



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAHRAMANMARAŞ SIR BARAJ GÖLETİNDE
DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ VE
ELEMENTAL ANALİZ**

HANİFİ ÇAM

**DOKTORA TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2011

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAHRAMANMARAŞ SIR BARAJ GÖLETİNDE
DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ VE
ELEMENTAL ANALİZ

HANİFİ ÇAM

Bu tez,
Fizik Anabilim Dalında
DOKTORA
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2011

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Hanifi ÇAM tarafından hazırlanan “Kahramanmaraş Sır Baraj Göletinde Doğal Radyoaktivitenin Belirlenmesi ve Elemental Analiz” adlı bu tez, jürimiz tarafından 12 / 08 / 2011 tarihinde oy birliği ile Fizik Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER (DANIŞMAN)

Fizik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Mahmut DOĞRU (İKİNCİ DANIŞMAN)

Fizik Anabilim Dalı, Bitlis Eren Üniversitesi

Prof. Dr. Fikret ANLI (ÜYE)

Fizik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Muhsin EZER (ÜYE)

Kimya Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT (ÜYE)

Fizik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. 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.

Hanifi ÇAM

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2010/1-3D

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.

KAHRAMANMARAŞ SIR BARAJ GÖLETİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ VE ELEMENTAL ANALİZ

(DOKTORA TEZİ)

HANİFİ ÇAM

ÖZ

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlardan mevsimsel olarak farklı derinliklerden su ve tabandan sediment örnekleri alındı ve bu örneklerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri ve bazı radyoizotopların (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr) radyoaktivite konsantrasyonları belirlendi. Buna ilave olarak, alınan su ve dip sediment örneklerinde EDXRF ve ICP-OES cihazlarıyla Al, P, S, Cl, Ca, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Sr, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg ve Pb elementlerinin elemental analiz yapıldı.

Anahtar Kelimeler: Su, Toprak, Radyasyon, Radyoaktivite, Toplam Alfa, Toplam Beta, Elemental Analiz

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı, Ağustos / 2011

Danışman: Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER

Eş Danışman: Prof. Dr. Mahmut DOĞRU

Sayfa sayısı: 129

**DETERMINATION OF NATURAL AND ELEMENTAL ANALYSIS OF
RADIOACTIVITY KAHRAMANMARAŞ SIR DAM POND**

(PhD. THESIS)

HANİFİ ÇAM

ABSTRACT

In this study, from selected station of Sir Dam Pond, in the province of Kahramanmaraş seasonal water and sediment samples were gathered. The gross alpha and gross beta radioactivity levels of these samples and the concentrations some radioisotopes (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K and ^{90}Sr) were determined. Moreover, Al, P, S, Cl, Ca, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Sr, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg and Pb elements in the water and sediment sample taken from bottom of Pond were analyzed with EDXRF and ICP-OES.

Key Words: Water, Soil, Radiation, Radioactivity, Gross Alpha, Gross Beta, Elemental Analysis.

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Physics, August / 2011

Supervisor: Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER

Co-supervisor: Prof. Dr. Mahmut DOĞRU

Page number: 129

KAHRAMANMARAŞ SIR BARAJ GÖLETİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ VE ELEMENTAL ANALİZ

ÖZET

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nde, toprak ve kayaç yapısına göre, belirlenen istasyonlardan mevsimsel olarak farklı derinliklerden su örnekleri ve suyun tabanından sediment örnekleri alınarak toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri ile bazı radyoizotopların(^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr) radyoaktivite konsantrasyonları belirlendi. Sonuçlar mevsimsel ve farklı derinliklere bağlı olarak karşılaştırıldı. Buna ilave olarak, alınan su ve dip sediment örneklerinde EDXRF ve ICP-OES cihazlarıyla elemental analiz yapıldı. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek hem radyoaktivite hem de ağır metal açısından Sır Baraj Göleti'nin kirlilik miktarı tespit edildi.

Toplam alfa radyoaktivite ölçümleri için, 7286 düşük seviyeli alfa sayacı, toplam beta radyoaktivite ölçümleri için, penceresiz sintilasyon sayacı ile örneklerin radyoçekirdek konsantrasyon ölçümleri için gama hassas sintilasyon sayacı kullanıldı. Elemental analiz için ise ICP-OES spektroskopisi ve EDXRF tekniği ile 5,9 KeV'de rezülasyonu 155 eV olan Si(Li) yarı iletken katıhal detektörü, ^{241}Am (59,543 keV) radyoizotop kaynak ve ^{55}Fe (5.9 keV) radyoizotop kaynak kullanıldı. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Sır Baraj Göleti'nin en fazla Aksu Nehri aracılığı ile hem radyoaktivite açısından hemde elemental olarak kirletildiği tespit edildi.

DETERMINATION OF NATURAL AND ELEMENTAL ANALYSIS OF RADIOACTIVITY KAHRAMANMARAŞ SIR DAM POND

SUMMARY

In this study, selected station of Sır Dam Pond from in the province of Kahramanmaraş, base on structure of soil and rock, seasonal water from different depths and sediment samples from bottom of water were collected. The gross alpha and gross beta radioactivity levels of these gathered samples and the concentration of some radioisotopes (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K and ^{90}Sr) were determined. Results were compared as seasonal and depending on the different depths. Furthermore, collected water and sediment samples were analyzed with EDXRF and ICP-OES devices. The obtained results were evaluated in terms of both radioactivity and heavy metals, and therefore the amount of pollution in Sır Dam Pond was determined.

For gross alpha radioactivity measurements, 7286 alpha counter with low level, for gross beta radioactivity measurements, windowless scintillation counter and for the concentration measurements of radioisotopes the gamma sensitive scintillation counter were used. For elemental analysis the ICP-OES spectroscopy and EDXRF technique was used. For EDXRF technique samples were excited with ^{241}Am (59,543 KeV) and ^{55}Fe (5,9 KeV) energy source, to count the characteristic X-Rays emitted from samples, a Si(Li) solid state detector with resolution 155 eV at 5,9 KeV was used. Results of analysis showed that Sır Dam Pond was contaminated with radioactive elements and Aksu river are carrying most of the radioactive element into Sır Dam Pond.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun verilmesi ile birlikte başlayan ve çalıőmalarım süresince bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi)'e, ayrıca Elazığ Fırat Üniversitesi Nükleer Fizik Araştırma Laboratuvarında, radyoaktivite ile ilgili deneysel çalıőmalarımın yapılabilmesi için her türlü katkısı sağlayan eş danışman hocam sayın Prof. Dr. Mahmut DOĞRU (Bitlis Eren Üniversitesi)'ya sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalıőmalarım için, belirlenen istasyonlardan örneklerin alınmasında, cihaz ve ekipmanlarıyla birlikte bana yardımcı olan Prof. Dr. Cemil KARA (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi)'ya, deneysel ve teorik çalıőmalarımda yardımlarını esirgemeyen, Arő. Gör. Őule KARATEPE (Fırat Üniversitesi)'ye çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalıőmalarım esnasında, her türlü maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen sevgili aileme ve değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hanifi AM

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Radyasyon ve Radyoaktivite.....	4
1.1.1. Radyasyon.....	4
1.1.2. Radyoaktivite.....	4
1.1.3. İyonlaştırıcı ve İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon.....	5
1.1.4. Bazı Doğal Radyoaktif Elementlerin Özellikleri.....	6
1.1.4.1. Uranyum.....	6
1.1.4.2. Toryum.....	7
1.1.4.3. Potasyum.....	7
1.1.4.4. Stronsiyum.....	7
1.2. Toprak ve Kayalardaki Doğal Radyoaktivite.....	8
1.3. Sulardaki Doğal Radyoaktivite.....	10
1.3.1. İçme Sularındaki Radyoaktivite Limitleri.....	12
1.3.2. Sulu Havzalarda Radyoaktivite Dağılımı.....	13
1.4. Radyasyon Algılama Cihazları.....	13
1.5. Radyasyon Algılama Yöntemleri	14
1.5.1. Sintilasyon Algılayıcıları.....	15
1.5.1.1. NaI (Tl) Sintilatörleri.....	15
1.5.1.2. ZnS(Ag) Sintilatörleri.....	16
1.5.1.3. Plastik Sintilatörler.....	16
1.5.2. Katihal Sayaçları.....	17
1.5.2.1. Katihal Sayaçlarının Çalışma Prensibi.....	17
1.6. Gama Işınlarnın Tanımı ve Özellikleri.....	18
1.6.1. Gama Işınlarnın Madde ile Etkileşmesi.....	18
1.6.1.1. İnoherent (Compton) Saçılması.....	18
1.6.1.2. Coherent Saçılma.....	19
1.6.1.3. Fotoelektrik Olay.....	19
1.6.1.4. Auger Olayı.....	19
1.6.1.5. Çift Oluşum.....	20
1.7. X – Işınları Floresans (XRF) Sistemi.....	20

1.7.1. X-Işınları ve Özellikleri.....	20
1.7.1.1. X-Işınlarının Soğurulması.....	21
1.7.1.2. Soğurma Kıyısı.....	21
1.7.2. X-Işınlarının Oluşumu.....	22
1.7.2.1. Doğal X-Işınları.....	22
1.7.2.2. Yapay X-Işınları.....	22
1.7.3. Sürekli X-Işınları.....	23
1.7.4. Karakteristik X-Işınları.....	23
1.7.4.1. Karakteristik X-Işını Spektrumu.....	26
1.7.5. X-Işını Flüoresans Uygulama Teknikleri.....	27
1.7.5.1. Nitel Analiz (Kalitatif Analiz).....	27
1.7.5.2. Nicel Analiz (Kantitatif Analiz).....	28
1.8. İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP).....	28
1.8.1. ICP-Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES).....	28
1.9. Ağır Metaller ve Makro Elementler.....	29
1.9.1. Alüminyum(Al).....	29
1.9.2. Fosfor(P).....	29
1.9.3. Kükürt(S).....	30
1.9.4. Klor(Cl).....	30
1.9.5. Kalsiyum(Ca).....	30
1.9.6. Titanyum(Ti).....	30
1.9.7. Krom(Cr).....	31
1.9.8. Demir(Fe).....	31
1.9.9. Kobalt(Co).....	31
1.9.10. Nikel(Ni).....	31
1.9.11. Bakır(Cu).....	32
1.9.12. Çinko(Zn).....	32
1.9.13. Galyum(Ga).....	33
1.9.14. Arsenik(As).....	33
1.9.15. Kadmiyum(Cd).....	33
1.9.16. Kalay(Sn).....	34
1.9.17. Antimon(Sb).....	34
1.9.18. Baryum(Ba).....	34
1.9.19. Civa(Hg).....	35
1.9.20. Kurşun(Pb).....	35
2. ÖNCEKİÇALIŞMALAR.....	36
3. MATERYAL VE METOT.....	40
3.1. Materyal.....	40
3.1.1. Araştırma Sahasının Tanıtımı.....	40
3.1.2. Araştırma Sahasının İklimsel Özellikleri.....	41
3.1.3. Araştırma Sahasının Jeolojik Özellikleri.....	41
3.1.4. Araştırma Sahasının Tektonik Özellikleri.....	42
3.2. Metot.....	43
3.2.1. Örneklerin Toplanması.....	43
3.2.2. Örneklerin Doğal Radyoaktivite Sayımına Hazır Hale Getirilmesi.....	44
3.2.2.1. Su Örnekleri.....	44
3.2.2.1. Sediment Örnekleri.....	46
3.2.3. Kullanılan Sayım Sistemleri ve Sayaçlar.....	47

3.2.3.1. 7286 Düşük Seviyeli Alfa Sayacı.....	47
3.2.3.2. Penceresiz Sintilasyon Sayacı.....	47
3.2.3.3. BP4 Beta Proflu Sintilasyon Sayacı.....	47
3.2.3.4. Gama Hassas Sintilasyon Sayacı.....	48
3.2.3.5. ASP2e Portatif Radyasyon Monitör Cihazı.....	48
3.2.3.6. Si(Li) Yarı İletken Katıhal Detektörü.....	48
3.2.3.7. ICP-OES Spektroskopisi.....	48
3.2.4. Örneklerin Aktivite Konsantrasyonları.....	49
3.2.4.1. Sayma Hataları.....	49
3.2.4.2. Verim Düzeltmeleri.....	49
3.2.5. Örneklerin Aktivite Konsantrasyonlarının Hesaplanması.....	50
3.2.6. EDXRF Sisteminin Deney Düzenegi.....	50
3.2.7. Enerji Kalibrasyonu.....	52
3.2.8. Dedektör Verimliliği Tayini.....	53
3.2.9. ICP – OES Sisteminin Deney Düzenegi.....	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	56
4.1. Kahramanmaraş İli Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	56
4.1.1. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Yüzeiden Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	57
4.1.2. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Orta Derinlikten Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	59
4.1.3. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Tabandan Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	61
4.1.4. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel ve Derinliğe Bağlı Olarak Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Karşılaştırılması.....	63
4.1.5. Sır Baraj Göleti'nden Alınan Su Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivitesinin Mevsimsel Değişiminin Karşılaştırılması.....	66
4.1.6. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehir Sularının Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	67
4.1.7. Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerden Alınan Su Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivitesinin Mevsimsel Değişiminin Karşılaştırılması.....	68
4.1.8. Sır Baraj Göleti 'nden Mevsimsel Olarak Alınan Dip Sediment Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	70
4.1.9. Sır Baraj Göleti'nden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivitesinin Mevsimsel Değişiminin Karşılaştırılması.....	72
4.1.10. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	73
4.1.11. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Karşılaştırılması.....	74
4.2. Kahramanmaraş İli Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Su ve Sediment Örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr Konsantrasyonları.....	75
4.2.1. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Yüzeiden Alınan Su Örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr Konsantrasyonları.....	76

4.2.2. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Orta Derinlikten Alınan Su Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları.....	77
4.2.3. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Tabandan Alınan Su Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları.....	79
4.2.4. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel ve Derinliğe Bağlı Olarak Alınan Su Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	81
4.2.5. Sır Baraj Göleti'nden Alınan Su Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	83
4.2.6. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehir Sularının ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları.....	84
4.2.7. Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerden Alınan Su Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	85
4.2.8. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Dip Sediment Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları.....	86
4.2.9. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	88
4.2.10. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları	89
4.2.11. Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması....	90
4.3. Elemental Analiz.....	91
4.3.1. EDXRF Tekniği ile Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'nde Yapılan Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi.....	91
4.3.2. Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerde Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi.....	101
4.3.3. ICP - OES Metodu ile Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'nden Alınan Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi.....	104
4.3.4. ICP - OES Metodu ile Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerde Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi.....	107
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	109
5.1. Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti Sularının Radyoaktivite Seviyeleri.....	109
5.2. Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti Dip Sediment Örneklerinde Radyoaktivite Seviyeleri.....	111
5.3. EDXRF Tekniği Kullanılarak Yapılan Elemental Analizin Değerlendirilmesi.....	113
5.4. ICP - OES Yöntemi Kullanılarak Yapılan Elemental Analizin Değerlendirilmesi..	114
5.5. Elemental Analiz Sonuçlarının Genel Olarak Değerlendirilmesi.....	114
KAYNAKLAR.....	119
ÖZGEÇMİŞ.....	129

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bq	: Becquerel, Radyoaktivite Birimi
Ci	: Curie, Radyoaktivite Birimi
p	: Piko, alt birim
n	: Nano, alt birim
μ	: Mikro, alt birim
KF	: Kalite Faktörü
α	: Alfa parçacığı
β	: Beta Parçacığı
γ	: Gama Işını
EV	: Elektron Volt, Enerji Birimi
ppm	: Milyonda bir (Mikro) (Parts per million)
XRF	: X- Işınları Floresans Spektrum
EDXRF	: Enerji Dağılımlı X- Işınları Floresans Spektrum
ICP-OES	: İndüktif olarak eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)
ADC	: Analog-Digital Convertör
Si(Li)	: Yarı İletken Katıhal Dedektörü
AERE	: Atom Enerjisi Araştırma Kurumu (Atomic Energy Research Establishment)
ÇNAEM	: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
IAEA	: Uluslar arası Atom Enerji Kurumu (International Atomic Energy Agency)
ICRP	: Uluslar arası Radyolojiden Koruma Komisyonu (International Commission on Radiological Protection)
ICRU	: Uluslar arası Radyasyon Birimleri ve Ölçümleri Komisyonu (International Commission on Radiation Units and Measurements)
LET	: Lineer Enerji Transferi
NCRP	: Radyasyondan Koruma ve Radyasyon Ölçümü Ulusal Konseyi (National Council on Radiation Protection and Measurements Radiation)
EC	: Avrupa Birliği Komisyonu (European Commission)
TAEK	: Türkiye Atom Enerji Kurumu
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UNSCEAR	: Birleşmiş Milletler Bilim Komitesi (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic)
VDF	: Verim Düzeltme Faktörü
WHO	: World Health Organization
DLA	: Deteksiyon Limiti Altında
EPA	: Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
I₀Gε	: Verim
²³⁸U	: Uranyum
²³²Th	: Toryum
⁴⁰K	: Potasyum
⁹⁰Sr	: Stronsiyum
⁵⁵Fe	: Demir, Radyoaktif Kaynak
²⁴¹Am	: Amerisyum, Radyoaktif Kaynak
V	: Vanadyum
Al	: Alüminyum
P	: Fosfor

S	: Kükürt
Cl	: Klor
Ca	: Kalsiyum
Ti	: Titanyum
Cr	: Krom
Fe	: Demir
Co	: Kobalt
Ni	: Nikel
Cu	: Bakır
Zn	: Çinko
Ga	: Galyum
As	: Arsenik
Cd	: Kadmiyum
Sn	: Kalay
Sb	: Antimon
Ba	: Baryum
Hg	: Civa
Pb	: Kurşun
HCl	: Hidroklorik Asit
HNO₃	: Nitrik Asit

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Sayaç çeşitler	14
Şekil 1.2. Bir plastik sintilatör algılayıcısının elektroniği.....	16
Şekil 1.3. Si(Li) Dedektörünün şematik gösterimi	17
Şekil 1.4. Compton Olayı	19
Şekil 1.5. X-ışının Soğrulması.....	21
Şekil 1.6. K ve L Tabakalarına Ait Soğurma Kıyıları	22
Şekil 1.7. Sürekli X-ışını Oluşumu.....	23
Şekil 1.8. Karakteristik X-ışını Oluşumu	23
Şekil 1.9. X-ışını spektrometresiyle elde edilen bir spektrum	26
Şekil 1.10. ICP kaynağının temel kısımları	28
Şekil 3.1. Sır Baraj Göleti'nin genel görünümü.....	40
Şekil.3.2. Sır baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlar.....	43
Şekil 3.3. (a) Nansen su örnekleme cihazı (b) Ekman kepçesi	44
Şekil 3.4. XRF Sisteminin Deney Düzenegi Şeması	51
Şekil 3.5. ⁵⁵ Fe Kaynak Cu Kolimatör.....	52
Şekil 3.6. ²⁴¹ Am Kaynak Pb-Cu-Al Kolimatör	52
Şekil 3.7. ²⁴¹ Am Kaynak Pb Kolimatör.....	52
Şekil 3.8. Enerji kalibrasyon doğrusu	53
Şekil 3.9. ICP – OES Sisteminin Deney Düzeneginin genel bir şeması.....	55
Şekil 4.1. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak yüzeyden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri... ..	58
Şekil 4.2. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	60
Şekil 4.3. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	62

Şekil 4.4. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	64
Şekil 4.5. Sır Baraj Göleti'nden alınan su örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivitesinin mevsimsel değişimi.....	66
Şekil 4.6. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	67
Şekil 4.7. Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivitesinin mevsimsel değişimi.....	69
Şekil 4.8. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	71
Şekil 4.9. Sır Baraj Göleti'nden alınan dip sediment örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivitesinin mevsimsel değişimi.....	73
Şekil 4.10. Sır Baraj Göletini besleyen nehirlerden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	74
Şekil 4.11. Sır Baraj Göletini besleyen nehirlerden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	75
Şekil 4.12. Sır Baraj Göleti'nden ilkbahar mevsiminde yüzeyden alınan su örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	76
Şekil 4.13. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	79
Şekil 4.14. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	80
Şekil 4.15. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	82
Şekil 4.16. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde ortalama ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	84
Şekil 4.17. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	85
Şekil 4.18. Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ortalama ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	86
Şekil 4.19. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	87
Şekil 4.20. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ortalama ²³⁸ U, ²³² Th, ⁴⁰ K ve ⁹⁰ Sr konsantrasyonları.....	88

Şekil 4.21. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	89
Şekil 4.22. Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	90
Şekil 4.23. ^{241}Am kaynak Pb-Cu –Al kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\varepsilon$) değişimi.....	92
Şekil 4.24. ^{241}Am kaynak Pb-Cu –Al kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\varepsilon$) değişimi.....	93
Şekil 4.25. ^{241}Am kaynak Pb kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\varepsilon$) değişimi.....	93
Şekil 4.26. ^{55}Fe kaynak Cu kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\varepsilon$) değişimi.....	94
Şekil 4.27. ^{241}Am Sonbahar Avşar istasyonu sediment numunesi spektrumu.....	97
Şekil 4.28. ^{241}Am Sonbahar Hasancıklı istasyonu yüzey su numunesi spektrumu.....	97
Şekil 4.29. ^{241}Am Sonbahar Cüceli istasyonu taban seviye su numunesi spektrumu.....	98
Şekil 4.30. ^{55}Fe İlkbahar Kızıldağlar istasyonu, orta seviyedeki su numunesi spektrumu...100	100
Şekil 4.31. ^{55}Fe İlkbahar Aksu nehri, sediment numunesi spektrumu.....	103
Şekil 4.32. ^{55}Fe İlkbahar Aksu nehri su numunesi spektrumu.....	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Radyoaktif ışınma türleri ve bu ışınmaların çekirdekte meydana getirdiği değişiklikler.....	5
Çizelge 1.2. Bazı kayaç yapılarında uranyum konsantrasyonu.....	7
Çizelge 1.3. Topraktaki doğal radyoçekirdeklerin aktivite konsantrasyonları.....	9
Çizelge 1.4. Bazı kayalar ve topraktaki ^{40}K , ^{232}Th ve ^{238}U 'nun kütle ve aktivite konsantrasyonları.....	10
Çizelge 1.5. İçme suları için uluslararası ve ulusal kuruluşlar tarafından kabul edilmiş en yüksek radyoaktif kirletici konsantrasyonları.....	12
Çizelge 1.6. Su Kaynaklarının sınıflarına göre bazı kalite kriterleri.....	12
Çizelge 1.7. X-Işınlarnın Özellikleri.....	21
Çizelge 1.8. Siegbahn Gösterimleri.....	24
Çizelge 1.9. K ve L X-ışınlarını oluşturan elektron geçişleri.....	25
Çizelge 3.1. ^{241}Am Kaynak için Enerji Kalibrasyon Değerleri.....	53
Çizelge 4.1. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak yüzeyden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	57
Çizelge 4.2. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	60
Çizelge 4.3. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	62
Çizelge 4.4. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	63
Çizelge 4.5. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	67
Çizelge 4.6. Sır Baraj Göleti'den mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	70
Çizelge 4.7. Sır Baraj Göletini besleyen nehirlerden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.....	73
Çizelge 4.8. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak yüzeyden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	76

Çizelge 4.9. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	78
Çizelge 4.10. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	80
Çizelge 4.11. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	81
Çizelge 4.12. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	85
Çizelge 4.13. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	86
Çizelge 4.14. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.....	89
Çizelge 4.15. ^{241}Am Radyoaktif kaynak ve Cu kolimatör için dedektör verimliliğini belirlemede kullanılan elementler.....	92
Çizelge 4.16. ^{241}Am Radyoaktif kaynak ve Cu kolimatör için dedektör verimliliğini belirlemede kullanılan elementler.....	92
Çizelge 4.17. ^{241}Am Radyoaktif kaynak ve Pb kolimatör için dedektör verimliliğini belirlemede kullanılan elementler.....	93
Çizelge 4.18. ^{55}Fe Radyoaktif kaynak ve Cu kolimatör için dedektör verimliliğini belirlemede kullanılan bileşikler.....	94
Çizelge 4.19. ^{241}Am Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'nde yapılan su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları.....	95
Çizelge 4.20. ^{55}Fe Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'nde yapılan su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları.....	98
Çizelge 4.21. ^{241}Am Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerde su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları.....	101
Çizelge 4.22. ^{55}Fe Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerde su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları.....	102
Çizelge 4.23. ICP – OES (Perkin Elmer Optimal 2100 DV) cihazında analiz edilen elementlerin miktar tayin sınırları.....	104
Çizelge 4.24. ICP – OES yöntemi ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı elementlerin konsantrasyonları.....	105

Çizelge 4.25. ICP – OES yöntemi ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti’ni besleyen nehirlerin su ve sediment örneklerinde bazı elementlerin miktarları.....	107
Çizelge 5.1. İçme sularında WHO’nün tavsiye ettiği sınır değerler.....	114
Çizelge 5.2. Sır Baraj Göleti’nden alınan su ve sediment örneklerinin, ortalama konsantrasyonları.....	115
Çizelge 5.3. Bazı göl sularında yapılan analiz sonuçlarının çalışmamızla karşılaştırılması...	117
Çizelge 5.4. Bazı göllerdeki dip sediment örneklerinde yapılan analiz sonuçlarının çalışmamızla karşılaştırılması.....	118

1. GİRİŞ

Yeryüzünde ilk canlının yaratılışından bugüne, canlıların kesinlikle vazgeçemediği şeylerden en önemlisi sudur. Tüketilen suyun kalitesi hemen hemen bütün canlılar için önem taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerde su kalitesi, giderek en çok üzerinde durulan çevre sağlığı sorunlarından birisi olma özelliğini sürdürmektedir. Dünyada temiz su kaynakları giderek azalmakta, su sorunuyla karşılaşan toplumların oranı giderek artmaktadır. Her geçen gün yeraltı su tablasının seviyesi düşmekte, yüzeysel ve yer altı su kaynaklarının kirlilik oranları artmakta ve besin zinciri temelinden sarsılmaktadır (Tekbaş, 2005; Mutluay ve Demirak, 1996).

Canlı organizmaların içinde yaşadığı sulara, radyoaktivite ve elemental kirlilik miktarının belirlenmesi, radyoaktivite ve elemental kirlilik ile doğrudan veya dolaylı olarak temasta olan canlının hayatını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Canlı organizmaların içinde bulunduğu ortamda, etkileşim içinde olduğu üç temel unsur olan su, toprak ve havadaki radyoaktivite ve elemental analiz sınır değerleri, bilim çevrelerince güvenilirliği kabul görmüş uluslararası bilim örgütlerince belirlenmiştir. Bu sınırların aşılması halinde canlının hayatını devam ettirebilmesi veya sağlıklı bir şekilde sürdürmesi güçleşmektedir (Banks ve ark., 1995).

Su ve atık sudaki radyoaktif ve elemental kirlilik, doğal ve insanlar tarafından oluşturulan yapay kaynaklardan meydana gelmektedir. Fabrika ve şehir atıkları, nükleer yakıtların kullanılması, radyoizotopların tıpta ve endüstride kullanılması ve nükleer silahların denenmesinden kaynaklanan atmosferdeki radyoaktif atıklar, radyoaktif çekirdeklerden meydana gelen radyoaktif kirlilik, elemental ve radyoaktif kirliliğe neden olmaktadır.

Yeryüzü kaynaklı olan doğal radyoaktivite, dünyanın oluşumundan bu yana bütün canlıları etkilemektedir. Doğal radyoaktifliğin neden olduğu doğal radyasyon, uzaydan gelen kozmik ışınlar, kaya, toprak, su ve hava içerisindeki doğal olarak oluşmuş radyo çekirdeklerin bozunmaları sonucu yayılan ışınlardan oluşmaktadır. Doğal radyoaktif çekirdekler, dünyanın hemen hemen her yerinde bulunmaktadır. İnsanlık tarihinde, radyasyonun ve radyoaktivitenin bilinmesi, radyoaktivitenin ve X-ışınlarının keşfedilmesiyle başlamıştır. Alman Fizikçi W.C. Röntgen 1895 yılında kendi adını verdiği X-ışınlarını keşfetmesiyle, insanoğlu radyasyon ve radyoaktiviteyle kavram olarak tanışmaya başlamıştır (Şahin, 1999).

Tabiatta en basit çekirdek olan hidrojen dışında diğer bütün çekirdekler proton ve nötronlardan oluşmaktadır. Nötronların protonlara oranı kararlılık çizgisi üzerindeki daha hafif izotoplar için 1'dir ve periyodik tablonun sonundaki elementlere yaklaştıkça ya da kararlılık çizgisinden uzaklaştıkça bu oran artmaktadır. Bu oran arttıkça kararsız izotopların olduğu bölgeye yaklaşılır. En ağır kararlı çekirdek ^{209}Bi 'dir. Bu çekirdekten daha ağır olan çekirdekler kararsızdırlar ve çevreye yayabilecekleri fazla enerjileri vardır. Kararsız çekirdekler radyoçekirdek olarak adlandırılırlar ve radyasyon yayımı ile fazla miktardaki enerjilerini ortama yayarlar. Bu süreç radyoaktivite ya da radyoaktif bozunma olarak adlandırılır (Valkovic, 2000).

Doğal radyasyonların temel seviyeleri, bölgenin jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak da değişiklik gösterir. Toprak ve kayaların minerolojik yapıları ile coğrafi yükseklik, bölgenin temel radyasyon seviyesini etkilemektedir. Bir bölgenin veya bir yerin doğal temel seviye radyasyonunun belirlenmesi onun radyolojik açıdan incelenmesi ve toprağında, suyunda ve havasında bulunan doğal radyoaktivitenin belirlenmesini gerektirir.

Çevresel radyoaktiviteye katkı sağlayan doğal radyoçekirdeklerin (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr) doğadaki derişimleri toprak ve kaya türlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin, volkanik kayalardaki doğal radyoaktivite tortul kayalardakine oranla daha yüksektir (Al-Jundi, 2002).

Radyoaktif kirlenmenin boyutunu tespit etmek için alfa ya da beta yayan radyoizotopların tayinleri, birtakım radyokimyasal ayırma ve saflaştırma işlemleri gerektirdiğinden her bir radyoizotopun tayini oldukça zaman alıcı ve pahalıdır. Bu yüzden radyoaktif kirliliğin tespitinde öncelikle toplam alfa ve beta radyoaktiviteleri tayin edilmesi ve limit değerlerin üzerinde bir aktivite saptanması durumunda radyoaktif kirlilikten söz edilebileceğinden, o durumda her bir radyoizotopun kalitatif ve kantitatif olarak tayin edilmesi gerekmektedir.

Suyun sahip olduğu çözücülük, taşıyıcılık ve değişik radyoaktif çekirdekleri çöktürme gibi farklı karakteristik özellikleri, suyun doğal radyoaktivitesini arttırmaktadır. Suyun doğal radyoaktivitesini artıran etkenlerden biri de topraktan suya geçen radyoaktif minerallerdir. Sudaki önemli radyoaktif çekirdeklerden Radyum, Uranyum ve Toryum gibi elementler su ile beraber geçtikleri toprak kütleleri tarafından tutulmaktadır. Bu radyoaktif elementlerin tutulması, kalsiyum karbonat veya silisyum dioksit gibi maddelerin toprak içindeki varlığından dolayıdır (Mutluay ve Demirak, 1996).

Yapılan çalışmalar, beta yayıcı radyoaktif element içeren topraklardan, suya bu elementlerin yaklaşık olarak % 7 ile % 9'nun geçtiğini göstermektedir. Suların içerisindeki alfa yayıcı ise içerisinden geçtikleri volkanik ve tortul kayalardan kaynaklanmaktadır. Volkanik kayaların alfa yayıcı yoğunlukları, tortul kayalarınkinden daha fazla olduğu görülmüştür (WHO, 2001).

Canlıların yaşadığı ortamlarda çevresel radyoaktivitenin belirlenmesi, onların bu ortamla sürekli temas halinde olmasından dolayı çok önemlidir. Bu nedenden dolayı çevresel radyoaktivitenin belirlenmesi üzerine dünya çapında çok kapsamlı çalışmalar yapılmaktadır (Mutluay ve Demirak, 1996; WHO, 2001; Külahcı, 2001).

İçme ve kullanma sularındaki radyoaktif maddelerin belirlenmesinin yanında, diğer önemli bir olayda aynı sulardaki ağır metaller ve makro elementlerin de analizinin yapılarak belirlenmesidir. Ağır metal ve makro elementlerin değişiminde, bölgenin jeolojik formasyonunun ve çevre kirliliğinin çok büyük etkisi vardır. Bir bölgedeki ağır metaller, makro elementler ve radyoaktif madde yoğunluğunun belirlenmesi; bu değişkenlerin birikim gösterdiği yerlerin belirlenmesi bakımından önemli olup, ayrıca bu değişkenlerin davranışları açısından da bilgi birikimi sağlayacaktır.

Çalışmamızda, Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti'nden alınan örneklerdeki radyoaktivite analizleri için, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesini belirleyebilecek hassas sayım sistemleri kullanılmıştır. Ağır metal ve makro elementlerin belirlenmesi ise XRF tekniği ve ICP-OES analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma alanımız olan Sır Baraj Göleti'ni, yöre halkı sulama suyu olarak kullanmasının yanında, aynı zamanda balıkçılık da yapılmaktadır. Ayrıca Kahramanmaraş il merkezinin kanalizasyonunun ve çöplüğünün doğrudan Aksu Nehrine dökülmesi ve şehirdeki bütün fabrika atıklarının da bu nehir aracılığıyla Sır Baraj Gölünü beslemesi, dolayısıyla yapılacak olan radyoaktivite ve elemental analiz çalışmaları önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş il sınırları içerisinde bulunan Sır Baraj Göleti'nde ağır metal kirliliğinin ve doğal radyoaktivite seviyesinin belirlenmesidir.

1.1. Radyasyon ve Radyoaktivite

1.1.1. Radyasyon

Enerjinin dalgalar veya tanecikler halindeki durumu veya bu şekilde yayılan enerji türüne “radyasyon” denir. Elektromanyetik radyasyonlar artan frekansa göre; radyo dalgaları, mikro dalgalar, kızıl ötesi, görünür ışık, mor ötesi, X – ışınları, gama ışınları ve kozmik ışınlardır. Bu tür radyasyonlar dalga karakterlidirler. Tanecik radyasyonunun en yaygın şekilleri radyoaktif bozunmada meydana gelen alfa ve beta radyasyonlarıdır (Bilge, 1985).

1.1.2. Radyoaktivite

Radyoaktivite, ilk olarak, 1896’da Henry Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Bazı atom çekirdeklerinin kararsız olması nedeniyle, çeşitli tanecikler ve enerji yayınlamak başka cins çekirdeklere dönüşmesine “radyoaktivite” denir ve bu olay sonucunda ortama α ve β parçacıkları, γ ışınları ve nötrino yayınlanır. Radyoaktivite, kontrol edilemeyen bir olay olup yavaşlatılmaz ve durdurulamaz (Togay, 2002).

Doğal ve yapay radyoaktif çekirdeğin kendine özgü bir bozunma şekli vardır. Bu bozunma şeklinin biri çekirdeğin yayınladığı radyasyonların cinsi ve enerjileri, diğeri de bozunma hızıdır. Radyoaktif ışın türleri ve bu ışın türlerinin çekirdekte meydana getirdiği değişiklikler Çizelge 1.1 de verilmiştir.

Doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar, nükleer enerjinin insanoğlunun hizmetine girmesi ve nükleer santrallerde üretilen radyoaktif maddelerin çevreye verdikleri zararların araştırılmaya başlanmasıyla hız kazanmıştır. Bu tür çalışmalar sadece doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi ve ölçülen değerlerin doğruluğundan emin olma olayı değil, aynı zamanda nükleer santrallerin kurulduğu bölgelere yakın oturan insanların çevresel doğal radyasyonların yanı sıra nükleer santraller’den kaynaklanan radyasyonlardan da etkilenip etkilenmediklerinin bilinmesi açısından önemlidir.

Çizelge 1.1. Radyoaktif ışımalar ve bu ışımaların çekirdekte meydana getirdiği değişiklikler (Lowder and Sobon,1956)

Radyasyon Tipi	Işımanın sembolü	Yayınlanan Tanecik	Atom Numarasında Değişme	Kütle Numarasında Değişme
Alfa Işınması	α	Helyum Çekirdeği	-2	-4
Beta Negatron Işınması	β^-	Elektron	+1	0
Beta Pozitron Işınması	β^+	Pozitron	-1	0
Elektron Yakalama	EC(ϵ)	Nötrino	-1	0
Kendiliğinden Bölünme	F	Ağır Çekirdekler	Çeşitli	Çeşitli
Gama Işınması	γ	----	----	----

Doğal radyoaktif kaynaklar genel olarak, kara ve uzay kaynaklı olmak üzere iki ana grupta toplanırlar. Ayrıca, uzaydan gelen kozmik ışınların dünya atmosferinde bulunan gazlar ve yer kabuğu orjinli bazı radyoaktif çekirdeklerle reaksiyona girmeleri sonucu üretilen, bazı radyoaktif izotoplar da vardır. Bunların en önemlileri ^4C ve ^3H tür. Ağır elementlerden oluşan doğal radyoaktif izotoplar, Uranyum serisi (^{238}U), Toryum serisi (^{232}Th) ve Aktinyum serisi (^{235}U) olmak üzere üç seriden oluşur. Bu seriler ve bunların bozunma ürünleri olan radyoçekirdekler literatürde kolaylıkla bulunabilir. Radyoaktif ağır element serilerinden farklı olarak tabiatta tek başına bulunan ve kendilerine has özelliklere sahip olan bazı doğal radyoçekirdekler vardır. ^{40}K bu grubun en önemlilerinden olup, temel radyasyon seviyesine katkısı oldukça fazladır (Richards and ark, 1975; Coward and ark, 1994).

1.1.3. İyonlaştırıcı ve İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon

Atomla etkileşime girebilecek kadar güçlü enerji seviyesine sahip, alfa ve beta parçacığı gibi hareket eden yüklü parçacıkların veya X ve γ ışınlarının meydana getirdikleri etki iyonlaştırma olarak adlandırılmaktadır. Yüksek enerjili parçacıkların, atom yakınından geçerken oluşturdukları elektron yörüngesindeki değişimler ya da elektronun yörüngesinden çıkması iyonlaştırıcı radyasyonun etkileridir.

Atomla etkileşime girebilecek kadar güçlü olmayan elektromanyetik dalgalar organizma üzerinde büyük bir hasara neden olmaz. Bunlar iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak adlandırılır. Bu tür radyasyona mikrodalga, görünür ışık, radyo ve televizyon dalgaları örnek olarak verilebilir.

1.1.4. Bazı Doğal Radyoaktif Elementlerin Özellikleri

1.1.4.1. Uranyum

Uranyum saf formunda doğal, her yerde bulunabilen ve radyoaktif, gümüş renkli, ağır bir metaldir. Küçük miktarlarda ve farklı kimyasal formlarda kaya, toprak, deniz ve okyanuslar içerisinde doğal olarak bulunur. Doğal olarak oluşan uranyum üç farklı izotopa sahiptir; bunlar ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U 'dir ve ağırlığının % 99,2745'ini ^{238}U , % 0,7200'ini ^{235}U ve % 0,0055'ini ^{234}U oluşturur. Uranyum radyoizotoplarının yarı ömürleri çok uzundur. ^{234}U 'ün 244000 yıl, ^{235}U 'in 710 milyon ve ^{238}U $4,5 \times 10^9$ yıldır. Uzun yarı ömre sahip olan ve doğada en çok bolluğa sahip olan ^{238}U , uranyumun her bir birim kütlesinde çok düşük bozunma oranına sahiptir. Düşük bozunumu nedeniyle aslında doğal olarak oluşan uranyum, gezegen üzerindeki kararsız izotoplar arasındaki en az radyoaktif olan maddelerden biridir. Tüm uranyum izotopları temel olarak alfa parçacıkları yayarlar. Hava, su ve yiyeceklerde az miktarlarda bulunan uranyum, gezegenimizde yaşayan tüm insanlar tarafından günlük olarak sindirim ve solunum yoluyla alınır. Uranyum, yüzey kayaların çözünmesi ve yeraltındaki kaya yapılarıyla temas halinde olmasından dolayı; yer altı sularındaki konsantrasyonu yüzey sularından daha fazladır (Külahcı, 2001; Coward and Burnett, 1994).

Uranyum yatağı fosforitleri, düşük seviyede uranyum içeren, ancak çok yaygın bir şekilde doğada bulunan kaynaklardandır. % 0,01'den daha az uranyum içermektedir. Bazı kayaç yapılarındaki U konsantrasyonu Çizelge 1.2'de verilmiştir (Bourdan ve ark, 2003).

Uranyum, her zaman yüzey ve yer altı sularında bulunabilir. U konsantrasyonu su içerisinde; 0,01 $\mu\text{g/L}$ 'den 1500 $\mu\text{g/L}$ 'ye kadar değişir. Uranyum'un su içerisindeki doğal verimi, suyun geçtiği toprak ve su kütlesini çevreleyen kaya yapısıyla uranyum yoğunluğu büyük ölçüde değişir. Yağış miktarı fazla olduğunda, Uranyum'un yoğunluğu düşüktür (Valkovic, 2000).

Toprak içerisindeki uranyumun yoğunluğu büyük bir çeşitlilik gösterir. Toprağı geliştirmek için yapılan işlemler veya özümleme ve ek olarak gübreleme uygulamaları veya askeri uygulamalar, toprağı oluşturan jeolojik oluşumlardaki uranyumun durumunu etkilemektedir.

Çizelge 1.2. Bazı kayaç yapılarında uranyum konsantrasyonu (Bourdan ve ark, 2003)

Kayaç Tipi	Uranyum Konsantrasyonu(mg/kg)
Bazalt	0,1-1
Karbonat kayalar	2
Üçüncü çağ kayalar	2-4
Alkalin derinlik kayaları	3-20
Granitler(ABD, Rusya, Fransa)	2-15

1.1.4.2. Toryum

Doğal toryum, tamamen radyoaktif olan izotopların karışımından oluşmaktadır. Özellikle ^{232}Th Nükleer Santrallerde bulunan reaktörlerde yakıt olarak kullanılan önemli bir enerji elementidir.

Toryum, 12 çekirdek serisinin başıdır. ^{232}Th ve ^{238}U serileri güçlü benzerlikler gösterirler; onlar aynı elementin (radyum, radon, kurşun, bizmut, polonyum) izotoplarını ve büyük oranda α yayıcılarını içerir. İki seri arasındaki temel fark, ^{232}Th 'nin zincirdeki çok uzun ömürlü tek radyoçekirdek olmasıdır (UNSCEAR, 1982).

1.1.4.3. Potasyum

Potasyum, bitkilerin gelişimi için çok önemli temel bir elementtir ve vücutta yaşamsal bir öneme sahiptir. Doğal olarak bulunan potasyumun üç izotopundan sadece ^{40}K kararsız olup, yarı ömrü $1,28 \times 10^9$ yıldır. ^{40}K 'ın bozunumu sonucu oluşan ürün çekirdek kararlıdır. Doğal potasyumun % 0,0118'ini, ^{40}K izotopu oluşturmaktadır. Yeryüzünün yaklaşık % 2,6'sını oluşturan doğal potasyum, toprakta çok bol bulunduğu için doğal gama radyasyon dozunun önemli bir kesrini meydana getirmektedir (UNSCEAR, 1982).

1.1.4.4. Stronsiyum

Stronsiyum, petrol, kömür, toz, toprak ve kayalarda bulunan gümüşümsü beyaz renkte katı bir elementtir. Havada toz olarak bulunan Stronsiyum toprak ve su üzerine yapışabilir. Bazı Stronsiyum bileşikleri ise suda çözünebilir Doğal stronsiyum, 4 kararlı izotopunun karışımı olup 12 tane de kararsız izotopunun olduğu bilinmektedir (Polat ve ark, 2004).

Bazı gıdalarda kalsiyumun yerini alabilen ^{90}Sr , kemiklerde ve dişlerde birikebilir. Kemiklerde biriken Stronsiyum kansızlığa ve kan hastalıklarına sebep olmaktadır. ^{90}Sr iyi bir beta ışını yayıcısı olup bu izotop radyoaktif serpintilerin en tehlikeli bileşenidir. ^{90}Sr 'ın fisyon reaksiyonları sonucu meydana gelme verimi yüksek olduğu gibi biyolojik yarılanma

süresi de oldukça uzun olup 29 yıldır. ⁹⁰Sr insan vücuduna solunum, direk temas ve enjeksiyon gibi çeşitli yollarla geçebilen en önemli radyoizotoplardan birisidir. Kemik kanserinin tedavisinde belirli dozda radyoaktif stronsiyum kullanılmaktadır. Radyoaktif bozunması sırasında açığa çıkan enerji elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Bu yüzden radyoaktif bozunmaların meydana getirdiği ısının elektriğe çevrildiği, yardımcı nükleer güçlü cihazlarda kullanılmaktadır (Acar, 2003).

1.2. Toprak ve Kayalardaki Doğal Radyoaktivite

Topraktaki radyoaktivite temel anlamda kayalardan kaynaklanır. Toprağın içermiş olduğu radyoaktivite konsantrasyonu; hava koşulları, sedimentasyon, filtreleme, emilme, yer altı suyunun hareketi sonucu meydana gelen çökelmeler, diğer maddeler ile sulanma ve yüksek derecede porozite ile artar veya azalabilir. Toprakta bulunan ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K gibi doğal radyoçekirdekler toprağın radyoaktif olmasına sebep olmaktadır. Doğal radyoçekirdekler daha çok volkanik, fosfat, granit ve tuz kayalarında yüksek konsantrasyonlarda bulunurlar. Bu kayalar doğa şartlarına bağlı olarak zamanla ufalanarak çok küçük parçalar halinde yağmur veya akıntı sularıyla toprağa karışırlar. Bu şekilde de toprağın doğal radyoaktivitesini artırır. Bazı kaya ve topraklardaki ⁴⁰K, ²³²Th ve ²³⁸U'nun konsantrasyonları Çizelge 1.4'de verilmiştir (Liden and Holm, 1985; Niewiadomski ve ark, 1982).

Dünyanın jeolojik yapısı incelendiğinde belli kalınlıktaki toprak tabakasının hemen altında kaya yataklarının olduğu görülür. Bu kaya yataklarının da karasal radyoaktiviteye sebep olduğu tahmin edilmektedir. Püskürük ve metamorfik kayalar yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında şekillenmiş olan kristal kayalardır. Bu şartlar altında kayalar eriyebilir ya da tekrar kristalleşebilir. Birbirlerinden farklı elementler olan uranyum ve toryumun büyük hacimleri, onların çoğu mineral yapılar içine girmelerine izin vermez. Bunun bir sonucu olarak uranyum ve toryum daha önceden şekillenmiş yüksek sıcaklık ve yüksek basınçlı mineral yapılarından ayrılırlar ve oluşumu uzun zaman alan alkalik kayalarda zengin olarak bulunma eğilimi gösterirler (Gascoyne, 1982). Uranyum ve toryum bu şartlar altında benzer bir şekilde hareket ettikleri için onlar arasındaki oran genellikle ortak püskürük kayalarda 4'e 3'tür. Her iki elementin bolluğu kuvars muhteviyatı ile artış eğilimi gösterir. Granitler genellikle uranyum ve toryumun en yüksek konsantrasyonlarına sahiptirler. Kuvarsca zayıf kayalar ise daha az uranyum konsantrasyonu içerirler.

Uranyum, toryum, bu radyoçekirdeklerin kız çekirdekleri ve ^{40}K buldukları kristal kayalarda büyük oranda ısı açığa çıkmasına sebebiyet verirler (Rogers and Adams, 1969).

Jeolojik olarak: U, Th, Ra ve Rn aynı tip kayalardan oluşma eğilimindedir. Th ve U'dan her ikisi de magmatik oluşumlar ve hidrotermal çözeltilerde yüksek oranda yoğunlaşmışlardır. Bu sebeple, asidik volkanik kayalar, pegmatitler ve hidrotermal maden yataklarında bulunmaktadır (Killeen and Heier, 1975).

Toprakta mevcut olan radyoaktivite biyokimyasal işlemlerle biraz değişir. Bitki kök sistemlerindeki gelişme bir taraftan topraktaki dengeyi sağlarken diğer taraftan bitkinin ihtiyacı olan suyu topraktan alır. Topraktaki organik maddelerin ayrışması, toprağın alt tabakalarında oksidasyonlarla başlar. Alt tabakalarda mevcut olan uranyum zamanla azalır. Topraktaki hareketlilik demir oksitlerin ve diğer elementlerin oluşmasıyla devam eder. Bazı topraklarda oluşan asit, ortamda bulunan kalsiyum karbonat vasıtasıyla radyoçekirdeklerin tutulmasını engeller. Topraktaki bu gelişim evreleri kayalardaki radyoçekirdek konsantrasyonlarını ve dolayısıyla dış radyasyon seviyelerini de azaltır. Toprak içinde bulunan doğal radyoçekirdekler toprak içindeki oranlarına göre ortamın veya çevrenin doğal radyasyonunu değiştirir ve o oranlarda da insanların doğal radyasyonlara maruz kalmalarına sebep olurlar (UNSCEAR, 1982). Yer kabuğunda daha önce var olan radyoçekirdeklerin ortalama konsantrasyonları oldukça düşüktür. Topraktaki doğal radyoçekirdeklerin aktivite konsantrasyonları Çizelge 1.3'de verilmiştir (Myrick ve ark., 1983).

Çizelge 1.3. Topraktaki doğal radyoçekirdeklerin aktivite konsantrasyonları (Myrick ve ark., 1983)

Radyonüklit	Konsantrasyon (Bq/kg)	
	Ortalama	Dağılım
^{40}K	370	100-700
^{232}Th Serisi	35	4-130
^{238}U Serisi	35	4-140
^{226}Ra Alt-Serisi	40	8-160

Yüksek ^{40}K aktivitesine sahip doğal otlakların altındaki toprakların genellikle daha yüksek ^{214}Bi ve ^{208}Tl aktivitelerine sahiptirler (Kiss ve ark., 1988). Topraktaki uranyum konsantrasyonları toprağın içerdiği organik bileşik ile ilgilidir (Talibudeen, 1964). Toprağın içerdiği organik madde güçlü bir şekilde 4 değerlikli toryum ile birleşir. Böylece topraktaki toryumun mobilitesi artar. Bilim adamları aynı zamanda radyumun toryumdan daha düzensiz olarak yayıldığını da bulmuşlardır (Hansen and Huntington, 1969). Radyum

yayımlarını, topraktaki organik maddeler tarafından toryumun hareketi ve uranyum tutulumu ile açıklamışlardır. Toprağın üst kısmının toryumdan daha fazla uranyum konsantrasyonuna sahip olduğunu Hansen ve Stout (Hansen and Stout, 1968) rapor etmişlerdir. Bazı kaya ve topraktaki ^{40}K , ^{232}Th ve ^{238}U 'nun kütle ve aktivite konsantrasyonları Çizelge 1.4.'de verilmektedir.

Çizelge 1.4. Bazı kayalar ve topraktaki ^{40}K , ^{232}Th ve ^{238}U 'nun kütle ve aktivite konsantrasyonları (Liden and Holm, 1985)

Kaya Türü	^{40}K		^{232}Th		^{238}U	
	mg/kg	Bq/kg	mg/kg	Bq/kg	mg/kg	Bq/kg
PÜSKÜRÜK						
Granit	5	1200	17	70	3	35
Bazalt	0,9	230	4	15	1	12
TORTUL						
Kireçtaşı	0,3	70	2	8	2	25
Kumtaşı	1,3	300	3	11	1,5	18
Killi Şist	3	700	12	45	4	50
TOPRAK						
Dünya Ortalaması	1,4	370	6	25	2	25

1.3. Sulardaki Doğal Radyoaktivite

Yeraltı sularında birçok radyoaktif element bulunmaktadır. Ancak, bu radyoaktif elementler sularda radyasyon sağlığı bakımından önemli sayılabilecek konsantrasyonlarda bulunmamaktadır. Sulardaki doğal radyoaktivite araştırmalarına dair çalışmalar, başlangıçta sadece kaplıca sularında bulunan bazı mineraller için yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda, kaplıca sularında bulunan minerallerin tamamının, hatta doğal suların bile bir dereceye kadar radyoaktif olduğu görülmüştür (Duenas ve ark., 1993).

Yeraltı suları farklı konsantrasyonlarda ^{235}U ve ^{232}Th grubundan olan radyoaktif elementler içermektedirler. Bu sularda; uranyum serilerinden olan ^{226}Ra , ^{223}Ra ve ^{222}Rn izotoplarının ve toryum serisinden olan ^{224}Ra ve ^{228}Ra gibi radyoaktif izotopların bulunma olasılıkları çok yüksektir. Bu radyoaktif elementlerin konsantrasyon miktarları ortamda bulunan kayaların türlerine, yeraltı sularının reaksiyona girme kabiliyetlerine ve farklı türdeki kayaların istikrarları gibi etkenlere bağlıdır (Gilkeson ve Cowart, 1987; King ve ark., 1982; Cothorn, 1987). Sularda çözülmüş uranyum serisine ait dört tür radyoaktif izotop bulunur. Bunlar; ^{238}U , ^{223}Ra , ^{226}Ra ve ^{222}Rn 'dir. Bu radyoaktif izotoplardan en önemlisi alfa parçacıkları yayınlamak üzere azalan ^{238}U 'dir. Bu radyoaktif izotopun diğerlerine göre daha önemli olmasının nedeni, uzun yarılanma ömrüne sahip olması ve canlılar için çok tehlikeli olan alfa radyasyonu yayınlamak üzere azalmasıdır. Bu radyoizotoplardan

^{226}Ra 'da, ^{238}U gibi alfa radyasyonu yayınlamaya azalır ve kaya oyukları içerisinde geçerek yeraltı sularına difüzyon yoluyla geçebilme kabiliyetine sahiptir (Olguin ve ark., 1993). ^{222}Rn radyoaktif izotopu ise, ^{235}U serisine dâhil olan ve doğal uranyumda % 0,7 oranında bulunan ^{223}Ra gibi alfa radyasyonu yayınlamaya azalır. Bunun yanında toryum serisine dahil olan ^{228}Ra ve ^{224}Ra radyoaktif izotopları ise beta radyasyonu yayınlamaya bozunurlar (Duenas ve ark., 1993).

