

**ESKİŞEHİR KATI ATIK DEPOLAMA SAHASI
SIZINTI SUYUNUN KARAKTERİZASYONU
VE FİZİKSEL/KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
FARKLI ANALİZ TEKNİKLERİYLE BELİRLENMESİ**

Aysun ŞAHİN

**Yüksek Lisans Tezi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
2002**

Bu çalışma Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 01 02 17 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Aysun Şahin'in Eskişehir Katı Atık Depolama Sahası Sızıntı Suyunun Karakterizasyonu ve Fiziksel/Kimyasal Özelliklerinin Farklı Analiz Teknikleriyle Belirlenmesi başlıklı **Çevre Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi ~~04.07.2002~~ tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı-Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Y.Doç.Dr. Müfide BANAR

Üye : Prof.Dr. Ülker BAKIR ÖĞÜTVEREN

Üye : Y.DoçDr. Mine KÜRKÇÜOĞLU

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 4.7.2002..tarih ve ...23/3.....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Orhan ÖZER
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

ÖNSÖZ

“Eskişehir Katı Atık Depolama Sahası Sızıntı Suyunun Karakterizasyonu ve Fiziksel/Kimyasal Özelliklerinin Farklı Analiz Teknikleriyle Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Teknolojileri Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında bilgi, hoşgörü ve anlayışıyla daima yanımda olan, bu çalışmanın oluşmasında en büyük paya sahip, benden her konuda desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sn. Yard.Doç.Dr. Müfide BANAR’a,

Deneysel çalışmalarında bilgi ve deneyimleriyle yaptıkları katkılardan dolayı değerli hocalarım Tıbbi ve Aromatik Bitki ve İlaç Hammaddeleri Araştırma Merkezi öğretim üyelerinden Sn. Yard.Doç.Dr. Mine KÜRKÇÜOĞLU ve Sn. Yard.Doç.Dr.Müberra KOŞAR ve Kimya Mühendisliği öğretim üyelerinden Sn. Yard.Doç.Dr. Berrin BOZAN’a,

Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi’nin her türlü imkanlarından yararlanmamı sağlayan Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürü hocam Sn. Prof.Dr. Ülker BAKIR ÖĞÜTVEREN ve Müdür -Yardımcısı hocam Sn. Yard.Doç.Dr. Savaş KOPARAL’a,

Deneysel çalışmalarım sırasında Tıbbi ve Aromatik Bitki ve İlaç Hammaddeleri Araştırma Merkezi’nin imkanlarından yararlanmamı sağlayan değerli hocam Sn. Prof.Dr. Kemal Hüsni Can BAŞER’e,

Deneysel çalışmalarına katkılarında dolayı Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi elemanlarından Sn. Araş.Gör. Semra MALKOÇ ve Sn. Okt. Yusuf YAVUZ’a,

İlgi ve desteklerinden dolayı Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi elemanlarına, arkadaşlarım Kemal ÖZKAN, Ümran AYSEL ve Serkan UĞUR’a,

Yaşantım boyunca maddi manevi daima yanımda olan sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aysun ŞAHİN

Haziran 2002

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ESKİŞEHİR KATI ATIK DEPOLAMA SAHASI SIZINTI SUYUNUN KARAKTERİZASYONU VE FİZİKSEL/KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN FARKLI ANALİZ TEKNİKLERİYLE BELİRLENMESİ

AYSUN ŞAHİN

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yard.Doç.Dr. Müfide BANAR
2002, 173 Sayfa

Bu çalışmada, Eskişehir katı atık depolama sahası sızıntı suyunun karakterizasyonu hem standart fiziksel ve kimyasal yaş analiz teknikleriyle, hem de ileri analiz teknikleriyle yapılmıştır. Toplam 7 ay boyunca yapılan fiziksel ve kimyasal analizler de sırasıyla pH, sıcaklık, iletkenlik, toplam katı madde, toplam çözünmüş madde, askıda katılar, uçucu maddeler, çökebilir katılar, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, yağ ve gres, nitrat, nitrit, organik azot, sülfat, asidite, alkalinite, sülfür, sodyum, potasyum, kalsiyum, klorür, sertlik, fenol ve metalik elementler (Fe, Cu, Ni, Zn, Cd, Pb, Ag, Cr) gibi parametreler incelenmiştir. Örneklerin alındığı aylar için meteorolojik veriler de kaydedilmiş ve aralarındaki korelasyonun derecesi belirlenmeye çalışılmıştır.

Ayrıca, sızıntı suyunda olası organik kirleticiler için katı faz ekstraksiyonu (KFE) tekniğiyle elde edilen ekstraktlar HPLC'de, katı faz mikroekstraksiyonu (KFME) tekniğiyle elde edilen ekstraktlar ise GC-MS'de analiz edilmiştir.

Çalışmanın son safhasında ise sızıntı suyunun aerobik ve anaerobik olarak arıtılabilirliği ile ilgili deneyler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi, katı faz ekstraksiyonu, katı faz mikroekstraksiyonu, sızıntı suyu, yüksek performanslı sıvı kromatografisi.

ABSTRACT**Master of Science Thesis****CHARACTERISATION AND DETERMINATION OF
PHYSICAL/CHEMICAL PROPERTIES OF LANDFILL LEACHATE IN
ESKİŞEHİR BY DIFFERENT ANALYSIS TECHNIQUES****AYSUN ŞAHİN****Anadolu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Environmental Engineering Program****Supervisor: Assist.Prof.Dr.Müfide BANAR
2002, 173 pages**

In this study, the leachates from urban landfill in Eskişehir were examined paying attention to the characterization both with physical and chemical wet analysis techniques and advanced analysis techniques. Physical and chemical analysis were undertaken during 7 months as routine. These analysis were pH, temperature, conductivity, total dried matter, total dissolved matter, suspended solids, volatile matter, precipitated solids, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, oil and grease, nitrate, nitrite, organic nitrogen, sulphate, acidity, alkalinity, sulphide, sodium, potassium, calcium, chloride, hardness, phenol and the distribution of the metallic elements (Fe, Cu, Ni, Zn, Cd, Pb, Ag, Cr). Meteorological data was also recorded for the same months to determine the correlation between meteorological data and analysis.

Furthermore, for potential organic chemical pollutants in leachate, extracts obtained by SPE techniques analysed with high performance liquid chromatography (HPLC). On the other hand, extracts obtained by SPME techniques analyzed using gas chromatography combined with mass spectrometry (GC-MS).

In the final part of the study, aerobic and anaerobic treatment ability of leachate related experiments were carried out.

Keywords: Gas chromatography-mass spectrometry, high performance liquid chromatography, landfill leachate, solid phase extraction, solid phase microextraction

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Amaç.....	1
2. KATI ATIK BERTARAFINDA DEPOLAMANIN YERİ.....	3
2.1. Katı Atık Depolama Tesislerinin Tanımı.....	4
2.2. Düzenli Depolama Alanı Tasarım Kriterleri.....	6
2.2.1. Katı atık depolama tesislerinin yapısı.....	8
2.2.1.1. Depo tabanının ve üst örtünün hazırlanması.....	9
2.2.1.2. Sızıntı suyu drenajı.....	13
2.2.1.3 Gaz toplama sistemleri.....	14
2.2.1.4. Günlük örtü tabakası.....	16
2.2.1.5. Son örtü sistemleri.....	17
2.3. Düzenli Depolama Alanlarında Meydana Gelen Olaylar.....	17
2.3.1. Biyolojik tepkimeler.....	18
2.3.1.1. Başlangıç evresi (Evre I).....	19
2.3.1.2. Geçiş evresi (Evre II).....	20
2.3.1.3. Asit oluşum evresi (Evre III).....	20
2.3.1.4. Metan fermentasyon evresi (Evre IV).....	21
2.3.1.5. Olgunlaşma evresi (Evre V).....	21
2.3.2. Kimyasal tepkimeler.....	22
2.3.3. Fiziksel olaylar.....	22
2.4. Depolama Sırasında Ortaya Çıkabilecek Potansiyel Tehlikeler.....	23

2.4.1. Sızıntı suyunun yol açtığı riskler.....	24
2.4.2. Depolama alanı gazının yol açtığı riskler.....	24
2.4.3. Hava kalitesinin etkilenmesi, koku ve gürültü riski.....	25
2.4.4. Taşıyıcı haşere üreme riski.....	26
2.4.5. Tesiste çalışan kişilerin karşı karşıya bulunduğu riskler.....	26
2.5. Düzenli Depolama Alanlarının İşletilmesi.....	27
3. SIZINTI SUYU.....	30
3.1. Sızıntı Suyu Oluşum Mekanizması.....	30
3.1.1. Bir depolama alanı hücresinde su denklığı kurulması.....	31
3.1.2. Sızıntı suyunun deponi gazı oluşumundaki etkileri.....	34
3.2. Sızıntı Suyunun Hareketi.....	34
3.2.1. Yeraltı katmanlarında sızıntı suyu içindeki bileşenlerin hareketi.....	36
3.3. Sızıntı Suyu Bileşimi ve Özellikleri.....	39
3.3.1. Fiziksel ve kimyasal özellikler.....	40
3.3.2. Biyolojik özellikler.....	41
3.4. Sızıntı Suyunun Kontrolü.....	43
3.4.1. Evsel katı atıklar için tabaka sistemleri.....	44
3.5. Sızıntı Suyu Toplama Sistemleri.....	47
3.5.1. Tabaka sisteminin seçimi.....	47
3.5.2. Sızıntı suyu toplama sistemleri.....	48
3.5.3. Sızıntı suyu uzaklaştırma, toplama ve tutma sistemleri.....	50
3.6. Sızıntı Suyu Yönetimi.....	52
3.6.1. Sızıntı suyunun geri dönüşümü.....	52
3.6.2. Sızıntı suyunun buharlaştırması.....	52
3.6.3. Sızıntı suyunun arıtımı.....	53
3.6.4. Atıksu arıtma tesisine deşarj.....	58
3.7. Sızıntı Suyuyla İlgili Yasal Durum.....	59
4. ESKİŞEHİR KATI ATIK YÖNETİMİ VE DEPOLAMA SAHASININ DURUMU.....	62

4.1. Evsel Atıklar.....	64
4.2. Tıbbi Atıklar.....	65
4.3. Endüstriyel Atıklar.....	65
4.4. Saha Çevresinin Hidrolojisi ve Jeolojisi.....	66
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	67
5.1. Örnek Alınması.....	67
5.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	68
5.2.1. pH (SM 4500), sıcaklık (SM 2550) ve iletkenlik (SM 2510) tayinleri.....	70
5.2.2. Toplam katı madde tayini (SM 2540 B).....	70
5.2.2.1. Çözünmüş katı madde tayini (SM 2540 C).....	71
5.2.2.2. Askıda katı madde tayini (SM 2540 D).....	71
5.2.2.3. Uçucu ve sabit katıların tayini (SM 2540 E).....	72
5.2.2.4. Çökebilir katılar (SM 2540 F).....	72
5.2.3. Çözünmüş oksijen tayini (SM 4500-O G)	73
5.2.4. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı tayini (SM 5210).....	73
5.2.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı tayini (SM 5220 B).....	75
5.2.6. Yağ ve gres tayini (SM 5520 B).....	76
5.2.7. Asidite tayini (SM 2310).....	77
5.2.8. Alkalinite tayini (SM 2320).....	78
5.2.9. Sertlik tayini (SM 2340 C).....	78
5.2.10. Organik azot tayini (TS 7392).....	79
5.2.11. Nitrat tayini (kadmiyum indirgeme yöntemi).....	80
5.2.12. Nitrit tayini (ferröz sülfat yöntemi).....	80
5.2.13. Sülfat tayini (USEPA 375.4).....	81
5.2.14. Sülfür tayini (metilen mavisi yöntemi).....	81
5.2.15. Klorür tayini (civa tiyosiyanat yöntemi).....	81
5.2.16. Fenol tayini (USEPA Metot 420.1).....	82
5.2.17. Sodyum, potasyum ve kalsiyum tayinleri (SM 3030).....	82
5.2.18. Ağır metal analizleri (SM 3111B).....	82

5.3. Katı Faz Ekstraksiyonu (KFE) (Solid Phase Extraction-SPE) ve Katı Faz Mikroekstraksiyonu (KFME) (Solid Phase MicroExtraction SPME) ile Yapılan Analizler.....	83
5.3.1. Katı faz ekstraksiyonu (KFE).....	83
5.3.1.1. Çalışmada KFE tekniğinin uygulanması.....	86
5.3.2. Katı faz mikroekstraksiyonu (KFME).....	89
5.3.2.1. KFME enjektörü.....	91
5.3.2.2. KFME uygulama şekilleri.....	92
5.3.2.3. Çalışmada KFME tekniğinin uygulanması.....	94
5.4. Laboratuvar Koşullarında Sızıntı Suyunun Anaerobik ve Aerobik Arıtım Çalışmaları.....	95
6. DENEYSEL BULGULAR.....	96
7. SONUÇ.....	127
-KAYNAKLAR.....	128
 EKLER	
EK 1. Eskişehir çöp depolama sahasının görüntüleri	132
EK 2. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi.....	139
EK 3. KFME/GC-MS sisteminde bulunan organik bileşiklere ait bilgiler.....	171

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Türkiye'deki katı atık bertaraf yöntemleri	4
2.2. Düzenli depolama alanı ile ilgili birimler	5
2.3. Depolama sahalarının yapısının şematik gösterimi (a) kazı (b) alan (c) kanyon	9
2.4.-a Tıbbi atıklar için depo tabanı sızdırmazlık sistemi	12
2.4.-b Tehlikeli atıklar için depo tabanı sızdırmazlık sistemi	12
2.5.-a Tıbbi atıklar için depo üst örtüsü sızdırmazlık sistemi	13
2.5.-b Tehlikeli atıklar için depo üst örtüsü sızdırmazlık sistemi	13
2.6.-a Yatay gaz tahliye hattı	15
2.6.-b Yatay drenaj hattında merkezi gaz tahliye bacası	15
2.7. Düşey gaz toplama bacası	16
2.5. Düzenli depolama alanlarındaki katı atık bozunma evreleri	19
3.1. Bir depolama alanında sızıntı suyu oluşumunu belirlemede kullanılan su denklığı için taslak	32
3.2. Yüzeyden ve depolama alanlarından yüzeyaltı akiferlerine sızmanın belirlenmesi için taslak	36
3.3. Eser miktardaki organik bileşiklerin yüzeyin altındaki gecikme grafiği	39
3.4. Tipik depolama alanı kaplamaları: (a,b) tek kompozit bariyer tipler ve (c-f) çift kompozit bariyer tipler	46
3.5. Eğimli teraslarla sızıntı suyu toplama sistemi: (a) şematik görünüş ve (b) sızıntı suyu toplama borusu ayrıntısı	48
3.6. Tipik bir sızıntı suyu toplama sistemi (a) şematik görünüş (b) tipik sızıntı suyu toplama borusu ayrıntısı	49
3.7. Alan tipi depolama alanında yağmur suyu yönetimi	50
3.8. Depolama alanlarından sızıntı suyunu uzaklaştırmak için kullanılan tipik sistemler:(a) depolama sahasından geçen sızıntı suyu toplama borusu ve (b) depolama alanının içine yerleştirilmiş eğimli sızıntı suyu toplama borusu	51

3.9.	Sızıntı suyu toplama sistemi örnekleri: (a) sızıntı suyu toplama ve giriş kemeri (access vault) ve (b) sızıntı suyu bekletme tankı	51
3.10.	Gazlardan kokuları uzaklaştırmak için kullanılan tipik kompost yada toprak filtre	53
3.11.	Sızıntı sularına uygulanabilecek arıtma sistemleri ve arıtılmış su deşarj ortamları	57
3.12.	Alıcı ortama deşarj için arıtma alternatifleri	58
4.1.	Depolama alanının Eskişehir'deki yerleşimi	62
4.2.	Çöp depolama sahasının litolojik kesiti	66
5.1.	KFE yönteminin şematik gösterimi	84
5.2.	Çevre analizleri için SPE metodunun seçimi için genel yaklaşım	85
5.3	Tepeboşluğu SPME metodunun şematik gösterimi	93
6.1.	Aylara göre pH verilerinin dağılımı	105
6.2.	Aylara göre sıcaklık verilerinin dağılımı	105
6.3.	Aylara göre iletkenlik verilerinin dağılımı	106
6.4.	Aylara göre toplam katı madde verilerinin dağılımı	106
6.5.	Aylara göre toplam çözünmüş madde verilerinin dağılımı	107
6.6.	Aylara göre askıda katı madde verilerinin dağılımı	107
6.7.	Aylara göre uçucu katı madde verilerinin dağılımı	108
6.8.	Aylara göre sabit katı madde verilerinin dağılımı	108
6.9.	Aylara göre çökebilir katı madde verilerinin dağılımı	109
6.10.	Aylara göre çözünmüş oksijen verilerinin dağılımı	109
6.11.	Aylara göre BOİ verilerinin dağılımı	110
6.12.	Aylara göre KOİ verilerinin dağılımı	110
6.13.	Aylara göre yağ ve gres verilerinin dağılımı	111
6.14.	Aylara göre organik azot verilerinin dağılımı	111
6.15.	Aylara göre sülfat verilerinin dağılımı	112
6.16.	Aylara göre asidite verilerinin dağılımı	112
6.17.	Aylara göre alkalinite verilerinin dağılımı	113
6.18.	Aylara göre klorür verilerinin dağılımı	113
6.19.	Aylara göre sertlik verilerinin dağılımı	114
6.20.	Aylara göre fenol verilerinin dağılımı	114

6.21. Aylara göre nitrat verilerinin dağılımı	115
6.22. Aylara göre nitrit verilerinin dağılımı	115
6.23. Aylara göre sülfür verilerinin dağılımı	116
6.24. Aylara göre sodyum verilerinin dağılımı	116
6.25. Aylara göre potasyum verilerinin dağılımı	117
6.26. Aylara göre kalsiyum verilerinin dağılımı	117
6.27. Aylara göre demir verilerinin dağılımı	118
6.28. Aylara göre bakır verilerinin dağılımı	118
6.29. Aylara göre çinko verilerinin dağılımı	119
6.30. Aylara göre kadmiyum verilerinin dağılımı	119
6.31. Aylara göre kurşun verilerinin dağılımı	120
6.32. Standart maddelere ait kromatogram	121
6.33. Örnek 1 için KFE/HPLC sonuçları	121
6.34. Örnek 2 için KFE/HPLC sonuçları	122
6.35. Örnek 3 için KFE/HPLC sonuçları	123
6.36. Örnek 4 için KFE/HPLC sonuçları	124
EK1.1. Eskişehir çöp depolama sahasından genel görüntüler	133
EK1.2.Sahada oluşan sızıntı sularına ait görüntüler	135
EK1.3.Sahada açılan birinci sondaj kuyusu	136
EK1.4.Sahada açılan ikinci sondaj kuyusu	137
EK1.5.Sahada yapılan örnekleme çalışmaları	138

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Yeni ve olgun depolama alanları için tipik sızıntı suyu bileşimi	40
3.2. Sızıntı suyu fiziksel ve kimyasal gözlem parametreleri	41
3.3. Sızıntı suyu kontrol sistemleri	44
3.4. Sızıntı suyu arıtımı için kullanılan örnek biyolojik, kimyasal ve fiziksel işlemler ve süreçler	54
3.5. Atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörülen atıksu standartları	60
4.1. Eskişehir’de katı atıkların fiziksel bileşimi	64
4.2. Evsel atık projeksiyonu	70
4.3. Eskişehir şehir merkezi sağlık kuruluşları yatak sayıları ve tahmini atık miktarları	71
5.1. Fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılan metotlar ve standartlar	68
5.2. Sızıntı suyu analizlerinde KFE tekniğinin kullanıldığı çalışmaların karşılaştırılması	87
5.3. Kullanılan standart çözeltiler ve derişimleri	88
5.4. Diğer örnek hazırlama teknikleri ile KFME tekniğinin karşılaştırılması	90
5.5. KFME elyaflarının özellikleri ve kullanım amaçları	92
5.6. Sızıntı suyu analizlerinde KFME tekniğinin kullanıldığı çalışmaların karşılaştırılması	94
6.1. Eskişehir çöp depolama sahası sızıntı suyunun fiziksel-kimyasal analiz sonuçları	99
6.2. Eskişehir Ekim 2001-Mayıs 2002 sıcaklık ve yağış verileri	102
6.3. Sonuçların literatür değerleri ile karşılaştırılması	104
6.4. KFME-GC/MS ile tanımlanan bileşikler ve daha önceki çalışmalarla karşılaştırılması	125
6.5. Aerobik arıtım çalışmalarından elde edilen sonuçlar	126

Ek2.1. Örnek 1'in fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi	140
Ek2.2. Örnek 2'nin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi	150
Ek2.3. Örnek 3'ün fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi	160
Ek3.1 Sızıntı suyu örneklerinde KFME tekniği ile belirlenen organik bileşiklerin özellikleri	171

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Sızıntı akışının gerçekleştiği kesit alan, m ²
AKM	: Askıda katı madde
AKR	: Ardışık kesikli reaktör
APHA	: Amerikan Halk Sağlığı Örgütü
AWWA	: Amerikan Su İşleri Örgütü
BOİ ₅	: 5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
DAS	: Demir amonyum sülfat
dh/dl	: Hidrolik eğim, m/m
DSİ	: Devlet Su İşleri
DVB	: Divinil benzen
ECD	: Elektron tutucu dedektör
EDTA	: Etilendiamintetraasetik asit
F/M	: Besin/Mikroorganizma
FC	: Alan kapasitesi
FML _s	: Sentetik esnek kaplama membranları
GC	: Gaz kromatografisi
GCL	: Geosentetik kil tabaka
GC-MS	: Gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi
h	: Yük kaybı, m
HELP	: Depolama alanı performansının hidrolojik değerlendirmesi
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
HS-SPME	: Headspace SPME
ΔHS-SPME	: Isıtmalı headspace SPME
Im-SPME	: Daldırmalı SPME
ΔIm-SPME	: Isıtmalı daldırmalı SPME
K	: Geçirgenlik katsayısı, 14,88 m ³ /m ² .yıl
KAKY	: Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

KDK	: Katyon değişim kapasitesi (CEC: Cation exchange capacity)
KFE	: Katı faz ekstraksiyonu (SPE: Solid phase extraction)
KFME	: Katı faz mikroekstraksiyonu (SPME: Solid phase microextraction)
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
l	: Akış yolunun uzunluğu, m
M	: Molarite
MBAS	: Metilen mavisinde aktif bileşikler
MeOH	: Metanol
MS	: Kütle spektrometresi
N	: Normalite
NŞA	: Normal şartlar altında
PA	: Poliakrilat
PCB _s	: Poliklorlu bifeniller
PDMS	: Polidimetilsiloksan
Q	: Birim zaman başına sızıntı suyu değarjı, m ³ /yıl
SDP	: Sitren-divinilbenzen
SKKY	: Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği
SM	: Standart Metot
TÇM	: Toplam çözünmüş madde
TKM	: Toplam katı madde
TKN	: Toplam kjeldahl azotu
TOK	: Toplam organik karbon
TS	: Türk Standartları
UAKM	: Uçucu askıda katı madde
V	: Hacim
VFA	: Uçucu yağ asitleri
W	: Su miktarı
WEF	: Su Çevresi Federasyonu
WHO	: Dünya Sağlık Teşkilatı
YASS	: Yeraltı su seviyesi
g	: Gram
l	: Litre

mg	: Miligram
nm	: Nanometre
ppb	: Milyarda br
ppm	: Milyonda bir
ppt	: Trilyonda bir

Alt ve üst indisler

SW	: Katı atık (solid waste)
TS	: Arıtma sistemi (treatment system)
CM	: Örtü materyali (cover material)
A(R)	: Yağış (rain)
LG	: Deponi gazı (landfill gas)
WV	: Su buharı (water vapor)
E	: Buharlaşma (evaporation)
B(L)	: Taban (bottom)

1. GİRİŞ

Teknolojideki gelişmeler, sanayileşme, düzensiz şehirleşme, bölgesel ölçekte aşırı nüfus artışı, doğal kaynakların aşırı ve bilinçsiz bir şekilde tüketilmesi, tarımda kontrolsüz mekanizasyon ve modernizasyon çevre sorunlarında belirgin bir artışa neden olmuştur. Bu durum, gelişen çevre bilincinin kaçınılmaz bir sonucu olarak, soruna köklü ve tekniğine uygun çözümler geliştirme gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Şehirlerimizdeki katı atık sorunu, çöplerin ve diğer atıkların toplanmasından, depolanması ve çevreye zarar vermeyecek bir şekilde bertaraf edilmesi konularına kadar uzanır. Ülkemizde, atıkların genellikle düzensiz olarak depolanması (vahşi depolama) bilinçsiz ve çevre için riskli bir uygulamadır. Bu da çevre sorunlarını tehdit edici boyutlara taşımıştır. Ayrıca bu tür sahalara karışık şekilde yığılan organik içeriği yüksek atıklardan, ayrışma süreci sonucu açığa çıkan gaz ve sıvı şeklindeki emisyonlar ve bunların üçüncül (external, dışsal) etkileri de çevre kirliliğini olumsuz yönde etkiler.

Ülkemizde çoğu büyükşehir, kontrolsüz depolamadan kaynaklanan sızıntı suları nedeniyle yeraltı sularının kirlenmesi sorunu ile karşı karşıyadır. Göller ve nehirler 10^{-1} ile 10^{-5} yıllık yenilenme zamanına sahipken, tatlı sularla karşılaştırıldığında oldukça büyük kaynaklar olan yeraltı suları, düşük akış hızlarına bağlı olarak 1 yıl gibi yüksek bir yenilenme zamanına sahip olabilirler. Dolayısıyla yeraltı suyu herhangi bir sebepten ötürü kirliliğe maruz kalmışsa, yüksek yenilenme zamanından ötürü, içerdiği kirletici maddeler uzun süre varlıklarını sürdüreceklerdir. Bu da, yüksek kirlilik derişimine sahip sızıntı suyunun kontrol edilmediği takdirde su kirliliğinin başta gelen sebeplerinden biri olabileceğinin bir göstergesidir.

1.1. Amaç

Bu çalışmada Eskişehir katı atık depolama sahası sızıntı suyunun karakterizasyonu hem standart fiziksel ve kimyasal yaş analiz teknikleriyle, hem de ileri analiz teknikleriyle yapılmıştır. Toplam 7 ay boyunca yapılan fiziksel ve

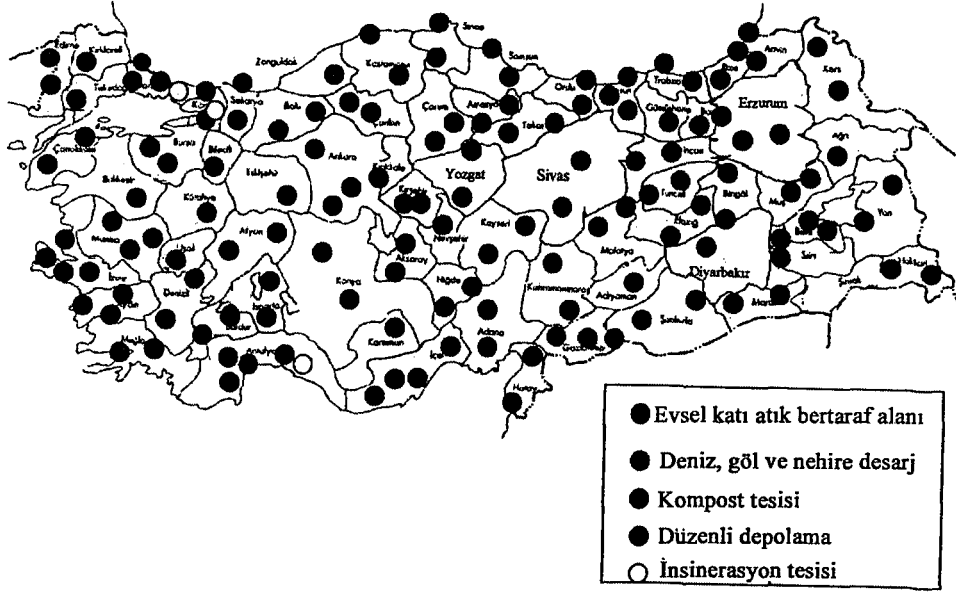
kimyasal analizlerde sırasıyla pH, sıcaklık, iletkenlik, toplam katı madde, toplam çözünmüş madde, askıda katılar, uçucu maddeler, çökebilir katılar, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, yağ ve gres, nitrat, nitrit, organik azot, sülfat, asidite, alkalinite, sülfür, sodyum, potasyum, kalsiyum, klorür, sertlik, fenol ve metalik elementler (Fe, Cu, Ni, Zn, Cd, Pb, Ag, Cr) gibi parametrelere bakılmıştır. Örneklerin alındığı aylar için meteorolojik veriler de kaydedilmiş ve aralarındaki korelasyonun derecesi belirlenmeye çalışılmıştır.

Ayrıca, sızıntı suyunda olası organik kirleticiler için katı faz ekstraksiyonu (KFE) tekniğiyle elde edilen ekstraktlar HPLC'de, katı faz mikroekstraksiyonu (KFME) tekniğiyle elde edilen ekstraktlar ise GC-MS'de analiz edilmiştir.

Çalışmanın son safhasında ise sızıntı suyunun aerobik ve anaerobik olarak arıtılabilirliği ile ilgili deneyler yapılmıştır.

2. KATI ATIK BERTARAFINDA DEPOLAMANIN YERİ

Türkiye'nin hızla artan kentleşme oranı ve gelişen endüstrisi ile birlikte çevre kirlenmesi konuları arasında evsel ve endüstriyel atıklar daha fazla yer tutmaya başlamıştır. Literatürde yer alan en az 22 insan hastalığının çöp sahalarından kaynaklandığı gerçeğinden hareketle özellikle büyük şehirlerde evsel ve endüstriyel atıkların insan sağlığına zarar vermeyecek bir şekilde kontrol edilmelerine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Ülkemizde 14 Mart 1991 tarihli Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ndeki (KAKY) koşullar ve bunu takiben 2 Kasım 1994 tarihinde yayınlanan değişikliklerle beraber, katı atıkların bertaraf yöntemleri ve prensiplerinin ortaya konduğu yasal düzenlemeler yapılmıştır (Anonim 1996). Ayrıca, 27 Ağustos 1995 tarihli Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile tehlikeli atıkların ve 20 Mayıs 1993 tarihli Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile de tıbbi atıkların depolanma koşulları belirtilmiştir. Ancak Şekil 2.1'den de görüleceği üzere, bu konuda çok fazla yol alınabildiği söylenemez. Katı atık yönetiminin hiyerarşik düzeni içerisinde en sonda yer alan depolama seçeneği halen tüm dünyada en fazla tercih edilen yöntem olarak kullanılmaktadır. Nitekim Türkiye'de de ekonomik bir yöntem oluşu nedeniyle depolama en fazla başvurulan bertaraf sistemidir. Buna karşın, ülkemizdeki düzenli depolama alanına sahip belediye sayısı halen 10 olup, atıkların % 80'i düzensiz depolama alanlarına gönderilmeye devam etmektedir (Banar 2002).



Şekil 2.1. Türkiye'deki katı atık bertaraf yöntemleri (Banar 2002)

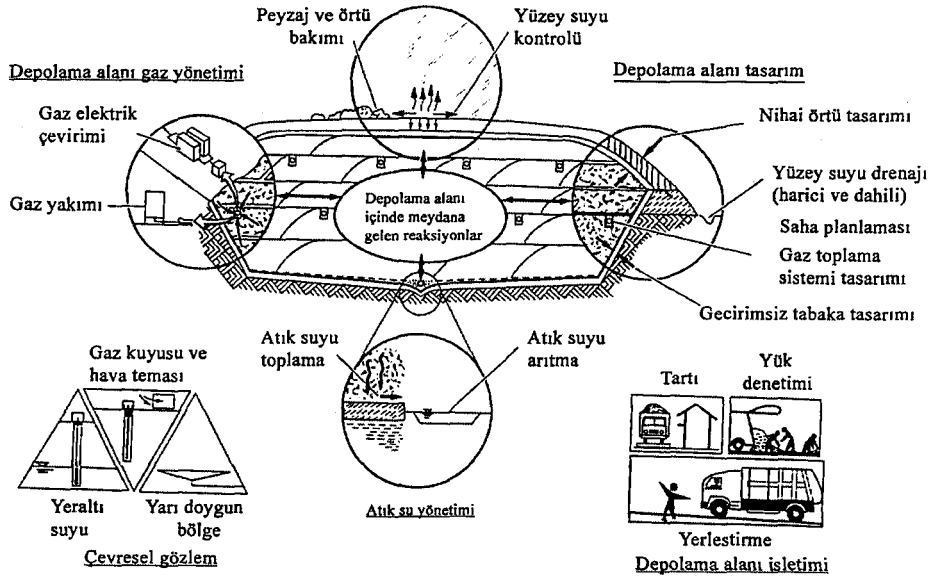
2.1. Katı Atık Depolama Tesislerinin Tanımı

Bir katı atık depolama tesisi ile ilgili ana birimler ve yapılan işlemler Şekil 2.2'de gösterilmiş olup, yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesi, atıklardan meydana gelen gazların etkileri, görüntü kirliliği, taşıyıcı ve haşere üremesi ve çevreye toz ve kötü koku yayılması gibi olumsuz etkileri bertaraf etmek amacıyla tasarlanır.

Düzenli depolama yönteminin avantaj ve dezavantajları Çevre Bakanlığı'nın 1 Mayıs 1993 tarihinde yayınladığı "Katı Atık Depo Alanları Yönetimi İle İlgili Yönerge"de şu şekilde belirtilmiştir:

Avantajları:

- Uygun arazi bulunduğu takdirde ekonomik bir yöntemdir,
- Ön yatırımı nispeten en az olan yöntemdir,
- Son bertaraf yöntemidir ve hemen her türlü çöp için uygulanabilir,



Şekil 2.2. Düzenli depolama alanı ile ilgili birimler (Tchbanoglous ve ark. 1993)

- Esnek bir metottur. Katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla artırılabilir,
- Kullanılıp kapatılan araziden dinlenme-eğlenme amacıyla yararlanılabilir.

Dezavantajları:

- Kalabalık yörelerde, ekonomik taşıma mesafesi içinde uygun yer bulmak güçtür,
- Yerleşim yerlerine yakın deponi alanları için halkın tepkisi ile karşılaşılabilir,
- Tamamlanmış deponi alanlarında göçük ve yerel çökmeler olabileceğinden devamlı bakımı gereklidir,
- Sıvı ve gaz sızıntıları kontrol edilmezse sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir (Anonim 1996).

2.2. Düzenli Depolama Alanı Tasarım Kriterleri

Katı atık depolama tesisinin tasarımında ilk adım, uygun saha seçimidir. Çevre Bakanlığı'nın yayınladığı yönergeye göre, yer seçimi için titizlikle dikkate alınması gereken parametreler aşağıda özetlenmiştir:

- Meskun sahalara uzaklık,
- İçme ve kullanma suyu su toplama alanlarının durumu,
- Çevredeki yeraltı suyu hareketleri,
- Jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik yapı,
- Tektonik yapı,
- Çevredeki trafik durumu,
- Taşıma mesafesi,
- Sahanın çevreden görünüşü,
- Sahanın depolama kapasitesi (Anonim 1996).

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre depo tesisleri, yerleşim bölgelerine uzaklığı 1000 m'den az (özel durumlar hariç) olan yerlerde, taşkın riskinin yüksek olduğu yerlerde, heyelan, çığ ve erozyon bölgelerinde, içme, kullanma ve sulama suyu temin edilen yeraltı suları koruma bölgelerinde kurulamaz, etraflarına bina yapılmasına izin verilemez. Nüfusu 100.000'den küçük olan yerleşim bölgelerinde 10 yıllık ihtiyacı karşılayacak şekilde, nüfusu 100.000'den büyük olan yerlerde ise 500.000 m³ olarak planlanır (Anonim 1991a).

KAKY'nde, depolama alanlarının en yakın meskun bölgeye uzaklığı 1000 m olarak belirtilirken bu değer, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartlarına göre minimum 200 m olarak belirlenmiştir. Zira katı atık depo alanlarında oluşan zehirli gazlar yeraltından 200 m mesafeye kadar yayılabilmektedir.

Katı atık depolama alanı göller, gölcükler, nehirler, bataklıklar, taşkın sahaları, karayolları, kritik yerleşim alanları, su temin kuyuları ve havaalanları gibi yerlerden belli bir uzaklıkta olmalıdır. Söz konusu yerlerle ilgili olarak, pek çok ülkenin, yönetmeliklerinde de ilave bazı kriterler getirilmiştir:

- Göl veya Gölcük: Ulaşımaya elverişli herhangi bir göl, gölcük veya akıntının 300 m yakınına hiçbir depolama alanı inşa edilemez. Bu uzaklık sızdırmazlık

kontrollü bir depolama alanı için azaltılabilir. Ancak depolama alanının sızıntı suyunun göl veya gölcükle temas edeceği düşünülerek bir yüzey suyu kontrol programı hazırlanmalıdır.

- Nehir: Ulaşma elverişli bir nehir veya akıntının 90 m kadar yakınında hiçbir depolama tesisi inşa edilemez. Kıvrımlı olmayan bazı nehirler için bu uzaklık düşürülebilir ancak her durumda minimum 30 m'lik bir sınır korunmalıdır.

- Taşkın Sahası: Yüzyıllık bir taşkın sahası içinde hiçbir depolama alanı inşa edilemez. Bir arazinin su baskımına uğramasını önlemek için akıntı tarafı boyunca bir toprak depo alanı inşa edilmişse, ikinci derece akıntıların alüvyonları içerisinde bir depolama alanı inşa edilebilir. Ancak büyük nehirlerin alüvyonları içerisine depolama alanı inşa edilemez.

- Karayolları: Herhangi bir karayolu veya otoyolun istimlak sınırının 300 m yakınında hiçbir katı atık depolama tesisi inşa edilemez. Sınırlama, esas olarak estetik nedenlerden ötürüdür. Sahanın gizlenmesi için eğer ağaçlar veya başka engelleyiciler kullanılıyorsa, sınırlanmış alan içine de depolama alanı yerleştirilebilir.

- Milli Parklar: Bir devlet milli parkının 300 m kadar yakınında hiçbir depolama alanı inşa edilemez. Ancak, belirlenen uzaklık içinde bir tip perdeleme kullanılmışsa mümkün olabilir.

- Kritik Yaşam Alanı: Yaşamları tehlikeye girebilecek bir veya daha fazla hayvan ve bitki cinsinin yaşadığı alan olarak tanımlanan kritik yaşam alanları içinde hiçbir depolama alanı inşa edilemez.

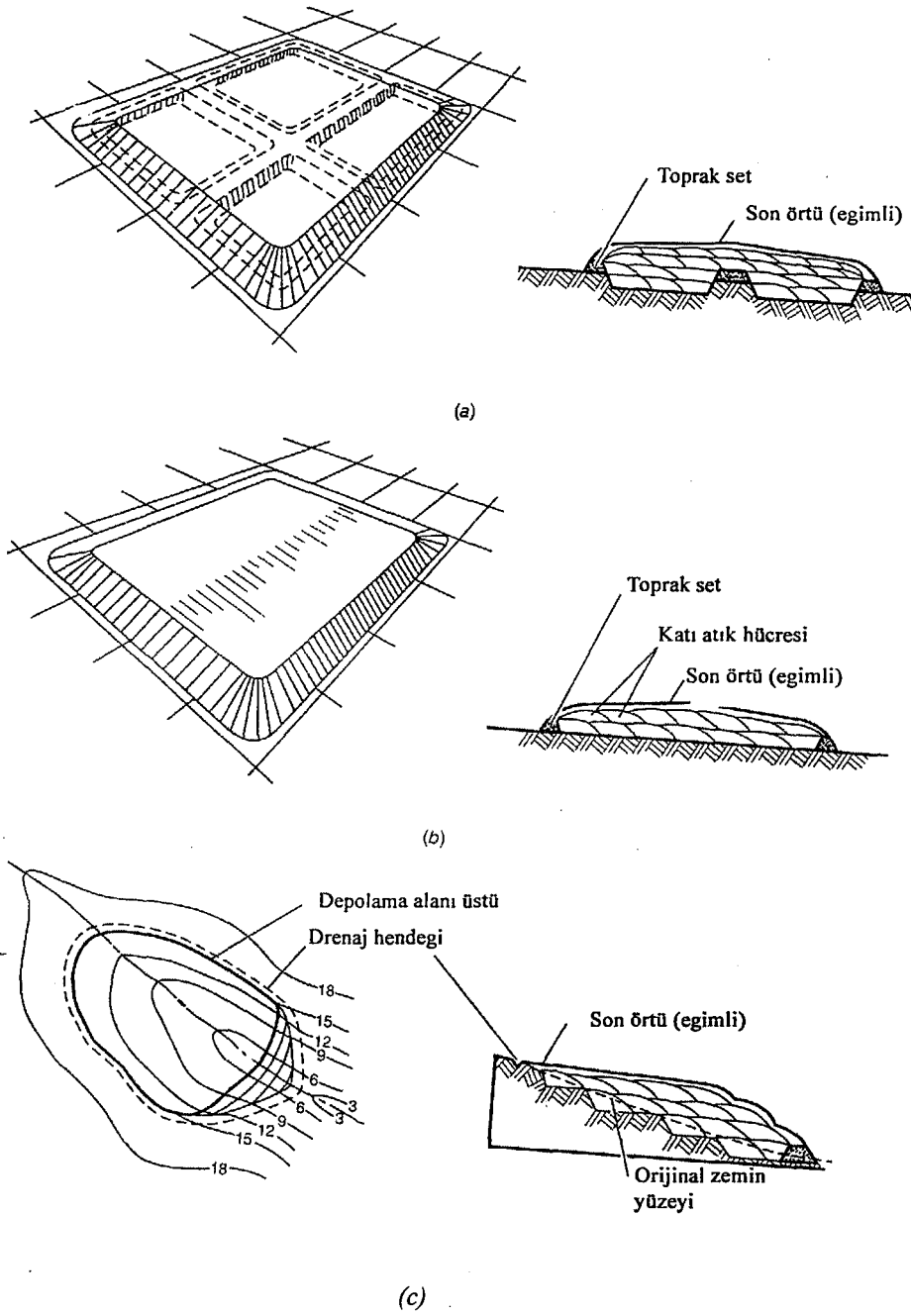
- Bataklıklar: Bataklıklar içerisinde hiçbir depolama alanı bulunamaz. Bir bataklığın tanımlanması genelde güçtür. Bazı bataklıklar için haritalar bulunabilir, ancak birçok durumda bu tip haritalar ya bulunmamakta ya da doğru olmamaktadır. Bataklıkların zarar görmesi önlenmelidir.

- Havaalanları: Bir havaalanının 300 m yakınında hiçbir depolama alanı inşa edilemez. Bu sınırlama kuş tehlikesinin azaltılması için getirilmiştir. Çünkü, depolama alanlarında yiyecek çok olduğundan, bu bölgede kuşlar oldukça fazladır. Önerilen depolama alanı yasak bölgenin içerisinde ise havaalanı idaresinden izin alınmalıdır.

- Su Kuyuları: Su temini için kullanılan herhangi bir kuyunun 400 m yakınında ve özellikle yeraltı suyu akımının hareket ettiği doğrultuda hiçbir katı atık depolama tesisi inşa edilemez (Anonim 1996).

2.2.1. Katı atık depolama tesislerinin yapısı

Depolama, Şekil 2.3’de gösterildiği gibi bir vadi içerisinde planlanan alan doldurularak veya bir dolgu oluşturularak yapılabilir. Genellikle önerilen dolun yöntemine göre, her gün getirilen atık, kalınlığı 15-30 cm olan “günlük örtü” tabir edilen toprak ile örtülür. Bu hacme “hücre veya lot” adı verilir. Hücre boyutları atık miktarı ve örtü olarak kullanılacak toprağın temin kolaylığına bağlı olarak değişir. Yükseklik 2,5-9 m olabilir. Seçilen 3 yatay-1 düşey eğim şeklindeki sıkıştırma, daha sonra yapılacak olan son örtü serme ve bitkilendirme açısından uygundur. Sıkıştırma, atık gevşek kalınlığı 0,6 m’yi aşmayacak şekilde yapılır. İlk sıra yan yana hücreler teşkil edilirken, yüksekliğin 1,5 m’yi geçmemesi ve alttaki sızıntı suyu drenaj sisteminin sıkıştırma sırasında hasar görmemesi için, atık içindeki büyük parçaların ayıklanması önerilir. Günlük örtü tabakası, kağıtların uçuşmasını önlemek, gaz ve sıvı sızıntısını azaltmak, fare ve yangın kontrolü ve genel görünüm amacıyla uygulanır. Bir sıra hücre “tabaka” olarak adlandırılabilir. Tabaka yüzeyi 30 günden fazla açıkta kalacaksa kalınlığı 30 cm olan ve erozyona günlük örtüden daha dayanıklı bir örtü teşkili gerekebilir. Toplam depo alanı, her biri 3-5 yıl hizmet verebilecek şekilde vadiler halinde, aşama aşama planlanarak inşa edilebilir (Oweis ve Khera 1990).



Şekil 2.3. Depolama sahalarının yapısının şematik gösterimi (a) kazı (b) alan (c) kanyon (Tchbanoglous ve ark. 1993)

2.2.1.1. Depo tabanının ve üst örtünün hazırlanması

Depo tabanına sızan suların yeraltı ve yüzey sularına karışmasını, zeminin kirlenmesini önlemek için, sahanın geçirimsiz zeminde kurulması veya taban ve yanların geçirimsiz hale getirilmesi en önemli konulardan birisidir (Wasti 1993).

Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atık depolama tesisinden depo tabanına sızan suların yeraltı suyuna karışmasının önlenmesi için alınacak önlemler KAKY’nde şu şekilde belirtilmiştir:

- Depo tabanı doğal yeraltı suyunun maksimum seviyesinden en az 1 m yüksekte olmalıdır.
- Depo tabanı geçirimsiz hale getirilmeli, bunun için kalınlığı en az 60 cm olan kil zeminle sıkıştırılmalıdır. Sıkıştırılmış zeminin geçirimsizlik katsayısı en az 1.10^{-8} m/s olmalıdır. Derinliği en az 10 m olan az çatlaklı kaya zeminlerde bu değer 1.10^{-7} m/s olarak alınır.
- Geçirimsiz hale getirilen taban üzerine dren boruları döşenerek sızıntı suları bir noktada toplanmalıdır. Hidrolik ve statik olarak hesaplanması gereken drenaj borularının çapı minimum 100 mm ve eğimi minimum %1’dir. Dren boruları, münferit borular şeklinde, yatayda ve düşeyde kıvrım yapmadan doğrusal olarak depo sahası dışına çıkar. Depo tesisi çıkışında kontrol bacaları bulunmalıdır. Ayrıca dren boruları çevresine kum, çakıl filtre yerleştirilmeli ve bu filtrenin boru sırtından itibaren yüksekliği minimum 30 cm olmalıdır.
- Toplanan sızıntı suları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde (SKKY) verilen deşarj sınırlarını sağlayacak şekilde arıtılmalıdır (Anonim 1991a).

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği uyarınca tıbbi atıkların depolanmasında uyulması gereken koşullar ise şunlardır:

- Depolama tesisi tabanının, maksimum yeraltı su seviyesine uzaklığı 2 m’den az olamaz.

Depolama tesisinin tabanı, sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışmasını kesinlikle önleyecek şekilde düzenlenir. Bunun için mineral sızdırmazlık tabakası ile plastik geçirimsizlik tabakası birlikte kullanılmalıdır. Taban en az Şekil 2.4(a)’da şematik kesiti verilen değerleri sağlayacak şekilde oluşturulur. Doğal zemin üzerine yerleştirilen mineral sızdırmazlık tabakasının kalınlığı 1,5 m’den az, geçirimsizliği 10^{-9} m/s’den küçük olamaz. Plastik geçirimsizlik tabakasının kalınlığı ise en az 2,5 mm

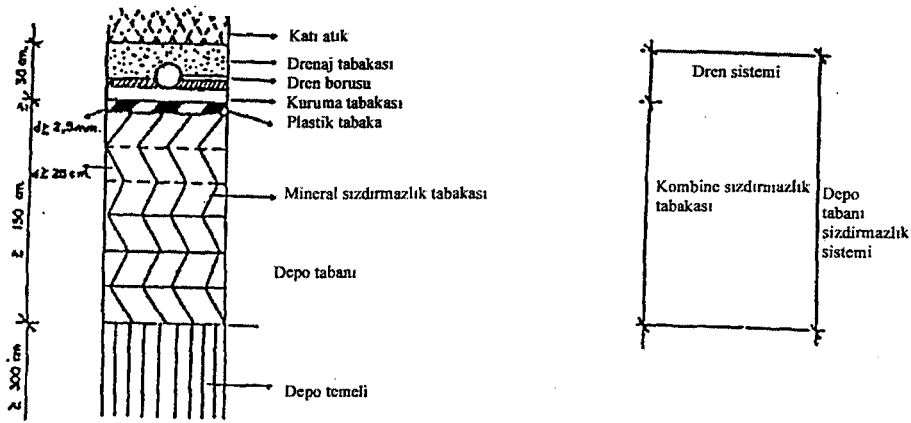
olmalıdır. Depo tabanına balık sırtı şeklinde bir form verilir ve tabanın boyuna eğimi %3'den, enine eğimi de %1'den küçük olamaz.

- Depo tabanında yeteri kadar dren borusunun, ana toplayıcıların ve bacaların bulunması zorunludur. Dren borularının içinde bulunduğu dren sisteminin kalınlığı 0,3 m'den küçük, bu tabakanın son geçirimsizlik katsayısı 10^{-3} m/s'den küçük olamaz.
- Toplanan sızıntı suları, SKKY'nde verilen deşarj sınırlarını sağlayacak şekilde arıtılmalıdır.
- Depolama tesislerinde depo sıkıştırılarak doldurulur ve boşluk bırakılmaz. Dolgu işlemleri sırasında, sızıntı suyu miktarını azaltmak için günlük olarak atıkların üstü örtülmeli ve dolgu işlemi gerektiğinde bir sundurma altında yapılmalıdır.
- Depo tesisine dolgu işlemi tamamlandıktan sonra, dolgu üstü Şekil 2.5(a)'da verilen tabakalardan oluşturularak, depo gövdesine yüzeysel su girmeyecek şekilde sızdırmaz hale getirilir (Anonim 1993).

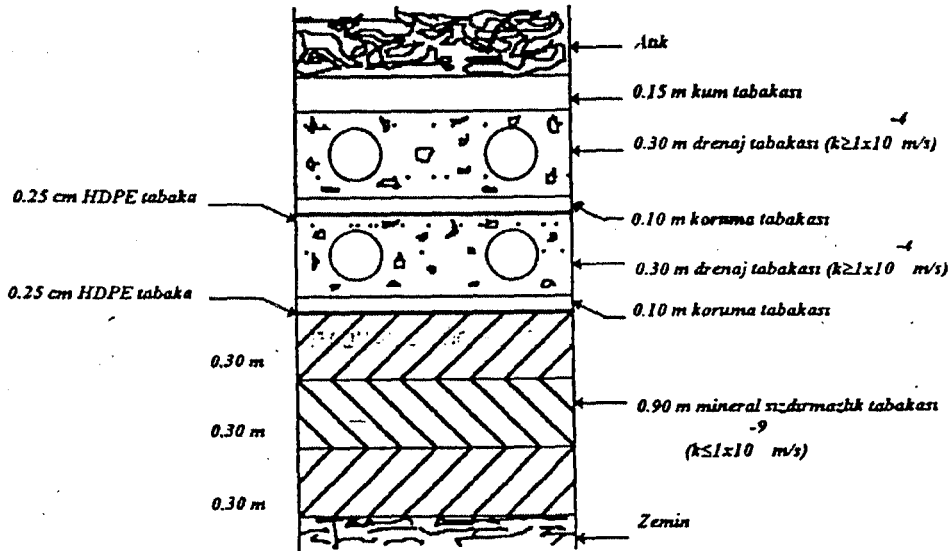
Tehlikeli atıkların depolanması ise Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği uyarınca yapılır. Uyulması gereken koşullar şu şekilde belirtilmiştir.

- Depolama tesisi tabanının, maksimum yeraltı su seviyesine uzaklığı 2 m'den az olamaz.
- Depo tabanı, sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışmasını önleyecek şekilde düzenlenir. Bunun için mineral sızdırmazlık tabakası (kil) ve plastik geçirimsizlik tabakası birlikte kullanılmalıdır. Oluşturulacak taban Şekil 2.4(b)'de şematik kesiti yer alan değerleri sağlamalıdır.
- Deponi sahasında oluşan sızıntı suları, geçirimsiz tabaka üzerine döşenen çift drenaj sistemi ile uzaklaştırılır. Dren borularının da içinde bulunduğu bu tabakaların her birinin kalınlığı 0,30 m'dir. Son geçirimsizlik katsayısı 1.10^{-4} m/s'den küçük olamaz. Depo tabanında yeteri kadar dren borusu, ana toplayıcılar ve bacalar bulunmalıdır.
- Toplanan sızıntı suları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde (SKKY) verilen deşarj sınırlarını sağlayacak şekilde arıtılmalıdır.

- Depo gövdesinde depolanacak atıkların ve çıkan sızıntı sularının birbiri ile çevreye ve ortama zarar verecek tepkime vermesi ve dolguların bunu sağlayacak şekilde yapılması esastır. Bunun için bazik ve asidik tepkime gösteren atıkların ayrı hücrelerde depolanması ve sızıntı sularının ayrı ayrı toplanması zorunludur.
- Şekil 2.5(b)'de yer alan şartlara uygun olarak depo tesisine dolgu işlemi tamamlandıktan sonra, dolgu üst depo gövdesi yüzeysel su girmeyecek şekilde sızdırmaz hale getirilmelidir (Anonim 1995).



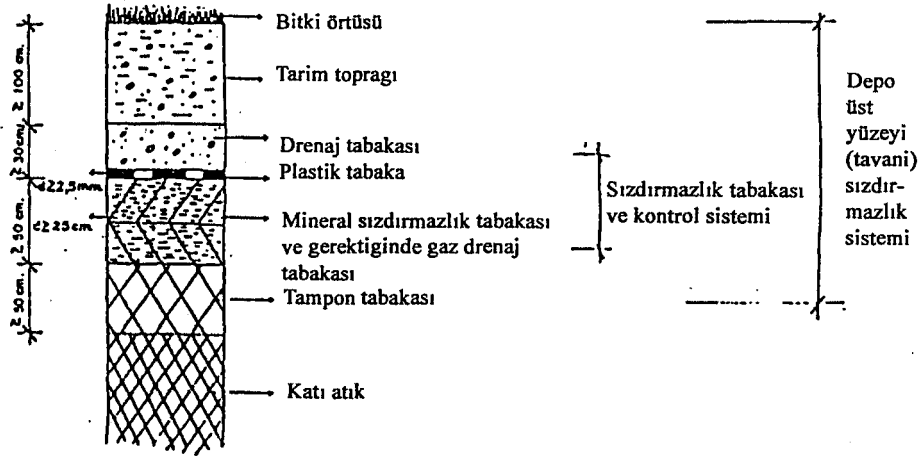
(a)



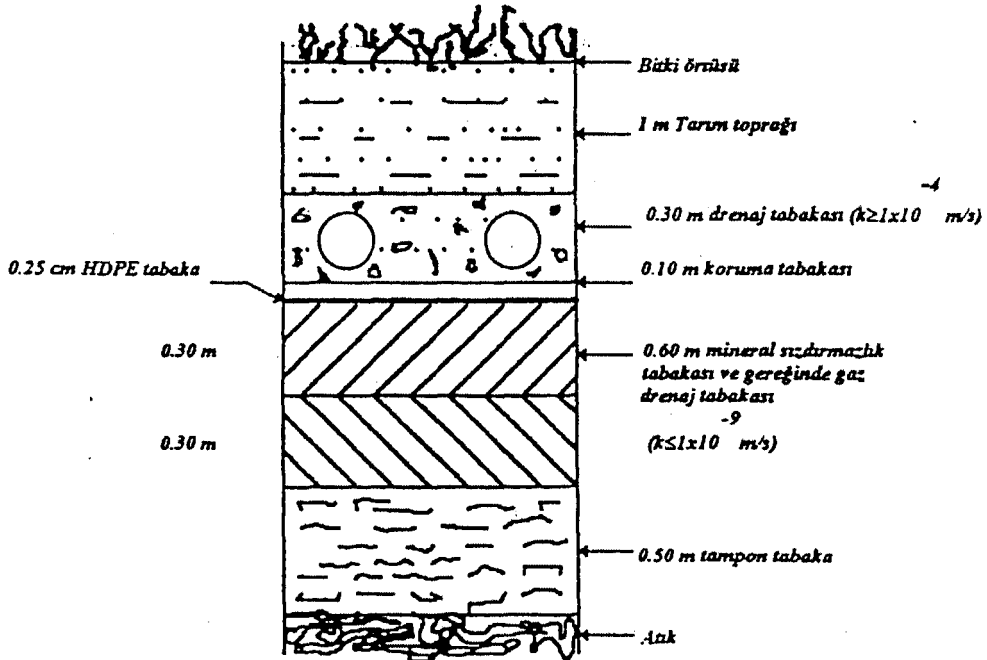
(b)

Şekil 2.4. (a) Tıbbi atıklar için depo tabanı sızdırmazlık sistemi (Anonim 1993)

(b) Tehlikeli atıklar için depo tabanı sızdırmazlık sistemi (Anonim 1995)



(a)



Şekil 2.5. (a) Tıbbi atıklar için depo üst örtüsü sızdırmazlık sistemi (Anonim 1993)

(b) Tehlikeli atıklar için depo üst örtüsü sızdırmazlık sistemi (Anonim 1995)

2.2.1.2. Sızıntı suyu drenajı

Sızıntı suyu drenaj sistemleri depolama sahasının içinde oluşabilecek sıvıların toplanarak, bunların uzaklaştırılması amacıyla kullanılır. Böylece atık

depolama alanının içinde sıvı seviyeleri minimuma indirilir. Sızıntı suyu toplama sistemi şu kısımlardan oluşur:

- Ana drenaj sistemi,
- Yanal drenaj sistemi,
- Kılcal drenaj sistemi,
- Sızıntı toplama havuzu ve havuzdan atık sahasına geri dolaşım sistemi (Anonim 1996).

