



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MARAŞ OTU VE BAZI TÜTÜN ÜRÜNLERİNDE DOĞAL
RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ**

AHMET FATİH KOCAER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2012

**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MARAŞ OTU VE BAZI TÜTÜN ÜRÜNLERİNDE DOĞAL
RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ**

AHMET FATİH KOCAER

**Bu tez,
Fizik Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2012

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ahmet Fatih KOCAER tarafından hazırlanan “Maraş otu ve bazı tütün ürünlerinde doğal radyoaktivitenin belirlenmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 16.11.2012 tarihinde oy birliği ile Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT (DANIŞMAN)

Fizik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER (ÜYE)

Fizik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Ferhan TÜMER (ÜYE)

Kimya Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ahmet Fatih KOCAER

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

**MARAŞ OTU VE BAZI TÜTÜN ÜRÜNLERİNDE
DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

AHMET FATİH KOCAER

ÖZET

Araştırmada, bazı tütün ürünleri ile Maraş otunun elemental analizleri, Rigaku firması tarafından üretilen ZSX 1000'e Dalga Boyu Ayrımlı X-ışını Flüoresans Spektrometresi (WDRXFS) ile yapılmıştır. Ek olarak, aynı tütün ürünleri ile Maraş otununun toplam alfa-beta ve radyonüklid aktivite konsantrasyonları da ölçülmüştür.

Radyonüklid ölçümleri ORTEC firması tarafından üretilen, düşük düzeyli gamma sayımı yapan 7.62 cm x 7.62 cm NaI (TI) spektrometresi ile yapılmıştır. Toplam alfa ve beta ölçümleri ise gaz akışlı orantılı sayaçları içeren nükleer spektroskopik bir sistem ile yapılmıştır (PIC-MPC 9604, UK). WDXRF ile yapılan analizlerde Al, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Cd, In ve Sn elementleri ölçülürken, radyonüklid ölçümlerinde ise ¹³⁷Cs, ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ⁹⁰Sr radyonüklidleri bulunmuştur. Bulunan sonuçlar tablo ve grafikler halinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: X-ışını, Tütün analizi, Maraş otu analizi, XRF, Doğal radyasyon, Toplam alfa ve toplam beta radyasyonu

Kahramanmaraş Sütçü İmm Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı, KASIM / 2012

Danışman: Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT

Sayfa sayısı: 80

**DETERMINATION OF THE NATURAL RADIOACTIVITY IN MARAŞ POWDER
AND SOME TOBACCO PRODUCTS**

(M.Sc. THESIS)

AHMET FATİH KOCAER

SUMMARY

In this study, the elemental analyses of some tobacco products and Maras powder were made with ZSX 1000e Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry (WDXRFS) which was manufactured by Rigaku. In addition, total alpha & beta and radionuclide activity concentrations of the same tobacco products and Maras powder were also measured (PIC-MPC 9604, UK).

Measurements of radionuclide were taken with spectrometer produced by ORTEC which was engaged in low-level gamma count 7.62 cm x 7.62 cm NaI (TI). The total alpha and beta measurements were taken with a nuclear spectroscopic system in which the proportional meters of gas flux is included (PIC-MPC 9604, UK). Whereas in the analyses which were made by WDXRF Al, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Cd, In and Sn elements were measured, in the measurements of radionuclide ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K and ^{90}Sr radionuclides were found. The results are shown in tables and graphs.

Key Words: X-ray, Tobacco analysis, Maraş powder analysis, XRF, WDXRF, radionuclide, trace element, tobacco, total alpha and total beta

KAHRAMANMARAS SUTCU IMAM UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF PHYSICS NOVEMBER / 2012

SUPERVISOR : Assoc. Prof. Dr. Omer SOGUT

Page number : 80

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi ve yazım aşamasında beni yönlendiren ve hiç bir zaman yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT' e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca, tez çalışmalarına yapmış olduğu katkı ve yardımlar için değerli hocam, Prof. Dr. Mahmut DOĞRU ve Doç. Dr. Özlem SELÇUK ZORER' e teşekkür ederim.

İlk günden beri beni her konuda destekleyen ve her zaman yardımcım olan, master eğitimim boyunca ve özellikle tez yazım aşamamı anlayışla karşılayan sevgili eşime,

Daha dünyaya gelmeden önce bile çalışmalarına hız katmama sebep olan, varlığıyla ruhumu ısıtan ve hayatıma anlam katan ve tezimin son noktasını kendi parmaklarıyla basan canım kızım AYŞE NİLSU' ma,

Master eğitimimde ve öğretimimde ve maddi - manevi desteğini esirgemeyen, babama ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2012, KAHRAMANMARAŞ

AHMET FATİH KOCAER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
SUMMARY.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. TÜTÜN NEDİR?	1
1.1.1. Tütünün Tarihçesi.....	1
1.1.2. Tütün Ekimi ve Ekildiği Yerler.....	2
1.1.3. Tütünün Kullanıldığı Yerler.....	3
1.2. MARAŞ OTU.....	4
1.3. XRF.....	5
1.4. XRF SPEKTROMETRESİ.....	7
1.4.1. EDXRF Spektrometreleri.....	8
1.4.2. WDXRF Spektrometreleri.....	9
1.5. EDXRF VE WDXRF SPEKTROMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI...10	
1.6. X-IŞINININ BULUNUŞU.....	11
1.7. X-IŞINININ SPEKTROSKOPİSİ.....	11
1.8. X-IŞINLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	12
1.9. X-IŞINLARININ OLUŞUMU.....	13

1.9.1. Doğal X-Işınları.....	13
1.9.2. Yapay X-Işınları	13
1.9.2.1. Sürekli (frenleme) X-ışınları.....	14
1.9.2.2. Karakteristik X-ışınları.....	15
1.10. X-IŞINLARININ SOĞURULMASI.....	15
1.11. X-IŞINLARININ MADDE İLE ETKİLEŞİMİ.....	16
1.12. MATRİS ETKİLERİ.....	17
1.12.1. Matrisin Kimyasal Bileşiminden Doğan Etkiler.....	17
1.12.1.1. Soğurma Etkisi.....	17
1.12.2. Numunenin Yüzey Dokusundan Kaynaklanan Etkiler.....	20
1.12.2.1. Parçacık Büyüklüğünün Etkisi.....	20
1.12.2.2. Heterojenlik etkisi.....	21
1.13. KARAKTERİSTİK FLÜORESANS RADYOSYONUNUN VERİMİ	21
1.14. X-IŞINI FLÜORESANS TEKNİĞİ İLE ELEMENTAL ANALİZ.....	24
1.14.1. Elemental Analizlerde Kullanılan XRF Metodları.....	25
1.14.1.1. Standart ilave metodu.....	25
1.14.1.2. İnce film metodu.....	25
1.14.1.3. Matris seyreltme metodu.....	25
1.14.1.4. Standartlarla mukayese metodu.....	26
1.14.1.5. Dahili standardizasyon.....	26
1.14.1.6. Saçılmış X-ışınları ile standardizasyon.....	26
1.14.1.7. Deneysel düzeltme.....	26
1.14.1.8. Matematiksel düzeltme.....	26
1.14.2. Kritik Kalınlık.....	26

2. RADYOAKTİVİTE.....	29
2.1. ALFA BOZUNMASI.....	30
2.2. BETA BOZUNMASI.....	31
2.3. GAMA BOZUNMASI.....	32
2.4. YARI – ÖMÜR.....	32
2.5. DOĞAL RADYOAKTİFLİK.....	32
2.6. YAPAY RADYOAKTİFLİK.....	34
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	35
4. MATERYAL VE METOT.....	38
4.1. WDXRF ÖLÇÜMLERİ.....	39
4.1.1. Ana Ünite.....	39
4.1.2. Numune Değiştirici.....	39
4.1.3. Numune Odası.....	40
4.1.3.1. Spektroskopik oda.....	40
4.1.3.1.a. Birincil (primer) x-ışını filtresi.....	40
4.1.3.1. b. Diyafram.....	41
4.2. SAYAÇLAR.....	42
4.2.1. NaI (TI) Sintilasyon Sayaçları.....	43
4.3. WDXRF İLE ÖLÇÜMÜ YAPILAN NUMUNELERİN HAZIRLANMASI.....	43
4.4. GAMA HASSAS SİNTİLASYON SAYACI.....	44
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
5.1. WDXRF ELEMENTAL ANALİZ BULGULARI.....	46
5.2. TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE SEVİYELERİ.....	57
5.3. TÜTÜN VE MARAŞ OTU NUMUNELERİNİN ¹³⁷ Cs, ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr KONSANTRASYONLARI.....	59

6. SONUÇLAR	64
6.1. NUMUNELERİN ELEMENT KONSANTRASYONLARINDAKİ ELEMENTLERİN ZARARLARI.....	65
6.2. NUMUNELERDEKİ TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE KONSANTRASYONLARI.....	70
6.3. NUMUNELERİN ¹³⁷ Cs, ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr RADYONÜKLİD KONSANTRASYONLARI.....	70
7. KAYNAKLAR	72
8. ÖZGEÇMİŞ	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bq	: Becquerel, radyoaktivite birimi
Ci	: Curie, radyoaktivite birimi
Gy	: Gray, soğurulmuş doz birimi
R	: Röntgen, radyasyon şiddet birimi
Rad	: Radiation absorption dose, Radyasyon absorpsiyon dozu
Rem	: Röntgen equivalent man, biyolojik doz birimi
Sv	: Sievert, eşdeğer doz birimi
KF	: Kalite Faktörü
α	:Alfa parçacığı
β	:Beta parçacığı
γ	: Gama ışını
XRF	: X ışını flüoresans
WDXRF	: Dalga boyu ayırmalı X ışını flüoresans
EDXRF	: Enerji ayırmalı X ışını flüoresans
WHO	: World health organization (Dünya sağlık örgütü)
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Tütün (Nicotiana) Bitkisi	1
Şekil 1.2. XRF tekniği	5
Şekil 1.3. EDXRF ve WDXRF spektrometresiyle ölçülmüş numunenin tipik spektrumu	7
Şekil 1.4. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin şekilleri	7
Şekil 1.5. EDXRF spektrometrelerinin şekilleri	9
Şekil 1.6. WDXRF spektrometrelerinin şekilleri	10
Şekil 1.7. Elektromanyetik spektrum	12
Şekil 1.8. Sürekli X- ışınlarının oluşumu	14
Şekil 1.9. Sürekli X-ışını spektrumu ve Bremstrahlung ışınımı	14
Şekil 1.10. A) Yörüngeler arası geçişler B) Karakteristik X ışını	15
Şekil 1.11. X-ışınının soğurulması	16
Şekil 1.12. X-ışınlarının madde ile üç temel etkileşmesi	16
Şekil 1.13. Karakteristik radyasyonun üretimi	22
Şekil 1.14. Soğurma kıyıları spektrumu	23
Şekil 1.15. K ve L elektronları için flüoresans verimi	23
Şekil 1.16. İzinli ve ara geçişler	24
Şekil 1.17. Kalınlığa karşı şiddet değişimi	28
Şekil 2.1. Karasız bir radyoaktif çekirdekten karalı bir çekirdek oluşumu	29
Şekil 2.2. Uranyum – 238 radyoaktif serisi	30
Şekil 2.3. Alfa, beta, gama ve X-ışınları ve nötronun giricilikleri	31
Şekil 4.1. ZSX 1000'e WDXRF cihazı ve şeması	39
Şekil 4.2. WDXRF sistem şeması	39
Şekil 4.3. Numune değiştiricileri	40

Şekil 4.4. WD X-ışını floresans sisteminin şematik çizimi	41
Şekil 4.5. Sintilasyon sayacı	43
Şekil 4.6. Radyonüklid konsantrasyonlarının ölçümü için hazırlanan planşet numuneleri	44
Şekil 4.7. Gama hassas sintilasyon sayacı	45
Şekil 5.1. Numunelerdeki alüminyum (Al) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	51
Şekil 5.2. Numunelerdeki fosfor (P) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	52
Şekil 5.3. Numunelerdeki kükürt (S) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	52
Şekil 5.4. Numunelerdeki klor (Cl) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	53
Şekil 5.5. Numunelerdeki potasyum (K) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	53
Şekil 5.6. Numunelerdeki kalsiyum (Ca) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	54
Şekil 5.7. Numunelerdeki mangan (Mn) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	54
Şekil 5.8. Numunelerdeki demir (Fe) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	55
Şekil 5.9. Numunelerdeki bakır (Cu) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	55
Şekil 5.10. Numunelerdeki çinko (Zn) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	56
Şekil 5.11. Numunelerdeki brom (Br) konsantrasyonunun örneklere göre değişimi	56
Şekil 5.12. Element konsantrasyonlarının maksimum saptandığı numuneler	57
Şekil 5.13. Toplam alfa aktivite seviyelerinin numunelere göre değişimi	58
Şekil 5.14. Toplam beta aktivite seviyelerinin numunelere göre değişimi	59
Şekil 5.15. Toplam alfa – beta aktivite seviyelerinin numunelere göre değişimi	59
Şekil 5.16. ¹³⁷ Cs radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi	61
Şekil 5.17. ²³⁸ U radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi	61
Şekil 5.18. ²³² Th radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi	62
Şekil 5.19. ⁴⁰ K radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi	62
Şekil 5.20. ⁹⁰ Sr radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi	63

Şekil 5.21. ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının karşılaştırılması	64
Şekil 6.1. Elementlerin ve Radyoaktivitenin insan vücuduna alım şekli	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. 2005 yılı en fazla tütün eken ülkeler	3
Çizelge 1.2. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin karşılaştırılması	10
Çizelge 1.3. X-ışınlarının genel özellikleri	13
Çizelge 2.1. Doğal radyoaktif seriler, yarı ömürleri ve bazı parametreleri	33
Çizelge 4.1. Gaz akışlı (PC) ve sintilasyon (SC) sayaçlarında dalga boyu ölçüm aralığı	42
Çizelge 5.1. AF1, AF2 ve AF3 nolu numunelerin WDXRF analiz sonuçları	47
Çizelge 5.2. AF4, AF5 ve AF6 nolu numunelerin WDXRF analiz sonuçları	48
Çizelge 5.3. AF7, AF8 ve AF9 nolu numunelerin WDXRF analiz sonuçları	49
Çizelge 5.4. Maraş otu numunelerin WDXRF analiz sonuçları	50
Çizelge 5.5. Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları	58
Çizelge 5.6. Tütün ve Maraş otu numunelerinde ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr radyonüklid konsantrasyonları	60
Çizelge 6.1. Maraş otunun ve deli tütünün elemental analiz sonuçlarının diğer araştırmacıların değerleri ile karşılaştırılması	74

1. GİRİŞ

1.1. TÜTÜN NEDİR?

Tütün (*Nicotiana Ructica*), Solanaceae (patlıcangiller) familyasından *Nicotiana Rustica* cinsinden yaprakları sigara yapımında kullanılan otsu bir bitki türüne verilen addır. Haziran - Ağustos ayları arasında pembemsi renkli çiçekler açan, 0.75 – 1.5 m boylarında, gövdeleri dik, silindir şeklinde, tüylü ve yapışkanlıdır. Yapraklar sapsız veya kısa saplı, büyük oval, tüylü ve yapışkan, özel kokulu ve acıdır. Çiçekleri tepede salkım durumunda bulunan bir yıllık kültür bitkisidir.



Şekil 1.1. Tütün (*Nicotiana Rustica*) Bitkisi

1.1.1. TÜTÜNÜN TARİHÇESİ

Amerikan Yerlileri (Kızılderililer) Avrupalılar kıtaya gelmeden önce tütün kullanmaktaydılar. İlk Avrupalı yerleşimciler tütün içmeyi Kızılderililerden öğrenerek tütünü daha sonra gittikçe popüler olacağı Avrupa'ya taşıdılar. Amerikan Yerlileri arasında tütün eğlence amacıyla değil, ayinlerinde ve dini gerekçelerle kullanmalarına karşın, Avrupalılar tütünü eğlence ve vakit geçirme amacıyla kullanmışlardır.

Tütün aynı zamanda Amerika' nın güneyinin hızla sömürgeleştirilmesine de yol açmıştır. Tütün 1500 yıllarında Antillerden İspanyol gemicileri vasıtasıyla İspanya'ya ve oradan Avrupa'ya yayılmıştır. Anadolu'ya ise Osmanlı İmparatorluğu zamanında (1605) Venedikli tüccarlar tarafından sokulmuş ve kullanılışı kısa bir zamanda yayılmıştır.

Tütün bitkisi, kurutulmuş yaprakların yakılması ile ortaya çıkan dumanın içe çekilmesi veya tozlarının enfiye halinde buruna çekilmesi veya özel işlem görmüş yapraklarının çiğnenmesi suretiyle kullanılır. Dumanı teneffüs eden yerliler zamanla bu bitkinin keyif verici etkisini fark etmişler ve adi kamış ve bambudan yapılmış Y şeklinde bir borunun çatal kısmını burunlarına sokarak veya ağızdan üfleyerek dumanı içe çekmeye başlamışlardır. Böylece piponun en eski şekli ortaya çıkmıştır.

1.1.2. TÜTÜN EKİMİ VE EKİLDİĞİ YERLER

Tütün ekimi için toprak sonbaharda işlenir. İlkbaharda tarla dikime hazırlanır. Tohum ekilmeden önce suda ıslatılır ve ilkbaharda erkenden yastıklara ekilir. Fideler 6–8 cm olduğu zaman tarlalarda açılan yerlere dikilir. Tütün 90-120 günde yetişir. Dikim genellikle donlar geçtikten sonra mayıs ayında yapılır. Ayrıca iyi ve kaliteli tütün elde etmek için çiçeklenmenin başlangıcında bitki üzerinde 10-15 yaprak kalacak şekilde üst kısmından kesilir. Bu işleme uç alma denir. Tütünün kalitesi üzerinde iklimin önemli rolü vardır. Bu sebeple tütünün belirli iklim ve toprak şartları altında yetiştirilmesi gerekir. Kumlu - tınlı, humuslu ve su tutmayan topraklarda iyi yetişir.





Türkiye' de ince, küçük yapraklı, iyi yanan ve hoşça giden aromalı, kaliteli tütünler (şark tipi tütünler) yetiştirilmektedir. Şark tipi tütünler kurak tip olmaları sebebiyle sulanmadan yetiştirilebilir. Yapraklardan çiğneme tütününü, pipo tütününü ve nargile (tömbeki) tütününü, hazırlanır. Sigaralık tütünler şark tipi tütünlerden hazırlanır.

Türkiye'de tütün ekimi yapılan bölgeler şunlardır:

- Ege bölgesi (Akhisar, Söke, Manisa, Denizli ve Eşme civarı).
- Karadeniz bölgesi (Erbaa, Bafra, Samsun, Amasya ve Trabzon civarı).
- Trakya bölgesi (Keşan ve Kırklareli çevresi).
- Marmara Bölgesi (Balıkesir, Bursa, Bolu ve İzmit çevresi).
- Doğu Anadolu bölgesi (Malatya, Bitlis, Diyarbakır, Muş ve Hakkâri).

Tütün ekimi devlet kontrolünde yapıldığı için yıllara göre bir dalgalanma göstermez ve ekim yeri, miktarı daima devlet güvencesi altında sabittir.

Çizelge 1.1. 2005 Yılı En Fazla Tütün Eken Ülkeler [Web1] .

	(milyon ton)
 Çin	2.51
 Brezilya	0.88
 Hindistan	0.60
 A.B.D.	0.29
 Endonezya	0.14
 <i>Türkiye</i>	0.14
 Yunanistan	0.12
 Arjantin	0.12
 İtalya	0.11
 <u>Pakistan</u>	<u>0.08</u>
Dünya Toplamı	6.38

1.1.3. TÜTÜNÜN KULLANILDIĞI YERLER

Tütün yapraklarında tanen, zambak, nişasta, reçine ve alkaloidler bulunur. Bu alkaloidler içinde miktarı en fazla olan Nikotin alkaloididir ve kötü kokuludur. Tütün yaprağından hazırlanan infüzyonlar (% 1'lik) vücut parazitlerine karşı sürülmek suretiyle kullanılabilir. Nikotinin sülfat tuzları zirai mücadelede böcek öldürücü olarak, yaprakları keyif verici olarak sigara imalinde kullanılır. Ayrıca tütün yaprağı özel bir şekilde fermente edilerek kokulandırılıp, toz edilerek enfiye adı verilen keyif verici ve aksırtıcı bir ürün elde edilir. Tütün tohumları yağ bakımından zengindir. Yerli tütünlerimizdeki yağ oranı %35-45 kadardır. Tütün yağı boya ve sabun sanayiinde kullanılır, zehirli madde taşımaz. [Web 2]

1.2. MARAŞ OTU

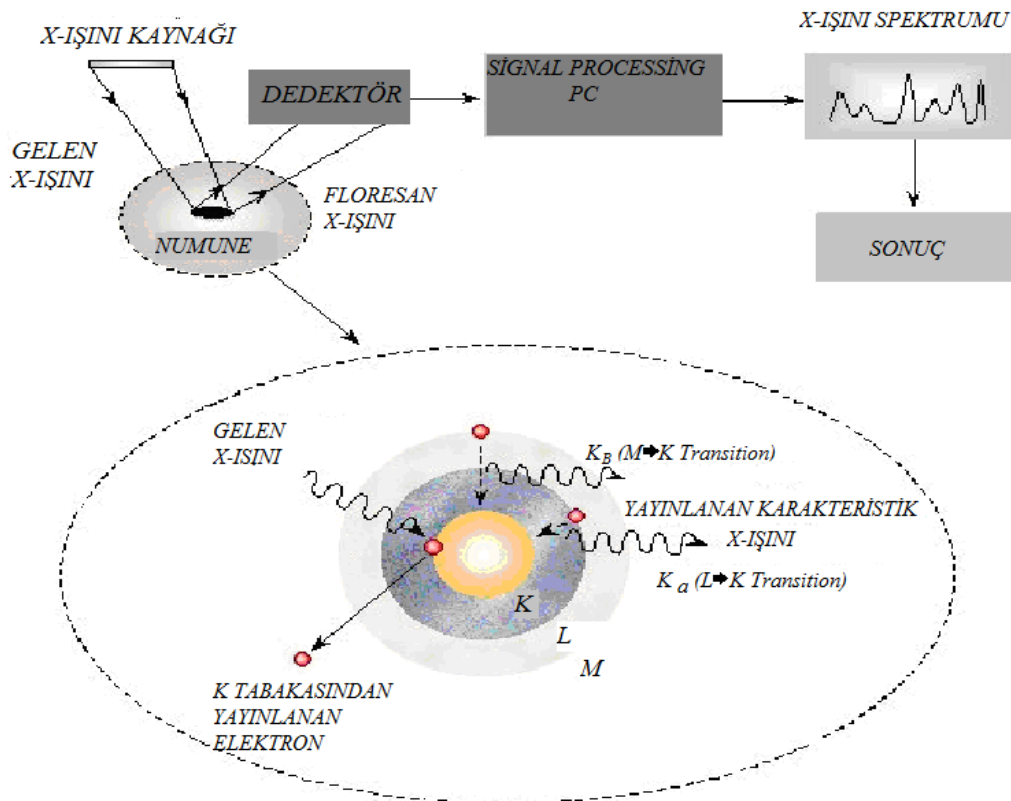
Maraş otu, Kahramanmaraş ve bazı çevre illerinde bilinen ve kullanılan, latince ismi *Nicotiana Rustica* Linn olan, yörede “deli tütün” olarak bilinen tütünün yaprakların elde edilmektedir. Maraş otu içerdiği nikotinden dolayı sigara gibi bağımlılık yapan yeşil toz görünümündedir. Meşe, ceviz veya asma çubuğundan kül ile yarı yarıya karıştırılmasından elde edilen maddedir. Maraş otunu Fransız işgali sırasında Fransız askerlerinin kullandığı ve yöre halkının da bu askerlerden öğrenerek kullanmaya devam ettiği söylenmektedir. Kullanımı ve satışı için herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Özellikle kapalı alanlarda sigara yasağının getirilmesi yöre insanın Maraş otu kullanma oranını da artırmıştır.(Kafas, 2011)

X-ışını flüoresans temel araştırma ve endüstriyel maddelerin kontrolü aşamasında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. XRF analiz metodu ile yapılan birçok çalışma olmuştur (Pouls,1999). Toksik etki gösteren ağır metallere As, Th, U, Cd, Hg, Zn ve Pb örnek verilebilir. Hava, su, yiyecekler, insanlar tarafından üretilen sayısız kimyasal maddeler ve ürünler vasıtasıyla yaşadığımız ortama karışan ağır metaller nefes alma, yutma, ciltten emilme gibi yollarla vücudumuza girdiklerini kanıtlamıştır, Ekinci ve ark., (2001) katarak dokusunun kalitatif ve kantitatif analizini yaparak, Ca, K, Cl ve S elementlerinin tespiti ve konsantrasyonlarını hesaplamışlar. Doğru ve ark., (2002) Kangal şifalı sularında bulunan toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesini belirlemişler. Şahin ve ark., (2002) mide ağrısı tedavisinde kullanılan bazı şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta seviyelerini hesaplamışlar. Canbazoğlu ve ark., (2002) bazı çay örneklerindeki toplam beta, ¹²⁹I ve ⁹⁰Sr miktarının hesaplamışlar. Ekinci ve ark., (2003) tıbbi bitkilerde iz element analizi yapmışlar ve Al, P, S, Cl, K, Ca, Ti ve V elementini tespit etmişlerdir. Yalçın ve ark., (2003) Malatya şehir merkezinde bulunan su depolarında toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesini hesaplamışlar. Doğan ve ark., (2005) yatağan termik santralindeki baca küllerinde iz elementlerin analizini yaparak, Sn, La, Ba, Sr, Zr ve Mo elementlerini bulmuşlar. Söğüt, (2006) X-ışını şiddet oranlarının ve X-ışını flüoresans tesir kesitlerinin deneysel olarak ölçümüyle ilgili araştırmalar yapmıştır. Tıraşoğlu ve ark., (2006), Trabzon bölgesinde yetişen bazı bitki örneklerinin elemental analizinde K, Ca, Cl ve Ti elementinin konsantrasyonlarını incelemişler. Koz ve ark., (2007) Samsun-Sarp bölgesindeki yosunların elemental analizinde P, K, Ca, Ti, Fe, Sr, Sn, Ba ve Pb elementlerinin konsantrasyonlarını ölçmüşler.

Carvalho ve ark., (2007) sağlıklı ve kanserli insan dokularında iz element analizinde P, S, K, Ca, Fe, Cu, Zn ve Br elementini bulmuşlar. Ek olarak, XRF tekniği kullanılarak, süt ve süt ürünlerinde ve bazı kozmetik ürünlerinde ağır metal analizi yapılmış (Bali, 2011; Reyhanlıoğlu, 2011).

1.3. XRF

XRF, katı, sıvı, toz ve filtreden geçirilmiş formdaki maddelerin bütün çeşitlerinin kimyasal bileşimlerini tanımlamak için kullanılan analitiksel bir metottur. X-ışını kaynağından yayınlanan fotonlar atomlardan elektron koparır. Kopan elektronun yerini üst seviyede bulunan başka bir elektron doldurur. Bu geçiş sırasında karakteristik X-ışını yayınlanır. Karakteristik X-ışını oluşturduğu pikler elementin analizi için bize yol gösterir. X-ışını kaynağı olarak X-ray tüpü veya radyoaktif izotop atomları kullanılır. En çok kullanılan radyoaktif kaynaklar; ^{55}Fe , ^{27}Co , ^{109}Cd ve ^{241}Am dir.



Şekil 1.2. XRF tekniği

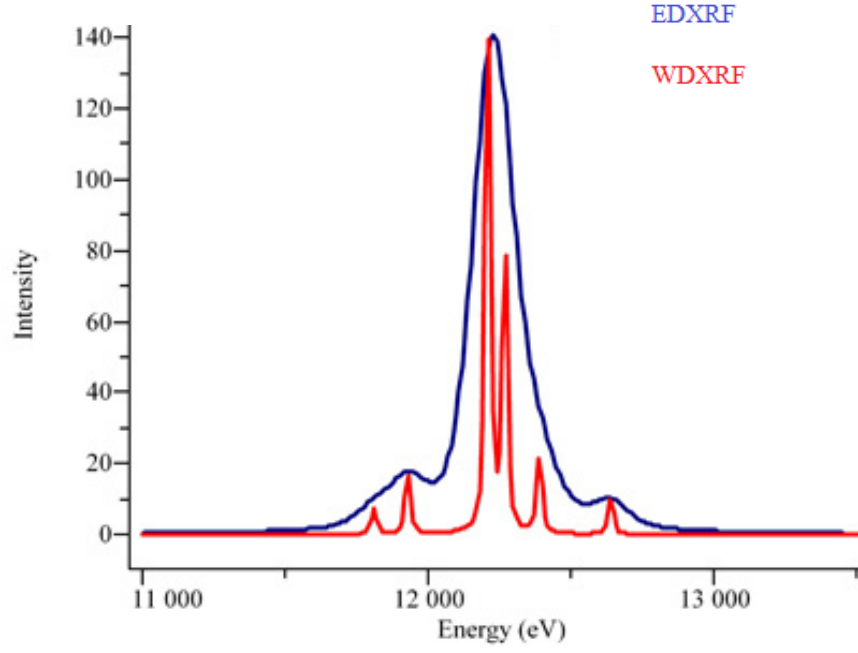
XRF kimi durumlarda tabakalar ve kaplamaların, kalınlık ve bileşimlerini tanımlamak için de kullanılmaktadır. XRF metodu hızlıdır, doğrudur ve numunede tahribat oluşmaz. Bu metot, genellikle, en düşük düzeyde numune hazırlanmasını gerektirir. XRF tekniği, atık mineraller, suyun çevresel analizi, madencilik, maden bilimi ve jeoloji, gıda endüstrisi, metal, çimento, polimer ve plastiği, eczacılık ve araştırmaları kapsayan geniş bir uygulama alanını kapsar.