Sulardaki aktivite, Uranyum yoğunluğu ile de verilebilir. Buna göre $1\mu\text{g U}=1.2\times 10^{-2}$ Bq ^{238}U dir (Milvy and Cothorn, 1990; Barnes, 1986). Yeraltı sularının yüzey sularından daha radyoaktif olması, içinden geçtikleri veya temas ettikleri radyoaktif kütleler veya minerallerden ileri gelmektedir. Genellikle volkanik kütleler içinden geçen suların radyoaktivite konsantrasyonları, tortul kütleler içinden geçen sulara nispeten daha yüksektir. Sularda en fazla uranyum ailesi elemanları bulunmaktadır. Suyun doğal radyoaktivitesinin hemen hemen tamamını radyum ve bozunma ürünleri ile ^{238}U oluşturmaktadır. ^{226}Ra 'nın bozunma ürünü olan radyoaktif radon bazı yeraltı sularında oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Yeraltı sularında aktinyum ailesi elemanlarını tespit etmek imkânsız gibidir. Toryum ailesinden ^{232}Th ve ^{228}Ra bazı sularda detekte edilebilecek miktarlarda bulunmasına rağmen bu aileden olan ^{220}Rn nin çok kısa yarı ömre sahip olması su ve kayalarda birikmesine imkân vermemektedir.

Radyoçekirdeklerin temel hareket mekanizmasını sağlayan hidrosfer temel seviye radyasyonunun belirlenmesinde büyük bir rol oynar. Suyun sahip olduğu çözücülük, taşıyıcılık ve değişik radyoçekirdekleri çöktürme gibi farklı karakteristik özellikleri sulardaki doğal radyoaktiviteyi artırmaktadır. Yüzey sularında akış hızlarının çok güçlü olması, içinde asılı bulunan partiküllerdeki potasyum, rubidyum, kozmik ışın kökenli ve suni radyoçekirdekleri barındıran kil minerallerinin taşınmasını sağlamaktadır (Chung ve ark., 1992). Akan sulardan çıkan radon atmosfere dağılırken ortamdaki konsantrasyonu mesafeyle üstel (exponensiyel) olarak azalır (Eisenbud, 1963). Yer altı sularında suyun akışı güçlü değildir. Bu sular içinde asılı kalan partiküller filtre edilebilirler.

Hidrosferde radyoçekirdeklerin davranışlarındaki gözlenebilir genel özellik, bu radyoçekirdeklerin çöktürülmesidir. Depolanma, farklı karakteristiklere sahip suların ara yüzeylerinde, oksidasyon ve redüksiyon bölgeleri arasında hidrosfer ve atmosfer arasında meydana gelir. Buna örnek, ^{226}Ra 'nın çöktürülmesi verilebilir. Uranyum'un organik maddeler içinde çökmesi ortamdaki konsantrasyonunun azalmasına sebep olur. Yüzey sularında çökme oranı radyoçekirdekleri içeren sedimentlerin aksine, akış hızına bağlıdır.

Farklı fiziksel ve kimyasal karakteristiklere sahip uranyum, toryum ve aktinyum serilerinde bulunan radyoçekerdeklerin sularındaki doğal radyoaktivite dengeleri gözlemlendiğinde uranyum ve aktinyum serilerindeki radyoçekerdekler topraktan suya geçerken dengesizlikler gösterirler. Yeraltı sularında ^{222}Rn çok yavaş hareket eder ve atmosfere kaçması sınırlıdır. Konsantrasyonu birkaç yüz ile birkaç bin pCi/L arasında değişir ve yarı ömrü 3,8 gündür (Lowder ve Sobon, 1956). ^{226}Ra 'nın yeraltı sularındaki konsantrasyonu ^{222}Rn 'den daha azdır. Bu iki radyoçekerdek kaya ve toprağın alt tabakalarında radyoaktif dengeye daha yakın olarak bulunurlar (Rankama, 1954). Deniz sularında radyoçekerdeklerin konsantrasyonları oldukça düşüktür.

1.3.1. İçme Sularındaki Radyoaktivite Limitleri

İçme suları içerisinde bulunabilecek maksimum toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri WHO, EPA ve TSE tarafından yapılan çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Bu değerler Çizelge 1.5'de belirtildiği gibi WHO ve TSE tarafından tavsiye edilen üst sınırlar; toplam alfa radyoaktivitesi için 0,1 Bq/L, toplam beta radyoaktivitesi için ise 1,0 Bq/L olarak belirlenmiştir (Tuncer, 1991; WHO, 1993; TSE, 2003).

Çizelge 1.5. İçme suları için uluslararası ve ulusal kuruluşlar tarafından kabul edilmiş en yüksek radyoaktif kirletici konsantrasyonları (WHO, 2001)

Kirletici	Dünya Sağlık Örgütü				EPA	TSE	TSE
	2004	1993	1971	1971	1994	2003	1997
	Tavsiye Edilen Üst Sınır	Tavsiye Edilen Üst Sınır	Tavsiye Edilen Üst Sınır	Müsaade Edilen Üst Sınır	Tavsiye Edilen Üst Sınır	Müsaade Edilen Üst Sınır	Müsaade Edilen Üst Sınır
Toplam Alfa	0,5 Bq/L (15 pCi/L)	0,1 Bq/L (2,7 pCi/L)	0,11 Bq/L (3 pCi/L)	0,37 Bq/L (10 pCi/L)	0,555Bq/L (15pCi/L)	0,1 Bq/L (2,7 pCi/L)	0,1 Bq/L (2,7pCi/L)
Toplam Beta	1,0 Bq/L (27 pCi/L)	1,0 Bq/L (27 pCi/L)	1,1 Bq/L (30 pCi/L)	3,7 Bq/L (100pCi/L)	1,85Bq/L (50pCi/L)	1,0 Bq/L (27 pCi/L)	1,0 Bq/L (27 pCi/L)

Su kaynaklarının sınıflarına göre bazı kalite kriterleri ise Çizelge 1.6'da verilmiştir (Şen ve ark, 1997).

Çizelge 1.6. Su Kaynaklarının sınıflarına göre bazı kalite kriterleri (Şen ve ark., 1997)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
PH	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9	>6-9>
Toplam Alfa (Bq/L)	0,037	0,37	0,37	>0,37
Toplam Beta (Bq/L)	0,37	3,7	3,7	>3,7

1.3.2. Sulu Havzalarda Radyoaktivite Dağılımı

Sular içerisinde bulunan en önemli doğal radyoaktif madde radyum olup bunun kaynağının suların içinden geçtiği kütleler içerisindeki radyoaktif maddeler oluşturmaktadır. Sularda bulunan radon gazının kaynağını sularda çözünmüş radyum tuzları oluşturur. Ancak, bazı sular içerdikleri radyum tuzu yoğunluğuna göre çok daha yüksek yoğunluklarda çözünmüş radon gazı içermektedirler. Bu gibi suların fazla radon gazı içermeleri, kayalardan geçmeleri sırasında çatlaklardan sızan radon gazının basınç altında sularda kolayca çözünmesi, buna karşı radyum tuzlarının ancak temas halindeki sularda süzülerek çözünmesiyle açıklanabilmektedir (Alkan ve ark, 1975).

Toryum, nehirlerde ve okyanus sularında daha çok miktarda bulunmaktadır. Ancak nehirler tarafından taşınarak, denizlerde veya göllerin diplerinde depolanabilir (Cochran, 1992). Th izotopları suda her zaman düşük yoğunlukta bulunur. Th, okyanuslarda U'un çözünmesiyle oluşur ve partiküller üzerine yapışarak ve hidrolize yoluyla dibe iner (Gascoyne, 1982). Okyanus tabanında yapılan araştırmalarda, Th miktarı 5 mg/kg'dan az iken U miktarı 100 mg/kg civarında bulunmuştur. Yapılan çalışmalar fosfat kayalarının üzerinde U ve Th'dan kaynaklanan radyoaktivitenin bol miktarda olduğu saptanmıştır (Burnett ve ark, 1992).

Yer altı suyuyla taşınan U bir redoks engeliyle çökelse ^{230}Th ve onun ürün çekirdeği ^{226}Ra 'un etkili bir kaynağı olarak görev yapar. U'un çökeldiği yerde ^{230}Th oluşur ve bulunduğu yerde kalır. Çünkü Th'un hareketliliği azdır. Bununla beraber, ^{230}Th bozduğunda ^{226}Ra oluşur ve özellikle tuzlu sular içerisinde hareketliliği çok fazladır. Böylece yüksek Ra yoğunluğu olan sular içerisinde çok az ana U çekirdeği içerir. Her radyoçekirdek, tek bir çözünürlük ve yarı ömür kombinasyonuna sahiptir ve bu kombinasyon onun taşınma potansiyelini veya erimesini belirler (Killen ve ark., 1975).

Çevredeki radyoaktivitenin yüksek olması U ve Th ana çekirdeklerinin dağılımının bir fonksiyonudur. U ve Th uzun yarı ömürlere sahip olduklarından dolayı yeryüzünün derinliklerinde oluşmuş kaya ve minerallerin yapılarında birikmiş olurlar. Çevresel veya jeolojik durumlar neticesinde, yeryüzüne yakın yerlerde veya yeryüzüne çıktıklarında, radyoaktivitenin kaynağı vazifesini görürler (Valkovic, 2000).

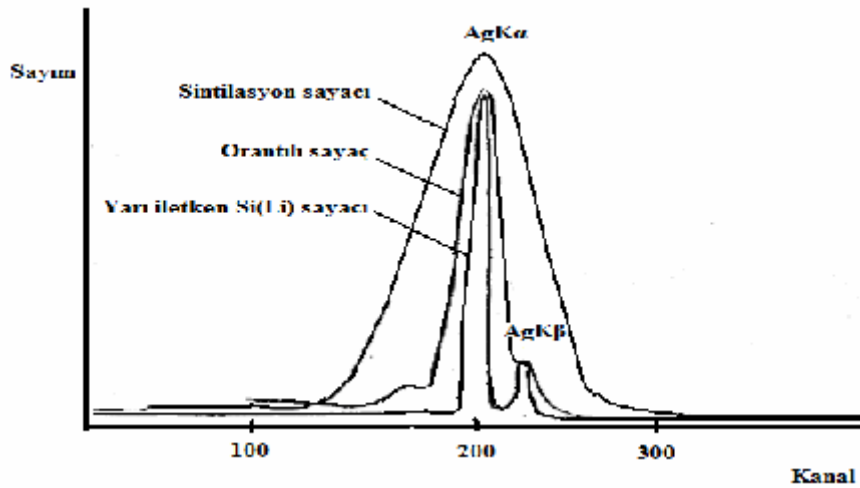
1.4. Radyasyon Algılama Cihazları

Radyasyonları tespit etmek için kullanılan tüm detektörlerin temel çalışma ilkeleri benzer özelliklere sahiptir. Radyasyon detektöre girer ve detektör materyalinin atomlar ile

etkileşerek enerjisinin bir kısmını veya tamamını kaybeder. Atom yörüngelerinden nispeten düşük enerjili elektronların salınmasına neden olur. Bu elektronlar toplanır ve analiz edilmek üzere elektronik devre tarafından ya akım pulsu veya voltaj şeklinde dönüştürülür. Ölçülecek radyasyon tipine göre detektör materyali belirlenmektedir. Radyoaktif bozunmalardan salınan α parçacıkları veya düşük enerjili nükleer reaksiyonlardan yayınlanan yüklü parçacıkların katılardaki maksimum menzili $100 \mu\text{m}$ ' den küçüktür. β bozunumlarında yayınlanan elektronlar için detektör materyalinin kalınlığı 0,1-1 mm arasında olması gerekirken, γ ' lar için bu aralık çok daha fazla olup 5 cm ye kadar çıkabilmektedir.

1.5. Radyasyon Algılama Yöntemleri

Radyasyon algılamasında genel olarak kullanılan algılayıcı çeşitlerini üç grup halinde incelemek mümkündür. Bunlar; Gaz doldurulmuş tüp algılayıcılar, sintilasyon algılayıcıları ve yarıiletken algılayıcılarıdır. Bir parçacık algılayıcısı seçilirken; algılayıcının uygulama çözünürlüğü, verimi, ilgili deneyi yapmaya uygunluğu ve amaca uygun olarak X veya gama ışınlarının enerji değerleri gibi önemli noktalara dikkat etmek gerekir. Elementler tarafından yayınlanan karakteristik X-ışınları katihal sayaçları, sintilasyon sayaçları ve orantılı sayaçlar ile sayılabilir. Fakat bu sayaçların ayırma gücü birbirinden farklıdır. En iyi ayırma gücüne katihal sayaçları sahiptir. Katihal sayaçlarında verim büyüktür. Ayrıca elektron hol çifti meydana getirmek için gerekli enerji düşüktür. Bu özelliklerden dolayı, katihal sayaçları oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.1'de çeşitli sayaçların ayırma güçlerinin karşılaştırılması Ag K_{α} ve Ag K_{β} ışınları için gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Sayaç Çeşitleri (Bertin, 1975)

1.5.1. Sintilasyon Algılayıcıları

Sodyum iyodür, sezyum iyodür, antrasen, naftalin ve fenantren gibi bazı maddelere bir tek yüklü parçacık, X-ışını veya γ -ışını çarptığı zaman, bu maddeler bir ışık pulsu meydana getirirler. Bu gibi maddelere sintilatörler adı verilir. Bu ışık pulsu bir fotoçoğaltıcı tüp aracılığı ile elektrik pulslarına dönüştürülür. Fotoçoğaltıcı tüp bir fotokatot, bir elektron odaklayıcı ve çok miktarda dinot'tan meydana gelmiştir. Fotoçoğaltıcı tüp içerisindeki dinotlara uygulanan gerilim ile elektronların dinotlara çarpması sağlanır ve bu şekilde elektronların sayılarının artması mümkün olur. Anot ve dinotlar tüp tabanında bulunan fişlere yerleştirilmiş seri bağlı dirençler vasıtası ile yüklenirler. Bir Sintilasyon algılayıcısı genel olarak fotoçoğaltıcı tüp ve sintilatör şeklinde başlıca iki kısma ayrılabilir (Canberra Industries Inc., 1997; Knoll, 1979).

İyi bir algılayıcının sintilatör materyalinde aranılan özellikler, şeffaflık, büyük boyutlarda kullanılabilirlik ve büyük ışık çıkışına sahip olma şeklinde sıralanabilir. Relatif olarak birkaç materyal bu tür algılayıcılar için iyi özelliklere sahiptir. Bu yüzden genellikle NaI ve CsI kristalleri içerisine aktive edilmiş talyum kullanılır. NaI, gama algılaması için kullanışlı bir materyaldir çünkü ekonomik olmasının yanında çok iyi bir şekilde gama çözünürlüğüne de sahiptir. NaI(Tl) kristalleri %100'lük verimle gamaları algırlar (Knoll, 1979; Anderson, 1989).

1.5.1.1. NaI (Tl) Sintilatörleri

NaI kristali, X-ışınları ve gamma-ışınlarının deteksiyonunda oldukça fazla kullanılmaktadır. NaI sintilatöründe bulunan iyotun atom numarasının yüksek olması, gama ışınlarının algılanmasında yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır. Genellikle talyumun küçük bir miktarı kristal içerisine eklenerek aktive edilir. Oluşan bu yapı NaI(Tl) kristali olarak isimlendirilir. Bu algılayıcıların en iyi çözünürlüğü 3x3 boyutlarında bir kristal kullanılarak ¹³⁷Cs radyoaktif kaynağından alınan 662 keV enerjili gama ışınları için % 7,5 ile % 8,5 arasında değişir. Bu kristal daha küçük ve daha büyük boyutlarda kullanıldığında bu kadar iyi bir çözünürlük elde etmek mümkün değildir. NaI algılayıcılarının birçok türü kullanışlıdır.

NaI kristalindeki ışık azaltma sabiti yaklaşık olarak 0,25 μ s civarındadır. Bunun yanında tipik bir yüke hassas ön yükselteçten 0,5 saniye civarında yükselme zamanına sahip çıkış pulsları elde edilir. Bu sebepten dolayı NaI algılayıcıları yüksek aktiviteli

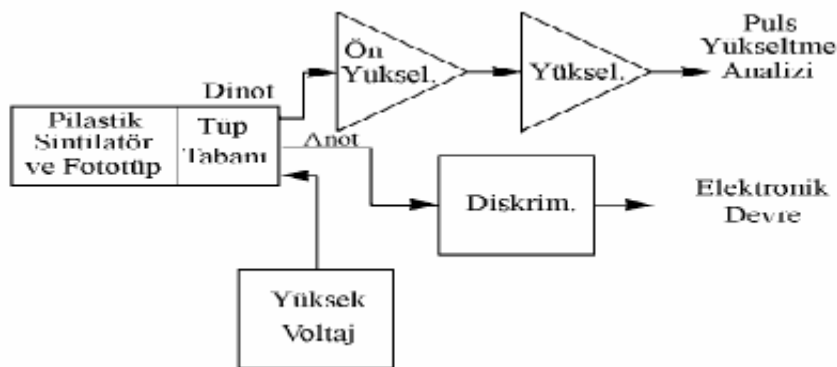
ölçümler için plastik algılayıcılar kadar iyi değildirler, çünkü bu tür ölçümlerde kısa çözümüleme zamanına ihtiyaç vardır (Anderson, 1989; Leo, 1987).

1.5.1.2. ZnS(Ag) Sintilatörleri

Gümüş ile aktive edilmiş çinko sülfat eski inorganik sintilatörlerden birisidir. Bu sintilatörler NaI(Tl) sintilatörleri ile karşılaştırıldığı zaman çok yüksek bir sintilasyon verimine sahiptirler. Bunun yanında bu tip sintilatörler bir polikristal tozu gibi kullanılırlar. Bunun sonucu olarak bu sintilatörlerin kullanımı, alfa parçacıkları ve diğer ağır iyon algılamalarında kullanılmış olan ince ekranlar için sınırlandırılmıştır. Kalınlık 25 mg/cm^2 den büyük olduğu zaman kendi kendilerine parıldama meydana getirme ihtimalleri olduğundan kullanılmayabilirler (Knoll, 1979).

1.5.1.3 Plastik Sintilatörler

Eğer bir organik sintilatör, bir çözücü içerisinde çözünürse, bir katı çözeltinin eşdeğeri elde edilmiş olur. Bu yüzden plastik sintilatörler organik sintilatörlerin içerisinde en kullanışlı olanlardan birisidir. Bu tip sintilatörlerin puls şekillendirmesi için üretilen diğer sintilatörler kadar iyi ve hızlı bir azalma zamanları vardır. Plastik sintilatörler genellikle nötron algılamalarında, yüklü parçacık algılamalarında ve hızlı zamanlama uygulamalarında kullanılırlar. Bu uygulamalarda kullanılabilmesi için çok büyük boyutlarda olmaları veya doğal sert plastik özelliklerini sağlamaları gerekmektedir. Hızlı fotoçoğaltıcı tüplere bağlanmış plastik sintilatörler ile nano saniye civarında yükselme zamanına ulaşmak mümkündür. Şekil 1.2’de bir plastik sintilatör algılayıcısının elektroniği görülmektedir. Dinot’un pozitif çıkışı bir ön yükseltece ve oradan da enerji analizi için yükseltece, daha büyük bir negatif çıkış için ise bir hızlı diskriminatöre bağlanmıştır (Canberra Industries Inc., 1997; Anderson, 1989).



Şekil 1.2. Bir plastik sintilatör algılayıcısının elektroniği (Canberra Industries Inc., 1997; Anderson, 1989)

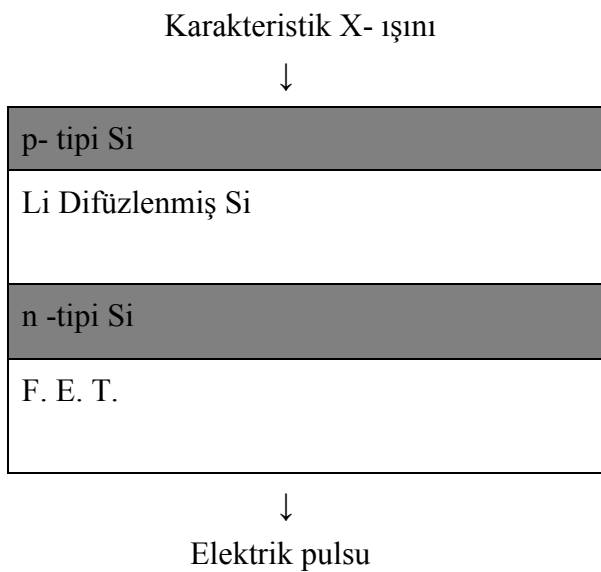
1.5.2. Katıhal Sayaçları

Katıhal sayaçları, Lityum sürüklenmiş yarı iletken Si(Li) veya Ge(Li) dedektörlerdir. Yarı iletken dedektörler p ve n-tipi bölgeler ile bu bölgeler arasında yerleştirilmiş i-tipi, boşaltılmış iç bölgeden ibarettir (p-i-n). Boşaltılmış bölge p-tipi Silisyum veya Germanyum içerisine Lityum sürüklenmesiyle elde edilir. Dedektör yüzeyindeki ince p-tipi bölgenin sayma işlemine hiçbir katkısı yoktur. Bu bölgeye ölü tabaka denir. Sayacın en iyi özelliği, alanı ve kalınlığı olup, sayaç alanı arttıkça katı açısı büyürken, soğurma verimi ise kalınlıkla birlikte artar. Fakat dedektörün ayırma gücü azalır (Bowman ve ark., 1966). Lityum sürüklenmiş Silisyum veya Germanyum üzerine yaklaşık 200 Å kalınlıkta altın elektrotlar vardır. Dedektörün yüksek kazançlı olmasını sağlayan, üzerine yerleştirildiği alan etkili transistor (F.E.T.)'dir (Bertin, 1975).

Katıhal sayaçları, en iyi ayırma gücünü sağlamak, oda sıcaklığında kolayca buharlaşan lityumun buharlaşmasını önlemek ve elektronik gürültüyü azaltmak için -196 °C sıcaklığında sıvı azot ile sürekli termal temas halindedir. Yarı iletken sayaçlarda, 300-1000 volt arasında bir ters besleme voltajı ile meydana getirilen alan, sayaçta oluşan elektron-hol çiftlerinin, ön amplifikatöre sürüklenmesini sağlar.

1.5.2.1. Katıhal Sayaçlarının Çalışma Prensibi

Si(Li) Dedektörünün şematik gösterimi, Şekil 1.3'deki gibi olup, sayaca uygulanan, ters besleme voltajı ile oluşan elektrik alanında, serbest yükler harekete geçerek elektron-hol taşıyıcılar ayrılırlar.



Şekil 1.3. Si(Li) Dedektörünün şematik gösterimi

Ayrılan elektronlar p-tipi bölgeye giderken, holler n-tipi bölgeye giderler. Boşaltılan bu bölge, radyasyon hassas detektör hacmini oluşturur. Bu bölge, 2-5 mm kalınlığında, 12,5-80 mm² alanında olup, yüksek iletkenlik gösterir. Numuneden gelen karakteristik X-ışınları, detektörde Lityum sürüklenmiş bölgeye geldiğinde, enerjisini Si veya Ge atomunun bir elektronuna aktarır. Bunun sonucu çıkan foto elektron, elektron-hol çifti oluşturur.

1.6. Gama Işınlarnın Tanımı ve Özellikleri

Radyoaktif bozunum (alfa veya beta) yapmış veya bir nükleer reaksiyondan sonra ortaya çıkan ürün çekirdek, genellikle, uyarılmış enerji seviyesinde kalır. Bu durumdaki çekirdek ikinci bir bozunum ile bir foton yayınlıyarak daha düşük enerji seviyesine ve sonunda taban enerji seviyesine düşer. Bu şekilde, çekirdeğin uyarılmış enerji seviyesinden temel enerji seviyesine düşerken yayınladığı fotonlara gama ışını denir.

Gama ışınları elektromanyetik spektrumun en kısa dalga boylu ve en fazla enerjili olanlarıdır, kütleleri yoktur ve yüksüzdürler dolayısı ile elektrik ve manyetik alanda saptırılamazlar, yüksek enerjilerinden dolayı madde içerisinde yol alabilirler, ışık hızı ile yayılırlar ve gazları iyonlaştırıcı özellikleri vardır. Gama ışınları nükleer reaksiyonla üretilebilirler. Gama ışınlarının dalga boyu $\lambda=1-0,05 \text{ \AA}$ enerjisi ile 12 keV ile 2,5 MeV arasında değişir (Tanyel, 1994).

1.6.1. Gama Işınlarnın Madde ile Etkileşmesi

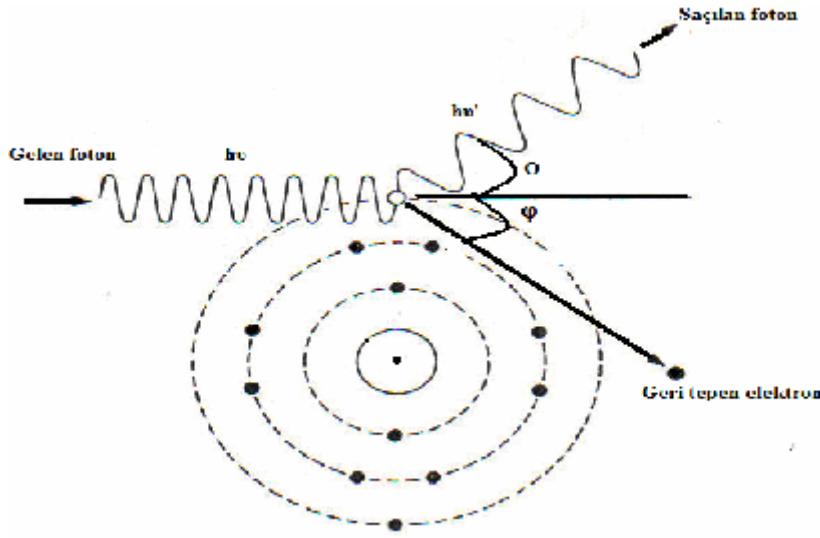
Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi sonucu şu olaylar meydana gelebilir;

- Saçılma olayı.
 - İncoherent(compton) saçılması.
 - Coherent saçılma.
- Fotoelektrik olayı.
- Auger olayı.
- Çift oluşum veya elektron çifti meydana gelmesi olayı.

1.6.1.1. İncoherent (Compton) Saçılması

İşğın yani elektromagnetik radyasyonların, tanecik karakteri ile izah edilebilen Compton olayı, genellikle 0,5 MeV'den büyük enerji değerine sahip fotonunun, serbest

elektronla veya atomun dış yörüngesindeki bağ enerjisi çok küçük olan bir elektronla etkileşmesinde gözlenen bir olaydır.



Şekil 1.4. Compton Olayı

Gelen ve saçılan fotonların dalga boyları arasındaki fark;

$$\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = h/m_e c (1 - \cos\theta) \quad (1.1)$$

eşitliğinden elde edilmekte olup burada θ saçılma açısıdır.

1.6.1.2. Coherent Saçılma

Koherent saçılma çoğu kez elastik veya Rayleigh saçılması olarak adlandırılır ve fotonların enerjisinde bir değişiklik olmadan saçılması olarak tarif edilir.

1.6.1.3. Fotoelektrik Olay

Fotoelektrik soğurma, elektronlara gelen gama ışınlarının etkileşmesi sonucu olur. Bu etkileşim sırasında gama ışınının bütün enerjisi kaybolur fakat bu enerji tamamen elektronlara kinetik enerji olarak aktarılmaz. Bir kısmı elektronu uyararak için kullanılır. Bu elektronlar, foto elektron olarak adlandırılır.

1.6.1.4. Auger Olayı

İç yörüngelerden uyarılan bir atomda meydana gelen bir boşluk üst tabakalardan elektron geçişi ile doldurulur ve atom daha düşük enerji seviyesine geçer. Bu sırada ortaya çıkan enerji, bir dış yörüngedeki elektronu sökmek için kullanılırsa, atom ışımasız bir geçiş yapar. Bu olaya Auger olayı, sökülen elektrona ise Auger elektronu denilir (Dyson, 1988).

1.6.1.5. Çift Oluşum

Çift oluşum, bir fotonun bir elektron ile bir pozitrona dönüşmesi olayıdır. Elektron ile pozitronun kütleleri ile yükleri eşit fakat yükleri zıt işaretlidir. Bir elektronun veya pozitronun durgun kütle enerjisi 0,51 MeV' dir. Bu nedenle çift oluşum olayının olabilmesi için foton enerjisinin en az 1,02 MeV olması gerekir. Bu olay meydana gelirken, hem yük, hem çizgisel momentum, hemde toplam enerji korunur.

1.7. X - Işınları Fluoresans (XRF) Sistemi

X-ışınları flüoresans (XRF) spektroskopisi elemental kompozisyonu belirlemede kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Hızlı, duyarlı, kullanım kolaylığı, malzemeye zarar vermeme ve düşük fiyat gibi özellikleri göz önüne alındığında teknolojik ve bilimsel araştırmadaki önemi daha da artmaktadır.

Temel fizik araştırmalarında, metallurjide, alaşım analizlerinde, endüstride, plastik, kâğıt ve cam gibi maddelerde safsızlık analizlerinde, tıp, biyokimya, maden filizlerinin analizlerinde, arkeolojik ve sanat eserlerinin tahribatsız olarak incelenmesi ve çevre araştırmaları gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Aynı anda birçok elementin analizini yapabilmesi ve maliyetinin düşük olması XRF'in avantajlarını oluşturmaktadır (Bertin, 1975).

Enerji ayırmalı spektrometre(EDXRF), X-ışını tüpü veya radyoaktif bir kaynak olarak, numune tutturucu, yarı iletken detektör ve enerji ayırımı için gerekli elektronik bileşenlerden oluşur. Enerji ayırmalı sistemlerin en önemli avantajı, spektrometrenin uyarma ve alıcı kısmındaki parçaların basitliği ve hareketsiz oluşudur (Woldseth, 1973).

1.7.1. X-Işınları ve Özellikleri

X-ışınları, 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen tarafından tesadüfi olarak keşfedilmiş ve 1950'li yıllarından beri de ticari element analizlerinde kullanılmaktadır.

X-ışınları, hem dalga hem de tanecik özelliği gösterdikleri için çift karakterlidirler (Çizelge 1.7). Fotoelektrik soğurulma, Compton saçılması (incoherent saçılma), gaz iyonizasyonu ve sintilasyon tanecik özellikleri; hız, polarizasyon ve Rayleigh saçılması (coherent saçılma) dalga özellikleridir (Bertin, 1975).

Çizelge 1.7. X-Işınlarnın Özellikleri (Bertin, 1975)

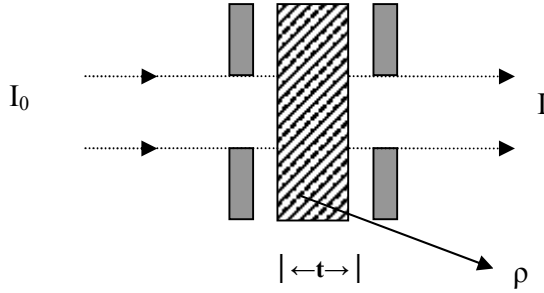
Genel özellikler	Etkileşme sonucu maddeden çıkan tanecik
-Sürekli spektrum verir. -Kesikli spektrum verir. -Işık hızı ile yayılır. -Doğrular halinde yayılır. -Elektrik ve magnetik alandan etkilenmezler.	-İyon -Fotoelektron -Auger elektronu -Geri tepme elektronu -Elektron pozitron çifti
Yapabileceği fiziksel olaylar	X-ışını soğurmasının kalıcı sonuçları
-Transmisyon -Kırılma -Polarizasyon -Koherent saçılma -Fotoelektrik olay -Çift oluşum ($E \gg 1,02 \text{ MeV}$)	-Radyasyon tahribatı -Sıcaklık artması -İyonlaşma -Fotografik etki -Genetik değişme

1.7.1.1. X-Işınlarnın Soğurulması

I_0 şiddetinde paralel bir X-ışını demeti t kalınlığında, ρ yoğunluğunda homojen bir soğurucu üzerine gönderildiğinde soğurucudan geçen X-ışını demetinin şiddeti I olur, I her zaman I_0 'dan küçüktür. Şekil 1.5'de gösterildiği gibi X-ışını şiddetindeki azalma dI ise,

$$dI/I = -\mu dt \quad (1.2)$$

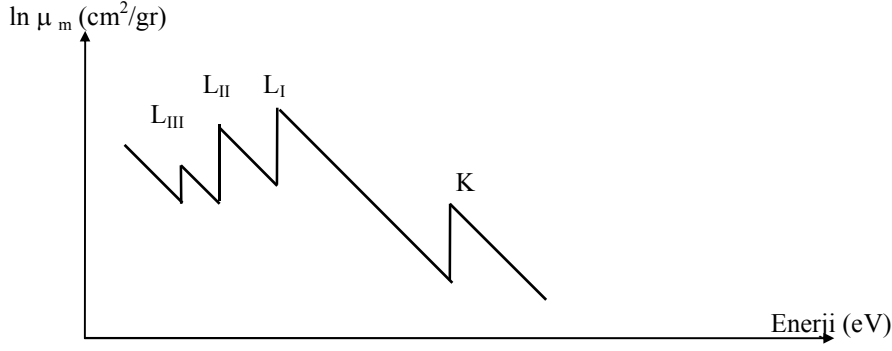
olur. Burada μ lineer soğurma katsayısını belirtir. Negatif işaret ise X-ışınının maddeyi geçerken şiddetindeki azalmadır.



Şekil 1.5. X-ışının Soğurulması (Bertin,1975)

1.7.1.2. Soğurma Kıyısı

Bir atomun, herhangi bir yörüngesinden elektron sökebilecek en küçük enerjili veya en büyük dalga boylu fotonun enerjisine, atomun o enerji seviyesinin soğurma kıyısı denir. Her atomun birden çok soğurma kıyısı vardır. Bunun sebebi atomların farklı uyarma potansiyellerine sahip olmalarıdır. K (λ_{Kab}) bir, L ($\lambda_{L I ab}$, $\lambda_{L II ab}$, $\lambda_{L III ab}$) üç, M beş, N yedi tanedir (Bertin, 1975). Şekil 1.6'da soğurma kıyıları enerjisinin soğurma katsayısına karşı çizimi gösterilmiştir.



Şekil 1.6. K ve L Tabakalarına Ait Soğurma Kıyıları

1.7.2. X-ışınlarının Oluşumu

1.7.2.1. Doğal X-ışınları

Doğal X-ışınları, atom çekirdeği tarafından K seviyesinden elektron yakalanması, iç dönüşüm ve β - bozunumu olaylarıyla meydana gelir (Eisberg, 1961).

Elektron yakalamada, elektron yörüngede dolarken, eğer elektron çekirdeğe çok yaklaşırsa Coulomb Yasası gereği çekirdek tarafından yakalanabilir. Bu olay genelde atom numarası yüksek olan atomların, K kabuğundaki elektronların yakalanması şeklindedir. Bu olay sonrası atom, numarası $(Z-1)$ olan yeni elemente dönüşürken, atom ağırlığında hiçbir değişiklik olmaz.

β -bozunması olayında, çekirdek tarafından yayımlanan β radyasyonu, atom yörüngelerinden bir elektrona çarpar ve elektronu yerinden sökerek dışarı fırlatır. Bu olay sonrası X-ışını oluşur. Bu durumda Z elementi $(Z+1)$ elementine dönüşürken, atom ağırlığı değişmez (Eisberg, 1961).

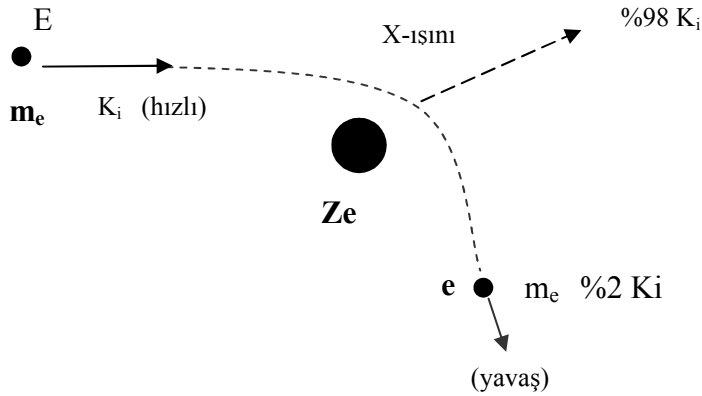
İç dönüşüm veya iç geçiş olayında A ve Z değişmez. γ ışını yayınlanır. Bu enerji atomun yörüngesinden herhangi bir elektrona aktarılarak X-ışını çıkmasına sebep olur (Lankosz ve ark., 1993).

1.7.2.2. Yapay X-ışınları

Maddenin fotonlarla veya parçacıklarla (α , p^+ , e^-) etkileşmesinden elde edilir. Fotonlarla etkileşmesinden kesikli (karakteristik) spektrum elde edilir. Yüklü parçacıklarla etkileşmeden hem kesikli hem de sürekli spektrum elde edilir (Tertian ve Claisse, 1982).

1.7.3. Sürekli X-Işımları

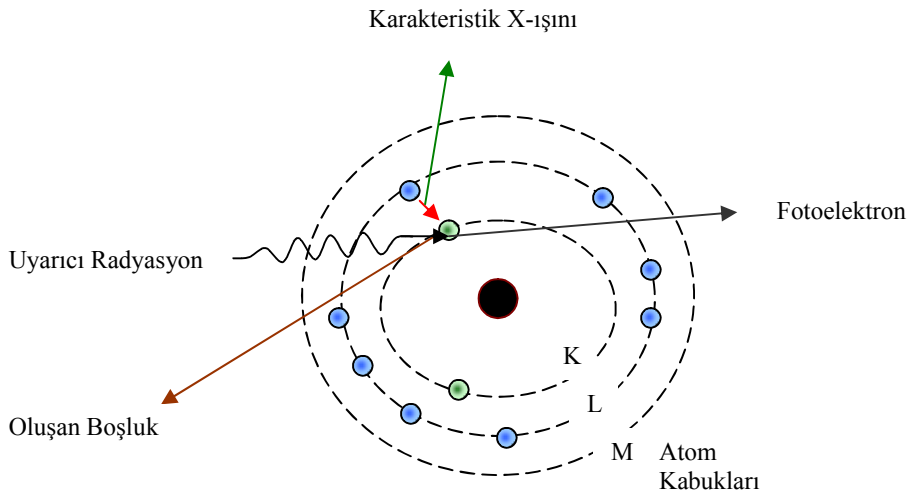
Sürekli X-ışınları, hızlandırılmış elektronların ağır çekirdek yakınından geçerken yavaşlayarak enerjisinin önemli bir kısmını X-ışınına dönüştürmesi ile oluşur (Aygün ve Zengin, 2000). Yüksek hızlı yüklü parçacıklar bir elektrik alan içinde ivmeli olarak hareket ederlerken ani olarak yavaşlatılmaları veya durdurulmaları sonucu ışımaya yaparlar. Burada ilk ve son hızları arasındaki enerji farkına eşit enerjide X-ışınları yayarlar.



Şekil 1.7. Sürekli X-Işını Oluşumu

1.7.4. Karakteristik X-Işımları

Herhangi bir etki ile uyarılan bir atomun, alt kabuğundan bir elektron söküldüğü zaman, burada meydana gelen boşluk, daha yüksek tabakalardaki bir elektron tarafından, $10^{-12} - 10^{-14}$ saniye arasında çok kısa bir sürede doldurulur. Elektronların bu geçişleri sırasında yayınlanan fotonlar, karakteristik X-ışınları olarak adlandırılır.



Şekil 1.8. Karakteristik X-Işını Oluşumu

Atomların K kabuğunda oluşacak bir elektron boşluğunun, diğer tabakalardaki elektronlar tarafından doldurulması ile oluşan X-ışınlarına K serisi, L kabuğundaki elektron boşluklarının doldurulması ile oluşan X-ışınlarına da L serisi denir.

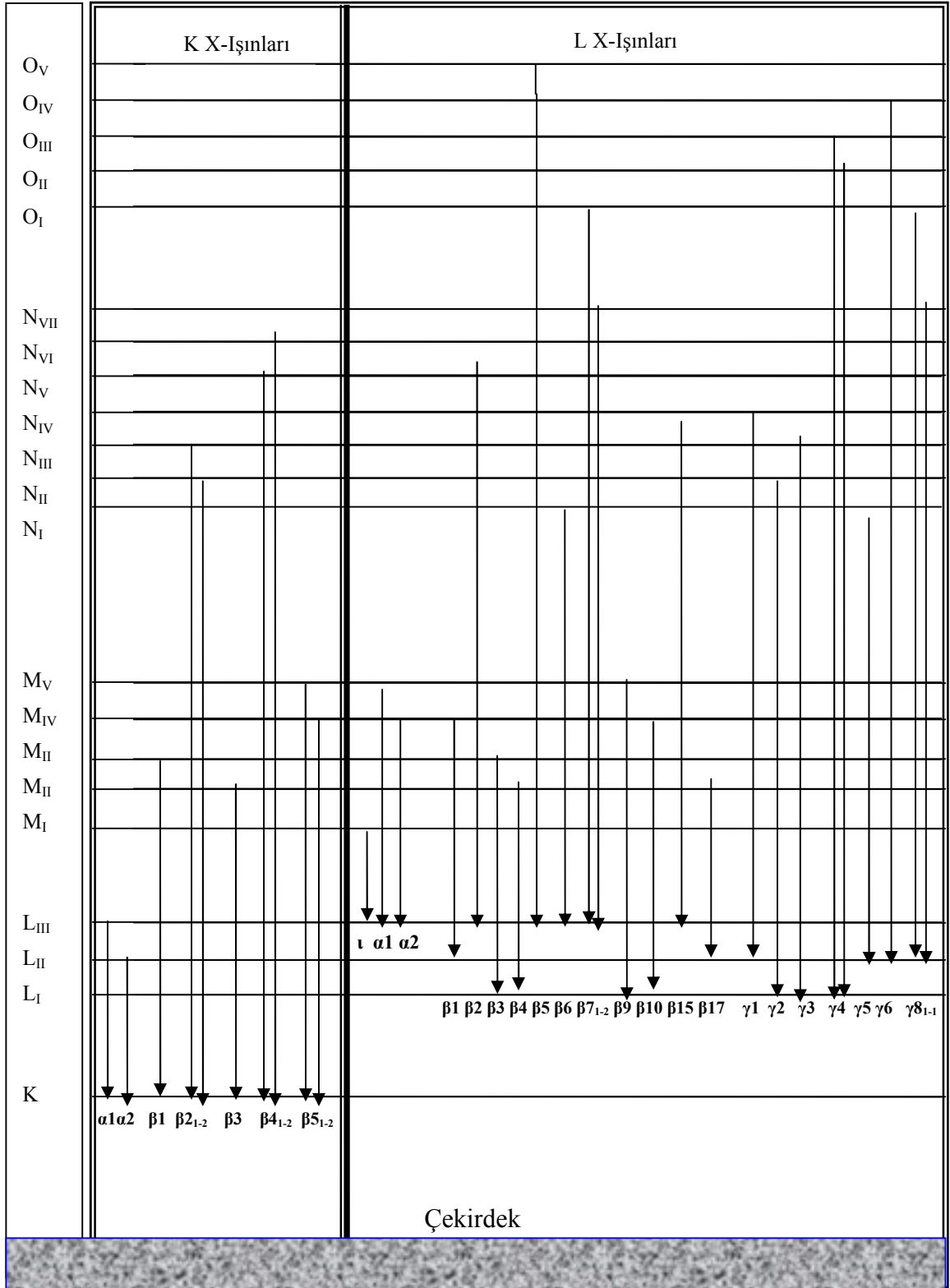
Bir foton tarafından atomun K seviyesi uyarılırsa, K tabakasında oluşan boşluk atomun üst L, M, N, tabakalarındaki elektronlar tarafından doldurulabilir. Bu boşluk L tabakasındaki elektronlar tarafından doldurulursa meydana gelen karakteristik X-ışını $K\alpha$, diğer üst tabakalar tarafından doldurulursa $K\beta$ karakteristik fotonları ortaya çıkar. Bu fotonların saçılmasıyla da K karakteristik çizgileri elde edilir. L ve M karakteristik çizgileri de buna benzer şekilde elde edilir (Bertin, 1975). K kabuğundaki boşluk diğer kabukların alt kabuklardaki elektronlar tarafından doldurulduğunda yayımlanan fotonlar Siegbahn gösterimine göre Çizelge 1.8' de gösterilmiştir.

Çizelge 1.8. Siegbahn Gösterimleri (Van Grieken ve Markowicz, 1992)

Siegbahn Gösterimi	Tabakalar Arası Geçiş	Siegbahn Gösterimi	Tabakalar Arası Geçiş	Siegbahn Gösterimi	Tabakalar Arası Geçiş
$K\alpha_1$	K-L _{III}	$L\alpha_2$	L _{III} -M _{IV}	$L\beta_{17}$	L _{II} -M _{III}
$K\alpha_2$	K-L _{II}	$L\beta_1$	L _{II} -M _{IV}	$L\gamma_1$	L _{II} -N _{IV}
$K\beta_1$	K-M _{III}	$L\beta_2$	L _{III} -N _V	$L\gamma_2$	L _I -N _{II}
$K\beta_2^I$	K-N _{III}	$L\beta_3$	L _I -M _{III}	$L\gamma_3$	L _I -N _{III}
$K\beta_2^{II}$	K-N _{II}	$L\beta_4$	L _I -M _{II}	$L\gamma_4$	L _I -O _{III}
$K\beta_3$	K-M _{II}	$L\beta_5$	L _{III} -O _{IV,V}	$L\gamma_4^I$	L _I -O _{II}
$K\beta_4^I$	K-N _V	$L\beta_6$	L _{III} -N _I	$L\gamma_5$	L _{II} -N _I
$K\beta_4^{II}$	K-N _{IV}	$L\beta_7$	L _{III} -O _I	$L\gamma_6$	L _{II} -O _{IV}
$K\beta_5^I$	K-M _V	$L\beta_7^I$	L _{III} -N _{VI,VII}	$L\gamma_8$	L _{II} -O _I
$K\beta_5^{II}$	K-M _{IV}	$L\beta_9$	L _I -M _V	$L\gamma_8^I$	L _{II} -N _{IV(VII)}
L_1	L _{III} -M _I	$L\beta_{10}$	L _I -M _{IV}		
$L\alpha_1$	L _{III} -M _V	$L\beta_{15}$	L _{III} -N _{IV}		

L serisi, L tabakalarındaki boşlukları doldurmak için daha üst tabakadaki elektronların bu boşluklara geçişinin ardından oluşur. Üç alt tabakaya sahip L tabakası ile tekli K tabakası karşılaştırıldığında, seçim kuralları ile kabul edilen L geçişlerinin sayısı K' dan çok daha fazla olmuş olacaktır. Bu yüzden L serisi K' dan daha karmaşıktır ve yüksek atom numaralı elementlerde, 20 ile 30 arası diyagram çizgisi gözlemek mümkündür (Mioli ve Seccaroni, 2000).

Çizelge 1.9. K ve L X-ışınlarını oluşturan elektron geçişleri (Van Grieken ve Markowicz, 1992)



Seçim Kuralları

Karakteristik X-ışınları tayfının oluşmasına neden olan geçişler, tesadüfi olmayıp elektronik dipol seçim kaidelerine uyarlar.

$$\Delta n \geq 1 \quad (1.3)$$

$$\Delta n \neq 0 \quad (1.4)$$

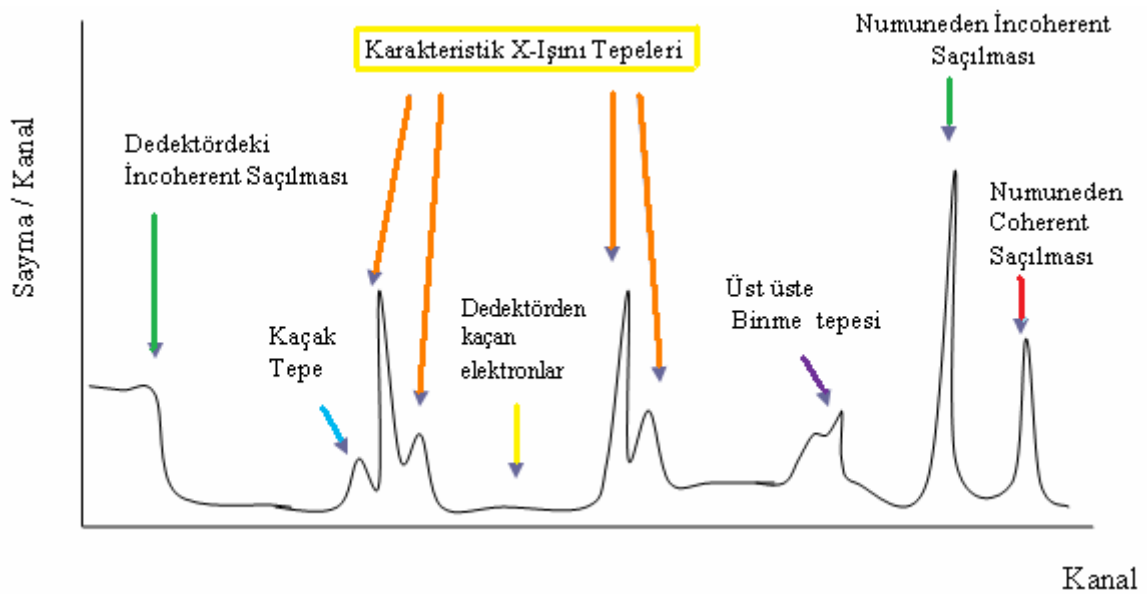
$$\Delta l = \pm 1 \text{ veya } \Delta j = 0 \quad (1.5)$$

şartlarını sağlayan geçişler izinli geçişler, bunların dışındaki geçişler yasak geçişlerdir.

1.7.4.1. Karakteristik X-Işını Spektrumu

X-ışını spektrometrisi ile elde edilen spektrumların bir örneği olarak şekil 1.9'da gösterilmiştir. Bu spektrum, incelenen numunenin elementlerinden gelen karakteristik pikler haricinde farklı piklerde içermektedir. Bunlar;

- Karakteristik X-ışını pikleri
- Coherent saçılma pikleri
- İncoherent saçılmadan kaynaklanan Compton Pikleri
- Kaçak pikler
- Üst üste binme pikleridir (Landis ve ark.,1972).



Şekil 1.9. X-ışını spektrometresiyle elde edilen bir spektrum (Küçükönder, 1988)

Karakteristik X-Işını Tepeleri: Bu tepeler, incelenen numunedeki elementler hakkında bize bilgi verir ve numune içerisindeki elementlerin tespit edilmesini sağlar. Karakteristik X-ışını tepeleri, K_{α} , K_{β} , L_{α} , L_{β} ... v.s. tepeleri olabilir (Küçükönder, 1988).

Coherent Tepeleri: Kaynaktan gelen primer gama ışınlarının numuneden coherent olarak saçılmasıyla meydana gelir. Yani gelen ışınlar, enerjilerini kaybetmeksizin numuneden saçılırlar (Küçükönder, 1988).

Incoherent Saçılmadan Dolayı Meydana Gelen Compton Tepeleri: Kaynaktan numuneye gelen primer X-ışınlarının, numune içerisinde incoherent saçılmaya uğradıkları zaman enerjilerinin bir kısmını kaybetmeleri ve dedektördeki sayımları ile oluşurlar. Enerji kaybı yüzünden compton piki, coherent pikinden daha düşük enerji bölgesinde oluşur. Incoherent saçılma birden fazla olduğu gibi, dedektör içerisinde de incoherent saçılma olabilir. Primer gama ışınlarının enerjisi büyüdükçe compton ve coherent pikleri arasındaki enerji farkı da büyür (Küçükönder, 1988).

Kaçak Tepeler: İncelenen numuneden salınan, karakteristik X-ışınları fotonları dedektöre ulaştıklarında, dedektör atomlarının birinden elektron sökerek elektron-hol çifti oluşturur. Bu sırada, salınan karakteristik X-ışınları, sayaç yüzeylerine yakın bölgelerde olursa bu karakteristik X-ışını başka etkileşmelere girmeden sayaçtan kaçabilir. Dolayısıyla sayaç, gelen fotonu geliş enerjisinden daha düşük enerjili bir foton olarak sayar. Böylece oluşan kaçak tepeler asıl tepelerin düşük enerjili tarafında yer alır. Kaçak pik alanının asıl pik alanına oranı, piklerin düşük enerjili bölgelerinden sayaç maddesinin soğurma kıyılarına yaklaştıkça artar. Böylelikle düşük enerji bölgesinde pikler meydana gelir. Bu tepelere “kaçak tepeler” denir (Küçükönder, 1988).

Üst Üste Binme Tepeleri: İki veya daha fazla foton aynı anda detektöre geldikleri zaman, sistem, bu fotonlar için tek bir puls verir. Bu da üst üste binen bir tek tepe olarak meydana gelir (Küçükönder, 1988).

1.7.5. X-Işını Flüoresans Uygulama Teknikleri

1.7.5.1. Nitel Analiz (Kalitatif Analiz)

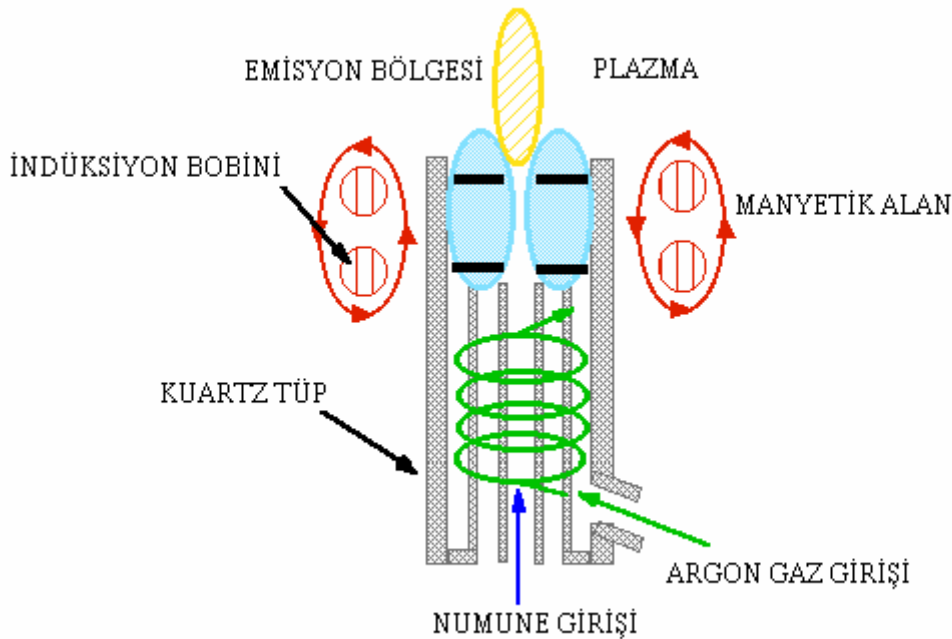
Bilinmeyen maddenin atom numarasının, verilen serisinin çizgilerinden enerjisinin ölçülmesi ile uyarılmış elementlerin atom numarası belirlenebilir. Yapılan analizler genellikle numunenin içindeki elementleri belirlemek için kullanılabilir (Jenkins ve ark., 1981).

