipik bir Lityum sürülmüş tabakaya

sahiptirler.

XtRa dış ince giriş penceresiyle yüksek verim, iyi rezolüsyon ile standart tüm özellikleri vererek koaksiyel dedektörlerin tüm avantajlarını verir [4].

Relatif verim	%20		
Rezolüsyon(FWHM)	22Kev	de	0.8Kev
	88Kev	de	0.9Kev
	1.33Mev	de	1.8Kev
Pik Compton Oranı.....	1.33Mev	48:1	

Dedektörün fiziksel karakteristikleri:

Çap	55.1 mm
Uzunluk.....	50 mm
Pencereden uzaklık.....	5 mm

Elektriksel özellikleri:

Depletion voltajı.....	2000v (DC)
Tavsiye edilen yüksek gerilim:	3500v (DC)
3500v'da Leakage akımı.....	0.01nA (DC)
3500v'da test voltajı.....	-0.67v (DC)
3500v'da Kapasite.....	22pF

Dedektör penceresinin Berilyum olmasının nedeni atom numarasının küçük olması nedeniyle alçak enerjileri düşük absorpsiyon katsayısına sahip olmasıdır.

Dedektöre gelen γ ların oluşturduğu analizörde görülebilen sinyal miktarıyla ilişkisini dedektörün verimi belirler. Verim ise;

$$\epsilon_{abs} = \frac{N}{I_{\gamma} t A}$$

bağıntısı ile belirlenir. Bağıntıda ,

I_γ : O pike ait mutlak geçiş şiddeti
 t : Sayım zamanı (S_n)
 A : Kaynağın sayım anındaki aktivitesi

şeklindedir.



BÖLÜM 3. AKTİVASYON ANALİZİ

3.1. Aktivasyon Analizine Genel Bakış

Aktivasyon analizi, çoğu elementi oldukça yüksek duyarlılıkta dedekte edebilen güçlü bir tekniktir. Aktive edilen numuneden gelen radyasyonun cinsini , enerjisini, şiddetini ve izotopun yarıömrünü kolaylıkla belirliyerek kalitatif ve kantitatif sonuçlara gidebilir.

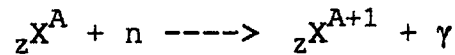
Aktivasyon analizinin diğer avantajları ise;

1. Yapıda bir bozukluk yaratmaması
2. Çok küçük miktarda numune gerektimesi
3. Bir anda birden fazla elementi dedekte edebilmesi
4. Aynı elementin farklı izotoplarını tanımlıyabilmesi
5. Hızlı sonuç verebilmesi
6. İlgili elementin kimyasal formunu etkilememesidir [5].

Dezavantajları ise çok büyük cihazlara gerek duyması ve kimyasal bileşik hakkında bilgi vermemesidir.

Herşeyin ötesinde aktivasyon analizi, kimya, biyoloji, tıp, adli tıp, endüstri, arkeoloji ve çevre araştırmalarında kullanılan güçlü bir tekniktir.

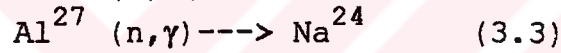
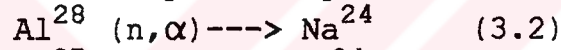
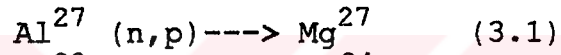
Aktivasyon analizinde en çok kullanılan reaksiyon (n,γ) reaksiyonudur. Burada kullanılan nötronlar termal nötronlardır. Herhangi bir element için oluşan reaksiyon;



şeklindedir.

Ard arda oluşacak en az sayıda reaksiyon olması koşulu altında seçilen reaksiyonda kabuledilebilir bir ışınlama zamanı içerisinde fazla aktive olmamalı, üretilen radyoizotopun istenilen seviyede bir yarıömrü olmalı, ayrıca radyoizotoptan yayılan radyasyonun tipi ve enerjisi çok büyük sayım zorlukları göstermemeli.

Eğer numune biliniyorsa izotopların tanımlanması için en iyi reaksiyon seçilir. Bazen aynı izotop için birden birden fazla reaksiyon mevcuttur. Örneğin, Al nötronlarla bombardıman edildikten sonra üç farklı reaksiyon dedekte edilir.



Al içeren numune için en iyisi $\text{Al}^{27}(n,\gamma) \rightarrow \text{Al}^{28}$ reaksiyonudur, fakat aynı numunede $\text{Si}^{28}(n,p) \rightarrow \text{Al}^{28}$ reaksiyonu da olursa o zaman konsantrasyonlar farklı olacaktır. Bu gibi durumlarda (3.1) ve (3.2) nolu reaksiyonlar tercih edilir. Çoğu etki kesiti reaksiyonlarına ters olarak termal (n,γ) etki kesitleri izotoptan izotopa ve dolayısıyla elementten elemente bir sürü faktörler tarafından değişir (Etki kesiti, bolluk etc...). Radyoçekirdekler arasındaki büyük faktörler tarafından γ emisyonu olasılıkları ve yarı ömürler değişebilir [5].

Bu yüzden NAA(Nükleer aktivasyon analizi)'nin duyarlılığı ilgili elemente bağlı olarak kuvvetli bir şekilde değişir. Elementler için birden fazla durgun izotop varsa sadece birini belirlemek mümkündür. Bu yüzden elementel konsantrasyonların belirlenmesinde izotopik bolluklar hesaba katılmalıdır.