Sızıntı suyu drenajı hakkında KAKY'nin 26. maddesinde getirilen yasal düzenlemelere göre; sahaya ilk atık tabakası yerleştirilirken çok dikkatli olunması, drenaj tabakası olarak kullanılan kum-çakıl filtrenin yerinden oynamamasının ve boruların hasar görmemesinin sağlanması gereklidir. Yönetmeliğin öngördüğü şekilde sadece boru etrafına filtre yerine, bütün taban üzerinde tabaka oluşturulması daha sağlıklıdır. Aynı sebeple drenaj tabakası ile atık arasında bir geotekstil yerleştirilebilir. Bu geotekstilin sızıntı suyunun taşıdığı çok miktarda Askıda Katı Madde (AKM) nedeniyle tıkanması ve çakıl danelerinin penetrasyonu sonucunda yırtılması gibi nedenler de göz önüne alınarak dikkatli bir seçim yapılması gereklidir (Göncü ve ark. 1997).

Sızıntı suyu oluşumu, bileşimi ve kontrolüyle ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 3'de verilmiştir.

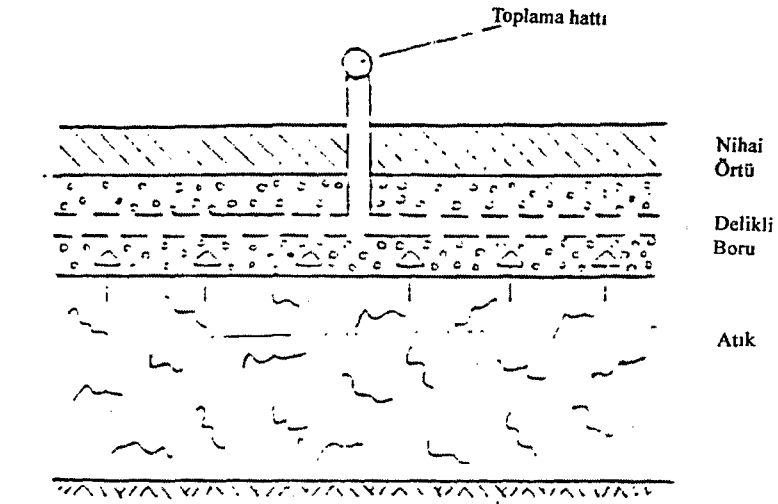
2.2.1.3 Gaz toplama sistemleri

Depolama alanına getirilen katı atıklardan bir süre sonra metan ve karbondioksit ağırlıklı olmak üzere hidrojen sülfür, amonyak ve azot bileşikleri oluşur. Üretilen bu gazların düzenli bir şekilde toplanması ve bertaraf edilmesi saha işletmesi esnasında ve depolama alanı kapandıktan sonra da son derece önemlidir. Gaz toplama sistemleri için birçok alternatif vardır. Bunlar yatay ve düşey sistemler olarak ikiye ayrılır. Şekil 2.6.(a,b) ve 2.7.'de iki tipik örnek görülmektedir.

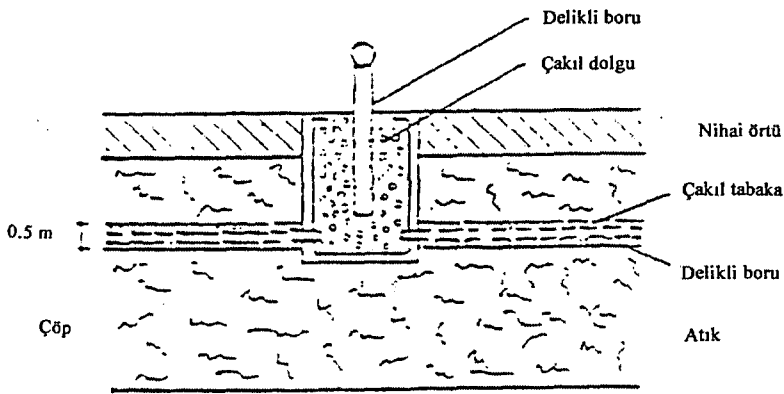
Gaz kontrolü pasif ve aktif toplama sistemleri olarak ikiye ayrılır:

Pasif Gaz Toplama Sistemleri: Derinliği az olan depolama alanlarında oluşan gazların yatay yöndeki iletimi son örtü içine yerleştirilecek olan havalandırma bacaları ile sağlanır.

Aktif Gaz Toplama Sistemi : Bu sistem daha büyük depolama alanları için kullanılır. Gaz oluşum miktarlarının hesaplanmasından sonra, gerekli formüller kullanılarak gaz kuyularının adedi ve aralıkları hesaplanır. Bundan sonra toplayıcı boru sistemi tasarlanır (Anonim 1996).



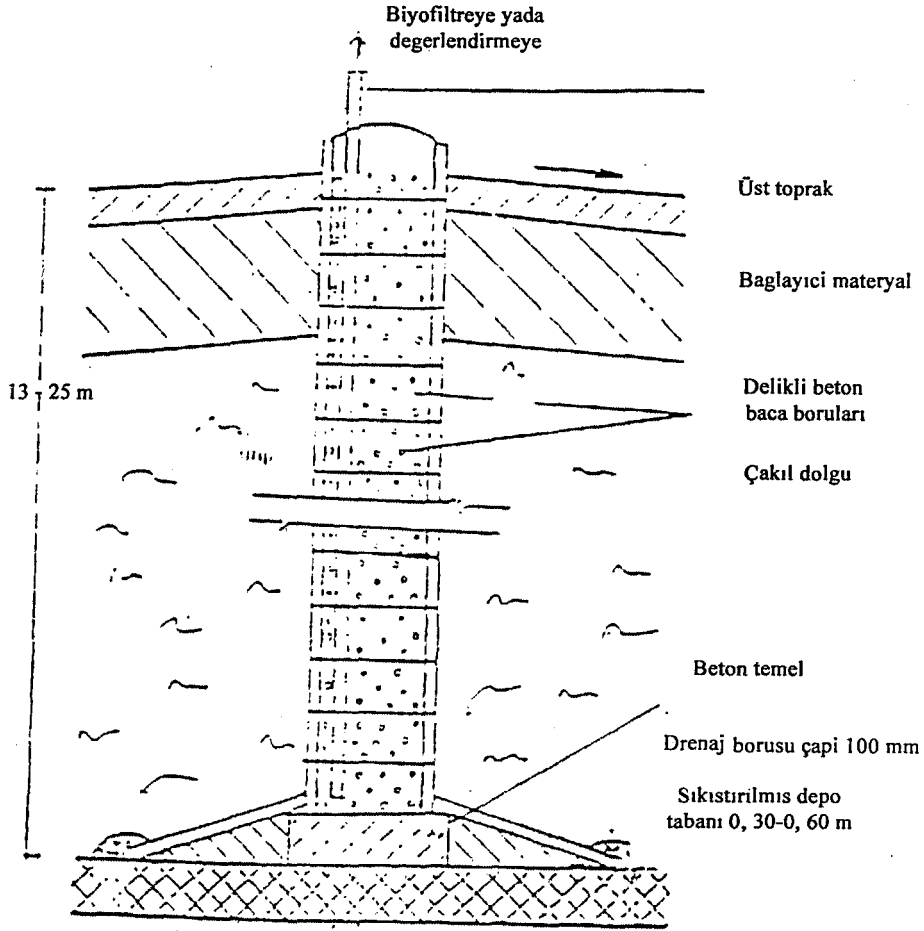
(a)



(b)

Şekil 2.6 (a) Yatay gaz tahliye hattı

(b) Yatay drenaj hattında merkezi gaz tahliye bacası (Anonim 1996)



Şekil 2.7. Düşey gaz toplama bacası (Anonim 1996)

2.2.1.4. Günlük örtü tabakası

Katı atık depolama sahasının çevreye verebileceği zararların en aza indirilmesi amacıyla işletim sırasında uygulanan yöntem günlük toprak örtüsünün kullanılmasıdır. Bu yöntemin uygulanması ile depolama sahasına serilen atıkların üzeri hemen toprak veya kompost ile örtülmekte ve bu sayede atıkların hava ve çevre ile teması kesilmektedir. Günlük örtü kullanımının getireceği yararlı etkiler şöyle özetlenebilir:

- Atık depolama sahasında oluşabilecek kötü kokuların önlenmesi,

- Kağıt ve plastik gibi hafif parçaların rüzgarla etrafa dağılmalarının engellenmesi,
- Sahada yangın çıkma ve yayılma olasılığının azalması,
- Hastalıkların yayılmasına sebep olan sinek, sivrisinek ve farelerin çoğalmasının engellenmesi,
- Kuşların saha etrafında barınmasının engellenmesi,
- Depolama sahasının içindeki ulaşımın kolaylıkla sağlanması,
- Depolama sahasının estetik bir görünüm kazanması (Göncü ve ark 1997).

Yukarıda sayılan avantajlarına rağmen, günlük örtü tabakası olarak temiz toprak kullanımının getireceği olumsuzluklar ve depolama sahası ömrünün kısılması birer dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır.

2.2.1.5. Son örtü sistemleri

Son örtü sistemleri aşağıdaki fonksiyonları yerine getirmek üzere inşa edilirler:

- Düşük seviyeli alanların toprak yüzeyi kotlarını yükseltmek,
- Yağışlar nedeniyle oluşacak yüzey suyu miktarını en aza indirmek,
- Kontrollü bir yüzey suyu akışını sağlamak,
- Atıkları bitki ve hayvanlardan ayırmak,
- Kenar şevlerdeki atıklardan oluşan sızıntı sularının hareketini engellemek,
- Yağışların atık içine sızmasını önlemek,
- Atık sahasında oluşan gazların kontrollü bir şekilde dışarı çıkmasını sağlamak (Anonim 1996).

2.3. Düzenli Depolama Alanlarında Meydana Gelen Olaylar

Düzenli depolama tesislerinin etkin planlanması ve projelendirilmesi için, deponi sahalarında oluşan olayların bilinmesinde yarar vardır. Bu olaylar; organik maddelerin anaerobik veya aerobik olarak ayrışmalarıyla meydana gelen biyolojik tepkimeler, kimyasal tepkimeler ve fiziksel tepkimelerdir.

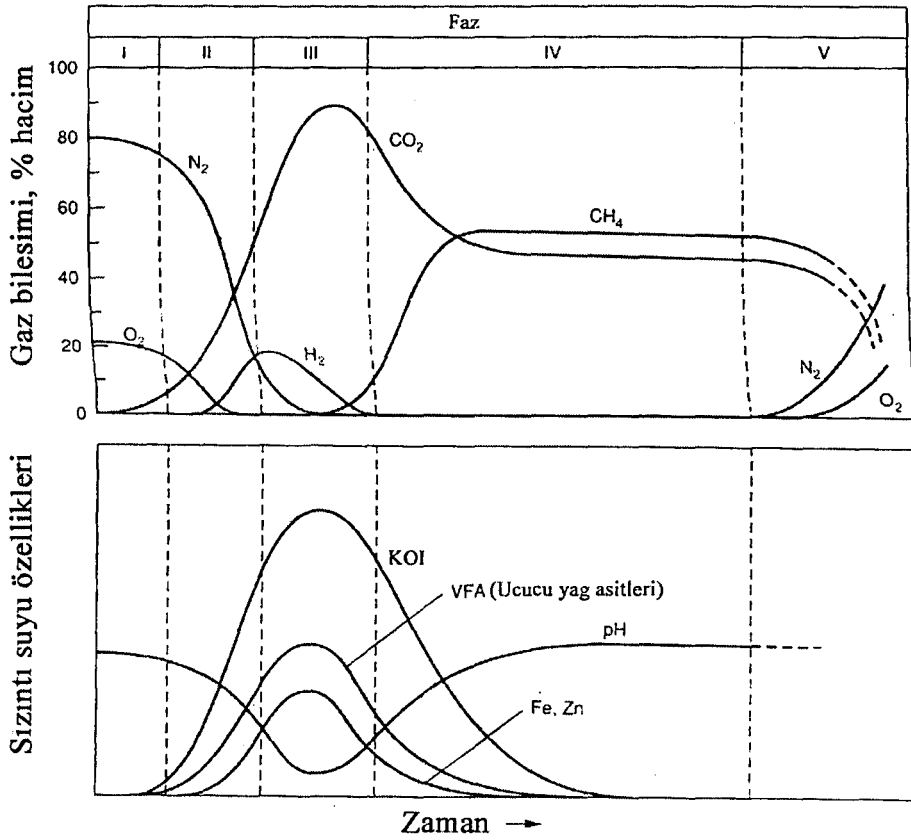
2.3.1. Biyolojik tepkimeler

Deponi sahasındaki organik maddeler önce aerobik olarak ayrışmaya başlarlar. Ancak atık içindeki mevcut oksijenin kısa sürede tükenmesi sonucu ayrışma, anaerobik olarak devam eder. Bozunma hızı, organik maddelerin cinsine göre değişir. Genelde çöp içindeki organik maddeleri

- Selülozlu maddeler,
- Selülozsuz maddeler,
- Plastikler

adı altında kabaca gruplandırmak mümkündür (Sürücü 1990).

Düzenli depolama alanlarındaki katı atıkların bozunması, sahadaki atıklara ve mikroorganizmalara bağlı olarak gelişen biyokimyasal bir süreçtir. Son derece heterojen bir ortamda, (hem aerobik hem de anaerobik) mikroorganizmaların aktiviteleri sonucunda, katı atıklar bir dizi tepkime sürecinde ayrışmaya başlarlar. Bu ayrışmanın süresi ve hızı genellikle düzenli depolama alanı işletimine göre farklılık gösterir. Önceden seçilen indikatör parametreler doğrultusunda yapılan gaz ve sızıntı suyu analizleri sonucunda katı atık bozunma evreleri belirlenebilir. Yapılan uzun süreli deneysel çalışmalara göre, düzenli depolama alanlarında katı atık bozunması 5 ayrı evrede gerçekleşmektedir (Şekil 2.8). Bunlar; başlangıç, geçiş, asit oluşumu, metan fermentasyonu ve olgunlaşma evresi şeklindedir. Bu evrelerin tipik özellikleri aşağıda verilmiştir (Göncü ve ark. 1997, Tchbanoglous ve ark. 1993).



Şekil 2.8. Düzenli depolama alanlarındaki katı atık bozunma evreleri (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.3.1.1. Başlangıç evresi (Evre I)

Katı atığın depo içine yerleştirilmesi ve ilk nem birikimi ile atık içinde bulunan ayrışabilir organik bileşenlerin mikrobiyal bozunması başlar (Bkz. Şekil 2.8). Biyolojik bozunma aerobik koşullarda meydana gelir. Çünkü sıkışma ile içeride bir miktar hava kapalı kalır. Atık bozunmasını gerçekleştiren aerobik ve anaerobik organizmaların temel kaynağı; günlük ve son örtü olarak kullanılan toprak materyalidir. Ayrıca, bazı düzenli depolama alanlarında uzaklaştırılan atıksu arıtma tesisi çamurları ve geri döndürülen sızıntı suları da diğer kaynaklardır (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.3.1.2. Geçiş evresi (Evre II)

Bu evrede oksijen tükenir ve anaerobik koşullar gelişmeye başlar (Bkz. Şekil 2.8). Deponi anaerobik hale geldiğinde biyolojik dönüşüm tepkimelerinde elektron alıcısı olarak görev yapan nitrat ve sülfat; azot gazı ve hidrojen sülfüre indirgenir. Anaerobik koşulların oluşması atığın redoks geriliminin ölçülmesiyle gözlenebilir.

Metan üretimi, redoks gerilim değeri (-150)-(-300) mV aralığında olduğunda gerçekleşir. Redoks gerilimi düşmeye devam ettiğinde katı atıktaki organik maddeyi metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) dönüştüren mikroorganizmaların sorumlu olduğu üç basamaklı süreç başlar.

Bu süreç Evre III'de açıklandığı gibi kompleks organik maddenin, organik asit ve diğer ürünlerin dönüşümü ile başlar. Evre II'de sızıntı suyu oluşumu gerçekleşmiş ise, sızıntı suyunun pH'ı, organik asitlerin varlığı ve yüksek CO_2 derişiminin etkisiyle düşmeye başlar (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.3.1.3. Asit oluşum evresi (Evre III)

Bu evrede, Evre II'de başlayan mikrobiyolojik aktivite önemli miktarda organik asit ve daha az miktarda hidrojen gazı üretimi ile hızlanır (Bkz. Şekil 2.8). Üç basamaklı sürecin ilk adımı, enzimler aracılığıyla büyük molekül kütleli bileşiklerin (lipitler, polisakkaritler, proteinler ve nükleik asitler gibi) karbon ve enerji kaynağı olarak mikroorganizmalar tarafından kullanılabilen uygun bileşiklere dönüşümüdür.

İkinci adımda ise ilk adımın sonunda oluşan mikrobiyal dönüşüm bileşikleri, asetik asit gibi düşük molekül ağırlıklı ara bileşiklere ve düşük derişimlerde fulvik asit ve diğer daha kompleks organik asitlere dönüşür. III. evrede ortaya çıkan birincil gaz CO_2 'dir. Düşük miktarlarda da hidrojen gazı açığa çıkar.

Bu dönüşümde yer alan mikroorganizmalar, fakültatif ve obligatif anaerobik bakterileri kapsayan metan oluşturmeyen bakterilerdir. Bu mikroorganizmalar genellikle asit oluşturucular olarak adlandırılır.

Eğer oluşmuşsa, sızıntı suyunun pH'ı 5'e ya da daha düşük seviyeye iner. Bunun nedeni, depolama alanındaki CO₂ derişiminin artması ve ortamdaki organik asitlerdir. Sızıntı suyunun BOİ₅ ve KOİ değerleri ile iletkenliği, III. evre sırasında sızıntı suyu içindeki organik asitlerin çözünmelerine bağlı olarak düzenli bir şekilde artar. Bununla birlikte sızıntı suyundaki düşük pH değerleri nedeniyle önemli miktarda inorganik bileşik, özellikle ağır metaller çözüdür. Eğer sızıntı suyu geri döndürülmüyorsa temel besin maddeleri sistemden kaybolacaktır. Sızıntı suyunun oluşmadığı durumlarda ise, Evre III boyunca üretilen dönüşüm ürünleri depolama sahası içinde kalacaktır (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.3.1.4. Metan fermentasyon evresi (Evre IV)

IV. evrede, asidik evrede asit oluşturucular tarafından oluşturulmuş olan asetik asiti ve hidrojen gazını CH₄ ve CO₂'e dönüştüren bir ikinci grup organizma daha baskın hale gelir (Bkz. Şekil 2.8). Böylece, bu mikroorganizmalar III. evrenin sonuna doğru gelişmeye başlarlar. Dönüşümden sorumlu olan mikroorganizmalar anaerobiktirler ve "metan bakterileri" olarak adlandırılırlar. IV. evrede hem metan hem de asit oluşumu aynı zamanda ilerlemekle beraber asit oluşum hızı oldukça azalır. IV. evrede asit oluşturucular tarafından üretilen hidrojen gazı ve asitler, CH₄ ve CO₂'e dönüştüğünden, pH 6,8-8 aralığında daha nötral değerlere yükselir. Sızıntı suyunun BOİ₅ ve KOİ derişimi ve iletkenliği düşer. Yüksek pH değerleri ile az miktarda inorganik bileşen çözeltide kalabilir. Sonuç olarak, sızıntı suyundaki ağır metallerin derişimi de düşer (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.3.1.5. Olgunlaşma evresi (Evre V)

Bu evrede biyolojik olarak ayrışabilir maddeler tüketildiğinden, gaz üretiminde önemli bir düşüş görülür (Bkz. Şekil 2.8). Azalan besin maddesi (azot, fosfor) miktarları mikrobiyolojik aktiviteleri kısıtlamaya ve artan oksijen miktarından dolayı da, yükseltgenme gerilimi tekrar artmaya başlar. Evre V'de mevcut olan temel gazlar CH₄ ve CO₂'dir. Aynı zamanda düşük miktarlarda da

azot ve hidrojen gazı mevcuttur. Olgunlaşma evresi boyunca sızıntı suyu hümik ve fulvik asitleri içerir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.3.2. Kimyasal tepkimeler

Düzenli depolama alanlarında gerçekleşen kimyasal tepkimeler;

- Depolama alanındaki materyallerin çözünmesi ve asıltı hale gelmesi,
- Sıvıdaki biyolojik dönüşüm ürünlerinin atığın içine süzülmesi,
- Kimyasal bileşikler ve suyun buharlaşarak depolama gazını oluşturması,
- Uçucu ve yarı uçucu organik bileşiklerin depolanmış materyale sorpsiyonu,
- Organik bileşiklerin dehalojenasyonu ve bozunması,
- İndirgenme ve yükseltgenme tepkimeleriyle metal tuzlarının çözünmesidir.

Biyolojik dönüşüm ürünlerinden özellikle organik bileşiklerin sızıntı suyu içerisinde çözünmeleri son derece önemlidir. Çünkü bu bileşikler depolama sahasının dışına sızıntı suyu yoluyla taşınırlar. Bu organik bileşikler yeterli sızdırmazlık önleminin alınmadığı veya örtü materyalinin kullanılmadığı sahalarda atmosfere de yayılabilirler (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.3.3. Fiziksel olaylar

Düzenli depolama alanında gerçekleşen önemli fiziksel olaylar;

- Gazların düzenli depolama alanında yatay yönde difüzyonu ve yakın çevreye emisyonu,
- Saha içinde sızıntı suyunun hareketliliği,
- Depolanmış materyalin sıkışma ve bozunması sonucunda meydana gelen çökmeler.

Düzenli depolama alanlarında gerçekleşen gaz hareketleri ve emisyonları işletimde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biridir. Depo gazının hareketi bir iç basınç oluşmasına sebep olur. Bu iç basınç nedeniyle düzenli

depolama alanı örtüsünde çatlaklar oluşur ve bu çatlaklardan gaz sızarak atmosfere karışır. Bu sebeple atık depolama işleminin yapılmadığı tamamlanmış alanlarda dahi gaz drenajı ve gaz çıkışı kontrol edilmesi gerekli olan parametrelerdir. Depo gazının kontrolsüz çıkışı kanser yapıcı ve teratojenik bileşiklerin eser miktarda da olsa çevreye yayılmasına sebep olabilir. Ayrıca depolama alanı gazı büyük oranda metan gazı içerdiğinden, çevreye yayılması patlama veya yangın tehlikesi yaratabilir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

2.4. Depolama Sırasında Ortaya Çıkabilecek Potansiyel Tehlikeler

Katı atıkların düzenli depolanması sırasında ortaya çıkabilecek potansiyel tehlikeler şu şekilde özetlenebilir:

- Depo gazının çevreye yayılması durumunda koku sorunu, yanma, patlama ve atmosfer kirliliğinin artması gibi sorunlar,
- Düzenli depolama alanı tabanından yeraltı suyuna sızma halinde yeraltı sularının kirlenmesi ve bunların yüzey sularına karışması halinde de meydana gelebilecek yüzey suyu kirliliği,
- Tehlikeli atıkların depolanmasında eser miktarda da olsa açığa çıkan, insan ve canlı hayatına zarar veren uçucu organik bileşiklerin çevreye yayılması,
- Gürültü kirliliği,
- Taşıyıcı ve haşere üremesi.

Tüm bunlara ek olarak, düzenli depolama alanlarının ekolojik denge üzerine de olumsuz etkileri vardır. Özellikle depolama sahasının yapım çalışmaları sırasında yolların ve su kontrolü ve bakım yapılarının inşa edilmesi nedeniyle bitki örtüsünün temizlenmesi gerekir. Ancak bu işlemin yerel etkisi çok az olsa bile, sahadaki dengenin bozulmasıyla ortaya çıkan toplam etki, olumsuz bölgesel sonuçlara yol açabilir. Katı atık dolgu alanı geliştirilirken bitki örtüsünün kamuoyu tarafından yeterli görülen seviyenin altında yok edilmemesi için özen gösterilmelidir. Zira, bitki örtüsü ortadan kaldırıldığında, bunlara bağımlı olan hayvanlar da yok olacak veya göç edecektir (Yazıcı 1999).

2.4.1. Sızıntı suyunun yol açtığı riskler

Önemli miktarda kirletici bileşen, düzenli depolama alanlarından sızarak yeraltı sularına karışmaktadır. Örneğin 1977'de ABD'de 50 adet katı atık düzenli depolama alanında yapılan bir araştırmada; alanların altındaki yeraltı sularının büyük oranda kirlendiği saptanmış, bunların 49'unda ağır metallere, 40'ında PCBs ve benzen gibi çeşitli organik çözücülere rastlanmıştır. 1994'de yine ABD'de yapılan bir araştırmada, katı atık düzenli depolama alanlarından etkilenen yeraltı sularında kurşun, krom, çinko, arsenik, kadmiyum ve mangan iyonları bulunmuştur.

Düzenli depolama alanlarından sızan sular, atık maddelerden serbest kalan veya biyotik ve abiyotik tepkimelerden kaynaklanan organik ve inorganik maddeleri içerir. Bu maddeler sızıntı suyu ile taşınıp çevresel tehlikelere sebep olabilecekleri için, tanımlanmalıdırlar. Sızıntı sularının bileşenleri ile ilgili yapılan araştırmalar son derece azdır. Zira sızıntı suyu kalitesini etkileyen çok çeşitli faktörler vardır ve dolayısıyla tanımlanabilen organik maddeler de birbirinden farklıdır (Yazıcı 1999).

2.4.2. Depolama alanı gazının yol açtığı riskler

Katı atık depolama sahaları içine gömülen organik kökenli atıkların biyokimyasal olarak ayrışması sonucunda, çoğunluğu metan gazından oluşan depo gazı ortaya çıkmaktadır. Miktar olarak, 1m³ atık başına 100-400 m³ gaz oluşur. Oluşan depo gazının çevresel açıdan başlıca zararları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- İçerdiği toksik ve kısmen kanser yapıcı maddeler nedeniyle sağlığa zararlıdır,
- Metan gazı havada belirli orana eriştiğinde patlayabilir,
- Boğucudur,
- Bitki köklerini kaplayarak onların havalanmasını önlediğinden bitkiler için zararlıdır,

- Depo gazı içinde bulunan bazı gazlar (H_2S vs.) etrafa kötü koku yayar (Yazıcı 1999).

2.4.3. Hava kalitesinin etkilenmesi, koku ve gürültü riski

Genelde, düzenli depolama alanlarının hava kalitesi üzerindeki etkileri nispeten azdır. Yapım ve zemin ıslahı çalışmaları kapsamında yürütülen temizlik ve kazı işleri toz oluşmasına neden olabilir. Günü gününe devam eden atık taşıma ve örtme işlemleri sırasında da toz oluşur. Katı atık yanmadığı sürece duman nedeniyle hava kirliliği oluşmaz.

Katı atığı sahaya getiren kamyonlar ve toprak işlerinde kullanılan araçlar karbonmonoksit, hidrokarbon ve azotoksitleri gibi kirletici gazlar yayarlar. Nüfus yoğunluğu ve kirleticilerin havaya karışma riskleri gözönüne alınarak, derişimlerinin düşük olması sağlanmalıdır.

Kontrol edilmesi gereken diğer bir olumsuz koşul ise koku oluşumudur. Koku kontrolü için aşağıdaki önlemleri almak yerinde olacaktır:

- Günlük toprak örtüsünün atıkların üzerine yayılması,
- Koku yoğunluğu yüksek atıkların üzerlerine hemen toprak örtülmesi (özellikle arıtma çamurunun depolanması halinde),
- Yüzey sularının saha üstünde birikmesinin önlenmesi,
- Sızıntı suyu ve gaz toplama sistemlerinin bakımlarının sürekli olarak yapılması.

Saha içinde kullanılan donanım ve nakil araçları gürültü seviyesinin artmasına yol açabilir. Bu nedenle, depolama sahası çevresindeki nüfus yoğunluğuna bağlı olarak, gürültü seviyelerindeki artışların sosyal zararlara neden olmamasına dikkat edilmelidir (Yazıcı 1999).

2.4.4. Taşıyıcı haşere üreme riski

Biyolojik taşıyıcı olan hayvanlar; hastalığa yol açan organizmaları insanlara taşıyan kemirgenler, kuşlar veya böceklerdir. Uygun şekilde yürütülmeyen katı atık depo alanı çalışmalarında katı atıklar bu zararlı hayvanlar için hem yiyecek hem barınak görevi görebilir. Uygun işletme koşullarının sağlanmasıyla bu hayvanların yol açtığı sağlıkla ilgili tehlikeler azaltılabilir (Yazıcı 1999).

Atıkların üzerine günlük örtü koymak sureti ile haşerelere yiyecek ve barınma fırsatı ortadan kaldırılır ve bu sayede haşere üremesi kontrol altına alınabilir. Sivrisinek üremesini önlemek için yüzey suyu drenajının iyi yapılması ve sızıntı suyunun atık depolama alanında birikmesini önlemek gereklidir. Ayrıca haşere kontrolü için sahadaki işletme binaları ilaçlanabilir (Anonim 1996).

2.4.5. Tesiste çalışan kişilerin karşı karşıya bulunduğu riskler

Atık yönetimi süresince pek çok insan belediyenin toplama sisteminden itibaren taşıma, ayırma ve depolama basamaklarında katı atıklarla çalışmaktadır. Bu çalışan insanların atıkların sebep olacağı riskleri bilecek şekilde eğitilmiş olmaları ve bu risklere karşı önlemlerini almaları gerekir. Atıkları taşımakla görevlendirilen özel eğitimden geçmiş şoför ve temizlik personeli çalışma sırasında eldiven, koruyucu gözlük, çizme kullanmalı ve donanımlar ayrı bir bölgede muhafaza edilmelidir. Bunların temizlenmesi belediye veya belediyenin görevlendireceği kuruluş tarafından yapılmalıdır.

Atık taşıma ve toplama araçları belli aralıklarla temizlenmelidir. Eğer atıkların ayrılması depolama alanında ve gereken önlemler alınmadan yapılıyorsa çok tehlikelidir ve belli sürelerden fazla çalışılmamalıdır. Bu süreçte, düzensiz depo alanlarında metan gazı toplama sistemleri olmadığı için, yanma olayları gerçekleşebilir. Sıkıştırılmış bazı bölgeler ise kazıldığında veya atık hareket ettirildiğinde patlayabilir. Eski ve düzensiz atık alanlarının en iyi rehabilitasyon yöntemi drenaj sistemleri yapılarak yeşil alana dönüştürmektir. Eski düzensiz

depo alanlarından maddesel geri kazanım ve yakıt elde edilmesi düşünülmemelidir.

Özellikle depo sahalarının kapatılmasında dikkatli olunmalıdır. Düzenli depolama işlemi yapılmamış olan depo alanlarının rehabilitasyonunda çalışan işçilerin eğitilmiş olmaları ve boğucu özelliğe sahip metan gazına karşı önlem almaları, kazma işlemlerinde metan gazının yoğunlaştığı yerlerde çalışmamaları gerekir. Ayrıca üstü örtülmüş, ancak metan gazı drenaj sistemi kurulmamış çöplükler de, patlama riski taşıyan tehlike noktalarıdır (Yazıcı 1999).

2.5. Düzenli Depolama Alanlarının İşletilmesi

Öncelikle yapılması gereken bakım ve kontrol önlemleri pek çok değişik unsurdan oluşur. İlk olarak atık depolama sahası çalışma saatleri belirlenmeli, sahaya kabul edilecek atık türleri tespit edilmeli, atık taşıyan araçlar sahaya geldiklerinde görevli personel tarafından incelenip atık miktarları kantarda ölçülüp kaydedildikten sonra atık sahasına gönderilmelidir. Ayrıca saha içi trafik yönetimi, trafiğin düzenli bir şekilde işlemesi için düzenlenmelidir.

Atık depolama sahasının işletilmesinde üç ana işlemin yerine getirilmesi gereklidir:

- Atıkların belirli yöntemlere göre yerleştirilmesi,
- Atıkların etkin bir şekilde sıkıştırılması,
- Atık yüzeylerinin toprak malzemesi ile örtülmesi.

Her gün sahaya gelen atıklar serilip, sıkıştırılarak bir atık hücresi meydana getirilmesi gereklidir. Hücrenin ön tarafındaki açık alan, çalışma yüzeyi olarak adlandırılır. Atık hücresinin etrafı ve üstü ara toprak örtüsü yerleştirilerek kapatılmalıdır.

Günlük atık hücrelerinin oluşturulması sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Atık taşıyan kamyonların çalışma yüzeyine yaklaşma mesafeleri,
- Hücrenin örtü malzemesinin bulunduğu yere uzaklığı,
- Çalışma yüzeyine toprak örtüsünün hangi yöntemlerle taşındığı ve

- Çalışma alanındaki atıkların düşey ve yatay yönlerde toprak örtü ile örtülmesi

işlemleridir.

Saha çalışmalarında atık taşıyan araçların çalışma yüzeyinin mümkün olduğu kadar yakınına gelmeleri gereklidir. Araçlardaki atıkların çalışma yüzeyine yakın bir yerde boşaltılması, dozer tarafından atıkların daha iyi bir şekilde yayılmasına ve sonra da sıkıştırılmasına imkan sağlayacaktır. Sahada oluşturulan günlük atık hücrelerinin yüksekliği 2 m'yi aşmamalıdır. Etkin bir şekilde depolama için, hücrenin çalışma yüzeyine getirilen atıkların, hücrenin ön yüzeyine eğimli bir şekilde yayılması ve sıkıştırılması gereklidir. Hücrede depolama çalışmaları sürerken ve atık hücresinin üst seviyeleri ortaya çıktıkça, 15 cm kalınlığında bir toprak örtüsünün, bu üst yüzeylerin üzerine konulması gereklidir. Hücrenin tüm kenarlarının tamamen toprak örtü ile kaplanması son derece önemlidir. Genelde toprak örtüsü serildikten sonra iş makinalarının, örtünün üstünden iki kez geçmeleri yeterli sıkışmayı sağlayacaktır. Çalışma alanlarında su birikintisi olmaması önemli bir noktadır.

Tamamlanmış atık hücrelerinin üzerine 6 aydan fazla yeni atık dökülmeyecek ise veya o alan son yüksekliklere ulaşmış ise o zaman atık hücresinin üzerine 30 cm'lik ara örtü tabakası serilmesi gereklidir.

Atık depolama çalışmaları esnasında yürütülmesi gereken gözlemlene çalışmalarını yüzey sularının, yeraltı sularının ve sızıntı sularının kalitesinin ve miktarının gözetilmesini kapsamalıdır.

Atık depolama sahasının altında bulunan yeraltı suyunun, sahadaki sızıntı sularından etkilenip etkilenmediği kontrol edilmelidir. Bunun için proje tasarımında yerleştirilmiş olan gözlem kuyuları kullanılabilir. Üç ayda bir, her gözlem kuyusundan birer tane yeraltı suyu numunesi alınıp aşağıdaki parametreler ölçülmelidir:

- Sahada; sıcaklık, iletkenlik ve pH
- Laboratuvarda; alkalinite, KOİ, sertlik, klorür ve demir.

Yüzey sularının kalitesi yağmur yağdıktan sonra drenaj hendeklerinden akan sulardan numune alınıp kimyasal testlere tabi tutularak belirlenir. Numuneler

her yağmur yağışında günde bir kez toplanmalıdır. Alınan su numunelerinde toplam askıda katı madde, KOİ, BOİ ve pH ölçülmelidir.

Atık depolama sahasından drene edilen sızıntı suyu miktarı sürekli olarak kaydedilmelidir.

Atık depolama sahasının etrafına yerleştirilen gaz gözlem kuyularından alınan numuneler de rutin olarak izlenmelidir. Bu kuyulardan üç ayda bir gaz numuneleri alınarak metan ve oksijen miktarları ölçülmeli, herhangi bir ölçüm sırasında ölçülen metan miktarının %5'in üzerine çıkması halinde rehabilitasyon çalışmaları planlanmalıdır.

İşletme faaliyetleri bitiminde ve son örtü sistemi yerleştirildikten sonra, sahanın uzun süreli bakım çalışmalarına başlanması gerekir. Uzun süreli bakım çalışmaları ise şunları kapsamalıdır:

- Depolama alanının üzerine yerleştirilecek son örtüde yüzey sularının atık depolama sahasının içine sızması ve örtü yüzeyinde erozyonu önlemek için sürekli olarak bakım çalışmaları yürütülmelidir. Periyodik saha gözlemlerinde dikkat edilecek hususlar şunlardan oluşur: yüzey sularından meydana gelen erozyonlar, yüzeyde aşırı oturmalar ve atık gazlardan dolayı bitki örtüsünde bozulmalar. Bu aşınmaların daha ciddi boyutlara varmaması için bu alanlarda bakım çalışmaları yapılmalı, son örtü yüzeyi ilk 3-5 yıl boyunca, yılda iki kez bakım görmelidir. Ondan sonraki yıllarda ise yılda bir kez gözlem yapılması yeterlidir. Son örtünün üzerinde bitki tabakasının oluşturulması örtü bütünlüğü açısından son derece önemlidir.
- Saha gözlem programları düzenli olarak yürütülmelidir. Yeraltı, yerüstü ve sızıntı suları, gaz oluşumu ve bunların işletme sistemleri düzenli olarak kontrol edilmelidir.
- Sızıntı suyu toplama sisteminin düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilmeli; sızıntı suyu drenaj boruları temizlenmeli; sızıntı suyu terfi sisteminin pompalama işlemlerinin, sızıntı suyuna giden ulaşım yollarının ve sızıntı suyu havuzundan sahaya geri sulama sisteminin bakımı yapılmalıdır.
- Ulaşım yollarının ve yüzey suyu taşıma kanallarının bakımları yapılmalıdır (Anonim 1996).

3. SIZINTI SUYU

3.1. Sızıntı Suyu Oluşum Mekanizması

Sızıntı suyu, atık kütle içinden suyun uniform olmayan bir şekilde ve aralıklarla süzülmesiyle, çözüner bileşiklerin uzaklaştırılması sonucunda oluşur. Çözünebilir bileşikler ya atığın bünyesinde mevcuttur ya da kimyasal ve biyolojik süreçlerle meydana gelir. Süzülen suyun kaynakları arasında öncelikle, atığın başlangıçtaki nem içeriği ve yeraltı suyu sızması gelir. Mikrobiyal aktivite nedeniyle gerçekleşen atıktaki bozunma da sızıntı suyu oluşumuna katkıda bulunabilir, ancak, bu çok küçük miktarlardadır. Oluşan sızıntı suyu miktarı sahaya özgüdür ve atığın, depolama alanı yüzeyinin ve zemin özelliklerinin olduğu kadar, iklim koşullarının ve mevcut suyun da bir fonksiyonudur (El-Fadel ve ark. 1997).

Sızıntı suyunun kalitesi; depolama alanındaki fermentasyon basamaklarına, atık bileşimine, işletim yöntemlerine ve endüstriyel atıklarla birlikte uzaklaştırma durumuna bağlıdır. Evsel, ticari, endüstriyel ve birlikte uzaklaştırma alanlarından kaynaklanan sızıntı sularında birçok kimyasal madde (metaller, alifatikler, terpenler ve aromatikler gibi) tespit edilmiştir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Organik bileşiklerin bozunmasının başlangıç evresinde; proteinler aminoasitlere dönüştüğünden, karbondioksit, su, nitrat, sülfat ve tüm aerobik süreçlerin tipik ürünleri oluşur. Karbonhidratlar, karbondioksit ve suya dönüşür, yağlar yağ asitlerine ve gliserole hidroliz olur ve sonra da daha basit ürünlere dönüşürler. Atıkların organik kesrinin ana bileşeni olan selüloz, hücre dışı enzimlerle sonradan bakteriler tarafından kullanılan glikoza bozunur ve karbondioksit ve suya dönüşür. Eğer atıklar sıkıştırılmamışsa, bu basamakta, biyolojik yükseltgenme tepkimesinin ısı salan olması nedeniyle yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir.

Geçiş evresinde sızıntı suyunun pH'ı düşer, uçucu asitlerin ve inorganik iyonların (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ gibi) derişimi artar. Başlangıçta yüksek olan sülfat derişimi redoks geriliminin düşmesiyle azalır. Üretilen sülfidler çöker.

Yüksek miktarlarda uçucu yağ asitlerinin oluşması ve CO₂ in yüksek kısmi basınca sahip olması nedeniyle pH'da azalma görülür. Atık kütlelerinde bulunan kolay çözünebilir maddelerin çözünmesiyle anyon ve katyon derişimleri artar. Bu fazda sızıntı suyu, yüksek BOİ değerleri, yüksek BOİ/KOİ oranları (genellikle>0,7) ve asidik pH değerleri ve daha sonra proteinli bileşiklerin fermentasyonu ve hidrolizi nedeniyle yüksek amonyak derişimleriyle (genellikle 500-1000 mg/L) karakterize edilir.

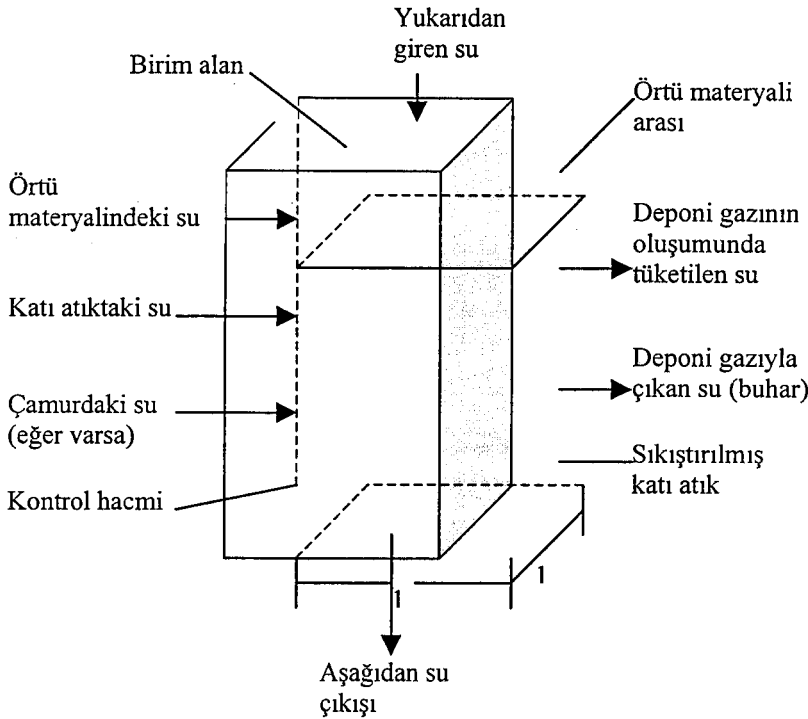
Asit oluşum evresinde metan oluşturan bakteriler için zehir etkisi yaratan organik uçucu asitlerde 6000-16000 mg/L derişim aralığında yüksek değerlere rastlanır. Sülfat derişimi azalır. Yağ asitlerinin dönüşümü; kalsiyum, demir, mangan ve ağır metallerin çözünürlüğündeki azalışa, pH ve alkalinite değerlerinde artışa sebep olur.

Metan fermentasyon fazında, pH değerleri 6-8 aralığında sınırlanır. Bu fazda, sızıntı suyu bileşimi nötral pH değerleri, toplam çözünür katı ve uçucu asitlerin düşük derişimleriyle tanımlanır. Bu faz boyunca üretilen sızıntı suyu, düşük BOİ değerlerine ve düşük BOİ/KOİ oranlarına sahiptir (Andreottola ve Cannas 1990).

3.1.1. Bir depolama alanı hücresinde su denkliğinin kurulması

Sızıntı suyu oluşum gerilimi depolama alanında bir su denkliği hazırlanarak bulunabilir. Su denkliği; depolama alanına giren su miktarını, kimyasal tepkimelerde tüketilen su miktarını ve su buharı olarak uzaklaşan miktarı kapsar. Potansiyel sızıntı suyu miktarı, deponi alanı materyalinin nem tutma kapasitesini aşan su miktarıdır.

Bir depolama alanı hücresindeki su denkliğinde kullanılan bileşenler Şekil 3.1.'de tanımlanmıştır. Yukarıdan depolama alanı hücresine giren ana bileşenler; katı atıktaki, örtü materyalindeki ve eğer arıtma çamuru varsa çamurdaki nem içeriğidir. Sahadan su uzaklaşmasına neden olan ana bileşenler ise; deponi alanı gazı (gaz oluşumunda kullanılan su vb.), deponi alanı gazındaki doymuş su buharı ve sızıntı suyudur.



Şekil 3.1. Bir depolama alanında sızıntı suyu oluşumunu belirlemede kullanılan su denkleği için taslak (Tchbanoglous ve ark. 1993)

Depolama alanının en üst tabakasında, yağışla yukarıdan gelen su, örtü materyalinin içine ve oradan da kırtı atığın içine süzülür. Bir depolama alanı için su denkleği hazırlanmasında en kritik noktalardan biri depolama alanının örtü tabakasının içinden süzülen gerçek yağış miktarını belirlemektir. Geomembranın kullanılmadığı yerlerde süzülen gerçek yağış miktarı Depolama Alanı Performansının Hidrolojik Değerlendirmesi (Hydrological Evaluation of Landfill Performance, HELP) modeli kullanılarak belirlenebilir.

Atıklarla depolama alanına giren suyun en önemli kaynakları; atmosferden ya da yağıştan absorbe edilen nem ile atığın bünyesinde mevcut olan nemdir. Kurak iklimlerde, atıktaki mevcut nemin bir kısmı depolama koşullarına bağlı olarak kaybedilebilir. Evsel ve ticari atıkların nem içeriği yaklaşık % 20'dir. Bununla birlikte, kurak ve yağışlı mevsimler boyunca nem içeriğinin çeşitliliğinden dolayı, yağışlı ve kurak periyotlar süresince bir seri deney yapılması gereklidir.

Örtü materyaliyle giren su miktarı, mevsime ve örtü materyalinin kaynağına ve tipine bağlıdır. Örtü materyalinde tutulabilen en yüksek nem içeriği,

materyalin alan kapasitesiyle (FC) tanımlanır. Alan kapasitesi, yerçekimi etkisiyle gözeneklerde tutulan sıvıdır. Kum için tipik değerleri % 6-12 ve kil için % 23-31'dir.

Evsel katı atıkların organik bileşiminin anaerobik bozunması süresince de su tüketilir. Bozunma tepkimeleriyle tüketilen su miktarı, hızlı olarak bozunabilen maddeler için geliştirilmiş formüller kullanılarak tahmin edilebilir.

Deponi gazı genellikle su buharı ile doymuştur. Sahadan çıkan su buharı miktarı, gazın su buharı ile doyduğu varsayılarak ve ideal gaz kanunu kullanılarak belirlenebilir.

Depolama sahasına giren su, su buharı olarak çıkmıyor ya da tüketilmiyorsa sahanın içinde tutulur ya da sızıntı suyu oluşur. Atık materyal ve örtü materyalinin her ikisi de yerçekimine karşı su tutabilir. Tutulan su miktarı da alan kapasitesi olarak adlandırılır. Potansiyel sızıntı suyu miktarı, alan kapasitesini aşan nem miktarıdır.

Depolama alanlarında su denkleğini oluşturan bileşenler şu şekilde yazılabilir:

$$\Delta S_{SW} = W_{SW} + W_{TS} + W_{CM} + W_{A(R)} - W_{LG} - W_{WV} - W_E + W_{B(L)} \quad (3.1)$$

ΔS_{SW} = Depolama sahasındaki katı atıklarda depolanan su miktarının değişimi, kg/m^3

W_{SW} = Katı atıklarla gelen su (nem), kg/m^3

W_{TS} = Arıtma tesisi çamurlarıyla gelen su (nem), kg/m^3

W_{CM} = Örtü materyalindeki su (nem), kg/m^3

$W_{A(R)}$ = Yağışla gelen su, kg/m^2

W_{LG} = Deponi gazı oluşumunda kaybolan su, kg/m^3

W_{WV} = Deponi gazıyla doymuş su buharı olarak kaybolan su, kg/m^3

W_E = Yüzeiden buharlaşmayla kaybolan su, kg/m^2

$W_{B(L)}$ = Tabandan giren su, kg/m^2

Depolama alanı su denkleği, verilen bir zaman süresince depolama sahasının belli bir tabakasının birim alanına giren suyun kütlelerinin eklenmesi ve

tabakadan kaybolan suyun kütlesinin çıkarılmasıyla hazırlanır. Sızıntı suyunun oluşup oluşmadığını belirlemek için, depolama sahası kapasitesi, mevcut su miktarı ile karşılaştırılmalıdır. Eğer saha kapasitesi mevcut su miktarından küçükse, sızıntı suyu oluşacaktır.

Genellikle, sızıntı suyu miktarı, depolama sahasına giren dışsal su miktarının doğrudan bir fonksiyonudur. Gerçekte, depolama sahası gereği gibi yapılmışsa, ölçülebilir miktarlarda sızıntı suyu üretimi önlenebilir. Katı atıklara ek olarak atıksu arıtım çamurları da depolandığında, üretilen metan miktarı artacağından sızıntı suyu kontrol faaliyetleri mutlaka yapılmalıdır (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.1.2. Sızıntı suyunun deponi gazı oluşumundaki etkileri

Laboratuvar ve saha çalışmaları, sızıntı sularının hem aerobik hem de anaerobik koşullar altında mikrobiyal olarak bozunabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, sızıntı suları, özellikle evsel atıklarla endüstriyel atıkların birlikte depolandığı alanlarda metan oluşturucular için zehirli olabilir. Örneğin, literatürde 1,5 gibi düşük ve 9,5 gibi oldukça yüksek pH değerine sahip sızıntı sularının bulunduğu rapor edilmiştir. pH 6-8 arasında en iyi büyümeye sahip metan oluşturucuların, bazı pH değerlerinde büyümeleri tamamen durmaktadır (El-Fadel ve ark. 1997).

3.2. Sızıntı Suyu Hareketi

Normal koşullarda, sızıntı suyu depolama sahasının altında bulunur. Vahşi depolama sahalarında ise bazı yanal hareketler oluşabilmesine rağmen, en alttaki tabakadan aşağı akar. Bu durum çevredeki maddelerin özelliklerine bağlıdır.

Bir depolama alanının altından sızan sızıntı suyunun hızını belirlemek için Darcy kanunundan yararlanmak mümkündür (Denklem 3.2). Darcy kanunundaki eksi işareti, yük kaybının her zaman negatif olduğu gerçeğinden doğmuştur. Geçirgenlik katsayısı aynı zamanda, hidrolik iletkenlik, etkin geçirgenlik veya sızıntı katsayısı olarak da bilinir.

$$Q = -KA \frac{dh}{dl} \quad (3.2)$$

Burada,

Q = Birim zaman başına sızıntı suyu deşarjı, $m^3/yıl$

K = Geçirgenlik katsayısı, $14,88 m^3/m^2.yıl$

A = Sızıntı akışının gerçekleştiği kesit alan, m^2

dh/dl = Hidrolik eğim, m/m

h = Yük kaybı, m

l = Akış yolunun uzunluğu, m

Şekil 3.2.'den de görüldüğü gibi, bir deponi hücresi, bir ana kaya akiferinin üstündeki bir yüzey akiferinde yerleşmiştir. Bu durumda, yüzey ve ana kaya akiferinde bir kuyu açılırsa iki farklı piyezometrik su yüzeyi oluşur. Sızıntı suyunun hareketine göre de iki tür durum söz konusudur. İlki, yüzey akiferinden yeraltı suyuna sızan sızıntı suyunun hızıdır. İkincisi ise, yüzey akiferinden ana kaya akiferine hareket eden yeraltı suyunun hızıdır. İlk durumda, depolama sahasından yeraltı suyuna sızıntı suyu akış hızı, su tablasının üstündeki deponi sahasının altındaki materyalin doymuş olduğu ve sahanın altında küçük bir tabaka sızıntı suyu olduğu varsayımlarıyla belirlenir. Bu koşullar altında Darcy eşitliğinin uygulanmasıyla

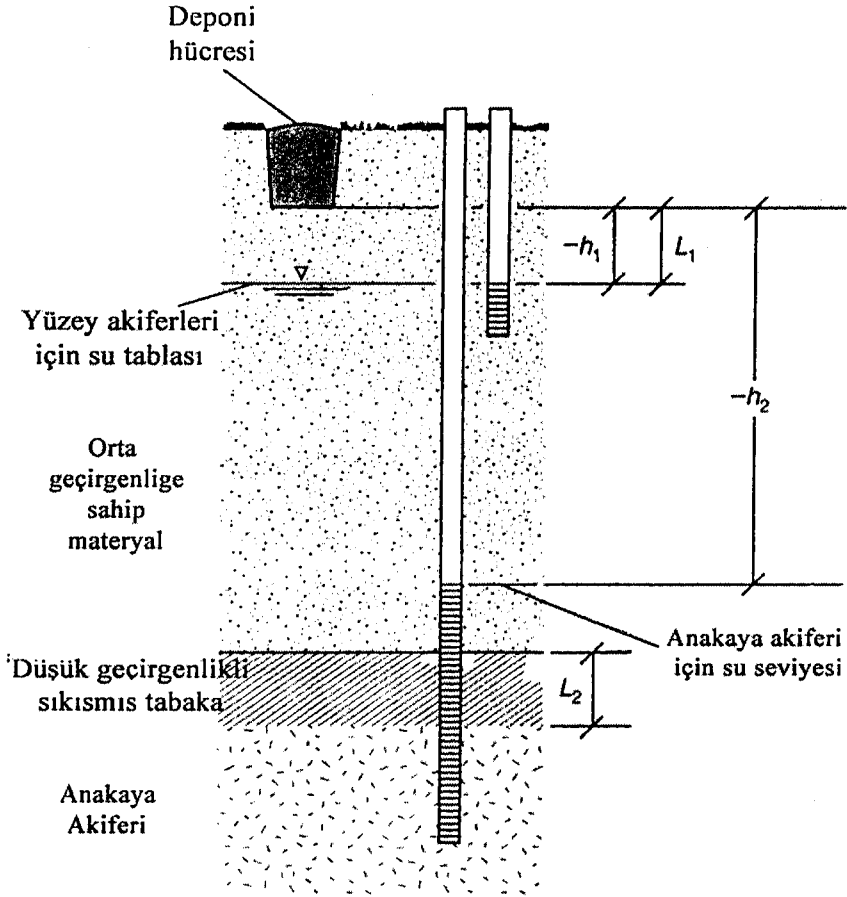
$$Q = -K \times A \frac{-h_1}{L_1} \quad (3.3)$$

ancak $h_1=L_1$ olduğundan

$$Q(m^3/yıl) = K(m^3/m^2.yıl) \times A(m^2)$$

Akışın $1 m^2$ içinde gerçekleştiği varsayılırsa,

$$Q(m^3/yıl) = K(m^3/m^2.yıl) \quad (3.4)$$



Şekil 3.2. Yüzeysel ve depolama alanlarından yüzeyaltı akiferlerine sızmanın belirlenmesi için taslak (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Böylece, birim alan başına sızıntı suyu deşarj hızı, K değerine eşit olur. Normal koşullar altında gerçek hız, bu değerden daha düşük olabilir, çünkü depolama sahasının altındaki toprak doymun olmayabilir ve sızıntı suyu bir toplama sistemiyle uzaklaştırılıyor olabilir.

İkinci durumda, üst tabakadan alt tabakaya suyun hareket hızı Eşitlik 3.3 ile bulunur. Bu durumda, sınırlanan tabakanın kalınlığı hidrolik eğimi belirlemek için kullanılır (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.2.1. Yeraltı katmanlarında sızıntı suyu içindeki bileşenlerin hareketi

Düzenli ve düzensiz depolama alanlarından yeraltı akiferlerine sızıntı suyu hareketiyle oluşan en önemli durum, sızıntı suyunda bulunan bileşenlerin durumudur. Bu bileşenlerin azalmasında etkin olan mekanizmalar; mekanik

filtrasyon, çökeltme, sorpsiyon (iyon değişimi dahil), gaz değişimi, seyrelme ve dispersiyon ve mikrobiyal aktivitedir. Ağır metaller ve eser organikler en önemli bileşenlerdir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Ağır metaller: Genellikle, eser organikler adsorpsiyonla uzaklaştırılırken, ağır metaller, sızıntı suyu toprağın içinde hareket ederken iyon değişimi tepkimeleriyle uzaklaştırılır. Bir toprağın sızıntı suyunda bulunan ağır metalleri tutabilme özelliği toprağın katyon değişim kapasitesinin (KDK) bir fonksiyonudur. Toprak tarafından pozitif olarak yüklenmiş iyonların bırakılması ve çekilmesi katyon ya da baz değişimi olarak nitelendirilir. Toprağın toplam KDK'sı 100 gram toprakta adsorplanacak katyonların milieşdeğer (meq) sayısı olarak tanımlanır. Toprağın KDK'sı toprakta bulunan mineral ve organik kolloidal maddelerin miktarlarına bağlıdır. pH 7'deki tipik KDK değerleri organik kolloidler için 100-200 meq/100g; 2:1 kil (montmorillonit mineralleri) için 40-80 meq/100g ve 1:1 kil (kaolinit mineralleri) için 5-20 meq/100g'dır. KDK değerleri çözeltinin pH'ıyla değişir, pH 4'te verilen değerler yaklaşık %10 civarında düşer (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Eser miktardaki organik bileşikler: Sızıntı suyu içindeki organik bileşikler, gözenekli bir ortamdan geçerken olduğu gibi, en yaygın olarak adsorpsiyon yoluyla uzaklaştırılabilirler. Hidrodinamik dispersiyon ihmal edilirse, yeraltı suyu akiferindeki adsorpsiyona konu olan kirletici için kütle denkliği şöyle verilir:

$$\frac{\partial S}{\partial t} \frac{\rho_b}{\alpha} + \frac{\partial C}{\partial t} = -v_z \frac{\partial C}{\partial z} \quad (3.5)$$

Burada,

S=Kuru toprağın birim kütlesi başına sorplanan çözünmüş madde kütlesi, g/g

ρ_b =Toprağın yığın yoğunluğu, g/m³

α =Gözeneklilik

C=Sıvı fazdaki kirletici derişimi, g/m³

v_z =z yönündeki ortalama akışkan hızı, m/s

Kuru toprağın birim kütlesi başına sorplanan madde kütlesi sıvı fazdaki kirleticinin derişimi ve toprak dağılım katsayısı ile ilişkilidir.

$$S = K_{SD} \times C \quad (3.6)$$

Burada, K_{SD} =Toprak dağılım katsayısı, m^3/g

Eşitlik 3.6 doğrusal sorpsiyonu tanımlar. Depolama alanlarında bulunan bazı organik bileşikler için sorpsiyon doğrusal değildir. Eşitlik 3.5'de $\partial S/\partial t$ yerine $(K_{SD})\partial C/\partial t$ yazılırsa,

$$-v_z \frac{\partial C}{\partial z} = \left(1 + \frac{\rho_b}{\alpha} K_{SD} \right) \frac{\partial C}{\partial t} \quad (3.7)$$

Toprak ve yeraltı suyu arasında kirleticinin dağılımı toprak dağılım katsayısı ile (K_{SD}) tanımlandığında, sıvıya bağlı olarak, kirleticinin Şekil 3.3'den de görülebileceği gibi z-yönündeki ilerlemesinde bir gecikme (retardation) olacaktır:

$$R = \frac{v_z}{v_{z0}} = \left(1 + \frac{\rho_b}{\alpha} K_{SD} \right) \quad (3.8)$$

Burada, R=Gecikme faktörü, birimsiz

v_z =Yeraltı suyunun ortalama hızı, m/s

v_{z0} =Gecikmiş kirletici derişim profilinin $C/C_0=0,5$ noktasındaki ortalama hızı,m/s

Sızıntı suyunda bulunan organik bileşenlerin gecikmesi, geriye kalan maddenin biyolojik ve kimyasal dönüşüm tepkimelerinde yer alması söz konusu olabileceğinden önemlidir, nitekim bazı durumlarda geride kalan madde zararsızdır.

