

**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI
2016-YL-026**

**AYDIN BUHARKENT YÖRESİNDE JEOTERMAL
SULARLA SULANAN TOPRAK VE BİTKİ
ÖRNEKLERİNDE BAZI KİRLETİCİ
PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI**

Gülsüm POYRAZ

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Mustafa DEMİR**

AYDIN-2016

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi öğrencisi Gülsüm POYRAZ tarafından hazırlanan “Aydın Buharkent Yöresinde Jeotermal Sularla Sulanan Toprak ve Bitki Örneklerinde Bazı Kirlenici Parametrelerin Araştırılması” başlıklı tez, 22/04/2016 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan	:Prof. Dr. Mustafa DEMİR	ADÜ	
Üye	: Prof. Dr. Ahmet BALCI	MSKÜ	
Üye	:Yard. Doç. Dr. Ahmet AYKAÇ	İKÇÜ	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans Tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıylatarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY
Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

...../...../2016

Gülsüm POYRAZ

ÖZET

AYDIN BUHARKENT YÖRESİNDE JEOTERMAL SULARLA SULANAN TOPRAK VE BİTKİ ÖRNEKLERİNDE BAZI KİRLETİCİ PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

Gülsüm POYRAZ

Yüksek Lisans Tezi, Analitik Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa DEMİR

2015, 117 sayfa

Her geçen gün artan nüfus ve buna bağlı olarak sanayi artışı enerjiye duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji hem yenilenebilir olması, hem de ülkemizde bol miktarda bulunması nedeniyle son yılların kuşkusuz en çok tercih edilen enerji haline gelmiştir. En yaygın kullanım alanı ise enerji üretimidir. Ne yazık ki jeotermal akışkanların bilinçsiz ve yanlış kullanımı çevre kirliliğini tetiklemektedir. Kimyasal bileşimleri nedeniyle, yanlış kullanımları sonucu önce sular, sonra topraklar, daha sonra bitkiler yani kısaca tüm ekosistem için tehlike alarmı vermektedir.

Bu araştırma, jeotermal akışkanlar nedeniyle kirlenme riski taşıyan Aydın-Buharkent yöresinde ki toprak ve bölgede yetiştirilen meyve örneklerinin ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu araştırma için bölgede 9 toprak, 5 meyve istasyonu belirlenmiştir. İstasyonlar kirlenme olasılığının fazla olduğu düşünülen jeotermal enerji tesisleri çevresinden seçilmiştir. Bu araştırma sırasında belirlenen istasyonlardan, üç aylık periyotlarla toplam üç kez toprak ve meyve örnekleri alınarak temel kirlilik parametrelerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla örneklerin pH, iletkenlik ve tuzluluk gibi parametrelerine bakılmış, daha sonra çeşitli elementlerin (B, Cd²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Al³⁺, Mn²⁺, Fe³⁺) analizi AAS ile yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre jeotermal enerji tesisleri çevresinde pH, tuzluluk ve bor derişimi yüksek tespit edilmiştir. Tüm istasyonlarda Cd, Cr, Mn, Cu tayin limitinin altındadır. Zn 6. İstasyon hariç tüm istasyonlarda yüksek çıkmıştır. Fe ve Al derişimleri tüm istasyonlarda yüksektir.

Anahtar Kelimeler: jeotermal enerji, toprak, meyve, Ağır metal, AAS, Buharkent, pH, iletkenlik.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE POLLUTION PARAMETERS IN SOIL AND PLANT SAMPLES WHICH IS IRRIGATED BY GEOTHERMAL WATER IN AYDIN BUHARKENT REGION

Gülsüm POYRAZ

Master's Thesis , Department of Analytical Chemistry

Supervisor: Professor Dr. Mustafa Demir

2016, 117 pages

As a result of economic growth and population explosion demand for energy has increased dramatically. In recent years, geothermal energy has undoubtedly become one of the most favourite energy in Turkey as it is both renewable and locally available. Furthermore, the areas for using geothermal energy are increasing rapidly. Unfortunately, these common but wrong usages have triggered environmental pollution, because geothermal habits are not as harmless as they appear. The chemical contents that this sort of energy holds endanger firstly the water, then the soil and finally the plants.

The aim of this research is the determination the level of heavy metals in soil and fruit samples grown in Aydin area that is endangered by the geothermal fluids. For this research aimed to study soil samples were selected from nine different locations and the fruit stations were selected from five locations. These stations are the geothermal facilities that are vulnerable to pollution. Additionally, during this research various stations are determined, the samples of soils and fruits are taken three times periodically and the analyses of the main pollution parameters are fulfilled. For this purpose, the sample's parameters such as moisture, pH and conductivity are examined and then the analysis of various elements (B, Cd²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Al³⁺, Mn²⁺, Fe³⁺) are done with AAS. According to the results pH, salinity and boron values were determined very high around the geothermal facilities. Cd²⁺, Cr³⁺ Mn²⁺, Cu²⁺ weren't determined for all the stations. Zn²⁺ were determined very high values except sixth station. Fe³⁺ and Al³⁺ concentration were determined high values for all the stations.

Key Words: Geothermal energy, soil, fruit, heavy metal, AAS, Buharkent, pH, conductivity.

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Mustafa DEMİR' e,

Deneysel çalışmalardaki yardımlarından dolayı değerli hocam Prof. Dr. Ersin KARAGÖZLER'e, Adnan Menderes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Hayvan Besleme Bölümü'nde görev yapan Arş. Gör. Onur TATLI ve tüm akademik personellerine, numune alımlarında hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen Aydın-Buharkent Ziraat Odası Başkan'ı Naim ÖZDAMAR'a ve sevgili dostum Simge ER'e,

Tez çalışmalarımı yürütebilmek için ihtiyaç duyduğum imkanları sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Başkanlığı'na, araştırma projeme kaynak sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na,

Tezimin her aşamasında maddi manevi yardımlarını esirgemeyen, kendi tezinden çok benim tezimle ilgilenen, en büyük destekçim sevgili nişanlım Burhan TAŞÇI'ya,

Bu günlere gelmemde maddi manevi desteğini esirgemeyen sevgili babam Mehmet POYRAZ'a, annem Dursel POYRAZ'a, kardeşim Birsen POYRAZ'a, ablam Hülya Alacagöz'e, kendisi küçük ama desteği büyük olan yeğenim Mert Eren ALACAGÖZ'e

Ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Gülsüm POYRAZ

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Jeotermal Enerji Nedir?.....	2
1.2. Jeotermal Enerji Kaynakları.....	3
1.3. Dünyada Jeotermal Enerji	4
1.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	6
1.4.1. Kızıldere Jeotermal Sahası	9
1.5. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları	11
1.5.1. Isıtma.....	13
1.5.2. Kaplıca ve İçme Suyu Olarak Kullanımı	14
1.5.3. Endüstriyel Uygulamalar.....	15
1.5.4. Kimyasal Madde Üretimi	15
1.5.5. Elektrik Üretimi	15
1.6. Jeotermal Enerjinin Avantajları	21
1.7. Jeotermal Suların Genel Özellikleri	21
1.7.1. Nötr Bileşikler	22
1.7.2. Katyonlar.....	22
1.7.3. Anyonlar.....	23
1.8. Jeotermal Akışkanların Oluşturabileceği Bazı Çevresel Problemler	24
1.8.1. Metallerin Etkileri	25
1.8.1.1. Çinko	25
1.8.1.2. Kadmiyum.....	26

1.8.1.3. Bakır	27
1.8.1.4. Kurşun	28
1.8.1.5. Krom.....	28
1.8.1.6. Demir.....	29
1.8.1.7. Mangan.....	29
1.8.1.8. Alüminyum.....	30
1.8.1.9. Bor	31
1.8.2. Tuzluluk.....	32
1.9. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi.....	33
1.9.1. Işın Kaynakları	33
1.9.2. Atomlaştırıcılar.....	35
1.9.2.1. Alevli atomlaştırıcılar	35
1.9.2.2. Alevsiz atomlaştırıcılar.....	37
1.9.3. Monokromotörler	38
1.9.4. Dedektörler	38
1.10. Eser Element Analizlerinde Çözünürleştirme Teknikleri	40
1.10.1. Eser Elementlerde Mikrodalga ile Çözünürleştirme.....	40
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	42
3. MATERYAL VE YÖNTEM	46
3.1. Materyal.....	46
3.1.1. İstasyonların Tespiti	46
3.1.2. Numunelerin Alınması	50
3.1.2.1. Toprak numunelerin alınması.....	50
3.1.2.2. Meyve numunelerin alınması	50
3.1.3. Deneyde Kullanılan Cihazlar	50
3.1.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Stok Çözeltilerin Hazırlanması	51
3.2. Yöntem	52
3.2.1. Toprakta pH Analizi	52
3.2.2. Eriyebilir Tuz Analizi	52
3.2.3. Toprak ve Meyve Numunelerinin Ağır Metal Analizi İçin Hazırlanması.....	53
3.2.3.1. Mikrodalga ile çözme	53

3.2.3.2. AAS ile yapılan analizler	55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	62
4.1. Bulgular	62
4.1.1. Analizleri Yapılan Parametrelerin Sonuçları	62
4.1.2. Yapılan Analizlerin Tayin ve Gözlenebilme Sınırlarının Hesaplanması ve Değerleri	62
4.1.3. Numunelerin Analiz Sonuçları ve Standart Sapma Değerleri	63
4.1.4. Elde Edilen Verilerin Zamana ve İstasyonlara Göre Karşılaştırma Grafikleri	69
4.2. Tartışma	95
4.2.1. Toprak Reaksiyonu pH	96
4.2.2. Toprakta Tuzluluk	97
4.2.3. Kurşun	99
4.2.4. Kadmiyum	100
4.2.5. Krom	100
4.2.6. Bakır	101
4.2.7. Çinko	102
4.2.8. Mangan	102
4.2.9. Bor	103
4.2.10. Demir	104
4.2.11. Alüminyum	105
5. SONUÇ	107
KAYNAKLAR	111
ÖZGEÇMİŞ	117

SİMGELER DİZİNİ

H_3AsO_4	Arsenik asit
H_3AsO_3	Arsenoik asit
FeAsS	Arsenopirit
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
AES	Atomik Emisyon Spektroskopisi
H_3BO_3	Borik asit
Na_2HAsO_4	Disodyum hidrojen arsenat
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
EC	Elektriksel iletkenlik
KSO	Konya Sanayi Odası
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
HNO_3	Nitrik asit
STD	Standart Sapma
kWe	Kiloawatt enerji
MW	Megawatt
MWe	Megawatt elektrik
MWt	Megawatt ısı
mg/L	Miligram/ litre
meq/L	Miliekivalent/ litre
TER	Türkiye Enerji Raporu
TYA	Tayin Sınırının Altında

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İdeal bir jeotermal sisteminin şematik gösterimi	2
Şekil 1.2. Jeotermal elektrik dışı uygulamaların dünyadaki kullanım yüzdeleri	5
Şekil 1.3. Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası	8
Şekil 1.4. Jeotermal Alanların Kullanımlarına Göre Dağılımı	11
Şekil 1.5. Bir jeotermal sisteme giren ve çıkan ısı ve akışkan dengesi	16
Şekil 1.6. Kuru buhar santralleri	18
Şekil 1.7. Flaş buhar santralleri	18
Şekil 1.8. Binary cycle	19
Şekil 1.9. AAS genel şeması	33
Şekil 1.10. Oyuk katot lambası	34
Şekil 1.11. Alevde Atomlaşma Basamaklarıyla Alevdeki Diğer Olaylar	36
Şekil 1.12. Grafit tüplü bir fırının basit şeması	37
Şekil 1.13. Şebekeli monokromatör	38
Şekil 3.1. Aydın Buharkent numune alınan istasyonların genel görünümü	46
Şekil 3.2. Aydın Buharkent güzergahı yol haritası	47
Şekil 3.3. Mars 6 mikrodalga cihazı	54
Şekil 3.4. Zn için kalibrasyon grafiği	55
Şekil 3.5. Cr için kalibrasyon grafiği	56
Şekil 3.6. Al için kalibrasyon grafiği	57
Şekil 3.7. Fe için kalibrasyon grafiği	57
Şekil 3.8. Cd için kalibrasyon grafiği	58
Şekil 3.9. Mn için kalibrasyon grafiği	59
Şekil 3.10. Pb için kalibrasyon grafiği	59
Şekil 3.11. Cu için kalibrasyon grafiği	60
Şekil 3.12. B için kalibrasyon grafiği	61
Şekil 4.1. Toprak numunelerinin pH değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği	70
Şekil 4.2. Toprak numunelerinin pH değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği	70

Şekil 4.3. Toprak numunelerinin iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırma grafiği	71
Şekil 4.4. Toprak numunelerinin iletkenlik değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği.....	72
Şekil 4.5. Toprak numunelerinin tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırma grafiği	73
Şekil 4.6. Toprak numunelerinin tuzluluk değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği.....	73
Şekil 4.7. Toprak numunelerindeki demir derişiminin istasyonlara göre değişimi.....	74
Şekil 4.8. Toprak numunelerinin demir derişiminin zamana göre değişimi.....	75
Şekil 4.9. Eylül ayında meyve numunelerindeki demir derişimi	76
Şekil 4.10. Toprak numunelerindeki alüminyum derişimlerinin istasyonlara göre değişimi.....	77
Şekil 4.11. Toprak numunelerindeki alüminyum derişimlerinin zaman göre değişimi.....	77
Şekil 4.12. Eylül ayında meyve numunelerindeki alüminyum derişimi	78
Şekil 4.13. Toprak numuneleri mangan derişimlerinin istasyonlara göre değişimi.....	79
Şekil 4.14. Toprak numuneleri mangan derişiminin zaman göre değişimi	80
Şekil 4.15. Eylül ayında meyve numunelerinin mangan derişimi	81
Şekil 4.16. Toprak numuneleri bakır derişiminin istasyonlara göre değişimi.....	82
Şekil 4.17. Toprak numuneleri bakır derişiminin zamana göre değişimi.....	82
Şekil 4.18. Eylül ayında meyve numunelerinin bakır derişimi	83
Şekil 4.19. Toprak numuneleri krom derişiminin istasyonlara göre değişimi.....	84
Şekil 4.20. Toprak numuneleri krom derişiminin zamana göre değişimi.....	85
Şekil 4.21. Eylül ayı meyve numunelerindeki krom derişimi	86
Şekil 4.22. Toprak numuneleri çinko derişimlerinin istasyonlara göre değişimi ...	87
Şekil 4.23. Toprak numuneleri çinko derişimlerinin zamana göre değişimi	87
Şekil 4.24. Eylül ayı meyve numunelerinin çinko derişimi	88
Şekil 4.25. Toprak numuneleri kadmiyum derişiminin istasyonlara göre değişimi.....	89

Şekil 4.26. Toprak numuneleri kadmiyum derişiminin zamana göre değişimi.....	90
Şekil 4.27. Toprak numuneleri kurşun derişiminin istasyonlara göre değişimi.....	91
Şekil 4.28. Toprak numuneleri kurşun derişiminin zamana göre değişimi.....	92
Şekil 4.29. Eylül ayı meyve numunelerinin kurşun derişimi	93
Şekil 4.30. Toprak numuneleri bor derişiminin istasyonlara göre değişimi.....	94
Şekil 4.31. Toprak numuneleri bor derişiminin zamana göre değişimi	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyada elektrik santrali kapasitesi.....	6
Çizelge 1.2. Türkiye jeotermal sıcaklığının bölgelere göre dağılımı	7
Çizelge 1.3. Elektrik üretimine uygun jeotermal sahalar	9
Çizelge 1.4. Kızıldere jeotermal alanında açılan sondajlar	10
Çizelge 1.5. Lindal Diyagramı	12
Çizelge 1.6. Konut ısıtmacılığı yapılan jeotermal sahalar.....	13
Çizelge 1.7. Jeotermal enerjyi elektrik üretiminde kullanan ülkeler ve kurulu gücü.....	20
Çizelge 1.8. Farklı nitelikteki materyallerin kadmiyum içerikleri	27
Çizelge 1.9. AAS’de kullanılan Alevler.....	36
Çizelge 1.10. Beer Yasası Terim ve Sembolleri	39
Çizelge 3.1. Aydın Buharkent yöresinde toprak numuneleri için seçilen istasyonlar ve seçilme nedenleri	48
Çizelge 3.2. Aydın Buharkent yöresinde meyve numuneleri için seçilen istasyonlar ve seçilme nedenleri	49
Çizelge 3.3. Analizlerde kullanılan cihazlar	51
Çizelge 3.4. Deneysel olarak kullanılan Standart Çözeltiler	51
Çizelge 3.5. Deneysel olarak kullanılan kimyasallar.....	52
Çizelge 3.6. % Toplam Tuz hesabı için harcanan su miktarı ve EC değerleri	53
Çizelge 3.7. Çinko kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları.....	55
Çizelge 3.8. Krom kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları	56
Çizelge 3.9. Alüminyum kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları	56
Çizelge 3.10. Demir kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları.....	57
Çizelge 3.11. Kadmiyum kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları.....	58
Çizelge 3.12. Mangan kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları.....	58
Çizelge 3.13. Kurşun kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları	59
Çizelge 3.14. Bakır kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları.....	60
Çizelge 3.15. Bor kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları.....	61
Çizelge 4.1. AAS ile yapılan ağır metal analizlerinin tayin ve gözlenebilirlik sınırları	63

Çizelge 4.2. Buharkent'ten alınan toprak ve meyve numunelerinde ölçülen parametrelerin minimum ve maksimum değerleri	64
Çizelge 4.3. Eylül ayında alınan incir ve zeytin numunelerinin analiz sonuçları (n=1).....	65
Çizelge 4.4. Eylül ayında alınan toprak numunelerinin analiz sonuçları (n=3)	66
Çizelge 4.5. Ocak ayında alınan toprak numunelerinin analiz sonuçları (n=3).....	67
Çizelge 4.6. Mayıs ayında alınan toprak numunelerinin analiz sonuçları (n=3).....	68
Çizelge 4.7. Analiz sonucu elde edilen pH değerleri	69
Çizelge 4.8. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen iletkenlik değerleri.....	71
Çizelge 4.9. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen tuzluluk değerleri.	72
Çizelge 4.10. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen demir derişimleri (mg/kg).....	74
Çizelge 4.11. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen demir derişimi (mg/kg)	75
Çizelge 4.12. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen alüminyum derişimleri (mg/kg).....	76
Çizelge 4.13. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen alüminyum derişimleri (mg/kg).....	78
Çizelge 4.14. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen mangan derişimleri (mg/kg).....	79
Çizelge 4.15. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen mangan derişimleri (mg/kg).....	80
Çizelge 4.16. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen bakır derişimleri (mg/kg).....	81
Çizelge 4.17. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen bakır derişimleri (mg/kg).....	83
Çizelge 4.18. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen krom derişimleri (mg/kg).....	84
Çizelge 4.19. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen krom derişimleri (mg/kg).....	85
Çizelge 4.20. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen çinko derişimleri (mg/kg).....	86

Çizelge 4.21. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen çinko derişimleri (mg/kg).....	88
Çizelge 4.22. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen kadmiyum derişimleri (mg/kg).....	89
Çizelge 4.23. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen kadmiyum derişimleri (mg/kg).....	90
Çizelge 4.24. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen kurşun derişimleri (mg/kg).....	91
Çizelge 4.25. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen kurşun derişimleri (mg/kg).....	92
Çizelge 4.26. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen bor derişimleri (mg/kg).....	93
Çizelge 4.27. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen bor derişimleri (mg/kg).....	95
Çizelge 4.28. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (Toprak Kirliliği Yönetmeliği)	95
Çizelge 4.29. Toprak tepkimesi (pH) sınır değerleri ve topraklara etki durumu	97
Çizelge 4.30. Topraklarda suda çözünebilir toplam % tuz miktarına göre tuz etkisi	99

1. GİRİŞ

Enerji, insan yaşamının ve ekonomik kalkınmanın vazgeçilmez bir parçasıdır. Enerji hem fosil kaynaklardan hem de yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilir (Erkul, 2012).

Paleolitik çağda, taşı keskinleştiren ve sivrilten insanoğlu avcılık ve toplayıcılıkta kendi fiziksel gücünü ve geliştirdiği basit aletleri kullanmıştır. Mezolitik çağda su kenarlarında kalıcı yerleşim yerleri kurarak yerleşik hayata geçmiştir. Neolitik çağlarda ağacı işleyerek yaptığı basit aletlerle tarımsal faaliyetlere başlamış, hayvanları evcilleştirdikten sonra onların gücünden yararlanmış. Tarihsel süreç içerisinde insanoğlu, insan ve hayvan gücünün yanı sıra su ve rüzgardan yararlanmış. Sanayi Devrimi'nden sonra dünyada enerji ihtiyacı hızla artmıştır. 19. yüzyılda en önemli enerji kaynağı kömür olmuştur. 19. yüzyılın sonlarında kömür, yerini daha verimli ve işlevsel olan petrole bırakmıştır. 20. yüzyılda petrolün, toplumsal yaşamda ekonomik öneminin yanı sıra politik ve stratejik önemi de artmıştır. 20. yüzyılda yaşanan savaşlarda, petrol savaşların aracı değil amacı olmuştur. 21. yüzyıla girildiğinde petrolün yanı sıra önem kazanan doğal gaz; bir ülkenin ekonomisini, siyasetini ve kalkınmasını etkileyen en önemli etkenlerden biri haline gelmiştir (Erkul, 2012).

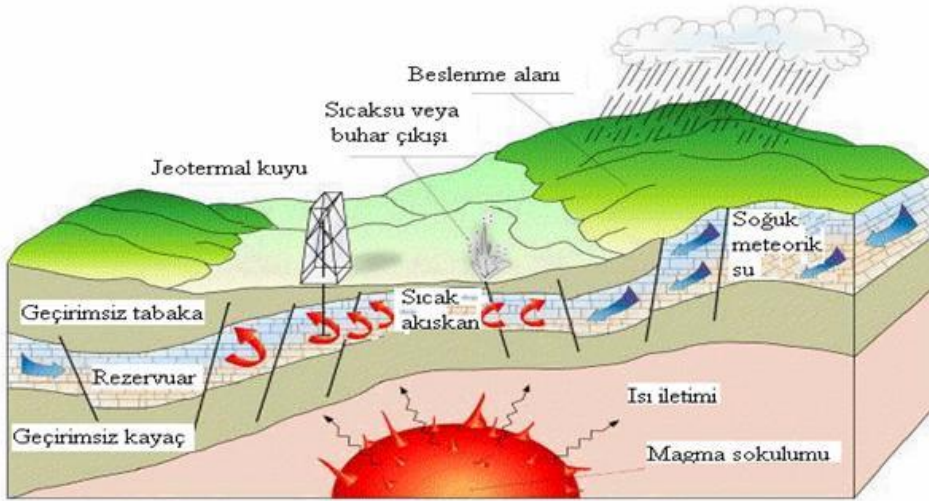
Dünya ülkelerinde tüketilen enerjinin yaklaşık % 39'unu petrol, % 27'sini kömür ve % 21'ini doğal gaz, % 13'ünü hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Bu rakamlara bakıldığında, dünyada tüketilen enerjinin % 87'si fosil yakıtlardır. Enerji uzmanlarının tahminlerine göre petrol rezervlerinin yaklaşık 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 62 yıl ömrü kalmıştır. 21. yüzyılın ortalarında fosil enerji kaynakları tükenme noktasına geleceğinden yenilenebilir enerji kaynakları daha da ön plana çıkacaktır (Erkul, 2012).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji, uzun yıllardan beri, birçok ülkede kullanılan temiz enerji olarak nitelendirilen, enerji kaynaklarından biridir. Yer kabuğunda birikmiş, basınçlı sıcak su- buhar enerjisi olarak tanımlanan jeotermal enerji ile ilgili ilk araştırmalar 1800'lü yıllarda İtalya'da başlamıştır. Ülkemizde ise 1963 yılında araştırmalara başlanmış ve ilk santral 1984 yılında işletmeye açılmıştır (Kıvanç ve Serpen, 2011).

1.1. Jeotermal Enerji Nedir?

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir (Ertürk, vd., 2006).

Yerkabuğunun derinliklerinde var olan ısı kaynağı, henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir. Yüzeiden kırık ve çatlaklar aracılığı ile derinlere süzülen meteorik sular, bu ısı kaynağı tarafından ısıtıldıktan ve mineralce zenginleştikten sonra yükselirler, yeryüzünün değişik derinliklerinde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve geçirimli hazne kayalarda birikirler. Bu akışkan, kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaşarak termal kaynakları oluşturur ya da sondajlarla çıkartılarak ekonomik kullanıma sunulur. Ayrıca bazı alanlarda bulunan "sıcak kuru kayalar" da, herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteor kaynaklı olduklarından, yeraltındaki haznelere sürekli beslenmekte ve kaynak yenilenebilmektedir. Bu nedenle pratikte, beslenmenin üzerinde kullanma olmadıkça, jeotermal kaynakların tükenmesi söz konusu değildir (Cemek vd., 2005).



Şekil 1.1. İdeal bir jeotermal sisteminin şematik gösterimi (Cemek vd., 2005).

Jeotermal sistem üç ana unsurdan oluşmaktadır:

Isı kaynağı,

- Rezervuar
- Isıyı taşıyan akışkan
- Örtü Kaya (geçirimsiz seviye)

Isı kaynağı yüksek sıcaklıklı (>600 °C) ve yüzeye yakın kısımlara ulaşabilen (5-10 km) magmatik sokulumlar olabileceği gibi, düşük sıcaklıklı sistemlerde de derinlikle birlikte artan normal sıcaklık (jeotermal gradyan -ortalama 2,5-3 °C/100 m) olabilmektedir. Rezervuar ise ısıyı taşıyan sıvının devir-daim edebileceği çatlaklı (permeable) kayalardır. Rezervuarların üzerinde bulunan geçirimsiz seviyeler örtü kayayı oluşturmaktadır. Jeotermal akışkan ise çoğu durumda meteorik sudur ve rezervuarda sıcaklık ve basınca bağlı olarak buhar veya sıvı haldedir. Bu su genellikle bazı kimyasal maddeler ve gazlar (CO₂, H₂S gibi) içermektedir (İmamoğlu, 2009).

Jeotermal enerji düşük (20–700 °C), orta (70–1500 °C) ve yüksek (1500 °C'den yüksek) entalpili (sıcaklıklı) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Yüksek entalpili akışkandan elektrik üretiminde, düşük ve orta entalpili akışkandan ise ısıtıcılıkta yararlanılmaktadır (Demirbaş, 2002).

1.2. Jeotermal Enerji Kaynakları

Genellikle tektonik levha sınırları diye bilinen ve depremlerin sık ve şiddetli olmasıyla veya volkanik faaliyetlerle de tanımlanan bölgelerde, yer kabuğunda kırıklar olduğundan bu bölgeler genellikle jeotermal enerji açısından zengin bölgelerdir. Jeotermal enerji kaynakları şu şekilde sınıflandırılabilir:

(a) Normal ısı gradyanlı sahalar: Jeotermal olarak yüksek ısı akısı gösteren alanların dışındaki alanlardır. Bu alanlarda yaklaşık her 100 metrede sıcaklık 2.5 °C artar. Eğer 150 °C'lik bir sıcaklık elde etmek istiyorsak yaklaşık 5000m derinliğinde kuyu kazılması gerekir. Bu uygulama şu anda ekonomik değildir (Şahin, 2006).

(b) Radyojenik sahalar: Bu tür bölgeler kayaların içerisindeki radyoaktif elementlerin bozulmasıyla ortaya çıkan ısıyla, sıcaklıkları normal ısı gradyanının üzerine çıkmış bölgelerdir. Genellikle granit gibi kaya tabakalarında toplanan bu enerji, granit tabakalarının su geçirgenliği az olduğundan doğal olarak suya aktarılma olasılığı pek yüksek değildir (Şahin, 2006).

(c) Yüksek ısı akışlı bölgeler: Yeraltından yeryüzüne ısı transferi iletim mekanizmasıyla olur. Dünyanın bazı bölgelerinde yerkabuğunun ısıl geçirgenlik katsayısı çok düşük olabilir. Eğer bu yüksek ısı akışı ile bir arada bulunuyorsa sıcaklıklar normal gradyanın üzerine çıkabilir. Örneğin Macaristan'da sıcaklık değişimi 40-75 °C/km civarındadır. Bu değer normal gradyanın yaklaşık üç misli civarındadır. Bu tür yüksek ısı akışlarının oluşmasının sebebi bu bölgelerde yer kabuğunun göreceli olarak ince olması veya kabuğun içine sıkışmış yüzeye yakın bir magma tabakasının olması olabilir (Şahin, 2006).

(d) Basınç altındaki jeotermal sahalar: Bazı sedimentler kaya oluşumlarının arasında sıkışmış fosil su kaynakları bulunabilir. Bu tür su kaynakları basınç olarak normal basınç gradyanının üzerinde değerlere sahip olabilir. Eğer basınç gradyanı metre başına 10.5 kPa değerinin üzerindeyse bu tür alanlara basınç altında jeotermal alanlar adı verilir. Bu tür alanların çekici tarafı genelde basınç, sıcaklık ve metan kaynakları olarak üç enerji kaynağının kullanılmasını sağlayacak bir ortam oluşturmalarıdır (Süren, 2012).

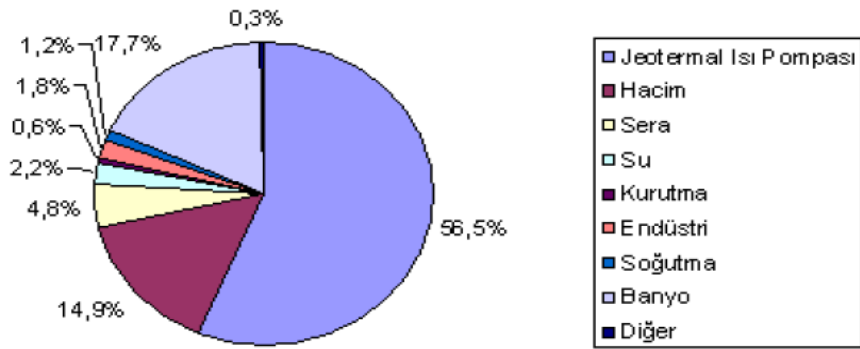
(e) Nokta ısı kaynakları: Bu tür ısı kaynakları en kolay kullanılabilen jeotermal enerji kaynaklarıdır. Termal kaynak, ya yerin içinde oldukça yüksekte bulunan bir magma bölgesi veya çatlaklar boyunca yükselmiş bir magma (ergimiş bazalt) tabakasıdır. Genelde yerin 7-15 km altında bulunur. Bu magmadan direk olarak enerji sağlanması için çalışmalar varsa da eğer çatlaklardan kaynaklanan su sızıntıları magmaya yakın bir bölgede gözenekli kayalar içerisinde bir su rezervuarı oluşturabiliyorsa su, buhar enerjisi elde edilebilmesi için daha elverişli bir kaynak oluşturur (Süren, 2012).

1.3. Dünyada Jeotermal Enerji

Dünyada sıcaklığı yüksek kuşaklar genellikle kıtaların oluşturduğu plaka sınırlarında yer almaktadır. Buralarda depremler ve volkanik hareketler yaygındır. Dünyada jeotermal enerjiden elde edilen elektrik üretimi 8912 MWe, elektrik dışı

kullanım ise 27825 MW'dır. Elektrik enerjisi olarak yıllık üretim 72.6 milyar KWh, 27825 MWt ise, 4.9 milyon konutu ısıtmaya eşdeğerdir. Dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke sıralaması: ABD, Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya şeklindedir. Dünya'da jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke sıralaması ise Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye şeklindedir (Dağıstan, 2006).

Dünya'da, jeotermal ısının % 33'ü ısıtmada, % 15'i kaplıcalarda, % 13'ü balık çiftliklerinde, % 12'si ısı pompalarında, % 12'si seracılıkta, % 10'u endüstride, % 1'i buz eritmede, % 1'i havalandırmada, % 1'i kurutmada, % 3'ünde diğer alanlarda kullanılmaktadır (Dağıstan, 2006).



Şekil 1.2. Jeotermal elektrik dışı uygulamaların dünyadaki kullanım yüzdeleri (Dağıstan, 2006).

Çizelge 1.1. Dünyada elektrik santrali kapasitesi (Bertani, 2007)

Ülkeler	1995 (MW)	2000 (MW)	2005 (MW)	Artış (%)
Avustralya	0,2	0,2	0,2	-
Avusturya	0	0	1	Yeni Giriş
Çin	29	29	28	-
Kosta Rika	55	143	163	14
El Salvador	105	161	151	-
Etopya	0	7	7	-
Fransa	4	4	15	275
Almanya	0	0	0,2	Yeni Giriş
Guatemala	0	33	33	-
İzlanda	050	170	202	19
Endonezya	310	590	797	35
İtalya	632	785	790	1
Japonya	414	547	535	-
Kenya	45	45	127	182
Meksika	753	755	953	16
Y.Zelanda	286	437	435	-
Nikaragua	35	70	77	10
Papua Yeni Gine	0	0	6	Yeni Giriş
Filipinler	1227	1909	1931	-
Portekiz	5	16	16	-
Rusya	11	23	79	244
Tayland	0,3	3,3	0,3	-
Türkiye	17,8	17,8	17,8	-
ABD	2817	2228	2544	3
Toplam	6795	7972	8910	12

1.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Türkiye, Hindistan Plakası ile Avrasya Plakasının çarpışması sonucu oluşan dünyanın en büyük jeotermal kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Kuşağı üzerindedir. 150 km genişliğinde ve 3000 km uzunluğunda olan kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Yunan (Çin), Myanmar (Burma) ve Tayland’ı kapsamaktadır. Dünya jeotermal kaynakları içinde en zengin potansiyele sahip 7. ülke olan Türkiye’de, jeotermal enerjinin kullanım avantajları göz önüne alındığında, kaynakların kullanımının yaygınlaştırılması vazgeçilmezdir. Türkiye’de ilk jeotermal araştırmalar 1960’lı yıllarda MTA tarafından başlatılmış ve günümüze değin yaklaşık %95’i direkt kullanıma uygun olan düşük ve orta entalpili 170 kaynak tespit edilmiştir. Çizelge

1.2.'de Türkiye'deki jeotermal kaynak sıcaklıklarının bölgelere göre oransal dağılımı verilmektedir (Çakar, vd., 2009)

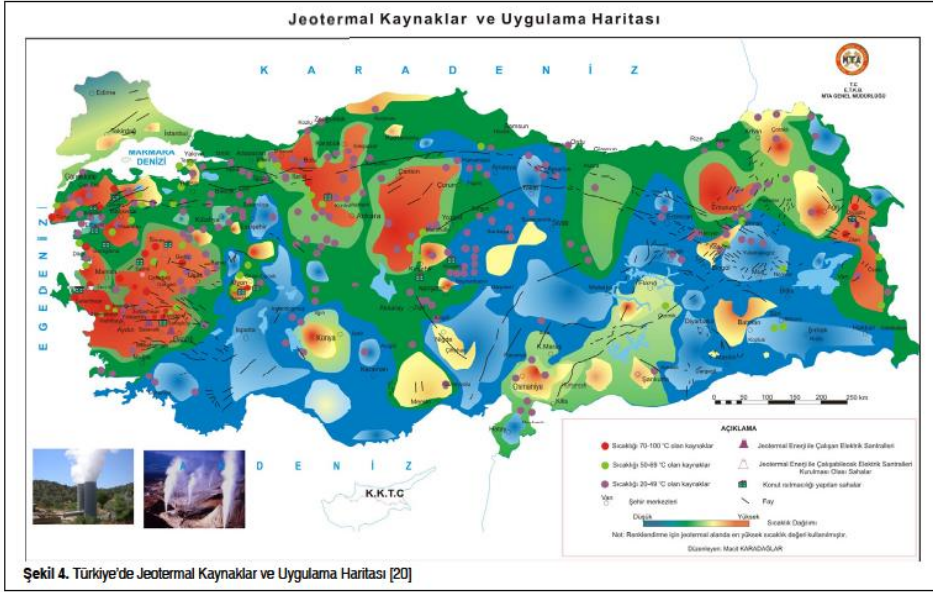
Çizelge 1.2. Türkiye jeotermal sıcaklığının bölgelere göre dağılımı (Özdemir, 2012).

Batı Anadolu		Orta Anadolu	
Pay(%)	Sıcaklık	Pay(%)	Sıcaklık (°C)
1	240-250	5	90-100
2	230-240	4	80-90
2	220-230	4	70-80
5	200-210	4	60-70
11	190-200	17	50-60
5	170-180	34	40-50
2	130-140	32	30-40
7	110-120	Doğu Anadolu	
3	100-110	6	160-170
21	90-100	6	80-90
5	80-90	6	70-80
8	70-80	16	60-70
7	60-70	16	50-60
9	50-60	38	40-50
7	40-50	11	30-40

Ülkemizde ilk doğal buhar, 1963 yılında İzmir Balçova'da yapılan sondajlarla elde edilmiştir. Önceki yıllarda keşfedilen, Afyon-Gecek Ömer jeotermal alanı, 1968 yılında keşfedilen Denizli Kızıldere sahası, Türkiye'nin elektrik üretimine elverişli ilk jeotermal alanlarıdır. 1982 yılında Aydın-Germencik ve Çanakkale-Tuzla sahaları keşfedilmiştir (Özdemir, 2012).

Türkiye'de 40 °C'nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 184 adet jeotermal saha ortaya çıkarılmıştır. Türkiye'deki jeotermal alanların % 94'ü düşük ve orta sıcaklıklı sahalardan oluşmaktadır; sera ısıtması, sera ısıtması ve termal turizm için uygundur. Geriye kalan % 6 oranındaki 13 adet sahadan; Denizli-Kızıldere (242 °C), Aydın-Germencik (232 °C), Manisa-Salihli-Göbekli (182 °C), Çanakkale-Tuzla (174 °C), Aydın-Salavatlı (171 °C), Kütahya-Simav (162 °C), İzmir-Seferihisar (153 °C), Manisa Salihli-Caferbey (150 °C), Aydın-Yılmazköy (142 °C), Aydın-Sultanhisar (146 °C), İzmir-Balçova (137 °C), İzmir-Dikili (130 °C), Manisa-Alaşehir-Kavaklıdere (213 °C) sahaları yüksek sıcaklıklı olup elektrik üretimine uygun

akışkan sıcaklığına sahiptir. Şekil 1.3’de jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası verilmektedir (Özdemir, 2012).