Işınlama sonunda oluşan radyoçekirdeğin aktivitesi şöyle belirlenir.

$$A_0 = \Phi \sigma \frac{a.m}{M} N_A (1 - e^{-\lambda T})$$

- Φ : Termal nötron akı yoğunluğu
 σ : Termal nötron reaksiyon etki kesiti
 m : Hedef elementin kütlesi
 a : Göz önünde bulundurulmuş elementin izotropik bolluğu
 M : Hedef elementin molar kütlesi
 N_A : Avagadro sayısı
 λ : Bozunma sabiti
 T : Işınlama zamanı

Ayrıca piklerin sayım oranı n , ışınlama sonundaki aktiviteyi belirlememizde yardımcı olur.

$$A_0 = \frac{n.C}{p.\varepsilon} e^{\lambda t}$$

- C : Toplam için düzeltme faktörü (Self attenuation, etc...)
 p : γ ışını yayım olasılığı
 ε : Full enerji pik verimi
 t : Işınlama ve ölçüm arasında geçen zaman (iletim zamanı)

Böylece,

$$m = \frac{n.C.M}{p.\Phi.\sigma.a.N_A.(1 - e^{-\lambda T})}$$

elde edilmiş olur. Genellikle doğal sabitler M , λ , p , σ , a ve N_A yeterli doğruluklarda tablolardan alınır. n , ölçülür veya hesaplanır. t , T ölçülür.

Φ , nötron akısı bilinmelidir. Belirsizliği ise en fazla %10 olmalıdır.

Bazı elementlerin özellikle hafif olanları termal NAA ile dedekte edilemezler. Organik ve jeolojik malzemelerin geçiş elementlerinin analizinde {H, C, N, O, Si, P, S, Ca..} aktivasyonları ihmal edileceğinden bu bir avantajdır [6].



BÖLÜM 4. SANİYE MERTEBESİNDEKİ YARIÖMÜRLERİN ÖLÇÜLMESİ

4.1.Kısa Yarıömür Ölçümü Üzerine Genel Bilgi

Herhangi bir radyoaktif çekirdeğin yarılanma zamanını belirlemek için aktivasyonun zamanla değişiminin belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem uzun ömürlü izotoplarda normal olarak yapılabilirken çok kısa yarıömürlülerde elektronik olarak yapılması gerekmektedir.

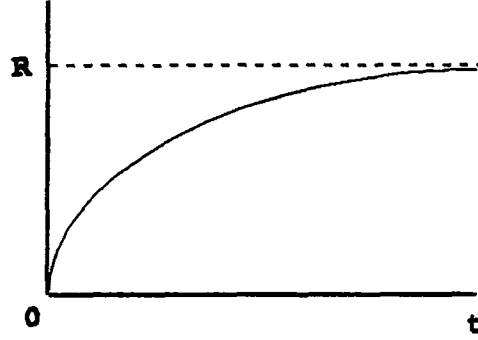
Saniye mertebesindeki yarıömürlü çekirdeklerin yarılanma zamanlarını belirlemek için ise , ard arda alınan spektrumların çok kanallı analizörün hafızasındaki gruplara yerleştirmesini kısa zamanda kontrol edebilecek elektromekanik bir sistem gerekmektedir. Bizim durumumuzda Sistem 100 Task'ları buna imkan vermektedir. Task içerisine amaca uygun makro komutları yerleştirerek spektrumların ard arda süreleri ve kayıtları kontrol altında tutulabilmektedir.

Kısa ömürlü izotopların üretilmesi için bir reaktör, hızlandırıcı veya bir nötron kaynağı gerekmektedir.

Işınlama süresini ayarlarken numunede bulunan izotopun %90'ının aktive edildiği düşünülerek,

$$t_{ism} = 3.3 t_{1/2}$$

formülü oluşturulmaktadır.



Şekil 4.1. Aktivite ile saturasyon zamanı arasındaki ilişki.

Bu çalışmada örneklerimiz İ.T.Ü. Triga 2 Reaktör'ünün Tavşan sisteminde ışınlanmıştır. Bu sistemde numunenin kalbe 3 sn. de gidişi ve 3 sn. de dönüşü göz önüne alındığında 1sn. lik yarıömre sahip izotopların dedekte edilmesi mümkün değildir.

Numune'nin reaktör kalbinden gelirken kaybedilen zaman ve programın ilk spektrumu alınıncaya kadar geçen zamanlar göz önüne alındığında aynı zamanda yeterli sayım istatistiğini de elde edebilmek için sayım zamanlarının da belli bir sürenin altında tutulmaması sebebiyle en optimum değer 15 sn.'lik spektrumların alınmasıyla elde edilebileceğine karar verilmiştir.

İşinlanan cevherdeki en kısa ömürlü elementi yakalayabilmek için Sistem 100 içerisindeki Task programını şöyle ayarlıyoruz.

```

001 Clear, Group: Full, Data
002 Preset, Group: 1/4, Live Time : 15 sn
003 Acquire, Group: 1/4, Start
004 Preset, Group: 2/4, Live Time : 15 sn

```

```

005  Acquire, Group: 2/4, Start
006  Preset, Group: 3/4, Live Time : 15 sn
007  Acquire, Group: 3/4, Start
008  Preset, Group: 4/4, Live Time : 15 sn
009  Acquire, Group: 4/4, Start
010  Save, Group: Full, Data: Spectrum, Device:Disk,SDnnnn.MCA
011  End of Task

```

Bu program ard arda iki kere çalıştırılarak 15 sn.'lik ışınlanmış numunenin toplam 15 sn.'lik 8 spektrumu alınır.