1.7.5.2. Nicel Analiz (Kantitatif Analiz)

Nicel analiz bir numunedeki elementlerin yüzde olarak oranının belirlenmesidir. Nicel analizlerde temel üç basamak mevcuttur. Birincisi analiz için verilen maddeden numune hazırlama, ikincisi analitin uygun seviyelerinin uyarılması ve yayılım sonucu şiddetlerinin ölçülmesi, üçüncüsü de ölçülen şiddetin elemental konsantrasyona dönüştürülmesidir (Jenkins ve ark., 1981).

1.8. İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP)

ICP, numunedeki elementlerin atomlaştırılıp uyarıldığı, manyetik alanla desteklenmiş, 7000-8000 °K gibi yüksek sıcaklıktaki plazma tekniğidir. Plazma gaz halindeki iyon akımı olarak adlandırılmaktadır. ICP tekniğinde, plazma, hem inert olması hem de kolay iyonlaşabildiğinden dolayı argon gazının, radyofrekans jeneratörü tarafından oluşturulan manyetik alanla etkileştirilmesiyle oluşturulmaktadır. ICP'nin temel kısımları Şekil 1.10'da verilmiştir.



Şekil 1.10. ICP kaynağının temel kısımları (Gürler, 2007)

1.8.1. ICP-Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES)

ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy), atomların uyarılması için, indüksiyonla birleştirilmiş plazmanın kullanıldığı optik emisyon spektroskopisi tekniğidir. ICP-OES cihazının temel prensibi yüksek derişimde katyon ve

buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı olmayıp, ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle 27 veya 40 MHz'lik güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilmektedir.

1.9. Ağır Metaller ve Makro Elementler

Eser miktarda dahi toksin etkisi yapabilen bu maddeler arasında en önemli grubu; Al, Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, V, Zn, Cu, Co, Sn, Sb, Sr gibi elementler oluşturmaktadır. Bu elementlerin çoğunluğu ağır metaller grubuna girmektedir. Ağır metaller, en önemli kirletici grubunu oluşturduğu bilinmektedir. Bu elementlerin toksin ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme eğilimindedirler.

Çok küçük miktarlarda dahi genellikle kuvvetli zehir etkisine sahip olan ağır metaller, kirlenmiş sularda metal, katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunurlar. Bunlar kirlenmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engellediği gibi arıtılmış suların, sulamada kullanılmasını ve arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılmasını sınırlamaktadırlar (Külahcı, 2005).

1.9.1. Alüminyum(Al)

Alüminyum, yumuşak ve hafif bir metal olup mat gümüşümsü renktedir. Doğada genellikle boksit cevheri halinde bulunur.

İnsanoğlu yediği yiyeceklerden, soluduğu havadan ve içtiği sudan düşük dozlarda alüminyuma maruz kalmaktadır. Yüksek dozlara maruz kalındığı takdirde solunum ve sinir sistemi ile birlikte kemik yapısını da olumsuz yönde etkilenmektedir. Alüminyuma bağlı çevresel etkileşimin çoğu kronik ve içme sularına bağlı olarak görülmektedir. Sinir sistemine ait etkiler ise yıllar sonra fark edilmekte ve geri dönüşümü olmamaktadır. Hatta alüminyum zehirlenmeleri sakat doğumlara, Alzheimer gibi nörolojik hastalıklara neden olabilmektedir (www.bcm.org.tr).

1.9.2. Fosfor(P)

Fosfor, birçok alaşımların ve sodyum ampullerinin yapımında kullanılmaktadır. Tarım ve hayvancılıkta büyük önem taşıyan fosfor, ayrıca havai fişek, kibrit, deterjan ve diş macunu yapımında da kullanılmaktadır. Sinir ve kemik dokuları için önemli bir elementtir. İnsan vücudunda kalsiyumdan sonra en çok bulunan elementlerdendir. Fosfor

fazlalığının toksik bir etkisi olmamakla birlikte, tansiyonu yükselttiği bilinmektedir (www.wikipedia.org).

1.9.3. Kükürt(S)

Kükürt, siyah barut yapımında, kuru meyve ve kağıtların beyazlatılmasında, yangın söndürücülerde ve pil yapımında kullanılmaktadır. Solunum sisteminin sağlıklı çalışmasına katkıda bulunur. Deri hastalıklarının tedavisinde kullanılır. Kükürt eksikliği, saçlarda zayıflık ve deride solgunluk oluşturur. Kükürt fazlalığı ise böbreklere zarar verir. Ayrıca alerjik deri hastalıklarına neden olur (www.bcm.org.tr).

1.9.4. Klor(Cl)

Klor, Keskin ve rahatsız edici kokulu, açık sarı renkli, zehirli bir gazdır. Klor, dünyanın birçok yerinde içme sularının dezenfekte edilmesinde kullanılmaktadır. Asit - baz dengesi ile su basıncının düzenlenmesi için gereklidir. Ayrıca plastik ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır. Midenin asit salgısında yardımcı olur. Tuz almayan ve çok terleyenlerde klor eksikliği gelişebilir. (www.wikipedia.org).

1.9.5. Kalsiyum(Ca)

Kalsiyum, gümüşümsü beyaz renkte toprak alkali bir elementtir. Doğada saf olarak bulunmayıp en fazla kireçtaşında (CaCO_3) olarak bulunmaktadır. Toryum, Uranyum ve Zirkonyum gibi metallerin hazırlanmasında ve çeşitli alaşımları elde etmede kullanılmaktadır. Canlıların kemik, diş ve benzeri iskelet yapılarında ve bitkilerin bünyesinde bol miktarda bulunmaktadır.

Kalsiyumun eksikliği eklem ağrıları, tırnak kırılması, depresyon, yüksek tansiyon, sinirlilik, uykusuzluk, raşitizm ve diş çürümesi gibi rahatsızlıklara yol açmaktadır (www.wikipedia.org).

1.9.6. Titanyum(Ti)

Titanyum, boya, kağıt ve plastik üretimlerinde, darbe ve aşınmalara karşı sert çelik alaşımlarında, camların renklendirilmesinde ve deniz suyunun aşındırıcı özelliğine karşı yüzeylerin kaplanmasında kullanılmaktadır. Titanyum çeşitli metallerle birlikte kullanılan önemli bir alaşım elementi olup çelik kadar dayanıklı, ancak çelikten % 45 daha hafiftir (www.kimyaevi.org).

1.9.7. Krom(Cr)

Krom, parlak siyah renkte olup genelde manyetik özellik taşımamaktadır. Genellikle ultrabazik kayalar içerisinde bulunur. Krom kirlenmiş sulara hem katyon, hem de anyon olarak bulunabilir. Anyon formu katyon formundan daha etkilidir. Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada her yerde bulunan bir metal olup kirlenmemiş suda ortalama 1 µg/L değerindedir. Pek çok toprakta krom, 2-60 mg/kg bulunurken, kirlenmemiş bazı topraklarda ise 4 g/kg' a kadar çıkmaktadır.

Krom, İnsanların ihtiyaç duyduğu bir iz elementtir. Ancak yüksek oranda alımı toksik etki gösterdiği için tamamen zararlıdır. En önemli problemi deride alerji yapması, karaciğer sorunları ve bağışıklık sistemini zayıflatmasıdır. Aynı zamanda genetik olarak mutasyonlara neden olan ve kanserleşmeye zemin hazırlamaktadır. Sudaki krom, çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (www.kimyaevi.org).

1.9.8. Demir(Fe)

Demir, çelik grisi-siyah renkte olup metalik parlaklığındadır. Saf demir oluşumlarına sıkça rastlanılmazken volkanik kayaların kömür damarlarını kestiği yerlerde oluşabilir. Demir, ağır metaller içerisinde en zehirsiz metal sayılır. Demirin suda aşırı bulunması suya metalik bir tat vererek suda renklilik yapar. Sağlık açısından bir sorun teşkil etmezler. Ancak sulardaki yüksek demir konsantrasyonu mikro floranın büyük ölçüde değişmesine sebep olur. Demir oksit, demir hidroksit ve iki değerlikli demir bileşikler fazla zararlı değildir (<http://www.biyotip.com>).

1.9.9. Kobalt(Co)

Kobalt sert, gümüş renginde, davranış ve özellik bakımından nikel ile demire çok benzeyen bir metaldir. Dayanıklı ve oksitlenmeye karşı dirençli bir metal olması nedeniyle elektrolizle kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır.

Ayrıca Kobalt-60 izotopu ise kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Kobalt, pankreasta önemli miktarda bulunur. İnsülinin, bazı enzimlerin sentezlerinde de gereklidir (DPT, 2001).

1.9.10. Nikel(Ni)

Nikel, çevrede çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. Nikelin, en yaygın uygulaması, paslanmaz çelik ve diğer metal malzemelerin içeriği olarak kullanılmasıdır.

Nikel, yeryüzünde belli başlı elementlerden olup doğada genellikle demirle birlikte olmak üzere sülfürler, arsenürler ve silikatlar şeklinde bulunur. Kirli topraklardan elde edilen sebzelerin yüksek miktarda tüketilmesiyle nikel alımı artmaktadır. İnsanlar nikel solunum yoluyla, içme suyuyla, gıdaların tüketimiyle veya sigara içilmesiyle maruz kalmaktadır. Aslında nikelin az miktarda alınması vücut için gereklidir. Fakat aşırı dozda alınrsa insan sağlığı için tehlikeli olmaktadır. Özellikle; Akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri riskini artırmaktadır. Akciğerlerde tıkanma, solunum yetmezliği, doğum kusurları, astım, kronik bronşit ve kalp rahatsızlıklarına sebep olmaktadır (www.wikipedia.org).

1.9.11. Bakır(Cu)

Bakır, turuncu renkli olup yaşam için gerekli iz elementlerden biridir. Çoğu bakır bileşiği ya su tortusuna ya da toprak parçacıklarına yerleşip bağlanır. Çözünür bakır bileşikleri insan sağlığı için en büyük tehdidi oluşturmaktadır. Genellikle doğada suda çözünür bakır bileşikleri tarım uygulamaları sonucu ortaya çıkmaktadır. Bakır, özellikle küçük canlılar için yüksek derecede zehirlidir. Hafif alkali sularda hidroksit, çürüten organik madde içeren sularda sülfür şeklinde çökelir.

Bakır, vücutta stresle mücadelede rol oynayan bir elementtir. Ancak fazla kullanımı ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Özellikle karaciğer ve beyin etkilenmektedir (<http://www.biyotip.com>).

1.9.12. Çinko(Zn)

Çinko, diğer metallerle çok sayıda alaşımların yapısına katılır. Demir ve benzeri metallerin, korozyona karşı önlem amacıyla kullanılır. Çinko sülfid ise flüoresan özelliğine sahiptir ve flüoresan lambaların, X-ışını ve televizyon ekranlarının yapımında kullanılmaktadır.

Çinko, protein sentezi ve büyüme de önemli rol oynamaktadır. Yara iyileşmesi, tat ve koku duyuları için önemli bir elementtir. İnsülin ve porfirin metabolizmasındaki enzimlerin aktiviteleri için gereklidir. Orta derece çinko eksikliği çocuklarda büyüme gecikmesi, erkeklerde hipogonadizm, hafif dermatit, iştah kaybı ve gecikmiş yara iyileşmesine neden olur. Şiddetli çinko eksikliğinin belirtileri ağırlık kaybı, noropsikiyatrik bozukluklar ve tekrarlayan enfeksiyonları içermektedir (<http://www.biyotip.com>).

1.9.13. Galyum(Ga)

Galyum, cam ve porselenlere ıslak görünüm vermek için kullanılmaktadır. Boksit ve çinkonun saflaştırılması sırasında alüminyumla beraber elde edilir. Galyum bir yan üründür. Saf bir galyum, parlak gümüş renkli cam parçalarına benzer. En çok kullanılan bileşikler galyum nitrit ve galyum arseniktir (www.kimyaevi.org).

1.9.14. Arsenik(As)

Arsenik, Ağır metaller içerisinde yer alan ve ciddi zararlar veren elementtir. Yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu 2 ppm dir. Arsenik 200'den fazla mineral türünde bulunmakla beraber doğada jeolojik olarak geniş bir alana yayılmış gıda ve yeraltı sularında bulunan elementtir. Aşırı derecede arsenik alımı ölümle sonuçlanır. Okyanus ve açık deniz suyunda arsenik konsantrasyonu 1-2 µg/L civarındadır. Nehir ve göllerdeki konsantrasyonu 10 µg/L nin altındadır. Ortalama sediment konsantrasyonu ise 5-3000 mg/kg arasında değişirken kirliliğin fazla olduğu yerlerde bu değer yükselmektedir. Topraktaki konsantrasyonu 5 mg/kg civarındadır.

Arseniğin kronik olarak artışı kromozom ve genler üzerinde olumsuz değişimlere sebep olmaktadır. Düşük miktarda arsenik kullanımı vücut için gereklidir. Yüksek dozlarda çözünebilir inorganik arsenik emilimi, sindirim sistemi septomlarına, kardiyovasküler ve sinir sistemi fonksiyonlarında bozukluklara ve sonuçta ölüme sebep olmaktadır (www.kimyaevi.org).

1.9.15. Kadmiyum(Cd)

Kadmiyum, çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasındadır. Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel-kadmiyum pillerde, gemi sanayinde, boya sanayinde alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılmaktadır. İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; sigara dumanı, rafine edilmiş gıdalar, su boruları, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri ve tohum aşamasında kullanılan gübrelerdir (www.metalurji.org.tr).

Kadmiyum, ağır metaller içerisinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle de doğada yayılım hızı yüksektir. Kadmiyum fazlalığı, kronik akciğer rahatsızlıkları, böbrek yetmezliği, yüksek tansiyon, mide rahatsızlıkları ve kemiklerde önemli problemlere neden olmaktadır. WHO'nun sınıflandırmasına göre kadmiyum, I. Sınıf kanserojen grubuna girmektedir (John, 1980).

1.9.16. Kalay(Sn)

Kalay, gümüşümsü gri renkte olup tehlikeli düzeyde bir ağır metaldir. Havada kolaylıkla okside olmaz ve korozyona karşı dirençlidir. Bu özelliğinden ötürü diğer metallerin kaplanmasında kullanılır.

Yüksek miktarda kalay alınımı, bağışıklık sistemi zayıflaması, karaciğer hasarı, kırmızı kan hücrelerinin sayısında azalma ve kromozomal bozukluklar verdiği hasarların başında gelir. Kalayın su yoluyla canlılar arasındaki transferi oldukça azdır. Daha çok gıdalardan alınır (www.main-board.eu).

1.9.17. Antimon(Sb)

Antimon, gümüş renginde bir metal olup kurşun alaşımlarında, ilaç sanayinde, pil endüstrisinde ve elektronik sanayin de yoğun kullanılmaktadır. İnsan vücudu için gerekli bir metal değildir.

Antimonun insanlar üzerindeki negatif etkileri, en fazla bu metal ve bileşiklerinin üretildiği bölgelerde ve termik santraller yakınlarında yaşayanlarda görülmektedir. Antimon'un uzun süreli alınmaları durumunda, ciğerlerde ve bronşitler üzerinde negatif etkileri görülmektedir. Ancak antimon bileşiklerine ait en çarpıcı etki kalp ritmini bozması ve sinir sistemi üzerinde düzeltilemez tahribatlara yol açmasıdır. Bunun yanında sürekli maruz kalındığında kilo kaybına, metabolizmanın hızlanmasına ve kan şekerinin düşmesine yola açmaktadır (Habashi, 1997).

1.9.18. Baryum(Ba)

Baryum, gümüş renginde, yumuşak ve doğada fazla miktarda bulunan ağır metaller arasında yer alıp kaynağı Barit madenidir. Doğada tortul, çökelme ile oluşmuş olarak bulunur. Denizlerin yada suların taşınmasıyla tabakalar oluşturmaktadır. Baryum sülfat, röntgen ışınlarını geçirmediği için, tıpta ve özellikle de radyolojide çok kullanılmaktadır.

Baryum, suda çözünüp balıklar tarafından yüksek miktarda alındığında ve vücutlarında biriktiğinde kasların güçsüzleşmesine, beyin ve karaciğerde hasara ve kalp ritminin bozulmasına sebep olur. Saf baryum, suya karıştırılınca zararsız olduğu halde, baryum tuzları, suda ya da asitlerde erimiş olarak, vücuda girerlerse, şiddetli zehirlenmelere yol açabilmektedirler (www.main-board.eu).

1.9.19. Civa(Hg)

Civa, genellikle yüzey katmanlarında bulunan uçucu, oda sıcaklığında kolayca buharlaşabilen gümüşümsü gri renkli sıvı bir elementdir. İnsanlar için çok zararlı bir ağır metal iken neredeyse balıkları pek etkilememektedir. Çünkü balıklar civayı metil civa olarak vücutlarında biriktirmektedirler. Deniz suyunda civa 5-30 mg/L civarında bulunmaktadır. Deniz canlılarının vücudundaki civa konsantrasyonu 1ppm den yüksek ise yenmesi sağlık açısından sakıncalıdır. Suyu karışan serbest civa, çoğunlukla askıda bulunan katı maddelere bağlanır ya da diğer organik anyonlarla birleşir. Daha sonra zamanla dibe çökerek sedimente birikmeye başlar.

Civayla etkileşen canlıların sinir sistemlerinde, karaciğer, damar, kan ve böbrek sistemlerinde histopatolojik bozukluklar görülmektedir. Civayla kirletilmiş ortamlardaki su ürünlerinin tüketilmesi insan sağlığı için zararlıdır. Özellikle metil civa kolayca insan vücudunda birikir. Kronik olarak zehirlenmiş insanlarda çeşitli derecelerde felçler, uyuşukluk, saralar, görme ve işitme bozuklukları, beyin hasarlarına yol açabilmektedir (www.main-board.eu).

1.9.20. Kurşun(Pb)

Kurşun, İnsan ve ekolojik sisteme en zararlı ilk metal özelliğini taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal ve bileşik olarak yayıldığından ve sürekli toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Kirlenmiş sulardaki kurşun konsantrasyonu 0,100 mg/L'den az ise suda yaşayan canlılar bundan pek etkilenmezler. İçme sularında ise en fazla 0,050 mg/L dir.

İnsan vücudundaki kurşun miktarı ortalama olarak 125-200 mg civarındadır. İnsanda kurşun miktarının fazlalığı, beyin ve sinir sisteminde bozukluklara yol açtığı gibi böbreklerde de tahribata sebep olmaktadır. Hatta çocuklar üzerinde yapılan bir araştırmada, kanda kurşun miktarı arttıkça IQ seviyesinin düştüğü görülmüştür. WHO'nun sınıflandırmasına göre Kurşun, II. Sınıf kanserojen grubuna girmektedir (EC, 2002).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, tez konusu ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar verilmiştir.

Niewiadomski ve arkadaşları tarafından Polonya'nın doğal radyasyon seviyesi belirlenmiştir (Niewiadomski ve ark, 1982).

ABD'de yapılan bir çalışmada, ABD'ye içme suyu sağlayan kaynaklarda bulunan radyum konsantrasyonları ile toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyesi tespit edilmiştir (Cothorn ve ark, 1983).

ABD'de yapılan başka bir çalışmada ise sadece toprakta bulunan doğal radyoçökirdek konsantrasyonları belirlenmiştir (Myrick ve ark, 1983).

Alkan ve arkadaşları tarafından Türkiye'de kaplıca ve maden sularında doğal radyoaktivitenin tespiti ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Alkan ve Göksel, 1984).

Türkiyede yapılan bir çalışmada, Küçükönder Küre Bakibaba Cevherinde Fe ve Cu miktarının tayinini yapmıştır (Küçükönder, 1988).

ÇNAEM ve İTÜ Nükleer Enerji Enstitüsü ortak çalışmasında çeşitli içme sularındaki radyoaktivite tayini çalışmaları yapılmıştır (Tuncer, 1991).

Hindistan'ın güney batı kıyılarında, yapılan bir çalışmada Orta Mısır ve Delta nehrinden alınan topraklardaki radyoaktivite seviyesi belirlenmiştir (Ibrahiem ve ark, 1993).

Amerika'nın Louisiana eyaletinde yapılan bir çalışmada ise basit teknikler kullanılarak toprağın radyoaktivitesi analiz edilmiştir (Meriwether ve ark, 1995).

Arizona'da yapılan başka bir çalışmada da yer altı sularının radyoaktivitesinin ölçümü gerçekleştirilmiştir (Holbert ve ark, 1995).

Ertuğrul ve arkadaşları tarafından, X-Ray Floresans tekniğiyle, Afşin-Elbistan termik santralindeki küllerde elemental analiz yapılmıştır (Ertuğrul ve ark, 1996).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada ise İstanbul'un çevresel doğal radyoaktivitesinin tayini yapılmış ve yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada toprak, su, hava ve gıdalardaki doğal radyoaktivite değerleri seviyesi belirlenmiştir (Karahan, 1997).

Meksika’da yapılan bir çalışmada Meksika körfez dibindeki alüvyal ve su örneklerinde ağır metallerin konsantrasyonunu EDXRF ve ICP tekniği ile belirlemişlerdir (Avila ve ark., 1999).

G. Karahan, N. Öztürk ve A. Bayülken tarafından yapılan çalışmada İstanbul’daki çeşitli yüzey sularının doğal radyoaktivitesini incelemişlerdir. İstanbul’dan alınan 8 kuyu ve 5 çeşme suyu örneğinin toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri belirlenmiştir (Karahan ve ark., 2000).

Pakistan’da yapılan çalışmada, Peshawar Ovası’ndaki Shewa Shahbaz Garhi volkanik kompleksinin doğal radyoaktivite değerleri hesaplanmıştır (Amanat ve ark., 2002). Bu çalışmada, 42 tipik kaya örneği toplanmış ve bunların ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K gibi radyoçekirdeklerin, radyoaktivitesi HPGe detektörlü gama ışını spektrometresinde ölçülmüştür.

Karakelle ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Kocaeli, Basın bölgesinde 27 farklı istasyondan, toprak örnekleri alınarak, doğal radyoçekirdek konsantrasyonları belirlenmiştir (Karakelle ve ark., 2002).

Özmen ve arkadaşları tarafından Elazığ ili, Hazar Gölü’nde yaptıkları bir çalışmada, Hazar Gölü’nün farklı yerlerinden alınan yüzey suları ve sediment örneklerinde ağır metal tayini ile toplam alfa ve toplam beta doğal radyoaktivite tayini yapılmıştır. Ağır metal olarak, Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, ve Pb tespit edilirken önemli element olarak da Na, K, Ca ve Mg belirlenmiştir. Ayrıca WHO’nun belirlediği sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır (Özmen ve ark., 2003).

Okur ve arkadaşları, tarafından yapılan çalışmada hastalıklı ve sağlıklı insan kemiğini EDXRF yöntemi ile analiz ederek karşılaştırmışlardır (Okur ve ark., 2003).

Küçükönder ve arkadaşları tarafından Manisa ili, Soma-Darkale bölgesinde yapılan çalışmada, linyit kömürü ve küllerini kalitatif ve kantitatif olarak XRF tekniği ile analiz etmişlerdir. Anliz sonucunda Fe ve Ba elementlerinin tespit ederek konsantrasyonlarını hesaplamışlardır (Küçükönder ve ark., 2003).

Hindistan’da hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada, hastaların safra kesesi taşları EDXRF yöntemiyle analiz edilmiş ve analiz sonucunda Fe, Cu, Zn, Br ve Pb elementleri tespit edilmiştir (Ashok M. ve ark., 2003).

Topçuoğlu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, Batı Anadolu'daki Emendere termal kaynak alanındaki doğal ve yapay radyoaktivite incelenmiştir (Topçuoğlu ve ark., 2003).

Hindistan'ın Orissa bölgesindeki yüksek temel radyasyonuna sahip Chatrapur sahillerinde yapılan başka bir çalışmada ise, bölgedeki toprakta bulunan ^{232}Th , ^{238}U ve ^{40}K radyoaktif elementlerin konsantrasyonunun ortalama aktivitesi, gama ışını spektrometresi kullanılarak ölçülmüştür (Mohanty ve ark, 2004).

Bir başka çalışmada da, Tekirdağ'ın çevresel doğal radyoaktivitesinin tayini yapılmıştır. Bu çalışmada Tekirdağ ili ve çevresinden hava, toprak ve su örnekleri alınmıştır. Yapılan sayım sonucunda, ^{238}U 'in ortalama aktivitesi 25 Bq/kg, ^{232}Th 'nin 37 Bq/kg ve ^{40}K 'in 609 Bq/kg olduğu belirlenmiştir (Kam, 2004).

Elazığ yöresinde yapılan bir çalışmada ise, Elazığ yöresinin doğal radyoaktivite seviyesi tespit edilmiştir. Elazığ il ve ilçe merkezlerinden su, toprak, hava ve gıda örnekleri alınmış ve uygun dedektör sistemleri ile radyoaktivite seviyeleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ulusal ve uluslar arası standartlar ile karşılaştırılmış ve Elazığ yöresinin doğal radyoaktivite seviyesini su, toprak ve hava için gösteren İSO radyoaktivite haritaları elde edilmiştir (Canbazoğlu, 2004).

Çanakkale'ye bağlı Ezine ilçesi civarındaki köylerden alınan su, toprak ve granit örneklerindeki radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesinin hedeflendiği bir başka çalışmada ise toplam 7 tane su, 9 tane toprak örneği alınmıştır. Alınan su örneklerinin toplam alfa ve toplam beta seviyeleri tayin edilmiştir (Merdanoğlu, 2004).

Hindistan'da yapılan diğer bir çalışmada, EDXRF yöntemiyle 23 adet eski, gümüş Hindistan parası analiz edilerek paranın yıllara göre içerisindeki elementlerin oranlarındaki değişikliğe dikkat çekmişlerdir. Çalışma sonucunda Ti, Cr, Fe, As, Co, Ni, Cu, Y, Ag, Au ve Pb elementlerini gözlemlemişlerdir (Vijayan ve arkadaşları, 2004).

Gürol A. ve arkadaşları, EDXRF yöntemi ile Böbrek taşı olan hastalardan aldıkları örnekleri standartlarla karşılaştırma metodu kullanılarak, P, S, Cl, K ve Ca elementlerinin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir (Gürol A. ve ark., 2004).

ICP-OES cihazı kullanılarak yapılan bir çalışmada, Manisa Belediyesi'nin Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin Gediz Nehrine boşalttığı su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) konsantrasyonları belirlenmiştir (Minareci ve ark. 2004).

Papaefthymiou ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise Yunanistan'da bulunan Patras ve Megalopolis' den alınan serpinti örneklerindeki doğal radyoaktivite karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Tortu örnekleri bütün bir yıl boyunca her ay olmak üzere Yunanistan'ın bu iki şehrinden doğal radyoaktivitenin farklı yayılım kaynaklarından eşzamanlı olarak toplanmıştır (Papaefthymiou ve ark., 2005).

Malezya'nın Johor bölgesindeki Polong'ta yapılan bir çalışmada, doğal radyasyonun yüksek olduğu bir alan seçilmiş ve bu alandaki çevresel ^{238}U ve ^{232}Th konsantrasyonlarının aktiviteleri ölçülmüştür (Ramli ve ark, 2005).

Türkiye'de yapılan başka bir çalışmada ise Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı bölgelerinin doğal radyoaktivite düzeyleri belirlenmiştir. Bu çalışmada Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı'nın köylerinden 13 toprak ve 16 su örneği alınmış ve topraktaki ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyoaktivite konsantrasyonları tespit edilmiştir (Özger, 2005).

EDXRF yöntemi ile, ^{241}Am ve ^{55}Fe radyoaktif kaynak kullanılarak anne sütü üzerinde yapılan bir çalışmada, süt içerisinde Ca, K, Cl, Ti ve P elementlerini gözlemlemişlerdir (Ekinci ve ark., 2005).

EDXRF yöntemi ile yapılan başka bir çalışmada ise, insan kanındaki elementler incelenmiştir. 15 ile 39 yaş aralığındaki 66 bayandan, 35 ile 41 haftalık arasındaki bebeklerden alınan kan örneklerinde K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ru ve Pb elementlerine rastlamışlardır (Custodio ve ark., 2005).

Hindistan'ın Nainital Gölü'nde, EDXRF tekniği kullanılarak yapılan bir çalışmada, Na, Si, K, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Ag, Pb ve Bi konsantrasyonları tespit edilerek bu değerleri WHO'nun belirlediği sınır değerleri geçmediği görülmüştür (Joshi and ark. 2006).

Samsun-Sarp bölgesinde yetişen yosunlar üzerinde, EDXRF yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada, P, K, Ca, Ti, Fe, Sr, Sn, Ba ve Pb elementlerini tespit ederek konsantrasyonlarını incelemişlerdir (Koz ve ark., 2007).

Adana ilinde yapılan başka bir çalışmada ise, Adana ili ve çevresinin çevresel doğal radyoaktivitesi belirlenmiştir (Değerlier, 2007).

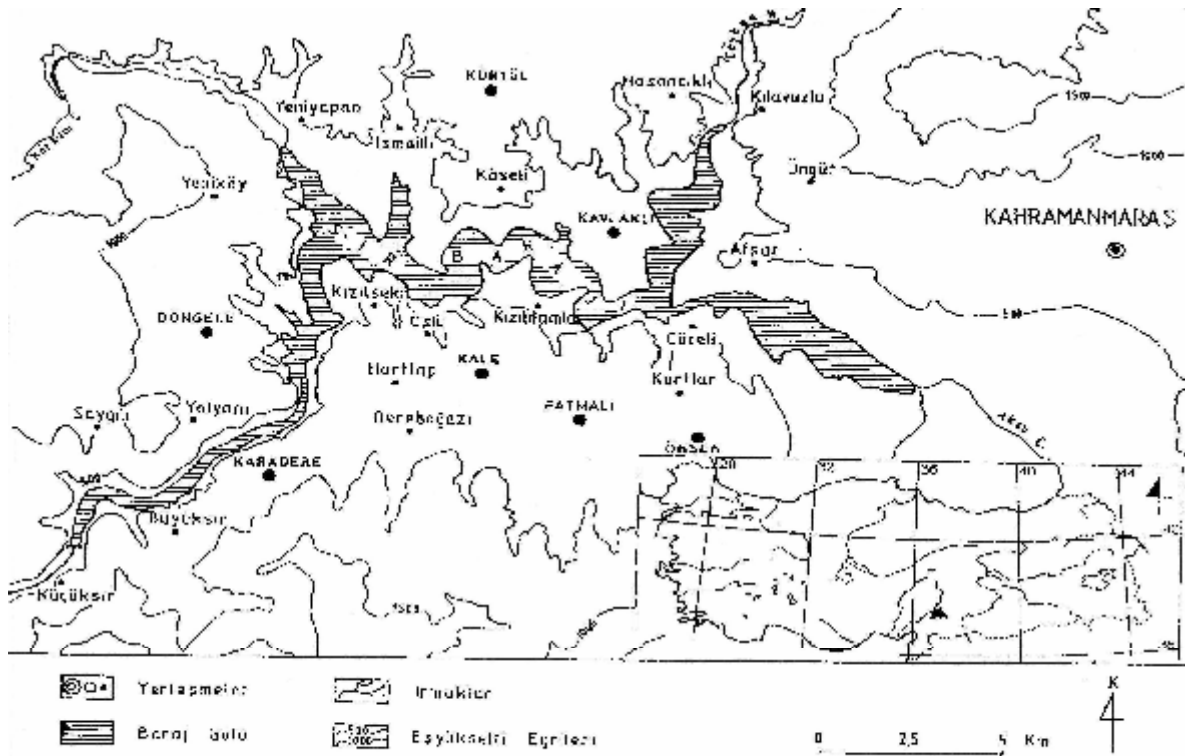
Kahramanmaraş ilinde yapılan bir çalışmada ise, il merkezinden su, toprak ve gıda örnekleri alınarak, Kahramanmaraş yöresinin doğal radyoaktivite seviyesi ve ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K Konsantrasyonları da belirlenmiştir (Küçükönder, 2009).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Sahasının Tanıtımı

Sır Baraj Gölü, Kahramanmaraş ilinin Güney-Batı'sında 45 km mesafede ve 12950 km²'lik bir havzaya sahip Ceyhan Nehri üzerinde kurulu olan baraj gölü normal su kotunda 47,5 km²'lik bir alana sahiptir. Ayrıca girintili ve çıkıntılı bir görünüm arz etmekte olup baraj kıyıları az engebeli ve düzlük alanlardan oluşmaktadır. Baraj Gölet'inin çevresinde Fatmalı, Önsen, Kale, Karadere, Döngel, Kürtül ve Kavlaklı olmak üzere 7 kasaba ve bunlara bağlı 20 köy bulunmaktadır. Gölet kenarına yakın olan Afşar, Cüceli, Kızıldamlar ve Kızılseki köylerinde tarım ve hayvancılığın yanı sıra balıkçılık da yapılmaktadır. Sır Baraj Göleti'ni kirleten başlıca faktörler; Kahramanmaraş ili'nin kanalizasyon ve çöplüğünün yanı sıra özellikle sanayi atıklarının Aksu Çayı'na karışması ve buradan da Sır Baraj Göleti'ne karışmasıyla gerçekleşmektedir. Şehirdeki fabrikaların çoğunda arıtma sisteminin olmaması veya olanların da maliyeti arttırdığı gerekçesiyle çalıştırılmaması çalışmanın önemini arttırmaktadır. Araştırma sahasının genel bir görünümü Şekil 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.1. Sır Baraj Göleti'nin genel görünümü (Kara, 1999)

3.1.2. Araştırma Sahasının İklİmsel Özellikleri

Kahramanmaraş ili'nin büyük bir kısmı, Akdeniz Bölgesi'nin kuzeydoğusunda yer almakta olup Akdeniz iklimi ile karasal iklimin geçiş kuşağında yer almaktadır. Rasat değerlerine göre yıllık ortalama sıcaklık 16,5 °C dir. Aylara ait ortalama sıcaklık değerleri ise 4,5 °C ile 28 °C arasında değişmektedir. En soğuk ay ocak iken en sıcak ay ise Ağustos dur. Sıcaklıklar ocak ayından itibaren artarken, ağustos ayından sonra azalmaya başlamaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık ortalaması, güneyden kuzeye doğru gidildikçe, karasallık etkisinden dolayı azalmaktadır (Korkmaz,2001).

3.1.3. Araştırma Sahasının Jeolojik Özellikleri

Sır Baraj göleti'nin tabanı, Ceyhan Nehri ve Aksu Çayı'nın taşıdıkları alüvyonların birikmesiyle oluşmaktadır. Araştırma havzasını oluşturan alüvyal toprakların materyalini değişik yaştaki formasyonlar oluşturur. Bu formasyonların en yaygın olanı kalkerler olduğundan alüvyal topraklar kireçlidir.

Sır Baraj Göleti'nin çevresinde alüvyal topraklar ile birlikte bulunan kolüvyal topraklar, Kavlaklı istasyonunda bulunmaktadır. Kavlaklı istasyonunda yağışın ve yüzeysel akışın yoğunluğuna ve eğim derecesine göre farklı parça büyüklüğünde katlar görölmektedir. Bu katlar alüvyal topraklarda olduğu gibi birbirine paralel durumda olmayıp düzensizdir.

Araştırma sahasının çok geniş bir kısmını kahverengi orman toprakları çevrelemekte olup Kızıldamlar ve Kızılseki istasyonlarında, kireçsiz kahverengi topraklar hâkimdir. Araştırma sahasında nadiren kalkerlerin bulunduğu alanlar gözlenir. Toprak profilinde ise kahverengi hâkimdir.

Kahramanmaraş ve çevresi, Güneydoğu Anadolu'nun jeolojik değişiminin ortaya konulması açısından, tektonik birlikler ve bunların ilişkilerinin göröldüğü anahtar bir bölgedir. Kahramanmaraş'ın güneyindeki üçlü kavşak; Amanoslar(Doğu Akdeniz Levhacığı), Engizek(Orta Anadolu Levhacığı) ve Arabistan(Arabistan Levhacığı) kalkanından oluşmuştur. Bu nedenle bölge, Anadolu'nun en çetrefil jeolojisini oluşturmaktadır. Bu jeolojik birimleri Pre Alpin, Alpin ve Post Alpin Formasyonu şeklinde gruplandırılmaktadır (Altınlı, 1978).

Çalışma sahamız olan Sır Baraj Göleti ise bu jeolojik birimlerden genellikle Post Alpin Formasyonu hâkimdir. Post Alpin Formasyonları; Miosen, Pliosen ve Kuaterner

birimleri ile ifade edilir. Çalışma istasyonlarımızın geniş bir alanını kapsayan şelmo formasyonu, Sır Baraj Göleti çevresinde geniş bir şekilde mostra vermektedir. Karasal kırıntılardan oluşan ve egemen litolijisi konglomera olan birim, tabanda sarımsı yeşil renkli kilitaşı, siltaşı düzeyi ile başlar. Üste doğru kırmızı renkli çamurtaşı, siltaşı, grimsi yeşilimsi, yer yer kırmızımsı siltaşı-kumtaşı ve olgun polijenik elemanlı konglomera-kumtaşı ardalanması ile devam etmektedir.

Çalışma istasyonlarımızdan Cüceli, Afşar ve Kavlaklı kesimlerinde ise Esmepuru diye adlandırılan formasyon hâkimdir. Esmepuru formasyonu, genellikle örgülü akarsu ürünü olan ve yer yer grimsi, sarımsı ve kırmızı rengimsi, açık gri renkli konglomera, kumtaşı, kilitaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Birim altta konglomera ile başlar ve üste doğru kumtaşları ile devam etmektedir.

Çalışma sahamızın Aksu Çayı'nın Baraj Göleti'ne katıldığı bölge ise Besni Formasyonu olarak adlandırılmaktadır. Formasyon genellikle 1-2 m kalınlıkta, açık gri, yeşilimsi renkli, taneleri boylanmalı, düzensiz tabakalanmalı, peridotit çakıllı, karbonat çimentolu konglomeralar ile başlar ve üste doğru konglomeraların boyları incelemek kırıntılı, açık kırmızımsı, sarımsı renkli kalkerlere geçer. En üst bölümde ise kırmızı ve pembe renkli, köşeli kırıntılardan oluşan kumtaşı ile son bulmaktadır (Korkmaz,2001).

3.1.4. Araştırma Sahasının Tektonik Özellikleri

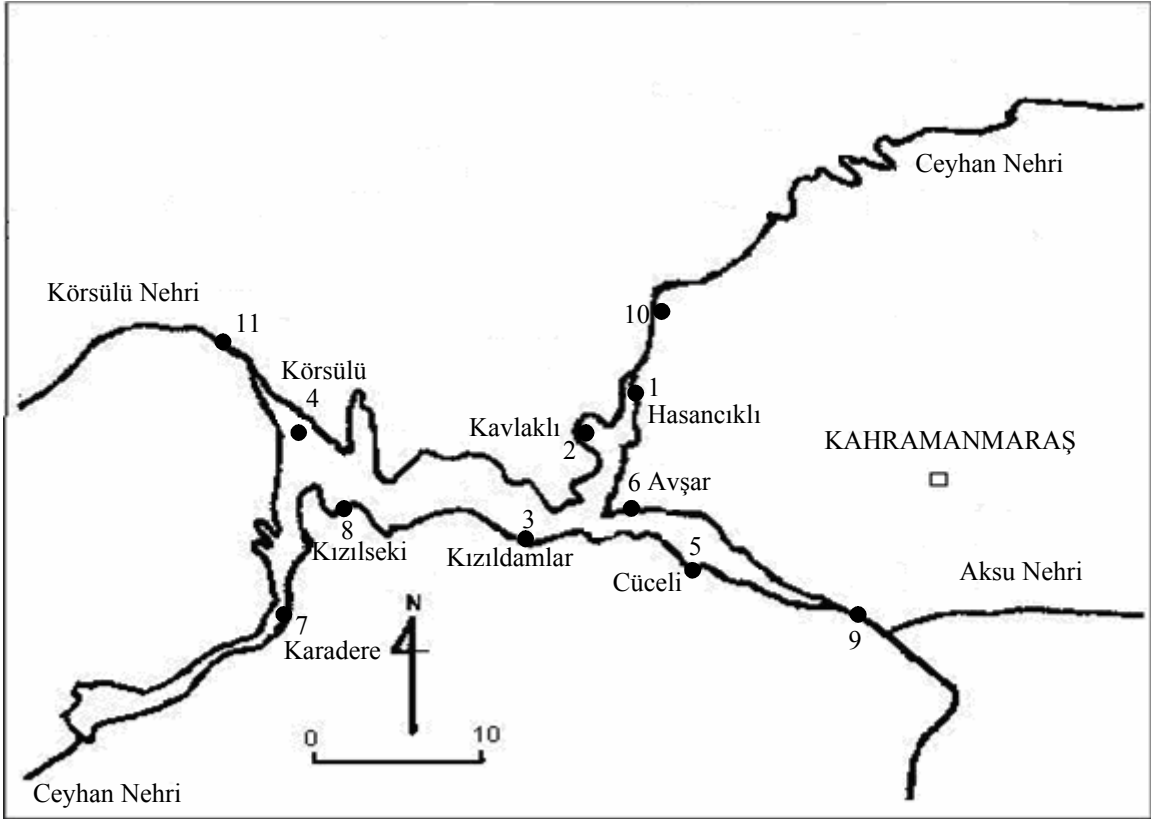
Çalışma sahamızın çoğunluğu Postorojenik safhada meydana gelmiş Mio-Pliosen örtü tabakası ile kaplı iken Aksu Çayı'nın baraja döküldüğü kesim Tektonik çöküntüyü oluşturmaktadır.

Anadolu Levhası ile Arap Levhası'nın Üst Kretase'de çarpışmasından sonra oluşan tektonizma ile faylanmalar belirgin bir şekilde bugünkü konumunu almışlardır. Faylar genelde kıvrım eksenleri ile aynı doğrultuda uzanmıştır. Ceyhan Fayı, Ceyhan Nehri'nin akış yönüne uygun olarak devam etmiştir. Ceyhan Fayı'nın büyük bir kısmı, çalışma bölgemiz olan Sır Baraj Göleti'nin altında kaldığından gözlenememiştir (Korkmaz,2001).

3.2. Metot

3.2.1. Örneklerin Toplanması

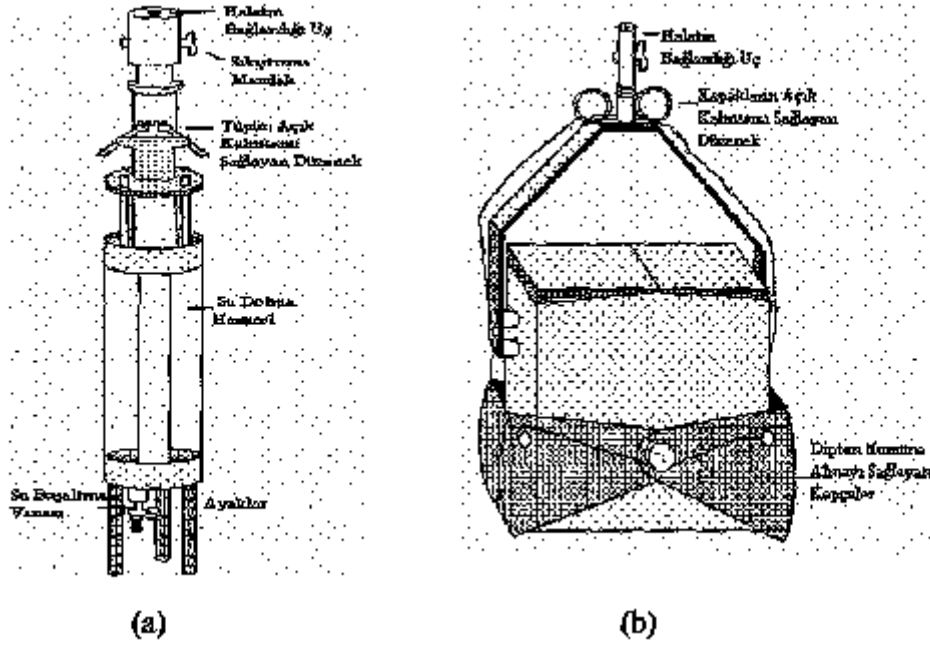
Sır Baraj Göleti'nde, toprak ve kayaç yapısına göre belirlenen ilkbaharda 6 ve sonbaharda 8 farklı istasyondan mevsimsel olarak Mayıs ve Ekim aylarında yüzey, orta ve tabandan su ve sediment örnekleri alınmıştır. Ayrıca Sır Baraj Göleti'ni besleyen Aksu, Körsülü ve Ceyhan nehrinden de baraj göletine dökülen kısımlarından birer su numunesi ile sediment örnekleri alınmıştır. Alınan bu örneklerin tamamı mümkün olan en kısa sürede çeşitli ön işlemlere tabi tutularak sayıma hazır hale getirilmiş ve uygun dedektör sistemleri ile ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ölçümlerden, örneklerin tamamının toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri ve bunlara ek olarak örneklerde bulunan ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr radyoçekirdek konsantrasyonları hesaplanmıştır.



Şekil 3.2. Sır baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlar

Ayrıca, EDXRF tekniği ve ICP-OES cihazı kullanılarak numunelerin tamamında ağır metal ve makro element analizi de yapılmıştır.

Radyoaktivite ve elemental analizi yapılan su örneklerinin, alınmasında kullanılan net hacmi 2L olan Nansen su örnekleme cihazı ve dip sedimentini almakta kullanılan dip kepçesi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil.3.3. (a) Nansen su örnekleme cihazı (b) Ekman kepçesi

3.2.2. Örneklerin Doğal Radyoaktivite Sayımına Hazır Hale Getirilmesi

Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti'nin doğal radyoaktivite seviyesini tespit etmek ve elemental analiz yapabilmek amacıyla, gölette belirlenen farklı istasyonlardan, mevsimsel olarak alınan su ve toprak örneklerinin uygun dedektör sistemleri ile radyoaktivite ölçümleri yapılmadan önce, alınan bu örneklerin birtakım ön işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Her bir örnek türü için yapılması gereken ön işlemler aşağıda belirtilmiştir.

3.2.2.1. Su Örnekleri

Her geçen gün biraz daha fazla kirlenen Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti'ne, KSÜ, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nden temin edilen bir Bot yardımıyla gidilmiştir. Sır Baraj Göleti'nin toprak ve kayaç yapısına göre belirlenen farklı istasyonlardan, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, halkın kullanım amacı ve yüzdesi gibi kriterler göz önünde bulundurularak; söz konusu baraj suyundan, yine Biyoloji Bölümü'nden temin edilen Nansen cihazı yardımıyla yüzey, orta ve tabandan 4'er litre su numunesi alınmıştır. Alınan bu numuneler, tek kullanımlık olan 500 ml.'lik polietilen şişelere, istasyon suyu ile 2-3 defa çalkalandıktan sonra doldurulmuştur. Toplanan bu su örnekleri etiketlendikten sonra, güneş görmeyecek şekilde karanlık bir ortamda laboratuvar ortamına getirilerek, uygun laboratuvar şartları altında depolanmıştır. Ayrıca numuneyi uzun süre muhafaza edebilmek amacıyla her 100 ml.'lik numuneye 2 ml. nitrik asit (HNO_3) ilave edilmiştir.

Deneyde kullanılacak olan malzemeler (plaşetler, spetula ve beherler) kaliteli deterjanla yıkanarak iç kısımları bir fırça aracılığı ile iyice temizlenmiştir. Deterjanlı su ile yıkanan malzemeler musluk suyu ile titizlikle durulanıp ve içerisine $K_2Cr_2O_7$ koyularak bir müddet bekletilmiştir. Malzemeler daha sonra $K_2Cr_2O_7$ ile iyice temizlenen malzemeler iki kez saf sudan geçirilmiş ve kurutulmuştur. 500 ml'lik steril polietilen şişelerdeki sular çalkalanarak öz soğurmaya sebebiyet vermeyecek miktarda 70 ml ve 35 ml'lik miktarlarda beherler içerisine alınmış ve bir elektrik ocağı ile kaynamasına izin verilmeden buharlaştırılmıştır. Beher içerisinde bulunan, su çökeltisi üzerine, saf su ilave edilip kazandıktan sonra darası alınmış $11,33 \text{ cm}^2$ ve $4,52 \text{ cm}^2$ alanlı plaşetlere aktarılmıştır. Ayrıca yine kayıpları minimuma indirmek için, tekrar beher içerisindeki kalıntılar saf su ile çalkalanıp bir spetula yardımıyla kazınarak ilgili plaşetlere tekrar aktarılmış ve tamamen kurumunun gerçekleşmesi için elektrikli ocak üzerinde buharlaştırma işlemine devam edilmiştir. Plaşetler ocak üzerinde kurutulduktan sonra dış ortamdan etkilenmemeleri için koruma altına alınmıştır. Böylelikle sayıma hazır hale gelen örnekler etiketlenmiş ve toplam alfa ve beta aktivitesi ile radyoizotop tanımlanması için hazır hale getirilmiştir.

EDXRF tekniği ile elemental analiz yapmak amacı ile de temizlenen beherlere, 3'er litre yüzey, askı ve taban suyu konularak, elektrik ocağı yardımıyla kaynamaya izin verilmeden buharlaştırılmıştır. Beherler içerisinde bulunan, su çökeltileri üzerine, saf su ilave edilip kazandıktan sonra kaliteli bir tek kullanımlık süzgeç kağıdıyla süzülerek, tortular kağıdın üzerinde biriktirilmiştir. Ayrıca yine kayıpları minimuma indirmek için, tekrar beherlerin içerisindeki kalıntılar saf su ile çalkalanıp bir spetula yardımıyla kazınarak elde edilen çözeltiler yine bir süzgeç kağıdından geçirilerek tortular biriktirilmiştir. Elde edilen tortular tamamen kurutulduktan sonra havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra 100 meshlik elekler ile elenerek sayıma hazır hale getirilen örnekler numune kaplarına alınarak etiketlenmiştir. Her bir numuneden 200 mg tartılarak numune tutturucusunda çizilmiş olan 2,5 cm çapındaki daire üzerine dökülerek, sayım hatalarını minimum düzeye indirebilmek için homojen bir şekilde dağıtılmıştır. Daha sonra elemental analiz yapabilmek ve numune içerisinde, belirlenen elementlerin miktarlarını belirleyebilmek için deneye hazır hale getirilmiştir.

ICP-OES cihazı ile eser seviyedeki element analizi yapabilmek için de, bakılacak olan elementlerin standartları hazırlanarak sayıma hazır hale getirilmiştir.

3.2.2.2. Sediment Örnekleri

Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlardan mevsimsel olarak, bir ekman kepçesi yardımıyla suyun tabanından alınan sediment örnekleri, zaman kaybedilmeden laboratuvar ortamına taşınarak içerisinde bulunan ot, odun vb. yabancı maddeler titizlikle ayıklanmıştır. Örnekler, tek kullanımlık plastik poşetler ile alınıp ve onların üzerine serilerek 10 gün süreyle oda sıcaklığında kurutulmuştur. Bu işlem ile örnekler içerisinde mevcut olan nem miktarı minimuma düşürülmüştür. Alüminyum folyolar içerisinde sarılan sediment örnekleri daha sonra 105 °C'deki bir fırında kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işlemi esnasında buharlaşma ile kaybolacak radyoaktivite miktarı ihmal edilebilecek düzeylerde olduğu için hesaplamalara katılmamıştır. Bu süreç sonucunda tamamen kuruması sağlanan sediment örnekleri, havanda dövülerek toz haline getirildikten sonra 100 mesh gözenekli özel bir elek kullanılarak elenmiş ve tek kullanımlık temiz plastik poşetler içerisinde etiketlenmiştir. Daha sonra her bir sediment örneği öz soğurmaya sebebiyet vermeyecek miktarda darası alınmış, büyük planşet içerisine 25 mg ve küçük planşet içerisine 15 mg numune homojen bir dağılım sergileyecek şekilde aktarılıp, üzerine örnek kaybını engellemeyecek miktarda saf su eklenerek elektrik ocağı üzerinde kuruması sağlanmıştır. Planşetlerdeki örnekler daha sonra 2 saat kadar 105 °C'deki bir fırında kurutma işlemine tabi tutulmuş ve sayıma kadar uygun bir ortamda muhafaza edilmiştir. Yukarıda bahsedilen süreçler sonucunda sayıma hazır hale getirilen sediment örneklerinin, uygun sayım sistemleri kullanılarak toplam alfa, toplam beta ve radyoçökirdek konsantrasyonları ölçümlerine hazır hale getirilmiştir.

Elemental analiz yapmak için de 100 meshlik elekler ile elenerek sayıma hazır hale getirilen örnekler numune kaplarına alınarak etiketlendikten sonra her numunedan 200 mg tartılarak numune tutturucusunda çizilmiş olan 2,5 cm çapındaki daire üzerine dökülerek, sayım hatalarını minimum düzeye indirebilmek için homojen bir şekilde dağıtılarak elemental analiz yapabilmek ve numune içerisinde belirlenen elementlerin konsantrasyonlarını belirleyebilmek için deneylere hazır hale getirilmiştir.

