

150143

T. C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARITMA ÇAMURLARININ KARAKTERİZASYONU
VE MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

150143

Turgay DERE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ELAZIĞ, 2004

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

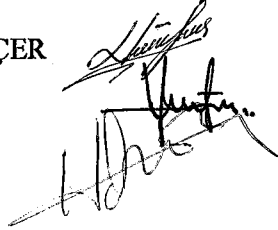
**ARITMA ÇAMURLARININ
KARAKTERİZASYONU VE MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

Turgay DERE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, ~~15.07.2024~~ tarihinde, aşağıda belirtilen jüri tarafından oy birliği/ oy çokluğu ile başarılı/ ~~başarısız~~ olarak değerlendirilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nilüfer (NACAR) KOÇER
Üye : Yrd. Doç. Dr. Yusuf SAATCİ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Habibe ÖZMEN



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ~~06.10.2024~~ tarih ve ~~2004/32-9~~ sayılı kararıyla onaylanmıştır.

2004/32 - 2

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tez çalışmamın konusunun seçilip planlanmasında bana yol gösteren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Nilüfer (NACAR) KOÇER'e, gerekli analizlerin yapılmasında laboratuvarlarını açan Malatya Tarım İl Müdürlüğü'ne bağlı Fidanlık çalışanlarına, konuyla ilgili dökümanların temininde yardımlarını gördüğüm değerli hocam Arş. Gör. Zeynep (DERE) YAMAN'a ve her zaman yanımda bulunan aileme tez çalışmam boyunca göstermiş oldukları destekten dolayı teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	VI
EKLER LİSTESİ.....	IX
KISATMALAR LİSTESİ.....	X
SİMGELER LİSTESİ.....	XI
ÖZET.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV

1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Arıtma Çamurlarının Tanımı	3
2.2. Arıtma Çamurlarının Özellikleri.....	4
2.3. Arıtma Çamurlarını İşleme ve Nihai Bertaraf Yöntemleri.....	6
2.4. Arıtma Çamurlarının Arazilere Uygulanması.....	11
2.4.1. Arıtma Çamurlarının Dünyadaki Genel Durumu.....	19
2.4.2. Arıtma Çamurlarının Türkiye’deki Durumu.....	22
2.5. Arıtma Çamurlarının Bitki Besin Elementi İçerikleri.....	25
2.5.1. Arıtma Çamurlarında Azot.....	26
2.5.2. Arıtma Çamurlarında Fosfor.....	28
2.6. Arıtma Çamurlarındaki Metaller.....	29
3. MATERYAL VE METOT.....	32
3.1. Tesisin Tanımı.....	32
3.1.1. Proje Tasarım Değerleri.....	34
3.1.2. Ön Arıtma Ünitesi.....	35
3.1.3. Biyolojik Arıtma Ünitesi.....	36

3.1.4. Çamur Giderme.....	38
3.2. Çalışma Alanı ve Örnekleme Noktaları.....	39
3.3. Yapılan Analizler ve Analiz Metotları.....	39
4. BULGULAR.....	44
4.1. pH.....	44
4.2. Toplam Katı Madde.....	46
4.3. Askıda Katı Madde.....	47
4.4. Uçucu Katı Madde.....	49
4.5. Su Muhtevası (Nem Oranı).....	50
4.6. Karbon.....	52
4.7. Toplam Azot.....	53
4.7.1. Amonyak azotu.....	54
4.7.2. Nitrat Azotu.....	56
4.7.3. Nitrit Azotu.....	57
4.7.4. Toplam Kjeldahl Azotu (TKN).....	58
4.8. Toplam Fosfor.....	59
4.9. Potasyum.....	61
4.10. Kalsiyum.....	62
4.11. Magnezyum.....	63
4.12. Sodyum.....	64
4.13. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	64
4.14. Ağır Metaller.....	66
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	83
EKLER.....	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanmasında İzlenecek Kademeler.....	12
Şekil 3.1 Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesis Akım Şeması.....	34
Şekil 4.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının pH Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	45
Şekil 4.2. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının Toplam Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	47
Şekil 4.3. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının Askıda Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	48
Şekil 4.4. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının Uçucu Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	50
Şekil 4.5. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının Su Muhtevalarının % olarak Aylara Göre Değişimi.....	51
Şekil 4.6. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun Karbon Değerlerinin % Olarak Aylara Göre Değişimi.....	53
Şekil 4.7. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesis Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun Azot Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	54
Şekil 4.8. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesis Ön Çökeltim Havuzu ve Son Çökeltim Havuzu Çamurlarının Amonyak Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	56
Şekil 4.9. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesis Ön Çökeltim Havuzu Çamurlarının Nitrat Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	57
Şekil 4.10. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesis Ön Çökeltim Havuzu Çamurlarının	

Nitrit Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	58
Şekil 4.11. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu ve Son Çökeltim Havuzu Çamurlarının Toplam Kjeldahl Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	59
Şekil 4.12. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun Fosfor Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	60
Şekil 4.13. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Potasyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	61
Şekil 4.14. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Kalsiyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	62
Şekil 4.15. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Magnezyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	63
Şekil 4.16. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Sodyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	64
Şekil 4.17. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)'nın Aylara Göre Değişimi.....	65
Şekil 4.18. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Demir Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	67
Şekil 4.19. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Çinko Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	67
Şekil 4.20. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Mangan Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	67
Şekil 4.21. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Krom Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	68
Şekil 4.22. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Bakır Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	68
Şekil 4.23. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Nikel Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	68

Şekil 4.24. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki	
Kurşun Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	69
Şekil 4.25. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki	
Kobalt Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	69
Şekil 4.26. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki	
Kadmiyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi.....	69



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Su ve Atıksu Arıtma İşlemleri Sonucu Oluşan Arıtma Çamurlarının Fiziksel Özellikleri.....	4
Tablo 2.2 Ham ve Çürütülmüş Çamurların Kimyasal Özellikleri.....	5
Tablo 2.3 Arıtma Çamurlarındaki Patojenler.....	6
Tablo 2.4 Çamur Şartlandırma Yöntemleri ve Amaçları	7
Tablo 2.5 Stabilize Edilmemiş Ham Çamurlardaki ve Anaerobik Olarak Çürütülmüş Çamurlardaki Tipik Patojen Seviyeleri.....	10
Tablo 2.6 Arıtma Çamuru İşleme Proseslerinin Tarımsal Çamur Kullanımı Üzerindeki Etkileri	14
Tablo 2.7 Avrupa Topluluğu Ülkelerindeki Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri.....	20
Tablo 2.8 Danimarka’da Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri.....	20
Tablo 2.9 1 Nisan 1983 Tarihli Alman Yönetmeliği’ne Göre Arıtma Çamurlarında Ağır Metal Standartları.....	21
Tablo 2.10 Avrupa Topluluğu Ülkelerinde Çamurda Bulunabilecek Ağır Metal Konsantrasyonları.....	21
Tablo 2.11 Toprakta Müsaade Edilen Maksimum Ağır Metal İçerikleri.....	24
Tablo 2.12 Bir Yılda Araziye Verilmesine Müsaade Edilecek Ağır Metal Yüğü.....	24
Tablo 2.13 Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurlarında Müsaade Edilebilecek Maksimum Ağır Metal İçerikleri.....	25
Tablo 2.14 Farklı Arıtma Çamurlarına Ait Tipik Besin Maddesi Konsantrasyon Değerleri	26
Tablo 2.15 Arıtma Çamurunda Azot Konsantrasyonları.....	27
Tablo 2.16 Arıtma Çamurunun Toprakta Parçalanması Süresince Açığa Çıkan Mineral Azot Miktarları.....	28
Tablo 2.17 Metal Konsantrasyon Limitleri	31
Tablo 3.1 Elazığ İlinin İller Bankası Yöntemlerine Göre Hesaplanmış Nüfus Değerleri.....	34

Tablo 3.2 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi İçin Hesaplanmış	
Debi Değeri.....	35
Tablo 3.3 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarında İncelenen	
Fiziksel ve Kimyasal Parametreler.....	43
Tablo 4.1 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim,	
Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık	
pH Değerleri.....	45
Tablo 4.2 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim,	
Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık	
TKM Değerleri.....	46
Tablo 4.3 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim,	
Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık	
AKM Değerleri.....	48
Tablo 4.4 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim,	
Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık	
UKM Değerleri.....	49
Tablo 4.5 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim,	
Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık	
Su Muhtevaları	51
Tablo 4.6 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının Karbon Yüzdeleri.....	52
Tablo 4.7 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının Azot Değerleri.....	54
Tablo 4.8 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim ve Son Çökeltim Havuzu	
Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Amonyak Azotu Değerleri.....	55
Tablo 4.9 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının Nitrat Azotu Değerleri.....	56
Tablo 4.10 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının Nitrit Azotu Değerleri.....	57

Tablo 4.11 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim ve Son Çökeltim	
Havuzu Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının TKN Değerleri.....	59
Tablo 4.12 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış	
Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Fosfor Değerleri.....	60
Tablo 4.13 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış	
Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Potasyum Değerleri.....	61
Tablo 4.14 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış	
Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Kalsiyum Değerleri.....	62
Tablo 4.15 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının Magnezyum Değerleri.....	63
Tablo 4.16 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının Sodyum Değerleri.....	64
Tablo 4.17 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının SAR Değerleri.....	65
Tablo 4.18 Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde	
Oluşan Arıtma Çamurlarının Ağır Metal Değerleri.....	66

EKLER LİSTESİ

EK 1. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltme Havuzu Çamurunun 2003 Yılı	
Mevsimsel Analiz Sonuçları.....	84
EK 2. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltme Havuzu Çamurunun 2003 yılı	
Nitrat ve Nitrit Azotu Mevsimsel Analiz Sonuçları.....	85
EK 3. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Son Çökeltme Havuzu Çamurunun 2003 Yılı	
Mevsimsel Analiz Sonuçları.....	86
EK 4. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Giriş Çamurunun 2003 Yılı	
Mevsimsel Analiz Sonuçları.....	87
EK 5. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun 2003 Yılı	
Mevsimsel Analiz Sonuçları.....	88

KISALTMALAR LİSTESİ

TKM	: Toplam Katı Madde
AKM	: Askıda Katı Madde
UKM	: Uçucu Katı Madde
BOİ ₅	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
NO ₃ - N	: Nitrat Azotu
NO ₂ - N	: Nitrit Azotu
NH ₃ - N	: Amonyak Azotu
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
SAR	: Sodyum Adsorbsiyon Oranı



SİMGELER LİSTESİ

Ni	: Nikel
Zn	: Çinko
Cu	: Bakır
Cr	: Krom
Cd	: Kadmiyum
Mn	: Mangan
Ca ⁺²	: Kalsiyum
Mg ⁺²	: Magnezyum
Co	: Kobalt
C	: Karbon
Pb	: Kurşun
Na	: Sodyum
Hg	: Civa
N	: Azot
P	: Fosfor
K ⁺	: Potasyum
NO ₃ ⁻	: Nitrat
NO ₂ ⁻	: Nitrit
O ₂	: Oksijen Gazı
kg	: Kilogram
g	: Gram
mg	: Miligram
Na ⁺	: Sodyum
Cl ⁻	: Klor
pH	: Hidrojen İyonu Konsantrasyonunun Logaritmik İfadesi
°C	: Santigrad Derece
ha	: Hektar

m³ : Metreküp
m² : Metrekare
cm : Santimetre
L : Litre
ml : Mililitre
% : Yüzde



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARITMA ÇAMURLARININ KARAKTERİZASYONU VE MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

Turgay DERE

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

2004, Sayfa: 88

Bu çalışmada, “Elazığ Kenti Eysel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarının Karakterizasyonu ve Mevsimsel Değişimi” araştırılmıştır. Çalışma kapsamında arıtma tesisinin ön çökeltim havuzu, son çökeltim havuzu, kurutma yatağı giriş ve kurutma yatağı çıkış ünitelerinden alınan çamur numunelerine pH, toplam katı madde (TKM), askıda katı madde (AKM), uçucu katı madde (UKM), su muhtevası, amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$), toplam kjeldahl azotu (TKN), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$), toplam azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), sodyum absorpsiyon oranı (SAR), karbon (C) ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları değerlendirilerek, arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin aylara bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Kurutma yatağı çıkış çamurlarının N yüzdesinin % 0,20–0,89 arasında değişim gösterdiği; P konsantrasyonunun, N konsantrasyonunun yarısından daha düşük değerler aldığı; K muhtevasının düşük değerler aldığı; Ca ve Mg değerlerinin birbirleriyle paralellik arz ettiği; Na değerlerinin ve dolayısıyla hesaplanan SAR değerlerinin oldukça yüksek değerler aldığı; C yüzdelерinin ise % 17,86–34,78 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kurutma yatağı giriş çamurlarının TKM, AKM, UKM ve pH değerlerinin ekseriyetle ön çökeltim ve son çökeltim havuzu çamurlarından yüksek çıktığı; her üç kademedeki su muhtevalarının % 85’in üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ön çökeltim havuzu çamurlarının $\text{NH}_3\text{-N}$ ve TKN değerlerinin, son çökeltim havuzu çamurlarından yüksek değerler aldığı; $\text{NO}_3\text{-N}$ ve $\text{NO}_2\text{-N}$ değerlerinin ise $\text{NH}_3\text{-N}$ değerlerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin aylara bağlı olarak değişimlerinin tespitiyle, çamurların kirlilik yükleri daha iyi tanımlanacak; işlenme ve bertarafında ise daha uygun yöntem seçimi yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, ağır metal, lağım çamuru, ham çamur, azot, fosfor, potasyum.

ABSTRACT
Master Thesis

**CHARACTERIZATION AND SEASONAL VARIATION
OF SEWAGE SLUDGE**

Turgay DERE

Fırat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

2004, Page : 88

In this study, 'Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarının Karakterizasyonu ve Mevsimsel Değişimi' is investigated. Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, sodium adsorption rate, carbon and heavy metal analysis carried out of treatment sludge samples taken of drying beds. In addition, pH, TS, VS, SS, moisture rate, $\text{NH}_3\text{-N}$ and TKN analysis carried out of seasonal treatment sludge samples taken of primary settled, second settled and entry of drying beds; $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ analysis carried out of primary settled treatment sludges. By judging the analysis data, seasonal changes of physical and chemical characteristics of refinement sludge have been indicated. Nitrogen yields of drying bed sludges have been found between 0.20 % and 0.89 %; phosphorus and potassium concentrations have minor levels. Calcium and magnesium concentrations have the same major and minor rates. Sodium adsorption rates have major levels. Carbon yields are between 17.86 % and 34.78 % . Generally, there are more pH, TS, VS and SS in the drying bed entry sludges than in the primary and the second settled sludges. These three treatment sludge types's moisture yields have above 85 %. The primary settled sludges have more $\text{NH}_3\text{-N}$ and TKN levels than the secondsettled sludges. But $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ levels are less than $\text{NH}_3\text{-N}$ levels. Seasonal physical and chemical changes of treatment sludges must be discovered so that the pollution loads of treatment sludges can be defined and conformable methods can be selected for sludge management and final apart.

Keywords : Treatment sludge, heavy metal, sewage sludge, raw sludge, nitrogen, phosphorus, potassium.

I. GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin genelinde çeşitli atıkların çevre ve insan sağlığında olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bundan dolayı sağlık kurallarına uygun olarak değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesi önem taşımaktadır.

İnsan faaliyetleri neticesinde oluşan atıklar, nüfus artışı, yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojiadaki gelişmeler sonucu miktarları ve çeşitleri gün geçtikçe artarak, canlı hayatını tehlikeye sokan kirleticiler olarak ortaya çıkmaktadır.

Doğal arıtma kapasitesinin üzerinde atık bulunduran ekosistemlerin, insan faaliyetlerinin oluşturacağı değişikliklerden korumak, bitkisel üretimi arttırmak ve verimsiz toprakları iyileştirmek için, özellikle çevre mühendisliğinde kullanılan arıtma ve yeniden kullanma teknolojileri önem kazanmaktadır.

Atıksuların çevre sağlığına zarar vermeden çıkış yerlerine göre ayrı ayrı toplanarak mekanik, kimyasal ve biyolojik kademelerle arıtılması için arıtım tesislerinin kurulması yaygınlaştırılmaktadır. Atıksu, mekanik ön arıtma, çöktürme havuzlarında ön çökeltme ve kimyasal arıtmadan sonra biyolojik olarak arıtılmaktadır. Arıtma işlemleri sonucu farklı kademelerden çıkan arıtma çamurlarının arıtma tesisinden uzaklaştırılması gerekir. Bu çamurların ziraat ve inşaat sektöründe kullanılması, yakılması ve iyileştirilerek tarımsal alanlara verilmesi gibi değişik yönlerden değerlendirilmesine çalışılmaktadır. Bu çalışmalara temel teşkil eden arıtma çamurlarının karakterizasyonu yapılarak, bunların mevsimsel değişimleri kontrol edilmelidir.

Farklı kademelerden çıkan arıtma çamurlarının kalitesi oldukça değişken olup geniş aralıkta bir kirlilik yüküne sahiptir. Arıtma çamurlarının kompozisyonu, atık suyun kirlilik yükü, katı atık muhtevası, pH, iklim şartları, arıtma tesisi kademelerinin tasarımı, işletilmesi ve atık suyun arıtma kademelerinde bekleme zamanlarına göre farklılıklar göstermektedir.

Katı atık muhtevası, arıtma çamurlarının bileşimini etkilemektedir. Arıtma çamurları, katı atıklar ve atıksuda bulunan bileşenlerden kaynaklanan birçok metal, ağır metal, organik ve inorganik bileşikler ihtiva etmektedir.

Arıtma çamurlarının bertarafında oluşturacağı çevresel etkilerinin değerlendirilebilmesi

için öncelikle arıtma amurlarının karakterizasyonlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Yapılan bu araştırma Elazığ Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin n çökeltme havuzu ve son çökeltme havuzu kademesinde oluşan arıtma amurlarının ve kurutma yatağı girişi kademesinde oluşan arıtma amurlarının toplam katı madde (TKM), uçucu katı madde (UKM), askıda katı madde (AKM), pH ve su muhtevası değerleri; n çökeltme ve son çökeltme havuzu kademesinde oluşan arıtma amurlarının amonyak azotu ($\text{NH}_3 - \text{N}$) ve toplam kjeldahl azotu (TKN) değerleri; n çökeltme kademesinde oluşan arıtma amurlarının nitrat azotu ($\text{NO}_3 - \text{N}$) ve nitrit azotu ($\text{NO}_2 - \text{N}$) değerleri; kurutma yatağı çıkış kademesinde oluşan arıtma amurlarının ise karbon (C), toplam azot (N), toplam fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), demir (Fe), krom (Cr), inko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb), kobalt (Co) ve kadmiyum (Cd) muhtevalarının mevsimsel değişimlerinin araştırılarak, arıtma amurlarının kirlilik yükünün tanınmasına ve bu çamurların işlenme ve bertarafı ile ilgili yapılan çalışmalara yardımcı bir kaynak olarak katkıda bulunmak amacıyla yürütülmüştür.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Arıtma Çamurlarının Tanımı

Arıtma çamurları, atıksu arıtma tesislerindeki mikroorganizmaların kullandıkları besin zincirinin doğal son ürünleridir. Sıvı ya da yarı katı halde ve kokuludur. Ağırlıkça % 0,25 ile % 12 arasında katı madde içermektedir. Arıtma çamurları bünyesinde kirlilik oluşturan maddeler, askıda katı maddeler, çökebilir katı maddeler ve çözünmüş katı maddelerdir. Çökebilir katı maddelerin organik madde içeriği % 60 ile % 80 arasındadır, su muhtevası ise oldukça yüksektir. Mekanik arıtma işlemleriyle giderilemeyen askıda ve çözünmüş haldeki katı maddeler ise kimyasal veya biyolojik yumaklaştırmayla çökeltilerek veya yüzdürülerek su ortamından uzaklaştırılırlar. Çözünmüş organik madde içeriği ise biyolojik arıtmada bakteri bünyesinde tutularak canlı hücrelere dönüştürülüp son çökeltim havuzlarında çökeltilerek sudan ayrılır. Mekanik ve biyolojik yöntemlerle giderilemeyen çözünmüş haldeki organik maddeler ve metal tuzları kimyasal yumaklaştırma işlemiyle sudan ayrılır (Filibeli, 1998).

Ön çökeltim havuzu tabanında toplanan **ham ön çökeltim çamurunun** su muhtevası oldukça yüksektir. Bu çamurun anaerobik olarak çürütülmesiyle % 50 uçucu madde giderimi sağlanır, koku azaltılır ve önemli oranda patojen giderilir. Çürütülmüş çamurlar doğrudan araziye verilebilir ya da kurutma yataklarında kurutulduktan sonra veya mekanik olarak suyu alındıktan sonra nihai bertarafı yapılabilir. Aktif çamur sisteminde ise oluşan mikroorganizma miktarı sistem için gerekli olan miktarı aşarsa fazla katı maddelerin sistemden atılması gerekir. Sistemden atılan bu katı maddelere **atık aktif çamur** adı verilmektedir. Damlatmalı filtre yataklarından kopan katı partiküller ise son çökeltim havuzunda artılmış sudan ayrılırlar. Meydana gelen bu çamura **filtre humusu** adı verilmektedir. Filtre humusu ve atık aktif çamur genellikle ham ön çökeltim çamuru ile birleştirilerek anaerobik çürütücülerde çürütülür. Oluşan çamur **karişık çürük çamur** olarak adlandırılır. Arıtma tesislerinde pıhtılaştırma ve yumaklaştırma işlemlerinde kullanılan alüminyum sülfat, **atık alum çamuru** olarak bilinen çamuru oluşturur (Vesilind, 1979).

2.2. Arıtma Çamurlarının Özellikleri

Arıtma çamurları, katı madde kaynağına ve arıtma işlemine göre farklı karakterler göstermektedir. Su ve atıksu arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurlarının bazı fiziksel özellikleri Tablo 2.1 'de; ham ve çürütülmüş çamurun bazı kimyasal özellikleri ise Tablo 2.2'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1 Su ve Atıksu Arıtma İşlemleri Sonucu Oluşan Arıtma Çamurlarının Fiziksel Özellikleri (Kocaer, 2000).

ÇAMUR	KONSANTRASYON % Katı Madde	KARAKTERİSTİKLER
Ham ön çökeltim ç.	4-8	Gri-kahverenginde ve kötü kokuludur. Susuzlaştırma için mekanik yöntemler tercih edilir.
Anaerobik çürük ç.	6-10	Kurutma yataklarında kolaylıkla susuzlaştırılır. Rengi siyahımsıdır, önemli miktarda gaz içerir.
Filtre humusu	3-4	Floklu yapıda ve kahverengidir. Taze olduğu zaman kokusuzdur ve kolayca çürür.
Atık aktif çamur	0,5-1,5	Hafif bir kokusu vardır. Rengi sarı-kahverengi arasındadır. Suyunun giderilmesi güçtür. Biyolojik yönden çok aktiftir
Karışık çürük ç.	2-4	Siyahımsı kahverengindedir. Önemli oranda gaz üretir. Çürütülmüş ön çökeltim çamurları kadar susuzlaştırılmaz.
Aerobik çürük ç.	1-3	Sarımsı kahverengindedir Bazen susuzlaştırılması zordur. Biyolojik yönden aktiftirler.
Atık alum ç.	0,5-1,5	Gri-sarı renkte ve kokusuzdur. Susuzlaştırılması çok zordur.

Tablo 2.2 Ham ve Çürütülmüş Çamurların Kimyasal Özellikleri (Tchobanoglous and Burton, 1991).

Parametre	Ham Ön çökeltim çamuru	Çürütülmüş ön çökeltim çamuru	Aktif çamur
Toplam kuru madde (KM), %	2,0-8,0	6,0-12,0	0,83-1,16
Uçucu katı madde (KM'nin %'si)	60-80	30-60	59-88
Yağ ve gres (KM'nin %'si)			
Eter çözeltisi	6-30	5,0-12	-
Eter ekstraktı	7-35	-	5,0-12
Protein (KM'nin %'si)	20-30	15-20	32-41
Azot (N, KM'nin %'si)	1,5-4,0	1,6-6,0	2,4-5,0
Fosfor (P ₂ O ₅ , KM'nin %'si)	0,8-2, 8	1,5-4,0	2,8-11,0
Potasyum (K ₂ O, KM'nin %'si)	0-1	0-3,0	0,5-0,7
Selüloz (KM'nin %'si)	8,0-15,0	8,0-15,0	-
Demir (sülfid olmayan) (KM'nin %'si)	2,0-4,0	3,0-8,0	-
Silisyum (SiO ₂ , KM'nin %'si)	15,0-20,0	10,0-20,0	-
pH	5,0-8,0	6,5-7,5	6,5-8,0
Alkalinite (mg/L CaCO ₃ olarak)	500-1.500	2.500-3.500	580-1.100

Aritma çamurları içinde ham ön çökeltim çamurları bünyelerinde yüksek konsantrasyonda patojen organizma bulundurulur. Anaerobik çürütme işlemi uygulandığında, patojen organizma sayısı düşmektedir (Laak, 1986). Tablo 2.3'de arıtma çamurlarındaki patojen organizma konsantrasyonları gösterilmektedir.

Tablo 2.3 Arıtma Çamurlarındaki Patojenler (Laak, 1986).

Çamurlar	Virüs (PFU/ 100 ml)	Koliform (10 ⁶ /ml)	Salmonella (100 ml'de)	Pseudomonas (100 ml'de)
Ham ön çökeltim çamuru	7,9	11,0-11,4	460	46.000
Aktif çamur	-	2,0-2,8	74-23.000	1.100-24.000
Damlatmalı filtre çamuru	-	11,5	93	11.000
Çürütülmüş karışık çamur	0,85	0,4	29	34

2.3. Arıtma Çamurlarını İşleme ve Nihai Bertaraf Yöntemleri

Çamurların işlenmesi, çamurun kaynağına göre uygulanan arıtma işlemine ve seçilen nihai bertaraf yöntemine göre değişir.

Yoğunlaştırma, şartlandırma ve susuzlaştırma, çamurdaki suyun giderilmesi için; çürütme, kompostlama, yakma ve yaş yakma ise çamur içindeki organik maddelerin stabilize edilmesi için kullanılmaktadır.

Çamur şartlandırma işlemi, yoğunlaştırma ve susuzlaştırma işlemlerinde çamurun suyunu daha kolay vermesini sağlar. Küçük partiküller, daha büyük ve parçalanması daha zor parçalar haline dönüştürülür. Böylece sulu çamurdaki katı-sıvı faz ayrımı kolaylaşır (Rhyner ve diğ., 1995).

Çamur şartlandırma işleminde en çok kullanılan yöntemler, demir klorür, demir sülfat, kireç, alümin ve organik polimerler gibi kimyasal maddelerin ilavesi ile yapılan kimyasal şartlandırma işlemi ve ısıtma işlemidir. Demir klorür ve organik polimerler, kimyasal şartlandırıcı olarak en çok kullanılan kimyasallardır (Spellman, 1997).

Şartlandırma yöntemleri, şartlandırma işleminin uygulandığı arıtma kademesi ve uygulandığı arıtma kademelerindeki amaçları Tablo 2.4 'de açıklanmaktadır.

Tablo 2.4 Çamur Şartlandırma Yöntemleri ve Amaçları (Filibeli, 1998).