Dakika mertebesindeki V^{52} izotopu için 8dk. ışınlayarak 2.8 dk. lık aşağıdaki Task çalıştırılmıştır.

```

001  Clear, Group: Full, data
002  Clear, Group: 1/4, time
003  Preset, Group: 1/4, Live Time : 2.8min.
004  Acquire, Group: 1/4, Start
005  Save, Group: 1/4 , Data: Spectrum, Device:Disk,SDnnnn.MCA
006  Clear, Group: 2/4, time
007  Preset, Group: 2/4, Live Time : 2.8min.
008  Acquire, Group: 2/4, Start
009  Save, Group: 2/4 , Data: Spectrum, Device:Disk,SDnnnn.MCA
010  Clear, Group: 3/4, time
011  Preset, Group: 3/4, Live Time : 2.8min.
012  Acquire, Group: 3/4, Start
013  Save, Group: 3/4 , Data: Spectrum, Device:Disk,SDnnnn.MCA
014  Clear, Group: 4/4, time
015  Preset, Group: 4/4, Live Time : 2.8min.
016  Acquire, Group: 4/4, Start
017  Save, Group: 4/4 , Data: Spectrum, Device:Disk,SDnnnn.MCA
018  End of Task

```

BÖLÜM 5. YARIÖMÜR HESAPLAMALARI

5.1. Numunedeki Kısa Yarıömürlü İzotopların Yarıömürlerinin Belirlenmesi

15 sn.'lik 8 spektrumun ilk üçünden alınarak saniye mertebesindeki kısa ömürlü izotopların yarıömür hesabında kullanılan alan değerleri tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. 15 sn. ışınlanarak alınmış ilk 3 spectrumda bulunan radyoizotopların alan değerleri.

ENERJİ (Kev)	Zaman=0sn Alan	15sn Alan	30sn Alan
54.89	1535	596	262
142.4	2259	926	295
214.27	2889	1169	473

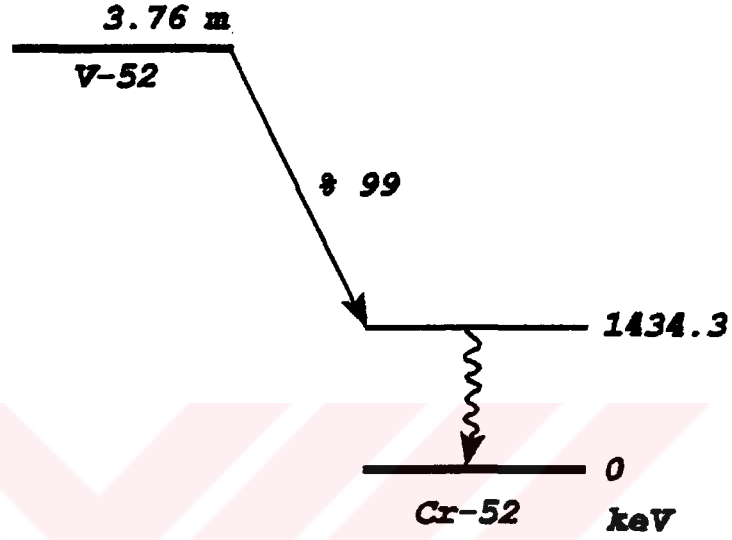
Alan, pik için sayım zamanı boyunca o enerjide alınan sayımların toplamıdır. 214.27 keV enerjili gamma ışını yayan Hf^{179m} izotopunun yarıömürünü bulmak için tablo 5.1.'deki değerler eksponansiyel bir fonksiyona fit edildiğinde,

$$y = 2889.02 e^{-0.060319x}$$

fonksiyonu bulunur. $\lambda_{1/2} = 0.060319$ ise,

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda_{1/2}} = 11.49 \text{ sn}$$

yarıömrü bulunur. Ortalama %40 ölü zaman da dikkate alındığında yaklaşık olarak yarıömür için 16.08 sn bulunur. Bu ise literatürdeki [7] 18.6 sn değerine hata sınırları içerisinde yakındır. 1434.3 keV enerjili V^{52} izotopu için;