XRF Spektrometre sistemleri; Enerji ayrımlı (EDXRF) ve Dalga ayrımlı (WDXRF) sistemler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. EDXRF için element aralığı, sodyumdan uranyum'a kadar uzanır. WDXRF için ise, berilyumdan uranyuma kadar uzanan daha geniş bir aralığı kapsar. Konsantrasyon aralığı ise alt ppm seviyelerinden %100'e kadar değişir.

EDXRF ve WDXRF teknikleri arasındaki temel farklılık, ulaşılabilir enerji (spektral) çözünürlüğünde barınmaktadır. WDXRF sistemleri, sıradan EDXRF sistemlerinde tipik olarak kullanılan detektörün türüne bağlı olarak, 150 eV ile 300 eV ya da daha fazla arasında değişen çözünürlükleri sağlar ve bu dizi üzerinde bağlı olarak, 5 eV ve 20 eV arasında çalışan çözünürlükleri de sağlayabilir.

Atom numarası büyük olan elementlerin, küçük olan elementlerden daha iyi tespit edebilme limitlerine sahip olduğu genellemenin yapılması mümkündür. XRF analizlerinin en büyük özelliği tekrarlanabilirliği ve hassasiyetinin çok yüksek olmasıdır. İyi standartlar kullanıldığında çok doğru sonuçlar almak mümkündür ancak uygulamalar için özel standartlar bulunmayabilir. Ölçüm zamanı, istenen doğrulukla tanımlanmış olan elementlerin numarasına bağlıdır ve ölçüm zamanı saniyelerden başlayıp birkaç saate kadar değişkenlik gösterebilir.

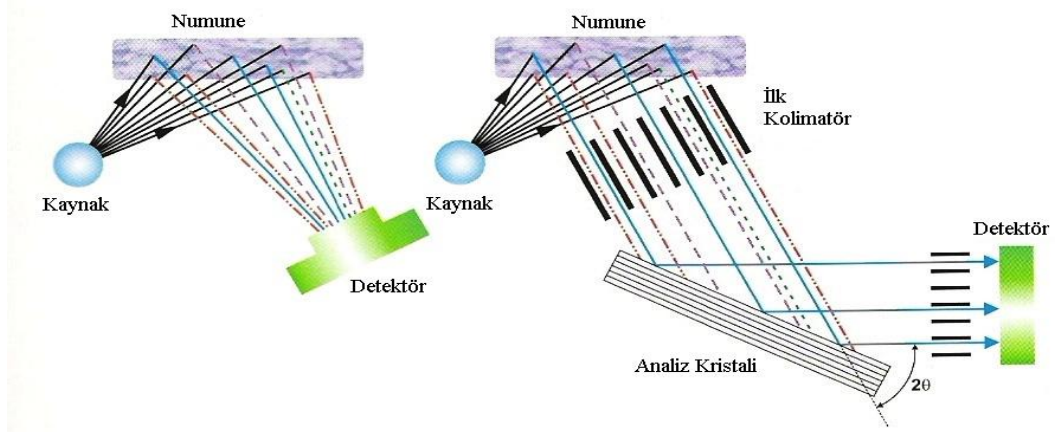
Şekil 1.3.'de EDXRF ve WDXRF ile ölçülmüş numunenin tipik bir spektrumu verilmiştir. Piklerin yükseklikleri numunedeki elementlerin konsantrasyonlarını tanımlarken, pik pozisyonları da numunede bulunan elementleri tanımlar.



Şekil 1.3. EDXRF ve WDXRF spektrometresiyle ölçülmüş numunenin tipik spektrumu
[Web 3]

1.4. XRF SPEKTROMETRESİ

Bütün spektrometrelere temel oluşturan şey, kaynak, numune ve detektördür. Kaynak numuneyi ışınlar ve numuneden gelen radyasyon bir detektörle ölçülür.



Şekil 1.4. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin şekilleri (Brouwer, 2003)

Daha öncede bahsedildiği gibi XRF spektrometre sistemleri genellikle iki ana gruba ayrılır: Enerji Dağılımlı X-Işını Flüoresans-Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) ve Dalga Dağılımlı X-Işını Flüoresans-Wave Dispersive X-Ray Fluorescence (WDXRF).

İki sistem arasındaki fark sayma sistemlerinde bulunur.

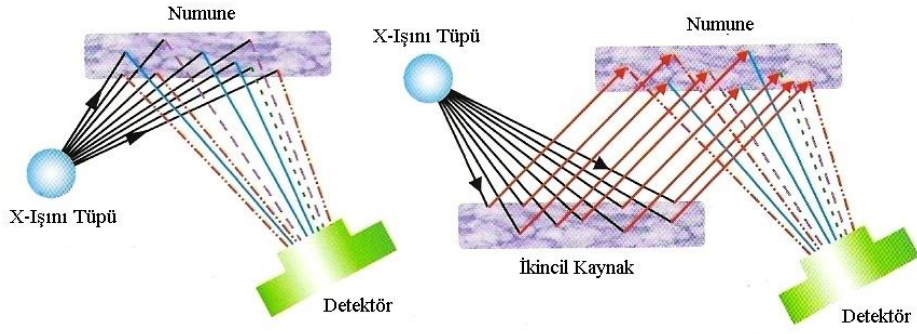
EDXRF spektrometrelerinin sahip olduğu detektör, numuneden gelen karakteristik radyasyonun farklı enerjilerini ölçebilir. Detektör, numunedeki elementlerden gelen radyasyonu numuneden gelen radyasyondan ayırabilir. Bu ayrılma dispersiyon olarak adlandırılır.

WDXRF spektrometreleri bir kristal analizinde farklı enerjileri ayırmak için kullanılır. Numuneden gelen radyasyonun tamamı kristal üstüne düşer. Kristal farklı enerjileri farklı yönlerde kıran bir prizmaya benzer ki o da farklı renkleri farklı yönler içinde ayırır. Yeni bölümlerde, spektrometre çeşitleri arasındaki farkın daha da detaylandırılması ile beraber, spektrometrik elemanların hepsinin bir tanımlaması takip edilmiştir. (Brouwer, 2003)

1.4.1. EDXRF SPEKTROMETRELERİ

Enerji ayrımlı spektrometre, X-ışını tüpü veya radyoaktif bir element kaynak olarak, numune tutturucu, yarı iletken detektör ve enerji ayırımı için gerekli elektronik bileşenlerden oluşur. Enerji dağılımlı sistemlerin en önemli avantajı, spektrometrenin uyarma ve alıcı kısmındaki parçaların basitliği ve hareketsiz oluşudur. Çok kanallı enerji ayrımlı bir cihazda yayımlanan bütün X-ışınını çizgileri aynı anda ölçebilir.

EDXRF spektrometreleri 2D ve 3D optikli spektrometreler olarak sınıflandırılabilir. Her iki tipte bir kaynak ve bir enerji dağıtıcı detektöre sahiptir. Ancak fark X-ışını optiksel yolda bulunmaktadır. 2D spektrometreleri için X-ışını yolu bir düzlemde olduğundan dolayı iki boyuttadır. 3D spektrometreleri için yol bir düzlemle sınırlı değildir, 3 boyut içerir.



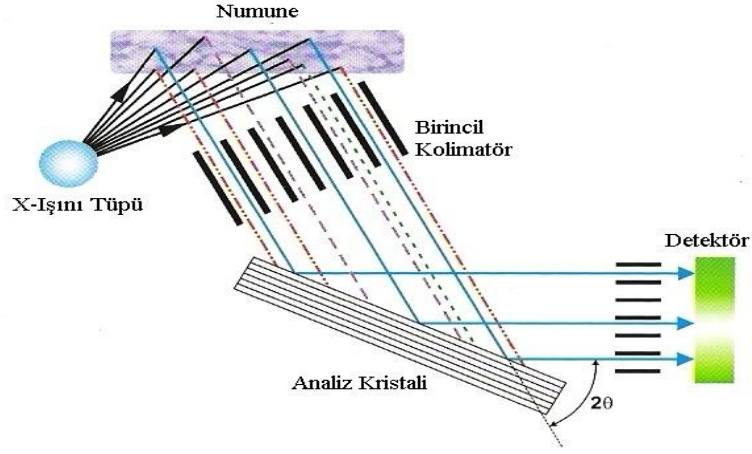
Şekil 1.5. EDXRF spektrometrelerinin şekilleri (Brouwer, 2003)

1.4.2. WDXRF SPEKTROMETRESİ

Dalga boyu ayırmalı spektrometreler bir kristal ve bir sayıcıdan meydana gelen tek kanallı analizör olarak kullanılabilirdiği gibi birçok kristal ve sayıcıdan meydana gelen çok kanallı spektrometre olarak ta kullanılabilir. Dalga boyu ayırmalı spektrometreler enerji ayırmalılarından %50 oranında daha hassastır fakat enerji ayırmalı spektrometreler enerji aralığındaki tüm elementleri aynı anda ölçebilirken, dalga boyu ayırmalı sistemler sadece programlanmış oldukları elementleri ölçebilirler.

Bir WDXRF spektrometresinin ilk kısmı, ikincil hedefsiz ve 2D optikli bir EDXRF spektrometresi ile denktir. Tüp, bir numuneyi ışınlarsa numuneden gelen radyasyon sayılır. Sayma sistemi EDXRF spektrometrelerinden farklıdır. WDXRF için detektör sistemi; sabit kolimatörler, bir kırıcı kristal ve detektördür. Numuneden gelen X-ışınları kristal üzerine düşer ve kristal X-ışınlarını farklı yönlerde farklı dalga boylarında (enerjilerde) kırar. Bu beyaz ışığı bütün renklerine ayıran bir prizmaya özdeştir. Detektör belirli bir açıda konulduğunda, bilinen dalga boylu X-ışınlarının şiddeti ölçülebilir.

Ayrıca birçok farklı dalga boyunun şiddetlerini ölçmek için dedektörü bir açıölçer üzerine monte etmek ve bir açı aralığı içinde hareket ettirmek mümkündür. Bir açıölçer üzerinde hareket eden detektörün kullanıldığı spektrometreler ard arda gelen farklı dalga boylarının şiddetini ölçtüğü için ardışık spektrometreler olarak adlandırılırlar. Eş zamanlı spektrometreler sabit bir sayma sistemi takımıyla donatılmıştır. Her sayma sistemi kendi kristal ve detektörüne sahiptir ve her sistem belirli bir elementin radyasyonunu ölçer. Bu şiddetlerin tamamı aynı anda ölçüldüğü için eş zamanlı spektrometreler olarak adlandırılır. Birleşmiş sistemler bir hareketli detektöre sahiptir ve sabit detektörlerden imal edilmiştir. (Brouwer, 2003)



Şekil 1.6. WDXRF spektrometrelerinin şekilleri (Brouwer, 2003)

1.5. EDXRF VE WDXRF SPEKTROMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1.2. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin karşılaştırılması

	EDXRF	WDXRF
Element aralığı	Na’dan (Sodyum) U’ya (Uranyum)	Be’den (Berilyum) U’ya
Sayma limiti	Hafif elementler için az iyi Ağır elementler için uygun	Bütün ağır elementler ve Be için iyi
Hassaslık	Hafif elementler için az iyi Ağır elementler için iyi	Hafif elementler için uygun Ağır elementler için iyi
Çözme (ayırma)	Hafif elementler için az iyi Ağır elementler için iyi	Hafif elementler için iyi Ağır elementler için az iyi
Fiyat	Nispeten ucuz.	Nispeten pahalı.
Güç Tüketimi	5...1000 W	200...4000 W
Ölçüm	Eş zamanlı	Ardışık (sıralı)/ Eş zamanlı
Kritik hareketli bölge	Hayır	Kristal ve Açölçer

1.6. X-IŞINININ BULUNUŞU

X-ışınları, 1895 yılında Wilhelm Conrad Rontgen (Würzburg Üniversitesi, Bavaria, Almanya) tarafından tesadüfi olarak keşfedilmiştir. Jean PERRIN, 1896 yılında X-ışını şiddetini iyonizasyon odası kullanarak ölçmüştür. Charles Glover Barkla, 1911 yılında yayımlama çizgisi serilerini açıklarken, Barkla 1912' de, X-ışınlarının kristalden saçıldıklarını göstermiştir. Hadding ilk defa X-ışını spektrumu kullanarak mineral analizini 1922' de yaparken, 1923 yılında George De Hevesy ikincil uyarma (flüoresans) spektrometresi ile çalışmışlardır.

1.7. X-IŞINI SPEKTROMETRESİ

Wilhelm Conrad Rontgen 1895 yılında X-ışınını keşfetti ve bu keşiften dolayı 1901 yılında Nobel fizik ödülü almıştır. 1950'li yıllarından beri X-ışınları ticari element analizi için kullanılmıştır. X-ışını spektroskopisi Charles B. Barkla, numuneden yayınlanan X-ışınları ile numunenin atomik ağırlığı arasındaki ilişkiyi 1900' lü yıllardan daha önce keşfetmiştir. 1913'te, Henry Gwyn Jefferys Moseley ise yapmış olduğu deneysel çalışmasında elementlerin $K\alpha$ X-ışını spektrumunu inceledi ve $K\alpha$ X-ışını çizgisinin frekansının karekökü ile ilgili elementin atom numarası arasında bir ilişki kurdu

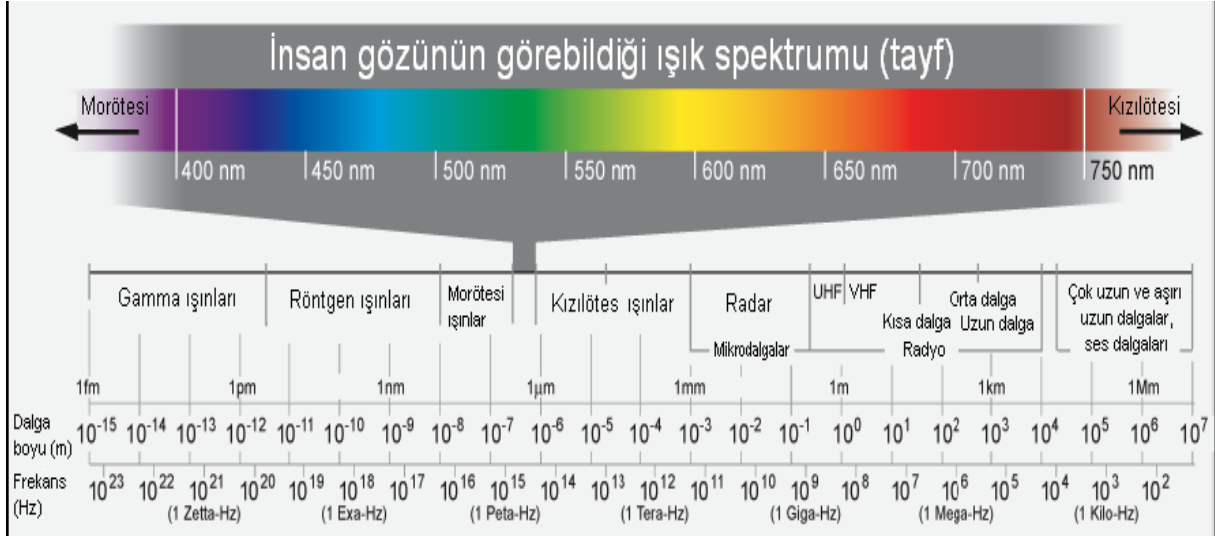
$$\frac{Z\alpha}{\sqrt{f_{K\alpha}}} \quad 1.1$$

Bu ilişkiye göre elementlerin periyodik tablosu yeniden düzenlenmiş ve elementlerin atom numarası ile enerjisi arasındaki bu ilişki, X-ışını spektroskopisinin temelini oluşturmuştur.

X-ışını spektroskopisinde elektronlar uyarıcı kaynak olarak kullanılmıştır. Fakat yüksek vakum, elektrik yük türü ve numunelerin buharlaşması önemli engeller ortaya çıkarmıştır. Bu problemin üstesinden gelmek için, bir X-ışını kaynağı numunedeki ışık yayılımını desteklemek için kullanılmıştır. Bu metotla numunenin uyarılması, uyarıcı foton etkisini düşürerek, ortaya çıkan karmaşık bileşenler vasıtasıyla kendi problemlerini ortaya çıkarmıştır. Bu dezavantajlara rağmen X-ışınlarının flüoresans yayılımı ticari gereçler kullanan analizciler için en güçlü aletleri oluşturmuştur [Web 4].

X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen $0.01-10 \text{ \AA}$ dalga boyu aralığındaki elektromanyetik radyasyon olarak tarif edilir (Aygün, 1992).

Bütün radyasyon çeşitleri çift karakterlidir. Bazı özellikleri en iyi tanecik karakteri ile açıklanabilirken, diğer özellikleri de en iyi dalga yapısı ile açıklanabilir. Parçacık yapısındaki radyasyona alfa ışınları (α), beta ışınları (β), nötronlar (n), elektronlar (e), pozitronlar (β^+) ve genelde yüksek enerjili protonlardan oluşan birincil kozmik ışınları (p^+) örnek olarak gösterilebilir. Dalga yapısındaki radyasyon peş peşe gelen bölgeler içeren elektromanyetik spektrum oluşturur (Bertin ve Eugene, 1975).



Şekil 1.7. Elektromanyetik spektrum

1.8. X- IŞINLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Yüksek enerjili fotonların yavaşlatılması ile veya elektronların atomun iç yörüngeleri arasındaki geçişler sırasında oluşan ışınlardır. Dalga boyu arasında değişir.

X-ışınları hem dalga hem tanecik özelliği gösterirler. Dolayısıyla çift karakter özelliğine sahiptirler. Fotoelektrik soğurulma, Compton saçılması (inkoherent saçılma), gaz iyonizasyonu ve sintilasyon tanecik özellikleri; hız, polarizasyon ve Rayleigh saçılması (koherent saçılma) dalga özellikleridir. Tanecik karakteri gösteren elektromanyetik radyasyona foton denir (Bertin ve Eugene, 1975). Foton, çok küçük hacme yoğunlaştırılmış enerji paketçikleridir.

Çizelge 1.3. X-ışınlarının genel özellikleri (Arslan, 2010)

<i>Genel Özellikler</i>	<i>Etkileşme Sonucu Maddeden Çıkan Tanecik</i>
-Sürekli spektrum verir. -Çizgi spektrum verir. -Işık hızı ile yayılır. -Doğrular halinde yayılır. -Elektrik ve magnetik alandan etkilenmezler.	-İyon -Fotoelektron -Auger elektronu -Geri tepme elektronu -Elektron pozitron çifti
<i>Yapabileceği Fiziksel Olaylar</i>	<i>X-Işını Soğurmasının Kalıcı Sonuçları</i>
-Transmisyon -Kırılma -Yansıma -Polarizasyon -Koherent saçılma -İnkoherent saçılma -Fotoelektrik olay	-Radyasyon tahribatı -Sıcaklık artması -Fotoelektrik iyonizasyonu -Hücrenin ölümü -Genetik değişme

1.9. X-IŞINLARININ OLUŞUMU

X-ışınları, doğal X-ışınları ve yapay X-ışınları olmak üzere iki şekilde meydana gelir

1.9.1. DOĞAL X-IŞINLARI

Atom çekirdeği tarafından K enerji kabuğundan elektron yakalanması, alfa bozunumu, iç dönüşüm ve beta bozunumu olaylarıyla meydana gelir. Bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar o atomun ilk halkalarından elektronlar koparılır. Atomdan kopan bu elektronun yerine daha yüksek seviyelerden (üst halkalardan) elektronlar atlayarak kopan elektronun yerindeki boşluğu doldururlar. Bu sırada ortaya çıkan enerji fazlalığı X-ışını şeklinde dışarı salınır. Çekirdek içerisinde bulunan protonlardan bir tanesi hareketi esnasında atomun ilk halkalarındaki elektronu yakalar ve nötrleşir. Yakalanan bu elektronun halkasındaki boşalan yere diğer bir halkadan bir elektron atlamasıyla X-ışını meydana gelebilir.

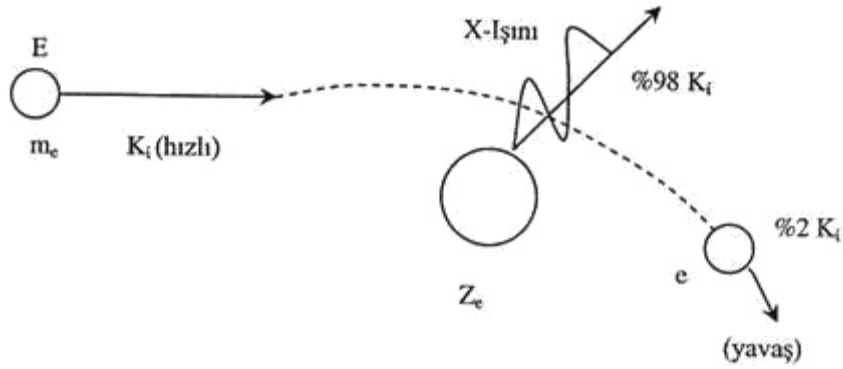
1.9.2. YAPAY X - IŞINLARI

Maddenin; elektron, proton, parçacıkları veya iyonlar gibi hızlandırılmış parçacıklarla etkileşmesinden ya da X-ışını tüpünden veya başka bir uygun radyoaktif kaynağından çıkan fotonlarla etkileşmesinden yapay x-ışınları meydana gelir.

Maddenin, fotonlarla etkileşmesinden karakteristik (çizgi) X-ışınları, yüklü parçacıklarla etkileşmesinden hem karakteristik hem de sürekli X-ışınları elde edilir.

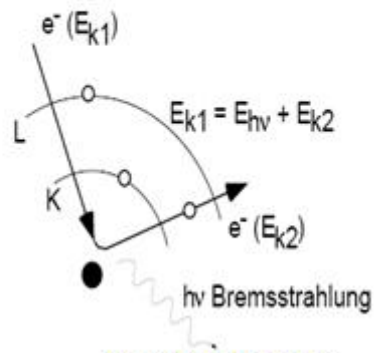
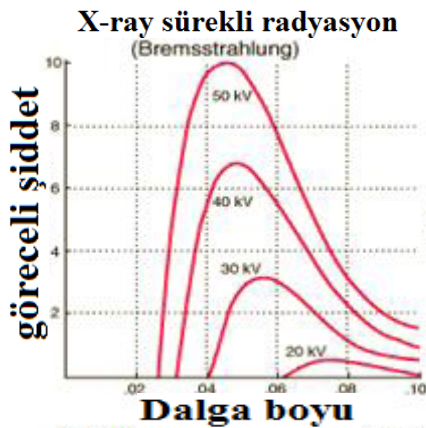
1.9.2.1. Sürekli (Frenleme) X-ışınları:

Hedefe gelen yüksek hızlı elektron, atomun çekirdeğine yaklaşırken elektronun negatif yükü ile çekirdeğin pozitif yükü etkileşir ve çekirdeğe doğru bir sapma olur. Sapan elektronun hızı dolayısı ile enerjisi azalır. Bu enerji azalması sürekli X-ışını (bremsstrahlung veya frenleme radyasyonu) olarak ortaya çıkar.



Şekil 1.8. Sürekli X - ışınlarının oluşumu (Arslan, 2010)

Bu ışınlar sürekli denmesinin sebebi ise enerji spektrumlarının sürekli olmasındandır. Yani, sürekli X-ışınlarının enerji aralığı, hemen hemen, sıfırla yüksek hızlı elektronun maksimum enerjisi arasındadır. Sürekli X-ışınlarının enerjisi üç faktöre bağlıdır. Bunlar; yüksek hızlı elektronun enerjisi, hedef malzemenin yoğunluğu ve elektronun hareket doğrultusu ile frenleyici çekirdek arasındaki uzaklık çekim kuvveti, artan uzaklıkla azalır (Aygün ve Zengin, 1993).



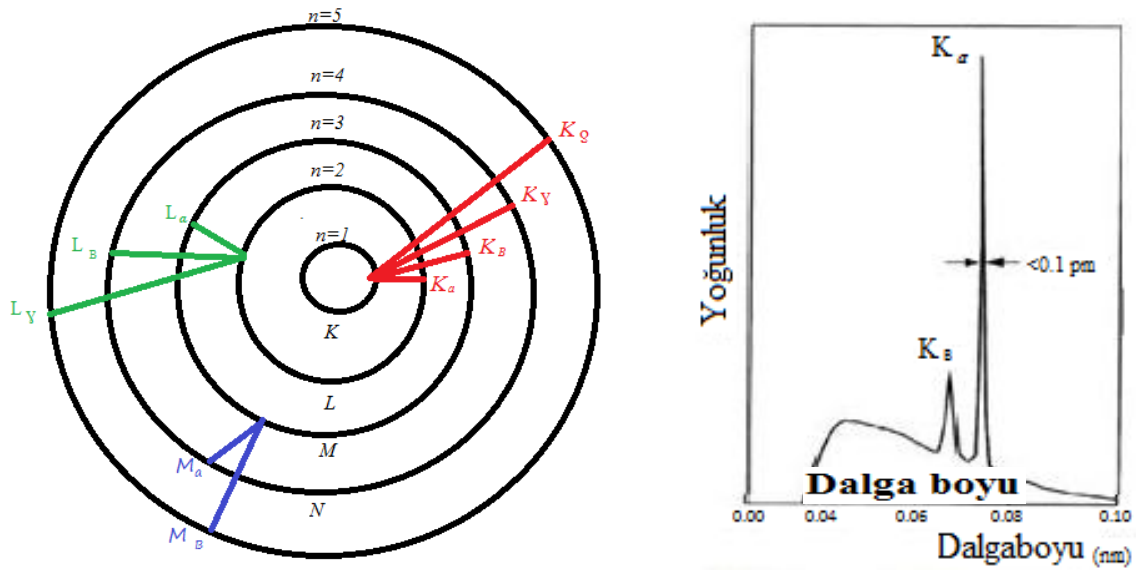
Şekil 1.9. Sürekli X-ışını spektrumu

Bremstrahlung ışınımı

(Arslan, 2010)

1.9.2.2. Karakteristik X - ışınları

Hedefe gelen yüksek hızlı elektron yörüngede bulunan bir elektronla çarpışabilir. Bu çarpışma sonucunda yüksek hızlı elektrondan yörünge elektronuna uyarılma enerjisi aktarılır. Yörünge elektronuna aktarılan bu uyarılma enerjisi ya elektronu atomdan dışarı atacak ya da bulunduğu yörüngeden bir üst yörüngeye çıkaracaktır. Her iki durumda da yüksek hızlı elektron, enerjisinin bir kısmını orbital elektronuna verir. Orbital elektronu aldığı bu fazla enerjiyi X-radyasyonu olarak verir. Bu şekilde iki elektronun çarpışmasından meydana gelen radyasyona karakteristik radyasyon denir. Bu ad orbitalin karakteristik enerji seviyelerinden gelmektedir.



Şekil 1.10. A Yörüngeler arası geçişler

(Arslan, 2010)

B Karakteristik X-ışını

1.10. X-IŞINLARININ SOĞURULMASI

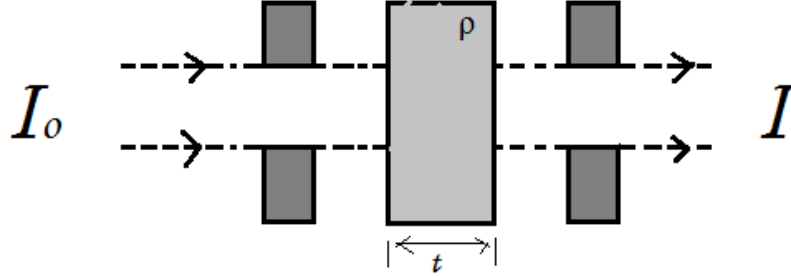
I_0 şiddetinde paralel bir X-ışını demeti t (cm) kalınlığında, ρ (gr/cm^3) yoğunluğunda homojen bir soğurucu üzerine gönderildiğinde soğurucudan geçen X-ışını demetinin şiddeti I olur, I her zaman I_0 ' dan küçüktür. Bu da X-ışınlarının maddeden geçerken şiddetlerinin azaldığının göstergesidir. Şekil 1.11' de X-ışını şiddetindeki azalma dl ise,

$$dl / I = \mu dt \quad (1.2)$$

eşitliği ile verilir. Burada μ lineer soğurma katsayısı ve birimi cm^{-1} ' dir. Negatif işaret X-ışınının maddeyi geçerken şiddetinde azalma olduğunu gösterir. 1.2. ifadesi düzenlenerek,

$$I = I_0 \exp(-\mu t) \quad (1.3)$$

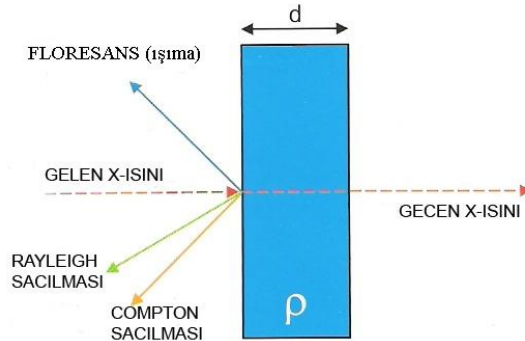
Olur. Bu ifade ‘‘Lambert Kanunu’’ olarak bilinmektedir.