Şekil 1.3. Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası (Özdemir, 2012).

Türkiye’nin jeotermal potansiyeli %77,9’luk pay ile en fazla Ege, İç Anadolu ve Marmara bölgesinde bulunur. Bugüne kadar toplam potansiyelin %13’ü (4.000 MW), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından kullanıma hazırlanmıştır. Yaklaşık elli yıllık bir geçmişe sahip olan MTA, Türkiye’de bugüne kadar 198 jeotermal alan tespit etmiş ve son 12 yılda jeotermal enerjinin doğrudan elektrik üretim amaçlı kullanımı için, 900 sondaj kuyusu açmıştır (Kılıç, 2013).

Çizelge 1.3. Elektrik üretimine uygun jeotermal sahalar (TER, 2009).

Jeotermal Alan	Sıcaklık (°C)	Durum	Potansiyel MW
Denizli-Kızıldere	200-242	Kurulu güç 15 MW olup saha özelleştirildi	85
Aydın-Germencik	200-232	47,4 MW santral işletmede	130
İzmir-Balçova	136	Konut ısıtması ve termal uygulama	5
İzmir-Dikili	130	Sera ısıtması	30
Çanakkale-Tuzla	174	7,5 MW 2009'da işletmeye girdi	80
Aydın-Salavatlı	171	Mevcut 8MW kurulu güce ilave 9,5 MWe inşa aşamasında	65
Kütahya-Simav	162	Konut ısıtması ve termal uygulama	35
İzmir-Seferihisar	153	3,2 MW proje aşamasında, sondajlar devam ediyor	35
Manisa-Salihli-Caferbeyli	150	MTA tarafından ihale edildi	20
Aydın-Sultanhisar	145	MTA tarafından yeniden ihale edilecek	20
Aydın-Yılmazköy	142	MTA tarafından ihale edilecek	20
Aydın-Hıdırbey	143		10
Aydın-Atça	124	MTA tarafından ihale edildi	5
Manisa-Alaşehir-Kavaklıdere	213	MTA tarafından ihale edildi	30
Aydın-Umurlu	155	MTA tarafından ihale edildi	25
Aydın-Nazilli	188	MTA tarafından yeni geliştirilen saha geliştirme çalışmaları sürüyor.	
Toplam		Teknik ve Ekonomik Potansiyel	600

1.4.1. Kızıldere Jeotermal Sahası

Denizli-Kızıldere jeotermal alanı Denizli şehrinin merkezinden 31 km uzakta bulunmaktadır. Kızıldere jeotermal sahası Denizli ile Aydın illeri arasında Büyük Menderes Grabeni'nin batı ucunda yer almaktadır. Aydın ilinin doğusunda yer alan ilçenin güneydoğusu Denizli-Sarayköy, kuzeydoğusu Denizli-Buldan, kuzeybatısı Aydın-Kuyucak ilçeleri ile sınırlanmıştır (Yılmaz, 2013).

İlk üretim kuyusu KD-1, 1968'de tamamlanmış, 540 m derinlikindedir. 198 °C buhar bulunmuştur. 1968-1973 yılları arasında açılan 16 kuyudaki rezervuar sıcaklıkları 170-212 °C arasında değişmektedir. 1975'te KD-13 kuyusundan beslenen 0,5 MW gücünde bir santral MTA tarafından kurulmuş ve elektrik üretimine geçilmiştir. 1998 yılında açılan 2261 m derinlikteki R1 kuyusunda 242 °C rezervuar sıcaklığı tespit edilmiştir. Halen sisteme dahil 22 kuyu bulunmaktadır ve 9 kuyudan buharla elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir. Kızıldere jeotermal alanı yakınında

(batısında) bir turistik termal tesis bulunmaktadır. Bu tesiste konaklama yerleri, sıcak (termal) sulu banyolar vardır (Yılmaz, 2013).

Çizelge 1.4. Kızıldere jeotermal alanında açılan sondajlar (Erkul, 2012).

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)
KD-1	1968	540	203
KD-1A	1968	451	198
KD-2	1968	705	175
KD-3	1969	370	155
KD-4	1969	368	166
KD-111	1969	505	164
KD-6	1970	851	196
KD-9	1970	1241	170
KD-8	1970	576	193
KD-12	1970	405	160
KD-7	1970	645	204
KD-14	1970	597	208
KD-13	1971	760	196
KD-15	1971	510	208
KD-16	1973	667	207
KD-17	1975	350	157
KD-22	1985	888	204
KD-21	1985	898	205
KD-20	1986	810	204
KD-R1	1998	2261	240
KD-R2	1999	1428	204

Denizli-Kızıldere jeotermal alanında elektrik üretiminin yanı sıra kurubuz ve karbondioksit üretimi, seracılık, konut ısıtma, sağlık turizmi ve düşük sıcaklıklardaki su ile buharlaşma derecesi düşük olan izobütanı buharlaştırarak enerji üretimi yapılmaktadır (Erkul 2012).

Buharkent termal turizm alanı ilan edilmiştir. Aydın'ın Buharkent İlçesi'nin "Termal Turizm Merkezi" ilan edilmesine ilişkin Bakanlar Kurulu kararı, 13 Mart 2008 tarihli 26815 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (Yılmaz, 2013).

1.5. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı rezervi, çevreye olumsuz etkisi ve 1970’li yıllardaki petrol krizi; yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasına hız kazandırmış ve mevcut kullanılan sistemlerde enerji tasarrufuna yönelik çalışmalara önem kazandırmıştır. Dünyada jeotermal enerji, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrojen enerjisi ve sanayi tesislerindeki atık enerji gibi ucuz ve kirlilik yaratmayan enerji kaynaklarının kullanımı yönünde araştırmalar hızlanmıştır. Bu nedenle tüm dünyada jeotermal enerji büyük önem kazanmıştır. Bugün bilindiği üzere birçok ülkede jeotermal enerjiden direkt ve dolaylı yollardan faydalanılmaktadır (Süren, 2012).

Jeotermal sahalardan üretilen akışkan, sıcaklık değerlerine göre oldukça geniş bir yelpazede kullanım olanağı sunmaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalardan üretilen akışkan sera, konut, tarımsal kullanımlar gibi ısıtmacılık uygulamasında; yiyecek kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayi, dericilik ve soğutma tesislerinde olmak üzere endüstriyel uygulamalarda ve borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su ve akışkandaki CO₂’den kuru buz elde edilmesi gibi kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklı sahalardan elde edilen akışkandan ise elektrik üretiminin yanısıra entegre olarak diğer alanlarda da yararlanılmaktadır. Şekil 1.4.’de jeotermal enerjinin kullanıma göre dağılımı verilmektedir (TER, 2010).



Şekil 1.4. Jeotermal Alanların Kullanımlarına Göre Dağılımı (TER, 2010).

Doğrudan Kullanım

Jeotermal akışkanın enerjisinin ısıtmada veya sıcak kullanım suyu üretiminde kullanılmasıdır. En büyük ikinci doğrudan kullanım alanı ise sera ısıtması ve termal turizm tesisleridir. Doğrudan kullanım çerçevesinde akışkanın ısısı, endüstriyel proseslerde de kullanılabilir. Jeotermal sistemler, gaz yakıtlı sistemlerden %48, sıvı yakıtlı sistemlerden ise %75 daha verimlidir (Öztemir, 2011).

Dolaylı Kullanım

Elektrik üretimi için değişik buhar çevrimi uygulamaları bulunmaktadır. Suyun hakim olduğu jeotermal sistemlerde üretilen akışkan iki fazlı olduğu için, fazların türbine girmeden önce sıcak sudan ayrılması gerekmektedir (Öztemir, 2011).

Jeotermal aramalarda birincil amaç enerji, “elektrik enerjisi” üretmektir. Bu amacın yanı sıra sıcak su kaynağının veya sondajdan elde edilen akışkanın sıcaklığına bağlı olarak hemen tüm ısıl derecelere sahip jeotermal akışkanı pratikte kullanmak mümkündür. Çizelge 1.5.’de jeotermal enerjinin sıcaklığa göre kullanım alanları Lindal diyagramı ile gösterilmiştir (TER, 2010).

Çizelge 1.5. Lindal Diyagramı (TER, 2010).

Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanları
180	Yüksek derisimli solüsvonların buharlaştırılması
170	Diatomitlerin kurutulması, ağır su ve hidrojen sülfid eldesi
160	Kereste, balık ve benzeri yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer’s metodu ile alimintum eldesi
140	Konservecilik, çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması
130	Şeker endüstrisi, tuz endüstrisi
120	Distilasyon ile temiz su eldesi
110	Çimento kurutmacılığı
100	Organik maddeleri kurutma, yün yıkama ve kurutma
90	Balık kurutma
80	Yer ve sera ısıtmacılığı
70	Soğutma (Alt sıcaklık limiti)
60	Sera, ahır ve kümes ısıtmacılığı
50	Mantar yetiştirme, balneolojik kullanımlar
40	Toprak ısıtma
30	Yüzme havuzları, fermantasyonlar, damıtma ve soğutma
20	Balık çiftlikleri

1.5.1. Isıtma

Sıcaklığı 40 °C'den 150 °C'ye kadar olan jeotermal kaynaklardan ısıtma amaçlı yararlanmak mümkündür. Özellikle merkezi ısıtma sistemi kurulmak suretiyle konutlar, kamu binaları, hatta toplu yerleşim köy konutları, seraların vb ısıtılması mümkündür. Konutların ısıtılmasında hidrotermal kaynaklardan bazı ülkelerde büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Örneğin, İzlanda kentlerinde konutların % 40'tan fazlası hidrotermal enerji ile ısıtılır. Başkent Reykjavik'te bu oran %100'ü bulur (Karakuş ve Çetin, 2003).

Türkiye'de jeotermal ısıtma uygulamaları 1964 yılında Gönen Park Otel'i'nin ısıtılması ile başlamıştır. Balıkesir Gönen'de 1987 yılından beri 16,3 MW kapasiteli ısıtma yapılmakta ve 54 adet deri işletmesinin sıcak proses suyu ihtiyacı buradan karşılanmaktadır. Türkiye'de şu anda 120,000 konut ısıtılması projelendirilmiş ve hala 17,000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. En son yapılan uygulamalar göz önüne alındığında Türkiye'de işletmeye alınmış merkezi ısıtma sistemleri ile termal tesis ısıtmalarının toplam kapasitesi 140 MW, inşaat halinde olanların kapasitesi 90,4 MW ve fizibilite çalışmaları tamamlanmış olan projelerin kapasitesi ise 633,56 MW düzeyindedir (Karakuş ve Çetin, 2003). Çizelge 1.6.'da konut ısıtmacılığı yapılan jeotermal sahalar sıcaklıkları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 1.6. Konut ısıtmacılığı yapılan jeotermal sahalar (Anonim, 2015)a.

Yer	İli	Kaynak Sıcaklığı (°C)	Kuruluş Tarihi	Bölge Gidiş/Dönüş Sıcaklığı (°C)	Konut sayısı
Gönen	Balıkesir	80	1987	-	3400
Simav	Kütahya	120	1991	65/50	3200
Kırşehir		54-57	1994	48/42	1800
Kızılcahamam	Ankara	80	1995	-	2500
Balçova	İzmir	115	1996	85/60	10000
Kozaklı	Nevşehir	90	1996	-	1000
Afyon		95	1996	60/45	4500
Sandıklı	Afyon	70	1998	70/40	1600
Diyadin	Ağrı	70	1999	-	400

Seraların ısıtılması ile turfanda meyvecilik, sebzeçilik, çiçekçilik yapılmaktadır. Özellikle İtalya, ABD, Japonya, Yeni Zelanda, Rusya ve İzlanda gibi ülkelerde seraların ısıtılmasında jeotermal enerji kullanılmaktadır. Ülkemizde ise yüksek jeotermal enerji potansiyeline rağmen bu yönde yapılan uygulamaları pek az rastlanılmaktadır. (Karakuş ve Çetin, 2003).

Dünyada 10 Bin dönüm, Türkiye’de ise 635 dönüm jeotermal sera vardır. Şanlıurfa’da ki 106 dönümlük jeotermal seradan Avrupa’ya ihracat yapılmaktadır. Seraların jeotermal ile ısıtılmasının avantajları vardır. Bunlar;

- Jeotermal ısıtma, verimi %50-60 artırmaktadır.
- Sera atmosferine jeotermal karbondioksit verilmesi verimi % 40 artırmaktadır (fotosenteze destek karbondioksit gübrelemesi).

Sera içi sıcaklık döllenme için gereken sıcaklığın üstünde olmakta bu da verimi artırmaktadır. Bu sayede gerekli havalandırma yapılabilmekte ve sera içi rutubet yükselmekte ve bundan kaynaklanabilecek hastalıklar oluşmamaktadır. Bu, Avrupa Birliği’nin ve Uluslararası Gıda/Sağlık örgütlerinin istediği bir koşuldur (Çetin, 2014).

1.5.2. Kaplıca ve İçme Suyu Olarak Kullanımı

Suları fazla sıcak olmayan jeotermal kaynaklar tarihin ilk çağlarından bu zamana kadar insanların şifa aradığı çeşitli hastalıkların tedavisinde kullandıkları bir kaynak olmuştur. Gerçekten de bu tür sular içerisinde çözülmüş halde mineral madde, tuz ve insan vücudunun ihtiyacı olan bir takım eriyikler bulunduğu için önemlidir. Tarihi zamanlardan beri romatizma, bazı cilt ve iç hastalıkların tedavisinde kullanılan bu tür kaynakların büyük ekonomik değeri vardır (Karakuş ve Çetin, 2003).

Ülkemizin termal suları, hem debi ve sıcaklıkları, hem de çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri ile Avrupa'daki termal sulardan çok daha üstün nitelikler taşımaktadır. Termal sularımız doğal çıkışlı ve bol su verimli, eriyik maden değeri yüksek, kükürt, radon ve tuz bakımından zengindir. Ülkemiz sıcaklıkları 20 °C'nin üzerinde debileri ise 2–500 lt/sn arasında değişebilen 1500'den fazla kaynağa sahiptir. Ülkemizde ortalama 7 milyon kişi kaplıcalardan faydalanmaktadır. Kaplıca tedavisi, şifalı su uygulanarak insanları tedavi etmektir. Fizyoterapinin bir

bölümünü oluşturur. Eski çağlardan beri bilinen bir tedavi yöntemidir. Romalılar, Yunanlılar, Bizanslar, Osmanlı gibi birçok uygarlıkta kaplıcaların faydaları bilinmekteydi (Fırat Kalkınma Ajansı, 2011).

Avrupa'da birçok tedavi edici kaplıca merkezi mevcuttur. Bunların çoğu, özellikle, Almanya, Fransa, İsviçre, İtalya, Yunanistan, Rusya, Macaristan ve Çek Cumhuriyeti gibi ülkelerdedir. Yine Akdeniz ülkeleri olan Tunus, Fas ve Kıbrıs'ta da kaplıca merkezleri bulunmaktadır (Fırat Kalkınma Ajansı, 2011).

Denizli ilinde kaplıca turizmi önemli yer tutmaktadır. Bunların başında sıcak sular, çamur banyosu ve kaplıca amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. İl sınırları içinde Sarayköy Tekke hamamları, Buldan Yenice hamamları, Merkez Karahayıt - Pamukkale, Çardak Beylerli kaplıcaları bulunmaktadır. Karahayıt yaklaşık 8.000 yatak kapasitesi ile en önemli termal tedavi merkezidir. İlde dokuz adet sağlık bakanlığından belgeli kaplıca bulunmaktadır. Bunlardan 5 tanesi turizm bakanlığından belgelidir (Hasdemir vd., 2014).

1.5.3. Endüstriyel Uygulamalar

Sıcaklığına ve içerdiği erimiş maddelere bağlı olarak; gıda maddelerinin kurutulması ve sterilize edilmesinde, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayiinde, derilerin kurutulmasında ve işlenmesinde, şeker ve süt fabrikalarında, soğutma tesislerinde, kağıt ve dokuma sanayiinde jeotermal akışkandan yararlanılmaktadır (Çobanoğlu, 1997).

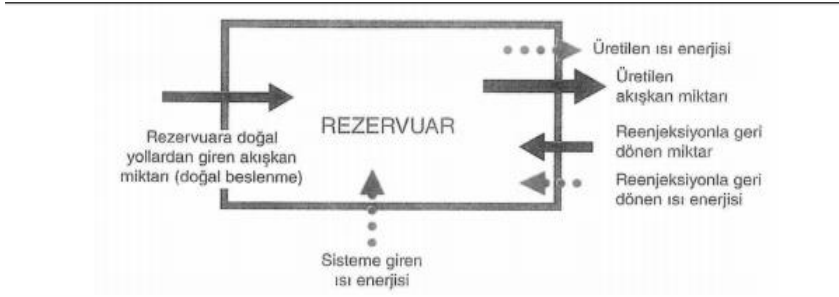
1.5.4. Kimyasal Madde Üretimi

Jeotermal akışkan borik asit, amonyum bikarbonat, amonyum sülfat, potasyum klorür vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde (İtalya, ABD, Japonya, Filipinler, Meksika) ve jeotermal akışkandaki karbondioksitten kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır (Çobanoğlu, 1997).

1.5.5. Elektrik Üretimi

Jeotermal kaynakların elektrik üretiminde kullanılması 1904 yıllarında başlamış ise de artan gelişmeler neticesinde 1980'li yıllarda üretim kapasitesi artırılmış gelişen teknoloji ve malzeme teknikleri ile kapasitenin 12000 MW sınırlarına ulaşmıştır. Bu hızlı artışın en büyük sebeplerinden biri jeotermal enerjinin çevre

dostu olmasıdır. Rezervuarlar akışkan ve kayaktan oluşmaktadır. Başlangıçta akışkan ve kayacın sıcaklıkları eşittir. Hacim olarak ancak % 3-5'i akışkandır. Geri kalan kayaktır. Burada üretilen çoğunlukla “ısı enerjisidir”. Jeotermal saha işletmesi özünde bir ısı madenciliğidir. Oysa jeotermal rezervuarlardaki enerjinin sadece %15 kadarı akışkandır. Geri kalan ise kayada depolanmaktadır. Bu durumda kullanılan ve nispeten soğumuş suların tekrar rezervuarlara basılıp kayaktan ısı soğurularak yeniden üretimi için en iyi yöntemdir. Şekil 1.5.'de bir jeotermal sisteme giren ve çıkan ısı ve akışkan dengesi gösterilmektedir (Öztemir, 2011).



Şekil 1.5. Bir jeotermal sisteme giren ve çıkan ısı ve akışkan dengesi (Öztemir, 2011).

Kullanılan suların uygun bir şekilde jeotermal sisteme geri verilmesine “geri basım” denir. Geri basımın gerekçesi olarak çok sayıda neden sıralanabilir, en önemli üç tanesi şunlardır:

- Çevre kirlenmesini önlemek
- Rezervuar basıncını korumak
- Daha çok ısı enerjisi üretmek.

Eğer kullanılan sular doğaya salınırsa, içinde bulunan kimyasal maddeler, toprağa ve tatlı suları kirletir. Diğer taraftan rezervuardaki akışkan kütlesi azalacak ve rezerv düşecektir (Öztemir, 2011).

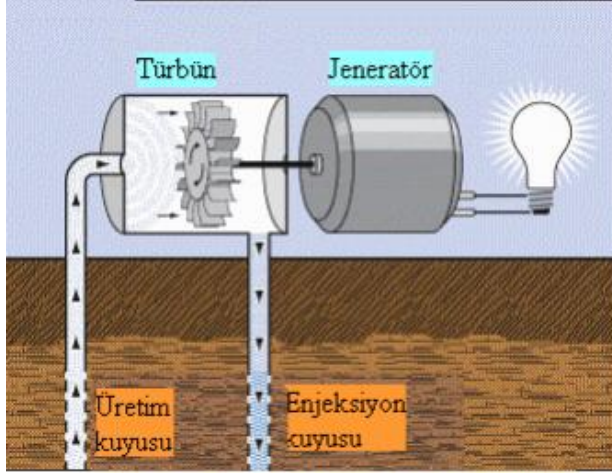
Hazne sıcaklığı 200 °C ve daha fazla olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak günden güne gelişmekte olan yeni teknolojilere göre 150 °C'ye kadar düşük hazne çıkışlı akışkandan da elektrik üretilebilmektedir. Son

yıllarda geliştirilen ve ikili (binary) çevrim olarak adlandırılan bir sistemle, buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan vb.) kullanılarak $70^{\circ}\text{C} < T < 80^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıktaki suların elektrik üretilebilmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk olarak 1904 yılında İtalya'da olmuştur. Jeotermal akışkandan elektrik üretimi başta A.B.D. ve İtalya' da olmak üzere Japonya Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İrlanda, Filipinler, Endonezya, Türkiye vd. ülkelerde yapılmaktadır. Dünyada halen kurulu gücü 8.912 MW (2005 yılı verileri ile) olan jeotermal enerjiden elektrik üretimi gün geçtikçe artmaktadır (Sümer ve Kuzgun, 2009).

Çıkarılan jeotermal akışkanın haline bağlı olarak elektrik üretimi için farklı çevrimler kullanılır. Türbinin bir enerji kaynağını, dönüş hareketine çevirmesi için buhar kullanılır. Anılan buharın direkt rezervuarlardan gelen akışkan olması durumu ya da kullanılan akışkanın farklı olması durumuna göre elektrik santralleri üçe ayrılır. Kullanılan ikili akışkanın kaynama noktası daha düşük olduğu için kısmen düşük sıcaklıktaki rezervuarlarda kullanılabilir. (Rezervuarlarda en düşük sıcaklık 150°C üzerinde olması tavsiye edilir). Bu durumda ısı değiştiriciler birinci akışkan ile ikili akışkan arasında ısı transferini sağlarlar. Sistemler;

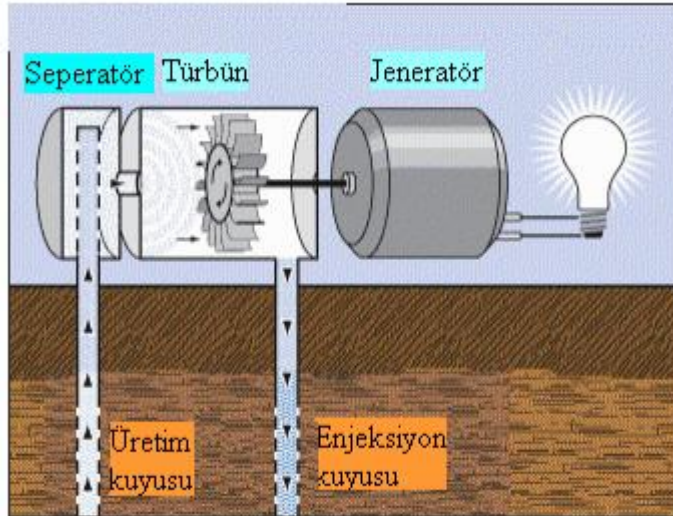
- Kuru Buhar Santralleri (Direkt Buhar)
- Flaş Buhar Santralleri
- İkili Akışkan (Binary cycle) şeklindedir (Öztemir, 2011).

1- Kuru buhar santralleri; türbünü döndürmek için kuyudan üretilen kuru buhar direkt olarak kullanılır. Şekil 1.6'da kuru buhar santralindeki düzenek gösterilmektedir (Çetin, 2014).



Şekil 1.6. Kuru buhar santralleri (Çetin, 2014).

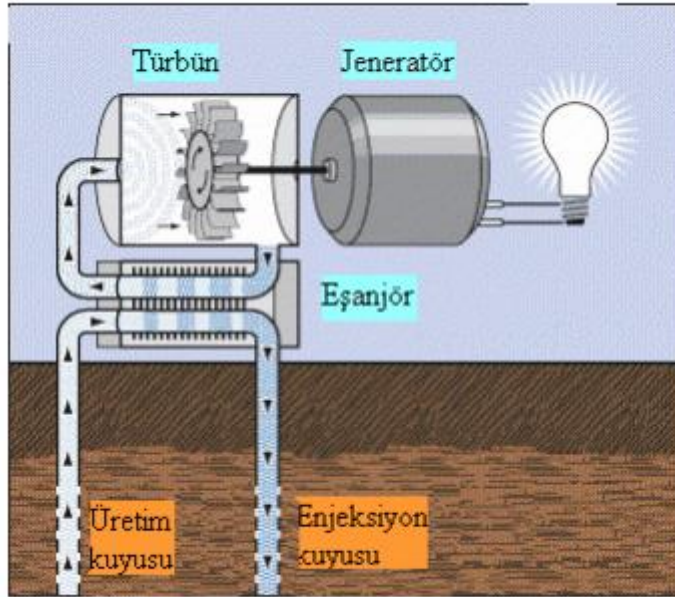
2- Flaş buhar santralleri; yüksek basınçla kuyudan gelen akışkan düşük basınçlı separatörlerde su ve buhar olarak ayrılır ve ayrıştırılan buhar ile türbünün döndürülmesi sağlanır Şekil 1.7.'de flaş buhar santralindeki düzenek gösterilmektedir (Çetin, 2014).



Şekil 1.7. Flaş buhar santralleri (Çetin, 2014).

3- İkili Akışkan: Jeotermal akışkanın sıcaklığından faydalanılarak sudan daha az buharlaşma sıcaklığına sahip akışkan eşanjörde (heat-exchanger) buharlaştırılır ve

buharlaşan bu akışkan ile türbünün döndürülmesi sağlanmaktadır. Son yıllarda buharlaşma noktaları düşük gazlar kullanılarak 80°C'ye kadar sıcaklıktaki akışkanlardan elektrik üretilebilmektedir Şekil 1.8.'de Binary cycle düzeneği gösterilmiştir (Kaymakçıoğlu ve Kayabaşı, 2010).



Şekil 1.8. Binary cycle (Çetin, 2014).

Jeotermal akışkandan elektrik üretimi başta ABD ve İtalya' da olmak üzere Japonya, Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İrlanda, Filipinler, Endonezya, Türkiye v.s. ülkelerde yapılmaktadır (KSO, 2012).

Ülkemizdeki jeotermal kaynakların çoğunluğu düşük-orta entalpili gruba girmektedir. Bu nedenle, bu jeotermal sistemlerden elektrik enerjisi elde etmek için binary çevrimlerinin kullanılması esastır. Bu sistemlerden hangisinin seçileceği konusu, önce kaynağa uygunluk ve daha sonra da yapılacak ekonomik çalışmalarla belirlenmektedir. Diğer yandan, yüksek entalpili jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi elde edilmesi söz konusu olduğunda, verimi daha yüksek olan radyal iç akışlı türbünlere yönelim kaynak kullanma verimini de arttıracaktır. Yüksek entalpili kaynakların klasik buhar çevrimleriyle değerlendirilmesi gerektiğinde, mutlaka santral optimizasyonuna gidilmesi gerekmektedir. Bu yolla yine kaynak kullanım verimi arttırılacaktır. Jeotermal

sahalarda akışkan üretimi için, eğer su seviyeleri çok düşük değilse, 130 °C'ye kadar yerli imalat şaftlı pompalar kullanılabilir. Ancak, su seviyelerinin üretimle çok düşmesi ve yüksek sıcaklıkların bulunması durumunda, elektrikli dalgıç pompaların kullanılmaya başlanması gerekmektedir. Bu pompaların kullanımı, özellikle daha önce teknik nedenlerle kurulamayan binary santrallerin yaygınlaşmasına ve elektrik enerjisi elde edilen jeotermal sistemlerinin artmasına, dışarıdan ithal edilen enerji kaynakları yerine yerli kaynakların kullanılmasına yol açacaktır. Çizelge 1.7.'de jeotermal enerjiyi elektrik üretiminde kullanan ülkeler ve kurulu güçleri gösterilmektedir (Kaymakçı ve Kayabaşı, 2010).

Çizelge 1.7. Jeotermal enerjiyi elektrik üretiminde kullanan ülkeler ve kurulu gücü (Kaymakçı ve Kayabaşı, 2010).

ÜLKE	2005 (MWe)
ABD	2544,0
Almanya	0,2
Avustralya	0,2
Avusturya	1,0
Çin	28,0
Kosta Rica	163,0
El Salvador	151,0
Endonezya	797,0
Etiyopya	7,0
Fransa	15,0
Guatemala	33,0
İzlanda	202,0
İtalya	790,0
Japonya	535,0
Kenya	127,0
Meksika	953,0
Nicaragua	77,0
Papua Yeni Gine	6,0
Filipinler	1931,0
Portekiz	16,0
Rusya	79,0
Tayland	0,3
Türkiye	20,0
Yeni Zelanda	435,0

1.6. Jeotermal Enerjinin Avantajları

Jeotermal enerjisinin verimi çok yüksektir ve doğrudan elde edilebildiği için maliyeti düşük, iyi, yenilenebilir, kesintisiz, çevreyle dost, yerli bir güç kaynağıdır. Jeotermal enerjiden elde edilen birim güç maliyeti, hidroelektrik dışında termik ve diğer santrallerden elde edilene göre çok daha ucuzdur. Termik santrallere göre çok daha az çevre sorununa yol açmaktadır. Reenjeksiyon uygulamalarının giderek gelişmesiyle çevre sorunları azalmaktadır. Son yıllarda geliştirilen yeni teknolojilerle daha düşük sıcaklıktaki alanlarda da elektrik üretimi mümkün olmakta ve santral çevrim verimleri arttırılarak birim enerji maliyeti daha da azalmaktadır. Jeotermal enerji birden fazla amaçla aynı anda kullanılabilir. Jeotermal enerji kullanımı sonucunda, dünyada fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanımı sonucu oluşan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atmosfere atımı nedeniyle meydana gelen zararlı etkiler azalmaktadır. Maliyeti, elektrik üretimi ya da ısıtma amacıyla kullanılan diğer enerji kaynaklarından daha ucuzdur (MEB, 2012).

1.7. Jeotermal Suların Genel Özellikleri

Jeotermal sular geçtikleri ortam boyunca kayalarla temas ederek sahip oldukları sıcaklıktan dolayı bazı maddeleri çözer ve kendileri ile birlikte taşırlar. Sıcak su, buhar ve gazlardan oluşan jeotermal akışkan içerisindeki çözünmüş maddelerin yoğunluğu, su-kayaç ilişkisi, süresi ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bir jeotermal sahadaki jeotermal akışkanın doğadaki hareketi, türü, kökeni, yaşı, beslenme yüksekliği ve diğer sularla karışım oranları, termal su kimyası ile açıklanabilir. Jeotermal suların çevreye verildiği durumlarda içerdikleri zararlı maddelerden dolayı hava-su-toprakta oluşturacağı çevresel etkilerin belirlenmesi ve böylece kontrol edilebilmesi için de termal suların kimyasal analizleri önemlidir. Bu maddelerin zararlı etkilerinin belirlenmesi ve gerekirse kontrolü, doğru analiz yöntemlerine başvurulmasını gerektirmektedir (Aslan, 2010).

Jeotermal suların bulunduğu ortamlarda su-kayaç ilişkisi ve oluşacak reaksiyon hızı sıcaklığın bir fonksiyonudur. Sıcaklık, genellikle reaksiyon hızını artırıcı yönde etki eder. Ortam sıcaklığındaki her 10°C'lik artış, reaksiyon hızını 2-3 kat artırır. Bu nedenle 200°C sıcaklığa sahip bir ortamda gerçekleşen reaksiyonun hızı, 20 °C sıcaklığa sahip diğer bir ortama göre 10^2 - 10^3 kat daha hızlıdır. (Aslan, 2010).

Yapılan çalışmalar sonucu ortaya konulan jeotermik kimyasal analiz sonuçlarında ise, jeotermal akışkanların yüksek oranlarda çözülmüş halde sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), klorür (Cl⁻), azot (N₂), hidrojen (H), cıva (Hg), bikarbonat (HCO₃), hidrojen sülfür (H₂S), sülfat (SO₄²⁻), silisyum dioksit (SiO₂), amonyum (NH₄⁺), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), potasyum (K), florür (F⁻), demir (Fe), bor (B), lityum (Li), bakır (Cu), radon (Rn), mangan (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb), arsenik (As), çinko (Zn), karbonat (CO₃²⁻) gibi kimyasal maddeler ve zengin mineral tuzlar içerdikleri belirtilmektedir (Aslan, 2010).

1.7.1. Nötr Bileşikler

Jeotermal sularda yüksek derişimlerde silika, arsenik ve bor bileşikleri bulunur. Silika derişimi genellikle 100-300 ppm arasında değişir. Bu değer silisyum minerallerinin ortamda çözünlmesine bağlı olarak 700 ppm'e kadar çıkabilir. Çözünen silika ortam koşullarına bağlı olarak kuvars, kristobalit, kalsedon, opal veya amorf formda olabilir. Arsenik, arsenoik asit (H₃AsO₃) veya arsenik asit (H₃AsO₄) formunda bulunur ve pirit, arsenopirit, demir, bakırlı ve fosfatlı kayaların oksidasyonundan sıcak sulara kolaylıkla geçer. Bu nedenle bazı yörelerdeki sıcak sularda arsenik, içme suyu standartlarının üzerinde değerler verir. Arsenik içeriğinin, içme ve kullanma sularında standartların üzerinde olması ekosistemde yaşıyan canlılar için zehirleyici etki yapar (Aslan, 2010).

1.7.2. Katyonlar

Jeotermal sularda Na⁺, K⁺ gibi alkaliler, Li⁺, Rb⁺, Cs⁺ gibi nadir alkaliler, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ gibi toprak alkaliler, Al³⁺ ve Fe²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ gibi geçiş elementleri görölmektedir (Aslan, 2010).

Sodyum ve potasyum, jeokimya değerlendirmelerinde çok karşılaşılan katyonlardır; jeotermal sulardaki Na⁺/K⁺ oranları fazla değişmediğinden jeotermometre uygulamalarında sıkça kullanılırlar. Sıcak sularda Na⁺/K⁺ oranı 10'dan büyüktür. Na⁺ derişimi 200-2000 ppm arasında değişir. Na⁺/K⁺ oranının 15'e yakın ve küçük olması, akışkanın yeryüzüne çıkış hızının yüksek olduğu yukarı akış (up flow) bölgesini gösterir. Daha yüksek değerler ise yanak akışları ve yüzeye yakın kondüktif soğumayı belirtmektedir. Ender alkali elementlerden Li⁺, Rb⁺, Cs⁺ derişimleri yüzeye yaklaştıkça azalmaktadır. Termal sulardaki tipik derişimleri Li⁺<20 ppm, Rb⁺<2 ppm, Cs⁺<2 ppm'dir. Jeotermal sulardaki Ca²⁺

derişimi, doğada yaygın olarak gözlenen CaCO_3 (kalsit, aragonit), CaSO_4 (anhidrit, jips), CaF_2 (florit) ve diğer kalsiyum minerallerinin ortamdaki çözünürlüğü ile ilgilidir. CO_2 gazının kısmi basıncı CaCO_3 'ün çözünürlüğü ve çökmesini etkiler. Ortam basıncı CO_2 'in kısmi buhar basıncının altına düşerse, serbest kalan CO_2 açığa çıkar ve ortamdaki CaCO_3 çöker. Yüksek sıcaklığa sahip sistemlerde, sıcak su içerisinde çözülmüş Ca^{2+} derişimi genellikle 50 ppm'den küçüktür. $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ oranı jeotermometre olarak da kullanılır. Yüksek değerlerin doğrudan rezervuardan beslenmeyi gösterdiği kabul edilmektedir. Sulardaki Mg^{2+} derişimi, suyun içinden geçtiği başta ferromagnezyen mineraller içeren ultra bazik kayalar olmak üzere dolomitin çözünürlüğü ile ilgilidir. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sularda Mg derişimi 0.01-0.1 ppm arasındadır. Daha yüksek derişimler yüzeye yakın kayalardan ya da sığ sulardan oluşan karışımı göstermektedir (Aslan, 2010).

1.7.3. Anyonlar

Jeotermal sularda HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Br^- ve I^- bulunmaktadır. Bikarbonat derişimi, jeotermal sulardaki toplam karbonat (CO_2 , H_2CO_3^* , HCO_3^- , CO_3^{2-}) derişimi, akışkanın pH'sı ve karbondioksit gazının kısmi basıncı ile değişir. Karbon dioksit ile bikarbonat ve karbonat iyonlarının su kimyası üzerinde büyük etkisi vardır. Bu türlerin birbirine oranı suyun pH'sını tamponlayabileceği gibi, özellikle karbonat birçok mineralin çökmesine neden olabilir. Doğrudan beslenen sistemlerde HCO_3^- derişimi azdır. $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ oranının artmasının sıcaklık yükselimi zonundan uzaklaşmayı gösterdiği belirtilmektedir. Derin jeotermal sularda sülfat miktarı 50 ppm'den azdır. Yüzeye yakın yerlerde hidrojen sülfürün yükseltgenmesi ile artış gösterir. Yüzey sularındaki sülfat artışı yüzeye yakın bölgelerde buhar yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Klorür, bir kez çözüldükten sonra başka minerallerin bünyesine kolay girmemesi nedeniyle doğrudan jeotermal suyu karakterize eder. Yüksek derişim doğrudan, derinden ve yüksek debili bir beslenmeyi gösterir. Eş klorür haritaları yüksek sıcaklık bölgelerinin ve fay sistemlerinin bulunmasında kullanılır. Düşük klorür derişimi yüzey sularının giriş doğrultularını belirtir. Jeotermal sularda florür miktarı genellikle 10 ppm'den daha azdır. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sularda, CO_2 kısmi basıncının etkisiyle Ca çökerken, çok miktarda açığa çıkmadığı sürece florür derişimi düşüktür. Volkanik gazların yoğunlaşması sonucu yüzey sularında miktarı artar. Bromür, jeotermal sularda çok az bulunur. Sadece deniz suyu girişimi olan ya da denizden beslenen sistemlerde ölçülebilecek seviyededir. Br^-/Cl^- , Br^-/I^-

oranları deniz suyu karışımını gösterir. İyot, yüzeye yakın organik maddelerce zengin sedimanter kayalardan jeotermal sistemlere geçer (Aslan, 2010).