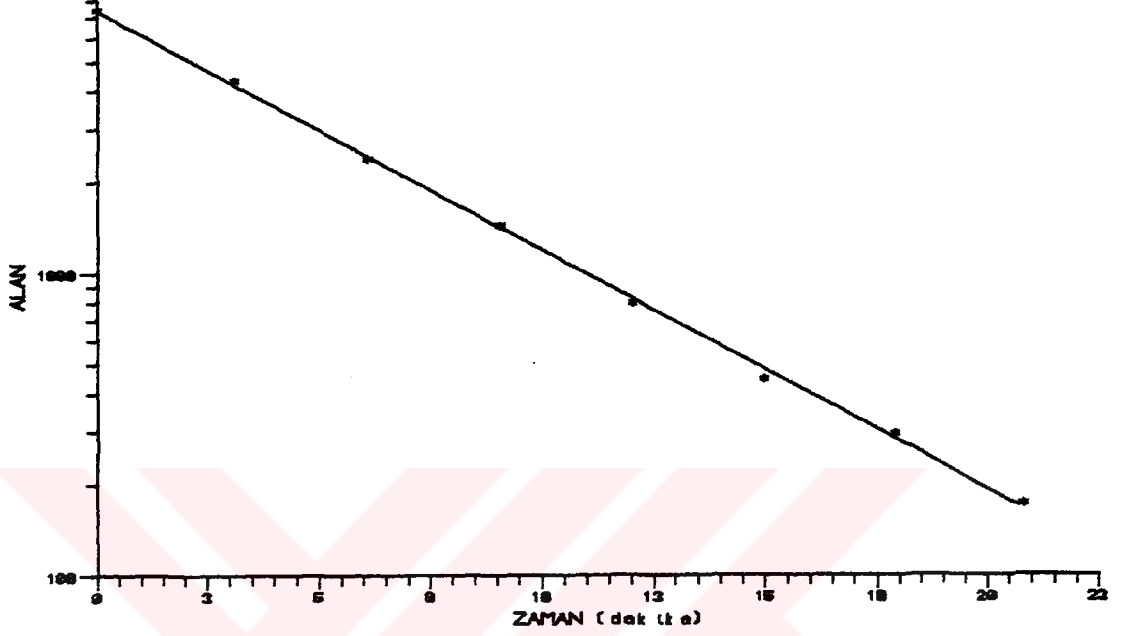


Şekil 5.1. V^{52} 'nin bozunma şeması.

Tablo 5.2. V^{52} için alınmış alan değerleri.

Gerçek Zaman (Dakika)	Alan (Sayım)
0	7416
3.10	4336
6.07	2388
9.02	1437
11.96	796
14.89	446
17.82	295
20.74	173

2.8 dakika aralıklarla alınan 8 spektrumdan dakika mertebesindeki V^{52} izotopunun zaman alan grafiği de şekil 5.2'deki gibidir.



Şekil 5.2. V^{52} pikinin alan değerlerinin azalması.

Tablo 5.2.' deki değerler eksponansiyel fonksiyona fit edildiğinde,

$$y = 7370.87 e^{-0.182179x}$$

çıkar. Yarıömür ise,

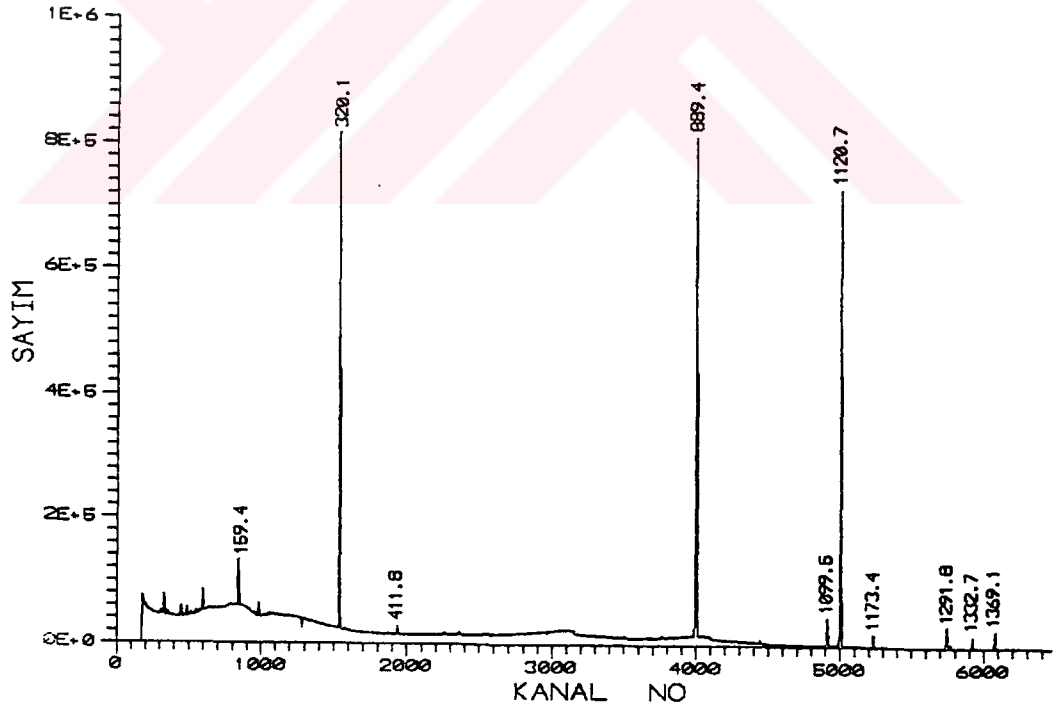
$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda_{1/2}} = 3.8 \text{ dk}$$

olarak hesaplanır. Literatürdeki [7] değer ise 3.76 dk. olup bizim değerimizle ~ %1 hata ile bulunması demektir. Hesaplar ölü zamanın dahil olduğu gerçek zaman ile yapılmıştır.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma, daha önce bir cevher numunesinin içeriğini belirlemek için yapılmış bir çalışmanın devamı niteliğindedir. Amaç, bu cevher numunesi içerisindeki saniye ve dakika mertebesinde yarıömre sahip izotopları görebilmek ve yarıömürlerini hesaplayabilmektir.