Şekil 1.11. X-ışınının soğurulması (Bertin, 1975)

1.11. X-IŞINLARININ MADDE İLE ETKİLEŞİMİ

X-ışınlarının madde ile etkileşimi; Flüoresans ışınım, Compton saçılması ve Rayleigh saçılması olmak üzere üç ana başlıkta toplanabilir. Madde üzerine düşen X-ışınlarının bir kısmı numune içerisinde numune boyunca geçebilir. Bu ışınların bir kısmı numune içerisinde soğrulur ve flüoresans radyasyon oluşur, bir kısmı da geri saçılır. Saçılma, enerji kaybı ve enerji kaybı olmaksızın iki şekilde oluşur. Enerji kaybı ile oluşan saçılmaya Compton saçılması, enerji kaybı olmaksızın oluşan saçılmaya ise Rayleigh saçılması denir. Bu ışınım (flüoresans) ve saçılma; maddenin kalınlığı (d), yoğunluğu (ρ) ve bileşimi ile X-ışınlarının enerjisine bağlıdır (Brouwer, 2003).



Şekil 1.12. X-ışınların madde ile üç temel etkileşmesi (Brouwer, 2003)

1.12 MATRİS ETKİLERİ

Herhangi bir numune içinde incelenen elemente analit, numune muhtevasının tamamına (analit dahil) matris denir. Numune içindeki A analitinden yayınlanan $I_{A,M}$ analit çizgi şiddeti;

$$I_{A,M} = W_{A,M} I_{A,A} \quad (1.4)$$

ile verilir. Burada $W_{A,M}$ analitin numune içindeki yüzdesi, $I_{A,A}$ ise saf halde bulunan A elementinin çizgi şiddetidir. Analit çizgi şiddeti ölçümlerinde matris etkilerini iki başlık altında toplayabiliriz.

Matris etkilerini iki şekilde sınıflandırabiliriz.

1.12.1. Matrisin Kimyasal Bileşiminden Doğan Etkiler

1.12.1.1. Soğurma etkisi

1.12.1.2. Şiddetlendirme etkisi

1.12.2. Numunenin Yüzeyinin Dokusundan Kaynaklanan Etkiler

1.12.2.1. Parçacık büyüklüğü etkisi

1.12.2.2. Heterojenlik etkisi

1.12.1. Matrisin Kimyasal Bileşiminden Doğan Etkiler

1.12.1.1. Soğurma etkisi

Numunenin uyarılması ile yayınlanan flüoresans şiddet,

$$I_{i,s} = qE_1 W_i = \frac{\mu_{i,\lambda} U_i}{\mu_{s,\lambda} + A\mu_{s,\lambda,i}} \quad (1.5)$$

dir.

Burada;

$$q = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} \frac{d\Omega}{4\pi} \text{ kolimatör faktörü,}$$

$$E_i = \left(\frac{r_k - 1}{r_k} \right) w_k g_{k\alpha} \text{ uyarma faktörü,}$$

$$A = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} \text{ geometrik faktör,}$$

$\mu_{i,\lambda}$, i elementinin λ dalga boyundaki kütle soğurma katsayısı,

w_i , i elementinin konsantrasyonu,

φ_1 ve φ_2 sırasıyla gelen fotonun ve saçılan fotonun numune yüzeyi ile yaptığı açıdır.

$\mu_{s,\lambda}$, s numunesinin λ dalga boyundaki kütle soğurma katsayısı,

U_λ , gelen radyasyonun λ dalga boyundaki enerjisi,

Q_i , bir orantı sabiti olmak üzere,

$$Q_i = q E_i \mu_{i,\lambda} U_\lambda \quad (1.6)$$

yazılabilir. Ayrıca numunenin etkin kütle soğurma katsayısı μ_s ,

$$\mu_s = \mu_{s,\lambda} + A \mu_{s,\lambda_i} \quad (1.7)$$

şeklinde elde edilir. Denklem (1.5) ve (1.6) denklem (1.4)'de yerine yazılırsa

$$I_{i,s} = Q_i \frac{W_i}{\mu_s} \quad (1.8)$$

denklemini elde ederiz. Burada $I_{i,s}$, s numunesinin i. enerjideki şiddetini vermektedir. Bağlı şiddeti herhangi bir numunede numunenin elde edilen tüm spektrumuna herhangi bir çizgisini oranlayarak bulabiliriz. R_i , i enerjisindeki bağlı şiddet olmak üzere,

$$R_i = \frac{I_{i,s}}{I_{i,t}}, \quad (1.9)$$

$$I_{i,t} = \frac{Q_i}{\mu_i^*} \quad (1.10)$$

şeklinde yazılır. (1.5) ve (1.7) denklemlerini (1.8) denkleminde yerine yazarsak,

$$R_i = \frac{W_i}{\frac{\mu_s^*}{\mu_i^*}} \quad (1.11)$$

denklemini elde edilir.

İkili numunelerde $W_i + W_j = 1$ dir. Bu numunelerde kütle soğurma katsayısı,

$$\mu_i^* = W_i \mu_i^* + W_j \mu_j^* \quad (1.12)$$

şeklinde ifade edilir. (1.11) denklemini (1.8) denkleminde göre yazdığımızda

$$R_i = \frac{W_i}{W_i + \left(\frac{\mu_j^*}{\mu_i^*} \right) W_i} \quad (1.13)$$

denklemini elde edilir.

$$K_{i,j} = \frac{\mu_j^*}{\mu_i^*} \quad (1.14)$$

olmak üzere matris sabiti olarak tanımlanır. Bu durum üç şekilde tartışılabilir.

a) $K_{i,j} = 1$ iken $\mu_j^* = \mu_i^*$ ve $R=W_i$ ' dir. Bu halde matris söz konusu değildir.

b) $K_{i,j} > 1$ iken $\mu_j^* > \mu_i^*$ dir. Bu durumda bağıl şiddet azalır ve j elementinin pozitif soğurucu olduğu söylenir.

c) $K_{ij} < 1$ iken $\mu_j^* < \mu_i^*$ dir. Bu durumda bağıl şiddet artar ve j elementinin negatif soğurucu olduğu söylenir.

Numunedeki matris elementin atom numarası, analitin atom numarasından küçük ise matris elementte uyarılır ve karakteristik X-ışınları yayınlar. Yayınlanan X-ışınlarının analiti uyaracak kadar enerjisi yoktur ve soğurma etkisi yapar.

1.12.2 Numunenin Yüzey Dokusundan Kaynaklanan Etkiler

1.12.2.1. Parçacık büyüklüğünün etkisi

Toz halindeki numunelerde parçacık büyüklüğü etkisi, katılardaki yüzey yapısı etkisine benzemektedir. Toz numunelerin heterojenliği ve homojenliği, numuneleri oluşturan parçacıkların kompozisyonları ve dağılımına bağlıdır.

Toz veya briket numunelerden yayınlanan analit çizgi şiddeti parçacık büyüklüğünden etkilenir. Eğer numune ve standartlar arasında homojenlik ve yüzey etkisi aynı değilse ölçülen analit çizgi şiddeti ile konsantrasyon arasında ilişki kurmak zordur.

Parçacık büyüklüğü etkisi ile ilgili teorik modeller ilk olarak Bernstein, Claisse ve Samson, Hunter ve Rhodes tarafından geliştirilmiştir. Bunları takiben Myers, ve ark.. soğurma ve şiddetlendirme etkileri için kullanılan Lucas-Tooth metoduna parçacık büyüklüğü düzeltmesini de ekleyerek yeni bir metot ortaya attılar. Daha sonra Criss ve Berry parçacık büyüklüğü düzeltmesi için daha genel ve daha kullanışlı bir metot geliştirmişlerdir (Bernstein,1962; Claisse ve Samson, 1962; Hunter ve Rhodes, 1976; Myers ve ark., 1967; Criss ve Birks, 1969; Berry, 1971).

Numune hazırlanırken aşağıdaki hususlara dikkat edilerek parçacık büyüklüğü etkisi minimuma indirgenebilir.

- Toz numunelerin iyi bir şekilde öğütülmesi
- Numune ve standart içinde parçacık büyüklüğünün aynı olması
- Numunelerin yüksek basınç altında tablet haline getirilmesi

1.12.2.2. Heterojenlik etkisi

Numune yüzeyi, yeteri kadar parlak ve homojen olmalıdır. Eğer numune yüzeyi yeteri kadar parlak ve homojen değilse, şiddetlendirme etkisini artırır. Toz halindeki numunelerin heterojenliği numuneyi oluşturan parçacıkların karışımlarına ve dağılımlarına bağlıdır. Toz ve briket numunelerde yayınlanan analit çizgi şiddeti paracık büyüklüğünden etkilenir. Parçacık büyüklüğünün etkisi katılarda yüzey yapısı etkisine benzer.

Konsantrasyonla şiddet doğru orantılıdır. Parçacık büyüklüğü arttıkça analit çizgi şiddeti azalır. Parçacık büyüklüğü düzeltilmesi için aşağıdaki ifade kullanılır:

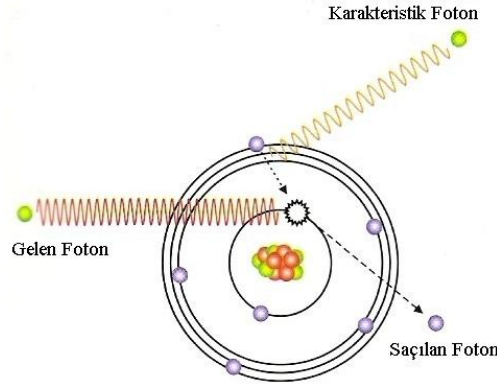
$$P_A = \frac{1 - e^{-\mu d}}{\mu \cdot d} \quad (1.15)$$

Burada μ numunenin primer ve analit çizgisi X-ışınları için toplam lineer soğurma katsayısı, d ise parçacık büyüklüğüdür. Yüzey dokusu şiddeti etkileyen başka bir etkidir. Şayet numune yüzeyi pürüzlü ise numune yüzeyine gelen primer X-ışınlarının bir kısmı yüzeyi terk ederken bir kısmı da terk etmeyebilir. Numune içinde meydana gelen X-ışınları numuneyi terk etmek için aldıkları yollar da farklı olacağı için, soğurulmaları da farklı olacaktır. Primer kaynağın enerjisinin numunenin soğurma kıyısına yakın olması tercih edilir.

1.13. KARAKTERİSTİK FLÜORESANS RADYASYONUN ÜRETİMİ

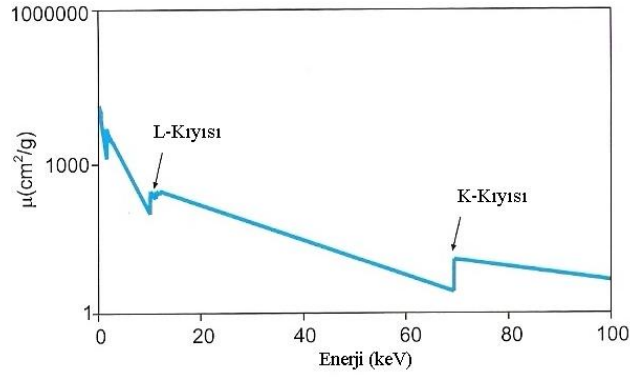
Klasik atom modeli; orbitallerde veya kabuklarda gruplanmış elektronlarla pozitif yüklü protonlar ve yüksüz nötronlardan oluşmaktadır.

En içteki kabuk K kabuğu olarak tanımlanırken, dışarı doğru gidildikçe sıra ile L kabuğu, M kabuğu vb. olarak adlandırılır. L kabuğunun L_I , L_{II} ve L_{III} olmak üzere 3 alt kabuğu vardır. M kabuğunun M_I , M_{II} , M_{III} , M_{IV} ve M_V olarak 5 alt kabuk bulunur. K kabuğu 2, L kabuğu 8 ve M kabuğu 18 elektron içerebilir. Bir elektronun enerjisi bulunduğu kabuğa ve ait olduğu elemente bağlıdır. Bir atom, yeterli enerjiye sahip elektronlar ya da X-ışını fotonlarıyla etkileştiği zaman atomdan bir elektron koparabilir.



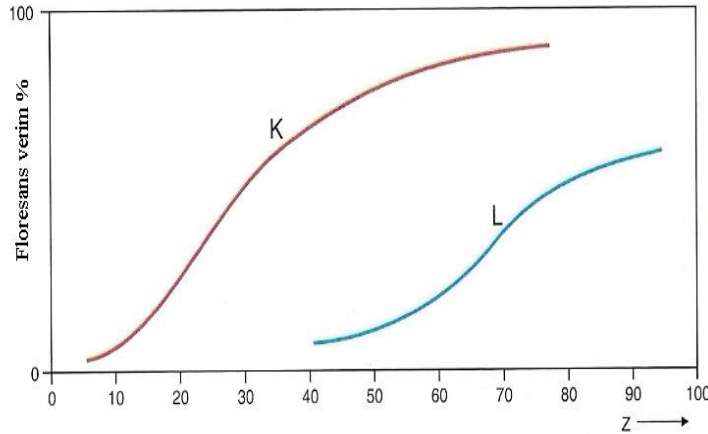
Şekil 1.13.Karakteristik radyasyonun üretimi (Brouwer, 2003)

Bir kabuk içerisinde örneğin K kabuğunda, bir boşluk oluşturularak, atom daha yüksek enerjili, kararsız bir duruma getirilebilir. Atom önceki orijinal durumuna (konfigürasyonuna) geri dönmeyi ister ve bunu K kabuğundaki bir boşluğun L kabuğundaki elektronlarla ya da daha dış kabuklardaki bir elektron geçişiyle de yapabilir. L kabuğundaki bir elektronun yörünge enerjisi, K kabuğundaki elektrondan daha büyük olduğu için, L kabuğundaki bir elektron K kabuğuna geçtiği zaman enerji fazlalığı X-ışını olarak ortaya çıkar. Spektrumda, bu bir çizgi biçiminde kendini gösterir. Yayımlanan X-ışınlarının enerjisi, boşluğun bulunduğu kabuğun enerjisi ile boşluğu dolduran elektronun bulunduğu kabuğun enerji farkına bağlıdır (Örneğin, K ve L kabuğunun enerjileri arasındaki fark gibi). Her bir atom kendine özgü bir enerji seviyesine sahiptir. Bu nedenle, yayımlanan radyasyon atom için ayırt edici bir özelliğe sahiptir. Bir atom, bir enerjiden (veya çizgiden) daha çok enerji yayımlar, çünkü atomda farklı boşluklar oluşturulabilir ve bu boşluklar farklı kabuklarda bulunan elektronlarla doldurulabilir. Yayımlanan çizgilerin toplamı element için karakteristiktir ve aşağı yukarı elementin parmak izidir (Brouwer, 2003). Atomdan bir elektron uzaklaştırmak için kullanılan X-ışınları, elektronun bağlanma enerjisinden daha yüksek enerjiye sahip olmalıdır. Bir elektron uzaklaştırıldığında gelen radyasyon soğrulur ve daha yüksek bu soğurma daha yüksek ışımaya (flüoresansa) neden olur. Diğer taraftan gelen fotonun enerjisi çok yüksek ise fotonların çoğu atomu geçer ve sadece birkaç elektron sökebilir. Şekil 1.15. yüksek enerjilerin zorlukla soğrulduğunu ve düşük ışımaya oluşturduğunu gösterir. K kabuğu elektronlarının bağlanma enerjisine yakın enerji ile boşluklar doldurulmaya çalışılırsa daha çok radyasyon soğrulur. Uyarıcı fotonun enerjisi, koparılacak elektronun bağlanma enerjisinin hemen üzerinde olduğu zaman en yüksek verime ulaşılır.



Şekil 1.14. Soğurma kıyıları spektrumu (Brouwer, 2003).

Uyarıcı enerji bağlama enerjisinden daha düşük olursa, bir sıçrama veya soğurma kıyısı görülebilir. Uyarıcı radyasyonun enerjisi elektronu kabuktan koparamayacak kadar düşük ancak düşük enerjili kabuklardan elektron koparabilecek kadar da yüksek olacaktır. Soğurma kıyısı, herhangi bir kabuktan bir elektron koparabilmek için atoma verilmesi gereken minimum enerji olarak tanımlanır. Gelen fotonların hiçbiri flüoresans fotonları üretmez. Flüoresans verim, gelen fotonların sayısının yayınlanan flüoresans fotonların sayısına oranı olarak tanımlanır. Şekil 1.16. K ve L çizgileri için, Z atom numarasının bir fonksiyonu olarak flüoresans verimi gösterir. Hafif elementlerin ölçümü zor olduğundan dolayı düşük atom numaralı elementler için flüoresans veriminin de düşük olduğu şekilden açıkça görülmektedir.

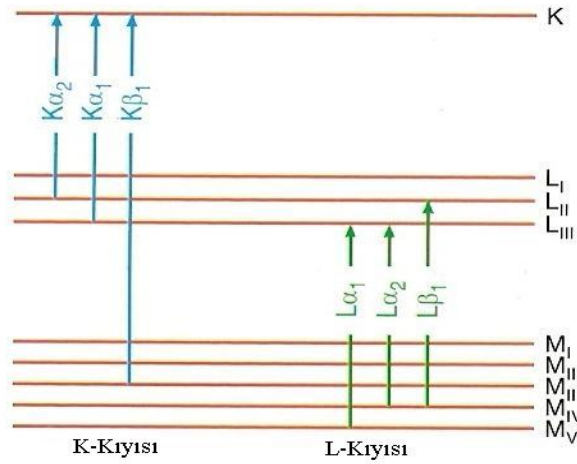


Şekil 1.15. K ve L elektronları için flüoresans verimi (Brouwer, 2003).

Farklı karakteristik X-ışını çizgilerini göstermek için çeşitli yöntemler vardır. Sieghban ve IUPAC gösterimleri literatürde en sık karşılaşılanlardır. Siegbahn notasyonları bir çizginin bağlı şiddetini α , β , γ vb. gibi Yunan harfleriyle gösterir.

Bu gösterim, başlangıçta boşluğun olduğu yerdeki kabukların isimlerini gösteren bir elementin sembolüyle bir çizgi şeklinde verilir. Örneğin $Fe_{K\alpha}$, koparılan bir K elektroni

olmasından dolayı demirin en güçlü çizgisidir. Siegbahn notasyonları boşluğu dolduran elektronların hangi kabuktan geldiği hakkında bir şey söyleyemez. IUPAC notasyonları boşluğu dolduran elektronların hangi kabuktan geldiklerini gösterir ve kabuklar hakkında bilgi verir. Kabuğa yakın yerden elektron geldiğinden dolayı boşluğun doldurulması gözlemlenir. Örneğin $\text{CrK}\alpha_3$ K kabuğunda oluşturulan bir boşluğun L₃ alt kabuğundaki bir elektronla doldurulmasıyla oluşan kromun radyasyonudur (Brouwer, 2003).



Şekil 1.16. İzinli ve ara geçişler (Brouwer, 2003)

Genellikle K çizgileri, L çizgilerinden daha şiddetlidir, L ise M çizgisinden daha şiddetlidir bu böyle devam ederek gider. Kuantum mekaniği, örneğin L_I 'den, K kabuğuna geçiş gibi bütün geçişlerin izinli olmadığını öğretir. Şekil 1.16. en önemli izinli geçişlerin çizgilerinin bir görünüşünü vermektedir (Brouwer, 2003).

1.14. X-IŞINI FLÜORESANS TEKNİĞİ İLE ELEMENTAL ANALİZ

X-ışını flouresans analiz tekniğinde analizler genellikle fotopik alanların incelenmesi yolu ile yapılmaktadır. Fotopik alanlar için matris, ölü zaman, geometri vb. düzeltmeler yapıldıktan sonra, bu alanlar ya standart numunelerden elde edilen fotopik alanlar ile ya da birincil radyasyonun numuneden inelastik saçılması ile meydana gelen Compton pikinin alanına göre normalize edilmek şartı ile N, kanal başına sayma sayısı ve C, konsantrasyon olmak üzere

$$N=f(C) \quad (1.16)$$

ile sonuca gidilmektedir.

1.14.1. Elementel Analizlerde Kullanılan XRF Metotları

XRF metodunun diğer analiz metotlarına göre birçok avantajları vardır. Bu avantajları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- Numunenin herhangi bir tahribata uğramaması
- Çok az miktardaki numune ile kantitatif analizin yapılabilmesi
- Numuneden aynı anda birkaç element için kalitatif analizin yapılabilmesi
- Numuneyi hazırlamadaki pratikliği ve birçok yöntemle hazırlanması (toz, sıvı, briket, ince film, vb.)
- Analizin çok kısa bir sürede yapılabilmesi
- Yüksek hassasiyette sonuçların alınması (ppm mertebesinde)
- Ekonomik olması

X-ışını ile spektrometrik analiz birçok metotla yapılabilir. Bu analiz metotlarını sekiz grupta toplayabiliriz.

1.14.1.1 Standart ilave metodu

Numune içinde analit konsantrasyonu miktarı; numune matrisine, değişik konsantrasyonlarda saf analit veya saf analit çözeltileri ilave edilerek azar azar artırılarak yapılır.

1.14.1.2 İnce film metodu

Şiddetlendirme ve soğurma etkileri ortadan kaldırmak için ince filmler şeklinde numuneler hazırlanır.

1.14.1.3 Matris seyreltme metodu

Bütün numune matrisleri seyreltilmiş veya düzgün bir yüzey haline getirilmiş kompozisyon haline sokularak matris etkileri çözücü tarafından tayin eldir.

1.14.1.4 Standartlarla mukayese metodu

Matris numuneden yayınlanan karakteristik analit çizgi şiddeti, numuneler ile aynı analit ve kompozisyonuna sahip standartlarla karşılaştırılır.

1.14.1.5 Dahili standardizasyon

Standartlar ile mukayese metodu, özel bir matris içinde analite benzer uyarma, soğurma ve şiddetlendirme karakteristiğine sahip bir dahili standart elementin bütün numunelere ilave edilmesi ile düzeltilir. Kalibrasyon fonksiyonu, analitin dahili standart çizgilerinin şiddet oranını kapsar.

1.14.1.6 Saçılmış X-ışınları ile standardizasyon

Numune tarafından birincil X-ışınlarının şiddeti, soğurma şiddetlendirme etkilerinin düzeltmede kullanılır.

1.14.1.7 Deneysel düzeltme

Soğurma ve şiddetlendirme etkilerini yok etmek veya minimuma indirmek için özel deneysel teknikler kullanılır.

1.14.1.8 Matematiksel düzeltme

Soğurma ve şiddetlendirme etkilerini deneysel olarak düzeltmek için türetilmiş parametreler kullanılarak matematiksel düzeltme yapılır.

1.14.2. Kritik kalınlık

Matris etkilerinden dolayı, numuneden yayınlanan karakteristik X-ışınlarının şiddetlerinde azalma veya artma olmaktadır. Bu etkiler, gelen uyarıcı radyasyonun ve yayınlanan karakteristik X-ışınının numune içinde alacağı yolun çok kısa olması ve bu kalınlıkta aşırı derecede soğurulmasından dolayı ince film şeklindeki numunelerde minimuma indirgenir. Böyle bir numunedeki her bir atomun gelen uyarıcı radyasyonu soğurması ve X-ışını yayınlaması diğer atomlardan bağımsızdır. Böylece, sabit kalınlıkta çok ince film şeklindeki numuneler için şiddet kalınlıkla orantılıdır.

Bu orantı birden fazla element ihtiva eden filmlerin analizi için matris etkilerinden arınmış bir metot ve bilinen bileşime sahip ince film numunelerde kalınlık ölçümü üzerine bir metot teşkil eder. Herhangi bir numunede meydana gelen karakteristik X-ışınlarının numuneden

çıkma ihtimali, derinlikle azalarak belli bir kalınlıktan sonra sifira yaklaşır. X-ışınlarının enerjisine ve numune bileşimine göre değişen bu kalınlığa o numunede verilen X-ışını için kritik kalınlık denir. Gunn, ince filmdeki bir elementin analit çizgi şiddetiyle, o elementin atom sayısı arasında basit bir ilişki olduğunu göstermiştir (Gunn, 1957).

Kalınlığı t olan ince bir filmdeki, I_t şiddeti aşağıdaki denklem (1.17) ile verilir:

$$I_t = \frac{kI_0(\csc \varphi) \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{\mu}{\rho} \right) \rho t \right] \right\}}{\left(\frac{\mu}{\rho} \right) \cdot \rho \cdot t} \quad (1.17)$$

Burada $\left(\frac{\mu}{\rho} \right)$ değeri;

$$\left(\frac{\mu}{\rho} \right) \approx \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_{E_{pri}} \csc \varphi + \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_{E_A} \csc \psi \quad (1.18)$$

I_0 , gelen birincil radyasyonun şiddeti; φ ve ψ sırasıyla birincil radyasyonun numune yüzeyine geliş ve numune yüzeyinden çıkış açısı; ρ numune yoğunluğu (g/cm^3); t numune kalınlığı (cm); E_{pri} , E_A sırasıyla birincil ve analit çizgilerinin şiddeti ve k orantı sabitidir.

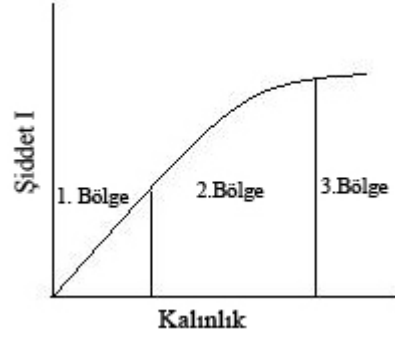
Kritik kalınlıkta $t = \infty$ 'da denklem

$$I_\infty = \frac{kI_0 \csc \varphi}{\left(\frac{\mu}{\rho} \right) \rho t} \quad (1.19)$$

olacağından dolayı,

$$\frac{I_t}{I_\infty} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\mu}{\rho} \right) \rho t \right] \quad (1.20)$$

ile verilir.



Şekil 1.17. Kalınlığa karşı şiddet değişimi

Şekil 1.18’de kalınlığın bir fonksiyonu olarak ince bir filmde ölçülmüş spektral çizgi şiddetlerini göstermektedir. Eğri üç bölgeye ayrılır. Aşırı derecede ince filmler için birincil ve ikincil radyasyonun çizgi şiddetinde azalma oldukça küçüktür. Eğri, lineer ve şiddet kalınlıkla orantılıdır. Orta kalınlıktaki filmler için gelen ve çıkan radyasyonun ve şiddet kalınlıkla orantılıdır. Orta kalınlıktaki filmler için gelen ve çıkan radyasyonun her ikisinde de şiddet azalması derinlikle artar. Kritik kalınlıklarda (t_k) ikincil ışınları derinlerde uyarılır ve numune atomları tarafından soğurularak yüzeye çıkamazlar. Kalınlıktaki artma sonucunda şiddette bir artma olmaz.

Kritik kalınlıklarda $\frac{I_t}{I_\infty} = 1$ ’ dir. Eğer keyfi olarak $\frac{I_t}{I_\infty} = 0,999$ seçilirse (1.20)

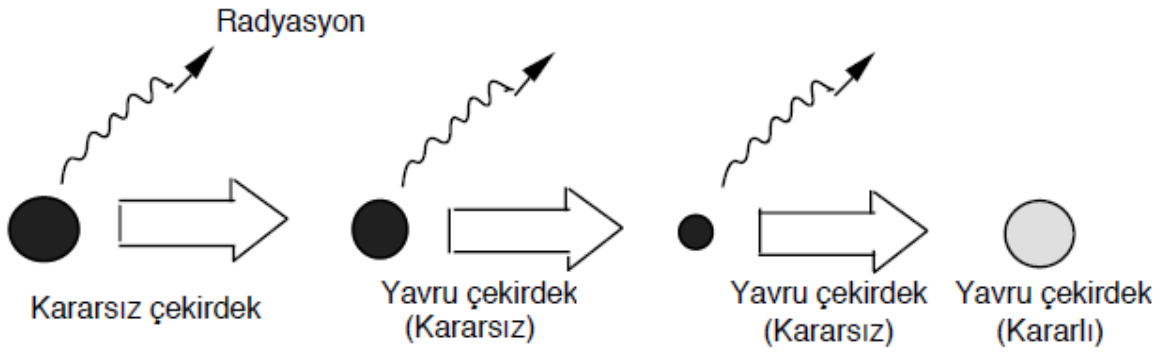
bağıntısından

$$t = \frac{-\log(1-0,999)}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)\rho} \quad (1.21)$$

elde edilir. İnce film halindeki numune birden fazla element içeriyorsa, numunenin soğurma katsayısı her bir elementin spektral çizgisi için farklı olacağından her bir spektral çizgi için kritik kalınlık farklı olacaktır.