Şartlandırma Yöntemi	Uygulama Kademesi	Amaç
Polimer ilavesi	Yoğunlaştırma	Katı madde içeriğini, yükleme oranını ve yoğunluğunu artırmak
Polimer ilavesi	Susuzlaştırma	Çamur keki katı madde muhtevasını artırmak
İnorganik kimyasal madde ilavesi	Susuzlaştırma	Çamur keki katı madde muhtevasını artırmak
Yıkama (Elutrasyon)	Susuzlaştırma	Asidik özelliği olan kimyasal şartlandırıcı ihtiyacını azaltmak ve katı madde muhtevasını artırmak
Isıl işlem	Susuzlaştırma	Kimyasal madde kullanımını azaltmak veya tamamen kaldırmak ve çamur keki katı madde muhtevasını arttırmak, stabilize çamur elde etmek
Kül ilavesi	Susuzlaştırma	Vakum filtrelerde kek ayrımını kolaylaştırmak, filtrelerdeki basıncı ve filtre verimini arttırmak, kimyasal madde kullanımını azaltmak

Çamur yoğunlaştırma gravite, flotasyon veya santrifüjleme yöntemlerinden biriyle gerçekleştirilmektedir. Graviteli yoğunlaştırma, genellikle ham arıtma çamurlarına uygulanmaktadır. Flotasyon ve santrifüjleme ise daha çok atık aktif çamurlarına uygulanmaktadır. Ayrıca santrifüjleme, çamur susuzlaştırmada kullanılmaktadır. (Tchobanoglous ve Burton, 1991).

Çamur yoğunlaştırmada asıl amaç, diğer arıtma kademelerine gidecek olan çamurlardan fazla miktardaki suyun uzaklaştırılmasıdır. Çamur % 5 KM'ye kadar yoğunlaştırıldığında

başlangıçtaki hacmin % 20'sine sahip olur. Yoğunlaştırma ve susuzlaştırma işlemleri katı madde konsantrasyonunda artış ve hacim azalması ile sonuçlanmaktadır. Fakat yoğunlaştırma işlemi sonunda elde edilen katı madde konsantrasyonu % 15'ten azdır ve pompalanabilir özelliktedir (Vesilind ve diğ., 1986).

Çamurun susuzlaştırılması, su içeriğinin azaltılması için kullanılan fiziksel bir işlemdir.

Susuzlaştırma işleminin belli başlı amaçları şunlardır :

- Çamurun nihai bertaraf sahasına taşınma maliyetini azaltmak.
- Yakma işleminden önce çamurun su muhtevasını azaltarak, enerji muhtevasını arttırmak.
- Çamur daha kolay işlemek ve taşımak.
- Kompostlama öncesi gözenek verecek malzeme gereksinimini azaltmak.
- Bazı durumlarda çamurun kokusunu önlemek.
- Mono deponilerde, depolama sahasında sızıntı suyu oluşumunu azaltmak (Kocaer, 2000).

Çamur susuzlaştırma yöntemleri 2 grupta incelenir:

1. Doğal yöntemler
2. Mekanik yöntemler

Doğal yöntemlerden çamur kurutma yatakları kullanılan en eski susuzlaştırma yöntemlerinden biridir. Çamur lagünleri ise çürütülmüş çamurların susuzlaştırılması için kurutma yatakları yerine kullanılabilmektedir. Lagünlerde susuzlaştırma işleminin temel prensibi buharlaşma olayıdır. Lagünün uygulandığı alanlarda içme suyu amacıyla kullanılan akifer olması halinde, lagün tabanının sızdırmaz olması gerekmektedir.

Mekanik susuzlaştırma yöntemleri ise vakum filtreler, plakalı pres filtreler, bantlı pres filtreler ve santrifüjler olarak dört grupta incelenebilir. Vakum filtre sisteminin kompleks oluşu, şartlandırıcı gereksinimleri ve işletme maliyetinin yüksek oluşu gibi sebeplerden dolayı vakum filtrasyonunun kullanımı azdır. (Tchobanoglous ve Burton, 1991). Plakalı pres filtrelerde susuzlaştırma işleminin temel prensibi, yüksek basınç uygulamasıdır. En çok kullanılanlar sabit hacimli ve değişken hacimli pres filtrelerdir. Bantlı pres filtreler ise çalışma prensibi oldukça basit, sürekli beslemeli mekanik su alma düzeneği bulunan filtrelerdir. Susuzlaştırma, çamurun ters yönde hareket eden gözenekli bantlar arasında sıkışmasıyla gerçekleşir. Mekanik susuzlaştırma yöntemleri arasında yer alan santrifüj yönteminde ise katı maddeler santrifüj

kuvvetinin etkisi ile sıvı fazdan ayrılır. Santrifüjleme yöntemi ile susuzlaştırılan arıtma çamurları, diğer yöntemlerle susuzlaştırılan çamurlara nispeten daha kararludur ve daha az koku problemi oluşturun (Kocaer, 2000).

Arıtma çamurları, patojenleri gidermek, istenmeyen kokuları gidermek ve potansiyel bozunmayı azaltmak veya durdurmak amacıyla stabilize edilirler. Bunları sağlayabilme başarısı, stabilizasyon işleminin, çamurun uçucu veya organik kısmı üzerindeki etkisi ile ilişkilidir (Filibeli, 1998).

Belli başlı stabilizasyon yöntemleri şunlardır:

1. Aerobik çürütme,
2. Anaerobik çürütme,
3. Kimyasal stabilizasyon,
4. Isıl işlem,
5. Kompostlama.

Aerobik çürütme, çeşitli arıtma işlemlerinden gelen organik çamurların biyolojik stabilizasyonu için kullanılan bir prosestir. Bu proseste biyokütle karbondioksit, su ve amonyağa okside olur. Aerobik çürütmenin en büyük avantajı kolayca bertaraf edilebilir kokusuz, humusa benzer ve biyolojik olarak stabil bir çamur elde edilmesidir. Sistemin en büyük dezavantajı ise, oksijen temini için yüksek seviyede güç sarfiyatıdır (Eckenfelder, 1997).

Anaerobik çürütme, moleküler oksijen yokluğunda organik ve inorganik maddelerin parçalanması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Arıtma çamurlarındaki organik maddeler, anaerobik şartlar altında biyolojik olarak CH_4 ve CO_2 'e dönüşür. Bu işlem bir seri organizma grubu tarafından yürütülen bir biyolojik bozunma işlemidir (Anonim, 1996). Tablo 2.5'de stabilize edilmemiş ham çamurlardaki ve anaerobik olarak çürütülerek stabilize edilen çamurlardaki patojen konsantrasyonları gösterilmektedir.

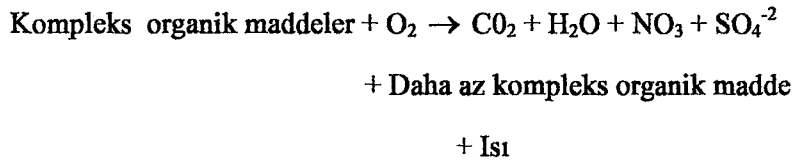
Tablo 2.5 Stabilize Edilmemiş Ham Çamurlardaki ve Anaerobik Olarak Çürütülmüş Çamurlardaki Tipik Patojen Seviyeleri (Anonim, 1996).

Patojen	Ham Çamurdaki Tipik Konsantrasyon (Adet/100ml)	Anaerobik Çürük Çamurdaki Tipik Konsantrasyon (Adet/ml)
Virüs	2.500-70.000	100-1.000
Fekal koliform	1.000.000.000	30.000-6.000.000
Salmonella	8.000	3-62
Ascaris lumbricoides- Helminth	200-1.000	0-1.000

Isıl işlem; kısa zaman aralıklarında (yaklaşık olarak 30 dakika), 2760 kN/m² basınç altında ve 260 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çamurun ısıtılmasıdır. Isıl işlem sonunda arıtma çamurunda bağlı halde bulunan su serbest halde kalır. Isıl işlem uygulanan çamurlardaki katı maddeler pıhtılaşır, hücre yapısı bozulur, katı maddelerin hidrasyon ve hidrofilik özellikleri azalır. Isıl işlem hem bir stabilizasyon işlemidir hem de şartlandırma işlemidir (Kocaer, 2000).

Kimyasal stabilizasyon çamur ortamının çeşitli kimyasallarla muamelesi ile gerçekleştirilen bir stabilizasyon yöntemidir. Kireç ile yapılan stabilizasyon işleminde, ham çamura pH=12 veya daha yüksek olacak şekilde yeterli miktarda kireç ilave edilir. Sonuç olarak, pH bu seviyede yeterince uzun süre tutulabilirse çamur bozunmaz, kötü koku oluşmaz ve sağlık yönünden zararlı olmaz (Kocaer, 2000).

Kompostlaştırma, emniyet ve estetik açıdan kullanıma uygun, nihai ürün elde edilebilen bir aerobik biyolojik çamur stabilizasyon yöntemidir. Temel aerobik bozunma aşağıdaki gibi gösterilebilir:



İyi işletilen kompostlaştırma sistemlerinde bu bozunma sırasında sıcaklık yaklaşık olarak 70 °C'ye kadar yükselir. Kompost yığını için gerekli olan zaman, beslemeye, sağlanan izolasyon ve havalandırmaya, C:N oranına, partikül boyutu ve diğer koşullara bağlıdır. Genellikle kentsel arıtma çamurları için 2 haftalık bir sürenin yeterli kompostlaştırma için

minimum süre olduğu düşünülür. Kompostlaştırma işleminin tamamlanması, sıcaklıktaki düşüş ve rengin koyu kahverengiye dönüşmesinden anlaşılır (Kocaer, 2000).

Aritma çamurlarının nihai bertarafı için birçok yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

- 1.Düzenli depolama,
- 2.Arazide bertaraf,
- 3.Kimyasal sabitleme,
- 4.Termik yöntemler.

Bu yöntemlerden en uygun olanı arıtma çamurlarının özelliklerine, bölgenin jeolojik, hidrojeolojik yapısı ve iklim özelliklerine, eldeki ekonomik ve teknik imkanlara uyum sağlayan yöntemdir. Ülkemizde evsel ve endüstriyel kökenli arıtma çamurları genellikle kurutma ve yoğunlaştırma işlemlerinden sonra ya da hiçbir işlem uygulanmadan, sulu halde depolama için belediyelerin gösterdikleri döküm sahalarında bertaraf edilmekte veya yerleşim bölgeleri dışındaki boş arazilere kaçak olarak gelişigüzel dökülmektedir. Evsel arıtma çamurlarında her tür patojen organizma bulunabileceğinden, bunların doğrudan araziye dökülmesinin çeşitli sakıncaları vardır. Endüstriyel nitelikli arıtma çamurlarının ise, bünyelerinde barındırdıkları çeşitli ağır metal tuzları, çözünmüş ve toksik maddeler vb. nedeniyle taşıdıkları yeraltı suyu ve toprak kirlenmesi risklerinden dolayı, arazide doğrudan bertarafı sakıncalıdır (Filibeli, 1998).

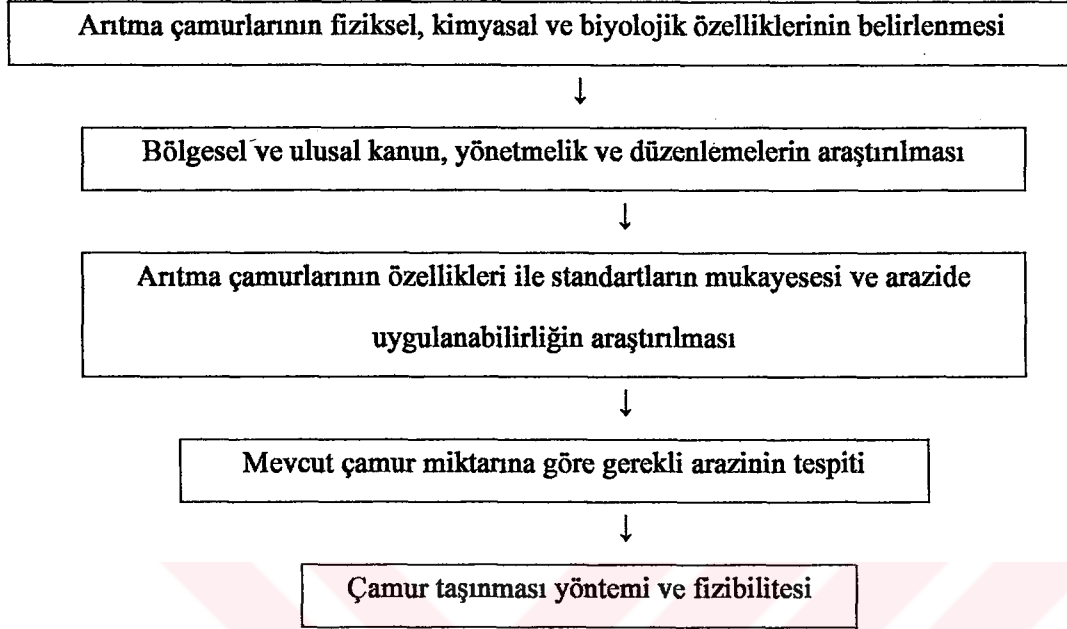
2.4. Arıtma Çamurlarının Arazilere Uygulanması

Arıtma çamurlarının araziye uygulanmasından önce çamurun özelliklerinin belirlenmesi ve iyileştirilmesi gerekir. Dikkat edilmesi gereken diğer noktalar; çamurun kalitesi ve miktarı, yasal düzenlemeler ve bertaraf alternatiflerinin değerlendirilmesidir. (Filibeli, 1998).

İşlem görmemiş çamurların araziye rasgele boşaltılması, koku ve patojen mikroorganizma sorunu, yeraltı sularının kirlenmesi gibi problemleri doğurabilmektedir (Rhyner ve diğ., 1995).

Aktif çamur, damlatmalı filtre, çürütme tanklarında, uzun havalandırılmalı sistemler ile biyodisklerde oluşan arıtma çamurları araziye verilebilecek özelliktedir (Kocaer, 2000).

Şekil 2.1'de arıtma çamurlarının arazilere uygulanmasında takip edilmesi gereken adımlar gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanmasında İzlenecek Kademeler (Aral, 1990).

Arıtma çamurlarının arazilere uygulanması üç bölümde ele alınmaktadır:

1. Tarımsal arazilere uygulama,
2. Ormanlık alanlara uygulama ,
3. Arazi iyileştirme amaçlı kullanım.

Arıtma çamurları tarım arazilerine agronomik oranlarda uygulanmalıdır:

$(\text{Yıllık Yükleme Bazında Çamur ile Verilen N veya P Miktarı}) + (\text{Üründeki Mevcut N veya P Miktarı}) \leq (\text{Ürünün İhtiyacı Olan yıllık N veya P Miktarı})$

Arıtma çamurları, bünyelerinde çeşitli makro ve mikro besin elementleri bulundurlar. Tarımsal ürünlerin çoğu, bu besin elementlerini uygun bir şekilde kullanabilmektedir. Arıtma çamurları agronomik yükleme oranlarının üzerinde uygulanırsa, toprak şartlandırıcı vazifesini de yerine getirebilmektedir.

Arıtma çamurları, yumuşak killi toprakları daha gevşek ve uflanabilir bir yapıya dönüştürür ve gözenek büyüklüğünü artırır. Böylelikle toprağın hava ve su girişi kolaylaşmış olur. Kaba kumlu topraklarda ise toprağın su tutma kapasitesini artırır ve besin element

değişimi ve adsorbsiyon için kimyasal bölgeler sağlar (Anonim, 1984).

Aritma çamurlarındaki ağır metallerin topraktaki hareketlerinin sınırlandırılması için toprağın pH 'ının 6,5 veya daha yüksek olması istenir. Eğer toprağın pH'ı çok düşükse toprağa kireç eklenir. Çamur uygulama oranlarının hesaplanmasında toprağın N, P ve K miktarları ile kation değiştirme kapasitelerinin önceden tespit edilmesi gerekir. Geçirgenliği yüksek topraklar, çamur bileşenlerinin çok hızlı bir şekilde toprağın alt tabakalarına doğru taşınımına neden olurken, geçirgenliği düşük topraklar yüzeysel göllenmelerin oluşumuna yol açmaktadır. Bu nedenle arıtma çamuru uygulamalarında orta geçirgenlikteki topraklar tercih edilmektedir (Kocaer, 2000).

Aritma çamurunun tarımsal uygulamalarındaki diğer önemli bir husus da arazinin yeraltı su kaynaklarına olan uzaklığıdır. Çoğu durumda yeraltı sularında mevsimlere bağlı değişimler söz konusu olduğu için çamur uygulama arazilerinin yeraltı sularına kabul edilebilir minimum mesafesinin belirlenmesinde zorluklarla karşılaşmaktadır. Konuyla ilgili yasal düzenlemelerde genellikle yeraltı suyuna olan minimum mesafe 1 m olarak verilmektedir (Kocaer, 2000).

Aritma çamurlarının tarımsal arazilerde kullanılmasını sınırlandıran faktörlerden biri olan azot tüm bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu bitki besin elementidir. Toprağa bitkinin ihtiyacından fazla N uygulamak yer altı sularına nitrat karışması riskini doğurmaktadır. Nitrat toprak partikülleri tarafından adsorbe olmaz ve süzüntü sularıyla beraber toprağın alt tabakalarına doğru taşınır. Su kaynaklarındaki yüksek nitrat seviyeleri özellikle yeni doğmuş bebekler için önemli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. İçme sularındaki izin verilebilir maksimum NO_3^- konsantrasyonu 10 mg NO_3^-/L olarak belirlenmiştir. Uygun dizayn edilmiş ve iyi yönetilen bir çamurdan tarımsal olarak faydalanma programında yeraltı sularına nitrat karışma riski, konvansiyonel azotlu gübrelerin kullanılmasının taşıdığı riskten fazla değildir (Kocaer, 2000).

Stabilize edilmemiş ham çamurlar, bünyelerinde bakteriler, protozoa, helmintik parazitler ve virüsler gibi çok sayıda patojen bulundurlar. Bundan dolayı tarım uygulamalarında arıtma çamurlarının kesinlikle stabilize edilmiş olması gerekmektedir (Anonim, 1996).

Tablo 2.6 'da çamur işleme proseslerinin tarımsal çamur kullanımı üzerindeki etkileri gösterilmektedir.

Tablo 2.6 Arıtma Çamuru İşleme Proseslerinin Tarımsal Çamur Kullanımı Üzerindeki Etkileri (Kocaer, 2000).

Çamur İşleme Prosesi	Çamur Üzerindeki Etkisi	Tarımsal Kullanım Üzerindeki Etkisi
Yoğunlaştırma	Katı madde konsantrasyonunu artırarak çamur hacmini azaltır.	Çamur taşıma giderlerini azaltır.
Çürütme (Anaerobik ve Aerobik)	Uçucu ve biyolojik yönden dirençli organik madde içeriğini düşürür, patojen miktarını ve koku problemini azaltır	Çamur miktarını azaltır
Alkali Stabilizasyonu	Çamurun pH'ını yükseltir. Biyolojik aktiviteyi azaltır. Patojen seviyelerini düşürür.	pH'ı yüksek çamurlar mevcut ağır metalleri bağlama eğilimindedirler
Şartlandırma	Çamur suyunu vermesini kolaylaştırır.	Polimer eklenmiş çamur, tarımsal arazide uygulanabilir özel operasyon şartları gerektirebilir.
Susuzlaştırma	Çamurun katı madde içeriğini artırarak hacmini azaltır. Susuzlaştırma sonucu organik çamurların katı madde içeriği % 15-40, inorganik çamur ise % 45 oranına yükselebilir.	Çamur taşıma giderlerini azaltır
Kompostlama	Biyolojik aktiviteyi azaltır. Patojenlerin büyük kısmını yok eder.	Çamura toprak özelliklerini iyileştirici özellik kazandırır. Besin maddesi içeriklerinde azalma olabilir.
Isıl İşlem	Arıtma çamurunu dezenfekte eder. Patojenlerin büyük kısmını yok eder.	Çamur hacmini önemli derecede azaltır.

Arıtma çamurlarının tarımsal kullanımına yönelik pek çok araştırma yapılmıştır. Larson ve arkadaşları tarafından 1974 yılında yapılan bir çalışmada şehir arıtma çamurlarının, tarımsal ürünün gereksinim duyduğu azot, fosfor ve mikro besin elementlerini sağlayabildiği, tarımsal arazilerde kullanılabileceği belirtilmiştir. Cohen ve arkadaşları tarafından 1979 yılında yapılan çalışmada da, incelenen sulu ve havada kurutulmuş arıtma çamurlarının azot, fosfor, kalsiyum, magnezyum ve mikro besin elementlerini sağlayabildiği ancak K miktarlarının yeterli olmadığı

belirtilmiş ve potaslı gübre ilavesinin gerektiği tespit edilmiştir. Williams'ın 1979'da yaptığı bir araştırmada arıtma çamurlarının ve organik gübrelerin tarım arazilerindeki faydalı kullanımını belirlemek için havada kurutulmuş ham çamur, havada kurutulmuş çürük çamur ve çiftlik gübrelerinin bitki besin düzeylerini belirlemiş, bu atıkları tarım alanlarına uygulayarak ürün verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Arıtma çamurlarının azot ve fosfor yönünden yararlanılabilir bir kaynak olduğunu ancak potasyum yönünden fakir olduğunu, özellikle sulu haldeki çürütülmüş çamurların bitkiye yarayışlı azot ve fosfor bakımından oldukça değerli bir kaynak olduğunu vurgulamıştır. Verdonck v.d.'nin 1980 yılında yaptıkları bir çalışmada arıtma çamuru ve ağaç kabuğu karışımlarından yapılan kompostun bahçecilikte rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Larsen vd. 1991 yılında yaptıkları bir çalışmada fermentasyon prosesinden çıkan ve 45.000 mg/(kg kuru katı madde) toplam azot, 41.500 mg/(kg kuru katı madde) organik azot, 20.500 mg/(kg kuru katı madde) toplam fosfor ve 9.000 mg/(kg kuru katı madde) potasyum içeren arıtma çamurlarının tarımsal arazilerde gübre olarak kullanılması sonucunda bitkilerdeki olumlu yönde gelişim belirlenmiş, ayrıca arıtma çamurunun kumlu topraklarda toprağın yapısını ve su tutma kapasitesini geliştirdiği tespit edilmiştir. Pedreno vd. ise 1996 yılında arıtma çamuru uygulanmış kalkerli bir toprağın tarımsal kalitesini incelemeye yönelik bir çalışma yapmışlar ve arıtma çamurunun toprağın azot, fosfor, demir, bakır, çinko ve organik madde içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca, test bitkisi olarak domates yetiştirilen çalışmada arıtma çamurunun ürün verimini arttırdığı ve ürün verimi yönünden diğer gübre uygulamalarıyla çamur uygulaması arasında bir fark gözlemlenmediğini de vurgulamışlardır. Kağıt fabrikası arıtma çamurlarının tarım arazilerine uygulanabilirliğinin incelendiği diğer bir çalışmada, çamur uygulama oranının 20 ton kuru madde/ha.yıl 'yi geçmemesi durumunda, normal tarım uygulamalarındakine eş miktarda mineral azotun toprağa verilebildiği ve herhangi bir ek mineral azot kullanımına gerek kalmadığı vurgulanmıştır (Phillips ve diğ., 1997).

Türkiye'de genellikle arıtma çamurları katı atık olarak uzaklaştırılmaktadır. Akça ve arkadaşlarının 1996 yılında yaptıkları bir çalışmada çamur uzaklaştırma masraflarını azaltmak, üstelik çamuru faydalı bir malzeme haline getirmek için tarım alanlarında kullanılmasının teşvik edilmesi, çiftçilerin bu yönde eğitilmesi ve yönlendirilmesi için teknik alt yapının oluşturulması

gerekliliğini vurgulamışlardır. Turalhoğlu ve Acar 1996 yılında yaptıkları diğer bir araştırmada arıtma çamurlarının çevreye en az zarar verecek şekilde bertaraf edilmesi ve içerdikleri besin elementlerinden de yararlanılabilmesi için tarım topraklarında kullanmanın en iyi yol olduğu ancak uygulamadan önce hem atığın hem de toprağın ağır metal, tuz, azot ve patojen mikroorganizma miktarlarının tespit edilerek verilebilecek maksimum yüklerin belirlenmesinin gerektiği belirtilmiştir. Tolay vd. tarafından 1996 yılında yapılan bir çalışmada ise, aerobik arıtma çamurları kompostlaştırılarak çiçek üretim ve örtü toprağı denemeleri yapılmış ve elde edilen kompostun ekonomik ve faydalı bir şekilde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Arıtma çamurlarının, arazi uygulamalarından ikincisi olan ormanlık alanlara uygulanmasıyla ilgili arazilerde aşağıdaki olumlu gelişmeler görülür:

1. Bitki besin elementleri takviyesi,
2. Yumuşak killi toprakların geçirgenliğindeki artış,
3. Kumlu toprakların su tutma kapasitesindeki artış.

Ormanlık toprakların pH değerleri $\leq 5,5$ olduğu için asidik özelliktedir. Bu özelliğten dolayı topraklarda metal birikimleri olur. Yakın çevrede akiferin olması durumunda toprağı uygulanan arıtma çamurlarındaki metal seviyelerine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yeni ekilen ağaç tohumlarının azot alımları çok düşüktür. İki yaş üstü genç ormanların azot alımları daha yüksektir. On yaş üstü yaşlı ağaçların azot alımları ise en yüksek seviyededir. Ayrıca yüksek C:N oranlarına da sahiptir. Dolayısıyla azot alımı arttıkça arıtma çamuru uygulama miktarları da artış gösterecektir (Anonim, 1984).

Arıtma son yıllarda önemli bir gelişme göstermiştir. Washington Üniversitesi-Seattle Belediyesi tarafından 1973 yılında yapılan bir çalışmada arıtma çamurunun ormanlık araziye uygulanması neticesinde ağaç kalitesi çok az etkilenmiş ve çap, boy ve hacimde büyük bir gelişme gözlenmiştir. Çamurla gübrelenmiş ağaçlar yüksek kalitedeki gübrelerin uygulandığı ağaçlarla benzer bir büyüme göstermişlerdir. Orman ekosisteminin incelenmesi neticesinde, uygun şekilde dizayn edilmiş ve yönetilmiş bir projenin çevresel açıdan oldukça güvenli olduğu ve halk sağlığı risklerinin minimum düzeyde olduğu belirtilmiştir. Mc Donald vd. tarafından 1994 yılında yapılan bir çalışmada ise kırmızı sedir ağacı ormanlarına uygulanan çeşitli organik atıkların gübre değerleri test edilmiştir. Şehirsel arıtma çamurunun uygulandığı bölgelerde

önemli bir büyüme gözlemlenmiştir. Arıtma çamuru ve kağıt hamuru çamuru karışımının uygulandığı bölgelerde ağaç boyunda bir artış görülürken çapta bir değişiklik fark edilmemiştir. Ayrıca arıtma çamuru uygulamalarında yapraklardaki makronutrient konsantrasyonlarının da arttığı bulunan sonuçlar arasındadır (Kocaer, 2000).

Son yıllarda İngiltere'de de arıtma çamurlarının ormanlık arazilerde gübre olarak kullanılmasına yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda İngiltere'deki toplam alanı 2 milyon hektar olan ormanlık bölgenin 75.000 hektarlık kısmında arıtma çamuru uygulamasının potansiyel olarak uygun olduğu tespit edilmiştir. 1981 yılında WRc/Forestry Commission tarafından başlatılan bir çalışmada arıtma çamuru uygulamasının ağaç büyümesini ne şekilde etkilediği ve uygulamanın çevresel etkilerinin ne olduğu araştırılmıştır. Özellikle ladin ağacı ve çam ormanlarının büyümesine ilişkin alınan sonuçlar, arıtma çamurlarından ormanlık bölgelerde rahatlıkla faydalanılabileceği yönündedir. Moffat ve Bird tarafından 1989 yılında yapılan bir çalışmada ise çamur uygulama yükleri, zamanlama gibi çamur uygulama rejimlerinin, uygulama yapılacak ormanlık bölgenin sızıntı olmaksızın yüklemeyi kabul etme yeteneği göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerektiği ve böylece su kaynakları üzerindeki akut ve uzun vadeli kronik etkilerin önlenebileceği vurgulanmıştır (Kocaer, 2000).