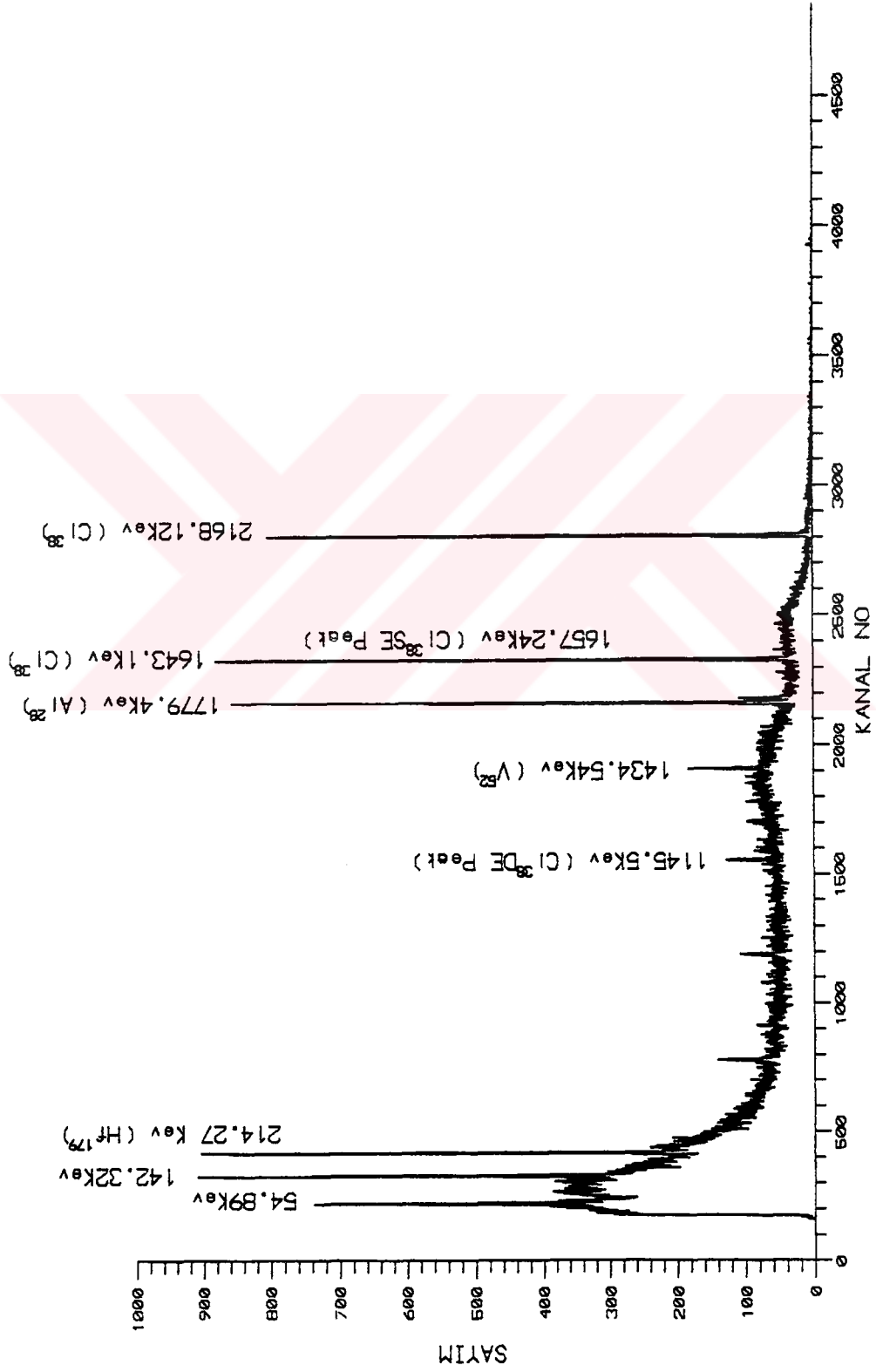
Bir önceki çalışmada yarılanma süresi 38 dakikaya kadar olan izotoplar belirlenebilmiştir. Aşağıda bu çalışmadan alınmış cevherin uzun yarılanma zamanına sahip elementleri içeren tablo 6.1. ve spektrumu olan şekil 6.1. görülmektedir[8].