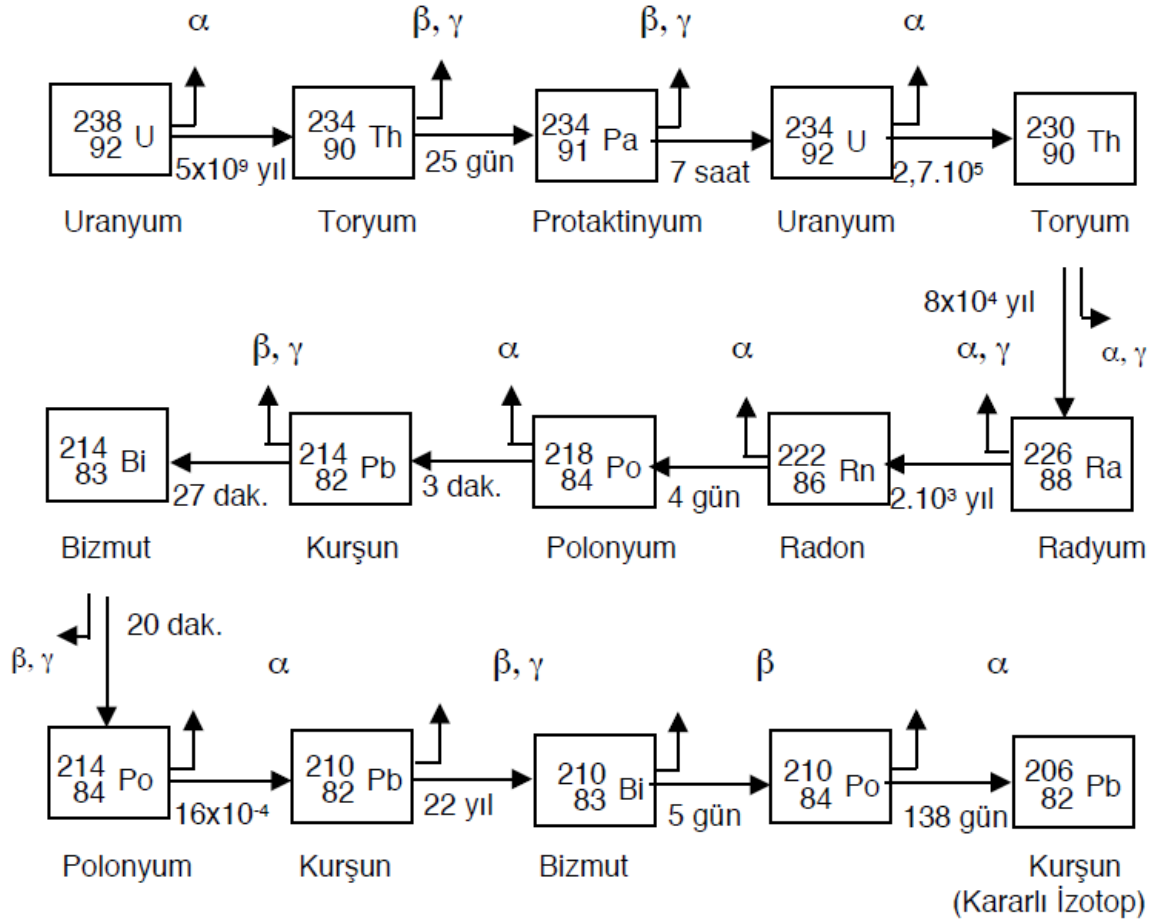
2. RADYOAKTİVİTE

Doğada kararlı bir çekirdeğe sahip atom sayısı oldukça azdır. Ağır elementlerin çoğu radyoaktif özelliklere sahiptir. Radyoaktif çekirdekler kararlı bir nötron/proton oranına ulaşana kadar, bozunmaya uğrarlar. İlk bozunmaya uğrayan radyoaktif çekirdek "ana çekirdek", ve ana çekirdeğin radyoaktif bozunmaya uğraması sonucu oluşan çekirdek ise "yavru çekirdek" adını alırlar. Bozunma sürecindeki radyoaktif çekirdekler, alfa (α), beta (β) ve gamma (γ) radyasyonlarından birini veya birkaçını yayımlayarak, kararlı hale geçerler.



Şekil 2.1. Kararsız bir radyoaktif çekirdekten kararlı bir çekirdek oluşumu [Web 5]

Bir radyoaktif ana çekirdekten alfa (α), beta (β) ve gamma (γ) bozunmaları sonucu yavru çekirdekler oluşturan seriler, "radyoaktif seriler" olarak tanımlanır. Radyoaktif seriler uranyum, toryum, aktinyum ve neptünyum serileridir. Her seri, bozunma zincirini tamamladıktan sonra kararlı bir çekirdek haline dönüşür. Şekil 2.2.' de ^{238}U serisi gösterilmiştir.

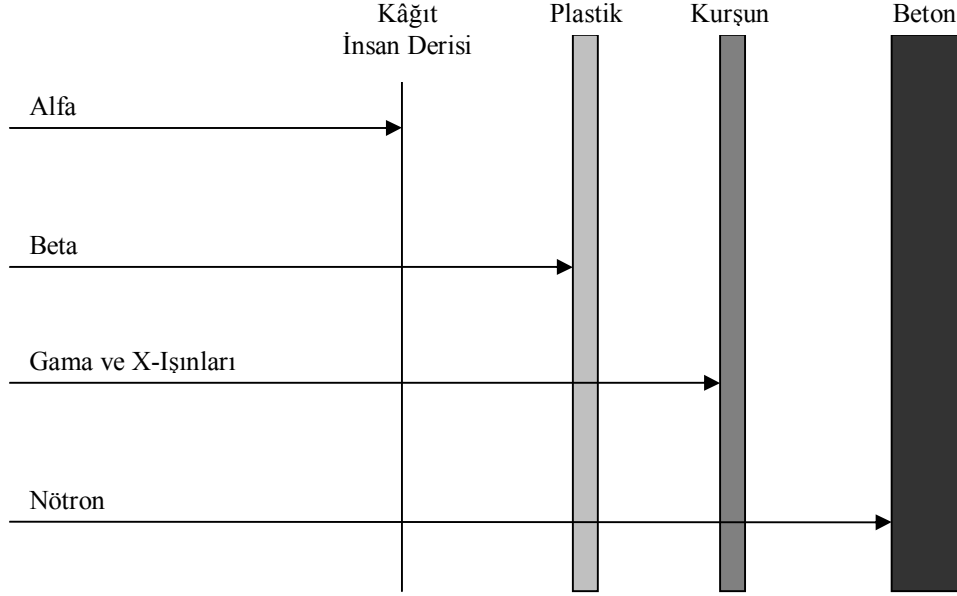


Şekil 2.2. ^{238}U radyoaktif serisi [Web 5]

2.1. ALFA (α) BOZUNMASI

Radyoaktif çekirdeklerin kararlı bir çekirdek yapısına ulaşmak için izlediği yollardan biri " α -bozunmasıdır." Alfa (α) bozunması, radyoaktif çekirdekten kütle numarası 4 atom numarası 2 olan bir taneciğin ayrılması sonucu gerçekleşir. Ayrılan tanecik aslında bir helyum (^4_2He) çekirdeğidir. Demek ki bir atom çekirdeği α -bozunmasına uğradığı zaman kütle numarasında 4 ve atom numarasında 2 eksilme olur. Örneğin uranyum'un en bol bulunan izotopu ^{238}U α -bozunmasına uğradığı zaman ^{234}Th 'e dönüşür. [$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Th} + ^4_2\text{He}$]. Bu tür bozunmalarda okun sol tarafı başlangıçtaki radyoaktif çekirdeği, sağ taraf ise bu çekirdeğin radyoaktif bozunması sonucu oluşan ürünü gösterir. İfadenin doğruluğu ise her iki tarafta bulunan nötron ve proton eşitliğinin sağlanmasıyla kontrol edilir.

Yukarıdaki ifade de, oluşan ^{234}Th (yavru çekirdek) de kararsız bir radyoaktif çekirdektir. Alfa (α) taneciklerinin giricilikleri (nüfuz etme gücü) düşüktür. Bu tanecikler ince bir kağıt yardımıyla durdurulabilirler. İnsan derisi alfa (α) taneciklerini hücrelere ulaşmadan durdurabilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Alfa, beta, gama, X-ışınları ve nötronların giricilikleri

2.2. BETA (β) BOZUNMASI

Beta (β) taneciği aslında çekirdekten yayınlanan yüksek enerjili bir elektrondur (${}_{-1}^0\text{e}$). Beta (β) bozunması sürecinde, radyoaktif çekirdekte bulunan bir nötron, bir proton ile bir elektrona (β veya ${}_{-1}^0\text{e}$) dönüşür.

Nötron/ proton oranı çok yüksek radyoaktif çekirdeklerde, beta bozunması n/p oranının azalmasına ve bu azalma nedeniyle kararlılık artışına neden olur. Oluşan elektron çekirdekten ani olarak fırlar ve bu fırlama sonucu, radyoaktif çekirdek ardında kütle numarası aynı fakat atom numarası farklı bir yavru çekirdek bırakır. Örneğin ^{238}U in α -ışınması sonucu oluşturduğu ^{234}Th bir β taneciği fırlatıcısıdır. Örnekte görüldüğü gibi ana ve yavru çekirdeklerin atom ve kütle numarasının değişmemesine karşın, yavru çekirdeğin atom numarasında bir eksilme olmaktadır. $[{}^{234}\text{Th} \rightarrow {}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0\text{e}]$

Beta (β) tanecikleri, alfa (α) taneciklerinden çok daha etkilidir. Bu nedenle de α taneciğine göre daha etkilidir ve giricilikleri (nüfuz etme özellikleri) de daha fazladır. Beta tanecikleri

kağıttan geçerler fakat birkaç metre hava tabakası ve birkaç milimetrelük alüminyum levha bu ışınları durdurur. Beta ışınları, dış derideki ölü seviyeye nüfus eder, derinin iç kısmında durduğu için dış derideki dokulara yakarak zarar verir.

2.3. GAMA (γ) BOZUNMASI

Gamma (γ) ışınları tanecik değildir. Bunlar kısa dalga boylu ve yüksek enerjili (X- ışınları benzeri) ışınlardır. Alfa (α) ve beta (β) bozunması sırasında birçok atom çekirdeği uyarılmış birer yapıya (yüksek enerjili hale) ulaşırlar. Bu tür yüksek enerjili çekirdekler, gamma (γ) ışıması yardımı ile rahatlatma yolunu seçerler. Özetle birçok alfa ve beta bozunmalarının, gamma ışımasını da birlikte sürdürdüklerini belirtebiliriz. (Bakınız şekil 2.3). Gamma ışıması sürdüren bir çekirdekte atom kütle numarası ve atom numarası değişikliğe uğramaz. Gamma (γ) ışımasının mekanizmasını aşağıdaki basamakta da özetleyebiliriz. [$^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} + \frac{4}{2}\text{He} + \gamma$].

2.4. YARI – ÖMÜR

Radyoaktif maddeler, kendilerine özgü bir bozunma hızına sahiptir. Radyoaktif izotopların bozunma hızı "yarı-ömür" adı verilen bir sayı ile belirtilir ve yarı ömür olarak ifade edilir. Yarı ömür radyoaktif ve bozunmaya uğrayan bir örnekteki atomların yarısının yok olması için geçen zaman olarak tarif edilir. Radyoaktif bir izotopun birinci yarı ömrü sonrası yarı miktarı yok olurken, diğer yarısı değişmeden kalır. İkinci yarı-ömür sonrası başlangıç miktarının 1/4'ü, üçüncü yarı-ömür sonrası başlangıç miktarının 1/8'i vs. kalacak şekilde azalmaya uğrar.

2.5 DOĞAL RADYOAKTİFLİK

Atom numarası 83'ten büyük olan elementler radyoaktiftir. Radyoaktif bir elementin bozunması, radyoaktif olmayan bir elementin oluşumuna kadar devam eder. Doğal radyoaktif elementler üç grup bozunma zinciri içinde yer almaktadır. Bunlara radyoaktif bozunma serileri denir.

Uranyum serisi; ^{238}U

Toryum serisi; ^{232}Th

Aktinyum serisi; ^{235}U

Çizelge 2.1. Doğal radyoaktif seriler, yarı ömürleri ve bazı parametreleri (Lowder ,1956).

Seriler	Üye	Atom Numarası	Yarı Ömür	Bozunma Türü	
Uranyum	²³⁸ U	92	4,5 x 10 ⁹ Yıl	α	
	²³⁴ Th	90	24 Gün	β ⁻	
	^{234m} Pa	91	1,2 Dakika	IT, β ⁻	
	²³⁴ Pa	91	6,7 Saat	β ⁻	
	²³⁴ U	92	2,5 x 10 ⁵ Yıl	α	
	²³⁰ Th	90	8 x 10 ⁴ Yıl	α	
	²²⁶ Ra	88	1600 Yıl	α	
	²²² Rn	86	3,8 Gün	α	
	²¹⁸ Po	84	3 Dakika	α	
	²¹⁴ Pb	82	27 Dakika	β ⁻	
	²¹⁴ Bi	83	20 Dakika	β ⁻ , α	
	²¹⁴ Po	84	160 μ Saniye	α	
	²¹⁰ Tl	81	1,3 Dakika	β ⁻	
	²¹⁰ Pb	82	22 Yıl	β ⁻	
	²¹⁰ Bi	83	5 Gün	β ⁻	
	Toryum	²¹⁰ Po	84	138 Gün	α
²⁰⁶ Pb		82	Kararlı	Kararlı	
²³² Th		90	1,4 x 10 ¹⁰ Yıl	α	
²²⁸ Ra		88	5,8 Yıl	β ⁻	
²²⁸ Ac		89	6,1 Saat	β ⁻	
²²⁸ Th		90	1,9 Yıl	α	
²²⁴ Ra		88	3,7 Gün	α	
²²⁰ Rn		86	56 Saniye	α	
²¹⁶ Po		84	0,15 Saniye	α	
²¹² Pb		82	10,6 Saat	β ⁻	
²¹² Bi		83	1 Saat	β ⁻ , α	
²¹² Po		84	0,3 μ Saniye	α	
²⁰⁸ Tl		81	3,1 Dakika	β ⁻	
²⁰⁸ Pb		82	Kararlı	Kararlı	
Aktinyum		²³⁵ U	92	7,1 x 10 ⁸ Yıl	α
		²³¹ Th	90	26 Saat	β ⁻
	²³¹ Pa	91	3,3 x 10 ⁴ Yıl	α	
	²²⁷ Ac	89	22 Yıl	β ⁻ , α	
	²²⁷ Th	90	19 Gün	α	
	²²³ Fr	87	22 Dakika	β ⁻ , α	
	²²³ Ra	88	11 Gün	α	
	²¹⁹ At	85	0,9 Dakika	α, β ⁻	
	²¹⁹ Rn	86	4 Saniye	α	
	²¹⁵ Po	84	1,8 mili Saniye	α	
	²¹¹ Pb	82	36 Dakika	α	
	²¹¹ Bi	83	2,2 Dakika	α, β ⁻	
	²¹¹ Po	84	0,5 Saniye	α	
	²⁰⁷ Tl	81	4,8 Dakika	β	
	²⁰⁷ Pb	82	Kararlı	Kararlı	

2.6. YAPAY RADYOAKTİFLİK

Radyoaktif olmayan (kararlı) çekirdekler, proton, nötron ve alfa tanecikleri ile bombardıman edildiğinde, yeni izotoplara ya da yeni elementlere dönüşürler ki bu tür tepkimelere yapay çekirdek tepkimeleri denir. 1919 yılında Rutherford (Radırford) α tanecikleri ile kararlı azot atomlarını bombardıman ederek protonların oluştuğunu tespit etmiştir. Bu tepkime aynı zamanda bir elementin başka bir elemente dönüştüğü tepkimedir. Günümüzde pek çok elementin yapay radyoaktif izotopları elde edilmiş olup bunların sayısı her geçen gün artmaktadır. Yapay radyoaktif elementler günümüzde biyoloji, jeoloji, sanayi ve tıp alanında teşhis, tedavi ve araştırma için kullanılmaktadır.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Akyüz ve arkadaşları, EDXRF ve INAA tekniği ile Saros körfezinden alınan alüvyallerdeki eser elementlerin ve toksitlerin analizini çalışmışlardır.

Aslan ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Giresun ve Ordu şehirlerindeki bazı yetişen likenlerdeki elementlerin analizini yapmışlardır.

Aslan ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Leptinotarsa'daki K, Ca, Fe ve Ni' in belirlenmesini çalışmışlardır.

Avilla- Perez ve arkadaşları, EDXRF ve ICP tekniği ile Meksika körfezindeki su ve alüvyallerdeki ağır metallerin konsantrasyonunun belirlenmesini çalışmışlardır.

Blonski ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Fumagina hastalığı tarafından yaprağa bulaştırılmış kimyasal elementlerin analizini yapmışlardır.

Brouwer (Brouwer, 2003), XRF (X-ışını flüoresans spektroskopisi) teorisinin önemi ve uygulama alanları ile çalışmalar yapılmış ve XRF'de kullanılan dedektör çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Canbazoğlu ve arkadaşları, bazı çay örneklerindeki ^{129}I , ^{90}Sr ve toplam beta radyoaktivitesini incelemişlerdir.

Canbazoğlu ve arkadaşları, bazı tıp bitkilerindeki toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite konsantrasyonunun belirlenmesini çalışmışlardır.

Custodio ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile insan kanını (Annelerde ve yeni doğmuş bebeklerde) analiz etmişlerdir.

Çevik ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Akçaabat tütününü ve külünün elemental analizini yapmışlardır.

Çevik, EDXRF tekniği ile Doğu Karadeniz dip tortularında standart ilave metodunu kullanarak Demir (Fe), Baryum (Ba) ve Stronsiyum (Sr)'nin elemental analizini yapmışlardır.

Doğan ve M Kobyay, EDXRF tekniği ile Yatağan Termik Santralindeki bacalardan çıkan küllerdeki eser elementlerin elemental analizini yapmışlardır.

Doğan ve Tıraşoğlu, EDXRF tekniği ile bazı sebze türlerinin analizini yapmışlardır.

Doğru ve arkadaşları, Kangal şifalı sularındaki toplam alfa ve toplam betanın belirlenmesini çalışmışlardır.

Ekinci ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile anne sütündeki kalsiyum konsantrasyonunun belirlenmesini çalışmışlardır.

Ekinci ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile hastalardan alınan katarak örneklerinin kalitatif ve kantitatif analizini yapmışlardır.

Ekinci ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile şifa bitkilerindeki eser elementlerin analizini yapmışlardır.

Ekinci ve N. Ekinci, EDXRF tekniği ile akciğer kanseri, kan kanseri ve şizofren hastalardan alınan kan örneklerindeki elementlerin konsantrasyonunu çalışmışlardır.

Gürbüz ve M. Ertuğrul, EDXRF tekniği ile Fırat (Karasu) nehrindeki düşük ve orta atom numarasına sahip elementlerin belirlenmesini çalışmışlardır.

Gürbüz ve M. Ertuğrul, EDXRF tekniği ile Karasu (Fırat) nehrinde yaşayan alglerin yapısını analiz etmişlerdir.

Gürol ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile insan böbrek taşının yapmışlardır.

John ve M.A. Ittyachen, nadir toprak elementleri için EDXRF ile yapılan elemental analizin hem teorik hem de deneysel olarak uyuştuğunu göstermişlerdir.

Kalfa ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Etibank Borax fabrikasındaki maden atıklarını analiz etmişlerdir.

Koz ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Samsun-Sarp Karayolundaki yosunların elemental analizini yapmışlardır.

Küçükönder ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Soma-Darkale bölgesinde alınan linyit kömürü ve külünün kalitatif ve kantitatif analizini yapmışlardır.

Külahcı ve arkadaşları, Elazığ çimento fabrikasında üretilen çimentodaki doğal radyoaktiviteyi çalışmışlardır.

Lartigue ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile sigara kâğıtlarını analiz etmişlerdir.

Marques ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile terkedilmiş Pb-Zn maden ocaklarındaki suları ve bitki örtüsünü analiz etmişlerdir.

Mohapatra ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile bazı deniz kabuklularındaki dokularda eser elementlerin karakterizasyonunu çalışmışlardır.

Muthuvelu ve arkadaşları, XRF tekniği ile kıkırdak altı tabakalardaki doku yapıları, kan akışı ve damarlaşma yapısını incelemişlerdir.

Nguyen Thi Hong, Vietnam Endüstri bölgesindeki insanlardan alınan kan, idrar ve saç örneklerini EDXRF tekniği ile inceleyerek Rb, Cu, Zn ve K'nın varlığını saptamıştır.

Özdemir ve arkadaşları, radyoizotop EDXRF tekniği ile yetişkin fare kemiklerinin kalitatif ve kantitatif analizini yapmışlardır.

Suarez-Fernandez ve arkadaşları, radyoizotop XRF spektrometresi ile kömürdeki tüm elementlerin analizini yapmışlardır.

Tıraşoğlu ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile Trabzon'daki bazı bitki örneklerinin elementel konsantrasyon analizini yapmışlardır.

Vijayan ve arkadaşları, EDXRF tekniği ile eski hint gümüş paralarının elementel analizini yapmışlardır.

4. MATERYAL VE METOT

Kahramanmaraş merkezinde bulunan marketlerden en çok satılan tütün mamullerinden çeşitli markalarda, 9 paket TAPDK (Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu) bandrollü sigara, deli tütün ve meşe külü karışımı olmak üzere 2 paket Maraş otu satın alındı. Tütünler sigara kâğıtlarından ve filtrelerinden ayrıştırılarak iki kez saf su ile yıkandı. Her örnek temiz naylon sergiler üzerine serildi. Oda sıcaklığında nemlenmesine, çürümesine ve kokmasına izin verilmeden gölgede kurutuldu. Oda sıcaklığında kurutulan tütün ve Maraş otu örnekleri alüminyum folyolara sarıldı. Örneklerin içinde bulunabilecek ve 105 °C'da ve daha yüksek sıcaklıklarda buharlaşabilecek elementlerin buharlaşmasına neden olmamak için bütün numuneler 105 °C'de sabitlenerek kül fırınında 10'ar saat kurutularak küleştirme işlemi yapıldı. Daha sonra numuneler öğütme kabında dövülerek öğütülüp toz haline getirildi ve sonra 400 Mesh'lik elekte elendi.

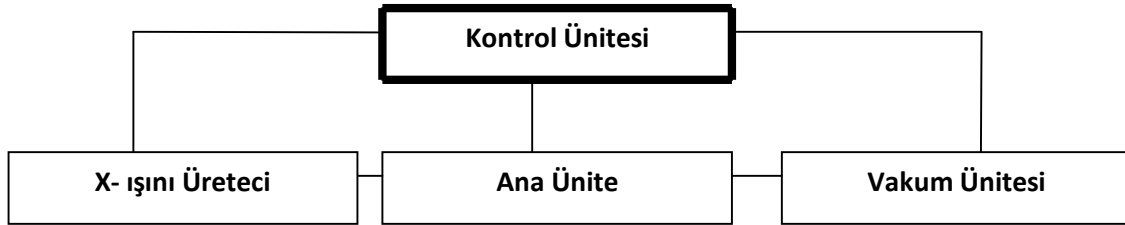
Bu çalışmada tütün ve Maraş otu numunelerinin elemental analizi, radyonüklid aktivite konsantrasyonları ve toplam alfa-beta radyoaktivite seviyeleri ölçülmüştür. Numunelerin bir kısmı eppendorf kapaklı tüplere konuldu ve elemental analizler için ayrıldı. Numunelerin elemental analizleri Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde Rigaku firması tarafından üretilen ZSX 1000e dalga boyu ayırmalı X-ışını flüoresans cihazı ile yapıldı. Geri kalan numuneler ise öz soğurmaya sebebiyet vermeyecek miktarda ve her biri için ayrı ayrı darası alınmış 2 planşet (1 adet büyük boy 1 adet küçük boy) içerisine koyuldu. Homojen bir dağılım sergilemeleri için üzerine örnek kaybına neden olmayacak miktarda saf su eklenerek karıştırıldı ve elektrik ocağı üzerinde yanmadan kuruması sağlandı. Planşetlere işlenen numunelerin nemlenmemesi için planşet örnekler 3 gün boyunca 10 saat kadar, 105 °C'deki bir fırında kurutma işlemine tabi tutulup, sayıma kadar güneş ışığı almayan ve kuru bir ortamda muhafaza edildi. Toplam alfa-toplam beta radyoaktivite seviyeleri PIC-MPC 9604, UK cihazıyla Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünde, Radyonüklid konsantrasyonları ise ORTEC firması tarafından üretilen, düşük düzeyli gamma sayımı yapan 7.62cm x 7.62cmNaI (TI) spektrometresi ile Elazığ Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Nükleer Fizik Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarı'nda ölçülmüştür.

4.1.WDXRF ÖLÇÜMLERİ

Numunelerin elemental analizleri için Rigaku firması tarafından üretilen ZSX 1000e dalga boyu ayrımlı X-ışını flüoresans (WDXRF) cihazı kullanılmıştır. Sistemin resmi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. ZSX 1000e WDXRF cihazı



Şekil 4.2. WDXRF sistem şeması

WDXRF sistemi Şekil 4.2'den de görüldüğü gibi üç bileşenlerden oluşmaktadır.

4.1.1 Ana Ünite

Numune değiştirici, numune odası ve analiz odasından oluşur.

4.1.2. Numune Değiştirici

Bu kısımda numuneleri peş peşe analiz edebilmek için 12 numune değiştirici vardır (Şekil 4.3). Kontrol ünitesinden verilen komuta göre bir sensör yardımıyla istenilen numaralı (1–12) numune, numune değiştiriciden otomatik olarak seçilir.



Şekil 4.3. Numune değiştiricileri

4.1.3. Numune Odası

İki kısımdan oluşur; numune hazırlama odası ve analiz odası.

- **Numune hazırlama odası:** Burada analiz yapılması için vakumlama yapılır. Numune uygun vakuma alındıktan sonra analiz odasına alınır.
- **Analiz odası:** Bu oda numuneyi, numune odasından uygun X-ışını ölçüm pozisyonuna taşır. Analizler genellikle vakum ortamında yapıldığından, analiz odası normal olarak vakumlanır.

4.1.3.1 Spektroskopik oda

Spektroskopik odaya yerleştirilmiş optik sistem, flüoresans X-ışınlarını saymak ve analiz etmek için kullanılır. Optik sistem, birincil filtre, diyafram, kolimatör, soğurucu, kristal ve sayaçtan oluşur (Şekil 4.4).

4.1.3.1.a. Birincil (primer) X-ışını filtresi

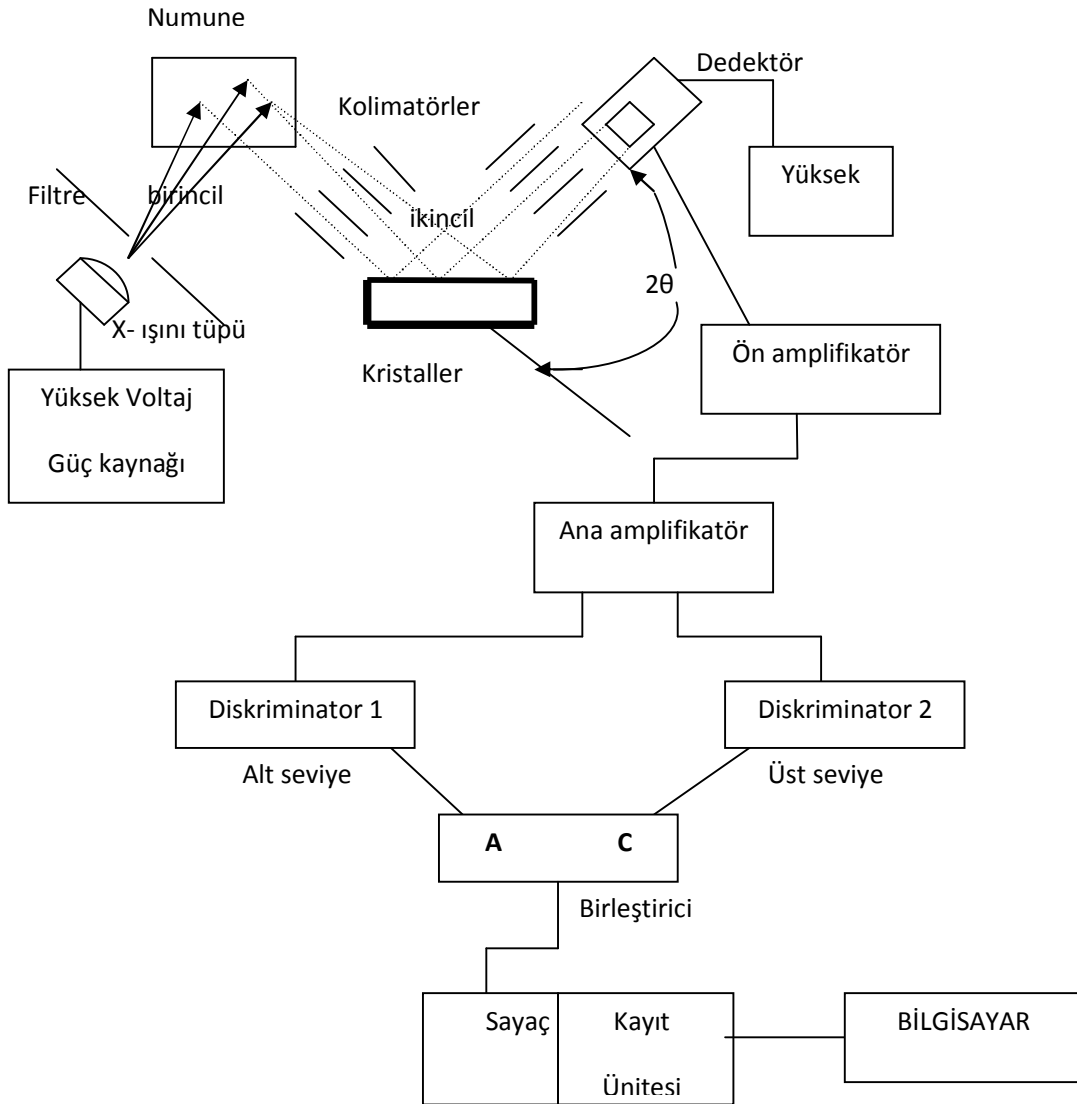
X-ışını tüpü ve numune arasına yerleştirilir ve tüpten gelen sürekli veya karakteristik X-ışınlarını azaltmak için kullanılır. Aynı zamanda temel saymayı azaltmak için de kullanılır. Bu tür filtrelerin tip ve amaçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Gaz akışlı (PC) ve Sintilasyon (SC) sayaçları için dalga boyu ölçüm aralığı

Sayaç	Sayaç Aralığı
SC	0.336 nm'den daha kısa dalga boyları için
PC	0.154 nm'den daha uzun dalga boyları için

4.1.3.1.b. Diyafram

Bu mekanizma, sadece numuneden sayaca gelen X-ışınlarını saymak ve numune tutucu ve diğer kısımlardan gelen X-ışınlarını engellemek için yerleştirilmiştir. Farklı X-ışını tüpleri (Kenar pencereli ve uçtan pencereli) için farklı çaplarda hazırlanmaktadır (0.5, 1.3, 10, 20, 25, 30, 35 mm).