K_{SD} değeri aşağıdaki eşitlikle tahmin edilebilir (Tchbanoglous ve ark. 1993):

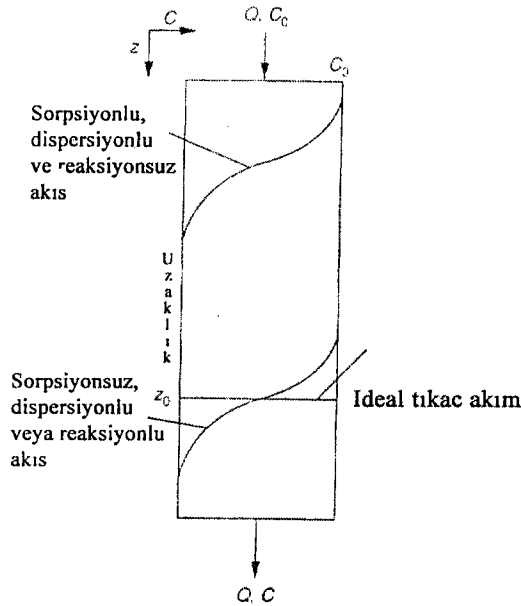
$$K_{SD}=6,3 \cdot 10^{-7} f_{OC}(K_{OW}) \quad (3.9)$$

$K_{SD} = 0 \Rightarrow$ Kirletici reaktif değildir veya gecikme olmamıştır.

$K_{SD} > 10^{-4} \Rightarrow$ Kirletici hareketsizdir.

Burada, f_{OC} =Topraktaki organik karbon kesri, g/g

K_{OW} =Oktanöl: su dağılım katsayısı



Şekil 3.3. Eser miktardaki organik bileşiklerin yüzeyin altındaki gecikme grafiği (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.3. Sızıntı Suyu Bileşimi ve Özellikleri

Sızıntı suyu bileşimi oldukça değişken olup pek çok endüstriyel atıksuya göre daha geniş aralıkta bir kirlilik yüküne sahiptir. Bu bileşim depolama alanındaki katı atığın derinliği ve türü, depolama yaşı, geri devreden sızıntı suyunun oranı, depolama alanı tasarımı ve işletimi ve sızıntı suyunun çevresel etkileşimi gibi birbirini etkileyen pek çok faktöre bağlı olarak değişir.

Ayrıca bu bileşim, katı atığın özellikleri, pH, redoks gerilimi, iklim koşulları ve depo yaşına göre farklılıklar gösterir. Katı atığın içeriği, sızıntı suyunun bileşimi yanında sızıntı suyunun arıtılabilirliğini de etkiler.

Ortamin pH'ı atık ile sızıntı suyu arasındaki çözünme, çökelme ve redoks tepkimeleri gibi kimyasal tepkimeleri; redoks gerilimi ise sızıntı suyundaki besi elementlerinin ve metallerin çözünürlüğünü etkiler.

Depolama sahasının yaşı, sızıntı suyu karakterini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Genç depo alanlarında oluşan sızıntı sularında biyolojik

olarak kolay ayrışabilen uçucu yağ asitleri oranı yüksektir. Depolama yaşı arttıkça biyolojik ayrışma tamamlandığından, kolay ayrışabilen organik maddelerin oranı düşer. Bu sebeple genç depo alanlarındaki sızıntı sularında $BOİ/KOİ > 0,5$ iken yaşlı depo alanlarındaki sızıntı sularında $BOİ/KOİ < 0,2$ dir. 2-3 yıllık depolama alanlarında özellikle organik maddeler, mikroorganizma türleri ve inorganik kirlilik yükleri maksimuma ulaşır. Sızıntı suyu, organik ve inorganik iyonlar ile metaller dışında mikrokirleticileri de içerebilmektedir. Sızıntı suyu özelliklerinin depolama sahasının yaşı ile değişimi Çizelge 3.1’de görülmektedir (Öztürk 1999).

Çizelge 3.1. Yeni ve olgun depolama alanları için tipik sızıntı suyu bileşimi (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Bileşen	Değer, mg/L		Olgun depolama sahası (10 yıldan büyük)
	Yeni depolama sahası (2 yıldan az) Aralık	Tipik	
BOİ ₅	2000-30000	10000	100-200
TOK	1500-20000	6000	80-160
KOİ	3000-60000	18000	100-500
Askıda katı madde	200-2000	500	100-400
Organik azot	10-800	200	80-120
Amonyak azotu	10-800	200	20-40
Nitrat	5-40	25	5-10
Toplam fosfor	5-100	30	5-10
Orto fosfor	4-80	20	4-8
Alkalinite (CaCO ₃ olarak)	1000-10000	3000	200-1000
pH	4.5-7.5	6	6.6-7.5
Toplam sertlik (CaCO ₃ olarak)	300-10000	3500	200-500
Kalsiyum	200-3000	1000	100-400
Magnezyum	50-1500	250	50-200
Potasyum	200-1000	300	50-400
Sodyum	200-2500	500	100-200
Klorür	200-3000	500	100-400
Sülfat	50-1000	300	20-50
Toplam demir	50-1200	60	20-200

3.3.1. Fiziksel ve kimyasal özellikler

Düzenli depolama alanı yönetiminde, sızıntı suyunun arıtımı ve uzaklaştırılması başta gelen sorunlardan olduğu için, son yirmi yılda birçok araştırmanın amacı olmuştur. 1970'lerin başında sızıntı suyu kalite çalışmaları sızıntı suyu bileşenlerinin kabaca karakterizasyonuna odaklanmışken, daha sonraları araştırmalar, sızıntı suyu bileşimini etkileyen temel faktörlerin tanımlanmasına yönelmiştir (Andreottola and Cannas 1995).

Sızıntı suyunu karakterize etmek için kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik gözlem parametreleri Çizelge 3.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Sızıntı suyu fiziksel ve kimyasal gözlem parametreleri (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Fiziksel	Organik bileşenler	İnorganik bileşenler	Biyolojik
Görünüş	Organik kimyasallar	Askıda katılar, toplam çözülmüş katılar	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)
pH	Fenoller	Uçucu askıda katılar, uçucu çözülmüş katılar	Koliform bakteri (toplam, fekal, fekal streptokok)
Yükseltgenme- indirgenme gerilimi	Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	Klorür	Standart plaka sayımı
İletkenlik	Toplam organik karbon (TOK)	Sülfat	
Renk	Uçucu asitler	Fosfat	
Bulanıklık	Tanenler ve ligninler	Alkalinite ve asidite	
Sıcaklık	Organik-N	Nitrat-N	
Koku	Eterde çözünenler (Yağ ve gres)	Nitrit-N	
	Metilen mavisinde aktif bileşikler (MBAS)	Amonyak-N	
	Organik fonksiyonel gruplar	Sodyum	
	Klorlu hidrokarbonlar	Potasyum	
		Kalsiyum	
		Magnezyum	
		Sertlik	
		Ağır metaller (Pb, Cu, Ni, Cr, Zn, Cd, Fe, Mn, Hg, Ba, Ag)	
		Arsenik	
		Siyanür	
		Florür	
		Selenyum	

3.3.2. Biyolojik özellikler

Katı atıklar geniş bir mikrobiyal populasyon içerir ve hastalık yapıcı mikroorganizmalarla kirlenmiş olabilir. Atıklar genellikle hayvan dışkıları, hayvan leşleri, çocuk bezleri, atıksu çamurları ve hastalık yapıcı mikroorganizmalar için bir araç olan hastane atıkları içerirler ve böylece bir sağlık riski yaratırlar.

Sızıntı suyunun kimyasal özellikleri hakkında geniş bilgiler olmasına karşın mikrobiyolojik bileşimi hakkında pek bilgi yoktur. Düzenli depolama alanlarında yapılan ilk mikrobiyolojik çalışmalar özellikle atıkta ve sızıntı suyunda bulunan fekal kaynaklı bakteri ve virüslerde odaklanmıştır. Son zamanlarda, metan oluşturan mikroorganizmaların sayısını tahmin etmek için hızlı kimyasal yöntemler ve hücre dışı enzimatik aktiviteleri kapsayan katı atıkların stabilizasyonunda mikroorganizmaların fizyolojik aktiviteleri ve sayımları da çalışılmaya başlanmıştır.

Bakteriler: Çeşitli çalışmalarda, depolama alanı yaşı ve bileşiminin sızıntı suyuyla ilişkisi incelendiğinde önemli bir bakteriyel populasyon olduğu gözlenmiştir. Fekal streptokokun varlığı fekal kirlenmenin; fekal koliformların varlığı da sıcakkanlı hayvanların neden olduğu kirlenmenin göstergesidir. Toplam koliformlar ise hastalık yapıcı bileşenlerin varlığını göstermek için kullanılır.

Bir düzenli depolama alanındaki bakterilerin hayatta kalması ile sahanın sıcaklığının ters orantılı olduğu gözlenmiştir. Bakteriyel büyüme ve hayatta kalma 60°C ve yukarısındaki sıcaklıklarda engellenir. Bakteriyel aktivite pH ve sıcaklığın birlikte etkisiyle eşit düzeyde azalır ve pH bu olayı daha çok hızlandırır.

Fekal indikatör bakterilerin derişimi genellikle depo yaşı arttıkça azalır. Arıtma çamuru ve evsel katı atık içeren lizimetre deneylerinde, streptokokların varlığının iki yıldan fazla gözlenmediği belirlenmiştir.

Virüsler: Bakterilerin aksine virüsler, dışarıda üreme gerçekleştiremeyen parazit organizmalardır. Sızıntı suyunda enterovirüslerin varlığı, katı atıktaki farklı kaynaklı fekal maddelerin varlığının sembolü olabilir. Evsel katı atık

depolama sahalarındaki sızıntı sularında yapılan çalışmalarda yalnızca son derece nadir durumlarda enterovirüslerin varlığı rapor edilmiştir.

Mantarlar: Sızıntı suyundaki mantarlar hakkında literatürde çok az bilgi mevcuttur. Değişik araştırmalarda gözlenen ana türler *Aspergillus*, *Penicillum* ve *Fusarium* gibi hastalık yapıcı olmayan saprofitlerdir. Gözlenen tek hastalık yapıcı tür ayak apseline neden olabilen *Allescheriaboydii*'dir.

Parazitler: Literatürde, sızıntı suyundaki parazitlerin varlığı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Depolama sahalarında ve atıksu çamurlarında hayvan ve insan dışkıları bulunduğundan, sızıntı suyunda protozoa, kurtlar ve nematodlar gibi parazitler bulunabilir. Parazitik kistler ve yumurtalar aşırı derecede fekal mikroorganizmalara dayanıklıdır. Bakteri ve virüsleri deaktif eden koşullar genellikle parazitler için etkisizdir (Andreottola and Cannas 1995).

3.4. Sızıntı Suyu Kontrolü

Sızıntı sularının alt tabakalara doğru süzülmesiyle, tabakayı oluşturan materyallerin filtreleme ve adsorplama yetenekleri sayesinde birçok biyolojik ve kimyasal bileşenler uzaklaşır. Genelde, bu olayın miktarı zeminin karakterine, özellikle de kil içeriğine bağlıdır.

Depolama alanı kaplamaları yaygın olarak depolama alanından deponi gazları ve sızıntı suyunun hareketini önlemek ya da sınırlandırmak için kullanılır. 1992'den itibaren depolama alanlarından sızıntı suyunun elimine edilmesi ya da azaltılması için, tabaka materyali olarak kil kullanımı yaygınlaşmıştır. Kil, sızıntı suyunda bulunan birçok kimyasal maddeyi adsorplar ve sızıntı suyu akışına direnç gösterir. Bununla birlikte, özellikle sızıntı suyu ve deponi gazının hareketi için geomembranlarla direnç arttığından kompozit geomembran ve kil tabakası kombinasyonunun kullanımı da artmıştır. Geomembran tabakaların özellikleri, avantajları ve dezavantajları Çizelge 3.3'de özetlenmiştir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Çizelge 3.3. Sızıntı suyu kontrol sistemleri (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Madde	Açıklamalar
Sentetik esnek kaplama membranları (FML _s)	Kaplamalar, sızıntı suyu ve atıkların bünyesindeki sıvıları tutmak için tasarlanmalıdır. Evsel katı atık yönetim birimleri için sentetik kaplamalar gerekli değildir. Bununla birlikte, bu alternatifler seçilirse, sentetik tabakalar minimum 40 mm kalınlığında olmalıdır. Bu tabakalar atık veya sızıntı suyuyla temasta olan tüm doğal jeolojik materyalleri de içine almalıdır.
Doğal toprak kaplamalar	Kil kaplamaları evsel katı atık depolama sahaları için bir seçenek olup, saha koşulları kil kullanımını gerektiriyorsa, kil kaplamanın kalınlığı minimum 30cm (1ft) olmalı ve en az %90 oranında sıkıştırılarak yerleştirilmelidir. Bir kil tabakası en yüksek 1.10^{-6} cm/s geçirgenliğe sahip olmalıdır. Bu tabakalar atık veya sızıntı suyuyla temasta olan tüm doğal jeolojik materyalleri de içine almalıdır.
Depo tabanı bariyerleri	Bariyerler, bir kaplamanın yerine kullanılan doğal jeolojik maddelerin geçirgenliği ve atık ve sızıntı suyunun içerdiği akışkanın yanıl hareketi nedeniyle evsel katı atık yönetim sistemlerinde gerekli olabilir. Bunlar kil tabaka için minimum 60 cm (2ft), sentetik materyaller için minimum 40 mm kalınlığında olmalıdır.

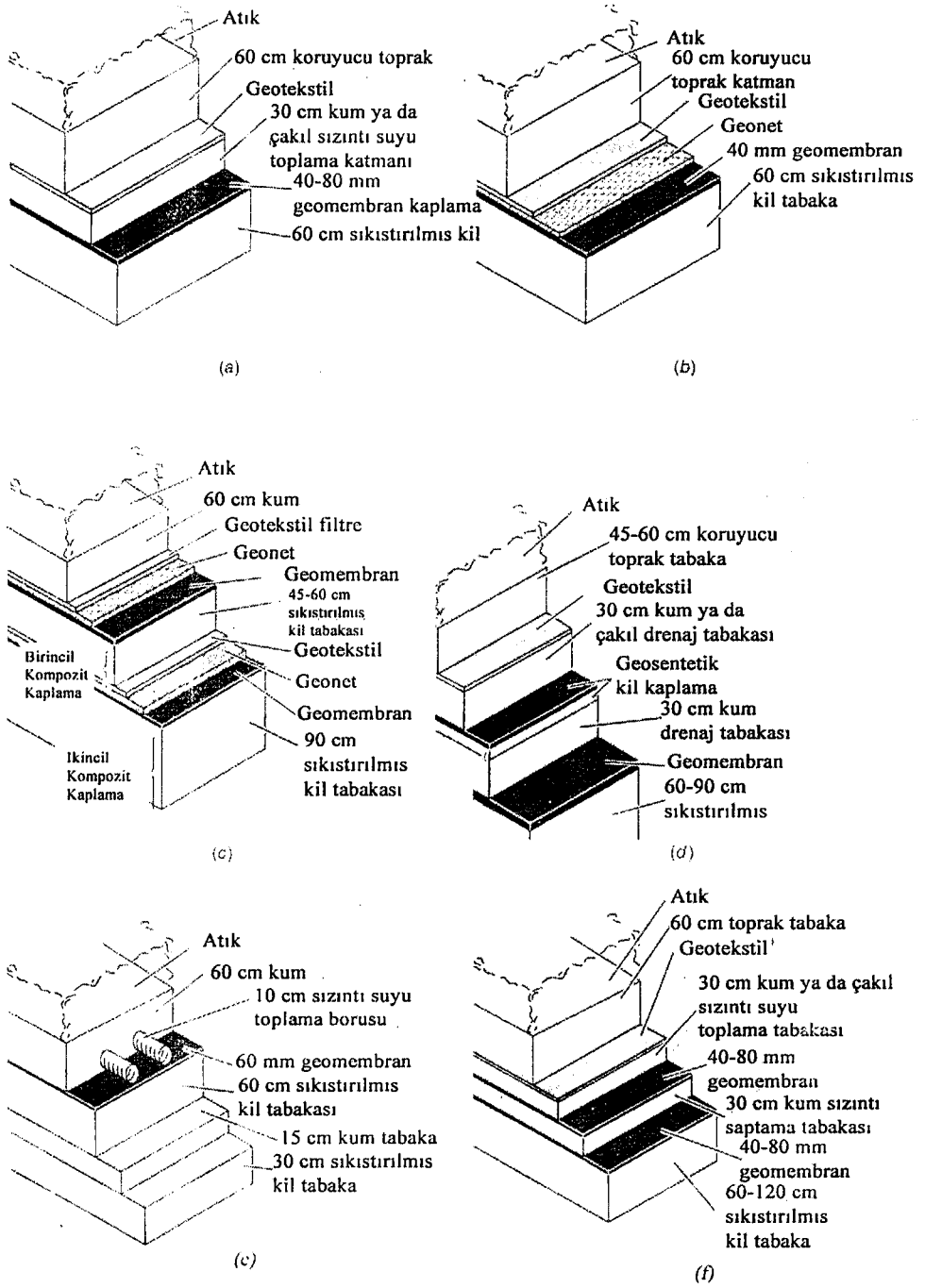
3.4.1. Evsel katı atıklar için kaplama sistemleri

Depolama alanı kaplamalarının tasarımındaki amaç, sahanın altındaki toprağa sızıntı suyunun süzülmesini minimize etmektir. Böylece yeraltı suyunun kirlenmesi de önlenir. Kullanılan temel kaplama tasarımları Şekil 3.4'de verilmiştir. Şekilde gösterilen çok katmanlı depolama alanı tasarımında her bir katmanın özel bir işlevi vardır. Örneğin Şekil 3.4-a'daki kil ve geomembran katman, sızıntı suyu ve deponi gazının hareketini engellemek için bir kompozit olarak görev yapar. Geotekstil katman toprak ve kum veya çakıl katmanların karışmasını önlemek için kullanılır. Son toprak katman, drenaj ve bariyer katmanlarını korumak için kullanılır. Geomembran ve kil kaplamalarından oluşan

kompozit kaplama tasarımları bir tek kaplamadan hidrolik olarak daha etkindir ve daha çok koruma sağlar.

Şekil 3.4-b'de, sıkıştırılmış kil katmanının üstüne geomembran katman ve onun da üstüne geonet (açık dokuma plastik ağ) ve geotekstil filtre yerleştirilmiştir. Geonet ve geotekstil katmanları, sızıntı suyu toplama sistemine sızıntı suyunu taşımak için bir drenaj tabaka işlevi görür. Bir filtre katmanı ve drenaj katmanından oluşan kaplama sisteminin geçirgenliği, kaba kumun geçirgenliğine eşittir. Geotekstil filtrenin tıkanma olasılığından dolayı birçok tasarımda drenaj katmanı olarak kum veya çakıl katman kullanılır.

Şekil 3.4-c'de görülen kaplama sisteminde, genellikle birincil ve ikincil kompozit kaplama olarak tanımlanan iki kompozit kaplama kullanılır. İkincil kompozit kaplama birincil için destek olarak kullanılırken, birincil kompozit kaplama sızıntı suyunun toplanması için kullanılır. Şekil 3.4-d'de görülen iki katmanlı kompozit kaplama Şekil 3.4-c'deki ile aynıdır. Ancak ilk geomembran kaplamasının altındaki kil katman, geosentetik bir kil kaplama (GCL) ile yer değiştirmiştir. Geosentetik kil kaplama (GCL) yüksek kaliteli bentonit kilinden yapılan ve uygun bir bağlayıcı materyaldir. Bentonit kili sudaki ağırlığından 10 kez daha fazla absorplama kapasitesine sahip bir sodyum montmorillonit mineralidir. Kil, suyu absorpladıkça, suyun hareketine direnç gösterir. 10^{-10} cm/s kadar düşük geçirgenlik sağlanır. Büyük yüzeylerde GCL_s bir tabaka sisteminin yapımında üst üste bindirilir. Şekil 3.4-e ve Şekil 3.4-f'de görülen sistemler iki ilaveli çift katmanlı sistemlerdir (Tchbanoglous ve ark. 1993).



Şekil 3.4 Tipik depolama alanı kaplamaları: (a,b) tek kompozit bariyer tipleri ve (c-f) çift kompozit bariyer tipleri (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.5. Sızıntı Suyu Toplama Sistemleri

Bir sızıntı suyu toplama sisteminin tasarımı (1) kullanılacak kaplama sistemi tipinin seçimi (2) sızıntı suyunu uzaklaştırmak için sızıntı suyu toplama ve drenaj kanallarının ve boru hattının yerleşimini kapsayan planın geliştirilmesi ve (3) sızıntı suyu uzaklaştırma, toplama ve tutma sistemlerinin tasarımı ve planını kapsar (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.5.1. Kaplama sisteminin seçimi

Seçilen kaplama sisteminin tipi, depolama alanının çevresel gereksinimlerine ve yerel jeolojiye bağlıdır. Örneğin, yeraltı suyunun olmadığı bölgelerde, tek bir sıkıştırılmış kil kaplaması yeterli olabilir. Sızıntı suyunun gaz hareketinin kontrol edilmesinin zorunlu olduğu bölgelerde, uygun bir drenaj ve toprak koruyucu katmanlı geomembran bir kaplama ve bir kil kaplamayı kapsayan kombine bir kaplama gerekli olacaktır (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.5.2. Sızıntı suyu toplama sistemleri

Depolama alanlarından sızıntı suyunu uzaklaştırmak için eğimli teras ve dip borulandırma tasarımları kullanılır.

Depolama alanının altında sızıntı suyu birikiminden kaçınmak için, sahanın altı bir seri eğimli teraslar basamaklandırılır. Şekil 3.5-a'da görüldüğü gibi, terasların üstünde biriken sızıntı suyu, sızıntı suyu toplama kanallarına akacak biçimde şekillendirilir. Her bir sızıntı suyu toplama kanalına yerleştirilen delikli borular (Şekil 3.5-b) merkezi bir bölgede toplanan sızıntı suyunu taşımak için kullanılır. Terasların eğimi genellikle %1-5 ve drenaj kanallarının eğimi %0,5-1'dir. Drenaj kanallarının eğimi ve en yüksek uzunluğu drenaj sisteminin kapasitesine göre seçilir. Drenaj sistemlerinin akış hızı kapasitesi Manning eşitliği kullanılarak tahmin edilir. Tasarımın amacı, sızıntı suyu depolama alanı kaplamasında önemli bir yük oluşturacağından birikimi engellemektir. Delikli drenaj borularındaki akış derinliği, drenaj kanallarının en yüksek uzaklıktan en

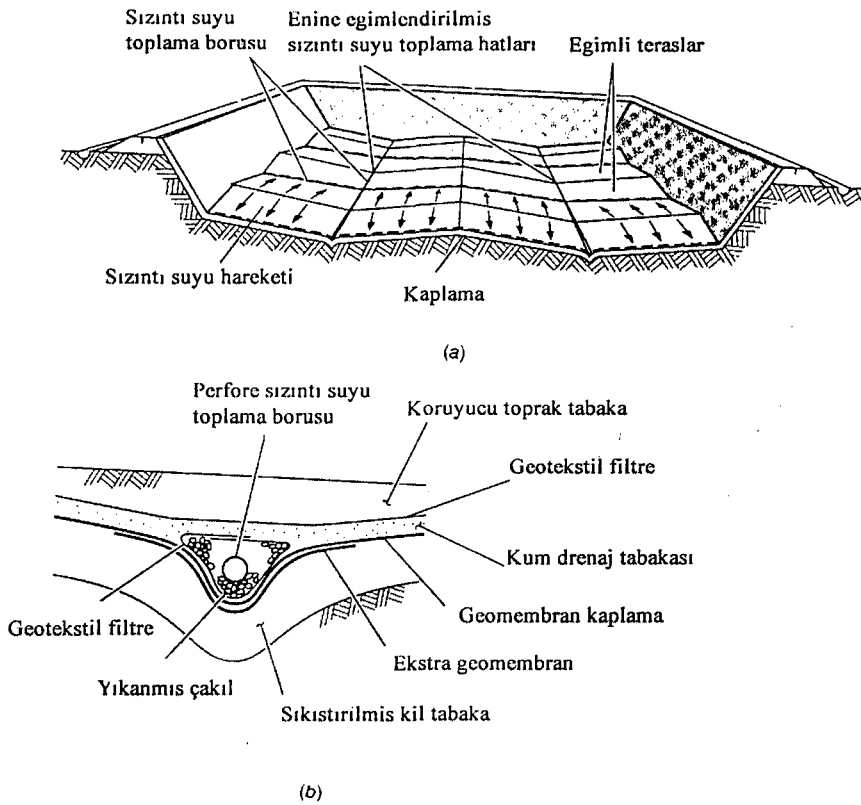
düşük uzaklığına artar. Büyük depolama alanlarında drenaj kanalları büyük bir toplama sistemine bağlanır.

Sızıntı suyunun toplanması için alternatif bir sistem Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Şekilden de görüldüğü gibi taban alan, uygun aralıklarla yerleştirilmiş kil bariyerleriyle bir seri dikdörtgen şeritlere bölünmüştür. Bariyerlerin aralığı depolama alanı hücresinin genişliğine bağlıdır. Sızıntı suyu toplama boruları doğrudan geomembrana yerleştirilir. 10 cm'lik sızıntı suyu toplama boruları, 0,64 cm aralıklı ve lazerle kesilmiş en küçük kum boyutuna uygun 0,00025 cm deliklere sahiptir. Drenaj verimini artırmak için taban %1,2-1,8 eğimlendirilir.

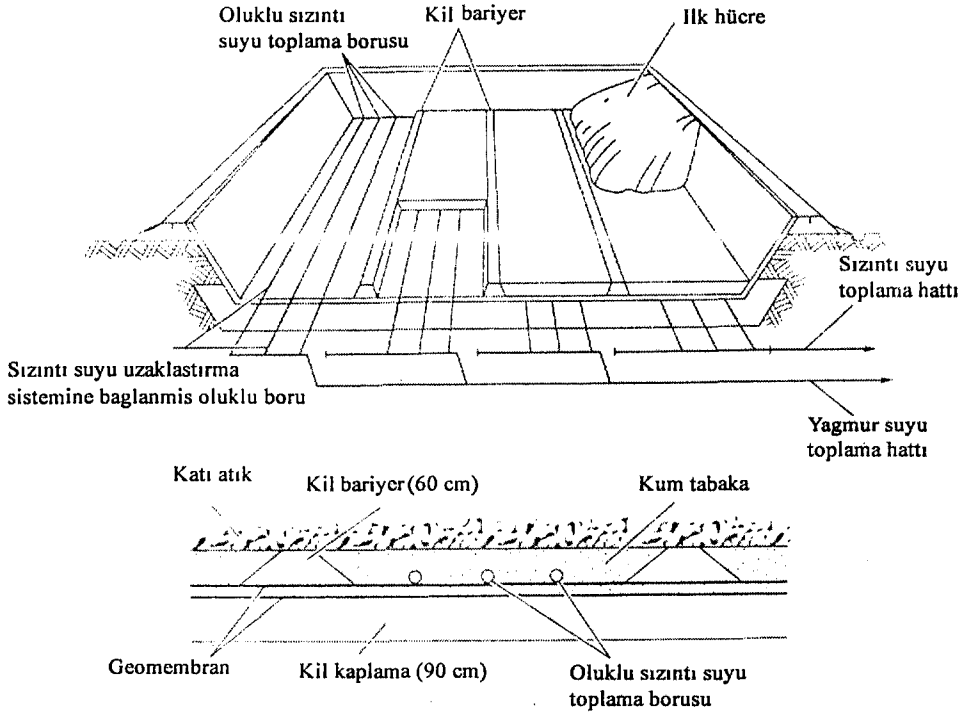
Her biri 6 m aralığında yerleştirilmiş sızıntı suyu toplama boruları 60 cm kalınlığında kum katmanla örtülür. Çok borulu bir sızıntı suyu toplama sistemi sahanın altından sızıntı suyunun hızlı bir şekilde uzaklaştırılması için kullanılır.

Sonra sızıntı suyunu arıtmadan önce süzmek için 60 cm kum katman

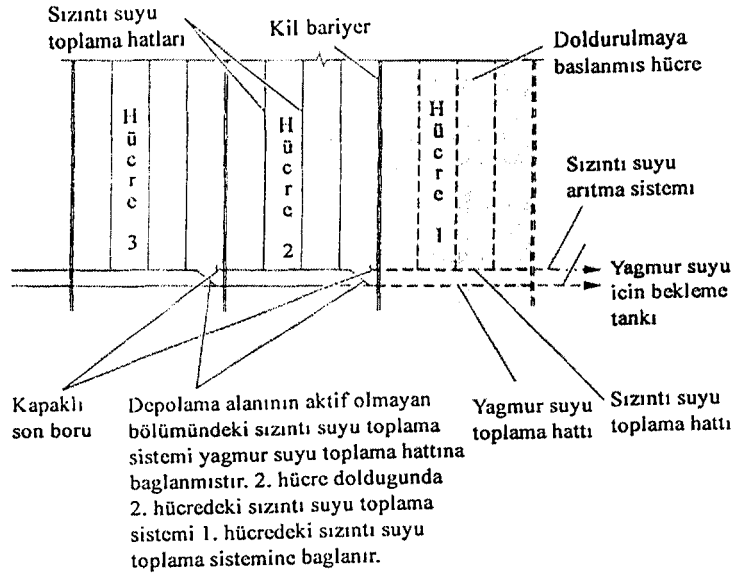


Şekil 3.5. Eğimli teraslarla sızıntı suyu toplama sistemi: (a) şematik görünüş ve (b) sızıntı suyu toplama borusu ayrıntısı (Tchbanoglous ve ark. 1993).

kullanılır. Katı atığın ilk 90 cm'lik katmanı doğrudan kum katmanının üstüne yerleştirilir ancak sıkıştırılmaz. Şekil 3.6'da görülen tasarımın önemli bir özelliği, depolama alanının kullanılmayan kısmından yağmur sularının uzaklaştırmasını sağlamasıdır. Yöntemin ayrıntıları Şekil 3.7'de gösterilmiştir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

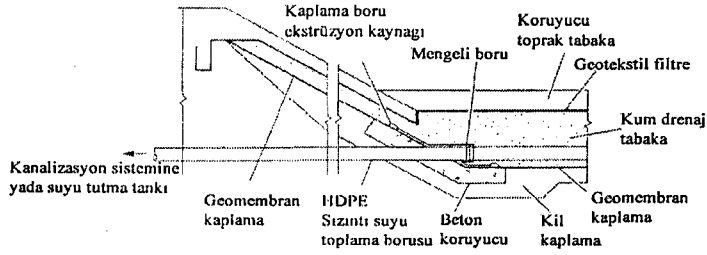


Şekil 3.6. Tipik bir sızıntı suyu toplama sistemi (a) şematik görünüş ve (b) tipik sızıntı suyu toplama borusu ayrıntısı (Tchbanoglous ve ark. 1993).

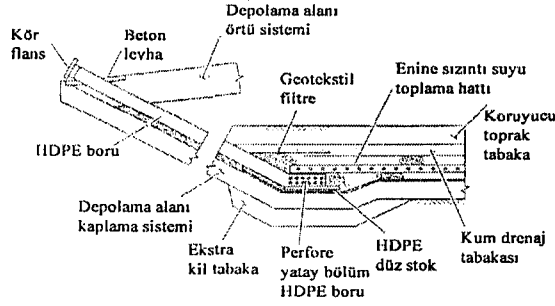


Şekil 3.7. Alan tipi depolama alanında yağmur suyu yönetimi (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Depolama alanının içinde biriken sızıntı suyunu uzaklaştırmak içinse iki yöntem kullanılır. Şekil 3.8-a'da sızıntı suyu toplama boruları depolama alanının kenarından, 3.8-b'de ise depolama alanının içinden geçirilmiştir. Depolama alanından sızıntı suyunu uzaklaştırmak için kullanılan alternatif bir yöntem, sahanın içine yerleştirilmiş eğimli toplama borularının kullanımudur. Sızıntı suyu toplama sistemleri, sızıntı suyunun geri döndürüldüğü ya da merkezi bir bölgede arıtıldığı yerlerde kullanılır. Tipik bir sızıntı suyu toplama giriş kemeri Şekil 3.9-a'da gösterilmiştir. Bazı bölgelerde, depolama alanından uzaklaştırılan sızıntı suyu Şekil 3.9-b'de görüldüğü gibi bir bekletme tankında toplanır. Bekletme tankının kapasitesi arıtma faaliyetinin tipine bağlıdır. Tipik olarak sızıntı suyu bekletme tankları pik sızıntı suyu üretim periyodu boyunca üretilen sızıntı suyunu 1-3 gün tutacak şekilde tasarlanır. Çift ve tek cidarlı tanklar kullanılabilir, ancak çift cidarlı tanklar daha güvenli olduğundan daha çok tercih edilir. Plastik ve metal tankların her ikisinin de kullanılabilmesine rağmen plastik tanklar korozyona daha dayanıklıdır (Tchbanoglous ve ark. 1993).

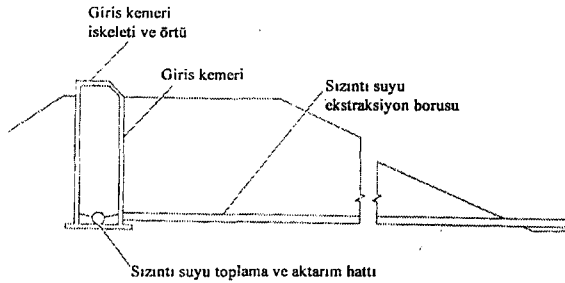


(a)

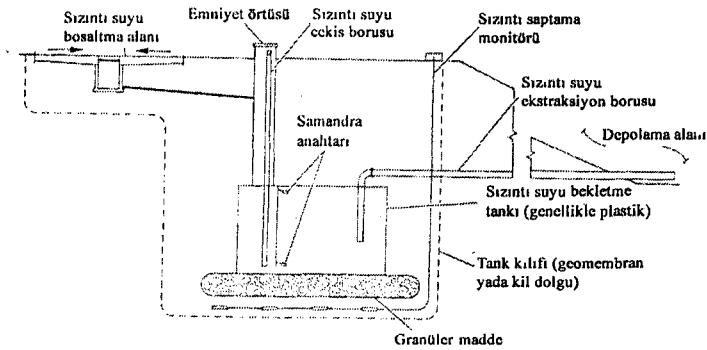


(b)

Şekil 3.8. Depolama alanlarından sızıntı suyunu uzaklaştırmak için kullanılan sistemler:(a) depolama sahasından geçen sızıntı suyu toplama borusu ve (b) depolama alanının içine yerleştirilmiş eğimli sızıntı suyu toplama borusu (Tchbanoglous ve ark. 1993).



(a)



(b)

Şekil 3.9. Sızıntı suyu toplama sistemi örnekleri: (a) sızıntı suyu toplama ve giriş kemeri (access vault) ve (b) sızıntı suyu bekletme tankı (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.6. Sızıntı Suyu Yönetimi

Sızıntı suyu yönetimi, yeraltı akiferlerinin kirlenmesini önlemek için önemli bir anahtardır. Depolama alanından toplanan sızıntı suyunu yönetmek için kullanılan alternatifler (1) sızıntı suyunun geri dönüşümü (2) sızıntı suyunun buharlaştırılması (3) arıtımı takiben bertarafı ve (4) evsel atıksu toplama sistemine deşarjıdır (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.6.1. Sızıntı suyunun geri dönüşümü

Sızıntı suyunu toplamak ve depolama alanının içinde geri döndürmek sızıntı suyunu arıtmada kullanılan etkin bir yöntemdir. Depolama alanı işletiminde ilk fazlar süresince, sızıntı suyu önemli miktarlarda TDS, BOI_5 , KOI , besinler ve ağır metaller içerecektir. Sızıntı suyu geri döndürüldüğünde, bileşenler depolama alanının içinde oluşan biyolojik aktiviteyle ve diğer fiziksel işlemler ve kimyasal tepkimelerle azaltılır. Örneğin, sızıntı suyunda bulunan basit organik asitler CH_4 ve CO_2 'e dönüşür. CH_4 üretildiğinde sahadaki pH artacağından, metaller sahanın içinde kalır ya da çökelir. Sızıntı suyu geri dönüşümünün diğer bir yararı, CH_4 içeren deponi gazının geri kazanımıdır. Tipik olarak, gaz üretim hızı, sızıntı suyu geri döndürme sistemlerinde daha büyüktür. Sızıntı suyu arıtım için geri döndürüldüğünde kontrolsüz deponi gazı çıkışını önlemek için, saha bir gaz geri kazanım sistemiyle donatılmalıdır. Sonuçta, sızıntı suyunun toplanması, arıtılması ve uzaklaştırılması gereklidir. Özellikle büyük depolama sahalarında sızıntı suyu depolama faaliyetlerine mutlaka ihtiyaç vardır. (Tchbanoglous ve ark. 1993).

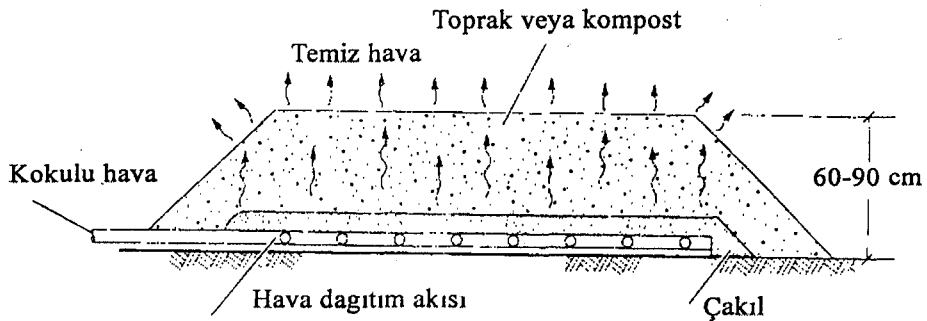
3.6.2. Sızıntı suyunun buharlaştırılması

En basit sızıntı suyu yönetme sistemlerinden biri, sızıntı suyu buharlaştırma havuzlarının kullanımınıdır. Buharlaşmayan sızıntı suyu depolama alanının tamamlanmış kısmının üzerine püskürtülür. Çok yağışlı bölgelerde, sızıntı suyu depolama tesisi kış sezonu boyunca yağmur suyu girişini önlemek

için geomembranla örtülür. Biriken sızıntı suyu örtüsüz depolama tesisiyle ve tamamlanmış ve işletilen sahanın üzerine sızıntı suyunun püskürtülmesiyle sıcak yaz aylarında buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Yüzey örtüsünün altında birikebilen kokulu gazlar bir kompost ya da toprak filtreye verilir (Şekil 3.10). 60-90 cm toprak yataкта, organik yükleme hızları $1,6-4 \text{ kg/m}^3$ 'tür. Yaz ayları boyunca koku kontrolü için yüzey havalandırması gerekli olabilir. Depolama havuzu çok büyük değilse, yıl boyunca örtü bırakılabilir. Diğer bir örnek, kışın depolama ve yaz boyunca yakın bir alana, arıtılmış çıkışın püskürtülerek uzaklaştırılmasıyla sızıntı suyunun arıtılmasını (genellikle biyolojik olarak) kapsar. Yeterli alan mevcut değilse, çıkış sürekli bir havuza püskürtülebilir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

3.6.3. Sızıntı suyunun arıtımı

Sızıntı suyunun geri dönüşümünün ve buharlaştırılmasının kullanılmadığı ve bir arıtma tesisinde doğrudan bertarafının mümkün olmadığı yerlerde, sızıntı suyunun ön ya da tam arıtmadan geçmesi gereklidir. Sızıntı suyu arıtımı için kullanılan temel biyolojik ve fiziksel/kimyasal arıtım işlemleri ve süreçleri Çizelge 3.4'de verilmiştir (Tchbanoglous ve ark. 1993).



Şekil 3.10. Gazlardan kokuları uzaklaştırmak için kullanılan tipik kompost ya da toprak filtre (Tchbanoglous ve ark. 1993)

Çizelge 3.4. Sızıntı suyunun arıtımı için kullanılacak olan biyolojik, kimyasal ve fiziksel süreçler ve işlemler (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Arıtım süreci	Uygulama	Açıklamalar
Biyolojik süreçler		
Aktif çamur	Organik giderimi	madde Köpük giderici ilaveler gerekli olabilir, ayrı bir çökeltici gereklidir.
Seri bağlı kesikli reaktörler	Organik giderimi	madde Aktif çamura benzer, ancak ayrı çökeltici gerekmez; sadece göreceli olarak düşük akış hızlarına uygulanır.
Havalandırılmalı stabilizasyon havuzları	Organik giderimi	madde Büyük alan gereklidir.
Sabit film süreçleri (damlatmalı filtreler, döner biyolojik temas tankları)	Organik giderimi	madde Genellikle sızıntı suyuna benzer özellikteki endüstriyel atıksularda kullanılır, ancak, gerçek deponi sızıntı suyunda denenmemiştir.
Anaerobik havuzlar ve temas tankları	Organik giderimi	madde Düşük güç gereklidir ve çamur üretimi aerobik sisteme göre azdır; ısıtma gereklidir; süreç kararsızlığına karşı daha büyük bir potansiyele sahiptir; aerobik sistemlerden daha yavaştır.
Nitrifikasyon/ Denitrifikasyon	Azot (N) giderimi	Nitrifikasyon/denitrifikasyon organik madde giderimiyle eşanlı gerçekleştirilir.
Kimyasal süreçler		
Nötralizasyon	pH kontrolü	Birçok sızıntı suyuna uygulanabilir.
Çöktürme	Metal ve bazı anyonların giderimi	Çamur üretmesi nedeniyle tehlikeli atık olarak uzaklaştırma gerekir.
Yükseltgenme	Organik giderimi; bazı inorganik türlerin detoksifikasyonu	Seyreltik atık akımlarında çok iyi çalışır; klor kullanımı klorlu hidrokarbonların oluşumuna sebep olabilir.
Islak hava yükseltgemesi	Organik giderimi	madde Maliyetlidir; dayanıklı organik gideriminde etkilidir.
Fiziksel işlemler		
Sedimentasyon/ flotasyon	Askıda katı giderimi	madde Diğer arıtım süreçleriyle birlikte kullanılır.
Filtrasyon	Askıda katı giderimi	madde Sadece bir son iyileştirme kademesi olarak kullanılabilir.

Çizelge 3.4. (devam) Sızıntı suyu arıtımı için kullanılan örnek biyolojik, kimyasal ve fiziksel işlemler ve süreçler (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Arıtım süreci	Uygulama	Açıklamalar
Fiziksel işlemler		
Havayla sıyırma	Amonyak veya uçucu organik maddelerin giderimi	Hava kirliliği kontrol donanımı gerekli olabilir.
Su buharıyla sıyırma	Uçucu organiklerin giderimi	Enerji maliyetleri yüksektir; yoğunlaşmış su buharı ileri arıtım gerektirir.
Adsorbsiyon	Organik madde giderimi	Kanıtlanmış bir teknolojidir; sızıntı suyuna bağlı olarak maliyetler değişir.
İyon değişimi	Çözülmüş inorganik maddelerin giderimi	Sadece bir son iyileştirme kademesi olarak kullanılabilir.
Ultrafiltrasyon	Bakteri ve yüksek molekül ağırlıklı organik giderimi	Sızıntı suyu için uygulaması sınırlıdır.
Ters osmoz	İnorganiklerin seyreltik çözeltileri	Maliyetlidir; ön arıtım gereklidir.
Buharlaştırma	Sızıntı suyu deşarjına izin verilmeyen yerlerde	Oluşan çamur tehlikeli olabilir; kurak bölgeler dışında maliyetli olabilir.

Sızıntı suyu arıtımında, istenilen arıtma seviyesinin gerçekleştirilmesi için bir dizi arıtma sürecinin birlikte kullanılması gerekir. Depolama alanının yaşına göre sızıntı suyunun debisi ve bileşimindeki değişimi karşılayacak süreç zinciri oluşturulmalıdır. Arıtma sürecinin seçiminde ve tasarımında göz önüne alınması gereken önemli faktörler aşağıdaki gibidir:

- Sızıntı suyu karakteri: Organik ve inorganik madde içeriği.
- Zararlılık potansiyeli: Organik ve inorganik zehirli kimyasal maddelerin yüksek derişimleri.
- Deşarj alternatifleri: Yüzeysel sular, şehir kanalizasyon sistemi, arazide arıtma, depolama alanı üzerine geri dönüşüm.
- Arıtma derecesi: Sızıntı suyu bileşimi, deşarj standartları.

- Arıtılabilirlik çalışmaları: Elde edilen deneysel veriler, uygulanabilir teknolojiler.
- İşletme: Donanımların bakım ve tamiri, personel güvenlik eğitimi, analitik deneyler.
- Maliyet: Gerekli bütçenin bulunabilmesi, nihai örtü tabakası ihtiyacı.

Sızıntı suyu bileşiminin depo yaşına bağlı olarak değişmesi, farklı arıtma süreçlerinin uygulanmasına neden olur. Genç depolama alanlarında oluşan sızıntı suyunun fiziksel-kimyasal yöntemlerle arıtımı, biyolojik süreçler yanında organik madde giderimi bakımından yeterli değildir. Bunun yanında yaşlı depolama alanlarından toplanan stabilize olmuş sızıntı sularında, fiziksel kimyasal arıtımın iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

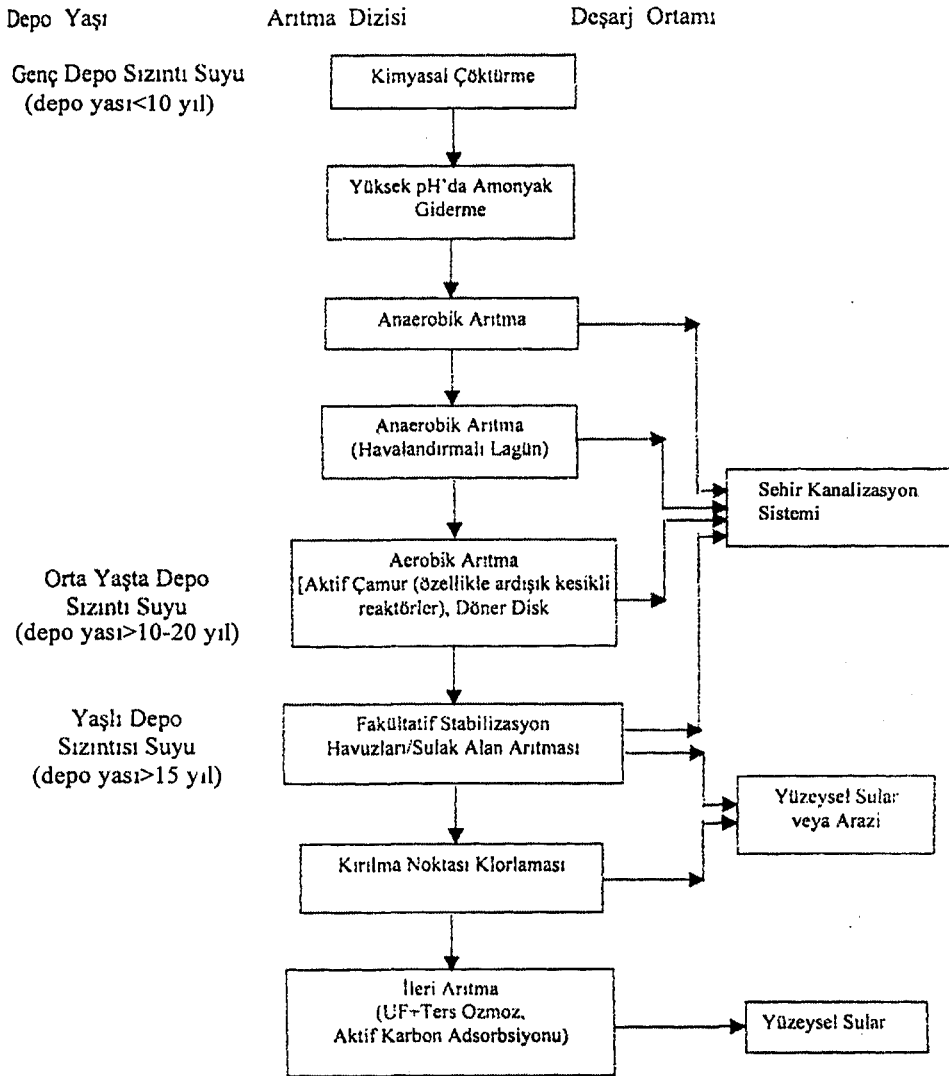
Katı atık düzenli depo sızıntı sularına uygulanabilecek arıtma süreçleri dizisi ve muhtemel deşarj ortamları, depo yaşı da dikkate alınmak suretiyle Şekil 3.11'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, genç depolama alanı sızıntı sularının şehir kanalizasyon şebekesine deşarjı için bile bir dizi ön arıtma uygulanması gerekmekte ve çoğu kez kanalizasyona deşarj limitlerinin sızıntı suları için özel protokolle belirlenmesi zorunluluğu ile karşılaşılmaktadır.

Genç sızıntı sularında Bölüm 3.7'de verilen yasal sınır değerlerin sağlanabilmesi için,

- Kimyasal arıtma+yüksek hızlı biyolojik (anaerobik veya aerobik) arıtma+havalandırılmalı havuz veya
- stabilizasyon havuzu+sulak alan arıtması veya kimyasal arıtma+(anaerobik arıtma)+UF ve ters ozmoz sistemi

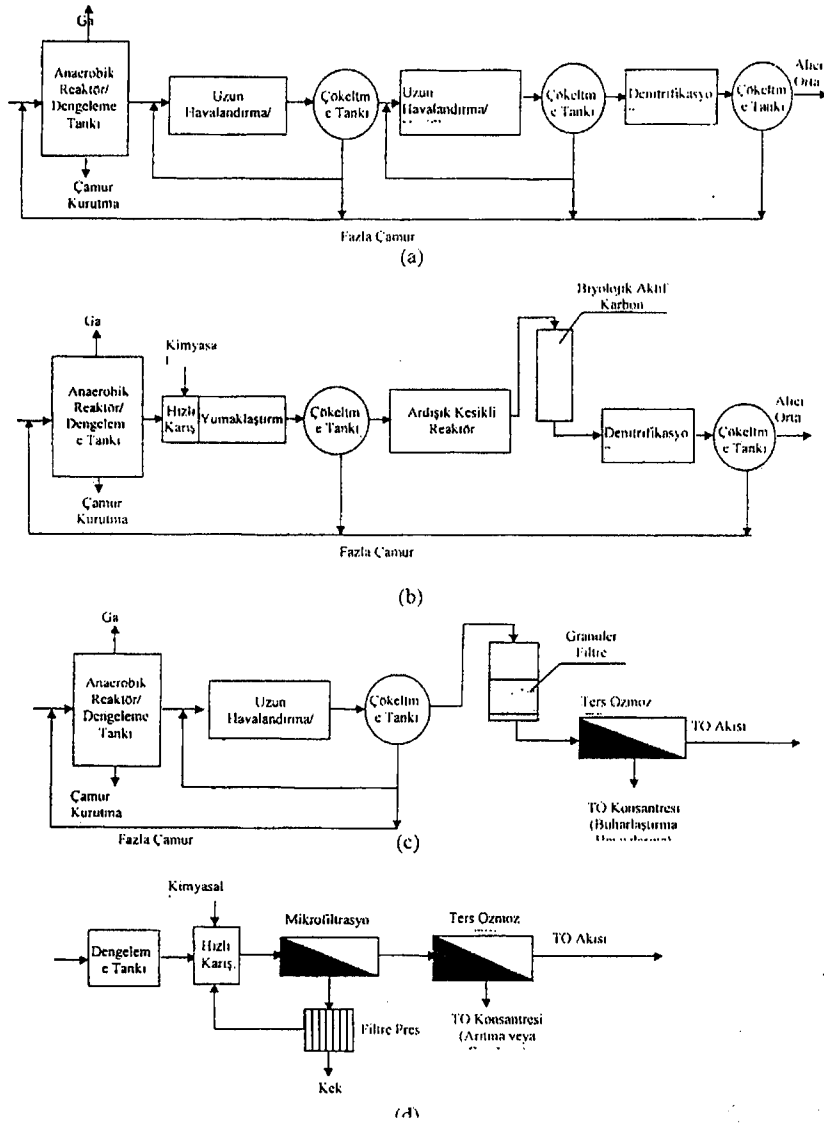
gibi çok kademeli ileri arıtma tekniklerinin uygulanması gerekir. Bu alanda dünyadaki genel eğilim aşağıdaki iki sistemden birinin kullanılmasıdır:

- Kimyasal ön arıtma+amonyak giderme+besi (N) gidermeli çok kademeli seri bağlı kesikli reaktör sistemi+sulak alan arıtması veya
- Kimyasal ön arıtma+amonyak giderme+anaerobik arıtma+ultra veya nano filtrasyon+ters ozmoz sistemi.



Şekil 3.11. Sızıntı sularına uygulanabilecek arıtma sistemleri ve arıtılmış su deşarj ortamları (Öztürk 1999)

Her iki sistem de son derece pahalı bir arıtma tesisinin kurulup özenle işletilmesini gerektirmekte, özellikle toplam-N ve $\text{NH}_4\text{-N}$ limitlerinin sağlanması önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden sistem seçiminde belediyelerin mali gücü, nitelikli personel durumu ve bu tür bir arıtmayı sürdürüp sürdürmeyeceği göz önünde tutulmalıdır. Şekil 3.12'de alıcı ortama deşarj için dünya genelinde uygulanan en yaygın arıtma tesislerinin akım şemaları verilmiştir.



Şekil 3.12. Alıcı ortama deşarj için arıtma alternatifleri (Öztürk 1999)

3.6.4. Atıksu arıtma tesisine deşarj

Depolama alanının atıksu toplama sistemine yakın yapıldığı ya da sızıntı suyu toplama sistemini atıksu toplama sistemine bağlamak için basınçlı bir kanalizasyonun kullanıldığı yerlerde, sızıntı suyu genellikle atıksu toplama sistemine deşarj edilir (Tchbanoglous ve ark. 1993).

Sızıntı suyunun kanalizasyon sistemine ulaştırılması, basınçlı boru hattı veya tankerlerle taşınmak suretiyle gerçekleştirilir. Her iki halde de düzenli depo sahasında asgari bir haftalık sızıntı suyunu depolayabilecek kapasitede, tercihen

içten geçirimsiz, geomembranla kaplı bir bekletme tankı bulunmalıdır (Bkz. Şekil 3.9(b)).

Bugüne değin yapılan uygulamalar, sızıntı sularının hacimce %2'ye kadar evsel atıksu arıtma tesislerine doğrudan veya kanalizasyon şebekesinin belli bir noktasından verilmesinin, merkezi atıksu arıtma tesisinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla çoğu kez, özellikle küçük ve orta büyüklükteki yerleşim yerlerinin katı atık sızıntı sularının söz konusu orana kadar evsel atıksu kanalizasyon sistemine verilmesi düşünülebilir. Bununla birlikte kanalizasyona deşarj öncesi, depo sahasında kimyasal arıtma ve yüksek pH'da (pH=10-11) amonyak giderme gibi bir ön arıtma uygulanmak suretiyle KOİ'de %20-30, TKN'de >%90 ve ağır metallerde >95 seviyelerinde giderimler sağlanabilir. Bu nitelikte bir ön arıtma sonucu, sızıntı sularının kanalizasyona deşarjı çevre açısından daha uygundur (Öztürk 1999).

3.7. Sızıntı Suyuyla İlgili Yasal Durum

Sızıntı suları için, diğer atıksularda da olduğu gibi, iki tür deşarj standardı söz konusudur:

- Ön arıtmayı takiben şehir kanalizasyon sistemine deşarj standardı
- Alıcı su ortamlarına deşarj standardı.

