

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADAPAZARI KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ
ÇAMURLARININ GİDERİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Erol TEZCAN

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Recep İLERİ

Mayıs 2007

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADAPAZARI KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ
ÇAMURLARININ GİDERİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Erol TEZCAN

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 31 / 05 / 2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr. Recep İLERİ
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr. Lütfi SALTABAŞ
Üye**

**Yrd. Doç. Dr. Asude ATEŞ
Üye**

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanması aŐamasında bana her tŸrlŸ desteği veren danıŐman hocam sayın Prof. Dr. Recep İLERİ'e, çalıŐmalarımnda yardımı bulunan MŸcahit SEZER, asistan Beytullah EREN'e, ve değerli İSTAÇ A.Ő personeline teŐekkŸr ederim.

BŸtŸn çalıŐmalarımı yŸrekten destekleyen ve benden hiçbir maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teŐekkŸrlerimle birlikte sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Giriş	1
1.1. Amaç ve Kapsam	2

BÖLÜM 2.

ÇAMUR KAYNAKLARI MİKTAR VE ÖZELLİKLERİ.....	3
2.1. Çamur Kaynakları	3
2.2. Çamur Üretimi ve Miktarları.....	3
2.2.1. Aktif çamur prosesinde çamur üretimi ve miktarı.....	4
2.3 Çamur Özellikleri.....	5
2.3.1. Fiziksel özellikleri.....	7
2.3.1.1. Özgül ağırlık.....	7
2.3.1.2. Katı madde konsantrasyonu.....	8
2.3.1.3. Partikül tipi ve boyut dağılımı.....	9
2.3.1.4. Çamurdaki suyun dağılımı.....	9
2.3.1.5. Akış özellikleri.....	11
2.3.1.6. Reolojik özellikleri.....	11

2.3.1.7. Çamur çökebilirliği.....	11
2.3.1.8. Çamurun susuzlaşabilirliği.....	12
2.3.2. Kimyasal özellikler.....	12
2.3.2.1. Nutrientler.....	13
2.3.2.2. Alkalinite.....	13
2.3.2.3. Ağır metaller.....	13
2.3.2.4. Çamurun yakıt değeri.....	13
2.3.2.5. Gübre değeri.....	15
2.3.2.6. Besin değeri.....	15
2.3.3. Biyolojik özellikler.....	15

BÖLÜM 3.

ÇAMUR ARITIMI VE UZAKLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ.....	16
3.1. Temel İşlem ve Prosesler.....	19
3.2. Çamur Arıtma Sistemlerinin Verimleri.....	22
3.3. Yoğunlaştırma.....	22
3.3.1. Gravite ile yoğunlaştırma.....	23
3.3.2. Yüzdürme yoğunlaştırma (Flotasyon).....	24
3.3.3. Santrifüj ile yoğunlaştırma.....	25
3.3.4. Döner tamburlu yoğunlaştırma (Rotary drum).....	25
3.3.5 Bant filtre ile yoğunlaştırma.....	26
3.4. Çamur Stabilizasyonu.....	26
3.4.1. Çamur stabilizasyon yöntemleri.....	28
3.4.1.1. Anaerobik çürütme.....	28
3.4.1.2. Aerobik çürütme.....	32
3.4.1.3. Kireç stabilizasyonu.....	33
3.4.1.4. Yüksek sıcaklıkta kireç stabilizasyonu.....	33
3.4.1.5. Isıyla kurutma.....	34
3.4.1.6. Yakma.....	34
3.4.1.7. Kompostlaştırma.....	35
3.5. Şartlandırma.....	38
3.5.1. Kimyasal şartlandırma.....	39
3.5.2. Çamur şartlandırmayı etkileyen faktörler.....	39

3.5.3. Dozaj.....	40
3.5.4. Çamur karıştırma.....	41
3.5.5. Isıl işlem.....	42
3.5.6. Diğer yöntemler.....	43
3.6. Susuzlaştırma.....	44
3.6.1. Kurutma yatakları.....	45
3.6.2. Kurutma lagünleri.....	46
3.6.3. Filtre pres.....	46
3.6.4. Bant pres ile filtrasyon.....	46
3.6.5. Vakum filtrasyon.....	47
3.6.6. Santrifüj.....	47
BÖLÜM 4.	
BAZI ÜLKELERDE ÇAMUR YÖNETİMİ.....	48
4.1. Batı Avrupa'da Çamur Yönetimi.....	48
4.1.1. Çamur uzaklaştırma yöntemleri.....	49
4.1.2. Danimarka.....	51
4.1.3. Almanya.....	54
4.2. Polonya.....	56
4.3. Japonya.....	58
4.4. Yeni Zellanda.....	62
BÖLÜM 5.	
ADAPAZARI KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ	63
BİYOÇAMURLARININ KARAKTERİZASYONU.....	63
5.1. Genel.....	63
5.2. Uygulama.....	64
5.2.1. Ön arıtma istasyonu.....	64
5.2.2. Havalandırma havuzları.....	64
5.2.3. Ham çamur yoğunlaştırıcısı.....	65
5.2.4. Son çökeltme tankları ve çamur geri devir pompa istasyonu....	65
5.2.5. Mekanik çamur susuzlaştırma ünitesi.....	66
5.3. Çamur üretimi miktarları.....	66

BÖLÜM 6.

ADAPAZARI KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ BİYOÇAMURU İÇİN 67 NİHAİ BERTARAF YÖNTEMİ SEÇİMİ.....

6.1. Ham Çamurun Düzenli Depoya Gönderilmesi.....	67
6.2. Çamurun Biyokompostlaştırması.....	68
6.2.1. Kompostun kalitesi ve kullanımı ile ilgili yasal mevzuat.....	68
6.2.2. Kompostun kullanım alanları.....	71
6.2.3. Kompostun faydaları.....	71
6.3. Çamurun kurutularak bertaraf edilmesi.....	72
6.4. Çamurun Yakılması.....	72
6.4.1. Yaş oksidasyon	74
6.4.2. Piroliz.....	74
6.4.3. Çamurdan yakıt üretilmesi (C-G Prosesi).....	75
6.5. Çamurun çürütülerek biogaz ve elektrik enerjisi üretilmesi.....	75

BÖLÜM 7.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 78

KAYNAKLAR..... 80

EKLER..... 82

ÖZGEÇMİŞ..... 116

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Y	: Biyokütle üretimi/ giderilen substrat
b	: İçsel solunum hızı katsayısı
S	: Substrat Konsantrasyonu
X	: Biyokütle Konsantrasyonu
k	: Substrat giderimi / Biyokütle max oran
K _s	: k/2 durumundaki substrat konsantrasyonu
S _s	: Çamurun net özgül ağırlığı
W _i	: Çamurun i'nci bileşenin ağırlık oranı veya katı madde % si
S _i	: Çamurun i'nci bileşenin özgül ağırlığı
C ₁	: mg kuru madde / litre çamur
C ₂	: g kuru madde / g çamur
ASTM	: American Society for Testing and Materials
TKM	: Çözünmüş Katı Madde
AKM	: Askıda Katı Madde
UKM	: Uçucu Katı Madde
SKM	: Sabit Katı Madde
V	: Çökelme hızı
X	: Çamur konsantrasyonu
V _{o, n}	: Çökelme hızı sabitleri
P _v	: % olarak uçucu katı madde oranı
P _c	: % olarak kimyasal pıhtılaştırıcı oranı
a- b	: Çeşitli çamurlar için katsayı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Genelleştirilmiş Çamur İşleme ve Uzaklaştırma Akım Diyagramı.....	17
---	----

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Avrupa'da Çamur Üretim Oranları.....	4
Tablo 2.2.	Çeşitli Kullanılmış Su Tasfiye Tesislerinden Çıkan Çamur Miktarları ve Fiziksel Özellikleri	6
Tablo 2.3	Atıksu Arıtma Sonucu Oluşan Katı Atık ve Çamurların Özellikleri.....	6
Tablo 2.4.	Çeşitli Tasfiye İşlemleri ve Proseslerin Çamur Katı Madde Konsantrasyonu.....	10
Tablo 2.5.	Çürümüş ve Çürümemiş Çamurların Kimyasal Bileşimi.....	12
Tablo 2.6.	Atıksu Çamurundaki Tipik Metal Miktarları.....	14
Tablo 3.1.	Çamur Arıtımında Kullanılan Temel İşlem ve Prosesler	20
Tablo 3.2.	Çamur Arıtımında Kullanılan Temel işlem ve Proseslerin Verimleri.....	23
Tablo 3.3.	Yoğunlaştırıcılardaki Katı Madde İçerikleri İle Katı Madde Yükleri.....	24
Tablo 3.4.	Çamur Stabilizasyon İşleminin Etkileşimleri.....	28
Tablo 3.5.	Tipik Anaerobik Çürütücü Dizayn Kriterleri.....	29
Tablo 3.6.	Çeşitli Susuzlaştırma Metodları ve Çamurlar İçin İlave Edilmesi Gereken Polimer Miktarı.....	41
Tablo 3.8.	Atıksu Çamurlarında Katı/Sıvı Ayırımı İçin Kullanılan Yöntem ve Teknikler.....	45
Tablo 4.1.	Avrupa Topluluğu Ülkelerinde Uygulanan Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri	49
Tablo 4.2.	Avrupa Ülkelerindeki Stabilizasyon Prosesleri.....	50
Tablo 4.3.	Danimarka'da Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri.....	51
Tablo 4.4.	Ağır Metaller İçin Sınırlar.....	52
Tablo 4.5.	Susuzlaştırma Ekipmanlarına Paylaştırılan Çamur Miktarları.....	54

Tablo 4.6.	Almanya'daki Çamur Üretiminin Tarımsal Kullanımla Karşılaştırılması.....	54
Tablo 4.7.	Almanya'da Çamur Bertarafı.....	55
Tablo 4.8.	Toprakta Ağır Metal Sınırlandırması.....	56
Tablo 4.9.	Japonya'daki Arıtma Proseslerine Göre Sınıflandırılan Atıksu Arıtma Tesis Sayıları.....	59
Tablo 4.10.	Japonya'da Çamur Tipleri, Miktarları ve Arıtma Alternatifleri....	60
Tablo 4.11.	Japonya'da Kullanılan Susuzlaştırma Ekipmanları Ve Sayıları....	61
Tablo 4.12.	Japonya'da Kurulan Yakma Tesisleri.....	61
Tablo 4.13.	Japonya'da Atıksu Çamurlarının Yararlı Kullanımı.....	61
Tablo 6.1.	Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri.....	69
Tablo 6.2.	Toprakta On Yıllık Dönem Esas Alınarak Bir Yılda Verilmesine Müsaade Edilecek Ağır Metal Yükleri.....	70
Tablo 6.3.	Ağır Metal Sınır Değerleri.....	70
Tablo 6.4.	Kurulması Düşünülen Biogas'dan Elektrik Enerjisi Üretme Tesisi Analizi.....	76
Tablo 6.5.	Atık Su Arıtma Tesisi Biyogaz Üretimi ve Ultrases Reaktörü Uygulanması Durumundaki Gelir Tablosu.....	77
Tablo 7.1.	Alternatiflerin Maliyet Mukayesesi.....	78

ÖZET

Anahtar Kelimeler : Arıtma çamuru, çamur arıtma prosesleri, maliyet analizi

Bu çalışmanın amacı Adapazarı Karaman atık su arıtma tesisin çamurlarının bertaraf yöntemini belirlemek, günümüzde dünyada uygulanan çamur arıtma proseslerini tanıtarak ve ülkelerle örnekleyerek önerilen çamur arıtma sistemlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve çeşitli alternatiflerin maliyet açısından karşılaştırılmalarında yararlı olacak veriler üretmektir.

Çamurların tahsis edilmiş alanlara depolanması kısa vadede uygulanabilecek bir çözüm olarak görülmüştür. Çamurların terk edilmiş bölgelere, taş, kum ve maden ocaklarına depolanması için Katı Atıklar Kontrol Yönetmeliğine göre stabilize edilmesi gerekir. Böylece çamurun taşınması ve depolanması esnasında ve sonrasında sinek, haşere v.s üremesi de engellenmiş olur.

Adapazarı karaman atıksu arıtma tesisi çamurunun giderilmesi çalışmasında dört alternatif değerlendirilmiştir. Avrupa birliği ülkelerinin birçoğunda artıma çamurlarının direkt düzenli depolanması yönetmelikleri açısından uygun görülmemektedir.

Avrupa birliği süreci ve yönetmelikleri göz önüne alındığında Adapazarı karaman atıksu arıtma tesisi çamurunun giderim yöntemi olarak uygun yöntemin çamurun önce kurutulup yakılması (4. alternatif) daha sonra küllerinin, sızdırmazlığı sağlanmış olan düzenli depolamaya gönderilmesinin daha uygun bir çözüm olacağı kanaatine varılmıştır.

ADAPAZARI KARAMAN WASTEWATER PLANT SLUDGE REMOVAL

SUMMARY

Key Words: Sludge, Sludge Treatment Processes, Cost Analysis

The purpose of this study is to specify the method of disposal of Adapazarı Karaman wastewater treatment plant, to introduce the sludge treatment processes which are applied all over the world at present and ensuring the better understanding of the sludge treatment system by means of sampling with the countries and producing some data which could be useful in the comparisons of various alternatives in terms of cost.

Storing the sludge to the allocated areas is considered as a solution which can be implemented in the short period. The sludge should be stabilized according to the Solid Wastes Control Regulations to be stored into the left region, stone, sand and mine quarries. Thus, production of insects and flies etc is also prevented both during and after carrying and storing the sludge.

Four alternatives have been evaluated in the study of removing Adapazarı Karaman wastewater treatment plant sludge. The direct regular storage of the treatment sludge in most of the European Union countries is not considered appropriate in terms of their respective regulations.

Taking into consideration the European Union accession process and regulations, it is concluded that the most appropriate method as the method of removing Adapazarı Karaman wastewater treatment plant sludge is firstly drying and burning the sludge (4 alternatives) and then sending the ashes to the regular storage with ensured ex-proof features as a more proper solution.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Genel

Çevre Mühendisliğinde, su ve kullanılmış su arıtımı sırasında önemli ölçüde çamur meydana gelir. Atıksu arıtma proseslerinden oluşan çamurlar, işletme ve kullanılan prosese bağlı olarak, ağırlıkça % 0.25 ten % 12 ye kadar katı içeren, sıvı ya da yarı katı-sıvı formundadırlar. Ayrıca içinde çok fazla organik maddeler (endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden çıkan çamurda ise çok fazla inorganik ve toksik madde) bulunmasından dolayı bu çamurların arıtılması ve uzaklaştırılması kolay bir işlem değildir. Çoğu zaman bu çamurların çevreye zarar verilmeden uzaklaştırılması büyük problemler çıkarmasının yanında mali açıdan da ilave bir yük getirir. İçme suyu arıtma tesislerinden çıkan çamur uzaklaştırılırken, organik olmadıklarından zararları az olur veya hiç olmaz. Ancak depolama ve yer işgali yönünden problem doğururlar.