ICP-OES cihazı ile eser seviyedeki element analizi yapabilmek için de, bakılacak olan elementlerin standartları hazırlanarak sayıma hazır hale getirildikten sonra toprak numuneler (1 gr toprak 2,5 ml HNO₃ ve 7 ml HCl) asit yardımıyla mikrodalga fırın içerisinde yakılarak, ön işlemlerden geçirilerek deneylere hazır hale getirilmiştir.

3.2.3. Kullanılan Sayım Sistemleri ve Sayaçlar

Bu çalışmada; örneklerin toplam alfa radyoaktivite ölçümleri 7286 düşük seviyeli alfa sayıcısı, toplam beta radyoaktivite ölçümleri için penceresiz sintilasyon sayacı ve BP4 beta proflu sintilasyon sayacı kullanılmıştır. Örneklerin, radyoçekirdek aktivite konsantrasyon sayımları için gama hassas sintilasyon sayacı kullanılmıştır. Ayrıca örneklerin elemental analizini yapmak için de Si(Li) yarıiletken katıhal detektörü ve İndüktif olarak Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi kullanılmıştır. Kullanılan sayım sistemleri ve algılayıcılar hakkında detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.2.3.1. 7286 Düşük Seviyeli Alfa Sayacı

Bu sayım sistemi; 44 mm çapında ZnS katmanlı katı bir inorganik sintilatör ile EMI 6097B tür bir foto çoğaltıcı tüp ve sayıcıdan meydana gelmiştir. Sayıcı kısmına 4 adet birbirinden bağımsız foto çoğaltıcı tüp bağlanabilmektedir. Her bir foto çoğaltıcı tüp kendine ait ayarlanabilir yüksek voltaj kaynağına ve diskriminatör devresine sahiptir. Bu sistem esas olarak çok zayıf temel radyasyon ölçümlerinde ve düşük sayım hızlı uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Sistemin kalibrasyonu kullanma kılavuzu temel alınarak yapıldıktan sonra örneklerin toplam alfa radyoaktivite ölçümleri için kullanılmıştır (Littlemore Scientific Engineering (ELSEC), 1994).

3.2.3.2. Penceresiz Sintilasyon Sayacı

Bu donanım, sintilatör ve bir foto çoğaltıcı tüpten ibarettir. Penceresiz sintilasyon sayacı katı örneklerden zayıf enerjili beta radyasyonu ya da alfa radyasyonu ölçümleri için düzenlenmiştir. Bu sintilasyon sayacının penceresiz olması ve sintilatör ile örnek arasındaki mesafenin 1,6 mm'den daha küçük olması sayım veriminin yüksek olmasını sağlar. Penceresiz sintilasyon sayıcı SR7, SR8 ve ST7 gibi uygun sayım donanımları ile kullanılabilir. 2059 plastik sintilatöre sahip olan bu sistemin kalibrasyonu kullanma kılavuzu temel alınarak yapıldıktan sonra örneklerin toplam beta radyoaktivite ölçümleri için kullanılmıştır (NE Technology Limited, 1994a).

3.2.3.3. BP4 Beta Proflu Sintilasyon Sayacı

Bu sistem, yüksek hassasiyetli BP4 tipi bir sintilatör ve foto çoğaltıcı tüpten ibarettir. Sintilatör ve foto çoğaltıcı tüp, minimum 3,2 cm kalınlıklı % 4 oranında antimon içeren kurşun bir blok içerisine yerleştirilmiştir. Bu donanım zayıf enerjili beta radyasyonu ölçümleri için düzenlenmiştir. Bu sintilasyon sayacı da SR7, SR8 ve ST7 gibi uygun sayım

donanımları ile kullanılabilir. Sayım verimi ^{90}Sr radyoaktif kaynağı için yaklaşık olarak %30'dur. Sistemin kalibrasyonu, kullanma kılavuzu esas alınarak yapılmış ve örneklerin toplam beta radyoaktivite ölçümleri için kullanılmıştır (NE Technology Limited, 1994b) .

3.2.3.4. Gama Hassas Sintilasyon Sayacı

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 yapıldı ve örneklerin radyoçekerdek konsantrasyon ölçümleri için kullanılmıştır (NE Technology Limited, 1991).

3.2.3.5. ASP2e Portatif Radyasyon Monitör Cihazı

Bu sistem, 2,5 cm x 2,5 cm boyutlu NaI (Tl) sintilatörlü alüminyum korumalı bir sayacıdır (SA8). Bu sayaca uyumlu analog/dijital göstergeli bir sayıcıdan (ASP2e) ibarettir. Sayacın ölü zamanı 36 μs ve enerji aralığı 40 KeV ile 1,3 MeV arasındadır. Çevresel gama ve X-ışınlarından kaynaklanan çok zayıf radyasyon seviyelerini algılayabilecek hassaslıkta düzenlenmiştir. Sistemin sayıcı kısmı ise (ASP2e) PC uyumlu olup, farklı birimlerde radyasyon ölçümleri yapabilmektedir (Eberline, 1995).

3.2.3.6. Si(Li) Yarı İletken Katıhal Detektörü

Bu sistem, 5,9 KeV'de enerjide rezülasyonu 155eV olan Si(Li) yarı iletken katıhal detektörüdür. Si(Li) yarı iletken katıhal detektörü, yarı iletken silisyum kristalinin örgü boşluklarına Lityum atomları difüzlendi, 2 mm kalınlığında, 12,5 mm² aktif alanlı ve 500 Volt ters besleme voltajı ile beslenen bir detektör olup, vakum altında çalışmaktadır.

3.2.3.7. ICP-OES Spektrometresi

Bu sistem, Optima 2100 DV model olup, İndüktif olarak eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi'ni oluşturmaktadır. Temel prensibi yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir.

3.2.4. Örneklerin Aktivite Konsantrasyonları

3.2.4.1. Sayma Hataları

Standart sapma %95 güvenilirlik seviyesinde olan aşağıdaki denklem ile verilir,

$$E_s = \pm 1,96 (N_s / t_s + N_b / t_b)^{1/2} \quad (3.1)$$

burada, N_s örneğin ve N_b temel saymanın cpm cinsinden sayma hızı, t_s örnek ve t_b temel saymanın dakika cinsinden sayma zamanı, E_s ise net sayma hızının (cpm) %95 güvenilirlik seviyesindeki hatasıdır.

Sayma hızlarının toplama ve çıkarılması hallerinde ise toplam veya farkın hatası ise şu şekilde verilir,

$$E = \pm (E_a^2 + E_b^2)^{1/2} \quad (3.2)$$

bu denklemde, E_a ve E_b toplanan veya çıkarılan değerlerin hatasıdır.

3.2.4.2. Verim Düzeltmeleri

Sayma hızını bozunumlara dönüştürmek için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$\text{dpm} = \text{cpm} / \text{verim} = \text{cpm} / G B T = \text{cpm} \times (\text{VDF}) \quad (3.3)$$

Burada G, B ve T geometri, geri saçılma ve self-absorpsiyon için düzeltme faktörleridir. $1/\text{GBT}$ ise verim düzeltme faktörü olup kısaca VDF'dir.

Kalınlık, örneğin kütlesi ile etkin alana göre değişme gösterir ve denklem (3.4) ile ifade edilir,

$$\text{Kalınlık (mg/cm}^2\text{)} = (\text{Örneğin mg cinsinden kütlesi}) / (\text{Etkin alan}) \quad (3.4)$$

Alüminyum planşet üzerinde sayılan aktivite için verim düzeltme faktörü (3.5) denklemi ile verilir,

$$\text{VDF} = 1 / V \times (T) \quad (3.5)$$

bu denklemdeki T'nin değeri, mg/cm^2 cinsinden kalınlığın fonksiyonu olarak daha önceden belirli standartlara göre çizilmiş U_3O_8 ve KCl için öz soğurma eğrilerden bulunur (Karahan, 1997; Tuncer, 1991). Denklem (3.5) V parametresi verimdir ve denklem (3.3) ile hesaplanır.

3.2.5. Örneklerin Aktivite Konsantrasyonlarının Hesaplanması

Örneklerin toplam alfa, toplam beta ve radyoçekirdek konsantrasyonları aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_{\alpha} = [(N_S \pm S_S) \times VDF] / 2,22, \quad A_{\beta} = [(N_S \pm S_S)] / 2,22 \times D \quad (3.6)$$

bu denklemde; A_{α} ve A_{β} pCi cinsinden aktivite, N_S ve S_S sırası ile örneğin dakikadaki net sayım sayısı ve standart sapması (cpm), VDF verim düzeltme faktörüdür (dpm/cpm), 2.22 dönüşüm faktörü (1 pCi = 2,22 dpm), D ilgili kalibrasyon eğrisinden hesaplanan beta verim faktörü (cpm/dpm) dür. (Karahana, 1997; Alkan, 1989; Doğru ve Canbazoğlu, 2002; Canbazoğlu ve ark., 2000; Doğru ve ark., 2002).

Örneklerin radyoizotop konsantrasyonları ise aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

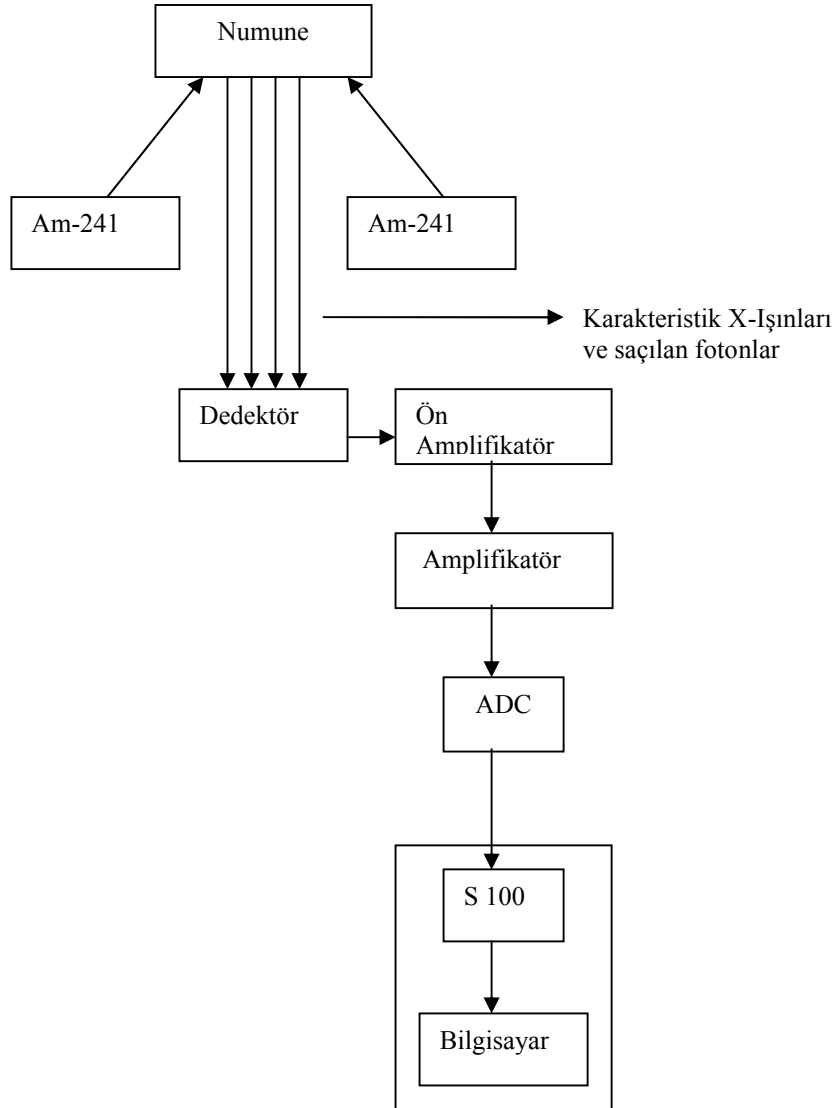
$$A = C / \epsilon \times P_{\gamma} \times m_s \quad (3.7)$$

Burada A ilgili elementin (Bq/kg) cinsinden radyoizotop konsantrasyonu C gama ışının sayım oranı (sayım/sn), ϵ gama ışını için detektör verimliliği, P_{γ} gama bozunumunun geçiş ihtimaliyeti, m_s materyal örneğinin kütlesidir (Kriger, 1981).

3.2.6. EDXRF Sisteminin Deney Düzenegi

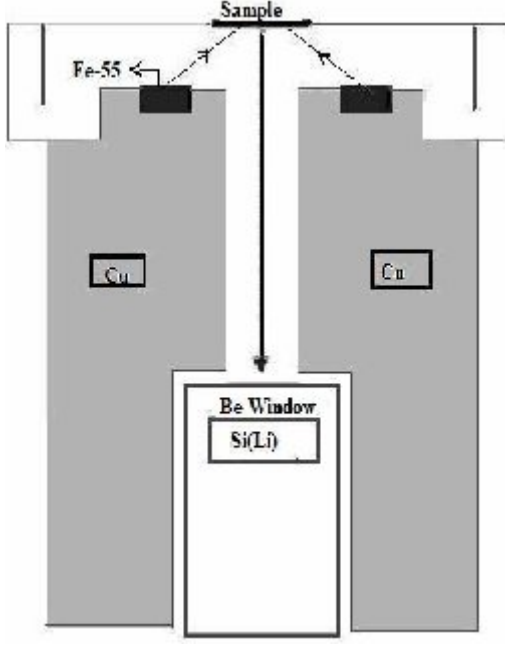
Deney sisteminde, 5,9 KeV’de rezülasyonu 155eV olan Canberra marka Si(Li) yarı iletken katıhal detektörü, ^{241}Am (59,543 keV) radyoizotop kaynak ve ^{55}Fe (5,9 keV) radyoizotop kaynak, ön amplifikatör, ADC (Analog-Digital Convertör), sistem 100 bilgisayar kartı kullanılmıştır. Si(Li) yarı iletken katıhal detektörü, yarı iletken silisyum kristalinin örgü boşluklarına Lityum atomları difüzlenen, 2 mm kalınlığında, 12,5 mm² aktif alanlı ve 500 Volt ters besleme voltajı ile beslenen bir detektör olup, vakum altındadır (Canberra,1995). Elektronik gürültünün azalması ve oda sıcaklığında buharlaşabilen, iletkenlik artırıcı Lityum’ un buharlaşarak ayrılmasının önlenmesi amacı ile sıvı azot (-196 °C) içerisine daldırılmış ve termal denge sağlanmıştır. Ön amplifikatör, detektöre gelen karakteristik X-ışınlarını birkaç mili volt mertebesinde elektrik pulslarına çevirir. Buradan, amplifikatöre ulaşan elektrik pulsları, 0-10 volt mertebesine yükseltilir. Bu elektrik pulsları, ADC’de sayısal değerlere dönüştürülür. Bu değerler, büyüklüklerine göre 4096 kanallı ekranda, enerjilerine uygun kanallarda pikler oluştururlar. Böylelikle farklı sayı ve enerjilerde gelen pulslar ekranda, incelenen numunelerin karakteristik X-ışınları spektrumunu verir.

XRF Sisteminde kullanılan deney düzeneğinin genel bir görüntüsü Şekil 3.4’de verilirken, kullanılan kolimatörlerin yapısı ise Şekil 3.5, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de gösterilmektedir.

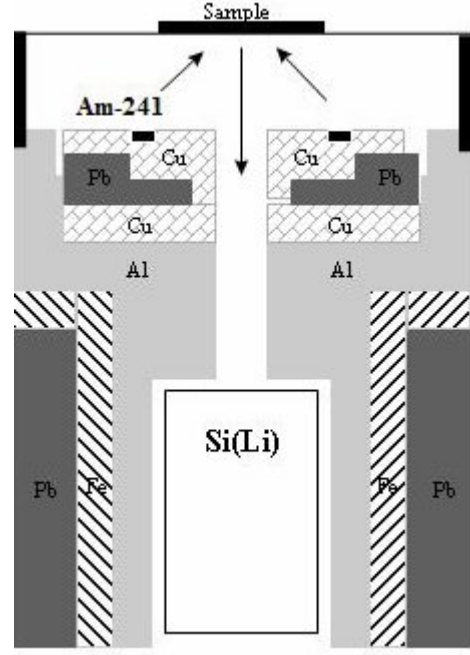


Şekil 3.4. XRF Sisteminin Deney Düzeneği Şeması

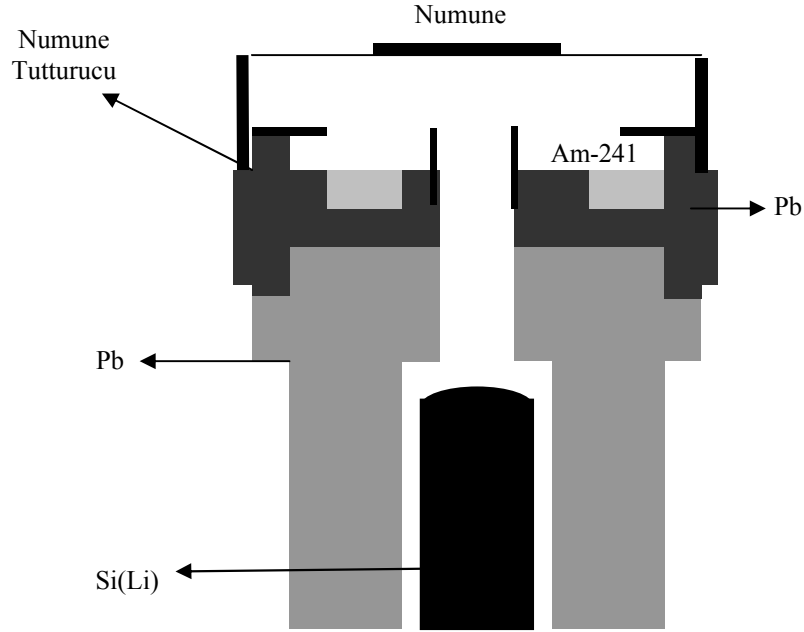
Uyarıcı- numune, numune- sayaç arası uzaklıkların iyi ayarlanması ve kolimatörün yapıldığı maddelerin iyi seçilmesi, numunelerin karakteristik X- ışınlarının enerji bölgesine istenmeyen piklerin düşmemesini, mümkün olan en yüksek şiddetle sayım elde edilmesini ve üst üste binme piklerinin gözlenmemesini sağlamaktadır.



Şekil 3.5. ^{55}Fe Kaynak Cu Kolimatör



Şekil 3.6. ^{241}Am Kaynak Pb-Cu-Al Kolimatör



Şekil 3.7. ^{241}Am Kaynak Pb Kolimatör

3.2.7. Enerji Kalibrasyonu

Herhangi bir numune ile çalışırken, hedef numuneden gelen piklerin tepe noktasının, enerjisinin hesaplanarak o pikin hangi elemente ait olduğunu belirlemek, pikleri doğru bir şekilde yorumlamak ve değerlendirebilmek için enerji kalibrasyonu yapılır. Enerji kalibrasyonu yapmak için, enerji değerleri bilinen pikler ve bu piklerin

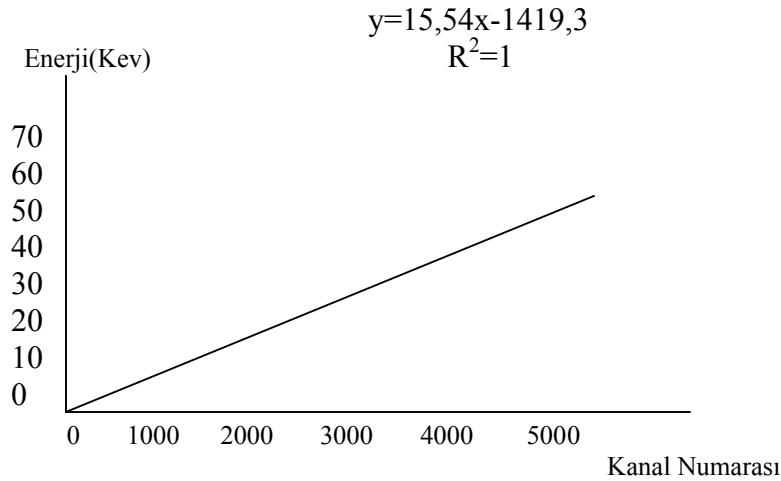
enerji değerlerine karşılık gelen kanal numaraları kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada ^{241}Am ve ^{55}Fe radyoizotop kaynak için ayrı ayrı enerji kalibrasyonu yapılmıştır. Bu kalibrasyonlardan ^{241}Am 'e ait olan coherent piki ve %99,9 saflıkta Vanadium'dan elde edilen $K\alpha$ pikinin tepe enerjileri ve bu enerjilerin karşılık geldiği kanal numaraları tespit edilip, Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak enerjiye karşılık, kanal numarasına ait grafik Şekil 3.8'deki gibi olup kalibrasyon denklemi;

$$y = 15,14x - 1419,3 \quad (3.8)$$

şeklindedir. Burada $R^2 = 1$ 'dir.

Çizelge 3.1. ^{241}Am Kaynak için Enerji Kalibrasyon Değerleri

Element ve Işını	Enerji	Kanal Numarası
Am-241(coherent)	59543 eV	3923
V ($K\alpha$)	4952 eV	410



Şekil 3.8. Enerji kalibrasyon doğrusu

3.2.8. Dedektör Verimliliği Tayini

Elemental analiz için yapılan çalışmada ^{55}Fe kaynağı için dedektör verimlilik eğrisini belirleyebilmek için, $13 < Z < 23$ aralığında bulunan toz halindeki bileşikler, ^{241}Am kaynağı için ise $21 < Z < 57$ aralığında %99,9 saflığında foil elementler kullanılmıştır. Her bir elementin K_x enerjisine ait, bulunduğu pikin net alanı alınarak kayıtlar alınmıştır.

Dedektör verimliliğini farklı deney geometrilerinde,

$$I_0 G \epsilon = \frac{N_{K\alpha}}{\sigma_{K\alpha} \beta_{K\alpha} t} \quad (3.9)$$

eşitliği kullanılarak bulunmuştur (Cesareo et al., 1998). Burada I_0 foton şiddeti, G geometrik faktör, ε dedektör verimliliği, $N_{K\alpha}$ net alan, $\sigma_{K\alpha}$, $K\alpha$ X-ışını üretimi tesir kesiti, $\beta_{K\alpha}$ uyarıcı radyasyon ve numunenin $K\alpha$ enerjisindeki soğurma düzeltmesi faktörü ve t numune kalınlığını göstermektedir.

$\sigma_{K\alpha}$, $K\alpha$ X-ışını üretimi tesir kesiti ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{K\alpha} = \sigma_K(E)\omega_K f_{K\alpha} \quad (3.10)$$

Burada $\sigma_K(E)$ numunenin uyarma enerjisindeki toplam fotoelektrik tesir kesiti olup, (Scofield,1973) Hartree - Slater potansiyel teorisini kullanarak hesapladığı tablolardan alınmıştır. ω_K , K tabakası flüoresans verimi olup (Krause,1979)' un çalışmasından alınmıştır. $f_{K\alpha}$, ise $K\alpha$, X-ışınlarının yayımlanma kesri olup, $f_{K\alpha}$ aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$f_{K\alpha} = \left(1 + \frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}}\right)^{-1} \quad (3.11)$$

$I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ değeri (Scofield, 1974)' den alınmıştır.

Soğurma düzeltmesi faktörünün hesaplanmasında ise aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

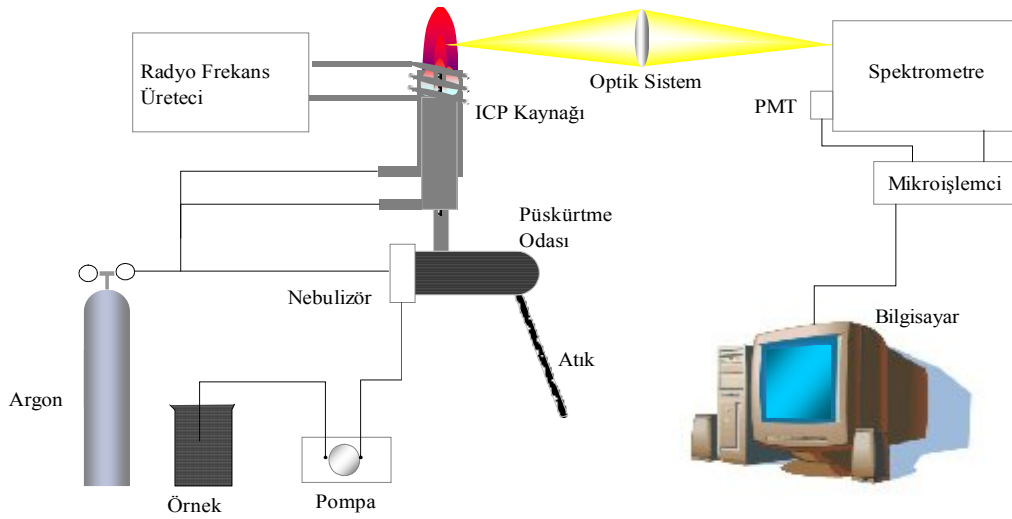
$$\beta(K_\alpha) = \frac{1 - \exp[-((\mu_{Gelen} / \cos \theta) + \mu_{Yay.} / \cos \varphi)t]}{((\mu_{Gelen} / \cos \theta) + \mu_{Yay.} / \cos \varphi)t} \quad (3.12)$$

Burada μ_{gelen} ve μ_{yay} sırasıyla uyarıcı radyasyon ve numuneden yayınlanan X-ışını enerjilerindeki kütle soğurma katsayıları olup WinXCOM programından hesaplanmıştır (Gerward ve Ark., 2004). θ uyarıcı radyasyonun numune yüzeyinin normali ile yaptığı açı ve φ ise yayımlanan X-ışını fotonlarının numune yüzeyi ile yaptığı açıdır.

3.2.9. ICP – OES Sisteminin Deney Düzenegi

Deney Sistemi, ICP-OES İndüktif olarak eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) Perkin Elmer marka Optima 2100 DV model olup, temel prensibi yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir.

Plazma görüntüsü, alev gibi olmakla birlikte bir yanma olayı değildir. ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle 27 veya 40 MHz'lik güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örnek genellikle sıvı fazda, aerosol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir. Şekil 3.9'da şematik olarak gösterilen ICP-OES cihazında, aerosol tanecikleri plazmada sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analizi yapılır.



Şekil 3.9. ICP – OES sisteminin deney düzeneğinin genel bir şeması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan bu doktora çalışmasında, inceleme sahası olarak Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti ile bu göleti besleyen Aksu, Ceyhan ve Körsülü Nehir'lerinin baraj göleti ile birleşmeden önceki durumu seçilmiştir. Normal su kotunda 47,5 km² lik bir alana sahip olan Sır Baraj Göleti'nde, gölün jeolojik ve jeomorfolojik yapısına bağlı olarak ilkbaharda 6 ve sonbaharda ise 8 istasyon belirlenerek örnekler alınmıştır. Su örnekleri, belirlenen istasyonlardan baraj göletinin yüzey, orta ve tabanı ile baraj göletini besleyen kaynaklardan mevsimsel olarak alınarak, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesi ile birlikte, aynı örneklerin içerdiği doğal radyoçekerdek konsantrasyonları belirlenmiştir. Aynı şekilde belirlenen bu istasyonlardan mevsimsel olarak, dip sediment örnekleri alınarak yine toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesi ile birlikte, aynı örneklerin içerdiği doğal radyoçekerdek (²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K, ⁹⁰Sr) konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar toplu olarak tablolar halinde verilmiş ve ilgili grafiksel gösterimlerle birlikte sonuçların mevsimsel olarak değerlendirilmeleri yapılmıştır.

Ayrıca yapılan bu çalışmaya ilave olarak su ve sediment numunelerinde EDXRF tekniği ve ICP-OES cihazı ile elemental analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar toplu olarak tablolar halinde verilerek, ilgili grafiksel gösterimlerle birlikte sonuçlar değerlendirilmiştir.

Sır Baraj Göleti'nde örnek alım istasyonlarının belirlenmesinde, baraj gölü ve çevresini karakterize etmesine dikkat edilmiştir. Ayrıca, gölet üzerinde hâkim olan coğrafi etkilerin de baraj suyunun radyoaktif ve kimyasal değişimine katkıda bulunduğu göz ardı edilmemiş ve sonuçların yorumlanmasında bu katkıya da dikkat edilmiştir.

4.1. Kahramanmaraş İli Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Yapılan literatür çalışmalarında, daha önceden çalışma bölgesi üzerinde radyoaktivite belirleme çalışmaları yapılmadığı gözlenmiştir. Bunun üzerine çalışmaya ilk olarak, bölgenin haritası üzerinde jeolojik ve jeomorfolojik yapıya bağlı olarak, numune alınacak istasyonların belirlenmesi ile başlamıştır. Bu belirlenen istasyonlardan su numuneleri ilkbaharda, suyun maksimum düzeyde olduğu ay olan Mayıs sonu seçilirken sonbaharda ise suyun minimum seviyede olduğu ay olan Ekim sonu seçilmiştir. Biyoloji

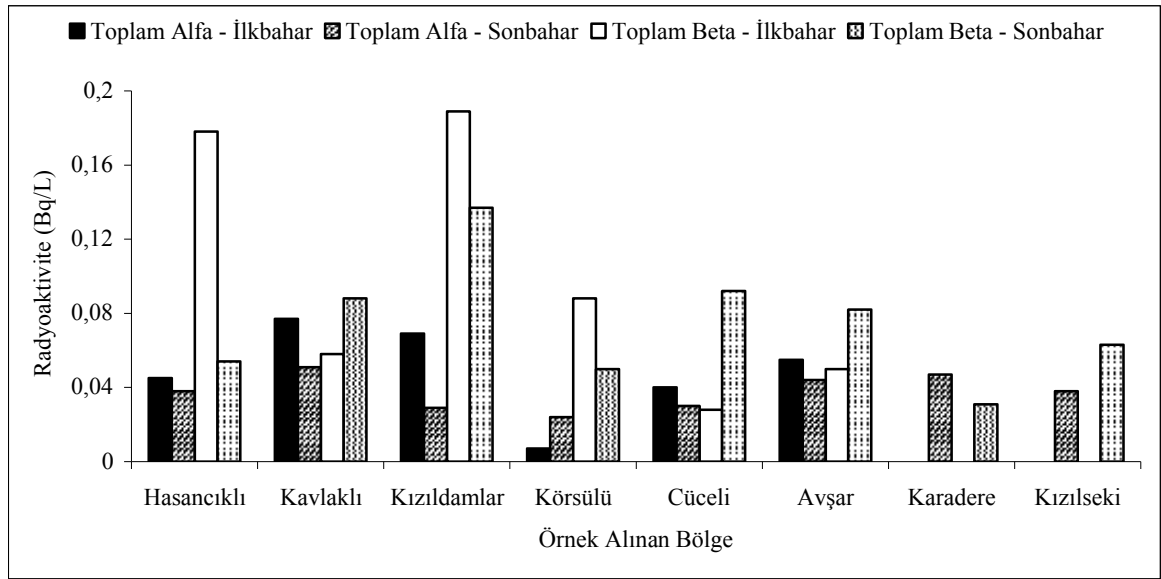
Bölümünden temin edilen bir bot yardımıyla belirlenen istasyonlara gidilerek 2 litrelik Nansen su örnekleme cihazıyla suyun yaklaşık olarak 15 cm altından, orta seviyedeki derinlikten ve taban derinlikten olmak üzere her istasyondan 3 farklı su örnekleri 500 ml'lik, tek kullanımlık polietilen şişelere alınmıştır. Aynı anda ekman kepçesi yardımıyla da, istasyonların tabanından yeterli miktarlarda dip sediment örnekleri, tek kullanımlık poşetlere mevsimsel olarak alınmıştır. Alınan bu örnekler en kısa sürede laboratuvar ortamına getirilmiş ve laboratuvarda gerekli ön işlemlerden geçirildikten sonra, deney sistemine uygun planşetler hazırlanarak sayıma hazır hale getirilmiştir. Uygun deney sisteminde sayılan numuneler, gerekli hesaplamalar yapılarak hem mevsimsel olarak hem de farklı derinliklere göre toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri değerlendirilmiştir.

4.1.1. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Yüzeyden Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nden, gölün toprak ve kayaç yapısına bağlı olarak belirlenen istasyonlardan mevsimsel olarak, su yüzeyinin 15 cm altından alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri Çizelge 4.1 ile Şekil 4.1'de verilmiştir. Gölet üzerinde seçilen istasyonların kıyıdan fazla uzak olmamasına dikkat edilerek, karadan gelen radyoaktif katkının azami ölçüde değerlendirilmesine çalışılmıştır.

Çizelge 4.1. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak yüzeyden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/L)		Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/L)	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	0,045±0,007	0,038±0,005	0,178±0,009	0,054±0,007
2	Kavlaklı	0,077±0,006	0,051±0,006	0,058±0,009	0,088±0,007
3	Kızıldamlar	0,069±0,006	0,029±0,005	0,189±0,009	0,137±0,009
4	Körsülü	0,007±0,005	0,024±0,006	0,088±0,008	0,050±0,007
5	Cüceli	0,040±0,007	0,030±0,007	0,028±0,006	0,092±0,005
6	Avşar	0,055±0,006	0,044±0,007	0,050±0,008	0,082±0,007
7	Karadere	Bakılmadı	0,047±0,006	Bakılmadı	0,031±0,006
8	Kızılseki	Bakılmadı	0,038±0,006	Bakılmadı	0,063±0,008



Şekil 4.1. Sır Baraj Gölü'nden mevsimsel olarak yüzeysel olarak alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

İçme sularında toplam alfa radyoaktivitesi için, WHO (2004) tarafından tavsiye edilen toplam alfa radyoaktivitesi için üst sınır değeri 0,5 Bq/L, EPA (1994) için 0,555 Bq/L olarak belirlenirken, TSE (2003) tarafından müsaade edilen toplam alfa radyoaktivitesi için üst sınır değeri 0,1 Bq/L olarak tespit edilmiştir. Toplam beta radyoaktivite seviyesi için ise, WHO (2004) ve EPA (1994) tarafından tavsiye edilen, TSE (2003) tarafından müsaade edilen toplam beta radyoaktivitesinin üst sınır değerinin 1 Bq/L olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 ile Şekil 4.1 birlikte incelendiğinde; Sır Baraj Gölü'nün yüzeyinden alınan su örneklerinde toplam alfa radyoaktivitesi, en düşük ilkbaharda $0,007 \pm 0,005$ Bq/L ile Körsülü istasyonunda tespit edilirken, sonbaharda ise $0,024 \pm 0,006$ Bq/L ile yine aynı istasyonda tespit edilmiştir. En yüksek toplam alfa radyoaktivitesi ise ilkbaharda $0,077 \pm 0,006$ Bq/L ile Kavlaklı istasyonun belirlenirken, sonbaharda $0,051 \pm 0,006$ Bq/L ile yine aynı istasyonda belirlenmiştir. Toplam beta radyoaktivitesi ise en düşük, ilkbaharda $0,028 \pm 0,006$ Bq/L ile Cüceli istasyonunda ve sonbaharda $0,031 \pm 0,006$ Bq/L ile Karadere istasyonunda belirlenirken, en yüksek toplam beta radyoaktivitesi ise ilkbaharda $0,189 \pm 0,009$ Bq/L ve sonbaharda $0,137 \pm 0,009$ Bq/L ile Kızıldamlar istasyonunda belirlenmiştir.

İlkbaharda Sır Baraj Gölü'nün yüzeyinden alınan su örneklerinde toplam alfa radyoaktivitesi ortalama olarak $0,048 \pm 0,006$ Bq/L olarak hesaplanırken sonbaharda, toplam alfa radyoaktivitesi ortalama $0,037 \pm 0,006$ Bq/L olarak hesaplanmıştır. Toplam beta

radioaktivite değeri ise ilkbaharda ortalama, olarak $0,098\pm 0,008$ Bq/L olarak hesaplanırken sonbaharda ise $0,074\pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlarda bize, Göletin sahip olduğu genel jeolojik yapı aynı olduğundan toplam alfa ve toplam beta değerleri birbirlerine yakın bulunmuştur. Ancak toplam beta radioaktivite değerlerinin, toplam alfa radioaktivite değerlerinden yüksek çıkmıştır. Sonuçlar WHO'nun belirlemiş olduğu değerler ile uyum içerisinde olup, toplam beta'nın yüksek çıkmasının sebebi beta yayıcılarının alfa yayıcılardan fazla olmasından kaynaklanmış olabilir.

Sır Baraj Göletinde, belirlenen istasyonlardan yüzeyden alınan su numuneleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, sonbaharda yüzeyden alınan su numunelerinde toplam alfa ve beta radioaktivite değerlerinin azaldığı görülmektedir. Ancak sonbaharda, toplam beta radioaktivite seviyesi Organize sanayinin bulunduğu Kavlaklı ve Aksu Nehri'nin etkisiyle hızla kirletilen Avşar ve Cüceli istasyonlarında bir miktar yüksek çıkmıştır.

Sularda bulunan doğal radioaktivite, suyun içinden geçtiği veya temas ettiği radyoaktif kaya ve topraklarda bulunan minerallerden ve yağışlarla sularda biriken toz ve partiküllerden ileri gelmektedir. Sularda bulunan doğal radioaktivite, radyasyon sağlığı yönünden önemli sayılacak düzeyde olmamakla birlikte içinde bulunan bazı radyoçekerdekler vücuda alındıklarında, iç ışınlamalara neden olduğu için insana verdikleri dozların belirlenmesi açısından önemlidir.

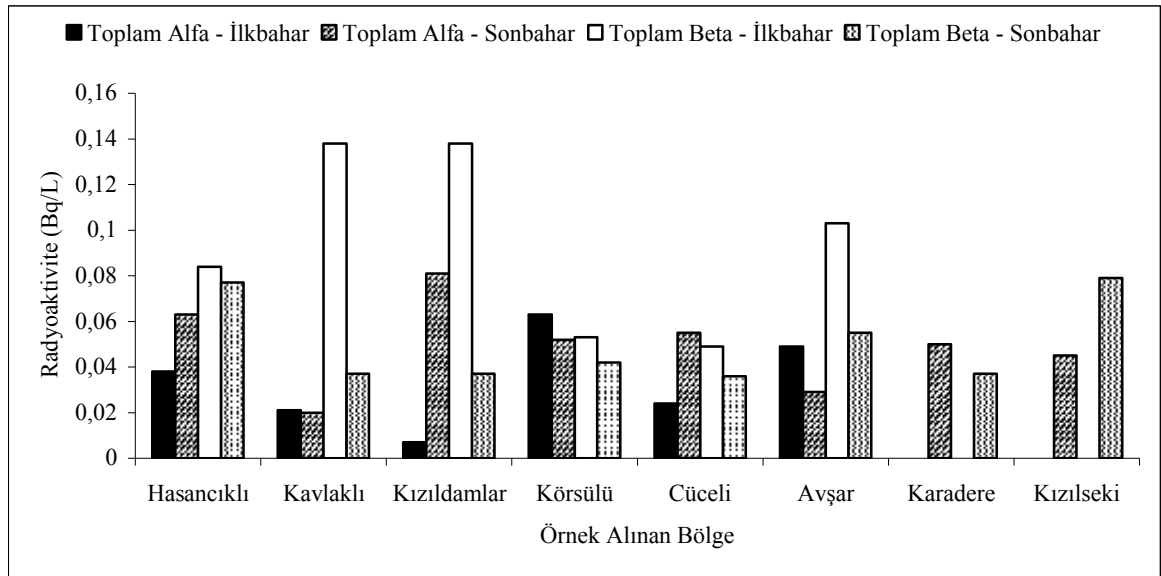
4.1.2. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Orta Derinlikten Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radioaktivite Seviyeleri

Kahramanmaraş, Sır Baraj Göleti'nden, mevsimsel olarak orta derinliklerden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radioaktivite seviyeleri Çizelge 4.2 ile Şekil 4.2'de verilmiş olup, birlikte incelendiğinde; İlkbaharda, Sır Baraj Göleti'nin orta derinliğinden alınan su örneklerinde toplam alfa radioaktivitesi, en düşük $0,007\pm 0,006$ Bq/L ile Kızıldamlar istasyonunda ve sonbaharda da $0,020\pm 0,006$ Bq/L ile Kavlaklı istasyonunda hesaplanırken en yüksek ise ilkbaharda $0,063\pm 0,006$ Bq/L ile Körsülü istasyonunda ve sonbaharda da $0,081\pm 0,006$ Bq/L ile Kızıldamlar istasyonunda hesaplanmıştır. Toplam Beta radioaktivitesi ise en düşük ilkbaharda $0,049\pm 0,007$ Bq/L ve sonbaharda $0,036\pm 0,004$ Bq/L ile Cüceli istasyonunda hesaplanırken en yüksek ise ilkbaharda $0,138\pm 0,008$ Bq/L ile

Kızıldamlar istasyonunda ve sonbaharda da $0,079\pm 0,008$ Bq/L ile Kızılseki istasyonunda hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/L)		Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/L)	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
9	Hasancıklı	$0,038\pm 0,006$	$0,063\pm 0,005$	$0,084\pm 0,007$	$0,077\pm 0,007$
10	Kavlaklı	$0,021\pm 0,006$	$0,020\pm 0,006$	$0,138\pm 0,008$	$0,037\pm 0,007$
11	Kızıldamlar	$0,007\pm 0,006$	$0,081\pm 0,006$	$0,138\pm 0,008$	$0,037\pm 0,007$
12	Körsülü	$0,063\pm 0,006$	$0,052\pm 0,006$	$0,053\pm 0,009$	$0,042\pm 0,007$
13	Cüceli	$0,024\pm 0,006$	$0,055\pm 0,009$	$0,049\pm 0,007$	$0,036\pm 0,004$
14	Avşar	$0,049\pm 0,007$	$0,029\pm 0,006$	$0,103\pm 0,007$	$0,055\pm 0,008$
15	Karadere	Bakılmadı	$0,050\pm 0,006$	Bakılmadı	$0,037\pm 0,008$
16	Kızılseki	Bakılmadı	$0,045\pm 0,006$	Bakılmadı	$0,079\pm 0,008$



Şekil 4.2. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

İlkbaharda Sır Baraj Göleti'nin orta seviyesinden alınan su örneklerinde, toplam alfa radyoaktivitesi ortalama $0,033\pm 0,006$ Bq/L ve sonbaharda $0,049\pm 0,006$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ilkbaharda ortalama $0,094\pm 0,008$ Bq/L ve sonbaharda ise ortalama $0,050\pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi toplam alfa ve beta radyoaktivite değerleri kendi içerisinde uyum içerisinde olup yüksek değerler çıkmamıştır.

Orta derinlikte alınan su numunelerindeki, toplam alfa ve beta değerlerinin yüzeyden alınan değerlere göre daha küçük çıkmasının sebebi, yüzey sularının daha fazla oksidize edici özelliğe sahip olmasından ve yüzey sularına rüzgarların etkisiyle birtakım radyoaktif atıkların birikmesinden kaynaklanıyor olabilir. Sonbaharda göletin yüzeyinden alınan su örnekleri, ilkbahar mevsimiyle karşılaştırıldığında, az bir miktarda toplam alfa radyoaktivite değerleri artarken, toplam beta radyoaktivite değerlerinde azalma görülmüştür.

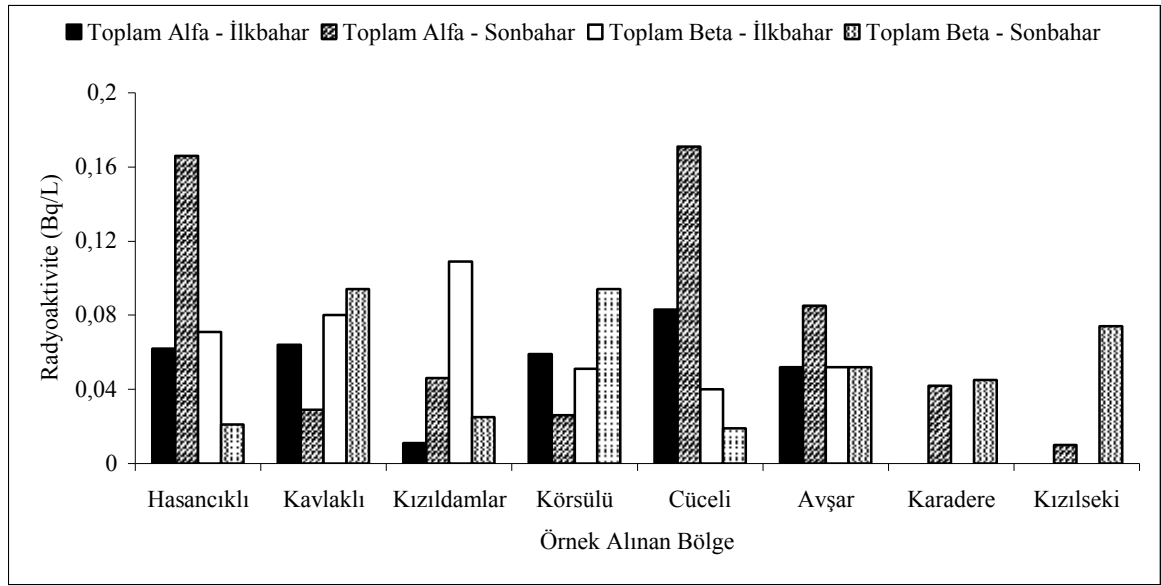
4.1.3. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Tabandan Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Kahramanmaraş, Sır Baraj Göleti'nde, belirlenen istasyonlardan mevsimsel olarak, suyun taban seviyesinden alınan örneklerde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri Çizelge 4.3 ile Şekil 4.3'de birlikte verilmiş olup, birlikte değerlendirilğinde; Sır Baraj Göleti'nin taban derinliğinden alınan su örneklerinde toplam alfa radyoaktivitesi en düşük, ilkbaharda $0,011\pm 0,008$ Bq/L ile Kızıldaamlar istasyonunda ve sonbaharda $0,010\pm 0,006$ Bq/L ile Kızılseki istasyonunda tespit edilirken en yüksek toplam alfa radyoaktivitesi ilkbaharda $0,083\pm 0,009$ Bq/L ve ile Cüceli istasyonunda ve sonbaharda $0,171\pm 0,038$ Bq/L ile yine aynı istasyonda tespit edilmiştir. Toplam beta radyoaktivitesi ise en düşük, $0,040\pm 0,004$ Bq/L ile ilkbahar ve $0,019\pm 0,001$ Bq/L ile sonbaharda Cüceli istasyonunda tespit edilirken en yüksek, $0,109\pm 0,005$ Bq/L ile ilkbaharda Kızıldaamlar istasyonunda ve $0,094\pm 0,007$ Bq/L ile sonbaharda Kavlaklı ve Körsülü istasyonlarında tespit edilmiştir.

İlkbaharda Sır Baraj Göleti'nin taban derinliğinden alınan su örneklerinde toplam alfa radyoaktivitesi ortalama $0,055\pm 0,008$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $0,067\pm 0,005$ Bq/L olarak bulunmuştur. Sonbaharda ise, toplam alfa radyoaktivitesi ortalama $0,070\pm 0,014$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $0,043\pm 0,004$ Bq/L olarak bulunmuştur. Genel olarak taban seviyeden alınan su örneklerinde toplam beta değeri, yüzey ve orta seviyedeki toplam beta değerlerine göre azalırken toplam alfa değerinden ise düşük bir miktarda artış görülmüştür. Mevsimsel olarak karşılaştırıldığında ise, ilkbaharda çok az bir miktarda toplam alfa radyoaktivite değeri artarken, toplam beta radyoaktivite değerinde azalma görülmüştür.

Çizelge 4.3. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/L)		Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/L)	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
17	Hasancıklı	0,062±0,007	0,166±0,034	0,071±0,006	0,021±0,001
18	Kavlaklı	0,064±0,007	0,029±0,006	0,080±0,007	0,094±0,007
19	Kızıldamlar	0,011±0,008	0,046±0,007	0,109±0,005	0,025±0,006
20	Körsülü	0,059±0,011	0,026±0,006	0,051±0,003	0,094±0,007
21	Cüceli	0,083±0,009	0,171±0,038	0,040±0,004	0,019±0,001
22	Avşar	0,052±0,008	0,085±0,012	0,052±0,005	0,052±0,003
23	Karadere	Bakılmadı	0,042±0,007	Bakılmadı	0,045±0,007
24	Kızılseki	Bakılmadı	0,010±0,006	Bakılmadı	0,074±0,009



Şekil 4.3. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Bu sonuçlarda bize, Sır Baraj Göleti'nin taban derinliğinden mevsimsel olarak alınan su örneklerinde WHO (2004), EPA (1994) ve TSE (2003)'nün belirlemiş olduğu toplam alfa ve toplam beta limit değerlerinin altında olduğunu göstermektedir. Ancak Hasancıklı ve Cüceli istasyonlarında, baraj göletinin taban seviyesinden alınan su örneklerinde toplam alfa radyoaktivite değerlerinin bir miktar yüksek çıkmasının nedeni bu istasyonlarda alfa radyoaktivitesi yayıcı etkenlerin olduğunu göstermektedir.

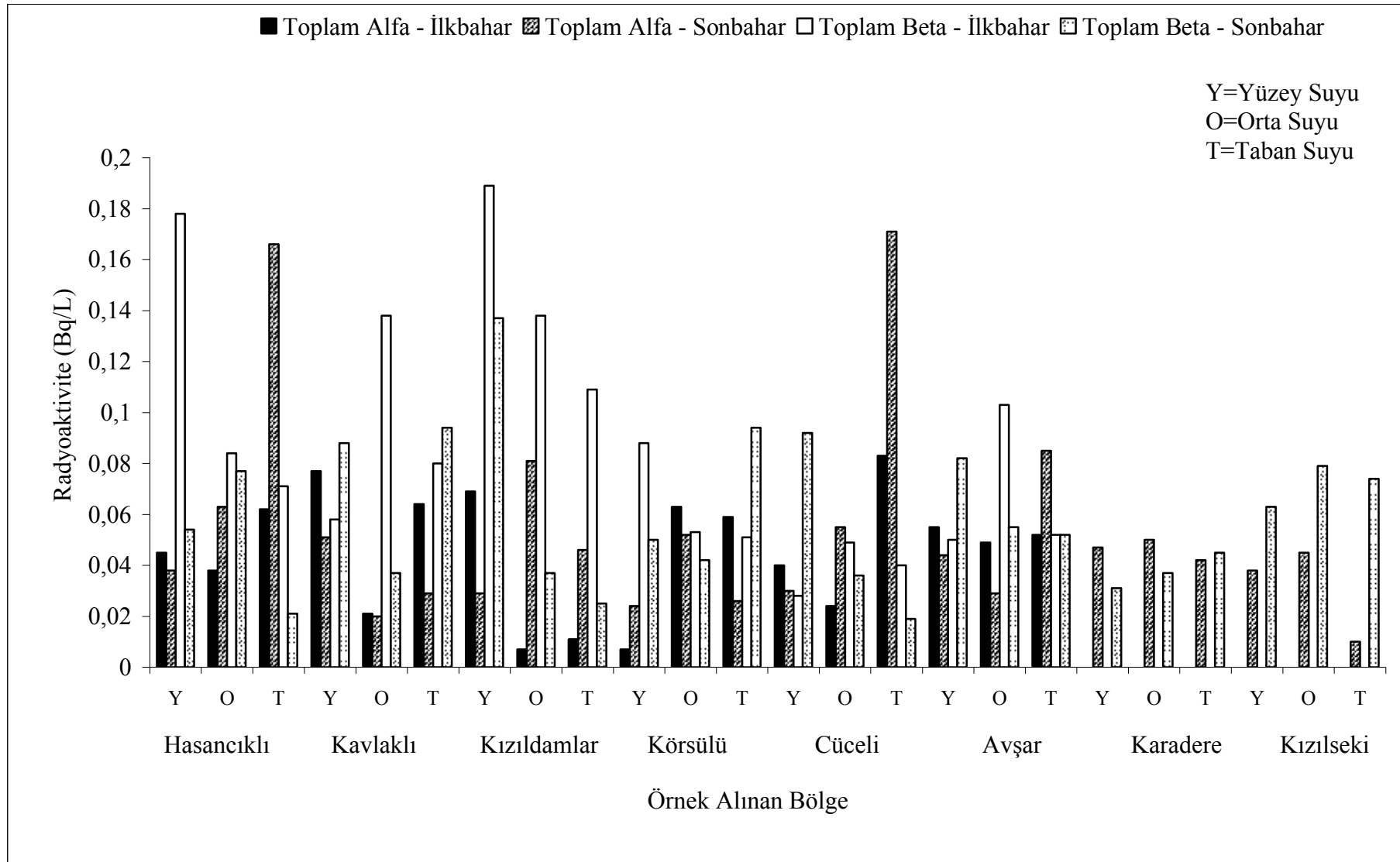
4.1.4. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel ve Derinliğe Bağlı Olarak Alınan Su Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Karşılaştırılması

Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nden, mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin karşılaştırılması Çizelge 4.4 ile Şekil 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek Alınan Bölge	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/L)		Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/L)		
	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	
Hasancıklı	Yüzey	0,045±0,007	0,038±0,005	0,178±0,009	0,054±0,007
	Orta	0,038±0,006	0,063±0,005	0,084±0,007	0,077±0,007
	Taban	0,062±0,007	0,166±0,034	0,071±0,006	0,021±0,001
Kavlaklı	Yüzey	0,077±0,006	0,051±0,006	0,058±0,009	0,088±0,007
	Orta	0,021±0,006	0,020±0,006	0,138±0,008	0,037±0,007
	Taban	0,064±0,007	0,029±0,006	0,080±0,007	0,094±0,007
Kızıldaamlar	Yüzey	0,069±0,006	0,029±0,005	0,189±0,009	0,137±0,009
	Orta	0,007±0,006	0,081±0,006	0,138±0,008	0,037±0,007
	Taban	0,011±0,008	0,046±0,007	0,109±0,005	0,025±0,006
Körsülü	Yüzey	0,007±0,005	0,024±0,006	0,088±0,008	0,050±0,007
	Orta	0,063±0,006	0,052±0,006	0,053±0,009	0,042±0,007
	Taban	0,059±0,011	0,026±0,006	0,051±0,003	0,094±0,007
Cüceli	Yüzey	0,040±0,007	0,030±0,007	0,028±0,006	0,092±0,005
	Orta	0,024±0,006	0,055±0,009	0,049±0,007	0,036±0,004
	Taban	0,083±0,009	0,171±0,038	0,040±0,004	0,019±0,001
Avşar	Yüzey	0,055±0,006	0,044±0,007	0,050±0,008	0,082±0,007
	Orta	0,049±0,007	0,029±0,006	0,103±0,007	0,055±0,008
	Taban	0,052±0,008	0,085±0,012	0,052±0,005	0,052±0,003
Karadere	Yüzey	Bakılmadı	0,047±0,006	Bakılmadı	0,031±0,006
	Orta	Bakılmadı	0,050±0,006	Bakılmadı	0,037±0,008
	Taban	Bakılmadı	0,042±0,007	Bakılmadı	0,045±0,007
Kızılseki	Yüzey	Bakılmadı	0,038±0,006	Bakılmadı	0,063±0,008
	Orta	Bakılmadı	0,045±0,006	Bakılmadı	0,079±0,008
	Taban	Bakılmadı	0,010±0,006	Bakılmadı	0,074±0,009

Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nden, mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesi, genel olarak incelendiğinde; ilkbaharda en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi 0,007±0,005 Bq/L olarak Körsülü istasyonunun yüzey suyunda tespit edilirken en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi ise 0,083±0,009 Bq/L ile Cüceli istasyonunun tabanından alınan su örneğinde ölçülmüştür. Toplam beta radyoaktivite seviyesi ise en düşük 0,028±0,006 Bq/L olarak Cüceli istasyonunun yüzey suyunda tespit edilirken, en yüksek 0,189±0,009 Bq/L ile Kızıldaamlar istasyonunun yüzey suyunda tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri.