1.8. Jeotermal Akışkanların Oluşturabileceği Bazı Çevresel Problemler

Çağımızın en önemli gerekliliklerinden biri, doğal enerji kaynaklarının çevre kirliliğine neden olmadan, verimli şekilde kullanılmasıdır. Enerji kullanımı ve üretimi ile hava kirliliği arasındaki ilişki tartışılmayacak kadar açıktır. Hava kirliticileri havanın doğal bileşimini değiştiren is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki kimyasal maddelerdir. Bu kirlilik yerel ve hükümetlere ait bütün kuruluşları organik yakıt kullanımına karşı alternatif enerji kaynaklarını aramaya zorlayacak boyutlardadır. Her ne amaçla olursa olsun organik yakıtların kullanımından kaynaklanan hava kirliliği, kabul edilebilir sınırların çok üzerindedir (Kurunç ve Karaman, 2004).

Jeotermal alanlardaki akışkanların yüksek oranlarda çözünmüş madde içermeleri yüzey ve yeraltı suların kirlenmesi gibi önemli çevresel problemlere yol açabilir. Türkiye'deki jeotermal alanlarda (özellikle Batı Anadolu jeotermal alanlarında) bazı sularda bulunan yüksek derişimli iyonlar bazı durumlarda soğuk yüzey veya yeraltı sularına karışarak, özellikle tarım alanlarında önemli üretim kaybına yol açmaktadır. Arsenik ve benzeri bazı zehirleyici elementlerin de jeotermal sularda yüksek olma olasılıkları bulunmaktadır. (Tarcan, 2002).

Özellikle eski tip jeotermal santrallerde uygun planlama ve tasarımların yapılmaması durumunda, çekilen akışkanın debisine ve bileşimlerine bağlı olarak jeotermal enerjinin kullanımı bazı çevre sorunlarına yol açmaktadır (Kurunç ve Karaman, 2004). Bunlar:

- (i) Bitki ve hayvanlar üzerinde olabilecek ekolojik olumsuz etkiler,
- (ii) Sülfürik asit (H_2SO_4), radon ve yoğunlaşmayan diğer gazlar nedeniyle hava kalitesi üzerine olan olumsuz etkiler,
- (iii) Sondaj kuyularının açılması sırasında meydana gelen gürültü kirliliği,
- (iv) Hatalı atık sistemi tasarımları sonucunda yüzey sularının kirlenmesi,
- (v) Arazi kullanımı üzerine olabilecek olumsuz etkiler,

(vi) Sismik aktiviteleri teşvik edecek doğrultudaki olumsuz etkiler,

(vii) Yeryüzüne çekilen jeotermal akışkanın su kaynakları ve ılıcalar üzerine olabilecek olumsuz etkileri,

(viii) Arkeolojik ve kültürel kaynaklar üzerine olabilecek potansiyel olumsuz etkiler,

(ix) Mevcut ekonomik, nüfus ve toplumsal yapı üzerine olabilecek olumsuz etkiler olarak sıralanmaktadır. Bu sorunlar arasında tarımsal açıdan en önemlisi hava, su ve toprak kirlenmesidir (Karahana ve Kumsar, 1994).

Jeotermal kuyuların çevre üzerine diğer bir fiziksel etkisi de gürültüdür. Kuyularda çalışılırken gürültü 120 dB'i aşabilir. Bu gürültü düzeyi, susturucu olarak adlandırılan atmosferik seperatörlerle 85 dB'e indirilebilir. Kuru buhar kuyularında ise gürültünün azaltılması çok daha zordur (Kurunç ve Karaman, 2004).

1.8.1. Metallerin Etkileri

Ağır metal, periyodik cetvelin 3 ve daha yüksek periyotlarında yer alan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir terimdir. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Bu grupta yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten daha yüksek metaller bulunur. Ağır metal tanımı daha çok çevresel problemler olduğunda ortaya çıkmakta ve 'nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük derişimlerde bile toksik veya zehirleyici olan metal' olarak tarif edilmektedir. Bu grubun içine başta kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60'dan fazla metal girmektedir. Bu elementler yer kürede genellikle karbonat, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunurlar (Özkul, 2013).

1.8.1.1. Çinko

Toprakta bulunan çinko fazlalığı bitkilere ve mikroorganizmalara toksik etki yapar. İnsanlarda besin yoluyla alınan çinko fazlası kronik çinko zehirlenmesine yol açar. Aynı zamanda insanlarda anemi, mide krampları, HDL (High Density Lipoprotein) oranında azalma, pankreas ve böbreklerde hasara sebep olmaktadır (Özkul, 2013).

Çinko endüstride kullanılan ağır metallerin başında gelir. Paslanmaya karşı demirin galvanize edilmesi, çelik üretimi ve çeşitli alaşımların yapımı çinko ile yapılmaktadır. Çinko ham maddeleri genel olarak Cd, Sn, Cu gibi diğer ağır metallerde içerir. Bunlar toprağa ulaşarak birikirler (Elmacı, 1995).

Toprakların çinko düzeyleri, toprak ana maddesi ile ilgilidir. Çeşitli kaynaklara göre; topraktaki çinko miktarları 40-990 ppm arasındadır ve toprak pH'ı 5.5'in altına düştüğünde Zn hareketliliği artar (Elmacı, 1995).

Çinko bitki besin maddesi gibi davranır ve birçok metabolik reaksiyonda önemli rol oynar. Protein ve karbonhidrat sentezine katılması, enzim aktivasyonu, fotosentez, solunum ve biyolojik membran stabilitesi üzerine etkilidir. Bu nedenle üretilen ürün miktarı ve kalitesini direkt olarak etkilemektedir (Hosseini ve Poorakbar, 2013).

Topraklardaki toplam Zn derişimi 10-300 ppm, bitkiler tarafından alınabilir Zn derişimi 3.6-5.5 ppm arasında değişmektedir. Bitkilerdeki Zn derişimleri normal bitkilerde 5-100 ppm arasındadır. Görülen toksisiteler genellikle 400 ppm'den sonra başlamaktadır (Asri ve Sönmez, 2006).

Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler inceler, genç yapraklar kıvrılır ve kloroz görülür, hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır (Öz, 2012).

1.8.1.2. Kadmiyum

Kadmiyum elektrik, seramik, pil ve akü sanayisinde kullanım alanları yaygın olan kanserojen, toksik bir ağır metaldir. Kadmiyum, özellikle çinko ve çeşitli elementlerle birlikte bulunmanın yanı sıra endüstride; elektrolizle kaplama ve galvanizleme proseslerinde, boya pigmenti ve plastiklerde, nikel-kadmiyum pillerinde, seramik ve cam yapımında kullanılmaktadır (Özkul, 2013).

Bu metal insan, hayvan ve bitkiler için toksik etkili bir elementtir. Bitki bünyesinde azot ve karbonhidrat metabolizmalarını değiştirmesi nedeniyle birçok fizyolojik değişikliğe neden olmaktadır. Proteinlerin yapısındaki -SH gruplarındaki enzimleri inaktive etmekte, fotosentezi engellemekte, stomaların kapanmasına, transpirasyon ile su kaybının azalmasına ve klorofil biyosentezinin bozulmasına neden olmaktadır (Asri ve Sönmez, 2006).

Aşırı kadmiyum dozlarının klorofil biyosentezini bozmasının en önemli nedeni klorofil biyosentezinde görev yapan protoklorofil reduktaz ile amino levulinik asit sentezini engellemesidir. Ayrıca ağır metallerin serbest radikal oluşumuna yol açtığı ve bu yolla tilakoid membran lipitlerinin oksidatif yıkımına neden olduğu, bu gibi durumlarda ise klorofil yıkımının arttığı ve sentezinin engellendiği bilinmektedir. Çizelge 1.8.'de farklı nitelikteki materyallerin kadmiyum içerikleri gösterilmiştir (Asri ve Sönmez, 2006).

Çizelge 1.8. Farklı nitelikteki materyallerin kadmiyum içerikleri (Asri ve Sönmez, 2006).

Materyalin Cinsi	Cd Kapsamları (ppm)
Kömür	1-2
Motor Yağları	0.0
Taşıt Lastikleri	20-90
Süper Fosfat	38-48
Ham Fosfatlar	31-90
Yer Kabuğu (ort.)	0.18
Kirlenmemiş Topraklar	1
Kirlenmiş Topraklar	1-53

1.8.1.3. Bakır

Bakır, yer kabuğundaki kayalarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür ve karbonat mineralleri halinde bulunur. Bununla birlikte bakır minerallerinin çözünürlükleri çok düşük olduğundan, sulardaki bakırın çok az bir kısmı doğal kökenlidir (Özel, 2010).

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre ise pH> 6 olan topraklarda Cu elementi açısından sınır değeri 140 ppm olarak açıklanmıştır (Özkuş, 2013).

Kloroplastlarda bakır derişimleri, oransal olarak daha yüksektir. Araştırmacılar, yapraklardaki toplam bakırın yaklaşık % 70'nin kloroplastlarda bulunduğunu saptamıştır. Bakır noksanlığı olan bitkide protein sentezi bozulmakta ve çözünebilir amino-N bileşiklerinde bir artış veya birikim oluşmaktadır. Bakırın toprak parçacıklarına çok kuvvetli bir şekilde bağlanması nedeniyle bitkilerde bakır zehirlenmesine pek rastlanmaz. (Elmacı, 1995).

Toprakta 100 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 15-30 ppm'den fazla bakır toksik etkilidir. Bakır toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkar ve bitki

bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olur (Elmacı, 1995).

1.8.1.4. Kurşun

Kurşun, magmatik ve metamorfik kayalarda, özellikle potasyum feldspatlar ve mikalarda bulunur. Kurşunun başlıca minerali galendir. Kayaç oluşturan birçok mineralin asıl yapısında yer alan kurşun, sularda doğal olarak bulunmakta, kayaçlardan ve insan faaliyetlerinden sağlanmaktadır (Özel, 2010).

Kurşun endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak kullanılması nedeniyle çevrede sık rastlanılan bir elementtir. Otomobil endüstrisi, batarya ve benzin katkısı olarak tetraetil ve tetrametil olarak kullanılmasının yanı sıra kurşun içeren pestisitlerin kullanılmasıyla da topraklara ulaşabilmektedir. Kurşun elementi bitkiler için mutlak gerekli olmayıp, toprakta 15-40 ppm dozunda bulunur, topraktaki kurşun derişimi 150 ppm'i aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı açısından tehlike oluşturmaz. Ancak 300 ppm'i aştığında potansiyel olarak insan sağlığı açısından tehlikelidir (Asri ve Sönmez, 2006).

Kurşun elementi, hücre duvarı stabilitesini olumsuz etkilemesi, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitki su rejimini etkilemektedir. Aynı zamanda kökler tarafından tutulması ve kök gelişimini azaltması nedeniyle bitkilerin katyon ve anyon alımını azaltmakta dolayısıyla besin alımını etkilemektedir (Asri ve Sönmez, 2006).

1.8.1.5. Krom

Krom, paslanmaz çelik üretiminde, çeşitli lehim ve pas engelleyicilerin üretimiyle ilgili metalürji endüstrisinde, boya, cila, cam ve seramik malzemelerinde ve deri endüstrisinde kullanılmaktadır. Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması sonucunda doğada (hexavalent) altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri indirgenir (Özkul, 2013).

Krom düşük derişimlerde bitki büyümesi için teşvik edici olabilir, fakat krom fazlalığı hayvan ve bitkilerde toksik etkiler yapabilir hatta kansere neden olabilir. Krom bileşikleri deride alerjik reaksiyonlara neden olabilir. Krom tozları farenjit

ve bronşit hastalıklarına neden olur. Krom üretimi ve krom pigmenti endüstrisinde çalışan kişilerde solunum yolu kanseri ile kroma maruz kalma oranı arasında ilişki tespit edilmiştir (Özkul, 2013).

Krom fazlalığı durumunda bitkide ilk olarak tohum çimlenmesi engellenir, kök hücrelerinin bölünmesi engellendiği için bitki büyüme ve gelişmesi etkilenir. Krom kök hücrelerinin bölünme ve uzamasını engelleyerek kök gelişimini engeller. Bu durum topraktan alınan bitki besin maddesi ve suyun azalmasına yol açarak bitki büyüme ve gelişmesini azaltır. Dolayısıyla önemli düzeyde verim ve kalite azalması görülür (Asri ve Sönmez, 2006).

1.8.1.6. Demir

Demir, sulara Fe^{+2} (ferros) ve Fe^{+3} (ferric) şeklinde bulunur. Yeraltı sularında bulunan en yaygın şekli Fe^{+2} dir. Demirin yeraltı suyunda bulunuş şekli esas olarak akiferin oksijen dengesine bağlıdır. Bu denge esas olarak akiferin jeolojik yapısı ve karakteristikleri, mevsimsel çevre, toprak ve temel kayaç tipi, demir bakterilerinin cinsleri ve akiferdeki yeraltı suyu akımı gibi faktörlerle ilişkilidir (Bebek, 2001).

Demir bitkiler, hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli ve tüm canlılar tarafından az miktarda ihtiyaç duyulan bir elementtir. Alüminyumdan sonra demir % 4,2 ile kıtasal yer kabuğunda en sık rastlanılan maddedir. Demirin kilyet kompleksleri oluşturma eğilimi ve değerlik değiştirme yeteneği bu elementin çok sayıda fizyolojik etki veya işlevlerini vurgulayan iki önemli özelliğidir. En ünlü işlevi, hemoglobinin prostetik grup olarak görev yaptığı enzim sistemlerindedir (Elmacı, 1995).

Silikatlı bileşiklere sahip gnays, granit, mikaşist, volkanik kayalar da bol miktarda demir bulundurabilirler (Özel, 2010).

1.8.1.7. Mangan

Mangan, magmanın kristallenmesi sırasında Fe^{2+} iyonu ile birlikte mafik yapıların yapısına girmekte ve özellikle amfibol grubu minerallerin ve biyotitlerin yapısında zenginleşmektedir. Granitoyitik ve andezitik bileşimli magmatik faaliyetlerle ilişkili ve/veya bu kayaçları etkileyen hidrotermal çözeltilerden itibaren zaman

zaman damar ve kontakt tipi zenginleşmeleri gelişebilmektedir. Mangan yeryüzü kabuğunda bol bulunan elementlerden biridir (Özel, 2010).

Manganın büyük bir kısmı çelik üretiminde kullanılır. Mangan, çeliğe özel bir sertlik ve aşınmaya karşı dayanıklılık verir. Mangan tuncu, % 30 mangan ve % 70 bakırdan ibarettir. Tuzlu su korozyona karşı dayanıklı olduğundan özellikle gemi endüstrisinde çok kullanılır. Manganın % 84 bakır, % 12 mangan ve % 4 nikel bulunduran bir alaşımı, elektrik araçlarının ve standart dirençlerin yapımında kullanılır. Çünkü alaşımın elektrik direnci sıcaklıkla çok az değişir. Mangan oranı %5 – 20 arasında olan demir alaşımı, parlak görünümü nedeniyle demir aynası olarak adlandırılır. Mangan, çeliğe özel bir sertlik ve aşınmaya karşı dayanıklılık verdiği gibi çelikteki oksijen, azot ve kükürt gibi safsızlıkları da giderir (Öz, 2012).

Yetişkin bir insanda toplam mangan miktarı yaklaşık olarak 10-20 mg/kg'dır. Mangan derişimi insanın yaşına ve organlarının yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Mitokondri bakımından zengin olan dokularda (bağırsak, karaciğer ve böbrekler) mangan derişimi daha yüksektir. İnsanlarda manganın yarattığı toksik etki psikolojik ve sinir hastalıklarına neden olmaktadır. Hayvanlarda mangan toksik özelliğiyle birlikte büyümede gerileme, kansızlık, mide ve bağırsaklarda bozulmalarda görülmektedir. Bitkilerde ise yaşlı yapraklarda mangan oksitin çökmesine bağlı olarak kahverengi lekeler oluşmaktadır (Kiracı, 2014).

Araştırmacılara göre topraklarda mangan 300-1530 ppm arasında saptanmıştır. Bitkilerde manganın normal bulunma sınırı 20-1000 ppm olarak bildirilirken, olgun yapraklarda kuru madde mangan içeriklerinin normal 30-300 ppm toksik, 400-1000 ppm olduğu kaydedilmiştir (Elmacı, 1995).

1.8.1.8. Alüminyum

Alüminyum, yer kabuğunda oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan elementtir. Yer kabuğunun yaklaşık % 8 ini oluşturmaktadır. Alüminyum doğada serbest halde bulunmaz. 270'ten fazla mineralin bileşiminde mevcuttur. (Namlı, 2014).

Yeraltı sularında doğal süzülme nedeniyle, alüminyum oldukça azdır. Alüminyum, yerkabuğunda önemli miktarda bulunmasına karşın (% 8,6), az çözünmesi

nedeniyle, yeraltı sularında önemsiz miktarda bulunur. pH 5-9 arasında alüminyum, sularda 1 ppm'den azdır. Genellikle yeraltı sularında 0,005-0,3 ppm arasında alüminyum izlenir, asitli sularda, bu değer 100 ppm'e erişebilir. Alüminyumun suda bulunuşu, özellikle suyun kökeni ve maden yatakları hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir (Namlı, 2014).

Alüminyum biyolojik açıdan özel bir görevi olmayan ancak dünyada makro düzeyde bulunan elementtir. Mineralli toprak yapısında yoğun olarak bulunan alüminyumun biyoyararlanım açısından kullanılabilirliği toksisitesi nedeniyle sadece asitli ortamlarla sınırlıdır (Namlı, 2014).

1.8.1.9. Bor

Bor, savunma, cam ve cam malzemeleri, seramik, temizlik, metalürji sanayileri, nükleer uygulamalar, enerji depolama, yakıt ve sağlık sektörlerinde yaygın olarak kullanılır. Bor özellikle sulama suları için tehlikelidir (Özkul, 2013).

Bor, bitkiler, özellikle hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli bir mikro element olup, toprak ve su içinde yüksek derişimlerde bulunuşu bitkilere toksik etki yapmaktadır. Bor, bitkilerde borik asit esterleri oluşturmak üzere şekerler, alkoller ve organik asitlerin hidroksil grupları ile tepkimeye girer. Çiçek tozlarının çimlenme ve büyümelerinde önemli rol oynar. Ayrıca doku gelişimi açısından önemlidir. Toprağın gözenekliliğini azaltır ve bitki köklerinin hava almasını engelleyerek kurumalarına neden olur (Elmacı, 1995)

Topraklarda bor birikimi daha çok atık suların ve arıtma çamurlarının kullanımından kaynaklanmaktadır. Atık sular içinde bulunan bor bileşikleri yüksek çözünürlükleri nedeniyle arıtma işlemi sırasında tutulamamakta ve büyük bir kısmı sulara karışmaktadır. Fosfat gübrelerinde 5-115 ppm bor bulunduğu bilinmektedir. Normal büyüme için gerekli olan bor düzeylerinin biraz üstünde bile, birçok bitki çeşidi için zehirli olabilmesi nedeniyle, bor gübrelerinin fazla kullanıldığı durumlarda veya deniz ve göl çökeltilerinden oluşan bor kapsamı yüksek topraklarda zaman zaman borun zehir etkileri görülmektedir (Elmacı,1995).

Solunum, sindirim ve temas yoluyla etki gösteren bor bileşikleri, yüksek miktarda bor içeren topraklarda yetişen veya bor içeren ilaç ve gübre kullanılarak üretilen bitkilerin tüketilmesiyle, yüksek oranda bor barındıran suların veya bu sularda

yaşayan balıkların tüketilmesiyle ve bor içeren kozmetik maddelerin kullanılmasıyla vücuda girer (Özkul, 2013).

1.8.2. Tuzluluk

Tuzluluk, artan insan nüfusu ile birlikte dünyamızda verimli tarımı tehlikeye atarak besin ürünlerinin üretimini önemli düzeyde kısıtlayan çevresel faktörlerden birisidir. Tuzluluk, oluşma sebeplerine göre primer (doğal) ve sekonder olarak ikiye gruba ayrılır. Primer tuzluluğu; ana kayaların ayrışması, tuz deposu okyanuslar ve iklimsel etmenler oluşturmaktadır. Sekonder tuzluluğun oluşma sebepleri ise; tarımsal alanlarda yoğun sulama ile çeşitli tuzlar bakımından zengin yer altı suyu seviyesinin toprak yüzeyine kadar yükselmesi, aşırı otlatma, bir bölgenin doğal vejetasyonunu yok ederek tarım arazilerinin açılması ve toprakların tuzluluğa sebep olan kimyasallarla kontaminasyonu olarak sıralanabilir. Dünyadaki tuzdan etkilenmiş toprakların büyük kısmını Na_2SO_4 ve NaCl 'nin sebep olduğu tuzlu topraklar oluşturmaktadır (Çulha vd., 2012).

Çözünebilir tuzlar, bitkiler tarafından kolayca alınabilirler. Bitki bünyesine giren tuz bileşikleri çeşidine ve miktarına göre belli bir derişimi aşınca bitkiye zararlı olmaktadır. Bitki üzerine, beslenme ve metabolizmayı bozmak yoluyla zehirleyici etki yaparlar. Ayrıca toprakta tuz derişiminin artmasıyla, bitkinin topraktan su alımı güçleşmekte, toprağın yapısı bozularak bitki gelişimi yavaşlamakta, hatta durmaktadır. Toprak içerisinde yeterli miktarda su bulunmasına rağmen bazı koşullar altında bitkilerin solmaya başladıkları görülmüştür. Bu durum genellikle yüksek toprak tuzluluğunun yarattığı ‘‘fizyolojik kuraklık’’ durumundan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik kuraklık durumunda yüksek ozmotik basınç nedeniyle bitki kökleri topraktaki mevcut suyu alamamaktadırlar (Ekmekçi vd., 2005).

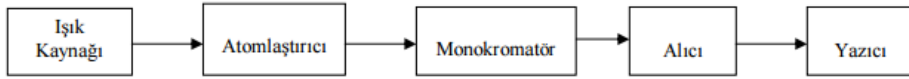
Osmotik basıncın devamında ortaya çıkan iyon stresi evresinde, ortamda artan Na^+ ve Cl^- iyonlarının K^+ , Ca^{2+} ve NO_3^- gibi gerekli besin elementleri ile rekabete girmesiyle bitkilerde, besin eksikliği veya besin dengesizliği meydana gelir (Çulha vd., 2012).

Toprakta bitki gelişmesinin iyi bir göstergesi olan ozmotik basınç 20 atm'e ulaştığında bitki gelişmesi kısıtlanmakta, 40 atm'e yükseldiğinde ise bitki ölümleri görülmektedir (Ekmekçi vd., 2005).

1.9. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS), ışının gaz halindeki atomlar tarafından absorplanmasının ölçümüne dayanır ve günümüzde 70'den fazla elementin duyarlı olarak tayinine imkan verir. Son yıllarda atomik spektroskopi alanında İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP), lazer teknikleri ve elektrotermal atomlaştırıcı AAS çok popüler olmasına karşın alevli teknikler analitik uygulamalarda hala kullanılmaktadır (Kamalak, 2006).

Atomik Absorpsiyon Spektrometresi, ışık kaynağı, örneğin parçalanarak atomik buhar haline geldiği absorpsiyon ortamı (atomlaştırıcı), monokromatör ve alıcı (dedektör) kısımlardan oluşur (Kamalak, 2006).



Şekil 1.9. AAS genel şeması

AAS ölçümlerinde önce numuneteki elementler, atomlaştırıcıda buhar haline getirilir. Nötr halde bulunan temel enerji seviyesindeki atomik buhar, primer ışık kaynağından gelen ışını absorblar. Sinyal olarak absorpsiyon ölçülür (Kamalak, 2006).

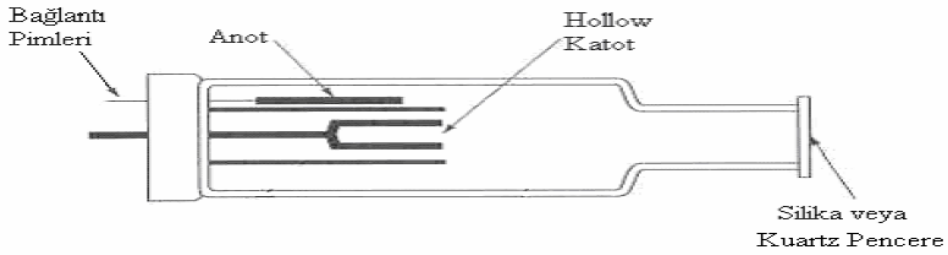
AAS' de ışın absorpsiyonunda, Lambert Beer Yasası geçerlidir. Buna göre, absorblanan ışın miktarı veya absorpsiyon, derişim ve atomlaştırıcıda aldığı yol ile orantılıdır. Bu nedenle, AAS' de uzun ışın yolu (10-11 cm gibi) alev başlıkları (yakıcı=burner) kullanılır. Grafit tüpler de 2-3 cm uzunluğunda olup, atom yoğunluğu fazladır. Beer yasaının geçerli olması nedeniyle, AAS çalışmalarında da monokromatik ışın gereklidir. Çoğu zaman bu ışın, rezonans hatlarına (her elemente özgü olan) karşılık gelen ışındır (Kartal, 2003).

1.9.1. Işın Kaynakları

AAS'de en yaygın olarak kullanılan primer ışık kaynağı, oyuk katot lambasıdır. Oyuk katot lambasının katodu, iç çapı 2-5 mm olacak şekilde analiz edilecek elementin çok saf metalinden veya o elementi içeren alaşımdan yapılır. Katot ve anot cam silindir içine yerleştirilmiştir. Yüksek voltaj ve 30 mA'e kadar akım

oyuk katotta tamamen boşalım sağlamak için kullanılır. Dolgu gazı olarak 1-5 torr basınçla Ar veya Ne gazı kullanılır. Ne gazı yüksek iyonlaşma potansiyelinden dolayı tercih edilmektedir. Elektrotlar arasına yeterli gerilim uygulanarak inert gazın anotta iyonlaşması sağlanır (Kamalak, 2006).

Bu iyonlar, iki elektrot arasında bulunan elektriksel potansiyel ile katot yüzeyine doğru hızlandırılır. Pozitif yüklü iyonlar, negatif yüklü katot yüzeyine şiddetle çarpınca, katottaki metal atomları, lambanın içindeki gaz atmosferine yayılır. Burada, hızlı hareket eden gaz iyonları ile çarpışarak üst enerji düzeyine çıkarlar. Tekrar temel enerji düzeyine dönerken, katot elementinin karakteristik spektrumunu yayarlar (Kamalak, 2006).



Şekil 1.10. Oyuk katot lambası (Kamalak, 2006).

Atomik absorpsiyon analizlerindeki en büyük dezavantaj; oyuk katot lambalarının her elemente özgü olup analiz sırasında spektrofotometreye yerleştirilmek zorunda olmasıdır. Bu sebeple çok elementli oyuk katot lambaları düşünülmüştür fakat pratik olmalarına rağmen her bir elementin emisyon şiddeti tekli lambanınkinden daha zayıf olduğundan sinyal/gürültü oranı artar ve bu da sonuçlarımızın kesinliğini etkiler (Baysal, 2011).

AAS'de oyuk katot lambaların yanı sıra, yüksek ışımalı lambalar, buhar boşalımlı lambalar, elektrotsuz boşalım lambalar (ELD), alev ve sürekli ışın kaynakları kullanılmaktadır. Bununla birlikte en çok kullanılan ışık kaynağı, oyuk katot lambasıdır. Lambaların ömürleri katot elementinin türü, kullanım süresi uygulanan akım şiddeti gibi faktörlere bağlı olarak 1-2 yıl arasında değişir (Kamalak, 2006).

1.9.2. Atomlaştırıcılar

Atomlaştırıcının en önemli görevi örnekteki molekül veya iyonlardan temel haldeki element atomlarını oluşturmaktır. Bir analizin başarılı olup olmaması atomlaşmanın etkinliğine bağlıdır. Tayinin duyarlılığı, incelenen elementin atomlaşma derecesi ile doğrudan orantılıdır. Atomlaştırıcılar alevli ve alevsiz olmak üzere ikiye ayrılır (Duran, 2010).

1.9.2.1. Alevli atomlaştırıcılar

Alevli atomlaştırıcılarda analitin bulunduğu örnek, sıvı halde alevi oluşturan gaz karışımı ile karıştırılır. Bu gaz karışımı içinde örnek sıvının sis halinde dağılması sağlanır. Elde edilen karışım, alev başlığına ve yanma bölgesi olan aleve ulaştırılır. Atomlaşma alev içinde gerçekleştirilir. Bunun için kullanılan sistemlere yakıcı denir. Yakıcılar da kendi içlerinde ikiye ayrılırlar. Birinci grup olan türbülent yakıcılarda, yanıcı ve yakıcı gazlar ayrı ayrı taşınarak yakıcı başlığının hemen altında karışırlar. Örnek çözeltisi yakıcının merkezinden geçen dik bir kapilerden püskürtülerek doğrudan aleve sis şeklinde verilir. İkinci grup yakıcılar ise laminer yakıcılardır. Laminer yakıcılarda, yakıcı ve yanıcı gazlar, karıştırma bölgesinde iyice karıştırılır. Örnek çözeltisi karıştırma bölgesine havalı sisleştirici ile püskürtülür ve gaz karışımı ile bir aerosol oluşur. Aerosol aleve girmeden önce belli bir yol alır ve bu sırada daha büyük örnek damlaları dışarı atılır (Duran,2010).

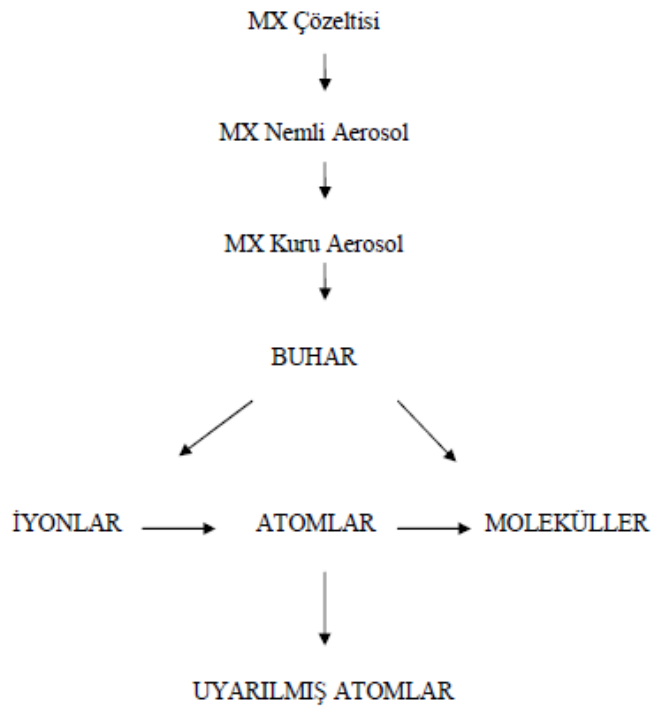
Alevli atomlaştırıcılarda tayin boyunca, örnek bir kılcal ile yakıcıya taşınır. Alevde önce kuruyan damlacıklar katı bileşiklerine dönüşür. Sonra sıcaklık etkisiyle veya kısmen kimyasal etkiyle atomlarına ayrışır. Sonuçta alev içindeki analit, öncelikle temel düzeyde atomlar haline gelir (Duran, 2010).

Çalışmaların çoğunda hava-asetilen alevi kullanılır. Azotprotoksit (N_2O)-asetilen(C_2H_2) alevi, hava-asetilen aleviyle tayin edilemeyen ısısal olarak daha kararlı elementler için kullanılabilir. Bu alevin sıcaklığı, hava-asetilen alevine göre daha yüksektir. Analiti en yüksek verimle atomlaştırmak için (analit atomları derişiminin yüksek olması için) alev türü seçiminde analitin kararlılığı kadar oluşan atomların alev gazlarıyla verebileceği tepkimeler ve dolayısıyla alev ürünleri önemlidir. Bu nedenle alev türü, yakıcı ve yanıcı gaz oranları ve alev içinde gözlemin yapıldığı bölge seçimi çok önemlidir. Bu faktörler için uygun

değerler aletin el kitabında verilmekle birlikte analizci tarafından her numune için optimize edilmelidir. Yakıcı ve yanıcı gaza ek olarak sıcaklığı kontrol etmek için bazen ek alev gazları kullanılmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanlara örnek olarak argon-oksijen-asetilen alevi ve helyum-oksijen-asetilen alevi verilebilir (Karababa, 2011).

Çizelge 1.9. AAS’de kullanılan Alevler (Karababa, 2011).

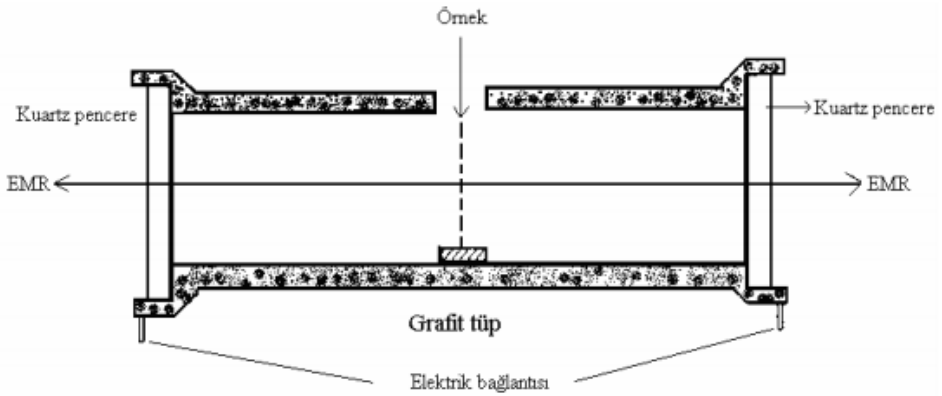
Yanıcı Gaz	Yakıcı Gaz	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Gaz	Hava	1700-1900
Gaz	O_2	2700-2800
H_2	Hava	2000-2100
Asetilen	Hava	2100-2400
Asetilen	O_2	3050-3150
Asetilen	N_2O	2600-2800



Şekil 1.11. Alevde Atomlaşma Basamaklarıyla Alevdeki Diğer Olaylar (Duran, 2010).

1.9.2.2. Alevsiz atomlaştırıcılar

Elektrotermal (Alevsiz) atomlaştırıcılar, gaz halinde serbest metal atomları oluşturmak için elektrikle ısıtılan grafit çubuklar, metal şeritler, metal bobinler ve grafit tüplerdir. En çok kullanılan elektrotermal atomlaştırıcı, dirençle ısıtılan grafit tüptür. Bu tip atomlaştırıcılar grafit fırınlı AAS olarak adlandırılır. Şekil 2.3'de grafit tüplü bir fırının basit bir şeması görülmektedir. Bu fırınlarda örneğin grafit tüpe enjekte edildiği küçük bir delik bulunmaktadır. Kaynaktan gelen ışın tüpün içersinden geçer. Bu fırınlarda örneğin atomik türlerinin fırın duvarlarına difüzyonunu önlemek için genellikle pirolitik grafit ile kaplanır. Pirolitik grafit, karbonun inert atmosferde ısıtılmasıyla hazırlanır. Ayrıca fırın oksidasyona karşı Ar veya N₂ ile korunur. Şekil 1.13.'de grafit tüplü bir fırının basit şeması verilmektedir (Tokman, 2007).



Şekil 1.12. Grafit tüplü bir fırının basit şeması (Tokman, 2007).

Elektrotermal atomlaştırıcılarda, grafit bir kapsülde önce numunenin birkaç mikrolitresi (μL) kurutulur ve sonra kül edilir. Kül edildikten sonra, yaklaşık 2000 °C'ye yükselen sıcaklığa neden olan akım, hızla birkaç yüz ampere artırılır; numunenin atomlaşması birkaç milisaniyeden saniyelere kadar değişen periyotta oluşur. Atomlaşan taneciklerin absorpsiyon ve floresansları ısıtılmış yüzeyin hemen üzerindeki bölgede ölçülür (Kamalak, 2006). Bu sistemlerde çeşitli basamaklardan oluşan bir sıcaklık programı vardır:

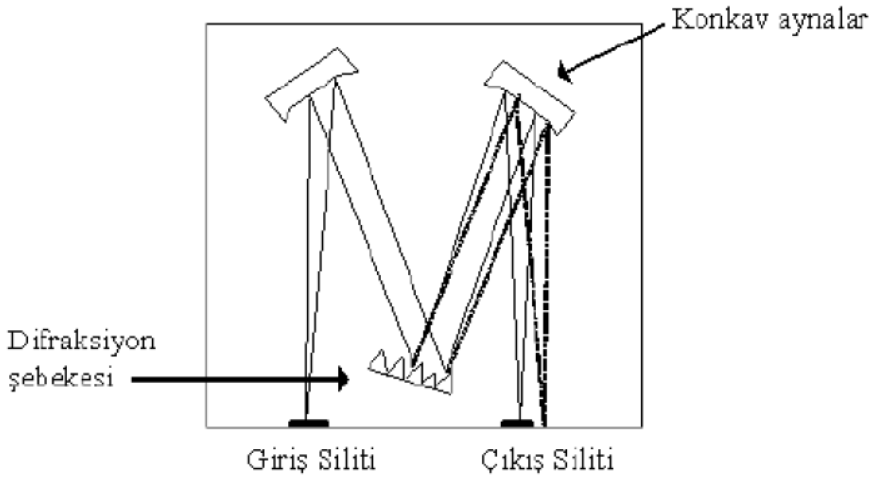
Sıcaklık programı temel olarak dört basamaklıdır.

- **Kurutma:** Çözücü uçurulur (100-110 °C).

- **Kül etme:** Ortam bileşenleri parçalanır, kül edilir (200-700 °C).
- **Atomlaşma:** Atomlaşma, ısı etkisiyle veya grafitle indirgemeyle olur (1800-2500 °C).
- **Temizleme:** Fırın ikinci kullanım için temizlenir. Sıcaklık atomlaşma sıcaklığından 100-200 °C daha fazladır (Duran, 2010).

1.9.3. Monokromatörler

AAS' de monokromatör, analitin rezonans hattını, alevden veya dağınık ışıktan ayırmak amacıyla kullanılır. Genel olarak ışığın girdiği bir yarık, toplayıcı mercek ve aynalar, dalga boylarını ayıran prizma ya da optik ağ gibi şebekeler, odaklayıcı mercek veya aynalar ve bir çıkış yarığına sahiptirler. AAS' de genellikle kullanılan monokromatörler şebekeler ve grating denilen optik ağ monokromatörleridir. Şekilde, şebekeli monokromatör görülmektedir (Duran, 2010).



Şekil 1.13. Şebekeli monokromatör (Duran, 2010).