Kullanılmış su tasfiye tesisinden çıkan çamurlar ise organik asıllı olduklarından zamanla çürürler, etrafa kötü koku yayarlar ve hastalık yapan mikroorganizmaları üreterek tehlikeli olmaya başlarlar. Bu çamurları zararsız hale getiren ünitelerin yapımında büyük hacimli çamurlar, büyük hacimde üniteler gerektireceğinden tesis maliyetini artırırlar. Kullanılmış su tasfiyesinde meydana gelen çamur, tasfiye edilen suyun % 1-6'sını teşkil etmekle beraber, çamur tasfiye ünitelerinin maliyeti tüm tesis için ilk yatırım maliyetinin % 30 - 40'ına, işletme masrafı ise tüm işletme masrafının % 50'sine ulaşabilir. Bu bakımdan hacminin düşürülmesi, çamur tasfiye ve uzaklaştırma maliyetini azaltacaktır.

Bu amaçla çamur yoğunlaştırma veya çamur suyunun alınması işlemleri uygulanır. Çamur yoğunlaştırmada katı madde muhtevası % 15'e kadar çıkarılabilir; bu durumda çamur sıvı özelliğinde olup pompa ile basılabilir. Çamur suyunun alınması işlemleri ile katı madde muhtevası % 20'nin üzerine çıkarılır ki; bu durumda çamur

katı özelliğinde olup kürek veya başka bir aletle kolayca uzaklaştırılabilir.

Çamur bertarafında çamurla ilgili problemler bazen kompleks olabilir. Bunun nedenleri:

Çamurlar ham atıksudaki giderilmesi istenen kirleticileri ihtiva ederler.

–Biyolojik arıtma çamurları büyük ölçüde organik madde içerikli olup ayrışabilen formdadırlar ve bunun sonucunda istenmeyen durumlara yol açabilirler.

–Çamurun katı madde içeriği çok düşüktür.

Çamur arıtmanın amaçlarını kısaca şu şekilde özetlemek mümkündür.

–Çamurun su ve organik içeriğini azaltmak

–Çamurdaki kirleticileri zararsız hale getirmek, çamuru geri kullanım ve nihai uzaklaştırma için uygun hale getirmek

1.2. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada arıtma çamurlarının arıtılması, susuzlaştırılması ve uzaklaştırılmasına yönelik yöntemler araştırılmış derlenmiş ve Adapazarı Karaman Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamurları yönetimi ve uzaklaştırılması için alternatifler incelenmiştir.

Çalışmanın amacı Adapazarı için atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların yönetimine yönelik çalışmalarda belirlenen çamur miktarlarını kıyaslayarak çeşitli alternatiflerin maliyet açısından karşılaştırılmalarını sağlayacak veriler üretmektir. Bazı ülkelerde uygulanan çamur yönetim uygulamalarını tanıtarak Adapazarı için önerilen çamur arıtma sistemlerinin hem daha iyi anlaşılmasını sağlamak hem de yeni alternatifler üretmek de hedeflenmiştir.

Yukarıdaki amaç doğrultusunda bu çalışmada öncelikle çamur kavramı tanıtılmış, kaynakları, miktar ve özellikleri belirtilmiş, çamur arıtma prosesleri ve sistemleri tanıtılmış ve uzaklaştırma yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra bu problemin dünya ülkelerindeki çözüm yolları incelenmiş ve bazı ülkelerde arıtma çamurlarının gerek arıtımı gerek uzaklaştırılması veya değerlendirilmesi için yapılan çalışmalar tanıtılmıştır. Ekonomi, teknoloji ve halk sağlığı öğeleri ön planda tutularak Adapazarı'nda çamur uzaklaştırma için alternatifler önerilmiştir.

BÖLÜM 2. ÇAMUR KAYNAKLARI, MİKTAR VE ÖZELLİKLERİ

2.1.Çamur Kaynakları

Arıtma işlemleri sırasında meydana gelen, katı maddelerce zenginleşmiş artıklara çamur denir. Çamur, atıksu arıtımı tesisleri planlamasında ve projelendirilmesinde etkili bir faktördür. Evsel Atıksu çamurunun iki önemli kaynağı; Ön Çöktürme ve Biyolojik Arıtma prosesleridir.

Kullanılmış su tasfiyesinde ön çökelme havuzlarında meydana gelen çamura ham primer çamur denir. Son çökelme havuzundan meydana gelen çamur ise tasfiye tipine göre aktif çamur veya biyolojik çamur adını alır. Bunların ham primer çamurla karıştırılmasıyla karışık çamur elde edilir. Yine kullanılmış su tasfiye tesislerinde bu çamurlar çürümeye tabi tutulur. Çürütme işleminden geçen çamura da çürümüş çamur denir. Ayrıca tasfiye esnasında çökeltim verimini artırmak için kimyasal madde ilave ediliyorsa, tasfiye ön çöktürme havuzunda meydana gelen çamura kimyasal çamur denir.

2.2.Çamur Üretimi ve Miktarları

—Arıtma Tesisi Tipine,

—Atık suyun kalite ve miktarına ve üniteye girişine,

—Çamur işleme prosesinden çıkan ve üniteye geri döndürülen atıksuyun kalite ve miktarına, bağlıdır.

Kimyasal çöktürmede çamur oluşumu daha fazladır.

Çamur miktarının tahmini atıksu arıtma tesisi işletmecileri ve mühendisler için zor değildir. Mevcut tesisin genişletilmesi veya yeni tesisin kurulması durumlarında çamur miktarının ve tahmini önemli bir husustur.

Bazı ülkelerde atıksu çamuru için Tablo 2.1'deki gibi verilmektedir.

Tablo 2.1. Avrupa'da Çamur Üretim Oranları (Vesilind, 1988)

Ülke	Çamur Üretimi gr/kişi/gün*
Hollanda, İrlanda	30–40
Belçika, Danimarka, Fransa İtalya, Lüksemburg, Finlandiya, Norveç, İsveç	70–85
İsviçre	97–124

*Kuru ağırlık

Tablo 2.1' deki bazı Avrupa ülkelerinde çamur üretimindeki değişiklikler aşağıdaki sebeplerden kaynaklanır.

- Bazı çamur üretim şekilleri nüfus eşdeğeri temelinde ifade edilir. Genelde nüfus eşdeğeri Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) olarak verilir. Fakat bir çok endüstri tipinde yüksek BOİ yüksek miktarlarda çamur üretimi anlamına gelmemektedir.
- Septik tank gibi bazı çamur kaynakları çamur içerebilir veya içermeyebilir.
- Ülkeden ülkeye dizayn standartları(çamur yaşı vb.) değişebilir.
- Arıtma sistemleri çok iyi tanımlanmamış olabilir. Örneğin bir oksidasyon hendeği anoksik bölge veya anoksik bölgesiz olarak işletilebilir. Bu çamur üretimini etkiler.
- Çamur şekilleri çamur uzaklaştırmaya göre rapor edilirken bazıları üretime göre rapor edilir.
- Arıtma tesislerinde çamur üretiminin ölçümü basit değildir. Bu yüzden işletmecilerin tahminleri kullanılır.

2.2.1. Aktif çamur prosesinde çamur üretimi ve miktarı

Biyolojik arıtma proseslerinde çamur üretimi, mikroorganizma çoğalmasının bir sonucudur.

Organik substrat konsantrasyonu ile net biyolojik çoğalma oranı arasındaki kinetik bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$dX/dt = Y (dS/dt) - bX$$

Y= Biyokütle üretimi/ giderilen substrat

b= İçsel solunum hızı katsayısı

$$dS/dt = kSX / (K_s + S)$$

S= Substrat Konsantrasyonu

X= Biyokütle Konsantrasyonu

k= Substrat giderimi / Biyokütle max oran

K_s = k/2 durumundaki substrat konsantrasyonu

Monod ifadesi havalandırma tankındaki biyolojik çamurun konsantrasyonunun hesaplanması için kullanılır.

Kullanılmış su tasfiye tesislerinde biyokimyasal oksidasyon sırasında çoğalan mikroorganizmalar ortamdaki katı madde miktarının esasını oluşturur. Bunun bir kısmı iç solunum olayı sırasında ortadan kalkacağından, meydana gelen katı madde miktarı biyolojik olay sonunda ortaya çıkan katı madde ile iç solunum yolu ile yok edilen katı madde miktarı farkına eşittir.

Tasfiye tesislerinden çıkan çamurların miktarı ve bazı özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

2.3. Çamur Özellikleri

Kullanılmış suların tasfiye tesisi planları ve işletmeleri birbirinden farklı olduğundan bu tesislerden çıkan çamurların özellikleri de birbirinden çok farklıdır. Çamurların bazı özelliklerinin ölçülmesi, sistemin planlanmasında ve işletilmesinde önem kazanır.

Tablo 2.2 Çeşitli Kullanılmış Su Tasfiye Tesislerinden Çıkan Çamur Miktarları ve Fiziksel Özellikleri (Metcalf&Eddy, 1991).

Tasfiye İşlemi	Çamur Maddesi Ağ. Kg/m ³	Katı Özgül Çamur Kg/m ³	Özgül Ağ. Kg/10 ³ .m ³	Kuru Katı Madde, Kg/10 ³ .m ³	
				Alt-Üst Sınırlar	Ort.
Ön Çöktürme	1.4	1.02		110-170	150
Aktif Çamur	1.25	1.005		70-100	85
Damlatmalı Filtre Çamuru	1.45	1.025		55-90	70
Uzun Havalandırma Çamuru	1.3	1.015		80-120	100 ^a
Havalandırmalı Lagün Çamuru	1.3	1.010		80-120	100 ^a
Filtrasyon	1.2	1.005		10-20	15
Alg Kazanma	1.2	1.005		10-25	15
Fosfor Gidermek İçin Kimyasal Madde İlaveli Ön Çöktürme					
Düşük Kireç (350-500 mg/lt)	1.9	1.04		250-400	300 ^b
Yüksek Kireç (800-1600 mg/lt)	2.2	1.05		600-1280	800 ^b

(a) Ön Çöktürme Yok

(b) Ön Çöktürme Çamuru

Tablo 2.3. Atıksu Arıtma Sonucu Oluşan Katı Atık ve Çamurların Özellikleri (Metcalf&Eddy, 1991)

Katı Atık ve Çamur	Özellikleri
Izgarada Tutulanlar	Izgaralarda tutulabilecek kadar büyük organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder. Mevsime ve kullanılan sisteme bağlı olarak organik madde içeriği değişir.
Kum Tutucuda Tutulanlar	Çökeltme hızları nispeten yüksek ağır inorganik maddeleri ihtiva eder. İşletme şartlarına bağlı olarak önemli miktarda organik madde, özellikle yağ ve gres içerebilir.

Tablo 2.3 (devamı)

Yüzer Madde/ Gres	İlk ve son çöktürme tankının yüzeyinde toplanan yüzücü maddeleri ihtiva eder. Yüzer maddeler, gres, bitkisel ve mineral yağ, sigara filtreleri, sabun, kâğıt, pamuk, hayvansal yağ v.b. maddeleri içerir.
Ön Çöktürme Çamuru	Ön çöktürme tankında toplanan gri renkte ve rahatsız edici kokuya sahip, çürütülmesi kolaydır.
Kimyasal Çökeltme Çamuru	Metal tuzları ilavesi ile kimyasal çökeltme sonucu oluşan çamurun rengi koyudur. Eğer önemli miktarda demir içeriyorsa, renk kırmızıya yaklaşır.
Aktif Çamur	Genelde, yumaklı görünümüne sahip sarı-kahverengidir. Renk koyulaşırsa septik durumu, açık olursa havalandırmanın yetersiz olduğunu ve yavaş çökelmeyi ifade eder. İyi bir aktif çamurun kokusu rahatsız edici değildir. Yalnız veya ön çökeltme çamuru ile beraber kolayca çökebilir.
Damlatmalı Filtre Çamuru	Kahverengi yumaklı ve taze iken kokusu rahatsız edici olmayan bir humus çamurdur. Ayrışması diğer çürütülmemiş çamurlara nazaran nispeten daha yavaştır. Çürütülmesi kolaydır.
Aerobik Çürütülmüş Çamur	Koyu kahverengiye yakın, yumaklı ve koku problemi olmayan bir çamurdur. İyi çürütülmüş aerobik çamurlar kurutma yataklarında kolayca susuzlaştırılabilir.
Anaerobik Çürütülmüş Çamur	Koyu kahverengi ile siyah arası renge sahip olup, yüksek miktarlarda gaz ihtiva eder.
Kompost	Koyu kahverengidir. Toprak zenginleştirici olarak kullanılabilir.
Septik Tank Çamuru	Siyah renktedir. Bekletme süresi yetersiz ise, çıkan hidrojen sülfür ve diğer gazlarla rahatsız edici olur. İyi çürütülmemişleri koku yapar

2.3.1. Fiziksel özellikler

2.3.1.1. Özgül ağırlık

Bir maddenin ağırlığının eşdeğer su hacmine olan oranına özgül ağırlık denir.

Çamurun özgül ağırlığı yaklaşık olarak 1.0 kg/m^3 'tür.

Değişik bileşenlerden oluşan çamurun özgül ağırlığı aşağıdaki ifade ile bulunabilir.

$$1/S_s = \sum (w_i/S_i) \quad (2.3)$$

Burada ;

S_s =Çamurun net özgül ağırlığı, kg/m³

W_i = Çamurun i'nci bileşeninin ağırlık oranı veya katı madde % si

S_i = Çamurun i'nci bileşeninin özgül ağırlığı, kg/m³

2.3.1.2. Katı madde konsantrasyonu

Çamur, ayrıca bir sıvıda sulu çözelti içeren asılı faz olarak isimlendirilebilir.

Çamurun birincil karakteristiği katı maddenin sıvıya oranıdır.

$$C_1 = \text{mg kuru madde} / \text{litre çamur} = \text{mg} / \text{l} \quad (2.4)$$

C_1 , suyun veya herhangi bir sıvının litre başına katı madde miktarının mg olarak değeri şeklinde düşünülmemelidir.

Katı Madde Konsantrasyonu yeteri kadar yüksek olduğu zaman katı madde miktarını belirlemek için katı madde miktarı tanımı ASTM (American Society for Testing and Materials) tarafından şu şekilde tavsiye edilmektedir :

$$C_2 = \text{g kuru madde} / \text{g çamur} = \text{g/g} \quad (2.5)$$

Bu sayı 100 ile çarpılıp % katı miktarı bulunur. Burada da bu eşitliğin gram su başına gram kuru madde olarak hesaplanmadığına dikkat edilmelidir.

İlk eşitlik bir kütle / hacim ilişkisidir. İkincisi ise kütle / kütle ilişkisidir. Eğer katının yoğunluğu suyun yoğunluğu gibi 1.00 kabul edilirse iki bağıntı arasındaki bağlantı şu şekildedir.

$$C_1 = \text{mg} / \text{l} = 10,000 \times \% \text{ katı} = C_2 \quad (2.6)$$

Bu durum sadece katının yoğunluğu suyun yoğunluğu gibi 1.00 kabul edildiğinde geçerlidir.

Çamurun içindeki toplam katı madde süspansiyon ve çözünmüş olarak iki kısımda bulunur.

Süspansiyon maddeden, 400–600 °C sıcaklıkta kaybedilen madde miktarı uçucu madde miktarını verir. Uçucu madde miktarını Toplam katı madde miktarından

Çıkartmak suretiyle de kalıcı madde miktarı bulunur. Bir çamur kütesindeki katı maddeler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

TKM: Toplam Katı Madde

ÇKM: Çözünmüş Katı Madde

AKM: Askıda Katı Madde (Süspansiyon Madde)

UKM: Uçucu Katı Madde (Uçucu Süspansiyon Madde)

SKM: Sabit Katı Madde (Kalıcı Süspansiyon Madde)

Tablo 2.3'te çeşitli tasfiye işlemleri ve proseslerin çamur katı madde konsantrasyonu verilmektedir.