Verimli arazilerin verimlerini olumsuz yönde etkileyen insan aktivitelerinden başlıcaları şunlardır:

1. Yüzeysel kömür madenciliği,
2. Yeraltı madenciliğinden kaynaklanan atıklar,
3. Madencilik işlemleri esnasında oluşan tortular,
4. Mineral araştırma çalışmaları

Bu tip aktivitelerden dolayı arazilerde bitki besin elementi eksikliği, fiziksel ve kimyasal özelliklerde meydana gelen değişimler, organik madde muhtevasında düşüş görülmekle beraber, toprağın biyolojik aktivitesinin düşük olması ve arazi topoğrafyasının erozyona açık olması da birlikte göz önüne alındığında bitki örtüsü bu sorunların yaşandığı arazilerde oluşmayacaktır.

Arıtma çamurlarının verimsiz arazilerin iyileştirilmesinde başarıyla kullanılabilmesini

sağlayan çamur özelliklerinin başında çamurun organik madde içeriği gelmektedir. Çamurdaki organik madde, topraktaki taneli yapı oluşumunu geliştirir, plastisite ve kohezyonu azaltır, su tutma kapasitesini, katyon değiştirme kapasitesini ve toprağın pH'ını artırır. Çoğu arıtma çamurunun pH'ı ve doğal tamponlama kapasitesi asidik ve bazik toprak şartlarını geliştirmektedir. Ayrıca arıtma çamuru uygulanan verimsiz topraklardaki mikroorganizmaların sayısını ve aktivitelerini de artırmaktadır. Arazi iyileştirme amaçlı yapılan tek seferlik uygulamalarda, araziye verilen çamur miktarı genellikle tarımsal amaçlı kullanımlarda verilen miktardan fazla olmaktadır. Ancak bu durumda uygulanan çamur miktarının gelecekte bitki fitotoksiditesi için ciddi bir risk oluşturmaması ya da içme suyu kaynağı olarak kullanılan yeraltı akiferlerine kabul edilemez seviyelerde bir nitrat sızıntısının olmaması sağlanmalıdır (Kocaer, 2000).

Arazi iyileştirme çalışmalarında inorganik azotlu gübrelerin kullanımı çok etkili bir çözüm değildir. Çünkü bu gübreler tamamen çözünebilirler ve yarayışlılıkları çok yüksektir. Bu nedenle olası sızıntı problemlerinden kaçınmak için arazinin ihtiyacı olan azotu bir kerede değil yıl içindeki birkaç uygulamayla vermek gerekir. Arıtma çamurunda ise mevcut azot ve fosforun büyük kısmı organik formdadır ve mineralizasyon sonucu bitkiler tarafından kullanılabilir formlara dönüşürler. Böylelikle, ıslah edilecek arazinin ihtiyacı olan 1.000 kg N/ha değerini sağlayabilecek miktarda çamurun bir defada uygulanması mümkün olmaktadır (Kocaer, 2000).

Arazi iyileştirme amaçlı kullanımlarda arıtma çamuru genellikle toprağa bir kez uygulanmaktadır. Ancak bazı durumlarda arıtma çamuru verimsiz toprağa agronomik oranlarda uygulanarak tarımsal üretim de amaçlanabilmektedir (Sabey, 1980).

Guidi tarafından 1980 yılında yapılan bir çalışmada da arıtma çamuru organik maddesinin toprak porozitesi ve gözenek büyüklüğü dağılımı üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. Pagliai ve Guidi tarafından 1980 yılında yapılan bir araştırmada, aerobik ve anaerobik çamur uygulamalarının toprağın porozitesi ve gözenek büyüklüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda organik materyallerin toplam poroziteyi önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür. İyi bir toprak yapısını sağladığı ve toprak-bitki-su ilişkilerinde çok önemli olduğu vurgulanan 50 ila 500 μ 'lik gözeneklerin de arttığı belirtilmiştir. Ayrıca çamurların ve kompostların, poroziteyi ve gözenek büyüklüğü dağılımını, çiftlik gübrelerine

benzer şekilde geliştirdiğinin altı çizilmiştir. 1983 yılında Bradshaw tarafından yapılan çalışmada çamurdaki organik maddenin bitki besin elementi olarak değerinin çamurun azot içeriğine bağlı olduğu ve çamurdaki organik maddenin yavaş ve sürekli bir şekilde parçalanması neticesinde azotun yarayışlı formlara dönüştüğü belirtilmiştir. 1989 yılında Byrom ve Bradshaw tarafından yapılan çalışmada toprak ıslahı için arıtma çamurunun toprağa verilmesiyle organik azotun uzun vadeli etkileri incelenmiştir. Maden işlemlerinden olumsuz yönde etkilenen verimsiz bir toprakta yapılan denemelerde farklı dozlarda arıtma çamuru uygulanmış ve test bitkisi olarak çimendeki büyüme gözlemlenmiştir. Tek seferlik uygulamanın yapılmasından bir sene sonra çimende önemli bir büyüme görülmüştür, ikinci sene sonunda çamur uygulanmış bölgelerde çimen büyümesi devam etmiştir. 1990 yılında Sabey vd. tarafından yürütülen bir araştırmada şehrsel atık çamurlarının maden ocağı rehabilitasyon bölgeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonunda çamurun ıslah edilecek araziye uygulanması ile topraktaki bitki besin elementi düzeylerinin arttığı, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin geliştiği belirtilmiştir. Ayrıca çamurun organik madde içeriğinin toprağın su tutma kapasitesini, havalanma ve kök gelişimini arttırdığı, hacimsel olarak yoğunluğunu düşürdüğü gözlemlenmiştir.

2.4.1. Arıtma Çamurlarının Dünyadaki Genel Durumu

Arıtma çamurlarının tarım arazilerinde değerlendirilmesi aslında birçok ülkede uzun yıllardan beri uygulanan bir yöntemdir. Başlangıçta kontrolsüz olarak yapılan bu çalışmalar zamanla düzenli programlar şeklinde ele alınmıştır. Bu programlar, tarımda kullanılacak arıtma çamurunun karakteristiklerini, toprakta bulunabilecek ağır metal konsantrasyon limitlerini ve çamur uygulama oranlarını düzenler. Avrupa'da bu konuda Avrupa Topluluğu tarafından düzenlenmiş bir direktif bulunmaktadır. 1986 yılında yayınlanan bu direktifte arıtma çamurlarının tarım arazilerinde faydalı bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli düzenlemeler verilmiştir. Avrupa Topluluğu'na üye ülkeler için 1991 yılında kabul edilen atıksuların arıtılması ile ilgili direktif, arıtılmış su kalitesinin geliştirilmesini hedef almaktadır. Bu durum arıtma tesislerinin iyileştirilmesini ve aşırı çamur üretimini de beraberinde getirmiştir. Mevcut çamur uzaklaştırma yöntemlerinin çamur miktarının artışından kaynaklanan problemi çözmeye

yetmeyeceği düşünölmekte, yeni strateji ve teknolojilerin geliştirilmesi konusu gündeme gelmektedir. Şu andaki eğölim çevreci bir yaklaşımla, çamurun geri kazanılması şeklindedir. Avrupa Topluluğı ölkelerinde kullanılan çamur uzaklaştırma metodları ve bunlar içinde tarımda kullanımın payı 1990 yılı itibarıyla Tablo 2.7'de gösterölmüştür (Akça ve diğ., 1996).

Tablo 2.7 Avrupa Topluluğı Ölkelerindeki Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri (Akça ve diğ., 1996).

Ölke	Tarım Alanlarında Kullanım	Düzenli Depolama (%)	Yakma (%)	Denize Boşaltma (%)	Miktar (1.000 ton atık çamur/yıl)
Belçika	57	43	-	-	35
Danimarka	43	29	28	-	150
Fransa	27	53	20	-	900
Almanya	25	65	10	-	2.750
Yunanistan	10	90	-	-	200
İrlanda	23	34	-	43	23
İtalya	34	55	11	-	800
Lüksemburg	80	20	-	-	15
Hollanda	53	29	10	8	280
Portekiz	80	12	-	8	200
İspanya	61	10	-	29	300
İngiltere	51	16	5	28	1.500

Tablo 2.7'de göröldüğü gibi çamurların tarım alanlarında kullanımı bazı ölkelerde % 50 'nin üzerine çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu ölkelerin çoğunda çamurların önemli bir kısmı halen araziye gömölerek uzaklaştırılmaktadır. Çamuru araziye gömmek için gerekli alanlar azaldıkça, diğör uzaklaştırma metodlarına doğru yönelişler beklenmelidir. Bu yönelişlerin hangi metodlara doğru olduğunu Danimarka'ya ait 1990 ve 1992 verilerini karşılaştırarak görmek mümkündür. Tablo 2.7 'de gösterölen 1990 verilerine ilave olarak, 1992 yılı itibarıyla Danimarka'da uygulanan çamur uzaklaştırma yöntemleri Tablo 2.8'de görölmektedir (Akça ve diğ., 1996).

Tablo 2.8 Danimarka'da Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri (Akça ve diğ., 1996).

Çamur Uzaklaştırma Yöntemi	Yüzde, %
Tarımda kullanma	56
Yakma	30
Düzenli depolama	14

Tablo 2.7 ve Tablo 2.8 karşılaştırıldığında, Danimarka'da düzenli depolama ile uzaklaştırılan arıtma çamuru miktarı 1990 yılında % 29 iken 1992 yılında % 14'e düştüğü; tarımda kullanılan arıtma çamuru miktarı 1990 yılında % 43 iken 1992 yılında % 56 'ya yükseldiği görülmektedir. Yakma yöntemiyle uzaklaştırılan arıtma çamuru miktarı ise 1990 yılında % 28 iken 1992 yılında % 30'a yükselmiştir.

Arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılmasının artmasıyla, arıtma çamurlarının ağır metaller yönünden daha kontrollü bir şekilde standartlara uyulması ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Almanya'da 1983 yılında yürürlüğe giren Arıtma Çamuru Yönetmeliği 'ne göre çamurdaki ağır metal sınırlamaları Tablo 2.9'da; 1992 yılından itibaren Avrupa Topluluğu'nca kabul edilen ve çeşitli Avrupa ülkelerinde uygulanan çamur standartları ise Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.9 1 Nisan 1983 Tarihli Alman Yönetmeliği'ne Göre Arıtma Çamurlarında Ağır Metal Standartları (Akça ve diğ., 1996).

Ağır Metal	Standart Değerler (mg/kg)
Kurşun	1.200
Kadmiyum	20
Krom	1.200
Bakır	1.200
Nikel	200
Civa	25
Çinko	3.000

Tablo 2.10 Avrupa Topluluğu Ülkelerinde Çamurda Bulunabilecek Ağır Metal Konsantrasyonları, (mg/kg kuru çamur) (Akça ve diğ., 1996).

Ülke	Kurşun	Kadmiyum	Krom	Bakır	Civa	Nikel	Çinko
Belçika	600	1.2	500	750	10	100	2.500
Danimarka	120	0.8	100	1.000	0.8	30	4.000
Almanya	900	5/10*	900	800	8	200	2.000/ 2.500*
Hollanda	100	1.25	75	75	0.75	30	1.400
Fransa	800	20	1.000	1.000	10	100	3.000
İrlanda	750	20	-	1.000	16	300	2.500
İspanya	750	20	1.000	1.000	16	300	2.500
Avr. Top	7.500-1.200	20-40	1.000-1.500	1.000-1.750	16-25	300-400	2.500-4.000

* % 5'ten az kil içeren ve PH= 5-6 olan katı maddeler için uygulanabilir en yüksek değer.

Tablo 2.9 ve Tablo 2.10 incelendiği zaman, yaklaşık 10 yıllık sürede ağır metal sınırlamalarında 3-4 kata varan sıkışmalar olduğu görülmektedir. Çamurun uzun yıllar toprağın ağır metal muhtevasını zararlı seviyelere çıkarmadan tarımda kullanılabilmesi için bu kaçınılmazdır. Bu sınırlamalar, çamurun tarımda kullanılmasını cazip kılan veya zorlayan sebeplerle birleştiği zaman, endüstriyel atıksuların ön arıtımında ağır metallerin çok sıkı denetlenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Kocaer, 2000).

2.4.2. Arıtma Çamurlarının Türkiye'deki Durumu

Son yılların en önemli çevre sorunlarından biri katı atıklardır. Katı atıkların büyük bir bölümünü ise arıtma çamurları oluşturur. Çeşitli arıtma kademelerinde oluşan çamurların alıcı ortamlara deşarjları kanun ve yönetmelikler ile yasaklanmıştır. Avrupa Topluluğu 1 Ocak 1999 tarihinden itibaren, uzun yıllardan beri kullanılan okyanusa boşaltma işlemini yasaklamıştır. Atıksu arıtma yöntemine bağlı olarak oluşan çamurların, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyecek bir şekilde bertarafı için fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin önemi anlaşılmış bir olgudur (Kavaklı, 1996).

Türkiye son yıllara kadar ekonomisi tarıma dayalı bir ülke olma özelliğini korumaktaydı. Nüfusun büyük bölümü kent dışında yaşıyor ve dış satımda tarım ürünlerinin payı önemli bir yer tutuyordu 1985 nüfus sayımında ilk defa kent nüfusunun kırsal kesim nüfusunu geçtiği görülmüştür ve artan nüfusun ihtiyacını karşılamak için tarım alanlarındaki verimin yükseltilmesi önem kazanmıştır. Bölgeden bölgeye farklılıklar olmakla beraber, Türkiye yüzölçümünün (yaklaşık 780.600 km²) 363.000 km²'sinin tarım alanları olduğu bilinmektedir. Yani Türkiye yüzölçümünün % 33'ünü tarım alanları oluşturmaktadır. Türkiye'deki tarım potansiyeli ve nihai çamur uzaklaştırma sistemlerinin maliyeti düşünüldüğünde, ülkemiz gibi gelişmekte olan bir ülkede bu tip pahalı çözümler yerine çamurun tarım alanlarında kullanılması en uygun çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Kocaer, 2000).

Türkiye'de 14-03-1991 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 9. Bölümü "Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılması" başlığını taşımaktadır. Bu başlık altında bulunan Madde 44'de arıtma çamurlarının tarımda

kullanılabilme şartları; Madde 45'de ise arıtma çamurlarını kullanma sınırlamaları ve yasaklarla ilgili konular aşağıda açıklanmıştır.

Madde 44 : Evsel ve evsel nitelikte endüstriyel atıksuların arıtılması sonucu elde edilen arıtma çamurunun tarımda kullanılabilmesi için:

- 1- Her altı ayda bir çamurdaki Pb, Cd, Cr, Ni, Hg ve Zn gibi ağır metaller ile azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi elementlerin tayininin yapılması ve istenmesi halinde 31. Maddede belirtilen merciye verilmesi, (belediye hudutları ve mücavir alan dışında kalan yerlerde mahallin en büyük mülki amirine, belediye hudutları ve mücavir alanlar içinde kalan ve büyük şehir belediyesi olan yerlerde büyükşehir belediye başkanlıklarına ve diğer yerlerde belediye başkanlıklarına rapor verilmesi.)
- 2- Arıtma çamuru kullanılmadan önce, kullanılmak istenen toprağın pH değeri, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg ve Zn muhtevaları yönünden laboratuvar analizlerinin yaptırılması.
- 3- Arıtma tesislerini işleten özel ve resmi kuruluşların, arıtma çamurunu verdikleri toprağa ait ağır metal analizlerini 6 ayda bir yapması veya yaptırması, ağır metal birikimlerini takip etmesi, sonuçlarından ilgili mercileri haberdar etmesi ve topraktaki ağır metal muhtevaları sınır değerlerine eriştiğinde, araziye yapılan bu uygulamayı durdurması.
- 4- Arıtma tesisi işletmecisi tarafından söz konusu olan ölçüm sonuçlarının yetkili merciye veya tarla sahibine yazılı olarak bildirilmesi zorunludur.

Madde 45 : Ham çamurun tarımda ve ormanda, sebze ve meyve tarımında kullanılması yasaktır. Epidemik olarak kusursuz olmayan arıtma çamurunun mera ve otlaklarda, bitki yaşadığı sürece kullanılması yasaktır. İlgili belediye başkanlığı veya mahallin en büyük mülki amiri, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı'nın ilgili veya bölge müdürlüğünün görüşünü alarak, belirtilen yasağı, çamurun kullanılması ile hasatın alınması arasında en az üç ay süre varsa kaldırılabilir. Topraktaki ortalama ağır metal muhtevalarının EK-4/A'da (Tablo 2.11) verilen değerlere ulaşması halinde, bu toprakta arıtma çamuru kullanılması yasaktır.

Tablo 2.11 Toprakta Müsaade Edilen Maksimum Ağır Metal İçerikleri, (Resmi Gazete, 1991).

Ağır Metal	Topraktaki Sınır Değerler (kuru toprakta mg/kg olarak)
Kurşun	100
Kadmiyum	3
Krom	100
Bakır	100
Nikel	50
Civa	2
Çinko	300

Tablo 2.12 Bir Yılda Araziye Verilmesine Müsaade Edilecek Ağır Metal Yüğü, (Resmi Gazete, 1991).

Ağır Metal	Sınır Yük Değeri (g/ha.yıl)
Kurşun	2.000
Kadmiyum	33
Krom	2.000
Bakır	2.000
Nikel	330
Civa	42
Çinko	5.000

Bir yılda araziye verilmesine müsaade edilecek ağır metal yüğü Tablo 2.12 'de sunulmuştur. Bu değerler bir yılda birim alana verilebilecek çamur miktarını sınırlamaktadır. Buna ilaveten çamur kuru maddesindeki ağır metal sınırlamaları Tablo 2.13 'de verilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

Tablo 2.13 Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurlarında Müsaade Edilebilecek Maksimum Ağır Metal İçerikleri, (Resmi Gazete, 1991).

Ağır Metal	Sınır Değer (mg/kg çamur kuru maddesi olarak)
Kurşun	1.200
Kadmiyum	20
Krom	1.200
Bakır	1.200
Nikel	200
Civa	25
Çinko	3.000

2.5. Arıtma Çamurlarının Bitki Besin Elementi İçerikleri

Çiftlik gübrelerine göre arıtma çamurlarının azot ve fosfor içeriği tarımsal olarak değerli olduğu ancak potasyum değerinin çiftlik gübrelerine göre her zaman daha düşük değerler gösterdiği görülmektedir. En yaygın olarak kullanılan gübrelerde azot: fosfor: potasyum değeri 8:8:8 ve 5:10:10 oranındadır. Arıtma çamurları, çeşitli arıtma prosesleri boyunca gübre değerlerinin bir bölümünü kaybettikleri için azot, fosfor ve potasyum değerleri ticari gübrelere göre daha düşüktür. Tipik bir şehir atıksu arıtma tesisi çamurundaki azot, fosfor ve potasyum yüzdeleri arasındaki oran 3:2:0'dır (Spellman, 1997).

Tablo 2.14'de bazı arıtma çamurlarındaki tipik azot, fosfor ve potasyum değerleri görülmektedir.

Tablo 2.14 Farklı Arıtma Çamurlarına Ait Tipik Besin Maddesi Konsantrasyon Değerleri (Vesilind, 1979).

ÇAMUR	Azot (N) (%)	Fosfor (P ₂ O ₅) (%)	Potasyum (K ₂ O) (%)
Ham birincil	2,4	1,1	-
Ham birincil	2,9	1,6	-
Ham birincil	3	1,6	0,4
Damlatmalı filtre	2,9	2,8	-
Damlatmalı filtre	3,0	3,0	0,5
Aktif çamur	5,6	7,0	0,56
Aktif çamur	3,5	2,8	-
Aktif çamur	3,0	3,6	-
Aktif çamur	5,6	5,7	0,4
Karışık çamur	5,9	3,5	-
Karışık çamur	2,0	1,4	0,14
Karışık çamur	2,5	1,2	0,2
Karışık çamur	4,6	1,4	0,38
Karışık çamur	1,8	3,5	0,18
Karışık çamur	2,5	3,3	0,40
Karışık çamur	3,7	1,7	0,4

2.5.1. Arıtma Çamurlarında Azot

Arıtma çamurları, ihtiva ettikleri toplam azot ve toplam azotu meydana getiren organik ve inorganik azot formlarından dolayı azotlu gübre olarak değerlendirilebilmektedir. Arıtma çamurunda bulunan çeşitli azot formlarının tipik değerleri Tablo 2.15 'de verilmiştir. Arıtma çamurlarındaki toplam azot ve formları çamur tipine göre büyük farklılıklar göstermektedir.

Tablo 2.15 Arıtma Çamurunda Azot Konsantrasyonları (Sommers, L.E., 1976).

Bileşen	Örnek Tipi	Örnek Sayısı	Değer Aralığı	Ortalama Değer
Toplam N, %	Anaerobik	85	0,5-17,6	4,2
	Aerobik	38	0,5-7,6	4,8
	Diğerleri	68	<0, 1-10,0	1,8
	Tümü	191	<0,1-17,6	3,3
NH ₄ -N, ppm	Anaerobik	67	120-67.600	1.600
	Aerobik	33	30-11.300	400
	Diğerleri	3	5-12.500	80
	Tümü	103	5-67.600	920
NO ₃ -N, ppm	Anaerobik	35	2-4.900	79
	Aerobik	8	7-830	180
	Diğerleri	3	---	---
	Tümü	45	2-4.900	140

İnorganik azot formları (NH₄⁺ ve NO₃⁻) bitkiye yararışlı formlardır. Organik azotun bitkiye yararışlı hale gelmesi için inorganik formlara dönüşmesi gerekmektedir. Organik azotun, bitkiye yararışlı inorganik azota mineralize olma oranı, çamurun fiziksel ve kimyasal özelliklerine, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, sıcaklığa ve toprağın su muhtevasına bağlı olarak değişmektedir (Anonim, 1983).

Net azot minerilizasyon hızlarının belirlenmesi için yapılan laboratuvar çalışmaları arıtma çamurunun karakteristiklerine bağlı olarak ilk büyüme mevsimi için minerilizasyon hızlarının % 0'dan % 58'e kadar değişebildiğini göstermektedir. Genel olarak azot mineralizasyon hızları çürütülmemiş ham ön çökeltim çamurları ve atık aktif çamurlarda daha yüksek, kompostlaştırılmış ve ısıtılmış çamurlarda ise daha düşüktür. Çamur uygulanan topraklardaki çamur kaynaklı bitkiye yararışlı azot formları, çamurun orijinalinde bulunan inorganik formlardan ve organik formlardan bitki büyüme dönemi süresince mineralize olarak açığa çıkan inorganik formlardan oluşmaktadır. Çamurdaki organik azotun minerilizasyon hızlarıyla ilgili çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Sabey 1980 yılında yaptığı bir çalışmada miller çamurdaki organik azotun % 3,3 ila % 3,4'lük kısmının altı ay

içerisinde mineralize olduğunu belirtmiş, Rhyner ve diğerleri ise 16 haftalık bir inkübasyon çalışmasının ardından çamurdaki organik azotun % 4 ila % 48 oranında mineralize olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tablo 2.16 'da çamurdaki organik azottan mineralizasyon sonucu açığa çıkan yarayışlı formların miktarları zamana bağlı olarak verilmektedir (Anonim, 1983).

Tablo 2.16 Arıtma Çamurunun Toprakta Parçalanması Süresince Açığa Çıkan Mineral Azot Miktarları (Anonim, 1983).

Çamur uygulamasından sonraki durum yıllar itibariyle	Organik azot içeriği (KM %'si)						
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Eklenen bir ton çamur başına açığa çıkan N miktarı (lb olarak)						
1	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4
2	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3
3	0,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2

Sulu haldeki arıtma çamurları toprak yüzeyine uygulandığında amonyak azotunun tamamına yakını volatilizasyona uğrar. Sulu çamurların toprak içerisine enjekte edilmesi durumunda ise bir kısım amonyak azotu volatilize olabilmektedir. NH_3 volatilizasyonu toprağın pH'ı, kation değiştirme kapasitesi, iklim ve toprak şartları gibi çok sayıda faktöre bağlı bir proses olduğu için derecesi hakkında bir genelleme yapmak mümkün değildir. Laboratuar çalışmaları neticesinde NH_3 volatilizasyon derecesinin toprağın kation değiştirme kapasitesiyle ters, toprak pH'ıyla doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Arıtma çamurlarının toprak yüzeyine uygulanmasında azot uygulama oranlarının belirlenmesi için, bitkiye yarayışlı azotun % 50'sinin NH_3 volatilizasyonuna bağlı olarak kaybolduğunun kabul edilmesi tavsiye edilmektedir (Anonim, 1983).

2.5.2. Arıtma Çamurlarında Fosfor

Arıtma çamurlarının çoğunda fosfor miktarı azot miktarının yarısından daha azdır. Fosfor bazı topraklarda toksik seviyelere kadar birikebilmektedir. Bundan dolayı uygulamadan 5 yıl sonra toprağın fosfor içeriği kontrol edilmelidir. Ancak çok büyük miktarlarda alüminyum,

demir ve kalsiyum içeren yumuşak yapılı toprakların, fosforu, bu elementlerle çözünmez bileşikleri haline dönüştürmek için limitsiz bir kapasiteleri vardır (Sabey, 1980).

Biyolojik olarak fosfor gideren tesislerde oluşan arıtma çamurlarındaki fosfor organik formda bulunmaktadır. Kimyasal olarak fosfor gideren tesislerde oluşan çamurlardaki fosfor ise inorganik formda bulunmaktadır. Sadece toplam fosforun % 10'unu organik fosfor oluşturmaktadır (Sommers ve diğ., 1976).

Arıtma çamurunun araziye verilmesinde uygulama oranlarını belirlemek için, açığa çıkan azot miktarlarının belirlenmesinden sonra çamurda bulunan fosfor miktarları da belirleyici faktör olabilmektedir. Bitkiler genellikle ihtiyaç duydukları azot miktarının 1/10 ila 1/5'i kadar fosfora ihtiyaç duyarlar. Yeterli miktarda azot sağlanması için toprağa uygulanan arıtma çamuru genellikle optimum bitki büyümesi için gerekli fosfor miktarını da sağlayabilmektedir. (Vesilind ve diğ., 1986).

Schmidtke tarafından 1980 yılında yapılan bir çalışmada birincil tesislerdeki anaerobik olarak çürütülmüş sulu çamurlarda ve ikincil tesislerdeki anaerobik ve aerobik olarak çürütülmüş çamurlarda toplam fosforun yaklaşık % 50 'sinin bitkiye yararışlı olduğu belirtilmiştir.

Arıtma çamurlarındaki fosforun yararışlılığıyla ilgili bir çok araştırma yapılmıştır. Kyle ve McClintock tarafından 1995 yılında yapılan çalışmada alüminyum ve demir içerikli kimyasal çamurlardaki fosforun kimyasal olmayan çamurlara göre daha az yararışlı olduğu; ham ve anaerobik olarak çürütülmüş çamurlarda demir ve alüminyum çamurlarındaki fosforun mono kalsiyum fosfatlara göre % 50 oranında yararışlı olduğu; alüminyuma bağlı fosforun ise demire bağlı fosfora göre daha yararışlı olduğu da belirtilmiştir.