Sonbaharda ise en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,010\pm 0,006$ Bq/L olarak Kızılseki istasyonunun taban suyunda tespit edilirken en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi ise $0,171\pm 0,038$ Bq/L ile Cüceli istasyonunun tabanından alınan su örneğinde ölçülmüştür. Toplam beta radyoaktivite seviyesi ise en düşük $0,019\pm 0,001$ Bq/L olarak Cüceli istasyonunun taban suyunda tespit edilirken, en yüksek $0,137\pm 0,009$ Bq/L ile Kızıldamlar istasyonunun yüzey suyundan alınan su örneğinde ölçülmüştür. Bu sonuçlar bize WHO (2004) ve EPA (1994)'ün tavsiye ettiği ve TSE (2003)'ün müsaade ettiği hiçbir toplam alfa ve beta radyoaktivite değerlerini geçmediğini göstermiştir.

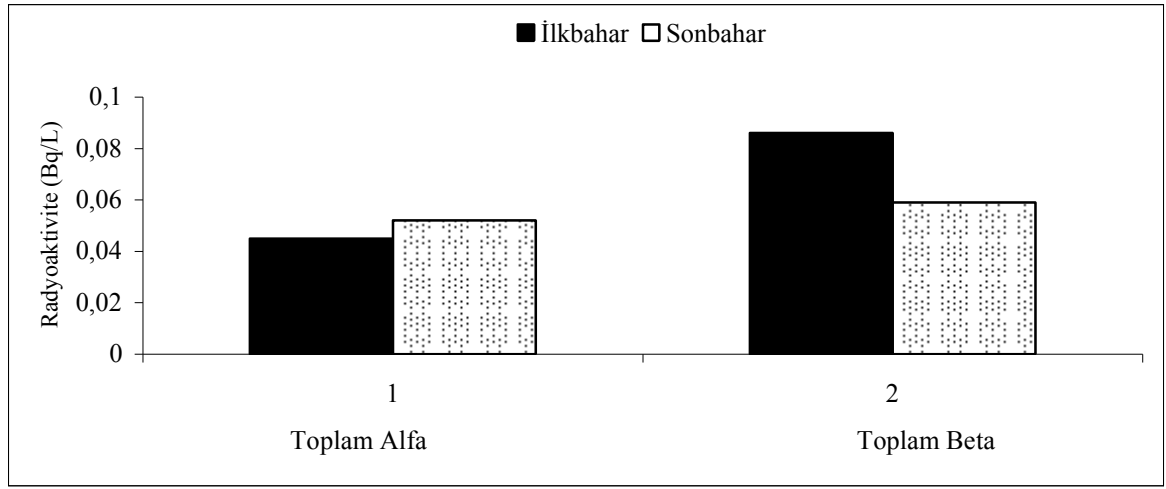
Sır Baraj Göleti'ne genel olarak mevsimsel olarak bakıldığında toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri yüzey suyundan dibe doğru inildikçe genelde azalmaktadır. Ancak Hasancıklı ve Cüceli istasyonlarında toplam alfa radyoaktivite değerlerinde derinliğe bağlı bir artış görülmektedir. Toprak ve kayalardaki radyoaktif izotopların birikme eğiliminin bu oluşumların jeolojik yapılarıyla doğrudan ilgili olması, suların içermiş olduğu radyoaktif elementlerin bölgenin jeolojik formasyonu ile doğrudan ilgili olduğunu açık bir şekilde gözler önüne sermektedir (Doğru, 1999).

Çalışma bölgemiz olan Sır Baraj Göleti, genelde şelmo formasyonunu oluşturan karasal kırıntılardan oluşmuştur. Bölgenin hâkim olan litolojisi konglomera olan birim, tabanda sarımsı yeşil renkli kıltaşı ve silttaşı seviyesi ile başlamış, Üste doğru kırmızı renkli çamurtaşı, silttaşı, kumtaşı ve olgun polijenik elemanlı konglemera-kumtaşı aralanması ile devam etmiştir. Daha yukarılara çıkıldıkça bazaltlar oluşmaktadır (Korkmaz, 2001). Göletin Aksu, Cüceli ve Avşar istasyonlarında kısmen, diğer istasyonlarda genelde kıltaşı, silttaşı, çamurtaşı, kumtaşı ve bazaltlardan oluştuğundan göletin doğal radyoaktivitesine bir katkı yaptığı düşünülebilir. Özellikle kumtaşının içerisinde Uranyum grubunun yoğunlaşma eğiliminde olduğu bilinmektedir (Coward ve Burnett, 1994).

Kuzey Amanos Fayları'nı oluşturan düşey atımlı gravite faylarından, Ceyhan Fayı, çalışma bölgemiz olan Sır Baraj Göleti'nin altında kalmaktadır. Bu fayın Miosen çökelleri altında örtülü olmasından dolayı fayın yaşlı olduğunu söyleyebiliriz (Korkmaz, 2001). Ayrıca Döngel Kaplıcaları'nda göletin altında kalmış olup, özellikle bölgeye yakın olan Kızıldamlar istasyonunda, derinliğe bağlı olarak da toplam beta değerleri yüksek çıkmış olabilir.

4.1.5. Sır Baraj Göleti'nden Alınan Su Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivitesinin Mevsimsel Değişiminin Karşılaştırılması

Şekil 4.5 incelendiğinde; Sır Baraj Göleti'nde belirlenen farklı istasyonlardan toplanan su örneklerinde, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri mevsimsel olarak değişimler göstermektedir. İlkbaharda toplam alfa radyoaktivite seviyesi ortalama $0,045 \pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite seviyesi ortalama olarak $0,086 \pm 0,009$ Bq/L olarak hesaplanmıştır. Sonbaharda ise toplam alfa radyoaktivite seviyesi ortalama $0,052 \pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite seviyesi ortalama olarak $0,059 \pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.5. Sır Baraj Göleti'nden alınan su örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivitesinin mevsimsel değişimi

Ancak hiçbir mevsimde de sulara WHO (2004)'ün tavsiye ettiği TSE (2003)'ün müsaade ettiği sınır değerlerini geçmemiştir. Bu da bize gölette ve çevresinde yaşayan canlılar açısından bir tehlike arz etmeyecek seviyede olduğu görülmektedir.

Sır Baraj Göleti'nden su numuneleri, ilkbaharda yıllık ortalama yağış miktarı en fazla ay olan mayıs ayında ve sonbaharda ise yıllık ortalama yağış miktarı en az olan ekim ayında alınmıştır. İlkbaharda toplam beta radyoaktivite değerlerinin yüksek çıkmasının nedeni baraj gölüne ilkbaharda fazla yağış almasıyla ve nehirlerde ilkbaharda, karların da erimesiyle de birlikte fazla miktarda gölete taş, toprak vb. parçacıklar ile birlikte radyoaktif elementlerin de taşınması, göletin doğal radyoaktivite seviyesinin yükselmesine pozitif yönde bir katkı sağlamış olabilir. Bu durumu destekleyen bir başka olayda atmosferde bulunan radyoaktif elementlerin aşırı miktardaki yağışlarla birlikte yeryüzüne ve nehirlerin etkisiyle de baraj göletine taşınmasından kaynaklanıyor olabilir. Sonbaharda ise hem yağış

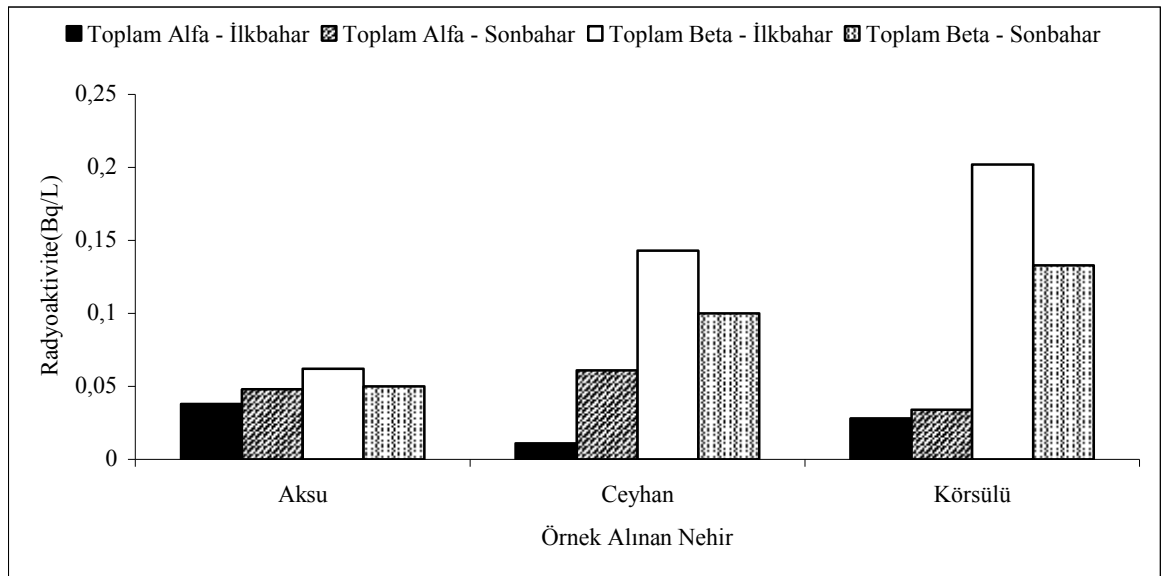
az hemde buharlaşma fazla olduğundan göletin su seviyesinde yaklaşık 7-8 m'lik bir azalma gerçekleşmektedir. Bu durumda sonbaharda, sadece göletin toprak ve kayaç yapısından kaynaklanan bir radyoaktiviteden bahsedebiliriz.

4.1.6. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehir Sularının Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Kahramanmaraş, Sır Baraj Göleti'ni besleyen Aksu, Ceyhan ve Körsülü Nehirlerinden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri Çizelge 4.5 ile Şekil 4.6'da verilmiş olup birlikte incelendiğinde; göleti besleyen nehirlerde genel olarak toplam alfa radyoaktivite değeri, gölette belirlenen istasyonlarda belirlenen toplam alfa değerine göre bir miktar azalma görülürken, toplam beta radyoaktivite değerinde ise artış görülmüştür.

Çizelge 4.5. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/L)		Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/L)	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	0,038±0,007	0,048±0,009	0,062±0,006	0,050±0,004
2	Ceyhan	0,011±0,006	0,061±0,006	0,143±0,008	0,100±0,008
3	Körsülü	0,028±0,005	0,034±0,006	0,202±0,010	0,133±0,009



Şekil 4.6. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Genel anlamda ise göleti besleyen nehirler mevsimsel olarak bir değerlendirmesi yapıldığında, toplam alfa radyoaktivitesi sonbaharda düşük bir miktarda artış olurken toplam beta radyoaktivite değerlerinde ise bir azalma görülmüştür.

Ceyhan nehrinin, gölet bendine kadar olan kısmı ve körsülü nehrinin gölete giriş yaptığı kısımlar tamamen paleozoik istif içinde kalmaktadır. Ayrıca Körsülü nehrinin baraja yakın olan kısımlarında şaryaj hattı da yer almaktadır (Korkmaz, 2001). Yaklaşık 300 milyon yıl eski bir kıvrılmaya neden olan bu paleozoik yapı, göleti besleyen nehirlerden körsülü ile Ceyhan nehirlerinde bir miktar toplam beta radyoaktivite değerlerini yükseltmiş olabilir.

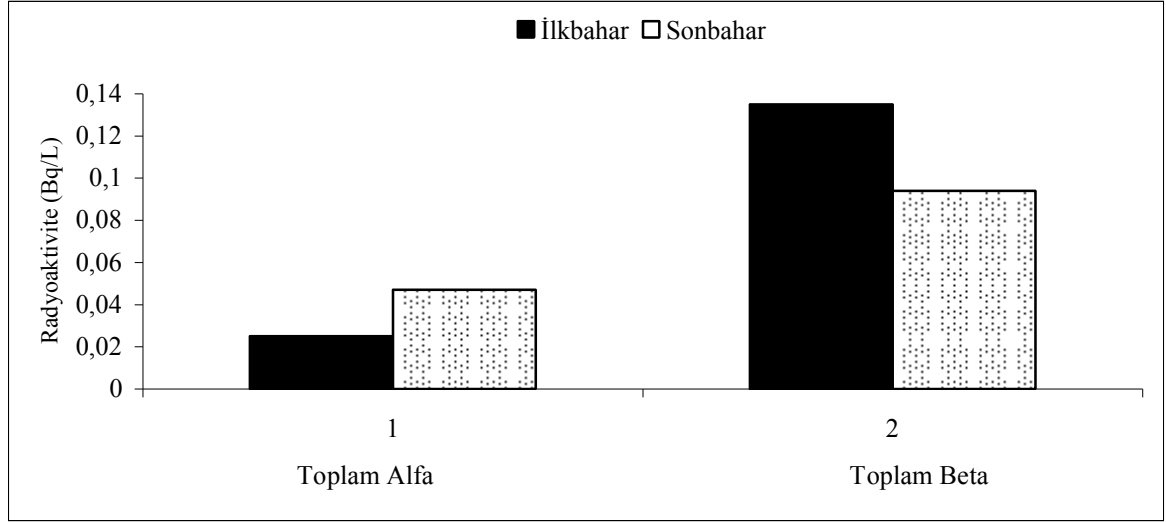
Sır Baraj Göleti'ni besleyen ana kollardan biri olan, Aksu Nehri'nin Gölete karıştığı bölge ise esmepuru formasyonunu oluşturmaktadır. Bu formasyon, çoğunluğu örgülü akarsu ürünü olan ve yer yer grimsi, sarımsı ve kırmızı rengimsi, açık gri renkli konglomera, kumtaşı, kiltası ve çamurtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Konglomeralar, bazalt ve kalker çakılları ile egemen olarak kalker çimentosu ile tutturulmuş gevşek yapıda bulunmaktadır (Korkmaz, 2001). Bu jeolojik oluşumların radyoaktiviteye doğrudan ya da dolaylı olarak katkı yaptığı bilinmektedir (Doğru ve Külahcı, 2004).

4.1.7. Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerden Alınan Su Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivitesinin Mevsimsel Değişiminin Karşılaştırılması

Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri mevsimsel olarak değiştiği Şekil 4.7'de görülmüştür. İlbaharda toplam alfa radyoaktivite seviyesi ortalama $0,025 \pm 0,006$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite seviyesi ortalama olarak $0,135 \pm 0,008$ Bq/L olarak hesaplanmıştır. Sonbaharda ise toplam alfa radyoaktivite seviyesi ortalama $0,047 \pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite seviyesi ortalama olarak $0,094 \pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanmıştır. Sonbaharda toplam alfa radyoaktivite seviyesinde artış olurken toplam beta radyoaktivite seviyelerinde bir azalma olmaktadır.

İncelenen bütün su örneklerinin toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri WHO, EPA, İSKİ ve TSE tarafından belirlenen üst sınır derlerini geçmediği görülmüştür. Ancak Sır Baraj Göletini aşırı şekilde kirleten Aksu, Cüceli ve Avşar bölgesinde toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite değerlerinin biraz yüksek çıktığı görülmüştür. Bu sebeple bu bölgede yaşayan balıklar radyoaktif açıdan olumsuz etkilenmektedir.

Özellikle toplam alfa radyoaktivite seviyelerinin birbirine çok yakın değerlerde olmasının sebebi ise, ilgili jeolojik formasyonların uranyum izotoplarını biriktirme eğilimi gösteren kil ve kireçtaşı gibi yapılarca zengin olmalarından kaynaklanabilir (Canbazoglu, 2004).



Şekil 4.7. Sır Baraj Gölü'ni besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivitesinin mevsimsel değişimi

Ayrıca göleti besleyen nehirlerden Aksu nehri aşırı şekilde, fabrikaların kimyasal atıkları, şehir merkezinin kanalizasyonu ve şehir merkezinin çöp yığınlarının etkisiyle kirletilmektedir. İlkbaharda fazla miktardaki yağışlarında etkisiyle göletin kirlilik miktarında artış olmaktadır. Bu olayda ilkbaharda radyoaktivite miktarında artışa neden olmuş olabilir.

Sır Baraj Gölü'nden alınan su örneklerinde genel olarak toplam alfa radyoaktivitesinin, diğer derinliklere göre daha yüksek çıkmasının nedeni; özellikle ^{238}U yüzey sularında bol miktarda bulunması olabilir. Uranyumun derin sularda dipten yüzeye doğru bir akış yönü izlediği gözlenmiştir. Buna göre, ^{238}U ve buna bağlı olarak U miktarının göllerdeki değişimini Yüzeydeki U miktarı > Orta seviyedeki U miktarı > Dipteki U miktarı olarak ifade edilebilir (Miekeley, 1992).

Uranyum, uranil kompleksleri halinde en çok oksidize edici sular içerisinde çözünmektedir (Miekeley, 1992). Buna göre yüzey sularının alfa radyoaktivitesinin diğer derinliklere göre daha fazla olması, yüzey sularının daha fazla oksidize edici özelliğe sahip olmasından kaynaklanabilir.

Yüzey ve sığ suların Uranyum tutucu özelliği vardır (Miekeley, 1992). Bu yüzden Sır Baraj Gölet'nin yüzeyinden alınan su örneklerinde toplam radyoaktivitelerin yüksek çıkması beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkacaktır.

Toprak yüzeyine dağılmış radyoaktif çekirdek kalıntıları, yağmur suları ve erozyon ile birlikte taşınmaktadır (Joshi ve ark, 1995). Bu taşınımın da gölün doğal radyoaktivitesine önemli bir ölçüde katkı yaptığı söylenebilir.

Yüzey sularının akış hızının yüksek olması, içinde asılı olan partiküllerdeki potasyum, rubidyum, kozmik ışın kökenli yapay radyoaktif çekirdekleri barındıran kil minerallerinin taşınmasını sağlamaktadır (Sayre, 1963). Kil mineralleri, Uranyum grubu radyoaktif elementleri yapılarında tutan mineraller olup sular tarafından kolayca taşınabilmektedir. Haliyle diğer derinliklere göre yüzey sularının daha hareketli oluşu, radyoaktif elementlerin taşınımı için daha elverişli bir ortam sağlamaktadır.

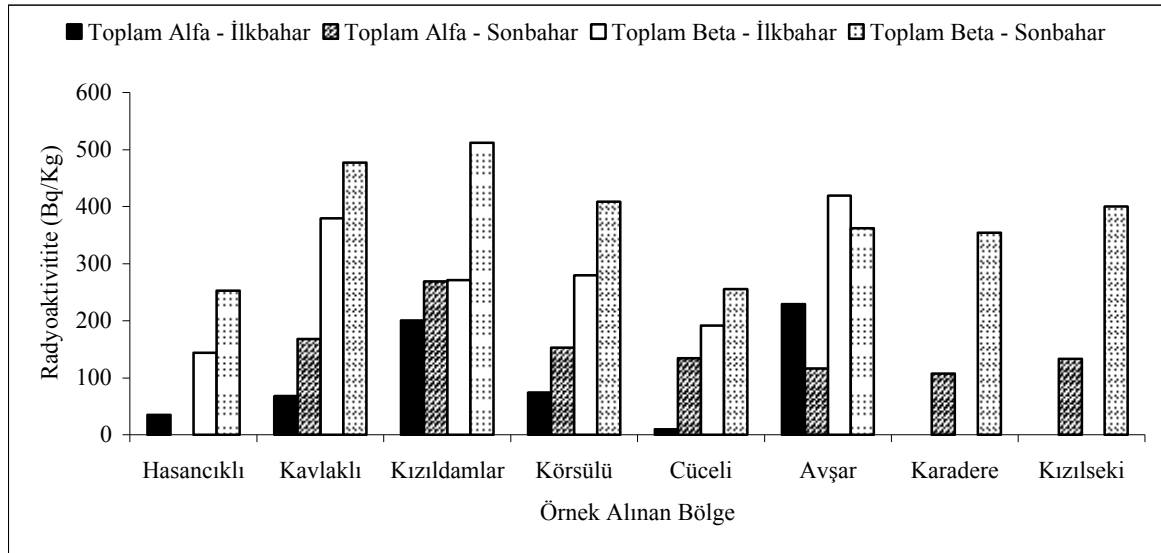
Okside olmuş U^{+6} (uranil) iyonu; karbonat, fosfat ve sülfat iyonlarıyla kolayca kompleks yaparak suyun hareketi ile kolaylıkla taşınabilmektedir (Gascoyne, 1992). Bu da yüzey sularındaki toplam radyoaktivitenin diğer derinliklere göre fazla çıkmasına neden olabileceği söylenebilir.

4.1.8. Sır Baraj Göleti 'nden Mevsimsel Olarak Alınan Dip Sediment Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Kahramanmaraş, Sır Baraj Göleti'nden, gölün toprak ve kayaç yapısına bağlı olarak belirlenen istasyonlardan ilkbahar ve sonbaharda alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri Çizelge 4.6 ile Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Sır Baraj Göleti'den mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	Örnek Alınan İstasyon	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/kg)		Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/kg)	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	34,800±29,500	DLA	144,100±26,600	252,900±31,200
2	Kavlaklı	67,900±28,300	167,900±33,600	379,200±24,700	477,500±36,800
3	Kızıldamlar	200,400±31,700	268,900±31,700	271,300±31,700	512,300±25,800
4	Körsülü	73,900±31,500	152,700±36,000	279,300±30,900	408,600±29,000
5	Cüceli	DLA	134,400±31,400	191,600±32,400	255,500±26,100
6	Avşar	229,000±32,200	116,500±28,600	419,300±33,500	362,000±29,100
7	Karadere	Bakılmadı	107,500±29,600	Bakılmadı	354,100±30,500
8	Kızılseki	Bakılmadı	133,600±30,900	Bakılmadı	400,100±34,100



Şekil 4.8. Sır Baraj Gölü'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Çizelge 4.6 ile Şekil 4.8 'de görüldüğü gibi; Kahramanmaraş ili Sır Baraj Gölü'nden, bölgenin jeolojik ve jeomorfolojik yapısına bağlı olarak belirlenen istasyonlardan ilkbaharda alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa değeri, en düşük oranda Hasancıklı istasyonunda $34,800 \pm 29,500$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Avşar istasyonunda $229,000 \pm 32,200$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Sonbaharda ise en düşük toplam alfa değeri, Karadere istasyonunda $107,500 \pm 29,600$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Kızıldamlar istasyonunda $268,900 \pm 31,700$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Toplam beta değeri ise, en düşük oranda Hasancıklı istasyonunda $144,100 \pm 26,600$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Avşar istasyonunda $419,300 \pm 33,500$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Sonbaharda ise en düşük toplam beta değeri, Hasancıklı istasyonunda $252,900 \pm 31,200$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Kızıldamlar istasyonunda $512,300 \pm 25,800$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir.

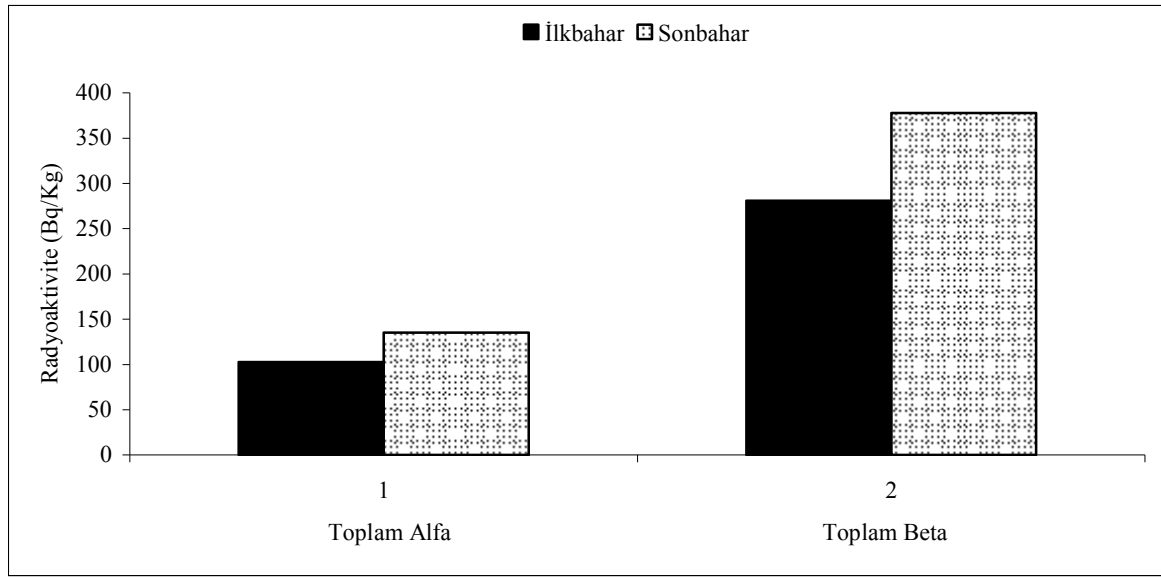
İlkbaharda göletten belirlenen istasyonlardan, alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa radyoaktivite değerlerinin toplam beta radyoaktivite değerlerinden daha az olduğu görülmüştür. İlkbaharda, Avşar bölgesinden alınan dip sediment örneğinde toplam alfa $229,000 \pm 32,200$ Bq/kg ve toplam beta $419,300 \pm 33,500$ Bq/kg olarak bulunurken Organize Sanayinin bulunduğu Kavlaklı istasyonunda da toplam beta radyoaktivite değeri $379,200 \pm 24,700$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Bu örneklerin diğer örneklere göre çok yüksek çıkmasının nedeni Avşar bölgesinin jeolojik yapısı ve toprağının içeriğine bağlı olabilir. Alüvyon içeren, Avşar bölgesinden alınan bu sediment örneği, uranyumca zengin

olan kireçtaşı ve konglomera ağırlıklıdır (Eleskav, 1997). Daha açık bir ifade ile uranyumca zengin olan kireçtaşı ve konglomera dip sediment örneğinin toplam alfa radyoaktivitesinin yüksek olmasına, toprağın alüvyonlu olması ise en yüksek toplam beta radyoaktivitesinin ölçülmesine sebep olmuştur (Liden ve ark, 1985). Ayrıca hem toplam alfa hemde toplam beta radyoaktivitesinin yüksek çıkmasının bir diğer nedeni de bu bölgenin tamamen kimyasal atıklar ile kirletilmesinden kaynaklanmış olabilir. İlkbaharda Kızıldamlar ve Körsülü istasyonlardaki toplam beta radyoaktivite değerleri sırasıyla $271,300 \pm 31,700$ Bq/kg ve $279,300 \pm 30,900$ Bq/kg olarak ölçülmüş olup birbirine çok yakın değerler çıkmıştır. Bu iki istasyon aynı jeolojik yapıda bulunmaktadır.

Toplam alfa ve beta radyoaktivite değerleri mevsimsel olarak bir değerlendirilmesi yapıldığında sonbaharda alınan dip sediment örneklerinin ilkbahar mevsimine göre çok yükseldiği görülmektedir. Sonbaharda yağışların asgari düzeyde olması ve kuraklık da azami bir seviyede olduğundan ve nehir akış hızının düşük olmasından dolayı dibe çökme oranı fazla olduğundan, sediment örneklerinde genel olarak toplam alfa ve beta radyoaktivite değerleri yüksek bulunmuştur. Göletin geniş bir kısmı aynı jeolojik yapıya sahip olduğundan toplam alfa ve beta radyoaktivite değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Görüldüğü gibi hiçbir değer WHO (2004)'ün belirlediği dünya standart değerlerini geçmemiştir.

4.1.9. Sır Baraj Göleti'nden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivitesinin Mevsimsel Değişiminin Karşılaştırılması

Şekil 4.9 incelendiğinde; Sır Baraj Göleti'nde belirlenen farklı istasyonlardan toplanan sediment örneklerinde, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri mevsimsel olarak değişimler göstermektedir. Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda belirlenen istasyonların tabanlarından alınan dip sediment örneklerinde, toplam alfa radyoaktivitesi ortalama olarak $102,580 \pm 31,000$ Bq/kg olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $280,800 \pm 29,900$ Bq/kg olarak bulunmuştur. Sonbaharda ise toplam alfa radyoaktivitesi ortalama olarak $135,180 \pm 31,800$ Bq/kg olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $377,870 \pm 30,300$ Bq/kg olarak bulunmuştur. Mevsimsel olarak değerlendirilse sonbaharda, hem toplam alfa hem de toplam beta radyoaktivite değerleri yüksek çıkmıştır.



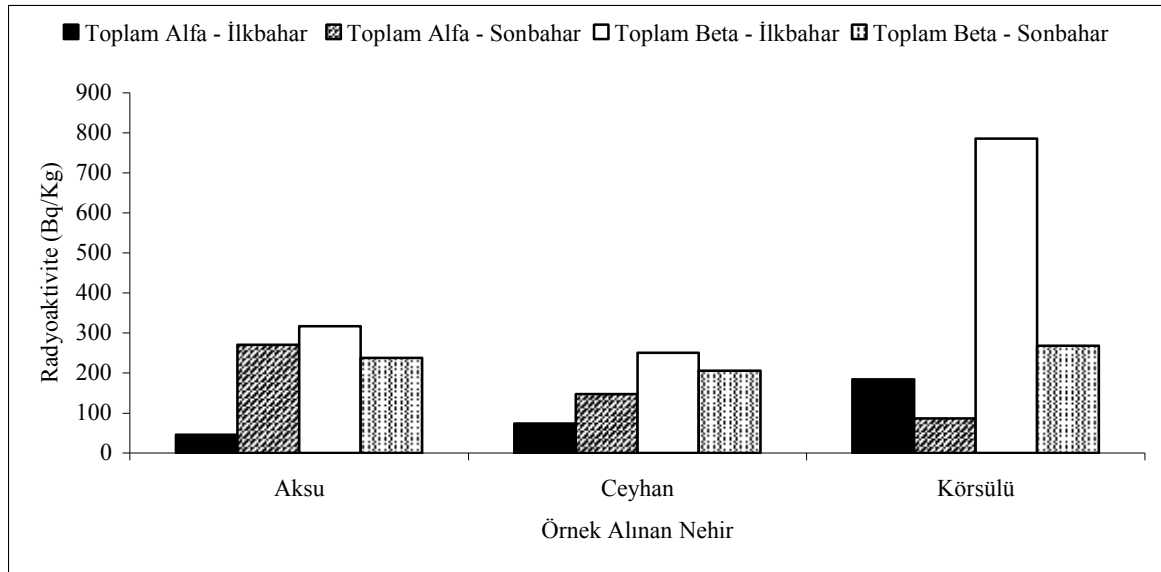
Şekil 4.9. Sır Baraj Göleti'nden alınan dip sediment örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivitesinin mevsimsel değişimi

4.1.10. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Kahramanmaraş, Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen Aksu, Ceyhan ve Körsülü Nehirlerinden alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri Çizelge 4.7 ile Şekil 4.10'da verilmiş olup birlikte incelendiğinde, ilkbaharda toplam alfa ve beta radyoaktivitesi sırasıyla en düşük, Aksu nehrinde $46,200 \pm 30,700$ Bq/kg ve Körsülü nehrinde $250,800 \pm 30,400$ Bq/kg olarak hesaplanırken en yüksek Körsülü nehrinde $184,600 \pm 35$ Bq/kg ve $786 \pm 38,300$ Bq/kg olarak hesaplanmıştır. Sonbaharda ise toplam alfa radyoaktivitesi, en düşük Körsülü nehrinde $87,100 \pm 34,000$ Bg/kg olarak görülürken en yüksek ise Aksu nehrinde $270,100 \pm 29,500$ Bg/kg olarak görülmüştür. Toplam beta radyoaktivitesi de, en düşük Ceyhan nehrinde $205,800 \pm 31,700$ Bg/kg ve en yüksek Körsülü nehrinde $268,200 \pm 27,600$ Bq/kg olarak görülmüştür.

Çizelge 4.7. Sır Baraj Göletini besleyen nehirlerden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/kg)		Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/kg)	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	$46,200 \pm 30,700$	$270,100 \pm 29,500$	$317,000 \pm 29,100$	$237,600 \pm 28,300$
2	Ceyhan	$73,900 \pm 32,000$	$147,800 \pm 31,200$	$250,800 \pm 30,400$	$205,800 \pm 31,700$
3	Körsülü	$184,600 \pm 35,000$	$87,100 \pm 34,000$	$786,300 \pm 38,300$	$268,200 \pm 27,600$

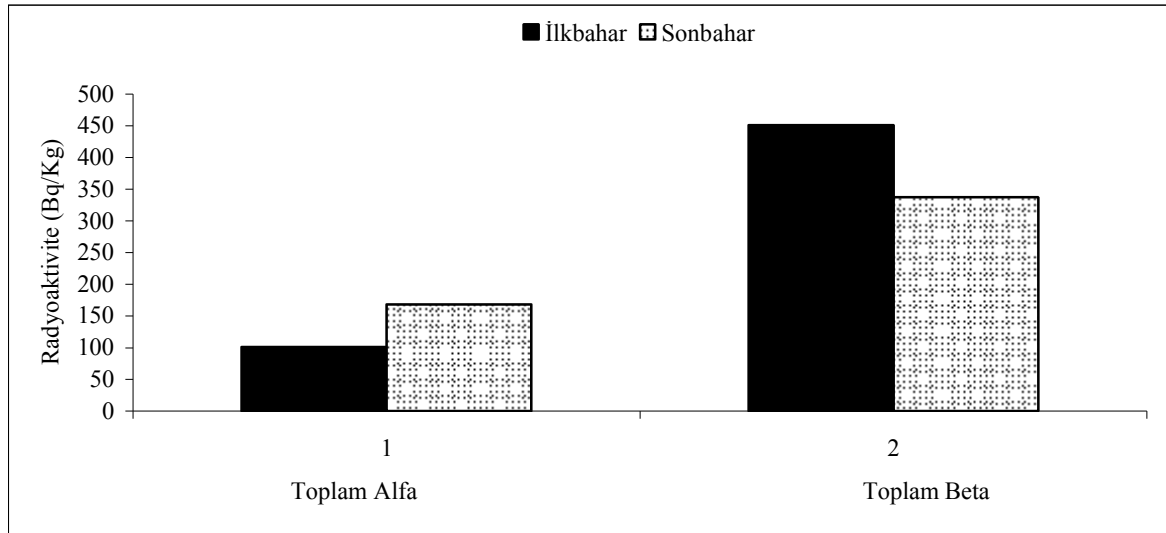


Şekil 4.10. Sır Baraj Göletini besleyen nehirlerden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

Aksu nehri alüvyal topraklardan geçtiğinden ve kimyasal atıklardan dolayı toplam beta radyoaktivitesi yüksek çıkmıştır. Kösülü nehrinin gölete karıştığı bölge ise tamamen kahverengi orman topraklarıyla kaplanmış ve jeolojik olarak uranyumca zengin olan kireçtaşı, kumtaşı, çamurlutaş ve konglomera ardalanması ile devam etmektedir. Ayrıca bu bölgenin altında Ceyhan Fay hattı ve Döngele kaplıcaları bulunmaktadır. Bunlar da toplam alfa ve beta radyoaktivite değerlerini artırmaktadır.

4.1.11. Sır Baraj Göleti’ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.11. incelendiğinde; Sır Baraj Göleti’ni besleyen nehirlerden alınan sediment örneklerinde, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri mevsimsel olarak değişimler göstermektedir. İlkbaharda alınan dip sediment örneklerinde, toplam alfa radyoaktivitesi ortalama olarak $101,500 \pm 32,500$ Bq/kg olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $451,400 \pm 32,600$ Bq/kg olarak bulunmuştur. Sonbaharda ise toplam alfa radyoaktivitesi ortalama olarak $168,300 \pm 31,500$ Bq/kg olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $337,200 \pm 29,200$ Bq/kg olarak bulunmuştur.



Şekil 4.11. Sır Baraj Göletini besleyen nehirlerden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ortalama toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri

4.2. Kahramanmaraş İli Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Su ve Sediment Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nin Aksu nehri tarafından aşırı şekilde kirletilmiş olması, buna bağlı olarak gölette yaşayan doğal balık miktarındaki azalmalar ve bu kirletilmiş su ile sulanan tarlalarda yetişen ürünlerdeki verim düşüklüğü gibi nedenlerden dolayı bölgedeki toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite çalışmalarının yanı sıra doğal radyoaktivite konsantrasyonlarının da değerlendirilmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu yüzden Sır Baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlardan ve göleti besleyen nehirlerden, ilkbahar ve sonbaharda farklı derinliklerden alınan su ve dip sediment örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyelerinin değerlendirilmesinin yanı sıra aynı örneklerde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları da ölçülerek değerlendirilmiştir.

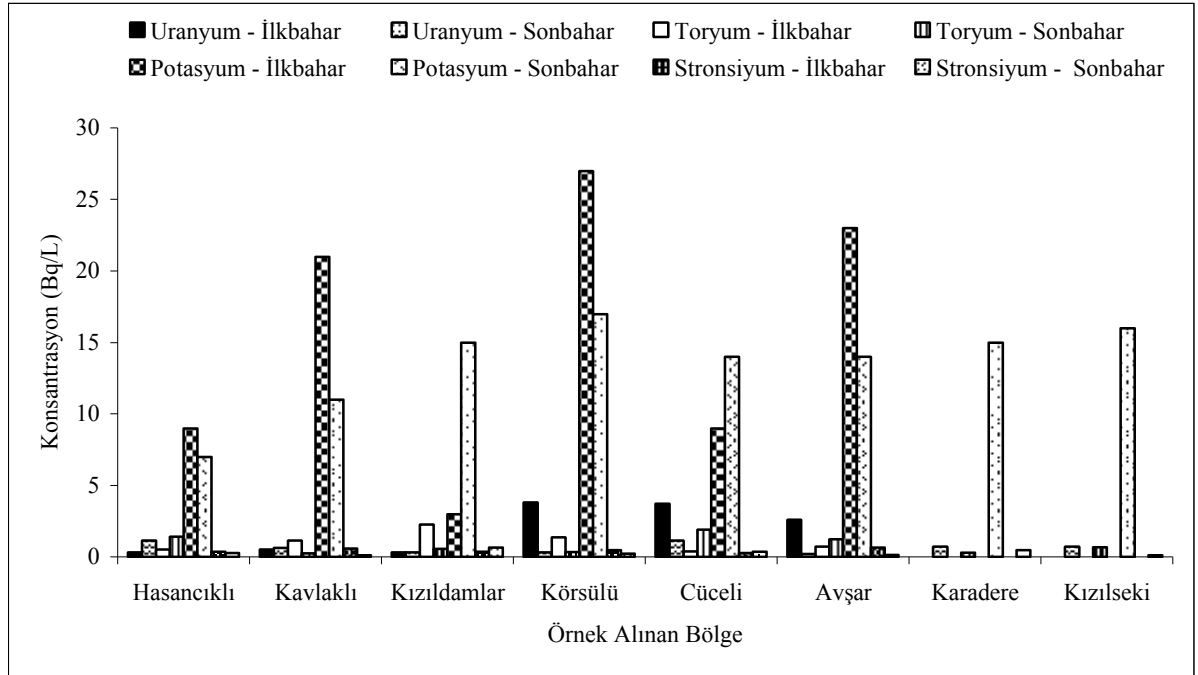
Toplam alfa aktiviteleri, ^{238}U ve onun bozunma ürünlerinden, toplam beta aktiviteleri ise ^{232}Th ve onun bozunma ürünleri ile birlikte ^{40}K radyoçekirdeklerinden kaynaklanmaktadır.

4.2.1. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Yüzeyden Alınan Su Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak yüzeyden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.12'de verildiği gibidir.

Çizelge 4.8. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak yüzeyden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Radyoçekirdek Konsantrasyonu (Bq/L)							
		^{238}U		^{232}Th		^{40}K		^{90}Sr	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	0,310±0,167	1,138±0,164	0,519±0,079	1,417±0,078	8,991±1,598	6,993±1,431	0,347±0,032	0,270±0,034
2	Kavlaklı	0,517±0,164	0,621±0,166	1,133±0,081	0,236±0,085	20,979±1,478	10,989±1,494	0,579±0,034	0,115±0,033
3	Kızıldağlar	0,310±0,177	0,310±0,167	2,267±0,077	0,566±0,077	2,997±1,398	14,985±1,529	0,347±0,032	0,656±0,034
4	Körsülü	3,830±0,164	0,310±0,172	1,369±0,075	0,330±0,079	26,973±1,483	16,983±1,478	0,463±0,034	0,231±0,033
5	Cüceli	3,726±0,173	1,138±0,165	0,377±0,080	1,889±0,077	8,991±1,436	13,986±1,491	0,270±0,032	0,366±0,033
6	Avşar	2,587±0,165	0,207±0,177	0,708±0,078	1,228±0,079	22,977±1,436	13,986±1,481	0,656±0,034	0,135±0,034
7	Karadere	Bakılmadı	0,724±0,164	Bakılmadı	0,283±0,078	Bakılmadı	14,985±1,452	Bakılmadı	0,463±0,034
8	Kızılseki	Bakılmadı	0,724±0,166	Bakılmadı	0,661±0,076	Bakılmadı	15,984±1,486	Bakılmadı	0,115±0,034



Şekil 4.12. Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda yüzeyden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Çizelge 4.8 ile birlikte Şekil 4.12 incelendiğinde; ilkbaharda ^{238}U konsantrasyonunun, en düşük Hasancıklı ve Kızıldağlar istasyonunda 0,310±0,167 Bq/L ile en yüksek Körsülü istasyonunda 3,830±0,164 Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, en düşük Cüceli istasyonunda 0,377±0,080 Bq/L ile en yüksek Kızıldağlar istasyonunda

2,267±0,077 Bq/L arasında, ⁴⁰K konsantrasyonunun en düşük Kızıldaamlar istasyonunda 2,997±1,398 Bq/L ile en yüksek Körsülü istasyonunda 26,973±1,483 Bq/L arasında ve ⁹⁰Sr konsantrasyonunun ise, en düşük Cüceli istasyonunda 0,270±0,032 Bq/L ile en yüksek Avşar istasyonunda 0,656±0,034 Bq/L arasında değiştiği gözlenmiştir. Sonbaharda ise ²³⁸U konsantrasyonunun, en düşük Avşar istasyonunda 0,207±0,177 Bq/L ile en yüksek Hasancıklı ve Cüceli istasyonlarında 1,138±0,164 Bq/L arasında, ²³²Th konsantrasyonunun, en düşük Kavlaklı istasyonunda 0,236±0,085 Bq/L ile en yüksek Cüceli istasyonunda 1,889±0,077 Bq/L arasında, ⁴⁰K konsantrasyonunun, en düşük Hasancıklı istasyonunda 6,993±1,431 Bq/L ile en yüksek Körsülü istasyonunda 16,983±1,478 Bq/L arasında ve ⁹⁰Sr konsantrasyonunun ise en düşük Kavlaklı ve Kızılseki istasyonlarında 0,115±0,034 Bq/L ile en yüksek Kızıldaamlar istasyonunda 0,656±0,034 Bq/L arasında değiştiği gözlenmiştir.

İlkbaharda, ortalama ²³⁸U konsantrasyonu 1,88±0,168 Bq/L, ²³²Th konsantrasyonu 1,062±0,078 Bq/L, ⁴⁰K konsantrasyonu 5,321±1,472 Bq/L ve ⁹⁰Sr konsantrasyonu ise 0,444±0,033 Bq/L olarak hesaplanırken sonbaharda ise ortalama ²³⁸U konsantrasyonu 0,646±0,167 Bq/L, ²³²Th konsantrasyonu 0,826±0,079 Bq/L, ⁴⁰K konsantrasyonu 13,611±1,480 Bq/L ve ⁹⁰Sr konsantrasyonu 0,294±0,034 Bq/L olarak hesaplanmıştır. İlkbaharda, Körsülü istasyonunda ²³⁸U, ²³²Th ve ⁴⁰K konsantrasyonlarının yüksek çıkmasının nedeni, bölgenin toprak ve kayaç yapısından kaynaklanıyor olabilir. İlkbaharda, Cüceli ve Avşar istasyonlarında ²³⁸U konsantrasyonunun yüksek çıkması, bölgenin kimyasal kirliliğinin fazla olmasından ve Kavlaklı istasyonundaki ⁴⁰K konsantrasyonunun yüksek çıkmasının sebebi ise bölgede bulunan Organize Sanayinin etkisinden kaynaklanabilir.

Ortalama olarak yüzey suyunda, ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ⁹⁰Sr konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırıldığında, sonbaharda bir miktar düştüğü görülmüştür. Ancak yine de göletin geniş bir kısmı aynı jeolojik yapıya sahip olduğundan sonuçlar birbirlerine son derece yakın çıkmıştır.

4.2.2. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Orta Derinlikten Alınan Su Örneklerinde ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ⁹⁰Sr Konsantrasyonları

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ⁹⁰Sr konsantrasyonları Çizelge 4.9 ile Şekil 4.13'de verildiği gibi birlikte incelendiğinde; ilkbaharda, ²³⁸U konsantrasyonunun, en düşük

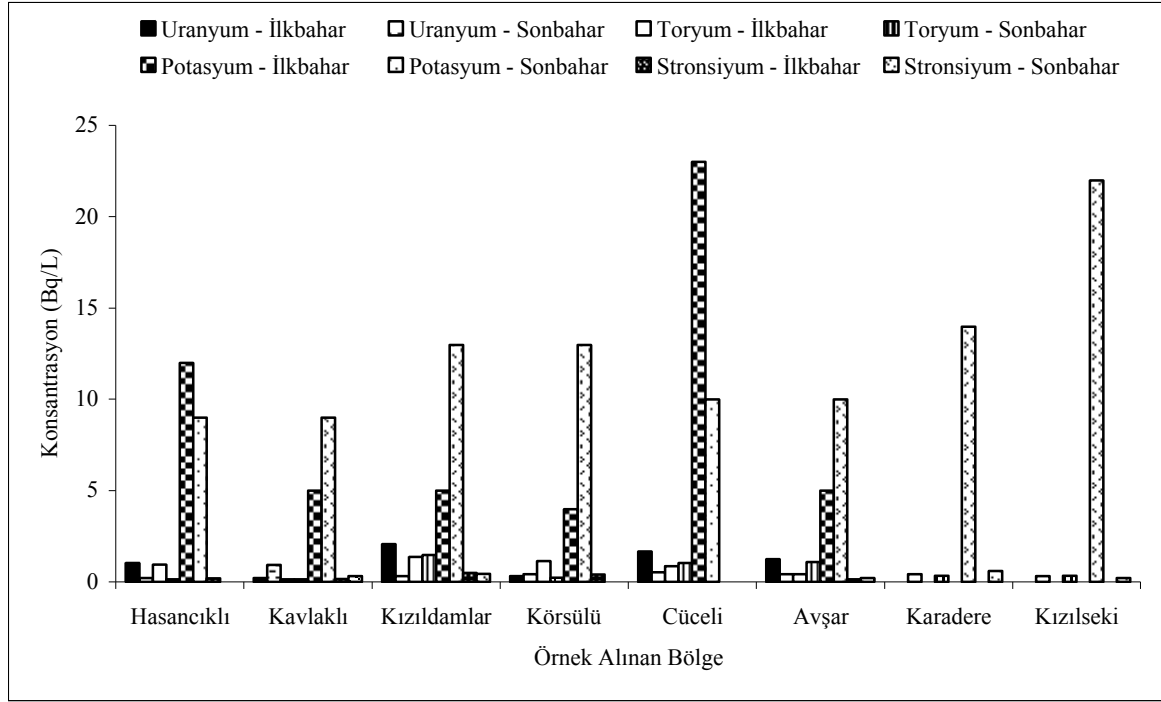
Kavlaklı istasyonunda $0,207\pm 0,162$ Bq/L ile en yüksek Kızıldaamlar istasyonunda $2,070\pm 0,166$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, en düşük Kavlaklı istasyonunda $0,141\pm 0,076$ Bq/L ile en yüksek Kızıldaamlar istasyonunda $1,369\pm 0,076$ Bq/L arasında, ^{40}K konsantrasyonunun, en düşük Körsülü istasyonunda $3,996\pm 1,537$ Bq/L ile en yüksek Cüceli istasyonunda $22,977\pm 1,452$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun ise en düşük Avşar istasyonunda $0,135\pm 0,035$ Bq/L ile en yüksek Kızıldaamlar istasyonunda $0,482\pm 0,034$ Bq/L arasında değiştiği gözlenmiştir. Sonbaharda ise, ^{238}U konsantrasyonunun, en düşük Hasancıklı istasyonunda $0,207\pm 0,167$ Bq/L ile en yüksek Kavlaklı istasyonunda $0,931\pm 0,170$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, en düşük Hasancıklı ve Kavlaklı istasyonlarında $0,141\pm 0,081$ Bq/L ile en yüksek Kızıldaamlar istasyonunda $1,464\pm 0,078$ Bq/L arasında, ^{40}K konsantrasyonunun, en düşük Hasancıklı ve Kavlaklı istasyonlarında $8,991\pm 1,499$ Bq/L ile en yüksek Kızılseki istasyonunda $21,978\pm 1,470$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun ise, en düşük Avşar ve Kızılseki istasyonlarında $0,212\pm 0,033$ Bq/L ile en yüksek Karadere istasyonunda $0,598\pm 0,034$ Bq/L arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.9. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Radyoçekirdek Konsantrasyonu (Bq/L)							
		^{238}U		^{232}Th		^{40}K		^{90}Sr	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	$1,035\pm 0,161$	$0,207\pm 0,167$	$0,944\pm 0,078$	$0,141\pm 0,081$	$11,988\pm 1,444$	$8,991\pm 1,499$	$0,193\pm 0,033$	DLA
2	Kavlaklı	$0,207\pm 0,162$	$0,931\pm 0,170$	$0,141\pm 0,076$	$0,141\pm 0,084$	$4,995\pm 1,425$	$8,991\pm 1,529$	$0,154\pm 0,033$	$0,308\pm 0,034$
3	Kızıldaamlar	$2,070\pm 0,166$	$0,310\pm 0,173$	$1,369\pm 0,076$	$1,464\pm 0,078$	$4,995\pm 1,499$	$12,987\pm 1,489$	$0,482\pm 0,034$	$0,444\pm 0,032$
4	Körsülü	$0,310\pm 0,165$	$0,414\pm 0,181$	$1,133\pm 0,075$	$0,236\pm 0,080$	$3,996\pm 1,537$	$12,987\pm 1,463$	$0,405\pm 0,033$	DLA
5	Cüceli	$1,656\pm 0,171$	$0,517\pm 0,161$	$0,850\pm 0,080$	$1,039\pm 0,077$	$22,977\pm 1,452$	$9,990\pm 1,491$	DLA	DLA
6	Avşar	$1,242\pm 0,163$	$0,414\pm 0,181$	$0,425\pm 0,080$	$1,086\pm 0,072$	$4,995\pm 1,457$	$9,990\pm 1,491$	$0,135\pm 0,035$	$0,212\pm 0,033$
7	Karadere	Bakılmadı	$0,414\pm 0,170$	Bakılmadı	$0,330\pm 0,079$	Bakılmadı	$13,986\pm 1,522$	Bakılmadı	$0,598\pm 0,034$
8	Kızılseki	Bakılmadı	$0,310\pm 0,160$	Bakılmadı	$0,377\pm 0,080$	Bakılmadı	$21,978\pm 1,470$	Bakılmadı	$0,212\pm 0,033$

İlkbaharda, ortalama ^{238}U konsantrasyonu $1,086\pm 0,165$ Bq/L, ^{232}Th konsantrasyonu $0,810\pm 0,077$ Bq/L, ^{40}K konsantrasyonu $8,991\pm 1,468$ Bq/L ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $0,274\pm 0,034$ Bq/L olarak hesaplanırken sonbaharda ise, ortalama ^{238}U konsantrasyonu $0,439\pm 0,170$ Bq/L, ^{232}Th konsantrasyonu $0,601\pm 0,079$ Bq/L, ^{40}K konsantrasyonu $12,487\pm 1,494$ Bq/L ve ^{90}Sr konsantrasyonu $0,355\pm 0,033$ Bq/L olarak hesaplanmıştır.

Yine ortalama olarak, göletin orta seviyesinden alınan su örneklerinin ^{238}U ve ^{232}Th konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırıldığında, sonbaharda bir miktar düşerken ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarında ise düşük bir miktarda artış görülmüştür.