2.3.1.3. Partikül tipi ve boyut dağılımı

Çamur içindeki daneler sadece boyut bakımından değil şekilleri bakımından da değişkendir. Bu bakımından çamurların dane boyutları ile karakterize edilmesi oldukça zordur. Çamur, sadece farklı boyutlu danelerden meydana gelmiş olmayıp, dane boyutları zamanla ve deney şartlarına bağlı olarak değişmektedir.

Partikül tipi direk olarak çamurun susuzlaştırılma yöntemine bağlıdır. Bu konuda çalışan bilim adamlarından P. Karr' a göre çamurda 100 μm ' den 1 μm ' ye kadar olan partikül tipleri incelenmiş ve susuzlaştırılabilirlikle direk ilişkili olduğu saptanmıştır. Eğer çamur büyük partiküllerden oluşuyorsa susuzlaştırılması zordur. (Karr, P., 1976)

2.3.1.4. Çamurdaki suyun dağılımı

Çamur özelliklerinin bir diğeri de çamur suyunun partiküllerine nasıl bağlandığıdır. Bir araştırmaya göre çamurdaki su dört kategoride incelenmiştir:

- a) Serbest su: Bu tip sular partiküllere herhangi bir şekilde bağlı değildir. Çamurdaki serbest su yerçekimli yoğunlaştırma ile uzaklaştırılır.
- b) Flok Suyu: Bu sular floklarda hapsolmuştur. Flokların sıkıştırılması ile çıkarılır. Flok suyu mekanik susuzlaştırma yardımıyla uzaklaştırılabilir.
- c) Kapiler su: Su kapiler kuvvetler tarafından partiküle bağlanmıştır. Yüksek

seviyede basınç kullanılmadıkça mekanik olarak uzaklaştırılmaz.

d) Partiküler su (kimyasal bağlı su): Su partiküle kimyasal olarak bağlıdır. Sadece kimyasal veya termal yollarla uzaklaştırılabilir.

Tablo 2.4. Çeşitli Tasfiye İşlemleri ve Proseslerin Çamur Katı Madde Konsantrasyonu (Robert Dick ve Diğ. 1978)

İşlem veya uygulanan proses	Çamur katı madde kons. % kuru madde	
	Aralık	Ortalama
Ön Çöktürme Tankı:		
Primer çamur	4-8	5
Sulandırılmış primer çamur	0.3-3	1.5
Primer ve aktif çamur	3-10	4
Primer ve damlatmalı filtre çamuru	4-10	5
Fosfor gidermek için demir ilave edilmiş primer çamur	2-8	4
Fosfor gidermek için yüksek dozda kireç ilaveli primer çamur	4-16	10
Son Çöktürme Tankı:		
On çöktürme ile aktif çamur	0.5-1.5	0.75
Aktif Çamur	0.75-2	1.25
Saf Oksijen aktif çamur ile ön çöktürme	1.25-3	2
Saf Oksijen aktif çamur	1.5-3	2.5
Damlatmalı filtre çamuru	1-3	1.5
Köpüklü çamur (scum)	3-10	5
Gravite ile yoğunlaştırıcılar:		
Primer çamur	6-12	8
Primer ve aktif çamur	3-10	4
Primer ve damlatmalı filtre çamuru	4-10	5
Yüzdürmeli yoğunlaştırıcılar:		
Aktif çamur	3-6	4
Anaerobik çamur çürütücü:		
Primer çamur	5-10	7
Primer ve aktif çamur	2.5-7	3.5
Primer ve damlatmalı filtre çamuru	3-8	4
Aerobik Çürüme:		
Aktif çamur	0.75-2.5	1.25
Aktif çamur ve primer çamur	1.5-4	2.5
Primer çamur	2.5-7	3.5

2.3.1.5. Akış özellikleri

Çamur karakterizasyonu fiziksel akışkanlık özelliklerine göre de yapılır. Bu bakımdan çamur davranışı dört şekilde sınıflandırılabilir:

- 1) Sıvı: Çamur kendi ağırlığının etkisi ile akar.
- 2) Plastik : Çamur rahatça akmayacak kadar konsantredir. Fakat eğer yeterli basınç uygulanırsa hareket ettirilebilir.
- 3) Büzüşebilir Katı Madde : Çamur pompalanmayacak kadar konsantredir ve kurutulduğu zaman hacmi azalır.
- 4) Büzüşmez Katı Madde : Daha fazla su çekmez ve hacmi daha fazla küçülmeksizin kurur.

2.3.1.6. Reolojik özellikler

Bütün akışkanlar, kendi akış özelliklerine veya reolojilerine göre sınıflandırılabilirler. Reolojinin en uygun ölçümünden biri, klasik olarak verilen bir kayma kuvvetine akışkanın birim zamandaki deformasyon hızı olarak ifade edilen viskozitedir.

2.3.1.7. Çamur çökebilirliği

Çökme hızı katı madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişmekle birlikte aynı konsantrasyona sahip farklı çamurların çökme hızları farklı olabilir. Çökme hızları ve yoğunlaştırıcılarda çamurlar bölgesel çökme özelliği gösterirler. Çökme hızı;

$$V = V_0 \exp(-nX) \quad (2.7)$$

Şeklinde ifade edilebilir.

V : çökme hızı

X : çamur konsantrasyonu

V_0, n : çökme hızı sabitleri

2.3.1.8. Çamurun susuzlaşabilirliği

Çamurlar susuzlaşabilirlik açısından da farklılık gösterir dolayısıyla bu özellik de ayırt edici bir özelliktir. Susuzlaşabilirlik, özgül direnç, kapiler emme süresi, filtrasyon süresi gibi parametrelerle ifade edilir.

2.3.2. Kimyasal özellikler

Aritma çamurlarının kimyasal özellikleri hakkında bir genelleme yapmak oldukça güçtür. İçme suyu ve evsel kullanılmış sular için istatistiki değerler vermek mümkündür. Ancak endüstrinin kullanıldığı hammadde ve işlem şekline göre farklı kimyasal özelliklerde çamur meydana geleceğinden endüstriyel atıksular için ortalama değerler vermek mümkün değildir. Tablo 2.4'de çürümüş ve çürümemiş evsel atıksu çamurunun kimyasal bileşeni verilmektedir. (Vesilind, 1988)

Tablo 2.5. Çürümüş ve Çürümemiş Çamurların Kimyasal Bileşimi (Vesilind, 1988)

Parametre	Çürümemiş Primer Çamur		Çürümüş Çamur	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Yağ ve Gres (Eterde Çözülebilir) %(TK)	6-30	-	5-20	-
Protein %(TK)	20-30	25	15-20	18
Azot (N) % (TK)	1.5-5	4	1.6-6	4
Fosfor (P ₂ O ₅)%(TK)	0.8-3	2	1.5-4	2.5
Potasyum (K ₂ O)%(TK)	0-1.0	0.4	0-3	1
Selüloz % (TK)	8-15	10	8-15	10
Demir (Sülfite Olmayan)	2-4	2.5	3-8	4
Silika (SiO ₂)	15-20	-	10-20	-
pH	5-8	6	6.5-7.5	7
Alkalinite (mg/lit, CaCO ₃)	500-1500	600	2500-3500	3000
Organik Asit (mg/lit, HAC)	200-2000	500	100-600	200

2.3.2.1. Nutrientler

Fosfor atıksuda ve çamurda ortofosfat, polifosfat ve organik bağlı fosfat olarak bulunur. Ham atıksuda değişik fosfat tiplerine bağlı konsantrasyonlar oldukça farklı değerlerde bulunabilir. Evsel atıksularda toplam fosfor konsantrasyonu 10 mg/lt olarak verilmiştir.(Metcalf&Eddy; 1991). Toplam fosfor 3 mg/lt partikül ve 7 mg/lt çözülmüş kısım olarak ayrılır. Biyokütlenin fosfor miktarı % 2 ya da 3 oranında ölçülmüştür. Fakat fosfor bakımından zayıf atıksularda % 1'den az olabilir. Bu değerler bazen de % 7'ye kadar çıkabilir.

Atıksudaki ve çamurdaki azot; partikül azot, çözülmüş organik azot, NH_4^+ , NH_3 , nitrit, nitrat olarak sınıflandırılır. Atıksu yüksek miktarda NH_4^+ içerir. Oksidasyon şartlarının az olmasından dolayı atıksularda genelde nitrit ve nitratlar bulunmaz. Fakat okside edilmiş azot formları aerobik arıtma prosesinde üretilebilir. Amonyum ve nitrat konsantrasyonu nitrifikasyonun olup olmamasına bağlıdır.

2.3.2.2. Alkalinite

Alkalinite çamur şartlandırmada önemlidir. Şartlandırmayı etkileyebilir, anaerobik çürütücü tarafından etkilenir. Evsel atıksuda alkalinite 100 mg/lt CaCO_3 olarak verilir. Anaerobik çürütücü çamurlarının alkalinitesi 1000 - 2000mg/lt civarındadır.

2.3.2.3. Ağır metaller

Ağır metal muhtevası, çamurun arıtma proseslerindeki davranışından çok, nihai uzaklaştırma alanlarındaki davranışı açısından önemlidir. Tarım alanlarına ve diğer araziye uzaklaştırılan çamurlarda bulunabilecek ağır metal konsantrasyonları birçok ülkede yönetmeliklerle sınırlandırılmıştır. Evsel atıksularda rastlanan ağır metal konsantrasyonları aşağıdaki Tablo 2.5'de verilmiştir.

2.3.2.4. Çamurun yakıt değeri

Arıtma çamurlarının yakıt değeri genellikle kalorimetre ile ölçülür. Evsel atık çamurları için gözlenen yakıt değerleri ile uçucu katı maddelerin yakıt değerleri

arasında oldukça iyi bir ilişki kurularak aşağıdaki ifade elde edilmiştir. (Soylu, N.,1994)

$$Q = 555,269 \frac{a(100P_v - b) \cdot (100 - P_c)}{(100 - P_c) \cdot 100} \quad \text{kcal/kg}$$

Tablo 2.6. Atıksu Çamurundaki Tipik Metal Miktarları (Metcalf&Eddy, 1991)

Ağır Metal	Kuru Çamur, mg/kg	
	Aralık	Ortalama
Arsenik	1.1 -230	10
Kadmiyum	1 -3410	10
Krom	10 - 99000	500
Kobalt	11.3-2490	30
Bakır	84 – 17000	800
Demir	1000- 154000	17000
Kurşun	13- 26000	500
Manganez	32 - 9870	260
Civa	0.6 - 56	6
Molibden	0.1 -214	4
Nikel	2 - 53000	80
Selenyum	1.7- 17.2	5
Kalay	2.6-329	14
Çinko	101 -49000	1700

Bu ifade de;

P_v : % olarak uçucu katı madde oranı

P_c : % olarak kimyasal pıhtılaştırıcı oranı

a- b : çeşitli çamurlar için katsayı

Formül ile elde edilen sonuçlar fosil yakıtları ile mukayese edilebilmektedir. Çamur ne kadar iyi kurutulursa kurutulsun içerisinde % 10 civarında nem bulunduğundan Çamurların yakıt değeri düşüktür ve yakmak için ayrıca yakıcı maddeye ihtiyaç göstermektedir. Bundan dolayı böyle bir uygulama genellikle ekonomik olmamaktadır.

2.3.2.5. Gübre değeri

Arıtma çamurlarını gübre olarak kullanmak bir çok ülkede halen uygulanmaktadır. Eysel kullanılmış sulara potasyum ve sodyum miktarları ortalama olarak bilindiğine göre bu tip suların tasfiyesi sonucu meydana gelen çamurlardaki potasyum ve sodyum miktar ve oranları uygunsa tarımda gübre olarak kullanılabilir. Endüstri kullanılmış sular içinde zehirli maddelerin varlığı söz konusu olduğu zaman gübre olarak kullanılmaları doğru değildir. Bu bakımdan çamurların gübre değerlerini tespit ederken içerisindeki zehirli maddelerin konsantrasyonunun da gübre olarak kullanılmasını önleyecek seviyeden düşük olması gerekmektedir. Suni gübrelerde potasyum ve sodyumun yanında büyük oranlarda azot ve fosfat bileşikleri de bulunacağına göre, bu elementlerin gübre yapılacak çamurlarda hangi oran ve miktarda buldukları, o çamurun ticari gübre olarak kullanılıp kullanılmayacağını tayin eder.

2.3.2.6. Besin değeri

Aktif çamurlar protein açısından zengin oldukları için, uygun bir teknoloji ile aktif çamurlardaki proteinlerden hayvan yemi yapmak mümkündür. Fakat çamurun sağlık yönünden elverişli şartlara getirerek yem olarak kullanılabilmesi yüksek maliyet gerektirdiğinden yem yapımında kullanılması tercih edilmemektedir.

2.3.3 Biyolojik özellikler

Kullanılmış suların tasfiyesinde meydana gelen çamurlarda iki önemli konu; toxonomi (organizmaların sınıflandırılmaları) ve patojen organizmaların varlığıdır.