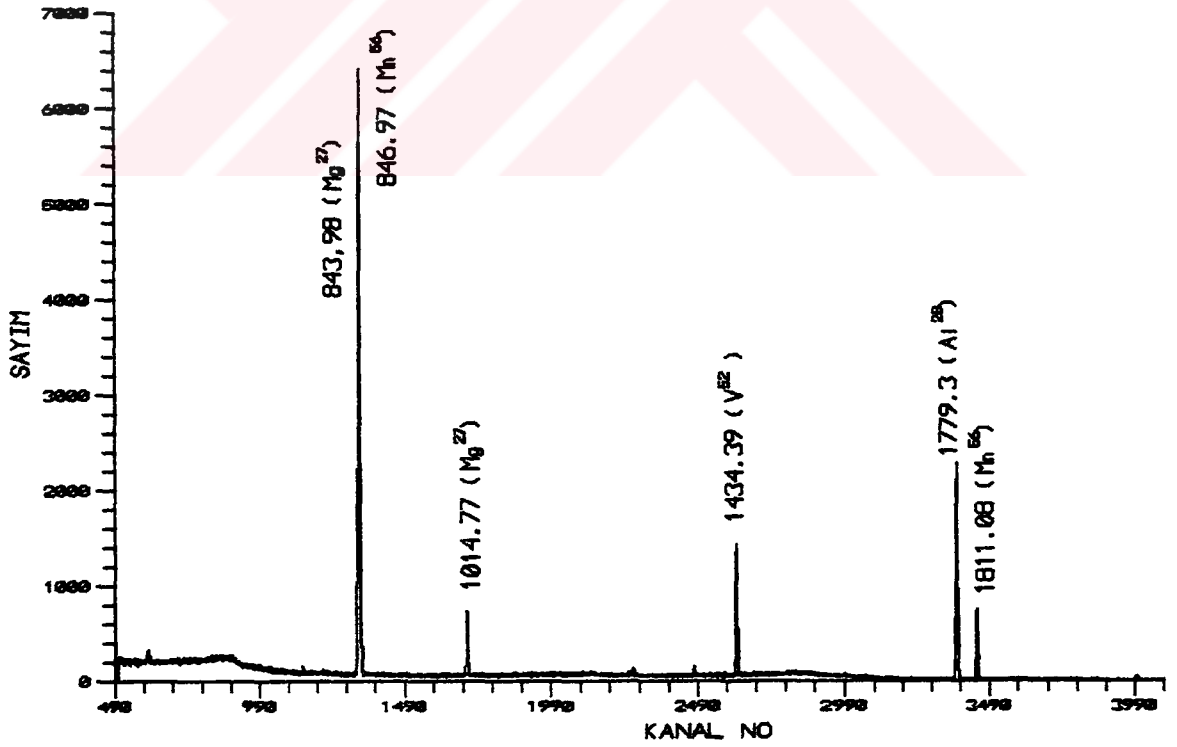
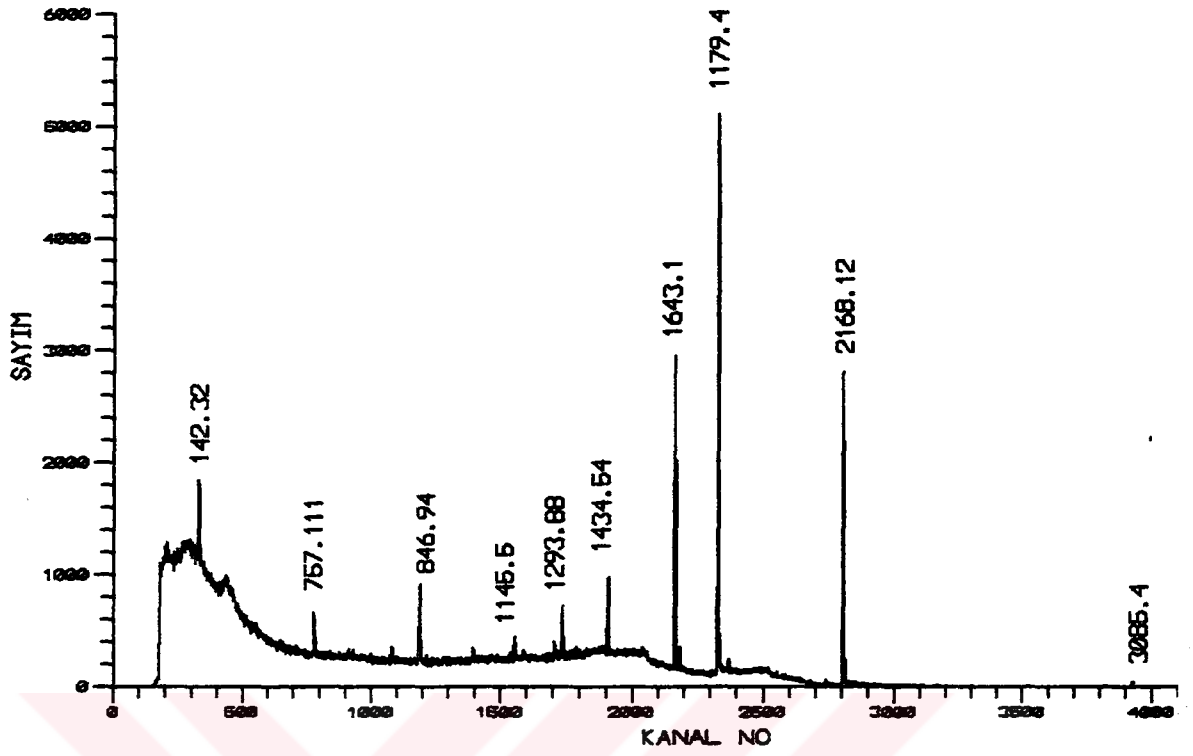
Şekil 6.1. Cevherde bulunan uzun ömürlü izotoplar.

Tablo 6.1. Cevher'deki uzun ömürlü izotopları veren tablo.