Şekil 4.4. WD X-ışını flüoresans sistemin şematik çizimi

4.2. SAYAÇLAR

Bir sayaç, foton enerjisini elektriksel pulsa dönüştüren sistemdir. Sayma sistemi olarak gazlı sayaçlar, sintilasyon sayaçları (SC) ve yarı iletken sayaçlar kullanılır. Araştırmamızda WDXRF, gaz akışlı orantılı sayaç (PC) ve sintilasyon sayacı (SC) kullanılmıştır. Kristal ve sayaç dalga boyu aralığına göre seçilir. Mesela LiF kristalinde X-ışınları, hem PC hem de SC ile eşzamanlı olarak sayılabilir. Bu metot tandem olarak isimlendirilir. PC, belli bir akış hızıyla akan bir sayaç gazı ile kullanılır. Gaz akış hızı analizden önce akış ölçer ile ayarlanır. 30 dakikada kararlı hale gelir.

Bir γ ve X-ışını sayacı γ ve X-ışını foton enerjisini, bu fotonların sayaç aktif maddesi ile çeşitli yollarla etkileşmesi sonucu, voltaj pulsuna çeviren bir dönüştürücü (transducer) olarak tanımlanabilir. γ ve X-ışınlarının sayılmasında yaygın olarak kullanılan sayaçlar şunlardır;

1. Gazlı sayaçlar

- Geiger-müller sayaçları
- Orantılı sayaçlar
- Gaz akışlı orantılı sayaçlar

2. NaI(Tl) veya CsI(Tl) sintilasyon (parıldamalı) sayaçları.

3. Katıhal sayaçları

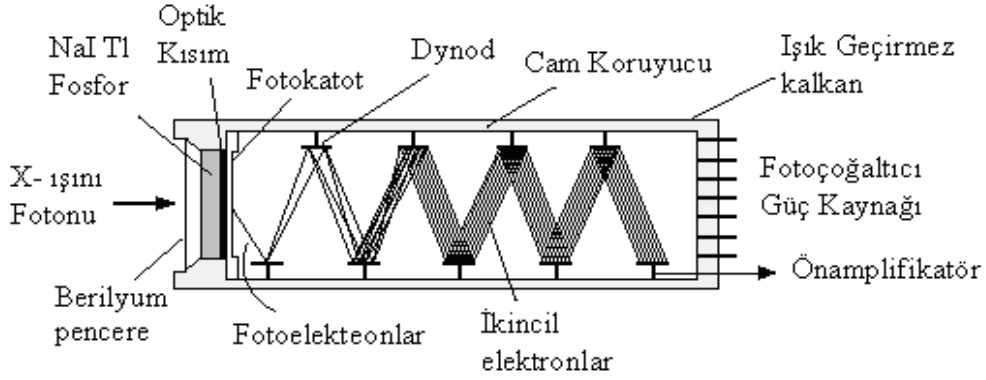
- Ge(Li) yarıiletken sayaçlar
- Yüksek saflıkta (highpurity) Ge sayaçlar
- Si(Li) yarıiletken sayaçlar.

Bu sayaçların çalışma prensibi,

- Foton enerjisinin, fotoelektrik soğurma, Compton saçılması veya çift oluşumuyla, elektronların kinetik enerjisine dönüştürülmesi,
- Bu elektronlar tarafından elektron-iyon, elektron-hole çiftleri veya uyarılmış moleküler seviyelerin meydana getirilmesi,
- Yük taşıyıcıların veya moleküler seviyelerin de-eksitasyonu ile yayımlanan ışığın biriktirilmesi ve ölçülmesi, esasına dayanır.

4.2.1. NaI(Tl) Sintilasyon Sayaçları

Bu sayaçlar iki kısımdan meydana gelir; sintilatör (fosfor) ve foto-çoğaltıcı. X-ışını fotonları fosfor üzerine düştüğü zaman mavi ışık fotonları meydana gelir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Sintilasyon sayacı

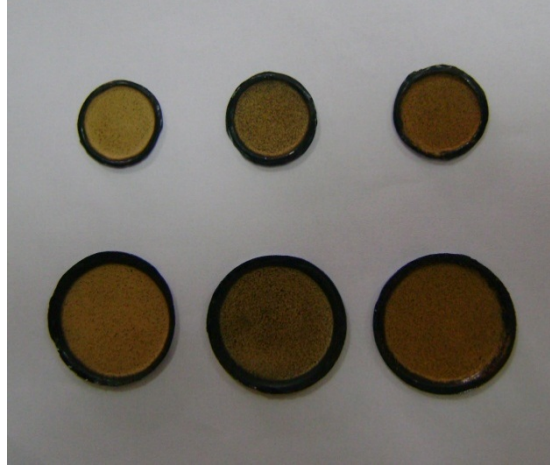
Meydana gelen ışık fotonlarının sayısı gelen X-ışını fotonlarının enerjisine bağlıdır. Bu fotonlar, foto-çoğaltıcı da foto-yüzeyle etkileşerek elektronlar meydana getirilirler. Elektronların sayısı seri elektrotlar (dynod) tarafından lineer olarak artırılır. Foto-katlandırıcılar tarafından meydana getirilen akım gazlı sayaçlardaki gibi voltaj pulsuna dönüştürülür. Bu sayaçlarda bir ışık fotonunu pulsa dönüştürmek için gerekli enerji ~100 eV'tur. Bu sebeple sintilasyon sayaçlarının rezolüsyonu gazlı sayaçlara kıyasla dört kat daha kötüdür. E enerjili fotonlar için sintilasyon sayacının teorik rezolüsyonu,

$$R_r = 128 / E^{1/2} \quad (4.1)$$

ile verilir.

4.3. WDXRF İLE ÖLÇÜMÜ YAPILAN NUMUNELERİN HAZIRLANMASI

Tütün ve Maraş otu numunelerinin elemental analizleri için Rigaku firması tarafından üretilen ZSX 1000e dalga boyu ayırmalı X-ışını flüoresans spektrometresi kullanıldı. Numunelerdeki nemi minimuma indirebilmek için, numuneler kül fırınlarında 3 gün süreyle 105°C 'da bekletildi. Şekil4.6' de radyonüklid konsantrasyonlarının ölçümü için hazırlanan planşetlerin görünümü verilmiştir.



Şekil 4.6. Radyonüklid konsantrasyonlarının ölçümü için hazırlanan planşet numuneleri

4.4. GAMA HASSAS SİNTİLASYON SAYACI

Bu sistem, gama radyasyonuna hassas 50.8 mm x 50.8 mm boyutlarındaki kuyu tipi bir NaI sintilatör ile bir foto çoğaltıcı tüpten oluşur. Kuyu tipi sintilatör foto çoğaltıcı tüpe optik kontak yapılarak monte edilmiştir. Sintilatör ve foto çoğaltıcı tüp kurşun bir blok içerisine yerleştirilmiştir. 10 keV ile 1 MeV gama enerji aralığına duyarlı olan bu sayaç sistemi SR7, SR8 ve ST7 gibi uygun sayım donanımları ile kullanılabilir. Sistemin kalibrasyonu kullanma kılavuzuna göre yapılmıştır ve örneklerin radyonüklid konsantrasyon ölçümleri için kullanılmıştır (NE Technology Limited, 1991). Tipik bir gama hassas sintilasyon sayacının resmi Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Gama hassas sintilasyon sayacı

5.BULGULAR VA TARTIŞMA

Maraş otu ve bazı tütün ürünlerinde (sigara) doğal radyoaktivitenin belirlenmesi adlı bu çalışmada, TAPDK (Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurulu) bandrollü ve en çok satılan farklı markalara ait 9 paket tütün ve meşe külü karışımı Maraş otu ve deli tütün olmak üzere 2 paket Maraş otu satın alındı. Tütün ve Maraş otu numunelerinin WDXRF sistemi ile elemental konsantrasyonları, PIC-MPC 9604, UK sistemi ile toplam alfa-beta aktivite konsantrasyonları ve ORTEC firması tarafından üretilen, düşük düzeyli gamma sayımı yapan 7.62cm x 7.62cmNaI (TI) spektrometresi ile radyonüklid konsantrasyonları ölçülmüştür. *556 sayılı Markaların Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname gereği*, sigaraların markaları verilmemiştir. Markalar yerine numuneler AF1, AF2, gibi kodlanarak ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo5.1-5.6'de verilmiştir.

5.1. WDXRF Elemental Analiz Bulguları

Maraş otu ve bazı tütün ürünlerinde doğal radyoaktivitenin belirlenmesi adlı bu çalışmada tütün ve Maraş otu numunelerinin WDXRF tekniği ile yapılan elemental analizi sonucu Al, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Cd, In ve Sn gibi elementler bulunmuştur. Bütün sigara külü çeşitlerinde, alüminyum, fosfor, kükürt, klor, potasyum, kalsiyum, mangan, demir, bakır, çinko ve brom elementlerine rastlanmıştır. Her iki Maraş otu numunesinde ise, alüminyum, fosfor, kükürt, klor, potasyum, kalsiyum, titanyum, mangan, demir, nikel, çinko, brom, stronsiyum ve itriyum elementlerine rastlanmıştır. Ayrıca, titanyum 8 tütün numunesinde, nikel 1 tütün numunesinde; bakır deli tütün ve meşe külü karışımı Maraş otunda; arseniğe meşe külü karışımı Maraş otunda; rubidyuma 1 tütün numunesinde; stronsiyuma 8 tütün numunesinde; itriyuma 5 tütün numunesinde; zirkonyuma 3 tütün numunesinde; molibdene 1 tütün numunesinde ve indiyum ise 2 tütün örneğinde ölçülmüştür. Bu elementlerden Al, Ni, Cu, Zn, Sr, As ve Y ağır metaller ve toksik element grubuna girerler. Bu ağır metallerin belirli bir miktardan fazlasının insan vücuduna alınması durumunda toksik etki yaparak çeşitli hastalıklara sebep olabileceği bilinmektedir. Örneğin, yüksek miktarda alüminyumun sinir sisteminde hasara yol açarak alzheimer hastalığına neden olduğu, nikelin kalp bozukluklarına ve kanser yapıcı etkisinin olduğu, bakırın karaciğere ve beyne zararı olduğu, arseniğin kırmızı kan hücrelerini öldürerek atp azalmasına ve kandaki demir birikimine yol açtığı, stronsiyumun kemik gelişiminde gerilemeye neden olduğu bilinmektedir. Ağır metaller içerisindeki en tehlikeli

ve toksit olanı kadmiyum (Cd)'dur. Fakat tütün ve Maraş otu numunelerinin hiç birinde Cd'ye rastlanmamıştır.

2010 yılında Biber (2010) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinde XRF tekniği ile 7 sigara numunesinin, Normal ot ve dört farklı ağaç külleri ile karıştırılmış Maraş otunun EDXRF tekniği ile elemental analizleri yapılmış ve numuneleri uyararak için ^{241}Am ve ^{55}Fe radyoizotop kaynakları kullanılmıştır. Numuneler ^{55}Fe radyoizotop kaynağı ile uyarıldığında, 7 farklı sigara numunesinin külünde, değişik konsantrasyonlarda %2.9328-0.8670 Cl, %23.2317-4.3829 K, %30.4523-8.2494 Ca ve %0.8182-0.0690 S elementleri ölçülürken, numuneleri uyararak için ^{241}Am radyoizotop kaynağı kullanıldığında ise %0.6704-0.0687 Mn, %1.1705-0.2712 Fe, %0.0782-0.0170 Br, %0.3095-0.0118 Rb, %0.0992-0.0205 Sr, %0.7424-0.0301 Sn ve %0.2218-0.0224 Ba elementleri ölçülmüştür. Bu oran normal ot numunesi ^{55}Fe radyoizotop kaynağı ile uyarıldığında %0.5279 Cl, %5.4696 K, %3.4663 Ca ve %0.5064 S ve ^{241}Am radyoizotop kaynağı ile %0.2895 Fe, %0.0032 Br, %0.0779 Sr, %0.0099 Sn ve 0.0751 Ba olarak bulunmuştur. Ek olarak, 4 farklı kül karışımı Maraş otunda bu oran numuneleri uyararak için ^{55}Fe radyoizotop kaynağı kullanıldığında, %0.2620-0.0279 Cl, %12.0570-3.7877 K, %37.7820-21.0057 Ca ve %0.3662-0.1857 S elementleri; ^{241}Am radyoizotop kaynağı kullanıldığında ise %0.1245-0.0253 Mn, %0.4763-0.1333 Fe, %0.0039-0.0013 Br, %0.0423-0.0235 Rb, %0.4071-0.0189 Sr, %0.0181-0.0117 Sn ve %0.0649-0.0224 Ba elementleri bulunmuştur.. Çevik ve ark. (2003) Akçaabat tütününü ve külünü EDXRF tekniği ile analiz etmişler ve tütün analizinde Fe (%0.156), Br (%0.028), Sr (%0.007), Ba (%0.009), K (%11.8), Ca (%2.99) elementleri ve tütünün külünün analizinde ise aynı elementler için sırasıyla %0.211, %0.030, %0.030, %0.025, %28.2 ve %9.27 konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Araştırmamızdaki elemental analiz sonuçları da çizelge 5.1-5.4' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. AF1, AF2 ve AF3 nolu numunelerin WDXRF analiz sonuçları

	AF 1	AF 2	AF 3
Al	0.1420±0.001 %	0.1305±0.001 %	0.1402±0.001 %
P	0.3366± 0.034 %	0.2834±0.003 %	0.2773±0.003 %
S	0.5207± 0.052 %	0.3904±0.004 %	0.5139±0.005 %
Cl	0.7681±0.077 %	0.1031±0.001 %	0.8356±0.008 %
K	56.776±567.8 %	44.431±444.3 %	45.441±454.4 %
Ca	41.035±410.4 %	34.675±346.8 %	46.947±469.5 %
Ti	0.0186±0.001 %	-	0.0121±0.001 %
Mn	0.0382±0.001 %	0.0228±0.001 %	0.0317±0.001 %
Fe	0.1270±0.001 %	0.1188±0.001 %	0.0997±0.001 %
Cu	0.0036±0.001 %	0.0027±0.001 %	0.0041±0.001 %
Zn	0.0079±0.001 %	0.0056±0.001 %	0.0072±0.001 %
Br	0.0060±0.001 %	0.0098±0.001 %	0.0063±0.001 %
Sr	0.0132±0.001 %	0.0117±0.001 %	-
Y	0.0011±0.001 %	-	0.0011±0.001 %
Zr	-	0.0013±0.001 %	-
Mo	0.0012±0.001 %	-	-
In	-	0.2604±0.003 %	-

Çizelge 5.2. AF4, AF5 ve AF6 nolu numunelerin WDXRF analiz sonuçları

	AF 4	AF 5	AF 6
Al	0.1617±0.001 %	0.1187±0.001 %	0.1408±0.001 %
P	0.3092±0.003 %	0.3319±0.003 %	0.2941±0.003 %
S	0.4238±0.004 %	0.4561±0.005 %	0.4687±0.005 %
Cl	0.9482±0.009 %	0.6636±0.007 %	0.1125±0.001 %
K	53.507±535.0 %	51.910±519.1 %	48.496±485.0 %
Ca	42.012±420.1 %	36.338±363.4 %	39.586±395.6 %
Ti	0.0156±0.001 %	0.0155±0.001 %	0.0135±0.001 %
Mn	0.0306±0.001 %	0.0306±0.001 %	0.0270±0.001 %
Fe	0.1122±0.001 %	0.1086±0.001 %	0.0958±0.001 %
Ni	-	0.0025±0.001 %	-
Cu	0.0025±0.001 %	0.0028±0.001 %	0.0026±0.001 %
Zn	0.0055±0.001 %	0.0058±0.001 %	0.0054±0.001 %
Br	0.0075±0.001 %	0.0065±0.001 %	0.0084±0.001 %
Rb	-	-	0.0046±0.001 %
Sr	0.0126±0.001 %	0.0136±0.001 %	0.0132±0.001 %
Y	0.0008±0.001 %	0.0010±0.001 %	-
Zr	-	-	0.0015±0.001 %
In	-	0.3008±0.003 %	-

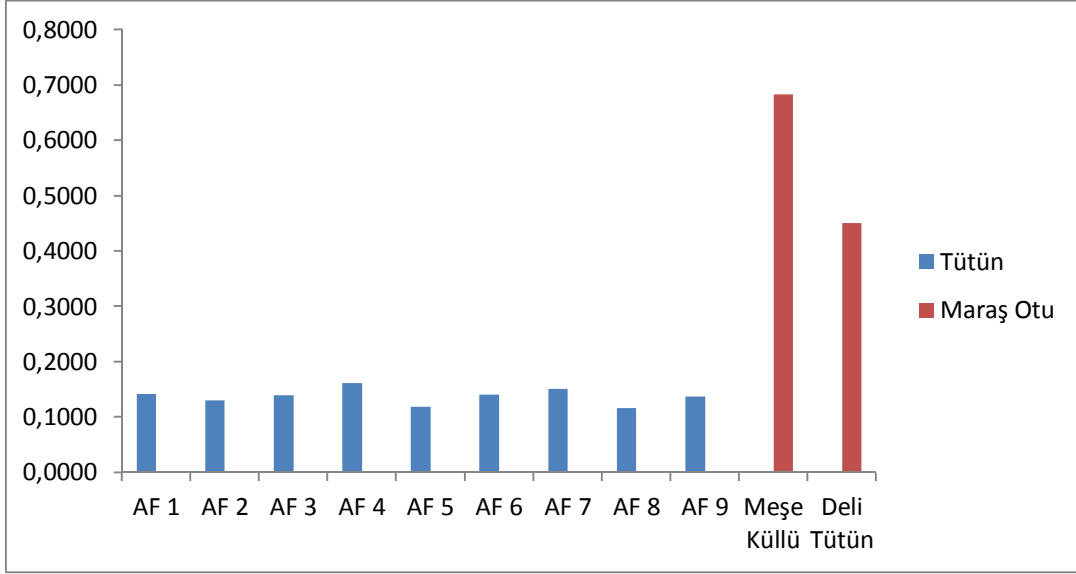
Çizelge 5.3. AF7, AF8 ve AF9 nolu numunelerin WDXRF analiz sonuçları

	AF 7	AF 8	AF 9
Al	0.1512±0.001 %	0.1169±0.001 %	0.1396±0.001 %
P	0.3279±0.003 %	0.3129±0.003 %	0.3163±0.003 %
S	0.4754±0.005 %	0.4611±0.005 %	0.4681±0.005 %
Cl	0.7983±0.008 %	0.7407±0.007 %	0.7616±0.008 %
K	53.380±533.8 %	50.613±506.1 %	54.082±540.9 %
Ca	37.600±376.0 %	35.376±353.8 %	38.465±384.7 %
Ti	0.0187±0.001 %	0.0125±0.001 %	0.0167±0.001 %
Mn	0.0281±0.001 %	0.0236±0.001 %	0.0260±0.001 %
Fe	0.1206±0.001 %	0.0896±0.001 %	0.1060±0.001 %
Cu	0.0028±0.001 %	0.0028±0.001 %	0.0038±0.001 %
Zn	0.0070±0.001 %	0.0063±0.001 %	0.0135±0.001 %
Br	0.0060±0.001 %	0.0073±0.001 %	0.0090±0.001 %
Sr	0.0114±0.001 %	0.0125±0.001 %	0.0133±0.001 %
Y	0.0016±0.001 %	-	-
Zr	0.0010±0.001 %	-	-

Çizelge 5.4. Maraş otu numunelerinin WDXRF analiz sonuçları

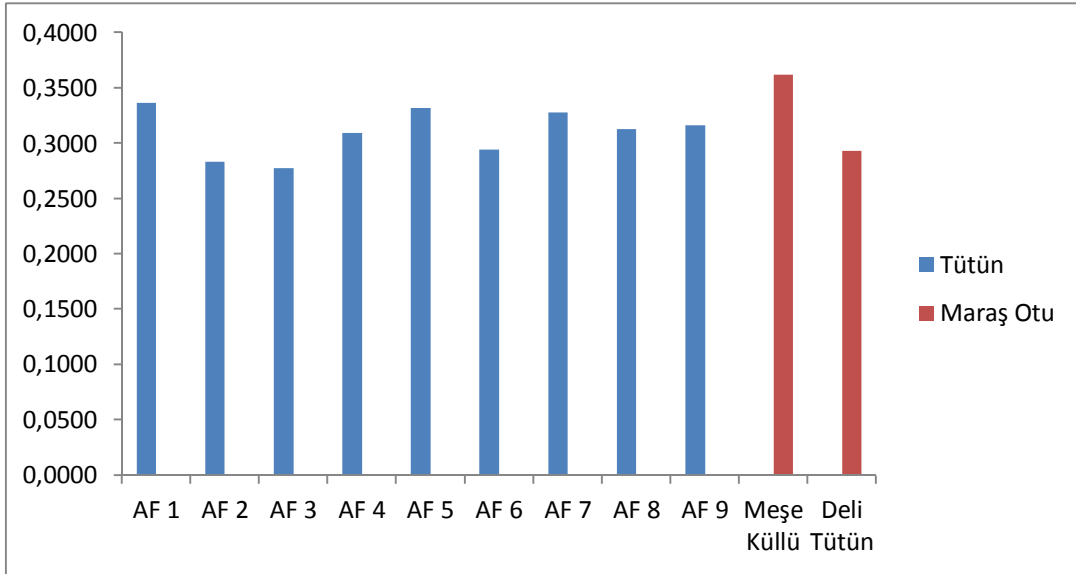
	Meşe Külü Karışımı	Deli Tütün
Al	0.6837±0.007 %	0.4508±0.005 %
P	0.3618±0.004 %	0.2931±0.003 %
S	0.715±0.007 %	0.5818±0.006 %
Cl	0.4536±0.005 %	0.4684±0.005 %
K	47.606±476.1 %	31.570±315.7 %
Ca	22.071±220.1 %	47.836±478.4 %
Ti	0.0577±0.001 %	0.0248±0.001 %
Mn	0.0803±0.001 %	0.0246±0.001 %
Fe	0.4562±0.005 %	0.3100±0.003 %
Ni	0.0062±0.001 %	0.0027±0.001 %
Cu	0.0080±0.001 %	-
Zn	0.0076±0.001 %	0.0023±0.001 %
As	-	0.0015±0.001 %
Br	0.0059±0.001 %	0.0120±0.001 %
Sr	0.0548±0.001 %	0.0071±0.001 %
Y	0.0017±0.001 %	0.0008±0.001 %
Zr	-	0.0012±0.001 %

Tütün ve Maraş otu numunelerinin hepsinde mevcut olan; Alüminyum, fosfor, kükürt, klor, potasyum, kalsiyum, mangan, demir, bakır, brom ve çinko elementlerinin numunelerdeki elemental konsantrasyonlarının numunelere göre değişimi Şekil 5.1–Şekil 5.11 verilmiştir.



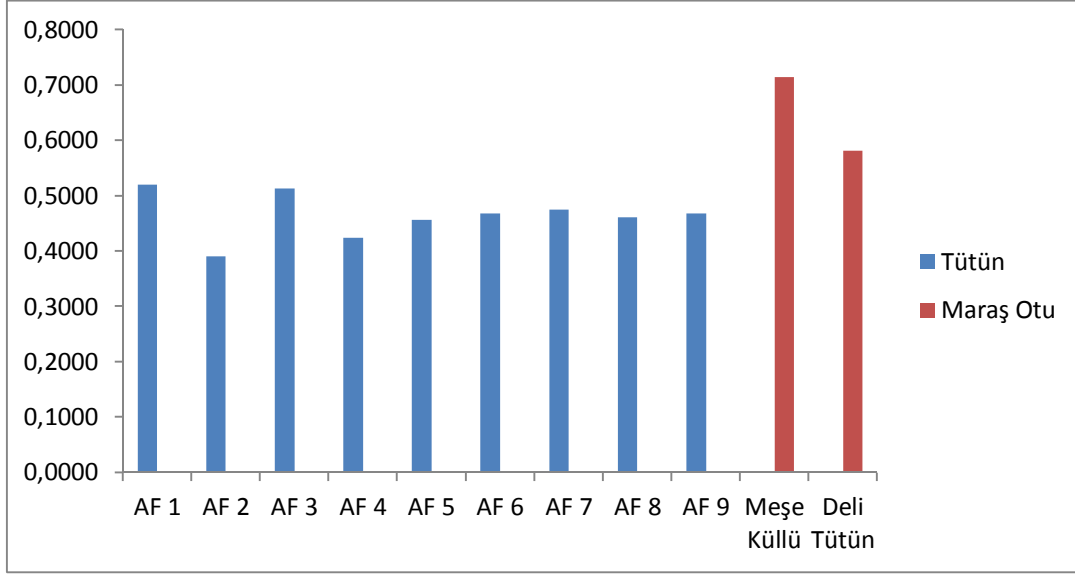
Şekil 5.1 Numunelerdeki alüminyum konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.1’ den görüldüğü gibi alüminyum konsantrasyonu %0.1169–0.6837 aralığındadır. En düşük Al miktarı 0.1031 ile AF8 numunesinde, en yüksek Al miktarı ise 0.4670 ile meşe küllü karışumlu Maraş otu örneğinde bulunmuştur.



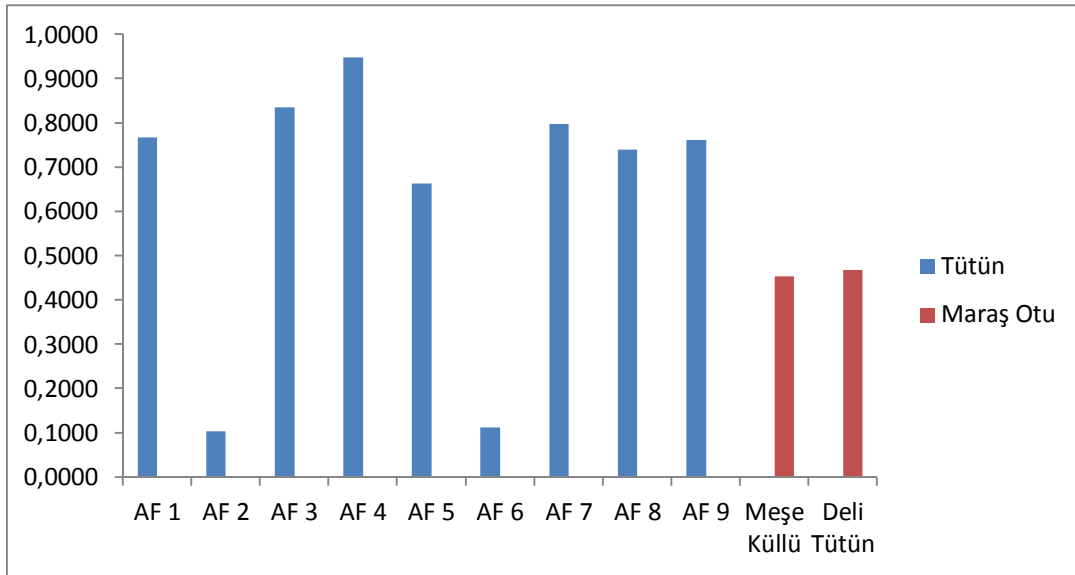
Şekil 5.2 Numunelerdeki fosfor konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.2’ den görüldüğü gibi fosfor konsantrasyonu %0.2773–0.3618 aralığındadır. En düşük P miktarı 0.2773 ile AF3 numunesinde, en yüksek P miktarı ise 0.3618 ile meşe küllü karışumlu Maraş otu örneğinde bulunmuştur.