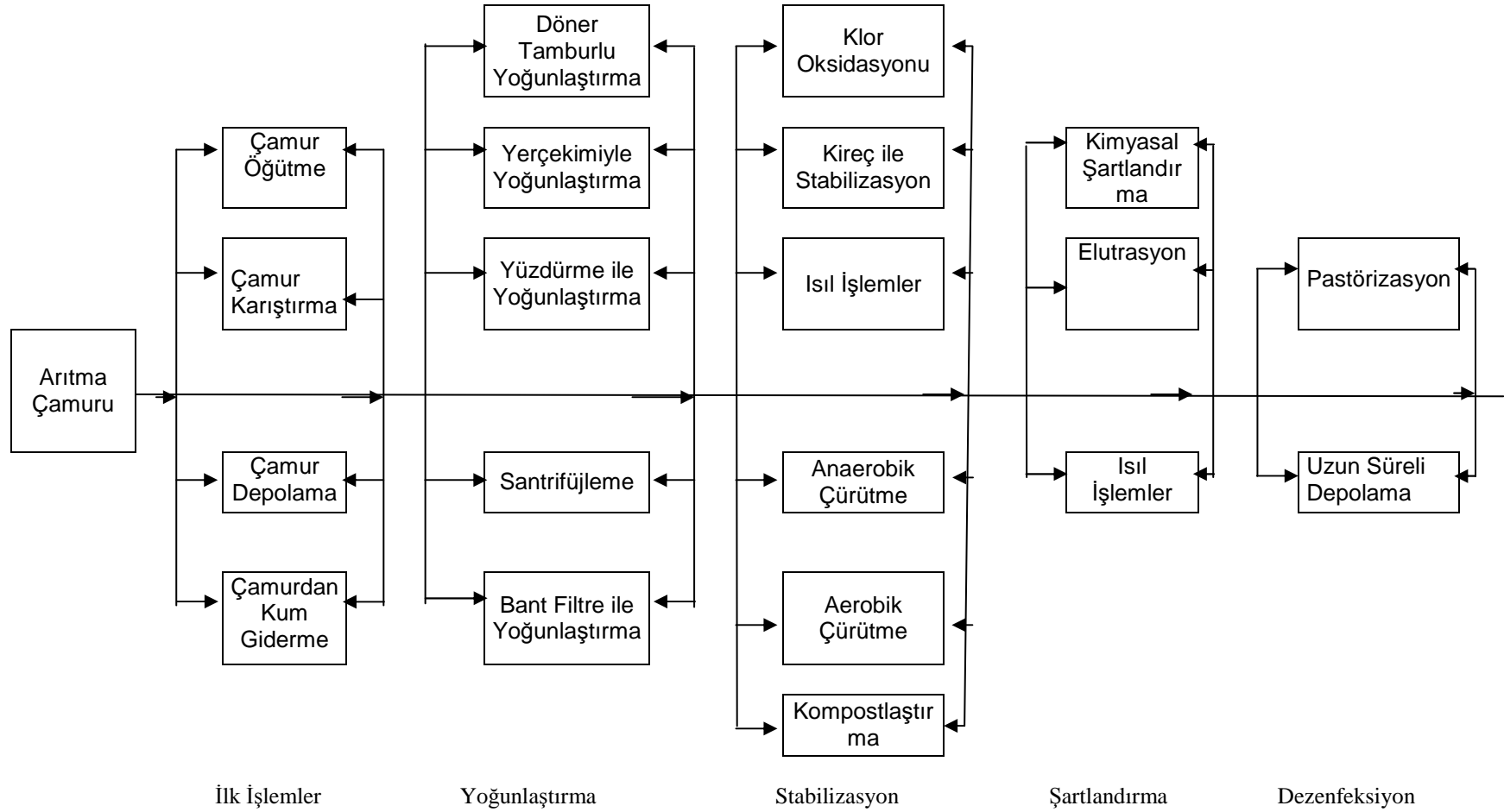
Bir çamur kütesinin sayılamayacak kadar çok farklı kaynağı olabileceği ve her bir kaynaktan gelen besin ile değişik organizmaların bu kütlede yer alacağı düşünülürse bu kütlede, hastalık yapan (patojen) mikroorganizmaların üremesi mümkündür. Bunların cins ve miktarlarının tespit etme zorluğundan dolayı, biyolojik ve biyokimyasal özelliklerin çamur için bir genellemenin yapılması zordur. Çamurda bulunan su giderici enzimlerin varlığı ile çamurların su verme kapasitesi arasında bir ilişki olduğu tahmin edilmektedir. (Aral, 1980).

BÖLÜM 3. ÇAMUR ARITIMI VE UZAKLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Çeşitli arıtma birimlerinden ortaya çıkan çamurların uygun şekilde arıtımı ve uzaklaştırılması büyük önem taşımaktadır. Atıksuyun katı kısmı, ızgara üzerinde tutulan kaba maddeler, kum, köpük ve organik çamurlardan ibarettir. Çamur % 0.5-5 nispetinde katı madde ihtiva eder ve ciddi arıtma ve uzaklaştırma problemlerine yol açar. Arıtma çamuru, bünyesinde büyük miktarda su ihtiva eden kokulu bir maddedir. Çamur arıtma ve uzaklaştırma maliyeti yüksek olduğundan, çamur arıtımı atıksu arıtma tesisi tasarımının en kritik hususlarından biridir.

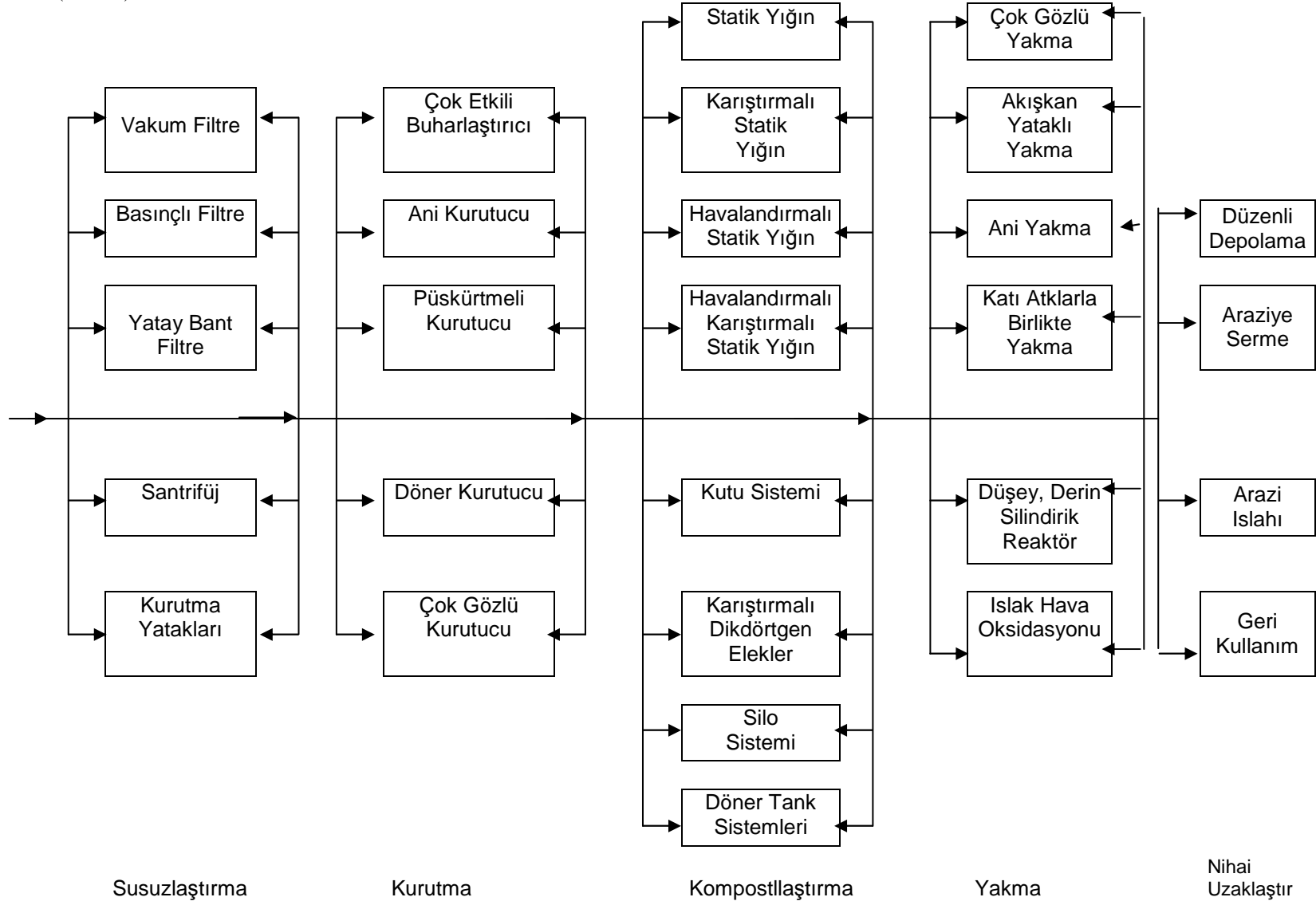
Çamur arıtma ünitelerinin yatırım maliyeti bütün arıtma tesisi maliyetinin %30-%40'ı, işletme maliyeti ise bütün işletme maliyetinin % 50' si kadardır. (Öztürk, T.,)

Arıtma sistemlerinde oluşan katı atık, çamur ve çeşitli kirleticilerin nihai bertaraf işlemleri, Çevre Mühendisliğinin en zor ve en pahalı problemlerinden biridir. Uygulanan bertaraf yöntemlerinin de havada, suda, toprakta kirlilik yaratmayacak şekilde uygulanması gerekmektedir. Şekil 3.1. de genelleştirilmiş çamur işleme ve uzaklaştırma metotları verilmiştir.



Şekil 3.1. Genelleştirilmiş Çamur İşleme ve Uzaklaştırma Akım Diyagramı

Şekil 3.1. (Devam)



3.1 Temel İşlem ve Prosesler

Genelde çamur arıtımı ve uzaklaştırma metodları yoğunlaştırma, stabilizasyon, suyunu alma ve nihai uzaklaştırma işlemlerini ihtiva eder. Çamur arıtma ve uzaklaştırma işlemlerinin muhtelif safhalarında pek çok temel işlem ve proses kullanılır. Ekonomik bir çamur arıtma sistemi geliştirilebilmesi için arıtma proseslerinin en uygun kombinezonu teşkil edilmelidir. En çok kullanılan çamur arıtma sistemlerinin özellikleri Tablo 3.1' de verilmiştir.

Çamur öğütme (parçalama), karıştırma, depolama ve kumundan ayırma işlemleri, çamur işleme tesislerine nispeten sabit ve homojen besleme sağlamak için gerekli işlemlerdir. Karıştırma ve depolama işlemleri çamur arıtma tesislerinde ayrı bir birim olarak ya da diğer ünitelerin bünyesinde yapılabilir.

1. Parçalama İşlemi (Sludge Grinding) : Çamurun içindeki büyük maddeleri ufalamak için kullanılır.
2. Karıştırma İşlemi (Sludge Blending) : Ön Çökeltim, son çökeltim ve ileri arıtmadan oluşan çamurlar çeşitli yollarla karıştırılabilir.
 - a) Son Çökeltim ve ileri arıtmadan oluşan çamurlar, ön çökeltim tanklarına geri döndürülerek orada, ön çökeltim tankı çamuru ile karıştırılıp, çökeltirler.
 - b) Çamurlar iletim borularında karıştırılabilirler, ancak bu yöntemde uygun karışımı sağlamak için çamur besleme hızının ve çamur kaynaklarının dikkatli bir biçimde kontrolü gerekir.
 - c) Tam Karışım tip aerobik ve anaerobik çürütücüler, besleme çamurlarını üniform bir biçimde karıştırabilirler.
 - d) Çamurlar ayrı bir tankta karıştırılabilir. Bu yöntem çamur kalitesinin iyi bir şekilde kontrolüne imkan verir.
3. Çamur Depolama (Sludge Storage) : Kireç ile stabilizasyon, ısıtma işlemleri, mekanik su alma, kurutma ve yakma gibi üniform besleme gerektiren prosesler için depolama kullanılır. Kısa süreli bekletmelerde, atıksu çöktürme tankları ya da çamur yoğunlaştırma tankları görev yapabilir. Uzun süreli bekletmelerde ise, aerobik veya anaerobik çürütme tankları gibi uzun bekletme süreli tanklar ya da özel olarak dizayn edilmiş tanklar kullanılır. Bu çeşit tanklar çamuru birkaç

saatlik ya da günlük depolayabilecek şekilde boyutlandırılmıştır. Çamur 2 ya da 3 günden fazla depolanırsa, bozulur ve susuzlaştırılması oldukça güç olur.

4. Çamurdan Kum Giderme (Sludge Degritting) : Kum tutucunun olmadığı ya da yüksek orandaki yüklemelerde, kum tutucunun verimli olamaması halinde, kum v.b maddelerin diğer birimlere zarar vermesinin önlenmesi amacıyla bu işlem uygulanır.

Tablo 3.1. Çamur Arıtımında Kullanılan Temel İşlem ve Prosesler

Temel İşlem ve Prosesler	Fonksiyonu ve Tatbik Yeri
İlk İşlemler	
Çamur Öğütme	Azaltma
Çamur Parçalama	İri Taneler (iri kum) çıkarma
Çamur Karıştırma	Karıştırma
Çamur Depolama	Depolama
Yoğunlaştırma	Yoğunlaştırma, çamurun hacmini azaltmak ve kesafetini artırmak için kullanılır.
Cazibeli Yoğunlaştırma	Hacim azaltmak için kullanılır.
Çözünmüş Hava ile Yüzdürme	Çamurun kesafeti yüzdürme ile artırılabilir. Hava yüksek basınçta çözülür. Basınç serbest bırakıldığında hava kabarcıkları katı maddeleri yüzdürür.
Santrifüj	Çamurlar santrifüj kuvvetlerin tesiri altında yoğunlaşır veya suyu alınır.
Kimyevi Oksidasyon	Çamur patojen mikroorganizmaları azaltmak, istenmeyen kokuları gidermek için stabilize edilir. Klor, hidrojen peroksit ve ozon en çok kullanılan kimyevi maddelerdir.
Stabilizasyon	
Kireç ile Stabilizasyon	pH değerini 12 veya daha büyük bir yükselterek yapılır. Yüksek pH değerinde çamurlar stabilize olur.
Aerobik Çürütme	Çamur 10-15 günlük bir sürede havalanmak suretiyle stabilize edilir.
Anaerobik Çürütme	Çamurlar, havasız ortamda stabilize edilir. Metan enerji kaynağı olarak geri kazanılır.
Kompostlaştırma Suretiyle Toprak Islahı	Çamur keki kompostlaştırılır ve sonra ziraat alanlarına serilebilir.
Şartlandırma	
Piroliz	Piroliz, 300-700 °C' de çamurun ısıtılmasıdır.

Tablo 3.1. (Devamı)

Islak Oksidasyon	Çamur katıları, yüksek sıcaklık (200-300 °C) ve yüksek basınçta (5-20 MN/m ²) sıvı ortamda oksitlenir.
Kimyevi Şartlandırma	Çamur, suyunu bırakma özelliğinin iyileştirilmesi için şartlandırılır. Polielektrolit, alum, demir tuzları ve kireç kullanılır.
Çamur Yıkama (Elütrasyon)	Elütrasyon, alkaliniteyi gidermek için çamurların yıkanmasıdır. Yıkanmış çamurun şartlandırma için daha az kimyevi maddeye ihtiyacı vardır.
Isı İşleme	Çamurlar 140-200 °C' de ısıtılmak suretiyle şartlandırılır ve stabilize edilir.
Susuzlaştırma	
Kurutma Yatakları	Çamurlar, kum yataklar üzerine serilir. Sıvının bir kısmı alt drenaj sistemiyle alınır, bakiye buharlaşır.
Lagünler	Çamurun suyunu almak için kullanılır.
Santrifüj	Çamurun suyunu almak için kullanılır.
Vakum Filtre	Çamurun suyunu almak için kullanılır.
Pres Filtre	Çamurun suyunu almak için kullanılır.
Bant Pres Filtre	Çamurun suyunu almak için kullanılır.
Araziye Serme	Suyu alınmamış veya suyu alınmış çürütülmüş çamur ziraat alanlarına serilebilir.
Kurutma Suretiyle Toprak Islahı	Çamur keki, takriben 370 °C' de kurutulur. Bu sıcaklıkta uçucu maddelerden bir kısmı giderilir. Çamur ıslahı için kullanılır.
Dezenfeksiyon	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Pasterizasyon	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Uzun Süreli Depolama	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Isı ile Kurutma	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Sıcak Gaz ile Kurutma	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Sprey Kurutucu	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Döner Kurutucu	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Çok Gözlü Kurutucu	Ağırlık ve Hacim azaltımı
Çoklu Buharlaştırıcı	Ağırlık ve hacim azaltımı
Termal İşlem	
Çok Gözlü Fırın	Hacim azaltımı, geri kazanım
Akışkan Yataklı Fırın	Hacim azaltımı, geri kazanım
Nemli Hava Oksidasyonu	Stabilizasyon, hacim azaltımı

Tablo 3.1. (Devamı)

Nihai Uzaklaştırma	
Araziye Uygulama	Son Uzaklaştırma
Dağıtım ve Pazarlama	Yararlı Kullanım
Kimyasal Sabitleme	Yararlı Kullanım, Son Uzaklaştırma
Düzenli Depolama	Son Uzaklaştırma

3.2. Çamur Arıtma Sistemlerinin Verimleri

Çamur arıtma tesislerinde genellikle iki tür atık çıkışı söz konusudur. Bunlar arıtılmış çamur ve sıvı kısımdır. Sıvı kısmın (duru su) yeniden arıtılması gerekir ve bu yüzden atıksu arıtma tesisinin girişine verilir. Çamur arıtımından çıkan bu sıvı faz yüksek oranda AKM ve BOİ ihtiva eder ve sisteme önemli bir yük getirir. Dolayısıyla tesise geri dönen çamur üst fazının getireceği yük, tasarım esnasında dikkatle değerlendirilmelidir. Çeşitli çamur arıtma sistemlerinin işletme verimleri Tablo 3.2.'de özetlenmiştir.