2.6. Arıtma Çamurlarındaki Metaller

Arıtma çamurları çeşitli metal konsantrasyonlarını bünyelerinde bulundurlar. Bu metaller, genel ifadeleriyle şunlardır:

- Potasyum
- Kalsiyum
- Magnezyum

- Sodyum
- Bakır
- Çinko
- Molibden
- Demir
- Manganez
- Kobalt

Sodyum, potasyum gibi bazı metaller, atıksu arıtma tesislerine çözünebilir katyonlar olarak girerler. Bu metaller çözünemeyen kimyasal çökeltiler veya stabil bileşikler oluşturmazlar. Sonuç olarak; bu metallerin çoğu arıtılmış atıksu akımıyla deşarj edilirler. Bu nedenle çamurlarda bu metal türleri düşük miktarlarda bulunur.

Çamurların pH'ına, redox potansiyeline, oksijen ihtiyacı ve çamur kompozisyonuna bağlı olarak arıtma çamurlarında inorganik metal çökeltileri oluşur. Bu çökeltilerin içeriğinde şu maddeler bulunur:

- Hidroksitler,
- Oksitler,
- Karbonatlar,
- Fosfatlar,
- Sülfidler .

Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı, arıtma çamurlarındaki metallerden doğan insan sağlığı ve çevre ile ilgili riskleri değerlendirmede kullanarak bitkilerin topraktaki metal alma limitlerini belirlemiştir. Topraktaki adsorbsiyon ve çökelme prosesi tespit edilerek bu limitleme değerleri oluşturulmuştur. (DERE, 2002).

Arazi ve laboratuvar çalışmalarına göre bitkiler ve toprak canlıları için gerekli metal konsantrasyon limitleri Tablo 2.17 'de gösterilmiştir.

Tablo 2.17 Metal Konsantrasyon Limitleri (McFarland, 2000).

METAL	Ortalama Konsantrasyon (mg/kg kuru katı madde)	Azami Konsantrasyon Limitleri (mg/kg kuru katı madde)
Arsenik	9,9	75
Kadmiyum	6,9	85
Bakır	741,0	4.300
Kurşun	134,4	840
Civa	5,2	57
Molibden	9,2	75
Nikel	42,7	420
Selenyum	5,2	100
Çinko	1.202,0	7.500

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Tesisin Tanıtımı

Ülkemizin önemli su kaynaklarından birisi olan ve çok amaçlı olarak kullanılan Keban Baraj Gölü'nün kirlenmesini önlemek amacıyla İller Bankası tarafından Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi yaptırılmıştır.

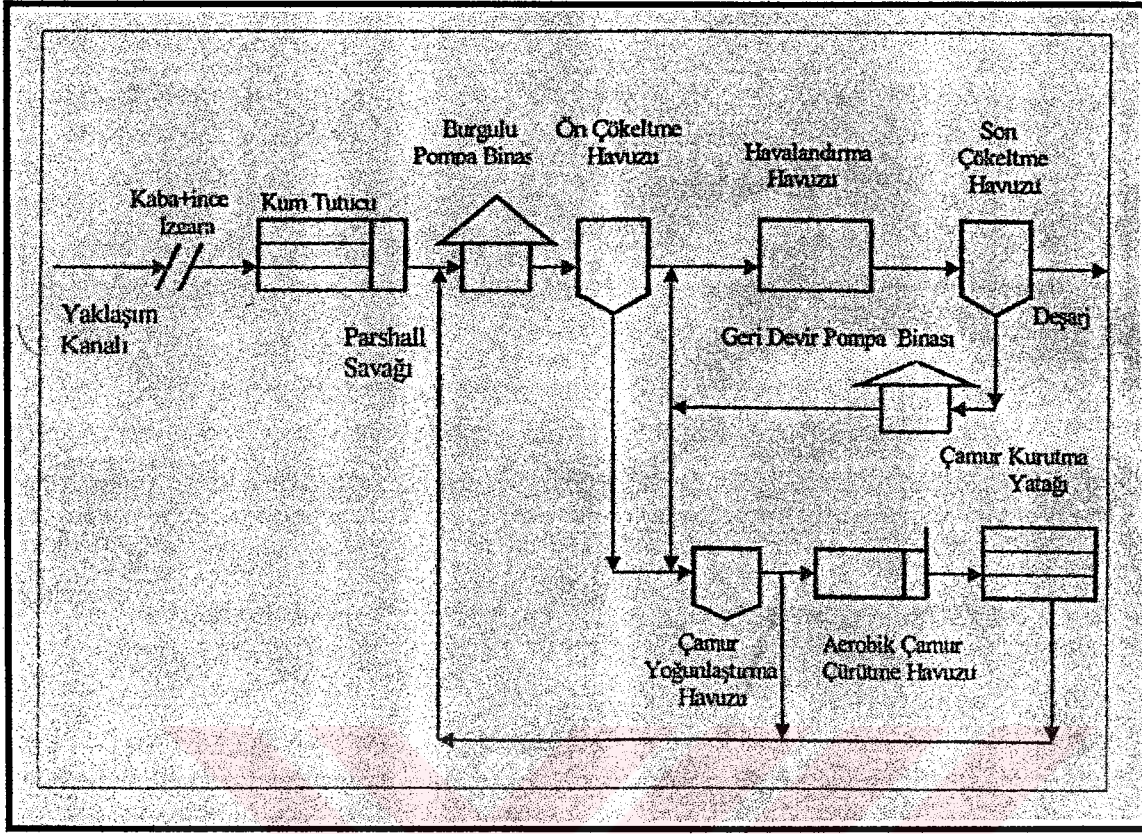
Elazığ kanalizasyon şebekesinden toplanan atıksular Elazığ-Bingöl kavşağından 15 km uzaklıkta Yazıkonak Beldesi civarında bulunan atıksu arıtma tesisine kadar çapı 1.200 mm olan ana kolektörden tesis giriş yapısına alınmaktadır. Arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra Kehli Deresi'ne deşarj edilmekte ve bu dere yardımıyla 3-4 km uzaklıktaki Keban Baraj Gölü'ne taşınmaktadır.

Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi 2020 yılı kapasitesine göre projelendirilmiş olup 2000 yılı kapasitesini karşılayabilecek birinci kademesi İller Bankası tarafından yaptırılarak 1994 yılı sonu itibariyle inşaat, mekanik ve elektrik kısımları tamamlanmış olup tesisin birinci aşaması işletmeye açılmıştır. Arıtma tesisinin birinci kademesi 300.011 eşdeğer nüfusa ve 820 L/s debisine, ikinci kademesi ise 549.956 eşdeğer nüfusa ve 1.671 L/s debisine göre projelendirilmiştir. Ancak 2003 yılında bulunulmasına ve proje debisi aşılmasına rağmen tesisin ikinci kademesi henüz yapılmamıştır.

Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi, ön arıtma (ızgara, kum tutucu), birinci kademe arıtma (mekanik çamur sıyrıcı ön çökeltme havuzları), arıtmanın biyolojik olarak yapıldığı ikinci kademe arıtma (klasik aktif çamur havalandırma havuzları, son çökeltme havuzları), çamur tasfiyesi kademesi (çamur yoğunlaştırma havuzları, aerobik çamur çürütme havuzları, çamur kurutma yatakları) ile diğer işletme birimlerinden (işletme, trafo, jeneratör, merkezi ısıtma, hidrofor, yerel kumanda, lojman binaları, vb.) oluşmaktadır.

Elazığ kanalizasyon şebekesinden toplanan sular 1.200 mm'lik kolektörden tesis giriş yapısına alınmaktadır. Sürgülü kapaklar vasıtasıyla atıksu yönlendirilerek ön arıtma ünitesine girmektedir. Yüzen maddeler ve iri taneler ızgaralarda tutularak atıksu kum tutucuya gönderilmektedir. Kum tutucuda, atıksuda bulunan inorganik maddeler ve ince tanecikleri çökeltmek suretiyle sudan ayrılmaktadır. Kum tutucuyu terk eden sular parshall savağından

geçerek burgulu pompalar vasıtasıyla dağıtım yapısına terfi ettirilmektedir. Burada debi dengelenerek 2 eşit kola ayrılıp cazibe ile 2 adet dairesel ön çökeltim havuzuna iletilmektedir. Kum tutucuda tutulamayan inorganik ve çökebilen organik maddeler burada çökelererek sudan ayrılmakta ve havuz tabanına çöken çamurlar sıyrıcılar vasıtasıyla çamur haznelerinde toplanmaktadır. Savaklanan sular iki adet aktif çamur havalandırma havuzlarına alınmaktadır. Bu havuzlarda organik maddelerin parçalanması ve mikroorganizmaların çoğalması için gerekli oksijen köprülere monte edilmiş yüzeysel havalandırıcılar ile verilmektedir. Yumaklaşmış atıksular dört adet dairesel son çökeltim havuzunda çökeltilmektedir. Havalandırma havuzlarında mikroorganizma konsantrasyonunu sabit tutarak arıtma veriminin üst düzeyde gerçekleşmesini sağlamak için çöken çamurun bir kısmı havalandırma havuzlarına geri devrettirilmektedir. Arıtılmış sular, üçgen savaklardan savak kanalına alınıp deşarj kanalı ile 3-4 km sonra Keban Baraj Gölü'ne dökülen Kehli Deresi'ne deşarj edilmektedir. Havuz tabanında biriken çamurlar iki adet çamur yoğunlaştırma havuzuna, oradan da aerobik çamur çürütme havuzlarına verilmektedir. Çürüyen çamur, kurutma yataklarına basılmakta ve açık havada kurutmaya terk edilmektedir. Çamur kurutma yataklarında, kum-çakıl filtrelerden geçen çamurlu sular süzöldükten sonra kanallarla toplanarak giriş pompa istasyonu haznesine gelmektedir. Kuruyan çamurlar da zaman zaman temizlenerek uzaklaştırılmaktadır. Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesis'i'nin akım şeması Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1 Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şeması

3.1.1. Proje Tasarım Değerleri

İller Bankası Yöntemlerine göre Elazığ ilinin gelecekteki nüfusu ve değişik endüstriler ait eşdeğer nüfus değerleri Tablo 3.1 değerlerine göre hesap edilmiş ve tesis bu değerlere göre boyutlandırılmıştır.

Tablo 3.1 Elazığ İlinin İller Bankası Yöntemlerine Göre Hesaplanmış Nüfus Değerleri

ELAĞ	2000 Yılı	2020 Yılı
Nüfus	284.011	512.956
Endüstrilerin Eşdeğer Nüfusu	16.000	37.000
Toplam Nüfus	300.011	549.956

Yağmur suyu sızma miktarı özel şartnameye göre, evsel debinin % 5'i alınarak 2000 yılı için 2.236,6 m³/gün ve 2020 yılı için 4.488,4 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Evsel nitelikli atıksu debisinin hesaplanmasında, günlük kişi başına su kullanım miktarları 2000 yılı için 225 L/kişi.gün ve 2020 yılı için 250 L/kişi.gün esas alınmıştır.

Kullanılan suyun % 70'nin kanalizasyona intikal edeceği kabul edilmiştir. Evsel debinin haricinde endüstriyel ve sızma debilerinin de katılımıyla projelendirmede Tablo 3.2'deki debi değerleri esas alınmıştır.

Tablo 3.2 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi İçin Hesaplanmış Debi Değerleri

Debiler	2000 Yılı	2020 Yılı
Proje Debisi (L/s)	820	1.671
Minimum Debi (L/s)	355	723
Ortalama Debi (L/s)	547	1.114
Maksimum Debi (L/s)	1.150	2.340

Evsel ve endüstriyel atıksuların getireceği organik madde kirliliği hesabında BOI_5 miktarının 2000 yılı için 54 g/N.gün ve 2020 yılı için nüfus başına 60 g/N.gün esas alınıp sistemin organik yükü 2000 yılı için 16.200 kg BOI_5 /gün ve 2020 yılı için 33.000 kg BOI_5 /gün olarak elde edilmiştir. Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi arıtılmış suyun BOI_5 değeri 30 mg/L ve AKM değeri 30 mg/L olacak şekilde dizayn edilmiştir (İller Bankası, 1993).

3.1.2. Ön Arıtma Ünitesi

Giriş yapısı, atıksuyun tesise girişini veya by-pass'ını sağlayan betonarme bir yapıdır. İçerisindeki kapaklar vasıtasıyla suyu yönlendirmemizi sağlar. Kanalda bulunan mekanik ızgaralar vasıtasıyla atıksuda bulunan parçacıklar burada tutulmaktadır. Izgara zaman zaman elle temizlenmektedir. Ayrıca, ızgara önünde tıkanması halinde su seviyesinin yükseldiğini haber veren seviye alarmı vardır. Mekanik ızgaraların çalışma prensibi seviye kontrollü ve otomatik olarak yapılmaktadır. Mekanik ızgaranın önünde bulunan seviye flatörleri su seviyesinin yükselmesi durumunda devreye girmekte ve mekanik ızgarayla programlanan zaman saatleri belirlenen süre için çalışıp otomatik olarak durmaktadır. Mekanik ızgaranın çalışması durumunda konveyör devreye girmekte mekanik ızgarada tutulan katı parçaların konteynıra aktarılmasını sağlamaktadır. Mekanik ızgaranın kanal genişliği 1,9 m, kanal derinliği 3,18 m, çubuk sayısı 94 adet, çubuk aralığı 0,03 m, ızgara eğimi 85°'dir. Mekanik ızgaradan geçen atıksu kum tutuculara alınmaktadır. Kum tutucu bölmesinde bulunan kum sıyrıcılar vasıtası ile kum tutucu haznenin dibinde çökelen inorganik maddeler kum pompalarıyla

emilerek siklonlara basılmakta, inorganik malzemeler siklon içinde kalmakta duru su ise tekrar hazneye boşaltılmaktadır. Siklonlarda biriken inorganik maddeler kum arabasının hareketi ile otomatik olarak açılmakta ve kum sepetlerine boşaltılmaktadır. Kum sepetlerinde biriken inorganik maddeler konveyör ile uzaklaştırılıp konteynıra aktarılmaktadır. Tesiste 3 adet kum tutucu mevcut olup genişliği 2 m, uzunluğu 20 m'dir.

Kum tutucu ünitesinden geçen atıksu, parshall savağından geçerek debi ölçerde ölçülüp kaydedilmekte ve buradan giriş pompa istasyonuna gelmektedir. Atıksu 3 adet burgulu tip pompalarla terfi ettirilip dağıtım yapısına basılmaktadır. Pompalar $1.476 \text{ m}^3/\text{saat}$ debi kapasitesine sahiptirler.

Giriş pompa istasyonundan terfi ettirilen atıksu dağıtım yapısına ve buradan cazibe ile ön çökeltme havuzlarına gelmektedir. Dağıtım yapısında bulunan kapaklar ile atıksu, istenen ön çökeltme havuzuna alınabilmektedir. İki adet olan ön çökeltme havuzlarının çapı 34 m, kenar su yüksekliği 2,5 m olup, betonarme malzemeden yapılmıştır (Toplam hacim = $2.245,75 \times 2 \text{ m}^3$). Proje verilerine göre yüzey yükü $1,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{saat}$ 'tir. Ön çökeltme havuzlarında atıksu içinde bulunan partiküller halindeki maddeler uygun bekletme süresi içerisinde çökelmeleri sağlanmaktadır. Çökelen çamur döner sıyrıcı köprüler ile çökeltme çamur hunisine buradan teleskobik vana yardımıyla ön çökeltme çamur pompa istasyonuna alınmaktadır. Buradan $60 \text{ m}^3/\text{saat}$ debi kapasitesine sahip çamur pompaları ile çamur yoğunlaştırma havuzlarına basılmaktadır. Ön çökeltme havuz sıyrıcıları çökeltme havuzunun dibine çökelen çamurları sıyrarak merkezindeki çamur hunisine akmasını sağlamak ve yüzeyde toplanan maddeleri köpük hunisine tahliye etmektedir. Sıyrıcı hızı 2,4-3,6 m/dakika olup çift hızlıdır. Ön çökeltme havuzu yüzeyinde toplanan köpük ve yüzücü madde sıyrıcılar vasıtasıyla sıyrılıp doğal akışlı olarak ön çökeltme köpük haznesine gönderilmektedir. Ön çökeltme havuzu savaklarından geçen atıksu havalandırma havuzuna cazibeli olarak gönderilmektedir.

3.1.3. Biyolojik Arıtma Ünitesi

Biyolojik arıtma, klasik aktif çamur sistemi ile gerçekleşmektedir. Ön çökeltme havuzu savağından savaklanan su 2 adet havalandırma havuzuna gelmektedir. Havuzun eni 32 m, boyu 64 m, derinliği 3,6 m, havalandırıcı sayısı 2 x 8 adet olup, betonarme malzemeden yapılmıştır

(Toplam hacim= $7.330 \times 2 \text{ m}^3$). Havalandırma havuzlarına gelen sular burada 16 adet yüzey havalandırıcı ile havalandırılmakta ve karıştırılmaktadır. Atıksuyun içerisindeki organik maddeler havalandırma havuzunda üretilen mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kullanılarak karbondioksit, su ve yeni biyolojik kütleye dönüştürülmekte ve floklar halinde son çökeltme havuzuna gönderilmektedir. Yüzeysel havalandırıcıların çevresel hızı 5 m/s, oksijen verimi 47 kg O₂/saat, fan çapı 2,06 m ve batma derinliği 0,16 m'dir.

Havalandırma havuzundan geçen atıksu dağıtım yapısına ve oradan son çökeltim havuzlarına gelmektedir. Dağıtım yapısı ile son çökeltme hatları arasında Φ 500'lük kelebek vana bulunmakta ve bu vanalar sayesinde atıksu istenilen havuza alınabilmektedir. Havalandırma havuzundan gelen floklar son çökeltme havuzunda çökeltilerek sudan uzaklaştırılmaktadır. İlk aşamada 34 m çapında ortalama su yüksekliği 2,5 m, havuz taban eğimi 1/15 ve betonarme olan 4 adet son çökeltme havuzu inşa edilmiştir (Toplam hacim = $4 \times 2.245,75 \text{ m}^3$). Yüzey yükü 20,16 m³/m² saat ve bekleme süresi 2,99 saattir.

Sistemde havalandırma havuzunda oluşan aktif çamur konsantrasyonunun belirli bir değerde tutulması gerekmektedir. Bu nedenle, son çökeltme havuzlarında sıyrılan çamur teleskobik vana yardımıyla geri devir pompa istasyonuna alınmakta, buradan burgulu pompalar yardımıyla bir kısmı (% 50'si) geri devredilmektedir. Fazla çamur pompalar üzerinden bulunan hatla çamur yoğunlaştırma havuzlarına basılmaktadır. Son çökeltme havuzu yüzeyinde toplanan köpük ve yağ gibi yüzücü maddeler köpük haznesinde toplanmaktadır. Ön ve son çökeltme havuzlarında bulunan köpük hazneleri sıyrıcılar tarafından yüzeydeki maddelerin sıyrılarak uzaklaşmasını sağlamaktadır. Köpük hazneleri sıyrıcılar tarafından sıyrılan katı parçalarla dolmaktadır. Belirli periyotlarda (işletme tecrübelerine göre) köpük hunilerinin temizlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde köpük hunilerine yüzeyden su girişi olup köpük rögarlarının taşmasına neden olur. Son çökeltme savağından alınan arıtılmış su, açık kanalla Kehli Deresi'ne deşarj edilmektedir.

Son çökeltme havuzlarından 4 ayrı kanalla toplanan arıtılmış su 2000 yılı için birleşerek tek bir kanalla deşarj edilmektedir. Tek bir havuz için kanal genişliği 70 cm, 4 havuzun çıkış suyunun birleşmesinden sonra kanal genişliği 2 m'dir.

3.1.4. Çamur Giderme

Çamur giderme ünitesi; çamur yoğunlaştırıcı, çamur çürütme havuzları ve çamur kurutma yataklarından oluşmaktadır. Ön çökeltmeden çıkan çamur ve son çökeltmeden gelen fazla çamur, çamur yoğunlaştırma havuzlarına gelmektedir. Projedeki verilere göre ön çökeltme çamuru % 4 ve son çökeltmeden alınan fazla çamurun % 0,6 katı madde içerdiği kabul edilmiştir. Çamur yoğunlaştırma havuzu 16 m çapında, havuz derinliği 3 m, havuz taban eğimi 1/8, betonarme olarak 2 adet inşa edilmiştir (Toplam hacim= 603 x 2 m³). Bekleme süresi 20,4 saattir. Çamur yoğunlaştırma havuzu karıştırıcısı ve sıyrıcısı havuz içindeki çamur floklarının birbirine çarpıtılmak suretiyle büyümelerini sağlayarak çökelmelerini kolaylaştırmakta ve dibe çöken çamurları sıyırarak konik kısma toplanmasını sağlamaktadır. Sabit köprülü 1,8 m/dak hızında, yoğunlaştırıcı çubuk hızı 0,021 m, çubuk aralığı 0,25 m'dir.

Burada çamur konsantrasyonu % 0,6'dan % 3-5'e çıkarılacaktır. Yoğunlaştırma havuzlarında bulunan flokülatör ve dip sıyrıcısı yardımıyla yoğunlaşan çamur konik kısımda toplanmakta ve buradan saatle çalışan pompalar ile çürütme havuzuna basılmaktadır. Yoğunlaştırma havuzu savağından alınan seyreltilmiş su tekrar arıtılmak üzere giriş pompa istasyonu haznesine gönderilmektedir.

Çamur çürütme havuzları 17 m genişliğinde, 51 m uzunluğunda 3,8 m derinliğinde, betonarme malzemeden 2 adet inşa edilmiştir (Toplam hacim- 6.589 x 2 m³). Bekleme süresi 11 gündür. Bu havuzun görevi yoğunlaştırıcıdan gelen çamurun biyolojik olarak stabilizasyonunu sağlamaktır. Her bir havuzda 3 adet (toplam 6 adet) yüzeysel havalandırıcı bulunmaktadır. Havalandırıcıların çevresel hızı 5 m/s, oksijen verimi 47 kg O₂ /saat, fan çapı 2,06 m, batma derinliği 0,16 m'dir. Çürütme havuzuna basılan çamurlar burada havalandırıcılar ile havalandırılmakta ve stabil hale getirildikten sonra çürümüş çamur pompaları kurutma yataklarına basılmaktadır.

Çamur kurutma yatakları çamur çürütme ünitesinden gelen çamur su karışımının suyunu süzerek çamurun kurumasını sağlamaktadır. Çamur kurutma yatakları 10 m genişliğinde, 50 m uzunluğunda 36 adet inşa edilmiştir. Drenaj malzemesi olarak 30 cm kum, 20 cm ince çakıl, 10 cm çakıl kullanılmış ve çevre malzemesi betonarmeden yapılmıştır. Kurutma yataklarına basılan çamur, suyu süzülerek kurumakta, süzülen sular kanallarla toplanarak,

cazibeyle terfi haznesine gönderilmekte ve kuruyan çamur tesis içinde nihai toplama alanında toplanmaktadır.

3.2. Çalışma Alanı ve Örnekleme Noktaları

Evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların alıcı ortamlara doğrudan deşarj edilmesi halinde doğal çevrede bir takım olumsuz etkiler oluşmaktadır. Oluşan bu olumsuz etkileri azaltmak için de atıksu arıtma tesislerinin tasarımı yapılmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasında Elazığ kenti için Atıksu Arıtma Tesisi tasarımı seçilmiştir. Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi'nin ön ve son çökeltim havuzlarının çamurlarından ve kurutma yatağı giriş ve çıkış çamurlarından numuneler alınarak analizler yapılmıştır.

Ocak 2003 – Aralık 2003 tarihleri arasında 9:30 – 13:00 saatleri arasında saatte bir 500 ml'lik numuneler alınıp karıştırılarak kompozit numuneler hazırlanmıştır. Alınan numuneler EPA'nın koruma tedbirleri uygulanarak buzdolabında muhafaza edilerek analizlere başlanmıştır.

3.3. Yapılan Analizler ve Analiz Metotları

pH, Orion SA 720 ve 420A marka pH metre ile yapılmıştır. Her ölçümde pH metrenin sıcaklık ayarı yapılarak cam elektrodlar destile su ile yıkanıp kalibre edilmiştir. Cam elektrot, su oranı fazla olan çamur numunesine batırılarak doğrudan ölçüm yapılmıştır. Okunan değer sabitlenen kadar yaklaşık bir dakika beklenmiştir.

Analizi yapılan ön çökeltim, son çökeltim ve kurutma yatağı giriş çamuru örneklerinin su muhtevası çok yüksek olduğu için hesaplamalar mg/L cinsinden yapılmıştır.

Toplam katı madde analizleri gravimetrik yöntemle yapılmıştır. İyice karıştırılmış sulu çamur numunesinden 250 ml alınarak, önceden etüvde etüvde kurutulup desikatörde soğutularak sabit tartıma getirilen porselen kaba koyulmuştur. Daha sonra etüvde 105 °C sıcaklıkta 24 saatte kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra tartım yapılmıştır. Son tartımdan ilk tartım çıkarılıp numune hacmine bölünerek, toplam katı madde değerleri mg/L cinsinden bulunmuştur.

Uçucu katı madde analizleri gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Toplam katı madde

analizi yapıldıktan sonra katı madde dolu kap 15-20 dakika 550 °C'de fırında tutulup tekrar tartılmıştır. Bulunan değer, toplam katı madde analizinde kullanılan son tartım değerinden çıkarılıp numune hacmine bölünerek, uçucu katı madde değerleri mg/L cinsinden bulunmuştur.

Askıda katı madde analizleri gravimetrik yöntemle yapılmıştır. 105 °C'de kurutulup sabit tartıma filtre kağıdından 250 ml'lik sulu çamur numunesi süzülüp tekrar 105 °C'de kurutularak tartım yapılmıştır. Son tartımdan, kurutulmuş filtre kağıdı tartımı çıkarılıp numune hacmine bölünerek, askıda katı madde değerleri mg/L cinsinden bulunmuştur.

Su muhtevası analizleri gravimetrik yöntemle yapılmıştır. İyice karıştırılmış sulu çamur numunesinden 250 ml alınarak, önceden etüvde etüvde kurutulup desikatörde soğutulup sabit tartıma getirilen porselen kaba koyulup tartılmıştır. Daha sonra etüvde 105 °C sıcaklıkta 24 saatte kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra tartım yapılmıştır. Son tartımdan ilk tartım çıkarılıp numune hacmine bölünerek, su muhtevası değerleri mg/L cinsinden bulunup çamur %'si olarak ifade edilmiştir.

Toplam kjeldahl azotu analizleri titrimetrik yöntemle yapılmıştır (Anonymous,1995). 2 ml sulu çamur numunesi alınarak kjeldahl balonuna konulmuştur. Üzerine 10 ml parçalama çözeltisi - 134 g K₂SO₄ ve 7,3 g CuSO₄, yaklaşık 800 ml su ile çözülür. 134 ml konsantre H₂SO₄ ilave edilir. 1.000 ml'ye saf su ile tamamlanır. Karıştırılır, kristallenmeyi önlemek için 20 °C'nin altında tutulur – 20 ml derişik H₂SO₄ ilave edilip, 375-385 °C'de, beyaz sülfid dumanları çıkıncaya kadar ısıtılmıştır. Numune berrak olduktan sonra 30 dakika daha yakılarak oda sıcaklığında soğutulup 100 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltiden 20 ml alınıp, fenolftalein indikatörü ilave edilerek pH > 11 olacak şekilde sodyum hidroksit-sodyum tiyosülfat çözeltisi – 500 g NaOH ve 25 g Na₂S₂O₃.5H₂O bir miktar suda çözülür ve 1.000 ml'ye tamamlanır – ilave edilmiş ve buhar destilasyonuna tabi tutulmuştur. Destilat 50 ml borik asit çözeltisi – 20 g H₃BO₃ bir miktar suda çözülür ve 1.000 ml'ye tamamlanır - içinde tutulmuştur. Destilasyon süresi yaklaşık 5 dakika sürmüştür.