1.9.4. Dedektörler

AAS'de ışık sinyalini elektronik sinyale dönüştürmek için foto çoğaltıcı dedektörler kullanılır. Foto çoğaltıcılar, ışığa duyarlı bir katot, ard arda dizilmiş bir seri dinod ve en sonda yer alan bir anottan meydana gelir. Katot Cs, Sb gibi

kolay iyonlaşan bir alaşımla kaplıdır. Monokromatörden gelen bir foton, katot yüzeyine çarparak elektron koparır ve bu elektron birinci dinoda çarparak, buradan elektronlar koparır. Bu işlem diğer dinodlar üzerinde elektron sayısı katlanarak devam eder ve 12 dinod için $> 1,7 \times 10^7$ elektron açığa çıkar. Sonuçta foton sinyali genliği oldukça yüksek olan elektronik sinyale çevrilmiş olur.

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde yapılan analizlerin temeli Beer Yasasına dayanır (Duran, 2010).

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc$$

Çizelge 1.10. Beer Yasası Terim ve Sembolleri

Terim ve Sembol	Tanımı	Diğer İsmi ve Sembolü
Işın Gücü P, P ₀	Dedektörün 1 cm ² 'lik alanına saniyede düşen ışının enerjisi (erg)	Işın şiddeti I, I ₀
Absorbans A	LogP ₀ /P	Optik yoğunluk D
Geçirgenlik T	P/P ₀	Transmitans T
Işın Yolu b	-	I,d
Molar Absorpsiyon ε		Molar ekstinksiyon katsayısı

Eşitlikte Beer yasasını gösterir. Bağını aşağıdaki gibi açıklanabilir. Absorplayıcı bir madde bloku (katı, sıvı, gaz) düşünelim, P₀ gücünde paralel monokromatik bir ışın demeti blok yüzeyine dik olarak düşsün; n tane absorplayıcı atom, iyon veya molekül içeren b uzunluğundaki maddeden geçerken absorpsiyon sonucu ışın gücü P değerine düşer. Absorpsiyon miktarı, absorplayıcı atom miktarıyla doğru orantılıdır.

Bazı durumlarda bu yasadaki sapmalar vardır. Absorbans ışın yolu ile doğrusal değişir, bunun çok az istisnası vardır. Diğer taraftan, b sabit tutulurken, derişim ile ölçülen absorbans arasındaki ilişkiden sapmalarla sık sık karşılaşılır. Bu sapmaların bazıları olayın doğasından ileri gelir ve Beer yasasının gerçek sınırlamalarını gösterir. Diğerleri absorpsiyon ölçümlerinin yapılış tarzı veya derişim değıştikçe oluşan kimyasal değışim sonucu oluşmaktadır. Son ikisi bazen sıra ile aletsel ve kimyasal sapmalar olarak adlandırılırlar (Kamalak, 2006).

1.10. Eser Element Analizlerinde Çözünürleştirme Teknikleri

Katı örneklerin çözünürleştirilmesi pek çok analitik metodun önemli bir kısmıdır. Elektrotermal atomizasyon gibi bazı analitik metotlar direkt katı örneklerle uygulanabilir ve ölçümden önce örneklerin çözünürleştirilmesi gerekmez. Oysa çoğu analitik metot (AAS, ICP, AES v.s.) ki bunlar hayli yüksek duyarlıktaki metotlardır, örneğin çözelti formunu gerektirir. Elementin zenginleştirilmesi ve kimyasal ayırmalar da ölçüm kalitesini arttırmak için gereklidir. Tablo 1.11. organik ve inorganik örneklerin farklı çözünürleştirme metotlarını göstermektedir. En eski ve hala çok sık kullanılan teknik, açık sistemlerde yaş çözünürleştirir. Yaş çözünürleştirme kapalı sistemlerde de kullanılır. İdeal olarak eser element analizlerinde, örnek tamamen çözünmelidir. Çoğu inorganik madde, çözünürleştirme işlemlerinde bazı elementler uçucu hale gelseler de, asit veya asit karışımlarında çözünürleştirilirler. Kuartz, silika gibi pek çok mineral ve maden cevheri asitlerle çözünmezler, eritişle çözeltiye alınırlar. Eritiş işleminin reaktif ve eritiş kaplarından kaynaklanan yüksek kör değerlerinden dolayı eser element analizlerinde kullanışlılığı fazla değildir (Yörük, 2008).

1.10.1. Eser Elementlerde Mikrodalga ile Çözünürleştirme

Geleneksel kullanılan yaş ve kuru örnek hazırlama yöntemlerinde bu yük hacimli reaktifler kullanılır ve fazla zaman tüketilir. Ayrıca açık kaplarda ve yüksek miktarda reaktiflerle çalışıldığından örneğin kirlenme riski yüksek olur. Bu çalışmalar sırasında çıkan dumanlar aşındırıcı oldukları için, analizi yapan kişiye ve çevreye zarar verir. Bu nedenle mikrodalga çözünürleştiriciler temiz kimya prensibiyle bu sistemlerin yerini almaya başlamıştır. Mikrodalga ile çözünürleştirme için kapalı kapların kullanılması zararlı buharların yayılmasını ve örnek kirlenmesini engellerken, kolay uçucu minerallerin de örnekten uzaklaşmasını önler. Bu sistemde basınç ve sıcaklık programı yardımıyla çözünürleştirme yapılır. Bu nedenle mikrodalga ile çözünürleştirmede basınç, sıcaklık, süre ve çözünürleştirme için kullanılan reaktif seçimi önemlidir. Çözünürleştirme için genellikle nitrik asit, hidroklorik asit, hidroflorik asit, sülfürik asit, perklorik asit kullanılmaktadır. Hidrojen peroksit ve bunların değişik kombinasyonları da kullanılabilir. Ayrıca katı örneklerin çözülmesi için 10 ml gibi diğer yöntemlere göre oldukça az miktarda çözücüler kullanılır (Deveci, 2012).

Mikro dalga çözünürleştirme yöntemi, numuneleri çözmek için 2450 MHz elektromanyetik ışının kullanımını gerektirir. Mikrodalgalar, polar moleküller ile etkileşirler ve moleküler dipol momentin düzenini, mikrodalga alanı ile azaltmaktadır. Bu alan, moleküllerin dönmesine neden olarak kararlı bir şekilde değişir ve intermoleküler titreşimler, ısı üretir. Bu nedenle, mikrodalga ile çözünürleştirmenin hızı, çözücü asitler ile mikrodalga verimine bağlıdır. Mikro dalga çözünürleştirme yöntemi, kullanılan nitrik asitin kaynama noktasının üzerinde bir sıcaklıkta gerçekleştirilir. Mikro dalga çözünürleştirme yöntemi, genellikle 1 saat içinde gerçekleştirilir. Mikrodalga sistemi, çözünürleştirme ortamının sıcaklığını, basıncını, kullanıcının mikrodalga şiddetindeki değişimleri ayarlayacağı monitörün olduğu bir bilgisayar ile kontrol edilmektedir. Analitik numunenin kütlesi, çözünürleştirme esnasında aşırı basıncı engellemek için dikkatlice seçilmelidir (Kuyumcu, 2009).

Mikro dalga fırınları, daha az kontamine olurlar, uçucu analitlerin buharlaşma kayıplarını minimize ederler, az miktarda asit kullanımı gerektirirler, kullanıcının müdahalesine olanak vererek kontrol imkanı sağlarlar ve geleneksel metotlara göre çözünürleştirme zamanı oldukça kısadır. Yöntemin tek dezavantajı, katı numunenin heterojen özelliğinden kaynaklanan, rastgele hatalardır (Kuyumcu, 2009).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kervankıran (2012), Afyonkarahisar ilinde jeotermal enerjinin kullanımı sonucu oluşan çevresel sorunları araştırmıştır. Çalışma kapsamına göre Afyonkarahisar 'da jeotermal enerjinin yüzeye çıkarılması, kullanımı ve kullanım sonrası çevreye bırakılması aşamasında bazı sorunların yaşandığı görülmektedir. Kontrolsüz bir şekilde doğaya bırakılan jeotermal sular; akarsuları, gölleri, yeraltı sularını, bu alanlarda yaşayan canlıları, toprağı ve havayı olumsuz olarak etkilemektedir. Afyonkarahisar'da jeotermal akışkanın içinde bulunan bor, arsenik, cıva, kurşun ve krom gibi ağır metallerin kullanıldıktan sonra arıtılmadan doğaya bırakılması, insan sağlığını, bitkilerin büyümesini ve gelişimini ve toprağı olumsuz olarak etkilemektedir.

Aslan (2010), Alangüllü yan havzasında yer alan jeotermal suların karıştığı dere yatakları ile bu suların sulama suyu olarak kullanıldığı tarımsal arazilerden alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Jeotermal suların sahip olduğu kimyasal özelliklerden dolayı çevreye olan etkisi, su ve toprak kaynaklarına karışma düzeyleri mevsimsel olarak araştırılmıştır. Araştırma alanındaki suların bor içerikleri 1.01–40.300 ppm arasında değişmektedir. Sıcak sulardaki bor derişimlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı derinliklerden ve yüksek sıcaklıkla yüzeye çıkan bu sıcak suların, çıkarken çevrelerindeki mineralleri (apatit, turmalin, kalsit, dolomit vb.) çözmesiyle birlikte içeriklerindeki tuz (bor, sodyum vb.) miktarları da artar. Zn değerleri ise 0.008 ile 0.092 ppm arasında bulunmuştur. Cu içerikleri ise 0.006– 0.155 ppm arasında değişmiştir. Mn ve Cr derişimleri incelendiğinde sırasıyla 0.002-0.169 ppm ve iz-0.08 ppm olarak bulunmuştur. Sulardaki Co derişimini 0.002 ile 0.56 ppm arasında belirlenmiştir. Pb ve Cd miktarları ise sırasıyla 0.002–0.102 ppm ve 0.002 -0.063 ppm arasında saptanmıştır. Yapılan araştırma ile jeotermal kaynakların, zararlı etkilerinden dolayı çevreye, dolayısıyla canlı yaşamına olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve bu etkileri önlemeye yardımcı verilerin ortaya konması amaçlanmıştır.

Özkul (2013), Afyonkarahisar'da organize sanayi ve jeotermal turizm tesislerinden kaynaklanma olasılığı olan ağır metal ve bor kirliliğini araştırmıştır. Toprakların ağır metaller ve bor ile kirlenmesi dolayısı ile bitkilerin de bu kirlenmeden etkilenmesi, biyolojik süreçte canlı sağlığı üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Bu çalışmada Afyonkarahisar'da 3 adet jeotermal bölgede (Sandıklı,

Gazlıgöl, Ömer-Gecek) ve 2 adet sanayi bölgesinde (Afyonkarahisar organize sanayi bölgesi ve Bolvadin küçük sanayi sitesi) bulunan topraklar ve bu topraklarda yetiştirilen bitkilerde B, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, araştırmanın yürütüldüğü alanlarda, incelenen ağır metaller yönünden önemli oranda bir kirlenmenin olmadığını göstermektedir. Ancak bor kirlenmesi yönünden toprak ve bitkilerin tehdit altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Yılmaz (2013), Aydın'ın sahip olduğu jeotermal enerji potansiyelini vurgulamış ve bu bölgede bulunan kaplıca sularının analizlerini yapmıştır. Sıcaklık değerleri, çevre illerin kaplıcalarındaki ortalama verilere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada sıcak sularda bulunan çeşitli eser elementler (Cd, Cr, Ni, Pb, Ba, Cu, Zn, Al vb.) anyonlar (F, Cl, Br, I, NO₃, NO₂, SO₄, PO₄) ve kationların (Na, K, Ca, Mg, NH₄, Mn, Fe) analizi yapılmıştır. Analizleri yapılan kaplıca sularındaki ağır metal derişimleri izin verilen sınır değerlerin altında saptanmıştır.

Aydınöz (2005), Afyonkarahisar ve çevresindeki sıcaklıkları karşılaştırmış ve Afyonkarahisar'da elde edilen sıcaklık değerlerini, çevre illerin kaplıcalarındaki ortalama verilere göre daha yüksek bulmuştur. Bundan dolayı, Afyonkarahisar kaplıcalarının hem kaplıca turizmüne, hem de ısıtma amaçlı kullanıma uygun olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, 1A, 2A ve 3A grubu elementlerinin kış mevsimindeki değerlerinin genel olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Kaplıca sularından elde edilen nitrat ve nitrit değerlerinin TSE-266 ve WHO standartlarına uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, analizleri yapılan kaplıca sularındaki ağır metal düzeylerinin halk sağlığını tehdit edecek sınırların altında olduğu belirlenmiştir.

Kaasalainen ve Stefansson (2012), İzlanda jeotermal su ve buharlarındaki eser elementlerin analizlerini yapmıştır. Örnekler kaplıcalardan, topraklardan ve buhar deliklerinden alınmıştır. Toplam çözünmüş inorganik karbonat Cl⁻, Fl⁻, Sülfat, toplam çözünmemiş sülfat, toplam çözünmüş inorganik karbonat analizleri, IC (iyon kromatografisi), ICP-OES ve titrasyon ile yapılmıştır. Klorlu suların pH'nın 8'den büyük, buharla ısıtılan buhar sülfat sularının pH'nın ise 4'ten küçük olduğu belirlenmiştir. Örneklerde Cd, Co, Ni, Pb, Cr, Cu, Zn, Ba, Cs, Rb, Li, As, Sb, Mo, Mn, Fe ve Al bulunmuştur. Klorlu suların asit sularına oranla Al, Fe, Mn, Cr, Zn, Ni, Cu, Ca, Ba, Sr derişimlerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Grassi, vd.(2014), Larderello jeotermal ve endüstriyel alanlarında çalışmıştır. Örnekleme aylık periyotlarda bir yıl boyunca yapılmıştır. Bu çalışmada anyonların (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^-), kationların (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) ve B ve As analizleri IC ve ICP-OES cihazıyla yapılmıştır. Sonuç olarak çalışma alanlarının çoğundaki yer altı suları ve akarsular kullanılmaz durumdadır. Çünkü sulardaki ortalama B ve As içeriği (sırasıyla 1.2–15.6 mg/L and 1.1–75.9 µg/L, aralığındadır) normal değer olarak kabul edilen (B için 1 mg/L, As için 10 µg/L) değerlerden yüksektir.

Doğdu, vd. (2002), Akarçay Havzasında (Afyon) alınan su örneklerinde sıcaklık, elektriksel iletkenlik (Eİ), pH ve çözünmüş oksijen (ÇO) gibi parametreleri örnekleme noktasında ölçmüştür. Su örneklerinde kation ve iz element analizleri alev atomik absorpsiyon spektrofotometrik (AAS); SO_4 , NO_2 , NO_3 , NH_3 , PO_4 , B ve F analizleri spektrofotometrik; Br analizi iyon seçici elektrod; As analizi hidrür AAS ve Cl, HCO_3 , CO_3 analizleri ise titrasyon yöntemleri ile yapılmıştır. Jeotermal atık suyun doğrudan akarsuya verilmesi sonucunda doğal koşullarda

Ca-HCO_3 karakterinde olan su kompozisyonu Na-HCO_3 karakterine dönüşmektedir. Diğer yandan, doğal koşullarda oldukça düşük olan ağır metal ve iz element derişimleri de jeotermal su katkısına bağlı olarak belirgin biçimde artmaktadır.

Karaca (2000), Afşin - Elbistan Termik Santrali bacalarından çıkan emisyonların çevre topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine yapmış olduğu etkileri araştırmıştır. Örnekleme 2 yıl boyunca, 4 ayrı dönemde yapılmıştır. Örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra, toplam ve bitkiler tarafından alınabilir S, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb, Ni ve F, üreaz, asit ve alkali fosfataz enzim aktiviteleri ile karbon dioksit çıkışı miktarları belirlenmiştir. Genel olarak hakim rüzgar yönünden alınan örneklerin iz element ve ağır metal içerikleri, çevre köylerden alınan örneklere kıyasla yüksek bulunmuş, özellikle santrale yakın mesafelerde derişimler oldukça artış göstermiştir. Buna karşılık hakim rüzgar yönünde santrale yakın bölgelerden alınan toprak örneklerinin üreaz, asit ve alkali fosfataz aktivitelerinde önemli derecede azalmalar belirlenmiştir ($P < 0.05$). Yapılan regresyon analizlerine göre de, hakim rüzgar yönünden alınan toprakların üreaz, asit ve alkali fosfataz aktiviteleri ile Fe hariç diğer bütün iz element ve ağır metal, azot, arasında önemli negatif, organik madde ve pH ile de pozitif ilişki belirlenmiştir.

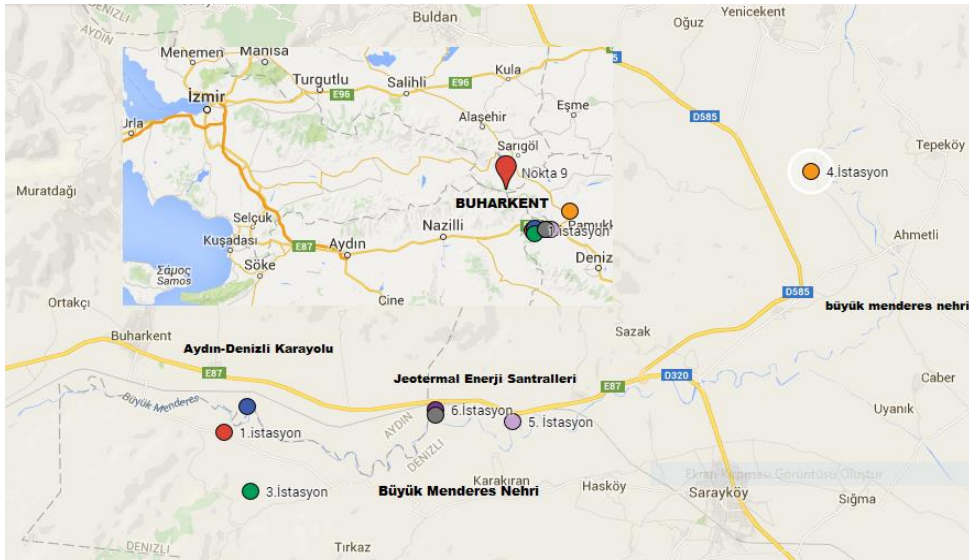
ER (2015), Büyük Menderes Nehri su ve sedimentlerindeki kirlilik parametrelerini incelemek için çalışmıştır. Bu araştırma sırasında periyodik olarak belirlenen istasyonlardan su ve sediment örnekleri alınmış ve su örneklerinin pH, iletkenlik gibi parametreleri yerinde bakılmıştır. Örnekler laboratuvara alındıktan sonra su ve sediment numunelerindeki çeşitli iyonların (B, Cd²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Al³⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Mn²⁺, Fe³⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) analizi gerçekleştirilmiştir. Su ve sediment örneklerindeki metal analizleri alev atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (AAS), SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ analizleri spektrofotometrik yöntemlerle, HCO₃²⁻, CO₃²⁻ analizleri ise titrasyon yöntemleri ile yapılmıştır. Sodyum, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının derişimlerinden yola çıkılarak su kalitesini belirleyen Sodyum Absorpsiyon Oranı (SAR) hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre SAR değerleri yönetmelikte belirtilen değerlere göre tüm istasyonlarda çok yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Mn²⁺, Al³⁺, Cr³⁺, Cd²⁺, Pb²⁺ iyonları tüm istasyonlarda tayin edilememiştir. Bor, jeotermal enerji tesislerine uzak bölge dışında tüm istasyonlarda yüksek değerlerde tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. İstasyonların Tespiti

Kızıldere jeotermal sahası, Denizli'nin 40 km batısında Sarayköy ilçesi yakınlarında, Büyük Menderes nehrinin batı ucunda yer alır (Serpen vd., 1998). Denizli-Sarayköy-Karataş köyündeki Kızıldere Havzası Türkiye'de kullanıma açılan ilk jeotermal alan olma özelliğine sahiptir. İlk üretim kuyusu KD-1, 1968'de tamamlanmış ve 540 m derinlikte 198 °C buhar bulunmuştur. 1968-1973 yılları arasında açılan 16 kuyudaki rezervuar sıcaklıkları 170-212 °C arasında değişmektedir (Erkul, 2012). Bölgenin genel görünümü ve yol haritası Şekil 3.1. ve 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Aydın Buharkent numune alınan istasyonların genel görünümü (Google Maps, 18.06.2015)



Şekil 3.2. Aydın Buharkent güzergahı yol haritası (Google Maps, 18.06.2015)

Toprak numuneleri için Aydın- Buharkent çevresinden 9 istasyon meyve numuneleri için ise 5 istasyon belirlenmiştir. Numuneler, Büyük Menderes Nehrinden, termal otellerden ve jeotermal enerji tesislerinden gelen atık suların nehirle birleşiminin yaklaşık 100-200 metre ilerisinden veya gerisinden yani tam karışmanın olduğu noktalardan alınmıştır. Bu istasyonlardan birinci ve ikinci istasyon termal tesis olarak kullanılan, doğal çıkış bölgelerinden seçilmiştir. Birinci istasyonda toprak numunesi, atık toplama havuzu kenarından, ikinci istasyonda ise jeotermal atığın nehre kavuştuğu nokta yakınından alınmıştır. Bu bölgeden aynı zamanda zeytin numunesi alınmıştır. Üç, dört ve beşinci istasyonlar ise bölgede faaliyet gösteren enerji kuruluşları tarafından Büyük Menderes Nehrine bırakılan jeotermal atık suyun nehre karıştığı noktaların kenarındaki topraklardır. Altıncı istasyon olarak herhangi bir jeotermal atığa maruz kalmayan bölge seçilmiştir. Yedi sekiz ve dokuzuncu istasyon Kızıldere 2 enerji santrali çevresinde, çeşitli nedenlerle jeotermal atık veya buhara maruz kalmış bölgelerdir. Toprak numunelerinin alındığı istasyonların adı ve seçilme nedenleri Çizelge 3.1.'de, meyve numunelerinin ki ise, Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Aydın Buharkent yöresinde toprak numuneleri için seçilen istasyonlar ve seçilme nedenleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Seçilme Nedeni
1. istasyon	Tekke Köyü	Doğal çıkış kaynağı olup, kaplıca olarak işletilmektedir. Numuneler atıklarının toplandığı havuzun etrafından alınmıştır. Bu arazide tarım yapılmamaktadır. Jeotermal enerji tesislerinden etkilenmemektedir. Enerji tesislerine yaklaşık 10 km uzaktadır.
2. istasyon	Yenicekent	Doğal çıkış kaynağıdır. Kaplıca olarak işletilmektedir. Büyük Menderes'in bişitiğinde olması nedeniyle, atıklarını direkt Büyük Menderes'e vermektedir. Jeotermal enerji tesislerine yaklaşık 30 km uzaklığındadır. Dolayısıyla enerji tesislerinden etkilenmemektedir. Yaklaşık 400 m uzaklıkta olan arazide zeytin tarımı yapılmaktadır.
3. istasyon	Kızıldere 1	Jeotermal Enerji Tesisi 1 Atık Çıkışı. Jeotermal akışkan atıklarının nehre karıştığı noktadır. Arazi oldukça verimsiz olup, tarım yapılmamaktadır.
4. istasyon	Kızıldere 2	Jeotermal enerji tesisi 2 atık çıkışı. Jeotermal atık arkının bişitiğindeki arazidir. Arazi oldukça verimsiz olup, tarım yapılmamaktadır.
5. istasyon	Kızıldere 3	Jeotermal enerji tesisi 2 atık çıkışı. Atık jeotermal akışkanın nehre karıştığı noktadır. Arazi oldukça verimsiz olup, tarım yapılmamaktadır.
6. istasyon	Ortakçı	Jeotermal enerji tesislerine ve doğal çıkış termal tesislerine en uzak olan bölgedir. Dolayısıyla kirlenme olasılığı en düşük bölgedir. Jeotermal enerji tesisine yaklaşık 10 km uzaklıktadır. Arazide zeytin tarımı yapılmaktadır.
7. istasyon	Kızıldere 4	Kızıldere 2 santraline 500 m uzaklıktadır. Jeotermal akışkanın biriktiği havuzun patlaması nedeniyle kirlenme olasılığı yüksek olduğu düşünülen arazidir. Jeotermal akışkanlarla direkt temas etmiştir. Arazide incir tarımı yapılmaktadır.
8. istasyon	Kızıldere 5	Kızıldere 2 Santraline yaklaşık 200 m uzaklıktadır. Arazi enerji tesisine oldukça yakındır. Fakat jeotermal akışkana direkt temas etmemiştir. Bölgede zeytin tarımı yapılmaktadır.
9. istasyon	Kızıldere 6	Kızıldere 2 Santraline yaklaşık 200 m uzaklıktadır. Jeotermal enerji tesisi buharından direkt etkilendiği düşünülmektedir. İncir tarımı yapılmaktadır.

Çizelge 3.2. Aydın Buharkent yöresinde meyve numuneleri için seçilen istasyonlar ve seçilme nedenleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Seçilme Nedeni
1. istasyon	Yenicekent (zeytin)	Doğal çıkış kaynağıdır. Yaklaşık 400 m uzaklıkta olan arazide zeytin tarımı yapılmaktadır. Zeytin numuneleri dalından ve yere düşenlerden alındı. Eylül ayında alınan zeytinler, olgunlaşma evresindedir. Yeşildir.
2. istasyon	Ortakçı (Zeytin)	Jeotermal enerji tesislerine yaklaşık 10 km uzaklıktadır. Jeotermal akışkanlardan en uzak olan bu bölgede yetişen zeytinlerin diğer örneklerle göre ağır metalce en temiz olduğu düşünülmektedir. Zeytin numuneleri dalından ve yere düşenlerden alındı. Eylül ayında alınan zeytinler, olgunlaşma evresindedir. Yeşildir.
3. istasyon	Kızıldere 2 Arazi 1 (İncir)	Kızıldere 2 santraline 500 m uzaklıktadır. Jeotermal akışkanın biriktiği havuzun patlaması nedeniyle kirlenme olasılığı yüksek olduğu düşünülen arazidir. Jeotermal akışkanlarla direkt temas etmiştir. Arazide incir tarımı yapılmaktadır. İncirler dalından ve yere düşenlerden toplanmıştır. Bu arazideki incirler bölgedeki diğer incirlere göre daha ufak olup, sararmıştır.
4. istasyon	Kızıldere 2 Arazi 2 (Zeytin)	Kızıldere 2 Santraline yaklaşık 200 m uzaklıktadır. Arazi enerji tesisine oldukça yakındır. Fakat jeotermal akışkana direkt temas etmemiştir. Bölgede zeytin tarımı yapılmaktadır. Zeytin numuneleri dalından ve yere düşenlerden alındı. Eylül ayında alınan zeytinler, olgunlaşma evresindedir. Yeşildir.
5. istasyon	Kızıldere 2 Arazi 3 (İncir)	Kızıldere 2 Santraline yaklaşık 200 m uzaklıktadır. Jeotermal enerji tesisi buharından direkt etkilendiği düşünülmektedir. İncir tarımı yapılmaktadır. Arazideki ağaçların özellikle en üst bölgeleri sararmış, hatta ara ara kurumaya başladığı gözlemlenmiştir. Yetişen incirler ise ebat olarak küçüktür.

3.1.2. Numunelerin Alınması

3.1.2.1. Toprak numunelerin alınması

Toprak yüzeyinde paslanmaz mala yardımı ile yaklaşık 15-20 cm çukurlar açıldı, ve bu çukurlardan alınan numuneler poşetlere konuldu. (Her numune o istasyon bölgesini temsil eden 3 ayrı noktadan alınarak homojen bir karışım elde edildi.) Poşetlerin üzerine istasyon numarası, adı ve tarih yazılarak etiketlendi. Laboratuvara getirilen örnekler oda sıcaklığında kurutuldu ve içlerindeki bitki ve kök parçaları ile taşlar ayıklandı. Daha sonra havanda öğütülüp elekten geçirilen numuneler etüvde 105 °C'de yaklaşık 24 saat kurutuldu. Kurutulan numuneler etiketlenen reaktif şişelerine alınarak, kullanıma kadar saklandı.

3.1.2.2. Meyve numunelerin alınması

Seçilen noktalardan incir ve zeytin numuneleri homojenliğin sağlanabilmesi için tarladaki farklı bölgelerdeki ağaçlardan ve yere dökülen meyvelerden toplanarak, poşetlere alındı. Poşetler üzerlerine istasyon numarası, adı ve tarih yazılarak etiketlendi. Laboratuvara getirilen numuneler çeşme suyu ile yıkandıktan sonra, saf su ile durulandı. İncir numuneleri ikiye bölünüp temas yüzeyi artırılarak, kabuklarıyla birlikte kaplara konuldu. Zeytin numunelerinin ise çekirdekleri çıkarılarak etli kısımları kaplara konuldu. Dah sonra 70 °C'de yaklaşık 24 saat etüvde kurutuldu. Kuruyan zeytinler çekirdeklerinden ayrıldı. Numuneler havanda öğütülüp elekten geçirilerek, etiketlenen reaktif şişelerine alınıp, kullanıma kadar saklandı.

3.1.3. Denejde Kullanılan Cihazlar

Toprak numunelerinin pH ve iletkenlik analizi WTW Multiline P3 pH/LF-SET marka analiz cihazı ile yapılmıştır. Toprak ve meyve numunelerinin çözünürleştirme işlemi Adnan Menderes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi'nde bulunan CEM marka Mars 6 mikrodalga cihazı ile, ağır metal analizleri ise Adnan Menderes Üniversitesi Kimya Bölümü'nde bulunan Thermo ScientificTM 300 marka atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) ile yapılmıştır. Deneyler sırasında gerekli olan tartımlar Sartorius GC 1603-0CE analitik terazi ile alınmıştır. Deneyler sırasında kullanılan cihazlar Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Analizlerde kullanılan cihazlar

	Cihaz	Marka-Model
1	Atomik Absorbsiyon Spektrometresi	Thermo Scientificİce™ 3300
2	Mikrodalga Cihazı	CEM Mars 6
3	Analitik Terazı	Sartorius GC 1603-0CE
4	pH-metre	WTW Multiline P3 pH/LF- SET

3.1.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Stok Çözeltilerin Hazırlanması

Deneylerde kullanılan kimyasal maddelerin kimyasal formülleri ve sağlandığı firmalar detaylı olarak Çizelge 3.4.'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan çözeltilerin hazırlanması Çizelge 3.5.'de yer almaktadır.

Çizelge 3.4. Deneylerde kullanılan standart çözeltiler

Malzemenin Adı	Kimyasal Formülü	Markası/Hazırlanışı
Alüminyum Standart Çözeltisi (1000 mg/L)	Al ³⁺	Chem-Lab NV
Bakır Standart Çözeltisi (1000 mg/L)	Cu ²⁺	Chem-Lab NV
Krom Standart Çözeltisi (1000 mg/L)	Cr ³⁺	Chem-Lab NV
Çinko Standart Çözeltisi (1000 mg/L)	Zn ²⁺	Chem-Lab NV
Demir Standart Çözeltisi (1000 mg/L)	Fe ³⁺	Chem-Lab NV
Kurşun Standart Çözeltisi (1000 mg/L)	Pb ²⁺	Chem-Lab NV
Kadmiyum Standart Çözeltisi (1000 mg/L)	Cd ²⁺	Chem-Lab NV
Stok Mangan Çözeltisi (1000 mg/L)	Mn ²⁺	0.100 g Mn metali, 10 mL derişik HNO ₃ 'te çözüldükten sonra saf su ile 100 mL'ye tamamlandı.
Stok Bor Çözeltisi (1000 mg/L)	B	0.572 g H ₃ BO ₃ saf suda çözüldü ve 10 mL derişik HNO ₃ eklendikten sonra saf su ile 100 mL'ye tamamlandı.

Çizelge 3.5. Deneylerde kullanılan kimyasallar

Malzemenin Adı	Kimyasal Formülü	Markası	Katolog No
Mangan	Mn	Merck	1.12237
Borik Asit	H ₃ BO ₃	J.T. Baker	501
Hidroflorik asit	HF	Merck	B0876037
Nitrik asit	HNO ₃	Merck	1.00443
Hidroklorik asit	HCl	J.T. Baker	6081

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprakta pH Analizi

pH ölçümü için elenmiş, laboratuvarında kurutulmuş 20 g toprak numunesi tartıldı ve 100 ml'lik plastik şişeye konuldu. Toprak 1:2.5 (ağırlık/hacim) oranında saf su ile sulandırılarak (20 g toprak 50 ml saf su ilave edilerek) süspansiyon elde edildi. Elde edilen süspansiyon bağıet yardımı ile yaklaşık 30 dk karıştırıldı ve 1 saat dinlenmeye bırakıldı. Daha sonra pH metrenin elektrotu toprak-su karışımına daldırıldı ve. pH metrenin göstergesindeki pH değeri sabitlenince okuma yapılarak, not edildi (MEB, 2011).

3.2.2. Eriyebilir Tuz Analizi

Kurutulmuş 20 g toprak numunesi tartılarak bir behere konuldu. Toprağın üzerine doymuş duruma gelinceye kadar, yani spatüle bulaşmadan serbestçe kayıp parıldayana kadar bir büretten yavaş yavaş saf su ilave edildi ve spatülle karıştırıldı. Doymuluk durumuna getirmek için harcanan su miktarı büretten okunarak kaydedildi. Elde edilen doymuş çamur kabının üzeri nemli bir bezle kapatılarak yaklaşık 2 saat bekletildi. Bekleme süresi sona erdikten sonra WTW Multiline P3 pH/LF- SET pH-metre cihazı ile elektriksel iletkenliği ölçüldü ve kaydedildi.

Toprakta çözünebilir tuz miktarı arttıkça elektriksel iletkenliğin artacağı ilkesinden hareketle, aşağıdaki formül kullanılarak çözünebilir toplam tuz içeriği hesaplandı.

$$\% \text{ Toplam Tuz} = \frac{EC_{25}(mS/cm) \times 0.064 \times V}{100}$$

$$V = \frac{\text{Doygunluk için Harcanan Su Miktarı (ml)}}{\text{Fırın Kuru Toprak Ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (\text{Karagöz, 1989})$$

Burada;

EC_{25} : Doygunluk çamurunun 25°C' de elektriksel iletkenliği (milimhos/cm)

V : Doygunluk yüzdesi (2. Eşitlikten hesaplanmaktadır.)

0,064: ppm'e çevirme katsayısı (MEB, 2012a).

Çizelge 3.6. % Toplam Tuz hesabı için harcanan su miktarı ve EC değerleri

İstasyonlar	Harcanan su miktarı (mL)			EC değerleri (µS/cm)		
	Eylül	Ocak	Mayıs	Eylül	Ocak	Mayıs
1.istasyon	11,20	8,50	4,60	889,00	425,00	648,00
2.istasyon	17,00	18,20	8,50	609,00	218,00	208,00
3.istasyon	2,10	11,80	5,70	2100,00	1490,00	298,00
4.istasyon	7,20	9,80	4,30	2170,00	1254,00	4050,00
5.istasyon	12,20	9,20	4,40	2730,00	1692,00	4350,00
6. istasyon	12,50	10,50	4,60	554,00	228,00	67,60
7.istasyon	12,30	9,20	4,80	522,00	420,00	144,60
8.istasyon	11,00	8,20	4,80	585,00	217,00	122,00
9.istasyon	10,80	9,40	5,30	777,00	319,00	170,30

3.2.3. Toprak ve Meyve Numunelerinin Ağır Metal Analizi İçin Hazırlanması

3.2.3.1. Mikrodalga ile çözme

Önce havada, daha sonra etüvde 105 °C' de 1 gece kurutulan toprak numunelerinden 0,5 g tartılıp mikrodalga için özel kaplar olan polimerik yapıli teflon kaplara konuldu. Üzerine 9 mL der HNO₃ ve 3 mL der HF eklendi ve reaksiyonun gerçekleşmesi için yaklaşık 30 dk. çeker ocak altında bekletildi. Daha sonra kaplar sıkıca kapatıldı ve mikrodalga sisteminde yerleştirildi. Cihazda tanımlı olan EPA 3052 metodu seçildi ve ısınma işlemi başladı. Numuneler

yaklaşık 5.5 dk. da 180 ± 5 °C'ye ısıtıldı ve spesifik reaksiyonlar başladı. Reaksiyonların tamamlanması için 9,5 dk daha 180 ± 5 °C'de bekletildi.. Numunelerin cihazda normal sıcaklığa dönmesinden sonra (yaklaşık 20 dk) teflon kaplar cihazdan çıkartıldı ve numuneler mavi bant süzgeç kağıdı ile süzüldü. Süzülen çözeltiler 50 mL'ye seyreltildi. Böylece toprak numuneleri metal analizi için hazır hale getirildi.

70 °C de kurutulmuş 0,5 g kurutulmuş incir ve meyve numunesi ayrı ayrı tartılıp teflon kaplara konuldu. Üzerine 10 mL derişik HNO_3 eklendi. Reaksiyonun tamamlanması için 20-25 dk çeker ocak altında bekletildi. Reaksiyon bitince mikrodalgaya yerleştirildi ve cihazda tanımlı olan Plant Material yöntemi seçildi. Numuneler yaklaşık 4 dk. da 200 ± 5 °C'ye ısıtıldı ve spesifik reaksiyonlar başladı. Reaksiyonların tamamlanması için 3 dk daha 180 ± 5 °C'de bekletildi.. Numunelerin cihazda normal sıcaklığa dönmesinden sonra (yaklaşık 20 dk) teflon kaplar cihazdan çıkartıldı ve numuneler mavi bant süzgeç kağıdı ile süzüldü. Süzülen çözeltiler 50 mL'ye seyreltildi. Böylece zeytin ve incir numuneleri metal analizi için hazır hale getirildi.