3.3. Yoğunlaştırma

Çamurun akışkan özelliklerini sabit tutup, çamurdaki su miktarını azaltmak için kullanılır. Temelde üç tip yoğunlaştırma vardır:

1. Gravite ile yoğunlaştırma : Birincil ve ikincil çamurları yoğunlaştırmak için kullanılır.
2. Yüzdürme : Aynı amaçla fakat ikincil çamurun yoğunlaşması için kullanılır.
3. Santrifüj : Evsel çamurlar için çok yaygın olmayan bir uygulamadır.

Tablo 3.2. Çamur Arıtımında Kullanılan Temel İşlem ve Proseslerin Verimleri (Eroğlu, V., 1998)

Çamur Arıtma Sistemi	Çamur Cinsi	Ham	Aritılan	BOI ₅	Su Fazı AKM
		Çamurda % AKM	Çamurda % AKM		
Yoğunlaştırıcı	Ham (primer)	3-6	8-10	160-	300-1000
Yerçekimli	Ham+fazla aktif	2-5	4.5-8.5	166-	300-800
	Fazla aktif	0.5-1.2	2.5-3.5	100-	200-600
Çözünmüş ile Yüzdürme	Fazla aktif	0.5-1.2	2-4	160-	400-1000
	Santrifüj	Fazla aktif	0.5-1.2	2-6	50-500
Stabilizasyon					
Aerobik	Yoğunlaştırılmış	3-8.5	~	100-	1000-
Anaerobik	Yoğunlaştırılmış	3-8.5	~	1000-	3000-
Suyunu Alma	Kimyasal şartlandırma	3-8	15-25	500-	1000-
Vakum Filtre	(çürütülmüş)				
Filtrepres	Kimyasal şartlandırma	3-8	20-25	500-	1000-
Santrifüj	Kimyasal şartlandırma	3-8	10-35	1000-	2000-

3.3.1. Gravite ile yoğunlaştırma

Çamurun yoğunlaştırıcı içindeki çökeltme hareketine dayanır. İşletilmesi basit olduğu için yerçekimi ile çamur yoğunlaştırma oldukça fazla tatbik alanı bulmuştur. Tablo 3.3.'de yoğunlaştırıcılardaki katı madde içerikleri ile katı madde yükleri görülmektedir.

Yoğunlaştırma çamurun hacmini azaltılması için içindeki suyun giderilmesi olarak tanımlanabilir. Ancak, yoğunlaştırılmış çamurlar genelde % 4 ila % 6 katı madde içerirler ve halen akışkandırlar.

Yoğunlaştırma sayesinde ileri arıtma gerektiren çamurların hacmi azaltılarak ilk yatırım ve işletme maliyetleri azaltılır. Yoğunlaştırıcılar gelen çamurların debi ve salınımlarını düzenler. Ayrıca anaerobik stabilizasyondan önce kullanılması durumunda çürütücü verimini ve gaz üretimini artırırken, ısıtma gereksinimini ve bakım masraflarını azaltır. Buna karşın koku problemine sebep olabilirler. Çamur bayatlayacağı için şartlandırma için gereken kimyasal gereksinimi artabilir. Ayrıca oluşturduğu üst suyu (süpernatant) genellikle geri devredildiği için arıtma sistemine

ek bir yük getirir.

Tablo 3.3. Yoğunlaştırıcılardaki Katı Madde İçerikleri İle Katı Madde Yükleri

Çamur Çeşidi	Katı Madde Muhtevası		Katı Madde Yüğü kg/m2.gün
	Yoğunlaş. Önce	Yoğunlaş. Sonra	
Ön Çöktürme Çamuru	2.5-10	5-12	100-150
Fazla Aktif Çamur	0.5-2.5	1.5-4.0	20-40
Damlatmalı Filtre Çamuru	1.0-8.0	4.0-10	40-50
Karışık Çamur (Ön çök.+aktif çamur)	2.5-10	3-10	40-80
Karışık Çamur (Ön çök.+damlatmalı filtre)	4.0-10	4.0-10	60-100

3.3.2. Yüzdürme ile yoğunlaştırma

Atıksu çamuru bazen çok hafif olabilir. Bu sebeple yerçekimi ile çökelebilmeleri zor olur. Örneğin aktif çamur flokları 1.08'den daha az yoğunlukta olabilirler. Bu tip çamurların yüzdürülmesi suretiyle sıvıdan ayrılması daha kolaydır.

Yüzdürme ile yoğunlaştırma aktif çamur floklarını yoğunlaştırmak için kullanılmaktadır. Flotasyon ünitesi, basınç altında çözülmüş hava gerektirmektedir. Bu hava ile sisteme giren sulu çamur karıştırılır. Basınç kesildiği zaman çamur partiküllerini tutan hava kabarcıkları yukarı doğru yükselirler. Yüzdürmeyle yoğunlaştırma suretiyle aktif çamurların konsantrasyonunun % 6.5'a kadar çıkarılması mümkündür.

Hemen hemen bütün uygulamalarda yoğunlaştırılan çamur, polielektrolit gibi kimyasallar ile şartlandırılır.

3.3.3. Santrifüj ile yoğunlaştırma

Gravite ve flotasyon ile yoğunlaştırma 'da olduğu gibi santrifüj ile katıyı sıvıdan ayırma işlemi de yoğunluk baz alınarak yapılır. Bu yöntemin farkı, gravite ile yoğunlaştırma kullanılırken, santrifüj yerçekimi kuvvetinin 1000 katı daha fazla güçle çalışmaktadır.

Çamur yoğunlaştırmada iki tip santrifüj kullanılır.

1.Solid Bowl Santrifüj

2.Deliksiz Sepet tip Santrifüj

Solid Bowl Santrifüjlerin işletimi sürekli olup, yatay eksenli ve bir uçtan daralan, uzun bir gövdeye sahiptir. Çamur üniteye sürekli olarak verilir ve katılar gövdenin etrafında yoğunlaşır. Gövde içinde farklı hızlarla dönen helezonik kıvrımlardan oluşan yatay bir mil dönerek çamurun, daralan uç kısma doğru hareket edip, çamurun orada yoğunlaşmasını sağlar. Burada biriken yoğunlaşmış çamur daha sonra dışarı alınır.

Deliksiz sepet Tip Santrifüj kesikli çalışan bir sistemdir. Sıvı çamur, düşey monte edilmiş döner bir gövde (havuz) içine verilir. Katılar havuzun duvarına doğru birikir ve süzüntü suyu dışarı alınır. Sistemin çamur tutma kapasitesi maksimum derinliğin % 60 ila % 85'i olduğundan gövdenin hızı düşer ve gövdeye (havuz) yerleştirilmiş bir sıyrılcı ile biriken katılar sistemden uzaklaştırılır.

Normal şartlar altında, santrifüj ile yoğunlaştırmada, yoğunlaştırma işlemi polimer ilavesiz gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerin bakım ve enerji maliyetleri yüksektir. Bu sebeple, proses sadece kapasitesi 0.2 m /sn' den fazla, kalifiye elemanı mevcut ve alanı sınırlı olan veya diğer konvansiyonel çamur yoğunlaştırma prosesleri ile çamur yoğunlaştırmanın zor olduğu büyük tesislerde kullanılır.

3.3.4. Döner tamburlu yoğunlaştırma

Fonksiyonel olarak yerçekimli bant yoğunlaştırıcıya benzer. Gözenekli tabakadan su süzülürken üstte floklaşmış halde çamur kalır.

Çamurun karakterine göre aktif çamurun bu işlemle yoğunlaştırılması değişkenlik gösterir. (WEF, ASCE.,)

Diğer yoğunlaştırma proseslerine nazaran az yer kaplar. İşletilmesi kolaydır ve az enerji gerektirir. (Metcalf&Eddy İnc.,)

3.3.5. Bant filtre ile yoğunlaştırma

Yerçekimli bant yoğunlaştırıcılar, genelde aktif çamuru yoğunlaştırmak için kullanılır. Ön arıtma çamuru ve zor yoğunlaşan kimyasal çamurların yoğunlaştırılmasında az tercih edilir. (WEF, ASCE.,) Yoğunlaştırma için kimyasal şartlandırma gerekir. Bunun için polimer kullanılır. Aktif çamur için, 1.5-4.5 kg/ ton değerlerinde polimer ilavesi ile yoğunlaştırıcının verimi % 90-98 arasında değişir. Yoğunlaşmış aktif çamurdaki katı madde konsantrasyonu % 4-8'dir. (WEF, ASCE.,)

Yoğunlaştırıcının kapasitesini etkileyen faktörler, çamurun yoğunluğu, bandın porozitesi, polimerin yükleme oranı ve bandın hızıdır. (WPCF.,)

3.4. Çamur Stabilizasyonu

Çamurun stabilizasyonu, çamurda bulunan patojenleri, organik maddeleri dolayısıyla kokuyu azaltan bir prosestir. Patojen azaltımı yüksek ıslarda veya uygun kimyasal koşullarda (yüksek pH) patojenleri öldürmek suretiyle gerçekleştirilebilir. Patojen azalımı, mikrobik gelişmeleri desteklemeyecek şekilde çamur yapısını değiştirerek sağlanır. Eysel çamurların stabilizasyonu anaerobik, aerobik çürütme, kompostlaştırma ve kimyasallar ile yapılır.

Atıksu çamuru başlıca dört temel problem doğurur :

1. Koku yapabilirler.
2. Patojenik organizma bulundurabilirler.
3. Kimyasal toksin içerebilirler.
4. Susuzlaştırılması zor veya pahalı olabilir.

Stabilizasyon, çamurun bu özelliklerin iyileştirilmesi olarak tanımlanır.

Çamur stabilize yöntemi de önemlidir. Örneğin anaerobik çürütücüde bazı bileşiklerden toksin üreyebilir. Patojen azaltımı mikrobik gelişmeleri

desteklemeyecek şekilde çamur yapısını değiştirerek sağlanır. Bu ayrıca koku ve çürüme potansiyelini de azaltır.

Çamur stabilizasyonunda kullanılan başlıca parametreler şunlardır:

- a) Uçucu katılar
- b) Filtrata ait BOİ₅ değeri
- c) Depolama ile BOİ₅'deki artış
- d) Oksijen kullanımı
- e) Gaz üretimi
- f) Uçucu asitler
- g) pH değişikliği
- h) ATP, DNA ve enzimatik aktiviteler.

Yukarıdaki parametrelerin hepsi indirekt ölçülerdir. Mesela yüksek uçucu katı maddeli çamurlar kokarlar. Böylece uçucu katılar ölçüm stabilitesinin bir parametresi olarak kullanılabilirler.

Ham çamurların atılması veya kullanılması koku, patojenler, toksinler, az susuzlaştırılabilme olmak üzere dört problem yaratır.

Koku ; Çamur stabilizasyonu organik maddeyi dolayısı ile kokuyu azaltmak için yapılır. Anaerobik çürütme metan üretir, toplam çamur kütlelerinin ve koku seviyesinin azalmasını sağlar. Kötü koku üretmeyen aerobik çürütücüler, düşük AKM, BOİ₅ ve NH₃ konsantrasyonlarına sahip süpernatant oluştururlar.

Patojenler ; Patojenlerin varlığının göstergesi olarak E.coli kullanılır. Esasında E.coli kirliliğin göstergesi olarak isimlendirilir. Çamurlarda genelde patojen bulunur fakat E.coli bulunmayabilir. Bu yüzden bu organizmalar patojen miktarının tahmini için uygun bakteri değildirler.

Toksin ; İnorganik ve organik olarak bilinen iki önemli toksin tipi mevcuttur. İnorganikler içinde ağır metallerin yeri çok büyüktür. Ölçümleri, atomik adsorbsiyon spektrofotometri veya diğer analitik yöntemlerle yapılır.

Susuzlaştırılabilirlik; Susuzlaştırma üç mekanizmadan biri ile yapılır :

1. Filtrasyon,
2. Santrifüj
3. Buharlaştırma

Tablo 3.4.'de Çamur stabilizasyon işleminin etkileşimleri gösterilmektedir.

3.4.1. Çamur stabilizasyon yöntemleri

3.4.1.1. Anaerobik çürütme

Çamur içindeki organik maddenin oksijensiz ortamda biyolojik olarak ayrışmasıdır. Anaerobik çürütmede iki bakteri grubu rol oynar. Fakültatif bakterileri de içeren metan bakterileri, karbonhidrat, yağ ve proteinleri, organik asit ve alkollere dönüştürürler. 2.grup metan bakteriler ise organik asit ve alkolleri, metan ve karbondioksite çevirirler. (Linsley, K.R.,) Anaerobik çamur çürütme en eski biyolojik atıksu arıtma yöntemlerinden biridir. Günümüzde, enerji korunumu ve geri kazanımı sayesinde, atıksu çamurunun faydalı kullanılması sebebiyle, anaerobik çürütme prosesi hala en önemli çamur stabilizasyon prosesidir.

Anaerobik çürütücünün prosesi mikroorganizma sayısının etkisine bağlıdır. Proses aşağıdaki gibi karakterize edilir:

Ham çamur organik katılar → Çok hücreli enzimleri → çözülmüş organik katıların üretimi → Organik asitler → Metan former üretimi → Metan, karbondioksit vb.

Bekletme süresi en az 10 gün olmalıdır. Genelde 20 ila 60 gün arasında değişir. PH değeri 6'nın üstünde kalmalıdır. CO₂ çok önemli bir parametredir. % 25'in altına inmesi ve % 45'in üstüne çıkması tehlike yaratabilir.

Tablo 3.4. Çamur Stabilizasyon İşleminin Etkileşimleri

Metod	Etkileşim			
	Koku Azaltma	Patojen Bozulması	Toksin Giderimi	Susuzlaştırılabilirlik
Anaerobik Çürütücü	+	+	++	+
Aerobik Çürütücü	+	+	0	+
Kireç (Ca(OH) ₂) Arıtımı	+	+	+++	+
Kireçtaşı (CaO)	+	++	++++	+
Kompostlaştırma	+	+	0	Uygulanamaz
Lagünler	0	+	0	+
Klorlama	+	++	0	+

Tablo 3.4. (devamı)

Kompostlaştırma	+	+	0	Uygulanamaz
Lagünler	0	+	0	+*
Klorlama	+	++	0	+

0= etkili değil, +=etkili, ++= çok etkili,

* Sadece kum yataklarında

** Supernatant kum yataklarında

*** Çözücü metalin azalımı

Sıcaklık diğer önemli bir parametredir. Mikroorganizmalar performanslarına göre iki gruba ayrılmışlardır. 27-43 °C arasında kalanlar mezofilik, 45-65 °C arası termofiliktir.