Borik asit içine tutulan amonyak, nesslerizasyon yöntemi ile TS 266'ya göre tayin edilmiştir. (0,25-2 mgNH₃-N/L) aralığındaki standart amonyum çözeltileri ile hazırlanan standart eğri kullanılarak amonyak azotu değeri mg/L cinsinden bulunmuştur. Toplam kjeldahl azotu ise aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)} = (100 \times A \times B) / 5 \times 2$$

A : Destilat Kabındaki toplam hacim (ml)

B : Destilatın nesslerizasyon metodu ile bulunan amonyak azotu değeri (mg/L)

2 : Kullanılan numune hacmi (ml)

100 : Kullanılan numune yakıldıktan sonra tamamlandığı son hacim (ml)

5 : Yakılmış numunenin destilasyonda kullanılan kısmı (ml)

Amonyak azotu analizi ön destilasyon metodu kullanılarak yapılmıştır (Anonymous, 1995). 2 ml sulu çamur numunesinden alınıp 50 ml'ye seyreltilerek, 2,5 ml borat tamponu – 0,025 M, 500 ml sodyum tetraborat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) çözeltisine, 88 ml 0,1 N NaOH çözeltisi ilave edilir ve 1000 ml'ye tamamlanır – ilave edilip, 6 N NaOH çözeltisi ile pH 9,5'e ayarlanmıştır. Yaklaşık 10 dakika kadar buhar destilasyonuna tabi tutulup destilat borik asit çözeltisi içine toplanmıştır. Borik asit içine absorblanan amonyak nesslerizasyon yöntemi ile TSS 266'ya göre tayin edilmiştir. Amonyak azotu derişimi ise aşağıdaki denklemlle hesaplanmıştır:

$$\text{Amonyak Azotu (mg/L)} = (A \times B) / 2$$

A: Destilat kabındaki toplam hacim (ml)

B: Destilatın nesslerizasyon metodu ile bulunan amonyak azotu değeri (mg/L)

2: Kullanılan numune hacmi

Nitrit tayini spektrofotometrik metotla yapılmıştır (Anonymous, 1995). 25 ml'lik sulu çamur örneği alınarak üzerine bir miktar saf su ilave edilip 4.000 rpm'de 5 dakika santrifüjlenmiştir. Oluşan üst sıvı bir kaba alınıp, kalan kalıntıya yine birkaç defa bir miktar saf su ilave edilip santrifüjleme işlemi tekrar yapılarak üst sıvılar toplanmıştır ve saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Bunun üzerine 2 ml sülfanilamid ve N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorid çözeltisi ilave edilip karıştırılarak oluşan çözelti 543 nm dalga boyunda PERKIN ELMER Lambda 3B, UV/VIS marka spektrofotometre ile absorbans değeri okunmuştur. Standart nitrit eğrisi yardımı ile absorbans değerinden nitrit derişimi mg/L olarak belirlenmiştir.

Çamurda nitrat azotu derişimi ise nitrit analizinde ifade edildiği biçimde çamur seyreltikten sonra elde edilen numunede tayin edilmiştir. Nitrat derişimi Merc firmasının ürettiği test şeritleri yardımı ile belirlenmiştir.

Toplam azot tayini titrimetrik yöntemle yapılmıştır (Bremner, 1965). 12 saat 65 °C'de kurutulmuş kurutma yatağı çıkış çamuru örneğinden 0,5 g tartılıp, salisilik asit ve seyreltik sülfürik asitle hazırlanmış asit karışımında çözülerek 400 °C'de çözelti rengi sabitleşinceye ısıtılmıştır. Soğutulup saf suyla 100 ml'ye tamamlanarak iyice karıştırılmıştır. Elde edilen çözeltiden 10 ml alınarak üzerine % 50'lik NaOH ilave edilip borik asit çözeltisi ile destilasyon işlemine başlanmıştır. Bu çözeltiye oluşan amonyak absorblanmıştır. Oluşan yeşil renkli çözelti, kırmızı renge dönünceye kadar KH(IO)₃ çözeltisiyle titre edilmiştir. Aynı işlemler şahit numune için de uygulanarak KH(IO)₃ çözeltisiyle titre edilmiştir. Her iki titrasyonda sarf edilen KH(IO)₃ miktarları numune miktarı kullanılarak toplam azot değerleri mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

Toplam fosfor analizi spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır (Anonim, 1983). 12 saat 65 °C'de kurutulmuş kurutma yatağı çıkış çamuru örneğinden 0,5 g tartılıp 1 ml 11 N H₂SO₄ ve 0,4 g amonyum persülfat ilave edilerek yarım saat kadar 121 °C'de ısıtılmıştır. Yaklaşık 10 ml'ye getirilen numune soğutulup 30 ml'ye seyreltilip 1 N NaOH kullanılarak pH 7'ye ayarlanmıştır. Numune filtre edilerek saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Bunun üzerine önceden hazırlanmış kombine çözeltiden 8 ml ilave edilerek 15 dakika beklenip oluşan mavi rengin absorbansı 650 nm'de spektrofotometrede okunarak standart fosfor eğrisinden fosfor derişimi bulunup mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

Ağır metal analizleri atomik spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır (Bremner, 1965). 12 saat 65 °C'de kurutulmuş kurutma yatağı çıkış çamuru örneğinden 3 g tartılıp erlenmayere alınarak üzerine 5 ml derişik asit eklendi ve ısıtılarak asidin çoğu buharlaştırılmıştır. 2 ml perklorik ve nitrik asitten hazırlanmış çözeltiden eklenip son çözelti renksiz olana kadar ısıtılmıştır. Çözünmüş örnek 100 ml'lik balon jojeye aktarılarak 0,1 N HNO₃ ile 100 ml'ye tamamlanıp hazırlanan çözelti VARIAN marka atomik absorpsiyon spektrofotometresinde absorbansı okunmuştur. Standart eğrilerden ağır metal derişimleri bulunarak mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

Kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum analizleri ise alev fotometresi kullanılarak yapılmıştır. 12 saat 65 °C'de kurutulmuş kurutma yatağı çıkış çamuru örneğinden 0,5 g tartılıp üzerine nitrit ve perklorik asitle hazırlanmış çözücü asit karışımı 10 ml kadar ilave edilerek

rengi koyu olana kadar ısıtılmıştır. Son oluşan kalıntı, 0,1N HCL ile 250 ml'ye tamamlanarak çözelti hazırlanıp, bu çözeltiden 10 ml alınarak 2 ml'lik sezyum klorit alüminyum nitrat tampon çözeltisi ile işleme tabi tutulmuştur. Oluşan çözelti Zeiss PF 5 alev fotometresinde okunmuştur. Okumalar absorbands eğrileri kullanılarak derişimleri bulunmuş, mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

Tablo 3.3 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarında İncelenen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

PARAMETRELER	BİRİMİ	ANALİZ YÖNTEMİ
pH	-	pH Metre
Toplam Katı Madde	mg/L	Gravimetrik Metot
Askıda Katı Madde	mg/L	Gravimetrik Metot
Uçucu Katı Madde	mg/L	Gravimetrik Metot
Su Muhtevası	mg/L	Gravimetrik Metot
Toplam Azot	mg/kg kuru katı madde	Titrimetrik Metot
Toplam Fosfor	mg/kg kuru katı madde	Spektrofotometrik Metot
Amonyak Azotu	mg/L	Nesslerizasyon Metodu
Nitrat Azotu	mg/L	Spektrofotometrik Metot
Nitrit Azotu	mg/L	Spektrofotometrik Metot
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	Titrimetrik Metot
Kalsiyum	mg/kg kuru katı madde	Alev Emisyon Spektrofotometrik Metot
Sodyum	mg/kg kuru katı madde	Alev Emisyon Spektrofotometrik Metot
Potasyum	mg/kg kuru katı madde	Alev Emisyon Spektrofotometrik Metot
Magnezyum	mg/kg kuru katı madde	Alev Emisyon Spektrofotometrik Metot
Sodyum Absorpsiyon	miliequivalent/L	$SAR = Na^+ / \{ (Ca^{+2} + Mg^{+2})/2 \}^{1/2}$
Karbon	%	Karbon = (%47) x (Organik Madde)
Demir	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Çinko	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Mangan	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Krom	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Bakır	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Nikel	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Kurşun	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Kobalt	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot
Kadmiyum	mg/kg kuru katı madde	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot

4. BULGULAR

Farklı kademelerden çıkan arıtma çamurlarının kalitesi oldukça değişken olup geniş aralıkta bir kirlilik yüküne sahiptir. Arıtma çamurlarının kompozisyonu, atıksuyun kirlilik yükü, katı atık muhtevası, pH, iklim şartları, arıtma tesisi kademelerinin tasarımı, işletilmesi ve atıksuyun arıtma kademelerinde bekleme zamanlarına göre farklılıklar göstermektedir.

Katı atık muhtevası, arıtma çamurlarının bileşimini etkilemektedir. Arıtma çamurları, katı atıklar ve atıksuda bulunan bileşenlerden kaynaklanan birçok metal, ağır metal, organik ve inorganik bileşikler ihtiva etmektedir.

Bu çalışma arıtma çamurlarının kirlilik yükünün tanınması ve nihai bertarafı ile ilgili yapılan çalışmalara yardımcı bir kaynak olması amacıyla yapıldığından kirlilik yükünü tespit etmede kullanılabilen pH, askıda katı madde, uçucu katı madde, toplam katı madde, sıcaklık, toplam azot, nitrat azotu, nitrit azotu, amonyak azotu, kjeldahl azotu, toplam fosfor, karbon, sodyum adsorbsiyon oranı, demir, çinko, mangan, krom, bakır, nikel, kurşun, kobalt, kalsiyum, magnezyum ve potasyum parametreleri analiz yapılan aylarda tespit edilmiştir. Civa, analiz yapılan aylarda görülmemiştir.

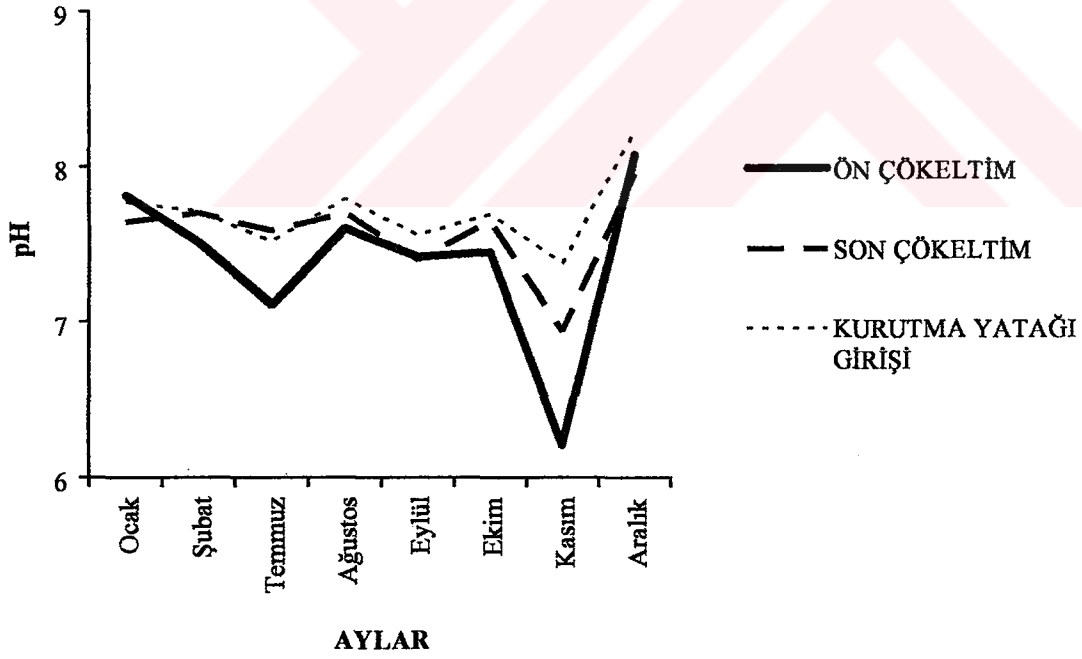
4.1. pH

Su oranı fazla olan çamurda mevcut bulunan hidrojen iyon konsantrasyonunun eksi logaritması pH olarak adlandırılmaktadır. pH sıcaklığa bağlı olup, bu tip çamurlarda kolaylıkla değişmektedir. Su oranı yüksek çamurların kararlı hale gelmesinde büyük rol alan biyolojik yaşamı sağlamak için çok iyi bilinmeli ve kontrol edilmelidir.

Tablo 4.1’de, çalışmanın yapıldığı aylarda elde edilen bulgular görülmektedir. Bu bulgulara göre ön çökeltim havuzu çamurunun maksimum pH değeri Aralık ayında 8,08, minimum pH değeri ise Kasım ayında 6,21; son çökeltim havuzu çamurunun maksimum pH değeri Aralık ayında 7,95, minimum pH değeri ise Kasım ayında 6,94; kurutma yatağı giriş çamurunun maksimum pH değeri Aralık ayında 8,23, minimum pH değeri ise Kasım ayında 7,38’dir. pH değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.1 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık pH Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim (pH)	Son Çökeltim (pH)	Kurutma Yatağı Girişi (pH)
Ocak	7,81	7,64	7,77
Şubat	7,51	7,70	7,71
Temmuz	7,11	7,59	7,52
Ağustos	7,60	7,70	7,79
Eylül	7,42	7,40	7,56
Ekim	7,45	7,64	7,69
Kasım	6,21	6,94	7,38
Aralık	8,08	7,95	8,23



Şekil 4.1 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının pH Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

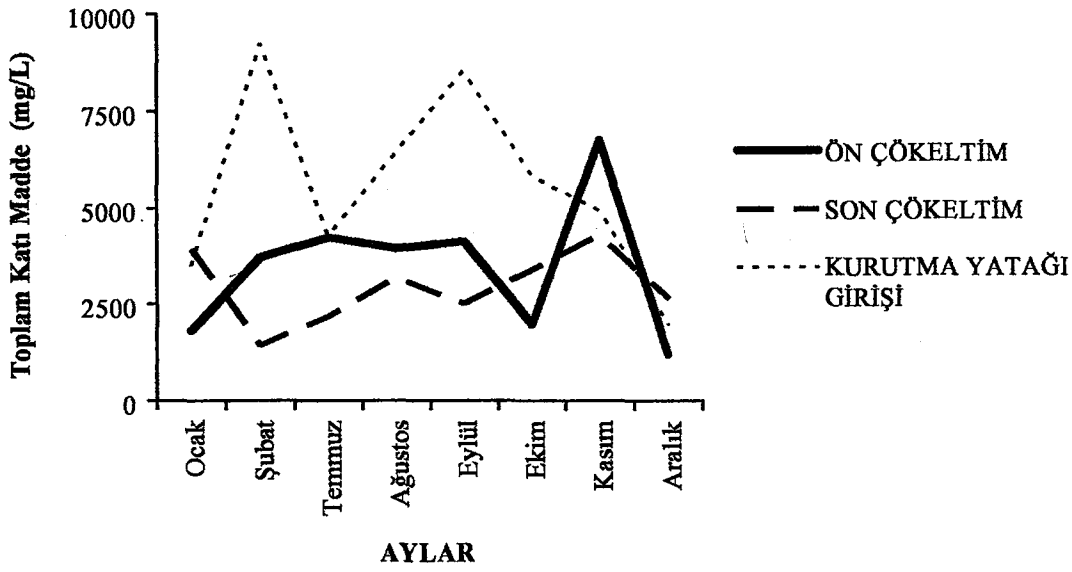
4.2. Toplam Katı Madde

Sularda süspanse ve çözünmüş haldeki maddeler, katı maddeler olarak tanımlanmaktadır. Suyun doğrudan buharlaştırılıp, kalıntının kurutulup tartılmasıyla bulunan toplam katı atık muhtevası, arıtma çamurlarının bileşimini etkilemektedir. Arıtma çamurları, katı atıklar ve atıksuda bulunan bileşenlerden kaynaklanan birçok metal, ağır metal, organik ve inorganik bileşikler ihtiva etmektedir.

Tablo 4.2’de, analiz yapılan aylardaki toplam katı madde değerleri verilmiştir. Yaptığımız çalışmada elde edilen bulgulara göre ön çökeltim havuzu çamurunun maksimum toplam katı madde miktarı 6.750 mg/L, minimum toplam katı madde miktarı ise 1.210 mg/L; son çökeltim havuzu çamurunun maksimum toplam katı madde miktarı 4.280 mg/L, minimum toplam katı madde miktarı ise 1.420 mg/L; kurutma yatağı giriş çamurunun maksimum toplam katı madde miktarı 9.230 mg/L, minimum toplam katı madde miktarı ise 1.960 mg/L’dir. Toplam katı madde miktarının aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.2’de görülmektedir.

Tablo 4.2 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık TKM Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim (mg/L)	Son Çökeltim (mg/L)	Kurutma Yatağı Girişi (mg/L)
Ocak	1.820	3.920	3.490
Şubat	3.720	1.420	9.230
Temmuz	4.240	2.180	4.270
Ağustos	3.960	3.180	6.410
Eylül	4.130	2.510	8.520
Ekim	1.980	3.390	5.810
Kasım	6.750	4.280	4.940
Aralık	1.210	2.650	1.960



Şekil 4.2 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının Toplam Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi

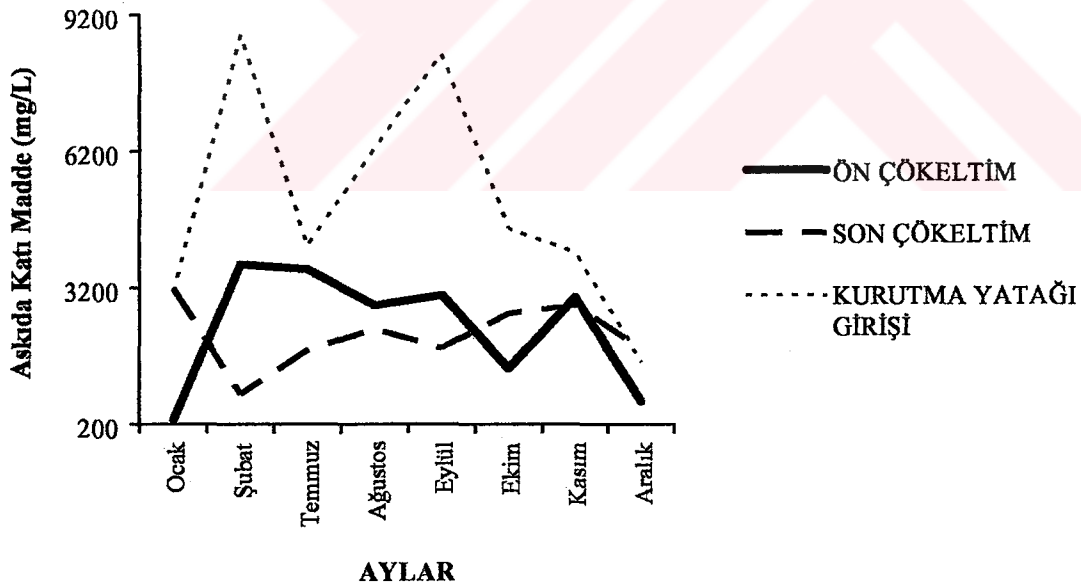
4.3. Askıda Katı Madde

Filtreden geçmeyen katı maddeler olarak ifade edilen askıda katı maddeler, sulu çamur numunesinin filtre kağıdından geçmeyen kısmının; 103 °C'de etüvde 1 saat kurulması, desikatörde soğutulup, tartılması suretiyle tayin edilir. Sulu çamur numunesi önce filtre edilir, daha önce sabit tartıma getirilmiş olan filtre kağıdı üzerinde kalan maddelerle birlikte 103 °C'de kurutulduktan sonra tekrar tartılır. Bu iki tartım arasındaki farktan toplam askıda katı madde konsantrasyonu tayin edilir.

Tablo 4.3'de, analiz yapılan aylardaki askıda katı madde değerleri verilmiştir. Yaptığımız çalışmada elde edilen bulgulara göre ön çökeltim havuzu çamurunun maksimum askıda katı madde miktarı 3.720 mg/L, minimum askıda katı madde miktarı ise 290 mg/L; son çökeltim havuzu çamurunun maksimum askıda katı madde miktarı 3.170 mg/L, minimum askıda katı madde miktarı ise 860 mg/L; kurutma yatağı giriş çamurunun maksimum askıda katı madde miktarı 8.760 mg/L, minimum askıda katı madde miktarı ise 1.560 mg/L'dir. Askıda katı madde konsantrasyonları aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.3'de görülmektedir..

Tablo 4.3 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık AKM Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim (mg/L)	Son Çökeltim (mg/L)	Kurutma Yatağı Girişi (mg/L)
Ocak	290	3.170	3.100
Şubat	3.720	860	8.760
Temmuz	3.610	1.820	4.114
Ağustos	2.820	2.300	6.254
Eylül	3.040	1.880	8.340
Ekim	1.420	2.630	4.500
Kasım	3.000	2.820	3.980
Aralık	700	1.850	1.560



Şekil 4.3 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının Askıda Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi

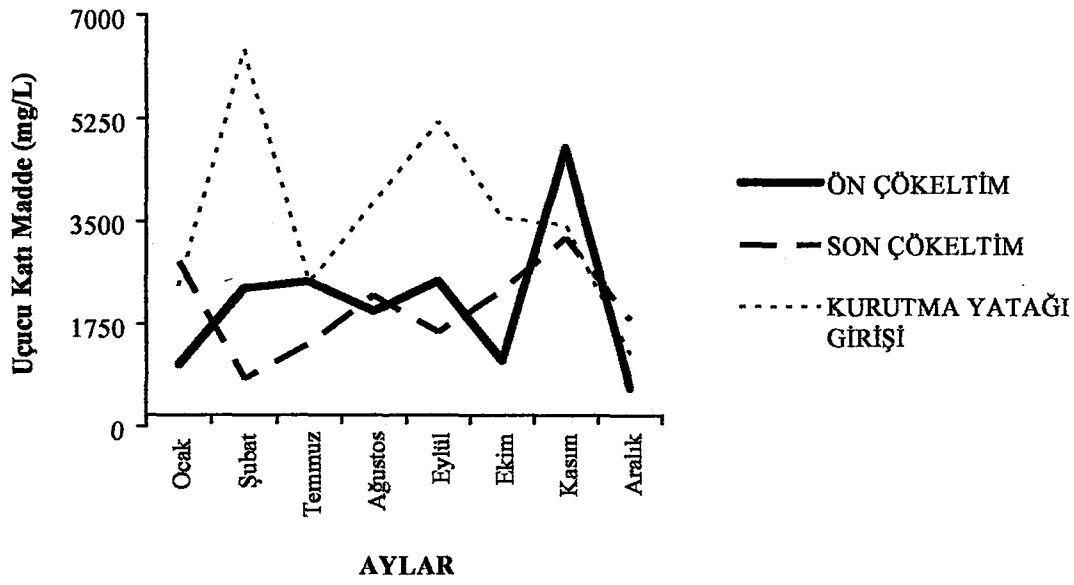
4.4. Uçucu Katı Madde

Kuru maddenin 550 °C’de yakıldığı zaman gaz haline dönüşen miktarına Uçucu Katı Madde veya Kızdırma Kaybı adı verilir. Uçucu katı madde içeriği, organik madde içeriğine eşdeğer değildir. Çünkü 550 °C’de inorganik maddelerin de bir kısmı ayrılarak uçucu hale gelmektedir.

Tablo 4.4’de, analiz yapılan aylardaki uçucu katı madde değerleri verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı aylarda elde edilen bulgulara göre ön çökeltim havuzu çamurunun maksimum uçucu katı madde miktarı 4.760 mg/L, minimum uçucu katı madde miktarı ise 660 mg/L; son çökeltim havuzu çamurunun maksimum uçucu katı madde miktarı 3.230 mg/L, minimum uçucu katı madde miktarı ise 810 mg/L; kurutma yatağı giriş çamurunun maksimum uçucu katı madde miktarı 6.420 mg/L, minimum uçucu katı madde miktarı ise 1.220 mg/L’dir. Uçucu katı madde konsantrasyonları aylara bağlı olarak değişim gösterdiği Şekil 4.4’de görülmektedir.

Tablo 4.4 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık UKM Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim (mg/L)	Son Çökeltim (mg/L)	Kurutma Yatağı Girişi (mg/L)
Ocak	1.060	2.820	2.390
Şubat	2.360	810	6.420
Temmuz	2.480	1.410	2.461
Ağustos	1.970	2.230	3.800
Eylül	2.490	1.610	5.200
Ekim	1.130	2.320	3.560
Kasım	4.760	3.230	3.460
Aralık	660	1.830	1.220



Şekil 4.4 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurlarının Uçucu Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi

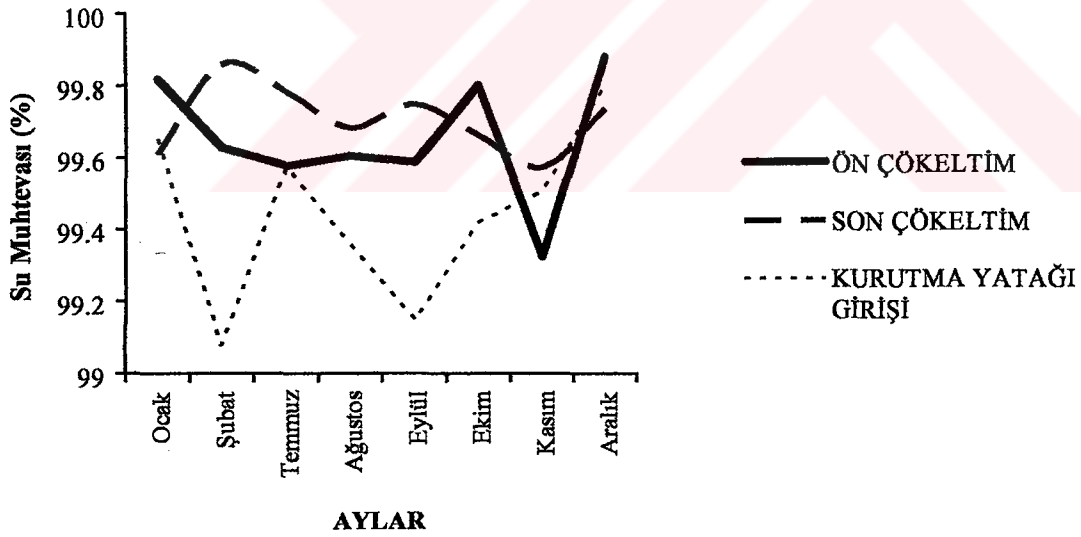
4.5. Su Muhtevası (Nem Oranı)

105 °C’de kurutulan sulu çamur örneğinin ağırlığında görülen kayıp, su muhtevası olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 4.5’de, analiz yapılan aylardaki su muhtevasının %’lik değerleri verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı aylarda elde edilen bulgulara göre; ön çökeltim havuzu çamurunun maksimum su muhtevası % 99,88, minimum su muhtevası ise % 99,33; son çökeltim havuzu çamurunun maksimum su muhtevası %99,86, minimum su muhtevası ise %99,57; kurutma yatağı giriş çamurunun maksimum su muhtevası % 99,80, minimum su muhtevası ise % 99,08’dir. Su muhtevaları aylara bağlı olarak az da olsa değişim göstermektedir. Su muhtevalarının aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.5’de görülmektedir.