Şekil 4.13. Sır Baraj Gölü'nden mevsimsel olarak orta derinlikten alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

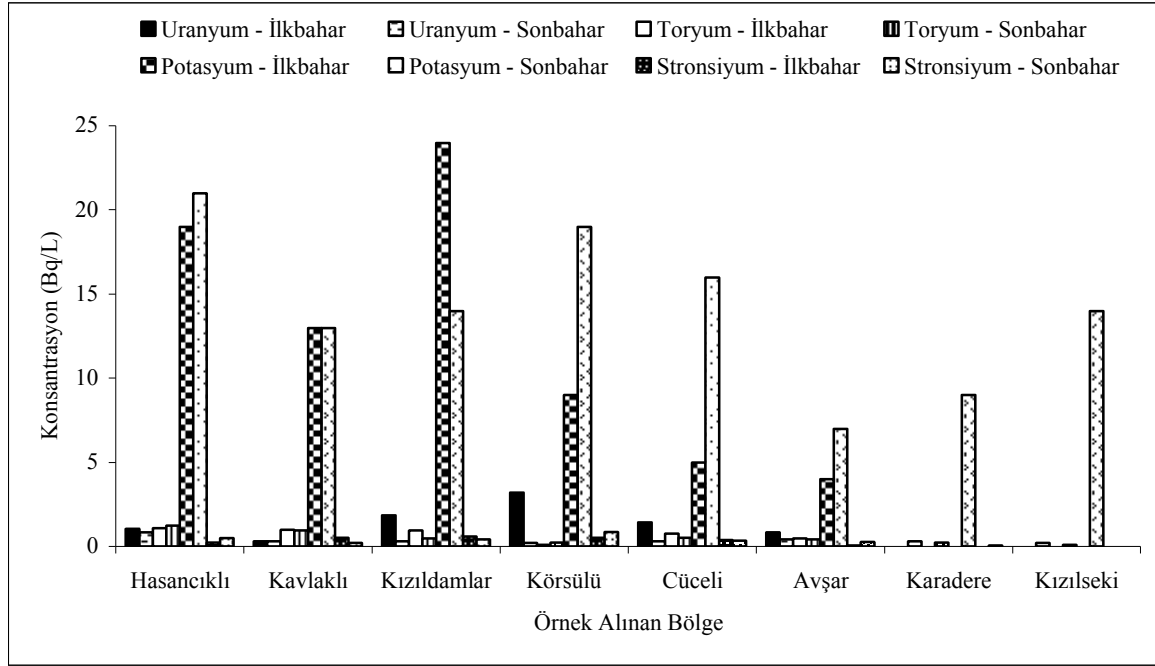
4.2.3. Sır Baraj Gölü'nden Mevsimsel Olarak Tabandan Alınan Su Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Gölü'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları Çizelge 4.10 ile Şekil 4.14'de belirtildiği gibi birlikte değerlendirildiğinde; ilkbaharda, ^{238}U konsantrasyonunun, en düşük Kavlaklı istasyonunda $0,310\pm 0,165$ Bq/L ile en yüksek Körsülü istasyonunda $3,209\pm 0,169$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, en düşük Körsülü istasyonunda $0,094\pm 0,078$ Bq/L ile en yüksek Hasancıklı istasyonunda $1,086\pm 0,075$ Bq/L arasında, ^{40}K konsantrasyonunun en düşük Avşar istasyonunda $3,996 \pm 1,476$ Bq/L ile en yüksek Kızıldamlar istasyonunda $23,976\pm 1,423$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun ise en düşük Avşar istasyonunda $0,057\pm 0,033$ Bq/L ile en yüksek Kızıldamlar istasyonunda $0,579\pm 0,032$ Bq/L arasında değiştiği gözlenmiştir. Sonbaharda ise, ^{238}U konsantrasyonunun, en düşük Körsülü ve Kızılseki istasyonlarında $0,207\pm 0,170$ Bq/L ile en yüksek Hasancıklı istasyonunda $0,828\pm 0,168$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, en düşük Kızılseki istasyonunda $0,094\pm 0,077$ Bq/L ile en yüksek Hasancıklı istasyonunda $1,228\pm 0,076$ Bq/L arasında, ^{40}K konsantrasyonu en düşük Avşar istasyonunda $6,993\pm 1,504$ Bq/L ile en yüksek Hasancıklı istasyonunda $20,979\pm 1,534$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun ise en düşük

Karadere istasyonunda $0,057\pm 0,033$ Bq/L ile en yüksek Körsülü istasyonunda $0,579\pm 0,032$ Bq/L arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.10. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Radyoçekirdek Konsantrasyonu (Bq/L)							
		^{238}U		^{232}Th		^{40}K		^{90}Sr	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	$1,035\pm 0,167$	$0,828\pm 0,168$	$1,086\pm 0,075$	$1,228\pm 0,076$	$18,981\pm 1,409$	$20,979\pm 1,534$	$0,231\pm 0,032$	$0,501\pm 0,032$
2	Kavlaklı	$0,310\pm 0,165$	$0,310\pm 0,161$	$0,992\pm 0,076$	$0,944\pm 0,077$	$12,987\pm 1,478$	$12,987\pm 1,478$	$0,521\pm 0,032$	$0,212\pm 0,033$
3	Kızıldamlar	$1,863\pm 0,161$	$0,310\pm 0,170$	$0,944\pm 0,075$	$0,472\pm 0,083$	$23,976\pm 1,423$	$13,986\pm 1,512$	$0,579\pm 0,032$	$0,424\pm 0,033$
4	Körsülü	$3,209\pm 0,169$	$0,207\pm 0,171$	$0,094\pm 0,078$	$0,236\pm 0,080$	$8,991\pm 1,431$	$18,981\pm 1,463$	$0,521\pm 0,034$	$0,849\pm 0,033$
5	Cüceli	$1,449\pm 0,165$	$0,310\pm 0,177$	$0,755\pm 0,080$	$0,519\pm 0,078$	$4,995\pm 1,483$	$15,984\pm 1,522$	$0,386\pm 0,035$	$0,347\pm 0,032$
6	Avşar	$0,828\pm 0,173$	$0,414\pm 0,170$	$0,472\pm 0,076$	$0,425\pm 0,080$	$3,996\pm 1,476$	$6,993\pm 1,504$	$0,057\pm 0,033$	$0,270\pm 0,033$
7	Karadere	Bakılmadı	$0,310\pm 0,169$	Bakılmadı	$0,236\pm 0,077$	Bakılmadı	$8,991\pm 1,479$	Bakılmadı	$0,057\pm 0,033$
8	Kızılseki	Bakılmadı	$0,207\pm 0,170$	Bakılmadı	$0,094\pm 0,077$	Bakılmadı	$13,986\pm 1,439$	Bakılmadı	DLA



Şekil 4.14. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak tabandan alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

İlkbaharda ortalama ^{238}U konsantrasyonu $1,449\pm 0,167$ Bq/L, ^{232}Th konsantrasyonu $0,723\pm 0,077$ Bq/L, ^{40}K konsantrasyonu $12,321\pm 1,450$ Bq/L ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $0,383\pm 0,033$ Bq/L olarak hesaplanırken sonbaharda ise ortalama ^{238}U konsantrasyonu $0,362\pm 0,169$ Bq/L, ^{232}Th konsantrasyonu $0,519\pm 0,078$ Bq/L, ^{40}K konsantrasyonu $14,110\pm 1,491$ Bq/L ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $0,380\pm 0,033$ Bq/L olarak hesaplanmıştır.

Sonbaharda yüzey ve orta seviyede alınan su örneklerinde olduğu gibi ortalama olarak ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları, ilkbahar mevsimiyle karşılaştırıldığında

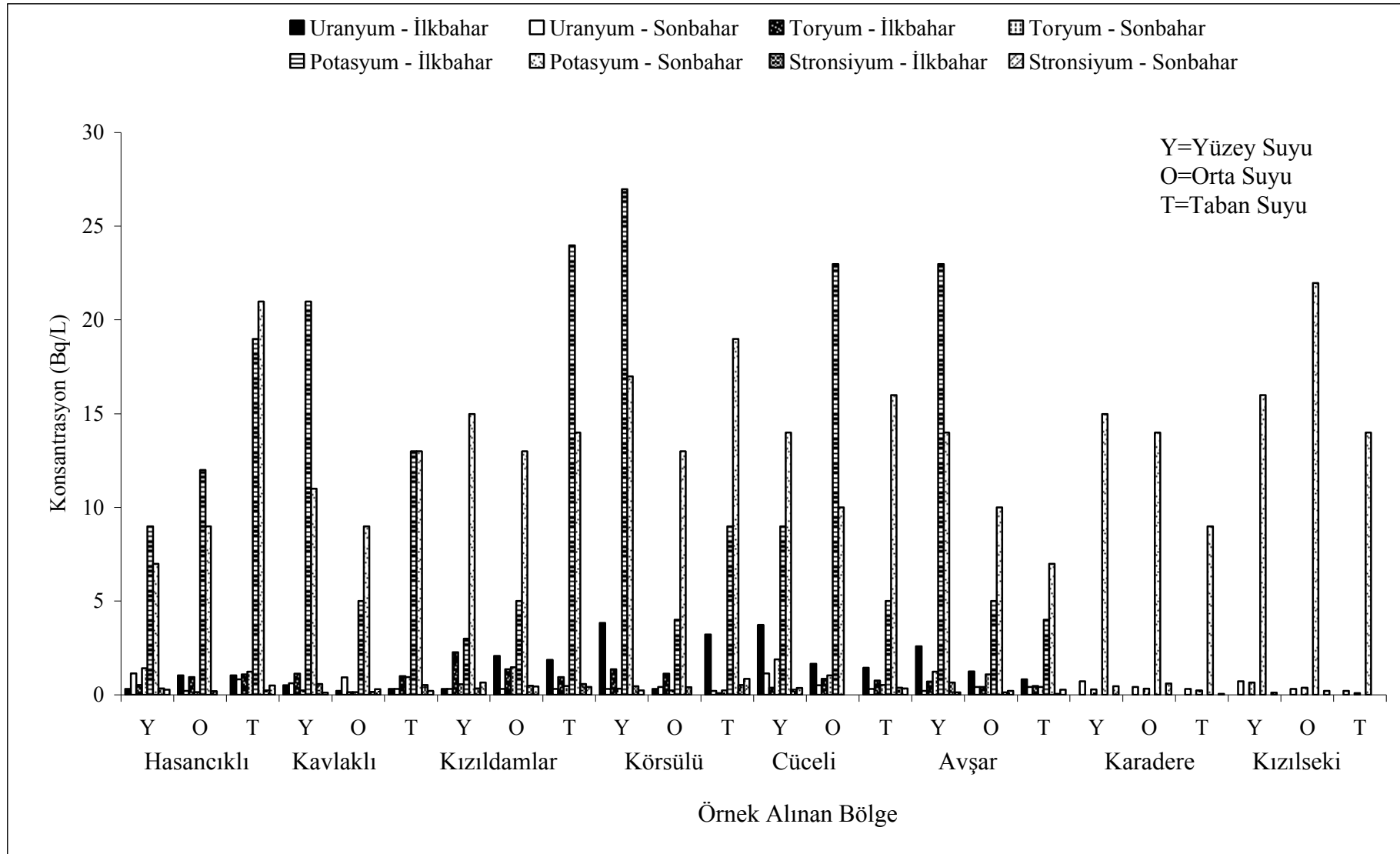
^{238}U , ^{232}Th ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının bir miktar düştüğü tespit edilirken ^{40}K konsantrasyonunun bir miktar yükseldiği tespit edilmiştir. Göletin geniş bir kısmı yine aynı jeolojik yapıya sahip olduğundan dolayı birbirlerine son derece yakın değerler elde edilmiştir. İlkbaharda Körsülü istasyonundaki ^{238}U konsantrasyonunun bir miktar yüksek çıkmasının nedeni bölgenin jeolojik yapısından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.2.4. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel ve Derinliğe Bağlı Olarak Alınan Su Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nden, mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları, Çizelge 4.11 ile Şekil 4.15'de verilerek karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.11. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Örnek Alınan Bölge		Radyoçekirdek Konsantrasyonu (Bq/L)							
		^{238}U		^{232}Th		^{40}K		^{90}Sr	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
Hasancıklı	Yüzeý	0,310±0,167	1,138±0,164	0,519±0,079	1,417±0,078	8,991±1,598	6,993±1,431	0,347±0,032	0,270±0,034
	Orta	1,035±0,161	0,207±0,167	0,944±0,078	0,141±0,081	11,988±1,444	8,991±1,499	0,193±0,033	DLA
	Taban	1,035±0,167	0,828±0,168	1,086±0,075	1,228±0,076	18,981±1,409	20,979±1,534	0,231±0,032	0,501±0,032
Kavlaklı	Yüzeý	0,517±0,164	0,621±0,166	1,133±0,081	0,236±0,085	20,979±1,478	10,989±1,494	0,579±0,034	0,115±0,033
	Orta	0,207±0,162	0,931±0,170	0,141±0,076	0,141±0,084	4,995±1,425	8,991±1,529	0,154±0,033	0,308±0,034
	Taban	0,310±0,165	0,310±0,161	0,992±0,076	0,944±0,077	12,987±1,478	12,987±1,478	0,521±0,032	0,212±0,033
Kızıldamlar	Yüzeý	0,310±0,177	0,310±0,167	2,267±0,077	0,566±0,077	2,997±1,398	14,985±1,529	0,347±0,032	0,656±0,034
	Orta	2,070±0,166	0,310±0,173	1,369±0,076	1,464±0,078	4,995±1,499	12,987±1,489	0,482±0,034	0,444±0,032
	Taban	1,863±0,161	0,310±0,170	0,944±0,075	0,472±0,084	23,976±1,423	13,986±1,512	0,579±0,032	0,424±0,033
Körsülü	Yüzeý	3,830±0,164	0,310±0,172	1,369±0,075	0,330±0,079	26,973±1,483	16,983±1,478	0,463±0,034	0,231±0,033
	Orta	0,310±0,165	0,414±0,181	1,133±0,075	0,236±0,080	3,996±1,537	12,987±1,463	0,405±0,033	DLA
	Taban	3,209±0,169	0,207±0,171	0,094±0,078	0,236±0,080	8,991±1,431	18,981±1,463	0,521±0,034	0,849±0,033
Cüceli	Yüzeý	3,726±0,173	1,138±0,165	0,377±0,080	1,889±0,077	8,991±1,436	13,986±1,491	0,270±0,032	0,366±0,033
	Orta	1,656±0,171	0,517±0,161	0,850±0,080	1,039±0,077	22,977±1,452	9,990±1,491	DLA	DLA
	Taban	1,449±0,165	0,310±0,177	0,755±0,080	0,519±0,078	4,995±1,483	15,984±1,522	0,386±0,035	0,347±0,032
Avşar	Yüzeý	2,587±0,165	0,207±0,177	0,708±0,078	1,228±0,079	22,977±1,436	13,986±1,481	0,656±0,034	0,135±0,034
	Orta	1,242±0,163	0,414±0,181	0,425±0,080	1,086±0,072	4,995±1,457	9,990±1,491	0,135±0,035	0,212±0,033
	Taban	0,828±0,173	0,414±0,170	0,472±0,076	0,425±0,080	3,996±1,476	6,993±1,504	0,057±0,033	0,270±0,033
Karadere	Yüzeý	Bakılmadı	0,724±0,164	Bakılmadı	0,283±0,078	Bakılmadı	14,985±1,452	Bakılmadı	0,463±0,034
	Orta	Bakılmadı	0,414±0,170	Bakılmadı	0,330±0,079	Bakılmadı	13,986±1,522	Bakılmadı	0,598±0,034
	Taban	Bakılmadı	0,310±0,169	Bakılmadı	0,236±0,077	Bakılmadı	8,991±1,478	Bakılmadı	0,057±0,033
Kızılseki	Yüzeý	Bakılmadı	0,724±0,166	Bakılmadı	0,661±0,076	Bakılmadı	15,984±1,486	Bakılmadı	0,115±0,034
	Orta	Bakılmadı	0,310±0,160	Bakılmadı	0,377±0,080	Bakılmadı	21,978±1,470	Bakılmadı	0,212±0,033
	Taban	Bakılmadı	0,207±0,170	Bakılmadı	0,094±0,077	Bakılmadı	13,986±1,439	Bakılmadı	DLA



Şekil 4.15. Sır Baraj Gölü'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları.

Çizelge 4.11 ile Şekil 4.15 birlikte incelendiğinde; ilkbaharda ^{238}U konsantrasyonunun, $0,207\pm 0,162$ Bq/L ile $3,830\pm 0,164$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun $0,094\pm 0,078$ Bq/L ile $2,267\pm 0,077$ Bq/L arasında, ^{40}K konsantrasyonunun $2,997\pm 1,398$ Bq/L ile $26,973\pm 1,483$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun da $0,057\pm 0,033$ Bq/L ile $0,656\pm 0,034$ Bq/L arasında değişirken sonbaharda ise ^{238}U konsantrasyonunun, $0,207\pm 0,170$ Bq/L ile $1,138\pm 0,164$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, $0,141\pm 0,081$ Bq/L ile $1,889\pm 0,077$ Bq/L arasında ^{40}K konsantrasyonunun $6,993\pm 1,431$ Bq/L ile $21,978\pm 1,470$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun da $0,057\pm 0,033$ Bq/L ile $0,849\pm 0,033$ Bq/L arasında değiştiği tespit edilmiştir.

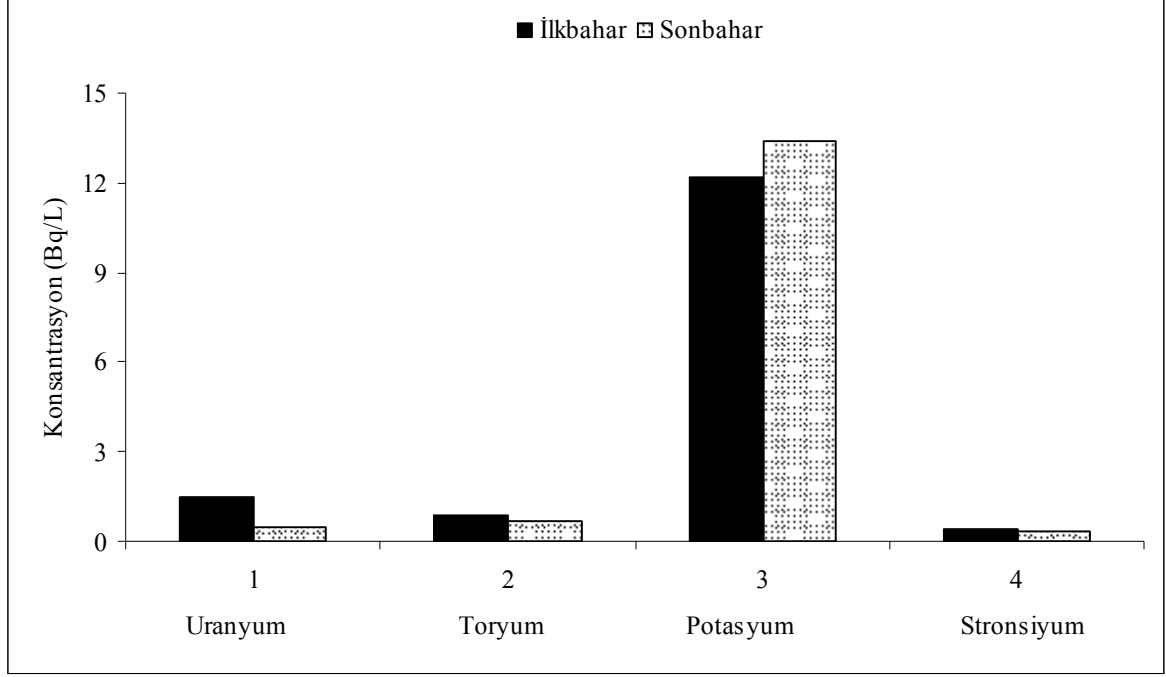
Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları değerlendirildiğinde özellikle Körsülü istasyonunda ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının yüksek çıkarken sonbaharda ise ^{238}U , ^{232}Th konsantrasyonları cüceli istasyonunda, ^{40}K konsantrasyonu Kızılseki istasyonunda ve ^{90}Sr konsantrasyonu da Körsülü istasyonunda yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi bu bölgenin toprak ve kayaç yapısından kaynaklanmış olabileceği düşünülürken yine bu bölgedeki, baraj göletinin altında Ceyhan fay hattının geçmiş olmasıdır. Ayrıca ilkbaharda, yağışların bol olmasından dolayı, nehirler vasıtasıyla gölete çevreden radyoaktif elementler taşınmış olabileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan göletin çevresinde bulunan organize sanayi, fabrikaların kimyasal atıkları, şehrin çöpleri ve kanalizasyonlarının yağışlarla birlikte gölete taşınmış olması, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları'nın artmasına neden olmuş olabilir.

Bu hesaplamalar değerlendirildiğinde, her iki mevsimde su örnekleri için yapılan ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının çok yüksek değerlerde çıkmadığı görülmüştür. Bazı istasyonlarda ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının aynı veya birbirlerine çok yakın değerde olmasının sebebi, gölette seçilen istasyonların jeolojik yapı olarak birbirlerine yakın olmasında kaynaklanmış olabilir.

4.2.5. Sır Baraj Göleti'nden Alınan Su Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Şekil 4.16 incelendiğinde; Sır Baraj Göleti'nde belirlenen farklı istasyonlardan toplanan su örneklerinde, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları mevsimsel olarak değişimler göstermektedir. Gölet'den ilkbaharda alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının ortalama hesaplamaları yapıldığında, ^{238}U 'in $1,471\pm 0,165$ Bq/L,

^{232}Th 'nin $0,865\pm 0,079$ Bq/L, ^{40}K 'in $12,21\pm 1,458$ Bq/L ve ^{90}Sr 'nin da $0,372\pm 0,033$ Bq/L olarak hesaplanırken, sonbaharda ise ^{238}U 'in $0,482\pm 0,164$ Bq/L, ^{232}Th 'nin $0,649\pm 0,078$ Bq/L, ^{40}K 'in $13,403\pm 1,482$ Bq/L ve ^{90}Sr 'nin da $0,339\pm 0,033$ Bq/L olarak hesaplanmıştır.



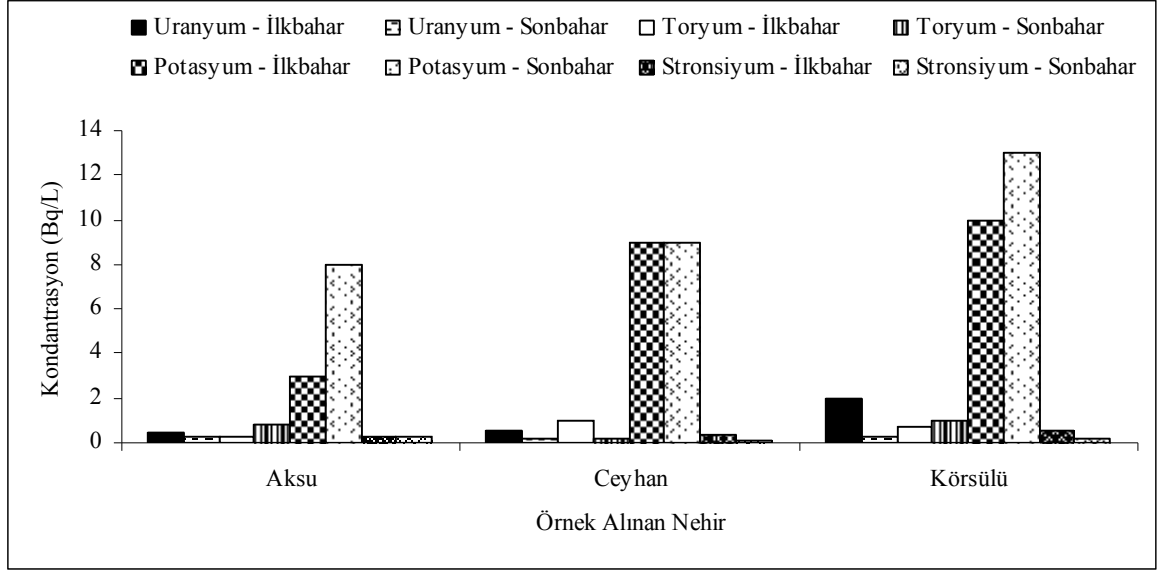
Şekil 4.16. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak alınan su örneklerinde ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

4.2.6. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehir Sularının ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları Çizelge 4.12 ile Şekil 4.17'de verilmiş olup, birlikte incelendiğinde; ilkbaharda en yüksek, ^{238}U konsantrasyonu $1,966\pm 0,176$ Bq/L ile Körsülü nehrinde, ^{232}Th konsantrasyonu $0,944\pm 0,076$ Bq/L ile Ceyhan nehrinde, ^{40}K konsantrasyonu $9,990\pm 1,449$ Bq/L ile Körsülü nehrinde ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $0,540\pm 0,033$ Bq/L ile yine Körsülü nehrinde hesaplanmıştır. Sonbaharda ise, en yüksek, ^{238}U konsantrasyonu $0,310\pm 0,160$ Bq/L ile Aksu ve Körsülü nehirlerinde, ^{232}Th konsantrasyonu $0,944\pm 0,077$ Bq/L ile Körsülü nehrinde, ^{40}K konsantrasyonu $12,987\pm 1,404$ Bq/L ile Körsülü nehrinde ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $0,308\pm 0,032$ Bq/L ile Aksu nehrinde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.12. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Radyoçirdek Konsantrasyonu (Bq/L)							
		^{238}U		^{232}Th		^{40}K		^{90}Sr	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	0,414±0,171	0,310±0,160	0,236±0,076	0,850±0,077	2,997±1,463	7,992±1,486	0,270±0,033	0,308±0,032
2	Ceyhan	0,517±0,179	0,207±0,171	0,944±0,076	0,141±0,078	8,991±1,392	8,991±1,478	0,347±0,032	0,096±0,035
3	Körsülü	1,966±0,176	0,310±0,170	0,755±0,075	0,944±0,077	9,990±1,449	12,987±1,404	0,540±0,033	0,212±0,032

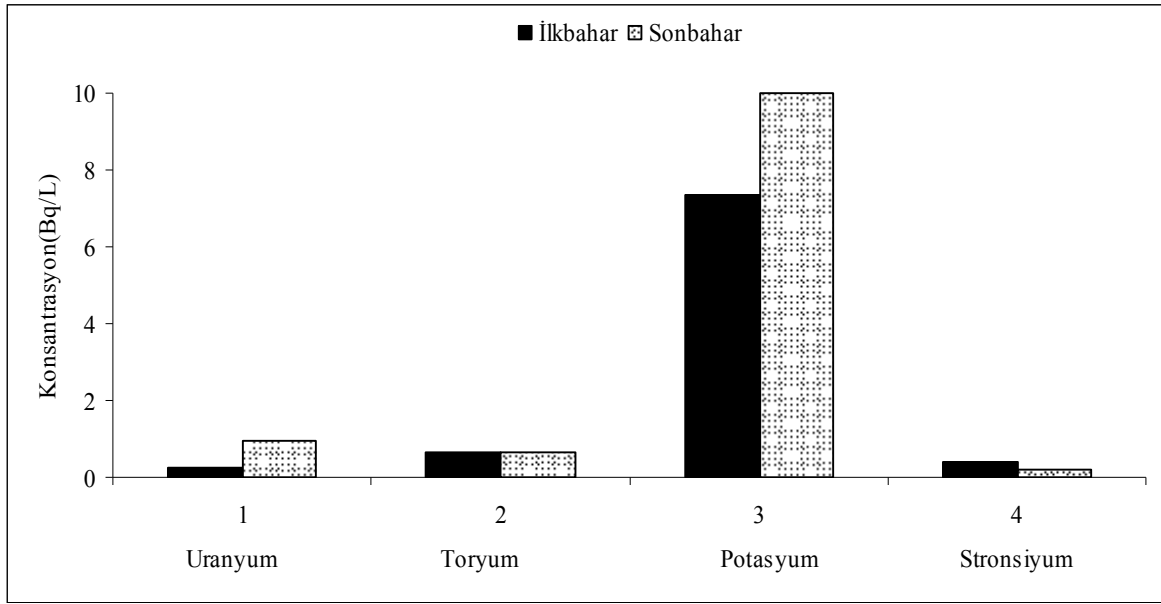


Şekil 4.17. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Yine bölgenin jeolojik yapısıyla ilgili olarak ilkbaharda ^{238}U ve ^{90}Sr konsantrasyonları ve sonbaharda ise ^{40}K konsantrasyonu Körsülü nehrinde bir miktar yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde Aksu nehrinde ise ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları, sonbaharda, ilkbahar mevsimine göre bir miktar yüksek çıktığı görülmüştür.

4.2.7. Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerden Alınan Su Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Şekil 4.18 incelendiğinde; Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde, ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları mevsimsel olarak değişimler göstermektedir. İlkbaharda, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları sırasıyla ortalama 0,966±0,175 Bq/L, 0,645±0,076 Bq/L, 7,326±1,435 Bq/L ve 0,386±0,033 Bq/L olarak hesaplanırken sonbaharda ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları sırasıyla ortalama 0,276±0,167 Bq/L, 0,645±0,077 Bq/L, 9,990±1,456 Bq/L ve 0,205±0,033 Bq/L olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.18. Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan su örneklerinde ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

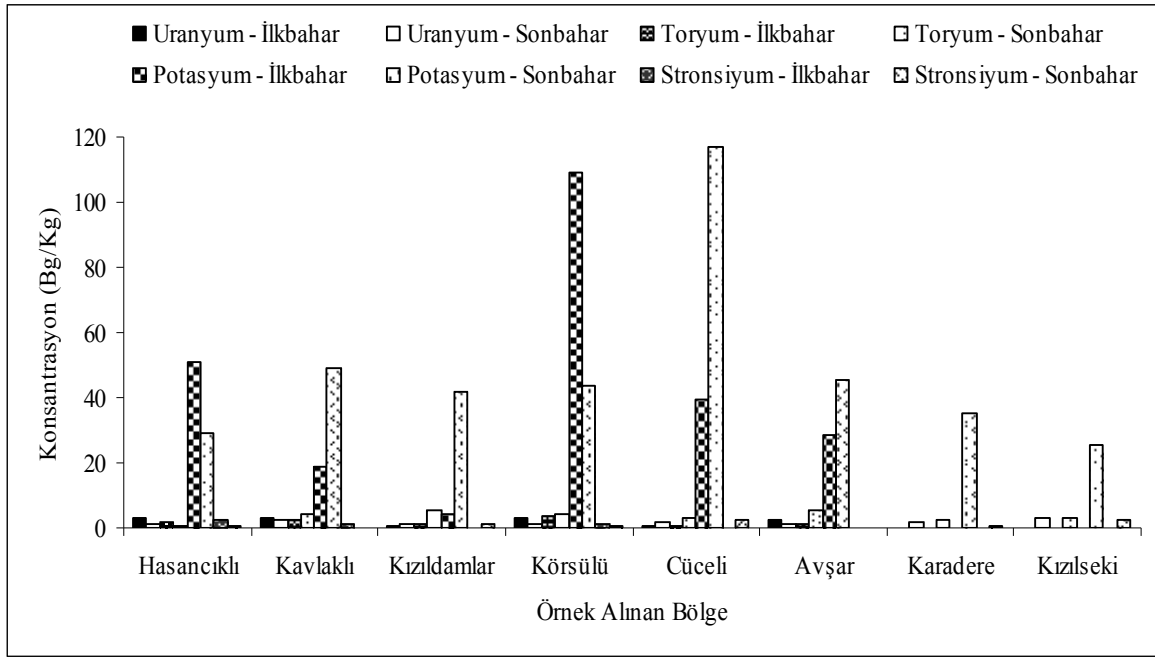
4.2.8. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Dip Sediment Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları Çizelge 4.13 ve Şekil 4.19'da verildiği gibidir.

Bilindiği gibi toplam alfa aktiviteleri, ^{238}U ve onun bozunma ürünlerinden, toplam beta aktiviteleri ise ^{232}Th ve onun bozunma ürünleri ile birlikte ^{40}K radyoçekerdeklerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.13. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Radyoçekerdek Konsantrasyonu (Bq/kg)							
		^{238}U		^{232}Th		^{40}K		^{90}Sr	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	2,818±0,661	1,207±0,519	1,837±0,311	0,551±0,242	50,781±5,749	29,239±4,409	2,177±0,134	0,844±0,098
2	Kavlaklı	3,140±0,371	2,536±0,560	2,314±0,178	3,968±0,278	18,691±3,491	48,951±4,942	0,945±0,081	0,135±0,117
3	Kızıldamlar	0,452±0,378	1,086±0,586	1,240±0,168	5,291±0,275	4,385±3,148	41,958±5,255	0,211±0,075	1,081±0,121
4	Körsülü	2,818±0,663	1,358±0,727	3,675±0,279	4,133±0,357	109,375±5,427	43,859±6,009	1,126±0,134	0,506±0,148
5	Cüceli	0,679±0,357	2,012±0,672	0,723±0,166	2,940±0,310	39,473±3,217	117,187±5,698	0,126±0,075	2,477±0,129
6	Avşar	2,635±0,513	1,449±0,613	1,352±0,238	5,291±0,258	28,662±4,536	45,454±5,317	0,245±0,101	0,270±0,116
7	Karadere	Bakılmadı	1,811±0,488	Bakılmadı	2,342±0,224	Bakılmadı	35,087±4,334	Bakılmadı	0,844±0,097
8	Kızılseki	Bakılmadı	3,293±0,528	Bakılmadı	3,156±0,242	Bakılmadı	25,477±4,728	Bakılmadı	2,211±0,108



Şekil 4.19. Sır Baraj Gölü'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Çizelge 4.13 ile birlikte Şekil 4.19 incelendiğinde ilkbaharda alınan dip sediment örneğinde en düşük, ^{238}U konsantrasyonu $0,452\pm 0,378$ Bq/kg ile Kızıldamlar istasyonunda, ^{232}Th konsantrasyonu $0,723\pm 0,166$ Bq/kg ile Cüceli istasyonunda, ^{40}K konsantrasyonu $4,385\pm 3,148$ Bq/kg ile Kızıldamlar istasyonunda ve ^{90}Sr konsantrasyonu $0,126\pm 0,075$ Bq/kg ile Cüceli istasyonunda tespit edilirken en yüksek ^{238}U konsantrasyonu $3,140\pm 0,371$ Bq/kg ile Kavlaklı istasyonunda, ^{232}Th konsantrasyonu $3,675\pm 0,279$ Bq/kg ile Körsülü istasyonunda, ^{40}K konsantrasyonu $109,375\pm 5,427$ Bq/kg ile Körsülü istasyonunda ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $2,177\pm 0,134$ Bq/kg ile Hasancıklı istasyonunda tespit edilmiştir. Sonbaharda ise en düşük ^{238}U konsantrasyonu, $1,086\pm 0,586$ Bq/kg ile Kızıldamlar istasyonunda, ^{232}Th konsantrasyonu, $0,551\pm 0,242$ Bq/kg ile Hasancıklı istasyonunda, ^{40}K konsantrasyonu $25,477\pm 4,728$ Bq/kg ile Kızılseki istasyonunda ve ^{90}Sr konsantrasyonu $0,135\pm 0,117$ Bq/kg ile Kavlaklı istasyonunda hesaplanırken en yüksek ^{238}U konsantrasyonu, $3,293\pm 0,528$ Bq/kg ile Kızılseki istasyonunda, ^{232}Th konsantrasyonu, $5,291\pm 0,275$ Bq/kg ile Kızıldamlar ve Avşar istasyonlarında, ^{40}K konsantrasyonu $117,187\pm 5,698$ Bq/kg ile Cüceli istasyonunda ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $2,477\pm 0,129$ Bq/kg ile Cüceli istasyonunda hesaplanmıştır.

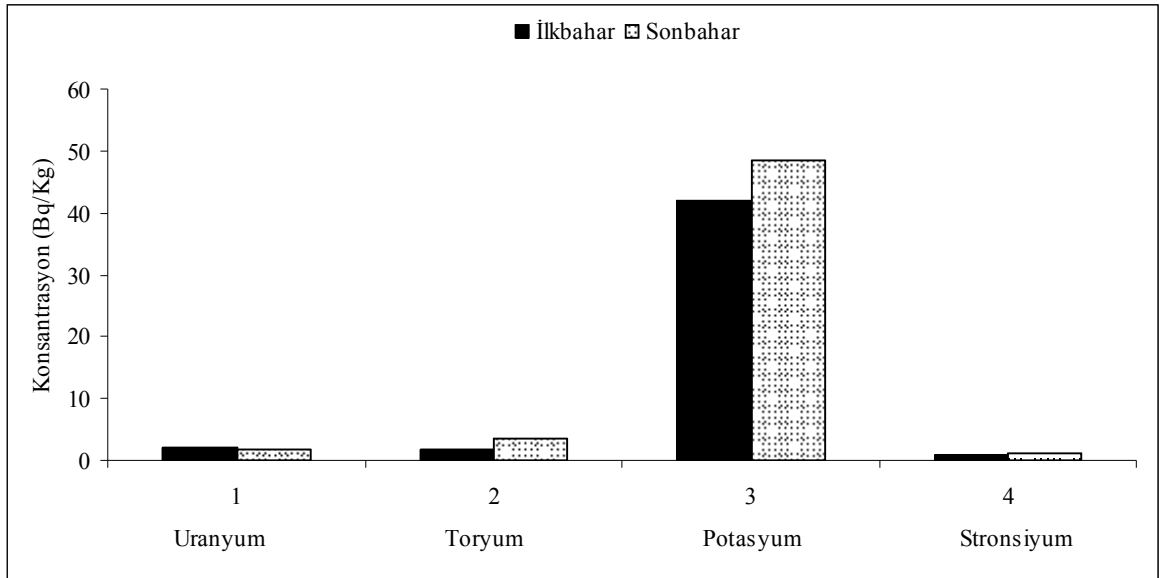
Ancak ilkbaharda, Körsülü istasyonunda ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları sırasıyla $2,818\pm 0,661$ Bq/kg, $3,675\pm 0,279$ Bq/kg, $109,375\pm 5,427$ Bq/kg ve $1,126\pm 0,134$ Bq/kg olarak biraz yüksek bulunmuştur. Çünkü bu bölgenin jeolojik ve jeomorfolojik

yapısından dolayı diğer istasyonlara göre ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları biraz yüksek çıkmış olabilir.

4.2.9. Sır Baraj Göleti'nden Mevsimsel Olarak Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Şekil 4.20 değerlendirildiğinde Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının ortalama hesaplamaları yapıldığında ise, ^{238}U 'ün $2,090\pm 0,490$ Bq/kg, ^{232}Th 'nin $1,856\pm 0,223$ Bq/kg, ^{40}K 'ın $41,894\pm 4,261$ Bq/kg ve ^{90}Sr 'nin $0,805\pm 0,100$ Bq/kg olarak hesaplanmıştır. Sonbaharda alınan dip sediment örneklerinde ise ortalama ^{238}U konsantrasyonu $1,844\pm 0,587$ Bq/kg, ^{232}Th konsantrasyonu $3,459\pm 0,273$ Bq/kg, ^{40}K konsantrasyonu $48,401\pm 5,087$ Bq/kg ve ^{90}Sr 'nin $1,046\pm 0,117$ Bq/kg olarak hesaplanmıştır

Mevsimsel olarak değerlendirilmesi yapıldığında ise ortalama ^{238}U konsantrasyonunda sonbaharda azalma meydana gelirken ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarında bir artış olmuştur. Bunun nedeni de sonbaharda yağışların azalması ile birlikte buharlaşmanın fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Her iki mevsimde de gölette belirlenen istasyonlardan alınan sediment örneklerinin yine tamamında, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları dünya ortalama değerlerini geçmemiştir.



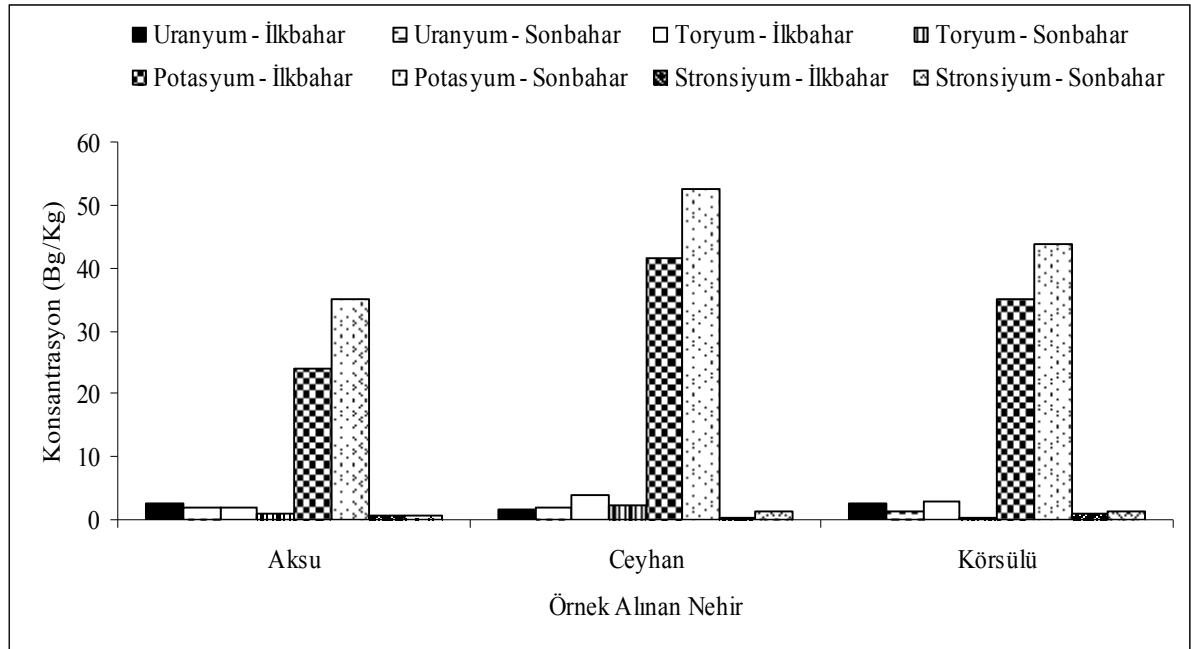
Şekil 4.20. Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan dip sediment örneklerinde ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

4.2.10. Sır Baraj Göleti'ni Mevsimsel Olarak Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonları Çizelge 4.14 ile Şekil 4.21'de birlikte verilmiş olup, birlikte incelendiğinde İlkbaharda en yüksek, ^{238}U konsantrasyonu $2,490\pm 0,384$ Bq/kg ile Aksu nehrinde, ^{232}Th konsantrasyonu $4,058\pm 0,262$ Bq/kg ile Ceyhan nehrinde, ^{40}K konsantrasyonu $41,401\pm 4,536$ Bq/kg ile yine Ceyhan nehrinde ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $0,844\pm 0,099$ Bq/kg ile Körsülü nehrinde tespit edilmiştir. Sonbaharda ise en yüksek, ^{238}U konsantrasyonu $1,976\pm 0,540$ Bq/kg ile Aksu nehrinde, ^{232}Th konsantrasyonu $2,314\pm 0,281$ Bq/kg ile Ceyhan nehrinde, ^{40}K konsantrasyonu $52,447\pm 5,352$ Bq/kg ile Ceyhan nehrinde ve ^{90}Sr konsantrasyonu ise $1,418\pm 0,099$ Bq/kg ile yine Ceyhan nehrinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

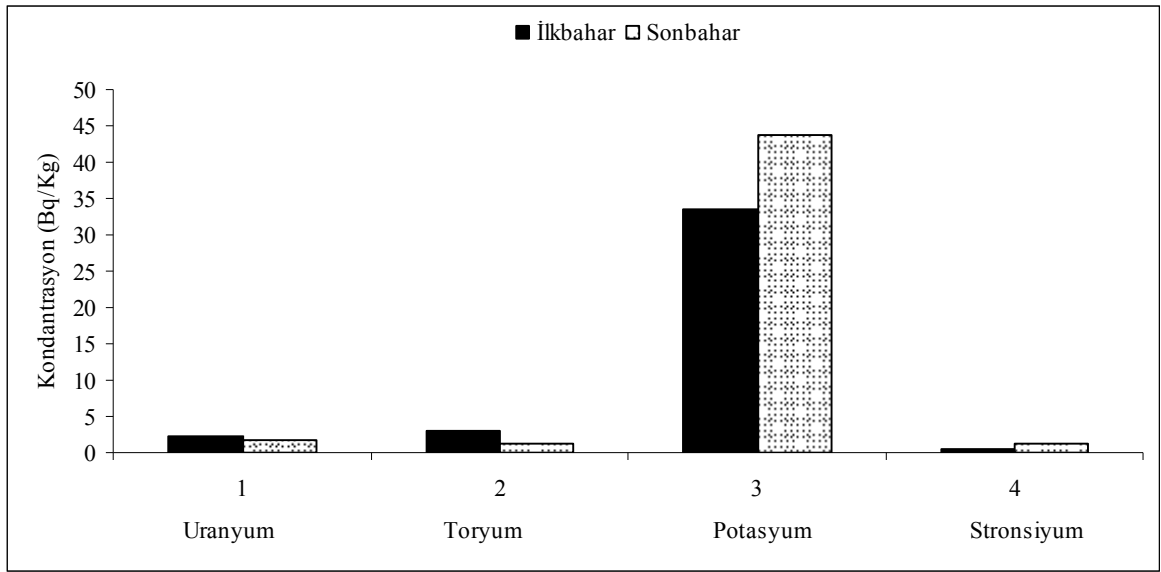
Örnek No	Örnek Alınan Bölge	Radyoçekirdek Konsantrasyonu (Bq/kg)							
		^{238}U		^{232}Th		^{40}K		^{90}Sr	
		İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	$2,490\pm 0,384$	$1,976\pm 0,540$	$1,860\pm 0,172$	$0,901\pm 0,242$	$24,122\pm 3,130$	$35,031\pm 4,518$	$0,548\pm 0,107$	$0,798\pm 0,107$
2	Ceyhan	$1,646\pm 0,512$	$1,811\pm 0,598$	$4,058\pm 0,262$	$2,314\pm 0,281$	$41,401\pm 4,536$	$52,447\pm 5,352$	$0,184\pm 0,116$	$1,418\pm 0,116$
3	Körsülü	$2,717\pm 0,494$	$1,207\pm 0,505$	$3,031\pm 0,227$	$0,275\pm 0,239$	$35,087\pm 4,086$	$43,859\pm 4,446$	$0,844\pm 0,099$	$1,295\pm 0,099$



Şekil 4.21. Sır Baraj Göleti'ni mevsimsel olarak besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

4.2.11. Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerden Alınan Dip Sediment Örneklerinde Ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Şekil 4.22 incelendiğinde; Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları mevsimsel olarak değişimler göstermektedir. İlkbaharda, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları sırasıyla ortalama $2,284 \pm 0,463$ Bq/kg, $2,983 \pm 0,220$ Bq/kg, $33,535 \pm 3,917$ Bq/kg ve $0,537 \pm 0,107$ Bq/kg olarak hesaplanırken sonbaharda ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları sırasıyla ortalama $1,664 \pm 0,548$ Bq/kg, $1,163 \pm 0,254$ Bq/kg, $43,779 \pm 4,772$ Bq/kg ve $1,170 \pm 0,107$ Bq/kg olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.22. Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerden alınan dip sediment örneklerinde ortalama ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonları

Göleti besleyen nehirlerden alınan dip sediment örnekleri mevsimsel olarak incelendiğinde, sonbaharda ortalama olarak ^{238}U ve ^{232}Th konsantrasyonları azalırken ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonunda bir miktar artış görülmüştür. Ancak her iki mevsimde de göleti besleyen nehirlerin dip sediment örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının dünya ortalamasını geçmediği görülmüştür.

4.3. Elemental Analiz

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nde, gölün toprak ve kayaç yapısına bağlı olarak istasyonlar belirlenmiştir. Belirlenen bu istasyonlara, su seviyesinin maksimum olduğu ilkbahar mevsiminin mayıs ayında ve su seviyesinin minimum olduğu sonbahar mevsiminin ekim ayında gidilerek suyun derinliğine göre, yüzey, orta ve taban seviyeden 2 litrelik Nansen cihazı kullanılarak 4'er litre su numuneleri, 500 ml litrelik polietilen şişelere alınmıştır. Ayrıca belirlenen istasyonların tabanlarından ekman kepçesi yardımıyla yeteri miktarda da sediment örnekleri alınmıştır. Bunların dışında göleti besleyen Aksu, Ceyhan ve Körsülü nehirlerinden de hem su hem de sediment örnekleri alınmıştır. Alınan bu örnekler en kısa sürede laboratuvar ortamına getirilmiştir. Su numuneleri, yaptırılan bir mermer ocak yardımıyla cam beherler içerisinde kaynamadan buharlaştırılmıştır. Beherlerin içerisinde kalan tortulara saf su ilave edilerek, bir spatula yardımıyla kazınmıştır. Elde edilen çözeltiler süzgeç kağıdından geçirilerek katı numuneler elde edilmiştir. Bu numuneler daha sonra kurutulup, toz haline getirildikten sonra 100 meshlik eleklerde elenerek sayıma hazır hale getirilmiştir.

Aynı şekilde laboratuvar ortamına getirilen sediment örnekleri de kurutulduktan sonra öğütülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra numuneler 100 meshlik eleklerde elenerek sayıma hazır hale getirilmiştir. Son olarak, numuneleri saymaya başlamadan önce, en iyi sayımı elde edebilmek için, dedektörün verimliliği tespit edilmiştir.