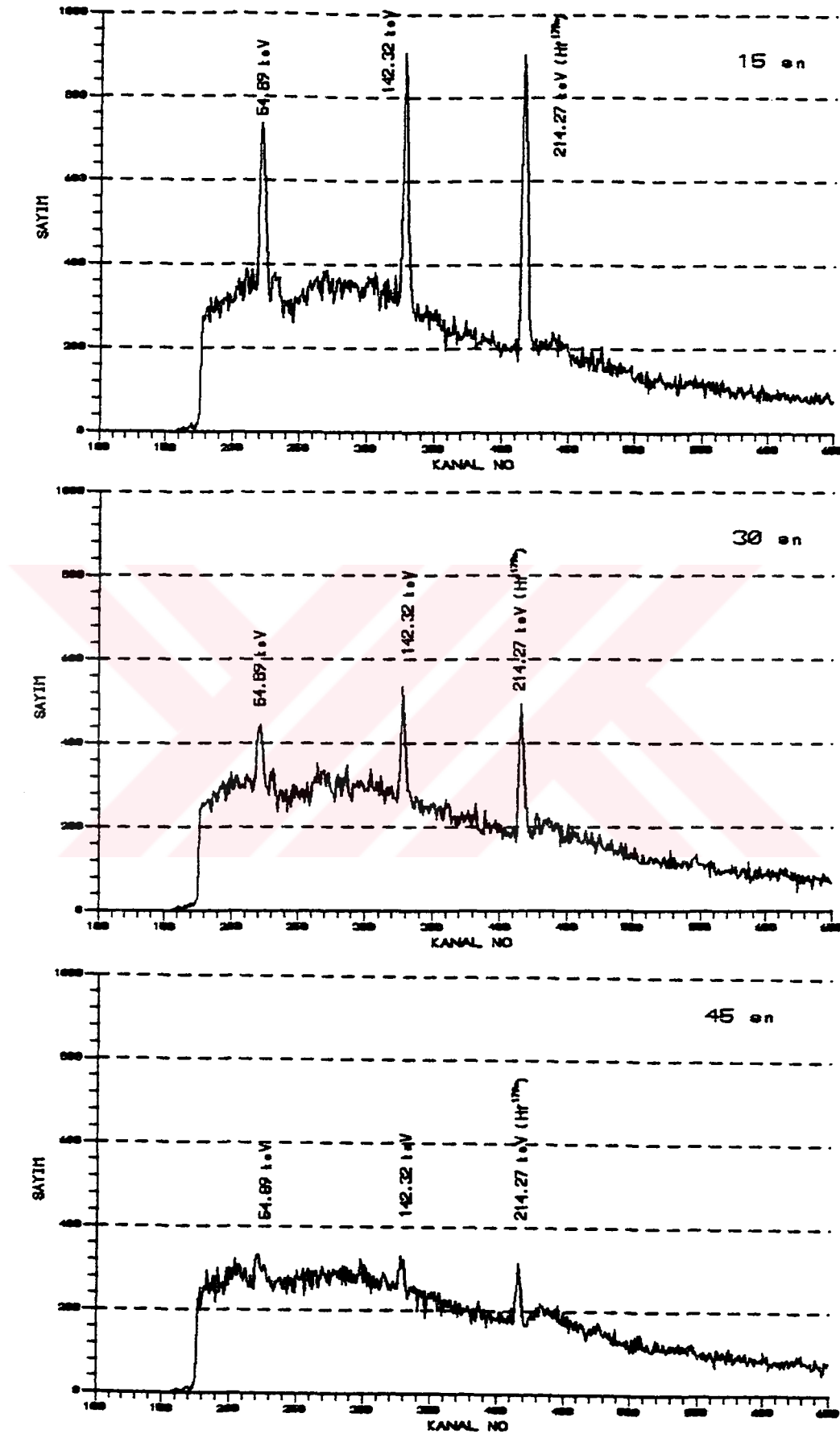
Enerji (keV)	Relatif Şiddet	İzotop
68.9	94.3	
75.1	32.8	Pb X ışını
77.4	76.4	Pb X ışını
80.2	10.9	
103.2	107.8	
159.4	608.0	Sc ⁴⁷
192.3	144.1	Fe ⁵⁹
320.1	9245.3	Cr ⁵¹
328.8	44.9	La ¹⁴⁰
411.8	237.6	Au ¹⁹⁸
487.1	81.3	La ¹⁴⁰
810.9	70.2	Co ⁵⁸
835.0	149.2	Ga ⁷²
889.4	32286.6	Sc ⁴⁶
1099.5	2875.9	Fe ⁵⁹
1120.7	38261.8	Sc ⁴⁶
1173.4	1322.8	Co ⁶⁰
1291.8	2065.7	Fe ⁵⁹
1297.2	468.2	Ca ⁴⁷
1332.7	1327.1	Co ⁶⁰
1369.1	1578.4	Fe ⁵⁹
1461.1	100	K ⁴⁰



Şekil 6.2. Cevherin 15 sn. ışınlama sonucu alınmış spektrumu.



Şekil 6.3. Cevherin a) 5 dk. ışınlama sonucu b) 8 dk. ışınlama sonucu alınmış spektrumları.

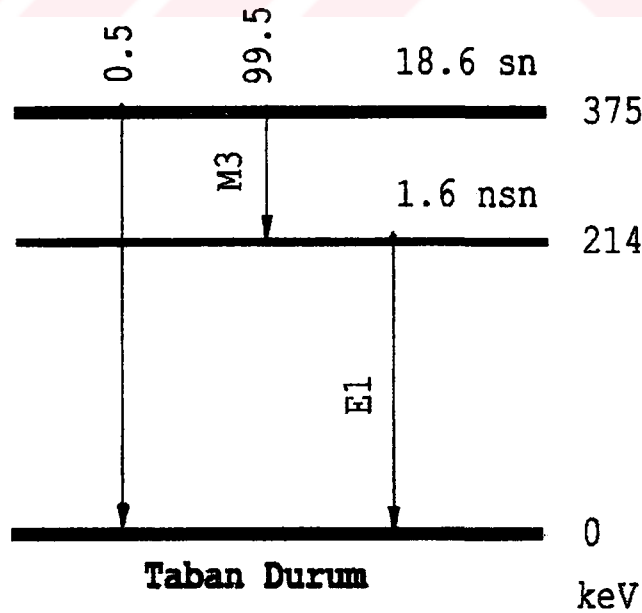


Şekil 6.4. 15 sn ışınlama sonucu 15 sn. periyotlarla alınmış bölgesel spektrumlar.