Anaerobik çürütücü metan üretir, toplam çamur kütesinin koku ve seviyesinin azalmasını sağlar. Anaerobik çürütücü ile toprak şartlandırıcısı olarak kullanılabilir katı atık üretmek mümkündür. Ayrıca anaerobik çürütme patojenleri etkisiz hale getirir. Buna karşın yüksek sermaye maliyeti vardır ve bozulmalara karşı hassastır. Tablo 3.5'da tipik anaerobik çürütücü dizayn kriterleri verilmiştir.

Tablo 3.5. Tipik Anaerobik Çürütücü Dizayn Kriterleri

Parametre	
Katı madde bekleme zamanı (gün)	10-20
Katı madde yüklemesi (kgUAKM/m ³ /sn)	0.021 -0.055
Hacim Kriteri (m ³ /kişi)	
Birincil Çamur	0.8-1.
Birincil Çamur + Filtre Çamuru	0.8-1
Birincil Çamur + Aktif Çamur	0.8- 1.2
Çürütücü altakış konsantrasyonu (kg/m ³)	1.2-1.8

Anaerobik çamur çürütme olarak en yaygın kullanılan prosesler standart hızlı, tek kademeli yüksek hızlı, iki kademeli ve ayrı çürütücülerdir. Bu prosesler normalde 30-38 °C de mezofilik sıcaklıklarda işletilir. Termofilik çürütme üzerinde de çalışmalar mevcuttur.

Standart Hızlı Çürütme: Bu proses genellikle tek kademeli olarak uygulanır. Çürütme, çamur yoğunlaştırma ve supernatant (sıvı kısım) oluşumu aynı anda gerçekleşir. Tek kademeli bir çürütme tesisinde ham çamur, çürümenin ve gaz oluşumunun gerçekleştiği bölgeye verir. Bu sırada çamur dışarıdan bir ısıtıcı ile ısıtılır. Çürüyen çamurlardan dışarı çıkan gaz yukarıya doğru yükselirken, yağ, gres, köpük gibi çamur partikülleri ve diğer maddeleri de beraberinde götürür. Bu şekilde en üstte yüzücü maddelerin (yağ, köpük, gres) meydana getirdiği bir tabaka oluşur. Bu tabakanın altında, sıvı kısmın oluşturduğu bir tabaka yer alır. Daha ağır ve çökebilen maddelerden meydana gelen ve çürümekte olan çamurlar ise daha altta yer alırlar. Tabanda ise çürümüş ve konsantre hale gelmiş çamurlar toplanır. Tabakalaşma (katmanlaşma) ve sınırlı karıştırma sonucu, standart hızlı tek kademeli yürütücünün hacmi ancak %50'si kullanılmaktadır. Bu tür sınırlamalar sebebiyle standart hızlı bu proses daha çok küçük sistemlerde kullanılmaktadır.

Tek Kademeli Yüksek Hızlı Çürütme: Tek kademeli yüksek hızlı çürütme prosesinde standart hızlı tek kademeli çürütücünden farklı olarak katı yükleme hızı oldukça yüksektir. Çamur, mekanik karıştırıcılar ile veya basınçlı çürümüş gazın geri devrilmesi suretiyle karıştırılır ve optimum çürütme hızına ulaşana kadar ısıtılır. Yüksek yükleme hızı ve karışımın daha iyi sağlanması haricinde, tek kademeli yüksek hızlı karıştırıcı ile konvansiyonel iki kademeli ön çürütücü arasında, hemen hemen fark bulunmamaktadır. Bu proseste karıştırma elemanları oldukça büyük kapasiteye sahip olmalı ve tank tabanına kadar ulaşabilmelidir ve hatta eğer uygulanabilirse tank, karıştırma prosesini sağlayacak derinlikte olmalıdır.

Reaktördeki sabit koşulları sağlamak için çamur, çürütücüye sürekli olarak ya da bir zaman rölesi yardımıyla 30 dk ile 2 saatlik çevrimlerle pompalanmalıdır. Yüksek hızlı çürütücüde supernatant ayrımı yoktur ve toplam katı madde % 45 - 50 arasında ayrıştırılarak ortaya çıkan gaz kullanılmak üzere dışarı alınır. Bu şekilde çürümüş çamur, ham çamurun yarısı kadar konsantre edilmiş demektir. Çürütme tankları, yüzer veya sabit kapaklı olabilir. Yüzer kapakların hepsi veya bir kısmı, fazla gazı depolama kapasitesine sahiptir. Çürüyen çamurlardan dışarı çıkan gaz, yükselerek bu kapakta toplanır. Bir diğer alternatif olarak, ortaya çıkan gazın bir toplama tankında depo edilmesi veya sıkıştırılıp basınç altında depolanmasıdır.

İki Kademeli Çürütme: Tek kademeli basit çürütücülerde taze çamur ile çürümüş çamur nispetlerini ayarlamak zordur. Böyle tesislerde sıvı kısım ve çamur iyi bir şekilde birbirinden ayrılmaz. Yani sıvı kısım ile birlikte bir miktar çamur da gidebilir. Ayrıca devamlı karıştırmak gerektiğinde çamur giriş ve çıkışında güçlükler olur. Bu sebeple büyük tesislerde, yüksek hızlı çamur çürütücü, 2. bir çürütme tankı ile seri olarak bağlanır. Bu şekilde anaerobik çürütme ile yoğunlaştırma ve depolama fonksiyonları birbirinden ayrılır. İlk tank yüksek hızlı anaerobik bir çürütme yapısı olup, çamur çürütme için kullanılır. Optimum bakteriyel ayrışmanın gerçekleşebilmesi için ısıtılır. Karıştırma işlemi, çamur sirkülasyon pompası ile, mekanik statik mikserler ile, mekanik karıştırıcılar ile ya da bir veya birkaç statik mikser veya tabana monte difüzörler kullanılarak basınçlı çürütme gazının geri devrettirilmesi yolu ile sağlanır. Yüksek hızlı çamur çürütücülerde, sürekli karışım sebebiyle, çürümüş çamurun dinlenmesi ve sıvı kısmın çamurdan ayrılması mümkün değildir. Bu sebeple ikinci bir çürütme kademesine ihtiyaç vardır. Bu ikinci tank, depolama, çürümüş çamurun yoğunlaştırılması ve nispeten berrak bir sıvının oluşması için kullanılır. Bu çürütücü yüzer kapaklı olur. İklim ve birinci kademede elde edilen stabilizasyona bağlı olarak ekseriye ısıtılmaz. Çürümüş çamurların bir kısmı taze çamurları aşlamak için kullanılırken (geri devrettirilirken), fazlası drenaj yatakları üzerinden kurutulmak üzere sistemden dışarı alınır.

Ayrı Çamur Çürütme : Bir çok arıtma prosesinde, biyolojik ve ön çökeltim çamuru karışımının çürütülmesi için aynı anaerobik tank kullanılmaktadır. Bu sistemlerde anaerobik koşullar altında reaksiyon hızı biraz daha yavaştır. Son zamanlarda yapılan bazı dizaynlarda, ön çökeltim çamuru ve biyolojik çamurun çürütülmesi işlemi birbirinden ayrılmıştır. Bazı durumlarda biyolojik çamurlar anaerobik yerine aerobik olarak çürütülmektedir. Ayrı olarak çürütme işleminin kullanım amacı şu şekilde sıralanabilir:

- a. Çürütülmüş ön çökeltim çamuru için çok iyi susuzlaştırma özellikleri elde edilir.
- b. Çürütme prosesi, atılan çamura belli bir biçim verir.
- c. Optimum proses kontrol koşulları sağlanır. Biyolojik çamurun ayrı olarak anaerobik arıtımı için dizayn kriterleri ve verimi ile ilgili veriler oldukça sınırlıdır.

3.4.1.2. Aerobik çürütme

Anaerobikteki bütün olumsuz noktalardan kaçınılabilir. Fakat metan gibi enerji kaynaklarının üretimi bu sistemlerde söz konusu değildir. Çoğunlukla fazla aktif çamur için kullanılır. Aerobik çürütmenin anaerobik çürütmeye göre avantajları şunlardır:

- 1) Uçucu katı madde giderimi, anaerobik çürütmedeki giderime hemen hemen eşittir.
- 2) Supernatanttaki BOI konsantrasyonu daha düşüktür.
- 3) Humusa benzer, kokusuz, biyolojik olarak stabil olmuş son ürün oluşur.
- 4) Çamurdaki gübre değerlerinin geri kazanımı daha yüksektir.
- 5) İşletimi nispeten daha kolaydır.
- 6) İlk yatırım maliyeti düşüktür.

Dezavantajları ise şöyle sıralanabilir:

1. Gerekli oksijeni sağlamak için enerji maliyeti yüksektir.
2. Proses, sıcaklıktan, yerden, tank malzemesinin özelliklerinden önemli derecede etkilenmektedir.
3. Metan gibi faydalı yan ürünler, geri kazanılmamalıdır.

Aerobik çürütücü katı bekleme zamanının bir fonksiyonudur. Geri döngüsü olmayan tanklarda hidrolik bekletme süresi ile katı bekleme zamanı aynıdır.

Aerobik çürütme yoğunlaşmış çamur ile sıvının ayrıldığı bir ünedir. Kötü koku üretmeyen aerobik çürütücüler, düşük AKM, BOI₅ ve NH₃ konsantrasyonlarına sahip düşük supernatantlar oluşturur, iyi susuzlaşmış karakterde çamur üretir. Bu sistemler, patojen miktarlarını azaltır, anaerobik sistemlerle yaklaşık eşit miktarlarda uçucu katı madde giderimi sağlar ve ayrıca çamurdaki yağ ve çözünmüş heksanların azaltılmasında etkili olur. Bu avantajlarına karşın aerobik çürütücülerin oksijen takviyesi için yüksek enerji maliyetleri söz konusudur. Mekanik susuzlaştırma için son derece zayıf karakteristikli çürümüş çamur üretirler. Bu tip sistemlerde sıcaklık, konum, tank imalatında kullanılan malzemenin türü performansı etkiler. Ayrıca aerobik çamur çürüdüktan sonra kolayca susuzlaşmaz. Anaerobik çürütücülerin tasarımında gözönünde bulundurulması gereken faktörler sıcaklık, katı madde giderimi, hidrolik bekletme süresi, oksijen ve karıştırma için enerji gereksinimidir. Aerobik çürütme için tipik dizaynı değerleri Tablo 3.6' da verilmiştir.

3.4.1.3. Kireç stabilizasyonu

Kireç Stabilizasyonu düşük maliyetli, susuzlaştırılması kolay çamur üreten, tekil bir prosestir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı kireç ilavesiyle kimyasal olarak kararlı olmayan ve daha fazla kütleye sahip çamur çıkarır. Dolayısıyla kireç stabilizasyonu daha yüksek ulaşım ve uzaklaştırma maliyetlerini gerektirir.

3.4.1.4 Yüksek sıcaklıkta kireç stabilizasyonu

Kirecin yüksek sıcaklıkta stabilizasyonunda pH ve sıcaklığı arttırmak için çamura kireç katılır. PH ayarlaması kirecin alkali yapısına bağlı olarak yapılabilir. Sıcaklığın artması ise kirecin çamurdaki su ile karıştırılması veya bir tür ekzotermik reaksiyon olan kirecin hidrasyonu sonucudur. Bu amaçla iki yöntem izlenir: ya kireç tek başına sıcaklığı arttırmak için kullanılır ya da çamurun sıcaklığı kirece ek olarak elektrik ısıyla arttırılır. Bu iki yöntem de yüksek derecede stabilize çamur üretilmesini sağlayacak niteliktedir.

Yüksek sıcaklıkta kireç stabilizasyonu son derece güvenilir bir prosestir. Kireç stabilizasyonu daha optimum maliyetler sağlamakta, daha az kireç sarfederek daha az çamur üretmektedir. Fakat daha fazla kimyasal madde ve daha büyük alan gerektirmektedir, açık proses koku problemini gündeme getirir.

Tablo 3. 6. Aerobik Çürütme İçin Dizayn Değerleri

Parametre	Değerler
Hidrolik Bekletme Süresi (20 °C), gün ^b	
Sadece Aktif Çamur İçin	10-15
Ön Çökeltimsiz Aktif Çamur	12-18
Ön Çökeltim + Aktif Çamur veya damlatmalı Filtre Çamuru ^c	15-20
Katı Madde Yükleme Hızı, kgUAKM/m ³ .gün	1.6 - 4.8
Oksijen İhtiyacı, kg O ₂ /kg (giderilen katı madde hücre dokusu)	~2.3
Ön Çökeltim Çamurundaki BOI ₅	1.6- 1.9
Karıştırma İçin Enerji gereksinimi	
Mekanik Aeratorler, kW/10 ³ .m ³	19.8 -39.5

Tablo 3.6. (devamı)

Difüzörlü Hava İle Karıştırma, m ³ /m ³ .dak.	0.02 -0.04
Sıvıdaki Kalıntı Oksijen Miktarı, mg/l	1 - 2
Uçucu Katı Madde Miktarındaki Azalma,%	40 - 50

^b 20 °C' nin altındaki sıcaklıklarda bekletme süresi arttırılmalıdır.

^c Aynı bekletme süreleri sadece ön çökeltim çamuru için de kullanılır.

^d Karbonlu maddelerin nitrata oksidasyonu esnasında üretilen amonyak

3.4.1.5. Isıyla kurutma

Isıyla kurutma, çamurdan suyun ısısal yollarla buharlaşması prosesidir. Bu tür kurutma işleminde sıcaklık, suyu buharlaştıracak düzeyde olmasına rağmen organik maddeyi uzaklaştırmaya yetecek kadar yüksek değildir. Bu gibi koşullar sıcaklığın % 80'ine erişildiğinde ve nem % 10'un altına indirildiğinde sağlanır.

Bu tip proste % 98'lere varan katı madde elde edilmektedir. Nihai ürün toprak şeklindedir. Temassız kurutmada öğütücü çamur geri çevrimi gerekli değildir ve gaz emisyonları azaltılmıştır fakat kondanse sularının oluşturduğu yan akıntılar mevcuttur. Temaslı kurutmada ise öğütücü çamur geri çevrimi gereklidir ve bol miktarda gaz emisyonları bulunmaktadır.

3.4.1.6. Yakma

Bir yakma sisteminin amacı tüm uçucu katıları yok ederek yakıt yardımı ile ısı açığa çıkarmak ve bunu gerçekleştirirken yanma ve ısınma prosesleri ile ilgili sorunları en aza indirmektedir. Yakma önce kurutma daha sonra da yanmadan oluşan iki adımlı bir oksidasyon prosesidir. Kurutma, genellikle yakmadan önce yapılan ön susuzlaştırma işlemi ile karıştırılmamalıdır. Girişteki çamur keki normalde % 55-85 su içerir. Keki nem oranı % 50'nin altına düşürülmediği sürece yanması mümkün değildir. Çamurun yakılmasının genel olarak 4 adımda gerçekleştiğini söylemek mümkündür:

1. Genel çamur sıcaklığının 100 °C'ye çıkarılması
2. Çamur suyunun buharlaştırılması

3. Su buharı ve hava sıcaklığının yükseltilmesi
4. Kurumuş çamur uçucuları sıcaklığının ateşleme noktasına kadar arttırılması

Yakma, fırın içinde değişen zamanlarda, sıcaklıklarda ve yerlerde meydana gelen ısı ve kimyasal reaksiyonları içeren karmaşık bir prosestir. Çamurun yakılması ile açığa çıkan ısı, enerji üretimi, mekanik ekipmanlara enerji temini veya elektrik üretimi ile değerlendirilebilir. Çok gözlü fırınlar, akışkan yataklı fırınlar genellikle tercih edilen yakma fırınlarıdır.