Tablo 4.5 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Aylık Su Muhtevaları

Aylar	Ön Çökeltim (%)	Son Çökeltim (%)	Kurutma Yatağı Girişi (%)
Ocak	99,82	99,61	99,65
Şubat	99,63	99,86	99,08
Temmuz	99,58	99,78	99,57
Ağustos	99,60	99,68	99,36
Eylül	99,59	99,75	99,15
Ekim	99,80	99,66	99,42
Kasım	99,33	99,57	99,51
Aralık	99,88	99,74	99,80



Şekil 4.5 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Ön Çökeltim, Son Çökeltim, Kurutma Yatağı Giriş Çamurları Su Muhtevalarının % olarak Aylara Göre Değişimi

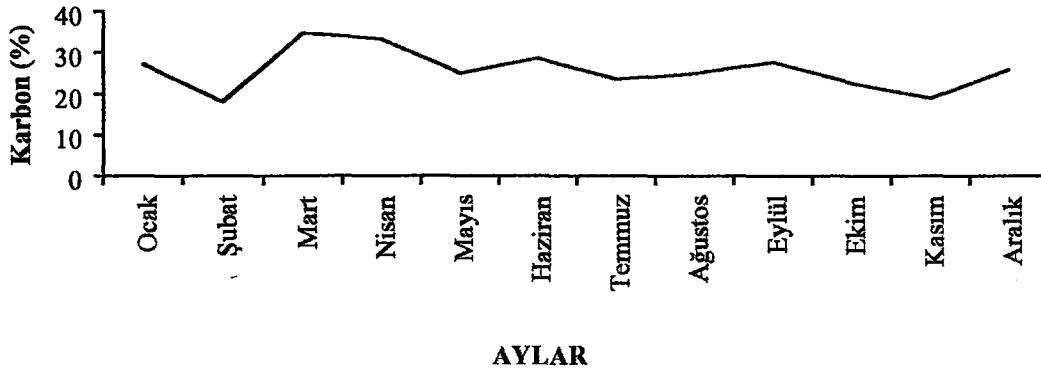
4.6. Karbon

Tesisi çıkış çamurundan alınan örnekteki karbon miktarı; örneğin karbon oranı olarak tanımlanıp, örnek ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilir.

Yaptığımız çalışmada elde edilen bulgulara göre; hesaplanan kurutma yatağı çıkış çamuru maksimum karbon değeri % 34,78 ile Mart ayında, % 17,86 değeri ile minimum Şubat ayında gözlenmiştir. Diğer aylardaki karbon yüzdeleri Tablo 4.6'da görülmektedir. Karbon değerlerinin aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.6'da gösterilmektedir.

Tablo 4.6 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Karbon Yüzdeleri

AYLAR	KARBON (%)
Ocak	27,26
Şubat	17,86
Mart	34,78
Nisan	33,23
Mayıs	24,91
Haziran	28,67
Temmuz	23,50
Ağustos	24,91
Eylül	27,73
Ekim	22,56
Kasım	18,80
Aralık	25,85



Şekil 4.6 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun Karbon Değerlerinin % Olarak Aylara Göre Değişimi

4.7. Toplam Azot

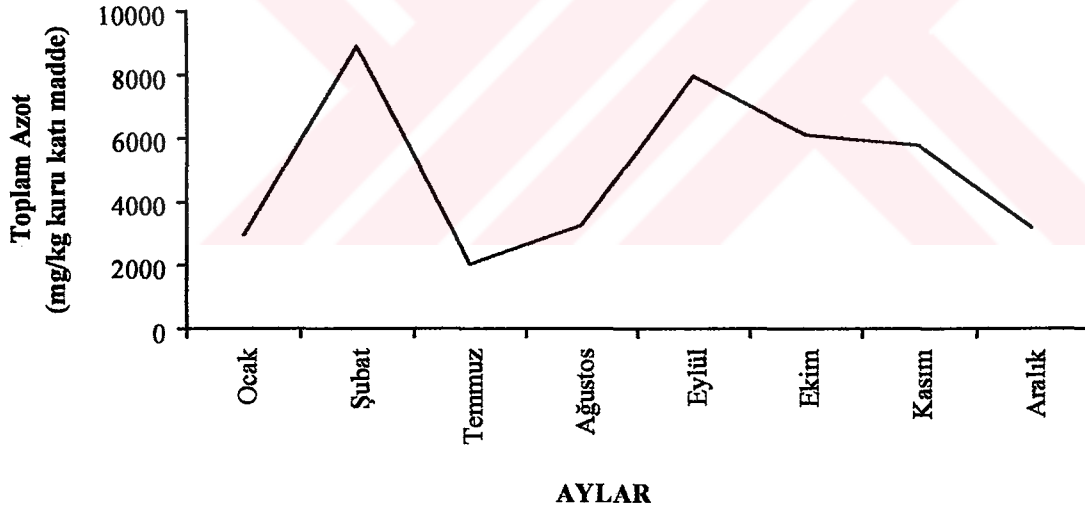
Azot canlılardaki temel elemanlardan biridir. Tüm canlıların ihtiyaç duydukları proteinlerin ve aminoasitlerin oluşturabilmesi için azota ihtiyaç vardır. Bundan dolayı azot, canlıların besin maddelerinin vazgeçilmez bir bileşenini teşkil eder.

Arıtma çamurlarının içerdikleri toplam azot ve toplam azotu oluşturan organik ve inorganik azot formları, bu çamurların azotlu gübre olarak değerlendirilmesi potansiyelini de beraberinde getirmektedir.

Yapılan çalışmada, kurutma yatağı çıkış çamurunun toplam azot muhtevası aylara bağlı olarak değişim göstermektedir. Toplam azot, en yüksek değere 8.903,13 mg/kg kuru katı madde ile Şubat ayında, en düşük değere ise 2.030,74 mg/ kg kuru katı madde ile Temmuz ayında ulaşmıştır. Tablo 4.7’de, diğer aylardaki toplam azot değerleri gösterilmektedir. Kurutma yatağı çıkış çamurlarının toplam azotunun aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.7’ de görülmektedir.

Tablo 4.7 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Azot Değerleri

Aylar	Toplam Azot (mg/kg kuru katı madde)
Ocak	2.953,85
Şubat	8.903,13
Temmuz	2.030,74
Ağustos	3.261,02
Eylül	7.961,82
Ekim	6.094,59
Kasım	5.756,01
Aralık	3.164,73



Şekil 4.7 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun Azot Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

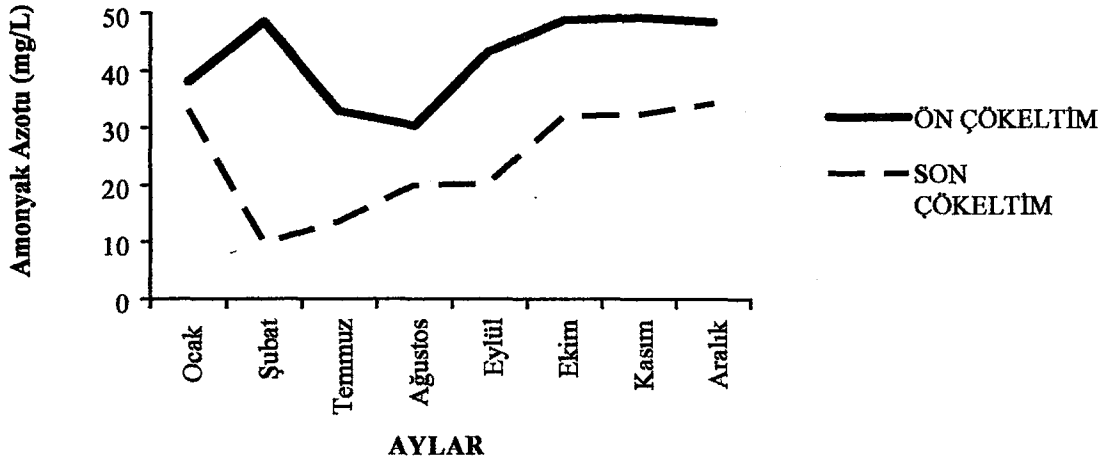
4.7.1. Amonyak azotu

Amonyak kararsız bir yapıya sahiptir. Düşük konsantrasyonlarda dahi toksik etki yapmaktadır. Bu toksik etkisi sıcaklığın artmasıyla, diğer toksik maddelerin ortamda bulunmasıyla ve oksijen eksikliğiyle daha da artabilir.

Yapılan çalışmada amonyak azotu aylara bağlı olarak değişim göstermektedir. Ön çökeltim havuzu çamurunda en yüksek amonyak azotu değeri 49,38 mg/L ile Kasım ayında, en düşük amonyak azotu 30,35 mg/L değeri ile Ağustos ayında; son çökeltim havuzu çamurunda en yüksek amonyak azotu 34,39 mg/L değeri ile Aralık ayında, en düşük amonyak azotu değeri ise 9,85 mg/L ile Şubat ayında görülmüştür. Tablo 4.8’de, diğer aylardaki amonyak azotu değerleri görülmektedir. Amonyak azotunun analizi yapılan aylara göre değişimi Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

Tablo 4.8 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim ve Son Çökeltim Havuzu Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Amonyak Azotu Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim Çamuru NH ₃ -N (mg/L)	Son Çökeltim Çamuru NH ₃ -N (mg/L)
Ocak	38,11	33,10
Şubat	48,59	9,85
Temmuz	32,95	13,67
Ağustos	30,35	19,95
Eylül	43,25	20,30
Ekim	48,91	32,00
Kasım	49,38	32,36
Aralık	48,50	34,39



Şekil 4.8 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu ve Son Çökeltim Havuzu Çamurlarının Amonyak Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

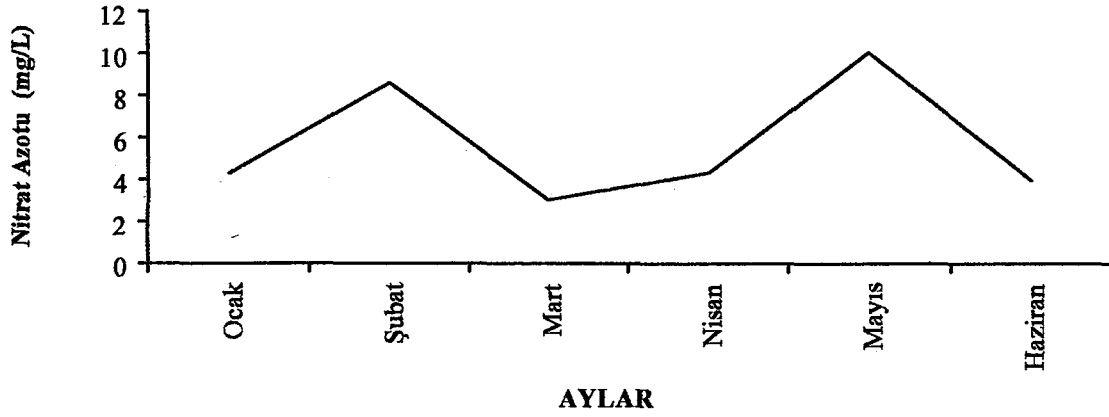
4.7.2. Nitrat Azotu

Nitrat, azotun son oksidasyon ürünüdür. Organik maddelerin ayrışıp ayrışmadığını göstermesi bakımından önemlidir. Yapılan çalışmalar sonucunda ön çökeltme havuzu çamurundaki nitrat azotu amonyak azotuna oranla çok düşük çıkmıştır. Bu ise azotlu bileşiklerin çoğunun kararsız halde olduğunu göstergesidir.

Yapılan çalışmada ön çökeltim havuzu arıtma çamurunun NO_3^- -N konsantrasyonu aylara bağlı olarak değişim göstermektedir. Analizi yapılan aylarda en düşük değer 3,03 mg/L ile Mart ayında, en yüksek ise 10,06 mg/L değeri ile Mayıs ayında görülmektedir. Tablo 4.9'da, diğer aylardaki NO_3^- -N değerleri gösterilmektedir. NO_3^- -N' unun aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.9'da verilmektedir.

Tablo 4.9 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Nitrat Azotu Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim Çamuru NO_3^- -N (mg/L)
Ocak	4,30
Şubat	8,60
Mart	3,03
Nisan	4,34
Mayıs	10,06
Haziran	3,96



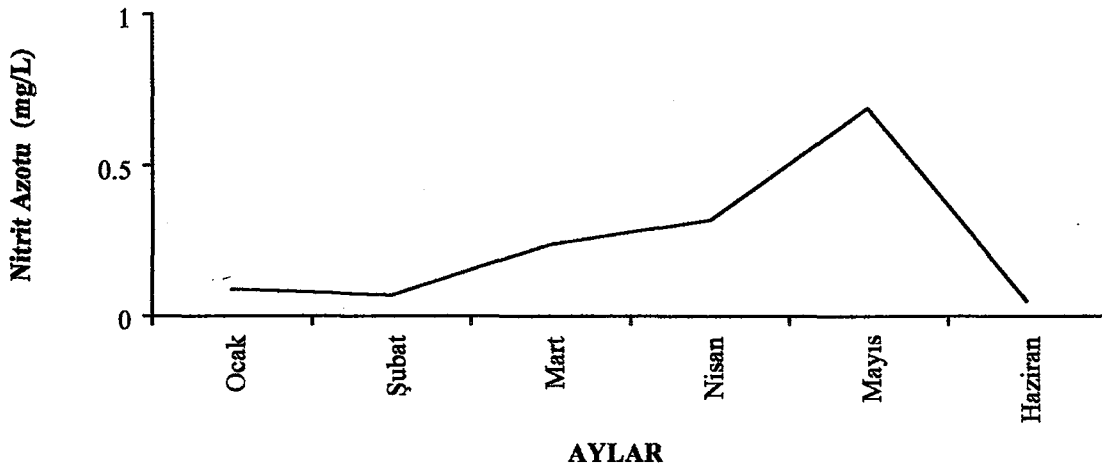
Şekil 4.9 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu Çamurlarının Nitrat Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

4.7.3. Nitrit Azotu

Nitrit, indirgenme yükseltgenme reaksiyonlarının ara ürünüdür. Kararsız bir bileşik olduğundan oksijen ile reaksiyonunda nitrata yükseltgenir. Ön çökeltim havuzu arıtma çamurunun NO_2^- -N konsantrasyonu aylara bağlı olarak değişim göstermektedir. Analizi yapılan aylarda en düşük değer 0,05 mg/L ile Haziran ayında, en yüksek değer ise 0,69 mg/L ile Mayıs ayında görülmüştür. Tablo 4.10'da diğer aylardaki NO_2^- -N değerleri gösterilmektedir. NO_3^- -N'nun aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.10' da verilmektedir.

Tablo 4.10 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Nitrit Azotu Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim Çamuru NO_2^- -N (mg/L)
Ocak	0,09
Şubat	0,07
Mart	0,24
Nisan	0,32
Mayıs	0,69
Haziran	0,05



Şekil 4.10 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu Çamurlarının Nitrit Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

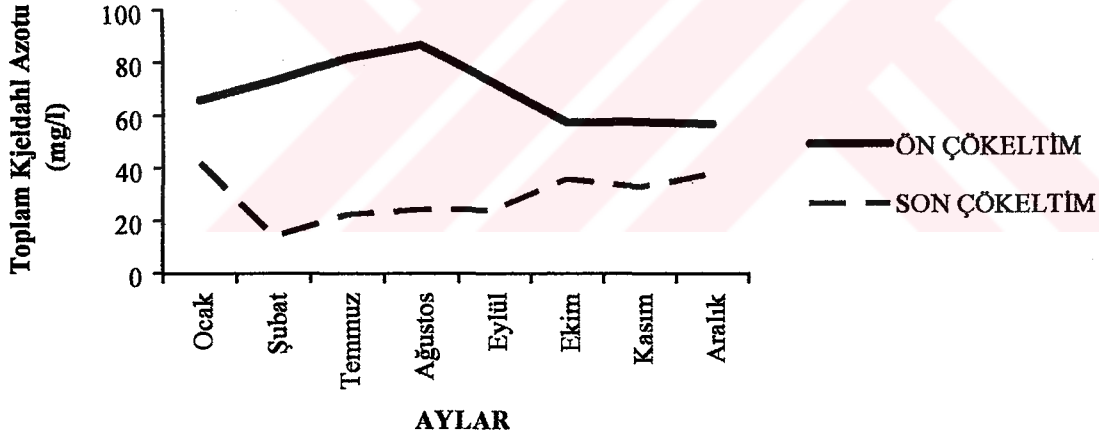
4.7.4. Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)

Katalitik olarak derişik sülfürik asitle amonyağa indirgenebilen azot miktarı ile amonyakta bulunan azotun toplamına Kjeldahl Azotu adı verilmektedir. Kjeldahl Azotu, genel olarak amonyak gibi azot içeren bileşikler ile organik azotu içerir. Nitrit ve nitratlar bazen tamamen amonyağa indirgenemezler.

Yapılan çalışmada kjeldahl azotu aylara bağılı olarak değişim göstermektedir. Ön çökeltim havuzu çamurunda en yüksek kjeldahl azotu 86,80 mg/L değeri ile Ağustos ayında, en düşük kjeldahl azotu değeri ise 57,12 mg/L ile Aralık ayında; son çökeltim havuzu çamurunda en yüksek kjeldahl azotu 42,00 mg/L değeri ile Ocak ayında, en düşük kjeldahl azotu değeri ise 14,00 mg/L ile Şubat ayında görülmüştür. Tablo.4.11’de diğer aylardaki TKN değerleri verilmektedir. Kjeldahl azotunun analizi yapılan aylara göre değişimi Şekil 4.11’de gösterilmektedir.

Tablo 4.11 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim ve Son Çökeltim Havuzu Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının TKN Değerleri

Aylar	Ön Çökeltim Çamuru TKN (mg/L)	Son Çökeltim Çamuru TKN (mg/L)
Ocak	66,08	42,00
Şubat	73,36	14,00
Temmuz	81,76	22,40
Ağustos	86,80	24,28
Eylül	72,24	24,08
Ekim	57,54	35,84
Kasım	57,68	33,04
Aralık	57,12	38,08



Şekil 4.11 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltim Havuzu ve Son Çökeltim Havuzu Çamurlarının Toplam Kjeldahl Azotu Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

4.8. Toplam Fosfor

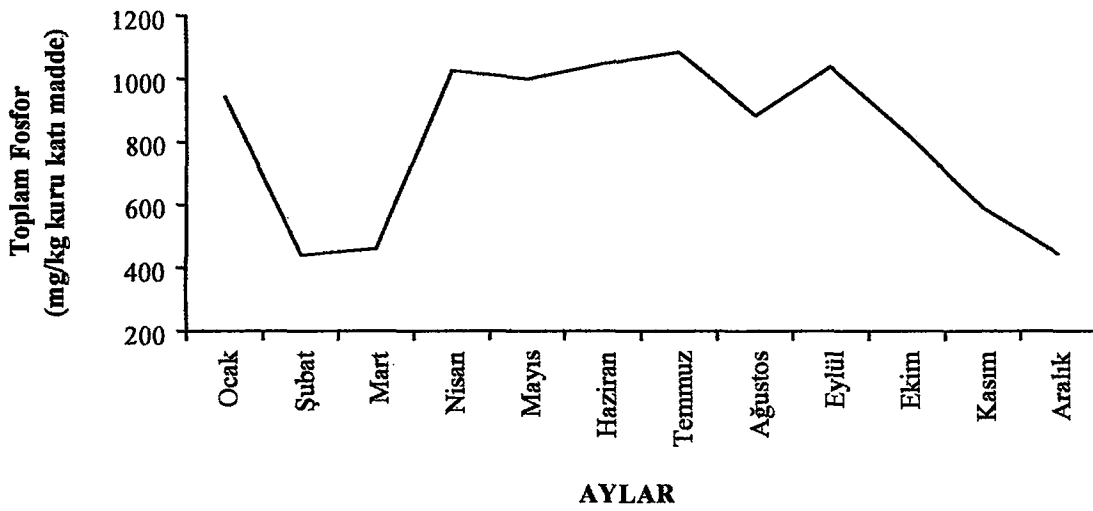
Fosfor genellikle fosfatlar halinde bulunur. Arıtma çamurlarında doğal olarak fazla miktarda fosforlu maddeler bulunmaktadır.

Yapılan çalışmada kurutma yatağı çıkış çamurunun toplam fosfor muhtevası aylara bağlı olarak değişim göstermektedir. Toplam fosfor en yüksek değere 1.085 mg/kg kuru katı madde ile Temmuz ayında, en düşük değere ise 441 mg/kg kuru katı madde ile Şubat ayında

ulaşmıştır. Tablo 4.12’de diğer aylardaki fosfor değerleri verilmektedir. Kurutma yatağı çıkış çamurlarının toplam fosfor değerlerinin aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.12’ de gösterilmektedir.

Tablo 4.12 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Fosfor Değerleri

Aylar	Toplam Fosfor (mg/kg Kuru Katı Madde)
Ocak	943
Şubat	441
Mart	462
Nisan	1.026
Mayıs	1.000
Haziran	1.048
Temmuz	1.085
Ağustos	885
Eylül	1.039
Ekim	826
Kasım	590
Aralık	444



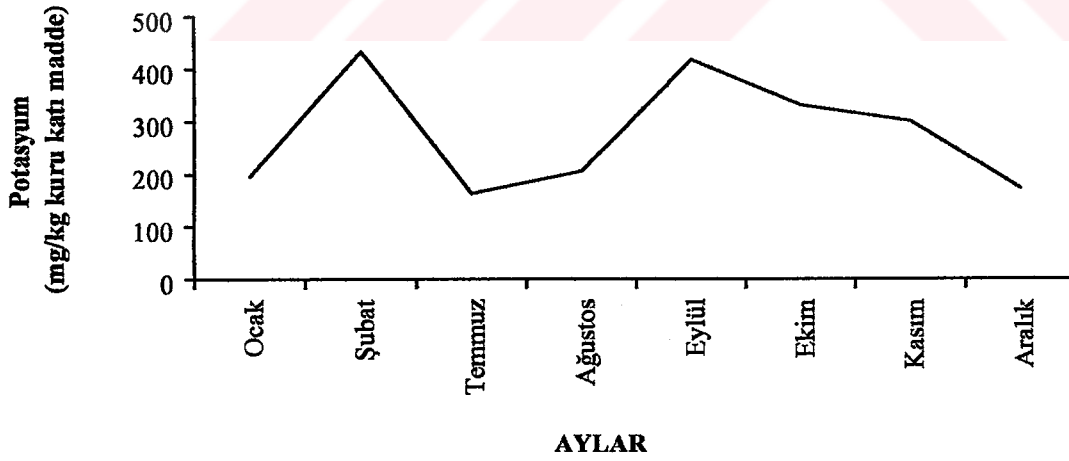
Şekil 4.12 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun Fosfor Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

4.9. Potasyum

Kurutma yatağı çıkış çamurunda aylara bağlı olarak değişim gösteren potasyumun en düşük değeri 163,07 mg/kg kuru katı madde ile Temmuz ayında, en yüksek değeri ise 433,45 mg/kg kuru katı madde ile Şubat ayında görülmüştür. Tablo 4.13’de diğer aylardaki potasyum değerleri de verilmektedir. Potasyumun analiz yapılan aylara göre değişimi Şekil 4.13’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.13 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Potasyum Değerleri

Aylar	Potasyum (mg/kg Kuru Katı Madde)
Ocak	195,77
Şubat	433,45
Temmuz	163,07
Ağustos	205,95
Eylül	417,39
Ekim	330,92
Kasım	300,11
Aralık	172,81



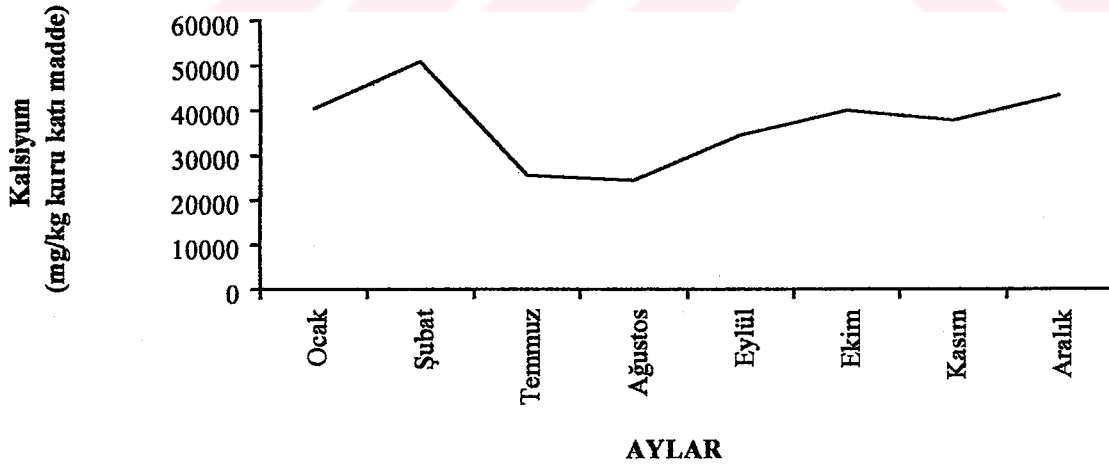
Şekil 4.13 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Potasyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi

4.10. Kalsiyum

Kurutma yatağı çıkış çamurunda aylara bağlı olarak değişim gösteren kalsiyumun en düşük değeri 24.414,9 mg/kg kuru katı madde ile Ağustos ayında, en yüksek değeri ise 50.925,9 mg/kg kuru katı madde ile Şubat ayında görülmüştür. Tablo 4.14’de diğer aylardaki kalsiyum değerleri de verilmektedir. Kalsiyumun analiz yapılan aylara göre değişimi Şekil 4.14’de gösterilmiştir.

Tablo 4.14 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Kalsiyum Değerleri

Aylar	Kalsiyum (mg/kg Kuru Katı Madde)
Ocak	40.432,1
Şubat	50.925,9
Temmuz	25.552,3
Ağustos	24.414,9
Eylül	34.444,4
Ekim	40.000,0
Kasım	37.777,8
Aralık	43.318,5



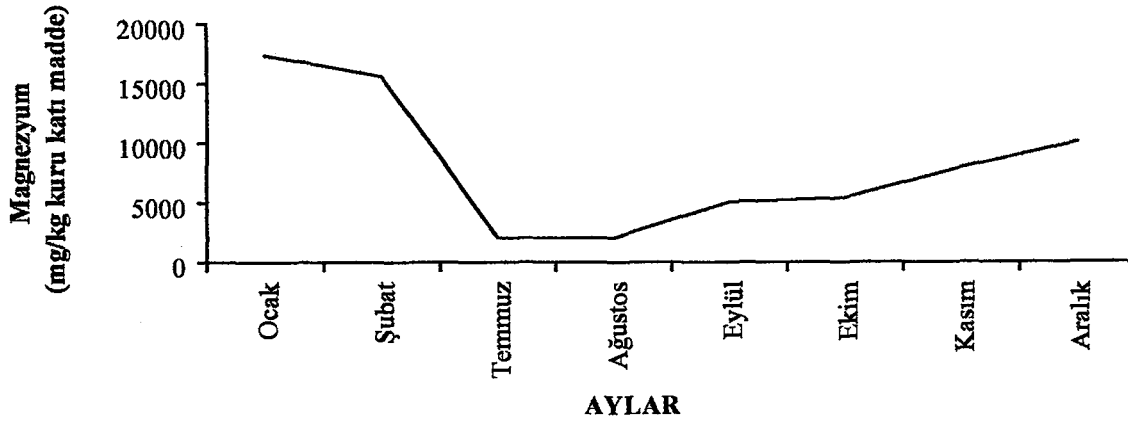
Şekil 4.14 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Kalsiyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi

4.11. Magnezyum

Magnezyum, kalsiyuma paralel olarak artış veya azalış göstermektedir. Arıtma çamurlarının toprak uygulamalarında bitki gelişimi için magnezyum önem arz eder. Çalışmanın yapıldığı aylarda en yüksek magnezyum değeri 17.375,9 mg/kg kuru katı madde ile Ocak ayında, en düşük magnezyum değeri ise 2.044,4 mg/kg kuru katı madde ile Ağustos ayında görülmüştür. Tablo 4.15’de diğer aylardaki magnezyum değerleri verilmektedir. Magnezyumun aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4.15’ de gösterilmektedir.