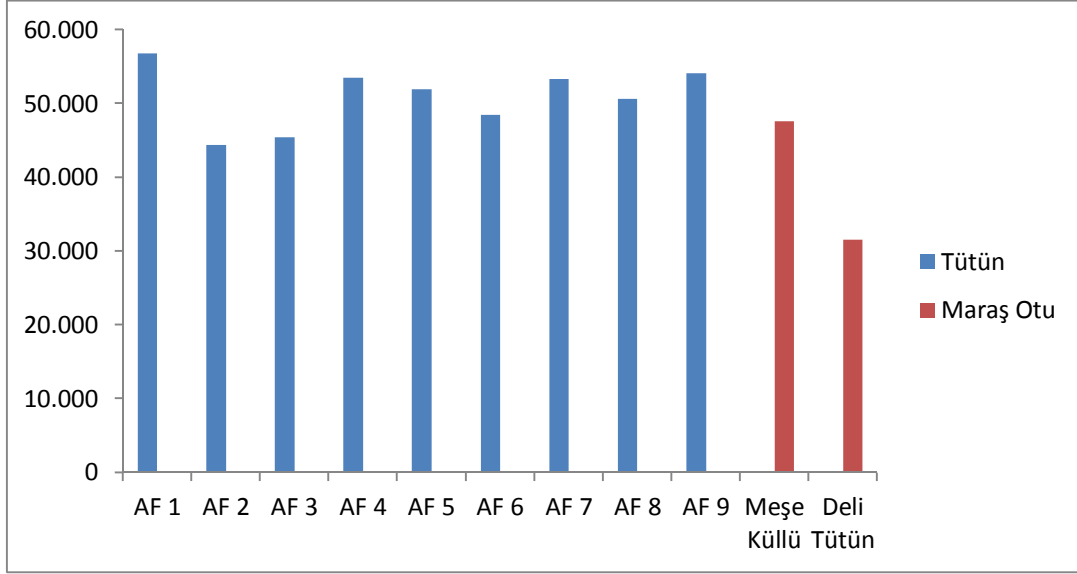
Şekil 5.3 Numunelerdeki kükürt konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.3' den görüldüğü gibi kükürt konsantrasyonu %0.3904 – 0.7150 aralığındadır. En düşük S miktarı 0.3904 ile AF2 numunesinde, en yüksek S miktarı ise 0.7150 ile meşe küllü karışımı Maraş otu örneğinde bulunmuştur.



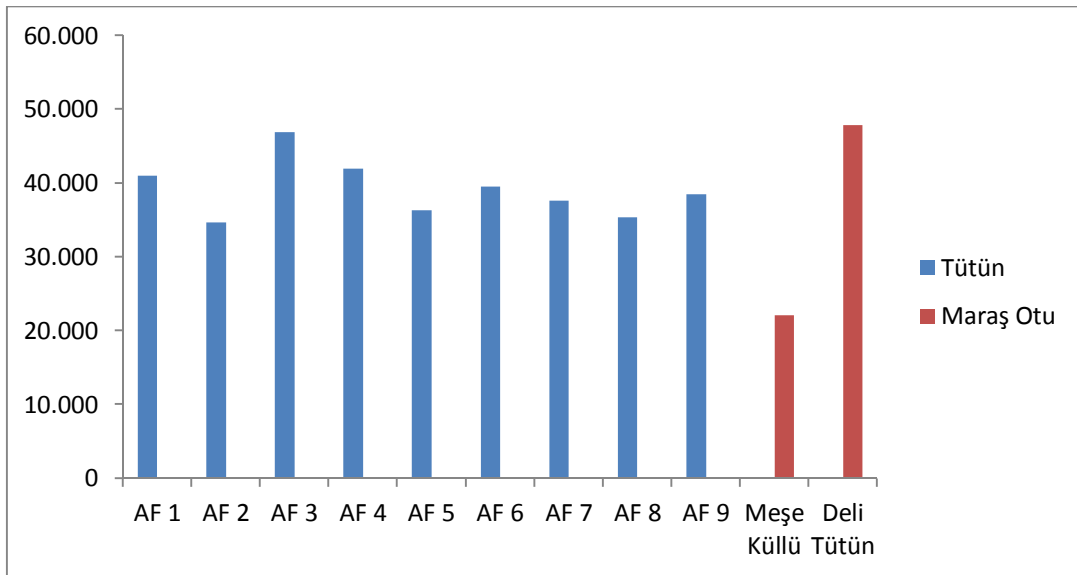
Şekil 5.4 Numunelerdeki klor konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.4' den görüldüğü gibi klor konsantrasyonu %0.1031 – 0.9482 aralığındadır. En düşük Cl miktarı 0.1031 ile AF2 örneğinde, en yüksek Cl miktarı ise 0.9482 ile AF4 numunesinde bulunmuştur.



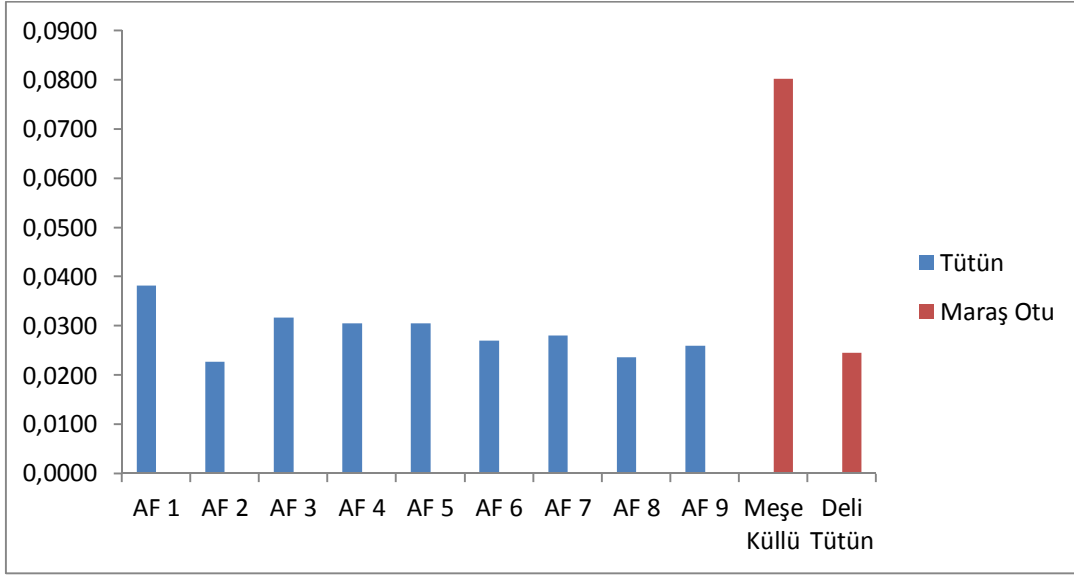
Şekil 5.5 Numunelerdeki potasyum konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.5' dan görüldüğü gibi potasyum miktarı %31.570 – 56.776 aralığındadır. En düşük K miktarı 31.570 ile deli tütün numunesinde, en yüksek K miktarı ise 56.776 ile AF1 örneğinde bulunmuştur.



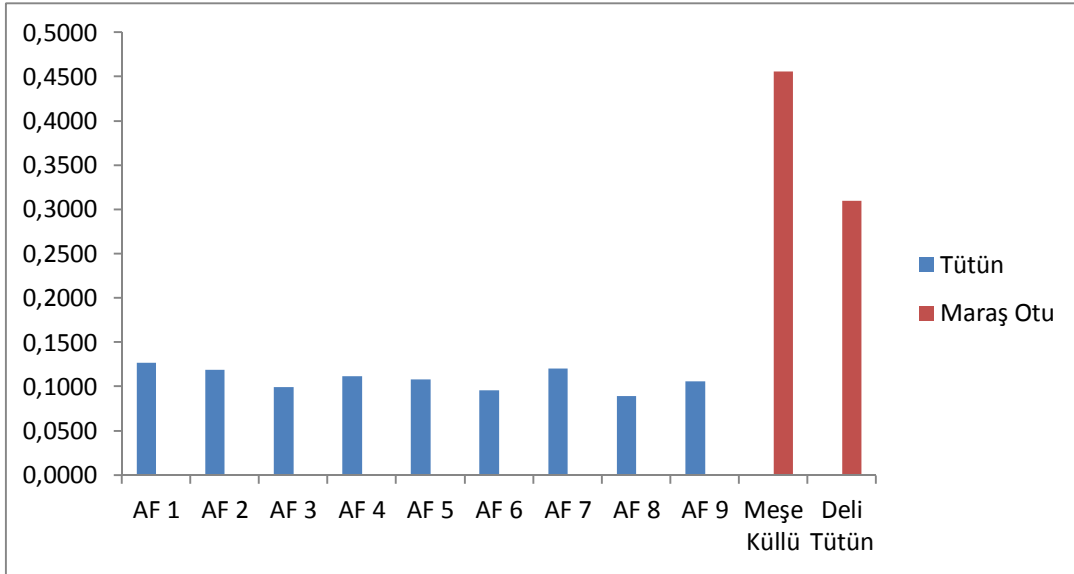
Şekil 5.6 Numunelerdeki kalsiyum konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.6' den görüldüğü gibi kalsiyum miktarı %22.071 – 47.836 aralığındadır. En düşük Ca miktarı 22.071 ile meşe küllü Maraş otu numunesinde, en yüksek Ca miktarı ise 47.836 ile deli tütün örneğinde bulunmuştur.



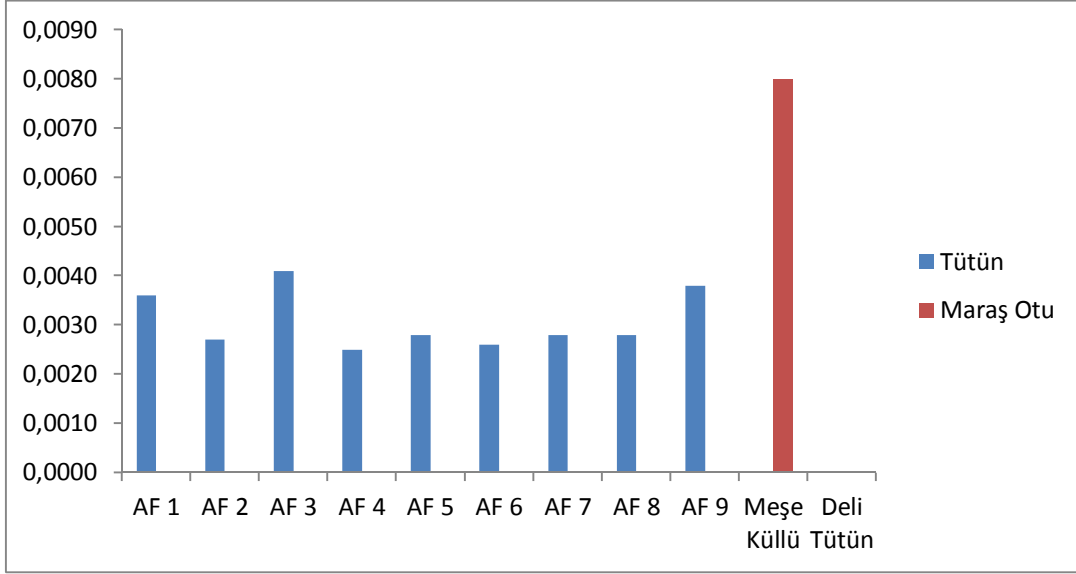
Şekil 5.7 Numunelerdeki mangan konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.7' den görüldüğü gibi mangan konsantrasyonu %0.0228 – 0.0803 aralığındadır. En düşük Mn miktarı 0.0228 ile AF2, en yüksek Mn miktarı ise 0.0803 ile meşe küllü Maraş otu örneğinde bulunmuştur.



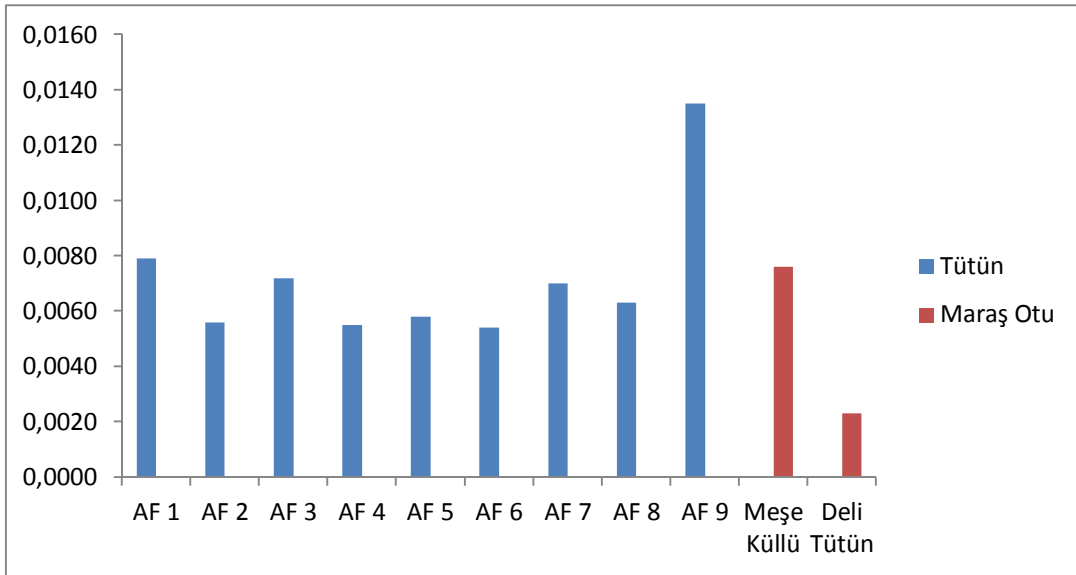
Şekil 5.8 Numunelerdeki demir konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.8' dan görüldüğü gibi demir konsantrasyonu %0.0896 – 0.4562 aralığındadır. En düşük Fe miktarı 0.0896 ile AF8 numunesinde, en yüksek Fe miktarı ise 0.4562 ile meşe küllü karışimli Maraş otu örneğinde bulunmuştur.



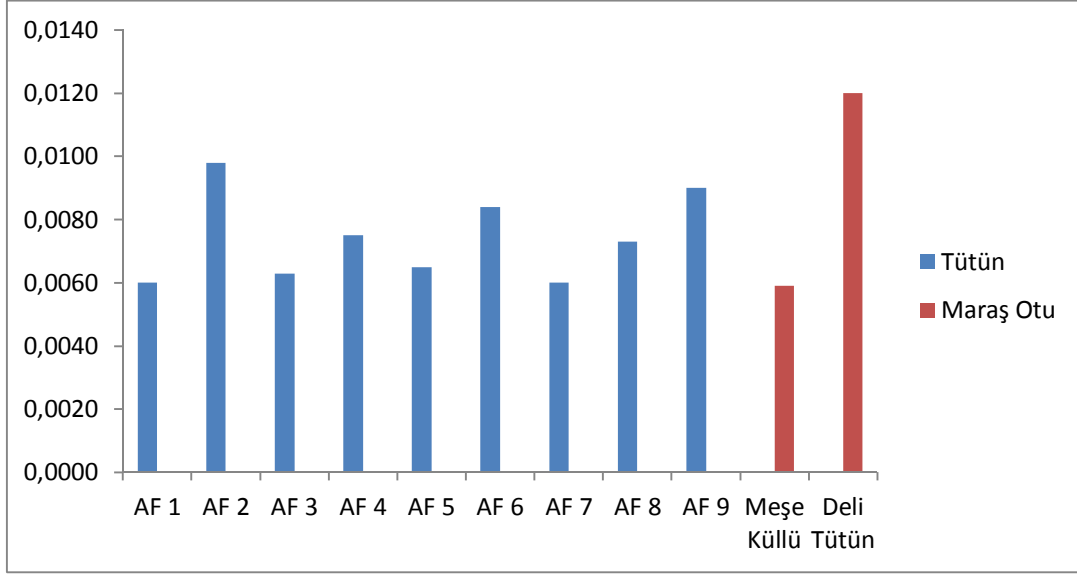
Şekil 5.9 Numunelerdeki bakır konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.9' dan görüldüğü gibi bakır konsantrasyonu %0–0.0080 aralığındadır. En yüksek Cu miktarı ise 0.0080 ile meşe küllü karışımli Maraş otu örneğinde bulunmuştur.



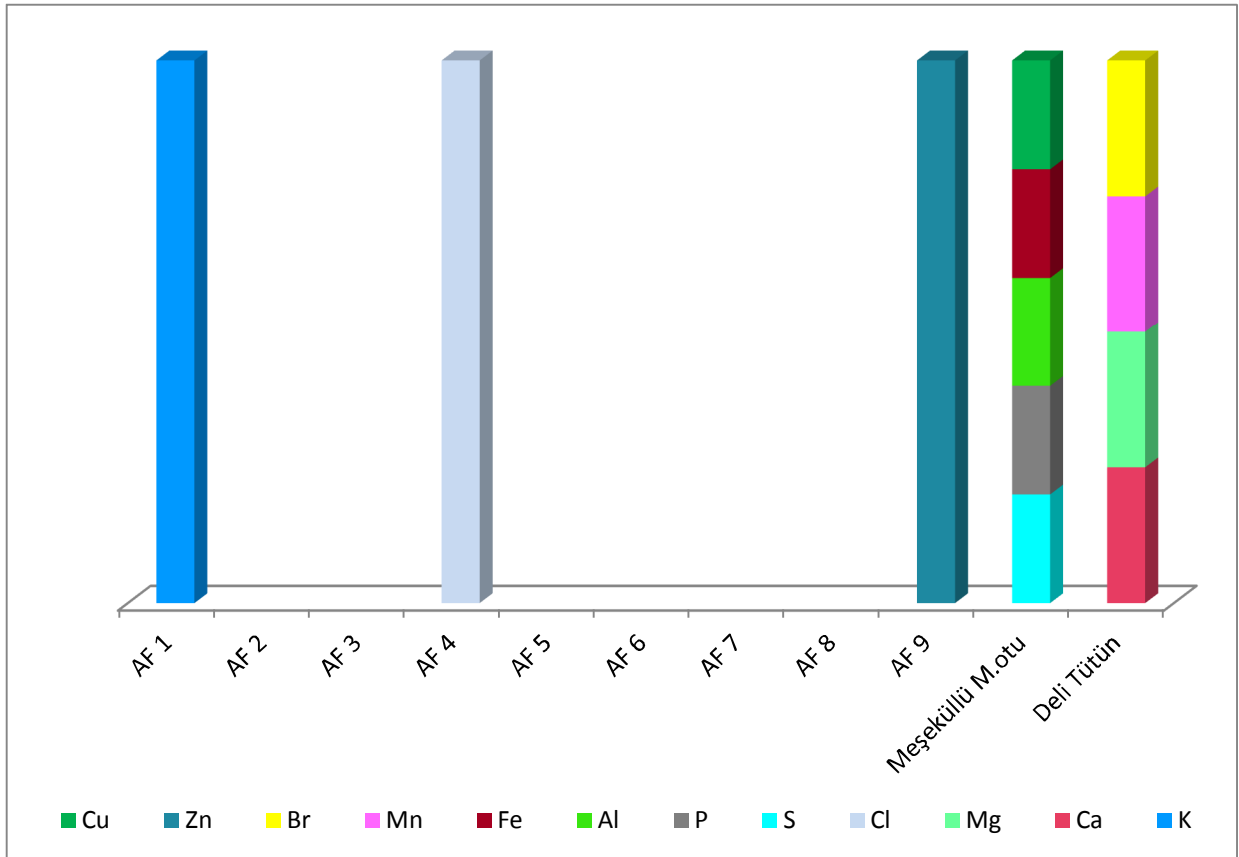
Şekil 5.10 Numunelerdeki çinko konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.10' den görüldüğü gibi çinko konsantrasyonu %0.0023 – 0.0135 aralığındadır. En düşük Zn miktarı 0.0023 ile deli tütün numunesinde, en yüksek Zn miktarı ise 0.0135 ile AF9 örneğinde bulunmuştur.



Şekil 5.11 Numunelerdeki brom konsantrasyonunun örneklere göre değişimi

Şekil 5.11’ den görüldüğü gibi brom konsantrasyonu %0.0059 – 0.0120 aralığındadır. En düşük Br miktarı 0.0059 ile meşe külü karışımı Maraş otu numunesinde, en yüksek Br miktarı ise 0.0120 ile deli tütün örneğinde bulunmuştur. Şekil 5.13’de en fazla element konsantrasyonu bulunan numuneler verilmiştir.



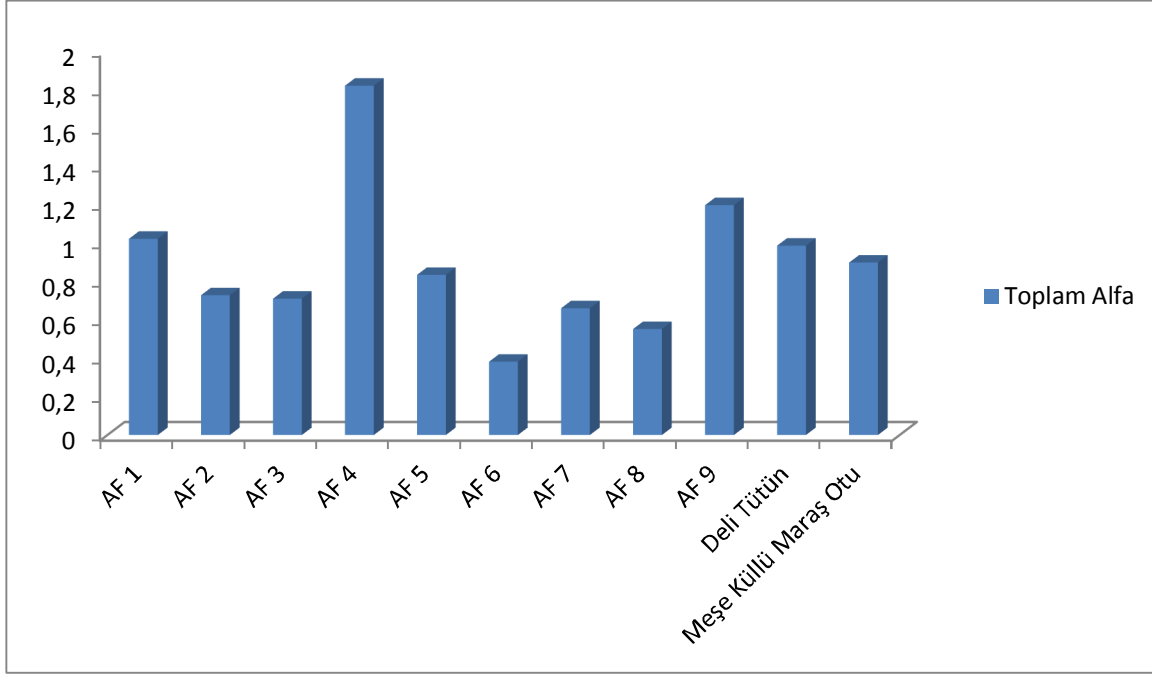
Şekil 5.12. En fazla element konsantrasyonu bulunan numuneler

5.2. TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE SEVİYELERİ

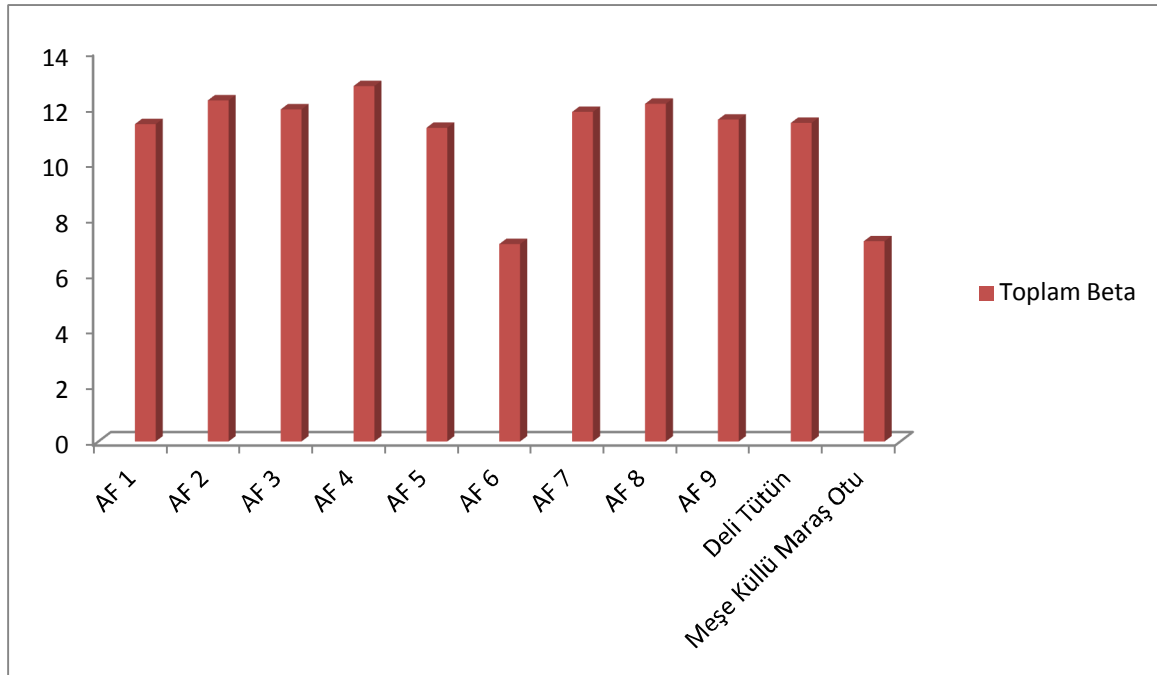
Numunelerin toplam alfa ve beta aktivite konsantrasyonları PIC-MPC 9604, UK sistemiyle ölçülmüştür. Sigara tütünü numunelerinde, deli tütünde ve meşe külü karıştırılmış Maraş otundaki toplam alfa ve beta aktivite konsantrasyonlarının bulunan değerleri çizelge 5.5. ve bu aktivite konsantrasyonlarının numunelere göre değişimi şekil 5.13-5.14'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları

Numuneler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
AF 1	1.022 ± 0.607	11.391 ± 5.232
AF 2	0.728 ± 0.432	12.243 ± 5.622
AF 3	0.710 ± 0.422	11.919 ± 5.474
AF 4	1.819 ± 1.123	12.758 ± 5.860
AF 5	0.834 ± 0.495	11.260 ± 5.171
AF 6	0.382 ± 0.226	7.087 ± 3.255
AF 7	0.660 ± 0.394	11.831 ± 5.434
AF 8	0.552 ± 0.349	12.122 ± 5.568
AF 9	1.197 ± 0.744	11.555 ± 5.309
Deli Tütün	0.986 ± 0.584	11.436 ± 5.252
Meşe külü karışımı Maraş otu	0.898 ± 0.558	7.188 ± 3.304

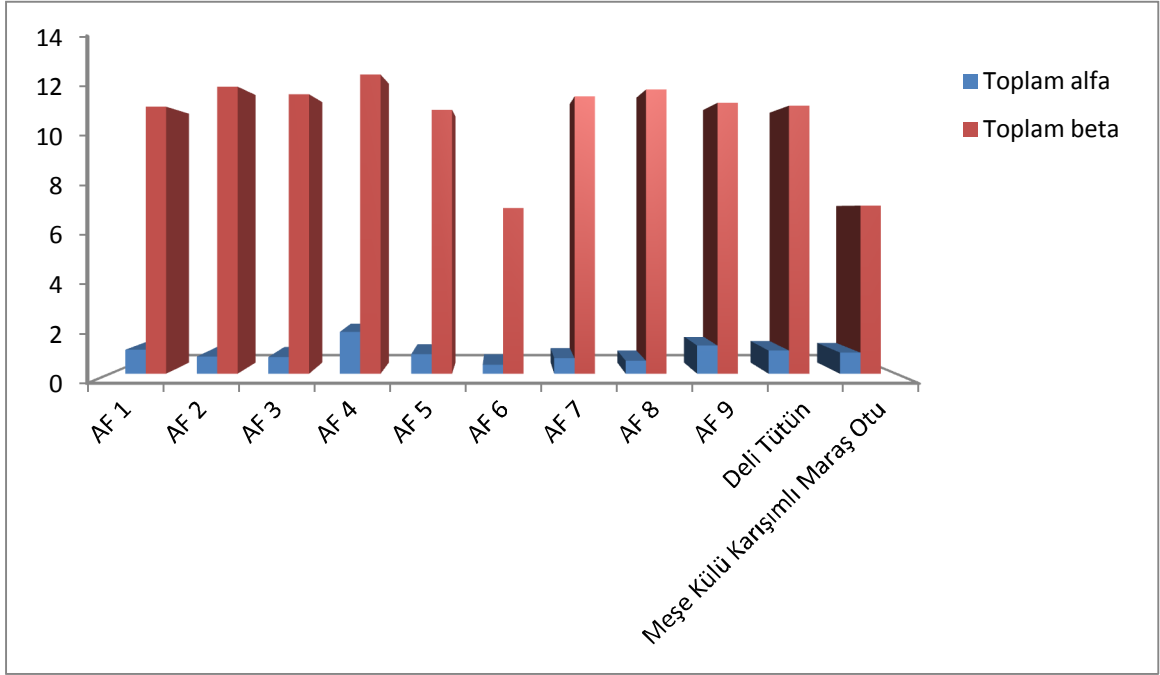


Şekil 5.13 Toplam alfa aktivite seviyelerinin numunelere göre değişimi



Şekil 5.14 Toplam beta aktivite seviyelerinin numunelere göre değişimi

Çizelge 5.5, şekil 5.13 -14' den de görüldüğü gibi tütün ve Maraş otu örneklerinin toplam alfa aktivite seviyeleri 0.382 ± 0.226 Bq/g ile 1.819 ± 1.123 Bq/g arasında, toplam beta aktivite seviyeleri ise 7.087 ± 3.255 Bq/g ile 12.758 ± 5.860 Bq/g arasında değişmektedir.