Şekil 6.4. deki spektumlardan da görüldüğü gibi 214.3 keV'lik pikin şiddeti zamanla hızla azalmaktadır. Dördüncü spektrumdan itibaren artık pik görülememektedir. Geriye kullanılabilir pik alanları sonuçlarından Hf^{179} metastable enerji düzeyinin yarılanma zamanı olarak yarıömür şeklinden de görüldüğü gibi 11.5 sn'lik yarılanma ömrü elde edilmektedir. Spektrumların alınmasında 15 sn'lik live time ayarlandığından gerçek zaman yaklaşık 40 lık ölü zaman da gözönüne alındığında bu oranda uzamaktadır. Bu durumda literatürlerde verilen 18.6 sn'lik ömür yaklaşık olarak bulunmaktadır.

Pik'in bu enerji (214.3keV) ve yarıömür (~18.6sn) değerlerinden Hf^{179m} çekirdeğine ait olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablolar'dan bakıldığında 161 Kev'in iç dönüşüm katsayısı ~33.8 dir. Hf^{179m} bozunma şemasından normalde 161 Kev'lik γ geçişini de görmek gerekir fakat bu γ ışınının multipolaritesi M3 ve enerjisi düşük olduğundan iç dönüşüm katsayısı çok büyük olacaktır.



Şekil 6.5. Hf^{179m} 'in bozunma şeması.

Nitekim iç dönüşüm tabelalarından bu γ geçişinin iç dönüşüm katsayısının ~34 olduğu anlaşılmaktadır. Bundan dolayı 161 Kev'lik γ ışını istatistiki olarak background içerisinde yok olup gitmekte ve gözlenememektedir.

Tablo 6.2. Numune'nin 5 dak. ışınlama sonucu görülmüş radyoizotopları.

ENERJİ (keV)	RELATİF ŞİDDET	İZOTOP
142.39	1.40	
757.09	1.06	Al ²⁸ DE Pik
843.925	3.04	Mg ²⁷
846.94	5.61	Mn ⁵⁶
1014.76	1.17	Cl ³⁸
1145.55	2.37	Cl ³⁸ DE Pik
1268.10	1.785	Cl ³⁸
1434.58	10.82	V ⁵²
1643.21	52.22	Cl ³⁸
1656.73	1.87	Cl ³⁸ DE Pik
1779.53	100	Al ²⁸
1811.16	1.85	Mn ⁵⁶
2113.92	0.89	Mn ⁵⁶
2168.11	70.02	Cl ³⁸
3085.40	1.93	Ca ⁴⁹

Elimizdeki sistemle numune içerisindeki bilinmeyen izotopların belirlenmesi mümkün olabilmekte ve bunların yarıömürlerinin büyük bir hassasiyetle belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 6.3. Numune'nin 15 sn. ışınlama sonucu görülmüş radyoizotopları.

ENERJİ (keV)	RELATİF ŞİDDET	İZOTOP
54.86	3.65	Hf ^{179m} 'in X ışını
142.32	6.41	
214.27	11.10	Hf ^{179m}
1145.50	4.5	Cl ³⁸ DE Pik
1434.54	7.62	V ⁵²
1643.10	85.65	Cl ³⁸
1657.54	5.13	Cl ³⁸ SE Pik
1779.45	100	Al ²⁸
2168.12	116.29	Cl ³⁸

İlerideki çalışmalarımızda daha kısa yarıömürlü izotopların belirlenebilmesine öncelik verilecektir. Bunun için ise gerek ışınlama sisteminin gerekse sayım sisteminin elektromagnetik otomizasyona bağlanması gerekmektedir. Bunun için de çalışmalar devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] CANBERRA INC., Canberra Catolog Edition Eighth, Canberra Industries, Inc, U.S.A.
- [2] CANBERRA INC., Sampo 90 Manual, Canberra Industries, Inc., U.S.A
- [3] ÖZBEN, C. Ş., U^{234}/U^{238} İzotopik Oranının Pasif Gama-Işını Spektroskopisi ile Tayini, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. (1993)
- [4] CANBERRA INC., Germanium Detectors User's Manual, Canberra Industries, Inc., U.S.A
- [5] TSOULFANIDIS, N., "Measurement and Detection of Radiation ", Inc., U.S.A., (1976).
- [6] DEBERTIN, K., HELMER, R.G., " Gamma and X Ray Spectrometry With Semiconductor Detectors U.S.A., (1988).
- [7] LEDERER, C.M, SHIRLEY, V.S., "Table of Isotopes", A.B.D., Jhan Wiley and Sons INC. (1978)
- [8] ULUDOĞAN, M., Bir Cevher Numunesinin Aktivasyon Analizi, Bitirme Ödevi, İ.T.Ü. (1994).

**Y.E. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN TAYİN MERKEZİ**

ÖZGEÇMİŞ

1971'de Diyarbakır'da doğdu. İlk, Orta ve Teknik Lise Elektronik bölümünü İstanbul'da bitirdikten sonra 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fizik Mühendisliği bölümüne girdi. 1992 yılında mezun oldu.Yine aynı yıl master öğrenimine başladı. Bir yıl ingilizce hazırlıktan sonra 1994 Ocak ayında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi'nde Araştırma görevlisi oldu. Halen aynı yerde Araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