Tablo 4.15 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Magnezyum Değerleri

Aylar	Magnezyum (mg/kg kuru katı madde)
Ocak	17.375,9
Şubat	15.602,8
Temmuz	2.048,9
Ağustos	2.044,4
Eylül	5.075,0
Ekim	5.375,0
Kasım	7.916,7
Aralık	10.035,5



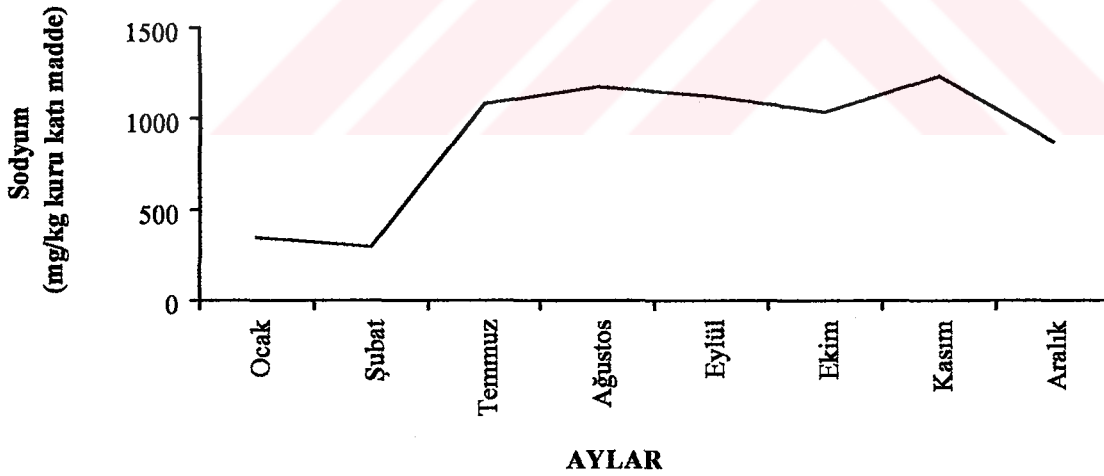
Şekil 4.15 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Magnezyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi

4.12. Sodyum

Kurutma yatağı çıkış çamurunda aylara bağlı olarak değişim gösteren sodyumun en düşük değeri 294,49 mg/kg kuru katı madde ile Şubat ayında, en yüksek değeri ise 1.233,18 mg/kg kuru katı madde ile Kasım ayında görülmüştür. Tablo 4.16’da diğer aylardaki sodyum değerleri görülmektedir. Sodyumun aylara göre değişimi ise Şekil 4.16’ da gösterilmektedir.

Tablo 4.16 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Sodyum Değerleri

Aylar	Sodyum (mg/kg kuru katı madde)
Ocak	349,07
Şubat	294,49
Temmuz	1.082,61
Ağustos	1.178,47
Eylül	1.123,70
Ekim	1.036,25
Kasım	1.233,18
Aralık	871,08



Şekil 4.16 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Sodyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi

4.13. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sodyumun bulunduğu ortamda sebep olduğu tehlikeler, toprağın sodyum adsorbsiyon oranı ile tariflenir. Bu oran;

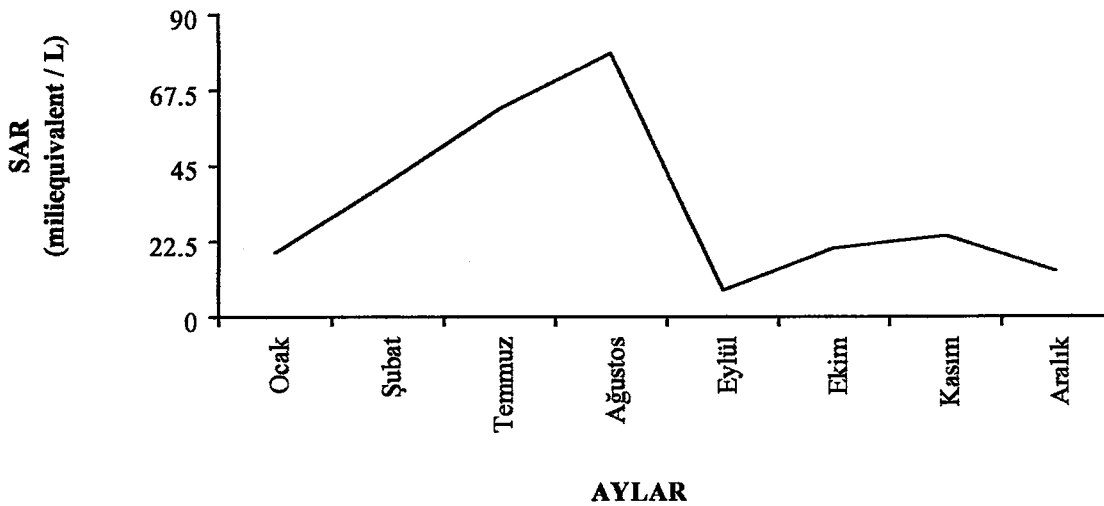
$$SAR = Na^+ / \{ (Ca^{+2} + Mg^{+2})/2 \}^{1/2}$$

şeklinde ifade edilir.

Kurutma yatağı çıkış çamurunda aylara bağlı olarak değişim gösteren SAR' ın en düşük değeri Eylül ayı için 8,00 miliequivalent/L, en yüksek değeri ise Ağustos ayı için 78,46 miliequivalent/L olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.17'de diğer aylardaki SAR değerleri verilmektedir. SAR' ın aylara göre değişimi Şekil 4.17' de gösterilmektedir.

Tablo 4.17 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının SAR Değerleri

Aylar	SAR (miliequivalent/L)
Ocak	19,27
Şubat	39,97
Temmuz	61,94
Ağustos	78,46
Eylül	8,00
Ekim	20,48
Kasım	24,11
Aralık	13,76



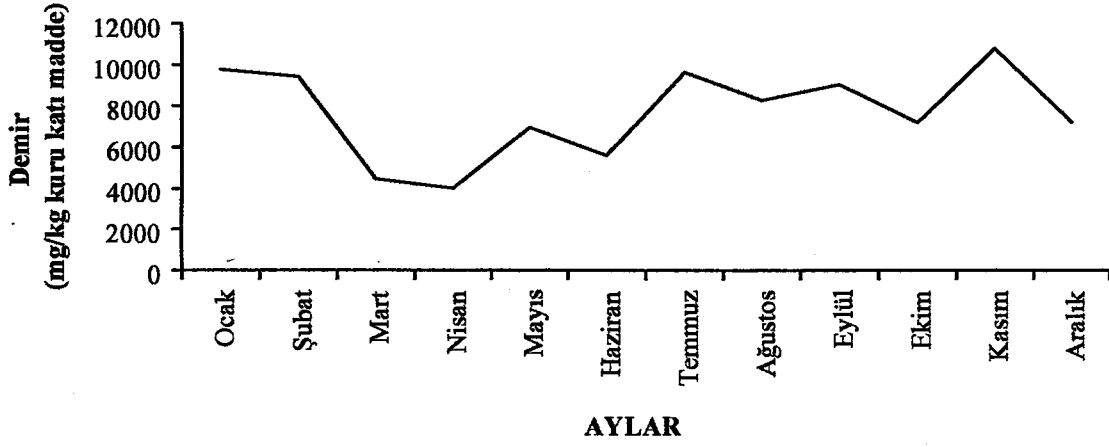
Şekil 4.17 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)' nın Aylara Göre Değişimi

4.14. Ağır Metaller

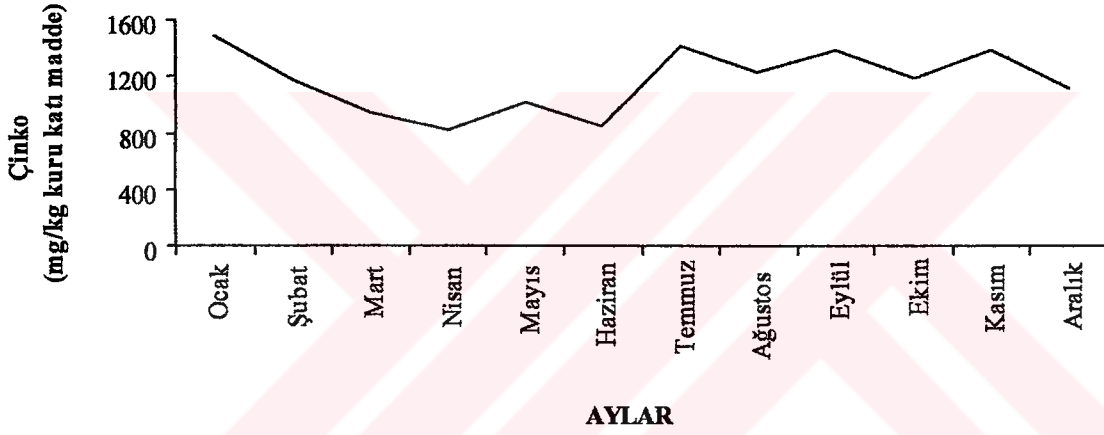
Kurutma yatağı çıkış çamurlarında, ağır metallerden olan demir, çinko, mangan, krom, bakır, nikel, kurşun, kobalt, kadmiyum ve civa analizleri yapılmıştır. Civa analiz değerleri sıfır olarak okunmuştur. Tablo 4.18’de ağır metallerin aylık değerleri görülmektedir. Şekil 4.18’de Demir, Şekil 4.19’da Çinko, Şekil 4.20’de Mangan, Şekil 4.21’de Krom, Şekil 4.22’de Bakır, Şekil 4.23’de Nikel, Şekil 4.24’de Kurşun, Şekil 4.25’de Kobalt ve Şekil 4.26’da Kadmiyum değerlerinin aylara göre değişimi gösterilmektedir.

Tablo 4.18 Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Kademesinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Ağır Metal Değerleri

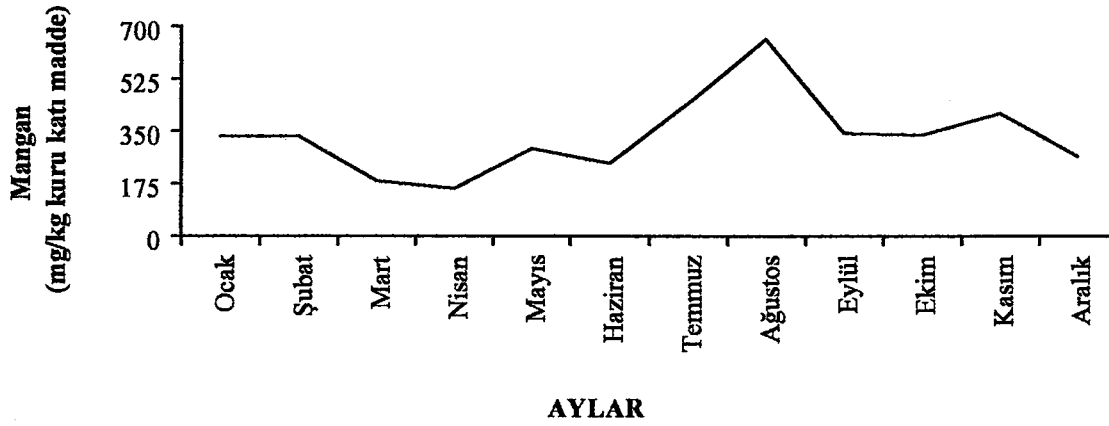
Aylar	Fe	Zn	Mn	Cr	Cu	Ni	Pb	Co	Cd
Ocak	9.777,8	1.481,9	333,3	105,3	298,9	90,11	71,43	15,07	6,36
Şubat	9.444,4	1.173,9	333,3	103,5	265,6	87,50	66,67	13,09	6,97
Mart	4.444,4	955,6	182,5	30,8	118,1	31,10	31,80	13,33	1,54
Nisan	4.000,0	822,2	157,5	38,5	107,6	42,22	34,99	11,11	1,54
Mayıs	6.960,8	1.013,1	291,9	15,0	139,7	73,33	62,46	11,67	1,96
Haziran	5.588,2	849,7	2.432,0	15,0	144,2	44,44	51,75	10,00	2,48
Temmuz	9.645,5	1.416,7	443,8	167,5	156,3	80,19	81,70	11,67	2,22
Ağustos	8.299,7	1.226,2	656,3	149,0	156,3	64,95	68,63	11,11	2,67
Eylül	9.057,2	1.387,7	343,8	136,6	311,9	74,48	84,81	12,04	5,69
Ekim	7.192,9	1.187,7	336,3	73,0	304,0	45,00	77,43	8,69	6,12
Kasım	10.789,5	1.387,7	409,2	98,4	319,9	111,67	77,43	11,59	7,65
Aralık	7.222,2	1.115,8	266,7	77,2	276,7	45,83	57,14	0,1	6,36



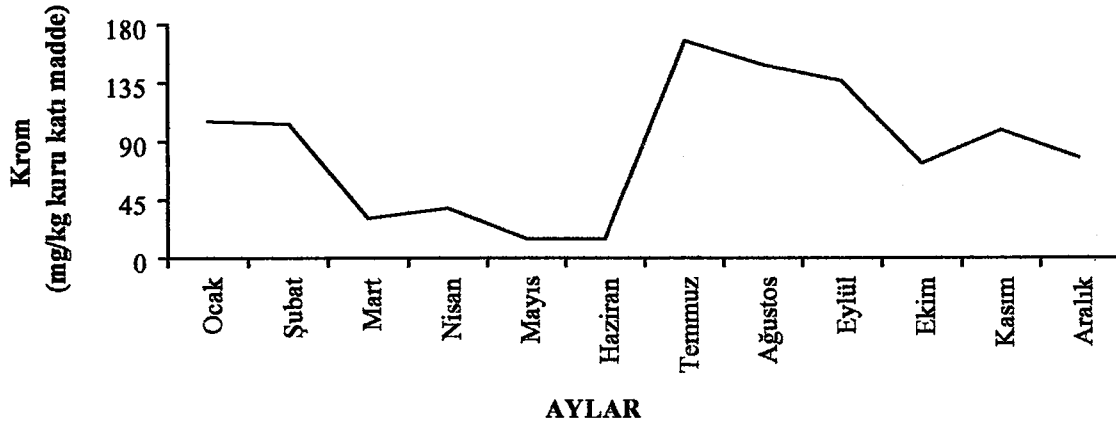
Şekil 4.18 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Demir Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



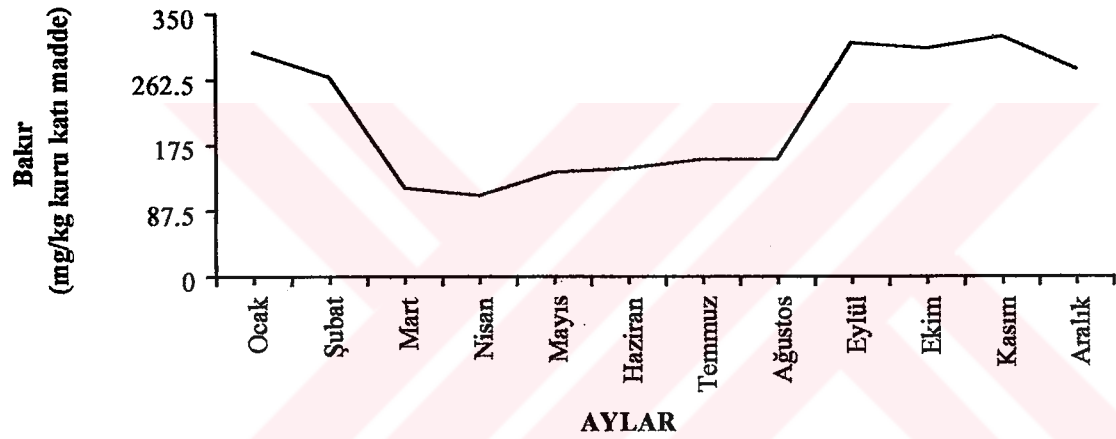
Şekil 4.19 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Çinko Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



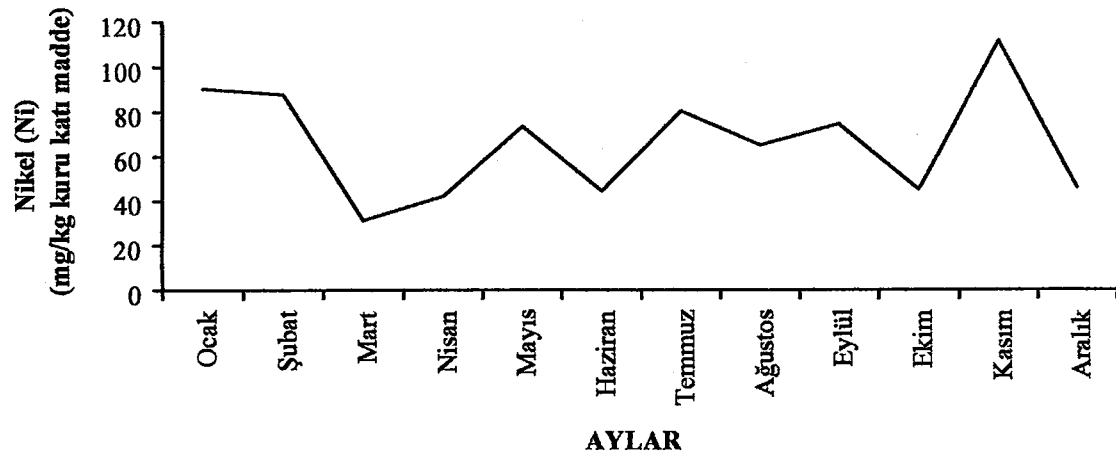
Şekil 4.20 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Mangan Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



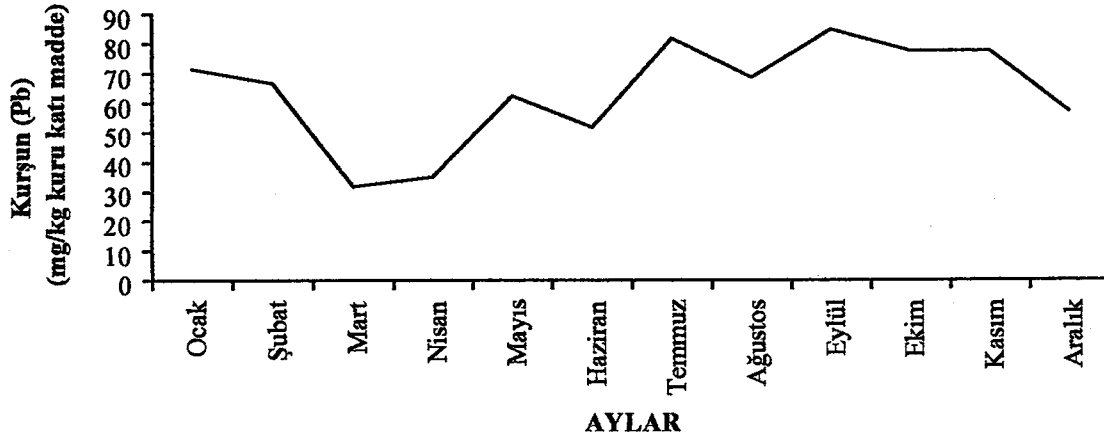
Şekil 4.21 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Krom Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



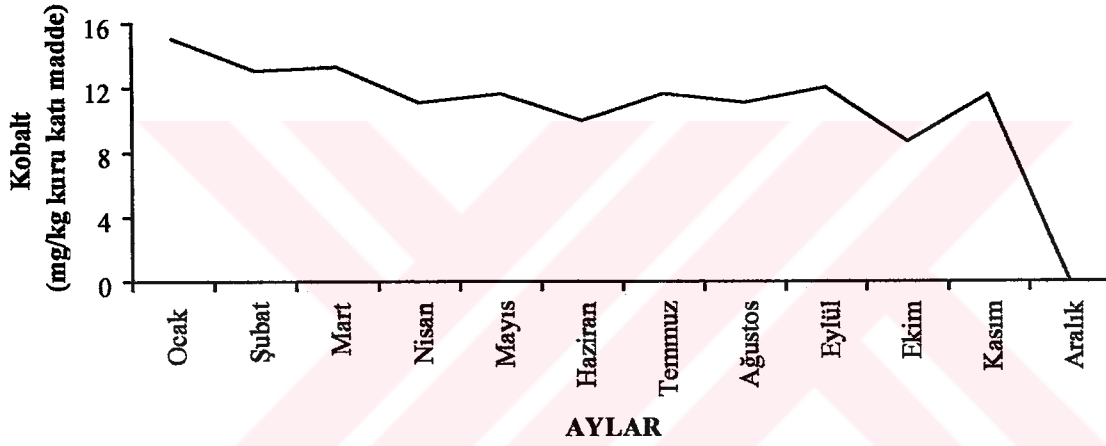
Şekil 4.22 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Bakır Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



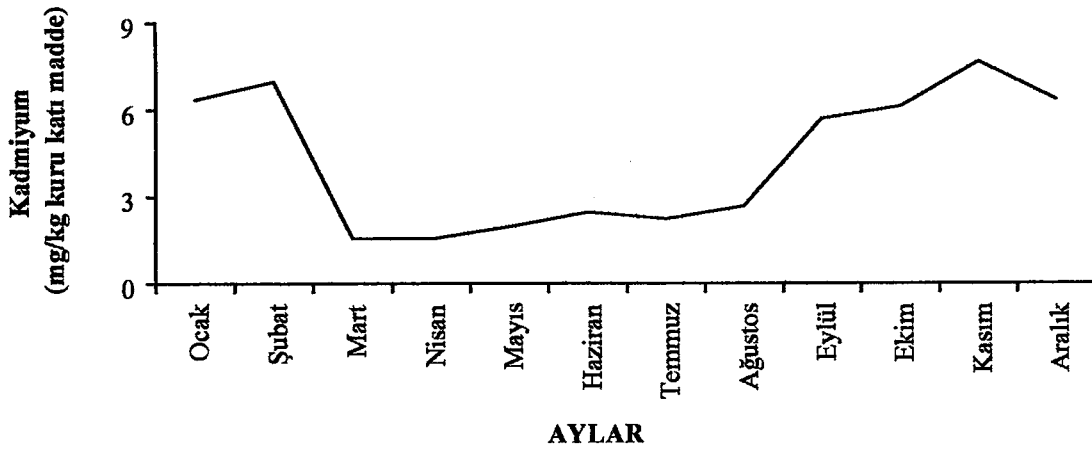
Şekil 4.23 Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Nikel Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



Şekil 4.24. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Kurşun Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



Şekil 4.25. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Kobalt Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi



Şekil 4.26. Elazığ Kenti Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurlarındaki Kadmiyum Konsantrasyonunun Aylara Göre Değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Arıtma tesisine atıksu giriş debileriyle giren biyolojik kirlilik yükleri aylık olarak değişim gösterebilirler. Çünkü mevsimsel olarak suların kullanım alanları farklılaşmakta ve miktarları da artış veya azalış gösterebilmektedir. Netice olarak arıtma tesisine giren kirlilik yüklerinde de değişimler gözlenebilmektedir. Bu durum ise tesiste meydana gelen arıtma çamurlarının karakteristiklerine etki eden toplam katı madde miktarlarını değiştirmekle beraber muhtevalarını da değiştirebilir. Bununla birlikte arıtma tesisinin ilgili kademelerindeki bekleme sürelerinin kısalığı veya uzunluğu, havalandırma işlemlerinin yapılışı veya yapılmayışı, arıtma çamurlarının temelde karakterlerine etki eden mikroorganizmaların ortamdaki varlığı ve arıtım için ihtiyaç duydukları elementlerin mevcut oluşu veya olmayışı gibi temel faktörlerden dolayı arıtma çamuru karakteristikleri zaman içinde değişkenlik göstermektedir. Bu gibi sebeplerden dolayı bu olaya çözülmesi gereken çok bilinmeyenli bir denklem olarak bakılması gerekebilir.

Tchobanoglous ve Burton'un 1991'deki araştırmalarına göre ön çökeltim havuzu çamurunun pH değeri 5,0-8,0 arasındadır. Yaptığımız çalışmada ise, bu değerleri Aralık ayındaki çamur örneği 8,08 pH değeri ile aşmıştır. Diğer aylarda ise bu aralıktaki değerler görülmüştür.

Her üç kademedeki çamur örneklerinin pH değerleri yağışın artış gösterdiği Şubat, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında düşüş göstermiştir. Yağışla beraber karbondioksit miktarındaki artış asitlerin oluşmasına, bu ise ortamdaki pH değerlerinin düşmesine sebep olabilir.

Arıtma çamurlarının Ocak ve Aralık aylarında yükseliş göstermesi bu aylarda sıcaklığın iyice azalarak mikrobiyal aktivitenin yavaşladığı ve dolayısıyla nitrifikasyon olaylarının yavaşlamasıyla ilgili olabilir. Çünkü nitrate oksitlenemeyen amonyak miktarları bu aylarda artış gösterebilir, amonyak ise ortamın pH'ını yükseltir.

Aynı aylarda hem oluşan asitlerin etkisi hem de amonyanın etkisi ile pH değerlerinde değişiklikler görülebilir.

pH'ın Kasım ayında düşük değer alması, çamur uygulamalarında ortamdaki metal tuzlarının çözülerek metal birikmelerine sebep olabilir. Bu ise uzun süreli uygulamalarda besin zincirinde sınır değerleri aşmasına ve toksik etkilerin ortaya çıkmasına sebep olabilir

Toplam katı madde değerleri ve askıda katı madde değerleri her üç kademe çamurlarında birbirlerine paralel olarak düşüş veya yükseliş göstermemektedir. Bunun sebebi ilgili kademelerde yeterli çökelme için bekleme sürelerinin kısıtlılığı olabilir. Bu ise arıtma tesisine proje değerlerinden yüksek oranda debinin gelmesi ve tesisteki ilgili vanaların arızalı olmasından kaynaklanabilir. İlgili aylarda sıcaklığın, toplam katı madde oranını, hem su muhtevasını azaltmasından hem de çökeltmeyi hızlandırmasından dolayı artırması beklenirken, çökeltme için ilgili kademelerde bekleme sürelerinin kısa olabilirliği, vanaların arızalı olabilirliği, tesis giriş suyu debilerinin periyodik olarak sisteme alınamayabilirliği, tesise gönderilen atıksuların kirlilik yüklerinin her ayda değişebilirliği, dolayısıyla tesis içindeki mikrobiyal aktivitenin kontrolü ve tesisin ön arıtma kademesinde yer alan ızgara ve kum tutucuların işletme ve bakımından dolayı ortaya çıkabilecek sorunlar ve çamur yoğunlaştırma işlemlerinde bekleme sürelerinden dolayı hem toplam katı madde, hem askıda katı madde hem de uçucu katı madde değerleri ve bunlara bağlı olarak su muhtevaları mevsimsel olarak periyodik olmayan düşüş ve yükselişler göstermektedir.

Uçucu katı madde değerleri analizlenirken çok az bir kısım inorganik madde de ayrışabilir. Fakat bulunan değerler yaklaşık olarak ayrışabilir organik madde miktarlarının göstergesi olarak kullanılabilir. Çamur uygulamalarında bilhassa toprak uygulamalarında bitkiler ihtiyaç duydukları besin elementlerini organik formdayken alamazlar. Bunlar mikrobiyal aktiviteyle inorganik forma dönüştürülüp bitkilerin kullanabileceği hale getirilmelidir. Toprak uygulamalarında mikroorganizmaların ayrıştırabileceği organik madde miktarı kapasitesinden yüksek uçucu katı madde değerli çamurlar uygulanırsa yer altı suyu kirliliğine ve toprağın bazı fiziksel özelliklerinin değişimine sebep olabilir.