Şekil 3.3. Mars 6 mikrodalga cihazı

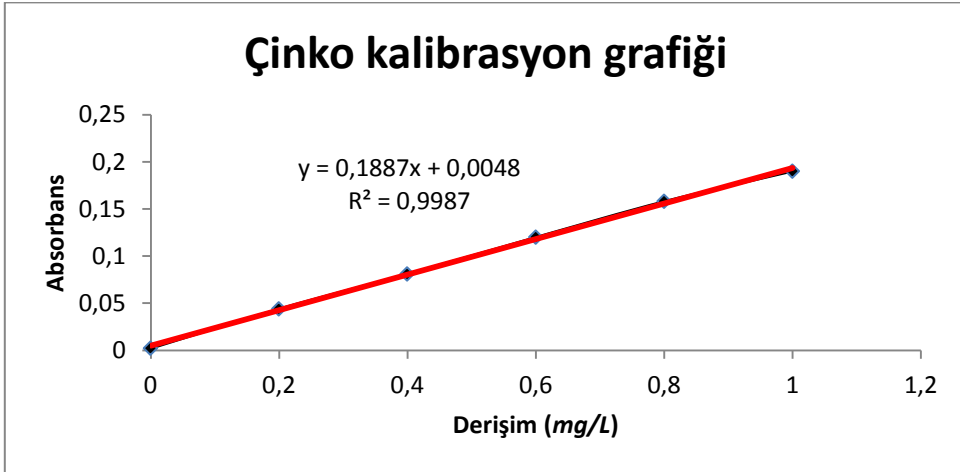
3.2.3.2. AAS ile yapılan analizler

Toprak ve meyve numuneleri çözünürleştirildikten sonra AAS ile çeşitli elementlerin (B, Cd²⁺, Cr³⁺, Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Al³⁺, Mn²⁺, Fe³⁺) derişimleri tayin edildi. Bu amaçla, tayin edilecek her bir element için ayrı ayrı 5 farklı derişimde kalibrasyon çözeltisi hazırlanıp, her element için kalibrasyon grafiği hazırlandı. Daha sonra numuneler cihaza okutularak metal derişimleri saptandı. Elde edilen analiz sonuçlarına dayanarak gerekli görüldüğü takdirde seyreltme işlemi yapıldı.

Elde edilen kalibrasyon grafikleri Zn için Çizelge 3.7., Şekil 3.4.'de, Cr için Çizelge 3.8., Şekil 3.5.'de, Al için Çizelge 3.9., Şekil 3.6.'da, Fe için Çizelge 3.10., Şekil 3.7.'de, Cd için Çizelge 3.11., Şekil 3.8.'de, Mn için Çizelge 3.12., Şekil 3.9.'da, Pb için Çizelge 3.13., Şekil 3.10.'da, Cu için Çizelge 3.14., Şekil 3.11.'de, B için Çizelge 3.15., Şekil 3.12.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Çinko kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbsansları

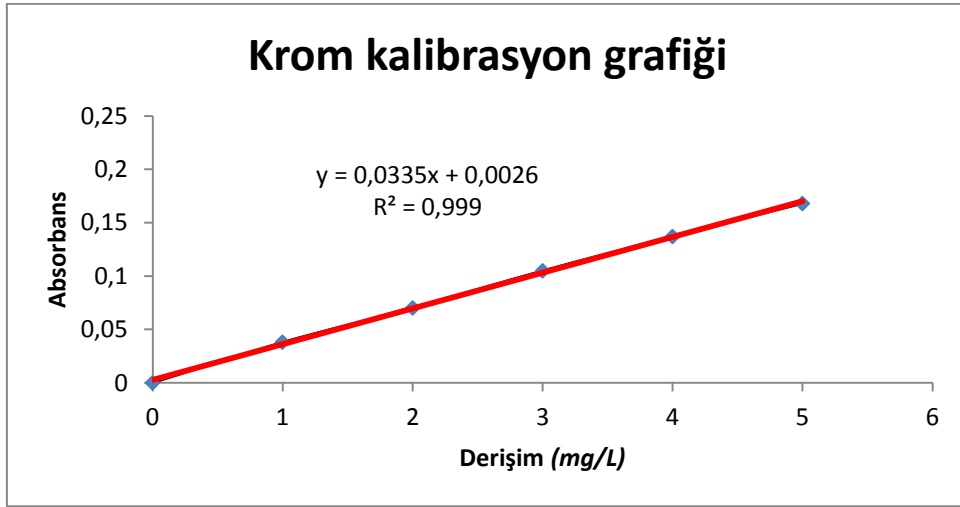
Derişim (mg/L)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,0
Absorbans	0,002	0,044	0,081	0,120	0,158	0,190



Şekil 3.4. Zn için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.8. Krom kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları

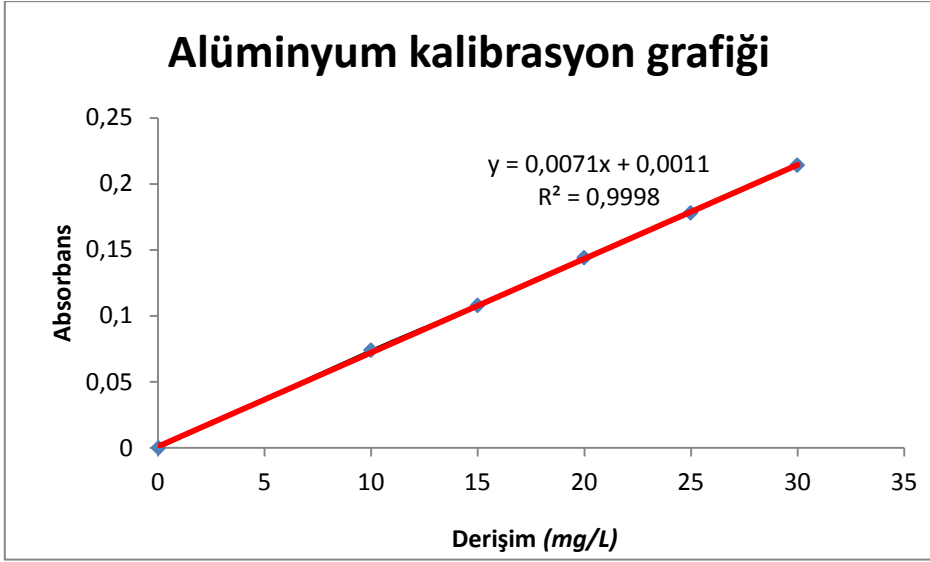
Derişim (mg/L)	0,00	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Absorbans	0,000	0,038	0,070	0,105	0,137	0,168



Şekil 3.5. Cr için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.9. Alüminyum kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları

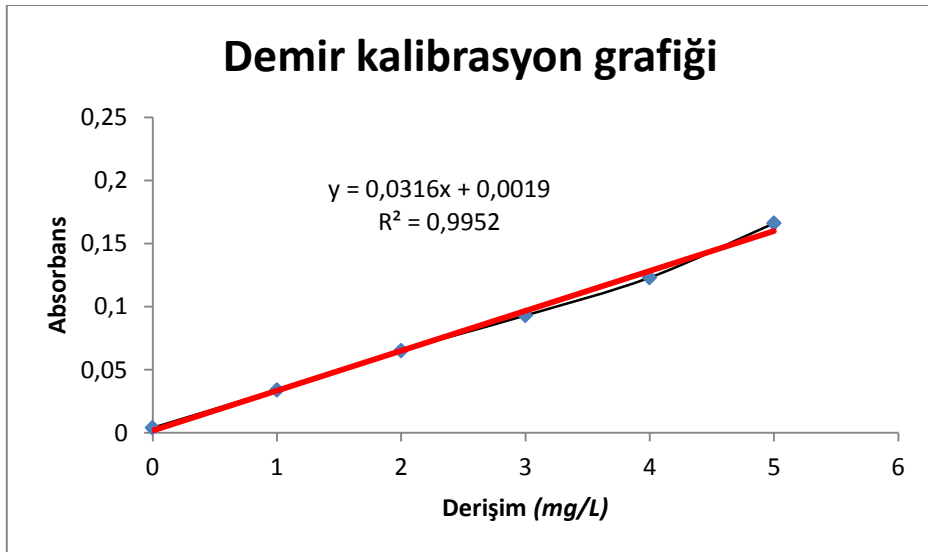
Derişim (mg/L)	0,00	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
Absorbans	0,030	0,074	0,108	0,144	0,178	0,214



Şekil 3.6. Al için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.10. Demir kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbansları

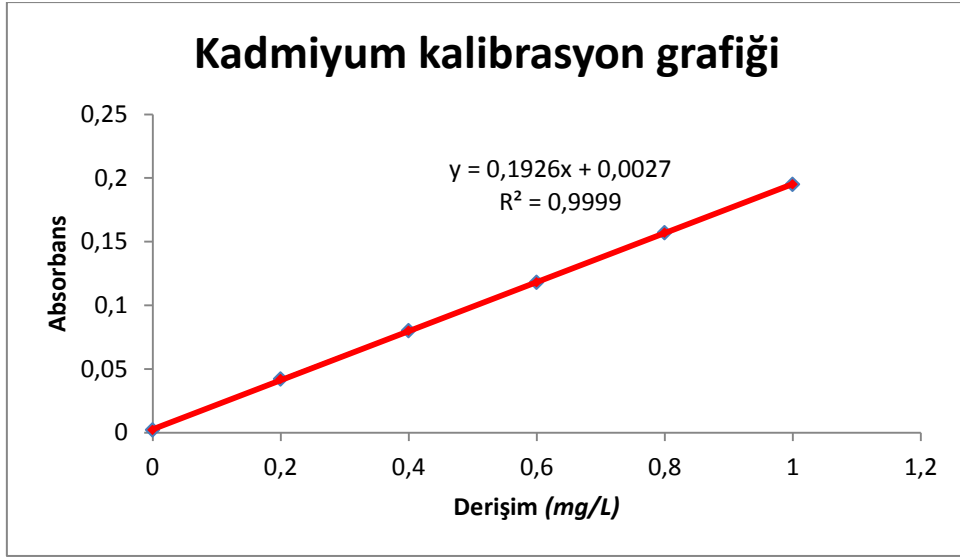
Derişim (mg/L)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Absorbans	0,004	0,034	0,065	0,093	0,123	0,166



Şekil 3.7. Fe için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.11. Kadmiyum kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbsanları

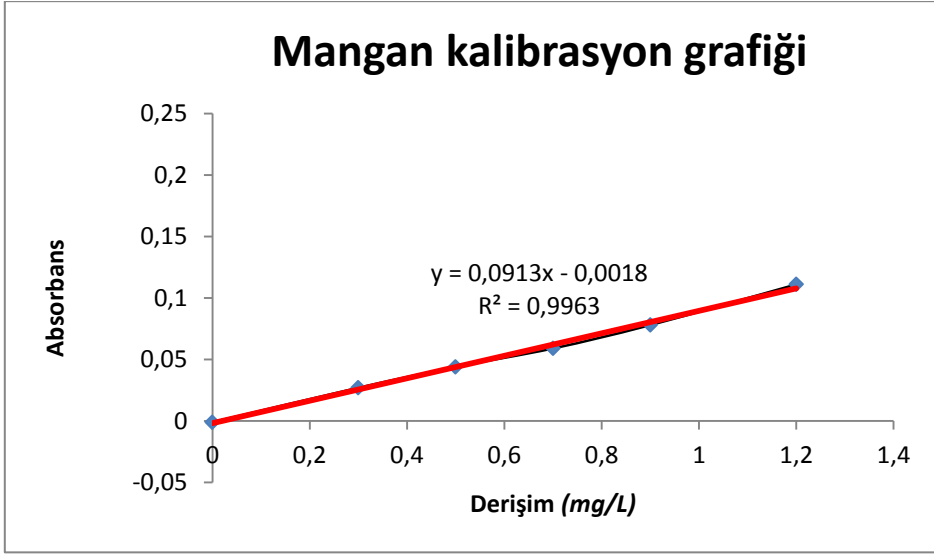
Derişim (mg/L)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,0
Absorbans	0,002	0,042	0,080	0,118	0,157	0,195



Şekil 3.8. Cd için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.12. Mangan kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbsanları

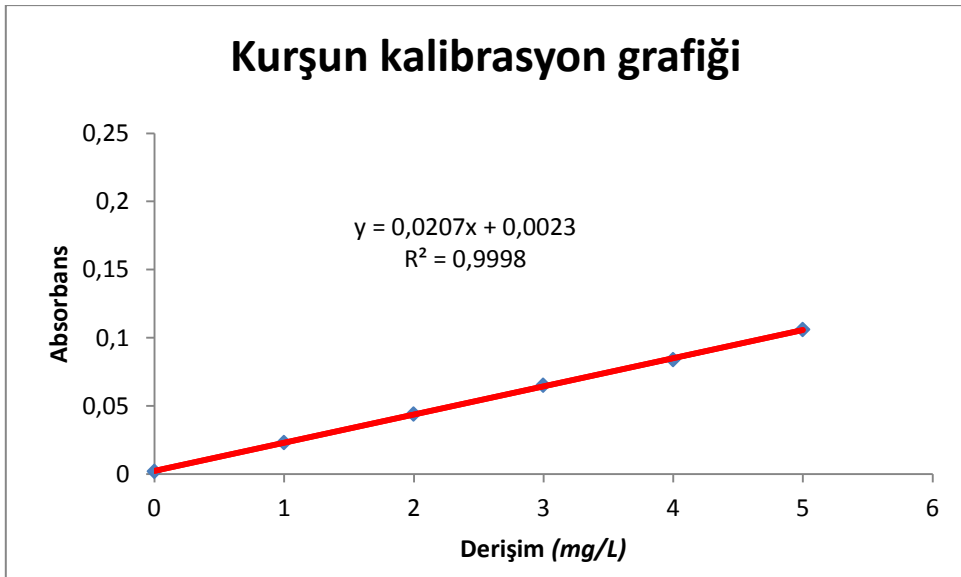
Derişim (mg/L)	0,00	0,30	0,50	0,70	0,90	1,20
Absorbans	-0,001	0,027	0,044	0,059	0,078	0,111



Şekil 3.9. Mn için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.13. Kurşun kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbansları

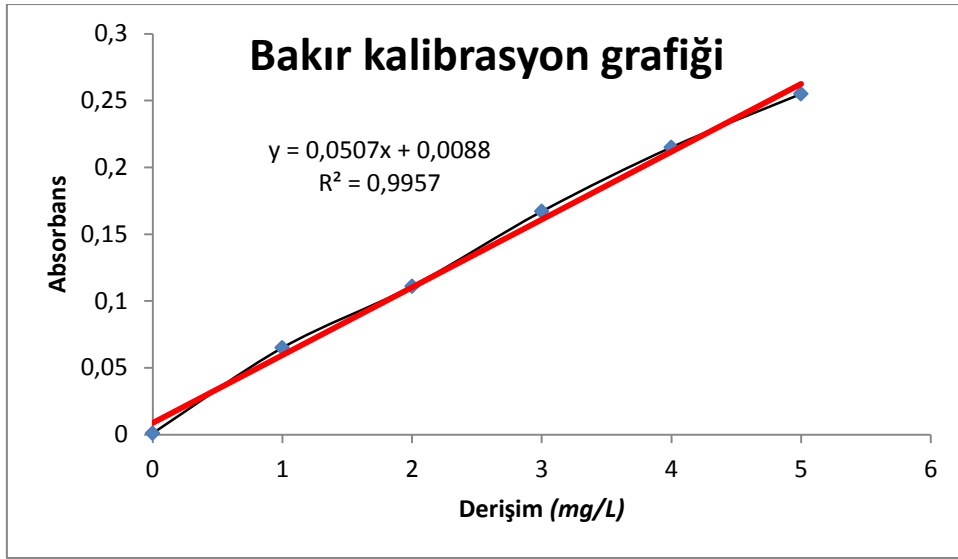
Derişim (mg/L)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Absorbans	0,002	0,023	0,044	0,065	0,084	0,106



Şekil 3.10. Pb için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.14. Bakır kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları

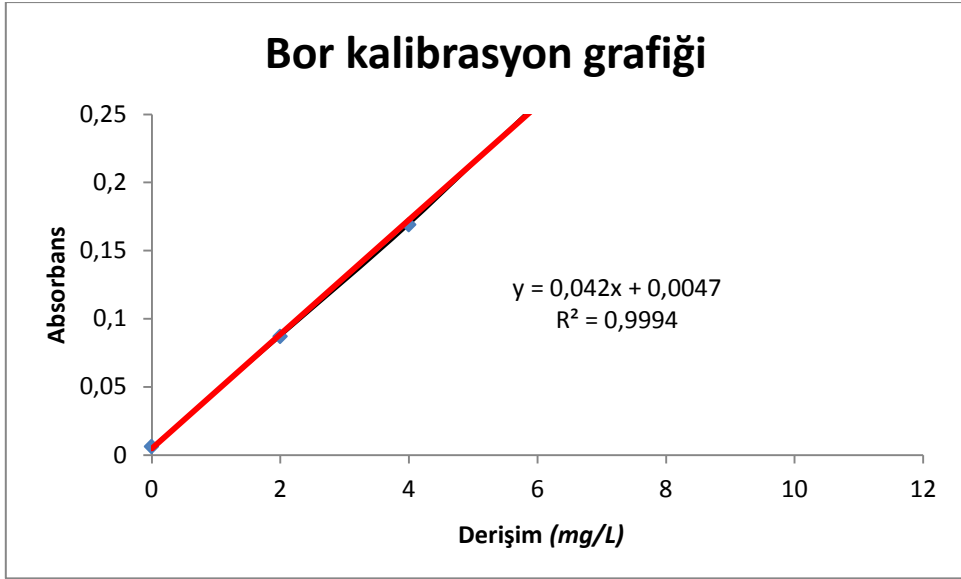
Derişim (mg/L)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Absorbans	0,001	0,065	0,111	0,167	0,215	0,255



Şekil 3.11. Cu için kalibrasyon grafiği

Çizelge 3.15. Bor kalibrasyon çözeltileri derişimleri ve absorbanları

Derişim (mg/L)	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
Absorbans	0,006	0,087	0,169	0,259	0,346	0,420



Şekil 3.12. B için kalibrasyon grafiği

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. Analizleri Yapılan Parametrelerin Sonuçları

Yaptığımız çalışmada Aydın Buharkent yöresinde jeotermal tesislere yakınlık, doğal çıkış ve sondaj gibi parametrelere bakılarak 9 toprak istasyonu seçilmiştir. Eylül, Ocak ve Mayıs olmak üzere toplamda 3 sefer, 4 aylık periyotlarla numuneler alınmıştır. Meyve numuneleri (zeytin ve incir) ise, Eylül ayında alınmıştır. Bu numuneler jeotermal akışkanlarda bulunan çeşitli kirletici ağır metaller bakımından incelenmiştir.

Toprak ve bitki numunelerindeki metal derişimleri AAS cihazı ile belirlenmiştir. Farklı derişimlerdeki kalibrasyon çözeltilerinin absorbans şiddetleri kullanılarak gözlenebilme ve tayin sınırları hesaplanmıştır. Hesaplamalar aşağıda verilen formüllerle yapılmıştır.

4.1.2. Yapılan Analizlerin Tayin ve Gözlenebilme Sınırlarının Hesaplanması ve Değerleri

LOD: Gözlenebilme sınırı (Limit of detection): Zemin gürültüsünden farklı olarak tespit edilen fakat miktarı belirlenemeyen en küçük analit derişimidir. Tipik olarak S/N (sinyal/gürültü)'nün 3 katıdır; gürültünün standart sapmasına dayanır.

LOQ: Tayin sınırı (Limit of quantification): Uygulanan test koşulları altında, kabul edilebilir hassasiyet (tekrarlanabilirlik) ve doğrulukla tayin edilebilen en düşük analit derişimidir. Tipik olarak S/N'nün 10 katıdır.

Örneğin, excel veri çözümlene regresyon metoduyla hesapladığımız $S_{y/x}$: y eksenindeki standart hata (regresyon istatistikleri standart hata) 0,0070 ise, Kalibrasyon grafiğinin eğimi (m) : 0,5571 olsun, kesim noktası ise 0,0078 olsun

Gözlenebilme sınırı: $C_{LOD} = 3S_{y/x}/m$ formülünde verilen değerleri yerine koyarsak,

$C_{LOD} = 3 \times 0,0070 / 0,5571 = 0,04$ birim (ppm, ppb..vs.) olarak hesaplanır.

Tayin sınırı: $C_{LOQ} = 10 S_{y/x} / m$ formülünde verilen değerleri yerine koyarsak,

$CLOQ = 10 \times 0,0070 / 0,5571 = 0,13$ birim (ppm, ppb..vs.) olarak hesaplanır (Miller ve Miller, 2005).

Çizelge 4.1. AAS ile yapılan ağır metal analizlerinin tayin ve gözlenebilme sınırları

Metaller (mg/L)	Gözlenebilme Sınırı (LOD)	Tayin Sınırı (LOQ)
Fe	0,43	1,47
Mn	0,09	0,29
Cu	0,41	1,39
Cr	0,17	0,56
Cd	0,11	0,16
Al	3,79	13,18
Pb	0,11	0,36
Zn	0,07	0,22
B	3,06	10,19

4.1.3. Numunelerin Analiz Sonuçları ve Standart Sapma Değerleri

Buharkent'ten alınan toprak ve meyve numunelerinden ölçülen parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında B, Fe, Al, Pb, Mn derişimlerinin diğer ağır metallere oranla yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cr ve Cu derişimleri daha az Cd ise çok daha düşüktür, hatta çoğu numunede tayin edilememiştir.

Çizelge 4.2. Buharkent'ten alınan toprak ve meyve numunelerinde ölçülen parametrelerin minimum ve maksimum değerleri

Parametreler	Toprak (n=3)						Meyve (Zeytin)		Meyve (İncir)	
	Eylül		Ocak		Mayıs		Min	Max	Min	Max
	Min	Max	Min	Max	Min	Max				
Fe (mg/kg)	4397	10412	8816	26628	9,91	101,96	20,65	35,18	23,21	30,42
Mn (mg/kg)	229	420,99	89,18	385,61	41,80	430,30	2,29	6,33	3,63	6,06
Cu (mg/kg)	6,73	30,26	11,40	20,69	6,29	18,08	2,69	8,57	3,89	4,89
Cr (mg/kg)	37,60	76,83	6,27	84,93	36,32	101,96	TE	2,39	TE	0,95
Cd (mg/kg)	TE	0,41	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Al (mg/kg)	2517	13361	3250	14798	2800	12365	109,19	247,36	TE	164,99
Pb (mg/kg)	26,16	44,86	20,63	80,66	24,47	102,10	TE	TE	2,51	2,59
Zn (mg/kg)	38,28	556,55	56,24	3528,7 3	36,32	3123,5 1	2,53	15,41	12,67	12,86
B (mg/kg)	3,11	10,12	3,11	10,21	3,12	9,37	TE	TE	TE	TE
pH	7,97	9,94	8,26	9,95	8,63	9,54	.....	.....	.....	.....
İletkenlilik (μ S/cm)	521	2730	216,6	1692	122	4350	.....	.....	.....	.....
Toplam Tuz (%)	0,34	0,57	0,28	0,49	0,22	0,57	.....	.....	.....	.....

Min: Minimum

Max: Maksimum

TYA: Tayin limitinin altında

Çizelge 4.3. Eylül ayında alınan incir ve zeytin numunelerinin analiz sonuçları
(n=1)

	1.istasyon (Zeytin)		2.istasyon (Zeytin)		3.istasyon (İncir)		4.istasyon (Zeytin)		5.istasyon (İncir)	
	Değer	STD	Değer	STD	Değer	STD	Değer	STD	Değer	STD
Cr (mg/kg)	2,39	0,04	TE	---	0,95	0,05	TE	---	TE	---
Fe (mg/kg)	27,65	0,19	20,79	0,33	23,21	0,04	35,18	0,18	30,42	0,34
Mn (mg/kg)	6,33	0,13	2,29	0,04	6,06	0,08	3,96	0,09	3,63	0,08
Cu (mg/kg)	8,57	0,15	2,69	0,03	3,89	0,04	8,53	0,08	4,89	0,12
Zn (mg/kg)	15,41	0,14	2,53	0,01	12,67	0,11	8,89	0,11	12,86	0,14
Al (mg/kg)	247,36	3,22	109,19	0,76	164,99	1,15	TE	---	TE	---
B (mg/kg)	TE	---	TE	---	TE	---	TE	---	TE	---
Cd (mg/kg)	TE	---	TE	---	TE	---	TE	---	TE	---
Pb (mg/kg)	TE	---	TE	---	2,51	0,05	TE	---	2,59	0,05

STD: Standart Sapma

TYA: Tayin Limitinin Altında

Çizelge 4.4. Eylül ayında alınan toprak numunelerinin analiz sonuçları (n=3)

	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6. istasyon	7. istasyon	8. istasyon	9. istasyon
Krom (mg/kg±Std)	58,76 ±0,99	38,54 ±0,04	58,72 ±0,70	65,87 ±0,99	76,83 ±0,69	42,08 ±0,34	71,08 ±0,49	39,42 ±0,51	37,62 ±0,68
Demir (mg/kg±Std)	5032,64 ±15,09	7971,69 ±47,83	7086,32 ±21,25	9112,07 ±72,89	6887,50 ±48,21	18823,87 ±75,29	10412,00 ±62,47	4709,79 ±37,68	4397,52 ±26,83
Mangan (mg/kg±Std)	273,95 ±1,64	274,94 ±1,65	338,34 ±3,05	410,39 ±1,64	420,99 ±1,68	229,08 ±1,37	309,83 ±2,17	321,22 ±1,61	296,64 ±1,19
Bakır (mg/kg±Std)	6,73 ±0,05	10,13 ±0,06	10,38 ±0,01	9,35 ±0,04	21,59 ±0,19	30,26 ±0,06	9,89 ±0,07	13,46 ±0,04	8,36 ±0,08
Çinko (mg/kg±Std)	377,92 ±3,78	603,48 ±2,41	49,50 ±0,19	46,24 ±0,37	55,65 ±0,22	556,55 ±5,01	319,01 ±3,51	41,22 ±0,12	38,28 ±0,46
Alüminyum (mg/kg±Std)	5169,92 ±103,39	2826,80 ±19,79	4168,02 ±79,19	9324,04 ±111,89	6783,16 ±88,18	2517,07 ±27,69	8628,64 ±69,03	13361,36 ±267,23	12211,93 ±146,54
Bor (mg/kg±Std)	3,11 ±0,04	3,92 ±0,04	8,30 ±0,14	10,12 ±0,19	8,87 ±0,19	3,90 ±0,07	6,69 ±0,12	3,41 ±0,04	7,21 ±0,12
Kadmiyum (mg/kg±Std)	0,20 ±0,0014	0,35 ±0,0014	0,41 ±0,0049	TE	0,42 ±0,0008	0,14 ±0,0008	0,14 ±0,0017	0,51 ±0,0061	0,31 ±0,0028
Kurşun (mg/kg±Std)	40,24 ±0,16	44,86 ±0,36	34,11 ±0,18	38,27 ±0,11	38,62 ±0,12	31,51 ±0,19	42,01 ±0,21	30,34 ±0,27	26,16 ±0,21
pH (mg/kg±Std)	9,13 ±0,15	8,39 ±0,08	8,31 ±0,11	9,94 ±0,01	9,83 ±0,03	7,97 ±0,04	8,71 ±0,02	8,61 ±0,06	8,28 ±0,04
İletkenlik (µS±Std)	889 ±10,15	609,33 ±5,03	2100,00 ±18,33	2170,00 ±3,46	2730,00 6,24	553,67 ±6,66	521,67 ±2,52	585,00 ±8,54	777,00 ±7,21
Toplam tuz (%)	0,57	0,39	0,52	0,63	0,58	0,36	0,33	0,38	0,50

STD: Standart Sapma

TYA: Tayin Limitinin Altında

Çizelge 4.5. Ocak ayında alınan toprak numunelerinin analiz sonuçları (n=3)

	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6. istasyon	7. istasyon	8. istasyon	9. istasyon
Krom (mg/kg±Std)	38,88 ±0,08	6,27 ±0,05	84,93 ±1,27	83,23 ±0,42	61,78 ±0,31	41,25 ±0,29	70,63 ±0,14	65,00 ±0,26	54,48 ±0,11
Demir (mg/kg±Std)	22628,23 ±158,39	2009,30 ±8,04	8816,80 ±70,53	16022,63 ±160,23	13450,07 ±121,05	13225,24 ±39,68	10356,02 ±51,78	9788,93 ±58,73	9475,06 ±311,17
Mangan (mg/kg±Std)	93,44 ±0,28	89,18 ±0,09	364,66 ±7,29	385,61 ±1,16	307,09 ±0,61	187,36 ±0,94	269,63 ±2,16	303,15 ±20,69	311,17 ±18,01
Bakır (mg/kg±Std)	11,40 ±0,03	13,32 ±0,05	16,76 ±0,08	18,02 ±0,11	13,84 ±0,02	13,27 ±0,03	19,42 ±0,12	20,69 ±0,08	18,01 ±0,38
Çinko (mg/kg±Std)	56,24 ±0,17	65,14 ±0,26	384,56 ±1,92	3528,73 ±21,17	275,47 ±3,86	467,25 ±3,74	512,63 ±2,05	63,45 ±1,26	291,76 ±2,62
Alüminyum (mg/kg±Std)	6725,12 ±107,60	3250,42 ±22,75	7187,56 ±100,62	11312,79 ±226,25	8206,54 ±65,65	3254,42 ±29,28	10356,27 ±62,14	15287,40 ±137,58	14798,20 ±103,59
Bor (mg/kg±Std)	3,11 ±0,03	3,92 0,04	8,30 ±0,14	10,21 ±0,19	8,87 ±0,18	3,71 ±0,07	6,69 ±0,12	3,41 ±0,04	7,21 ±0,12
Kadmiyum (mg/kg±Std)	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Kurşun (mg/kg±Std)	37,15 ±0,15	20,63 ±0,33	36,21 0,18	80,66 ±0,81	45,24 ±0,14	30,23 ±0,21	50,43 ±0,30	32,15 ±0,38	68,50 ±0,34
pH (Değer±Std)	9,04 ±0,02	9,01 ±0,10	8,87 ±0,05	8,94 ±0,03	9,95 ±0,05	8,26 ±0,06	8,98 ±0,08	8,85 ±0,12	9,01 ±0,17
İletkenlik (Değer±Std)	425,00 ±9,01	218,33 ±3,51	1490,00 ±7,21	1254,33 ±10,50	1692,00 ±11,78	228,00 ±19,29	419,67 ±7,09	216,67 ±5,68	319,00 ±5,57
Toplam Tuz(%)	0,47	0,47	0,58	0,49	0,31	0,28	0,35	0,38	0,45

STD: Standart Sapma

TE: Tayin Limitinin Altında

Çizelge 4.6. Mayıs ayında alınan toprak numunelerinin analiz sonuçları (n=3)

	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6. istasyon	7. istasyon	8. istasyon	9. İstasyon
Krom (mg/kg±Std)	9,91 ±0,15	31,75 ±0,03	90,12 ±1,35	91,13 ±0,45	101,96 ±0,41	44,67 ±0,13	68,03 ±0,13	37,05 ±0,15	39,46 ±0,24
Demir (mg/kg±Std)	1381,13 ±6,90	10003,23 ±70,02	10528,32 ±21,06	11546,61 ±69,28	17553,36 ±17,55	10630,38 ±85,04	10300,11 ±20,60	5600,24 ±44,80	4742,43 ±37,94
Mangan (mg/kg±Std)	41,80 ±0,04	220,49 ±0,44	384,96 ±0,38	349,23 ±6,89	430,36 ±1,29	212,91 ±0,85	309,59 ±0,93	276,83 ±0,55	227,37 ±0,45
Bakır (mg/kg±Std)	6,29 ±0,04	12,24 ±0,04	15,66 ±0,06	18,08 ±0,13	15,38 ±0,08	14,14 ±0,13	12,99 ±0,07	15,94 ±0,01	10,85 ±0,06
Çinko (mg/kg±Std)	60,42 ±1,21	36,32 ±0,29	291,35 ±0,58	91,34 ±0,18	79,56 ±0,39	3001,58 ±3,01	3123,51 ±62,47	69,29 ±0,42	186,89 ±0,56
Alüminyum (mg/kg±Std)	5236,12 ±73,31	2980,24 ±17,88	6778,58 ±54,23	9876,23 ±39,50	7523,28 ±67,71	2800,25 ±16,80	10589,12 ±190,60	9603,98 ±153,66	12365,13 ±210,21
Bor (mg/kg±Std)	3,47 ±0,06	3,12 ±0,07	9,37 ±0,19	9,34 ±0,13	8,58 ±0,16	4,58 ±0,09	7,12 ±0,11	4,80 ±0,09	8,15 ±0,11
Kadmiyum (mg/kg±Std)	0,58 ±0,0070	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Kurşun (mg/kg±Std)	102,13 ±0,41	65,05 ±0,32	35,42 ±0,28	60,73 ±0,18	36,53 ±0,11	66,28 ±0,26	77,19 ±0,08	39,40 ±0,31	24,47 ±0,19
pH (Değer±Std)	8,66 ±0,23	8,63 ±0,18	8,74 ±0,20	8,72 0,09	9,56 ±0,29	8,89 0,12	9,01 ±0,02	9,54 ±0,04	9,23 ±0,23
İletkenlik (Değer±Std)	648,00 ±7,21	208,00 ±6,24	298,33 ±12,66	4050,00 ±17,06	4350,00 ±9,54	107,64 ±0,96	144,62 ±3,97	122,33 ±4,04	170,31 ±1,79
Toplam Tuz (%)	0,42	0,39	0,48	0,57	0,42	0,22	0,33	0,37	0,42

STD: Standart Sapma

TYA: Tayin Limitinin Altında

4.1.4. Elde Edilen Verilerin Zamana ve İstasyonlara Göre Karşılaştırma Grafikleri

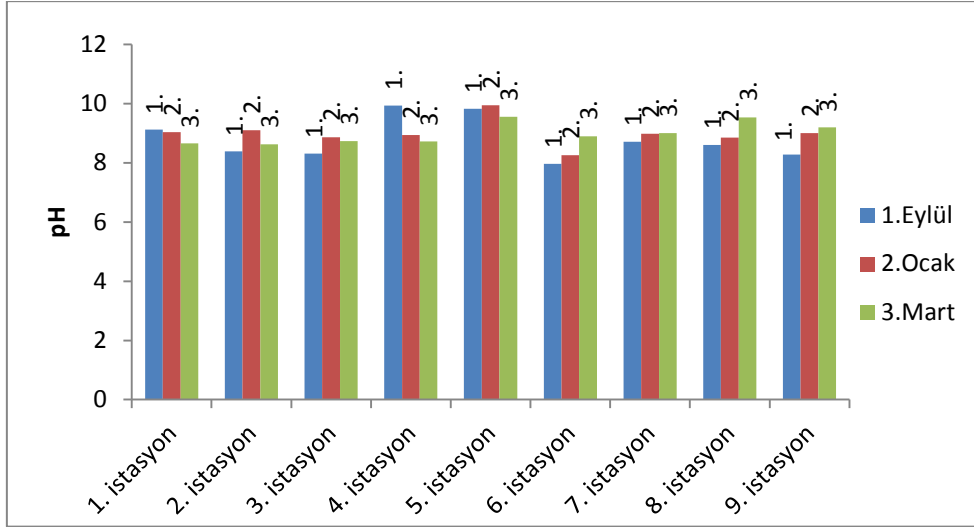
Buharkent'te seçilen istasyonlardan Eylül-Ocak-Mayıs aylarında toprak, Eylül ayında meyve numuneleri alınmıştır. Alınan meyve numunelerinde ağır metal miktarları, toprak numunelerinde ise pH, sıcaklık, iletkenlik, tuzluluk ve ağır metal miktarları belirlenmiştir. Analizi yapılan parametrelerin her biri için istasyonlara ve numune alınan periyotlara göre grafikleri ayrı ayrı çizilmiştir. İncelenen parametrelerin değerleri tablolar şeklinde verilmiştir.

pH

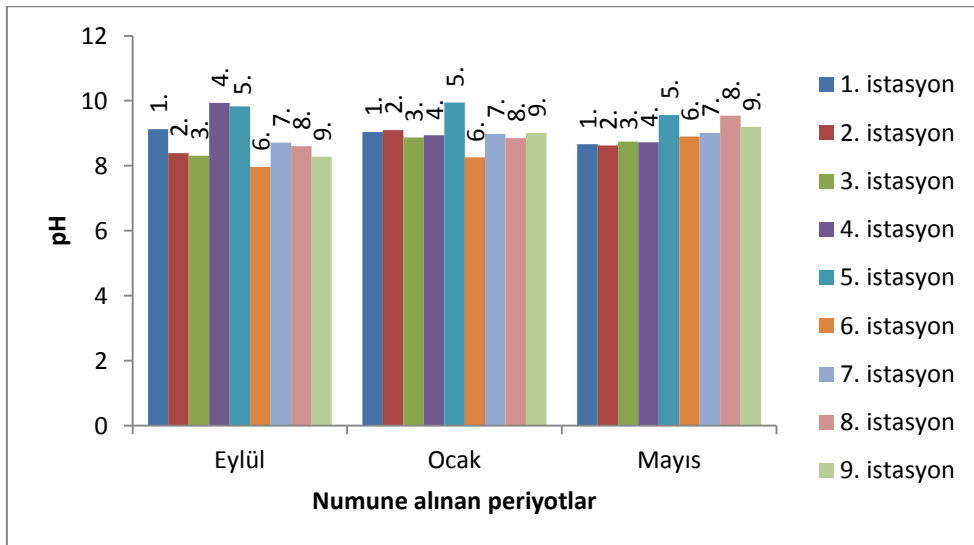
Yapılan analiz sonuçlarına göre elde edilen pH değerleri aşağıda verilmiştir. Analiz sonucu elde edilen pH değerleri Çizelge 4.7.'de ilgili grafikler Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Analiz sonucu elde edilen pH değerleri

pH	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	9,13	9,04	8,66
2. istasyon	8,39	9,10	8,63
3. istasyon	8,31	8,87	8,74
4. istasyon	9,94	8,94	8,72
5. istasyon	9,83	9,95	9,56
6. istasyon	7,97	8,26	8,90
7. istasyon	8,71	8,98	9,01
8. istasyon	8,61	8,85	9,54
9. istasyon	8,28	9,01	9,20



Şekil 4.1. Toprak numunelerinin pH değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği



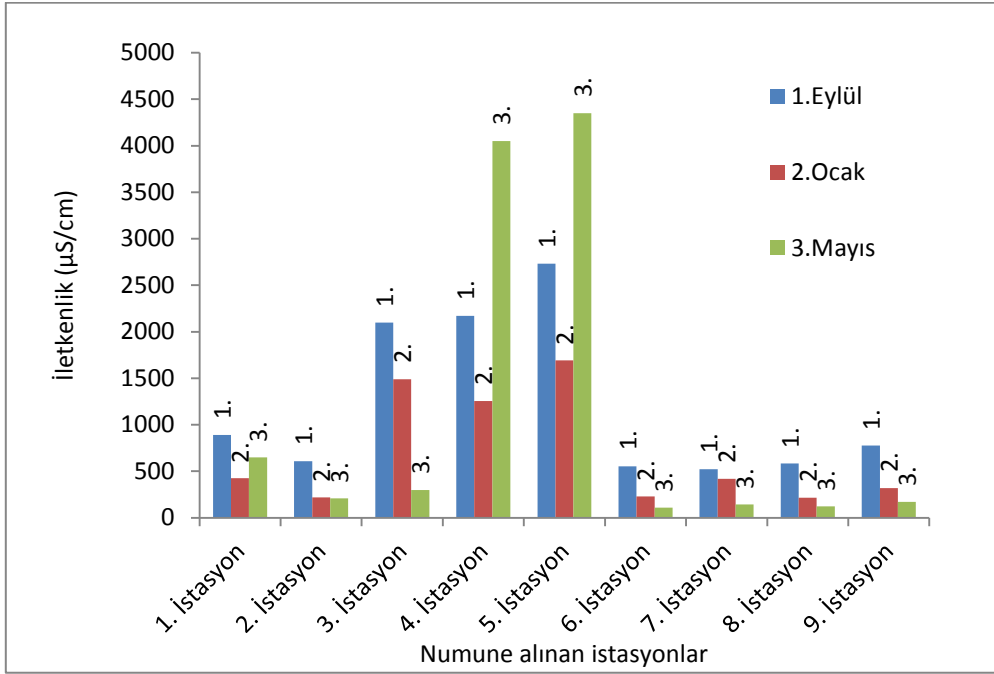
Şekil 4.2. Toprak numunelerinin pH değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği

İletkenlik

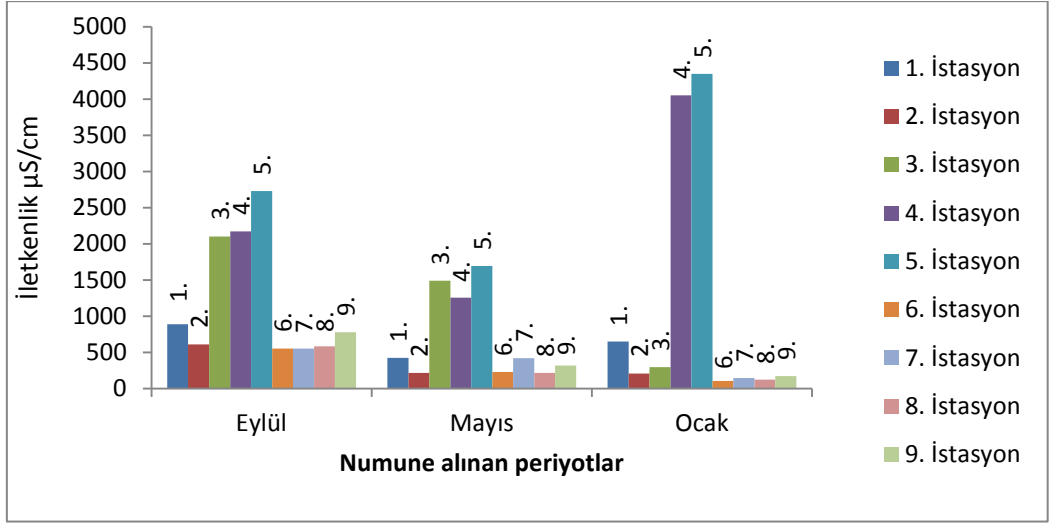
Analiz sonucu elde edilen iletkenlik değerleri çizelge 4.8., Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.8. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen iletkenlik değerleri

İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	889	425	648
2. istasyon	609	218	208
3. istasyon	2100	1490	2980
4. istasyon	2170	1254	4050
5. istasyon	2730	1692	4350
6. istasyon	554	228	67,6
7. istasyon	522	420	144,6
8. istasyon	585	217	122
9. istasyon	777	319	170,3



Şekil 4.3. Toprak numunelerinin iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırma grafiği



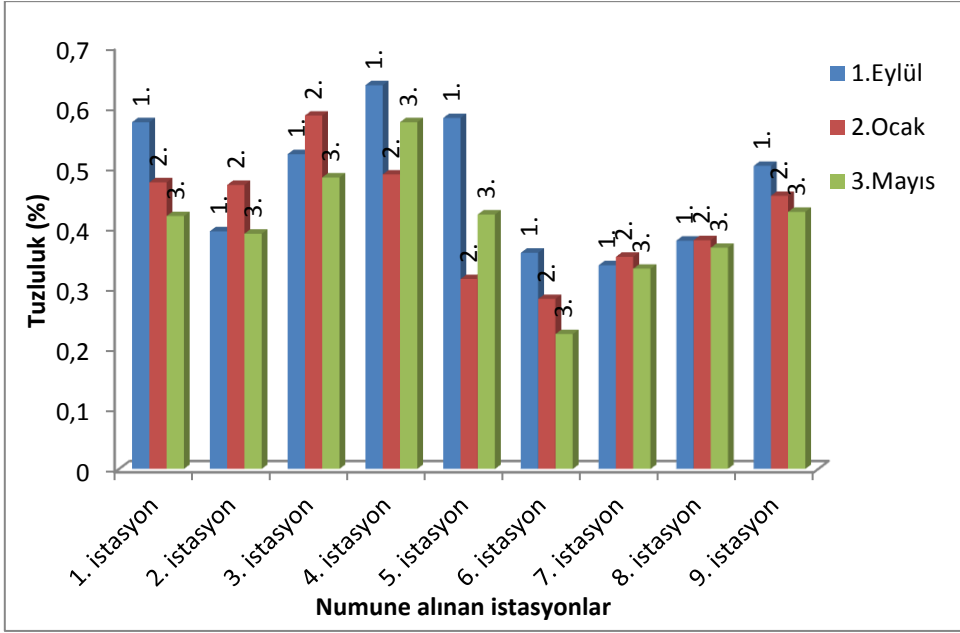
Şekil 4.4. Toprak numunelerinin iletkenlik değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği

Toplam Tuzluluk

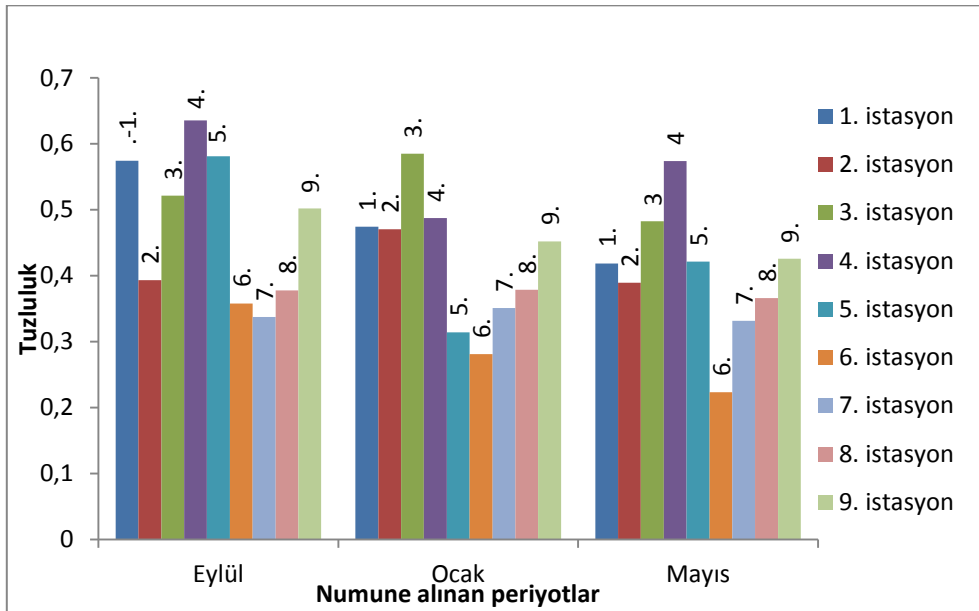
Analiz sonucu elde edilen iletkenlik değerleri çizelge 4.9., Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen tuzluluk değerleri

Toplam Tuzluluk (%)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	0,4424	0,2745	0,3186
2. istasyon	0,3934	0,2702	0,2893
3. istasyon	0,5213	0,4852	0,5825
4. istasyon	0,5356	0,4875	0,6741
5. istasyon	0,5812	0,4142	0,6912
6. istasyon	0,3579	0,1812	0,1031
7. istasyon	0,3372	0,2512	0,3314
8. istasyon	0,3779	0,2785	0,1661
9. istasyon	0,3919	0,2521	0,2057



Şekil 4.5. Toprak numunelerinin tuzluluk değerlerinin istasyonlara göre karşılaştırma grafiği



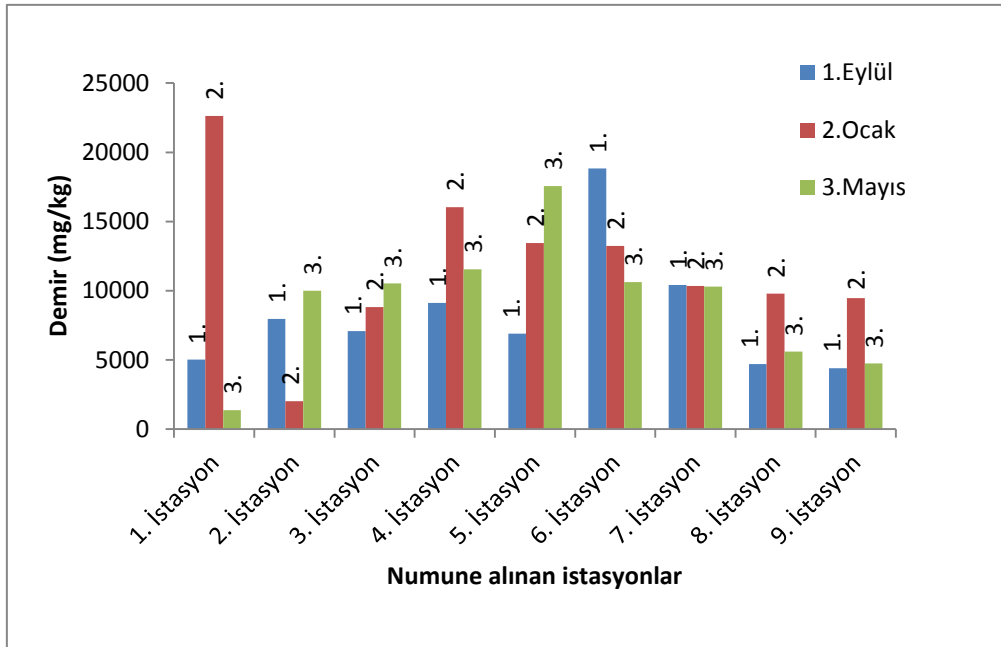
Şekil 4.6. Toprak numunelerinin tuzluluk değerlerinin zamana göre karşılaştırma grafiği

Demir

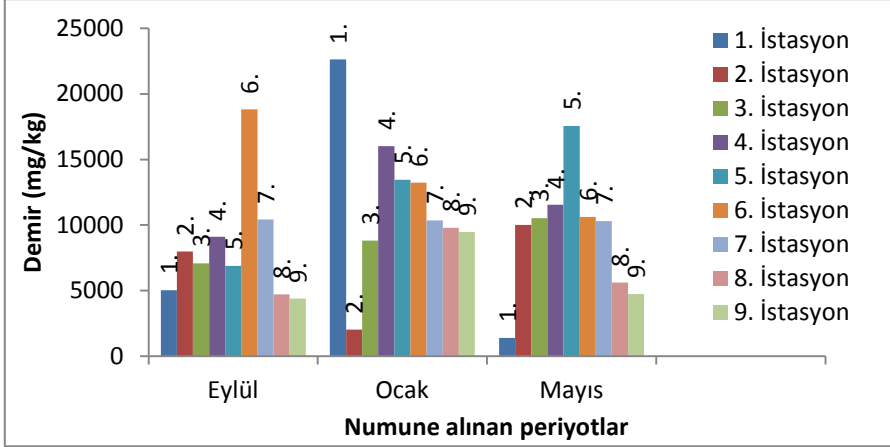
Toprak numuneleri analizi sonucunda elde edilen demir derişimleri Çizelge 4.10'de, grafikleri ise Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen demir derişimleri (mg/kg)

Fe (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	5032,64	22628,23	1381,13
2. istasyon	7971,69	2009,30	10003,23
3. istasyon	7086,32	8816,80	10528,32
4. istasyon	9112,07	16022,63	11546,61
5. istasyon	6887,50	13450,07	17553,36
6. istasyon	18823,87	13225,24	10630,38
7. istasyon	10412,00	10356,02	10300,11
8. istasyon	4709,79	9788,93	5600,24
9. istasyon	4397,52	9475,06	4742,43



Şekil 4.7. Toprak numunelerindeki demir derişiminin istasyonlara göre değişimi

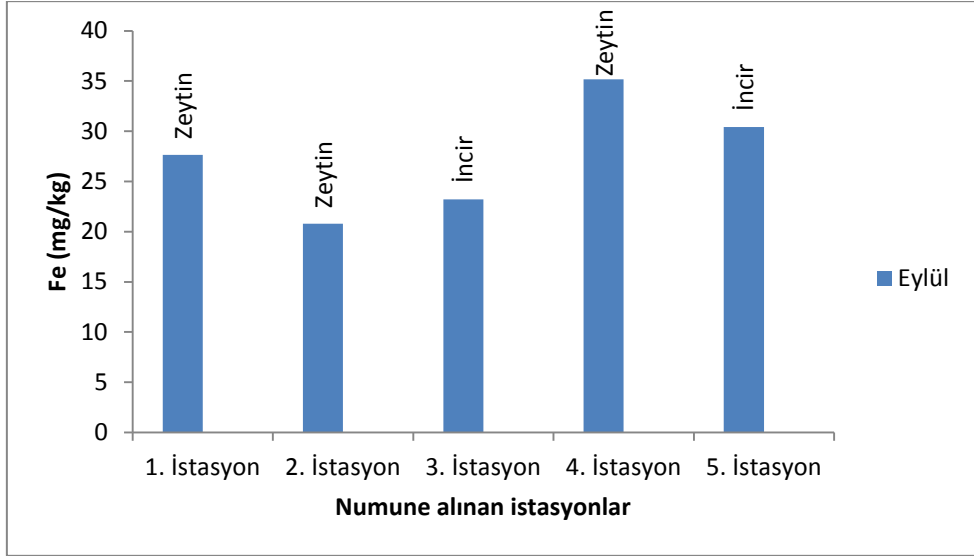


Şekil 4.8. Toprak numunelerinin demir derişiminin zamana göre değişimi

Eylül ayında alınan meyve numunelerindeki (zeytin ve incir) demir derişimi ise çizelge 4.11.'da ve şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.11. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen demir derişimi (mg/kg)

Fe (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	27,65
2. istasyon (Zeytin)	20,79
3. istasyon (İncir)	23,21
4. istasyon (Zeytin)	35,18
5. istasyon (İncir)	30,42



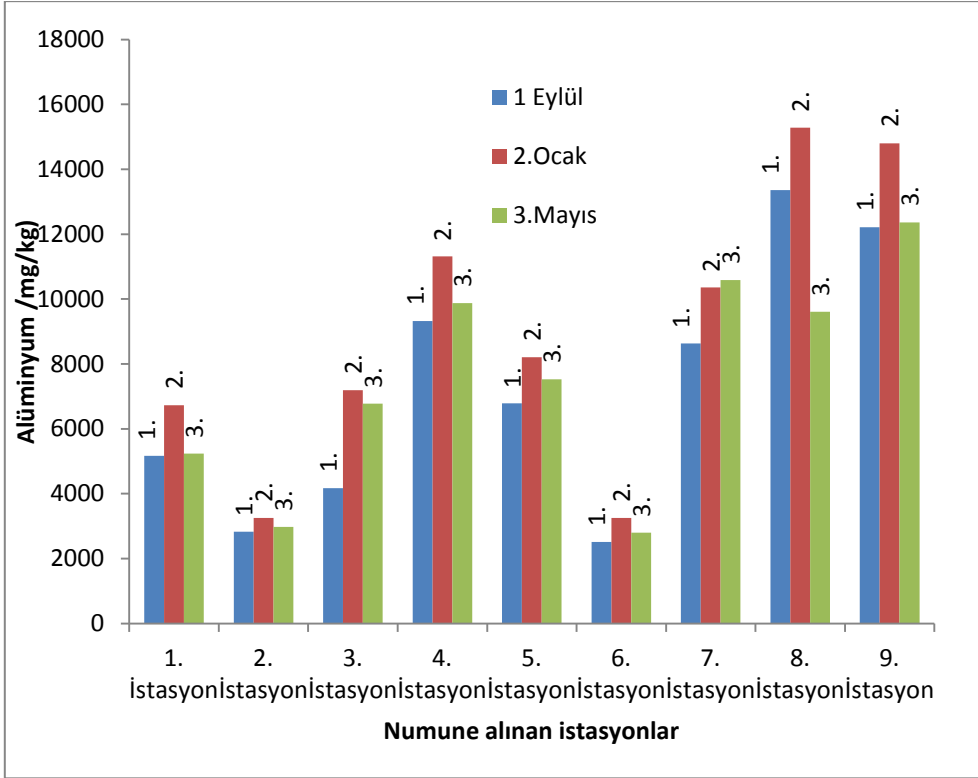
Şekil 4.9. Eylül ayında meyve numunelerindeki demir derişimi

Alüminyum

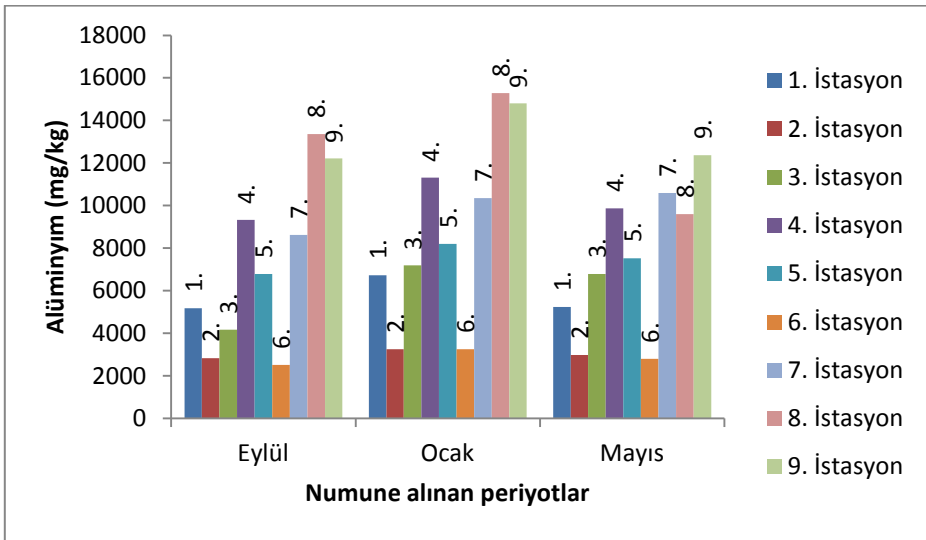
Toprak numunelerinin analizi sonucunda elde edilen alüminyum derişimleri Çizelge 4.12’de, grafikleri ise Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen alüminyum derişimleri (mg/kg)

Al (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	5169,92	6725,12	5236,12
2. istasyon	2826,80	3250,42	2980,24
3. istasyon	4168,02	7187,56	6778,58
4. istasyon	9324,04	11312,79	9876,23
5. istasyon	6783,16	8206,54	7523,28
6. istasyon	2517,07	3254,42	2800,25
7. istasyon	8628,64	10356,27	10589,12
8. istasyon	13361,36	15287,40	9603,98
9. istasyon	12211,93	14798,20	12365,13



Şekil 4.10. Toprak numunelerindeki alüminyum derişimlerinin istasyonlara göre değişimi

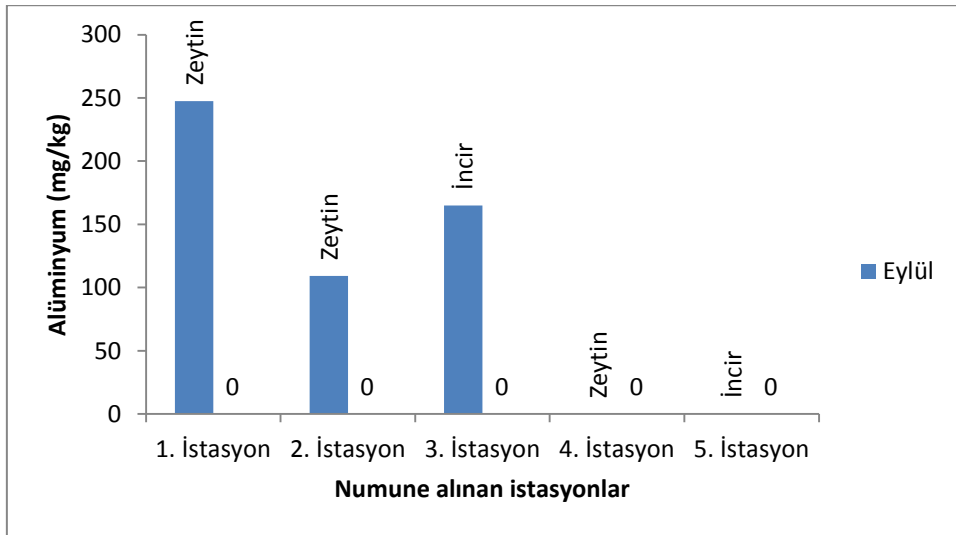


Şekil 4.11. Toprak numunelerindeki alüminyum derişimlerinin zaman göre değişimi

Meyve numunelerinin (incir ve zeytin) analizi sonucunda elde edilen alüminyum derişimleri Çizelge 4.13.'de, grafikleri ise Şekil 4.12. gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen alüminyum derişimleri (mg/kg)

Al (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	247,36
2. istasyon (Zeytin)	109,19
3. istasyon (İncir)	164,99
4. istasyon (Zeytin)	TE
5. istasyon (İncir)	TE



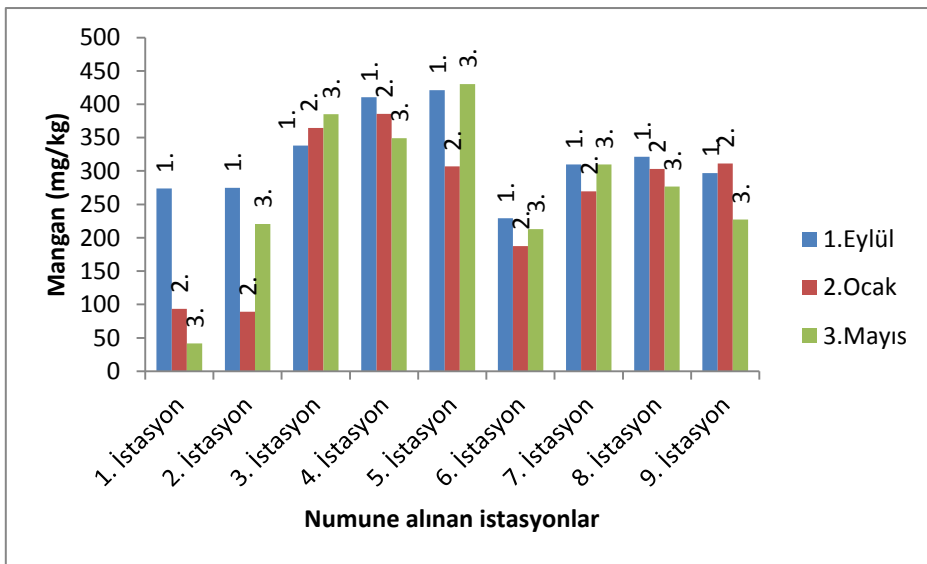
Şekil 4.12. Eylül ayında meyve numunelerindeki alüminyum derişimi

Mangan

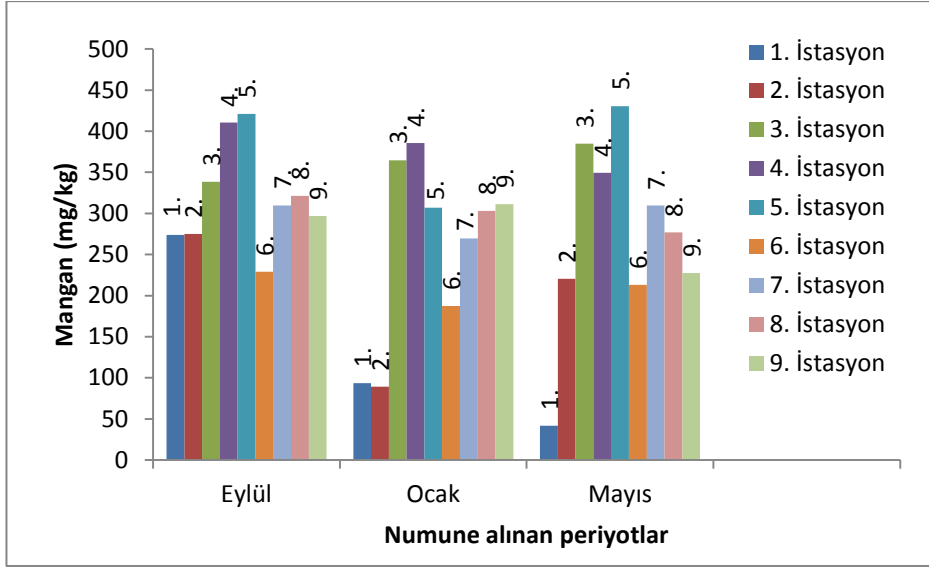
Toprak numunelerinin analizi sonucunda elde edilen mangan derişimleri Çizelge 4.14'de, grafikleri ise Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen mangan derişimleri (mg/kg)

Mn (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	273,95	93,44	41,80
2. istasyon	274,94	89,18	220,49
3. istasyon	338,34	364,66	384,96
4. istasyon	410,39	385,61	349,23
5. istasyon	420,99	307,09	430,36
6. istasyon	229,08	187,36	212,91
7. istasyon	309,83	269,63	309,59
8. istasyon	321,22	303,15	276,83
9. istasyon	296,64	311,17	227,37



Şekil 4.13. Toprak numuneleri mangan derişimlerinin istasyonlara göre değişimi

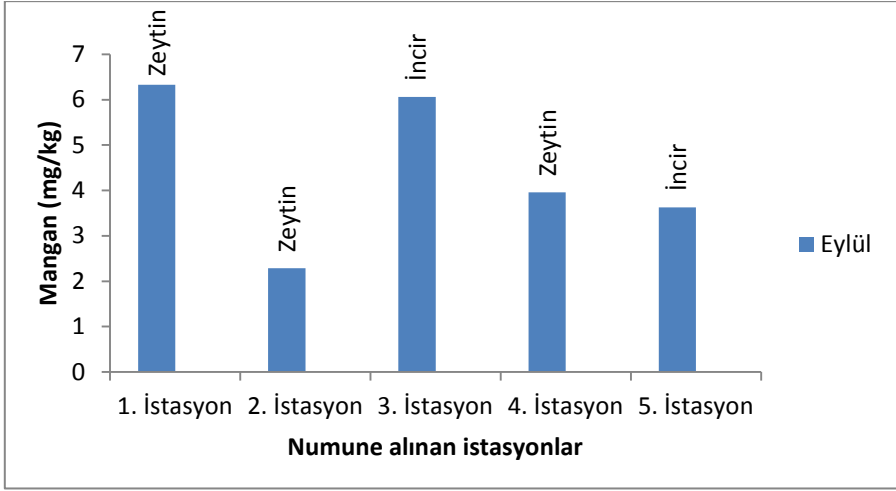


Şekil 4.14. Toprak numuneleri mangan derişiminin zaman göre değişimi

Meyve numunelerinin (ıncir ve zeytin) analizi sonucunda elde edilen mangan derişimleri Çizelge 4.15.'da, grafikleri ise Şekil 4.15. gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen mangan derişimleri (mg/kg)

Mn (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	6,33
2. istasyon (Zeytin)	2,29
3. istasyon (İncir)	6,06
4. istasyon (Zeytin)	3,96



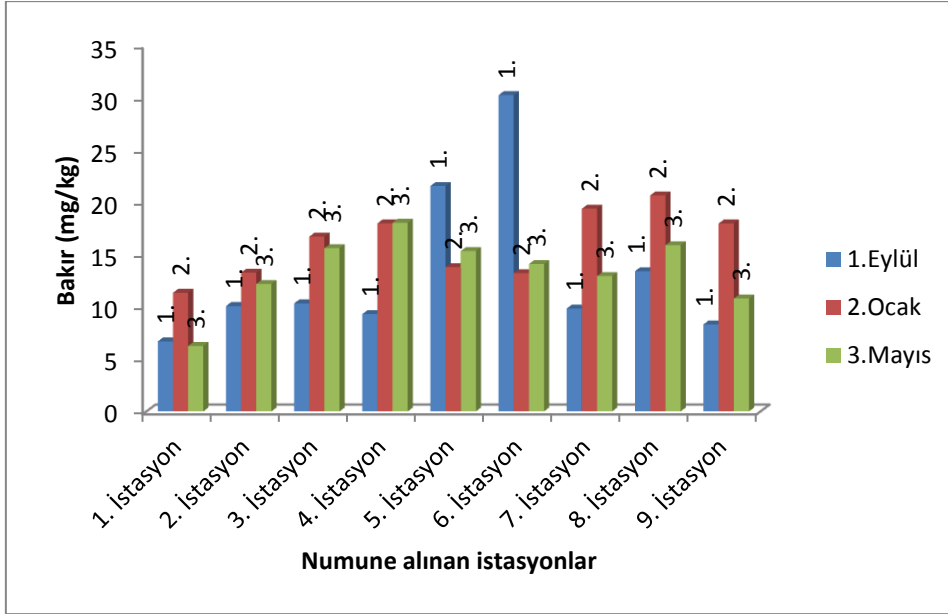
Şekil 4.15. Eylül ayında meyve numunelerinin mangan derişimi

Bakır

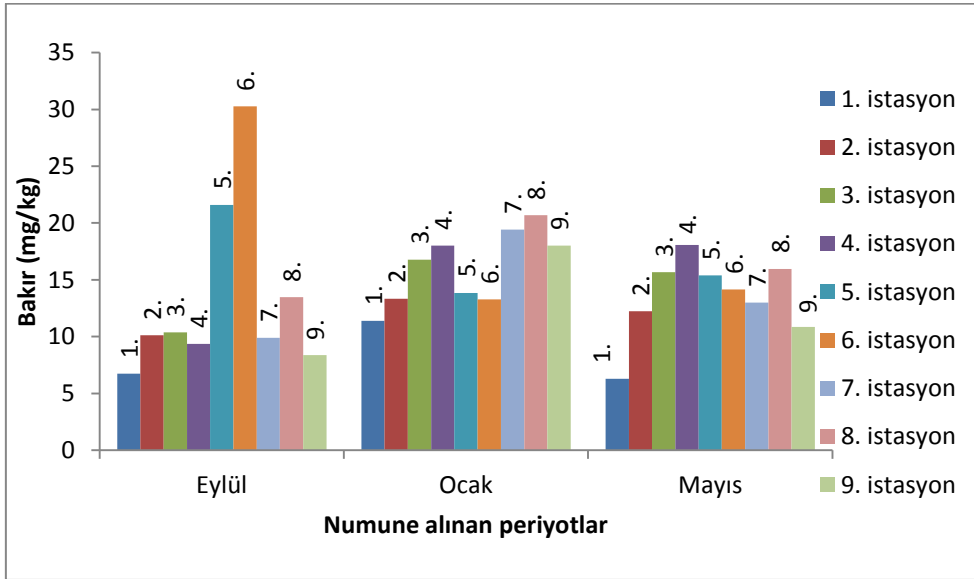
Toprak numunelerinin analizi sonucunda elde edilen bakır derişimleri Çizelge 4.16'de, grafikleri ise Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen bakır derişimleri (mg/kg)

Cu (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	6,73	11,40	6,29
2. istasyon	10,13	13,32	12,24
3. istasyon	10,38	16,76	15,66
4. istasyon	9,35	18,02	18,08
5. istasyon	21,59	13,84	15,38
6. istasyon	10,26	13,27	14,14
7. istasyon	9,89	19,42	12,99
8. istasyon	13,46	20,69	15,94
9. istasyon	8,36	18,01	10,85



Şekil 4.16. Toprak numuneleri bakır derişiminin istasyonlara göre değişimi

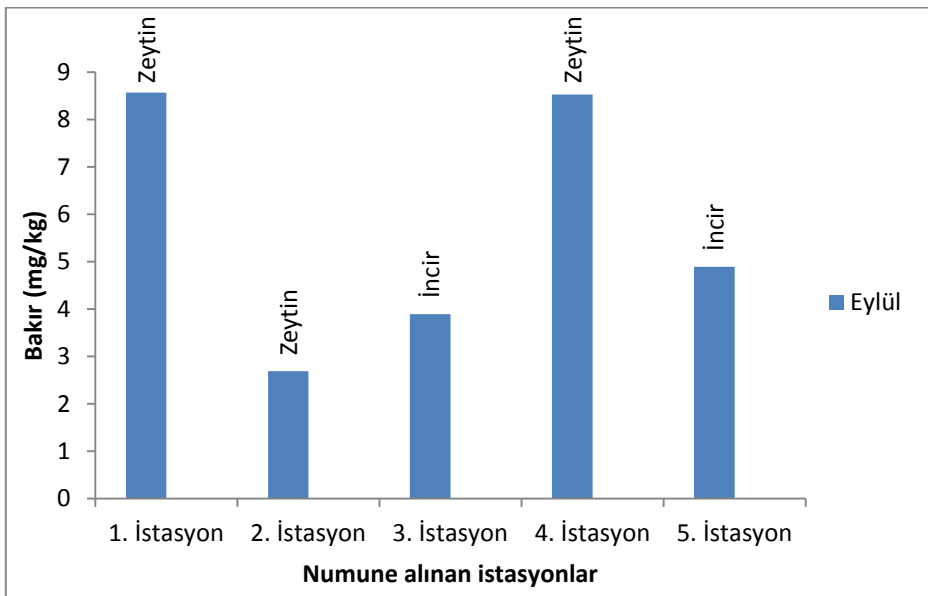


Şekil 4.17. Toprak numuneleri bakır derişiminin zamana göre değişimi

Meyve numunelerindeki (incir ve zeytin) analiz sonucunda elde edilen bakır derişimleri Çizelge 4.17.'de, grafikleri ise Şekil 4.18.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen bakır derişimleri (mg/kg)

Cu (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	8,57
2. istasyon (Zeytin)	2,69
3. istasyon (İncir)	3,89
4. istasyon (Zeytin)	8,53
5. istasyon (İncir)	4,89



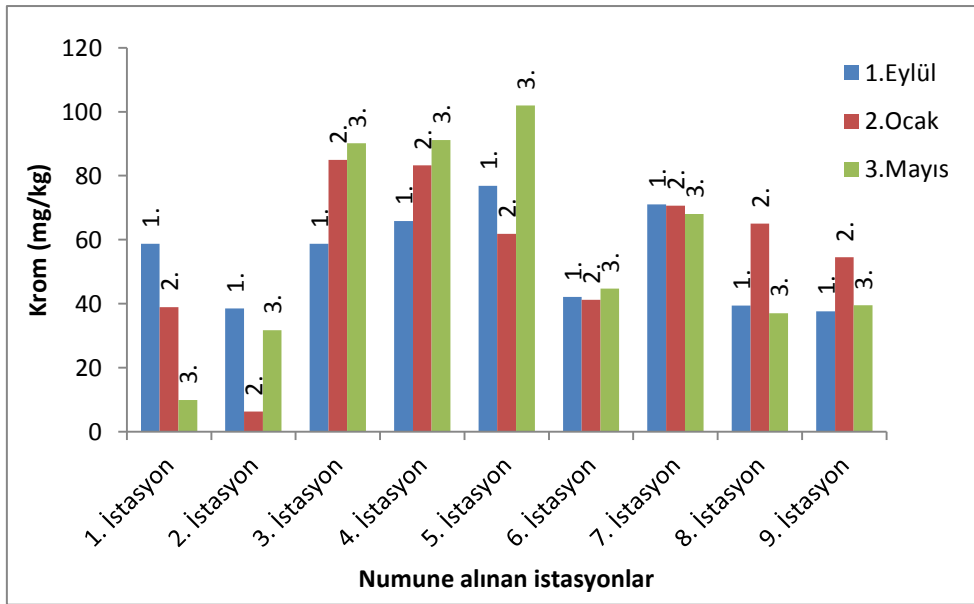
Şekil 4.18. Eylül ayında meyve numunelerinin bakır derişimi

Krom

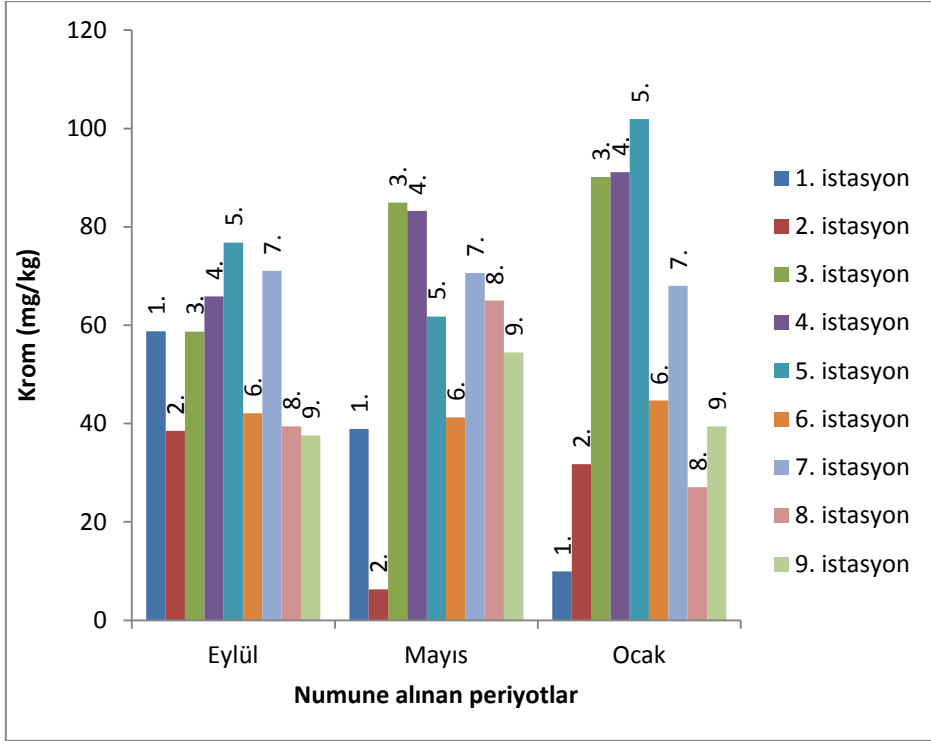
Toprak numunelerinin analizi sonucunda elde edilen krom derişimleri Çizelge 4.18.'da, grafiğı Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen krom derişimleri (mg/kg)