Şehir atıksu kanalizasyon şebekesi deşarjına izin verilen atıksuların ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 25'deki sınır değerleri (Çizelge 3.5), yüzeysel sulara deşarjı içinse, SKKY Tablo 20.6'da "Katı Atık Değerlendirme ve Bertaraf Tesisleri" için öngörülen standartları sağlaması gereklidir. (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.5. Atıksuların atıksu alt yapı tesislerine deşarjında öngörölen atıksu standartları (Anonim 1988)

Parametre	Kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu alt yapı tesislerinde	Kanalizasyon sistemleri derin deniz deşarjı ile sonuçlanan atıksu alt yapı tesislerinde
Sıcaklık (°C)	40	40
pH	6,5-10,0	6,0-10,0
Askıda katı madde (mg/L)	500	350
Yağ ve gres (mg/L)	250	50
Katran ve petrol kökenli yağlar (mg/L)	50	10
KOİ (mg/L)	4000	600
Sülfat (mg/L)	1000	1000
Toplam sülfür (mg/L)	2	2
Fenol (mg/L)	20	10
Serbest klor (mg/L)	5	5
Toplam azot (mg/L)	-	40
Toplam fosfor (mg/L)	-	10
Arsenik (mg/L)	3	10
Toplam siyanür (mg/L)	10	10
Toplam kurşun (mg/L)	3	3
Toplam kadmiyum (mg/L)	2	2
Toplam krom (mg/L)	5	5
Toplam civa (mg/L)	0,2	0,2
Toplam bakır (mg/L)	2	2
Toplam nikel (mg/L)	5	5
Toplam çinko (mg/L)	10	10
Toplam kalay (mg/L)	5	5
Toplam gümüş (mg/L)	5	5
Klorür (mg/L)	10000	-
Yüzeş aktif maddeler	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.	

Çizelge 3.6. Katı atık değerlendirme ve bertaraf tesisleri için öngörülen standartlar (Anonim 1988)

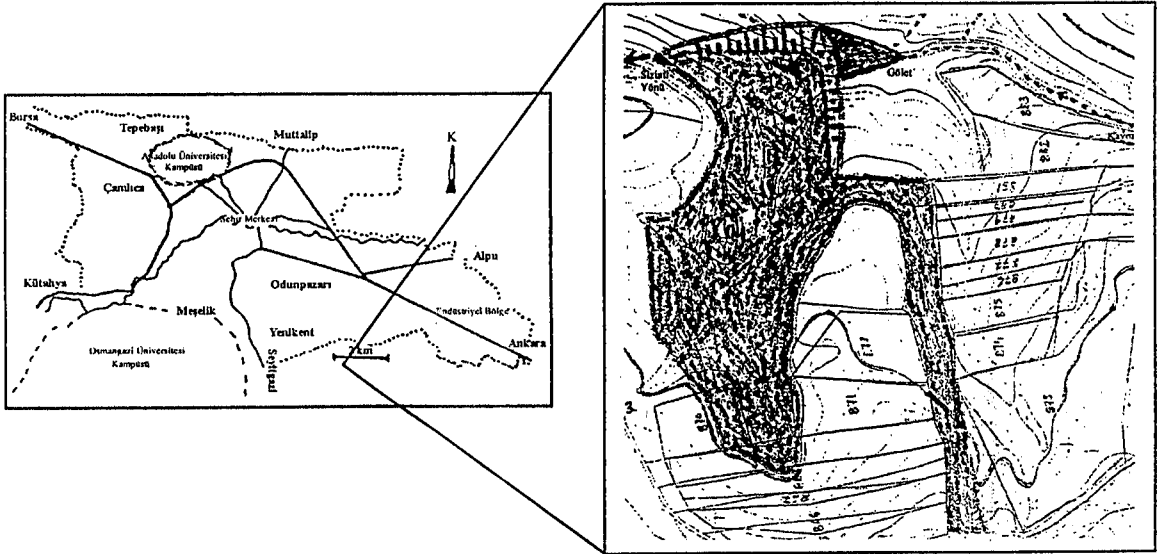
Parametre	Birim	Kompozit numune	
		2 saatlik	24 saatlik
BOİ ₅	(mg/L)	100	50
KOİ	(mg/L)	160	100
AKM	(mg/L)	200	100
Yağ ve gres	(mg/L)	20	10
Toplam fosfor	(mg/L)	2	1
Toplam krom	(mg/L)	2	1
Krom (Cr ⁺⁶)	(mg/L)	0,5	0,5
Kurşun	(mg/L)	2	1
Toplam siyanür	(mg/L)	1	0,5
Kadmiyum	(mg/L)	0,1	
Demir	(mg/L)	10	
Florür	(mg/L)	15	
Bakır	(mg/L)	3	
Çinko	(mg/L)	5	
Balık biyodeneyi		10	
pH		6-9	6-9

4. ESKİŞEHİR KATI ATIK YÖNETİMİ VE DEPOLAMA SAHASININ DURUMU

Eskişehir çöp depolama sahası şehrin güneydoğusunda, Eskişehir Seyitgazi yolu üzerinde yolun solunda, şehir merkezine 15 km, Yenikent Toplu Konut Alanı'na 5 km mesafede ve Kırık-Şahindere mevkiinde yer almaktadır. Sahanın şehir merkezindeki yerleşimi Şekil 4.1'de verilmiştir.

1986 yılından beri çöplerin düzensiz olarak döküldüğü bu sahaya, günde yaklaşık 500 ton evsel kati atık gelmektedir. Gelecekte Düzenli Atık Depolama Sahası olarak projelendirilmesi düşünülen alan 164 hektar olup, yaklaşık olarak 8 hektarlık bir alan şu anda kullanılmaktadır (Anonim 1991b).

Yaklaşık 2 milyon m³ hacme sahip atık kütlesi ile kaplı olan mevcut saha, 50 m derinliğindeki bir vadinin yamacında yer alır.



Sahaya, iki alt belediyenin ve onlara bağılı olarak çalışan iki ayrı taşeron firmanın araçları ile şehirden toplanan evsel nitelikli atıkların dışında, sağlık kuruluşlarının tıbbi atıkları ve sanayi kuruluşlarının endüstriyel nitelikli atıkları da gelmekte, dolayısıyla, evsel atıklar yanında, tehlikeli, toksik ve enfekte atıklar bir arada bulunmaktadır.

Atıklar şehirden sahaya, asfalt kaplı Eskişehir-Seyitgazi karayolu ile ulaşmakta, sahaya girişte toprak yol başlamaktadır. Sahanın girişinde kantar ve kontrol işleri için bir bina bulunmakta ve bu binada 1 kişi sürekli olarak kontrol ve tartım işlerini yapmaktadır. 24 saat çöp dökümüne açık olan sahada, tamamıyla sağlıksız koşullar altında, çeşitli kişiler tarafından geri kazanım işlemi yapılmaktadır. Sahaya çöpler döküldükten sonra sözü edilen kişiler tarafından geri kazanılabilir nitelikteki atıklar ayrılarak bir kepçe yardımıyla vadiye boşaltılmaktadır.

Sahanın çevresinde birkaç küçük kuyu, az debili memba ve çöplerin zamanla su akışını kesmesiyle oluşmuş bir gölet mevcuttur. Bu göletin yüzeyi gerek rüzgar, gerekse çöp dökümü etkisiyle çöp ile kaplanmıştır. En derin yerinin 1,5-2 m olduğu bilinmektedir.

Sahanın çevresi henüz çit veya benzer bir fiziksel engel ile çevrilmediği için, sahaya insan, küçük ve büyükbaş hayvan girişi kaçınılmazdır.

Sahanın yakın çevresinde herhangi bir yapılaşma olmayıp, az sayıda ve ekim yapılmamış tarım arazileri bulunmaktadır. Yaklaşık 500 m'lik bir mesafede Asri Mezarlık bulunan sahanın bir kısmı şahıs arazisi olup, diğer kısımları hazineye ait orman arazisi (çalı kaplı) olarak görünmektedir. Sahada kendiliğinden oluşan küçük çöp yangınları gözlenmekle birlikte, koku ve sinek problemi muhtemelen rüzgar nedeniyle şimdilik çok azdır.

Eskişehir'de iki alt belediye (Tepebaşı ve Odunpazarı) tarafından atıkların hemen hemen tamamı karışık olarak toplanmaktadır. 1996 yılında, cam, metal, plastik, kağıt ve karton atıklarının ayrı toplanarak değerlendirilmesini hedefleyen ve iki alt belediye tarafından ÇEVKO Vakfı ile birlikte yürütülen pilot çalışmalar halen kısmen devam etmektedir. Bugüne değin 6200 konutta uygulanmakta olan programda Tepebaşı Belediyesi'nce 222 ton, 5300 konutta uygulanmakta olan

programda ise Odunpazarı Belediyesi'nce 138 ton geri kazanılabilir nitelikte atık toplanmıştır.

4.1. Evsel Atıklar

Eskişehir'de evsel atıklarla ilgili bugüne değin kapsamlı ve sistematik olarak yapılan tek çalışma Anadolu Üniversitesi "Yunusemre ve İki Eylül Kampüsleri Atıklarının Karakterizasyonu ve Değerlendirilebilirlik Seçeneklerinin İncelenmesi" Projesi çerçevesinde 1 yıl boyunca yapılan deneysel verilerden oluşmaktadır. Çeşitli zamanlarda münferit olarak yapılan diğer çalışmalarla bu projedeki fiziksel bileşimler Çizelge 4.1'de karşılaştırılmıştır.

Toplam atık içerisindeki organik madde miktarı yaz aylarında artış göstermekte, bunun yanı sıra kağıt, plastik, cam gibi geri kazanılabilir maddelerin miktarı artmaktadır. Kış aylarında kül miktarında belirgin bir artış olmasına rağmen ısıtma sisteminde doğal gazın geçişin başlaması ile bu oranda da azalma görülmektedir (Anonim 1991b).

Çizelge 4.1. Eskişehir'de katı atıkların fiziksel bileşimi (Anonim 1991b ve Banar ve ark. 2001)

Madde	Büyükşehir Belediyesinin çalışmaları		Anadolu Üniversitesi'nin çalışmaları	
	17-18 Mart 1988	21 Temmuz 1993	Ocak 2001-Kasım 2001	
	%	%	%	
Organik	7,74	45,25	43	
Kül	82,3	15,0	-	
Kağıt	1,9	5,4	22	
Plastik	0,95	14,6	24	
Bez	0,1	6,0	-	
Cam	0,3	3,6	7,5	
Hafriyat	6,3	6,7	-	
Metal	-	-	3,5	

4.2. Tıbbi Atıklar

Eskişehir ilinde, 13 tanesi merkezde, 12'si ilçelerde ve 18 tanesi de köylerde olmak üzere, toplam 43 Sağlık Ocağı faaliyet göstermektedir.

İlde 4 adet verem savaş dispanseri olup, il merkezinde Sağlık Bakanlığı'na bağlı 1 Devlet Hastanesi, 1 Doğumevi, Çifteler ve Sivrihisar ilçelerinde 1'er Devlet Hastanesi bulunmaktadır.

Bunların dışında merkezde diğer Bakanlıklar, Üniversite ve özel sektöre ait 6 hastane daha vardır. Eskişehir'de oluşan tıbbi atık miktarı 2001 yılı verilerine göre 223584 kg/yıl şeklindedir.

Şehir Merkezindeki sağlık kuruluşlarında oluşan tıbbi atıklar (evsel ve enfekte) çoğunda ayrı olarak, atık tipine göre farklı renkli torbalarda biriktirilmekte, ancak daha sonra bu atıklar diğer evsel atıkların taşındığı sıkıştırılmalı araçlarla mevcut çöp sahasına taşınmaktadır.

Mevcut sahada tıbbi atıklar için ayrı bir döküm yeri bulunmakla ve tıbbi atıkların bir kısmı sahaya atık torbaları ile getirilmekle birlikte, sahanın mevcut koşulları nedeniyle tıbbi atıklar dağınık ve çevre için olumsuz etkilere neden olacak şekilde depolanmaktadır.

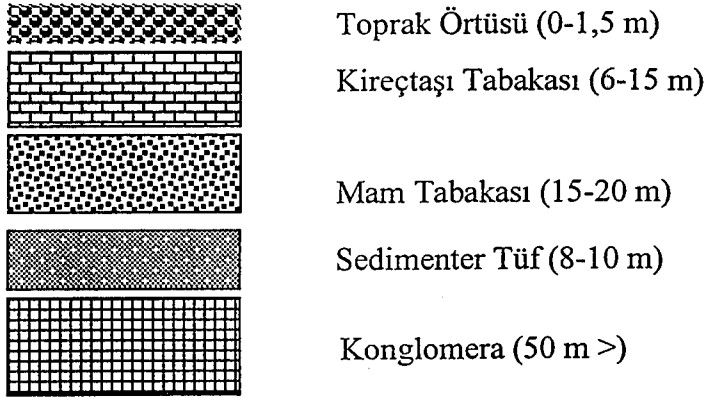
4.3. Endüstriyel Atıklar

Eskişehir'de mevcut Organize Sanayi Bölgesi'nden 2001 yılında çıkan toplam endüstriyel atık miktarı yaklaşık 87865 tondur (Aksakal 2002). Ayrıca il merkezinde faaliyet gösteren TUSAŞ Motor A.Ş. ve Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı'ndan 2000 yılı verilerine göre toplam 165 ton endüstriyel atık çıkmıştır (Anonim 2001). Endüstriler ve Hava Kuvvetleri atıklarını kendi araçları ile Büyükşehir Belediyesi'nin Kırtık-Şahindere mevkiindeki çöp sahasına getirmektedir. Bazı sanayiler kendi atıkları içerisindeki geri kazanılabilir maddelerini diğer atıklardan ayrı olarak toplayıp değerlendirmekte ve tehlikeli ve zararlı atıklarını kendileri bertaraf etme yoluna gitmektedirler.

4.4.Saha Çevresinin Hidrolojisi ve Jeolojisi

Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılan çalışmada sahadaki oluşumun kalker olduğu görülmektedir. Sahaya yaklaşık 4-5 km mesafede bulunan E-tipi cezaevi alanında yapılmış bulunan sondajlarda, Yeraltı Su Seviyesi (YASS)'nin 40-50 m'de bulunduğu belirtilmiştir.

İnceleme sahası Paleojen yaşlı taban konglomera ile bunun üzerinde diskordan olarak gelen Neojen yaşlı sedimenter tüf, marn ve kireçtaşı tabakaları ile temsil edilmektedir. Aşağıda sahanın litojik kesiti gösterilmiştir (Tahmiscioğlu 2001).



Şekil 4.2. Çöp depolama sahasının litolojik kesiti (Tahmiscioğlu 2001).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Örnek Alınması

Çalışmanın deneysel kısmı 4 ana bölümden oluşmaktadır:

- I. Sızıntı suyunun karakterizasyonunu yapmak amacıyla gerçekleştirilen fiziksel ve kimyasal analizler,
- II. Sızıntı suyundaki uçucu organik bileşenlerin KFME tekniğiyle ekstre edilerek GC-MS sisteminde tayini,
- III. Sızıntı suyundaki organik bileşenlerin KFE tekniğiyle ekstre edilerek Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisinde (High Pressured Liquid Chromatography-HPLC) tayini,
- IV. Sızıntı suyunun laboratuvar ölçekli aerobik ve anaerobik reaktörlerde artımı.

9 Ekim 2001 tarihinde başlanan deneysel çalışmalar için örnekler Seyitgazi Yolu üzerindeki Eskişehir katı atık depolama sahasından aylık periyotlarla alınmış ve kötü hava şartları nedeniyle örneğin alınamadığı Aralık ayı dışında toplam 7 aylık veri toplanmıştır.

Sahadaki örnekleme çalışmaları 2 tanesi sondaj olmak üzere 4 noktada gerçekleştirilmiş olup, sahadaki numune alma noktaları Ek 1'de işaretlenmiştir. Ekim 2001'de açılan 3 m derinliğinde 100 mm genişliğindeki sondaj kuyularına aynı ölçülerde delikli plastik borular yerleştirilip daha sonraki aylarda bu boruların içinde biriken sulardan örnek alınmıştır. Bunlardan ilki eski depolama bölgesinin içinde, diğeri ise halen depolamanın devam ettiği yeni depolama bölgesinin aşağısındaki vadidedir. Ayrıca bu sondaj kuyularının bulunduğu bölgelerde oluşmuş su birikintilerinden de numune alınmıştır. Örnekler alındıktan sonra sıcaklık ve çözünmüş oksijen parametrelerinin ölçümleri yerinde yapılmış, örnekler laboratuvara getirildikten sonra Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Numune Alma Tebliği'nde belirtilen koruma ve saklama koşullarına göre koruma altına alınıp diğeri parametrelerin analizleri için hazırlanmıştır.

5.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Gerçekleştirilen fiziksel ve kimyasal analizler, analiz yöntemleri ve uygulanan standart numaralarıyla birlikte Çizelge 5.1’de, deneysel çalışma sonuçları ise Bölüm 6’da verilmiştir.

Çizelge 5.1. Fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler ve standartlar

Parametreler	Analiz yöntemleri	Numune kabı	Koruyucu önlemler	Numune hacmi, ml	Max. numune bekleme zamanı	Referanslar	
pH	pH metre ile elektrometrik	P* / C**	Yerinde analizleme	100	2 saat	SM 4500	
Sıcaklık	---	P / C	Yerinde analizleme	---	---	SM 2550	
İletkenlik	---	P / C	Soğutma +4°C	500	28 gün	SM 2510	
Toplam katı madde	Buharlaştırma	P / C	Soğutma +4°C	25	24 saat	SM 2540 B	
TÇM	Buharlaştırma	P / C	Soğutma +4°C	---	24 saat	SM 2540 C	
Askıda madde	katı	Gravimetrik yöntem	P / C	Soğutma +4°C	25	24 saat	SM 2540 D
Uçucu ve sabit katılar	ve	Yakma	P / C	Soğutma +4°C	---	24 saat	SM 2540 E
Çökebilir katılar		Volumetrik yöntem	P / C	Soğutma +4°C	1000	24 saat	SM 2540 F
Çözünmüş oksijen		Elektrokimyasal prob yöntemi	C	Derhal analizlenmeli	500	---	SM 4500-O G
BOİ		Seyreltme ve aşılama yöntemi	P / C	Soğutma +4°C	200	6 saat	SM 5210
KOİ		Titrimetrik yöntem	P / C	H ₂ SO ₄ ile pH≤2	50	7 gün	SM 5220 B
Yağ ve gres		Gravimetrik yöntem	C	H ₂ SO ₄ ile pH≤2	1000	28 gün	SM 5520 B
Asidite		Potansiyometrik titrasyon	P / C	Soğutma +4°C	25 ml	24 saat	SM 2310
Alkalinite		Potansiyometrik titrasyon	P / C	Soğutma +4°C	25 ml	24 saat	SM 2320
Sertlik		EDTA ile titrimetrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	7 gün	SM 2340 C
Organik azot		Kjeldahl yöntemi	P / C	H ₂ SO ₄ ile pH≤2	500	24 saat	TS 7392

Çizelge 5.1. (Devam) Fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler ve standartlar

Parametreler	Analiz metotları	Numune kabı	Koruyucu önlemler	Numune hacmi, ml	Max. numune bekletme zamanı	Referanslar
Nitrat	Spektrofotometrik yöntem (HACH)	P / C	Derhal analizlenmeli	50 ml	24 saat	
Nitrit	Spektrofotometrik yöntem (HACH)	P / C	Derhal analizlenmeli	50 ml	24 saat	
Sülfat	Spektrofotometrik yöntem (HACH)	P / C	Soğutma +4°C	50 ml	7 gün	
Sülfür	Spektrofotometrik yöntem (HACH)	P / C	4 damla/100 ml, 2N çinkoasetat	50 ml	7 gün	
Klorür	Spektrofotometrik yöntem (HACH)	P / C	Derhal analizlenmeli	50 ml	---	
Fenol	Spektrofotometrik yöntem (HACH)	P / C	Soğutma +4°C	300 ml	24 saat	
Na, K, Ca	Alev fotometresi	P / C	---	100 ml	---	SM 3030
Demir	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	6 ay	SM 3111 B
Bakır	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	6 ay	SM 3111 B
Nikel	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	6 ay	SM 3111 B
Çinko	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	6 ay	SM 3111 B
Kadmiyum	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	6 ay	SM 3111 B
Kurşun	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	6 ay	SM 3111 B
Gümüş	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	6 ay	SM 3111 B
Krom	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	24 saat	SM 3111 B
Antimon	Atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntem	P / C	HNO ₃ ile pH≤2	100 ml	---	SM 3111 B

* P:Plastik

**C:Cam

5.2.1. pH (SM 4500), sıcaklık (SM 2550) ve iletkenlik (SM 2510) tayinleri

Sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun logaritmasının negatifine örneğin pH değeri denir. Suyun pH değerine bağlı olarak, su ile cam yüzey arasında potansiyel farkı vardır. Bu nedenle, cam elektrot ile voltaj ölçülerek, çözeltinin pH değeri tespit edilir.

Çalışmada, sızıntı suyunun pH değeri Orion marka 420A model pHmetreyle ölçülmüş, sıcaklık değeri sahada belirlenmiş, iletkenlik tayini ise SM 2510'a göre yapılmış ve değerler HACH marka iletkenlik ölçerle tespit edilmiştir.

5.2.2. Toplam katı madde tayini (SM 2540 B)

Katı maddeler 103°C'de gerçekleştirilen buharlaştırma işleminden sonra geriye kalan kalıntı olarak tanımlanabilir. Bu işlem sonucunda gravimetrik olarak miktarı tayin edilen katı madde, toplam katı madde olarak adlandırılır. Toplam katı maddeler, askıda katı maddeler ve çözünmüş katı maddeler olarak ikiye ayrılır.

TKM tayininde, buharlaştırma kabı sabit tartıma getirildikten sonra 25 ml sızıntı suyu örneği alınır, beklerle ısıtılarak su buharlaştırılır. Kalan katı madde 103°C'de 1 saat kurutulur. Toplam katı madde miktarı aşağıdaki eşitliğe göre bulunur (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{mg toplam katılar/l} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{örnekhacmi, ml}} \quad (5.1)$$

Burada,

A: Kalıntı + kap ağırlığı, mg

B: Kap ağırlığı, mg

5.2.2.1. Çözünmüş katı madde tayini (SM 2540 C)

Çözünmüş katı maddeler inorganik tuzları, çözünebilir organik maddeleri ve çözünebilir gazları içerir. Su örneğinin filtreden geçebilen kısmının 103-105°C'de buharlaştırılması ile geriye kalan maddelerin mg/L cinsinden ifadesidir. Filtre edilebilir katı madde derişimi aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{Çözünmüş katı madde (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{örnekhacmi, ml}} \quad (5.2)$$

Burada,

A: Buharlaştırılan madde + kap ağırlığı, mg

B: Kap ağırlığı, mg

5.2.2.2. Askıda katı madde tayini (SM 2540 D)

Filtre edilemeyen katı maddeler olarak ifade edilen bu katı maddeler, su örneğinin filtreden geçmeyen kısmının 103°C'de etüvde 1 saat kurutulması ve desikatörde soğutulup tartılması suretiyle tayin edilir. Bu tayinde su örneği önce filtre edilir ve daha önce sabit tartıma getirilmiş olan filtre üzerindeki kalan maddelerle birlikte 103°C'deki kurutmadan sonra tekrar tartılır. Bu iki tartım yardımı ile askıda katı madde derişimi tayin edilir (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{Askıda katı madde (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{örnekhacmi, ml}} \quad (5.3)$$

Burada,

A: Filtre + filtre edilemeyen katı maddelerin ağırlığı, mg

B: Filtre ağırlığı, mg

5.2.2.3. Uçucu ve sabit katıların tayini (SM 2540 E)

Yüksek sıcaklıklarda (600°C) uçucu hale gelebilen katı maddeler uçucu katı maddeler olarak adlandırılır. Bu sıcaklıkta organik maddeler CO₂ ve H₂O şeklinde uzaklaşacaktır. Uçucu katı maddelerin tayini ile su ve atıksularda organik maddelerin oranı hakkında bilgi edinilebilir. Ancak bu sıcaklıkta bazı inorganik tuzlar da kararsız hale gelebilir.

600°C sıcaklıkta uçucu hale gelmeyen katı maddeler ise sabit katı maddeler olarak adlandırılırlar. İnorganik tuzların büyük bölümü bu sınıfa girer.

Toplam katı madde tayini yapıldıktan sonra kap ve içinde kalan maddeler 550±50°C'de fırında tutulur ve kap ile içinde kalanlar tekrar tartılır (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{Uçucu katı madde (mg/l)} = \frac{(A - B)}{C} \times 1000 \quad (5.4)$$

Burada;

A: Kap + içindeki madde ağırlığı (fırında yakmadan önce)

B: Kap + içindeki madde ağırlığı (550°C'de yakmadan sonra)

C: ml örnek hacmi

$$\text{Sabit katılar (mg/l)} = \frac{(B - D)}{C} \times 1000 \quad (5.5)$$

Burada;

B: Kap + içindeki madde ağırlığı (550°C'de yakmadan sonra)

D: Kabin ağırlığı

C: ml örnek hacmi

5.2.2.4. Çökebilir Katılar (SM 2540 F)

Bunlar ağırlıkları etkisiyle kendiliğinden çökebilen katılardır. Çökme hızı parçacıkların büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlıdır. Hacimsel olarak ml/l

şeklinde veya ağırlık olarak mg/l şeklinde ifade edilebilir. Çoğunlukla hacimsel olarak ölçülür. Bu amaçla İmhoff konileri kullanılır. Koniye iyice karıştırılmış 1 litrelik örnek konur, 45 dakika çökmeye bırakılır. Sonra koninin kenarına yapışanlar yavaşça karıştırılır ve 15 dakika daha bekletilir. 1 saat sonra çökebilene kısmın hacmi ölçülür, ml/l/saat olarak ifade edilir. Çoğunlukla ml/l olarak verilir. Eğer sonuç mg/l cinsinden verilmek istenirse örneğin askıda katı madde derişimi ölçülür. Bir kaba 1 litre su örneği konarak 1 saat çökmeye bırakılır. Daha sonra 250 ml çökmemiş kısımdan örnek alınarak bu örneğin askıda katı maddesi ölçülür. Çökebilene katı madde miktarı aşağıdaki eşitlikten bulunur (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{Çökebilene katı madde (mg/l)} = \text{Toplam askıda madde, mg/l} - \text{Çökelemeyen askıda madde, mg/l} \quad (5.6)$$

5.2.3. Çözünmüş oksijen tayini (SM 4500-O G)

Çözünmüş oksijen seviyeleri, suda gerçekleşen fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal aktivitelere bağlıdır. Çözünmüş oksijen analizleri su kirliliği ve atık arıtım süreçlerinin kontrolünde son derece önemli bir analizdir.

Sızıntı suyundaki çözünmüş oksijen derişimleri Jenway marka 9071 model çözünmüş oksijenmetre ile sahada ölçülmüştür.

5.2.4. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı tayini (SM 5210)

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), aerobik şartlarda bakterilerin organik maddeleri parçalayarak stabilize etmeleri için gereken oksijen miktarı olarak tanımlanır.

BOİ aerobik yükseltgenmeye dayanır ve besi maddesi olarak kullanılan organik maddelerin 20°C'de karışık bir mikroorganizma topluluğu tarafından tüketilen oksijen miktarının ölçümünü içeren bir yaşam testi olarak bilinir. Oksijenin sudaki çözünürlüğünün çok sınırlı olması yüzünden (20°C'de denge değeri 9 mg/l), çok kirli sularda test sırasında kaptaki çözünmüş oksijen

bulunacağından emin olmak için, bu tip örneklerin seyreltilmesi gereklidir. Seyreltme suyu atıksuyun BOİ miktarına göre değiştiğinden, atıksudan beklenen BOİ önceden tahmin edilerek, buna göre birden fazla seyrelti ile çalışmak esastır.

Seyrelme suyu kullanılmadan önce, çözünmüş oksijene doyurularak ağzı pamukla kapalı şişelerde saklanır. Bu suyun 1 litresine; fosfat tampon çözeltisi, magnezyum sülfat, kalsiyum klorür ve demir klorür çözeltilerinden 1'er ml ilave edilir. Örneğin harcayabileceği çözünmüş oksijen göz önüne alınarak örnek seyreltilir. 5 gün boyunca inkübatörde tutulur. 5 gün sonunda içindeki çözünmüş oksijen miktarı tayin edilmesi istenen şişeye 2 ml mangan sülfat ve 2 ml alkali iyodür azodür çözeltisi eklenir. Kapak yeniden kapatılarak karıştırılır. Kahverengi bir çökelti oluşacaktır. Çökeltinin üzerine 2 ml sülfürik asit eklenir. Kapak yeniden kapatılır ve yavaşça alt üst edilerek karıştırılır. Bu çözeltilerden aşağıdaki denklemle belirtilen bir hacim alınır.

$$\text{Örnek hacmi} = \frac{200 \times \text{BOİ sisesi hacmi}}{\text{BOİ sisesi hacmi} - 6} \quad (5.7)$$

Örneğe 1-2 damla nişasta eklenir ve sodyumtiyosülfat çözeltisiyle titrasyon gerçekleştirilir. Çözünmüş oksijen miktarı ve BOİ derişimi aşağıdaki formüllerle belirlenir (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{mg/lO}_2 = \frac{N_T \times V_T \times 8000}{\text{örnekhacmi}} \quad (5.8)$$

N_T : Sodyumtiyosülfat çözeltisinin normalitesi, N

V_T : Tüketilen tiyosülfat hacmi, ml

$$\text{BOİ} = (O_{kt} - O_{st}) \times \frac{\text{şişehacmi}}{\text{örnekhacmi}} \quad (5.9)$$

O_{kt} : t günde körün çözünmüş oksijen derişimi

O_{st} : t günde örneğin çözünmüş oksijen derişimi

5.2.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı tayini (SM 5220 B)

Atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri de kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) dir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı gibi, ancak ondan farklı olarak organik maddenin biyokimyasal tepkimelerle değil redoks tepkimeleriyle yükseltgenmesi esasına dayanır. Biyokimyasal yükseltgenmenin bazı organik maddelerde çok hızlı cereyan etmesine karşılık, kimyasal yükseltgenmede maddenin biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına bakılmaz.

Testte her ml 0,25N dikromat çözeltisine, 2 mg oksijen karşı gelmektedir. Deney sırasında titrasyon için büretten akıtılan çözelti indirgen (Fe^{+2}) içeren bir çözelti olup, bu çözelti uzun süre hava ile temas sonucu yükseltgenerek indirgeme gücünü zamanla yitirdiğinden, bu çözeltinin de $Cr_2O_7^{-2}$ 'nin önceden belirlenen normalitesine göre standardizasyonu gerekir. Standardizasyon için 100 ml'lik bir balon joje kullanılarak, 10 ml potasyum dikromat çözeltisi 100 ml'ye tamamlanır. Çözelti 250 ml'lik bir erlene aktarılarak 30 ml derişik H_2SO_4 eklenir. Yaklaşık 2-3 damla ferroin belirteci kullanılarak demir amonyum sülfat (DAS) çözeltisi ile titre edilir. Çözeltinin molaritesi aşağıdaki formül ile hesaplanır. Her çalışmada DAS standardize edilmelidir.

$$M = \frac{A}{B} \times 0,25 \quad (5.10)$$

M: DAS çözeltisinin molaritesi

A: Potasyumdikromat hacmi, ml

B: Titrasyonda kullanılan DAS hacmi, ml

500 ml'lik bir erlene 50 ml örnek konur. 1 g civa sülfat ve birkaç tane kaynama taşı eklenir. Çok yavaş bir şekilde 5 ml H_2SO_4 çözeltisi eklenir ve civa sülfatın çözünmesi için iyice karıştırılır. 25 ml 0,0417M potasyum dikromat çözeltisi eklenir ve karıştırılır. Erlen geri soğutucuya takılır ve geri soğutucunun açık ucundan erlene 70 ml sülfürik asit çözeltisi eklenir. Çözelti yeterince

karıştırıldıktan sonra iki saat kaynatılır. Kaynama bittiğinde soğumaya bırakılır. Geri soğutucudan çözeltiliye hacmi kadar su eklenir. Birkaç damla ferroin belirteci eklenerek DAS ile titrasyon gerçekleştirilir. Distile sudan oluşan ve gerekli kimyasalları içeren bir kör çözeltili de aynı işlemlere tabi tutulur. KOİ değeri aşağıdaki formülle hesaplanır (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{KOİ (mgO}_2\text{/l)} = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{ml örnek}} \quad (5.11)$$

A: Kör için kullanılan DAS hacmi (ml)

B: Örnek için kullanılan DAS hacmi (ml)

M: DAS molaritesi (M)

5.2.6. Yağ ve gres tayini (SM 5520 B)

Yağ ve gres organik kökenli olup, hidrokarbonları, sabunları, katı ve sıvı yağları, mumları ve asitlendirilmiş su örneğinden bir çözücü yardımı ile ekstrakte edilebilen diğer benzeri maddeleri içerir. Bu maddeler, analiz sırasında buharlaşmazlar.

pH'sı iki veya daha düşük değere indirilen 250 ml örnek, bir ayırma hunisine alınır. Örnek şişesine dikkatlice 30 ml triklorotrifloroetan konulur ve çalkalanarak ayırma hunisine ilave edilir. Ayırma hunisi beş dakika süreyle kuvvetlice çalkalanır ve alttaki fazın ayrılması için beklenir. Triklorotrifloroetan tabakası (yağ ve gres ile birlikte diğer organik maddeleri içeren tabaka) içinde çözücü ile nemlendirilmiş filtre kağıdı bulunan bir cam huni yardımı ile sabit ağırlığa getirilmiş ve darası alınmış temiz bir behere filtre edilir. Filtre edilmeden önce, 10 g sodyum sülfat filtre kağıdının üzerine konur.

Ayırma hunisinin üstünde kalan örnek tabakası, tekrar ayırma şişesine alınarak özütleme işlemi 30'ar ml triklorotrifloroetan ile en az iki kere tekrarlanır. Her özütleme sonunda alınan çözücü tabakaları, darası alınmış aynı behere aktarılır ve filtre kağıdı 10-20 ml triklorotrifloroetan ile yıkanır. Yıkamada kullanılan çözücü de behere aktarılır. Beher, 70° C'daki ısıtıcı üzerine konularak

triklorotrifloroetan buharlaştırılır. Beher desikatörde 30 dakika tutularak soğutulur ve tartılır. Yağ ve gres miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır (Greenberg ve ark.,1992).

$$Y.G. = \frac{(A - B) \times 1000}{V} \quad (5.12)$$

Burada,

Y.G.: Örneğin içerdiği yağ ve gres miktarı, (mg/l)

A: Darası alınmış beherin deney sonucunda tartılan ağırlığı, (mg)

B: Beherin boş ağırlığı, (mg)

V: Deneyde kullanılan örnek hacmi,(ml)

5.2.7. Asidite tayini (SM 2310)

Asidite, genel anlamıyla bazları nötralize etme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Suda asiditenin değişik kaynakları olabilir. pH değeri 4,5'tan düşük olan sularda mineral asiditesi mevcuttur. Mineral asiditesinin tayininde 25 ml örneğe 0,05 ml 0,1M sodyum tiyosülfat ve 5 damla metil oranj indikatörü eklenerek 0,02N NaOH ile titrasyon gerçekleştirilir. Örneğin fenolftalein dönüm noktası olan pH 8,3'te titrasyonu ile; mineral asidite ve zayıf asitlerin toplamı olan "toplam asidite" ölçülür. Genel olarak asidite değerleri mg/l CaCO₃ eşdeğeri olarak verilir. Bu değer aşağıdaki formül ile hesaplanır (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{Asidite (mg/l CaCO}_3\text{)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times 50000}{\text{örnekhacmi(ml)}} \quad (5.13)$$

V_{NaOH} : Titrasyonda harcanan NaOH hacmi, ml

N_{NaOH} : NaOH'in normalitesi, N

5.2.8. Alkalinite tayini (SM 2320)

Bir suyun alkalinitesi, o suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Suların alkalinitesi zayıf asitlerin tuzları ve kuvvetli bazlar tarafından oluşturulur. Asidite gibi alkalinite de varılan pH noktasına kadar iki bölüme ayrılabilir. Alkaliniteyi belirlemek için yapılan titrasyonlarda pH=8,3 değerine ulaşıldığını belirlemek için belirteç olarak genellikle fenolftalein kullanılır. Bu yüzden 8,3 değerine kadar olan alkalinite yani hidroksit+karbonat alkalinitesi fenolftalein alkalinitesi olarak da adlandırılır. Eğer titrasyon devam ettirilirse çözeltiliye eklenecek olan hidrojen iyonları bikarbonatı karbonik asite çevirecektir. Tepkime, pH yaklaşık 4,5'a indirildiğinde sona erer. Hidroksit, karbonat ve bikarbonat ile tepkimeye giren asit miktarı toplam alkaliniteye karşılık gelir. Burada kullanılan belirteç bromkresol yeşilidir. Titrasyonlar 0,02N hidroklorik asit çözeltisi ile gerçekleştirilir ve serbest klor girişimini engellemek için titrasyondan önce örneğe 0,05 ml 0,1M sodyum tiyosülfat çözeltisi eklenir. Alkalinite değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{Alkalinite (mg/l CaCO}_3\text{)} = \frac{V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 50000}{\text{örnekhacmi(ml)}} \quad (5.14)$$

V_{HCl} : Titrasyonda harcanan HCl hacmi, ml

N_{HCl} : HCl'in normalitesi, N

5.2.9. Sertlik tayini (SM 2340 C)

Suda sertlik iki değerlikli metal katyonları tarafından oluşturulur. Bu metal iyonlarının başlıcaları kalsiyum ve magnezyumdur. Stronsiyum, demir, çinko, mangan ve üç değerlikli alüminyum iyonları da su sertliğine katkıda bulunurlar, ancak, derişimleri genelde kalsiyum ve magnezyuma göre çok düşük olduğundan etkileri ihmal edilebilir.

Örneğin analizine başlamadan önce 25 ml standart kalsiyum karbonat çözeltisi, etilendiamintetraasetik asit (EDTA) çözeltisiyle titre edilerek,

titrasyonda kullanılan EDTA hacminden 1 ml EDTA çözeltisinin kaç mg/l CaCO_3 'a karşılık geldiği hesaplanır. Daha sonra örnek çözeltiden 50 ml alınarak içinde 1-2 ml amonyum klorür ve amonyum hidroksit bulunan tampon çözelti eklenir. Eriochrome black T ve hidroksilamin hidroklorürden oluşan belirteç çözelti eşliğinde EDTA ile titrasyon gerçekleşir. Suyun sertliği aşağıdaki formülle hesaplanır (Greenberg ve ark. 1992).

$$\text{Sertlik (mg/l CaCO}_3) = \frac{A \times B \times 1000}{\text{örnek hacmi(ml)}} \quad (5.15)$$

A: titrasyonda kullanılan EDTA hacmi (ml)

B: 1 ml EDTA'nın mg olarak CaCO_3 karşılığı

5.2.10. Organik azot tayini (TS 7392)

Organik azot; organik olarak bağlı -3 değerlikli azotu ifade eder. Sularda bulunan organik azot aminoasitler, polipeptitler ve proteinlerden ibaret olup biyolojik süreçlerin bir ürünüdür. Bunlara albüminoid azotu da denir.

Deney örneğinin hacmi, su örneğindeki organik azot miktarına bağlı olarak belirlenir. Alınan örnek 800 ml'lik Kjeldahl balonuna konularak 300 ml'ye seyreltilir. Üzerine 25 ml borat tampon çözeltisi ilave edilir ve sodyum hidroksit çözeltisi ile pH 9,5'e ayarlanır. Örneğin içerisine birkaç tane cam boncuk konur. Serbest amonyak uzaklaştırmak için örnek ya kaynatılır ya da damıtılır. Serbest amonyak uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan içerik soğutulur, üzerine dikkatli bir şekilde 50 ml asit-sülfat ilave edilir. Asit-sülfat çözeltisi yerine 10 ml derişik sülfürik asit, 6,7g potasyum sülfat ve 1,5 ml civa sülfat çözeltisi de ilave edilebilir. Büyük miktarlarda azotsuz organik madde mevcut ise örnekteki katı maddenin her gramı için ilave 50 ml asit-sülfat çözeltisi eklenir ve iyice karıştırılır. Çözelti 30 ml kalana kadar kaynatılmak suretiyle çürütmeye (digestion) tabi tutulur ve çıkan kükürtrioksit buharları uzaklaştırılır. Çürütmenin bitişi çözeltinin renksizleşmesi veya açık saman rengi almasıyla anlaşılır. Geriye kalan berraklaşmış çözelti 30 dakika süreyle soğutulur ve indikatör olarak 0,5 ml

fenolftalein çözeltisi eklenir. Daha sonra Gerhardt Vapodest 40 cihazında distilasyon işlemi gerçekleştirilir. Cihaz aracılığıyla 300 ml damıtık su ilave edilir ve daha sonra hidroksit-tiyosülfat çözeltisi ile bu çözelti bazik yapılır. 50 ml borik asit indikatör çözeltisi de ilave edildikten sonra damıtma işlemine başlanır. Bu işlem yaklaşık 200 ml damıtık çözelti toplanıncaya kadar devam ettirilir.

Elde edilen damıtık çözelti 0,02 N standart sülfürik asit çözeltisi ile titre edilir. Gerekli düzeltmeleri yapmak için damıtık su kullanılarak kör çözelti de aynı işlemlere tabi tutulur. Makro Kjeldahl yöntemi ile tayin edilen organik azot derişimi aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Anonim1989).

$$\text{Organik azot, mg/l} = \frac{(A - B) \times 280}{C} \quad (5.16)$$

A: Örnek için harcanan standart sülfürik asit çözeltisi, ml

B: Şahit için harcanan standart sülfürik asit çözeltisi, ml

C: Alınan örnek miktarı, ml

5.2.11. Nitrat tayini (kadmiyum indirgeme yöntemi)

Nitrat analizleri HACH DR2000 marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Program numarası olarak 355 girilir ve dalga boyu 400 nm'ye ayarlanır. İki tane örnek hücreesine 25'er ml örnek konur. Bunlardan birisine Nitra Ver 5 Reagent Powder Pillow'dan bir adet eklenir ve 1 dakika süreyle karıştırılır. 5 dakikalık tepkime süresinden sonra örnekteki nitrat azotu miktarı mg/l NO₃⁻- N olarak okunur. Nitrat miktarı gerekli dönüşümler yapılarak nitrat azotu miktarından hesaplanır.

5.2.12. Nitrit tayini (ferröz sülfat yöntemi)

Nitrit analizleri HACH DR2000 marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Program numarası olarak 373 girilir ve dalga boyu 585 nm'ye ayarlanır. İki tane örnek hücreesine 25'er ml örnek konur. Bunlardan birisine Nitri Ver 2 Nitrite

Reagent Powder Pillow'dan bir adet eklenir ve karıştırılır. 10 dakikalık tepkime süresinden sonra örnekteki nitrit miktarı mg/l NO_2^- olarak okunur.

5.2.13. Sülfat tayini (USEPA 375.4)

Sülfat analizleri HACH DR2000 marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Program numarası olarak 680 girilir ve dalga boyu 450 nm'ye ayarlanır. İki tane örnek hücreesine 25'er ml örnek konur. Bunlardan birisine Sulfa Ver 4 Reagent Powder Pillow'dan bir adet eklenir. 5 dakikalık tepkime süresinden sonra örnekteki sülfat miktarı mg/l SO_4^{2-} olarak okunur.

5.2.14. Sülfür tayini (metilen mavisi yöntemi)

Sülfür analizleri HACH DR2000 marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Program numarası olarak 690 girilir ve dalga boyu 665 nm'ye ayarlanır. Örnek hücrelerinden birine 25 ml analiz edilecek su, diğerine de distile su konur. Her iki hücreye de 1 ml Sulfide 1 Reagent çözeltisi eklenir ve karıştırılır. Sonra her ikisine de Sulfide 2 Reagent 1 ml eklenir ve karıştırılır. 5 dakikalık tepkime süresinden sonra örnekteki sülfür miktarı mg/l S^{-2} olarak okunur.

5.2.15. Klorür tayini (civa tiyosiyanat yöntemi)

Klorür analizleri HACH DR2000 marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Program numarası olarak 70 girilir ve dalga boyu 455 nm'ye ayarlanır. Örnek hücrelerinden birine 25 ml analiz edilecek su, diğerine de distile su konur. Her iki hücreye de 2 ml civa tiyosiyanat çözeltisi eklenir ve karıştırılır. Sonra her ikisine de demirli çözeltiden (ferric ion solution) 1 ml eklenir ve karıştırılır. 2 dakikalık tepkime süresinden sonra örnekteki klorür miktarı mg/l Cl^- olarak okunur.

5.2.16. Fenol tayini (USEPA Metot 420.1)

Fenol analizleri HACH DR2000 marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Program numarası olarak 470 girilir ve dalga boyu 460 nm'ye ayarlanır. İki adet 500 ml'lik ayırma hunilerinden birine 300 ml distile su, diğerine de 300 ml örnek konulur. Her ikisine de önce 5 ml Hardness 1 buffer, daha sonra Fenol reagent ve Fenol 2 powder pillow eklenir ve karıştırılır. Bunu takiben, 30 ml kloroform ilave edilip özütleme işlemi gerçekleştirilir. Kloroform tabakası örnek hücrelerine alınır ve örnekteki fenol miktarı mg/l fenol olarak okunur.

5.2.17. Sodyum, potasyum ve kalsiyum tayinleri (SM 3030)

100 ml örneğin içine 5 ml 1+1 hidroklorik asit eklenerek 15 dakika su banyosunda ısıtılır. Kalan örnek süzülerek damıtık su ile 100 ml'ye tamamlanır. Ancak, kalsiyum analizi gerçekleştirilmeden önce 100 ml'lik örneğe 10 ml lantanyum çözeltisi ilave edilir. Hazırlanan örnekteki sodyum, potasyum ve kalsiyum miktarları Eppendorf Elex 6361 model Alev Fotometresiyle tayin edilmiştir (Greenberg ve ark. 1992).

5.2.18. Ağır metal analizleri (SM 3111B)

100 ml örneğin içine 5 ml 1+1 hidroklorik asit eklenerek 15 dakika su banyosunda ısıtılır. Kalan örnek süzülerek damıtık su ile 100 ml'ye tamamlanır. Demir analizinden önce 100 ml'lik örneğe 25 ml kalsiyum çözeltisi ve krom analizinden önce de 100 ml'lik örneğe 1 ml %30'luk H₂O₂ ilave edilir. Hazırlanan örnekteki ağır metal (demir, bakır, nikel, çinko, kadmiyum, kurşun, gümüş, krom ve antimon) miktarları Varian marka Alev Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile tayin edilmiştir. (Greenberg ve ark. 1992).

5.3. Katı Faz Ekstraksiyonu (KFE) (Solid Phase Extraction-SPE) ve Katı Faz Mikroekstraksiyonu (KFME) (Solid Phase MicroExtraction SPME) ile Yapılan Analizler

Sızıntı suyu, atığın bünyesinde mevcut olan kirletici bileşenler yanında depolama alanında gerçekleşen tepkimeler sonucunda oluşan dönüşüm ürünlerini de içerir. Dönüşüm ürünleri, genellikle ilk ürünlerden daha polar bir yapıya sahiptir. Bu bileşiklerin tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesinde, uçuculukları ve polariteleri bazında kimyasal özelliklerindeki farklılık ve çeşitli bileşik sınıflarına ait olan geniş dağılımları nedeniyle tek bir analitik yöntemden daha fazlasına ihtiyaç vardır (Benfenati ve ark. 1999).

Bunun yanında, geleneksel özütleme yöntemleri, verimli ve doğru sonuçlar vermekle beraber, uzun zamanda gerçekleştirilmeleri, kullanılan organik çözücülerin insan sağlığı için tehlikeli olması ve pahalı olmaları nedeniyle bu tarz analizlerde tercih edilmemektedir. Dolayısıyla, son zamanlarda, daha kısa sürede ve daha ekonomik biçimde sonuca götüren KFE (Solid Phase Extraction-SPE) ve KFME (Solid Phase MicroExtraction SPME) teknikleri kullanılmaya başlanmıştır (Lee ve ark. 1998).

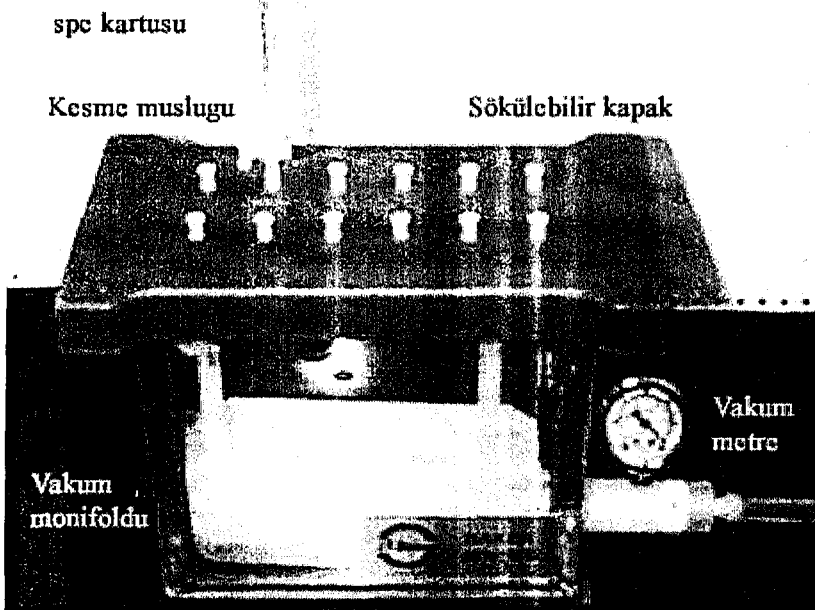
Çalışmada, çevre mühendisliği alanında yeni bir uygulama aracı olan KFE ve KFME tekniklerinden yararlanılmış, uygulamaları TBAM laboratuvarlarında yapılan bu analizlerden elde edilen sonuçlar Bölüm 6'da verilmiştir.

5.3.1. Katı faz ekstraksiyonu (KFE)

KFE, son zamanlarda kromatografi teknikleriyle uğraşan araştırmacıların hemen hemen yarısı tarafından kullanılan etkin bir özütleme yöntemidir. Çevre kalitesinin belirlenmesine yönelik analizler, farmakolojik ve biyokimyasal analizler, organik kimya ve gıda analizleri gibi uygulamaların geniş bir aralığında kullanılabilirliği özelliği vardır. KFE'nin klasik sıvı-sıvı özütlemeyle karşılaştırıldığında avantajları; düşük çözücü tüketimi, kısa zaman gerektirmesi ve otomasyon için uygun olmasıdır. Ayrıca, bir örnek hazırlama işinde, katı fazla (adsorban) sıvı arasında farklı etkileşimler gerçekleşme olasılığı KFE kullanılarak

çözülebilir ve yöntemler kromatografik koşulların ayarlanmasıyla optimize edilebilir. Sıvı-sıvı özütlemesi, sıvı fazda oluşan dengeler için sınırlı iken, KFE polar, hidrofobik ve/veya iyonik etkileşimler için çok sayıda adsorban sunar (http-1). KFE yönteminin şematik gösterimi Şekil 5.1'de verilmiştir.

KFE genellikle, üç ana amaç için kullanılabilir: sıvının derişik hale getirilmesi, girişim yapan bileşiklerin uzaklaştırılması ve sıvı matriksinin değiştirilmesi. Girişim yapan bileşikler varken sıvı, ya KFE materyalinin üzerinde adsorblanabilir, ya da doğrudan içinden akıtılabilir. Örnek, katı fazın içinden ilerler veya sıkıştırılır ve sıvı molekülleri adsorbanın üzerinde zenginleştirilir. Böylece girişim yapan bileşikler ve çözücü molekülleri uzaklaştırılır. Daha sonra kalan, girişim yapan bileşikler, uygun bir yıkama çözültisiyle adsorbandan yıkanır. Son olarak, sıvı uygun bir çözücüyle adsorbandan uzaklaştırılır. Bazı durumlarda, diğer girişim yapan bileşikler adsorbanda kalabileceğinden, girişim yapan bileşiklerin kuvvetli adsorpsiyonu için atık yağ ve çamur gibi örneklerde ön saflaştırma gerekebilir. Sıvı adsorbanla etkileşim göstermiyorsa ve sadece girişim yapan bileşikler kalıyorsa, katı faz sadece örneği süzmek için kullanılabilir.



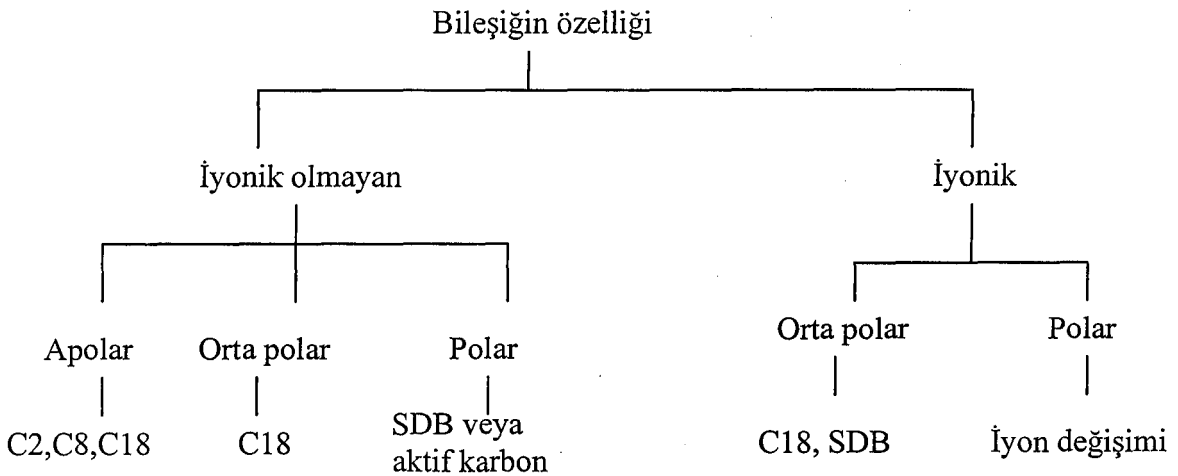
Şekil 5.1. KFE yönteminin şematik gösterimi (http-1)

Adsorban ve sıvının işlevsel gruplarının hidrokarbon artıkları arasında apolar etkileşimler gerçekleşir. Bir çok organik bileşik apolar bir yapıya sahip olduğundan bu bileşikler Van-der-Waals kuvvetleriyle apolar adsorbana adsorplanabilir. Apolar özelliklere sahip bileşikler için önerilen adsorbanlar; C18ec, C18, C18 Hidra ve C8 modifiye edilmiş silikalardır (http-2).

Yüklü sıvı ve karşı yüklü işlevsel gruba sahip bir adsorban arasında iyonik etkileşimler gerçekleşir. Katyonik gruplar; birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül aminler ve kalsiyum, sodyum, magnezyum gibi inorganik katyonlar da bulunur. Anyonik gruplara da; karboksilik ve sülfonik asitler, fosfatlar ve benzer gruplar örnek verilebilir. İyonik etkileşimler için önerilen adsorbanlar; C18 ve modifiye edilmiş silikalardır.

Polar etkileşimler, sıvının işlevsel grubu ve farklı adsorbanlar arasında oluşabilen hidrojen bağları, dipol-dipol ve p-p etkileşimlerini kapsar. Bu etkileşimlerin bazıları, azot, sülfür, fosfor ve oksijen gibi heteroatomlu gruplar, aromatik halkalar ve çift bağlar gibi amino, hidroksil ve karbonil grupları arasında gerçekleşebilir. Polar etkileşimler için kullanılan tipik adsorbanlar; modifiye edilmemiş silika, CN, NH₂ ve OH (diol) gibi modifiye edilmiş silikalardır. Polar bileşikler genellikle, apolar bir ortamdan polar bir adsorbana kolaylıkla adsorbe edilebilir ve polar bir çözücüyle uzaklaştırılabilir.

Çevresel analizler için kullanılan KFE yöntemlerinin seçiminde öngörülen genel yaklaşım Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Çevresel analizler için KFE yönteminin seçiminde genel yaklaşım (Thurman ve Mills, 1998)

KFE yönteminde takip edilecek ana basamaklar şunlardır:

1. Adsorbanın şartlandırılması: Sıvı ile adsorban arasında yinelenabilir etkileşimleri kesinleştirmek için adsorbanın şartlandırılması gereklidir. Aynı zamanda çözünme olarak adlandırılan şartlandırma, adsorbanın ıslanmasıyla sonuçlanır ve böylece sıvının adsorbanması için uygun bir çevre yaratılmış olur. Apolar adsorbanlar, kolon hacminin 2-3 katı olacak şekilde ve suyla karışabilen bir çözücüyle (MeOH, izopropanol gibi) şartlandırılır. Polar adsorbanlar, apolar çözücülerle şartlandırılır.

2. Örneğin uygulanması (adsorpsiyon): Örneğin uygulanması ~3 ml/dak.'lık akış hızıyla pozitif ya da negatif basınçlarda yapılır.

3. Adsorbanın yıkanması: Adsorbanın yıkanması genellikle özel bir yıkama çözücüyle gerçekleştirilir, ancak bazı durumlarda bu gerekli olmayabilir. Eğer yıkama çözücüsü ve atılan çözelti (eluent) arasındaki polarite farkı çok büyükse veya ikisi birbirine karışmıyorsa, yıkamadan sonra adsorban yatağının kurutulması önerilir.

4. Elution: Uygun bir çözücüyle adsorblanan maddenin alınmasında çözücü akış hızı çok hızlı olmamalıdır. Çözücü akış hızı; kolon veya kartuş boyutuna ve adsorban miktarına bağlıdır (yaklaşık 1 ml/dak) (http-3).