Şekil 5.15 Toplam alfa-beta aktivite seviyelerinin numunelere göre değişimi

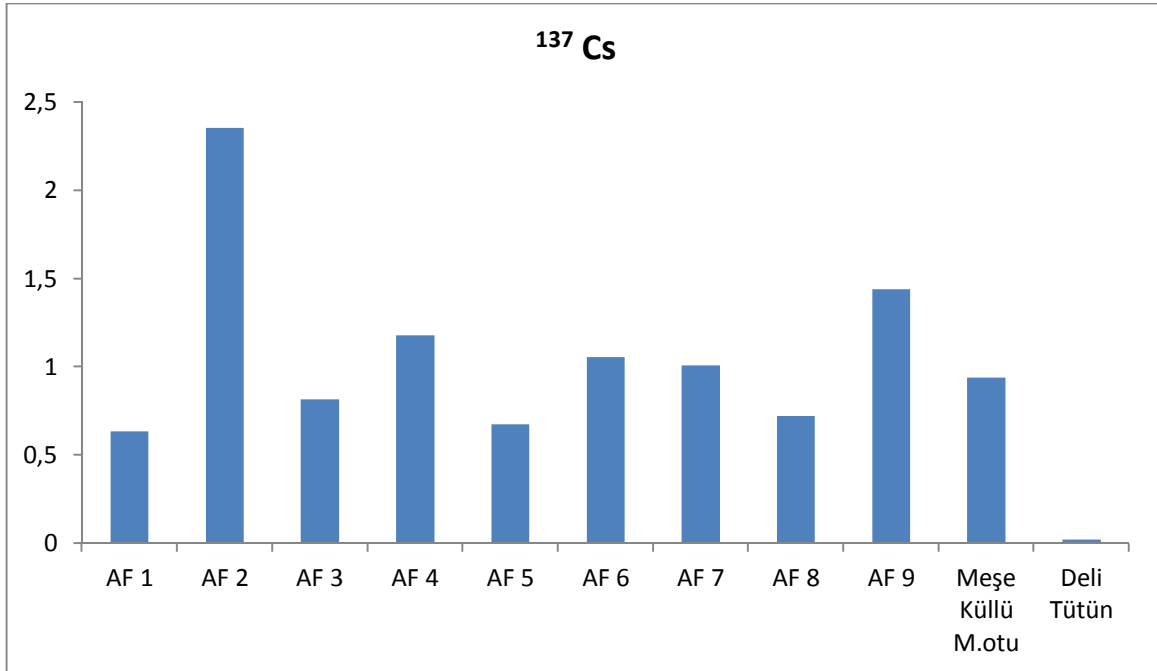
En düşük toplam alfa aktivite seviyesi 0.382 ± 0.226 Bq/g ile AF 6 nolu numunede, en yüksek toplam alfa aktivite seviyesinin ise 1.819 ± 1.123 Bq/g ile AF 4 nolu numune ölçülmüştür. En düşük toplam beta aktivite seviyesi 7.087 ± 3.255 Bq/g ile AF 6 nolu numunede, en yüksek toplam beta aktivite seviyesinin ise 12.758 ± 5.860 Bq/g ile AF 4 nolu numunede bulunmuştur.

5.3 TÜTÜN VE MARAŞ OTU NUMUNELERİNİN ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr RADYONÜKLİD KONSANTRASYONLARI

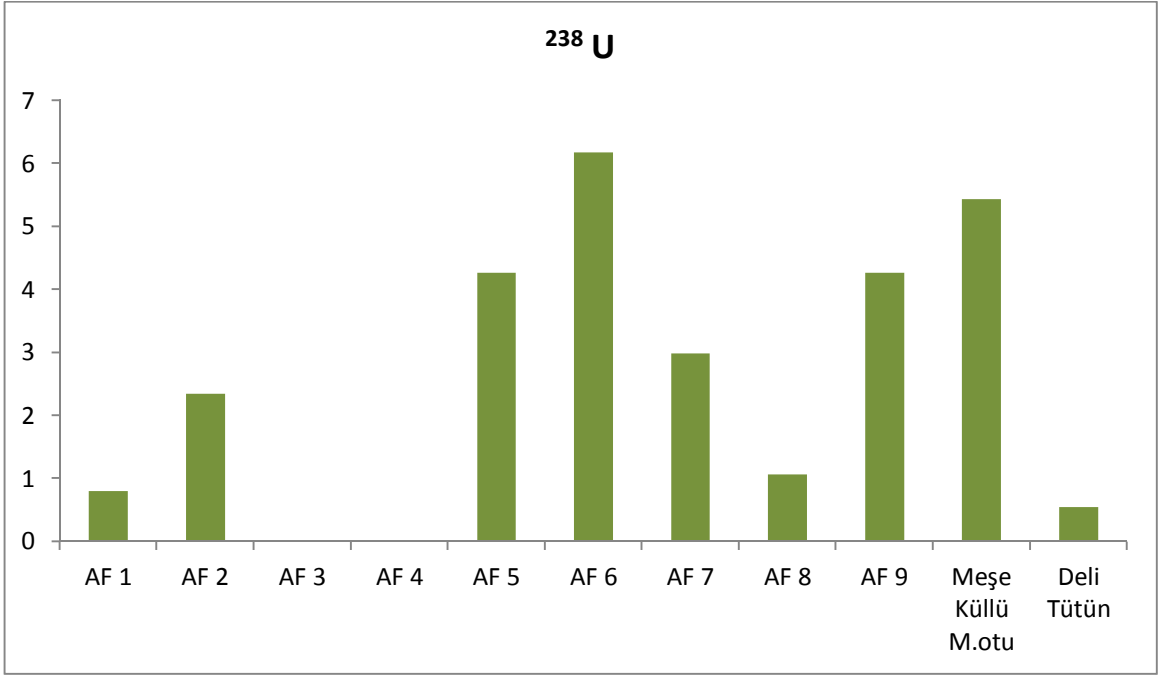
Tütün ve Maraş otu numunelerinin ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr radyonüklid konsantrasyonları, ORTEC firması tarafından üretilen, düşük düzeyli gamma sayımı yapan $7.62 \text{ cm} \times 7.62 \text{ cm}$ NaI (TI) spektrometresi ile ölçülmüştür. Bulunan sonuçlar çizelge 5.6' da ve radyonüklid konsantrasyonlarının numunelere göre değişimleri ise şekil 5.16–5.20'de verilmiştir.

Çizelge 5.6 Numunelerin ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr radyonüklid konsantrasyonları

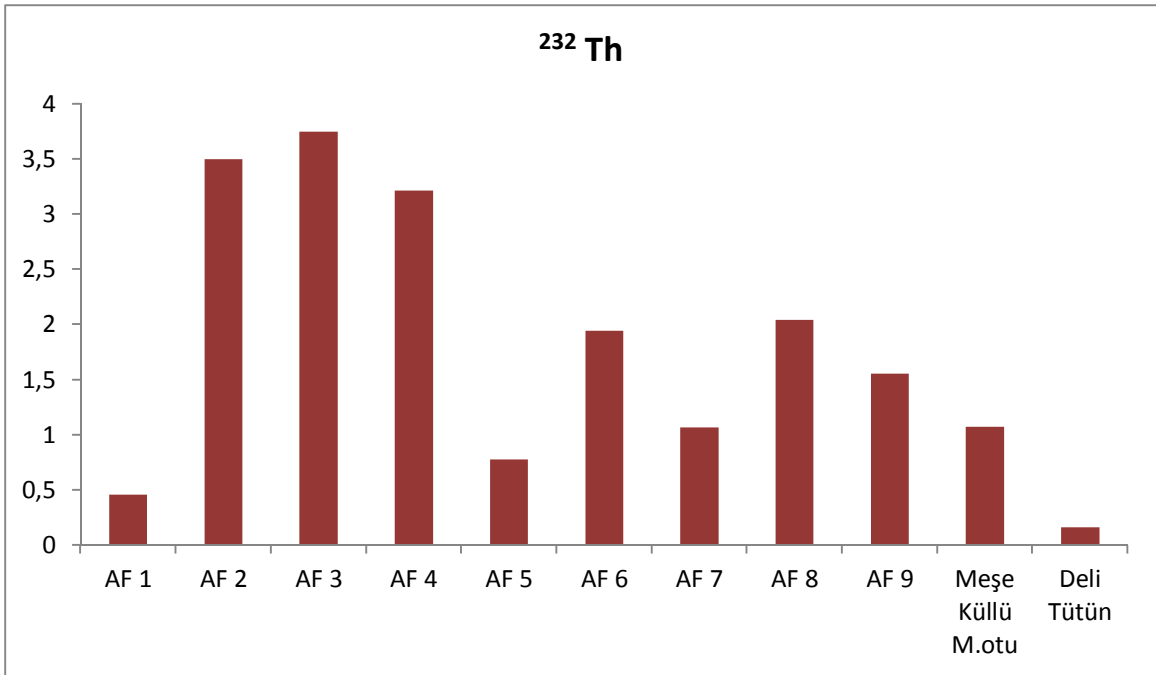
Numuneler	Radyonüklid konsantrasyonları (Bq kg ⁻¹)				
	^{137}Cs	^{238}U	^{232}Th	^{40}K	^{90}Sr
AF1	0.635 ± 0.385	0.805 ± 0.569	0.459 ± 0.389	56.333 ± 41.207	0.901 ± 0.531
AF2	2.355 ± 0.612	2.344 ± 0.904	3.501 ± 2.476	55.533 ± 43.631	1.073 ± 1.405
AF3	0.817 ± 0.077	-	3.748 ± 3.429	-	1.261 ± 1.147
AF4	1.180 ± 0.128	-	3.215 ± 0.649	9.713 ± 2.747	0.300 ± 0.000
AF5	0.673 ± 0.272	4.262 ± 2.411	0.778 ± 0.275	-	2.305 ± 1.012
AF6	1.057 ± 0.000	6.181 ± 3.918	1.945 ± 1.926	10.284 ± 8.726	0.755 ± 0.618
AF7	1.009 ± 0.204	2.984 ± 0.603	1.069 ± 0.137	8.227 ± 0.000	0.159 ± 0.000
AF8	0.721 ± 0.339	1.066 ± 0.301	2.042 ± 0.963	-	-
AF9	1.442 ± 0.136	4.262 ± 1.808	1.557 ± 0.000	6.170 ± 2.909	0.835 ± 0.281
Deli Tütün	0.939 ± 0.519	5.435 ± 1.025	1.075 ± 1.052	-	0.709 ± 0.048
Meşe Küllü Maraş otu	0.023 ± 0.000	0.549 ± 0.177	0.160 ± 1.113	2.894 ± 2.387	0.019 ± 0.007



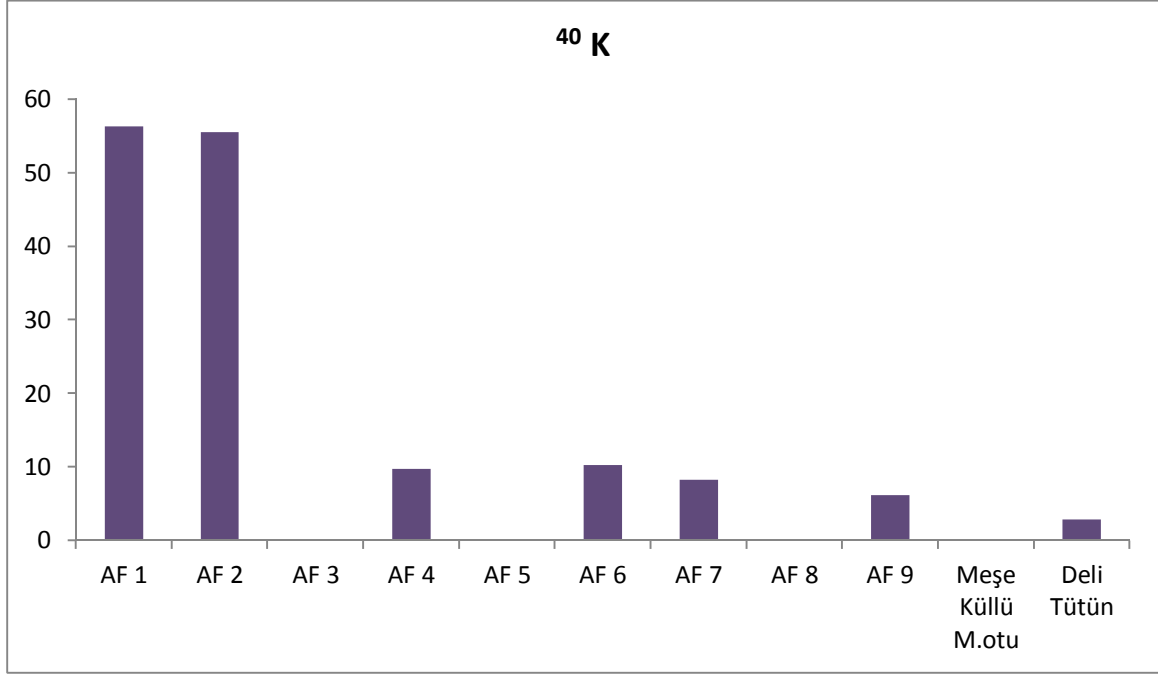
Şekil 5.16 ^{137}Cs radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi



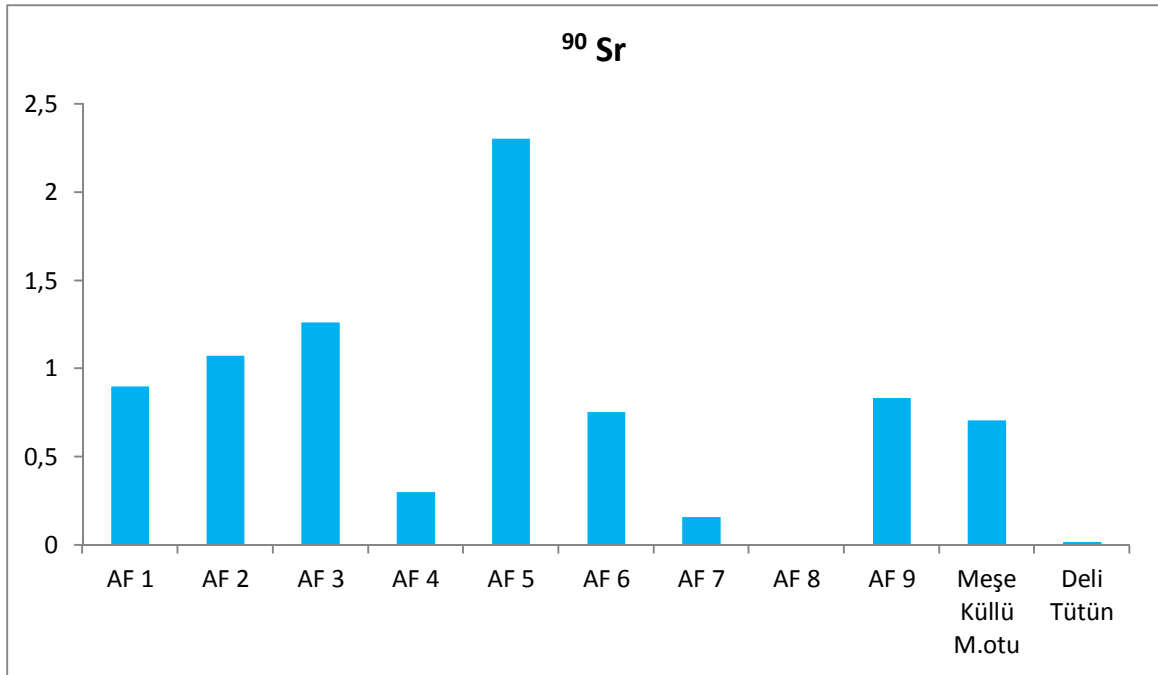
Şekil 5.17 ^{238}U radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi



Şekil 5.18 ^{232}Th radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi



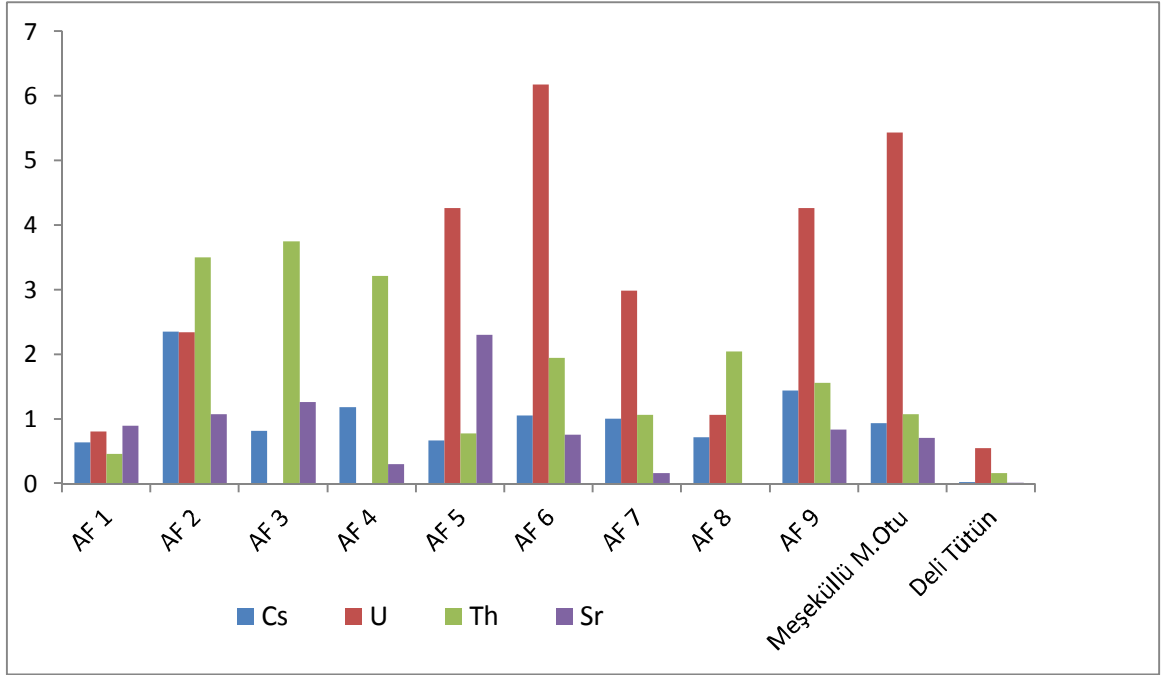
Şekil 5.19 ⁴⁰K radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi



Şekil 5.20 ⁹⁰Sr radyonüklid konsantrasyonunun numunelere göre değişimi

Çizelge 5.6 incelendiğinde;

- Endüşük ^{137}Cs radyonüklid konsantrasyonu meşe küllü Maraş otu örneğinde, en yüksek ^{137}Cs radyonüklid konsantrasyonu ise AF2 örneğinde,
- En düşük ^{238}U radyonüklid konsantrasyonu meşe küllü Maraş otu örneğinde, en yüksek ^{238}U konsantrasyonu ise AF6 örneğinde,
- En düşük ^{232}Th radyonüklid konsantrasyonu meşe küllü Maraş otu örneğinde, en yüksek ^{232}Th konsantrasyonu ise AF3 örneğinde,
- En düşük ^{90}Sr radyonüklid konsantrasyonu meşe küllü Maraş otu örneğinde, en yüksek ^{90}Sr konsantrasyonu ise AF1 örneğinde bulunmuştur.
- En düşük ^{90}Sr konsantrasyonu meşe küllü Maraş otu örneğinde, en yüksek ^{90}Sr konsantrasyonu ise AF3 örneğinde olduğu görülür.



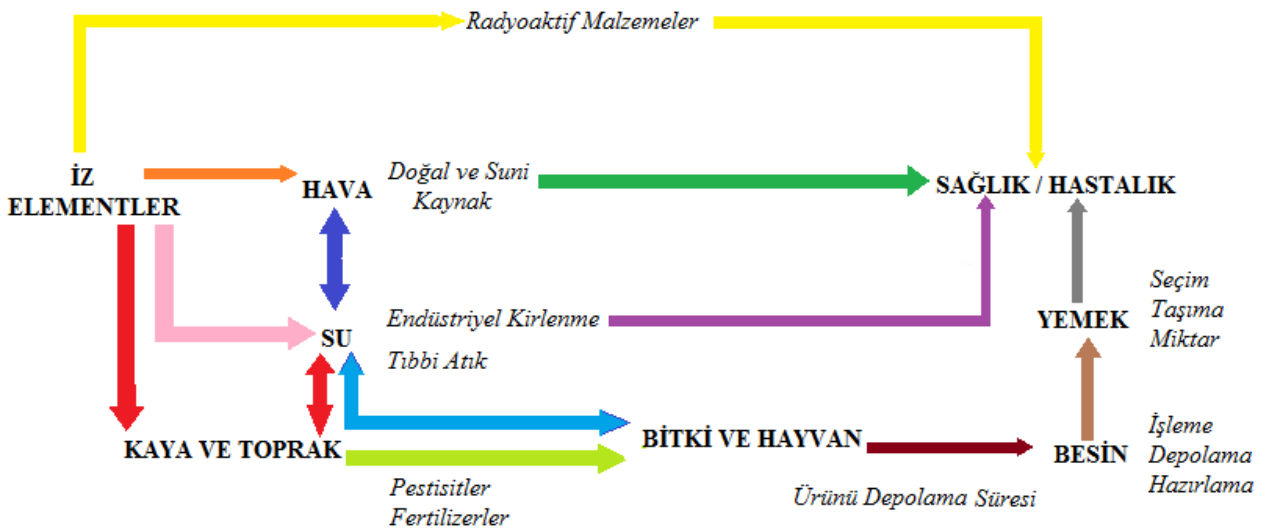
Şekil5.21 Cs, U, Th ve Sr konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çizelge 5.6. göz önüne alındığında numunelerdeki ^{137}Cs değerlerinin çok farklı olmadığı görülürken, ^{40}K konsantrasyonlarının ise oldukça farklı olduğu görülmektedir.

6.SONUÇLAR

Maraş otu ve bazı tütün ürünlerinde doğal radyoaktivite tayini adlı bu araştırmada, numunelerinin elemental konsantrasyonları, toplam alfa-beta aktivite konsantrasyonları ve radyonüklid konsantrasyonları ölçülmüştür. Numunelerin elemental analizleri sonucunda bulunan elementlerin insan sağlığına olumlu ve olumsuz etkileri aşağıda verilmiştir. Aynı şekilde numunelerde ölçülen toplam alfa-beta aktivite konsantrasyonları ve radyonüklid konsantrasyonları da yorumlanmıştır.

Literatürde tütün ve Maraş otu ilgili araştırmaların olmasına rağmen, bu araştırmada konu daha geniş ve derinlemesine araştırılmış olup, numunelerin elemental analizlerinin yanı sıra, toplam alfa-beta aktivite konsantrasyonları ve radyonüklid konsantrasyonlarının da ölçülmüş olması araştırmaya orijinallik vermektedir. Şekil 6.1’ de elementlerin ve radyoaktivitenin insan vücuduna alım şekli verilmiştir.



Şekil 6.1 Elementlerin ve radyoaktivitenin insan vücuduna alım şekli (Karahan, 1997)

Tütün ve Maraş otu numunelerinin elemental analizlerinde bulunan maddelerin konsantrasyonları çizelge 5.1-5.4’de verilmiş olup, bulunan elementlerin biyolojik ve fizyolojik zararları da burada verilmiştir. Tütünlerin yetiştirildiği topraklar ve sulandığı su gibi birçok faktör tütünün elemental konsantrasyonunu, toplam alfa-beta aktivite konsantrasyonlarını ve radyonüklid konsantrasyonlarını etkileyebilmektedir.

Ağır metal ya da radyoaktif element barındırma bakımından en zararlı ve en zararsız numune kıyaslamasının yapılamamasının en önemli nedeni, sigara fabrikalarının tütünleri hangi bölgeden aldıklarının ve hangi işlemlere tâbi tuttuklarının bilinmemesidir.

6.1. Numunelerin Element Konsantrasyonlarındaki Elementlerin Zararları

Tütün ve Maraş otu numunelerinde yapılan elemental analiz sonucunda rastlanan elementlerin insan sağlığına bilinen zararları ve neden oldukları hastalıklar, sorunlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Alüminyum (Al):

Şekil 5.1' den görüldüğü gibi alüminyum konsantrasyonu % 0.1169 – 0.6837 aralığındadır. En düşük Al miktarı 0.1031 ile AF8 nolu numunede, en yüksek Al miktarı ise 0.4670 ile meşe külü karışımı Maraş otu örneğinde bulunmuştur. İyice bölünmüş alüminyum ve alüminyum oksit tozunun solunmasının pulmonerfibrosise ve akciğer hasarına neden olduğu rapor edilmiştir. Bu etki, Shaver Hastalığı olarak bilinmektedir, silis ve demir oksitleri içeren solunmuş havanın varlığı ile karmaşıklaşmaktadır. Bu kimi zaman Alzheimer hastalığıyla ilişkilendirilebilmektedir. Sinir sistemi bozukluklarına neden olan alüminyum mutfak kaplarından, içme suyundan, bulaşabilmektedir. Alüminyum akciğere ve sinir sistemine etki etmektedir. Dizarti, myoklonus ve epilepsiye neden olabilir. Hemodiyaliz deneyimleri sonucunda alüminyumun beyinde zararlara yol açtığı ve Alzheimer hastalığına neden olduğu saptanmıştır (Diyalize giren hastalara yüksek dozlara alüminyum hidroksit verilmektedir). Kronik maruz kalma ile akciğer kanseri, astım görülebilir.[Web 6]

Fosfor (P)

Şekil 5.3' den görüldüğü gibi fosfor konsantrasyonu % 0.2773 – 0.3618 aralığındadır. En düşük P miktarı 0.2773 ile AF3nolu numunede, en yüksek P miktarı ise 0.3618 ile meşe külü karışımı Maraş otu örneğinde bulunmuştur. Böbrek, paratiroid bezi ve hormon düzensizliklerinde, vücuttaki fosfor dengesinde de bozulmalar olur. Kronik açlıklar, bağırsaklardaki emilim bozuklukları, alkolizm, devamlı idrar söktürücü kullanılması gibi hallerde kandaki düzeyi düşer. Tıp dilinde hipofosfatemisi olarak adlandırılan fosfor eksikliklerinde, sinir ve kas ilişkisinde aksaklıklar, kas güçsüzlüğü, kas hücresi yıkımı, beyin fonksiyonlarında bozulma, koma ve hatta ölüm bile görülebilir. [Web 6]

Kükürt (S)

Şekil 5.4' den görüldüğü gibi kükürt konsantrasyonu % 0.3904 – 0.7150 aralığındadır. En düşük S miktarı 0.3904 ile AF2 nolu numunede, en yüksek S miktarı ise 0.7150 ile meşe küllü karışımli Maraş otu örneğinde bulunmuştur. Aşırı kükürt böbreklere zarar verir. İnsan vücudu fazla kükürt alması durumunda baş ağrısı, boğaz ve mide yanması, kusma gibi belirtiler gösterir. Ayrıca, alerjik deri hastalıklarına neden olur.Kükürt fazlalığı en çok astım hastalarını olumsuz etkiler.[Web 7]

Klor (Cl)

Şekil 5.5' de görüldüğü gibi klor konsantrasyonu % 0.1031–0.9482 aralığındadır. En düşük Cl miktarı 0.1031 ile AF2nolu numunede, en yüksek Cl miktarı ise 0.9482 ile AF4 örneğinde bulunmuştur. İnsan sağlığı açısından son derece zararlı ve kanserojendir. Temasında deri kanseri, solunduğunda akciğer kanseri, yutulduğunda mide ve prostat kanseri tetikleyicisidir. Göz, kulak ve burun mukozasında ki tahriş edici etkisi, maruz kalınan zamana ve klor miktarına bağlı olarak kalıcı hasar bırakmaya kadar gidebilir.