Yakma steril, kokusuz ve inorganik atık üreten bir prosestir. Organik kirleticiler klorlu hidrokarbonlar dahil olmak üzere etkili olarak yok edilirler. Hacimde maksimum azalma sağlanmış olur. Bunlara karşın, yüksek ilk yatırım, işletme ve bakım masrafları gerektirir. Ayrıca sisteme giriş çamuru iyi susuzlaştırılmış olmalıdır.

3.4.1.7. Kompostlaştırma

Kompostlaştırma, termofilik bakterilerce organik maddelerin nispeten stabil, humusa benzer son ürünlere dönüşümü için, aerobik olarak parçalanması ile sağlanan bir stabilizasyon prosesidir. Çamurun, bazı yardımcı maddelerle karıştırılarak, daha iyi havalanmayı sağlamak üzere porozitesi arttırılır, nem oranı azaltılır ve C/N oranı yükseltilir. Çoğunlukla her üç amaç tek bir madde ile sağlanır, örneğin; saman, ağaç yongası, pirinç kabuğu veya evsel katı atıklar gibi. İlâveten pek çok kompostlaştırma işleminde, bir miktar önceden kompost haline dönüşmüş malzeme de kullanılır. Kompostlaştırma proseslerinin çoğunda kompostlaştırma işleminin sonunda elde edilen ürünün bir bölümü prosese geri döndürülerek tekrar kullanılır. Buna göre kompostlaştırma çamurların azaltılması ve geri kazanımı ile ilgili olarak uygulanabilecek bir yöntemdir.

Kompostlaştırma işleminde mikroorganizmalar, aerobik olarak organik maddeleri karbondioksit ve suya ayrıştırır. Çağdaş kompostlaştırma sistemlerinde, optimum nem ve oksijen konsantrasyonunu sağlamak ve sıcaklığı denetlemek için mekanik havalandırma ve karıştırma kullanılır. Kompost karışımının içinde meydana gelen

biyolojik aktivite ısı üretir ve üç gün süre ile sıcaklık 55 °C de tutularak ileri seviyede patojenik stabilizasyon sağlanır. Uçucu katıların yaklaşık % 20-30'u karbondioksit ve suya dönüştürülür. Doğru bir şekilde işletildiği takdirde kompostlaştırma sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklar tüm patojen ve parazitlerin ortadan kaldırılmasını sağlar. Bununla birlikte, bu organizmaların yeniden üremesi de olasıdır. Uçucu katıların ve suyun proses sırasında giderilmesine karşın kompost hacmi, kompostlaştırmada katkı maddesi ilavesi ve kompostun düşük yoğunlukta oluşu nedeniyle daha büyüktür.

Kullanılan kompostlaştırma sistemlerinin yaygın olan üç tipi vardır.

- a) Havalı Statik Kümeler
- b) Windrow
- c) Kapalı Kompostlaştırma Sistemi

Havalı statik yığın : Havalı statik kümeler üzerine susuzlaştırılmış çamurun yerleştirilmiş olduğu havalandırma ızgarasından veya hava borusundan oluşur. Tipik statik küme sisteminde kabartıcı maddeler döner tambur veya değirmen tip mikserlerle susuzlaştırılmış çamur ile karıştırılmış talaşlardan oluşur. Malzeme 21 ile 28 günde kompostlaştırılır, daha sonra 30 gün ya da daha uzun süre olgunlaşmaya bırakılır. Tipik küme yükseklikleri yaklaşık 2-2.5 m dir. Izgaradan geçirilmiş kompost tabakası, genellikle yalıtım için kümenin üstüne konur. Oluklu plastik drenaj borusu genellikle hava temin etmek için kullanılır ve her bir kümenin etkin bir havalandırma kontrolü için özel blowerlara sahip olması tavsiye edilir. Olgunlaşmış kompostun elenmesi, genellikle nihai uzaklaştırma gerektiren son ürün miktarını azaltmak için ve kabartıcıların geri kazanılması için yapılmaktadır. Proses kontrolü için bir çok yeni tesislerin önemli bir kısmının ya da tamamının üzeri örtülmüştür.

Windrow : Windrow sistemlerde, karıştırma ve eleme işlemleri havalı statik küme sistemindeki gibidir. Windrow'lar 1 ila 2 m yüksekliğinde ve 2 ila 4.3 m taban genişliğinde kümelenir. Bu kümeler kompostlaştırma süresi boyunca periyodik olarak karıştırılır. Bazı uygulamalarda mekanik havalandırma kullanılır. Tipik işletme koşullarında, windrow'lar 55 °C ya da üstü sıcaklık sağlandığı zaman en az 5 defa aktarılırlar. Windrow'ların karıştırılması esnasında rahatsız edici kokular serbest

kalır. Kompostlaştırma süresi 21 ile 28 gündür. Son yıllarda, çamuru ve kabartıcı maddeleri aktarmak için özel ekipmanlar geliştirilmiştir. Bazı windrow'ların üstü havalı statik kümelerde olduğu örtülmektedir.

Kapalı kompostlaştırma sistemi : Kapalı tank içinde kompostlaştırma sistemleri kapalı hücre veya reaktörlerde gerçekleştirilir. Mekanik sistemler kokuyu minimize etmek ve hava debisi, sıcaklık ve oksijen konsantrasyonu gibi çevresel koşulları kontrol altına almak suretiyle proses zamanını kısaltmak için dizayn edilmişlerdir. Kümeler genellikle homojenliği sağlamak ve mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu besin maddelerine ulaşımını sağlamak üzere karıştırılmaktadır. Sıcaklık ve nem kontrolü de uygulanmaktadır. Kapalı reaktör içinde kompostlaştırma sistemleri koku kontrolü sağlar; proses hızlıdır; işçilik maliyeti düşüktür ve alan ihtiyacı azdır.

Kapalı reaktör içinde kompostlaştırma sistemleri, piston akımı ve dinamik (karıştırılmış yatak) olmak üzere 2 ana kategoriye ayrılır. Piston akımlı sistemlerde, kompost kütleindeki partiküller arasındaki ilişki proses boyunca aynı kalır ve sisteme ilk giren ilk çıkar prensibi ile çalışır. Dinamik sistemlerde ise, kompost malzemesi proses esnasında mekanik olarak karıştırılmaktadır. Kompostun bir miktar gübre değeri vardır ancak çoğunlukla toprağın organik içeriğinin ve nem tutma potansiyelinin artırılmasında kullanılır. Son ürün genellikle satışa sunulur.

Kompostlaştırmanın geçerli bir çamur arıtma alternatifi olabilmesi için aşağıdaki kriterlerin sağlanması gerekmektedir.

1. Son ürün patojen içermemelidir.
2. Değerlendirilebilir bir ürün ortaya çıkarmalıdır.
3. Güvenilir olmalıdır.
4. Enerjiyi verimli kullanmalıdır.
5. Optimum maliyette olmalıdır.
6. Estetik olarak kabul edilebilir olmalıdır.

Atıksu çamurlarının kompostlanmasında temel husus patojenlerin imha edilmesi olmalıdır. Uçucu katı maddelerin ayrışması ve koku kontrolüne karşı stabilizasyon

bu nedenle birinci önem sırasında, ortaya çıkacak nihai malzemelerin değerlendirilmesi de ikinci sırada gelmektedir.

Kompostlaştırmaya karar verme aşamasındaki en önemli hususlardan ve ekonomik faktörlerden biri nihai ürün için uygun bir pazarın var olup olmadığıdır. Üretilecek malzemenin yararı, faaliyetin bulunduğu yere, ağır metal içeriğine ve diğer yerel kompost kullanımlarına bağlıdır. Kompostlar parkların oluşturulmasında, bozulmuş veya işlenmiş arazilerin yeniden bitkilendirilmesinde, sebze ve meyve yetiştirilmesinde, bahçecilik ve fidanlık mahsullerinde, özellikle ABD ve İskandinav ülkelerince uzun yıllardır uygulanmaktadır.

Avantajları;

- a. Özellikle sınırlanmamış kompost sistemleri (havalandırılmış yığınlar) düşük maliyette arazi bulunabilirse son derece ekonomiktir.
- b. Yatay sistemler sınırlanmamış sistemlere göre daha az yer gerektirirken, düşey sistemler arazi kullanımında en verimli olan sistemlerdir.
- c. Düşey sistemlerdeki kapalı reaktörlerde koku tutulur ve kontrol edilir.
- d. Düşey sistemler yatay sistemlerden daha az düzeltme gerektirir.

Dezavantajları;

- a. Kompostlaştırma büyük hacimli bir nihai ürün ortaya çıkarır.
- b. Sınırlandırılmamış sistemler geniş alan gerektirmektedir.
- c. Sınırlandırılmamış sistem işletimi mevsimsel koşullardan etkilenir.
- d. Yatay sistemler ve "windrow" sistemlerde koku problemi ile karşılaşılabilir.
- e. İşletilen ekipmanlar nedeniyle yatay ve düşey sistemlerde ilk yatırım maliyetleri yüksektir.

3.5. Şartlandırma

Çamur, susuzlaştırma özelliklerinin iyileştirilmesi için şartlandırılır. Bu amaçla kimyasal ve fiziksel prosesler tatbik edilir. Kimyasal metotlarla organik ve inorganik flokülant maddeler ilave edilir. Fiziksel metotlardan ısıtma ve dondurma işlemleri yapılır. En çok kullanılan iki yöntem kimyasal madde ilavesi ve ısıl işlemdir. Dondurma, radyasyon, uygulama ve solvent ekstraksiyonu gibi diğer metotlar henüz araştırma aşamasındadır. Elutrasyon, günümüzde pratikte nadiren kullanılan, fiziksel

bir yıkama işlemidir ve kimyasal şartlandırma gereksinimlerini azaltmada kullanılır.

3.5.1. Kimyasal şartlandırma

Kimyasal maddelerin susuzlaştırma amacıyla şartlandırmada kullanımı, susuzlaştırma verimini artırması ve uygulamada sağladığı esneklik sebebiyle oldukça ekonomiktir. Kimyasal şartlandırma, arıtılan çamurun yapısına bağlı olarak ham çamurun % 90 ila 99' luk nem muhtevasını, % 65 ila % 85' e düşürür. Kimyasal şartlandırmada, katı maddelerin koagülasyonu gerçekleşir ve absorblanmış su açığa çıkar. Şartlandırma vakum filtrasyonu, santrifüjleme, belt filtre pres, basınçlı filtre pres gibi mekanik susuzlaştırma sistemlerinden önce kullanılır. Kimyasal madde olarak; ($FeCl_3$), kireç, alum (Alüminyum sülfat) ve organik polimerler (polielektrolit) kullanılır. Şartlandırıcı kimyasalların çamura ilave edilmesi çamurun katı madde ihtivasını artırır. Polimerler katı madde muhtevasını önemli derecede arttırmakla beraber, demir tuzları ve kireç katı madde muhtevasını % 20 ila 30 oranında arttırmaktadır. Kimyasal maddeler sıvı formda daha kolay bir şekilde uygulanır ve ölçülür. Eğer kimyasallar toz halinde geliyorsa, çözelti hazırlama tanklarına gerek duyulur. Birçok tesiste, bu tanklar en az bir günlük kimyasal madde temin edecek büyüklükte ve iki adet olmalıdır. Büyük tesislerde bir vardiya için tanka kimyasal madde depolaması yeterlidir. Bu tanklar fabrikasyon veya anti korozif malzemeden imal edilmelidir. Asit çözeltileri için en uygun boru ve tank malzemeleri PVC, polietilen (PE) ve kauçuktur. Dozaj pompaları da anti korozif olmalıdır.

3.5.2. Çamur şartlandırmayı etkileyen faktörler

Çamur şartlandırıcıların dozajını ve tipini etkileyen temel faktörler, kullanılan susuzlaştırma ve karıştırma ekipmanlarının tipi ve çamurun özelliğidir. Önemli çamur özellikleri, çamurun kaynağı, çamurun konsantrasyonu, çamurun yaşı, pH ve alkalinitedir. Ön çökeltim çamuru, atık aktif çamur ve çürümüş çamur gibi çamur kaynaklarını bilinmesi, uygulanması gereken kimyasal madde dozaj aralıklarının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Katı madde konsantrasyonları, şartlandırıcıların yayılmasını ve dozajını etkileyecektir. pH ve alkalinite özellikle inorganik şartlandırıcıların verimini etkileyecektir. Susuzlaştırma için pH'ı

yükseltmede kireç kullanıldığı zaman, kuvvetli amonyak kokusu ve taşlaşma (kireçtaşı) problemleri meydana gelir. Seçilen yöntem, susuzlaştırma yöntemlerinin karakteristiklerindeki ve kullanılan karıştırma ekipmanlarındaki farklılıklar, şartlandırmada kullanılacak kimyasalların seçimini etkileyebilir. Örneğin polimerler santrifüj ve belt pres susuzlaştırma işlemlerinde çok sık kullanılmakla beraber, vakum ve basınç filtrasyonlarında çok az kullanılmaktadır. Özellikle susuzlaştırılması zor olan çamurlar için laboratuvar ve pilot ölçekli deneyler yapılarak, gereken kimyasal şartlandırıcının tipinin belirlenmesi, tavsiye edilmektedir.

3.5.3. Dozaj

Her hangi bir çamuru şartlandırmak için gereken kimyasal madde dozajı laboratuvarda hesaplanır. Kimyasal madde dozajı seçimi için kullanılan testler, kapiler emme süresi testi, jar test ve çamurun spesifik direncinin belirlenmesi için yapılan Buchner Hunisi testidir. Buchner Hunisi testi; çeşitli şartlandırıcıların çamur susuzlaştırma özelliklerini veya test edilen çamurun drene edilme kabiliyetini ölçme yöntemidir. Kapiler emme testi, şartlandırılmış bir miktar çamur numunesinden su çekmek için, bir parça kalın filtre kağıdının kapiler emme ve gravitesine dayanan bir testtir. Standart jar test, kullanımın en kolay yöntemdir. Bu teste farklı şartlandırıcı konsantrasyonları ve farklı hacimlerdeki (çoğunlukla 1 lt) çamur numuneleri kullanılır. Testte hızlı karıştırma ve çökeltme işlemleri yapılır.