5.3.1.1. Çalışmada KFE tekniğinin uygulanması

Bu çalışmada, sızıntı suyundaki organik bileşikleri belirlemek için örnekler KFE tekniğiyle ekstrakte edildikten sonra HPLC'nde analiz edilmiştir. Deney koşulları daha önce yapılan çalışmalar incelenerek belirlenmiştir (Çizelge 5.2.).

Çizelge 5.2. Sızıntı suyu analizlerinde KFE tekniğinin kullanıldığı çalışmaların karşılaştırılması

	Benfenati ve ark.,1999		Castillo ve ark.,2001		Martinez ve ark.,2002
	C18	Lichrolut EN	C18	IsoluteENV+	Lichrolut EN
Yıkama ve Aktivasyon	10 ml etil asetat 10ml asetonitril	5ml asetonitril 5 ml su	7ml metanol 3 ml su	7ml metanol 3 ml su C18kartuştan sonra pH 3'e ayarlanır	5 ml metanol 5 ml etilasetat 5 ml su
Örnek miktarı	50 ml	50 ml	200 ml	200 ml	250 ml
Elüsyon	10ml etilasetat	(2×3ml) asetonitril	FraksiyonA:2× 5mlhekzan FraksiyonB:2× 5mldiklorometan/hekzan(4:1) FraksiyonC:2× 5mlmetanol/di klorometan(9:1)	FractionD:10 ml 5mM trietilamin ve 5mM asetikasit/metanol (1:9)	5 ml metanol 5 ml etilasetat
Kurutma	Azot	Azot	Azot	Azot	45-50°C'de rotavaporda tamamen kurutma
Çözme	1 ml metanol	1ml metanol	Uygun HPLC mobil fazında son hacim 1ml	Uygun HPLC mobil fazında son hacim 1ml	500µl asetonitril 0,005M fosfat tampon çöz.
Analiz edilen cihaz	GC-MS	GC-MS	HPLC	HPLC	HPLC

Sızıntı suyundaki organik bileşikleri belirlemek için yapılan KFE analizlerinde, LiChrolut EN ve C 18 olmak üzere iki tür kartuş kullanılmıştır. Sızıntı suyu içinde hem apolar, hem de polar bileşiklerin olması nedeniyle C18 kartuşlar apolar bileşikler, LiChrolut EN kartuşlar da polar bileşikler için seçilmiştir. Çalışmaların başlangıcında, daha önceki literatür taramalarından faydalanılarak, 6 adet kimyasal madde, standart olarak kullanılmıştır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Kullanılan standart çözeltiler ve derişimleri (Benfenati ve ark. 1999)

Bileşik	Hazırlanan derişim (mg/ml)
Benzoik asit	2,04
Tereftalik asit	2,03
İzoftalik asit	2,02
3-kloro benzoik asit	2,09
4-hidroksi benzoik asit	2,11
2-kloro benzoik asit	2,26

Kullanılan yöntemde uygulanan basamaklar şöyledir:

- *Yıkama ve aktivasyon:* Kartuşlarda önce 10 ml etil asetat ve daha sonra 10 ml asetonitril geçirilmiştir.
- *Örneğin uygulanması:* Örnekler 0,45µm gözenek çaplı membran filtrede süzöldükten sonra 100 ml'si kartuştan geçirilmiştir.
- *Elüsyon:* Kartuşta adsorplanan bileşikler de 50 ml etil asetatla çözücüye alınmıştır.
- *Çözücüü uzaklaştırma:* Elde edilen çözeltideki etil asetat döner buharlaştırıcıda uçurulmuştur.
- *Çözme:* Kalan çözeltiler bir HPLC şişesine alınarak 1 ml metanolde çözülmüştür.

Yöntemin doğruluğundan emin olmak amacıyla standart kimyasal maddelerle çalışmalar gerçekleştirilmiştir, standart maddelerden karışık bir stok çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltiler her iki kartuştan geçirilerek ekstraktları alınmıştır. Ayrıca hazırlanan stok çözeltiden 1/10 ve 1/50 oranlarında seyreltmeler yapılarak bunlar da aynı işlemlere tabi tutulmuştur. Ekstraktlar ve hazırlanan çözeltiler HPLC'e verilip geri kazanılan çözeltiler miktarı belirlenmiştir.

Örneklerde bulunan ve standart olarak kullanılan fenolik bileşiklerin analizleri Shimadzu Model GA-vp sisteminde, Diode Array Dedektör (Shimadzu

SPD-M10A vp) ve otomatik enjektör (Shimadzu SIL-10AD) kullanılarak yapılmıştır. Ayırımalar ters faz C18 Ultrasphere (Backman, 250×4,6 mm; 5µm partikül çapı) kolonunda 1 ml/dk akım hızında gerçekleştirilmiştir. Değişen akış hızının uygulandığı çalışmada, A çözeltisi olarak; metanol:su:asetik asit (10:88:2, h/h/h) ve B çözeltisi olarak ise metanol:su:asetik asit (90:8:2, h/h/h) çözücü sistemi kullanılmış ve zamana göre B çözeltisi derişiminin artırılması ile kontrol edilen akış sisteminde 0.dk'da %0, 15.dk'da %15, 20.dk'da %50, 29.dk'da %70, 35.dk'da %100 doğrusal değişen akış programı uygulanmıştır. KFE'den alınan örnekler 25µl hacimde enjekte edilmiş ve fenolik bileşiklerin varlıkları 280 nm, 320 nm ve 360 nm'lerde HPLC kromatogramları alınarak, standart fenolik bileşiklerin alıkonma zamanları (t_k) ve UV Vis spektrumları ile karşılaştırılmıştır.

5.3.2. Katı faz mikroekstraksiyonu (KFME)

Kimyasal analizlerde hızlı örnek almak amacıyla geliştirilmiş olan KFME tekniği ilk olarak Kanada'da Waterloo Üniversitesi'nde Belardi ve Pawliszyn tarafından 1989'da kullanılmıştır. İlk ticari örneği de, 1993 yılında SUPELCO firması tarafından piyasaya sunulmuştur. KFME tekniğinin hızlı bir şekilde gelişmesi 1990 yılının başında, özel tasarımı mikroenjektörler içine adsorban kaplı elyafın yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir (Arslandere 2002). KFME tekniği organik maddelerin sulu ekstraktları veya sudaki uçucu ve yarı uçucu organik bileşiklerin geniş bir aralığının belirlenmesi için çevreyle ilgili analizlerde artarak kullanılmaya başlanmıştır. Temel olarak, sulu örneklerden daldırma yöntemiyle (daldırmalı-KFME) ve sıvı örneklerin üzerindeki buhar fazından, diğer bir deyişle tepe boşluğundan (tepeboşluğu-KFME) polidimetilsiloksan (PDMS) ve poliakrilat (PA) gibi polimerik bir sıvı fazla kaplanmış-silis elyaf üzerine spesifik organik maddelerin özütlemesini kapsayan çözücüsüz bir yöntemdir. Dengeden sonra, absorplanmış ya da adsorplanmış sıvı içeren elyaf uzaklaştırılır ve bir gaz kromatografının sıcak injektöründen ısıl olarak desorplanır ([http-4](http://4)).

KFME, diğer klasik örnek hazırlama yöntemlerine göre zaman, çözücü ve emek tasarrufu özelliklerine sahip, çok geniş uygulama alanlarında hassas

analizlere imkan sağlayabilen ve her geçen gün gelişen alternatif bir örnek hazırlama tekniğidir. Adsorbsiyon ve desorbsiyon tekniğini birarada taşıdığı için örnek hazırlanmasını kolaylaştırır. Adsorbsiyon işlemi için gerekli süre 2-30 dakikadır. Çözücü kullanılmasına gerek kalmadan adsorbsiyon ve desorbsiyon gerçekleştirilebilir. Aletli analiz uygulamaları kolaylıkla yapılabilir. Herhangi bir GC ya da GC-MS'de, su-bazlı ve diğer örneklerle ve otomatik örnekleme cihazlarıyla kullanılabilir.

Kaplama materyalinin çeşitliliğinden dolayı uygulama alanı çok geniştir. Sonuçlar, klasik özütleme yöntemleriyle alınan sonuçlara paralellik göstermektedir.

KFME elyafi uygun şekilde kullanıldığında tekrar tekrar kullanılabilme özelliğine sahiptir (50-100 kez). Elyaf, ısı desorbsiyon ya da uygun organik çözücülerle kolayca temizlenebilir. Bu nedenle oldukça ekonomiktir.

Elektron tutucu dedektör (ECD) ile trilyonda bir kısım (ppt) tespit sınırına ulaşılabilir. Bileşiklerin sınırları dinamik bir sırayla hatasız tespit edilir.

Bu nedenlerden dolayı KFME tek başına geleneksel örnek hazırlama tekniklerinin yerini alabilecek, yüksek verimli basit bir örnek hazırlama tekniğidir ve diğer tekniklere alternatif olarak geliştirilmiştir (Arslandere 2002).

KFME tekniğinin diğer örnek hazırlama teknikleriyle karşılaştırılması Çizelge 5.4.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Diğer örnek hazırlama teknikleri ile KFME tekniğinin karşılaştırılması (http-5)

Teknik	Saptama sınırı	Doğruluk (RSD)	Maliyet	Süre	Çözücü kullanımı	Basitlik
Purge&trap	ppb	1-30	Yüksek	30 dakika	Yok	Hayır
Sıyırma	ppt	3-20	Yüksek	2 saat	Yok	Hayır
Headspace	ppm		Düşük	30 dakika	Yok	Evet
Sıvı-sıvı eks.	ppt	5-50	Yüksek	1 saat	1000 ml	Evet
KFE	ppt	7-15	Orta	30 dakika	100 ml'ye kadar	Evet
KFME	ppb-ppt	<1-12	Düşük	2-30dakika	Yok	Evet

5.3.2.1. KFME enjektörü

KFME enjektörü, şekil olarak gelişmiş bir mikrolitre enjektörüne benzemektedir (Şekil 5.3). 1 cm uzunluğunda, 5µm çapında adsorbanla kaplı silika bir elyafa sahiptir. Bu elyaf paslanmaz çelik kaplı bir koruyucu kulpa bağlıdır. KFME enjektöründe delici bir uç içerisine çekilebilen paslanmaz çelik bir tüp içerisine yapıştırılmış, yüzeyi sabit bir fazla kaplı olan silika elyaf görülür. KFME enjektörlerinin elle ve otomatik olarak kullanılabilen çeşitleri vardır.

KFME ile başarılı bir analiz gerçekleştirebilmek için dikkat edilmesi gereken en önemli husus adsorbe edilecek bileşiğin yapısına uygun elyafın seçilmesidir. Elyafın tipini belirleyebilmek için de analiz edilecek maddenin polaritesini ve molekül ağırlığını bilmek gerekir.

Düşük molekül ağırlıklı veya uçucu bileşiklerin analizinde genellikle 100 µm'lik PDMS'le kaplanmış elyafa ihtiyaç duyulur. Daha büyük molekül ağırlıklı veya yarı uçucu bileşikler 7 µm PDMS kaplı elyaf ile daha etkili bir biçimde adsorbe olurlar. Yüksek molekül ağırlıklı yarı uçucu bileşikler 30 µm'lik PDMS elyafını GC/MS vb. kolonuna enjeksiyon sırasında 100 µm'lik PDMS elyafından daha çabuk terk ederler. Yüksek tutunma özelliğine sahip polar olmayan yarı uçucular için 7 µm'lik PDMS kaplı elyaflar tavsiye edilir. Çok polar bileşiklerde, polar örnekleri ekstre edebilmek için 85 µm'lik PA kaplı elyaf kullanılır. Yüksek oranda buharlaşabilen maddeler (alkol ve aminler gibi) diğer bileşiklere göre çok daha hızlı adsorbe olurlar ve 65 µm'lik PDMS/DVB (divinilbenzen) kaplı elyaftan çok daha hızlı salıverilirler. 60 µm'lik PDMS/DVB kaplı elyaf genellikle HPLC için tercih edilir. Karbovaks/reçine kaplı elyaflar genellikle yüzey aktif maddelerin özütlenmesinde kullanılır (Çizelge 5.5) (Arslandere 2002).

Çizelge 5.5. KFME elyaflarının özellikleri ve kullanım amaçları (Arslandere 2002)

Kaplama materyali	Tanımlama	Kaplama kalınlığı	Kullanım alanı	Özellik	Önerilen analiz yöntemi
PDMS	Bağlı değil	100 µm	Uçucular	Kırmızı/düz	GC/HPLC
	Bağlı değil	30 µm	Polar olmayan yarı uçucular	Sarı/düz	GC/HPLC
	Bağlı	7 µm	Orta polar olmayan yarı uçucular	Yeşil/düz	GC/HPLC
PDMS/DVB	Kısmen çapraz bağlı	65 µm	Polar uçucular	Mavi/düz	GC
		60 µm	Genel	Kahverengi/çentikli-dişli	HPLC
PA	Kısmen çapraz bağlı	85 µm	Polar yarı uçucular	Beyaz/düz	GC/HPLC
Karboksen/PDMS	Kısmen çapraz bağlı	75 µm	Eser miktardaki uçucular	Siyah/düz	GC
Karbovaks/reçine	Kısmen çapraz bağlı	50 µm	Yüzey aktif maddeler	Mor/çentikli-dişli	HPLC
Karbovaks/DVB	Kısmen çapraz bağlı	65 µm	Polar bileşikler	Turuncu/düz	HC
DVB/karboksen/PDMS	Tamamen çapraz bağlı	50/30 µm	Genel	Gri/düz	GC
		50/30 µm	Genel	Gri/dişli	

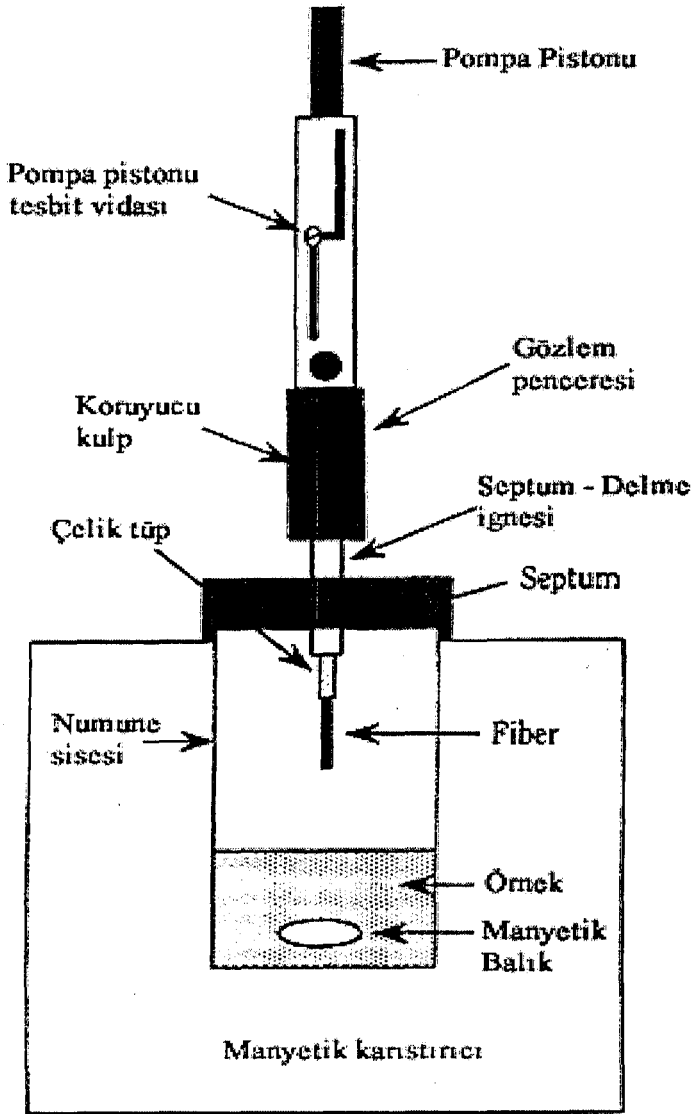
5.3.2.2. KFME uygulama şekilleri

KFME'nin iki farklı uygulama şekli vardır; daldırmalı-katı faz mikroekstraksiyon (D-KFME) (Immersion-Solid Phase Micro Extraction-Im-SPME) ve tepeboşluğu-katı faz mikroekstraksiyon (TB-KFME) (Headspace-Solid Phase Micro Extraction-HS-SPME).

Daldırmalı Katı Faz Mikroekstraksiyon (D-KFME)(Immersion-Solid Phase Micro Extraction-Im-SPME): Bu uygulamada, adsorbe edilecek bileşiğin yapısına uygun bir kaplama materyali ile kaplanmış KFME silika elyafı, enjektör yardımıyla örnek şişesinin lastik kapağı enjektörün sivri ucu yardımıyla delindikten sonra analiz edilecek örneğin içerisine daldırılır. Örnek içindeki organik bileşikler elyaftaki sabit faza (kaplama materyaline) adsorbe olur. Lifin örneğe daldırılma derinliği ve örnek hacmi, hassas ve tutarlı sonuçların elde edilmesinde önemlidir. Organik bileşikler adsorbsiyon dengesi oluşuncaya kadar

sabit faz içine ayrılır. Enjektör örnek çözeltisinden uzaklaştırılmadan önce elyaf, paslanmaz çelik ucun içerisine çekilmelidir.

Tepeboşluğu Katı Faz Mikroekstraksiyon (TB-KFME)(Headspace-Solid Phase Micro Extraction-HS-SPME): Örneğin bulunduğu şişenin lastik kapağı enjektörün sivri ucu yardımıyla delindikten sonra bu uç içindeki elyaf örneğe değmeyecek şekilde çıkarılır. Bundan sonraki işlem basamakları daldırmalı KFME'deki gibi uygulanır. Böylece sıvı ya da katı örnek üzerindeki gaz fazından uçucu bileşikler KFME elyafına adsorblanmış olur (Şekil 5.3) (Arslandere 2002).



Şekil 5.3. Tepeboşluğu KFME yönteminin şematik gösterimi ([http-4](http://4))

5.3.2.3. Çalışmada KFME tekniğinin uygulanması

Bu çalışmada sızıntı suyundaki organik kirleticileri belirlemek için dört farklı koşulda KFME tekniği uygulanmıştır. Bunlar:

- Tepeboşluğu KFME (HS-SPME),
- Isıtmalı tepeboşluğu KFME (Δ HS-SPME),
- Daldırmalı KFME (Im-SPME) ve
- Isıtmalı daldırmalı KFME (Δ Im-SPME).

Daha önce sızıntı suyunda KFME tekniği kullanılarak yapılan araştırmaların (Çizelge 5.6) baz alındığı çalışmada yapılan KFME analizlerinde, Supelco'dan temin edilen 100 μ m film kalınlığına sahip PDMS elyaf kullanılmıştır. 10 ml hacmindeki küçük şişelere 7 ml sızıntı suyu alınmış ve özütleme süresince örnekler, magnetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Optimize edilen özütleme koşulları;

- Tepeboşluğu ve daldırmalı KFME için oda sıcaklığında 10 dakika KFME süresi,
- Isıtmalı tepeboşluğu ve ısıtmalı daldırmalı KFME için 15 dakika 50°C'de ısıtmadan sonra 10 dakika KFME süresidir.

Özütlemeyen sonra elyaf, GC-MS'e injekte edilmiştir.

Çalışmada, taşıyıcı gaz olarak helyumun kullanıldığı CP-Sil 5CB kolonlu (25m \times 0.25mm \varnothing) Shimadzu GCMS-QP5050A sistemi kullanılmıştır. GC fırın sıcaklığı 60°C'da tutulmuştur ve 5°C/dak.'lık bir hızla 260°C'ye çıkarılmak üzere

Çizelge 5.6. Sızıntı suyu analizlerinde KFME tekniğinin kullanıldığı çalışmaların karşılaştırılması

	Benfenati ve ark. 1999	Lee ve ark. 1998	Brás ve ark. 2000
Kullanılan elyaf	100 μ m PDMS	85 μ m poliakrilat	100 μ m PDMS
Kullanılan yöntem	HS-SPME	HS-SPME	Isıtmalı HS-SPME
Özütleme süresi	20 dakika	40 dakika	30 dakika
Özütleme sıcaklığı	Oda sıcaklığı	Oda sıcaklığı	55 °C
Analizde kullanılan cihaz	GC-MS	GC-MS	GC-MS

programlanmıştır ve 260°C'de 40 dakika sabit tutulmuştur. Split akışı 50 mL/dak'ya, injektör sıcaklığı ise 250°C'ye ayarlanmıştır. MS 70 eV alır. Kütle aralığı (mass range) m/z 30-425 arasındadır. Kaynak taramaları Wiley GC/MS Library TBAM (Tıbbi ve Aromatik Bitki ve İlaç Hammaddeleri Araştırma Merkezi) Kütüphanesinde yapılmıştır.

5.4.Laboratuvar Koşullarında Sızıntı Suyunun Anaerobik ve Aerobik Arıtım Çalışmaları

Çalışmanın bu bölümünde, Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan Armfield W11 model aerobik çürütücüde sızıntı suyunun aerobik arıtılabilirliği incelenmiştir. Yapılan çalışmada, Eskişehir çöp depolama sahasının 4 farklı noktasından alınan sızıntı sularından kompozit bir örnek hazırlanmış, reaktöre sürekli besleme yapılmadan önce sızıntı suyunun pH, çözünmüş oksijen, AKM, UAKM ve KOİ değerleri ölçülmüş ve aynı parametreler çıkış suyunda da analiz edilmiştir. Reaktöre 2,5 L/dk hızla hava beslenmiş ve sıcaklık 20°C'de sabit tutulmuştur. Reaktördeki su hacmi 5 L'dir. Reaktöre sızıntı suyu beslemesi yaklaşık 13,8 ml/dk hızla yapılmış ve hidrolik bekleme süresi 6,04 saat olarak hesaplanmıştır. 18 saat ve 40 saat sonunda çıkış suyundan örnek alınarak analiz edilmiştir. Örnek alınacak süre, genel olarak literatürde verilen kurala göre, hidrolik bekleme süresinin yaklaşık 3 katı süre olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler Bölüm 6'da verilmiştir.

Anaerobik arıtım çalışmaları ise 250 ml kompozit sızıntı suyu örneği ile kesikli olarak yapılmıştır. Sızıntı suyunun içerisine yaklaşık 23 ml sentetik besi maddesi ve 45 ml anaerobik çamur ilave edilmiş ve örneğin içerisindeki çözünmüş oksijen azotla uzaklaştırılmıştır. Sentetik besi maddesinin içinde, 0,15 g/l amonyum hidrojen karbonat, 0,15 g/l potasyum dihidrojen fosfat, 0,50 g/l sodyum hidrojen karbonat, 1 ml eser metal çözeltisi A (5 g/l magnezyum sülfat) ve 1 ml eser metal çözeltisi B (5 g/l demir (III) klorür, 5 g/l kalsiyum klorür, 5 g/l potasyum klorür ve 1 g/l kobalt klorür) bulunmaktadır.

6. DENEYSEL BULGULAR

Toplam 7 ay boyunca yapılan **fiziksel ve kimyasal analizlerden** elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1’de, analizler süresince Eskişehir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü’nden alınan sıcaklık ve yağış verileri Çizelge 6.2’de, sonuçların, literatürdeki değerlerle karşılaştırılması ise Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Tüm fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının parametrelerin aylık dağılımları ise Şekil 6.1-6.31’de gösterilmiştir. Sızıntı suyu bileşimindeki en karakteristik parametreler pH, sıcaklık, iletkenlik, $BO\dot{I}_5$, $KO\dot{I}$ ve metalik elementler olduğundan, bu parametrelerle ilgili yapılan değerlendirmeler şu şekildedir:

Literatüre göre, pH değerinin 5 veya daha az olması, organik asitlerin varlığı ve saha içindeki CO_2 derişiminin yükselmesindedir. Bu değere genellikle asit fazında rastlanır. Buna bağlı olarak $BO\dot{I}_5$, $KO\dot{I}$ ve iletkenlik değerleri de organik asitlerin çözünmesinden dolayı artar. pH’ın 6-8 aralığında olduğu metan fermentasyon fazında ise bu kez $BO\dot{I}_5$, $KO\dot{I}$ ve iletkenlik değerleri düşer. Daha yüksek pH değerlerinde, çözeltide daha az inorganik bileşenler kalacağından, sonuçta sızıntı suyu içindeki ağır metal derişimleri de azalacaktır. Çalışmada belirlenen pH değerleri 4,05-8,87 arasında değişmekte olup ortalama değer 7,25’tir.

Sızıntı suyu karakterini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de depolama sahasının yaşıdır. Genç depo alanlarında oluşan sızıntı sularında biyolojik olarak kolay ayrışabilen uçucu yağ asitleri oranı yüksektir. Depolama yaşı arttıkça biyolojik ayrışma tamamlandığından, kolay ayrışabilen organik maddelerin oranı düşer. Bu sebeple genç depo alanlarındaki sızıntı sularında $BO\dot{I}/KO\dot{I}>0,5$ iken zamanla bu oran 0,2-0,7 aralığında değişir. Yaşlı depo alanlarında ise $BO\dot{I}/KO\dot{I}<0,2$ dir. Çalışmadaki $BO\dot{I}/KO\dot{I}$ değerlerinin ortalaması 0,48 olmakla birlikte, zaman zaman 0,26 değerleri de görülmüştür.

Yine literatürde yer alan ve olgunlaşma fazında Fe ve Zn değerlerinin düştüğünün belirtildiği çalışmalardan görüldüğü gibi, bu tezde de söz konusu değerlerin düşük olduğu, Cd, Pb, Ag ve Cr gibi metalik elementlerin de atomik

absorpsiyon cihazının hassasiyet sınırlarının altında olmaları nedeniyle bulunamadığı görülmüştür.

Elde edilen tüm verilere bakıldığında, Eskişehir çöp depolama sahasının, zaman zaman literatürde verilen metan fazındaki, zaman zaman da olgunlaşma fazındaki sızıntı suyu değerleriyle uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Ancak, 1986 yılından beri çöp dökümünün yapıldığı bu sahanın düzenli depolama alanı olmaması ve örnek alma noktalarının yerleri itibariyle, bu tarz bir sonucun çıkması doğaldır.

Tezin, **KFE** tekniğinin uygulandığı bölümünde, öncelikle bir temel oluşturması açısından, Benfenati ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada kullanılan standartlardan yararlanılmıştır (Bkz. Çizelge 5.3). Bu standartların HPLC kromatogramları Şekil 6.32’de verilmiştir.

Ancak, söz konusu standartlar Eskişehir çöp depolama sahası sızıntı suyu örneklerinde bulunamamış, çalışılan koşullarda, gerek Lichrolut gerekse C18 kartuşlarının HPLC kromatogramları ile standartların kromatogramları farklı çıkmıştır. Bunun nedeninin, baz alınan çalışmadaki, depolama sahasına gönderilen atık özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürdeki çalışmalarda sızıntı sularında fenolik bileşiklerin yoğun olduğu gözlemlendiğinden, tezin KFE/HPLC uygulaması bölümünde söz konusu bileşiklerin tayini yönünde bir program izlenmiştir. Ancak, HPLC kromatogramlarının verildiği Şekil 6.33-6.36’dan görüldüğü üzere, sadece Örnek 2’nin, özellikle C18 kartuşunun kullanıldığı uygulamada fenollerce zengin bir profilin olduğu, Örnek 3’de ise düşük düzeyde buldukları belirlenmiştir.

Çalışılan koşullar, fenolik bileşiklerin ayırımına yönelik bir ortam yaratmakla birlikte, literatürde binlerce fenolik bileşiğin olduğu düşünülürse, elde edilen bileşiklerin neler olduğu hakkında sadece kromatografik ayırlama ve UV spektrumlarına dayanarak bir fikir öne sürülemez. O nedenle, KFE tekniğinin sızıntı sularında uygulanabilirliği ile ilgili bir ön çalışma olan bu tezin devamında, LC-MS ve LC-NMR gibi yapı tayinine yönelik ek çalışmaların yapılması düşünülmektedir.

Tezde, **KFME-GC/MS** sistemiyle yapılan çalışmalardan bulunan sonuçlar ise Çizelge 6.4’de verilmiş olup, toplam 35 adet organik bileşik tanımlanmıştır.

En fazla bileşimin tayin edildiği yöntemin ısıtmalı tepeboşluğu KFME olarak ortaya çıktığı görülmüş ve Örnek 1'de daha fazla organik bileşik tanımlanabilmiştir. Ayrıca, tanımlanan bu organik bileşiklerin özellikleri ve olası etkileri Ek 3'te verilmiştir.

Sızıntı suyunun **arıtılabilirliği** ile ilgili yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ise Çizelge 6.5'de verilmiştir. Aerobik arıtım deneyi sonuçlarına bakıldığında, 18 saat sonra alınan numuneye göre %66,6, 40 saat sonra alınan numuneye göre ise %76 oranında bir arıtımın (KOİ değeri açısından) sağlandığı, yeterli süre olmadığından tamamlanamayan anaerobik arıtım deneyinde ise 23 gün sonra alınan numuneye göre %26 oranında bir arıtımın sağlandığı görülmüştür.

Tezin son bölümünde, elde edilen 728 verinin istatistiksel olarak anlamlandırılabilmesi amacıyla SPSS 10.0 paket programı kullanılarak Pearson korelasyonu yapılmıştır. Normal dağılmış X ve Y değişkenleri arasındaki doğrusal bağımlılığın bir ölçüsü olan Pearson Korelasyonuna göre aralarında doğrusal bağımlılık bulunan parametreler Ek 2'deki çizelgelerde koyu harflerle belirtilmiştir.

Örnek 1

Parametreler	Ekim	Kasım	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
pH	7,48	7,71	6,88	4,05	6,64	7,28	7,36
Sıcaklık	21,2	12,9	2,8	4,2	9,8	10,1	16,6
İletkenlik (mS)	2,86	5,04	3,75	2,01	6,98	2,93	4,02
Toplam katı madde (mg/L)	2084	2480	1668	1472	5112	1864	2484
Toplam çözülmüş madde (mg/L)	1906	1760	1348	1214	4924	1828	2184
Askıda katı madde (mg/L)	122	664	132	312	154	26	280
Uçucu katılar (mg/L)	271	392	272	254	3444	206	262
Sabit katılar (mg/L)	1813	2088	1396	1218	1668	1658	2222
Çökebilir katılar (ml/L)	9	12	0,5	1	7	7,2	7,1
Çözülmüş oksijen (mg/L)	0,58	0	0	0	0	0	0
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	210	178	118	120	314	351	392
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	504	480	209,5	240	784	778	719
Yağ ve gres (mg/L)	20	40	30	100	74,8	92	128
Organik azot (mg/L)	71	62	12	22	57	45	58
Sülfat (mg/L)	70	280	175	125	400	25	450
Asidite (mg/L)	200	320	60	80	75	80	120
Alkalinite (mg/L)	1300	1440	820	880	980	912	1120
Klorür (mg/L)	2220	3280	147,5	117,5	1300	125	2500
Sertlik mg/L CaCO ₃)	657	642	1205	927	1215	1225	1145
Fenol (mg/L)	2000	1750	1550	1330	1650	1470	1320
Nitrat (mg/L)	120	53	7	14	85	36	78
Nitrit (mg/L)	3120	2780	3750	3150	1400	1250	2100
Sülfür (mg/L)	0,165	0,4	0,1	0,018	0,25	0,025	0,185
Sodyum (mg/L)	24	33	23	32	41	31	31
Potasyum (mg/L)	113	75	46	57	49	65	79
Kalsiyum (mg/L)	55	238	180	212	190	136	95
Demir (mg/L)	1,04	3,4	4,4	3,7	5,2	1,4	6,3
Bakır (mg/L)	0,05	0,04	0,05	0,08	0,1	0,1	0,1
Nikel (mg/L)	0,26	0,19	0,26	0,28	0,31	ND	0,1
Çinko (mg/L)	0,13	0,18	0,17	0,15	0,06	0,11	0,04
Kadmiyum (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Kurşun (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gümüş (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Krom (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Örnek 2

Parametreler	Ekim	Kasım	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
pH	8,67	8,87	7,77	5,87	6,61	7,97	8,00
Sıcaklık	23,8	5,5	9,1	4,5	9,3	13,9	23,4
İletkenlik (mS)	23,3	34,2	26,6	10,35	7,51	19,96	35,3
Toplam katı madde (mg/L)	14900	12968	15984	8710	6228	11340	13008
Toplam çözülmüş madde (mg/L)	12800	11948	15844	8428	5744	10948	12842
Askıda katı madde (mg/L)	2080	136	113	242	385	188	238
Uçucu katılar (mg/L)	11410	12145	14908	7340	3283	9604	12212
Sabit katılar (mg/L)	3490	823	936	1370	2945	1736	796
Çökebilir katılar (ml/L)	1	1	ND	ND	1	1,2	1,1
Çözülmüş oksijen (mg/L)	2,22	0	0	0	0	0	0
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	867	680	3044	1840	514	1215	1278
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	3169	1860	4418	3000	959	2940	2958
Yağ ve gres (mg/L)	40	25	4	61,6	64	154	367
Organik azot (mg/L)	218	227	57	62	75	85	98
Sülfat (mg/L)	370	880	750	125	450	200	225
Asidite (mg/L)	1600	480	440	320	520	448	760
Alkalinite (mg/L)	2400	2120	3360	2600	3220	2144	2948
Klorür (mg/L)	122	300	612,5	712,5	2350	3800	1250
Sertlik mg/L CaCO ₃)	849	836	2508	1251	975	1025	1528
Fenol (mg/L)	650	650	520	580	780	720	840
Nitrat (mg/L)	270	266	53	199	87,5	133	199
Nitrit (mg/L)	64	72	27	15	50	55	125
Sülfür (mg/L)	0,145	0,12	0,193	0,78	3,75	1,2	2,8
Sodyum (mg/L)	95	127	132	118	51	115	112
Potasyum (mg/L)	145	472	442	318	71	308	293
Kalsiyum (mg/L)	45	148	289	217	267	120	114
Demir (mg/L)	0,94	0,84	3,9	4,71	8,08	1,79	2,28
Bakır (mg/L)	0,04	0,06	0,04	ND	ND	ND	ND
Nikel (mg/L)	0,61	0,61	0,47	0,43	0,31	0,24	0,34
Çinko (mg/L)	0,28	0,59	0,12	0,17	0,19	0,11	0,15
Kadmiyum (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Kurşun (mg/L)	ND	ND	ND	0,11	0,19	0,19	ND
Gümüş (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Krom (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Parametreler	Örnek 3					Örnek 4	
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Nisan	Mayıs
pH	7,24	5,12	6,95	8,06	7,84	7,92	8,02
Sıcaklık	8,2	9,4	15,8	15,8	22,6	13,3	17,4
İletkenlik (mS)	16,73	21,42	18,02	15,58	16,7	13,26	15,48
Toplam katı madde (mg/L)	11580	15784	20984	10016	18136	7824	8192
Toplam çözülmüş madde (mg/L)	11512	15494	19000	9875	17944	7498	7947
Askıda katı madde (mg/L)	115	287	346	166	294	126	146
Uçucu katılar (mg/L)	10653	15022	19038	8264	16458	6058	7142
Sabit katılar (mg/L)	927	762	1946	1752	1678	1766	1050
Çökebilir katılar (ml/L)	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Çözülmüş oksijen (mg/L)	0	0	0	0,1	0	0	0
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	111	827	915	722	1025	1215	842
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	424,1	1500	2049	1339	1995	1771	1479
Yağ ve gres (mg/L)	2830	1320	5688	132	4660	1930	2408
Organik azot (mg/L)	255	132	82	78	192	87	108
Sülfat (mg/L)	75	210	2000	1400	1275	600	375
Asidite (mg/L)	160	80	120	352	415	160	320
Alkalinite (mg/L)	900	780	720	960	780	1072	918
Klorür (mg/L)	6125	5140	9150	3500	3275	2525	1025
Sertlik mg/L CaCO ₃)	2877	2277	2122	1974	2424	1832	1728
Fenol (mg/L)	725	527	850	775	918	750	840
Nitrat (mg/L)	132	341	543	1140	1361	210	244
Nitrit (mg/L)	121	135	100	75	50	50	100
Sülfür (mg/L)	0,061	0,067	0,7	0,575	0,615	0,2	0,175
Sodyum (mg/L)	107	98	105	92	120	98	85
Potasyum (mg/L)	476	512	678	311	725	161	155
Kalsiyum (mg/L)	313	357	450	171	405	92	81
Demir (mg/L)	1,5	1,21	0,73	0,79	1,29	0,73	0,37
Bakır (mg/L)	0,15	2,74	3,8	2,98	5,63	ND	ND
Nikel (mg/L)	0,61	0,55	0,54	0,37	0,78	0,48	0,34
Çinko (mg/L)	0,23	0,31	0,33	0,27	0,31	0,27	0,23
Kadmiyum (mg/L)	ND	ND	0,06	0,03	0,04	ND	ND
Kurşun (mg/L)	ND	ND	0,65	0,47	0,65	0,19	0,19
Gümüş (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Krom (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

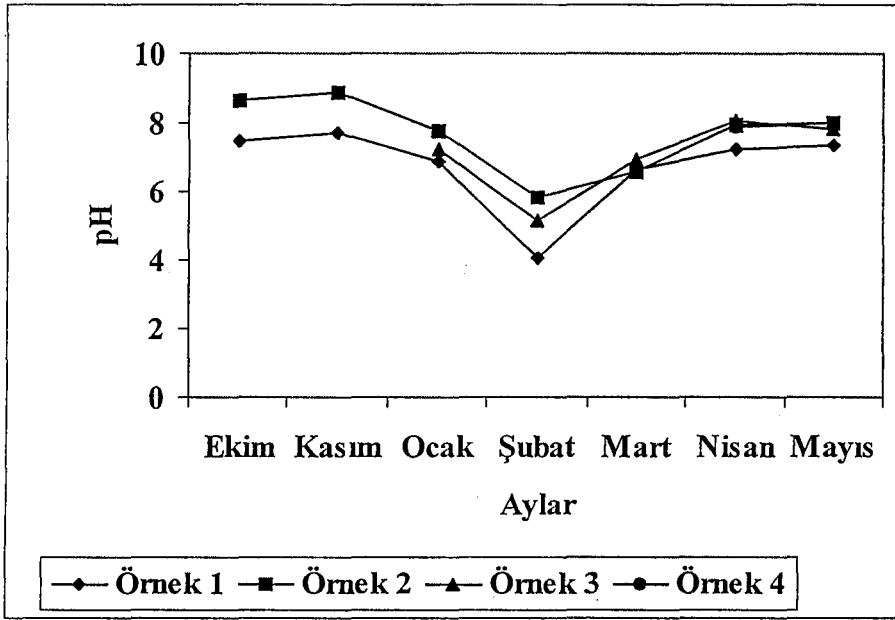
Çizelge 6.2. Eskişehir Ekim 2001-Mayıs 2002 sıcaklık ve yağış verileri (Zerman 2002)

	Ekim		Kasım		Aralık		Ocak	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık	Yağış(mm)	Sıcaklık(°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık(°C)	Yağış mm)
1	12,6	-	7,2	-	4,5	2,0	1,8	-
2	14,4	-	6,6	-	8,0	9,1	-4,8	3,7
3	14,4	-	5,3	5,8	8,4	8,4	-7,2	-
4	15,3	-	8,8	4,4	4,0	-	-7,2	-
5	16,2	-	9,2	1,0	1,6	1,0	-5,2	11,6
6	17,3	-	6,2	2,3	2,9	-	-4,6	0,6
7	17,0	-	7,2	-	0,4	-	-4,5	-
8	16,1	-	9,7	1,3	3,0	7,8	-3,6	1,1
9	17,6	-	11,4	3,1	0,3	6,4	-9,4	0,7
10	18,4	-	10,8	-	-0,2	0,5	-9,4	0,1
11	17,2	-	11,0	2,8	-1,0	-	-11,8	-
12	14,6	-	9,5	0,1	-0,5	-	-12,6	-
13	13,5	-	12,1	-	0,0	2,5	-13,4	-
14	12,5	-	14,2	-	-1,4	8,3	-10,3	-
15	12,7	-	9,0	1,3	-8,6	0,5	-9,0	0,5
16	12,1	-	5,6	0,3	-3,4	26	-8,6	0,1
17	10,9	-	-0,2	0,6	1,4	3,8	-10,4	-
18	8,2	-	-0,4	0,8	-1,6	38,2	-4,2	-
19	7,4	-	0,6	-	-5,1	0,4	-2,6	0,5
20	9,6	-	2,7	9,6	-8,7	-	0,6	2,3
21	10,0	-	-1,8	21,6	-4,7	-	1,2	-
22	12,4	-	-3,2	0,4	3,0	-	-0,2	0,5
23	11,6	-	0,8	-	2,3	-	-2,3	0,4
24	8,8	0,2	8,4	-	6,9	-	-4,8	-
25	6,6	-	-0,2	30,5	7,4	0,1	-5,1	-
26	2,8	-	2,4	1,3	2,4	13,0	-2,4	-
27	3,2	-	0,4	0,2	4,5	-	-4,2	-
28	5,3	-	2,8	0,3	6,2	33	-2,3	-
29	2,7	-	6,1	-	2,0	0,1	-1,6	-
30	2,4	-	4,4	8,0	5,3	-	-2,5	-
31	7,2	-			8,4	-	-2,6	0,1
ORT	11,3	0,006	5,6	3,19	1,5	5,2	-5,3	0,72

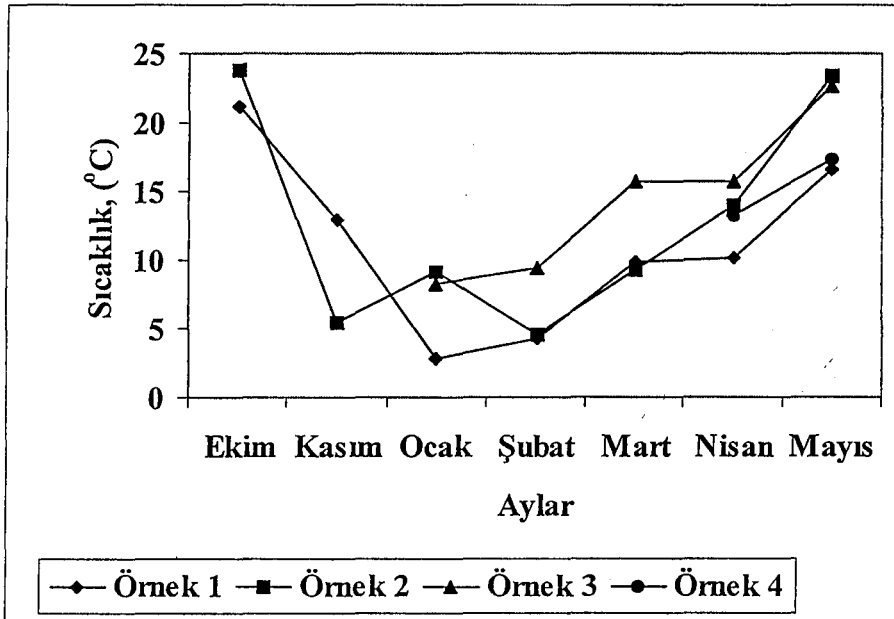
	Şubat		Mart		Nisan		Mayıs	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık	Yağış(mm)	Sıcaklık(°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık(°C)	Yağış(mm)
1	-3,6	-	7,4	-	7,6	0,2	12,8	13,0
2	-2,8	0,1	8,4	-	5,5	1,7	12,9	-
3	-3,6	-	8,8	-	10,6	0,4	14,4	-
4	-1,0	-	9,6	-	7,7	0,6	13,3	-
5	-0,4	-	8,0	-	10,6	3,6	12,5	-
6	-0,2	-	10,4	-	7,6	13,6	12,4	-
7	-0,6	-	13,2	-	8,3	0,3	12,8	-
8	1,0	-	13,0	-	2,1	0,8	13,5	-
9	3,2	-	7,8	-	4,0	-	13,8	-
10	3,0	-	12,0	-	8,2	-	11,2	-
11	3,8	-	13,5	-	12,2	0,5	15,3	-
12	2,7	1,6	9,2	-	12,8	-	15,0	-
13	2,6	-	7,0	0,1	12,7	0,4	13,4	-
14	4,5	-	8,9	-	15,6	4,7	11,8	23,7
15	4,6	-	8,0	-	14,0	-	12,3	-
16	0,7	-	9,1	-	9,7	0,3	14,6	-
17	1,0	-	3,9	-	8,4	19,7	15,0	-
18	1,2	-	4,0	-	10,0	1,4	16,1	-
19	5,4	-	4,8	-	8,0	-	17,8	-
20	9,7	-	4,2	-	8,2	7,9	18,1	-
21	9,2	-	3,4	3,9	7,6	0,1	14,6	-
22	6,6	-	7,1	1,7	6,4	-	13,6	1,8
23	7,2	-	8,6	0,1	8,3	-	12,6	-
24	6,4	3,8	6,4	3,5	9,0	-	16,6	-
25	0,6	-	4,8	8,4	8,4	0,3	19,6	-
26	1,0	3,9	1,2	5,2	9,6	-	20,2	-
27	4,2	-	1,3	0,2	11,0	-	15,2	-
28	7,3	-	2,0	0,2	13,2	-	16,3	-
29			1,4	0,1	10,0	-	19,7	-
30			2,8	0,4	11,6	0,9	15,2	-
31			5,8	0,3			12,8	5,8
ORT	2,6	0,34	6,9	0,77	9,3	1,9	14,7	1,43

Çizelge 6.3. Sonuçların literatür değerleri ile karşılaştırılması

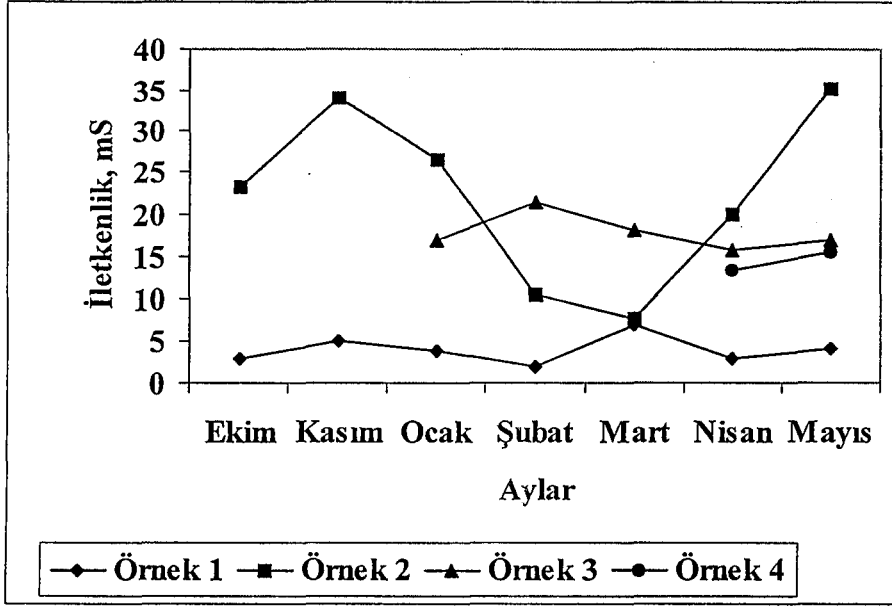
Bileşen	Sonuçlar		Değer, mg/L (Tchobanoglous, 1990)			Değer, mg/L (El-fadel et al. 1997)
			Yeni depolama sahası (2 yıldan az)		Olgun depolama sahası (10 yıldan büyük)	Aralık
			Aralık	Tipik		
BOİ ₅	799	111-3044	2000-30000	10000	100-200	0-195000
KOİ	1129	209-4418	3000-60000	18000	100-500	0-89520
Askıda katı madde	312	26-2080	200-2000	500	100-400	140900
Organik azot	99	12-255	10-800	200	80-120	0-1000
Nitrat	265	7-1361	5-40	25	5-10	0-43
Alkalinite (CaCO ₃ olarak)	1541	720-3360	1000-10000	3000	200-1000	0-20850
pH	7,25	4,05-8,87	4.5-7.5	6	6.6-7.5	1,5-9,5
Toplam sertlik (CaCO ₃ olarak)	1487	642-2877	300-10000	3500	200-500	0,1-225000
Kalsiyum	199	45-450	200-3000	1000	100-400	5-4080
Potasyum	264	46-725	200-1000	300	50-400	0,16-3370
Sodyum	80	23-132	200-2500	500	100-200	0-8000
Klorür	2360	122-9150	200-3000	500	100-400	11375
Sülfat	498	25-2000	50-1000	300	20-50	0-1850
Toplam demir	2,6	0,37-8,08	50-1200	60	20-200	0-42000
Kadmiyum	0,006	0-0,06				0-1,16
Krom	0	0				0-22,5
Bakır	0,76	0-5,63				0-9,9
Kurşun	0,13	0-0,65				0-14,2
Nikel	0,39	0,19-0,78				0-7,5
Fenol	1009	520-2000				0,17-6,6
Gümüş	0	0				0-1,96
TÇM	8725	1214-19000				584-55900



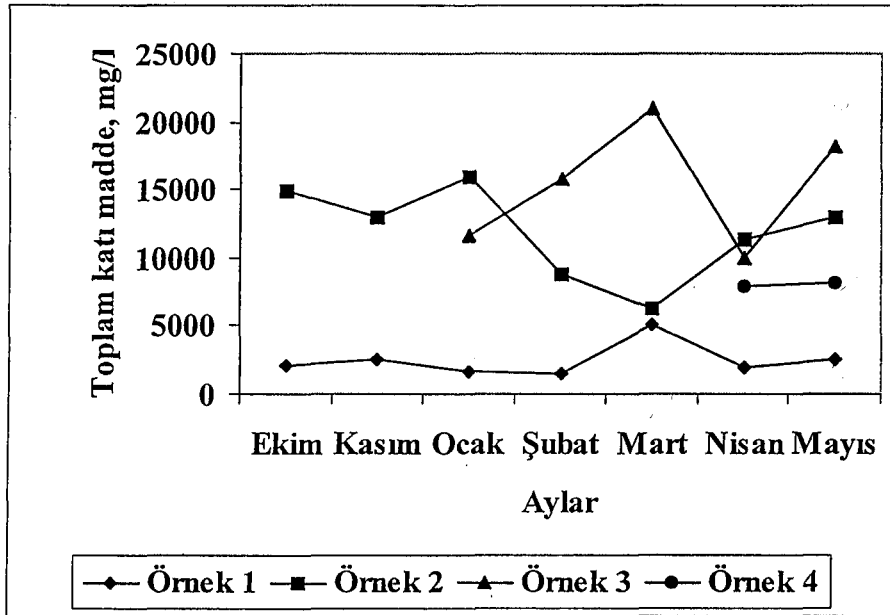
Şekil 6.1. Aylara göre pH verilerinin dağılımı



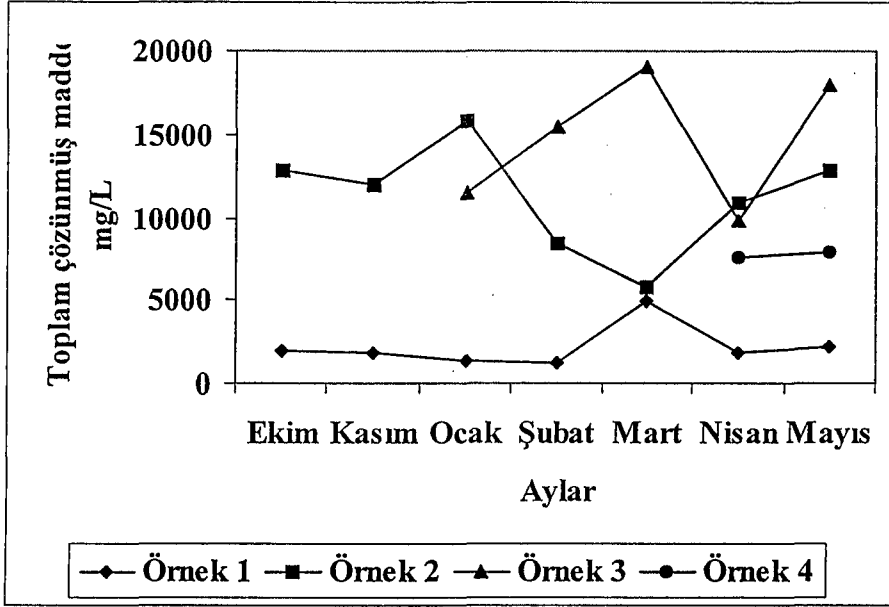
Şekil 6.2. Aylara göre sıcaklık verilerinin dağılımı



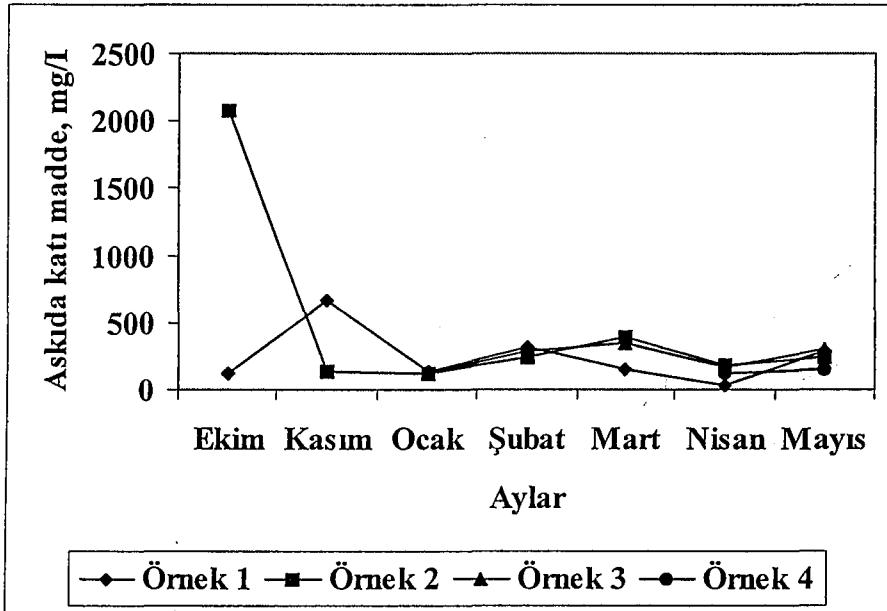
Şekil 6.3. Aylara göre iletkenlik verilerinin dağılımı



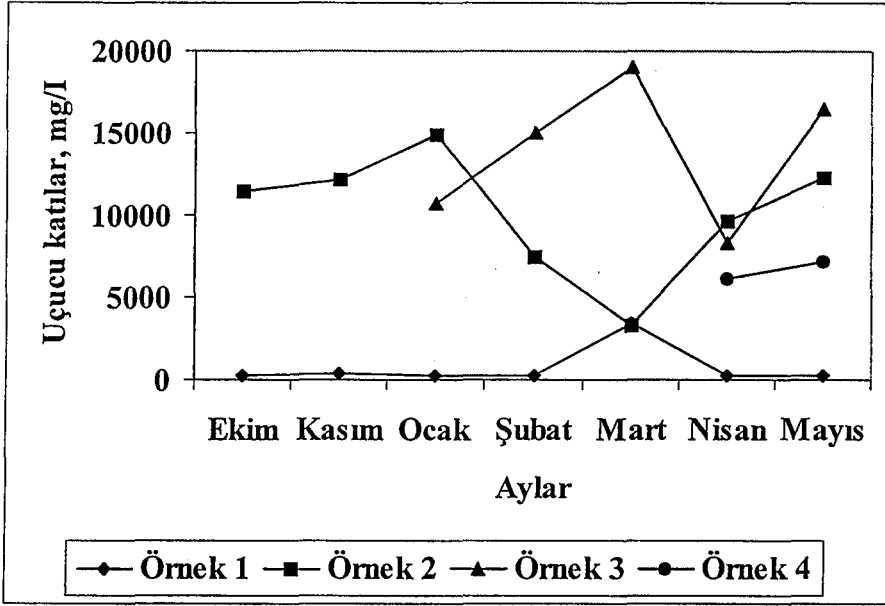
Şekil 6.4. Aylara göre toplam katı madde verilerinin dağılımı



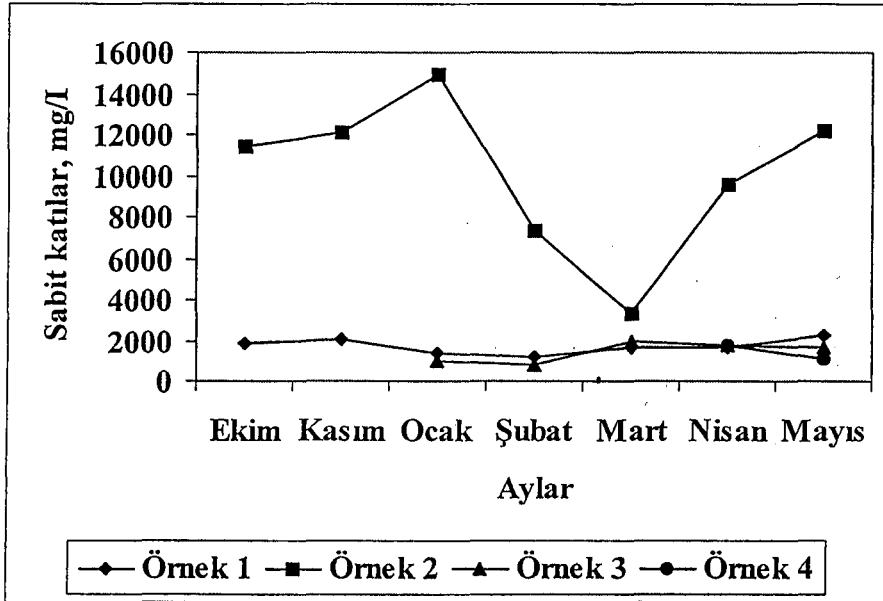
Şekil 6.5. Aylara göre toplam çözünmüş madde verilerinin dağılımı