Potasyum (K)

Şekil 5.6' de görüldüğü gibi potasyum miktarı 31.570 – 56.776 ppm aralığındadır. En düşük K miktarı 31.570 ile deli tütün numunesinde, en yüksek K miktarı ise 56.776 ile AF1 örneğinde bulunmuştur. Potasyumun kanda yüksek düzeylerde bulunması, böbrek hastalığı, ciddi yanıklar, kanamalar gibi etkenlere bağlı olarak idrar miktarının azalması hallerinde görülebilir. Genellikle fazla bir belirti vermeden kalp üzerinde toksik etkiler gösterebilir. Bu etki de bazen hayati tehlikelere yol açabilir. [Web 7]

Kalsiyum (Ca)

Şekil 5.7' de görüldüğü gibi kalsiyum miktarı 22.071– 47.836 ppm aralığındadır. En düşük Ca miktarı 22.071 ile meşe küllü Maraş otu numunesinde, en yüksek Ca miktarı ise 47.836 ile deli tütün örneğinde bulunmuştur. Kalsiyumun kandaki düzeyinin gerektiğinden fazla olması hali, genellikle, paratiroid bezinin hastalıklarında görülmektedir. Hafif dereceli yükselmeler, fazla bir belirti vermez. Bu hastalarda sık böbrek taşları görülür. Kalsiyum

yükseldikçe kas güçsüzlüğü, böbrek kireçlenmesi, kemiklerde gereğinden fazla kireç toplanması gibi durumlar belirir. [Web 7]

Titanyum (Ti)

Çizelge 5.1– 5.4’ de görüldüğü gibi titanyum elementine sigara külü örneklerinden sadece AF6 numunesinde rastlanmamıştır. Ti konsantrasyonu 0.0121–0.0577 ppm aralığındadır. En düşük Ti miktarı 0.0121 ile AF1 numunesinde, en yüksek Ti miktarı ise 0.0577 ile meşe küllü Maraş otu örneğinde bulunmuştur. [Web 6]

Krom (Cr)

Krom elementine tüm numunelerde rastlanmamıştır. Krom’ un solunması hâlinde oluşabilecek durumlar, deri dökülmeleri, mide sorunları ve ülser, solunum problemleri, zayıflamış bağışıklık sistemi, böbrek ve karaciğer hasarları, genetik materyalde değişiklik, akciğer kanseri ve ölüme dahi neden olabilir. [Web 6]

Mangan (Mn)

Şekil 5.8’ den görüldüğü gibi mangan konsantrasyonu 0.0228 – 0.1438 ppm aralığındadır. En düşük Mn miktarı 0.0228 ile AF2 numunesinde, en yüksek Mn miktarı ise 0.1438 ile deli tütün örneğinde bulunmuştur. Kemiklerin yapısına giren mangan, kepekli tahıllarda, yeşil yapraklı sebzelerde ve çayda bol miktarda bulunur. Deney amacıyla manganezden arıtılmış bir beslenmeye giren kişide kilo kaybı, bulantı, kusma, deri tahrişi, saç uzamasında yavaşlama ve saç renginde beyazlaşma görülmüş. Manganez zehirlenmesi ise beslenme ile fazla manganez alınmasıyla oluşmaz. Nadiren, manganez üretimde çalışan kişilerde ortaya çıkabilir ve Parkinson hastalığı benzeri sinir sistemi belirtileri ortaya çıkarır. [Web 6]

Demir (Fe)

Şekil 5.9’ dan görüldüğü gibi demir konsantrasyonu % 0,0896 – 0,4562 aralığındadır. En düşük Fe miktarı 0.0896 ile AF8nolu numunede, en yüksek Fe miktarı ise 0.4562 ile meşe küllü karışımli Maraş otu örneğinde bulunmuştur. Bazı hastalıklarda, gıda, tütün ya da ilaç şeklinde gereğinden fazla demir alınmasında vücutta aşırı demir birikir. Zamanında tedavi edilmezse, karaciğer sirozu, şeker hastalığı, ciltte bronz rengi, kalpte büyüme ve tahribat gibi hayati önemi olan sorunlar yaratabilir. [Web 6]

Bakır (Cu)

Şekil 5.10' dan görüldüğü gibi bakır konsantrasyonu % 0 – 0.0080 aralığındadır. En yüksek Cu miktarı e 000080 ile Meşe külü karışımı Maraş otu örneğinde bulunmuştur. Bakırın fazlası da toksik etki yapmaktadır. 15 mg'dan daha fazla elemental bakır yutulması halinde, bulantı, kusma, ishal, karın ağrısı, yaygın kas ağrıları gibi belirtiler ortaya çıkar. Zihinsel kusurlar ile koma ve ölüm de görülebilir. [Web 6]

Çinko (Zn)

Şekil 5.11' de görüldüğü gibi çinko konsantrasyonu % 0.0023 – 0.0135 aralığındadır. En düşük Zn miktarı 0.0023 ile deli tütün numunesinde, en yüksek Zn miktarı ise 0.0135 ile AF9 nolu numunede bulunmuştur. Vücuttaki çinko fazlalığı bulantı, kusma ve ishal, huzursuzluk, terleme ve titreme gibi sorunlara ve kolesterol dengesizliğine neden olabilir. Ayrıca, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve aşırı kullanımlarda tümör oluşumuna neden olur. [Web 6]

Arsenik (As)

Çizelge 5.1 – 5.4' den görüldüğü gibi arsenik elementine sadece deli tütün örneğinde rastlanmıştır. As konsantrasyonu deli tütün örneğinde 0.0015ppm bulunmuştur. Maruz kalındığında; karın krampları, hematuri ve sarılık başta olmak üzere, üşüme, titreme, ateş, ekstremitelerde soğukluk, baş, bel ve yan ağrısı gibi belirti ve bulgularla giden klinik tablo ortaya çıkar. [Web 7]

Brom (Br)

Şekil 5.12' den görüldüğü gibi brom konsantrasyonu % 0.0059 – 0.0120 aralığındadır. En düşük Br miktarı 0.0059 ile meşe külü karışımı Maraş otu numunesinde, en yüksek Br miktarı ise 0.0120 ile deli tütün örneğinde bulunmuştur. Brom, bir anti - viagra hapi gibi değerlendirilebilir. Negatif şekli Bromür (Br-) cinsel güduları durduruyor. Bromür, psikiyatrik hastalıkların her türünde ve sakinleştirici olarak kullanılırdı. Ayrıca brom içeren gazlar, iki veya daha fazla ayrı reaksiyondan oluşan katalitik çevrim içerisinde, stratosferik ozonu, yok eder. Sonuç olarak, tek bir brom atomu, başlattığı zincirleme reaksiyonlayüzlerce ozon molekülünü yok edebilir. Bu yolla, etkili klor ve bromun küçük bir miktarı ozon tabakası üzerinde, önemli bir tahrip gücüne sahiptir. [Web 6]

Stronsiyum (Sr)

Çizelge 5.1 – 5.4’ den görüldüğü gibi stronsiyum elementine sadece AF1 nolu numunede rastlanmamıştır. Sr konsantrasyonu 0.0071–0.0548 ppm aralığındadır. En düşük Sr miktarı 0.0071 ile deli tütün numunesinde, en yüksek Sr miktarı ise 0.0548 ile meşe küllü Maraş otu örneğinde bulunmuştur. Doğasında bulunan radyoaktiviteden dolayı sivil savunmada kitle imha silahı olarak kullanılmaktadır. Solunduğunda ve vücuda alındığında oluşabilecek etkiler henüz bilinmemektedir. [Web 6]

İtriyum (Y)

Çizelge 5.1 – 5.4’ den görüldüğü gibi itriyum elementine AF2, AF6, AF8 ve AF9 numunelerinde rastlanmamıştır. Y konsantrasyonu 0.0008 – 0.0017 ppm aralığındadır. İtriyum çalışma sahası içinde çok tehlikelidir, çünkü nefes alma sırasında gazlar ve nem havayla birlikte solunur. Buda akciğerlerin tıkanmasına sebep olur. Özellikle uzun süre bu ortama maruz kalınırsa akciğer kanserine bile yol açabilir. Vücutta birikimiyle, karaciğere de zararlı olabilir. [Web 6]

Zirkonyum (Zr)

Çizelge 5.1 – 5.4’ den görüldüğü gibi Zirkonyum elementine AF2, AF5, AF6 ve deli tütün örneğinde rastlanmıştır. Zr konsantrasyonu 0.0010 – 0.0013 ppm aralığındadır. En düşük Zr miktarı 0.0010 ile AF5 nolu numunede, en yüksek Zr miktarı ise 0.0013 ile AF6 örneğinde bulunmuştur. Zirkonyum ve tuzlarının genellikle sistemik toksikliği düşüktür. Konsantrasyonları çok düşük olduğu için gıdalardan zirkonyum zehirlenmesiyle ilgili veri bulunmamaktadır. [Web 6]

Molibden (Mo)

Çizelge 5.1’ den görüldüğü gibi molibden elementine sadece AF3 örneğinde rastlanmıştır. AF3 örneğinde 0.0012ppmmolibden bulunmuştur. Molibden solunduğunda veya ağız yoluyla alındığında hafif derecede zehirleyici olabilirler. Molibdenin zehirleyici özelliği, laboratuvar verilerine göre, ağır metallerle oranla daha düşüktür. İnsanlarda molibdenin yaratacağı akut zehirlenme, gerekli doz çok yüksek olduğundan olası değildir. Maden, arıtma ve kimya tesislerinde molibdene maruz kalınmadan dolayı zehirlenme potansiyeli varsa da bugüne kadar herhangi bir vakaya rastlanmamıştır. [Web 6]

İndiyum (In)

Çizelge 5.1 - 5.4' den görüldüğü gibi indiyuma sadece AF4 ve AF6 örneklerinde rastlanmıştır. Miktarı ise 0.2604 – 0.3008 ppm aralığındadır. En düşük In miktarı AF4, en yüksek In miktarı ise AF6 örneğinde bulunmuştur. Bütün indiyum bileşikleri çok toksik olarak kabul edilmelidir. İndiyum bileşikleri, kalbe, böbreğe ve karaciğere zarar verir ve teratojenik olabilirler. Bu maddenin insan sağlığı üzerine olan etkilerine dair yeterli veri bulunmamaktadır, bu nedenle son derece dikkat gösterilmelidir. [Web 7]

6.2. Numunelerin Toplam Alfa Toplam Beta Aktivite Konsantrasyonları

Tüm tütün ve Maraş otu numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite seviyeleri ile radyonüklid aktivite konsantrasyonları ölçüldü ve sonuçlar Çizelge 5.5-5.6'da verildi. Tablo 5.5, şekil 5.14 ve şekil 5.15'den görüldüğü gibi toplam beta aktivite seviyeleri toplam alfa aktivite seviyelerinden daha yüksek olarak bulunmuştur. Bulunan bu sonuç tütün ve Maraş otu numunelerindeki beta yayımlayıcılarının alfa yayımlayıcılarından daha fazla olduğu anlamına gelmektedir.

6.3. Numunelerin ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Radyonüklid Konsantrasyonları

Toplanan numunelerin doğal (^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U) ve doğal olmayan (^{90}Sr ve ^{137}Cs) radyonüklid konsantrasyonları ölçüldü. Bulunan sonuçlar çizelge 5.6' da ve radyonüklid konsantrasyonlarının numunelere göre değişimi de şekil 5.17-5.21 verilmiştir. Çizelge 5.6'dan da görüldüğü gibi, en düşük ^{232}Th konsantrasyonunun 0.160±1.113Bq/kg ile meşe külü karışimli Maraş otunda, en yüksek ^{232}Th konsantrasyonunun ise 3.748±3.429Bq/kg ile AF3 nolu numunede ölçülmüştür. Bununla birlikte en düşük ^{40}K konsantrasyonu 2.894±2.387Bq/kg değeri ile meşe külü karışimli Maraş otunda, en yüksek ^{40}K konsantrasyonu ise 56.533±41.207Bq/kg ile AF2 örneğinde görülmüştür. En düşük ^{238}U konsantrasyonu 0.549±0.177 Bq/kg değeri ile meşe külü karışimli Maraş otunda ölçülmüştür. Tütün ürünlerinde en yüksek ^{137}Cs konsantrasyonu 2.355±0.612 Bq/kg değerinde AF2 örneğinde, Maraş otunda ise en yüksek ^{137}Cs konsantrasyonu 0.939±0.519 Bq/kg değerinde deli tütünde bulunmuştur. Tütün ürünlerinde en yüksek ^{238}U konsantrasyonu 6.181±3.918 Bq/kg değerinde AF6 nolu numunede, Maraş otunda ise en yüksek ^{238}U konsantrasyonu 5.435±1.025 Bq/kg değerinde deli tütünde bulunmuştur.

Tütün ürünlerinde en yüksek ^{232}Th konsantrasyonu 3.748±3.429 Bq/kg değerinde AF3 nolu numunede, Maraş otunda ise en yüksek ^{232}Th konsantrasyonu 1.075±1.052 Bq/kg

değerinde deli tütünde bulunmuştur. Tütün ürünlerinde en yüksek ^{40}K konsantrasyonu 56.333 ± 41.207 Bq/kg değerinde AF1 nolu numunede, Maraş otunda ise en yüksek ^{40}K konsantrasyonu 2.894 ± 2.387 Bq/kg değerinde meşe külü karışımı Maraş otunda bulunmuştur. Tütün ürünlerinde en yüksek ^{90}Sr konsantrasyonu 2.305 ± 1.012 Bq/kg değerinde AF5 nolu numunede, Maraş otunda ise en yüksek ^{90}Sr konsantrasyonu 0.709 ± 0.048 Bq/kg değerinde deli tütünde bulunmuştur.

Tütünlerde ve Maraş otu numunelerinde radyonüklid konsantrasyonlarının ölçümleri ile ilgili literatürde her hangi bir araştırma bulunmadığı için, bulunan sonuçlar sadece ölçülen numuneler arasında karşılaştırılabilmiştir. Sigara ve Maraş otu külü numunelerinin elemental analizlerinin sonuçları da, alınan numunelerin markalarının farklı olmaları nedeniyle diğer araştırmacıların sonuçları ile karşılaştırılamamıştır. Ancak Maraş otu ve sigara külünün elemental analiz sonuçları Biber (2011) sonuçları ile karşılaştırılmak istenmiştir ancak sigara markaları bilinmediği için karşılaştırılma yapılamamıştır. Karşılaştırma sadece elemental analiz sonuçlarında Maraş otunun ve deli tütünün değerleri için yapılmış ve tablo 6.1’ de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Maraş otunun ve deli tütünün elemental analiz sonuçlarının diğer araştırmacıların değerleri ile karşılaştırılması.

Elementler	Mevcut çalışma		Çevik ve ark. (2003) Akçaabat tütünü ve külünün analiz değerleri		Biber (2011)			
					^{241}Am kaynağı ile yapılan analiz sonuçları		^{55}Fe kaynağı ile yapılan analiz sonuçları	
	Deli Tütün	Meşe külü karışımı Maraş otu	Akçaabat tütünü	Akçaabat tütünü küllü	Normal ot	Meşe külü karışımı Maraş otu	Normal ot	Meşe külü karışımı Maraş otu
Mn	0.0246	0.0803	-	-	-	0.0327		
Fe	0.3100	0.4562	0.156	0.211	0.2895	0.2652		
Br	0.0120	0.0059	0.028	0.030	0.0032	0.0039		
Rb	-	-	-	-	-	0.0390		
Sr	0.0071	0.0548	0.007	0.030	0.0779	0.0189		
Sn	-	-	-	-	0.0099	0.0164		
Ba	-	-	0.009	0.025	0.0751	0.0563		
Cl	0.4684	0.4536	-	-			0.5279	0.0436
K	31.570	47.6060	11.8	28.2			5.4696	3.7877
Ca	47.836	22.0710	2.99	9.27			3.4663	31.8062
S	0.5817	0.7150					0.5064	0.2249

KAYNAKLAR

- Abdul-Majid S., Kutbi I.I., Basabrain M., 1995. Radioactivity levels in jurak and moasel, comparison with cigarette tobacco. *Journal of Radioanal. Nucl. Chem., Artic.* 194 (2), 371– 377.
- Ahlbom A., Bridges J., De Jong W., Hartemann P., Jung T., Mats-Olof M., Pagès J.-M., Rydzynski K., Stahl D., Thomsen M., Williams D. 2008. Health Effects of Smokeless Tobacco Products. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, European Commission 1-157.
- Angelova, V., Ivanov, K., Ivanova, R., 2003. Effect of chemical forms of lead, cadmium and zinc in polluted soils on their uptake by tobacco. *J. Environ. Prot. Ecol.* 4, 316– 327.
- Aral M., Ekerbicer H.C., Celik M., Ciragil P., and Gul M., 2006. Comparison of Effects of Smoking and Smokeless Tobacco Maraş Powder Use on Humoral Immune System Parameters, Hindawi Publishing Corporation Mediators of Inflammation, ID 85019, 1–4.
- Arslan T. 2010, X – ışınları ve kullanım alanları, Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Y.Lisans Tezi, Yayınlanmamış.
- Aslan D., Özvarış, Ş.B., Esin, Ç., Akın, A. 2006. Bir Grup Üniversite Öğrencisi Arasında Sigara ve Alkollü Bir İçecek Tüketme Durumu: Prevalans ve Etkileyen Faktörler. *Erciyes Tıp Dergisi*, 28 (4): 172 - 182
- Avila-Perez, P., Balcazar, M., Zarazua-Ortega, G., Barcelo Quintal, I., Diaz-Delgado, C., 1999. Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir *The Science of the Total Environment* 234, 185196.
- Aygün, E., Zengin, D. M., 1992. Atom ve Molekül Fiziği. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü. ISBN: 975-95625-0-2.
- Bali T., 2011, Süt ve Süt Ürünleri ile Bu Ürünlerin Saklandığı Kaplarda XRF Tekniği ile Ağır Metal Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 70s.
- Başkaya, H., 2011. Koyun ve Organlarında Toplam Alfa, Toplam Beta ve Bazı Radyoizotopların Radyoaktivitelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.
86s.

Baykara, O., Doğru, M., 2009. Determination of terrestrial gamma, ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in soil along fracture zones. Radiat. Meas. 44, 116-121.

Baykara, O., Doğru, M., 2006. Measurements of radon and uranium concentration in water and soil samples from East Anatolian Active Fault Systems (Turkey). Radiat. Meas. 41, 362-367.

Bertin E.P., 1975, Principles and practice of x-ray spectrometric analysis, Radiat. Meas. Plenum press, 1079.

Bertin E.P., 1975, Principles and Broctice of z.ray spektrometric analisis Plenum-Pres, New-York, N.Y.10011.

Biber Ş., 2010, Sigara Külünün XRF tekniği elemental analizi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y Lisans Tezi, Yayınlanmamış.

Blonski M.S. , Appoloni C.R. , Parreira P.S. , Arago P.H.A. and Nascimento Filho V.F., 2006, Analysis of the chemical elements in leaves infected by fumagina by X-ray fluorescence technique, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 270, 197-201.

Brouwer, 2003, Theory of xrf, PANanalytical BV, Lelyweg 1,7602 EA Almelo, ISBN-90-9016758-7, 71

Buyukbese M.A, Koksall N, Guven A, Cetinkaya A., 2004. Effects of smokeless tobacco Maraş powder” use on respiratory functions. Tohoku Journal of Experimental Medicine 204 (3), 173–178.

Canbazoğlu C., Doğru M., Yalçın M., Baykara O., Kūlahçı F., 2000, Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularındaki Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi, F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 12, 2, 125-133.

Canbazoğlu C.,2004, Elazığ Yöresinde Doğal Radyoaktivitenin Tayini, Doktora Tezi, Elazığ, p.142.

Canbazoğlu C., Doğru M., Özdemir Ş., Yılmaz M.A., 2002, Determination of ^{129}I , ^{90}Sr and Gross Beta Radtoactivity in Some Tea Samples, Balkan Physics Letters, 10(3), 135-137.

- Canbazoğlu C., şahin S., Doğru M., 2001, Determination of the Gross Alpha and the Gross Beta Radyoactivity Concentration in Some Medicinal Plants, *Balkans of Physics Letters, Special Issue*, 59-66.
- Custodio, P.J., M.L. Carvalho, F. Nunes, 2005. Trace elements determination by energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) in human placenta and membrane a comparative study, *Anal Bioanal Chem* 375 1101.
- Çelik A., 2006. EDXRF tekniği kullanılarak Cu Inse2 İnce Filminin Kalınlık Tayini, Yüksek Lisans Tezi. 22s.
- Çevik U., Ergen E., Budak G., Karabulut A., Tirasoglu E., Apaydin G., Kopya A.I., 2003. Elemental analysis of Akcaabat tobacco and its ash by EDXRF spectrometry, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 78, 409–415.
- Değerlier M., 2007, Adana İli ve Çevresinin Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Saptanması ve Doğal Radrasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması, Doktora Tezi, Adana,175.
- Doğan, O., E. Tirasoglu, 2006. Determination of potassium, calcium and chlorine in some vegetables by EDXRF, *Journal of Quantitative Spectroscopy &Radiative Transfer* 101 141–145.
- Doğru M. and Kùlahci F., 2004. Iso-Radioactivity curves of the water of the Hazar Lake, Elazig, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistr* 260, 557.
- Durak R., Gülen Y., Kurudirek M., Kaçal M., Çapoğlu İ., 2010. Determination of trace element levels in human blood serum from patients with type II diabetes using WDXRF technique: A comparative study. *Journal of X-Ray Science and Technology* 18(2), 111-120.
- Ekinci N., İngeç M., 2008, The analysis of leiomyomata uteri and uterus using energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry, *Applied Radiation and Isotopes*, 66(8), 1117-1122.
- Ekinci R., Ekinci N., 2004, An alternative method for the determination of element concentrations in schizophrenic, lung cancer and leukaemia patient blood, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 86, 379-385.

- Ekinci N., Ekinci R., Polat R., Budak G., 2005, The determination of calcium concentrations in human milk with energy dispersive X-Ray fluorescence, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 91, 155-160.
- Ekinci N., Şahin Y., 2002, Determination of calcium and iodine in gall bladder stone using energy dispersive X-Ray fluorescence, *Spectrochim Acta Part B* 57(1), 167-171.
- El-Aziz N. A., Khatera A.E.M., Al-Sewaidan H.A., 2005. Natural radioactivity contents in tobacco, *International Congress Series* 1276, 407– 408.
- Erenmemisoglu A., Tekol Y., Kartal M., Kurucu S., 1991. The use of a smokeless tobacco in our country Maraş powder. In: *Proceedings of the 2nd International Symposium of Pharmaceutical Sciences*; Ankara, Turkey.
- Ezzati, M., Lopez, A.D., 2003. Estimates of global mortality attributed to smoking in 2000, *Lancet* 362, 847–852.
- Forte M., Bertolo A., D'Alberti F., De Felice P., Desideri D., Esposito M., Fresca Fantoni R., Lorenzelli R., Luciani A., Magnoni M., Marsili F., Moretti A., Queirazza G., Risica S., Rusconi R., Sandri S., Trevisi R., Valentini Ganzerli M.T., 2006. Standardized methods for measuring radionuclides in drinking water, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 269 (2), 397–401.
- Frank M., 1997. *Industrial X-Ray Fluorescence Analysis-New Applications and Challenges for Cryogenic Detectors* Lawrence Livermore National Laboratory, P.O. Box 808, L-401, Livermore, CA 94551, USA.
- Gürbüz, T., Ozdemir, Y., Kara, N., Zehir, C., Kurudirek, M., 2008. Evaluation of root canal dentin after Nd: YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. *Journal of Endodontics* 34, 318–321.
- Gürol, A., Ergen, E., Karabulut, A., Polat, R., Altınkaynak, K., Budak, G., 2004. Determination of P, S, Cl, K and Ca in Human Urinary Stones by EDXRF Instrumentation Science & Technology Vol. 32, No.1, pp. 69-76.
- Jastrzebska, A., Brudka, B., Szymanski, T., Szlyk, E., 2003. Determination of phosphorus in food samples by X-ray fluorescence spectrometry and standard spectrophotometric method. *Food Chemistry* 83, 463–467.
- John, H., 1980. *Environmental Toxicology*, New York: Wiley.

- Karahan, G., 1997. İstanbul'un Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 118s.
- Karahan, G., Öztürk N., Bayulken A., 2000. Natural Radioactivity in Various Surface Waters in İstanbul, Turkey, Water Res., Vol. 34, No:18, 4367-4370.
- Katsanevakis S., Petropoulos N.P., Hinis E.P., and Simopoulos S.E., 1996. Natural radioactivity content of greek cigarettes. Environment International 22(1), S375-S377.
- Koz B., Çevik U., Özdemir T., Duran C., Kaya S., Gundogdu A., Çelik N., 2008, Analysis of mosses along Sarp-Samsun highway in Turkey, Journal of Hazardous Materials Volume 153(1-2), 646-654.
- Kurudirek M., Aygun M., Erzeneoğlu S. Z., 2010. Chemical composition, effective atomic number and electron density study of trommel sieve waste (TSW), Portland cement, lime, pointing and their admixtures with TSW in different proportions. Applied Radiation and Isotopes 68(6), 1006–1011.
- Kurudirek M., Ozdemir Y., Turkmen I., Levet A., 2010. A study of chemical composition and radiation attenuation properties in clinoptilolite-rich natural zeolite from Turkey. Radiation Physics and Chemistry 79(11), 1120-1126.
- Küçükönder, A., Çam, H., Küçükönder, E. And Söğüt, Ö., 2003. Qualitative and quantitative analysis of lignite coal and its ash samples taken from Soma-Darkale region Journal of Qualitative Spectroscopy & Radiative Transfer 77 329-333.
- Küçükönder, E., 1999, Radyoizotop X ışını Flüoresans Tekniği ile Numune Analizi. K.S.Ü., Kahramanmaraş, 36s.
- Külahcı, F., 2001. Hazar Gölü (Elazığ) suyunun radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s.
- Lugon-Moulin, N., Martin, F., Krauss, M.R., Ramey, P.B., Rossi, L., 2006. Cadmium concentration in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) from different countries and its relationship with other elements. Chemosphere 63, 1074–1086.
- Margui E., 2008. X-Ray fluorescence trace metal analysis of environmental liquid samples after membrane preconcentration, Spectroscopy Europe, 20(1), 11-14.

- Moriya, F., Furimiya, J., Hashimoto, Y., 2006. A case of fatal arsenic poisoning. *Forensic Toxicology* 24, 88–91.
- Nnorom I.C., Osibanjo O., Oji-Nnorom C.G., 2005. Cadmium determination in cigarettes available in Nigeria *African Journal of Biotechnology* 4 (10), 1128-1132.
- Ozdemir Y., Borekci B., Levet A., and Kurudirek M., 2009. Assessment of trace element concentration distribution in human placenta by wavelength dispersive X-ray fluorescence: Effect of neonate weight and maternal age. *Applied Radiation and Isotopes* 67(10), 1790-1795.
- Ozkul Y., Donmez H., Erenmemisoglu A., Demirtas H., Imamoglu N., 1997. Induction of micronuclei by smokeless tobacco on buccal mucosa cells of habitual users, *Mutagenesis*. 12 (4), 285–287.
- Papastefanou C., 2009. Radioactivity of tobacco leaves and radiation dose induced from smoking. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 6, 558-567.
- Queralt, I., Ovejero, M., Carvalho, M.L., Marques, A.F., Llabres, J.M., 2005. Quantitative determination of essential and trace element content of medicinal plants and their infusions by XRF and ICP techniques. *X-ray Spectrometry* 34, 213–217.
- Reyhanlıoğlu H., 2011. Kozmetik Ürünlerinde Ağır Metal Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.100s.
- Rousseau, M.R., 2001. Detection limit and estimate of uncertainty of analytical XRF results. *The Rigaku Journal* 18, 33–47.
- Schneider, G., Krivan, V., 1993. Multi-elemental analysis of tobacco and smoke condensate by instrumental neutron activation analysis and atomic absorption spectrometry. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 53, 87–100.
- Söğüt O., Sayhan M.B., Ustundag M., Orak M., 2009. Paroxysmal Atrial Fibrillation After Smokeless Tobacco (Maraş Powder) Use, *J Chin Med Assoc* 72 (5), 265-267.
- Söğüt Ö., 2006, Measurement of eta KL and eta KM vacancy transfer in Cr_xNi_{1-x} and Cr_xAl_{1-x} alloys, *Physica Scripta* 73 (5) , 466-470.

- Talhout R., Schulz T., Florek E., Van Benthem J., Wester P and Opperhuizen A., 2011. Hazardous Compounds in Tobacco Smoke, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 8, 613-628; doi:10.3390/ijerph8020613.
- Tıraşoğlu E., Söğüt Ö., Apaydın G., Aylıkçı V. and Damla N., 2006, Elemental concentration analysis in some plant samples by EDXRF at Trabzon, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 102(3), 396-401.
- Verma S., Yadav S., Singh I., 2010. Trace metal concentration in different Indian tobacco products and related health implications, *Food and Chemical Toxicology* 48, 2291.
- Vijayan V., Rautray T.R., Basa D.K., 2004, EDXRF study of Indian punch-marked silver coins, *Nuclear Instrument and Methods in physics Research B* 225, 353-356.
- Zaprjanova P., Ivanov K., Angelova V. and Dospatliev L., 2010. Relation between soil characteristics and heavy metal content in Virginia tobacco. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1–6 August 2010, Australia.
- Zhou, M., Drummond, J.L., Hanley, L., 2005. Barium and strontium leaching from aged glass particle/resin matrix dental composites. *Dental Materials* 21, 145–155.
- Zorer, Ö.S., Ceylan, H., Doğru, M., 2008. Assessment of some trace heavy metals and radioactivity concentration in water of Bendimahi River Basin (Van, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 147, 183.
- Zorer, Ö.S., Ceylan, H., Doğru, M., 2009a. Determination of heavy metals and comparison to gross radioactivity concentration in soil and sediment samples of the Bendimahi River Basin (Van, Turkey). *Water, Air, and Soil Pollution* 196, 75.
- Zorer, Ö.S., Ceylan, H., Doğru, M., 2009b. Gross alpha and beta radioactivity concentration in water, soil and sediment of the Bendimahi River and Van Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 148, 39.
- Web1, www.fao.org
- Web2, www.msxlabs.org/forum/tarim/
- Web3, www.horiba.com/us/en/scientific/products/
- Web4, www.learnxrf.com/History.html
- Web5, www.belgeler.com
- Web6, www.anadolu.edu.tr/aos/kitap/ehsm

Web7, www.arslantip.com.com

Web8, www.buldun.com

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Ahmet Fatih KOCAER
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 22.05.1987 Kahramanmaraş
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (344) 215 40 36
Cep Telefonu : 0 (506) 532 97 42
e-posta : ahfako@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	KSÜ / Fen Bilimleri Ens.	2012
Tezsiz Yüksek Lisans	7 Aralık Ü. / Fen Bilimleri Ens.	2010
Lisans	KSÜ / F.E.F. Fizik Bölümü	2009
Lise	Özel Beyza Lisesi	2004 - 2005
Lise	Kadriye Çalık Anadolu Lisesi	2001 - 2004

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2010 – 2012	M.E.B.	Ü. Öğretmenlik
MART 2012	MALTEPE ÜNİVERSİTESİ	Öğr.Gör. / Tıbbi Hiz. ve Tekn. Bl. Bşk.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- 1.
- 2.

Hobiler

Basketbol, Yüzme, Satranç ve Bilişim.