Cr (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	58,76	38,88	9,91
2. istasyon	38,54	6,27	31,75
3. istasyon	58,72	84,93	90,12
4. istasyon	65,87	83,23	91,13
5. istasyon	76,83	61,78	101,96
6. istasyon	42,08	41,25	44,67
7. istasyon	71,08	70,63	68,03
8. istasyon	39,42	65,00	37,05
9. istasyon	37,62	54,48	39,46



Şekil 4.19. Toprak numuneleri krom derişiminin istasyonlara göre değişimi

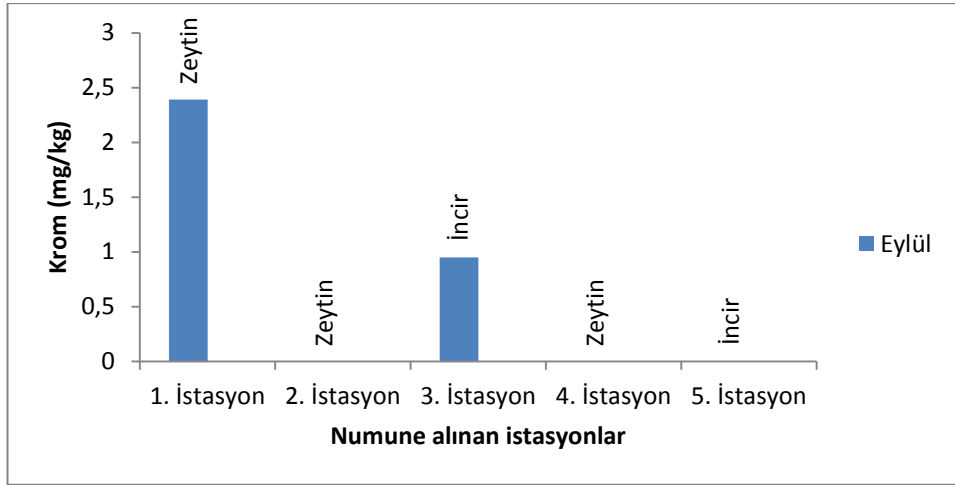


Şekil 4.20. Toprak numuneleri krom derişiminin zamana göre değişimi

Meyve (incir ve zeytin) numunelerindeki analizi sonucunda elde edilen krom derişimleri Çizelge 4.19.'de, grafikleri ise Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen krom derişimleri (mg/kg)

Cr (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	2,39
2. istasyon (Zeytin)	TE
3. istasyon (İncir)	0,95
4. istasyon (Zeytin)	TE
5. istasyon (İncir)	TE



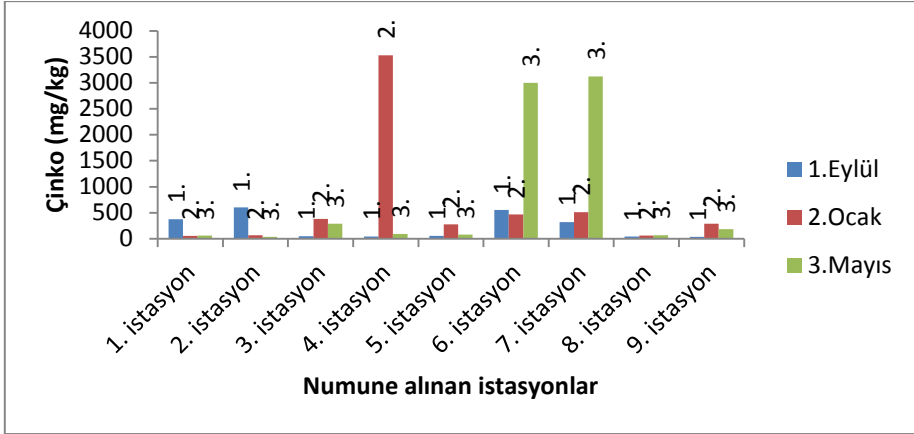
Şekil 4.21. Eylül ayı meyve numunelerindeki krom derişimi

Çinko

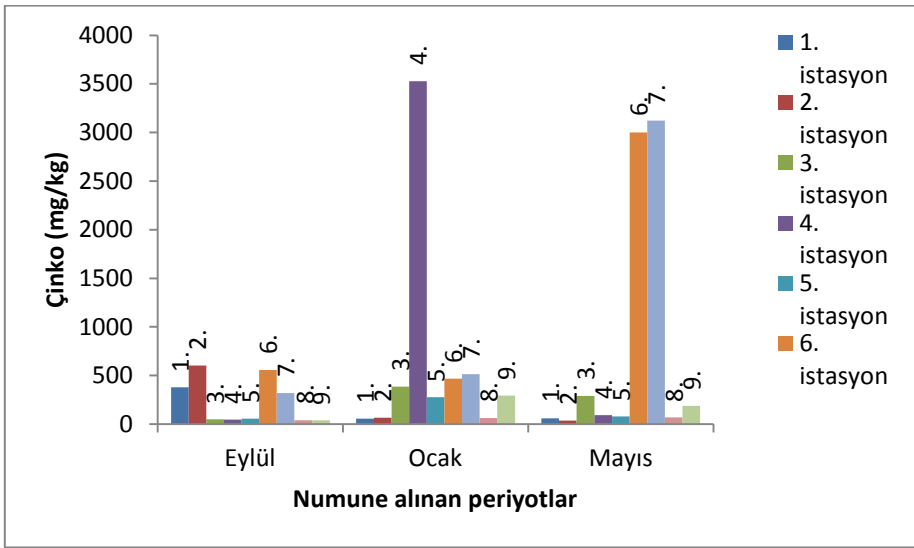
Toprak numunelerindeki analizi sonucunda elde edilen çinko derişimleri Çizelge 4.20’de, grafikleri Şekil 4.22. ve Şekil 4.23’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen çinko derişimleri (mg/kg)

Zn (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	477,92	356,24	360,42
2. istasyon	563,48	465,14	336,32
3. istasyon	490,50	584,56	491,35
4. istasyon	467,24	3528,73	2991,34
5. istasyon	556,65	775,47	579,56
6. istasyon	156,55	267,25	251,58
7. istasyon	319,01	512,63	723,51
8. istasyon	41,22	63,45	69,29
9. istasyon	38,28	291,76	186,89



Şekil 4.22. Toprak numuneleri çinko derişimlerinin istasyonlara göre değişimi

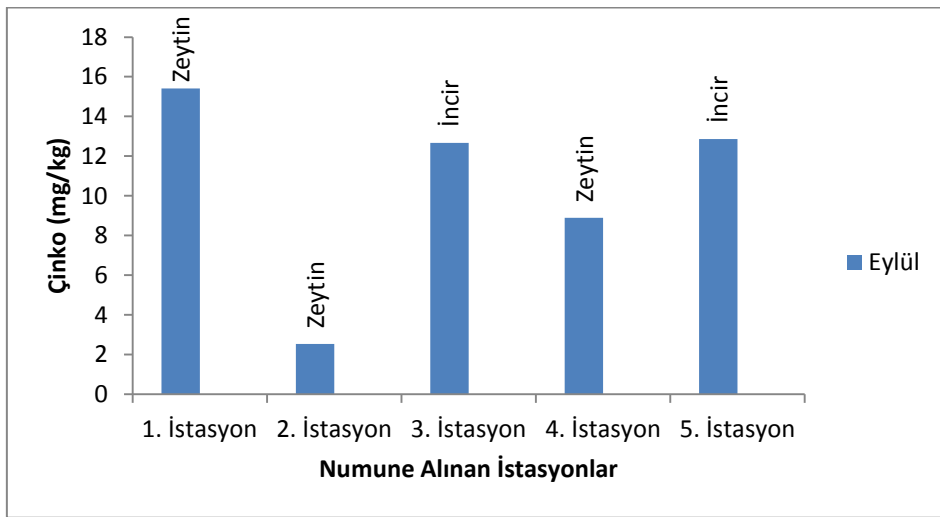


Şekil 4.23. Toprak numuneleri çinko derişimlerinin zamana göre değişimi

Meyve numunelerinin (incir ve zeytin) analizi sonucunda elde edilen çinko derişimleri Çizelge 4.21’de, grafikleri Şekil 4.24’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen çinko derişimleri (mg/kg)

Zn (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	15,41
2. istasyon (Zeytin)	2,53
3. istasyon (İncir)	12,67
4. istasyon (Zeytin)	8,89
5. istasyon (İncir)	12,86



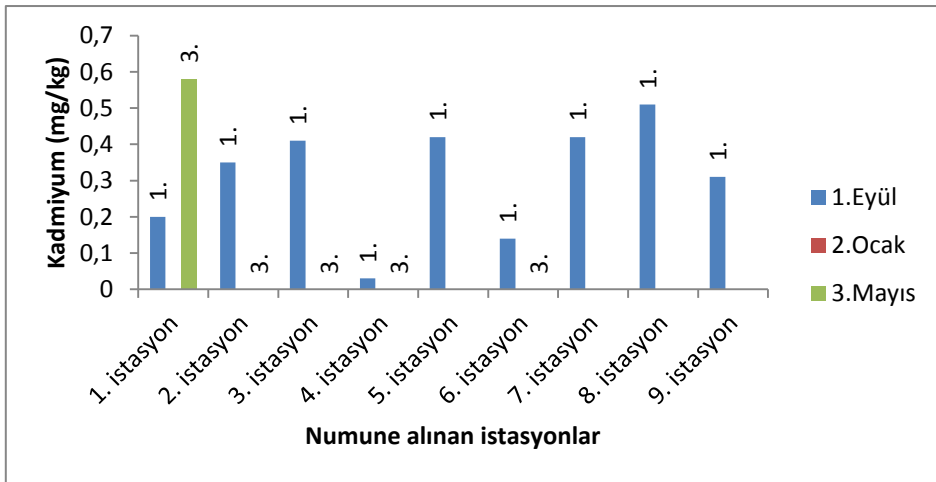
Şekil 4.24. Eylül ayı meyve numunelerinin çinko derişimi

Kadmiyum

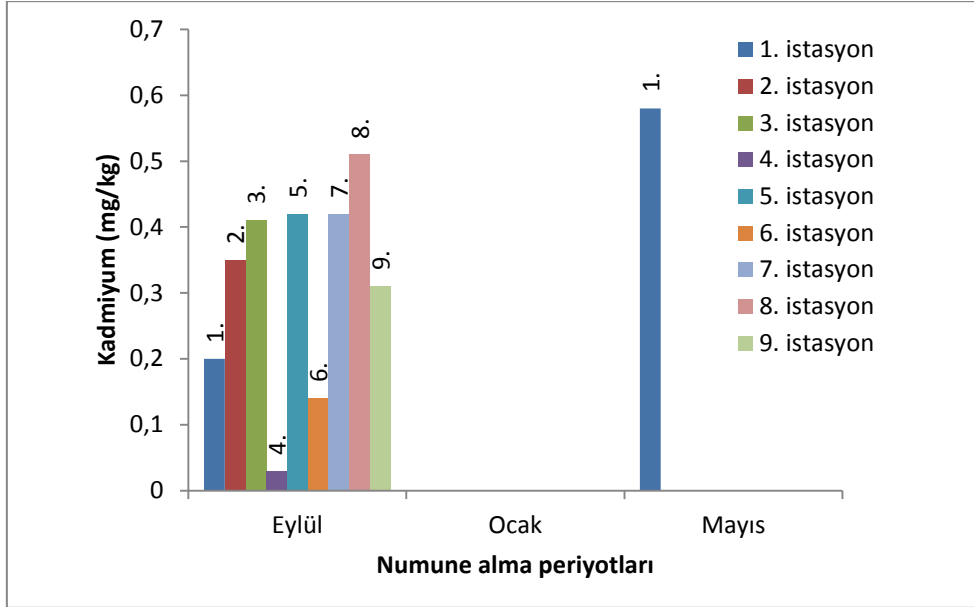
Toprak numunelerinin analizi sonucunda elde edilen kadmiyum derişimleri Çizelge 4.22.'de, grafiğı Şekil 4.25. ve 4.26.'da gösterilmiştir. Ocak ve Mayıs aylarında alınan toprak numunelerinde kadmiyum tayin edilememiştir.

Çizelge 4.22. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen kadmiyum derişimleri (mg/kg)

Cd (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	0,20	TE	TE
2. istasyon	0,35	TE	TE
3. istasyon	0,41	TE	TE
4. istasyon	TE	TE	TE
5. istasyon	0,42	TE	TE
6. istasyon	0,14	TE	TE
7. istasyon	0,42	TE	TE
8. istasyon	0,51	TE	TE
9. istasyon	0,31	TE	TE



Şekil 4.25. Toprak numuneleri kadmiyum derişiminin istasyonlara göre değişimi



Şekil 4.26. Toprak numuneleri kadmiyum derişiminin zamana göre değişimi

Meyve numunelerinin (incir ve zeytin) analizi sonucunda elde edilen kadmiyum derişimleri Çizelge 4.23’de, gösterilmiştir. Meyve numunelerinde kadmiyum tayin edilememiştir.

Çizelge 4.23. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen kadmiyum derişimleri (mg/kg)

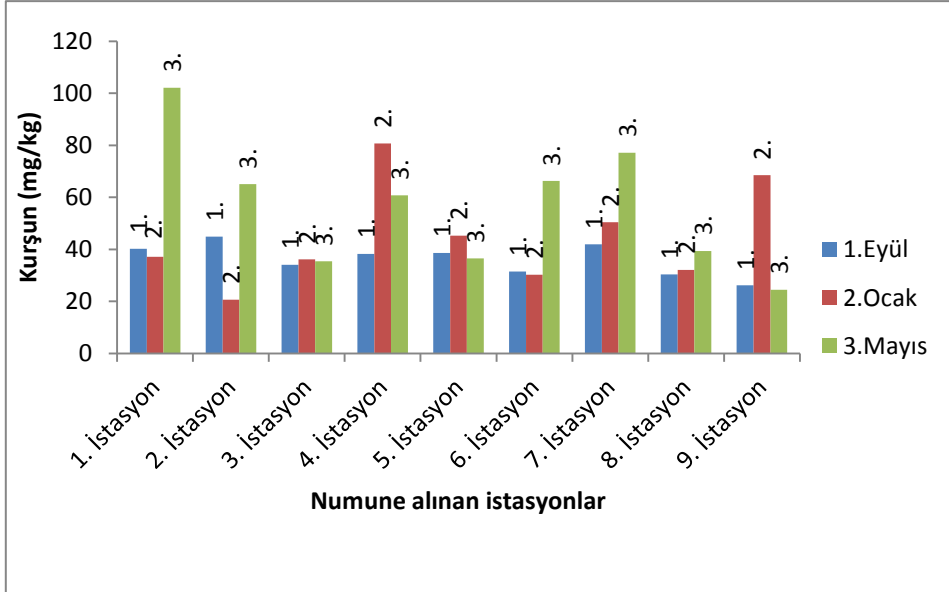
Cd (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	TE
2. istasyon (Zeytin)	TE
3. istasyon (İncir)	TE
4. istasyon (Zeytin)	TE
5. istasyon (İncir)	TE

Kurşun

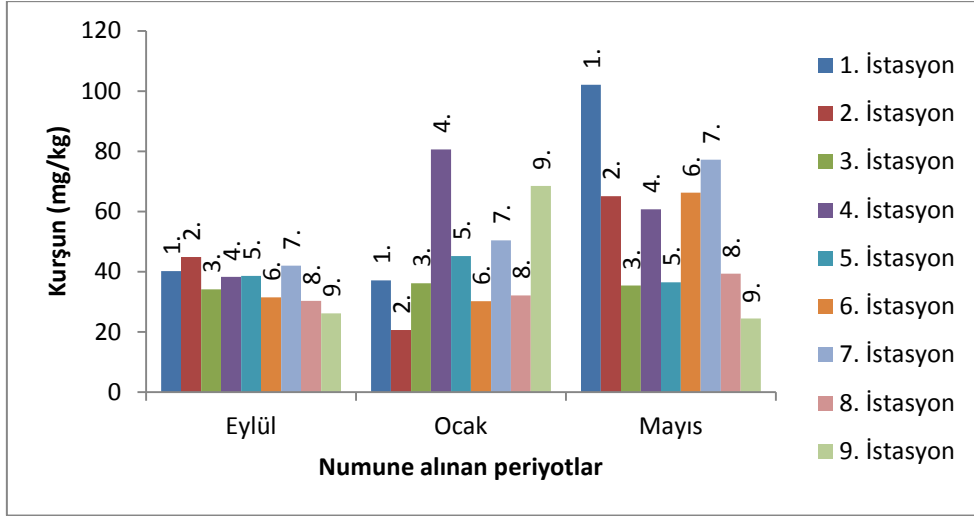
Toprak numunelerinin analizi sonucunda elde edilen kurşun derişimleri Çizelge 4.24'de, grafikleri Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen kurşun derişimleri (mg/kg)

Pb (mg/kg)	Eyül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	40,24	37,15	60,13
2. istasyon	44,86	20,63	35,05
3. istasyon	34,11	36,21	45,42
4. istasyon	38,27	80,66	60,73
5. istasyon	38,62	45,24	46,53
6. istasyon	31,51	30,23	36,28
7. istasyon	42,01	50,43	77,19
8. istasyon	30,34	32,15	39,40
9. istasyon	26,16	68,5	44,47



Şekil 4.27. Toprak numuneleri kurşun derişiminin istasyonlara göre değişimi

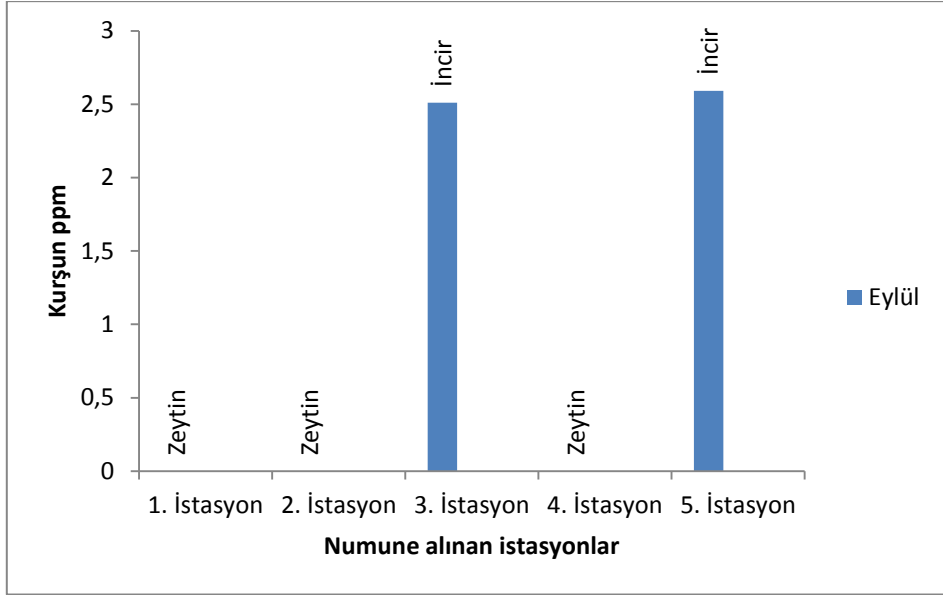


Şekil 4.28. Toprak numuneleri kurşun derişiminin zamana göre değişimi

Meyve numunelerinin (incir ve zeytin) analizi sonucunda elde edilen kurşun derişimleri Çizelge 4.25’de, grafikleri Şekil 4.29’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen kurşun derişimleri (mg/kg)

Pb (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	TE
2. istasyon (Zeytin)	TE
3. istasyon (İncir)	2,51
4. istasyon (Zeytin)	TE
5. istasyon (İncir)	2,59



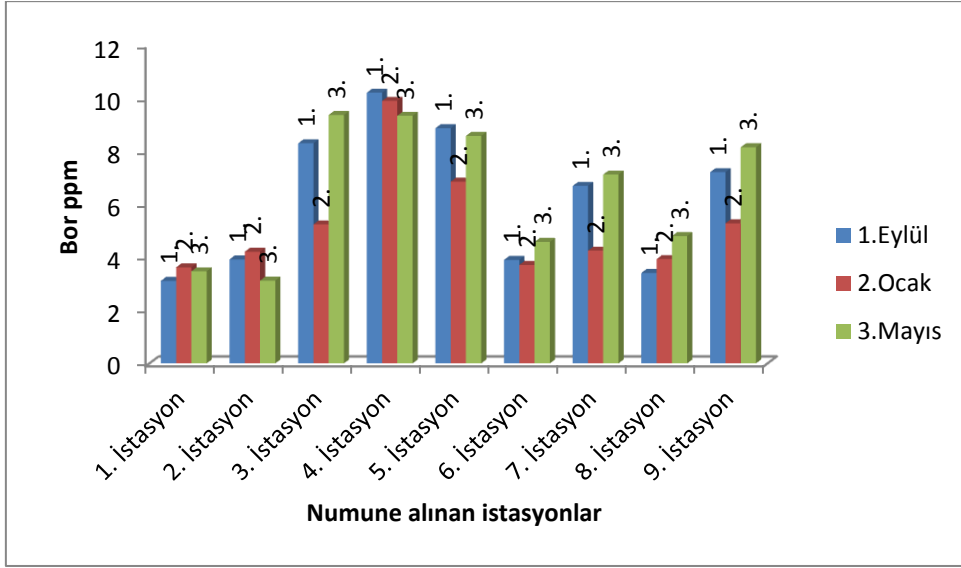
Şekil 4.29. Eylül ayı meyve numunelerinin kurşun derişimi

Bor

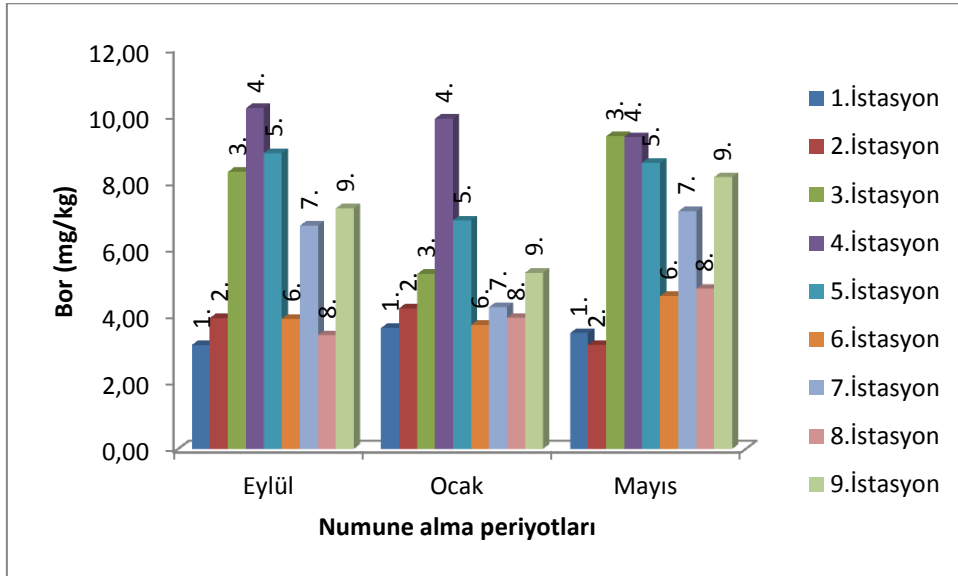
Toprak numunelerinin analizi sonucunda elde edilen bor derişimleri Çizelge 4.26.'de, grafikleri Şekil 4.30. ve Şekil 4.31.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Toprak numunelerinin analizi sonucu elde edilen bor derişimleri (mg/kg)

B (mg/kg)	Eylül	Ocak	Mayıs
1. istasyon	3,11	3,62	3,47
2. istasyon	3,92	4,21	3,12
3. istasyon	8,30	5,24	9,37
4. istasyon	10,21	9,90	9,34
5. istasyon	8,87	6,85	8,58
6. istasyon	3,90	3,71	4,58
7. istasyon	6,69	4,25	7,12
8. istasyon	3,41	3,93	4,80
9. istasyon	7,21	5,28	8,15



Şekil 4.30. Toprak numuneleri bor derişiminin istasyonlara göre değişimi



Şekil 4.31. Toprak numuneleri bor derişiminin zamana göre değişimi

Meyve numunelerinin (incir ve zeytin) analizi sonucunda elde edilen bor derişimleri Çizelge 4.27.'de, gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Meyve numunelerinin analizi sonucu elde edilen bor derişimleri (mg/kg)

B (mg/kg)	Eylül
1. istasyon (Zeytin)	TE
2. istasyon (Zeytin)	TE
3. istasyon (İncir)	TE
4. istasyon (Zeytin)	TE
5. istasyon (İncir)	TE

4.2. Tartışma

Jeotermal akışkanlar yüksek oranlarda çözünmüş madde içermektedir. Bu da yüzey ve yeraltı sularının önemli ölçüde kirlenme tehlikesi altında olduğunu göstermektedir. Türkiye’de özellikle Batı Anadolu jeotermal sularda bulunan derişimi yüksek iyonlar bazı yüzey veya yeraltı sularına karışarak, özellikle tarım alanlarını önemli ölçüde kirleterek tarım verimini düşürmektedir. Çizelge 4.28.’ de Toprak kirliliği yönetmeliğine göre toprakta izin verilen, ağır metal limitleri verilmiştir.

Çizelge 4.28. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (Toprak Kirliliği Yönetmeliği)

Ağır Metal (Toplam)	pH 5-6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50**	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır*	50**	40**
Nikel	30**	75**
Çinko	150**	300**
Cıva	1**	1,5**

*pH değeri büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda bakanlık sınır değeri %50’ye kadar artırılabilir.
**Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Bu çalışmada, Aydın Buharkent yöresinde belirlenen çeşitli istasyonlardan alınan toprak ve meyve numuneleri (zeytin ve incir) ağır metal yönünden incelenmiştir. Ayrıca toprak numunelerinde pH, iletkenlik ve tuzluluk parametreleri incelenmiştir.

4.2.1. Toprak Reaksiyonu pH

Aydın Buharkent yöresindeki Tekke Köyü, Yenicekent, Kızıldere 1, Kızıldere 2, Kızıldere 3, Ortakçı, Kızıldere 4, Kızıldere 5, Kızıldere 6 istasyonlarındaki pH değerleri incelendiğinde, pH değerlerinin bölgedeki yağış rejiminin azlığı nedeniyle mevsimsel olarak fazla değişmediğini gözlenmektedir. Jeotermal alanlara en uzak olan 6. istasyonda (Ortakçı) en düşük pH değeri elde edilmiştir. En yüksek pH değerleri ise 3. 4. ve 5. istasyonlarda, jeotermal enerji tesislerinin bulunduğu bölgelerde elde edilmektedir. 7. ve 9. istasyonlarda pH değerleri birbirlerine çok yakın olmalarına rağmen 8. istasyondan daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise 7. istasyona jeotermal akışkan biriken havuzun suyunu boşaltması, 9. istasyonun ise jeotermal enerji tesisinin buharından yakın temasla etkilenmesidir. Termal tesis olarak kullanılan doğal çıkış bölgelerine bakıldığında; 1. istasyonda daha yüksek pH değerini gözlemlemekteyiz. Bunun nedeni ise 1. istasyonun direkt atık toplama havuzu olması gösterilebilir. 2. istasyon termal tesis atık çıkışının nehre kavuştuğu nokta olması nedeniyle, pH değeri biraz daha düşük elde edilmiştir. En temiz istasyon olan 6. istasyonla kıyasladığımızda, termal tesis veya jeotermal enerji tesisi fark etmeksizin pH değerleri yüksek çıkmıştır. Bunun yanı sıra en yüksek pH değerlerine Eylül ayında rastlanmıştır. Bunun nedeni ise bölgenin Ocak ve Mayıs aylarına göre yağış oranının çok az olması gösterilebilir.

Görüldüğü gibi bölgede pH değerleri oldukça yüksektir, pH'a göre sınıflama yapmak gerekirse, bölgedeki topraklar orta alkali ile çok şiddetli alkali sınıfına girmektedir.

Bölge topraklarının yüksek pH'a sebep olmasının en önemli nedeni toprakların jeotermal akışkanların bileşiminden etkilenmesidir. Jeotermal kaynaklar yerin derinliklerinden toprak yüzeyine çıkarken kireçtaşlarını eriterek rekristalize hale getirir ve toprak yüzeyine taşırlar. Toprak yüzeyine çıkan kireç taşları çökelerek toprakta yüksek kireç ve tuz birikimlerine neden olduklarından toprak pH'ıda oldukça yüksek değerler olan 9.94 gibi çok şiddetli alkali sınırlarına çıkmıştır. Yüksek pH değerleri topraktaki bitki besin maddelerini, bitkiler tarafından

alnabilirliği, toprağın verimliliği ve gübreleme programları üzerinde önemli rol oynamaktadır. Yüksek pH'lı topraklar genellikle verimsizdir. Yüksek pH fosfor ve iz elementlerin (demir, mangan ve çinko) toprakta hareketlerini kısıtlar ve yüksek miktarda sodyum bulundurmasını tetikler. Yüksek pH değerli bitki besin maddelerini znrlğ ve bitki tarafından alınabilirliği üzerinde de etkilidir (Yaraş ve Dařđan, 2012). Her bir bitkinin optimum gelişimi için gerekli pH değerli farklı olmakla beraber çoğunluğunun, azami alınabilirliği 5.5-7.0 arasındaki pH değerlerinde gerçekleşir. Bunların altında veya üzerinde olan değerler toprağa ve yetiştirilen ürüne zarar verebilmektedir. Örneğin, azot, fosfor ve potasyumun bitkiler tarafından alımı açısından en uygun pH değerleri 6.5-7.5 arasındır. Fosfor; 6.0'dan düşük pH değerlerinde Al ve Fe ile 7.5'ten büyük pH değerlerinde ise Ca ile bağlanır. Bu nedenle bitkiler tarafından alınması zorlaşır. Yüksek pH ve tuz içeriği bitkilerin kurumasına, ileri ki aşamalarda ise ölümüne neden olmaktadır (Aslan, 2010). Çizelge 4.29.'da pH derecesine göre sınıflandırma verilmiştir.

Çizelge 4.29. Toprak tepkimesi (pH) sınır değerleri ve topraklara etki durumu (Aslan, 2010).

Ph	Değerlendirme
<4.5	Ekstrem Asit
4.5-5.0	ok Kuvvetli Asit
5.1-5.5	Kuvvetli Asit
5.6-6.0	Orta Asit
6.1-6.5	Hafif Asit
6.6-7.3	Nötr
7.4-7.8	Hafif Alkali
7.9-8.4	Orta Alkali
8.5-9.0	Kuvvetli Alkali
9.1<	ok Kuvvetli Alkali

4.2.2. Toprakta Tuzluluk

Jeotermal kaynaklar yer kabuğunun derinliklerinden yzeyeye çıkarken yüksek sıcaklık dereceleri nedeniyle temas ettikleri kaya ve mineralleri ve özellikle de suda en kolay znebiyen tuz içerikli mineralleri çözerek iyon halinde serbest hale getirmektedir. Yerkabuğu üstüne jeotermal kaynak suları içeriğinde

çözünmüş olarak çıkan yüksek özellikli tuzlar jeotermal suyun akış gösterdiği alanlardaki topraklarda birikerek tuzluluk ve alkalilik oluşturmaktadırlar. Tuzlu topraklarda, bitki gelişmesini ve yetişmesini engelleyici, güçleştirici çözünmüş halde bulunan tuzlar, toprak çözeltisinin ozmatik basıncını artırır ve suyun yukarıya doğru çıkmasını güçleştirir (Aslan, 2010).

Aydın Buharkent yöresindeki Tekke Köyü, Yenicekent, Kızıldere 1, Kızıldere 2, Kızıldere 3, Ortakçı, Kızıldere 4, Kızıldere 5, Kızıldere 6 istasyonlarındaki tuzluluk ve iletkenlik değerleri incelendiğinde, enerji tesislerinin atık çıkışlarında (3. 4. ve 5. istasyonlar) en yüksek tuzluluk oranına rastlanmaktadır. Jeotermal enerji tesislerine en uzak nokta olan 6. istasyonda en düşük tuzluluk oranı belirlenmiştir. Jeotermal tesislerin çevresinde bulunan incir ve zeytin bahçelerinde (7. 8. ve 9. istasyon) bitki gelişimine olumsuz etki yaratacak tuzluluk oranına rastlanmamıştır. 1. istasyonda tuzluluk oranı atık toplama havuzu olması nedeniyle, diğer bir doğal çıkış olan 2. istasyondan daha yüksek elde edilmiştir. Tüm sonuçlar 6. istasyonla karşılaştırılırsa, termal tesis veya jeotermal enerji tesisi fark etmeksizin jeotermal akışkanların tuzluluk oranını artırdığını söylemek mümkündür. Yağış rejimindeki değişiklik nedeniyle tuzluluk oranı, Ocak ve Mayıs aylarında genel olarak tüm istasyonlarda daha düşüktür.

Bölgede elde edilen tuzluluk oranlarına bakılırsa, 4. ve 5. istasyonda kuvvetli tuz etkisi olmakla beraber, diğer istasyonlarda toprakta bitki yetişmesini zarar verecek oranlarda tuz birikimi başlangıcı olduğu belirlenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre toprakta bulunan tuz miktarı tarımsal üretimi engelleyecek düzeyde olmamakla birlikte, uzun vadede tuz içeriği yüksek olan jeotermal sularla sulamalar sonucu toprakta önemli ölçüde tuz birikimi, dolayısıyla çoraklaşma olacağı açıktır.

Tüm bölgelerde tuz birikimi gözlenmektedir. Bunun nedeni termal kaynakların yüksek sıcaklık nedeniyle çözgen özelliğinin sonucudur. Jeotermal kaynakların birinci zararlı etkisi içerdikleri yüksek tuz oranları nedeniyle topraklarda tuzluluk ve alkaliliğe dolayısıyla çoraklığa neden olmasıdır. Bununla birlikte kültür bitkilerinin yetişmesini de olumsuz etkilemektedirler. Toprak numunelerinin alındığı yerler göz önüne alınırsa, tuzlu alkali olan alanların jeotermal enerji tesislerine ve termal tesislere yakın arazilerde bulunduğu dikkat çekmektedir.

Çizelge 4.30'da topraklarda suda çözünebilir toplam % tuz miktarına göre tuz etkisi verilmiştir.

Çizelge 4.30. Topraklarda suda çözünebilir toplam % tuz miktarına göre tuz etkisi (Başar, 2001).

Toplam Tuz %		Bitki veya ürünün durumu
0,05-0,2	0,05-0,1	Tuz etkisi çoğunlukla ihmal edilebilir.
	0,1-0,2	Tuza çok duyarlı bitkilerin verimi sınırlanabilir.
	0,2-0,4	Çoğu bitkinin verimi sınırlanır.
	0,4-0,8	Sadece tuza dayanıklı bitkilerden tatmin edici verim alınabilir.

4.2.3. Kurşun

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri kurşun içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 26,16-44,86, Ocak ayında 20,63-80,66, Mayıs ayında 35,05-77,19 mg/kg arasında elde edilmiştir. Genel olarak Mayıs ayında en yüksek kurşun derişimleri göze çarpmaktadır. Bunun nedeni bölge halkının bitkilere zarar verildiği gerekçesiyle Menderes'in akış yönünün setler çekilerek tam tersi yönünde değiştirmesi olarak düşünölmektedir. Bu sayede jeotermal akışkanların bitkilere teması azaltılmak hedeflenmiştir. 1. ve 2. istasyonlar (doğal çıkış) ile 3. ve 5. istasyonlar (Jeotermal enerji tesisi) arasında kayda değer bir farklılığa rastlanmamaktadır. Bu da jeotermal akışkanların kurşun bileşiminin yüksek olduğunu kanıtlar niteliktedir. En yüksek kurşun derişimi ise, 4. istasyonda (Jeotermal Enerji Tesisi 2'nin Atık Çıkışı) elde edildi. 6. istasyon yani jeotermal tesislere en uzak olan nokta ile kıyaslama yapmak gerekirse, 6. istasyonda diğer bölgelere oranla daha düşük kurşun miktarı gözlemlenmektedir.

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde pH'ı 6'dan büyük olan topraklar için izin verilen kurşun sınır değerini 300 mg/kg olarak bildirilmiştir. Bu sonuç göz önüne alındığında araştırmamıza konu olan 9 lokasyonda topraklardaki Pb elementi bakımından bir kirlenmenin olmadığı söylenebilir.

Pb sadece düşük pH, yüksek sıcaklıkta kendini gösterir (Yılmaz, 2013). Kızıldere jeotermal sahasından alınan numuneler yüksek sıcaklığa sahip olmasına rağmen,

pH değerleri oldukça yüksektir. Dolayısıyla kurşun miktarının beklenenden düşük olması yüksek pH'ın bir sonucu olabilir.

İncir ve zeytin numunelerileri incelendiğinde, bölgedeki zeytin numunelerinde kurşun derişimi analiz sınırı altında kaldığından tayin edilememiştir. İncir numunelerinde elde edilen kurşun derişimi ise, 2,51 ve 2,59 mg/kg'dır. Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğe göre meyveler için verilen kritik kurşun derişimi 0.1 mg/kg'ın civarındadır. Dolayısıyla incir numunelerinde kurşun derişimi oldukça yüksek çıkmıştır.

4.2.4. Kadmiyum

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri kadmiyum içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 0,2-0,51mg/kg aralığında olup, Ocak ve Mayıs aylarında kadmiyum derişimi tayin edilememiştir.

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde pH'ı 6'dan büyük olan topraklar için izin verilen kadmiyum sınır değerini 3 mg/kg olarak bildirilmiştir. Bu sonuç göz önüne alındığında araştırmamıza konu olan 9 lokasyondaki topraklardaki Cd elementi bakımından bir kirlenmenin olmadığı söylenebilir.

İncir ve zeytin numunelerinde ise, kadmiyum derişimi analiz sınırı altında kaldığından tayin edilememiştir.