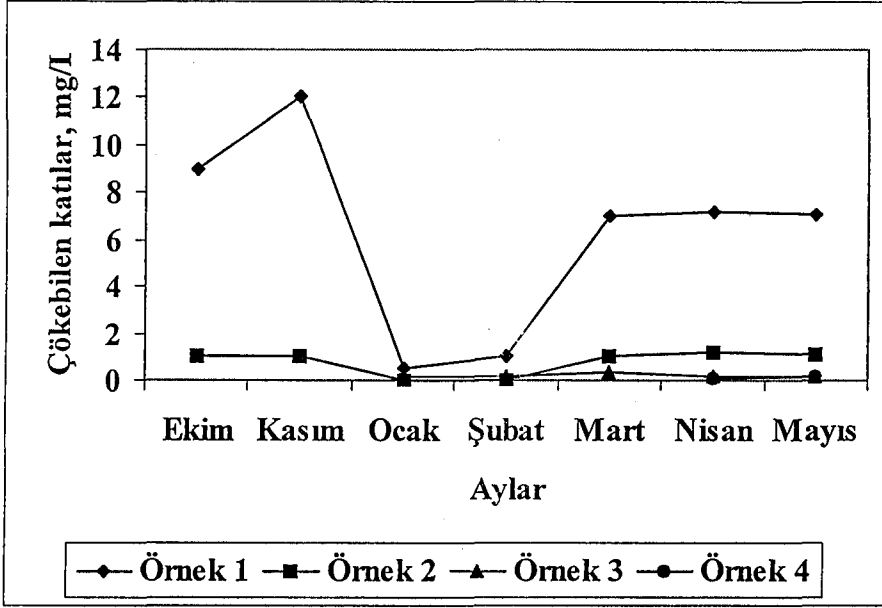
Şekil 6.6. Aylara göre askıda katı madde verilerinin dağılımı



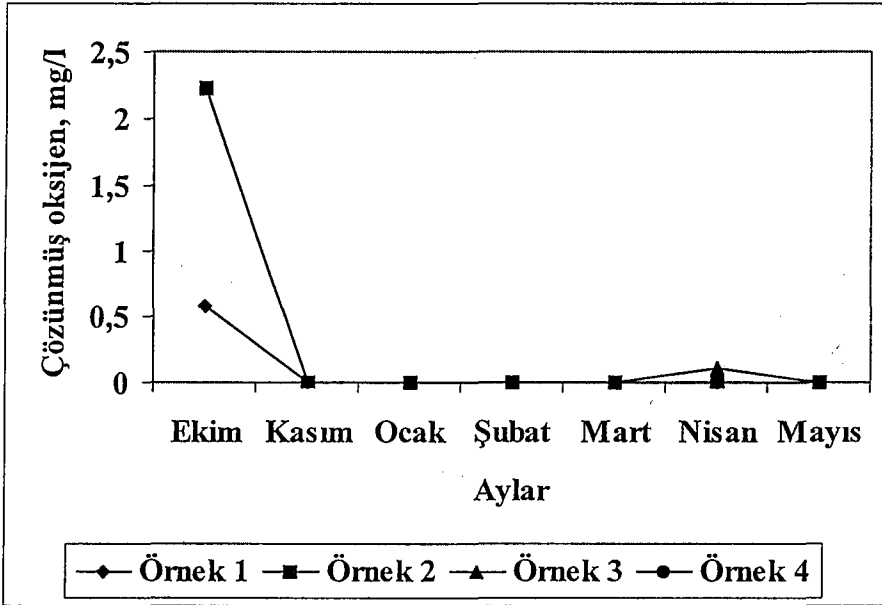
Şekil 6.7. Aylara göre uçucu katı madde verilerinin dağılımı



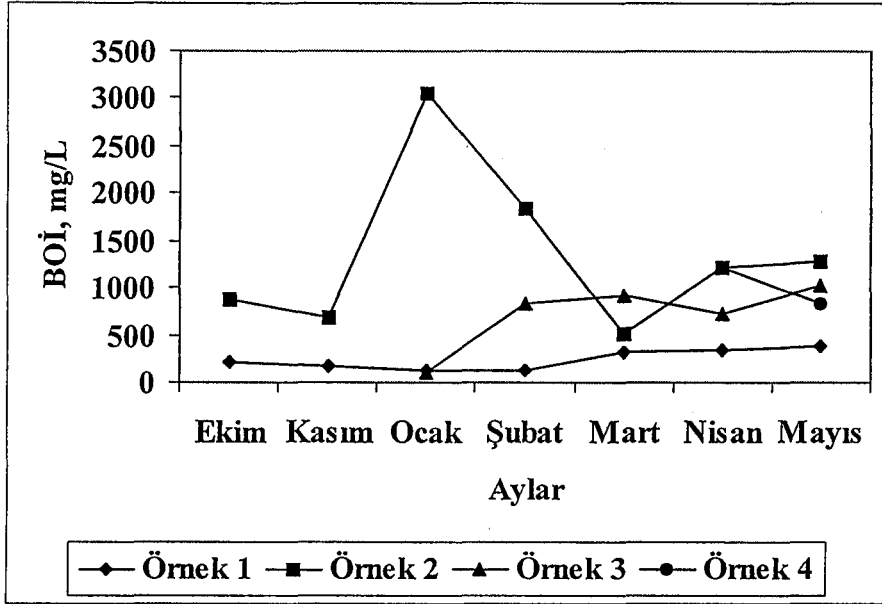
Şekil 6.8. Aylara göre sabit katı madde verilerinin dağılımı



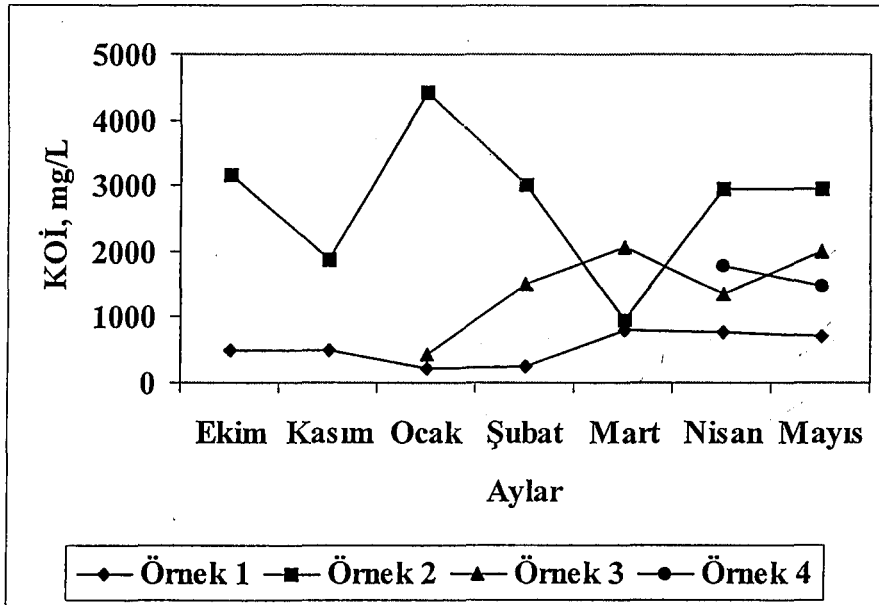
Şekil 6.9. Aylara göre çökebilir katı madde verilerinin dağılımı



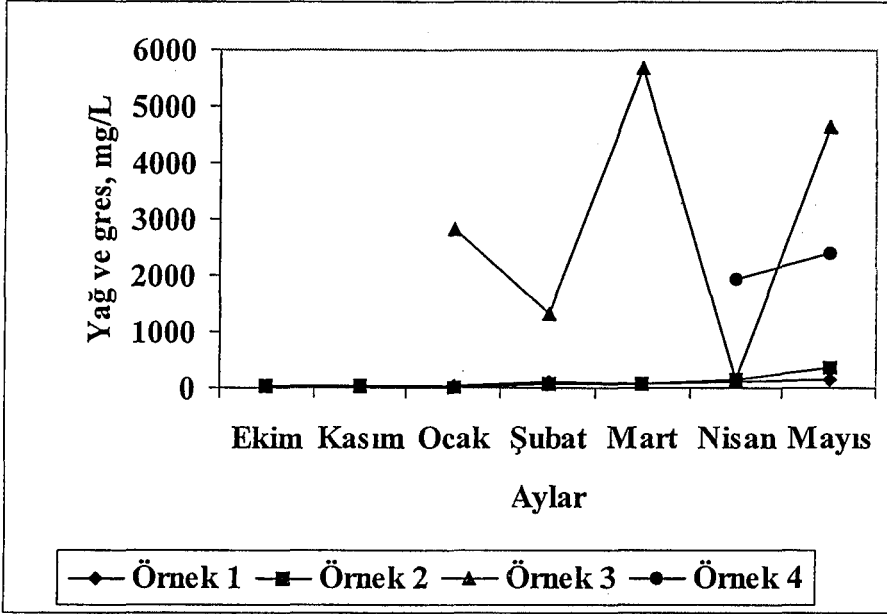
Şekil 6.10. Aylara göre çözünmüş oksijen verilerinin dağılımı



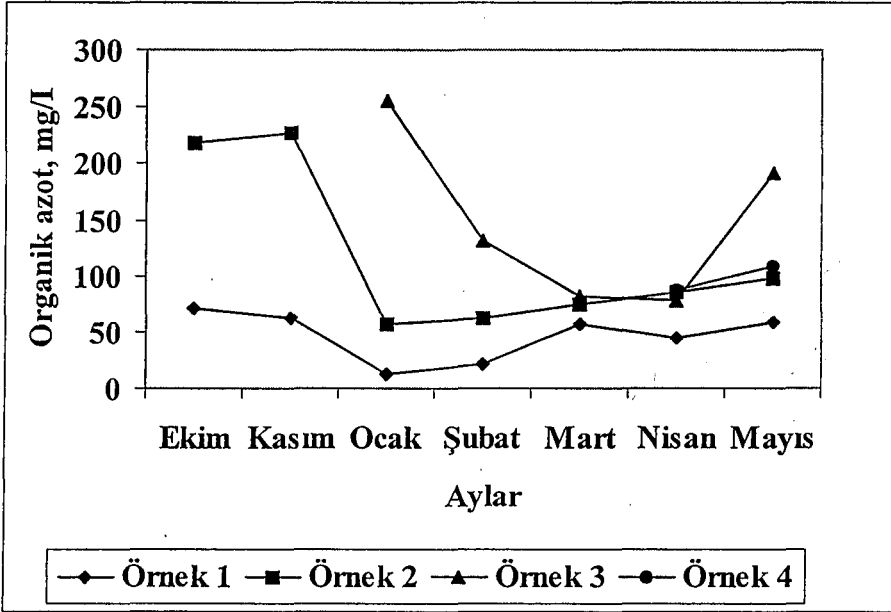
Şekil 6.11. Aylara göre BOİ verilerinin dağılımı



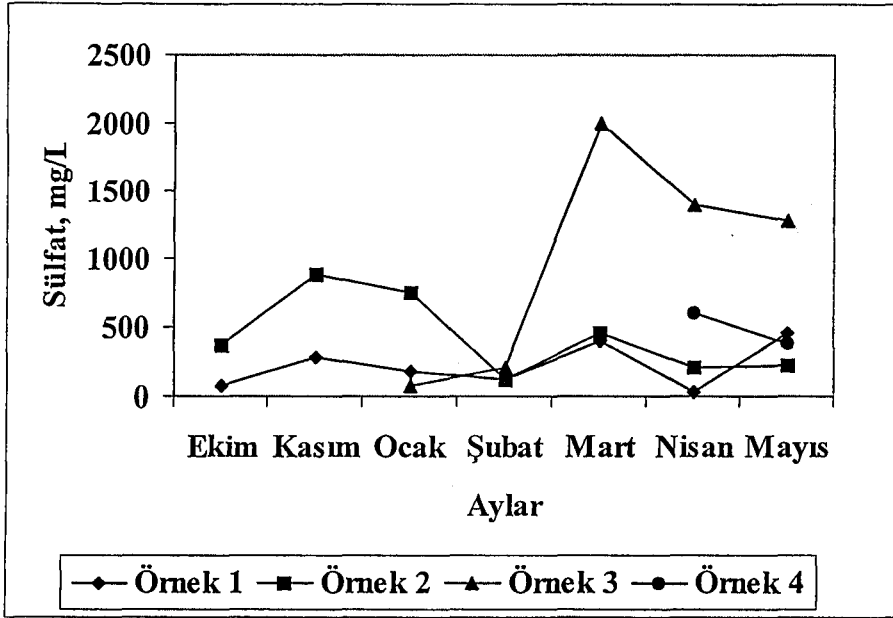
Şekil 6.12. Aylara göre KOİ verilerinin dağılımı



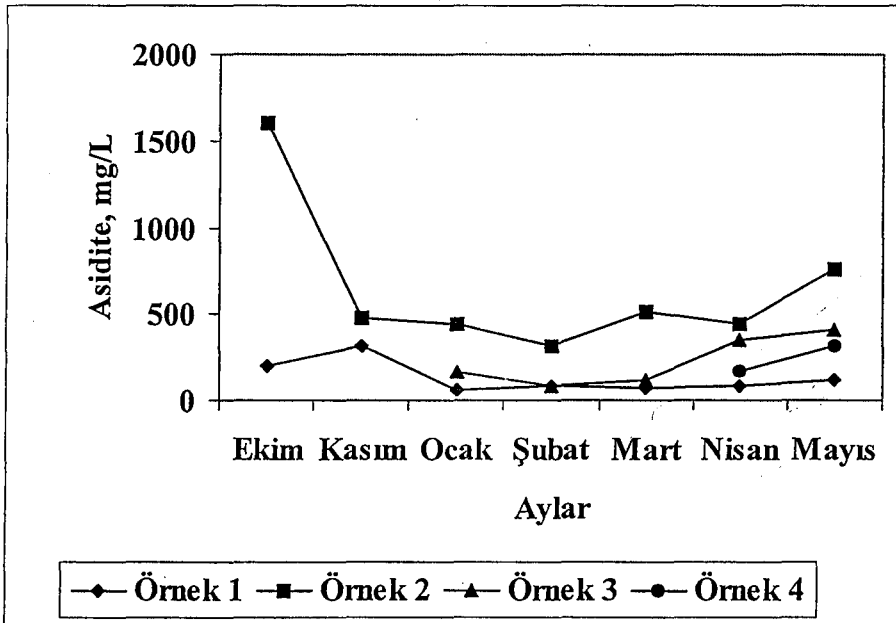
Şekil 6.13. Aylara göre yağ ve gres verilerinin dağılımı



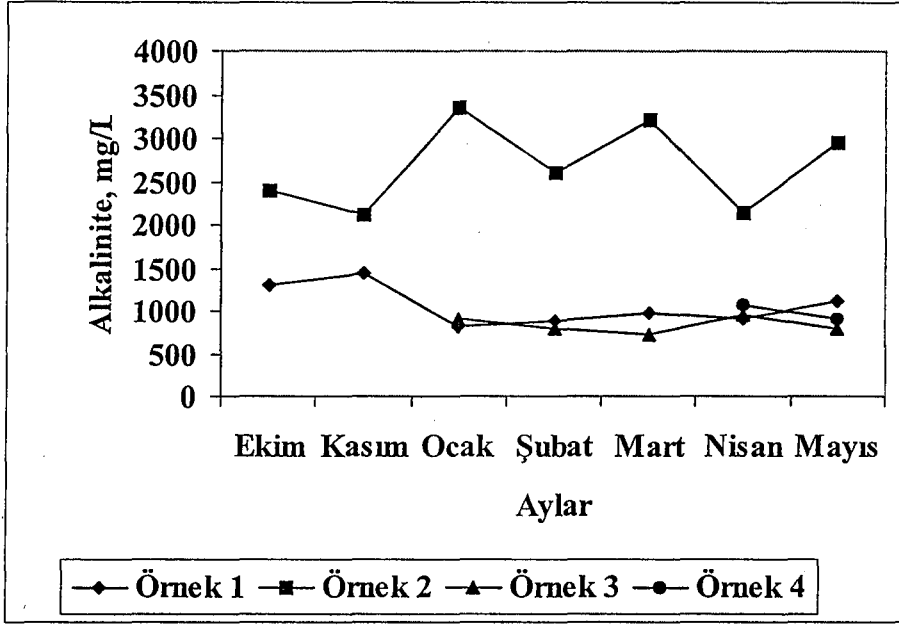
Şekil 6.14. Aylara göre organik azot verilerinin dağılımı



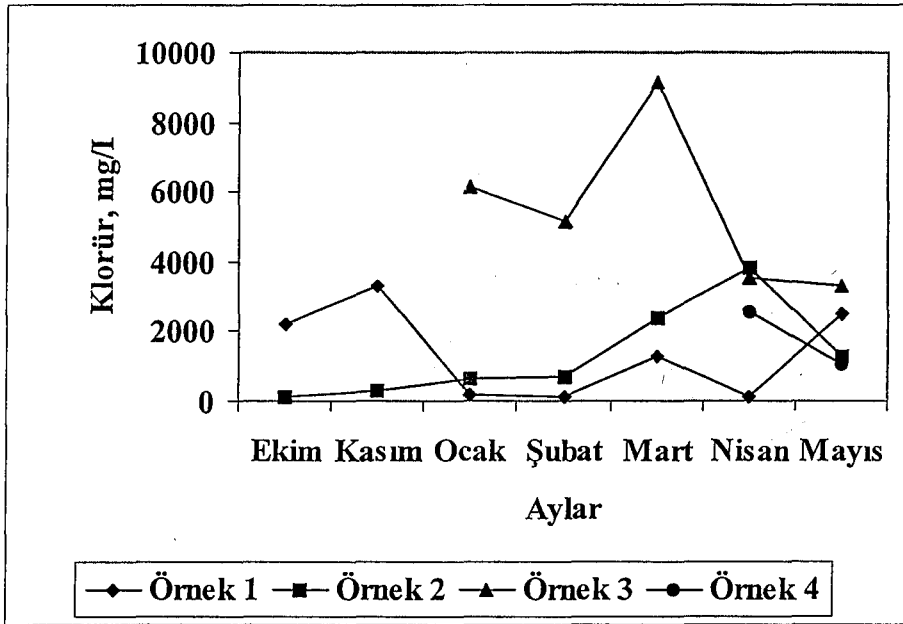
Şekil 6.15. Aylara göre sülfat verilerinin dağılımı



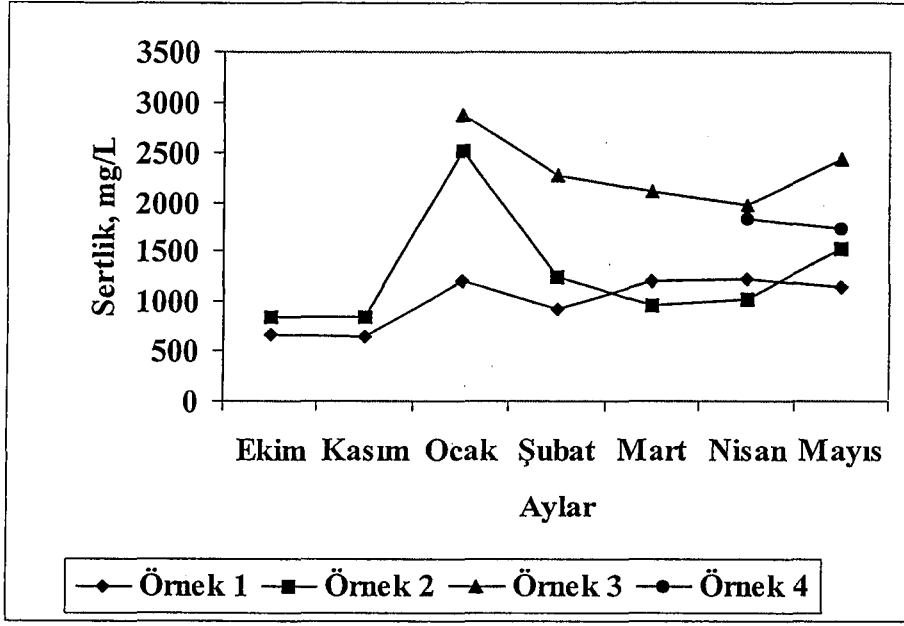
Şekil 6.16. Aylara göre asidite verilerinin dağılımı



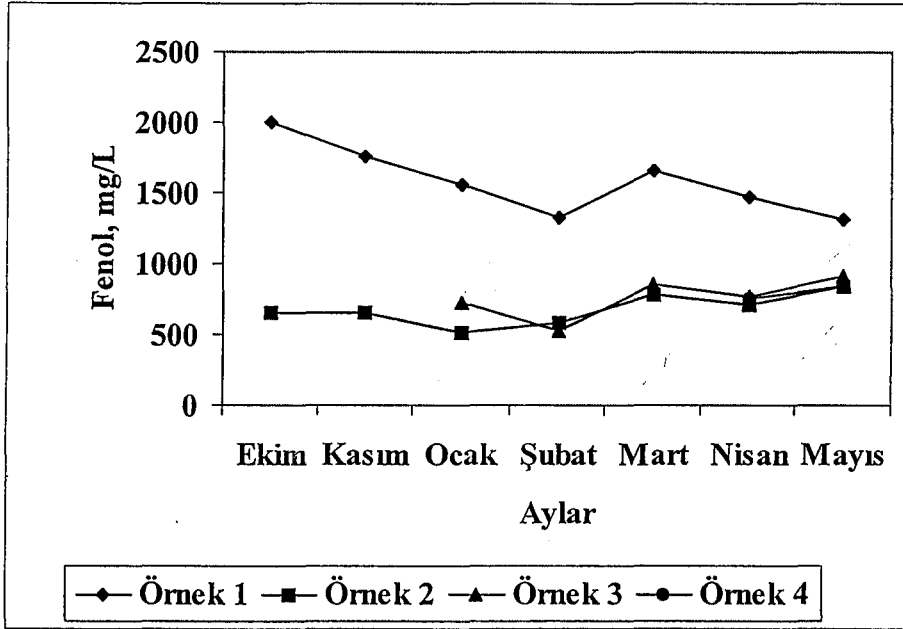
Şekil 6.17. Aylara göre alkanite verilerinin dağılımı



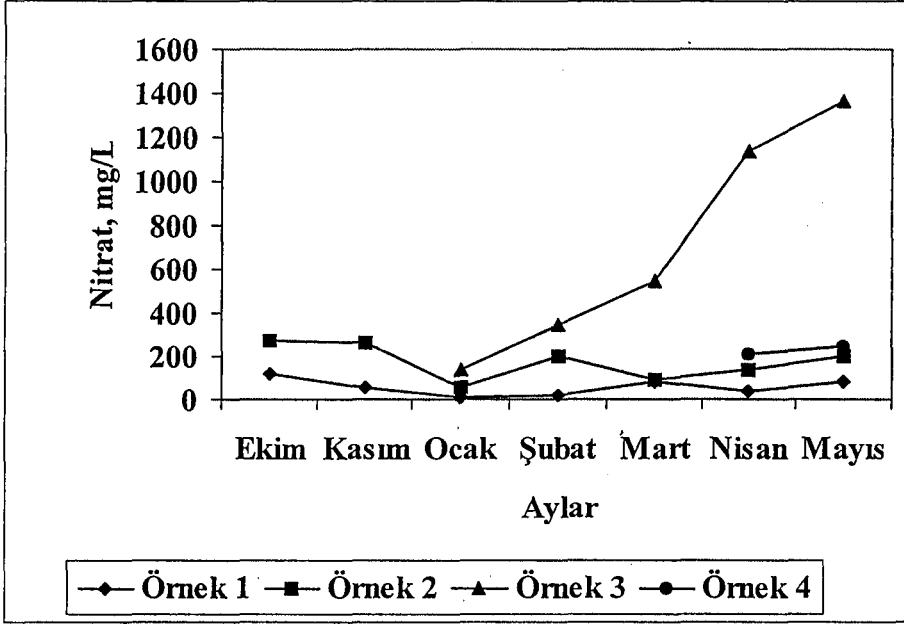
Şekil 6.18. Aylara göre klorür verilerinin dağılımı



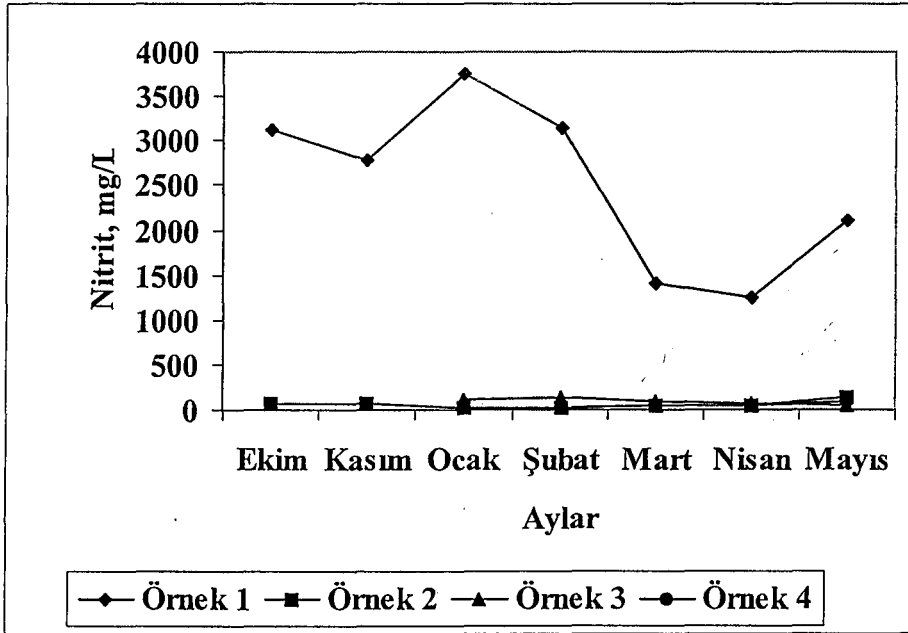
Şekil 6.19. Aylara göre sertlik verilerinin dağılımı



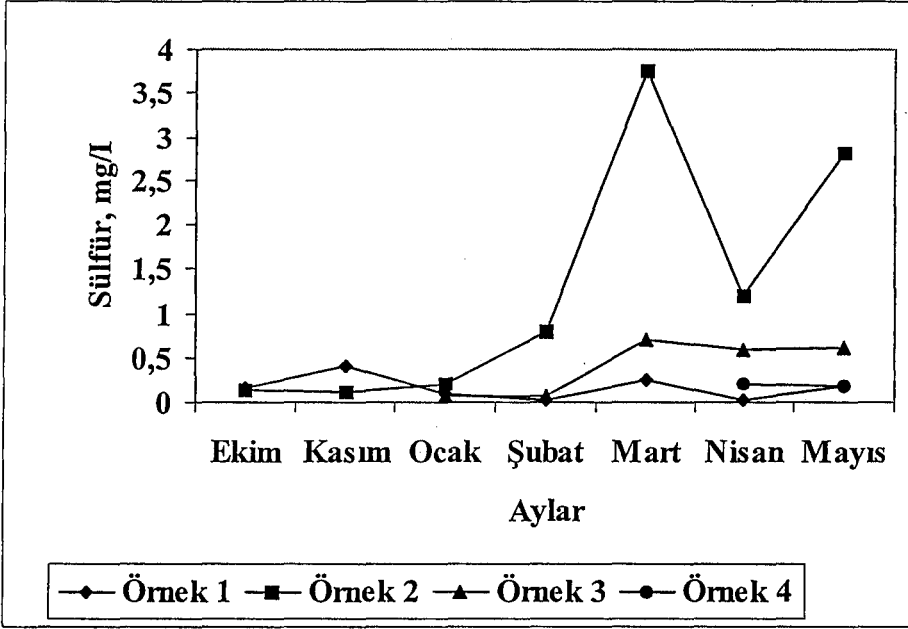
Şekil 6.20. Aylara göre fenol verilerinin dağılımı



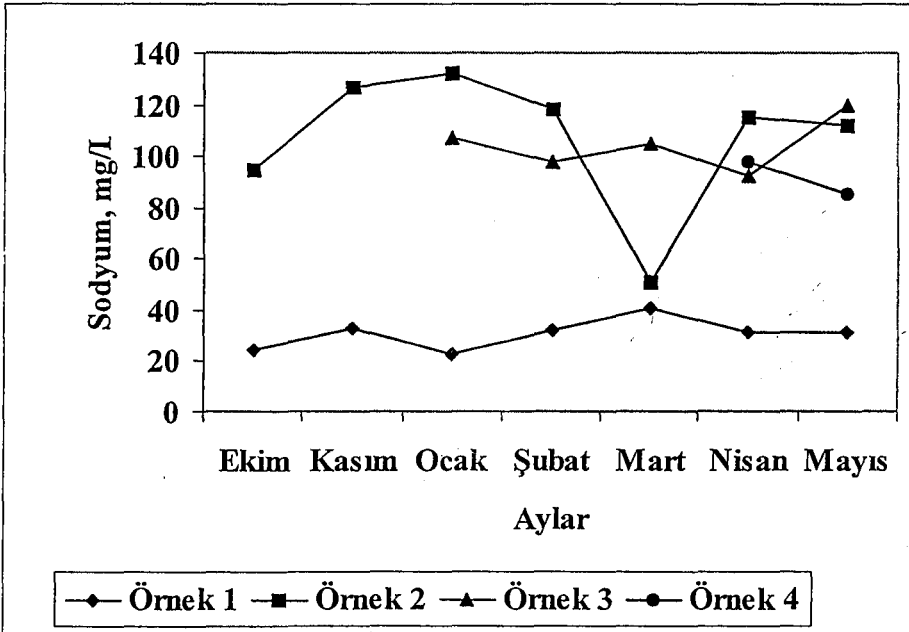
Şekil 6.21. Aylara göre nitrat verilerinin dağılımı



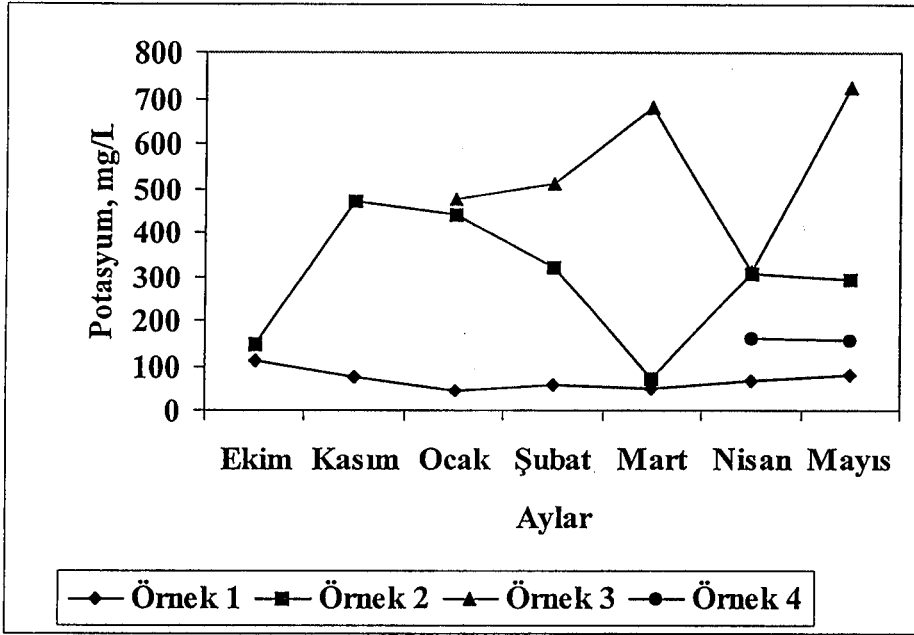
Şekil 6.22. Aylara göre nitrit verilerinin dağılımı



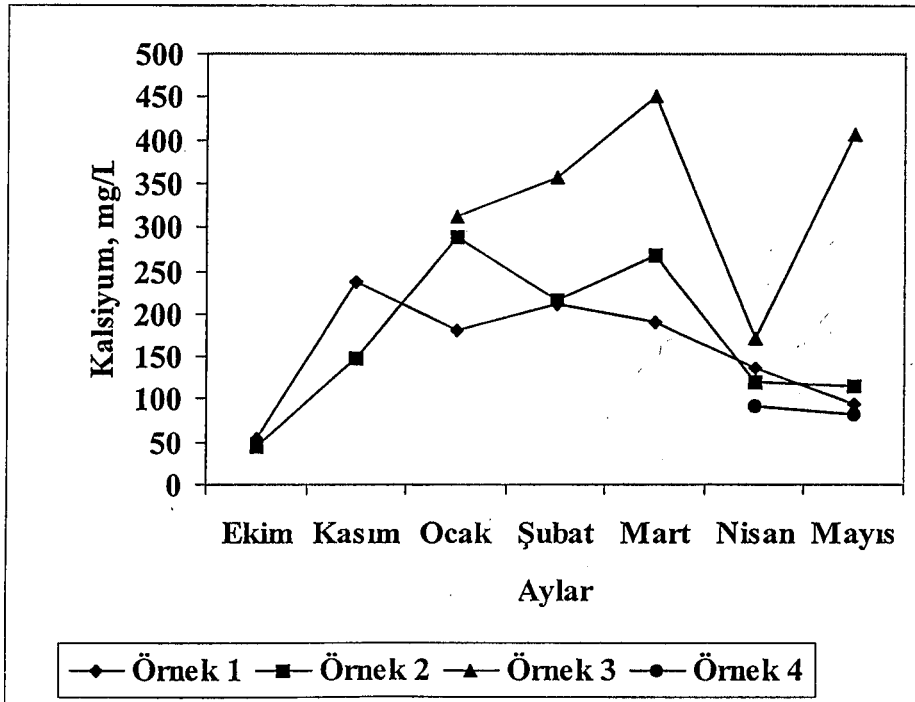
Şekil 6.23. Aylara göre sülfür verilerinin dağılımı



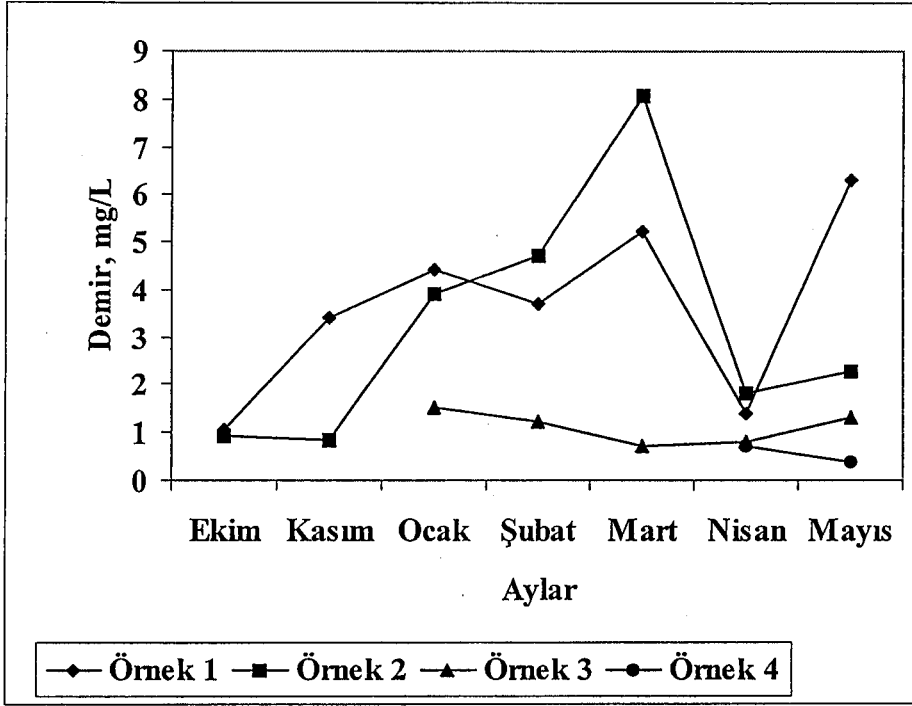
Şekil 6.24. Aylara göre sodyum verilerinin dağılımı



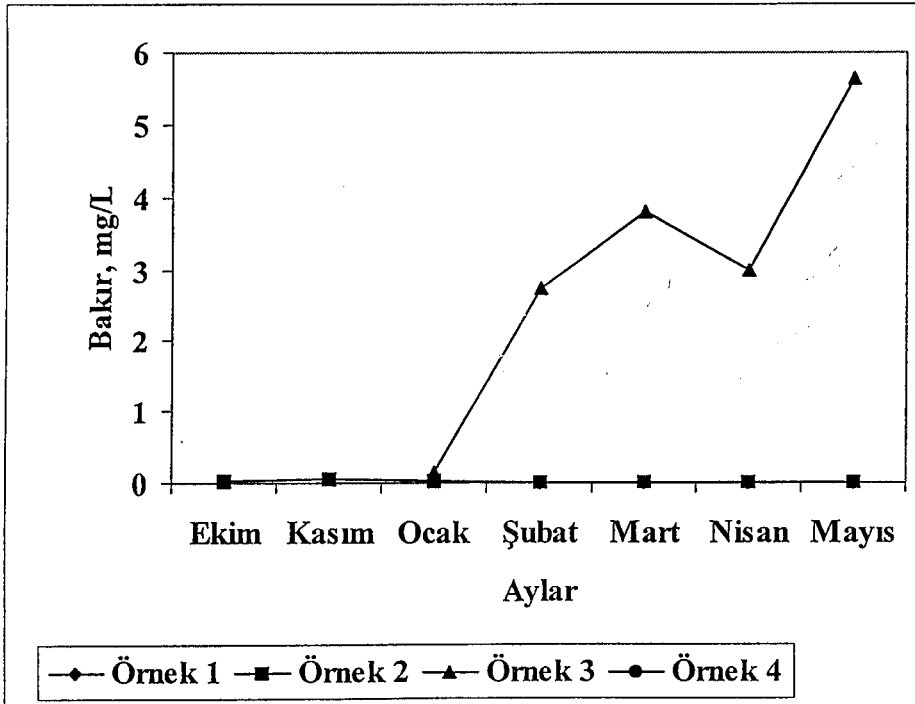
Şekil 6.25. Aylara göre potasyum verilerinin dağılımı



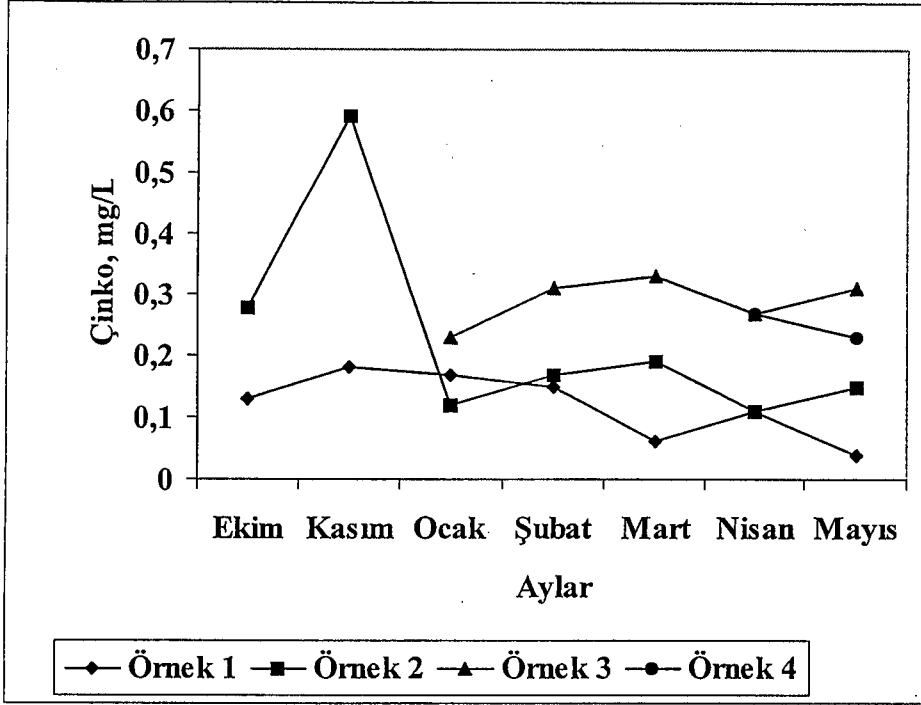
Şekil 6.26. Aylara göre kalsiyum verilerinin dağılımı



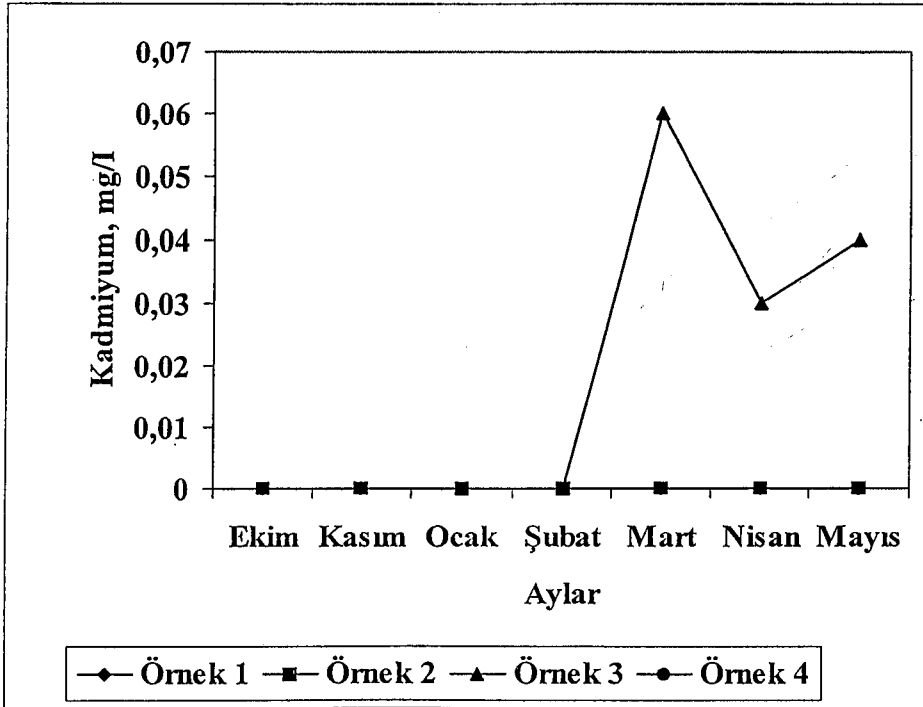
Şekil 6.27. Aylara göre demir verilerinin dağılımı



Şekil 6.28. Aylara göre bakır verilerinin dağılımı

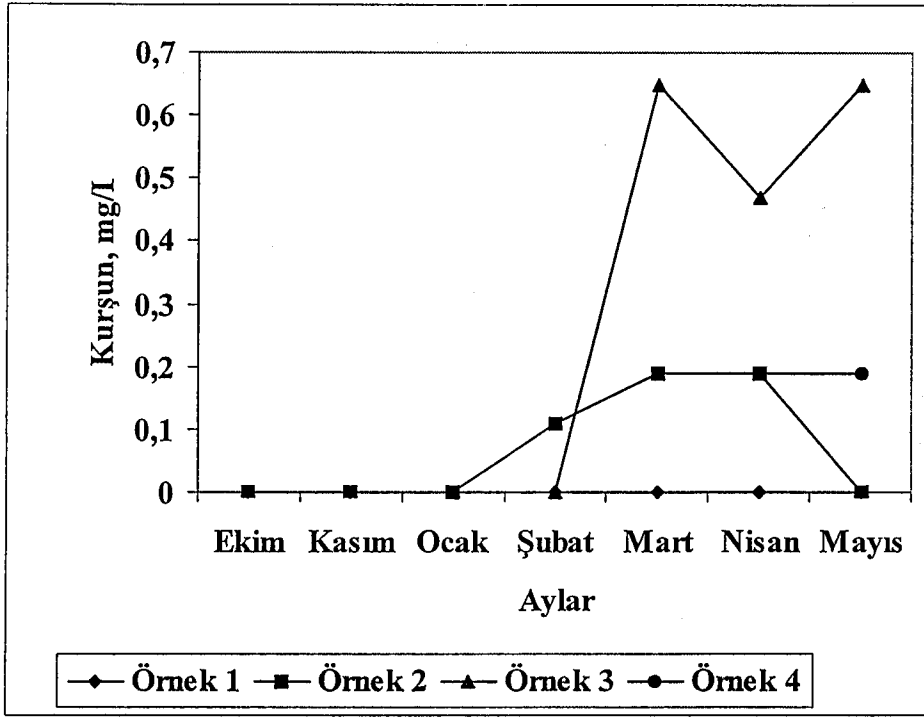


Şekil 6.29. Aylara göre çinko verilerinin dağılımı

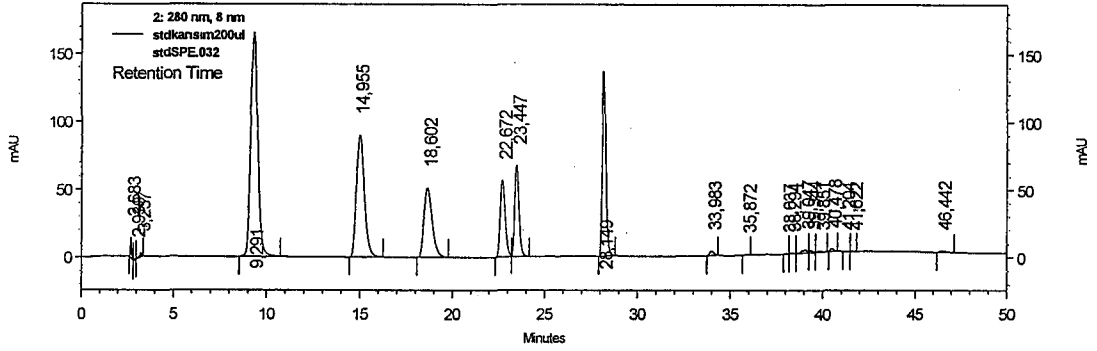


Şekil 6.30. Aylara göre kalsiyum verilerinin dağılımı

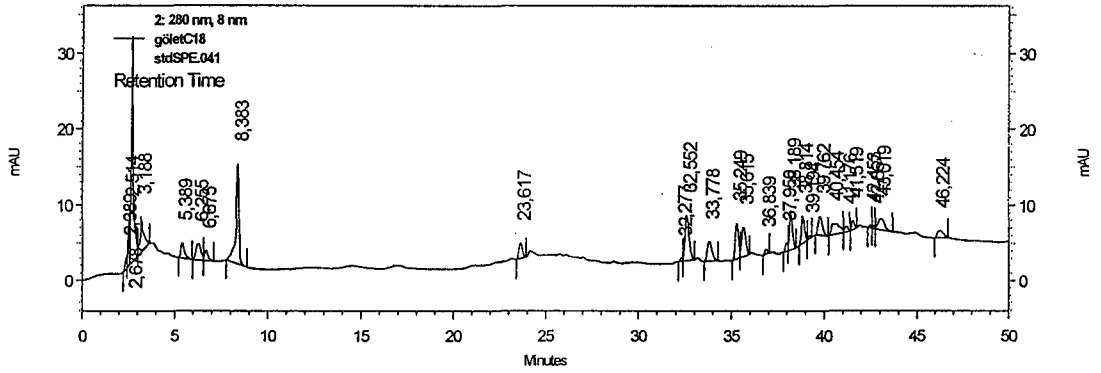
kadmiyum



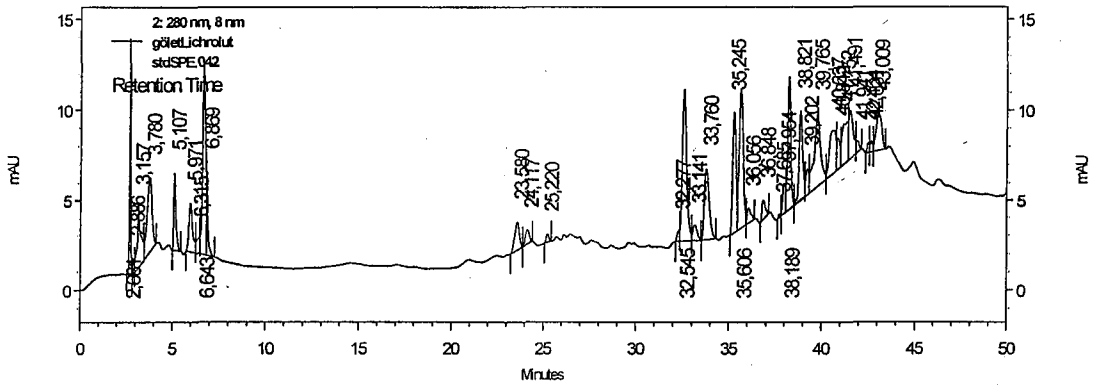
Şekil 6.31. Aylara göre kurşun verilerinin dağılımı



Şekil 6.32. Standart maddelere ait kromatogram (RT: 9,29: 4-hidroksi benzoik asit; 14,95: tereftali asit; 18,6: izoftalik asit; 22,67: benzoik asit; 23,45: 2-kloro benzoik asit; 28,15: 3-kloro benzoik asit)

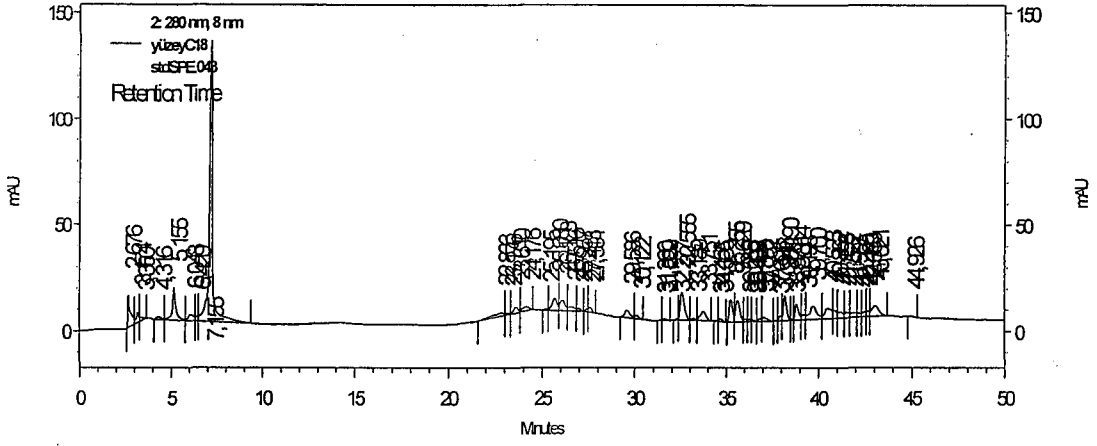


(a)

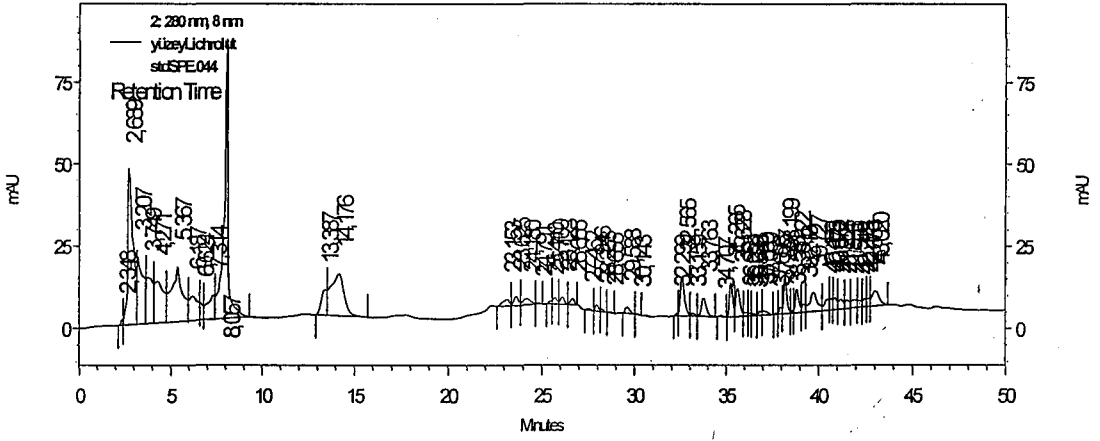


(b)

Şekil 6.33. Örnek 1 için KFE/HPLC sonuçları a) C18 kartuş b) Lichrolut kartuş

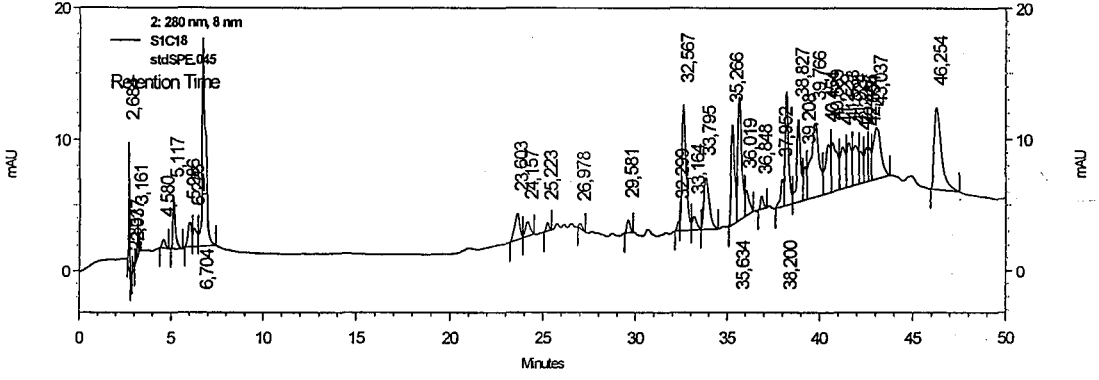


(a)

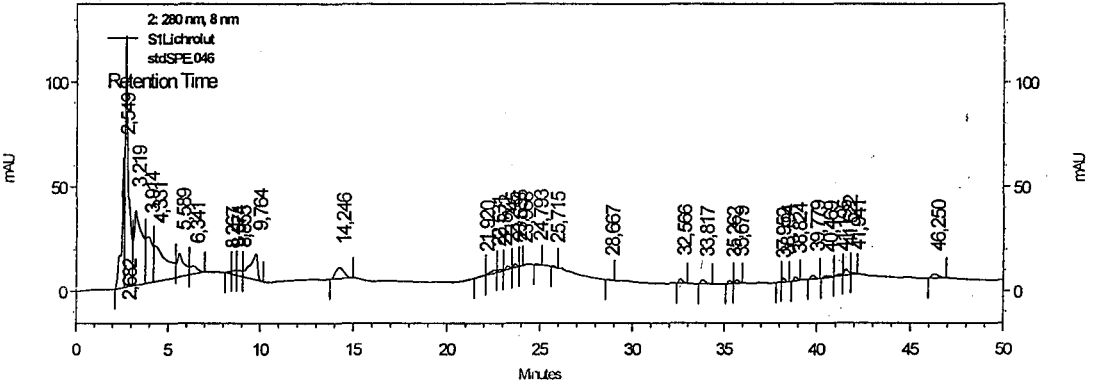


(b)

Şekil 6.34. Örnek 2 için KFE/HPLC sonuçları a) C18 kartuş b) Lichrolut kartuş

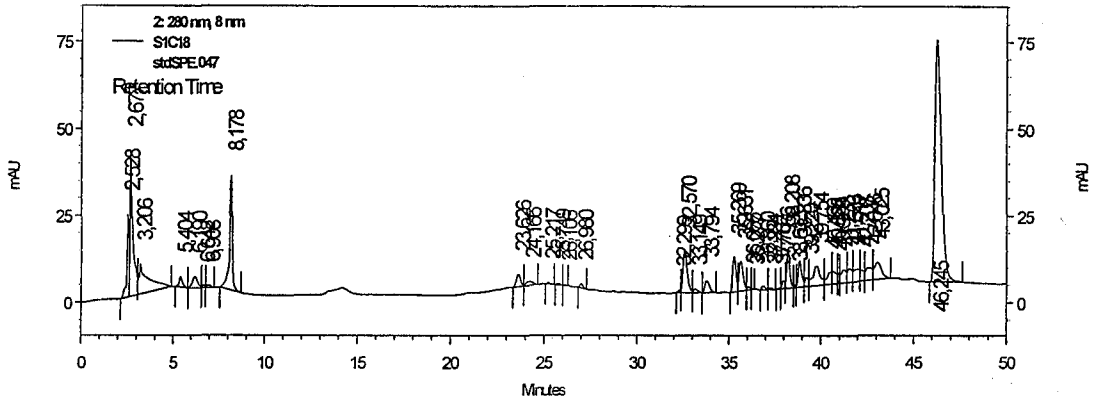


(a)

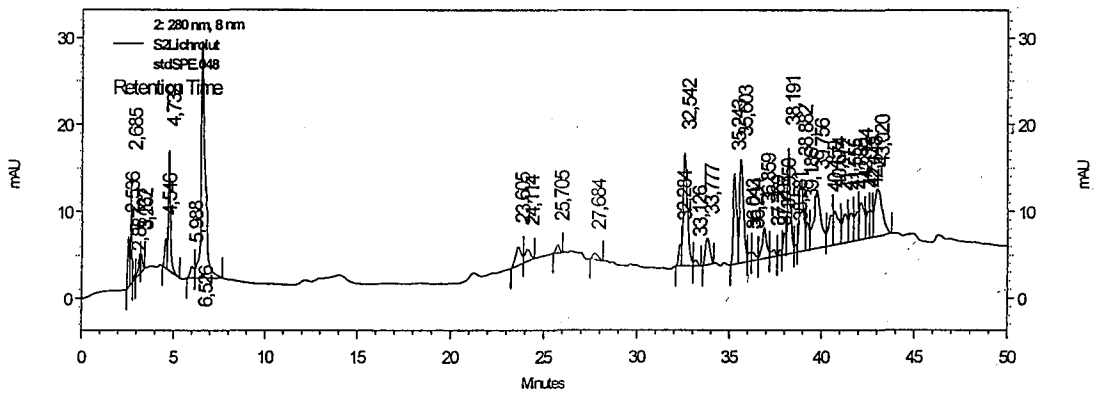


(b)

Şekil 6.35. Örnek 3 için KFE/HPLC sonuçları a) C18 kartuş b) Lichrolut kartuş



(a)



(b)

Şekil 6.36. Örnek 4 için KFE/HPLC sonuçları a) C18 kartuş b) Lichrolut kartuş

Çizelge 6.4. KFME-GC/MS ile tanımlanan bileşikler ve daha önceki çalışmalarla karşılaştırılması

Sızıntı suyunda saptanan organik bileşikler	Örnek I (Ekim)				Örnek I (Mayıs)				Ref. no
	KFME tipi				KFME tipi				
	TB	Δ-TB	D	Δ-D	TB	Δ-TB	D	Δ-D	
Beta İyon epoksit	•	•		•				•	
Bütrolakton [= dihidro2(3H)-Furanon]		•	•						
p-Simen	•								
Limonen	•		•						13
Terpinolen	•								13
2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6 metil-4H-Piran-4-on							•		
Dihidroterpinolen		•							
Naftalen		•	•						18,23,32,40
5-hidroksi metil furfurool							•		
Bilinmeyen 1*		•	•	•		•	•		
Bilinmeyen 2**	•	•	•						
Hegzadekan		•	•						
Heptadekan			•						
Izobütil ftalat	•		•	•		•	•		
Bütil ftalat			•			•			
Nonadekan		•							
n-butil izo bütil ftalat	•	•	•	•					
Hegzadekanoik asit						•			
Oktasülfür				•		•			32
Eikosan		•							
Heneikosan		•	•						
Dokosan						•			
Trikosan						•	•		
Tetrakosan		•	•			•	•		
Pentakosan						•			
Oktoil (=Bis(2-etilhekzil)ftalat)						•			
Hegzakosan						•			
Heptakosan						•			
Oktakosan						•			
Skualen		•	•	•					23
Amil ftalat		•							

*Bilinmeyen 1 m/z 243(4), 173(5), 159(5), 155(3), 143(3), 111(5), 83(3), 72(4), **71(100)**, 70(2), 69(5), 57(3), 56(8), 55(5), 43(42); 41(7).