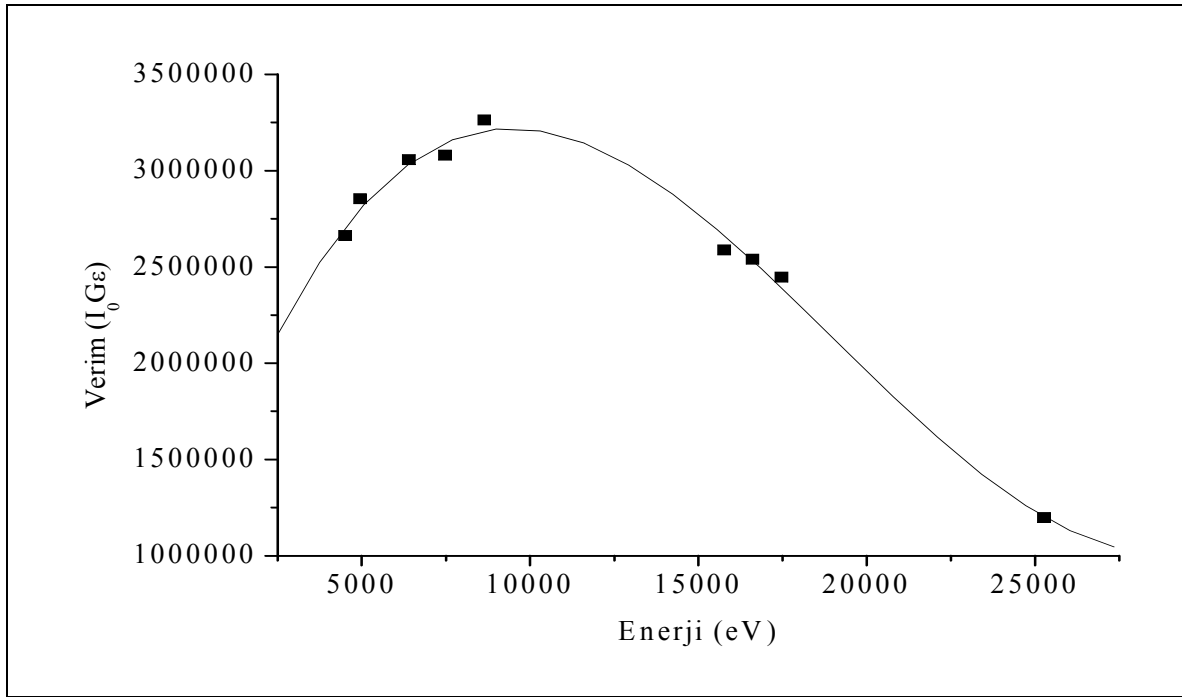
4.3.1. EDXRF Tekniği ile Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'nde Yapılan Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi

Deneylede ^{241}Am ve ^{55}Fe radyoaktif kaynakları kullanılmıştır. EDXRF tekniği kullanılarak kalitatif ve kantitatif analiz yapabilmek için, öncelikle dedektörün verimliliğini tespit etmek gerekir. Bu yüzden yüksek enerji bölgesinde ^{241}Am radyoizotop kaynak, bakır ve kurşun kolimatör ile dedektör verimliliğini tayin etmek için % 99,9 saflıkta olan, Çizelge 4.15, 4.16, ve 4.17'de belirtilen foil ve toz numuneler kullanılmıştır. Elementlerin K_x enerjisine ait pikin net alanı alınmış ve uygun denkleme yerine konularak, $I_0G\varepsilon$ (verim) değeri hesaplanmıştır. Daha sonra dedektörün verim değerinde kullanılan elementin enerji değerine karşın verim grafiği çizilerek Şekil 4.23, 4.24 ve 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. ^{241}Am Radyoaktif kaynak ve Cu kolimatör için dedektör verimliliğini belirlemede kullanılan elementler

Foil / Toz	Enerji K_{α} (eV)	$I_0G\epsilon$
Ti	4,510	2661797,753
Va	4,952	2853846,154
Fe	6,403	3055135,135
Ni	7,477	3079411,768
Zn	8,638	3261363,636
Zr	15,774	2586534,247
Nb	16,614	2538511,905
Mo	17,478	2445979,167
Sn	25,270	1197964,467

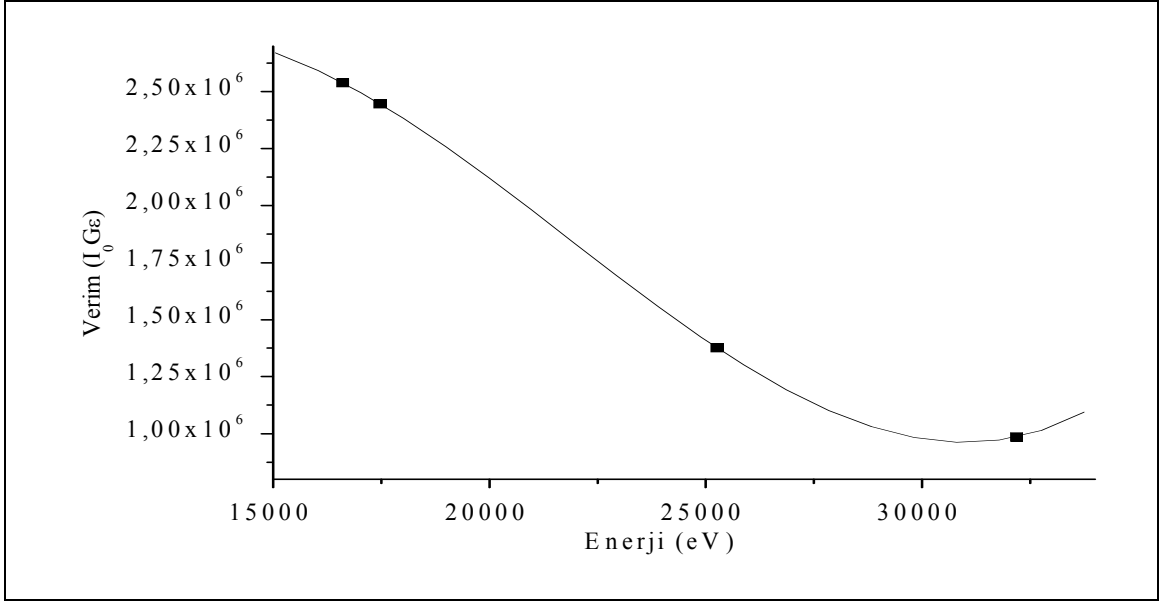
Yüksek enerji bölgesinde ^{241}Am radyoaktif kaynak ile EDXRF tekniği kullanılarak, numunelerin içerisindeki elementler tespit edilerek, bu elementlerin numune içerisindeki konsantrasyonları denklem 3.8 kullanılarak ppm cinsinden belirlenmiş ve Çizelge 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.23. ^{241}Am kaynak Pb-Cu-Al kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\epsilon$) değişimi

Çizelge 4.16. ^{241}Am Radyoaktif kaynak ve Cu kolimatör için dedektör verimliliğini belirlemede kullanılan elementler

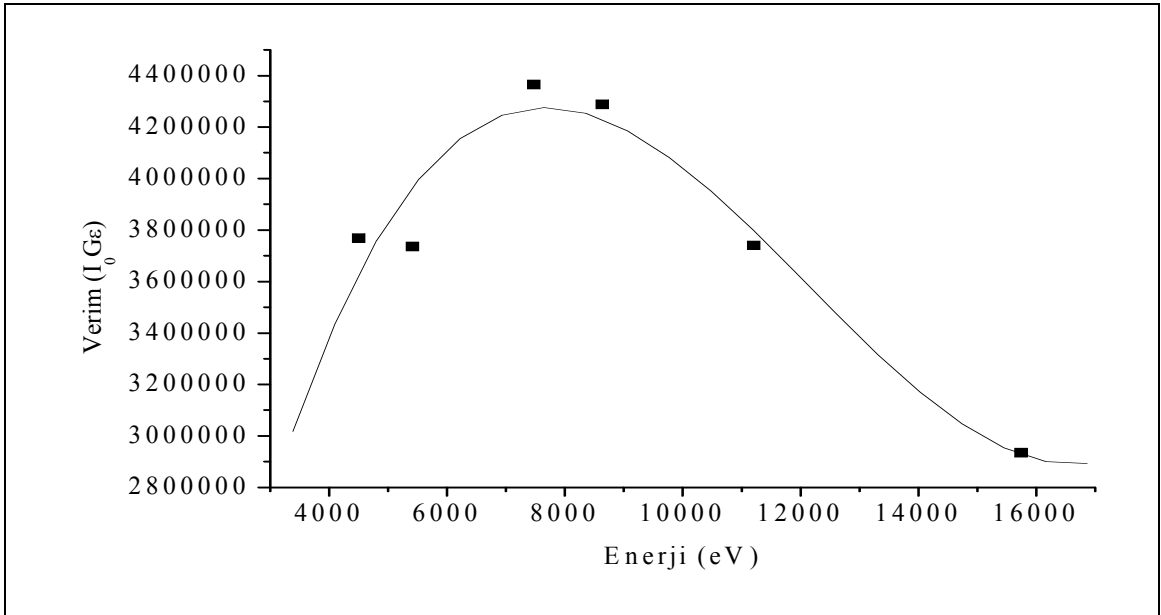
Foil / Toz	Enerji K_{α} (eV)	$I_0G\epsilon$
Nb	16,614	2538511,905
Mo	17,478	2445979,167
Sn	25,270	1197964,467
Ba	32,191	986139,423



Şekil 4.24. ²⁴¹Am kaynak Pb-Cu-Al kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\epsilon$) değişimi

Çizelge 4.17. ²⁴¹Am Radyoaktif kaynak ve Pb kolimatör için dedektör verimliliğini belirlemede kullanılan elementler

Foil / Toz	Enerji K_{α} (eV)	$I_0G\epsilon$
Ti	4,510	3768088,724
Cr	5,414	3735821,125
Ni	7,477	4364258,636
Zn	8,638	4287969,247
Se	11,210	3739834,727
Zr	15,774	2934002,141



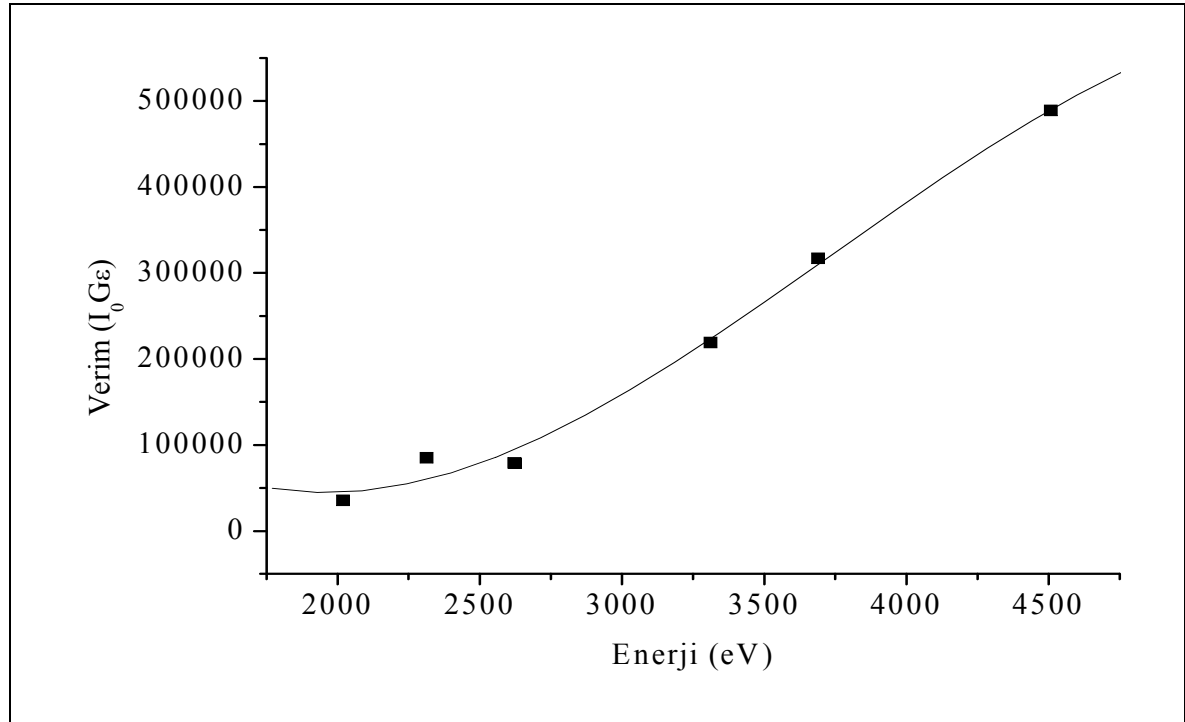
Şekil 4.25. ²⁴¹Am kaynak Pb kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\epsilon$) değişimi

Düşük enerji bölgesinde ise numunelerde bulunan elementleri ve bu elementlerin numune içerisindeki konsantrasyonlarını tespit edebilmek için ^{55}Fe Radyoizotop kaynak, bakır kolimatör ile dedektör verimliliğini tayin etmek için bileşik halinde bulunan toz numuneler kullanılmıştır. Toz halindeki bileşik numuneleri seçerken, Çizelge 4.18’de belirtilen ve içerisindeki hedef elementin yüzde oranı yüksek olan bileşikler tercih edilmiştir. Elementlerin K_x enerjisine ait, bulunduğu pikin net alanı alınmış ve uygun denklemde yerine konularak, $I_0G\epsilon$ (verim) değeri hesaplanmıştır. Daha sonra dedektörün verim değerinde kullanılan elementin enerji değerine karşın verim grafiği çizilerek Şekil 4.26’da verilmiştir.

Numuneler içerisinde tespit edilen elementler ve bu elementlerin numune içerisindeki konsantrasyonları, ppm cinsinden tespit edilerek yüksek enerji bölgesinde Çizelge 4.19 ve düşük enerji bölgesinde ise Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. ^{55}Fe Radyoaktif kaynak ve Cu kolimatör için dedektör verimliliği belirlemede kullanılan bileşikler

Bileşik	Enerji	Enerji (eV)	$I_0G\epsilon$
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	$K_{\alpha+\beta}$	2,020	35333,30
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$K_{\alpha+\beta}$	2,314	84682,09
RbCl	K_{α}	2,622	78823,00
K_2CO_3	K_{α}	3,312	219044,50
CaF_2	K_{α}	3,690	316832,84
TiO_2	K_{α}	4,508	488962,25



Şekil 4.26. ^{55}Fe kaynak Cu kolimatör için Enerji – Verim ($I_0G\epsilon$) değişimi

Çizelge 4.19. ²⁴¹Am Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'nde yapılan su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Cr (ppm)		Fe (ppm)		Ni (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	0,163±0,011	0,393±0,027	0,170±0,011	0,235±0,016	---	---
2		Orta	0,024±0,001	0,392±0,027	0,189±0,013	2,997±0,209	---	---
3		Taban	0,289±0,020	0,931±0,065	1,085±0,075	36,902±2,583	---	---
4		Sediment	1868,7±130,8	2945,6±206,1	35467,9±2482,7	40298,2±2820,8	127,74±8,94	---
5	Kavlaklı	Yüzey	0,300±0,021	0,237±0,016	0,226±0,015	0,080±0,005	0,030±0,002	---
6		Orta	0,130±0,009	0,311±0,021	0,544±0,038	0,176±0,012	0,020±0,001	---
7		Taban	0,170±0,011	0,140±0,009	1,950±0,136	3,014±0,210	---	---
8		Sediment	489,65±34,27	1648,6±115,4	41122,8±2878,6	42114,4±2948,0	---	---
9	Kızıldamlar	Yüzey	0,105±0,007	---	0,232±0,016	0,213±0,014	---	---
10		Orta	0,044±0,003	0,148±0,010	0,160±0,011	0,297±0,020	---	---
11		Taban	0,765±0,053	0,302±0,021	4,842±0,338	1,093±0,076	---	---
12		Sediment	1369,7±95,8	1262,8±88,4	40662,3±2846,3	40138,5±2809,6	---	---
13	Körsülü	Yüzey	0,087±0,006	0,028±0,001	0,216±0,015	0,120±0,008	---	---
14		Orta	0,166±0,011	0,135±0,009	0,129±0,009	0,101±0,007	---	---
15		Taban	0,934±0,065	0,147±0,010	8,013±0,560	0,925±0,064	---	---
16		Sediment	1349,6±94,4	1335,6±93,4	28505,0±1995,3	42082,3±2945,7	---	---
17	Cüceli	Yüzey	0,387±0,027	0,713±0,049	0,214±0,014	1,672±0,117	---	---
18		Orta	0,426±0,029	0,432±0,030	0,378±0,026	3,220±0,225	---	---
19		Taban	0,680±0,047	0,179±0,012	3,377±0,236	11,241±0,786	0,096±0,006	---
20		Sediment	2425,0±169,7	1318,6±92,3	37144,0±2600,0	38315,1±2682,0	106,87±7,48	431,12±30,17
21	Avşar	Yüzey	0,122±0,008	0,080±0,005	0,148±0,010	0,142±0,009	---	---
22		Orta	0,288±0,020	0,215±0,015	0,145±0,010	0,145±0,010	---	---
23		Taban	0,729±0,051	2,152±0,150	16,940±1,185	55,698±3,898	0,235±0,016	0,403±0,028
24		Sediment	1569,6±109,8	2564,4±179,5	33507,5±2345,3	37984,2±2658,8	223,54±15,64	151,16±10,58

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Cu (ppm)		Zn (ppm)		Ga (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	---	---	0,037±0,002	---	0,030±0,002	0,042±0,002
2		Orta	---	0,074±0,005	0,014±0,001	---	0,026±0,001	0,066±0,004
3		Taban	---	---	0,021±0,001	0,132±0,009	0,047±0,003	0,337±0,023
4		Sediment	167,0±0,86*	63,060±0,909*	133,273±9,329	80,856±5,659	213,253±14,927	324,42±22,70
5	Kavlaklı	Yüzey	---	---	0,026±0,002	0,014±0,001	0,026±0,001	0,026±0,001
6		Orta	0,013±0,001	0,018±0,001	0,020±0,001	---	0,042±0,002	0,028±0,001
7		Taban	---	---	0,020±0,001	---	0,032±0,002	0,019±0,001
8		Sediment	178,50±1,74*	97,140±0,176*	76,395±5,347	87,37±0,54*	283,302±19,831	185,99±13,01
9	Kızıldamlar	Yüzey	---	---	0,028±0,002	---	0,024±0,001	0,014±0,001
10		Orta	---	---	---	0,010±0,001	0,035±0,002	0,012±0,001
11		Taban	---	---	0,041±0,003	0,016±0,001	0,085±0,005	0,038±0,002
12		Sediment	124,50±0,48*	76,600±0,972*	70,261±4,918	95,68±0,21*	112,603±7,882	220,66±15,44
13	Körsülü	Yüzey	---	---	---	---	0,017±0,001	0,019±0,001
14		Orta	---	---	---	---	0,030±0,002	0,025±0,001
15		Taban	0,090±0,006	---	---	0,017±0,001	0,146±0,010	0,041±0,002
16		Sediment	111,60±0,62*	66,620±1,052*	83,340±0,358*	77,02±0,80*	237,878±16,651	224,01±15,68
17	Cüceli	Yüzey	---	---	0,040±0,003	---	0,059±0,004	0,058±0,004
18		Orta	0,016±0,001	---	---	0,082±0,005	0,053±0,003	0,116±0,008
19		Taban	---	---	---	0,218±0,015	0,084±0,005	0,196±0,013
20		Sediment	103,84±7,26	168,17±11,77	156,200±1,350*	305,30±21,301	190,780±13,354	226,64±15,86
21	Avşar	Yüzey	---	---	---	---	0,046±0,003	0,020±0,001
22		Orta	---	---	---	---	0,052±0,003	0,025±0,001
23		Taban	0,034±0,00*	0,431±0,030	0,109±0,007	0,386±0,027	0,148±0,010	0,286±0,020
24		Sediment	104,30±0,48*	241,95±16,93	210,22±14,71	282,21±19,75	283,063±19,814	267,76±18,74

* ICP-OES cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Sr (ppm)		Ba (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	0,332±0,023	0,414±0,028	0,064±0,004	0,137±0,009
2		Orta	0,341±0,023	0,363±0,025	0,079±0,005	0,211±0,014
3		Taban	0,365±0,025	0,583±0,040	0,065±0,004	0,645±0,045
4		Sediment	372,594±26,081	407,082±28,495	389,269±27,248	579,266±40,548
5	Kavlaklı	Yüzey	0,337±0,023	0,423±0,029	0,057±0,003	0,137±0,009
6		Orta	0,338±0,023	0,344±0,024	0,067±0,004	0,116±0,008
7		Taban	0,380±0,026	0,376±0,026	0,092±0,006	0,135±0,009
8		Sediment	335,027±23,451	286,128±20,028	454,977±31,848	785,763±55,003
9	Kızıldağlar	Yüzey	0,407±0,028	0,429±0,030	0,086±0,006	0,148±0,010
10		Orta	0,359±0,025	0,368±0,025	0,062±0,004	0,149±0,010
11		Taban	0,449±0,031	0,407±0,028	0,151±0,010	0,146±0,010
12		Sediment	201,386±14,097	254,349±17,804	591,178±41,382	1041,468±72,902
13	Körsülü	Yüzey	0,309±0,021	0,390±0,027	0,052±0,003	0,149±0,010
14		Orta	0,350±0,024	0,351±0,024	0,063±0,004	0,124±0,008
15		Taban	0,365±0,025	0,341±0,023	0,134±0,009	0,159±0,011
16		Sediment	368,037±25,762	516,705±36,169	377,651±26,435	977,615±68,433
17	Cüceli	Yüzey	0,427±0,029	0,559±0,039	0,146±0,010	0,385±0,026
18		Orta	0,425±0,029	0,213±0,014	0,131±0,009	0,151±0,010
19		Taban	0,474±0,033	0,708±0,049	0,194±0,013	0,502±0,035
20		Sediment	274,057±19,183	445,511±31,185	463,960±32,477	1200,515±84,036
21	Avşar	Yüzey	0,372±0,026	0,341±0,023	0,101±0,007	0,117±0,008
22		Orta	0,384±0,026	0,440±0,030	0,103±0,007	0,203±0,014
23		Taban	0,440±0,030	0,727±0,050	0,235±0,016	1,770±0,123
24		Sediment	391,932±27,435	391,932±27,435	774,243±54,197	1276,768±89,373

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

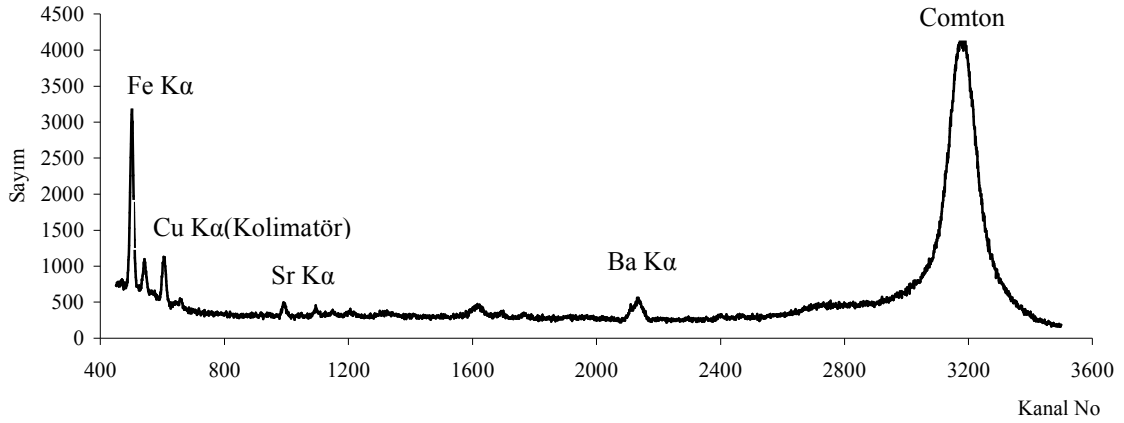
Yüksek enerji bölgesinde, ²⁴¹Am Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'nden alınan su ve sediment örneklerinde, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr ve Ba elementleri belirlenerek numune içerisindeki konsantrasyonları ppm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.19 dikkatle incelendiğinde, Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda alınan su örneklerinde, en fazla Cr 0,934±0,065 ppm ile Körsülü istasyonunun taban suyunda, Fe 16,940±1,185 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Ni 0,235±0,016 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Cu 0,090±0,006 ppm ile Körsülü istasyonunun taban suyunda, Zn 0,109±0,007 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Ga 0,148±0,010 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Sr 0,474±0,033 ppm ile Cüceli istasyonunun taban suyunda ve Ba 0,235±0,016 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda tespit edilmiştir.

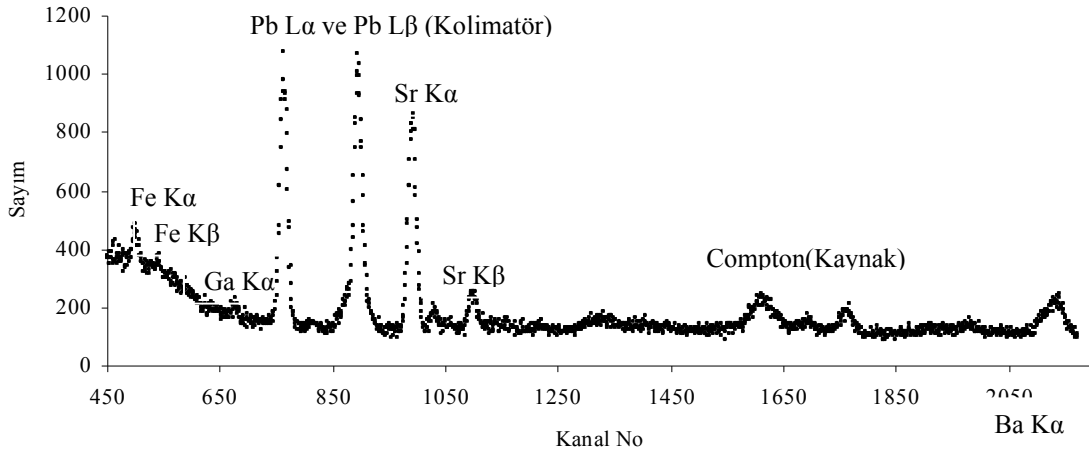
Sonbaharda ise en fazla Cr 2,152±0,150 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Fe 55,968±3,898 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Ni 0,403±0,028 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Cu 0,431±0,030 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Zn 0,386±0,027 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Ga 0,337±0,023 ppm ile Hasancıklı istasyonunun taban suyunda, Sr 0,727±0,050 ppm ile

Avşar istasyonunun taban suyunda ve Ba $1,770\pm 0,123$ ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda tespit edilmiştir.

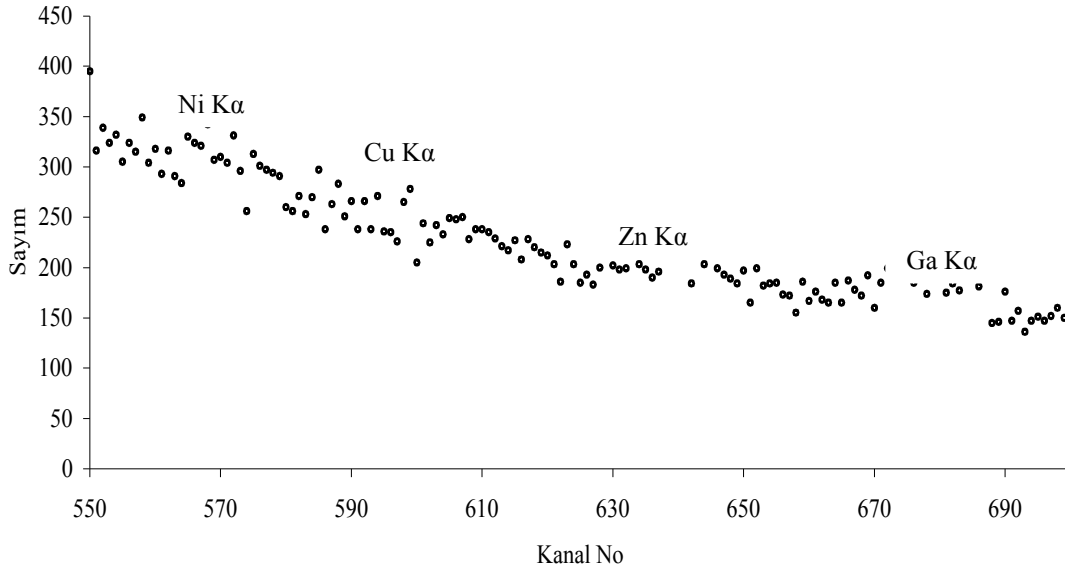
Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda alınan dip sediment örneklerinde, en fazla Cr $2425,0\pm 169,7$ ppm ile Cüceli istasyonunda, Fe $41122,8\pm 2878,6$ ppm ile Kavlaklı istasyonunda, Ni $223,54\pm 15,64$ ppm ile Avşar istasyonunda, Cu $178,50\pm 1,74$ ppm ile Kavlaklı istasyonunda, Zn $210,22\pm 14,71$ ppm ile Avşar istasyonunda, Ga $283,302\pm 19,831$ ppm ile Kavlaklı istasyonunda, Sr $391,932\pm 27,435$ ppm ile Avşar istasyonunda ve Ba $774,243\pm 54,197$ ppm ile Avşar istasyonunda tespit edilmiştir. Sonbaharda ise en fazla Cr $2945,6\pm 206,1$ ppm ile Hasancıklı istasyonunda, Fe $42114,4\pm 2948,0$ ppm ile Kavlaklı istasyonunda, Ni $431,12\pm 30,17$ ppm ile Cüceli istasyonunda, Cu $241,95\pm 16,93$ ppm ile Avşar istasyonunda, Zn $305,30\pm 21,30$ ppm ile Cüceli istasyonunda, Ga $324,42\pm 22,70$ ppm ile Hasancıklı istasyonunda, Sr $516,705\pm 36,169$ ppm ile Körsülü istasyonunda ve Ba $1276,768\pm 89,373$ ppm ile Avşar istasyonunda tespit edilmiştir.



Şekil 4.27. ^{241}Am Sonbahar Avşar istasyonu sediment numunesi spektrumu



Şekil 4.28. ^{241}Am Sonbahar Hasancıklı istasyonu yüzey su numunesi spektrumu



Şekil 4.29. ²⁴¹Am Sonbahar Cüceli istasyonu taban seviye su numunesi spektrumu

Çizelge 4.20. ⁵⁵Fe Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'nde yapılan su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Al (ppm)		P (ppm)		S (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	7,077±0,495	11,707±0,819	11,593±0,811	14,001±0,980	0,469±0,032	0,144±0,010
2		Orta	9,528±0,666	9,932±0,695	13,020±0,911	20,244±1,417	0,506±0,035	0,424±0,029
3		Taban	11,749±0,822	54,183±3,792	16,344±1,144	53,875±3,771	0,493±0,034	0,780±0,054
4		Sediment	46057,8±3224	46705,9±3269	48764,6±3413	32229,5±2256	2013,4±140,9	2206,8±154,4
5	Kavlaklı	Yüzey	6,209±0,434	6,549±0,458	12,548±0,878	13,215±0,925	0,257±0,017	0,372±0,026
6		Orta	7,565±0,529	9,199±0,643	14,750±1,032	10,929±0,765	0,069±0,004	0,212±0,014
7		Taban	11,658±0,816	8,188±0,573	15,536±1,087	13,019±0,911	0,277±0,019	0,207±0,014
8		Sediment	49055,4±3433	35890,2±2512	44673,6±3127	36275,9±2539	2516,7±176,1	12147,0±150,2
9	Kızıldamlar	Yüzey	8,143±0,570	7,210±0,504	13,399±0,937	14,008±0,980	0,361±0,025	0,270±0,018
10		Orta	10,661±0,746	8,672±0,607	14,712±1,029	11,483±0,803	0,294±0,020	0,365±0,025
11		Taban	16,730±1,171	10,793±0,755	21,672±1,517	14,124±0,988	0,642±0,044	0,401±0,028
12		Sediment	33338,2±2333	52012,5±3640	25966,6±1817	33092,4±2316	1282,5±89,7	1814,3±127,0
13	Körsülü	Yüzey	5,944±0,416	7,573±0,530	12,210±0,854	11,981±0,838	0,316±0,022	0,208±0,014
14		Orta	10,787±0,755	9,539±0,667	14,300±1,001	10,762±0,753	0,218±0,015	0,181±0,012
15		Taban	29,472±2,063	10,010±0,700	40,188±2,813	13,312±0,931	0,691±0,048	0,249±0,017
16		Sediment	48447,8±3391	56346,9±3944	63455,0±4441	38492,5±2694	1697,7±118,8	1714,8±120,0
17	Cüceli	Yüzey	13,275±0,929	13,052±0,913	17,945±1,256	19,364±1,355	0,547±0,038	0,420±0,029
18		Orta	14,205±0,994	19,070±1,334	18,241±1,276	22,398±1,567	0,398±0,027	0,895±0,062
19		Taban	21,381±1,496	26,241±1,836	22,876±1,601	30,783±2,154	0,456±0,031	0,453±0,031
20		Sediment	42452,6±2971	44559,0±3119	42025,6±2941	29105,5±2037	1982,1±138,7	824,7±57,7
21	Avşar	Yüzey	15,022±1,051	5,674±0,397	15,509±1,085	8,601±0,602	0,609±0,042	0,359±0,025
22		Orta	7,354±0,514	5,937±0,415	16,140±1,129	13,265±0,928	0,599±0,041	0,545±0,038
23		Taban	32,706±2,289	40,252±2,817	25,840±1,808	56,257±3,937	1,171±0,081	1,811±0,126
24		Sediment	46462,9±3252	36497,9±2554	32727,9±2290	37718,9±2640	1714,8±120,0	1424,76±99,7

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Cl (ppm)		Ca (ppm)		Ti (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	0,088±0,006	0,148±0,010	14,645±1,025	18,791±1,315	---	---
2		Orta	0,093±0,006	0,036±0,002	17,427±1,219	28,180±1,972	---	---
3		Taban	0,172±0,012	---	20,982±1,468	73,202±5,124	---	0,127±0,008
4		Sediment	375,64±26,29	224,74±15,73	52008,7±3640	41588,3±2911	1206,8±84,4	1468,9±102,8
5	Kavlaklı	Yüzey	0,112±0,007	0,066±0,004	15,813±1,106	16,364±1,145	---	---
6		Orta	0,069±0,004	0,114±0,007	16,569±1,159	14,995±1,049	---	---
7		Taban	0,164±0,011	0,150±0,010	19,215±1,345	15,594±1,091	---	---
8		Sediment	235,44±16,48	166,95±11,68	45574,3±3190	41909,5±2933	1271,5±89,0	1217,3±85,2
9	Kızıldaamlar	Yüzey	0,122±0,008	0,158±0,011	15,995±1,119	17,724±1,240	---	---
10		Orta	0,088±0,006	0,085±0,005	17,206±1,204	14,963±1,047	---	---
11		Taban	0,155±0,010	0,089±0,006	30,821±2,157	18,217±1,275	0,021±0,001	---
12		Sediment	160,53±11,23	395,981±27,71	31422,6±2199	35039,6±2452	1691,1±118,3	1551,8±108,6
13	Körsülü	Yüzey	0,073±0,005	0,103±0,007	15,858±1,110	15,709±1,099	---	---
14		Orta	0,054±0,003	0,075±0,005	17,877±1,251	14,446±1,011	---	---
15		Taban	0,205±0,014	0,136±0,009	46,635±3,264	17,533±1,227	0,021±0,001	---
16		Sediment	558,65±39,10	288,959±20,22	70401,8±4928	49592,7±3471	919,57±64,37	1055,03±73,8
17	Cüceli	Yüzey	0,150±0,010	0,124±0,008	20,142±1,409	27,038±1,892	---	---
18		Orta	0,214±0,014	0,189±0,013	21,759±1,523	34,011±2,380	---	---
19		Taban	0,284±0,019	0,091±0,006	29,639±2,074	41,029±2,872	0,023±0,001	0,094±0,006
20		Sediment	434,50±30,41	408,823±28,61	41077,9±2875	40423,8±2829	1087,81±76,1	1067,26±74,7
21	Avşar	Yüzey	0,200±0,014	0,131±0,009	21,340±1,493	12,847±0,899	---	---
22		Orta	0,107±0,007	0,092±0,006	21,006±1,470	17,349±1,214	---	---
23		Taban	0,199±0,013	0,756±0,052	38,394±2,687	80,180±5,612	0,075±0,005	0,246±0,017
24		Sediment	173,37±12,13	232,238±16,25	50055,5±3503	49537,5±3467	934,33±65,4	1067,26±74,7

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Düşük enerji bölgesinde, ⁵⁵Fe Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'nden alınan su ve sediment örneklerinde elemental analiz, Çizelge 4.20'de belirtildiği gibi Al, P, S, Cl, Ca ve Ti elementlerinin numune içerisindeki konsantrasyonları hesaplanmıştır.

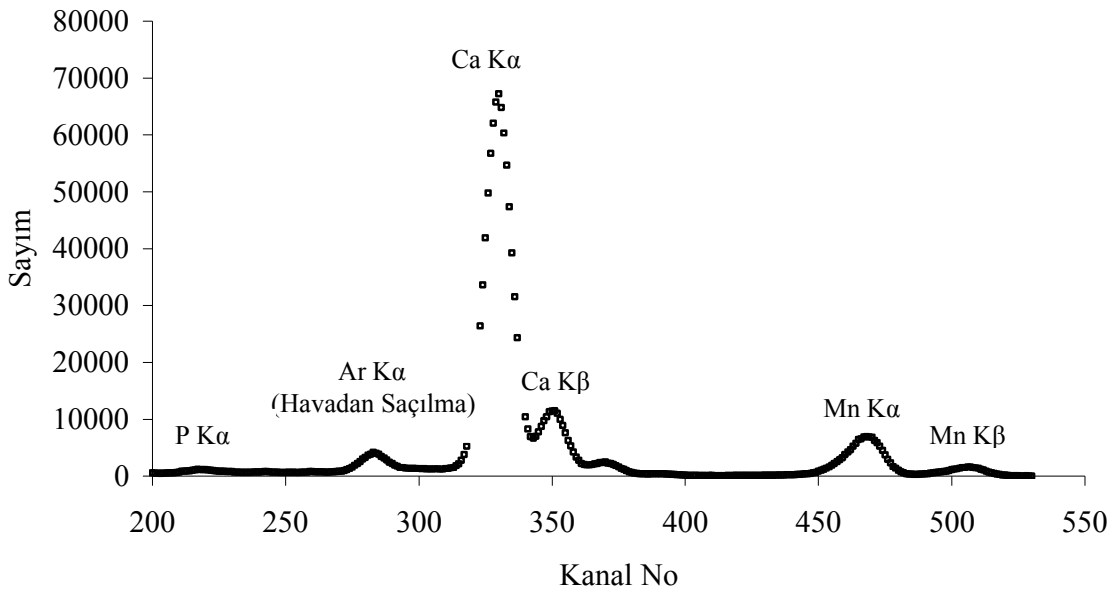
Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda alınan su örneklerinde, en fazla Al 32,706±2,289 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, P 40,188±2,813 ppm ile Körsülü istasyonunun taban suyunda, S 1,171±0,081 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Cl 0,284±0,019 ppm ile Cüceli istasyonunun taban suyunda, Ca 46,635±3,264 ppm ile Körsülü istasyonunun taban suyunda ve Ti 0,075±0,005 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda tespit edilmiştir. Sonbaharda ise en fazla Al 54,183±3,792 ppm ile Hasancıklı istasyonunun taban suyunda, P 56,257±3,937 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, S 1,811±0,126 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Cl 0,756±0,052 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda, Ca 80,180±5,612 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda ve Ti 0,246±0,017 ppm ile Avşar istasyonunun taban suyunda tespit edilmiştir.

Su numunelerinde derinliğe bağlı bir değerlendirme yapıldığında, her iki mevsimde de genellikle yüzeyden tabana doğru inildikçe tespit edilen elementlerin konsantrasyonları artmaktadır. Avşar istasyonunun taban suyunda, tespit edilen elementlerin

konsantrasyonlarının yüksek çıkması dikkat çekmektedir. Bunun sebebidе aşırı bir şekilde kirletilen Aksu nehrinin, ilk önce bu istasyondan gölete karışmasından kaynaklanmış olabilir.

Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda alınan dip sediment örneklerinde, en fazla Al 49055,4±3433 ppm ile Kavlaklı istasyonunda, P 63455,0±4441 ppm ile Körsülü istasyonunda, S 2516,7±176,1 ppm ile Kavlaklı istasyonunda, Cl 558,65±39,10 ppm ile Körsülü istasyonunda, Ca 70401,8±4928 ppm ile Körsülü istasyonunda ve Ti 1691,1±118,3 ppm ile Kızıldaamlar istasyonunda tespit edilmiştir. Sonbaharda ise en fazla Al 56346,9±3944 ppm ile Körsülü istasyonunda, P 38492,5±2694 ppm ile Körsülü istasyonunda, S 2206,8±154,4 ppm ile Hasancıklı istasyonunda, Cl 408,82±28,61 ppm ile Cüceli istasyonunda, Ca 49592,7±3471 ppm ile Körsülü istasyonunda ve Ti 1551,8±108,6 ppm ile Kızıldaamlar istasyonunda tespit edilmiştir.

Sediment örnekleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, genel olarak sonbaharda Al elementinin konsantrasyonu artarken P, S, Cl, Ca ve Ti elementlerinin konsantrasyonlarında bir azalma olmaktadır. İlkbaharda P, S, Cl ve Ca konsantrasyonlarının yüksek çıkmasının nedeni ilkbaharda yağın fazla yağış ile birlikte, gübreleme, yabancı ot öldürücüler, böcek ilaçları ve kimyasal atıkların gölete taşınmış olmasından kaynaklanabilir.



Şekil 4.30. ⁵⁵Fe İlkbahar Kızıldaamlar istasyonu, orta seviyedeki su numunesi spektrumu

Görüldüğü gibi Sır Baraj Göleti'nden sonbaharda alınan su örneklerinde tespit edilen Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr ve Ba elementlerinin konsantrasyonları ilkbahar mevsimine göre artmaktadır. Bunun nedeni sonbaharda fazla buharlaşmanın etkisiyle su seviyesinin büyük oranda azalmasından ve ağır metallerin tabana doğru çökmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Su numunelerinden tespit edilen bu elementlerin konsantrasyonları, derinliğe bağlı olarak değerlendirildiğinde ise suyun yüzeyinden tabana doğru gidildikçe artış sağladığı görülmektedir. Özellikle Avşar ve Cüceli istasyonlarından alınan su örneklerinde bu ağır metal konsantrasyonlarının yüksek oluşu dikkat çekmektedir. Bunun sebebinin ise tekstil, boya, kağıt fabrikaları ile birlikte demir-çelik ve krom sanayisinin atıklarının Aksu nehrinin etkisiyle göleti ilk olarak bu istasyonlardan kirletmeye başlamasından olabilir. Diğer taraftan Kavlaklı istasyonunda yüksek çıkmasının nedeni ise bu bölgede organize sanayinin bulunmasından kaynaklanabilir.

Sediment örneklerinde ise, mevsimsel olarak bir değerlendirme yapıldığında, yine sonbaharda ağır metal konsantrasyonlarının ilkbahar mevsimine göre yüksek olduğu görülmektedir. Sonbaharda bölgenin çok az yağmur alması ve buharlaşmanın fazla olması ile birlikte ağır metallerin tabana çökmesinden kaynaklanmış olabilir.

4.3.2. Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerde Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi

Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göletini mevsimsel olarak besleyen nehirlerin, su ve dip sediment örneklerinde, EDXRF tekniği ile ²⁴¹Am ve ⁵⁵Fe Radyoaktif kaynak ile yapılan analiz sonucunda belirlenen elementlerin konsantrasyonları Çizelge 4.21 ve 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. ²⁴¹Am Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerde su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Cr (ppm)		Fe (ppm)		Ni (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	Yüzey	0,409±0,028	0,369±0,025	0,331±0,023	4,904±0,343	---	0,106±0,007
2		Sediment	638,40±44,68	3139,3±219	28742,5±2011	38073,4±2665	125,61±8,79	211,62±14,81
3	Ceyhan	Yüzey	0,293±0,020	0,097±0,006	0,276±0,019	0,139±0,009	---	---
4		Sediment	2879,0±201,5	2222,0±155	33016,9±2311	38290,2±2680	71,11±4,97	---
5	Körsülü	Yüzey	0,154±0,010	0,119±0,008	0,246±0,017	0,216±0,015	---	---
6		Sediment	3074,2±215,1	3611,9±252	6166,0±1831	33777,2±2364	---	---

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Cu (ppm)		Zn (ppm)		Ga (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	YüzeY	---	0,115±0,008	0,030±0,002	0,047±0,003	0,049±0,003	0,069±0,004
2		Sediment	162,93±11,40	134,263±9,398	1289,518±	198,516±13,89	233,09±16,31	225,446±15,78
3	Ceyhan	YüzeY	---	---	0,021±0,001	---	0,028±0,001	0,034±0,002
4		Sediment	44,210±0,567*	57,040±0,935*	53,390±0,18*	61,360±0,177*	328,96±23,02	204,647±14,32
5	Körsülü	YüzeY	0,017±0,001	---	0,027±0,002	---	0,027±0,001	0,047±0,003
6		Sediment	119,900±0,44*	91,490±0,605*	84,320±0,47*	79,170±0,303*	251,02±17,57	242,181±16,95

* ICP-OES cihazı kullanılarak analiz edilmiştir.

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Sr (ppm)		Ba (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	YüzeY	0,536±0,037	0,621±0,043	0,227±0,015	0,378±0,026
2		Sediment	2858,565±200,099	399,445±27,961	4682,166±327,751	1159,021±81,131
3	Ceyhan	YüzeY	0,490±0,034	0,357±0,024	0,087±0,006	0,117±0,008
4		Sediment	319,999±22,399	353,749±24,762	397,861±27,850	560,520±39,236
5	Körsülü	YüzeY	0,335±0,023	0,517±0,036	0,040±0,002	0,114±0,007
6		Sediment	441,939±30,635	572,994±40,109	294,173±20,592	943,834±66,068

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Çizelge 4.21 incelendiğinde; sonbaharda ilkbahar mevsimine göre, nehir sularında genel olarak Cr, Fe, Zn ve Sr elementlerinin konsantrasyonlarında, bir azalma görülürken Ga ve Ba elementlerinin konsantrasyonlarında bir artış görülmüştür. Sediment örneklerinde ise Cr, Fe, Zn, Sr ve Ba elementlerinin konsantrasyonlarında genel olarak bir artış görülürken Ni, Cu ve Ga elementlerinin konsantrasyonlarında genel olarak azalma olduğu tespit edilmiştir.

Özellikle Aksu nehrinde ağır metal konsantrasyonlarının, yüksek çıkması dikkat çekmektedir. Çünkü daha önce de belirttiğimiz gibi Kahramanmaraş il merkezinin ve sanayisinin bütün atıkları aksu nehri ile gölete taşınmaktadır. Körsülü ve Ceyhan nehrinin sediment örneklerinde Cr ve Fe konsantrasyonunun bir miktar yüksek çıkmasının nedeni ise bölgenin jeolojik yapısından ve Afşin-Elbistan Termik Santrali'nden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.22. ⁵⁵Fe Radyoaktif kaynak ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerde su ve sediment örneklerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları

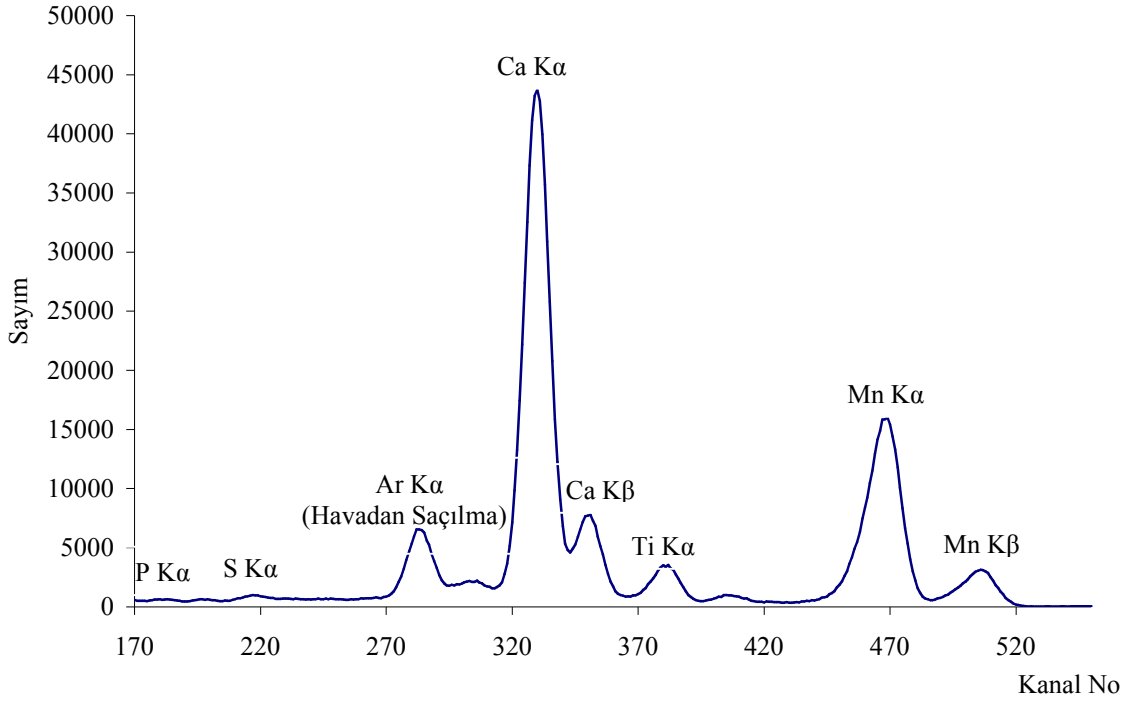
Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Al (ppm)		P (ppm)		S (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	YüzeY	18,193±1,273	12,428±0,869	22,657±1,585	26,292±1,840	0,548±0,038	0,603±0,042
2		Sediment	37794,1±2645	46584,4±3260	47046,4±3293	42925,6±3004	1569,7±109,8	2403,03±168,2
3	Ceyhan	YüzeY	9,852±0,689	7,149±0,500	12,402±0,868	13,973±0,978	0,045±0,003	0,298±0,020
4		Sediment	56427,9±3949	42331,1±2963	43937,2±3075	38395,8±2687	1171,65±82,01	1032,310±72,26
5	Körsülü	YüzeY	5,581±0,390	8,521±0,596	12,483±0,873	14,393±1,007	0,272±0,019	0,112±0,007
6		Sediment	30219,1±2115	40184,1±2812	44651,3±3125	49441,5±3460	1228,53±85,99	2112,965±147,90

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

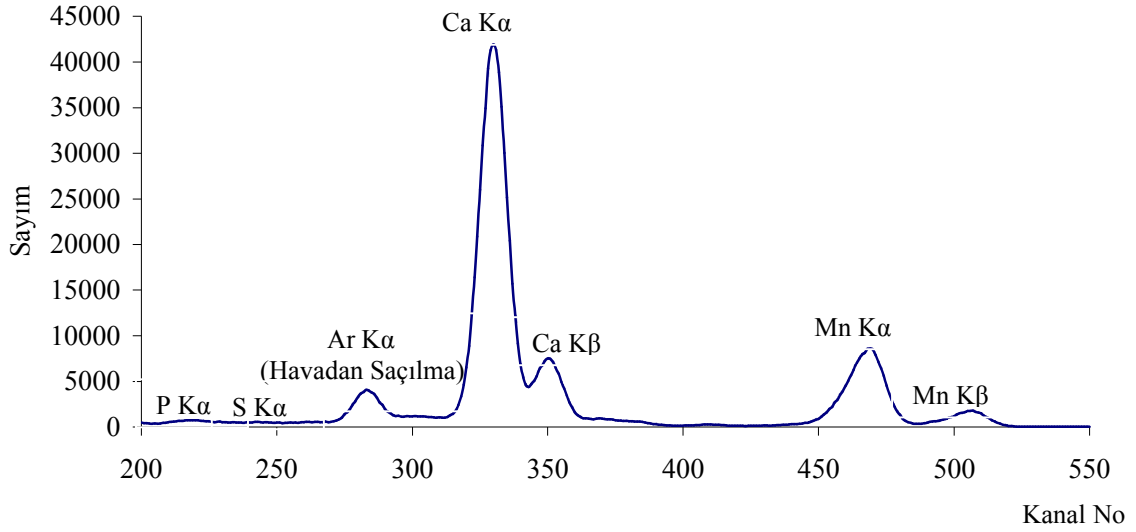
Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Cl (ppm)		Ca (ppm)		Ti (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	Yüzey	0,110±0,007	0,178±0,012	27,649±1,935	34,093±2,386	---	0,021±0,001
2		Sediment	110,233±7,716	578,989±40,529	54664,2±3826	48140,6±3369	1239,690±86,77	1079,847±75,58
3	Ceyhan	Yüzey	0,013±0,001	0,090±0,006	16,992±1,189	19,901±1,393	---	---
4		Sediment	420,596±29,441	383,138±26,819	53189,7±3723	53297,5±3730	1147,625±80,33	1235,953±86,51
5	Körsülü	Yüzey	0,088±0,006	0,099±0,006	17,740±1,241	19,332±1,353	---	---
6		Sediment	323,741±22,661	467,686±32,738	61030,3±4272	54774,4±3834	1082,114±75,74	1252,339±87,66

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Çizelge 4.22 incelendiğinde ise; sonbaharda ilkbahara göre, nehir sularında genel olarak Al, P, S, Cl ve Ca elementlerinin konsantrasyonlarında, bir artış görülürken Ti konsantrasyonu pek görülmemiştir. Sediment örneklerinde ise tespit edilen elementlerin konsantrasyonları bölgenin jeolojik yapısı ve çevrenin kimyasal kirlilik derecesine göre değişmekte olduğu söylenilebilir.



Şekil 4.31. ⁵⁵Fe İlkbahar Aksu nehri, sediment numunesi spektrumu



Şekil 4.32. ⁵⁵Fe İlkbahar Aksu nehri su numunesi spektrumu

4.3.3. ICP - OES Metodu ile Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'nden Alınan Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi

ICP – OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektrometresi) metodu ile analize başlanmadan önce, sediment örnekleri (1 gr toprak 2,5 ml HNO₃ ve 7 ml HCl) HNO₃ ve HCl ile Berghof MWS3 marka mikrodalga fırın içerisinde, teflon kapalı kaplarda yaklaşık 1 saat süre ile yüksek basınçta parçalanmış ve belli miktarda ultra saf su ile seyreltilmiştir. Su numuneleri de HNO₃ ile seyreltildikten sonra diğer bir teflon kaptaki ise numune içermeyen ancak sadece reaktifleri içeren standart hazırlanmıştır. Sayıma hazır hale getirilen numuneler ile birlikte standartları da kullanılarak Perkin Elmer Optimal 2100 DV marka, ppm hassaslığında ICP-OES cihazı elemental analiz yapılmıştır.

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nin toprak ve kayaç yapısına göre belirlenen istasyonlardan ve göleti besleyen nehirlerden, ilkbahar ve sonbahar toplanan su ve dip sediment örneklerinde, ICP-OES cihazı ile Co, As, Cd, Sn, Sb, Hg, Pb, Cr, Cu ve Zn elementlerine bakılarak, Çizelge 4.24'de miktarları verilmiştir. Ayrıca, ICP-OES cihazı için bakılan bu elementlerin miktar tayin sınırları Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. ICP – OES (Perkin Elmer Optimal 2100 DV) cihazında analiz edilen elementlerin miktar tayin sınırları

Co (ppm)	As (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sb (ppm)	Hg (ppm)	Pb (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
0,020	0,0025	0,040	0,050	0,0025	0,002	0,040	0,020	0,015	0,025

Çizelge 4.24. ICP – OES yöntemi ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti’nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı elementlerin konsantrasyonları

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Co (ppm)		As (ppm)		Cd (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
2		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
3		Taban	LOQ	0,038±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
4		Sediment	20,610±0,044	19,350±0,152	19,815±0,059	5,951±0,192	0,107±0,011	LOQ
5	Kavlaklı	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
6		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
7		Taban	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
8		Sediment	19,840±0,202	23,270±0,166	13,667±0,041	6,974±0,023	0,063±0,006	0,041±0,001
9	Kızıldamlar	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
10		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
11		Taban	0,014±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
12		Sediment	17,440±0,085	19,760±0,154	7,342±0,017	3,080±0,208	0,019±0,004	0,056±0,005
13	Körsülü	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
14		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
15		Taban	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
16		Sediment	16,410±0,090	19,640±0,050	13,657±0,114	4,895±0,120	0,095±0,012	0,157±0,021
17	Cüceli	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
18		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
19		Taban	LOQ	0,045±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
20		Sediment	21,980±0,084	22,250±0,095	7,425±0,032	4,169±0,007	0,055±0,012	2,838±0,049
21	Avşar	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
22		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
23		Taban	0,050±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
24		Sediment	20,300±0,074	20,970±0,085	24,049±0,102	6,573±0,285	6,073±0,084	5,215±0,035

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Sn (ppm)		Sb (ppm)		Hg (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
2		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
3		Taban	LOQ	0,071±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
4		Sediment	0,197±0,051	LOQ	0,679±0,001	0,340±0,002	0,025±0,000	0,015±0,000
5	Kavlaklı	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
6		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
7		Taban	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
8		Sediment	LOQ	LOQ	0,784±0,007	0,440±0,004	0,022±0,004	0,019±0,000
9	Kızıldamlar	Yüzey	LOQ	0,015±0,001	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
10		Orta	0,010±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
11		Taban	0,016±0,001	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
12		Sediment	LOQ	LOQ	0,652±0,005	0,059±0,002	0,060±0,004	1,776±0,016
13	Körsülü	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
14		Orta	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
15		Taban	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
16		Sediment	LOQ	LOQ	0,595±0,007	0,051±0,000	0,029±0,000	0,914±0,002
17	Cüceli	Yüzey	0,014±0,001	0,032±0,003	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
18		Orta	0,013±0,001	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
19		Taban	0,015±0,001	0,010±0,002	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
20		Sediment	3,238±0,637	0,863±0,074	0,960±0,003	0,198±0,002	0,030±0,000	0,848±0,010
21	Avşar	Yüzey	0,010±0,001	0,015±0,001	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
22		Orta	0,012±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
23		Taban	0,018±0,003	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
24		Sediment	LOQ	0,772±0,140	1,851±0,003	0,663±0,004	0,112±0,004	0,499±0,004

Örnek No	İstasyon	Su Derinliği	Pb (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar
1	Hasancıklı	Yüzey	LOQ	LOQ
2		Orta	LOQ	LOQ
3		Taban	LOQ	LOQ
4		Sediment	12,740±0,019	8,309±0,014
5	Kavlaklı	Yüzey	LOQ	LOQ
6		Orta	LOQ	LOQ
7		Taban	LOQ	LOQ
8		Sediment	12,940±0,358	10,520±0,120
9	Kızıldamlar	Yüzey	LOQ	LOQ
10		Orta	LOQ	LOQ
11		Taban	LOQ	LOQ
12		Sediment	12,560±0,127	12,320±0,054
13	Körsülü	Yüzey	LOQ	LOQ
14		Orta	LOQ	LOQ
15		Taban	LOQ	LOQ
16		Sediment	10,260±0,046	11,170±0,076
17	Cüceli	Yüzey	LOQ	LOQ
18		Orta	LOQ	LOQ
19		Taban	LOQ	0,060±0,001
20		Sediment	14,650±0,092	19,650±0,133
21	Avşar	Yüzey	LOQ	LOQ
22		Orta	LOQ	LOQ
23		Taban	0,016±0,000	LOQ
24		Sediment	13,820±0,097	15,780±0,062

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Çizelge 4.24 incelendiğinde; su örneklerinin neredeyse tamamında her iki mevsimde de Co, As, Cd, Sn, Sb, Hg ve Pb elementleri, ppm mertebesinde miktar tayin limitinin altında kalırken sediment örneklerinde ise miktar tayin limitinin üstünde görülmüştür. Ancak Cüceli ve Avşar istasyonlarının su örneklerinde düşük bir miktarda Sn tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinde tespit edilen elementler mevsimsel olarak değerlendirildiğinde Co elementinin konsantrasyonu bütün istasyonlarda sonbaharda bir miktar artarken As ve Sb elementlerinin konsantrasyonlarında ise bir miktar azalma görülmüştür. Cd, Sn, Hg ve Pb elementlerinin konsantrasyonları ise çevreden, nehirler ve yağışlar aracılığı ile gölete karışan sanayi ve kimyasal atıkların etkisiyle mevsimsel olarak değişmekte olduğu söylenilebilir.