Su muhtevaları çok yüksek olan ön çökeltim çamuru, son çökeltim çamuru ve kurutma yatağı giriş çamuru, toprak uygulamalarında gübre olarak kullanılırken, sulama amaçlı olarak tarımda kullanılabilir. Fakat kurutma yatağı giriş çamuru hariç diğer çamurların işlenmemiş olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Çünkü bunlar uygulandığı ortamda koku ve patojen kirliliğine sebep olabilir. Su muhtevalarının sıcak aylarda düşüş göstermesi gerekirken, çamur yoğunlaştırma havuzunda bekleme süresinde yaşanabilecek sorunlardan dolayı Temmuz ayında kurutma yatağı giriş çamuru su muhtevası yüksek çıkmış, Şubat ve Eylül ayı kurutma yatağı

giriş çamuru ise su muhtevası düşük çıkmıştır. Su muhtevalarının yüksek olması mikroorganizma çeşitlerini de büyük oranda artırabilir. Bu ise çamur uygulamalarında çevre kirliliklerine yol açabilir.

Kurutma yatağı çıkış çamurundaki karbon içerikleri, dolayısıyla ayrışabilir organik madde muhtevası toplam çamur miktarına oranla % 17,86 ila % 34,78 arasında düşük değerler almaktadır. Karbonlu bileşikler, ortamdaki organik maddelerin ayrıştırılmasında rol oynayan mikrobiyal aktivitenin kararlı son ürünleridir. Sıcaklıkların artmaya başladığı ve yağmur yağışlarının olduğu Mart ve Nisan aylarında mikrobiyal aktivitenin olması için gerekli olan oksijen miktarının ve ortam sıcaklıklarının sağlanabilirliği göz önüne alındığında bu aylardaki karbon miktarları diğer aylara nazaran yüksek çıkmıştır. Ayrıca havanın bu aylarda yağışlarla ortam pH'ı düşüş göstererek çamurdaki organik madde miktarlarının çözünürlüğü artabilecek ve mikroorganizmaların rahatlıkla ayrıştırabileceği konuma gelebilecektir.

Kurutma yatağı çıkış çamurundaki toplam azot içerikleri, kuru katı madde yüzdesi olarak % 0,20 ila % 0,89 arasında değerler almaktadır. Azot kurutma yatağı çıkış çamurunda organik ve inorganik formda bulunabilir. Aylara bağlı olarak değişen azot değerleri, başta tesise atıksu ile giren kirlilik yükü ile, arıtma tesisindeki aktif çamur ve çamur çürütme kademelerindeki mikrobiyal aktivite ile, ortam sıcaklığı ve yağış oranlarına göre orantılı olarak düşüş ve yükseliş gösterebilirler. Ayrıca tesisin ilgili kademelerindeki bekleme sürelerinin periyodik olarak uygulanmayışı, tesis çıkış atığı olan çamurun azot değerlerinin aylık olarak düşüş ve yükselişine sebep olabilir.

Çamur uygulamalarında, bilhassa toprak iyileştirme ve gübre olarak kullanımında karbon ve azot değerleri, uygulanacak ortamın ihtiyacına göre verilmelidir. Çamurun bu değerlerinin önceden tespit edilmesine, sonradan oluşabilecek kirlilik sorunlarına önlem alınması açısından bakılabilir.

Ön çökeltim havuzu ve son çökeltim havuzu çamurlarının amonyak azotu değerleri aylara bağlı olarak değişim göstermektedir. Amonyak azotunun sonbahar ve kış aylarında, yaz aylarına nazaran yüksek değerler alması, mevcut oksijen eksikliğinden dolayı nitratin indirgenerek ortamda nitrit ve amonyak oluşumuna meydan vermesinden kaynaklanabilir. Ön çökeltim havuzu çamurlarının amonyak konsantrasyonlarının son çökeltim havuzu amonyak

konsantrasyonlarından yüksek olması da aynı sebeplerden kaynaklanabilir.

Ön çökeltim havuzu çamurunda nitrat değerleri aynı kademedeki organik maddelerin ayrışabilip ayrışamadığının göstergesi olarak kullanılabilir. Ortamda bulunan azot bileşiklerinin nitrata okside olabilmesi, ortamda nitrifikasyonu gerçekleştirecek bakterilerin aktivitelerine bağlıdır. Bu aktiviteleri etkileyen başlıca unsurlardan ikisi; oksijen ihtiyacının karşılanması ve uygun sıcaklık olarak sayılabilir. Mayıs ayındaki nitrat azotunun diğer aylara göre oldukça yüksek değerler alması her iki unsurun da optimum seviyede olduğunun göstergesi olarak kullanılabilir. Bunun yanı sıra Haziran ayı değerlerinin birden düşmesi, oksidasyon için ortamdaki oksijenin yeterli olmadığının göstergesi olarak kullanılabilir. Diğer aylardaki düşüş ve yükseliş de bu iki unsura göre tanımlanabilir.

Nitrit, azot bileşiklerinin oksidasyonunda ara ürün olduğu için, kararsız olup kolaylıkla nitrata dönüşebilmektedir. Bundan dolayı nitrit azotu değerlerine nisbeten ehemmiyetsiz olarak bakılabilir.

Toplam kjeldahl azotu, arıtma çamurunda bulunan organik azot ile amonyak azotunun toplamından meydana gelmektedir. Ön çökeltim havuzu çamurlarındaki amonyak azotu değerleri toplam kjeldahl azotu değerlerinden matematiksel olarak çıkarıldığında bulunan organik azot değerleri, havalar ısındıkça organik azot miktarlarının yüksek değerler aldığı görülmektedir. Organik azot, mikroorganizmalar tarafından kararlı son ürünler haline getirilmemiştir. Bu ise sıcaklıkların artmasıyla, suyu çamurda mikrobiyal aktivite için gerekli olan çözünmüş oksijen miktarının azalmasından kaynaklanabilir. Son çökeltim havuzu çamurlarında hesaplanan organik azot değerlerindeki aylık değişimler, ön çökeltim havuzu çamuru organik azotundaki aylık değişimlere göre normal seyrinde gitmesi, aktif çamur sistemindeki periyodik mikrobiyal aktivitelerin periyodik olarak organik azotları parçalamasından kaynaklanabilir. Toplam kjeldahl azotu değerleriyle hesaplanan organik azot miktarları çamur uygulamalarında bilhassa toprak iyileştirme ve tarımsal kullanımda büyük önem arz etmektedir.

Kurutma yatağı çıkış çamurlarındaki fosfor miktarı, azot miktarıyla şöyle bir paralellik arz ettiği görülmüştür. EPA'nın 1984'teki araştırmalarına göre; arıtma çamurlarının genelinde fosfor miktarı, azot miktarının yarısından daha az değerler almaktadır. Yaptığımız çalışmada da

fosfor miktarları, analiz yapılan ayların genelinde azot miktarlarının yarısından daha düşük değerler almıştır.

Azot, karbon ve diğer azot formlarında aylık değişimlerin meydana gelme sebepleri fosfor için de geçerli olabilir. Çünkü fosfor, ortamda ya organik ya da inorganik formda bulunabilmekte ve mikrobiyal besin zincirinin temel unsurlarından biri olarak yer almaktadır.

Potasyum, azot ve fosfor temel besin elementleri gibi organik ve inorganik formda bulunabilir. Potasyum, azot ve fosfor değerlerine göre düşük değerler almaktadır. Fakat çamurun tarımsal uygulamalarında bitki ihtiyacı olan potasyum miktarını karşılayabilir.

Potasyum değerlerinin kurutma yatağı çıkış çamurunda aylara bağlı olarak değişim göstermesi çamurun katyon değiştirme kapasitesinin düşüş ve yükseliş göstermesinden kaynaklanabilir. Bu ise çamurdaki organik madde miktarıyla, dolayısıyla mevsimsel değişimlerin mikrobiyal aktivitesiyle ilgilidir. Çünkü organik maddelerin ayrışma durumu söz konusudur.

Kalsiyum ve magnezyum muhtevası ilgili aylarda sodyum muhtevasından yüksek değerler almaktadır. Bu ise tarımsal uygulamalarda sodyumun zehirlilik etkisinin önüne geçebilir. Çünkü kalsiyum ve magnezyumun, aşırı orandaki sodyumun zehirlilik etkisini önleme kabiliyeti vardır. Bunun ifadesi olarak sodyum absorpsiyon oranları (SAR) hesaplanarak kullanılabilir.

Tablo 2.11 'deki Avrupa Topluluğu ülkelerindeki ağır metal sınırlamalarına göre ağır metal değerleri mevsimsel olarak standartlara uygun konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir.

Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı'nın tespit ettiği arazi ve laboratuvar çalışmalarına göre, bitki ve toprak canlıları için gerekli olan ortalama çamur ağır metal konsantrasyon limitlerine de genellikle uygun olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma yatağı çıkış çamuru örneklerinden analiz edilen ağır metal konsantrasyonları, Türkiye 'de ve 1 Nisan 1983 tarihli Alman Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğindeki limit değerlerin altında çıktığı tespit edilmiştir.

Birleşmiş Milletler ve Alman Katı Atık kontrol yönetmeliğine göre uygunluğunun ortaya çıkarılması, bundan sonra yapılacak çalışmalara yeni pazarlar sağlayabilir.

Demir muhtevası ve mangan muhtevası birbirleriyle paralellik arz etmektedir. Arıtma

çamurunda demir muhtevasının azalmasıyla mangan muhtevası azalabilir. Demir muhtevasının artmasıyla ise mangan muhtevası artabilir.

Ön çökeltim, son çökeltim ve kurutma yatağı giriş çamurlarının katı madde muhtevasını stabil hale getirmek için ilk olarak tesise giren atıksuların asıl kaynaklarında, tesis giriş standartlarını sağlayacak bir ön arıtmadan geçirilmesi gerekmektedir.

İkinci olarak tesisin veriminin projenin hedeflerine ulaşması için gerekli işletme ve bakımın mevsimsel olarak yapılması gerekir.

Ayrıca iklim şartlarından en önemlilerinden olan sıcaklık ve yağışın, katı madde muhtevası üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.

Arıtma çamurlarının katı madde muhtevaları ne kadar düşük olsa da uygulandığı toprağın özelliklerine göre toprak şartlandırıcısı olarak poroziteyi, geçirgenliği, havalandırmayı artıracak gözden kaçırılmamalıdır.

Arıtma çamurlarının nihai bertarafında, çok sulu olan ön çökeltim, son çökeltim ve kurutma yatağı giriş çamurları arazi sulama kaynağı olarak düşünülebilir. Fakat bunun yanında koku ve mikroorganizmaların çoğalması ve beraberinde getirecekleri sorunlar da düşünülmelidir.

Arıtma çamurlarının temel bitki besin elementleri olan azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K)'un her biri bitkiye faydalı ve faydasız olmak üzere iki kısma ayrılır. Bununla ilgili yapılacak çalışmaların da mevsimsel olarak gerçekleştirilmesi gerekir. Çünkü bu elementler zaman içinde çeşitli formlarda bulunabilir.

Ağır metal konsantrasyonları standartlara uymasına rağmen sürekli toprağa verildiği takdirde bu metaller uzun süreli birikmelerle, besin zincirine bitkiler aracılığıyla girip toksik etkilere sebep olabilecektir. Bu etkinin önceden bilinmesi için, hektar başına bir yılda ne kadar metal birikim olacağı hesaplanmalıdır. Ayrıca arıtma çamuru uygulanan toprağın kullanabileceği ve kullanamayacağı madde miktarlarının da göz önünde bulundurulması gerekir.

Arıtma çamurlarının gerek toprak düzenleyicisi gerekse gübre olarak kullanılmasında en önemli husus, çamurun, toprakların doğal yapıları ve bitkisel üretim üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaması olmalıdır.

Tarım arazilerine verilmesi düşünölen çamurların, ağır metal içeriği, TKM, AKM, UKM, pH ve sıcaklıkları yönünden toprağa yapacağı fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkiler kesinlikle göz ardı edilmemeli ve gerekli değerlendirmeler, sınır değerler baz alınarak yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

- Akça, L., Çitil, E. ve Tüfekçi, N., 1996, Arıtma Çamurlarının Tarım Alanlarında Değerlendirilmesi, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, Mersin, 35-43s.
- Anonim, 1983, Process Design Manual, Land Application of Municipal Sludge, U.S. Enviromental Protection Agency Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio, 625/1-83-016, 432p.
- Anonim, 1984, Use and Disposal of Municipal Wastewater Sludge, U.S. Enviromental Protection Agency Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio, 625/10-84-003, 386p.
- Anonim, 1996, Land Application of Biossolids Process Design Manual, U.S. Enviromental Protection Agency Center for Enviromental Research Information, Cincinnati, Ohio, 625/1-96-011.
- Anonymous, 1995, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19 th Edition, American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- Aral, N., 1990, Arıtma Çamurlarının Tasfiyesinde Arazide Kullanılma İmkanları, İ.T.Ü. 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu (24-26 Eylül 1990), İstanbul, 118.
- Awwa, Apha, Wpcf, 1989, Standart Methods for Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, U.S.A.
- Bradshaw, A.D., 1983, The Reconstruction of Ecosystems, Applied Ecology, 20, 1-17p.

- Bremner, J.M., 1965, Organic Forms of Nitrogen, Methods of Soil Analysis (Black, C.A. at all 1965) Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Soc. Of Agronomy Inc. Publisher, 85, 1238-1255p.
- Byrom, K.L., and Bradshaw, A.D., 1989, The Potential Value of Sewage Sludge in Land Reclamation, Alternative Uses for Sewage Sludge Conference Proceedings (5-7 September 1989), U.K., 1-19.
- Cohen, D.B., Bryant, D.N., 1979, Land Application of Chemical Sewage sludge- Lysimeter Studies, First European Symposium Treatment and Use of sewage Sludge Proceedings (13-15 February 1979), Cadarache, 108-138.
- Dere, T., 2002., Arıtma Çamurlarını-Kalite Kapsamında-Organik Madde, Nutrient ve Diğer Metal İçerikleri, Yüksek Lisans Semineri, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Eckenfelder, W.W., 1997, Developing Industrial Water Pollution Control Programs, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, USA, 247-259p.
- Environmental Protection Agency (EPA), 1984, Environmental Regulations and Technology; Use and Disposal of Municipal Wastewater Sludge, Washington.
- Filibeli, A., 1998, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 254s.
- Guidi, G., 1980, Relationships Between Organic Matter of Sewage Sludge and Physico-Chemical Properties of Soil. Characterization, Treatment and Use of Sewage Proceedings of The Second, European Symposium (21-23 October 1980), Vienna, 530-544.
- İller Bankası, 1993, Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi İşletme Talimatnamesi Aktif Çamur Sistemi, Elazığ.

- İpek, U., Öbek, E., Çınarcı, B., Tatlı, P. Ve Hasar, H., 2001, Elazığ Evsel Atıksu Arıtma Çamurlarında Organik Madde İçeriğinin ve C/N Oranının Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16(2), 1-5.
- Kavaklı, M., 1996, Arıtma Çamurlarının Arazide Bertaraf Edilmesi, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu Bildirileri (24-26 Haziran 1996), Bursa,. 779-789.
- Kocaer, F.O., 2000., Farklı Endüstriyel ve Evsel Atıksulardan Kaynaklanan Arıtma Çamurlarının Bitki Besin Elementleri Düzeylerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Kyle, M.A., and McClintock, S.A., 1995, The availability of Phosphorus in Municipal Wastewater Sludge As a Function of The Phosphorus Removal Process and Sludge Treatment Method, Water Environment Research, 67 (3), 282-289.
- Laak, R., 1986, Wastewater Engineering Design for Unsewered Areas. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, USA, 111-118p.
- Larsen, A.B., Funch, F.H., and Hamilton, H.A., 1991, The Use of Fermentation Sludge As a Fertilizer in Agriculture, Water and Science Technology, 24 (12), 33-42.
- Larson, W.E., Susag, R.H., Dowdy, R.H., Clappa, C.E., and Larson, R.E., 1974, Use of Sewage Sludge in Agriculture with Adequate Environmental Safeguards, Sludge Handling and Disposal Seminar Proceedings(18-19 September 1974), Toronto, 27-46.
- Lue-Hing C., Zenz, D.R., and Kuchenrither, R., 1992, Municipal Sewage Sludge Management: Processing, Utilization and Disposal.
- Mc Donald, M.A., Hawkins, B.J., Prescott, C.E., and Kimmins, J.P., 1994, Growth and Foliar Nutrition of Western Red Cedar fertilized with Sewage Sludge, Pulp Sludge, Fish Silage, and Wood Ash on Northern Vancouver Island, Canadian Journal of Forest Research, 24 (2), 297-301.

- Mc Farland, M.J., 2000, Biosolids Engineering, McGraw-Hill Publishing, New York, 2.9-2.27p
- Moffat, A.J., and Bird D., 1989, The Potential for Using Sewage Sludge in Forestry, in England and Wales Forestry, 62 (8), 1-17.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean L.A., 1954, Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, U.S. Dept. Of Agric. Cric., 939p.
- Pagliai, M., and Guidi, G., 1980, Prosimy and Pore Size Distribution in a Field Test Following Sludge and Compost Application, Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge, Proceedings of The Second European Symposium (21-23 October 1980), Vienna, 545-552.
- Pedreno, J.N., Gomez, M.I.R., and Mataix, J., 1996, Improving the Agricultural Value of a Semi-Arid Soil by Addition of Sewage Sludge and Almond Residue, Agriculture, Ecosystems and Environment, 58, 115-119.
- Phillips, V.R., Kirkpatrick, N., Scottford, I.M., White, R.P., and Burton, R.G.O., 1997, The Use of Paper-Mill Sludges on Agricultural Land, Bioresource Technology, 60 (1), 73-80.
- Rhyner, C.R., Schwartz, L.J., Wenger, R.B., and Kohrell, M.G., 1995, Waste Management and Resource Recovery, CRC Press, Inc., Florida, USA, 199-361p.
- Resmi Gazete, 1991, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. 14 Mart 1991, Sayı:20814.
- Sabey, B.R., 1980, The Use of Sludge as a Fertilizer M.W.M. Bewick (Editor), Handbook of Organic Waste Conversion, Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA, 72-104p.
- Sabey, B.R., Pendleton, R.L., and Webb, B.L., 1990, Effect of Municipal Sewage Sludge Application on Growth of Two Reclamation Shrub Species in Copper Mine Spoils, J. Environ. Qual., 19, 580-586.

- Sommers, L.E., Nelson, D.W., and Yost, K.J., 1976, Variable Nature of The Chemical Composition of The Chemical Composition of The Sewage Sludge, Journal of Environmental Quality, 5, 303-306.
- Schmidtke, N.W., 1980, Sludge Generation, Handling and Disposal at Phosphorus Control Facilities in Ontario. Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge, Proceedings of the secont European Symposium (21-23 October 1980), Vienna, 190-225.
- Spellman, F.R., 1997, Wastewater Biosolids to Compost, Techonomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A., 243p.
- Tchobanoglous, G., and Burton, F.L., 1991, Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse, Metcalf&Eddy Inc, USA, 765-927p.
- Tolay, M., Arhan, Y., Söğüt, N. ve Öztürk, İ., 1996, Aerobik Arıtma Çamurlarından Tarımsal Kompost Üretimi, İTÜ 5. Endüstriyel kirlenme Kontrolü Sempozyumu Bildirisi (25-27 Eylül 1996), İstanbul, 113-121.
- Turalıoğlu, F.S. ve Acar, F.N., 1996, Çeşitli Atıkların Toprak Ortamına Etkileri Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu. Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, Mersin, 52-65s.
- Vesilind, P.A., 1979, Treatment and Disposal of Wastewater Sludges, Ann Arbor Sciences, Michigan, USA, 265-289, 1-37p.
- Vesilind, P.A., Hartman, G.C., and Skene, E.T., 1986, Sludge Management & Disposal For The Paracticing Engineer. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan, USA, 63-73p.
- Verdonck, O., De Vleeschauwer, D., and De Boodt, M., 1980, The Use of Sludge in Horticulture and Agriculture, Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge,

Proceedings of the second European Symposium (21-23 October 1980), Vienna, 569-578.

Williams, J.H., 1979, Utilization of Sewage Sludge and Other Organic Manures on Agricultural Land, Treatment and Use of Sewage Sludge Proceedings The First European Symposium (3-15 February 1979), Cadarache, 227-242.



ÖZGEÇMİŞ

31/03/1976 Malatya doğumlu olup ilk orta ve lise tahsilini Malatya da tamamladı. 1992 yılında Gaziantep Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne kayıt yaptırdı. 1992-1993 eğitim öğretim yılında Gaziantep Üniversitesi İnşaat Mühendisliği İngilizce hazırlık sınıfını okudu.100'lük not sistemine göre 73 not ortalaması ile hazırlık sınıfını geçti. 1997 yılında Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazandı. Aynı yıl 21.08.1997 de Gaziantep Üniversitesi ile ilişkisini kesti. 13/06/2001 tarihinde Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Teknolojisi Ana Bilim Dalında yüksek lisans yapmaya başladı.



EKLER

EK 1. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltme Havuzu Çamurunun 2003 yılı Mevsimsel Analiz Sonuçları

Aylar	pH	AKM (mg/L)	AKM (TKM %’si)	TKM (mg/L)	KM* %	UKM (mg/L)	UKM (TKM %’si)	Sıcaklık (°C)	Nem Oranı (%)	NH ₃ -N (mg/L)	TKN (mg/L)
Ocak	7,81	290	15,93	1.820	0,182	1.060	58,24	14,3	98,818	38,11	66,08
Şubat	7,51	3.720	100,00	3.720	0,372	2.360	63,44	13,1	99,628	48,59	73,36
Temmuz	7,11	3.610	85,14	4.240	0,424	2.480	58,49	22,7	99,576	32,95	81,76
Ağustos	7,60	2.820	71,21	3.960	0,396	1.970	49,74	22,5	99,604	30,35	86,80
Eylül	7,42	3.040	73,60	4.130	0,413	2.490	60,29	21,9	99,587	43,25	72,24
Ekim	7,45	1.420	71,71	1.980	0,198	1.130	57,07	20,9	99,802	48,91	57,54
Kasım	6,21	3.000	44,44	6.750	0,675	4.760	70,51	17,5	99,325	49,38	57,68
Aralık	8,08	700	57,85	1.210	0,121	660	54,54	12,8	99,879	48,50	57,12

* Çamur yoğunluğu 1 g/cm³ kabul edilmiştir.

EK 2. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Ön Çökeltme Havuzu Çamurunun 2003 yılı Nitrat ve Nitrit Azotu Mevsimsel Analiz Sonuçları

Aylar	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)
Ocak	0,09	4,30
Şubat	0,07	8,60
Mart	0,24	3,03
Nisan	0,32	4,34
Mayıs	0,69	10,06
Haziran	0,05	3,96

EK 3. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Son Çökeltme Havuzu Çamurunun 2003 yılı Mevsimsel Analiz Sonuçları

Aylar	pH	AKM (mg/L)	AKM (TKM %’si)	TKM (mg/L)	KM* %	UKM (mg/L)	UKM (TKM %’si)	Sıcaklık (°C)	Nem Oranı (%)	NH ₃ -N (mg/L)	TKN (mg/L)
Ocak	7,64	3.170	80,86	3920	0,392	2.820	71,93	10,8	99,608	33,10	42,00
Şubat	7,70	860	58,90	1420	0,142	810	57,04	11,0	99,858	9,85	14,00
Temmuz	7,59	1.820	83,48	2180	0,218	1.410	64,67	22,2	99,782	13,67	22,40
Ağustos	7,70	2.300	72,32	3180	0,318	2.230	70,12	21,6	99,682	19,95	24,28
Eylül	7,40	1.880	74,90	2510	0,251	1.610	64,14	20,1	99,749	20,30	24,08
Ekim	7,64	2.630	77,58	3390	0,339	2.320	68,43	19,8	99,661	32,00	35,84
Kasım	6,94	2.820	65,88	4280	0,428	3.230	75,46	15,2	99,572	32,36	33,04
Aralık	7,95	1.850	69,81	2650	0,265	1.830	38,08	8,3	99,735	34,39	38,08

EK 4. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Giriş Çamurunun 2003 yılı Mevsimsel Analiz Sonuçları

Aylar	pH	AKM (mg/L)	AKM (TKM %’si)	TKM (mg/L)	KM* %	UKM (mg/L)	UKM (TKM %’si)	Sıcaklık (°C)	Nem Oranı (%)
Ocak	7,77	3.100	88,82	3.490	0,349	2.390	68,48	8,3	99,651
Şubat	7,71	8.760	94,90	9.230	0,923	6.420	69,55	9,7	99,077
Temmuz	7,52	4.114	96,25	4.270	0,427	2.461	57,63	23,1	99,573
Ağustos	7,79	-	-	6.410	0,641	3.800	59,28	21,3	99,359
Eylül	7,56	8.340	97,88	8.520	0,852	5.200	61,03	20,4	99,148
Ekim	7,69	4.500	77,45	5.810	0,581	3.560	61,27	18,6	99,419
Kasım	7,38	3.980	80,56	4.940	0,494	3.460	70,04	13,2	99,506
Aralık	8,23	1.560	79,59	1.960	0,196	1.220	62,24	7,7	99,804

* Çamur yoğunluğu 1 g/cm³ kabul edilmiştir
- ile gösterilen parametreler ölçülmemiştir.

Ek 4. Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi Kurutma Yatağı Çıkış Çamurunun 2003 Yılı Mevsimsel Analiz Sonuçları (mg/kg kuru katı madde)

Aylar	Fe	Zn	Mn	Cr	Cu	Ni	Pb	Co	Cd	Ca	K	Na	Mg	P	N
Ocak	9.777,8	1.481,9	333,3	105,3	298,9	90,11	71,43	15,07	6,36	40.432,1	195,77	349,07	17.375,9	943	2.953,85
Şubat	9.444,4	1.173,9	333,3	103,5	265,6	87,50	66,67	13,09	6,97	50.925,9	433,45	294,49	15.602,8	441	8.903,13
Mart	4.444,4	955,6	182,5	30,8	118,1	31,10	31,80	13,33	1,54	-	-	-	-	462	-
Nisan	4.000,0	822,2	157,5	38,5	107,6	42,22	34,99	11,11	1,54	-	-	-	-	1.026	-
Mayıs	6.960,8	1.013,1	291,9	15,0	139,7	73,33	62,46	11,67	1,96	-	-	-	-	1.000	-
Haziran	5.588,2	849,7	2.432,0	15,0	144,2	44,44	51,75	10,00	2,48	-	-	-	-	1.048	-
Temmuz	9.645,5	1.416,7	443,8	167,5	156,3	80,19	81,70	11,67	2,22	25.552,3	163,07	1.082,61	2.048,9	1.085	2.030,74
Ağustos	8.299,7	1.226,2	656,3	149,0	156,3	64,95	68,63	11,11	2,67	24.414,9	205,95	1.178,47	2.044,4	885	3.261,02
Eylül	9.057,2	1.387,7	343,8	136,6	311,9	74,48	84,81	12,04	5,69	34.444,4	417,39	1.123,70	5.075,0	1.039	7.961,82
Ekim	7.192,9	1.187,7	336,3	73,0	304,0	45,00	77,43	8,69	6,12	40.000,0	330,92	1.036,25	5.375,0	826	6.094,59
Kasım	10.789,5	1.387,7	409,2	98,4	319,9	111,67	77,43	11,59	7,65	37.777,8	300,11	1.233,18	7.916,7	590	5.756,01
Aralık	7.222,2	1.115,8	266,7	77,2	276,7	45,83	57,14	0,1	6,36	43.318,5	172,81	871,08	10.035,5	444	3.164,73