Bilinmeyen 2 m/z 174(9), **173(100), 158(3), 155(12), 142(3), 129(5), 128(4), 127(3), 126(3), 113(8), 112(15), 111(26), 101(9), 100(9), 99(35), 98(3), 89(3), 88(3), 87(4), 86(10), 85(6), 84(29), 83(17), 82(3), 73(9), 70(12), 69(5), 68(7), 59(8), 58(5), 57(3), 56(23), 55(67), 54(6), 45(16), 44(10), 43(16), 42(21), 41(21), 39(7).

Çizelge 6.4.(devam) KFME-GC/MS ile tanımlanan bileşikler ve daha önceki çalışmalarla karşılaştırılması

Sızıntı suyunda saptanan organik bileşikler	Örnek II (Ekim)				Örnek II (Mayıs)				Ref. no
	KFME tipi				KFME tipi				
	TB	Δ-TB	D	Δ-D	TB	Δ-TB	D	Δ-D	
N-[(dibütülamino)metil]-N-metylformamid						•			
Beta İyon epoksit		•	•				•		
Naftalen		•	•	•					18,23,32,40
Bilinmeyen 1*		•	•	•					
İzobütil ftalat		•	•	•					
n-butil izo bütil ftalat		•	•	•					
Oktasülfür				•					32
Skualen		•							23
	Örnek III (Mayıs)				Örnek IV (Mayıs)				
	KFME tipi				KFME tipi				
	TB	Δ-TB	D	Δ-D	TB	Δ-TB	D	Δ-D	
Beta İyon epoksit	•		•	•		•	•		
Asetik asit									•
Bilinmeyen 1*						•			
Bütil ftalat				•					
n-oktil ftalat			•						
İzooktil ftalat			•	•					

*Bilinmeyen 1 m/z 243(4), 173(5), 159(5), 155(3), 143(3), 111(5), 83(3), 72(4), 71(100), 70(2), 69(5), 57(3), 56(8), 55(5), 43(42), 41(7).

Çizelge 6.5. Aerobik arıtım çalışmalarından elde edilen sonuçlar

	Başlangıç	18 saat sonra	40 saat sonra
KOI (mg/l)	2339	781	551
AKM (mg/l)	128	132,5	148
UAKM (mg/l)	7274	13824	17542
PH	7,87	7,37	7,42
Çözünmüş oksijen	0	3,2	3,4

7. SONUÇ

Katı atıklar ve bunların bertarafı ile ilgili sistemler Türkiye'nin gündemine diğer çevre sorunlarından daha geç girdiğinden halen Türkiye'deki 23 milyon ton/yıl katı atığın %80'i vahşi depolama ile bertaraf edilmeye çalışılmakta, sadece 10 ilde düzenli depolama alanı bulunmaktadır. O nedenle, vahşi depolamanın yapıldığı illerde, depolama sahasının altından sızan sızıntı suyu pek çok teknik ve toplumsal sorunlara neden olmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda da görüldüğü gibi sızıntı suyu, katı atık yönetim sisteminin önemli bir parçası olup, gerek oluşumu gerekse arıtımı açısından ayrı bir önem arz eder. Dolayısıyla, tüm katı atık yönetim sistemlerinde olduğu gibi amaç, sızıntı suyunun en az oluşturulmasının sağlanmasıdır. Ancak, sağlıklı bir katı atık yönetim sisteminin kurulması ve entegre atık yönetimi anlayışının benimsenmesi soruna daha köklü ve kalıcı bir çözüm bulacaktır.

Bu noktadan hareketle, 1986 yılından beri evsel, endüstriyel, tıbbi, tehlikeli ve toksik özellik taşıyan her türlü atığın depolandığı Eskişehir vahşi çöp depolama alanı ile ilgili bir veri tabanı oluşturma ve geleceğe dönük projeksiyon yapma gereksinimiyle ortaya çıkan bu çalışmada, hem disiplinlerarası araştırma yapmak, hem de farklı analiz tekniklerini kullanmak mümkün olmuştur. Nitekim, yedi ay boyunca alınan sızıntı suyu örnekleriyle, artık Eskişehir vahşi çöp depolama sahası hakkında bilimsel anlamda bir tanımlama yapılabilecektir. Yine ileri aletli analiz teknikleriyle yapılan KFE ve KFME analizleri sonucunda belirlenebilen uçucu veya uçucu olmayan organik bileşiklerin neler olduğu ve olası etkileri de gözler önüne serilmiştir.

Son olarak, birçok mühendislik problemlerinde bir gereksinim olarak ortaya çıkan istatistiksel veri değerlendirme yapmak amacıyla Pearson korelasyonundan yararlanılmış ve SPSS 10.0 paket programı kullanılmıştır. Böylelikle, birbiriyle ilişkisi olan veriler daha net ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

AKSAKAL, Y. Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'nde görevli Çevre Mühendisi ile sözlü görüşme, Eskişehir, Türkiye (2002).

ALAT, A. ve PINAR, A., *Eskişehir Merkez İlçe Atıklarının Yönetimi: Çevresel Etki Değerlendirmesi*, Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (1999).

ANDREOTTOLA, G. ve CANNAS, P., *Chemical and Biological Characteristics of Landfill Leachate*, Training Course on Integrated Approach to Sanitary Landfilling, İstanbul, Türkiye (1995).

ANONİM, *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, Resmi Gazete, Sayı: 19919, Türkiye (1988).

ANONİM, Türk Standartları Enstitüsü, TS 7392: Su Kalitesi-Organik Azot Tayini-Makro Kjeldahl Yöntemi, Ankara, Türkiye (1989).

ANONİM, *Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*, Resmi Gazete, Sayı: 20814, Türkiye (1991a).

ANONİM, T.C., Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Dökümanları, Eskişehir, Türkiye (1991b).

ANONİM, *Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*, Resmi Gazete, Sayı: 21586, Türkiye (1993).

ANONİM, *Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*, Resmi Gazete, Sayı: 22387, Türkiye (1995).

ANONİM, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, *Küçük Ölçekli Belediyelerde Atık Depo Alanlarının İnşaat ve İşletme Kılavuzu*, Ankara, Türkiye (1996).

ANONİM, T.C., Eskişehir Valiliği ve İl Çevre Müdürlüğü, *2001 Yılı Eskişehir Çevre Durum Raporu*, Eskişehir, Türkiye (2001).

ARDREY, R.E., BROWN, C., ALLAN, A.,R., BAL, T.S. ve MOFFAT, A.C., *An Eight Peak Index of Mass Spectra of Compounds of Forensic Interest*, Scottish Academic Press, London, England (1983).

ARSLANDERE, Ö., *Yağaltı Sularının Kimyasal Bileşimi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye (2002).

BANAR, M., KÜRKÇÜOĞLU, M., ŞAHİN, A. ve BAŞER, K.H.C., *Physical/Chemical Characterization and Identification of Organic Compounds of Landfill Leachate in Eskişehir*, International Solid Waste Association (ISWA) World Environment Congress&Exhibition, İstanbul, Türkiye (2002) (baskıda).

BANAR, M., MALKOÇ, S. ve ŞAHİN, A., *Anadolu Üniversitesi Yunusemre ve İki Eylül Kampüsü Atıklarının Karakterizasyonu ve Değerlendirilebilirlik Seçenekleri*, Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 99 02 28 Eskişehir, Türkiye (2001).

BANAR, M., *The Role of the Incineration and Landfilling with Energy Recovery of National Energy Supply in Turkey*, International Conference on the Environmental Problems of the Mediterranean Region, Nicosia, Northern Cyprus (2002).

BENFENATI, E., PIERUCCI, P., FANELLI, R., PREISS, A., GODEJOHANN, M., ASTRATOV, M., LEVSEN, K. ve BARCELÓ, D., *Comparative studies of the leachate of an industrial landfill by gas chromatography-mass spectrometry, liquid chromatography-nuclear magnetic resonance and liquid chromatography-mass spectrometry*, Journal of Chromatography A, **831**, 243-256 (1999).

BRÁS, I., SANTOS, L. ve ALVES, A., *Monitoring organochlorine pesticides from landfill leachates by gas chromatography-electron-capture detection after solid-phase microextraction*, Journal of Chromatography A, **891**, 305-311 (2000).

CASTILLO, M. ve BARCELÓ, D., *Characterisation of organic pollutants in textile wastewaters and landfill leachate by using toxicity-based fractionation methods followed by liquid and gas chromatography coupled to mass spectrometric detection*, Analytica Chemica ACTA, **426**, 253-264 (2001).

EL-FADEL, M., FINDIKASIS, A.N. ve LECKIE, J.O., *Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling*, Journal of Environmental Management, **50**, 1-25 (1997).

GÖNCÜ, S., KURTULUŞ, T. ve ŞEKER, Ç., *Depolama Sistemleri ve Düzenli Depolama*, Katı Atık Yönetimi Dersi Projesi, Anadolu Üniversitesi, Müh-Mim Fak., Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (1997).

GREENBERG, A.E., CLESCERI, L.S., EATON, A.D. ve FRANSON, M.A.H., *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Eighteenth Edition, American Public Health Association, Washington, USA (1992).

HITES, R.A., *Handbook of Mass Spectra of Environmental Contaminants*, CRC Press, Florida, USA (2000).

http-1 <http://www.chem.vt.edu/chem-ed/sep/extract/spe.html>

http-2 <https://www.mn-net.com/catalog/WebE/CWIK-4QFJJ2>

http-3 <https://www.mn-net.com/catalog/WebE/CWIK-4QFJJ3>

http-4 http://gc.discussing.info/gs/r_hs-gc/microextraction.html

http-5 <https://www.supelco.com>

LEE, M., YEH, Y., HSIANG, W. ve HWANG, B., *Solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry for determining chlorophenols from landfill leaches and soil*, Journal Chromatography A, **806**, 317-324 (1998).

MARTINEZ, R., GONZALO, E., HERNANDEZ, E., SAN ROMAN, F. ve FLORES, G., *Determination of herbicides and metabolites by solid-phase extraction and liquid chromatography evaluation of pollution due to herbicides in surface and ground waters*, Journal of Chromatography A, **950**, 157-166 (2002).

OMAN, C. ve HYNNING, P., *Identification of Organic Compounds in Municipal Landfill Leachates*, Environmental Pollution, **80**, 265-271 (1993).

OWEIS, I.S. ve KHERA, R.P., *Geotechnology of Waste Management*, Butterworths (1990).

ÖZTÜRK, İ., *Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye (1999).

SÜRÜCÜ, G., *Katı Atıkların Düzenli Depolanması, Katı Atık Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi*, İstanbul, Türkiye (1990).

TAHMİSCİOĞLU, S., DSİ Bölge Müdürlüğü'nde görevli Ziraat Mühendisi ile sözlü görüşme, Eskişehir, Türkiye (2001).

TCHBANOGLOUS, G., THEISEN, H. ve VIGIL, S., *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill Inc., New York, USA (1993).

THURMAN, E.M. ve MILLS, M.S., *Solid-Phase Extraction Principles and Practice*, John Wiley-Sons Inc, USA, 161-195 (1998).

WASTI, Y., *Düzenli Katı Atık Alanları Tasarım İlkeleri*, Geoteknik Açından Düzenli Katı Atık (Çöp) Depolanması Eğitim Semineri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi, Ankara, Türkiye (1995).

YASUHARA, A., SHIRAISHI, H., NISHIKAWA, M., YAMAMOTO, T., NAKASUGI, O., OKUMURA, T., KENMOTSU, K., FUKUI, H., NAGASE, M. ve KAWAGOSHI, Y., *Organic Components in Leachates from Hazardous Waste Disposal Sites*, Waste Management & Research, **17**, 186-197 (1999).

YAZICI, H., *Eskişehir Evsel Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yerleşimi Çalışması*, Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye (2000).

ZERMAN, M., Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Şube Müdürü ile sözlü görüşme, Eskişehir, Türkiye (2002).

EK 1

**ESKİŞEHİR ÇÖP DEPOLAMA SAHASININ
GÖRÜNTÜLERİ**



(a)

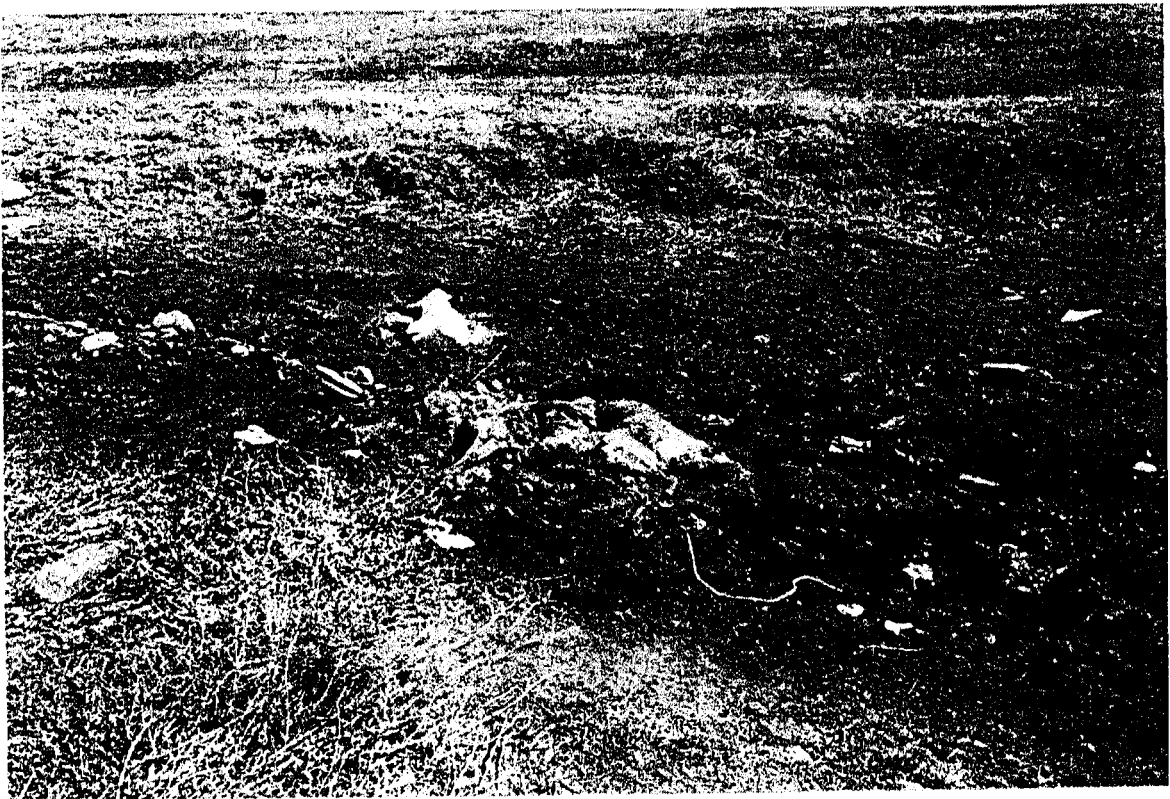


(b)

Şekil EK1.1. (a,b) Eskişehir çöp depolama sahasından genel görüntüler



(a)



(b)

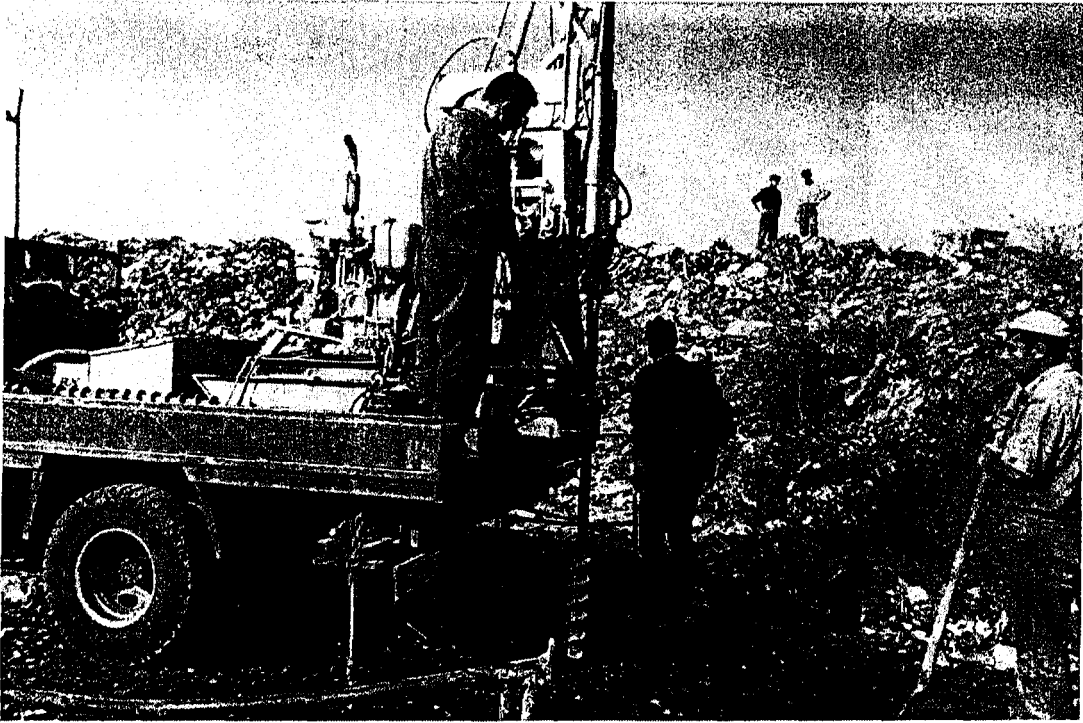


(c)

Şekil EK1.2. (a-c) Sahada oluşan sızıntı sularına ait görüntüler



(a)



(b)

Şekil EK1.3. (a,b) Sahada açılan birinci sondaj kuyusu (Örnek 3)



(a)

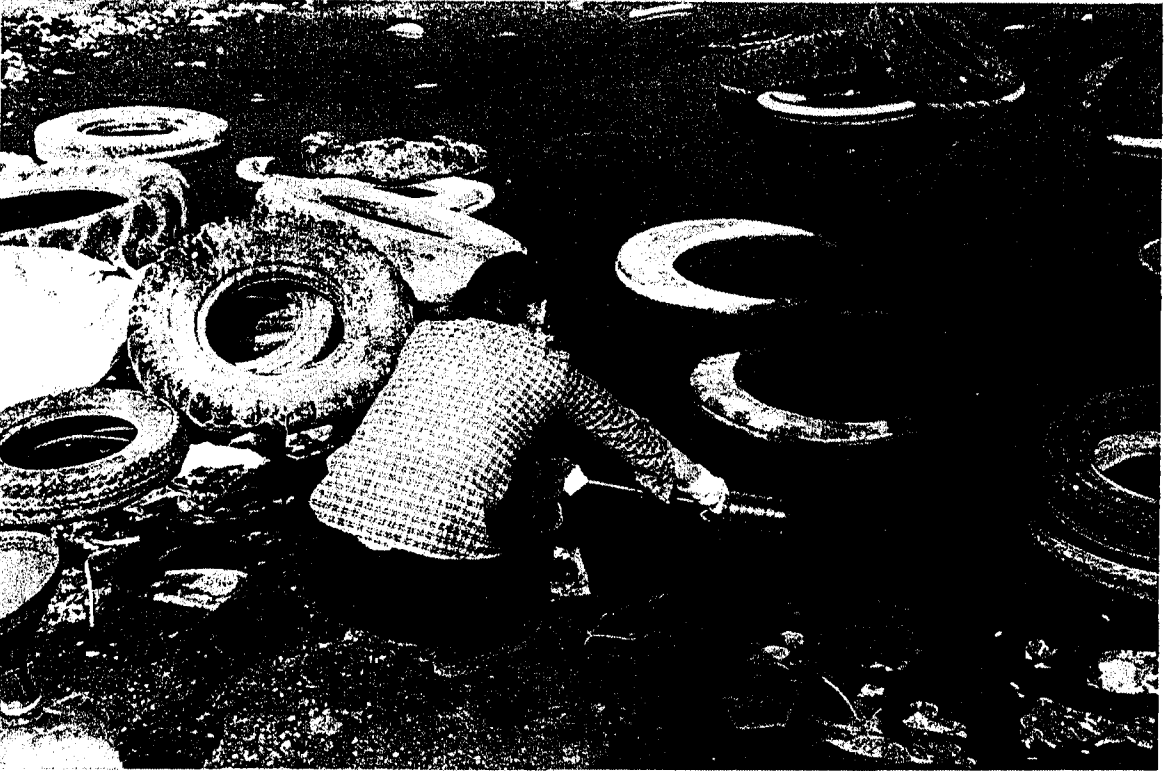


(b)

Şekil EK1.4. (a,b) Sahada açılan ikinci sondaj kuyusu (Örnek 4)



(a)



(b)

Şekil EK1.5. Sahada yapılan örnekleme çalışmaları (Örnek 2)

EK 2

FİZİKSEL VE KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ

Çizelge EK2.1. Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
pH&sıcaklık	0,605	0,137	0,150
pH&iletkenlik	0,373	0,295	0,410
pH&TKM	0,185	0,239	0,691
pH&TÇM	0,149	0,237	0,750
pH&AKM	0,021	0,290	0,046
pH&UK	-0,033	0,171	0,944
pH&SK	0,752	0,122	0,051
pH&ÇK	0,701	0,163	0,079
pH&ÇO	0,249	0,133	0,590
pH&BOİ	0,44	0,220	0,323
pH&KOİ	0,491	0,224	0,263
pH&Yağ ve gres	-0,346	0,242	0,448
pH&Org.azot	0,604	0,191	0,151
pH&sülfat	0,176	0,217	0,706
pH&asidite	0,466	0,108	0,292
pH&alkalinite	0,550	0,125	0,201
pH&klorür	0,581	0,164	0,172
pH&sertlik	-0,095	0,249	0,840
pH&fenol	0,502	0,206	0,251
pH&nitrat	0,490	0,176	0,264
pH&nitrit	-0,233	0,194	0,615
pH&sülfür	0,538	0,191	0,213
pH&sodyum	-0,176	0,102	0,705
pH&potasyum	0,426	0,073	0,341
pH&kalsiyum	0,426	0,073	0,341
pH&demir	-0,134	0,185	0,774
pH&bakır	-0,211	0,186	0,650
pH&nikel	-0,418	0,113	0,351
pH&çinko	-0,142	0,238	0,762
Sıcaklık&iletkenlik	0,054	0,279	0,909
Sıcaklık&TKM	0,143	0,232	0,759
Sıcaklık&TÇM	0,139	0,222	0,766
Sıcaklık&AKM	0,063	0,216	0,893
Sıcaklık&UK	-0,08	0,160	0,865
Sıcaklık&SK	0,765	0,118	0,045
Sıcaklık&ÇK	0,769	0,108	0,043
Sıcaklık&ÇO	0,685	0,190	0,090
Sıcaklık&BOİ	0,47	0,262	0,287
Sıcaklık&KOİ	0,504	0,249	0,249
Sıcaklık&yağ ve gres	-0,091	0,447	0,846
Sıcaklık&org.azot	0,914	0,047	0,004
Sıcaklık&sülfat	0,133	0,336	0,777
Sıcaklık&asidite	0,551	0,135	0,200
Sıcaklık&alkalinite	0,763	0,122	0,046
Sıcaklık&klorür	0,75	0,103	0,052
Sıcaklık&sertlik	-0,49	0,243	0,264
Sıcaklık&fenol	0,539	0,327	0,212
Sıcaklık&nitrat	0,903	0,082	0,005
Sıcaklık&nitrit	-0,206	0,338	0,658
Sıcaklık&sülfür	0,403	0,15	0,370
Sıcaklık&sodyum	-0,088	0,398	0,852
Sıcaklık&potasyum	0,907	0,053	0,005
Sıcaklık&kalsiyum	0,907	0,053	0,005
Sıcaklık&demir	-0,249	0,373	0,591

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Sıcaklık&bakır	-0,059	0,336	0,900
Sıcaklık&nikel	-0,217	0,266	0,640
Sıcaklık&çinko	-0,366	0,249	0,420
İletkenlik&TKM	0,911	0,063	0,004
İletkenlik&TÇM	0,844	0,123	0,017
İletkenlik&AKM	0,208	0,271	0,655
İletkenlik&UK	0,830	0,129	0,021
İletkenlik&SK	0,362	0,249	0,424
İletkenlik&ÇK	0,388	0,211	0,390
İletkenlik&ÇO	-0,288	0,171	0,531
İletkenlik&BOİ	0,310	0,242	0,498
İletkenlik&KOİ	0,471	0,257	0,286
İletkenlik&Yağ ve gres	-0,081	0,231	0,864
İletkenlik&org.azot	0,363	0,234	0,424
İletkenlik&sülfat	0,729	0,130	0,063
İletkenlik&asidite	0,134	0,317	0,775
İletkenlik&alkalinite	0,201	0,285	0,666
İletkenlik&klorür	0,383	0,221	0,397
İletkenlik&sertlik	0,199	0,307	0,669
İletkenlik&fenol	0,218	0,306	0,639
İletkenlik&nitrat	0,316	0,307	0,490
İletkenlik&nitrit	-0,422	0,302	0,345
İletkenlik&sülfür	0,717	0,076	0,070
İletkenlik&sodyum	0,666	0,225	0,103
İletkenlik&potasyum	-0,305	0,252	0,507
İletkenlik&kalsiyum	-0,305	0,252	0,507
İletkenlik&demir	0,501	0,148	0,252
İletkenlik&bakır	0,136	0,330	0,772
İletkenlik&nikel	0,257	0,304	0,578
İletkenlik&çinko	-0,359	0,283	0,429
TKM&TÇM	0,986	0,015	0,000
TKM&AKM	-0,021	0,182	0,965
TKM&UK	0,958	0,039	0,001
TKM&SK	0,242	0,218	0,602
TKM&ÇK	0,334	0,166	0,464
TKM&ÇO	-0,132	0,129	0,779
TKM&BOİ	0,434	0,176	0,331
TKM&KOİ	0,602	0,183	0,152
TKM&Yağ ve gres	0,071	0,162	0,880
TKM&org.azot	0,442	0,145	0,321
TKM&sülfat	0,649	0,134	0,114
TKM&asidite	-0,048	0,241	0,918
TKM&alkalinite	0,095	0,231	0,840
TKM&klorür	0,259	0,189	0,575
TKM&sertlik	0,243	0,235	0,599
TKM&fenol	0,201	0,181	0,665
TKM&nitrat	0,482	0,206	0,274
TKM&nitrit	-0,576	0,246	0,175
TKM&sülfür	0,514	0,148	0,238
TKM&sodyum	0,775	0,149	0,041
TKM&potasyum	-0,216	0,271	0,641
TKM&kalsiyum	-0,216	0,271	0,641
TKM&demir	0,413	0,148	0,357
TKM&bakır	0,378	0,224	0,403

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
TKM&nikel	0,312	0,261	0,496
TKM&çinko	-0,572	0,178	0,179
TÇM&AKM	-0,180	0,135	0,700
TÇM&UK	0,964	0,033	0,000
TÇM&SK	0,169	0,220	0,716
TÇM&ÇK	0,268	0,198	0,561
TÇM&ÇO	-0,091	0,131	0,846
TÇM&BOİ	0,493	0,144	0,261
TÇM&KOİ	0,648	0,137	0,116
TÇM&Yağ ve gres	0,119	0,151	0,800
TÇM&org.azot	0,414	0,146	0,356
TÇM&sülfat	0,573	0,158	0,179
TÇM&asidite	-0,175	0,207	0,707
TÇM&alkalinite	-0,011	0,222	0,982
TÇM&klorür	0,146	0,194	0,755
TÇM&sertlik	0,331	0,195	0,468
TÇM&fenol	0,169	0,161	0,717
TÇM&nitrat	0,492	0,182	0,262
TÇM&nitrit	-0,633	0,191	0,127
TÇM&sülfür	0,374	0,226	0,409
TÇM&sodyum	0,751	0,165	0,052
TÇM&potasyum	-0,215	0,272	0,644
TÇM&kalsiyum	-0,215	0,272	0,644
TÇM&demir	0,360	0,160	0,428
TÇM&bakır	0,477	0,166	0,279
TÇM&nikel	0,273	0,266	0,553
TÇM&çinko	-0,642	0,150	0,120
AKM&UK	-0,141	0,150	0,762
AKM&SK	0,405	0,237	0,368
AKM&ÇK	0,405	0,318	0,367
AKM&ÇO	-0,250	0,151	0,588
AKM&BOİ	-0,300	0,220	0,514
AKM&KOİ	-0,235	0,217	0,612
AKM&Yağ ve gres	-0,062	0,292	0,896
AKM&org.azot	0,200	0,244	0,668
AKM&sülfat	0,371	0,189	0,412
AKM&asidite	0,763	0,205	0,046
AKM&alkalinite	0,637	0,269	0,124
AKM&klorür	0,648	0,224	0,116
AKM&sertlik	-0,604	0,289	0,151
AKM&fenol	0,049	0,297	0,918
AKM&nitrat	-0,076	0,209	0,872
AKM&nitrit	0,254	0,248	0,583
AKM&sülfür	0,705	0,239	0,077
AKM&sodyum	0,231	0,214	0,619
AKM&potasyum	0,067	0,238	0,886
AKM&kalsiyum	0,067	0,238	0,886
AKM&demir	0,240	0,229	0,604
AKM&bakır	-0,450	0,298	0,311
AKM&nikel	0,122	0,296	0,794
AKM&çinko	0,372	0,272	0,411
UK&SK	-0,048	0,158	0,918
UK&ÇK	0,103	0,140	0,827
UK&ÇO	-0,168	0,116	0,718

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
UK&BOİ	0,273	0,215	0,554
UK&KOİ	0,451	0,218	0,310
UK&Yağ ve gres	0,040	0,161	0,933
UK&org.azot	0,222	0,155	0,633
UK&sülfat	0,508	0,241	0,244
UK&asidite	-0,233	0,162	0,615
UK&alkalinite	-0,126	0,158	0,788
UK&klorür	0,060	0,150	0,990
UK&sertlik	0,328	0,195	0,473
UK&fenol	0,144	0,178	0,758
UK&nitrat	0,317	0,218	0,489
UK&nitrit	-0,500	0,252	0,253
UK&sülfür	0,326	0,202	0,475
UK&sodyum	0,759	0,148	0,048
UK&potasyum	-0,381	0,185	0,400
UK&kalsiyum	-0,381	0,185	0,400
UK&demir	0,368	0,211	0,417
UK&bakır	0,389	0,221	0,389
UK&nikel	0,446	0,177	0,316
UK&çinko	-0,473	0,259	0,284
SK&ÇK	0,812	0,114	0,026
SK&ÇO	0,111	0,164	0,812
SK&BOİ	0,586	0,257	0,167
SK&KOİ	0,570	0,213	0,181
SK&Yağ ve gres	0,113	0,418	0,809
SK&org.azot	0,787	0,080	0,036
SK&sülfat	0,540	0,196	0,210
SK&asidite	0,618	0,166	0,139
SK&alkalinite	0,753	0,100	0,050
SK&klorür	0,879	0,050	0,009
SK&sertlik	-0,261	0,285	0,572
SK&fenol	0,211	0,373	0,649
SK&nitrat	0,603	0,152	0,151
SK&nitrit	-0,315	0,221	0,491
SK&sülfür	0,682	0,135	0,091
SK&sodyum	0,129	0,215	0,782
SK&potasyum	0,532	0,114	0,219
SK&kalsiyum	0,532	0,114	0,219
SK&demir	0,193	0,295	0,679
SK&bakır	0,002	0,348	0,997
SK&nikel	-0,422	0,224	0,346
SK&çinko	-0,391	0,364	0,386
ÇK&ÇO	0,291	0,188	0,526
ÇK&BOİ	0,425	0,288	0,342
ÇK&KOİ	0,595	0,221	0,158
ÇK&Yağ ve gres	-0,163	0,351	0,727
ÇK&org.azot	0,916	0,042	0,004
ÇK&sülfat	0,205	0,175	0,659
ÇK&asidite	0,784	0,102	0,037
ÇK&alkalinite	0,868	0,083	0,011
ÇK&klorür	0,818	0,129	0,025
ÇK&sertlik	-0,506	0,241	0,247
ÇK&fenol	0,553	0,160	0,198
ÇK&nitrat	0,671	0,173	0,099

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
ÇK&nitrit	-0,409	0,257	0,363
ÇK&sülfür	0,731	0,162	0,062
ÇK&sodyum	0,270	0,285	0,558
ÇK&potasyum	0,595	0,118	0,158
ÇK&kalsiyum	0,595	0,118	0,158
ÇK&demir	-0,250	0,152	0,589
ÇK&bakır	-0,132	0,367	0,778
ÇK&nikel	-0,304	0,155	0,508
ÇK&çinko	-0,146	0,363	0,754
ÇO&BOİ	-0,120	0,160	0,798
ÇO&KOİ	-0,049	0,158	0,917
ÇO&Yağ ve gres	-0,538	0,213	0,213
ÇO&org.azot	0,489	0,187	0,265
ÇO&sülfat	-0,399	0,202	0,376
ÇO&asidite	0,309	0,262	0,500
ÇO&alkalinite	0,447	0,259	0,315
ÇO&klorür	0,282	0,206	0,540
ÇO&sertlik	-0,582	0,251	0,171
ÇO&fenol	0,761	0,165	0,047
ÇO&nitrat	0,690	0,186	0,086
ÇO&nitrit	0,285	0,189	0,535
ÇO&sülfür	0,006	0,155	0,990
ÇO&sodyum	-0,492	0,223	0,262
ÇO&potasyum	0,843	0,122	0,017
ÇO&kalsiyum	0,843	0,122	0,017
ÇO&demir	-0,598	0,224	0,156
ÇO&bakır	-0,397	0,222	0,378
ÇO&nikel	0,235	0,157	0,611
ÇO&çinko	0,082	0,153	0,861
BOİ&KOİ	0,941	0,026	0,002
BOİ&Yağ ve gres	0,601	0,273	0,154
BOİ&org.azot	0,532	0,225	0,219
BOİ&sülfat	0,404	0,349	0,369
BOİ&asidite	-0,165	0,260	0,724
BOİ&alkalinite	0,044	0,312	0,925
BOİ&klorür	0,210	0,359	0,652
BOİ&sertlik	0,451	0,236	0,310
BOİ&fenol	-0,221	0,311	0,633
BOİ&nitrat	0,459	0,268	0,301
BOİ&nitrit	-0,862	0,061	0,013
BOİ&sülfür	0,053	0,331	0,910
BOİ&sodyum	0,417	0,190	0,352
BOİ&potasyum	0,140	0,261	0,765
BOİ&kalsiyum	0,140	0,261	0,765
BOİ&demir	0,206	0,364	0,658
BOİ&bakır	0,762	0,135	0,046
BOİ&nikel	-0,628	0,212	0,131
BOİ&çinko	-0,876	0,064	0,010
KOİ&Yağ ve gres	0,419	0,277	0,350
KOİ&org.azot	0,667	0,187	0,102
KOİ&sülfat	0,352	0,325	0,438
KOİ&asidite	-0,020	0,262	0,967
KOİ&alkalinite	0,172	0,297	0,712
KOİ&klorür	0,276	0,321	0,549

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
KOI&sertlik	0,316	0,276	0,490
KOI&fenol	0,011	0,271	0,981
KOI&nitrat	0,555	0,257	0,196
KOI&nitrit	-0,934	0,035	0,002
KOI&sülfür	0,217	0,317	0,640
KOI&sodyum	0,560	0,211	0,191
KOI&potasyum	0,156	0,290	0,738
KOI&kalsiyum	0,156	0,290	0,738
KOI&demir	0,059	0,318	0,901
KOI&bakır	0,669	0,171	0,100
KOI&nikel	-0,515	0,299	0,237
KOI&çinko	-0,782	0,082	0,038
Yağ ve gres&org.azot	-0,068	0,405	0,885
Yağ ve gres&sülfat	0,368	0,319	0,417
Yağ ve gres&asidite	-0,428	0,221	0,338
Yağ ve gres&alkalinite	-0,344	0,320	0,450
Yağ ve gres&klorür	-0,160	0,372	0,732
Yağ ve gres&sertlik	0,504	0,254	0,249
Yağ ve gres&fenol	-0,844	0,104	0,017
Yağ ve gres&nitrat	-0,145	0,404	0,756
Yağ ve gres&nitrit	-0,549	0,174	0,202
Yağ ve gres&sülfür	-0,319	0,220	0,485
Yağ ve gres&sodyum	0,471	0,205	0,286
Yağ ve gres&potasyum	-0,256	0,383	0,579
Yağ ve gres&kalsiyum	-0,256	0,383	0,579
Yağ ve gres&demir	0,478	0,309	0,278
Yağ ve gres&bakır	0,852	0,058	0,015
Yağ ve gres&nikel	-0,455	0,194	0,305
Yağ ve gres&çinko	-0,660	0,195	0,107
Org.azot&sülfat	0,278	0,245	0,546
Org.azot&asidite	0,616	0,107	0,140
Org.azot&alkalinite	0,804	0,081	0,029
Org.azot&klorür	0,800	0,069	0,031
Org.azot&sertlik	-0,455	0,235	0,305
Org.azot&fenol	0,565	0,236	0,187
Org.azot&nitrat	0,901	0,057	0,006
Org.azot&nitrit	-0,433	0,292	0,332
Org.azot&sülfür	0,613	0,112	0,143
Org.azot&sodyum	0,274	0,372	0,553
Org.azot&potasyum	0,720	0,152	0,068
Org.azot&kalsiyum	0,720	0,152	0,068
Org.azot&demir	-0,178	0,278	0,720
Org.azot&bakır	0,028	0,345	0,953
Org.azot&nikel	-0,163	0,232	0,727
Org.azot&çinko	-0,401	0,256	0,373
Sülfat&asidite	0,069	0,233	0,883
Sülfat&alkalinite	0,189	0,244	0,685
Sülfat&klorür	0,508	0,208	0,245
Sülfat&sertlik	0,218	0,323	0,639
Sülfat&fenol	-0,221	0,336	0,629
Sülfat&nitrat	0,265	0,343	0,566
Sülfat&nitrit	-0,259	0,381	0,575
Sülfat&sülfür	0,593	0,130	0,160
Sülfat&sodyum	0,547	0,189	0,204

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Sülfat&potasyum	-0,204	0,304	0,662
Sülfat&kalsiyum	-0,204	0,304	0,662
Sülfat&demir	0,888	0,067	0,008
Sülfat&bakır	0,289	0,352	0,529
Sülfat&nikel	0,144	0,432	0,758
Sülfat&çinko	-0,576	0,247	0,176
Asidite&alkalinite	0,953	0,020	0,001
Asidite&klorür	0,840	0,097	0,180
Asidite&sertlik	-0,855	0,072	0,014
Asidite&fenol	0,583	0,080	0,169
Asidite&nitrat	0,371	0,229	0,412
Asidite&nitrit	0,192	0,265	0,680
Asidite&sülfür	0,768	0,179	0,044
Asidite&sodyum	-0,042	0,303	0,929
Asidite&potasyum	0,584	0,129	0,169
Asidite&kalsiyum	0,584	0,129	0,169
Asidite&demir	-0,261	0,201	0,572
Asidite&bakır	-0,635	0,237	0,975
Asidite&nikel	-0,015	0,231	0,975
Asidite&çinko	0,384	0,283	0,395
Alkalinite&klorür	0,936	0,038	0,002
Alkalinite&sertlik	-0,812	0,126	0,026
Alkalinite&fenol	0,629	0,153	0,130
Alkalinite&nitrat	0,624	0,215	0,134
Alkalinite&nitrit	0,066	0,325	0,888
Alkalinite&sülfür	0,783	0,145	0,037
Alkalinite&sodyum	0,003	0,329	0,990
Alkalinite&potasyum	0,729	0,114	0,063
Alkalinite&kalsiyum	0,729	0,114	0,063
Alkalinite&demir	-0,203	0,264	0,662
Alkalinite&bakır	-0,488	0,315	0,266
Alkalinite&nikel	-0,022	0,266	0,963
Alkalinite&çinko	0,124	0,346	0,791
Klorür&sertlik	-0,616	0,222	0,140
Klorür&fenol	0,457	0,261	0,303
Klorür&nitrat	0,652	0,164	0,112
Klorür&nitrit	-0,013	0,337	0,977
Klorür&sülfür	0,857	0,085	0,014
Klorür&sodyum	0,121	0,242	0,796
Klorür&potasyum	0,609	0,091	0,147
Klorür&kalsiyum	0,609	0,091	0,147
Klorür&demir	0,134	0,304	0,774
Klorür&bakır	-0,323	0,354	0,480
Klorür&nikel	-0,015	0,351	0,974
Klorür&çinko	-0,117	0,389	0,302
Sertlik&fenol	-0,630	0,194	0,129
Sertlik&nitrat	-0,358	0,304	0,431
Sertlik&nitrit	-0,457	0,293	0,302
Sertlik&sülfür	-0,460	0,289	0,299
Sertlik&sodyum	0,225	0,349	0,628
Sertlik&potasyum	-0,689	0,157	0,087
Sertlik&kalsiyum	-0,689	0,157	0,087
Sertlik&demir	0,448	0,308	0,313
Sertlik&bakır	0,714	0,229	0,072

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Sertlik&nikel	-0,263	0,277	0,569
Sertlik&çinko	-0,519	0,235	0,233
Fenol&nitrat	0,620	0,258	0,137
Fenol&nitrit	0,198	0,235	0,671
Fenol&sülfür	0,485	0,182	0,270
Fenol&sodyum	-0,218	0,291	0,639
Fenol&potasyum	0,587	0,282	0,166
Fenol&kalsiyum	0,587	0,282	0,166
Fenol&demir	-0,541	0,274	0,210
Fenol&bakır	-0,622	0,152	0,136
Fenol&nikel	0,351	0,213	0,440
Fenol&çinko	0,296	0,261	0,519
Nitrat&nitrit	-0,282	0,363	0,540
Nitrat&sülfür	0,437	0,203	0,327
Nitrat&sodyum	0,126	0,435	0,787
Nitrat&potasyum	0,738	0,226	0,058
Nitrat&kalsiyum	0,738	0,226	0,058
Nitrat&demir	-0,121	0,383	0,795
Nitrat&bakır	0,045	0,342	0,924
Nitrat&nikel	0,093	0,282	0,843
Nitrat&çinko	-0,500	0,198	0,254
Nitrit&sülfür	-0,049	0,322	0,917
Nitrit&sodyum	-0,705	0,163	0,077
Nitrit&potasyum	0,118	0,343	0,801
Nitrit&kalsiyum	0,118	0,343	0,801
Nitrit&demir	-0,062	0,365	0,895
Nitrit&bakır	-0,796	0,097	0,032
Nitrit&nikel	0,517	0,348	0,234
Nitrit&çinko	0,708	0,114	0,075
Sülfür&sodyum	0,348	0,136	0,444
Sülfür&potasyum	0,202	0,160	0,665
Sülfür&kalsiyum	0,202	0,160	0,665
Sülfür&demir	0,250	0,203	0,589
Sülfür&bakır	-0,378	0,309	0,403
Sülfür&nikel	0,191	0,312	0,618
Sülfür&çinko	0,026	0,370	0,955
Sodyum&potasyum	-0,390	0,383	0,386
Sodyum&kalsiyum	-0,390	0,383	0,386
Sodyum&demir	0,395	0,251	0,380
Sodyum&bakır	0,573	0,219	0,179
Sodyum&nikel	0,064	0,309	0,891
Sodyum&çinko	-0,476	0,238	0,281
Potasyum&kalsiyum	1,000	0,000	
Potasyum&demir	-0,493	0,301	0,261
Potasyum&bakır	-0,308	0,296	0,502
Potasyum&nikel	-0,140	0,285	0,765
Potasyum&çinko	-0,037	0,268	0,938
Kalsiyum&demir	-0,493	0,301	0,261
Kalsiyum&bakır	-0,308	0,296	0,502
Kalsiyum&nikel	-0,140	0,285	0,765
Kalsiyum&çinko	-0,037	0,268	0,938
Demir&bakır	0,336	0,338	0,461
Demir&nikel	0,194	0,417	0,676
Demir&çinko	-0,463	0,247	0,295

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anamlılık
Bakır&nikel	-0,385	0,296	0,394
Bakır&çinko	-0,830	0,086	0,021
Nikel&çinko	0,244	0,292	0,598
Hava sıcaklığı&pH	0,370	0,157	0,414
Hava sıcaklığı&sıcaklık	0,840	0,055	0,018
Hava sıcaklığı&iletkenlik	0,041	0,149	0,931
Hava sıcaklığı&TKM	0,228	0,165	0,623
Hava sıcaklığı&TÇM	0,260	0,160	0,573
Hava sıcaklığı&AKM	-0,032	0,203	0,946
Hava sıcaklığı&UK	0,024	0,156	0,959
Hava sıcaklığı&SK	0,708	0,129	0,075
Hava sıcaklığı&ÇK	0,656	0,199	0,109
Hava sıcaklığı&CO	0,329	0,186	0,470
Hava sıcaklığı&BOİ	0,782	0,108	0,038
Hava sıcaklığı&KOİ	0,760	0,114	0,047
Hava sıcaklığı&Yağ ve gres	0,433	0,337	0,332
Hava sıcaklığı&org.azot	0,821	0,102	0,024
Hava sıcaklığı&sülfat	0,241	0,296	0,602
Hava sıcaklığı&asidite	0,255	0,227	0,581
Hava sıcaklığı&alkalinite	0,485	0,225	0,270
Hava sıcaklığı&klorür	0,538	0,221	0,213
Hava sıcaklığı&sertlik	-0,152	0,286	0,745
Hava sıcaklığı&fenol	0,082	0,328	0,860
Hava sıcaklığı&nitrat	0,746	0,098	0,054
Hava sıcaklığı&nitrit	-0,590	0,207	0,163
Hava sıcaklığı&sülfür	0,178	0,177	0,702
Hava sıcaklığı&sodyum	0,251	0,339	0,587
Hava sıcaklığı&potasyum	0,656	0,094	0,110
Hava sıcaklığı&kalsiyum	0,656	0,094	0,110
Hava sıcaklığı&demir	-0,071	0,374	0,880
Hava sıcaklığı&bakır	0,448	0,237	0,313
Hava sıcaklığı&nikel	-0,470	0,152	0,288
Hava sıcaklığı&çinko	-0,680	0,145	0,092
Yağış&pH	0,472	0,195	0,285
Yağış&sıcaklık	0,060	0,347	0,898
Yağış&iletkenlik	0,300	0,281	0,513
Yağış&TKM	0,021	0,200	0,965
Yağış&TÇM	-0,086	0,184	0,855
Yağış&AKM	0,635	0,305	0,125
Yağış&UK	-0,145	0,151	0,756
Yağış&SK	0,562	0,174	0,189
Yağış&ÇK	0,590	0,266	0,163
Yağış&CO	-0,482	0,189	0,273
Yağış&BOİ	0,213	0,286	0,647
Yağış&KOİ	0,280	0,225	0,542
Yağış&Yağ ve gres	0,076	0,351	0,871
Yağış&org.azot	0,254	0,314	0,582
Yağış&sülfat	0,226	0,241	0,626
Yağış&asidite	0,579	0,344	0,174
Yağış&alkalinite	0,452	0,399	0,309
Yağış&klorür	0,454	0,342	0,306
Yağış&sertlik	-0,141	0,472	0,764
Yağış&fenol	-0,064	0,405	0,892

Çizelge EK2.1. (devam) Örnek 1'in Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Yağış&nitrat	-0,166	0,311	0,722
Yağış&nitrit	-0,297	0,252	0,517
Yağış&sülfür	0,566	0,315	0,186
Yağış&sodyum	0,280	0,246	0,542
Yağış&potasyum	-0,074	0,357	0,874
Yağış&kalsiyum	-0,074	0,357	0,874
Yağış&demir	0,047	0,286	0,921
Yağış&bakır	-0,112	0,418	0,812
Yağış&nikel	-0,545	0,142	0,206
Yağış&çinko	0,166	0,325	0,722

Çizelge EK2.2. Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
pH&sıcaklık	0,470	0,303	0,287
pH&iletkenlik	0,808	0,092	0,028
pH&TKM	0,747	0,099	0,053
pH&TÇM	0,666	0,124	0,103
pH&AKM	0,328	0,227	0,472
pH&UK	0,685	0,094	0,090
pH&SK	-0,050	0,366	0,915
pH&ÇK	0,534	0,256	0,217
pH&ÇO	0,404	0,190	0,369
pH&BOİ	-0,209	0,270	0,652
pH&KOİ	0,155	0,306	0,741
pH&Yağ ve gres	0,063	0,189	0,893
pH&Org.azot	0,748	0,101	0,053
pH&sülfat	0,484	0,232	0,271
pH&asidite	0,503	0,181	0,249
pH&alkalinite	-0,425	0,238	0,341
pH&klorür	-0,206	0,294	0,658
pH&sertlik	-0,120	0,203	0,798
pH&fenol	0,079	0,291	0,867
pH&nitrat	0,433	0,280	0,332
pH&nitrit	0,549	0,169	0,202
pH&sülfür	-0,414	0,286	0,355
pH&sodyum	0,327	0,303	0,475
pH&potasyum	0,294	0,331	0,522
pH&kalsiyum	-0,625	0,147	0,134
pH&demir	-0,814	0,065	0,026
pH&bakır	0,684	0,146	0,090
pH&nikel	0,471	0,245	0,287
pH&çinko	0,512	0,165	0,240
pH&kurşun	-0,581	0,202	0,226
Sıcaklık&iletkenlik	0,376	0,314	0,405
Sıcaklık&TKM	0,411	0,224	0,360
Sıcaklık&TÇM	0,344	0,219	0,450
Sıcaklık&AKM	0,614	0,238	0,142
Sıcaklık&UK	0,274	0,217	0,551
Sıcaklık&SK	0,342	0,390	0,452
Sıcaklık&ÇK	0,530	0,177	0,222
Sıcaklık&ÇO	0,608	0,245	0,147
Sıcaklık&BOİ	-0,210	0,219	0,651
Sıcaklık&KOİ	0,221	0,217	0,633
Sıcaklık&yağ ve gres	0,592	0,275	0,161
Sıcaklık&org.azot	0,256	0,404	0,579
Sıcaklık&sülfat	-0,369	0,301	0,415
Sıcaklık&asidite	0,790	0,099	0,034
Sıcaklık&alkalinite	-0,020	0,279	0,966
Sıcaklık&klorür	0,005	0,262	0,992
Sıcaklık&sertlik	-0,084	0,260	0,858
Sıcaklık&fenol	0,506	0,250	0,247
Sıcaklık&nitrat	0,284	0,309	0,538
Sıcaklık&nitrit	0,686	0,189	0,089
Sıcaklık&sülfür	0,167	0,356	0,721
Sıcaklık&sodyum	-0,155	0,257	0,740
Sıcaklık&potasyum	-0,417	0,271	0,352
Sıcaklık&kalsiyum	-0,711	0,135	0,073

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Sıcaklık&demir	-0,413	0,233	0,357
Sıcaklık&bakır	-0,116	0,366	0,804
Sıcaklık&nikel	-0,033	0,379	0,945
Sıcaklık&çinko	-0,249	0,271	0,590
Sıcaklık&kurşun	0,376	0,314	0,405
İletkenlik&TKM	0,770	0,110	0,043
İletkenlik&TÇM	0,782	0,106	0,038
İletkenlik&AKM	-0,050	0,145	0,915
İletkenlik&UK	0,844	0,069	0,017
İletkenlik&SK	-0,547	0,242	0,204
İletkenlik&ÇK	0,259	0,311	0,575
İletkenlik&ÇO	0,034	0,154	0,942
İletkenlik&BOİ	0,084	0,297	0,858
İletkenlik&KOİ	0,323	0,336	0,479
İletkenlik&Yağ ve gres	0,364	0,299	0,422
İletkenlik&org.azot	0,478	0,220	0,278
İletkenlik&sülfat	0,424	0,297	0,343
İletkenlik&asidite	0,204	0,165	0,661
İletkenlik&alkalinite	-0,195	0,322	0,676
İletkenlik&klorür	-0,362	0,194	0,425
İletkenlik&sertlik	0,215	0,203	0,644
İletkenlik&fenol	0,087	0,401	0,852
İletkenlik&nitrat	0,380	0,268	0,400
İletkenlik&nitrit	0,673	0,172	0,098
İletkenlik&sülfür	-0,324	0,409	0,478
İletkenlik&sodyum	0,607	0,229	0,149
İletkenlik&potasyum	0,594	0,217	0,160
İletkenlik&kalsiyum	-0,432	0,228	0,333
İletkenlik&demir	-0,755	0,122	0,050
İletkenlik&bakır	0,541	0,288	0,210
İletkenlik&nikel	0,380	0,259	0,401
İletkenlik&çinko	0,405	0,254	0,367
İletkenlik&kurşun	0,770	0,110	0,043
TKM&TÇM	0,979	0,015	0,000
TKM&AKM	0,282	0,248	0,540
TKM&UK	0,963	0,029	0,001
TKM&SK	-0,256	0,406	0,579
TKM&ÇK	-0,087	0,386	0,853
TKM&ÇO	0,388	0,196	0,389
TKM&BOİ	0,444	0,302	0,319
TKM&KOİ	0,741	0,189	0,057
TKM&Yağ ve gres	-0,023	0,234	0,961
TKM&org.azot	0,389	0,277	0,388
TKM&sülfat	0,400	0,215	0,374
TKM&asidite	0,425	0,213	0,342
TKM&alkalinite	-0,084	0,408	0,858
TKM&klorür	-0,474	0,184	0,283
TKM&sertlik	0,449	0,264	0,312
TKM&fenol	-0,379	0,327	0,402
TKM&nitrat	0,203	0,430	0,662
TKM&nitrit	0,225	0,263	0,628
TKM&sülfür	-0,665	0,234	0,103
TKM&sodyum	0,657	0,254	0,109
TKM&potasyum	0,511	0,327	0,241

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
TKM&kalsiyum	-0,353	0,424	0,438
TKM&demir	-0,736	0,203	0,060
TKM&bakır	0,659	0,125	0,107
TKM&nikel	0,532	0,138	0,219
TKM&çinko	0,139	0,178	0,766
TKM&kurşun	0,979	0,015	0,000
TÇM&AKM	0,104	0,203	0,825
TÇM&UK	0,985	0,010	0,000
TÇM&SK	-0,408	0,312	0,363
TÇM&ÇK	-0,167	0,392	0,721
TÇM&ÇO	0,212	0,171	0,649
TÇM&BOİ	0,567	0,260	0,184
TÇM&KOİ	0,798	0,164	0,032
TÇM&Yağ ve gres	0,052	0,265	0,912
TÇM&org.azot	0,224	0,287	0,629
TÇM&sülfat	0,385	0,231	0,394
TÇM&asidite	0,263	0,194	0,569
TÇM&alkalinite	0,014	0,440	0,976
TÇM&klorür	-0,406	0,179	0,366
TÇM&sertlik	0,589	0,212	0,164
TÇM&fenol	-0,377	0,360	0,405
TÇM&nitrat	0,069	0,451	0,883
TÇM&nitrit	0,213	0,301	0,646
TÇM&sülfür	-0,608	0,264	0,147
TÇM&sodyum	0,726	0,198	0,065
TÇM&potasyum	0,603	0,249	0,151
TÇM&kalsiyum	-0,229	0,452	0,621
TÇM&demir	-0,669	0,248	0,101
TÇM&bakır	0,572	0,154	0,179
TÇM&nikel	0,408	0,148	0,363
TÇM&çinko	0,037	0,194	0,938
TÇM&kurşun	0,104	0,203	0,825
AKM&UK	0,035	0,176	0,941
AKM&SK	0,784	0,154	0,037
AKM&ÇK	0,237	0,152	0,608
AKM&ÇO	0,992	0,008	0,000
AKM&BOİ	-0,310	0,138	0,499
AKM&KOİ	0,080	0,196	0,865
AKM&Yağ ve gres	-0,192	0,154	0,681
AKM&org.azot	0,568	0,306	0,184
AKM&sülfat	-0,147	0,166	0,752
AKM&asidite	0,952	0,049	0,001
AKM&alkalinite	-0,208	0,212	0,654
AKM&klorür	-0,371	0,146	0,413
AKM&sertlik	-0,032	0,181	0,946
AKM&fenol	0,486	0,236	0,269
AKM&nitrat	0,078	0,166	0,868
AKM&nitrit	-0,241	0,222	0,603
AKM&sülfür	-0,309	0,172	0,500
AKM&sodyum	-0,554	0,179	0,197
AKM&potasyum	-0,603	0,206	0,152
AKM&kalsiyum	-0,295	0,226	0,520
AKM&demir	0,257	0,269	0,578
AKM&bakır	0,488	0,268	0,266