4.3.4. ICP - OES Metodu ile Mevsimsel Olarak Sır Baraj Göleti'ni Besleyen Nehirlerde Su ve Sediment Örneklerinin Elemental Analizi

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerin su ve sediment örneklerinde, ICP-OES cihazı ile Co, As, Cd, Sn, Sb, Hg, Pb, Cr, Cu ve Zn elementlerine bakılarak, Çizelge 4.25'de miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.25. ICP – OES yöntemi ile mevsimsel olarak Sır Baraj Göleti'ni besleyen nehirlerin su ve sediment örneklerinde bazı elementlerin miktarları

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Co (ppm)		As (ppm)		Cd (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
2		Sediment	19,260±0,070	19,440±0,084	16,355±0,260	4,566±0,045	0,692±0,015	3,479±0,017
3	Ceyhan	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
4		Sediment	16,090±0,081	15,970±0,030	7,970±0,099	3,089±0,031	0,056±0,011	0,043±0,004
5	Körsülü	Yüzey	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
6		Sediment	14,050±0,020	15,630±0,056	8,396±0,096	2,225±0,084	0,051±0,004	0,044±0,007

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Sn (ppm)		Sb (ppm)		Hg (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	Yüzey	0,016±0,000	0,029±0,002	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
2		Sediment	3,302±0,247	3,546±0,052	2,731±0,006	0,741±0,005	0,196±0,009	1,167±0,016
3	Ceyhan	Yüzey	LOQ	0,013±0,002	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
4		Sediment	LOQ	LOQ	0,346±0,004	0,046±0,001	0,008±0,000	0,793±0,044
5	Körsülü	Yüzey	LOQ	0,011±0,000	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ
6		Sediment	LOQ	LOQ	0,501±0,006	0,043±0,000	0,012±0,000	0,571±0,008

Örnek No	Örnek Alınan Nehir	Su Derinliği	Pb (ppm)	
			İlkbahar	Sonbahar
1	Aksu	Yüzey	LOQ	LOQ
2		Sediment	45,230±0,313	20,720±0,116
3	Ceyhan	Yüzey	LOQ	LOQ
4		Sediment	7,784±0,042	8,920±0,090
5	Körsülü	Yüzey	LOQ	LOQ
6		Sediment	14,340±0,118	14,110±0,058

ppm sıvılar için mg/L ve katılar için mg/kg olarak alınmıştır.

Çizelge 4.25 mevsimsel olarak değerlendirildiğinde; nehir sularında Co, As, Cd, Sn, Sb, Hg ve Pb elementleri ppm mertebesinde, miktar tayin limitlerinin altında kalırken sediment örneklerinde genellikle miktar tayin limitinin üstünde görülmüştür. As ve Sb elementlerinin konsantrasyonu, sonbaharda ilkbahara göre bir miktar azalırken Co, Cd, Sn, Hg ve Pb elementlerinin konsantrasyonları mevsimsel olarak, çevrenin etkisine bağlı olarak değişmektedir. Aksu nehrinin sediment örneğinde, Co, As, Cd, Sn, Sb, Hg ve Pb konsantrasyonlarının diğer nehirlerle göre yüksek çıkmıştır. Çünkü çelik, krom ve

aliminyum sanayisi ile birlikte diğer birçok fabrikanın kimyasal atıkları bu nehre boşalmaktadır. Ayrıca şehrin öplüğü ile birlikte kanalizasyonu da aksu nehrine karışmaktadır.

Su örneklerinde Co, As, Cd, Sn, Sb, Hg ve Pb konsantrasyonu, WHO'nun belirlemiş olduğu sınır değerlerin altında iken sediment örneklerinde ise yüksek çıkmıştır.

Özellikle cam, boya, kağıt ve tekstil sanayisinde kullanılan arseniğin, nehirler vasıtasıyla taşınarak göletin arsenik miktarını artırdığı düşünölmektedir.

Yine insan sağlığına zararlı olduğu bilinen kadmiyum ve kurşun elementi demir, elik, pirinç ve alüminyum sanayisi ve özellikle boya endüstrisinde kullanılmaktadır. Fabrikaların atık suları ile birlikte aksu nehrine karışan kadmiyum ve kurşun taşınma ile birlikte baraj göletinde birikmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti ve göleti besleyen nehir suları ve dip sediment örneklerinde, mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri ile doğal radyoçekirdek (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr) konsantrasyonları ölçülmüştür. Bunun dışında aynı örneklerde EDXRF tekniği ve ICP-OES cihazı ile elemental analiz yapılmıştır.

Çalışma alanı olarak Sır Baraj Göleti'nin seçilme sebebi ise, bölgenin jeolojik yapısının yanında özellikle göleti besleyen kollardan biri olan Aksu nehri ile baraj gölünün hızlı bir şekilde, fabrikaların kimyasal atıkları, şehir merkezinin çöplüğü ve şehir merkezinin kanalizasyonu tarafından kirletilmesinden kaynaklanmaktadır.

5.1. Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti Sularının Radyoaktivite Seviyeleri

Suyun radyolojik açıdan incelenmesi ve doğal radyasyon seviyelerinin belirlenmesi insan sağlığını doğrudan ilgilendirdiği için önemlidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2004)'nün tavsiye ettiği ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE, 2003) tarafından mücade edilen içme suları için maksimum radyoaktivite sınırları, toplam alfa aktivitesi için 0,5 Bq/L ve toplam beta aktivitesi için 1 Bq/L'dir.

Çalışma bölgemiz olan Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak, göletin toprak ve kayaç yapısına göre belirlenen istasyonlardan farklı derinliklerden alınan su örneklerinde toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri Çizelge 4.4 ile Şekil 4.4 de birlikte verilmiştir. Dikkatli bir şekilde incelendiğinde; ilkbaharda, en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,007\pm 0,005$ Bq/L olarak Körsülü istasyonunun yüzey suyunda tespit edilirken en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi ise $0,083\pm 0,009$ Bq/L ile Cüceli istasyonunun tabanından alınan su örneğinde ölçülmüştür. Toplam beta radyoaktivite seviyesi ise en düşük $0,028\pm 0,006$ Bq/L olarak Cüceli istasyonunun yüzey suyunda tespit edilirken, en yüksek $0,202\pm 0,010$ Bq/L ile göleti besleyen Körsülü nehrinden alınan su örneğinde ölçülmüştür.

Sonbaharda ise farklı derinliklerden alınan su örneklerinde en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,010\pm 0,006$ Bq/L olarak Kızılseki istasyonunun taban suyunda tespit edilirken en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi ise $0,171\pm 0,038$ Bq/L ile Cüceli istasyonunun tabanından alınan su örneğinde ölçülmüştür. Toplam beta radyoaktivite seviyesi ise en düşük $0,019\pm 0,001$ Bq/L olarak Cüceli istasyonunun taban

suyunda tespit edilirken, en yüksek $0,137\pm 0,009$ Bq/L ile Kızıldamlar istasyonunun yüzey suyundan alınan su örneğinde ölçülmüştür.

İlkbaharda toplam alfa radyoaktivite seviyesi ortalama $0,025\pm 0,006$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite seviyesi ise ortalama olarak $0,135\pm 0,008$ Bq/L olarak hesaplanmıştır. Sonbaharda toplam alfa radyoaktivite seviyesi ise ortalama $0,047\pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite seviyesi ortalama olarak $0,094\pm 0,007$ Bq/L olarak hesaplanmıştır. Bu değerler WHO (2004) tavsiye ettiği ve TSE (2003)'ün müsaade ettiği hiçbir toplam alfa ve beta radyoaktivite değerlerini geçmediği görülmüştür. Ancak sonbaharda toplam alfa radyoaktivite seviyesinde artış olurken toplam beta radyoaktivite seviyelerinde bir azalma olmaktadır.

Kuzey Amanos Fayları'nı oluşturan düşey atımlı gravite faylarından, Ceyhan Fayı, çalışma bölgemiz olan Sır Baraj Göleti'nin altında kalmaktadır. Ayrıca Döngüle Kaplıcaları'nda göletin altında kalmış olup, özellikle bölgeye yakın olan Kızıldamlar ve Körsülü istasyonunda, derinliğe bağlı olarak da toplam beta değerleri yüksek çıkmıştır. Sır Baraj Göleti'ne genel olarak bakıldığında ise toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri yüzey suyundan dibe doğru inildikçe azalmakta olduğu görülmüştür.

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak, göletin toprak ve kayaç yapısına göre belirlenmiş olan istasyonlardan farklı derinliklerden alınan su örneklerinde, doğal radyoçekirdek olan ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarını Çizelge 4.11 ile Şekil 4.15 birlikte verilmiştir.

İlkbaharda en düşük ^{238}U konsantrasyonunun, $0,207\pm 0,162$ Bq/L ile $3,830\pm 0,164$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, $0,094\pm 0,077$ Bq/L ile $2,267\pm 0,077$ Bq/L arasında, ^{40}K konsantrasyonunun, $2,997\pm 1,398$ Bq/L ile $26,973\pm 1,483$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun ise $0,057\pm 0,033$ Bq/L ile $0,656\pm 0,034$ Bq/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonbaharda ise ^{238}U konsantrasyonunun, $0,207\pm 0,167$ Bq/L ile $1,138\pm 0,164$ Bq/L arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, $0,141\pm 0,078$ Bq/L ile $1,889\pm 0,077$ Bq/L arasında, ^{40}K konsantrasyonunun, $6,993\pm 1,430$ Bq/L ile $21,978\pm 1,470$ Bq/L arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun ise $0,057\pm 0,033$ Bq/L ile $0,849\pm 0,033$ Bq/L arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Gölet'den ilkbaharda alınan su örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının ortalama hesaplamaları yapıldığında ise, ^{238}U 'ün $1,399\pm 0,167$ Bq/L, ^{232}Th 'nin $0,833\pm 0,076$ Bq/L, ^{40}K 'ın $11,512\pm 1,459$ Bq/L ve ^{90}Sr 'in ise $0,372\pm 0,033$ Bq/L

olarak hesaplanırken Sonbaharda ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının ortalama hesaplamaları yapıldığında ise, ^{238}U 'in $0,462\pm 0,168$ Bq/L, ^{232}Th 'nin $0,650\pm 0,078$ Bq/L, ^{40}K 'in $13,024\pm 1,488$ Bq/L ve ^{90}Sr 'in ise $0,339\pm 0,033$ Bq/L olarak hesaplanmıştır.

Mevsimsel olarak karşılaştırma yapıldığında, sonbaharda ^{238}U , ^{232}Th ve ^{90}Sr konsantrasyonlarında bir düşme görülürken ^{40}K konsantrasyonunda bir artış görülmüştür. Bunun nedeni de sonbaharda yağışların az olması ve buharlaşmanın fazla olmasından dolayı ^{238}U , ^{232}Th ve ^{90}Sr konsantrasyonları'nda bir azalma gerçekleşmiş olabilir. Bazı istasyonlarda ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr konsantrasyonlarının birbirlerine çok yakın değerde olmasının sebebi ise gölde, seçilen istasyonların aynı jeolojik yapıda olduğu söylenilebilir.

5.2. Kahramanmaraş Sır Baraj Göleti Dip Sediment Örneklerinde Radyoaktivite Seviyeleri

Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlardan mevsimsel olarak dip sediment örnekleri alınarak, toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri ile birlikte, içerdikleri doğal radyoçekirdek (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{90}Sr) konsantrasyonları belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 ile Şekil 4.8 birlikte incelendiğinde; Kahramanmaraş ili Sır Baraj Göleti'nden, ilkbaharda alınan dip sediment örneklerinde toplam alfa değeri, en düşük oranda Hasancıklı istasyonunda $34,800\pm 29,500$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Avşar istasyonunda $229\pm 32,200$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Toplam beta değeri ise, en düşük oranda Hasancıklı istasyonunda $144,100\pm 26,600$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Avşar istasyonunda $419,300\pm 33,500$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Sonbaharda ise, toplam alfa değeri, en düşük oranda Karadere istasyonunda $107,500\pm 29,600$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Kızıldağlar istasyonunda $268,900\pm 31,700$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Toplam beta değeri ise, en düşük oranda Hasancıklı istasyonunda $252,900\pm 31,200$ Bq/kg ile belirlenirken, en yüksek oranda Kızıldağlar istasyonunda $512,300\pm 25,800$ Bq/kg olarak tespit edilmiştir.

Sır Baraj Göleti'nden ilkbaharda belirlenen istasyonların tabanlarından alınan dip sediment örneklerinde, toplam alfa radyoaktivitesi ortalama olarak $102,583\pm 31,000$ Bq/kg olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $280,8\pm 29,900$ Bq/kg olarak bulunmuştur. Sonbaharda ise toplam alfa radyoaktivitesi ortalama olarak $138,600\pm 31,800$ Bq/kg olarak hesaplanırken toplam beta radyoaktivite değeri ise ortalama $377,800\pm 30,300$ Bq/kg olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi hiçbir değer WHO (2004)'ün belirlediği dünya standart değerlerini geçmemiştir.

Toplam alfa ve beta radyoaktivite değerleri mevsimsel olarak bir değerlendirilmesi yapıldığında sonbaharda alınan dip sediment örneklerinin ilkbahar mevsimine göre çok yükseldiği görölmektedir. Sonbaharda yağışların asgari düzeyde olması ile birlikte kuraklık da azami bir seviyede olduğundan sediment örneklerinde genel olarak toplam alfa ve beta radyoaktivite değerleri yüksek bulunmuştur. Göletin geniş bir kısmı aynı jeolojik yapıya sahip olduğundan toplam alfa ve beta radyoaktivite değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır.

Mevsimsel olarak göletten alınan dip sediment örnekleri için Çizelge 4.13 ile birlikte Şekil 4.19 incelendiğinde; ilkbaharda ^{238}U konsantrasyonunun, $0,452\pm 0,378$ Bq/kg ile $3,140\pm 0,371$ Bq/kg arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, $0,723\pm 0,166$ Bq/kg ile $3,675\pm 0,279$ Bq/kg arasında, ^{40}K konsantrasyonunun, $4,385\pm 3,148$ Bq/kg ile $109,375\pm 5,427$ Bq/kg arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun ise, $0,126\pm 0,075$ Bq/kg ile $2,177\pm 0,134$ Bq/kg arasında değiştirdiği tespit edilmiştir. Sonbaharda ise, ^{238}U konsantrasyonunun, $1,086\pm 0,586$ Bq/kg ile $3,293\pm 0,528$ Bq/kg arasında, ^{232}Th konsantrasyonunun, $0,551\pm 0,242$ Bq/kg ile $5,291\pm 0,275$ Bq/kg arasında, ^{40}K konsantrasyonunun, $25,477\pm 4,728$ Bq/kg ile $117,187\pm 5,698$ Bq/kg arasında ve ^{90}Sr konsantrasyonunun, $0,135\pm 0,117$ Bq/kg ile $2,477\pm 0,129$ Bq/kg arasında değiştirdiği gözlenmiştir.

Ortalama hesaplamaları yapıldığında ise, İlkbaharda ^{238}U 'in konsantrasyonu $2,090\pm 0,490$ Bq/kg, ^{232}Th 'nin $1,856\pm 0,223$ Bq/kg, ^{40}K 'in $41,894\pm 4,261$ Bq/kg ve ^{90}Sr 'nin $0,805\pm 0,100$ Bq/kg olarak hesaplanırken sonbaharda ise ortalama olarak ^{238}U konsantrasyonu $1,844\pm 0,5867$ Bq/kg, ^{232}Th 'nin $3,459\pm 0,273$ Bq/kg, ^{40}K 'in $48,401\pm 5,087$ Bq/kg ve ^{90}Sr 'nin $1,046\pm 0,117$ Bq/kg olarak hesaplanmıştır.

Bölgenin hakim olan litolojisi konglomera olan birim, tabanda sarımsı yeşil renkli kiltası ve silttası seviyesi ile başlar. Üste doğru kırmızı renkli çamurtaşı, silttası, kumtaşı ve olgun polijenik elemanlı konglomera-kumtaşı ardalanması ile devam etmektedir. Daha yukarıya çıkıldıkça bazaltlar oluşmaktadır (Korkmaz, 2001). Göletin Aksu, Cüceli ve Avşar istasyonlarında kısmen, diğer istasyonlarda genelde kiltası, silttası, çamurtaşı, kumtaşı ve bazaltlardan oluştuğundan göletin doğal radyoaktivitesine bir katkı yaptığı düşünülebilir. Özellikle kumtaşının içerisinde Uranyum grubunun yoğunlaşma eğiliminde olduğu bilinmektedir (Cowart ve Burnett, 1994).

İlerde bu bölge üzerinde yapılacak olan çalışmalarda, insan, bitki ve hayvan sağlığı için hayati önem taşıyan radyoaktivite çalışmalarının derinleştirilerek insan ve

hayvanlardan alınacak doku ve kan örnekleri ile maruz kaldıkları radyasyon dozları belirlenmelidir. Bölgede süreklilik arz eden bir radyoaktivite taranması yapılmasında, bölgesel olarak daha detaylı incelemeler yapılmasında ve radyasyonun oluşturabileceği tehlikelere karşı tedbirler geliştirilmesinin yararlı olacağına inanıyoruz. Ayrıca fabrikaların arıtma tesislerini kurarak çalıştırması ve şehrin çöplüğünün uygun bir yere taşınması ile birlikte baraj göletinin radyoaktivite seviyesinin düşeceğini düşünmekteyiz.

Çünkü radyasyon daima doğada var olan ve birlikte yaşadığımız bir olgudur. Önemli olan doğal yollarla alınan radyasyon dozlarını en aza indirmektir. Böylece bu çalışmanın sonuçları, gelecekte bu bölgede yapılacak çalışmalar için referans olarak da kullanılabilir.

5.3. EDXRF Tekniği Kullanılarak Yapılan Elemental Analizin Değerlendirilmesi

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlardan ve göleti besleyen nehirlerden alınan su ve sediment örneklerinde, yüksek enerji bölgesinde ²⁴¹Am radyoaktif kaynak kullanılarak Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr ve Ba elementlerinin numune içerisindeki miktarları ppm olarak hesaplanmıştır. Düşük enerji bölgesinde ise ⁵⁵Fe radyoaktif kaynak kullanılarak Al, P, S, Cl, Ca ve Ti elementleri tespit edilerek numune içerisindeki miktarları yine ppm cinsinden hesaplanmıştır. Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Al ve Ti elementleri, numunelerin genellikle sedimentlerinde, yüksek oranda bulunmaktadır. Çünkü metaller'in yoğunluğu, sudan büyük olduğundan dolayı tabana çökmektedir. Sedimentler metalleri tuzakladıklarından dolayı sediment örneklerinin metal derişimleri sulardakinden daha yüksek çıkmıştır.

Ayrıca, çalışma bölgesinden alınan su ve sediment örneklerinde belirlenen Ga, Ba, Ca, Cl, P ve S elementlerinin de mevsimsel olarak numune içerisindeki konsantrasyonlarında farklılıklar görülmüştür.

5.4. ICP - OES Yöntemi Kullanılarak Yapılan Elemental Analizin Değerlendirilmesi

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nde belirlenen istasyonlardan ve göleti besleyen nehirlerden alınan su ve sediment örneklerinde, ppm mertebesinde olan Sn, As, Zn, Sb, Co, Cd, Pb, Hg, Cr ve Cu ağır metallerine de ICP cihazında proje kapsamında bakılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Yine bu elementlerde su örneğinden çok sediment örneklerinde daha yüksek konsantrasyonda buldukları tespit edilmiştir. Çünkü

sedimentler metalleri tuzakladıklarından dolayı sediment örneklerinin metal derişimleri sulardakinden daha yüksek çıkmıştır.

5.5. Elemental Analiz Sonuçlarının Genel Olarak Değerlendirilmesi

Çizelge 5.1. İçme sularında WHO'nün tavsiye ettiği sınır değerler (WHO, 1993)

Element	Sembolü	WHO'nün Tavsiye Ettiği Referans Değerler (ppm)
Aliminyum	Al	0,200
Antimon	Sb	0,005
Arsenik	As	0,010
Baryum	Ba	0,300
Kadmiyum	Cd	0,003
Klor	Cl	250
Krom	Cr	0,050
Bakır	Cu	2
Flor	F	1,500
Demir	Fe	50
Kurşun	Pb	0,010
Mangan	Mn	0,500
Civa	Hg	0,001
Molinden	Mo	0,070
Nikel	Ni	0,020
Selenyum	Se	0,010
Sodyum	Na	200
Çinko	Zn	3

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti ve göleti besleyen nehirlerden alınan su ve sediment örneklerinin mevsimsel olarak ortalaması alındığında Çizelge 5.2'deki sonuçlar elde edilmiştir. WHO'nun belirlemiş olduğu referans değerleri ise Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Sır Baraj Göleti'nden alınan su ve sediment örneklerinin, ortalama konsantrasyonları

Elementler	Ortalama Su Örneği		Ortalama Sediment Örneği	
	İlkbahar (ppm)	Sonbahar (ppm)	İlkbahar (ppm)	Sonbahar (ppm)
Al	13,004±0,910	13,899±0,972	43361,800±3035,326	44568,050±3119,763
P	17,350±1,214	19,346±1,354	43694,280±3058,599	37519,770±2626,383
S	0,439±0,030	0,443±0,031	1686,391±118,047	1742,319±121,962
Cl	0,131±0,009	0,145±0,010	310,304±21,721	349,724±24,480
Ca	22,081±1,545	26,261±1,838	51047,280±3573,309	46033,810±3222,366
Ti	0,035±0,002	0,122±0,008	1175,638±82,294	1221,752±85,522
Cr	0,317±0,022	0,376±0,026	1740,462±121,832	2227,703±155,939
Fe	1,896±0,132	5,882±0,411	33815,043±2367,053	39008,200±2730,574
Co	0,032±0,001	0,041±0,002	18,442±0,047	19,586±0,059
Ni	0,095±0,006	0,253±0,017	130,978±9,168	264,638±18,524
Cu	0,034±0,002	0,174±0,012	124,088±8,686	110,705±7,749
Zn	0,033±0,002	0,102±0,007	250,090±17,506	140,832±9,85
Ga	0,052±0,003	0,072±0,005	237,107±16,597	235,753±16,502
As	LOQ	LOQ	13,186±0,015	4,613±0,010
Sr	0,391±0,027	0,441±0,030	618,171±43,271	403,100±28,217
Cd	LOQ	0,015±0,001	0,801±0,017	1,484±0,081
Sn	0,013±0,001	0,024±0,001	2,245±0,021	1,727±0,018
Sb	LOQ	LOQ	1,011±0,009	0,286±0,007
Ba	0,106±0,007	0,285±0,019	936,164±65,531	947,196±66,303
Hg	LOQ	LOQ	0,054±0,003	0,733±0,057
Pb	0,016±0,001	0,060±0,003	16,036±0,097	13,499±0,121

Çok zararlı olduğu bilinen ve ağır metallere olan Civa özellikle kimya sanayisinde kullanılmaktadır. Nehirler aracılığı ile baraj göletinde biriken civa miktarı su örneklerinde deteksiyon limitinin altında iken sediment örneklerinde yüksek çıkmıştır. Aksu nehri, Kızıldağlar ve Körsülü istasyonlarının sediment örneklerinde civa miktarı çok daha fazla çıkmıştır. Bunun nedeni Kızıldağlar ve Körsülü bölgesinde balık çiftliğinin olmasından ve kullanılan yemlerden kaynaklanmış olabilir. Fazla miktarda civa kullanımı balıklarda, metil civa olarak birikerek balığa hiçbir zarar vermezken, insanlar da balık tüketerek vücutta civa miktarını arttırmaktadır. Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde ise sonbaharda civa miktarının daha fazla çıktığı görülmektedir.

Krom ve Bakır elementleri kimya, boya, çelik, aliminyum ve kağıt endüstrisinde yaygın olarak kullanıldığından yine nehirler aracılığı ile baraj göletine taşınmaktadır. İnsanlara iz element olarak gerekli olsa da fazlası toksik etki yaptığından zararlıdır. Sularda genellikle deteksiyon limitinin altında olduğu tespit edilirken sediment örneklerinde yüksek çıkmıştır. Mevsimsel olarak bir değerlendirilmesi yapıldığında ise krom ve bakır miktarı fabrikaların kullanımına bağlı olarak değişmektedir.

Neredeyse ağır metallerin tamamı, tabana çöktüğünden ve sularda çözünmediğinden dolayı, istasyonların sediment örneklerinde fazla miktarlarda görülmektedir. Özellikle Aksu nehrine yoğun olarak karışan fabrika atıklarından dolayı baraj göleti hızla kirletilmektedir. Buna bağlı olarak bu baraj göletinde, yaşayan balıklarda azalmalar görülmektedir. Aynı şekilde gölet suyu ile sulanan tarlalarda yetişen sebze ve meyve verimlerinde hızlı bir düşüş görülmektedir.

Kahramanmaraş ili, Sır Baraj Göleti'nden mevsimsel olarak alınan su örneklerinde belirlenen elementlerin ortalama konsantrasyonları değerlendirildiğinde; belirlenen elementlerin neredeyse tamamında sonbaharda, ilkbahar mevsimine göre yüksek çıkmıştır. As ve Hg deteksiyon limitinin altında kalırken sadece Pb elementinin konsantrasyonunda sonbaharda bir azalma görülmüştür.

Sediment örneklerinde ise; Al, S, Cl, Ti, Fe, Co, Ni, Cd, Ba ve Hg konsantrasyonları sonbaharda artarken, P, Ca, Cr, Cu, Zn, Ga, As, Sr, Sn, Sb ve Pb konsantrasyonları da sonbaharda azalmıştır.

Aşırı gübreleme, herbisitler (ot öldürücüler), tarım ve yerleşim alanlarından gelen böcek ilaçları, petrol, makine yağı, sanayi ve fabrika atıkları, yerleşim yerlerinin kanalizasyon ve çöp atıkları, yerleşim yerlerinden ve enerji üretiminden oluşan toksik kimyasallar, atmosferdeki depolanma ve hidro değişiklikler, noktasal olmayan kirlilik kaynaklarından olup ağır metallerin artışına sebep olan kirliliklerdendir. Ayrıca erozyon, sulardaki metal derişimlerini etkileyen önemli etkenlerdendir.

Sır Baraj Göleti'nden alınan su örneklerinde yapılan analiz sonuçlarının, göller üzerinde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılması çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Bazı göl sularında yapılan analiz sonuçlarının çalışmamızla karşılaştırılması (ortalama değerler Külahcı, 2005)

Göller	Ca(ppm)	Fe (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn(ppm)
Bu çalışma	24,171	3,889	0,174	0,104	0,067
Keban Baraj Gölü (Uluova)	24	---	---	---	1,280
Keban Baraj Gölü	42	---	---	---	---
Keban Baraj Gölü	50	---	---	---	0,700
Atatürk Baraj Gölü (Bozyazı)	--	---	---	---	0,064
Atatürk Baraj Gölü (Adıyaman)	--	---	---	---	0,197
Lerma Nehri (Meksika)	2601,800	4406,660	4,680	12,780	51,650
TSE – 266	200	0,200	---	3	5
WHO	---	---	0,020	---	---
EC	---	0,200	---	2	---
EPA	---	0,300	---	1,300	5

Su örnekleri üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları; WHO, TSE-266, EC ve EPA değerleri ile karşılaştırıldığında Fe elementinin derişiminin bir miktar yüksek olduğu görülmüştür.

Dip Sediment örnekleri ile ilgili literatür çalışmalarının bir takım sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Cr, Fe, Ni ve Cu elementlerinin konsantrasyonlarının, literatür sonuçlarına göre bir miktar yüksek çıktığı görülmüştür. Bunun sebebinin de kentin çöplüğünün, organize sanayi atıklarının, tekstil, cam, çimento, kağıt, ve hazır beton üreten fabrikaların atıkları ile sanayide demir, çelik, alüminyum ve krom gibi üretim yapan büyük ve küçük ölçekli işletmelerin atıklarının Aksu nehrini etkisiyle baraj göletine dökülmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5.4. Bazı göllerdeki dip sediment örneklerinde yapılan analiz sonuçlarının çalışmamızla karşılaştırılması (ortalama değerler Külahcı, 2005)

Göller	Cr (ppm)	Fe (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Ca (ppm)
Bu çalışma	1984,082	34638,225	19,014	197,808	117,396	195,461	48540,540
Keban Baraj Gölü (Uluova)	198,450	16500	50	198	32,700	1473	60112
Kali Nadi Nehri	7,300	---	---	---	0,200	90,400	---
Victoria (Uganda)	67	---	---	---	41	86	---
Victoria (Kenya)	---	---	---	---	39,800	138,800	---
Victoria(Tanzanya)	---	---	---	11	21,600	29,600	---
Atatürk Baraj Gölü (Bozyazı)	---	12587	---	43,690	14,570	60,790	---
Atatürk Baraj Gölü (Adıyaman)	---	19265	---	139,690	22,700	59,140	---
Karadeniz	25,590	9554,120	3,690	12,960	80	58,970	---
Türkiye	70	35400	---	44	30	60	28700
Türkiye	100	---	20	30	50	150	---
Macaristan	---	---	---	25	---	100	---

Radyoaktivite açısından Sır Baraj Gölet suyunun, Aksu, Cüceli, Avşar, Kavlaklı ve Hasancıklı bölgesi'nin yüksek olmamasına rağmen doğrudan kullanılması, sağlık açısından sakıncalı görülmektedir. Aynı şekilde bu bölgelerde yaşayan balıkların tüketilmeside sağlık açısından risk taşımaktadır. Çünkü aşırı şekilde bir kimyasal kirlilik mevcuttur. Körsülü, Kızıldamlar, Kızılseki ve Karadere bölgesinde ise kimyasal açıdan çok fazla kirli olmaması ve radyoaktivite olarak bir miktar yüksek çıkmasına rağmen, doğrudan kullanılması sağlık açısından çok fazla sakıncalı olduğunu söyleyemeyiz.

Yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlara göre bölge; toplam radyoaktivite, doğal radyoçekerdek konsantrasyonu, ağır metal ve elemental olarak mevsimsel ve derinliğe bağlı olarak geniş bir şekilde incelenerek değerlendirilmiştir. Bölge üzerinde daha sonraki yıllarda yapılacak olan çalışmalarda, elde ettiğimiz veriler temel bir kaynak olacaktır. Bu verilerin modellenmesinin yapılması ileride yapılacak olan çalışmalara örnek gösterilebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, R., Acar, O. 2003. İnsan Dişlerinde Sr-90 Birikiminin Tayini. Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, 06100, Beşevler, Ankara.
- Al-Jundi, J., 2002. Population Doses from Terrestrial Gamma Exposure in Areas Near to Old Phosphate Mine. Russaifa, Jordan, Radiation Measurements, 35, 23-28.
- Alkan, H., Göksel, S.A., 1975. Türkiye Kaplıca ve Maden Sularının Doğal Radyoaktiviteleri ve Sularda Radon Tayini. Tübitak 5. Bilim Kongresi.
- Alkan, H., Göksel S., 1984. Türkiye Kaplıca ve Maden Sularında Doğal Radyoaktivite Tayinleri. TÜBİTAK Ulusal Çevre Sempozyumu Tebliğleri, Adana.
- Alkan, H., 1989. İstanbul İçme Suyu Kaynaklarının Kirlilik Analizleri, Radyoaktivite ve Ağır Metal Kirliliği, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Altınlı, İ.E., 1978, Amanos Dağları ve Anadolu'nun Levha Tektoniği ile İlgileri. Türkiye IV. Petrol Kongresi Tebl., s.51-62, Ankara.
- Amanat, A., Orfi S. D. ve Qureshi A.A., 2002. Assessment of The Natural Radioactivity and Its Radiological Hazards In Shewa- Shahbaz Garhi Igneous Complex, Peshawar Plain, Nw Pakistan, Health Physics, 82(1), 74-79.
- Anderson, H.L., 1989. A Physicist's Desk Reference. American Institute of Physics, New York.
- Ashok, M., Rautray, T.R., Nayak, K. P., Vijayan, V., Jayanthi, V., Kalkura S. N., 2003. Energy dispersive X-ray fluorescence analysis of gallstones Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 257, No. 2, 33- 335.
- 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., 2000. Kuantum Fiziği. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü. Ankara, 304s.
- Banks, D., Royset, O., Strant, T., Skarphagen, H., 1995. Radioelement(U, Th, Rn) Concentrations in Norwegian Bedrock Groundwaters, Environmental Geology, 25, 165-180.
- Barnes, A.J., 1986. Water Pollution Control, National Primary Drinking Water Regulations, Radionuclides, Federal Register 51, 189, 34836-34862.

- Baykara, O., 2005. Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Hatlarının Kesişim Bölgesindeki Doğal Radyoaktivite Tayini. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 82s.
- Beaumont, S.P., 1992. Gallium Arsenide Microstrip Detectors for Charged Particles. CERN-PPE, 92-51.
- Bertin, E.P., 1975. Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis. Second Edition, Plenum Pres, New York, 1079s.
- Bilge, A. N., 1985. Nükleer Tekniklerin Endüstriye Uygulanması. ÇNAEM Matbaası, İstanbul.
- Bowman, H.R., Hyde, E.K., Thomson, S.G., 1966. Application of High Resulation Semiconductor Dedectors in X-Ray Spectrography Science.151,562
- Burnett, W.C., And Veeh, H.H., 1992. U-Series Studies of Marine Phosphates and Carbonates, In M. Ivanovich and R.S. Harmon (ed.) U-Series Disequilibrium: Applications to earth, marine and environmental sciences, 2 nd. ed., Clarendon Press, Oxford, 487-512.
- Canbazoğlu, C., Doğru, M., Yalçın, M., Baykara, O. Ve Külahcı, 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, 142.
- Canberra, 1995. Edition Ten Product Catalog.Canberra Endustries, Inc Connecticut, USA.
- Chung-Woo H., Si-Young C., Byung-Hun L., 1992. Health Physics, Vol. 63, Dose Assesment to Ýnhalation Exposure of Indoor ²²²Rn Doughters in Korea.
- Canberra Industries Inc., 1997. Product Catalog. Ed. Ten, Meriden, Connecticut 06450, USA.
- Cesareo R., Gigante G.E. And Hansen A.L, 1998. A method for forward energy-dispersive X-ray fluorescence analysis of thin and intermediate samples. *Nucl. Instrum. Methods* 145 (1998), p. 434.
- Cochran, J.K., 1992. The Oceanic Chemistry of the U and Th Series Nuclides, In Ivanovich and R.S. Harmon(ed.) U-Series Disequilibrium: Applications to earth, marine and environmental sciences, 2 nd. ed., Clarendon Press, Oxford, 334-395.
- Cothern C. R., Lappenbusch W. L., 1983. Compliance Data for The Occurence of Radium and Gross Alpha Particle Activity in Drinking Water Supplies in The U.S. Enviromental Protection Agency, Washington DC,20460.

- Cothorn, C.R., 1987. Estimating the Health Risks of Radon in Drinking Water, J. Am. Water Works Assoc., 49, 4, 153-158.
- Cowart, J.B., Burnett, W.C., 1994. The Distribution of U and Th Decay-Series Radionuclides in the Environment-A Review, J. Environ. Qual., 23, 651-662.
- Custódio, 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.
- Değerlier, M., 2007. Adana İli ve Çevresinin Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Saptanması ve Doğal Radrasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması. Doktora Tezi, Adana,175.
- Doğru, M., ve ark. 1999. Yabancı Marka Sigara Tütünlerinde Düşük Seviyeli Alfa Radyoaktivitesinin Belirlenmesi, Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11, 2, 101-104.
- Doğru, M., Külahcı, F., 2004. Iso-Radioactivity Curves of Water of the Hazar Lake. Elazığ, Turkey, J. Radioanalytical Nucl. Chem. 260, 3, 557-562.
- Doğru, M., Baykara, O., Canbazoglu, C., Külahcı, F., 2003. Determination of the Radioactivity Levels in Underground Water on Some Active Fault Zone of East Anatolian. Balkans of Physics Letters, 11, 5-8.
- Doğru, M. And Canbazoglu, C., 2002. Natural Gross Radioactivity in Various Surface and Tap Waters in Elazığ, Turkey, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 254, 2, 379-382.
- Doğru, M., Canbazoglu, C., Şahin, S., 2002. Determination of The Gross Alpha and Beta Radioactivity in Kangal Curative Water, Sivas-Turkey, Balkan Physics Letters, 10, 3, 130-134.
- DPT, 2001a. 2624-Öik:635, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Metal Madenler Alt Komisyonu, Demir Çalışma Grubu Raporu, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.
- DPT, 2001b. Dpt: 2629-Öik: 640, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Metal Madenler Alt Komisyonu, Demir Çalışma Grubu Raporu, Diğer Metal Madenler Çalışma Grubu Raporu Antimuan, Tungsten, Nikel, Vanadyum, Molibden, Kalay, Manganez, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.
- Duenas, C., Fernandez, M.C., Gonzalea, J.A., Carretero, J. And Perez, M., 1993. Ra-226 ve Ra-224 in Waters in Spain, Toxicological and Environmental Chemistry, 39, 1-2, 71-79.

- Dyson, N.A., 1988. X-rays in Atomic and Nuclear Physics. Second Edition. Cambridge University press, Cambridge, 400 s.
- Eberline, 1995. ASP-2/2e Portable Radiation Monitor Technical Manual. PO Box 2108, Santa Fe.
- Eisberg, D.L., 1961. "Fundamentals of Modern Physics", John Willey and Sons Inc., New York, 256-298.
- Eisenbud M., 1963. Environmental Radioactivity in US, p. 135.
- 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 & Radiative Transfer 91 155–160.
- Erikson, E., 1962. Academic Press Inc., New York, Radioactivity in Hydrology, p.47.
- Ertuğrul, M., Kopya, M., Doğan, O., 1996. Radioisotope X-ray fluorescence analysis of some elements in fly ash of Afşin-Elbistan power plants. Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry, 203 119.
- European Commission Dg Env., 2002. Heavy Metals in Waste, E3 Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, Danimarka.
- Gascoyne, M., 1982. Geochemistry of the actinides and their daughters, In: M. Ivanovich and R.S. Harmon (ed.), Uranium Series Disequilibrium: Applications to Environmental Problems, Oxford University Press, Oxford.
- Gascoyne, M., 1992. Geochemistry of the actinides and their daughters, In: M.
- Gerward, L., Guilbert, N., Jensen, K.B., Levring, H. 2004. WinXcom- a Program for Calculation X-ray Attenuation Coefficient. Radial. Phys. Chem., 71. 653-654.
- Gilkeson, R.H., And Cowart, J.B., 1987. Radium, Radon and Uranium Isotopes in Ground Water from Cambrian Ordovician Sandstone Aquifer in Illinois, In: Proceedings of the NWWA Conference on Radon in Ground Water (Chelsea, MI: Lewis Publishers), Inc., 403-422.
- 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.
- Gürler, B., 2007. İyon Değiştirici Membranlar Kullanılarak Sulu Ortamdan Bor'un Uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 57s.
- Habashi, F., 1997. Handbook of Extractive Metallurgy, Volume II, WILEY-VCH, Germany.

- Hansen, R.O. And Stout, P.R., 1968. Isotopic distribution of uranium in soils, *Soil Sci.*, 105, 44-50.
- Hansen, R.O. And Huntington, G.L., 1969. Thorium movements in morainal soils of the high Sierra, California, *Soil Sci.*, 108, 257-265.
- Holbert, K.E., Stewart, B.D. Ve Eshraghi, P., 1995. Measurement of Radioactivity in Arizona Groundwater Using Improved Analytical Techniques for Samples with High Dissolved Solids. *Health Physics*, 68(2).
- Ibrahiem N. M., Abd El Ghami A. H., Shawky S. M., Ashraf E. M. Ve Farouk M. A., 1993. Measurement of Radioactivity Levels In Soil In The Nile Delta And Middle Egypt, *Health Physics*, 64 (6), 620-627.
- Jenkins, R., Gould, R.W., Gedeke D., 1981. "Quantitative X- Ray Spektrometry" Marcel and Dekker Inc., New York – USA, 1-7, 9-42, 89-100, 101-115, 161-207.
- John, H., 1980. *Environmental Toxicology*, New York: Wiley.
- Joshi, G.C., Agrawal, H.M., Mohanta, B., Sudarshan, M., Sinha, A.K., 2006. Elemental Study of Nainital Lake Water by EDXRF, Elsevier, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 251, 223–226.
- Joshi, S.R., 1995, Plutonium in Lake Ontario, *Appl. Radiat. İso.*, 46, 11, 1231-1238.
- Kam, E., 2004. Tekirdag'ın Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini, Y.T.Ü Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 112s.
- Kara, C. 1999. Sır Barajı Gölü'nde Yaşayan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) ve *Leuciscus cephalus* (Linneaus, 1758)'un Bazı Biyolojik Özellikleri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı, Doktora tezi, Ankara. s. 105
- Karahan G., 1997. İstanbul'un Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri. Doktora Tezi, İstanbul, 118.
- Karahan G., Öztürk N., Bayulken A., 2000. Natural Radioactivity İn Various Surface Waters In İstanbul, Turkey, *Water Res.*, Vol. 34, No: 18, 4367-4370.
- Karakelle B., Öztürk N., Köse A., Varınlıoğlu A., Erkol A. Y., Yılmaz F., 2002. Natural Radioactivity in Soil Samples of Kocaeli Basin, Turkey, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 254. No.3, 649-651.
- King, P., Michel, J. And Moore, W.S., 1982. Groundwater Geochemistry of Ra-228, Ra-226 and Rn-222, *Cosmochim. Acta*, 46, 1173-1182.

- Killeen, P. And Heier, G., 1975. Th, U, K and Heat Production Measurements in ten Precambrian Granites of the Telemark Area, Norway, *Nor. Geol. Unders*, 319, 59-83.
- Kiss, J.J., Dejong, E. And Bettany, J.R., 1988. The distribution of natural radionuclides in native soils of southern Saskatchewan, Canada, *J. Environ. Qual.*, 17, 437-444.
- Knoll, G.F., 1979. *Radiation Detection and Measurement*. John Wiley and Sons, New York.
- Korkmaz, H., 2001. Kahramanmaraş Havzasının Jeomorfolojisi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, 196s. İstanbul.
- Koz, B., Çevik, U., Özdemir, T., Duran, C., Kaya, S., Gündoğdu, A., Çelik, A., 2007. Analysis of mosses along Sarp-Samsun highway in Turkey *Journal of Hazardous Materials*
- Krause, M.O., 1979. Atomic Radiative and Radiationless Yield for K and L Shell. *J.Phys. Chem. Ref. Data* , 8,2.
- Küçükönder, A., 1988. Radyoizotop X-ışını Floresans Tekniği ile Küre Bakıba Cevherinde Fe ve Cu Miktarının Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- 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 Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 77 329–333.
- Küçükönder, E., 1999. Radyoizotop X-ışını Floresans Tekniği İle Numune Analizi. Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Kahramanmaraş, 36s.
- Küçükönder, E., 2009. Kahramanmaraş Yöresinde Doğal Radyoaktivitenin Tayini. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 69s.
- Külahcı F., 2001. Hazar Gölü (Elazığ) Suyunun Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s.
- Külahcı F., 2005. Keban Baraj Gölü Uluova Kesiminin Doğal Radyoaktivitesinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 124s.
- Külahcı, F., Doğru, M., Baykara, O., Şahin, S., Canbazoğlu, C., 2002. The Comparison Natural Radioactivity and Electical Conductivity of Hazar Lake Surface Water, *Balkans of Physics Letters*, 10, 220-225.

- Landis, D.A., Gould, F.S., Jarket, B.V., 1972. Same Aspects of X-Ray Fluorescence Spectrometers for Trace Elements Analysis. *Nuclear Instruments Method.* 101,127.
- Lankosz, And B. Holynska, 1993. "Research in the Quantitative analysis of individual particles by x-ray fluorescence spectrometry", *Adv. XRF*, 36.
- Leo, W.R., 1987. *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments.* Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Liden, K. And Holm, E., 1985. Measurement and Dosimetry of Radioactivity in the Environment, in the *Dosimetry of Ionizing Radiation*, Vol. 1, K.R. Kase, B.E. Bjarngard and F.H. Attix, eds., Academic Press, Orlando.
- Littlemore Scientific Engineering (ELSEC), 1994. 7286 Low Level Alpha Counter User Manual. Railway Lane, Littlemore, Oxford OX4 4PZ, UK.
- Merdanoğlu B., 2004. Kestambul (Çanakkale) Civarındaki Su, Toprak ve Granit Örneklerinde Doğal Radyoaktivitenin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul,70s.
- Meriwether, J.R., Burns, S.F., Thompson, R.H., And Beck, J.N., 1995. Evaluation of Soil Radioactivities Using Pedologically Based Sampling Techniques, *Health Physics*, 69(3).
- Miekeley, 1992, U and Th İsootopes in Groundwaters from the Osamu Utsumi mine and Morro do Ferro Natural Analogue Sites, Poços Caldas, Brazil, *J. Geochemical Exploration*, 45, 345-363.
- Milvy, P., Cothorn, C.R., 1990. Scientific Background for the Development, of Regulations for Radionuclides in Drinking Water, Chelsea, Michigan, Lewis Publishers, 83-95.
- Minareci, O., Öztürk, M., Minareci, E., 2004. Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin, Gediz Nehrinin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi, *Trakya Üniversitesi, JSci*, 5(2): 135-139.
- Mioli, P., Seccaroni, C., 2000. "Analysis of Art Objects Using a Portable X-Ray Fluorescence Spectrometer" *X-Ray Spectrometry*, 29, 48-52.
- Mohanty A.K., Sengupta D., Das S.K., Saha S.K. Ve Van K.V., 2004. Natural radioactivity and radiation exposure in the high background area at Chhatrapur beach placer deposit of Orissa, India, *Radiation Measurements*, 38, 153-165.
- Mutluay, H., Demirak, A., 1996. *Su Kimyası.* Beta Basın Yayın Dağıtım, İstanbul, 83-84.

- Myrick T.E., Berven B.A. Ve Hywood F. F.,1983. Determination of Concentration of Selected Radionuclides in Surface Soil in The U.S., Health Physics Vol. 45.
- Ne Technology Limited, 1991. Instruction Manual for Gamma Assay Scintillation Counter (Type 8F8/DM1-2). Sighthill, Edinburgh EH11 4BY, Scotland, UK.
- Ne Technology Limited, 1994a. Instruction Manual for Lead Castle (Type 710C). Bath Road, Beenham, Reading, Berkshire RG7 5PR, England.
- Ne Technology Limited, 1994b. Instruction Manual for Windowless Scintillation Counter (Type 6001). Bath Road, Beenham, Reading, Berkshire RG7 5PR, England.
- Okur, A., Özdemir, Y., Durak, R., 2003. Qualitative and quantitative analysis of pathological and non-pathological human bone using radioisotope X-ray, fluorescence technique Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 78 55–60.
- Olgun, M.T., Segovia, N., Tamez, E., Alcantara, M. And Bulbulian, S., 1993. Radon Concentration Levels in Groundwater from Toluca, Mexico, The Science of the Total Environment, 130, 43-50.
- Özger, A., G., 2005. Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı Bölgelerinin Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adana, 100.
- Özmen, H., Külahcı, F., Çukurovalı, A., Doğru, M., 2003. Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). Chemosphere 55, 401–408.
- Papaefthymiou H., Kriditis P., Anousis J., Sarafidou J., 2005. Comparative Assessment of Natural Radioactivity In Fallout Samples From Patras and Megalopolis, Greece, Journal of Environmental Radioactivity, 78, 249-265.
- Polat, A., Gürol, A., Budak, G., Karabulut, A., Ertuğrul, M., 2004. Elemental Composition of Cement Kiln Dust, Raw Material and Cement from a coal-fired Cement Factory Using Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectroscopy. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 83, 377-385.
- Ramlı, A.T., Hussein, A.W. , Wood, K., 2005. Environmental ²³⁸U and ²³²Th Concentration Measurements in Area of High Level Natural Background Radiation at Polong, Johor, Malaysia. Journal of Environmental Radioactivity, 80, s 287-304.
- Rankama K., 1954. Isotope Geology, New York.
- Richards, J.A., Sears, F.W., Wehr, M.R., Zemansky, M.W., 1975. Modern University Physics, Addison-Wesley Publishing Com., Inc. Reading Massachusetts, USA.

- Rogers, J.J.W. and Adams, J.A.S., 1969. Uranium, p. 92-A-1-92-G-7, In: K.H. Wedepohl (ed.), Handbook of Geochemistry, Springer –Verlag, New York.
- Scofield, J. H., 1973. Theoretical Photoionization Cross Section from 1 keV to 1500 keV. Lawrence Livermore Laboratory, UCRL 51326 Livermore, California, 374s.
- Scofield, J. H., 1974. Relativistic Hartree-Slater Values for K and L X-Ray Emission Rates, Atomic Data and Nuclear Data Tables 14, 121-137, Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, Cal. 94550.
- Shenber, M.A., 1997. Measurement of Natural Radioactivity Levels in Soil in Tropoli, Appl. Radiat. Isot., 48, 1, 147-148.
- Şahin, Y., 1999. Çekirdek Fiziğinin Esasları. Çeviri, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, 340s.
- Şen, B., Topkaya, B., 1997. Lake Hazar (Elazığ) in Conservation and Management of Lakes, Reservoirs and Wetlands in Turkey. Published by International Lake Envr. Com. Foundation Japan, 163-168.
- Talibudeen, O., 1964. Natural Radioactivity in soils, Soils and Fertilizers, 27, 347-359.
- Tanyel, B., 1994. Nükleer Fizik Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, İzmir, 340 s.
- Taylor, J.M., 1963. Semiconductor Particle Detectors. Butter Worth, New York.
- Tekbaş, Ö.F., 2005. Temel Su Analiz Teknikleri. Ankara, 64s.
- Tertian, R., Claisse, F., 1982. "Principles of Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis" , Heyden and Son Ltd., Southampton-UK, 3-15, 16-35, 51-70 .
- Togay, Y.E. 2002. Radyasyon ve Biz. Türkiye Atom Enerjisi Kurum Yayınları, 37s. Ankara.
- Topcuoğlu S., Karahan G., Güngör N., Kırbaçoğlu Ç., 2003. Natural and Artificial Radioactivity in Emendere Thermal Spring Area In Western Anatolia, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, vol. 256, no:3, 395-398.
- TSE, 2003. Institution of Turkish Standards. Annual Progress Report.
- Tuncer, S., 1991. Çeşitli İçme Sularında Radyoaktivite Seviyelerinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- UNSCEAR 1982. Exposure From Natural Sources of Radiation, United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation, Annex B, p. 90.
- UNSCEAR 1988. Exposure From Natural Sources Of Radiation, United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation, Annex A, p. 94.
- UNSCEAR 1993. Report, United Nations Scientific Committee on The Effects of

- Atomic Radiation Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiations. NewYork.
- Van Grieken, R., Markowicz, A.A., 1992. Handbook of X-Ray spectrometry, Marcell Decker, Inc., New York.
- WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality. Recommendations, Vol. 1, 2nd Ed., World Health Organization, Geneva.
- WHO, 2001. Depleted Uranium, Sources, Exposure and Health Effects.
- WHO, 2004. Guidelines for Drinking-water Quality, third ed. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Woldseth, R.İ., 1973. All you want about to known XES. Fostercity, CA: Kevex Corporation.

http://www.bcm.org.tr/pdf/su_tek_us_teb.doc

<http://www.rehberim.net/forum/baska-yere-sigmaayanlar-222/77135-civanin-suda-yasayan-canlilar-acisindan-zararlari-nelerdir.html>

<http://www.biyotip.com/images/File/e.pdf>

www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf

<http://www.mailce.com/baryum-nedirbaryum-nerelerde-kullanilir-baryum-nasil-bir-maddedirbaryumun-ozellikleri-simgesi.html>

<http://www.main-board.eu/universite/87351-elementler-ve-kullanim-alanlari.html>

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Klor>

<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/MetalKardes.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0185C4781D0FBC79E>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Hanifi ÇAM
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 1970 Kahramanmaraş
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (0532) 579 08 26
Faks : 0 344 219 10 42
e-posta : hanifi70@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Doktora	KSÜ /Fizik Bölümü	2011
Yüksek lisans	KSÜ /Fizik Bölümü	1999
Lisans	Atatürk Ü./ Fizik Bölümü	1991
Lise	Kahramanmaraş Lisesi	1987

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1992-1996	MEB	Fizik Öğretmeni
1996- 2011	KSÜ	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

1. Qualitative and quantitative analysis of lignite coal and its ash samples taken from Soma-Darkale region, Journal of Quantitative Spectroscopy, 2003.
2. Measurement of K-shell fluorescence yields for Br and I compounds using radioisotope XRF, Journal of Quantitative Spectroscopy, 2003.
3. $K\beta/K\alpha$ x-ray intensity ratios for bromine and iodine compounds, X- Ray Spectrometry, 2003.

Hobiler

Futbol, Bilgisayar, Fotoğrafçılık