4.2.5. Krom

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri krom içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 37,62-76,83, Ocak ayında 6,27-84,93, Mayıs ayında 9,91-101,96 mg/kg arasında elde edilmiştir. En yüksek krom derişimleri 3. 4. 5. ve 7. istasyonlarda Mayıs ayında gözlenmektedir. 7. istasyon jeotermal atık havuzunun patlaması ile direkt krom bakımından etkilenmiştir. 6. istasyona oranla, diğer istasyonlarda krom miktarının yüksek çıkması zamanla artış olduğunu göstermektedir. Bu da şu an olmasa bile, zamanla krom kirlenmesi olacağının habercisi olabilir.

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde pH'ı 6'dan büyük olan topraklar için izin verilen krom sınır değerini 100 mg/kg olarak bildirilmiştir. Bu sonuç göz

önüne alındığında jeotermal enerji tesislerinin bulunduğu bölgelerde krom kirlenme tehlikesi olduğunu söylenebilir. Krom miktarının jeotermal enerji tesislerinin atık yollarında daha yüksek çıkması, tesislerin atıklarını kontrolsüz boşalttığını yani çevre kirliliğine yeteri kadar duyarlı olmadığını göstermektedir.

İncir ve zeytin numuneleri incelendiğinde zeytin numunelerinden 1. istasyon doğal çıkış termal tesisinin hemen bitişiğindeki bahçede yetişen zeytin numunelerinde 2,39 mg/kg krom elde edilmiştir. Diğer zeytin istasyonlarında ise krom derişimi tayin limitinin altında bulunmuştur. İncir numunelerinin alındığı istasyonlardan 3. istasyon Kızıldere 2 jeotermal enerji tesisinin direkt buharına maruz kalmış bahçeden alınan incir numunelerinde 0,95 mg/kg krom elde edilmiştir. Diğer incir istasyonunda ise krom derişimi tayin limitinin altında saptanmıştır. Yapılan araştırmalara göre meyveler için verilen kritik krom derişimi 2 mg/kg civarındadır. Buna göre, 1. istasyon yani Yenicekent Doğal Çıkış'ta krom artışı vardır.

Jeotermal enerji tesisleri çevresinde topraklarda krom derişimi yüksek saptanırken, meyvelerde aksine sadece doğal çıkış olan Yenicekent'te daha yüksek bulunmuştur. Fakat o da sınır değerin altındadır. Bu da meyve numunelerinin jeotermal akışkanların krom bileşiminden çok etkilenmediğini düşündürmektedir.

4.2.6. Bakır

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri bakır içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 6,73-21,59, Ocak ayında 11,4-20,69, Mayıs ayında 6,29-18,08 mg/kg arasında elde edilmiştir. En yüksek bakır derişimi 6. istasyonda Eylül ayında gözlenmektedir. Fakat Ocak ve Mayıs aylarında 6. istasyonda fark edilir azalma gözlemlenmektedir. Doğal çıkış istasyonlarında (1. ve 2. istasyon) düşük bakır derişimleri saptanmıştır. Genel olarak bakıldığında en yüksek bakır derişimleri enerji tesisi çevresindeki 3. 4. ve 5. istasyonlarda daha fazladır.

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde pH'ı 6'dan büyük olan topraklar için izin verilen bakır sınır değerini 140 mg/kg olarak bildirilmiştir. Bu sonuç göz önüne alındığında jeotermal enerji tesislerinin bulunduğu bölgelerde, diğer istasyonlara göre daha fazla bakır derişimi gözlenmesine rağmen bölgede genel olarak bakır kirliliği söz konusu değildir.

İncir ve zeytin numuneleri incelendiğinde, zeytin numunelerinde en temiz bölge olarak seçilen 2. istasyonda bakır derişimi diğer bölgelere göre oldukça düşüktür

(2,69 mg/kg). 1. ve 4. istasyonda ise sırasıyla 8,57 ve 8,53 mg/kg elde edilmiştir. İncir numunelerinde ise 3. Ve 5. istasyonda sırasıyla, 3,89 ve 4,89 mg/kg elde edilmiştir. Yapılan araştırmalara göre meyveler için verilen kritik bakır derişimi 5-20 mg/kg civarındadır (Deveci, 2012). Bu değerler göz önüne alındığında, incir, zeytin ve toprak numunelerinde bakır kirliliği söz konusu değildir.

4.2.7. Çinko

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri çinko içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 38,28-556,65, Ocak ayında 63,45-3528,73, Mayıs ayında 69,29-2991,34 mg/kg arasında elde edilmiştir. Tüm istasyonlar karşılaştırıldığında en yüksek çinko derişimlerine Eylül ayında 1, 2, 6 ve 7. istasyonlarda rastlamaktayız. 6. istasyonda çinko derişiminin yüksek olması bölge topraklarının çinko bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Diğer periyotlar da jeotermal enerji tesisleri ve termal tesis çevresinde ki istasyonlarda da çinko derişimlerini yüksek elde etmemiz, zaten çinko yönünden zengin olan toprakların jeotermal akışkanlardan da etkilendiğini söylemek mümkün olacaktır.

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde pH'ı 6'dan büyük olan topraklar için izin verilen çinko sınır değerini 300 mg/kg olarak bildirilmiştir. Buna göre değerlendirme yapmak gerekirse, bölgede aşırı derecede çinko kirliliği olduğunu söylemek doğru olacaktır.

İncir ve zeytin numuneleri incelendiğinde, zeytin numunelerinde en yüksek çinko derişimi 1. istasyonda (15,41) en düşük derişim ise 2. istasyonda (2,53 mg/kg) gözlemlenmiştir. 4. istasyonda ise, 8,89 mg/kg elde edilmiştir. İncir numunelerinde 3. istasyonda 12,67, 5. istasyonda 12,86 mg/kg elde edilmiştir. En temiz bölge ile kıyaslama yapılırsa jeotermal akışkanların çinko derişimini etkilediğini söylemek mümkün olacaktır. Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğe göre bitkilerde izin verilen kritik değer 50 mg/kg olarak bildirilmiştir. Bu değerler göz önüne alındığında, bitkilerde çinko kirliliği söz konusu değildir.

4.2.8. Mangan

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri mangan içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 229,08-420,99, Ocak ayında 89,18-385,61, Mayıs ayında 41,8-430,36 mg/kg arasında elde edilmiştir. En düşük mangan derişimi 6.

istasyonda elde edilmiştir. 4. ve 5. istasyonlarda mangan miktarı, diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak mangan derişimi Ocak ayında azalmıştır. Bunun nedeni Büyük Menderes'in akış yönünün değiştirilmesi ve kış ayı dolayısıyla yağışlar olabilir.

Yapılan araştırmalara göre, mangan için izin verilen sınır değer 200-300 mg/kg arasındadır. Bu verilere göre elde edilen Mn derişimleri Mn için verilen kritik değerlerin arasındadır. Dolayısıyla bölge topraklarında mangan kirliliği gözlenmemiştir.

Mangan iyonları (Mn^{2+}) toprakta çok hareketli olduğundan topraktan kolayca yıkanabilir (Anonim, 2016)d. Bu nedenle toprakta mangan kirliliği gözlenmemesi olağandır.

İncir ve zeytin numuneleri incelendiğinde, mangan derişimleri zeytin numunelerinde en yüksek 1. istasyonda 15.41 mg/kg, en düşük en uzak bölge olan 2. istasyonda 2,53 mg/kg elde edilmiştir. İncir numunelerinde ise 3. ve 5. istasyonda sırası ile 12,67 ve 12,86 mg/kg olarak elde edilmiştir. Genel olarak incir derişimlerinde mangan derişimi zeytine göre daha fazla çıkmıştır. En temiz istasyon olan 2. istasyonla kıyaslanırsa bölgede mangan artışı söz konusudur. Yapılan araştırmalara göre bitkiler için yeterli Mn 20-300 mg/kg aralığında olup, 300 mg/kg üzeri toksik etki göstermektedir (Deveci, 2012). Bu değerler göz önüne alındığında, incir ve zeytin numunelerinde mangan kirliliği söz konusu değildir.

4.2.9. Bor

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri bor içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 3,11-10,21, Ocak ayında 3,62-9,9, Mayıs ayında 3,12-9,34 mg/kg arasında elde edilmiştir. En düşük bor miktarı 6. istasyonda gözlemlenmiştir. 3. 4. ve 5. istasyonlarda bor miktarı, diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Jeotermal kaynakların tarım topraklarına ve çevresine verdiği en büyük zarar yüksek bor içeriği ile etkisi altında bulunan toprakları kirletmesidir. Yapılan araştırmalara göre, topraklardaki bor kapsamı 2-2.5 mg/kg'in arasındaki toprakların kritik, 2.5-4.9 mg/kg arası yüksek ve 5 mg/kg'in üzerindeki bor ise toksik seviye olarak bildirmiştir (Aslan, 2010). Bu değerlere göre, bölge bor derişimi açısından değerlendirilirse, elde edilen değerler oldukça yüksektir.

Özellikle jeotermal enerji tesisleri çevresindeki tarım arazilerinde bor derişimi toksite sınırı olan ve ancak bor toksisitesine dayanıklı bitkilerin yetişebileceği 3.0 mg/kg sınırının oldukça üstünde bulunmuştur. Bu şekilde jeotermal sular karışan dere, baraj gibi su kaynaklarından yapılacak olan devamlı sulamalarla topraklarda geri dönüşü mümkün olmayacak şekilde bor kirliliği meydana gelecektir. Bor elementi ancak sıcak sularda (50-600 °C) çözünür hale geçerek toksisite yaratmaktadır. Normal sulama suları bu sıcaklık derecelerinde olmadıkları için toprak içerisinde bileşik halinde olan bor elementini çözememektedir (Aslan, 2010). Bu alanlarda yoğun olarak biriken bor elementinin topraktan uzaklaştırılması mümkün olmadığı için bitkilere toksik etki yapmaktadır. Bu bölgelerde yapraklarda sararma, kuruma gözlemlenmeye başlamıştır, bunun yüksek bor derişiminden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Yapılan analizlerde en yoğun bor kirliliği jeotermal enerji üretimi yapan tesislerin atık çıkışlarında görölmektedir. Termal tesis olarak kullanılan 1 ve 2 nolu istasyonların atık çıkışlarında elde edilen bor derişiminde normal sınırlar üzerinde olduğunu söylemek mümkündür. Fakat jeotermal enerji santrali atık çıkışı veya enerji tesisi çevresinden alınan tarımsal toprak numunelerinde elde edilen bor derişimi, doğal çıkış termal tesislere oranla daha fazladır. Bunun nedeni ise enerji tesisi atık çıkışlarındaki sıcaklığın daha yüksek olması olabilir.

İncir ve zeytin numuneleri analizlerinde bor derişimi tayin sınır değerimizin altında kaldığı için gözlemlenemedi.

4.2.10. Demir

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri demir içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 4397,52-18823,87, Ocak ayında 2009,3-16022,63, Mayıs ayında 1381,13-17553,56 mg/kg arasında elde edilmiştir. Demir miktarı farklı aylarda farklı bölgelerde en yüksek derişimi göstermiştir. Genel olarak 6. istasyonda demir derişimi en yüksek çıkmıştır. En temiz istasyonda demir oranının en fazla çıkması nedeniyle, jeotermal akışkanlar demir kirliliğine neden olmuştur ya da olmamıştır diyemeyiz. Toprak kirliliği kontrolü yönetmeliğinde demir için herhangi bir limit belirtilmemiştir. Fakat demir derişiminin genel olarak yüksek çıkmasının sebebi demirin doğada diğer metallere göre yüksek oranlarda bulunmasıdır. Demir havalanması iyi olan topraklar için olumsuz etki yaratmaz.

İncir ve zeytin numunelerin incelendiğinde, zeytin numunelerinde en düşük demir derişimi tesislere en uzak bölge olan 2. istasyonda (20,79 mg/kg), en yüksek derişimde tesis çevresinde olan 4. istasyonda (35,18 mg/kg) gözlemlenmiştir. İncir numunelerinde ise 3. Ve 5. istasyonda sırası ile 23,21 ve 30,42 mg/kg elde edilmiştir. En temiz bölge olan 2. istasyonla kıyaslandığında bölgede jeotermal kaynaklı demir artışı söz konusudur. Türk Gıda Kodeksi ve WHO/FAO'nun meyve/sebze ve bazı gıdalarda izin verilen demir miktarları sırasıyla, 52,10-200 mg/kg olarak belirtilmiştir. Bu verilere göre meyvelerdeki demir miktarının bu sınırların altında olduğu görülmektedir.

Demir bitki bünyesinde;

1.) Enzimatik reaksiyonlarda görev almaktadır.

2.)Yapraklarda fotosentez için mutlak gerekli olan klorofilin oluşumu reaksiyonlarında da önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle demir eksikliğinde klorofil parçalanmakta ve yapraklarda kloroz meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalara göre bitkilerde demir eksikliği toprakta mutlak bir demir yetersizliğinden değildir. Analiz sonuçlarımıza göre toprakta elde edilen demir derişimlerinin yüksek olmasına rağmen meyvelerde demir eksikliği gözlemlenmesi bunun kanıtlar niteliktedir. Daha çok toprakta demirin yayarışlılığını etkileyen faktörler nedeni ile demir eksikliği oluşmaktadır. Bunlar:

1.) Toprağın kireç içeriği,

2.) Yüksek pH, yüksek bikarbonat iyonları,

3.) Yüksek fosfat ve nitrat azotu derişimi,

4.) Diğer ağır metallerin (Zn, Cu, Mn, Co, Cr, Ni) fazlalığı (Antagonistik etki)

5. Bitki köklerinin redüksiyon kapasitesinin düşüklüğü olabilir (Hakerler vd, 2016).

4.2.11. Alüminyum

Aydın Buharkent yöresinde alınan toprak numuneleri alüminyum içeriği bakımından incelendiğinde, Eylül ayında 13361,36-2826,8, Ocak ayında 15287,40-3250,42, Mayıs ayında 12365,13-2800,25 mg/kg arasında elde

edilmiştir. En düşük alüminyum derişimi 6. istasyonda gözlemlenmiştir. En fazla derişim ise 7. ve 8. istasyonlarda gözlemlenmiştir. 7. istasyon bilindiği üzere jeotermal enerji tesisi çevresinde bulunan jeotermal atık havuzunun patladığı noktadır. 8. istasyon ise yine aynı jeotermal enerji tesisi çevresinde yer almaktadır. 1. istasyon doğal çıkış termal tesisin atık havuzundan alındığı için Al derişimi, yine doğal çıkış olan termal tesis atıklarının nehre kavuştuğu noktadan alınan 2. istasyondan daha fazla çıkmıştır. 4. istasyon Kızıldere 2 atık arkından alınan numunelerde elde edilen alüminyum derişimi, atıkların nehre kavuştuğu noktalardan fazla gözlenmiştir. Sonuç olarak 6. istasyona göre diğer İstasyonları kıyaslırsak jeotermal akışkanların alüminyum derişimini etkilediğini söylemek mümkün olacaktır.

İncir ve zeytin numuneleri incelendiğinde alüminyum miktarı 4. ve 5. istasyonda tayin limitinin altında bulunmuştur. 2. istasyonda 109,19 mg/kg olup, doğal çıkış termal tesisin hemen bitişide yetişen zeytinlerde elde edilen derişimden (247,36 mg/kg) daha düşüktür. İncir numunelerinde ise 3. istasyonda 164,99 mg/kg olarak saptanmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde alüminyum için herhangi bir limit değer belirtilmemiştir.

5. SONUÇ

Jeotermal akışkanlar yenilenebilir enerji kaynağı olması ve kullanım alanlarının genişliğinden dolayı son yılların en gözde alternatif enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji her ne kadar çevreyle dost olarak anılsa da yaygın ve bilinçsiz kullanımı nedeniyle ortaya çıkan sorunlar, araştırmaları jeotermal enerji tesisleri üzerine yoğunlaştırmıştır.

Aydın Buharkent bölgesindeki jeotermal akışkanların hem yüksek rezerve sahip olması hem de sıcaklıklarının yüksek olması, bölgede jeotermal enerji tesislerinin kurulmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu çalışmada, turizm ve enerji üretim potansiyeli her geçen gün artan Aydın-Buharkent yöresinde, jeotermal turizm ve enerji tesisleri etrafındaki toprak ve bitkilerin bakır, krom, çinko, kadmiyum, kurşun, bor içerikleri, ayrıca toprakların pH ve tuzluluk içerikleri belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, incelenen metaller yönünden çok önemli kirlilik bulgusuna rastlanmamakla beraber, bor ve tuzluluk için aynı şeyi söylemek mümkün değildir.

Jeotermal akışkanların çevreye olan etkilerini incelemek için yaptığımız bu çalışmada toplam 9 bölge jeotermal enerji tesislerine ve termal tesislere yakınlık durumuna göre istasyon olarak belirlenmiştir. 1. ve 2. istasyon doğal çıkıştır. Termal tesis olarak kullanılmaktadır. 3. 4. ve 5. istasyon jeotermal enerji tesisleri çevresi olup, 3. ve 5. Büyük Menderes Nehri'ne karışma noktası 4. ise Kızıldere 1 jeotermal enerji tesisinin atık çıkış arkıdır. 6. istasyon tesislere yaklaşık 10 km uzaktadır ve jeotermal akışkandan etkilenmediği düşünülerek, temiz bölge seçilmiştir. 7., 8. ve 9. istasyonlar ise, Kızıldere 1 Enerji tesisinin çevresinde yer alan, şahsi arazilerdir ve incir veya zeytin tarımı yapılmaktadır. 7. istasyon santrale yaklaşık 500 m uzaktadır. Seçilme nedeni ise bölgedeki jeotermal akışkanların biriktiği havuzun parlamasıyla jeotermal akışkan ile direkt temas etmesidir. 8. istasyon santralden yaklaşık 200 m uzakta, 9. istasyon ise jeotermal enerji tesisinin buharını direkt alan arazidir.

Jeotermal akışkanlarda tipik olarak yüksek pH ve iletkenlik, buna bağlı olarak yüksek tuzluluk ve yüksek B derişimi gözlemlenmektedir. Elde edilen verileri öncelikle bu parametrelere göre incelersek 3., 4. ve 5. istasyonlarda en yüksek değerler göze çarpmaktadır. Bunları ise 1. ve 2. istasyonlar takip etmektedir.

Doğal çıkışlarda enerji tesislerine göre daha düşük veriler elde etmemizin sebebi sıcaklıkları arasındaki farklılıktır.

Genel olarak tüm bölgelerde tuz birikimi gözlenmektedir. Bunun nedeni termal kaynakların yüksek sıcaklık nedeniyle çözgen özelliğinin sonucudur. Suda çözünebilir toplam tuz içeriğinin çok fazla olması, derinliklerden gelen sıcak suların NaCl içermesi ve bu suların yüzeyde buharlaşması ve soğuması sonucu tuzların yeniden kristalize olarak yoğunlaşmasından kaynaklanırken, arazi yüzeyinde tuz-kalker kabuğu oluşumuna neden olmuştur (Camgöz, 2010). Bu bağlamda jeotermal kaynakların birinci zararlı etkisi içerdikleri yüksek tuz oranları nedeniyle etkiledikleri topraklarda tuzluluk ve alkaliliğe dolayısıyla çoraklığa neden olmakta, bunun yanında kültür bitkilerinin yetişmesini de olumsuz olarak etkilemektedirler. 6. istasyonda en düşük tuzluluk oranına rastlıyoruz. Bu da bölgenin uzak olması nedeniyle jeotermal akışkanlardan etkilenmediğini göstermektedir. 9. istasyonda 7. ve 8. istasyona göre yüksek tuzluluk değeri göze çarpmaktadır. Bunun nedeni ise arazinin hemen bitişiğindeki enerji tesisi buharından direkt olarak etkilenmiş olması olarak düşünülmektedir.

Jeotermal kaynaklar yerin derinliklerinden toprak yüzeyine çıkarken kireçtaşlarını eriterek rekristalize hale getirir ve toprak yüzeyine taşırlar. Toprak yüzeyine çıkan kireç taşları çökerek toprakta yüksek kireç ve tuz birikimlerine neden olduklarından toprak pH'ıda oldukça yüksek değerlere çıkmaktadır (Aslan, 2010). Bölgede pH değerleri 9,54'e kadar çıkmıştır.

Bor elementi ancak sıcak sularda (50-600 °C) çözünür hale geçerek toksisite yaratmaktadır. Normal sulama suları bu sıcaklık derecelerinde olmadıkları için toprak içerisinde bileşik halinde bulunan, bor elementini çözememektedir (Aslan, 2010). Bu nedenle bölgede en yüksek bor değerleri sıcaklığı en yüksek olan jeotermal enerji tesisleri çevresinde elde edilmiştir. Doğal çıkışlarda sıcaklığın 50 °C'nin altında olması nedeniyle diğer bölgelere oranla daha az derişimlerde bor gözlemlenmiştir. Tuzluluk, pH ve B değerleri yüksek çıkan arazilerin topraklarında gözle görülür bir çoraklaşma ve ağaç dallarının özellikle üst kısımlarda yapraklarda sararma görülmektedir. Bölgede seçilen toprak istasyonlarının çoğunluğunda tuz, bor ve pH değerlerinin yüksek çıkması jeotermal suların direkt olarak sulamada kullanılmamasına rağmen, jeotermal atıklarının bırakıldığı Büyük Menderes'in sulamada kullanılmasıdır. B derişimi yönetmeliklerde belirlenen sınır değerlerinde üzerinde bulunmuştur. Bölgede

jeotermal kaynaklı bir kirlenme olduğu görülmektedir. Bu arazilerin giderek verimsizleşmesi önlem alınmadığı takdirde kaçınılmazdır.

Jeotermal kaynaklar yüksek çözücülüğü nedeni ile içerisinde çözünebilir tuzları ve ağır metalleri yoğun olarak bulundurlar. Bunlar çevredeki akarsu, yer altı su kaynakları ve toprakları zamanla kirleterek onların kullanılamaz hale gelmelerine neden olurlar. Jeotermal kaynakların iyi bir çözgen olması sonucu içeriğinde ayrımlı oranlarda çözünebilir tuzlar ve ağır metaller yoğunlaşır. Kirlenen sularda canlı yaşamı için çok önemli olan fotosentez ve solunum işlevleri bozulur ve sonuçta toprakların dinamizmini sağlayan iyon dengeleri altüst olur. Jeotermal sular çevredeki hayvan, bitki ve tarımsal atıkların organik maddelerince yoğunlaşır (Camgöz, 2010). Dolayısıyla bölge ekosistemine telafisi güç zararlar verir. Toprak ve bitki numunelerinde yüksek çıkan ağır metal derişimleri, tuz ve pH değerleri bu yargıyı kanıtlar niteliktedir.

Jeotermal akışkanların diğer bir etkisi olan ağır metal yönünden sonuçlarımızı incelemek gerekirse, bölge topraklarında ve meyvelerinde Cd, Cr, Mn, Cu kirliliği söz konusu değildir. Bu elementlerin derişimleri yönetmelikte verilen değerlerin altında bulunmuştur. Zn değerleri ise yönetmelikte verilen sınır değerlerden yüksek bulunmuştur. Zn derişimleri 6. istasyon hariç tüm bölgelerde yüksek çıkmıştır. Bu da jeotermal akışkanların çinko derişimini artırdığını düşündürmektedir. Fe ve Al için yönetmelikte herhangi bir sınır değeri olmayıp bölgede seçilen tüm istasyonlarda yüksek çıkmıştır.

Sonuç olarak yüksek bor derişimi ve tuzluluğa sahip sıcak jeotermal suların soğuk yer altı sularına veya yüzey sularına karışıyor olması tarımsal alanlar için büyük tehlikeler yaratmaktadır. Bu tehlikenin yayılmadan ortadan kaldırılması için kısa vadede Büyük Menderes Nehri'nden sulanan tarım arazilerinde bor kirliliği daha fazla artmadan Aydın-Buharkent jeotermal enerji santrallerinin sulama dönemlerinde durdurulması gereklidir. Uzun vadeli önlem olarak ise jeotermal alanlarda yapılması planlanan enerji üretimlerinde atık sıcak suların yer altına (hazneye) geri verilmesi (reenjeksiyon) mutlak olarak gereklidir. Toprak yüzeyine çıkan jeotermal suların tekrar litosfer (taşküre) tabakasının derinliklerine verilmesi (reenjeksiyon), havzadaki oldukça üretken tarım topraklarındaki olası bor kirlenmesinin önüne geçilmesinin yanı sıra, haznedeki jeotermal rezervin beslenmesi açısından da önemlidir (Aslan, 2010). Bütün bunlar göz önüne alındığında, ilgili devlet kurumlarının ve bölgede yer alan elektrik üretim

tesislerinin sorumlularına büyük görevler düşmektedir. Reenjeksiyon sistemi, jeotermal akışkanın kullanılıp, tekrar yer altına verilmesidir. Zaman kaybı olması ve anlık kazançları artırmak için ihmal edilen bu sistem aslında ısı kaybını önleyerek enerjinin devamlılığını sağlar. Aynı zamanda jeotermal kaynaklı çevre kirliliğini ortadan kaldırır. Nehre boşaltılan atık jeotermal akışkanlar öncelikle suyu kirleterek, toprak ve yörede yetiştirilen bitkileri olumsuz etkilemektedir. Öyle ki yöre topraklarında gözle görülür verimsizleşme ve yetiştirilen ürünlerde küçülme ve damarlaşma, ağaç dallarında ise yapraklarda sararma gözlemlenmektedir. Dolayısıyla ülkemizde oldukça bol rezerve sahip jeotermal akışkanların doğru kullanılması, reenjeksiyon sisteminin de vazgeçilmez kılınması şarttır. Aksi halde bir süre sonra ekili-dikili araziler yok olarak yöre tarımdan uzaklaşacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim 2015a. Jeotermal hakkında,
[[Http://Www.İzmirjeotermal.Com.Tr/Jeotermal-Hakkindajeotermal-Hakkinda](http://www.izmirjeotermal.com.tr/jeotermal-hakkindajeotermal-hakkinda)], Erişim Tarihi: 05.05.2015.
- Anonim 2015b. Kalibrasyon.
[[Http://Www.Bayar.Edu.Tr/Besergil/Eak_6_Kalibrasyon.Pdf.](http://www.bayar.edu.tr/besergil/eak_6_kalibrasyon.pdf)] Erişim Tarihi: 27.10.2015.
- Anonim 2015c. Toprak analizi sonuçlarının değerlendirilmesi.
[[Http://Ekoloji.Ogm.Gov.Tr/Dokumanlar/Toprak%20analizi%20sonuclarini n%20değerlendirilmesi.Pdf](http://ekoloji.ogm.gov.tr/dokumanlar/toprak%20analizi%20sonuclarini%20degerlendirilmesi.pdf)] Erişim Tarihi: 27.10.2015.
- Anonim 2016. Mangan elementinin bitki gelişimi üzerine etkileri.
[[Http://Etoprakana.Net/Forum/Showthread.Php?T=9059](http://etoprakana.net/forum/showthread.php?t=9059)] Erişim Tarihi: 17.03.2016.
- Aslan, E., 2010. Alangüllü (Aydın) Jeotermal Kaynağının Kimyasal Özellikleri ve Çevreye Olan Etkilerinin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Asri, Ö.F., Sönmez, S., 2006, Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Antalya.
- Aydınöz, M. 2005. Afyonkarahisar Bölgesinde Bulunan Kaplıca Sularının Mevsimsel Analizi. Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Başar, H. 2001. Bursa ili topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 15:69-83.
- Baysal, A. 2011. İnsan Saçı Örneklerinde Eser Elementlerin Katı Örneklemeli Atomik Absorpsiyon Yöntemi İle Tayini. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Bebek, M.T. 2001. Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Bertani, R. 2007. World geothermal generation 2007. **Proceedings European Geothermal Congress**.

- Camgöz, B., Saç, M.M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, E.Ö., Demirel, N. 2010. Termal suların radyoaktivite ve kimyasal içeriklerinin incelenmesi, İzmir, Seferihisar Bölgesi Örneği, **Ekoloji Dergisi** 19:76,78-87.
- Cemek, M., Aydıngöz, M., Konuk M. 2005. Jeotermal enerji ve Afyon bölgesinin jeotermal enerji potansiyeli. **Teknolojik Araştırmalar**, 1:39-48.
- Çakar, C., M., Filik, B., Ü., Kurban, M. 2009. Yenilenebilir enerji kaynakları ve ulaşım sistemlerinde kullanım uygulaması. **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır.
- Çetin, A. 2014. Ülkemizin jeotermal enerji kapasitesi ve yapılabilecekler. [<http://www.gonder.org.tr/wp-content/uploads/2014/06/GEOTERMAL-ENERJ%C4%B0-Ay%C5%9Feg%C3%BC1-%C3%87etin.pdf>], Erişim Tarihi: 13.02.2015.
- Çobanoğlu, Z. 1997. Enerji ve çevre. **Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi**. 1:66-67.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H. 2012. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**. 11:11-12.
- Dagıstan, H. 2006. Yenilenebilir enerji ve jeotermal kaynaklarımız. **Türkiye 10. Enerji Kongresi**, Ankara.
- Deveci, T. 2012. Gaziantep’te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS İle Tayini. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kilis.
- Demirbaş, L. 2002. Türkiye’de Enerji Sektörü, Sektörün Problemleri, Avrupa Birliği ve Türkiye’de Enerji Politikaları. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi, Isparta.
- Doğdu, M., Ş., Bayarı, C., S. 2002. Akarçay Havzası’nda (Afyon) jeotermal kökenli kirlenme: 1. Akarçay Nehri’nde su ve sediman kirliliği. **Yerbilimleri**, 25, 21-33.
- Duran, A., 2010. AAS ile Tayin Öncesi Bazı Ağır Metallerin Zenginleştirilmesi ve Türlelendirmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tokat.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T. 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. **Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 20:118-125.

- Elmacı, Ö., L., 1995. Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicum Esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Er, S. 2015. Aydın-Buharkent Yöresindeki Jeotermal Sularında Bazı Kirlenici Parametrelerin Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Erkul, H. 2012. Jeotermal enerjinin ekonomik katkıları ve çevresel etkileri Denizli-Kızıldere jeotermal örneği. **Yönetim Bilimleri Dergisi**, 10: 1-30.
- Ertürk, F., Akkoyunlu, A., Varınca, K. B. 2006. Enerji üretimi ve çevresel etkileri, stratejik rapor. **Türkiye Stratejik Araştırma Merkezi**, İstanbul.
- Fırat Kalkınma Ajansı. 2011. Bingöl ilinde jeotermal kaynaklar ve termal turizm.
- Grassi, S., Amadori, M., Pennisi, M., Cortecchi, G. 2014. Identifying sources of B and As contamination in surface water and groundwater downstream of the Larderello geothermal – Industrial area (Tuscany–Central Italy). *Journal of Hydrology*, **Elsevier**. 509:66-82.
- Hakerlerler, E., Eryüce, N., Anaç, D., Çokuysal, B. (29.02.2016). Bitki besleme. [http://www.adventiftarim.com/katalog/bilgiler/bitki_ve_demir.pdf]. Erişim Tarihi: 29.02.2016.
- Hasdemir, M., Gül, U., Ataseven, Z., Y. 2014. Türkiye’de jeotermal seracılığın mevcut durumu ile karar verme süreçlerinde etkili olan faktörlerin analizi. **Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü**.
- Hosseini, Z., Poorakbar, L., 2013. Zinc toxicity on antioxidative response in (*Zea Mays L.*) at two different pH. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, 9: 66-73.
- İmamoğlu, Ş., M. 2009. Tektonik yapısı ve stratigrafisi ışığında Güneydoğu Anadolu Bölgesinin jeotermal enerji potansiyelinin değerlendirilmesi. **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır.
- Kaasalainen, H., Stefánsson, A. 2012. The chemistry of trace elements in surface geothermal waters and steam, Iceland. *Chemical Geology*, **Elsevier**. 330-331; 60-85.

- Kamalak, F., 2006. Kahramanmaraş Bölgesindeki Akarsu ve Kaynak Sularındaki Kurşun, Kadmiyum ve Bakırın Birlikte Çöktürme Özenleştirme Ve Alev Atomik Absorpsiyon Spektrometresiyle Tayini. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Karababa, H., 2011. Yarıkli Kuvars Tüp-Alevli AAS Kullanılarak Kurşun ve Kadmiyum Tayini İçin Duyarlı Analitik Yöntem Geliştirilmesi. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- Karaca, A., 2000. Afşin-Elbistan termik santrali emisyonlarının çevre topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri. **Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 7:95-102.
- Karagöz, M., Ö. 1989. Toprakların bazı kimyasal özelliklerinin (pH, karbonat, tuzluluk, organik madde, total azot, yararlanılabilir fosfor) analiz yöntemleri. **İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**. 39:65-82.
- Karakuş U., Çetin, T., 2003. Jeotermal enerjinin kullanım alanları ve Kırşehir örneği. **Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 7: 16-20.
- Karaman, S., Kurunç, A. 2004. Seraların jeotermal enerji ile ısıtılmasında ortaya çıkabilecek çevresel etkiler. **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 21 (2):80-85.
- Kartal, Ş., 2003. Çevre Örneklerinde Bazı Eser Ağır Metallerin FAAS İle Tayini. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Kaymakçıoğlu, F., Kayabaşı, A. 2010. Elektrik üretiminde jeotermal enerjinin kullanımı ve ileriye dönük perspektifler. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, **Türkiye 10. Enerji Kongresi**, Ankara.
- Kervankıran, İ. 2012. Afyonkarahisar ilinde jeotermal enerji kullanımı ve sorunları. **Marmara Coğrafya Dergisi**, 25:108-126.
- Kılıç, F. Ç., Kılıç, M. K. 2013. Jeotermal enerji ve türkiye. **Mühendis ve Makine**. 54: 45-56.
- Kıvanç, A. H., Serpen, Ü. 2011. Jeotermal santrallerin karşılaştırılması. **X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**, (13-16 Nisan 2011), Pp. 111-128, İzmir.
- Kıracı, 2014, Azap Gölü'nün Sedimentlerindeki ve Sularındaki Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Konya Sanayi Odası. 2012. Konya'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları Malzeme Üretilebilirlik Araştırması. Mevlana Kalkınma Ajansı. Konya.

- Kuyumcu, E. 2009. Soğuk Algınlığında Kullanılan Halk İlaçlarında Uçucu Yağ, Mineral ve Eser Elementlerin Tayini. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). 2011. Toprakta Verimlilik Analizleri. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). 2012. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). 2012a. Kimya Teknolojileri, Kondüktometre. Ankara.
- Miller, N. J., Miller, C. J., 2005. Statistics and chemometrics for analytical chemistry. 5. Baskı. 120-125. İngiltere.
- Namlı, S., 2014. Kırmızı Çamur ile Sulardan Arseniğin Giderilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Öz, B. 2012. Doğal Zeolitlerin Modifiye Edilmesiyle Elde Edilen Anyonik Reçinelerin Sulardaki Bazı Metal İyonlarının Gideriminde Kullanımı. Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çorum.
- Özdemir, A. 2012. Türkiye'de jeotermal enerji potansiyelleri. **Şehir Sağlığı Dergisi**, 1:34-37.
- Özel, N., 2010. Diyarbakır (Çermik) ve Şanlıurfa (Karaali) İllerinde Yer Alan Kaplıca Kaynaklarının Kökensele İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Özkul, M., 2013. Afyonkarahisar İlindeki Organize Sanayi ve Jeotermal Turizm Tesislerinden Kaynaklanma Olasılığı Olan Ağır Metal ve Bor Kirliliğinin Araştırılması. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- Öztemir, M., H. 2011. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ve Aydın-Salavatlı sahası elektrik üretim santrali. [Http://Www.Mmo.Org.Tr/Resimler/Dosya_Ekler/5e8ef8ce70409c1_Ek.Pdf], Erişim Tarihi: 05.05.2016.
- Serpen, U., Satman, A., Kasap, İ. 1998. Assessment of well testing in Kizildere geothermal field. **Transactions Geothermal Resources Council**, 22:589-594.
- Sümer, H. Kuzgun, E. 2009. Jeotermal enerji. **Çanakkale Jeotermal Saha Özet Fizibilite Raporu**, Çanakkale.

- Süren, H., 2012. Jeotermal Sistemlerde Flash Buhar ve Binary Sistemlerin Birlikte Kullanımının Enerji ve Ekserji Analizi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Şahin, T. 2006. İzmir İli İçin Jeotermal Enerji Kaynaklı Absorbsiyonlu Soğuk Oda Tasarımı. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Tarcan, G., 2002. Jeotermal su kimyası. **Jeotermalde Yer Bilimsel Uygulamalar, Jenarum Yaz Okulu**, İzmir (Tarcan, 2002).
- Tokman, N., 2007. Grafit Fırınli Atomik Absorpsiyon Spektrometresinde Bizmut Ve Demir Üzerine Bazı İnorganik Tuzların Girişim Etkilerinin Araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tezi, İstanbul.
- T.C. Resmi Gazete, Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği, Ek 1A 25831,31.05.2005, 5-6.
- T.C. Resmi Gazete, Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ, Ek 2. 24885,23 Eylül 2002, 4-9
- Türkiye Enerji Raporu (TER). 2009. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. Ankara.
- Türkiye Enerji Raporu (TER). 2010. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. Ankara.
- Yaraş, K., Daşgan, H. Y. 2010. Sera koşullarında toprağa uygulanan mikronize-bentonitli-kükürt ve organik maddenin toprak pH'sı, domatesin bitki büyümesi, verimi ve meyve kalitesi üzerine etkisi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**. 1:175-180.
- Yılmaz, S., 2013. Aydın ve Çevresindeki Jeotermal Sulardaki Bazı Elementlerin Ve İyonların ICP-OES ve IC ile Analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Yörük, O. 2008. Ergene Havzasında Yetiştirilen Ayçiçek Bitkisinde (*Helianthus Annuus L.*) Bazı Eser Element İçeriklerinin Icp-Oes ile Tayini. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gülsüm POYRAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Konak 19.10.1989

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Celal Bayar Üniversitesi, Kimya Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Kimya Bölümü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

- a) Makaleler
 - SCI
 - Diğer
- b) Bildiriler
 - Uluslararası
 - Ulusal
- c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Manisa Cumhuriyet Anadolu Lisesi 2012
:Torbalı Endüstri Meslek Lisesi 2013
:Doktorlar OSGB 2016

İLETİŞİM

E-posta Adresi : gpoyraz89@gmail.com
Tarih :