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
AKM&nikel	0,096	0,236	0,837
AKM&çinko	0,035	0,176	0,941
AKM&kurşun	0,784	0,154	0,037
UK&SK	-0,508	0,274	0,244
UK&ÇK	-0,157	0,354	0,736
UK&ÇO	0,148	0,153	0,752
UK&BOİ	0,523	0,258	0,229
UK&KOİ	0,745	0,207	0,054
UK&Yağ ve gres	0,067	0,261	0,886
UK&org.azot	0,288	0,265	0,532
UK&sülfat	0,419	0,227	0,350
UK&asidite	0,200	0,166	0,667
UK&alkalinite	-0,076	0,434	0,872
UK&klorür	-0,452	0,162	0,308
UK&sertlik	0,532	0,214	0,219
UK&fenol	-0,374	0,347	0,408
UK&nitrat	0,168	0,433	0,718
UK&nitrit	0,249	0,272	0,590
UK&sülfür	-0,643	0,265	0,119
UK&sodyum	0,799	0,161	0,031
UK&potasyum	0,698	0,200	0,081
UK&kalsiyum	-0,255	0,421	0,581
UK&demir	-0,726	0,220	0,064
UK&bakır	0,613	0,138	0,143
UK&nikel	0,458	0,142	0,301
UK&çinko	0,156	0,216	0,739
UK&kurşun	-0,508	0,274	0,244
SK&ÇK	0,312	0,202	0,496
SK&ÇO	0,718	0,215	0,069
SK&BOİ	-0,482	0,202	0,274
SK&KOİ	-0,317	0,329	0,489
SK&Yağ ve gres	-0,293	0,252	0,523
SK&org.azot	0,236	0,423	0,611
SK&sülfat	-0,237	0,243	0,608
SK&asidite	0,649	0,244	0,114
SK&alkalinite	-0,029	0,347	0,951
SK&klorür	0,108	0,324	0,818
SK&sertlik	-0,499	0,183	0,254
SK&fenol	0,152	0,337	0,746
SK&nitrat	0,080	0,423	0,865
SK&nitrit	-0,149	0,279	0,750
SK&sülfür	0,179	0,427	0,701
SK&sodyum	-0,762	0,083	0,047
SK&potasyum	-0,870	0,062	0,011
SK&kalsiyum	-0,245	0,421	0,596
SK&demir	0,229	0,419	0,621
SK&bakır	-0,092	0,366	0,844
SK&nikel	0,063	0,413	0,894
SK&çinko	-0,095	0,302	0,839
SK&kurşun	0,312	0,202	0,496
ÇK&ÇO	0,205	0,150	0,659
ÇK&BOİ	-0,817	0,083	0,025
ÇK&KOİ	-0,542	0,195	0,209
ÇK&Yağ ve gres	0,445	0,141	0,318

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
ÇK&org.azot	0,469	0,179	0,289
ÇK&sülfat	-0,093	0,417	0,843
ÇK&asidite	0,375	0,155	0,408
ÇK&alkalinite	-0,428	0,285	0,339
ÇK&klorür	0,428	0,188	0,338
ÇK&sertlik	-0,657	0,214	0,109
ÇK&fenol	0,799	0,089	0,031
ÇK&nitrat	0,332	0,311	0,467
ÇK&nitrit	0,722	0,115	0,067
ÇK&sülfür	0,383	0,179	0,397
ÇK&sodyum	-0,391	0,169	0,385
ÇK&potasyum	-0,377	0,224	0,404
ÇK&kalsiyum	-0,642	0,197	0,120
ÇK&demir	-0,315	0,269	0,492
ÇK&bakır	-0,074	0,336	0,874
ÇK&nikel	-0,192	0,246	0,680
ÇK&çinko	0,261	0,193	0,571
ÇK&kurşun	0,205	0,150	0,659
ÇO&BOİ	-0,245	0,153	0,597
ÇO&KOİ	0,167	0,168	0,721
ÇO&Yağ ve gres	-0,218	0,135	0,639
ÇO&org.azot	0,607	0,272	0,149
ÇO&sülfat	-0,090	0,151	0,848
ÇO&asidite	0,953	0,050	0,001
ÇO&alkalinite	-0,250	0,183	0,589
ÇO&klorür	-0,394	0,173	0,382
ÇO&sertlik	-0,322	0,153	0,482
ÇO&fenol	-0,107	0,161	0,819
ÇO&nitrat	0,510	0,212	0,243
ÇO&nitrit	0,071	0,168	0,880
ÇO&sülfür	-0,348	0,172	0,444
ÇO&sodyum	-0,195	0,223	0,675
ÇO&potasyum	-0,449	0,245	0,312
ÇO&kalsiyum	-0,627	0,191	0,132
ÇO&demir	-0,389	0,179	0,389
ÇO&bakır	0,342	0,231	0,453
ÇO&nikel	0,550	0,230	0,201
ÇO&çinko	0,131	0,204	0,780
ÇO&kurşun	-0,245	0,153	0,597
BOİ&KOİ	0,848	0,094	0,016
BOİ&Yağ ve gres	-0,150	0,236	0,748
BOİ&org.azot	-0,553	0,180	0,198
BOİ&sülfat	0,100	0,410	0,832
BOİ&asidite	-0,322	0,142	0,482
BOİ&alkalinite	0,469	0,344	0,288
BOİ&klorür	-0,206	0,213	0,657
BOİ&sertlik	0,921	0,064	0,003
BOİ&fenol	-0,665	0,195	0,103
BOİ&nitrat	-0,512	0,337	0,240
BOİ&nitrit	-0,451	0,180	0,310
BOİ&sülfür	-0,390	0,255	0,388
BOİ&sodyum	0,599	0,179	0,155
BOİ&potasyum	0,529	0,299	0,222
BOİ&kalsiyum	0,495	0,330	0,258

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
BOİ&demir	0,058	0,360	0,902
BOİ&bakır	0,063	0,353	0,893
BOİ&nikel	-0,010	0,257	0,983
BOİ&çinko	-0,486	0,119	0,269
BOİ&kurşun	0,848	0,094	0,016
KOI&Yağ ve gres	0,002	0,242	0,996
KOI&org.azot	-0,218	0,331	0,638
KOI&sülfat	-0,048	0,364	0,919
KOI&asidite	0,117	0,191	0,803
KOI&alkalinite	0,147	0,472	0,753
KOI&klorür	-0,267	0,249	0,562
KOI&sertlik	0,725	0,163	0,066
KOI&fenol	-0,572	0,240	0,180
KOI&nitrat	-0,154	0,473	0,742
KOI&nitrit	-0,193	0,239	0,679
KOI&sülfür	-0,585	0,282	0,168
KOI&sodyum	0,695	0,245	0,083
KOI&potasyum	0,458	0,382	0,301
KOI&kalsiyum	-0,030	0,460	0,949
KOI&demir	-0,385	0,392	0,393
KOI&bakır	0,172	0,350	0,712
KOI&nikel	0,151	0,289	0,747
KOI&çinko	-0,424	0,210	0,343
KOI&kurşun	-0,473	0,302	0,344
Yağ ve gres&org.azot	-0,212	0,197	0,648
Yağ ve gres&sülfat	-0,538	0,139	0,213
Yağ ve gres&asidite	0,035	0,224	0,940
Yağ ve gres&alkalinite	0,052	0,291	0,912
Yağ ve gres&klorür	0,317	0,170	0,489
Yağ ve gres&sertlik	0,013	0,325	0,978
Yağ ve gres&fenol	0,766	0,144	0,045
Yağ ve gres&nitrat	0,088	0,252	0,852
Yağ ve gres&nitrit	0,788	0,165	0,035
Yağ ve gres&sülfür	0,542	0,260	0,209
Yağ ve gres&sodyum	0,009	0,188	0,985
Yağ ve gres&potasyum	-0,100	0,216	0,831
Yağ ve gres&kalsiyum	-0,375	0,231	0,407
Yağ ve gres&demir	-0,159	0,169	0,734
Yağ ve gres&bakır	-0,566	0,124	0,186
Yağ ve gres&nikel	-0,532	0,091	0,219
Yağ ve gres&çinko	-0,342	0,149	0,453
Yağ ve gres&kurşun	0,804	0,101	0,054
Org.azot&sülfat	0,407	0,349	0,364
Org.azot&asidite	0,612	0,277	0,144
Org.azot&alkalinite	-0,622	0,198	0,136
Org.azot&klorür	-0,479	0,192	0,277
Org.azot&sertlik	-0,570	0,134	0,182
Org.azot&fenol	0,005	0,264	0,991
Org.azot&nitrat	0,815	0,109	0,025
Org.azot&nitrit	0,354	0,227	0,436
Org.azot&sülfür	-0,442	0,216	0,321
Org.azot&sodyum	0,073	0,301	0,876
Org.azot&potasyum	0,051	0,433	0,913
Org.azot&kalsiyum	-0,671	0,164	0,099

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Org.azot&demir	-0,666	0,116	0,102
Org.azot&bakır	0,722	0,218	0,067
Org.azot&nikel	0,765	0,138	0,045
Org.azot&çinko	0,834	0,093	0,020
Orgazot&kurşun	-0,585	0,252	0,222
Sülfat&asidite	-0,104	0,202	0,824
Sülfat&alkalinite	0,099	0,422	0,832
Sülfat&klorür	-0,421	0,204	0,347
Sülfat&sertlik	0,224	0,386	0,629
Sülfat&fenol	-0,376	0,285	0,405
Sülfat&nitrat	-0,056	0,406	0,905
Sülfat&nitrit	-0,066	0,358	0,888
Sülfat&sülfür	-0,359	0,227	0,430
Sülfat&sodyum	0,219	0,241	0,637
Sülfat&potasyum	0,485	0,238	0,269
Sülfat&kalsiyum	0,301	0,261	0,512
Sülfat&demir	-0,124	0,262	0,792
Sülfat&bakır	0,843	0,113	0,017
Sülfat&nikel	0,573	0,204	0,179
Sülfat&çinko	0,637	0,284	0,124
Sülfat&kurşun	-0,634	0,176	0,176
Asidite&alkalinite	-0,166	0,217	0,721
Asidite&klorür	-0,360	0,203	0,427
Asidite&sertlik	-0,297	0,172	0,517
Asidite&fenol	0,136	0,206	0,772
Asidite&nitrat	0,518	0,218	0,234
Asidite&nitrit	0,353	0,137	0,438
Asidite&sülfür	-0,165	0,250	0,724
Asidite&sodyum	-0,242	0,212	0,601
Asidite&potasyum	-0,484	0,224	0,271
Asidite&kalsiyum	-0,701	0,149	0,079
Asidite&demir	-0,418	0,179	0,351
Asidite&bakır	0,280	0,258	0,543
Asidite&nikel	0,464	0,264	0,295
Asidite&çinko	0,112	0,211	0,810
Asidite&kurşun	-0,409	0,211	0,421
Alkalinite&klorür	-0,079	0,400	0,866
Alkalinite&sertlik	0,697	0,210	0,082
Alkalinite&fenol	0,000	0,389	1,000
Alkalinite&nitrat	-0,711	0,211	0,073
Alkalinite&nitrit	-0,111	0,278	0,812
Alkalinite&sülfür	0,472	0,316	0,284
Alkalinite&sodyum	-0,302	0,371	0,511
Alkalinite&potasyum	-0,200	0,414	0,667
Alkalinite&kalsiyum	0,704	0,150	0,078
Alkalinite&demir	0,701	0,118	0,080
Alkalinite&bakır	-0,235	0,380	0,613
Alkalinite&nikel	-0,256	0,386	0,580
Alkalinite&çinko	-0,521	0,255	0,230
Alkalinite&kurşun	0,045	0,445	0,933
Klorür&sertlik	-0,179	0,226	0,701
Klorür&fenol	0,486	0,125	0,269
Klorür&nitrat	-0,493	0,251	0,261
Klorür&nitrit	0,022	0,138	0,963

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anamlılık
Klorür&sülfür	0,510	0,209	0,242
Klorür&sodyum	-0,314	0,264	0,493
Klorür&potasyum	-0,275	0,289	0,551
Klorür&kalsiyum	0,056	0,339	0,906
Klorür&demir	0,257	0,333	0,577
Klorür&bakır	-0,660	0,127	0,107
Klorür&nikel	-0,884	0,047	0,008
Klorür&çinko	-0,482	0,130	0,274
Klorür&kurşun	0,880	0,056	0,021
Sertlik&fenol	-0,424	0,334	0,343
Sertlik&nitrat	-0,628	0,239	0,131
Sertlik&nitrit	-0,204	0,296	0,661
Sertlik&sülfür	-0,131	0,297	0,780
Sertlik&sodyum	0,440	0,186	0,323
Sertlik&potasyum	0,446	0,290	0,315
Sertlik&kalsiyum	0,561	0,253	0,190
Sertlik&demir	0,161	0,257	0,730
Sertlik&bakır	0,054	0,350	0,908
Sertlik&nikel	-0,089	0,272	0,850
Sertlik&çinko	-0,487	0,112	0,268
Sertlik&kurşun	-0,300	0,293	0,563
Fenol&nitrat	0,087	0,366	0,853
Fenol&nitrit	0,776	0,142	0,040
Fenol&sülfür	0,808	0,047	0,028
Fenol&sodyum	-0,535	0,193	0,216
Fenol&potasyum	-0,504	0,199	0,249
Fenol&kalsiyum	-0,346	0,338	0,448
Fenol&demir	0,093	0,307	0,843
Fenol&bakır	-0,521	0,211	0,230
Fenol&nikel	-0,530	0,089	0,221
Fenol&çinko	-0,091	0,219	0,845
Fenol&kurşun	0,690	0,166	0,130
Nitrat&nitrit	0,390	0,168	0,387
Nitrat&sülfür	-0,368	0,346	0,416
Nitrat&sodyum	0,186	0,400	0,690
Nitrat&potasyum	0,047	0,462	0,921
Nitrat&kalsiyum	-0,776	0,141	0,040
Nitrat&demir	-0,663	0,145	0,104
Nitrat&bakır	0,362	0,351	0,425
Nitrat&nikel	0,615	0,228	0,142
Nitrat&çinko	0,658	0,101	0,108
Nitrat&kurşun	-0,431	0,371	0,393
Nitrit&sülfür	0,372	0,269	0,412
Nitrit&sodyum	-0,048	0,195	0,919
Nitrit&potasyum	-0,076	0,186	0,872
Nitrit&kalsiyum	-0,587	0,101	0,166
Nitrit&demir	-0,416	0,083	0,353
Nitrit&bakır	-0,036	0,323	0,938
Nitrit&nikel	-0,069	0,208	0,882
Nitrit&çinko	,185	0,234	0,692
Nitrit&kurşun	-,146	0,300	0,782
Sülfür&sodyum	-0,731	0,214	0,062
Sülfür&potasyum	-0,608	0,291	0,147
Sülfür&kalsiyum	0,225	0,371	0,628

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Sülfür&demir	0,651	0,251	0,114
Sülfür&bakır	-0,712	0,116	0,073
Sülfür&nikel	-0,700	0,131	0,080
Sülfür&çinko	-0,367	0,182	0,417
Sülfür&kurşun	0,791	0,097	0,061
Sodyum&potasyum	0,918	0,033	0,004
Sodyum&kalsiyum	-0,107	0,412	0,820
Sodyum&demir	-0,647	0,279	0,116
Sodyum&bakır	0,400	0,205	0,374
Sodyum&nikel	0,303	0,259	0,509
Sodyum&çinko	0,147	0,235	0,753
Sodyum&kurşun	-0,538	0,267	0,271
Potasyum&kalsiyum	0,144	0,429	0,757
Potasyum&demir	-0,467	0,360	0,291
Potasyum&bakır	0,481	0,283	0,274
Potasyum&nikel	0,281	0,364	0,541
Potasyum&çinko	0,315	0,330	0,491
Potasyum&kurşun	-0,487	0,329	0,327
Kalsiyum&demir	0,785	0,077	0,036
Kalsiyum&bakır	-0,128	0,313	0,785
Kalsiyum&nikel	-0,244	0,328	0,598
Kalsiyum&çinko	-0,261	0,150	0,572
Kalsiyum&kurşun	0,198	0,402	0,707
Demir&bakır	-0,516	0,201	0,235
Demir&nikel	-0,464	0,268	0,294
Demir&çinko	-0,414	0,183	0,355
Demir&kurşun	0,562	0,298	0,246
Bakır&nikel	0,877	0,059	0,010
Bakır&çinko	0,736	0,195	0,059
Bakır&kurşun	-0,914	0,031	0,011
Nikel&çinko	0,714	0,110	0,071
Nikel&kurşun	-0,926	0,051	0,008
Çinko&kurşun	-0,513	0,223	0,298
Hava sıcaklığı&pH	0,301	0,173	0,512
Hava sıcaklığı&sıcaklık	0,719	0,115	0,069
Hava sıcaklığı&iletkenlik	0,200	0,287	0,667
Hava sıcaklığı&TKM	-0,128	0,361	0,785
Hava sıcaklığı&TÇM	-0,206	0,382	0,658
Hava sıcaklığı&AKM	0,376	0,177	0,406
Hava sıcaklığı&UK	-0,190	0,350	0,684
Hava sıcaklığı&SK	0,305	0,299	0,506
Hava sıcaklığı&ÇK	0,834	0,075	0,020
Hava sıcaklığı&ÇO	0,329	0,186	0,470
Hava sıcaklığı&BOİ	-0,737	0,189	0,059
Hava sıcaklığı&KOİ	-0,385	0,314	0,394
Hava sıcaklığı&Yağ ve gres	0,689	0,147	0,087
Hava sıcaklığı&org.azot	0,367	0,228	0,418
Hava sıcaklığı&sülfat	-0,499	0,242	0,255
Hava sıcaklığı&asidite	0,512	0,081	0,240
Hava sıcaklığı&alkalinite	-0,390	0,313	0,387
Hava sıcaklığı&klorür	0,245	0,182	0,597
Hava sıcaklığı&sertlik	-0,642	0,293	0,120
Hava sıcaklığı&fenol	0,834	0,117	0,020
Hava sıcaklığı&nitrat	0,536	0,235	0,215

Çizelge EK2.2.(devam) Örnek 2'nin Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Hava sıcaklığı&nitrit	0,783	0,071	0,037
Hava sıcaklığı&sülfür	0,420	0,228	0,349
Hava sıcaklığı&sodyum	-0,348	0,208	0,444
Hava sıcaklığı&potasyum	-0,490	0,183	0,264
Hava sıcaklığı&kalsiyum	-0,786	0,114	0,036
Hava sıcaklığı&demir	-0,321	0,156	0,482
Hava sıcaklığı&bakır	-0,324	0,238	0,479
Hava sıcaklığı&nikel	-0,193	0,226	0,678
Hava sıcaklığı&çinko	0,067	0,232	0,887
Hava sıcaklığı&kurşun	0,318	0,328	0,540
Yağış&pH	0,488	0,303	0,267
Yağış&sıcaklık	-0,270	0,330	0,559
Yağış&iletkenlik	0,547	0,170	0,204
Yağış&TKM	0,073	0,257	0,877
Yağış&TÇM	0,106	0,208	0,820
Yağış&AKM	-0,526	0,169	0,225
Yağış&UK	0,226	0,200	0,626
Yağış&SK	-0,560	0,179	0,191
Yağış&ÇK	0,438	0,178	0,325
Yağış&ÇO	-0,482	0,189	0,273
Yağış&BOİ	-0,308	0,223	0,501
Yağış&KOİ	-0,329	0,242	0,471
Yağış&Yağ ve gres	0,141	0,254	0,762
Yağış&org.azot	0,348	0,462	0,445
Yağış&sülfat	0,458	0,329	0,301
Yağış&asidite	-0,402	0,250	0,372
Yağış&alkalinite	-0,484	0,242	0,271
Yağış&klorür	0,178	0,361	0,703
Yağış&sertlik	-0,239	0,242	0,606
Yağış&fenol	0,221	0,196	0,634
Yağış&nitrat	0,217	0,380	0,641
Yağış&nitrit	0,385	0,131	0,394
Yağış&sülfür	-0,082	0,299	0,861
Yağış&sodyum	0,355	0,167	0,434
Yağış&potasyum	0,577	0,219	0,175
Yağış&kalsiyum	-0,141	0,323	0,764
Yağış&demir	-0,411	0,272	0,359
Yağış&bakır	0,317	0,406	0,489
Yağış&nikel	0,023	0,467	0,960
Yağış&çinko	0,616	0,304	0,141
Yağış&kurşun	-0,038	0,381	0,944

Çizelge EK2.3. Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
pH&sıcaklık	0,601	0,172	0,284
pH&iletkenlik	-0,983	0,015	0,003
pH&TKM	-0,251	0,237	0,683
pH&TÇM	-0,264	0,262	0,668
pH&AKM	-0,349	0,184	0,565
pH&UK	-0,342	0,227	0,573
pH&SK	0,672	0,220	0,214
pH&ÇK	-0,044	0,234	0,944
pH&ÇO	0,489	0,193	0,403
pH&BOİ	-0,059	0,193	0,925
pH&KOİ	-0,011	0,162	0,986
pH&Yağ ve gres	0,127	0,404	0,839
pH&Org.azot	0,062	0,247	0,921
pH&sülfat	0,488	0,247	0,405
pH&asidite	0,804	0,075	0,101
pH&alkalinite	0,463	0,199	0,432
pH&klorür	-0,300	0,234	0,624
pH&sertlik	-0,036	0,251	0,954
pH&fenol	0,828	0,136	0,084
pH&nitrat	0,640	0,168	0,245
pH&nitrit	-0,804	0,109	0,101
pH&sülfür	0,614	0,228	0,271
pH&sodyum	0,256	0,397	0,677
pH&potasyum	-0,074	0,359	0,906
pH&kalsiyum	-0,338	0,256	0,578
pH&demir	-0,170	0,237	0,785
pH&bakır	0,210	0,207	0,734
pH&nikel	0,019	0,389	0,976
pH&çinko	-0,314	0,164	0,607
pH&kadmiyum	0,469	0,257	0,425
pH&kurşun	0,608	0,222	0,277
Sıcaklık&iletkenlik	-0,445	0,248	0,453
Sıcaklık&TKM	0,422	0,223	0,479
Sıcaklık&TÇM	0,452	0,256	0,444
Sıcaklık&AKM	0,458	0,263	0,438
Sıcaklık&UK	0,343	0,242	0,572
Sıcaklık&SK	0,784	0,091	0,117
Sıcaklık&ÇK	0,139	0,242	0,824
Sıcaklık&ÇO	0,139	0,242	0,824
Sıcaklık&BOİ	0,724	0,172	0,167
Sıcaklık&KOİ	0,740	0,128	0,153
Sıcaklık&yağ ve gres	0,429	0,227	0,472
Sıcaklık&org.azot	-0,235	0,405	0,703
Sıcaklık&sülfat	0,727	0,138	0,164
Sıcaklık&asidite	0,787	0,146	0,114
Sıcaklık&alkalinite	-0,248	0,264	0,688
Sıcaklık&klorür	-0,326	0,293	0,593
Sıcaklık&sertlik	-0,391	0,318	0,515
Sıcaklık&fenol	0,817	0,083	0,091
Sıcaklık&nitrat	0,912	0,067	0,031
Sıcaklık&nitrit	-0,942	0,034	0,016
Sıcaklık&sülfür	0,852	0,072	0,067
Sıcaklık&sodyum	0,520	0,339	0,369

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Sıcaklık&potasyum	0,499	0,284	0,392
Sıcaklık&kalsiyum	0,214	0,237	0,729
Sıcaklık&demir	-0,314	0,365	0,606
Sıcaklık&bakır	0,905	0,069	0,035
Sıcaklık&nikel	0,366	0,385	0,545
Sıcaklık&çinko	0,500	0,259	0,391
Sıcaklık&kadmiyum	0,759	0,121	0,137
Sıcaklık&kurşun	0,906	0,052	0,034
İletkenlik&TKM	0,381	0,218	0,527
İletkenlik&TÇM	0,402	0,226	0,502
İletkenlik&AKM	0,496	0,134	0,396
İletkenlik&UK	0,465	0,197	0,430
İletkenlik&SK	-0,576	0,293	0,309
İletkenlik&ÇK	0,082	0,245	0,896
İletkenlik&ÇO	-0,523	0,184	0,366
İletkenlik&BOİ	0,229	0,160	0,711
İletkenlik&KOİ	0,180	0,160	0,773
İletkenlik&Yağ ve gres	-0,039	0,414	0,950
İletkenlik&org.azot	-0,117	0,279	0,851
İletkenlik&sülfat	-0,383	0,317	0,525
İletkenlik&asidite	-0,722	0,125	0,169
İletkenlik&alkalinite	-0,578	0,157	0,307
İletkenlik&klorür	0,264	0,215	0,668
İletkenlik&sertlik	-0,043	0,303	0,946
İletkenlik&fenol	-0,739	0,192	0,154
İletkenlik&nitrat	-0,511	0,238	0,378
İletkenlik&nitrit	0,686	0,189	0,201
İletkenlik&sülfür	-0,495	0,307	0,397
İletkenlik&sodyum	-0,162	0,389	0,794
İletkenlik&potasyum	0,202	0,331	0,745
İletkenlik&kalsiyum	0,432	0,227	0,467
İletkenlik&demir	0,123	0,277	0,843
İletkenlik&bakır	-0,030	0,221	0,962
İletkenlik&nikel	0,068	0,353	0,913
İletkenlik&çinko	0,465	0,105	0,430
İletkenlik&kadmiyum	-0,353	0,321	0,560
İletkenlik&kurşun	-0,475	0,300	0,419
TKM&TÇM	0,991	0,004	0,001
TKM&AKM	0,931	0,027	0,022
TKM&UK	0,994	0,003	0,001
TKM&SK	0,361	0,369	0,550
TKM&ÇK	0,700	0,191	0,188
TKM&ÇO	-0,651	0,222	0,234
TKM&BOİ	0,658	0,134	0,227
TKM&KOİ	0,787	0,099	0,114
TKM&Yağ ve gres	0,840	0,127	0,075
TKM&org.azot	-0,208	0,461	0,736
TKM&sülfat	0,496	0,340	0,396
TKM&asidite	-0,206	0,377	0,739
TKM&alkalinite	-0,972	0,020	0,006
TKM&klorür	0,520	0,351	0,369
TKM&sertlik	-0,174	0,464	0,780
TKM&fenol	0,332	0,226	0,585
TKM&nitrat	0,062	0,393	0,920

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
TKM&nitrit	-0,114	0,311	0,856
TKM&sülfür	0,438	0,340	0,461
TKM&sodyum	0,524	0,221	0,364
TKM&potasyum	0,909	0,037	0,032
TKM&kalsiyum	0,932	0,041	0,021
TKM&demir	-0,226	0,485	0,715
TKM&bakır	0,628	0,131	0,257
TKM&nikel	0,494	0,285	0,397
TKM&çinko	0,858	0,050	0,063
TKM&kadmiyum	0,625	0,253	0,259
TKM&kurşun	0,508	0,283	0,382
TÇM&AKM	0,926	0,025	0,024
TÇM&UK	0,991	0,006	0,001
TÇM&SK	0,302	0,376	0,621
TÇM&ÇK	0,596	0,221	0,289
TÇM&ÇO	-0,688	0,221	0,199
TÇM&BOİ	0,676	0,151	0,211
TÇM&KOİ	0,785	0,113	0,115
TÇM&Yağ ve gres	0,824	0,138	0,086
TÇM&org.azot	-0,131	0,472	0,834
TÇM&sülfat	0,427	0,347	0,473
TÇM&asidite	-0,151	0,417	0,809
TÇM&alkalinite	-0,974	0,019	0,005
TÇM&klorür	0,419	0,384	0,483
TÇM&sertlik	-0,120	0,477	0,848
TÇM&fenol	0,319	0,262	0,601
TÇM&nitrat	0,104	0,424	0,868
TÇM&nitrit	-0,146	0,354	0,815
TÇM&sülfür	0,394	0,354	0,512
TÇM&sodyum	0,595	0,219	0,290
TÇM&potasyum	0,939	0,033	0,018
TÇM&kalsiyum	0,940	0,042	0,018
TÇM&demir	-0,127	0,488	0,839
TÇM&bakır	0,664	0,148	0,221
TÇM&nikel	0,587	0,263	0,299
TÇM&çinko	0,851	0,053	0,068
TÇM&kadmiyum	0,566	0,263	0,320
TÇM&kurşun	0,479	0,304	0,414
AKM&UK	0,921	0,032	0,026
AKM&SK	0,369	0,378	0,541
AKM&ÇK	0,603	0,202	0,282
AKM&ÇO	-0,437	0,295	0,462
AKM&BOİ	0,852	0,094	0,057
AKM&KOİ	0,912	0,058	0,031
AKM&Yağ ve gres	0,597	0,237	0,288
AKM&org.azot	-0,463	0,401	0,432
AKM&sülfat	0,533	0,332	0,356
AKM&asidite	-0,156	0,361	0,803
AKM&alkalinite	-0,919	0,035	0,027
AKM&klorür	0,347	0,374	0,568
AKM&sertlik	-0,459	0,417	0,437
AKM&fenol	0,180	0,301	0,772
AKM&nitrat	0,199	0,395	0,748
AKM&nitrit	-0,135	0,327	0,828

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
AKM&sülfür	0,471	0,351	0,423
AKM&sodyum	0,293	0,259	0,632
AKM&potasyum	0,750	0,089	0,145
AKM&kalsiyum	0,768	0,113	0,129
AKM&demir	-0,396	0,412	0,509
AOKM&bakır	0,745	0,138	0,148
AKM&nikel	0,298	0,276	0,626
AKM&çinko	0,984	0,010	0,002
AKM&kadmiyum	0,604	0,289	0,281
AKM&kurşun	0,518	0,319	0,372
UK&SK	0,253	0,396	0,681
UK&ÇK	0,658	0,194	0,227
UK&ÇO	-0,719	0,205	0,171
UK&BOİ	0,617	0,148	0,267
UK&KOİ	0,739	0,118	0,154
UK&Yağ ve gres	0,820	0,149	0,089
UK&org.azot	-0,149	0,469	0,811
UK&sülfat	0,396	0,371	0,510
UK&asidite	-0,277	0,367	0,652
UK&alkalinite	-0,991	0,007	0,001
UK&klorür	0,525	0,329	0,364
UK&sertlik	-0,108	0,476	0,862
UK&fenol	0,243	0,260	0,693
UK&nitrat	-0,017	0,394	0,979
UK&nitrit	-0,027	0,320	0,966
UK&sülfür	0,334	0,368	0,582
UK&sodyum	0,527	0,228	0,362
UK&potasyum	0,911	0,049	0,032
UK&kalsiyum	0,956	0,032	0,011
UK&demir	-0,145	0,496	0,816
UK&bakır	0,574	0,140	0,311
UK&nikel	0,526	0,278	0,362
UK&çinko	0,838	0,062	0,076
UK&kadmiyum	0,533	0,290	0,355
UK&kurşun	0,410	0,315	0,493
SK&ÇK	0,561	0,213	0,325
SK&ÇO	0,357	0,236	0,556
SK&BOİ	0,541	0,251	0,347
SK&KOİ	0,640	0,199	0,245
SK&Yağ ve gres	0,426	0,363	0,474
SK&org.azot	-0,552	0,267	0,334
SK&sülfat	0,974	0,004	0,005
SK&asidite	0,517	0,319	0,372
SK&alkalinite	-0,140	0,418	0,823
SK&klorür	0,120	0,399	0,848
SK&sertlik	-0,594	0,221	0,290
SK&fenol	0,832	0,085	0,080
SK&nitrat	0,671	0,196	0,215
SK&nitrit	-0,750	0,159	0,145
SK&sülfür	0,988	0,004	0,002
SK&sodyum	0,141	0,311	0,822
SK&potasyum	0,267	0,349	0,664
SK&kalsiyum	0,091	0,384	0,885
SK&demir	-0,734	0,167	0,158

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
SK&bakır	0,634	0,128	0,251
SK&nikel	-0,110	0,293	0,860
SK&çinko	0,423	0,358	0,478
SK&kadmiyum	0,952	0,030	0,013
SK&kurşun	0,963	0,021	0,009
ÇK&ÇO	-0,250	0,171	0,685
ÇK&BOİ	0,304	0,191	0,619
ÇK&KOİ	0,501	0,210	0,390
ÇK&Yağ ve gres	0,673	0,211	0,213
ÇK&org.azot	-0,486	0,230	0,406
ÇK&sülfat	0,684	0,185	0,203
ÇK&asidite	-0,396	0,235	0,509
ÇK&alkalinite	-0,612	0,199	0,272
ÇK&klorür	0,870	0,106	0,055
ÇK&sertlik	-0,343	0,221	0,572
ÇK&fenol	0,341	0,224	0,574
ÇK&nitrat	-0,170	0,227	0,784
ÇK&nitrit	0,062	0,222	0,921
ÇK&sülfür	0,529	0,219	0,359
ÇK&sodyum	0,032	0,227	0,960
ÇK&potasyum	0,463	0,256	0,433
ÇK&kalsiyum	0,578	0,194	0,307
ÇK&demir	-0,630	0,246	0,255
ÇK&bakır	0,209	0,234	0,736
ÇK&nikel	-0,114	0,228	0,856
ÇK&çinko	0,559	0,199	0,327
ÇK&kadmiyum	0,729	0,176	0,162
ÇK&kurşun	0,499	0,234	0,392
ÇO&BOİ	0,003	0,223	0,996
ÇO&KOİ	-0,104	0,246	0,867
ÇO&Yağ ve gres	-0,681	0,202	0,205
ÇO&org.azot	-0,516	0,226	0,374
ÇO&sülfat	0,277	0,248	0,652
ÇO&asidite	0,476	0,297	0,418
ÇO&alkalinite	0,748	0,201	0,146
ÇO&klorür	-0,454	0,219	0,442
ÇO&sertlik	-0,582	0,194	0,303
ÇO&fenol	0,060	0,217	0,924
ÇO&nitrat	0,464	0,289	0,431
ÇO&nitrit	-0,345	0,278	0,570
ÇO&sülfür	0,306	0,232	0,617
ÇO&sodyum	-0,657	0,191	0,228
ÇO&potasyum	-0,771	0,153	0,127
ÇO&kalsiyum	-0,878	0,101	0,050
ÇO&demir	-0,529	0,273	0,360
ÇO&bakır	-0,023	0,225	0,971
ÇO&nikel	-0,758	0,151	0,138
ÇO&çinko	-0,280	0,288	0,649
ÇO&kadmiyum	0,086	0,229	0,891
ÇO&kurşun	0,196	0,227	0,752
BOİ&KOİ	0,971	0,023	0,006
BOİ&Yağ ve gres	0,289	0,198	0,638
BOİ&org.azot	-0,613	0,315	0,272
BOİ&sülfat	0,642	0,209	0,242

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
BOİ&asidite	0,290	0,263	0,636
BOİ&alkalinite	-0,598	0,155	0,287
BOİ&klorür	-0,114	0,314	0,855
BOİ&sertlik	-0,707	0,249	0,181
BOİ&fenol	0,291	0,268	0,635
BOİ&nitrat	0,636	0,209	0,249
BOİ&nitrit	-0,495	0,237	0,397
BOİ&sülfür	0,658	0,231	0,228
BOİ&sodyum	0,171	0,310	0,784
BOİ&potasyum	0,499	0,177	0,392
BOİ&kalsiyum	0,386	0,167	0,521
BOİ&demir	-0,518	0,306	0,371
BOİ&bakır	0,938	0,042	0,018
BOİ&nikel	0,148	0,308	0,812
BOİ&çinko	0,917	0,058	0,029
BOİ&kadmiyum	0,641	0,200	0,244
BOİ&kurşun	0,686	0,225	0,201
KOİ&Yağ ve gres	0,486	0,212	0,406
KOİ&org.azot	-0,596	0,325	0,289
KOİ&sülfat	0,747	0,155	0,147
KOİ&asidite	0,220	0,303	0,722
KOİ&alkalinite	-0,702	0,125	0,186
KOİ&klorür	0,086	0,399	0,890
KOİ&sertlik	-0,657	0,281	0,228
KOİ&fenol	0,416	0,212	0,486
KOİ&nitrat	0,566	0,255	0,320
KOİ&nitrit	-0,489	0,207	0,404
KOİ&sülfür	0,740	0,175	0,153
KOİ&sodyum	0,262	0,277	0,671
KOİ&potasyum	0,626	0,146	0,259
KOİ&kalsiyum	0,529	0,169	0,360
KOİ&demir	-0,561	0,309	0,325
KOİ&bakır	0,926	0,049	0,024
KOİ&nikel	0,198	0,289	0,750
KOİ&çinko	0,949	0,040	0,014
KOİ&kadmiyum	0,773	0,136	0,125
KOİ&kurşun	0,772	0,160	0,126
Yağ ve gres&org.azot	0,151	0,401	0,808
Yağ ve gres&sülfat	0,460	0,337	0,435
Yağ ve gres&asidite	-0,056	0,445	0,929
Yağ ve gres&alkalinite	-0,752	0,205	0,142
Yağ ve gres&klorür	0,563	0,347	0,323
Yağ ve gres&sertlik	0,194	0,353	0,755
Yağ ve gres&fenol	0,628	0,175	0,257
Yağ ve gres&nitrat	0,024	0,379	0,970
Yağ ve gres&nitrit	-0,238	0,346	0,699
Yağ ve gres&sülfür	0,445	0,334	0,452
Yağ ve gres&sodyum	0,758	0,152	0,137
Yağ ve gres&potasyum	0,913	0,047	0,030
Yağ ve gres&kalsiyum	0,879	0,103	0,049
Yağ ve gres&demir	-0,014	0,460	0,983
Yağ ve gres&bakır	0,413	0,176	0,489
Yağ ve gres&nikel	0,642	0,241	0,243
Yağ ve gres&çinko	0,476	0,245	0,418

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Yağ ve gres&kadmiyum	0,632	0,239	0,252
Yağ ve gres&kurşun	0,529	0,276	0,359
Org.azot&sülfat	-0,675	0,213	0,211
Org.azot&asidite	0,039	0,353	0,950
Org.azot&alkalinite	0,142	0,470	0,819
Org.azot&klorür	-0,175	0,393	0,779
Org.azot&sertlik	0,974	0,018	0,005
Org.azot&fenol	-0,001	0,236	0,998
Org.azot&nitrat	-0,291	0,408	0,634
Org.azot&nitrit	0,119	0,350	0,849
Org.azot&sülfür	-0,565	0,282	0,321
Org.azot&sodyum	0,594	0,145	0,291
Org.azot&potasyum	0,172	0,402	0,782
Org.azot&kalsiyum	0,132	0,425	0,833
Org.azot&demir	0,950	0,039	0,013
Org.azot&bakır	-0,394	0,432	0,512
Org.azot&nikel	0,668	0,120	0,218
Org.azot&çinko	-0,587	0,328	0,299
Orgazot&kadmiyum	-0,542	0,258	0,346
Orgazot&kurşun	-0,467	0,322	0,428
Sülfat&asidite	0,352	0,352	0,561
Sülfat&alkalinite	-0,299	0,397	0,625
Sülfat&klorür	0,247	0,411	0,689
Sülfat&sertlik	-0,690	0,174	0,197
Sülfat&fenol	0,725	0,092	0,166
Sülfat&nitrat	0,583	0,255	0,303
Sülfat&nitrit	-0,627	0,196	0,258
Sülfat&sülfür	0,974	0,015	0,005
Sülfat&sodyum	0,074	0,247	0,906
Sülfat&potasyum	0,326	0,313	0,592
Sülfat&kalsiyum	0,203	0,373	0,743
Sülfat&demir	-0,821	0,128	0,088
Sülfat&bakır	0,667	0,141	0,219
Sülfat&nikel	-0,151	0,222	0,808
Sülfat&çinko	0,586	0,304	0,299
Sülfat&kadmiyum	0,978	0,018	0,004
Sülfat&kurşun	0,944	0,038	0,016
Asidite&alkalinite	0,362	0,342	0,549
Asidite&klorür	-0,738	0,143	0,154
Asidite&sertlik	-0,162	0,285	0,795
Asidite&fenol	0,660	0,238	0,225
Asidite&nitrat	0,917	0,055	0,028
Asidite&nitrit	-0,935	0,051	0,020
Asidite&sülfür	0,547	0,302	0,340
Asidite&sodyum	0,332	0,472	0,585
Asidite&potasyum	-0,002	0,486	0,997
Asidite&kalsiyum	-0,335	0,365	0,581
Asidite&demir	-0,032	0,369	0,959
Asidite&bakır	0,539	0,228	0,349
Asidite&nikel	0,205	0,507	0,741
Asidite&çinko	-0,082	0,340	0,896
Asidite&kadmiyum	0,326	0,377	0,592
Asidite&kurşun	0,579	0,297	0,306
Alkalinite&klorür	-0,520	0,301	0,369

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Alkalinite&sertlik	0,094	0,482	0,880
Alkalinite&fenol	-0,113	0,300	0,856
Alkalinite&nitrat	0,095	0,387	0,880
Alkalinite&nitrit	-0,079	0,322	0,900
Alkalinite&sülfür	-0,227	0,393	0,713
Alkalinite&sodyum	-0,470	0,256	0,424
Alkalinite&potasyum	-0,873	0,083	0,053
Alkalinite&kalsiyum	-0,948	0,038	0,014
Alkalinite&demir	0,103	0,494	0,870
Alkalinite&bakır	-0,522	0,148	0,367
Alkalinite&nikel	-0,506	0,279	0,385
Alkalinite&çinko	-0,837	0,067	0,077
Alkalinite&kadmiyum	-0,432	0,330	0,468
Alkalinite&kurşun	-0,301	0,346	0,622
Klorür&sertlik	0,032	0,344	0,959
Klorür&fenol	0,006	0,343	0,992
Klorür&nitrat	-0,627	0,153	0,257
Klorür&nitrit	0,490	0,221	0,402
Klorür&sülfür	0,059	0,408	0,925
Klorür&sodyum	-0,038	0,408	0,952
Klorür&potasyum	0,328	0,427	0,590
Klorür&kalsiyum	0,559	0,293	0,327
Klorür&demir	-0,297	0,425	0,627
Klorür&bakır	-0,241	0,315	0,696
Klorür&nikel	-0,103	0,423	0,869
Klorür&çinko	0,254	0,373	0,681
Klorür&kadmiyum	0,314	0,404	0,607
Klorür&kurşun	0,030	0,411	0,961
Sertlik&fenol	-0,077	0,162	0,902
Sertlik&nitrat	-0,485	0,308	0,408
Sertlik&nitrit	0,292	0,275	0,633
Sertlik&sülfür	-0,627	0,222	0,258
Sertlik&sodyum	0,514	0,172	0,376
Sertlik&potasyum	0,159	0,394	0,798
Sertlik&kalsiyum	0,187	0,410	0,764
Sertlik&demir	0,908	0,047	0,033
Sertlik&bakır	-0,530	0,345	0,358
Sertlik&nikel	0,587	0,171	0,298
Sertlik&çinko	-0,599	0,337	0,286
Sertlik&kadmiyum	-0,554	0,209	0,333
Sertlik&kurşun	-0,544	0,250	0,343
Fenol&nitrat	0,639	0,157	0,245
Fenol&nitrit	-0,839	0,097	0,075
Fenol&sülfür	0,820	0,088	0,089
Fenol&sodyum	0,594	0,204	0,291
Fenol&potasyum	0,474	0,239	0,420
Fenol&kalsiyum	0,229	0,243	0,711
Fenol&demir	-0,240	0,235	0,697
Fenol&bakır	0,548	0,198	0,339
Fenol&nikel	0,350	0,279	0,564
Fenol&çinko	0,164	0,301	0,793
Fenol&kadmiyum	0,791	0,069	0,111
Fenol&kurşun	0,861	0,081	0,061
Nitrat&nitrit	-0,948	0,026	0,014

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Nitrat&sülfür	0,734	0,188	0,158
Nitrat&sodyum	0,251	0,481	0,683
Nitrat&potasyum	0,132	0,460	0,832
Nitrat&kalsiyum	-0,175	0,364	0,778
Nitrat&demir	-0,314	0,387	0,607
Nitrat&bakır	0,795	0,143	0,108
Nitrat&nikel	0,129	0,513	0,836
Nitrat&çinko	0,298	0,363	0,627
Nitrat&kadmiyum	0,543	0,267	0,345
Nitrat&kurşun	0,758	0,180	0,138
Nitrit&sülfür	-0,786	0,136	0,115
Nitrit&sodyum	-0,441	0,408	0,457
Nitrit&potasyum	-0,256	0,403	0,678
Nitrit&kalsiyum	0,067	0,320	0,915
Nitrit&demir	0,232	0,327	0,708
Nitrit&bakır	-0,730	0,148	0,162
Nitrit&nikel	-0,265	0,457	0,667
Nitrit&çinko	-0,193	0,314	0,756
Nitrit&kadmiyum	-0,630	0,209	0,255
Nitrit&kurşun	-0,824	0,126	0,086
Sülfür&sodyum	0,198	0,317	0,750
Sülfür&potasyum	0,346	0,335	0,568
Sülfür&kalsiyum	0,156	0,359	0,803
Sülfür&demir	-0,713	0,204	0,176
Sülfür&bakır	0,746	0,118	0,148
Sülfür&nikel	-0,031	0,320	0,960
Sülfür&çinko	0,528	0,331	0,360
Sülfür&kadmiyum	0,960	0,023	0,009
Sülfür&kurşun	0,989	0,008	0,001
Sodyum&potasyum	0,830	0,115	0,082
Sodyum&kalsiyum	0,663	0,173	0,223
Sodyum&demir	0,494	0,192	0,398
Sodyum&bakır	0,430	0,348	0,470
Sodyum&nikel	0,959	0,036	0,010
Sodyum&çinko	0,178	0,241	0,775
Sodyum&kadmiyum	0,262	0,210	0,671
Sodyum&kurşun	0,336	0,305	0,580
Potasyum&kalsiyum	0,943	0,036	0,016
Potasyum&demir	0,119	0,432	0,848
Potasyum&bakır	0,600	0,194	0,285
Potasyum&nikel	0,800	0,170	0,104
Potasyum&çinko	0,642	0,098	0,243
Potasyum&kadmiyum	0,505	0,220	0,386
Potasyum&kurşun	0,461	0,291	0,435
Kalsiyum&demir	0,106	0,474	0,865
Kalsiyum&bakır	0,394	0,150	0,511
Kalsiyum&nikel	0,676	0,226	0,210
Kalsiyum&çinko	0,644	0,136	0,241
Kalsiyum&kadmiyum	0,379	0,291	0,529
Kalsiyum&kurşun	0,252	0,308	0,683
Demir&bakır	-0,364	0,392	0,547
Demir&nikel	0,647	0,120	0,238
Demir&çinko	-0,501	0,343	0,390
Demir&kadmiyum	-0,705	0,192	0,184

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Demir&kurşun	-0,613	0,261	0,272
Bakır&nikel	0,362	0,363	0,549
Bakır&çinko	0,790	0,131	0,111
Bakır&kadmiyum	0,700	0,110	0,188
Bakır&kurşun	0,804	0,106	0,101
Nikel&çinko	0,178	0,247	0,775
Nikel&kadmiyum	0,039	0,219	0,950
Nikel&kurşun	0,118	0,332	0,851
Çinko&%kadmiyum	0,623	0,282	0,261
Çinko&kurşun	0,558	0,310	0,328
Kadmiyum&kurşun	0,957	0,020	0,011
Hava sıcaklığı&pH	0,415	0,212	0,487
Hava sıcaklığı&sıcaklık	0,942	0,028	0,017
Hava sıcaklığı&iletkenlik	-0,252	0,265	0,682
Hava sıcaklığı&TKM	0,387	0,292	0,520
Hava sıcaklığı&TÇM	0,416	0,317	0,487
Hava sıcaklığı&AKM	0,542	0,281	0,345
Hava sıcaklığı&UK	0,313	0,305	0,608
Hava sıcaklığı&SK	0,727	0,089	0,164
Hava sıcaklığı&ÇK	0,094	0,221	0,881
Hava sıcaklığı&ÇO	0,272	0,235	0,658
Hava sıcaklığı&BOİ	0,868	0,101	0,056
Hava sıcaklığı&KOİ	0,829	0,124	0,083
Hava sıcaklığı&Yağ ve gres	0,216	0,270	0,727
Hava sıcaklığı&org.azot	-0,467	0,397	0,428
Hava sıcaklığı&sülfat	0,716	0,141	0,174
Hava sıcaklığı&asidite	0,717	0,142	0,173
Hava sıcaklığı&alkalinite	-0,246	0,312	0,690
Hava sıcaklığı&klorür	-0,399	0,253	0,506
Hava sıcaklığı&sertlik	-0,627	0,291	0,258
Hava sıcaklığı&fenol	0,601	0,155	0,284
Hava sıcaklığı&nitrat	0,930	0,040	0,022
Hava sıcaklığı&nitrit	-0,853	0,073	0,066
Hava sıcaklığı&sülfür	0,816	0,086	0,092
Hava sıcaklığı&sodyum	0,277	0,413	0,652
Hava sıcaklığı&potasyum	0,359	0,342	0,552
Hava sıcaklığı&kalsiyum	0,109	0,287	0,861
Hava sıcaklığı&demir	-0,460	0,360	0,436
Hava sıcaklığı&bakır	0,952	0,046	0,013
Hava sıcaklığı&nikel	0,170	0,437	0,784
Hava sıcaklığı&çinko	0,627	0,245	0,258
Hava sıcaklığı&kadmiyum	0,699	0,133	0,189
Hava sıcaklığı&kurşun	0,846	0,079	0,071
Yağış&pH	0,859	0,065	0,062
Yağış&sıcaklık	0,657	0,123	0,229
Yağış&iletkenlik	-0,816	0,118	0,092
Yağış&TKM	-0,364	0,329	0,547
Yağış&TÇM	-0,361	0,358	0,550
Yağış&AKM	-0,265	0,333	0,666
Yağış&UK	-0,457	0,312	0,439
Yağış&SK	0,650	0,238	0,235
Yağış&ÇK	-0,235	0,227	0,704
Yağış&ÇO	0,778	0,180	0,121
Yağış&BOİ	0,210	0,222	0,734

Çizelge EK2.3. (devam) Örnek 3'ün Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Değişkenler	Pearson's korelasyonu,R	Standart hata	Anlamlılık
Yağış&KOİ	0,152	0,240	0,807
Yağış&Yağ ve gres	-0,230	0,440	0,709
Yağış&org.azot	-0,256	0,321	0,678
Yağış&sülfat	0,501	0,274	0,390
Yağış&asidite	0,900	0,036	0,037
Yağış&alkalinite	-0,592	0,168	0,293
Yağış&klorür	0,547	0,286	0,340
Yağış&sertlik	-0,406	0,268	0,498
Yağış&fenol	0,604	0,224	0,281
Yağış&nitrat	0,847	0,024	0,070
Yağış&nitrit	-0,844	0,062	0,072
Yağış&sülfür	0,633	0,219	0,251
Yağış&sodyum	-0,042	0,498	0,947
Yağış&potasyum	-0,294	0,432	0,631
Yağış&kalsiyum	-0,572	0,287	0,313
Yağış&demir	-0,359	0,309	0,553
Yağış&bakır	0,382	0,175	0,526
Yağış&nikel	-0,220	0,478	0,723
Yağış&çinko	-0,150	0,317	0,809
Yağış&kadmiyum	0,403	0,298	0,501
Yağış&kurşun	0,600	0,216	0,285

* Çizelgedeki ilk sütun iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini gösterir. Bu katsayı negatif ise ilişki ters yönlüdür (bir değişkenin değeri artarken diğerinin değeri azalır), pozitif işaretli ise değişkenlerin değerleri birlikte artıyor ya da azalıyor. Sayısal yorum yapılırken 0'a yakın olan değerler için ilişkinin zayıf olduğu, 0.5'ten büyük değerler için (özellikle 1'e yakın olanlar için) ilişkinin kuvvetli olduğu söylenir. İstatistiksel olarak bir sonucun anlamlılığını test edebilmek için standart hatalara ihtiyaç vardır. İkinci sütun bunun için hesaplanmıştır. Son sütun ise test sonuçlarının verildiği ve bulunan korelasyon değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının görüldüğü sütundur. Eğer bu sütun 0.5'ten küçük değerler veriyorsa bulunan korelasyon katsayısı anlamlıdır. Büyük ise istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Not: Örnek 4'e ait veriler sadece iki aylık olduğu için SPSS programıyla bu analizin yapılması mümkün olmamıştır.

EK 3

KFME/GC-MS SİSTEMİNDE BULUNAN ORGANİK BİLEŞİKLERE AİT BİLGİLER

Çizelge Ek-3.1.Sızıntı suyu örneklerinde KFME tekniği ile belirlenen organik bileşiklerin özellikleri

Bileşik Adı	Sinonimi	Molekül Formülü	CAS No	Tehlike Sembolü	Risk Sembolü	Emniyet Faktörü	Stabilitesi ve Reaktivitesi	Toksikolojisi	Ekolojik Etkisi	Diğer
Trikosan		$C_{23}H_{48}$	638-67-5				Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz	Solunması, yutulması veya cilde teması nedeniyle zararlı olabilir.		
Nonadekan	n-nonadekan	$C_{19}H_{40}$	629-92-5				Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz	Solunması, yutulması veya cilde teması nedeniyle zararlı olabilir.		
Heptadekan	n-heptadekan	$C_{17}H_{36}$	629-78-7		R36,R37, R38		Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz	Solunması, yutulması veya cilde teması nedeniyle zararlı olabilir.		
Octakosan		$C_{28}H_{58}$	630-02-4			S 24/25	Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz	Solunması, yutulması veya cilde ve göze teması nedeniyle zararlı olabilir.		
Dokosan	n-dokosan	$C_{22}H_{46}$	629-97-0			S 24/25	Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz	Solunması, yutulması veya cilde ve göze teması nedeniyle zararlı olabilir.		
Skualen	2,6,10,14,18,22-Tetrakosahekzan	$C_{30}H_{50}$	111-02-4				Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz	Solunması, yutulması veya cilde ve göze teması nedeniyle zararlı olabilir.		NFPA Kodları: Sağlık: 1 Alevlenebilirlik: 0 Reaktivite: 0

Çizelge Ek-3.1.(devam) Sızıntı suyu örneklerinde KFME tekniği ile belirlenen organik bileşiklerin özellikleri

Hegzadekan	n-hegzadekan, s,cetan	C ₁₆ H ₄₇	544-76-3				Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz. Higroskobik	Solunması, yutulması veya cilde ve göze teması nedeniyle zararlı olabilir. Narkotik etkilere sebep olabilir.	Toprağa ve suya bırakıldığında bir kısmı biyolojik olarak bozunur bir kısmı da buharlaşır. Havaya bırakıldığında yarılanma ömrü 20-30 gündür.	NFPA Kodları: Sağlık: 0 Alevlenebilirlik:1 Reaktivite: 0
Bütürolakton	Dihidro2(3H)- Furanon	C ₄ H ₆ O ₂	96-48-0				Stabil. Güçlü oksitleyici ajanlarla, güçlü asitlerle ve güçlü bazlarla uyumsuz.	Göz ve cilt tahrişine, merkezi sinir sisteminde bozukluklara neden olur.	Seyreltik çözeltisi biyolojik olarak parçalanabilir özellikte iken yüksek derişimlerde bitki biyokütlesi için zehirleyici özelliktedir.	NFPA Kodları: Sağlık: 0 Alevlenebilirlik:1 Reaktivite: 0
Eikosan	İkosan	C ₂₀ H ₄₂	112-95-8		R36,R37, R38	S26, S36	Stabil. Yanabilir. Güçlü oksitleyici ajanlarla uyumsuz	Cilde, göze ve solunum sistemine zararlıdır.		
Terpinolen		C ₁₀ H ₁₆	586-62-9	X ₁	R ₃₆ , R ₃₈	S ₂₄ , S ₂₅	Güçlü oksitleyici ajanlarla, güçlü asitlerle ve güçlü bazlarla uyumsuz.	Cilde ve göze tahriş edici etkisi vardır.		NFPA Kodları: Sağlık: 0 Alevlenebilirlik:2 Reaktivite: 0
Limonen		C ₁₀ H ₁₆	138-86-3				Stabil. Alkali metal, güçlü asit ve bazlarla reaktif etki gösterir.	Göze ve cilde tahriş etkisi vardır.	Su kaynaklarının yakın çevresine dökülmemelidir.	

Çizelge Ek-3.1.(devam) Sızıntı suyu örneklerinde KFME tekniği ile belirlenen organik bileşiklerin özellikleri

Naftalen	Tar camfor	C ₁₀ H ₈	91-20-3	Stabil. Erime noktasının üzerindeki sıcaklıklarda süblimleşme görülebilir. Güçlü oksitleyiciler, alkaliler ve mineral asitleriyle, alüminyumtriklorür ve benzoil klorür karışımlarıyla reaktiftir. Kromik anhidritle reaksiyon verir.	LD ₅₀ : 490 mg/kg LC ₅₀ : 340 mg/m ³ Akciğerlerde, ciltte, gözde tahriş, alerjik durumlar ve kızarıklıklar yapabilir. Yüksek derişimlerde gözlerde körlüğe ve katarak oluşumuna neden olabilir.	Toprağa ve suya bırakıldığında bir kısmı biyolojik olarak bozunur, bir kısmı buharlaşır bir kısmı da yer altı suyuna sızar. Havaya bırakıldığında yarılanma ömrü 1 günden az, suya bırakıldığında 1-10 gündür.	NFPA Kodları: Sağlık: 2 Alevlenebilirlik:2 Reaktivite: 0
----------	------------	--------------------------------	---------	---	--	--	---