Genelde gereken kimyasal madde miktarını, büyük ölçüde çamurun türü belirler. Susuzlaştırılması güç çamurlar, fazla miktarda kimyasal madde dozlaması gerektirir ve genelde kuru kek haline gelmez. Susuzlaştırma esnasında oluşan süzüntü suyu, oldukça kötü kalitededir. Aşağıda şartlandırma için gerekli kimyasal maddelerin miktar artışına göre, çamur türleri sıralanmıştır:

- Arıtılmamış (ham) ön çökeltim çamuru
- Arıtılmamış ön çökeltim ve aktif çamur karışımı
- Anaerobik olarak çürütülmüş ön çökeltim çamuru
- Anaerobik olarak çürütülmüş ön çökeltim çamuru ve atık aktif çamur karışımı
- Ham atık aktif çamur ve aerobik olarak çürütülmüş çamur

Tablo 3.7' de çeşitli susuzlaştırma metodları için ve çeşitli çamurlar için ilave edilmesi gereken polimer miktarları verilmektedir. Gerçek dozaj miktarı tabloda verilene nazaran oldukça değişik olabilir. Polimer dozajı, kullanılan polimerin molekül ağırlığına, iyonik kuvvetine ve aktiflik seviyesine bağlı olarak ayrıca değişecektir. Bu sebeple kullanım esnasında, dozaj ve uygulanabilirlik konusunda üreticilere danışılmalıdır. Demir(3)klorür ve kireç, vakum ile susuzlaştırma prosesinde en çok kullanılan iki çamur şartlandırıcısıdır ve bunların dozaj miktarı geniş aralıklarda değişmektedir. Susuzlaştırma öncesi kullanılması durumunda, demir(3)klorür ve kireç dozajını etkileyen faktörler, çamurun tipi (ön çökeltim, son çökeltim veya karışım) ve stabilizasyon prosesinin tipidir.

Tablo 3.7. Çeşitli Susuz. Metodları ve Çamurlar İçin İlave Edilmesi Gereken Polimer Miktarı

Çamurun Tipi	kg polimer/ ton kuru atık		
	Vakum Filtre	Belt Pres	SolidBowl Santrifüj
Ön Çökeltim ve Atık Aktif	1-5	1-4	0.5-2.5
Ön Çökeltim ve Damlatmalı Filtre	5-10	2-8	2-5
Atık Aktif	1.25-2.5	2-8	-
Anaerobik olarak çürütülmüş ön çökeltim	7.5-15	4-10	5-8
Anaerobik olarak çürütülmüş ön çökeltim+ atık aktif	3.5-7	2-5	3-5
Anaerobik olarak çürütülmüş ön çökeltim+ atık aktif	1.5-8.5	1.5-8.5	2-5
An. Çürütülmüş ön çök. + akt.	7.5-10	2-8	-

3.5.4. Çamur karıştırma

Çamur ve koagülantın tam karışımı, iyi bir şartlandırma için ön koşuldur. Karıştırma, oluşan flokları parçalamamalıdır ve bekletme süresi, çamur şartlandırıldıktan sonra susuzlaştırma birimine mümkün olduğunca çabuk ulaşacak şekilde, minimumda tutulmalıdır. Karıştırma gereksinimi, kullanılan susuzlaştırma yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Vakum filtre ve basınçlı filtrelerden önce ayrı bir karıştırma ve

flokülasyon tankı kullanılır. Aynı bir flokülasyon tankı belt filtre pres için kullanılabilir veya şartlandırıcı, belt filtre pres ünitesinin çamur besleme hattına doğrudan ilave edilebilir, in line mikserler genellikle santrifüjle kullanılır. Şartlandırıcı kimyasalların en azından iki yerden verilmesi genellikle dizaynda istenilen bir durumdur.

3.5.5. Isıl işlem

Isıl işlem, basınç altında kısa süreli çamur ısıtmayı içeren hem stabilizasyon hemde şartlandırma prosesidir. Isıl işlem katı maddeleri koagüle etmek, jel yapısını bozmak ve çamur katılarının su içeriğini azaltmak için kullanılır. Bunun sonucunda çamur sterilize olur, kokusu azalır ve hemen susuzlaştırılır. Isıl işlem prosesi, diğer yollarla stabilize edilmesi veya şartlandırılması zor olan biyolojik çamurlar için oldukça uygulanabilir bir prosestir. Ekipmanların yüksek ilk yatırım maliyeti sebebiyle bu prosesin kullanımı büyük ve sınırlı alana sahip tesislerle sınırlandırılmıştır. Isıl işlem biriminden oluşan süpernatantın BOI 'si oldukça yüksektir ve arıtma gerektirebilir. Geliştirilen ısıl işlem proseslerinin bir çoğu kullanılmamaktadır. En çok kullanılan ısıl işlem prosesi düşük basınçlı Zimpro Sistemidir. Düşük basınçlı Zimpro Sisteminde, ısı değiştirici olarak çamur kullanılır ve hava enjeksiyonu yapılır. Bu proseste çamur reaktöre hava ile birlikte verilir. Reaktör basınç altında buhar ile ısıtılır. Reaktöre verilen çamur hava karışımı ısı değiştiricilerden geçerken, reaktörden çıkan çamurun etkisiyle bir miktar ısınır. Reaktörden çıkan sıcak çamur ise bu esnada gelen soğuk çamura ısınısını vererek ısı değiştiriciden çıkar ve içinde bulunan basınçlı havanın ayrılması için seperatörden geçer. Isıl işlem sonucu kısmen oksitlenmiş çamur, vakum filtrasyonu, santrifüjleme, belt pres veya kurutma yataklarına alınarak susuzlaştırılabilir. Isıl işlemin avantajları şunlardır:

- Susuzlaştırılan çamurun katı muhtevası, istenen oksidasyon derecesine bağlı olarak, % 30 ila 50 arasında değişmektedir.
- Proses, çamuru stabilize eder ve bir çok patojenik organizmaları yok eder.
- Isıl işlemden geçmiş çamurun uçucu katı maddelerin gr'ı başına 28 ila 30 kj ısı değeri vardır (28-30 kj/ gr uçucu katı)
- Bu proses, çamur bileşimindeki değişikliklerden nispeten etkilenmemektedir.

– Uçucu katıların tam oksidasyonu yaklaşık (yaklaşık % 90 azalma) yüksek basınç ve sıcaklıkla sağlanır.

Isıl işlemin en önemli dezavantajları ise şunlardır

- Mekaniğinin karmaşıklığı ve korozyona dayanıklı malzemelerin kullanımı dolayısıyla ilk yatırım maliyeti yüksektir.
- Yakın kontrol ve tecrübeli eleman gerektirir.
- Proses yüksek organik konsantrasyonlu, renkli yan akım oluşturur.
- Oldukça kokulu ve daha sonra arıtılması gereken gaz üretir.
- Isı değiştiricilerde, reaktör ve borularda tortu oluşumuna sebep olur. Bu sebeple asitle yıkama ve basınçlı su gerektirir.

3.5.6. Diğer yöntemler

Diğer çamur şartlandırma yöntemleri şunlardır:

- İnorganik kimyasal maddeler ve organik polimerlerin bir bileşiminin kullanılması ile kimyasal şartlandırma
- Susuzlaştırmayı daha iyi seviyeye getirmek için çamur asidifikasyonu,
- Çamuru dondurma - çözme
- Yağ ve greslerin solvent ekstraksiyonu,
- İrradyasyon

Bu metodların çoğu, laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmalarla sınırlıdır. Elutrasyon geçmişte şartlandırma için kullanılan bir çamur şartlandırma prosesidir. Bu proseste, bir katı veya katı-sıvı karışımı, belli bileşenlerin sıvıya transferi amacıyla bir sıvı ile kesikli olarak karıştırılır. Fazla miktarda kimyasal madde tüketecek çözünmüş inorganik ve organiklerin giderilmesi için yapılan kimyasal şartlandırmadan önce çürütölmüş çamurun yıkanması tipik bir örnektir. Elutrasyon işleminde kimyasal madde tüketimini azaltır. Günümüzde bu proses nadiren kullanılmaktadır. Çünkü, çamurun yıkanması sonucu ince parçalara ayrılmış katılar ana atıksu arıtma sisteminde tamamen tutulamayabilir.

3.6. Çamur Susuzlaştırma

Susuzlaştırma, suyun kek oluşturmak üzere çamurdan ayrılması olarak tanımlanabilir. Yoğunlaştırma prosesleri ile ulaşılandan daha fazla hacim azalması elde etmek mümkündür. Susuzlaştırma, öncelikle son arıtma, uzaklaştırma veya faydalı kullanım proseslerinin yatırım ve işletme maliyetini azaltmak için yapılır. Çamur susuzlaştırılması işleminde, katı madde konsantrasyonu % 5'den % 20'ye yükseltirise, dörtte üçlük bir hacim azalması ve akışkan olmayan bir madde elde edilmesi sağlanır. Susuzlaştırma, çamur arıtım prosesinin yalnızca bir elemanıdır ve tüm sıvı ve katı ayırma kademelerinin performansı en elverişli duruma getirilecek ve toplam maliyetler an aza indirilecek şekilde atıksu arıtma sistemi içine entegre edilmelidir.

Katı / sıvı ayırma teknikleri aşağıdaki temel prensiplerin biri veya kombinasyonu ile olabilmektedir.

- Katılar döngüdeki sıvıdan daha fazla veya (daha az) yoğunurlar.
- Katıların fiziksel yapıları sıvı moleküllere göre daha büyüktür.
- Sıvılar buharlaştığı zaman katılar uçucu olamazlar.

Tablo 3.8'da katı/sıvı ayırma yöntem ve spesifik teknikleri gösterilmektedir. Aşağıda sadece çok yaygın olan yöntemler anlatılmıştır.

Çoğunlukla kullanılan susuzlaştırma teknikleri ise;

- Kurutma Yatakları
- Kurutma Lagünleri,
- Filtre Pres,
- Bant ile Filtrasyon
- Vakum Filtrasyon
- Santrifüjlü Filtrasyon

Tablo 3.8. Atıksu Çamurlarında Katı/Sıvı Ayırımı İçin Kullanılan Yöntem ve Teknikler (Vesilind, P. A., 1988)

Yöntem	Spesifik Teknik	Baz Alınan Temel Prensip
Gravite ile yoğunlaşma*	Yoğunlaştırma Tankı	1
	Tüp Yoğunlaştırıcı	1
	Lagün	1
Flotasyon*	Doğal Flotasyon	1
	ÇözünmüşHava Flotasyonu(DAF)	1
Santrifüj ile Yoğunlaştırma*	Solid Basket	1
	Solid Bowl	1
	Perfore Bowl	1
	Hidrosiklon	1 ve 2
Filtrasyon	Vakum Filtre	2
	Filtre Pres	2
	Belt Filtre	2
	Gravite Filtre	2
Isı Arıtımı	Döner Kurutucu	3
	Flash Kurutucu	3
	Kum Yatakları	2 ve 3

– Katılar daha yoğundur. (Çökelme)

– Katılar daha büyüktür. (Süzülme)

– Katılar uçucu değildir. (Kuruma)

Yoğunlaştırma konusunda anlatılmıştır.

3.6.1. Kurutma yatakları

En düşük maliyet gereksinimine sebep olan tekniklerin başında gelir. Çok az bir işletim dikkat ve becerisi, düşük enerji ve kimyasal madde tüketimi gerektirmekte ve çamur kararsızlığına karşı daha az hassasiyet göstermektedir. Ayrıca tamamen mekanik olan metotlara nazaran daha yüksek katı madde konsantrasyonu sağlamaktadır.

Bunlara karşın kurutma yatakları kararlı çamurlara gereksinim duymakta, iklimsel koşullardan etkilenebilmekte ve ham çamurlar nedeniyle koku problemi ile karşılaşma riski içermektedir. Ayrıca etkili mühendislik analizlerine olanak tanıyan

rasyonel mühendislik tasarım verileri yoktur, mekanik sistemlere göre daha fazla yer ihtiyacı göstermekte ve toplum açısından göze çarpıcı nitelikte bulunmaktadır.

Çürümüş çamurlar, organik maddelerinin büyük bir kısmı indirgenmiş olduğundan zararsız özelliktedir. Su muhtevası az olduğu halde, akıcı olup çamura göre kolayca pompalanabilmektedir. Suyunu kolayca verir ve kururlar. Eğer tasfiye tesisi yakınında yeterli miktarda alan mevcutsa altı drene edilmiş kum yatakları kullanılır. Çamurun kum yatağı üzerinde 20 cm. civarında bir kalınlık teşkil etmesi uygun olur. Genellikle üstü açık olur. Bazı hallerde üstü kapalı da yapılırlar. Kurutma yataklarında su muhtevası % 50'ye kadar düşürülür.

3.6.2. Kurutma lagünleri

Kurutma yataklarının tüm avantajları kurutma lagünleri için de geçerlidir. Lagünler çamur akımı için tampon görevi görebilmektedir. Arıtma tesisindeki problemlerden kaynaklanan şok yüklemeler minimal etkiye yol açarak lagünlere sevk edilebilir. Ayrıca kurutma lagünlerinde organik maddeler daha kararlı hale getirilir.

Bunların yanında bu tekniğin bazı dezavantajları da vardır: Kurutma lagünlerinde periyodik koku ve sineklenme problemleri ve yeraltı suyu veya çevredeki yüzeysel su kaynaklarında kirlenme ile karşılaşmak mümkündür.

3.6.3. Filtre pres

Çamur susuzlaştırma teknikleri içinde en yüksek katı madde konsantrasyonunu sağlayan, en aza indirilmiş üretim maliyeti ve sadece vasat miktarda enerji harcayarak filtre suyunda düşük AKM konsantrasyonuna (350 mg/l) imkan tanıyan tekniktir. Fakat kesikli olarak çalışırlar ve ürettikleri keklerin bir yüzdesi parçalanması zor olan kireç metal tuzlan ihtiva etmektedir. Ayrıca yüksek işgücü ve sermaye maliyeti, özel destek yapıları, daha geniş işletme ve depolama alanı ihtiyacı ve kimyasal onarıtma gerekmektedir.

3.6.4. Bant pres ile filtrasyon

Bant presler çok kuru kek üretirken benzer performanstaki ekipmanlara kıyasla

düşük enerji, düşük bakım ve ilk yatırım maliyeti ile minimum operatör dikkati gerektirmektedir. Sessiz, hızlı, otomatik, sürekli ve kompakt ekipmanlardır. Ve minimum düzeyde ek yapı gerektirmektedir. Bu avantajlara rağmen besleme karakteristiklerine son derece hassas, hidrolik olarak işlenecek miktarda sınırlı çalışan ve şartlandırmanın mutlaka gerektiği ekipmanlardır. Ayrıca kumaş kullanılan diğer tekniklere göre daha az ömürlüdür ve yıkanması ve oluşturduğu kokular problem olabilir.

3.6.5. Vakum filtrasyon

Sürekli bir sistemdir. Diğer sürekli sistemlere kıyasla düşük, ilk yatırımı normal ve kalifiye operatör ihtiyacı azdır. Bu teknik ile birçok çamur çeşidine hizmet vermek, filtre suyunda düşük AKM konsantrasyonlarına ulaşmak ve toprağa uyumlu kekler üretmek mümkündür. Fakat enerji ihtiyacı çok fazladır ve başında sürekli bir işletmeci gerektirmektedir. Filtre malzemesi tıkanması ve pompa gürültüsü söz konusu olabilir. Bu teknikte şartlandırmak için kireç kullanılır ve sonuçta elde edilen kek daha ıslaktır.

3.6.6. Santrifüj

Temiz görünümlü, koku problemi hiç bulunmayan ya da az bulunan, işletmeye alınması ve devreden çıkarılması hızlı olan ve kolaylıkla kurulabilen ekipmanlardır. Basınçlı filtrasyon hariç diğer bütün tekniklerden daha kuru kek üretimine ve dar yüzey alanına sahiptir. Devamlı işletme dikkatine gerek yoktur. Fakat bakımı zordur, bakım personelinin becerikli olması gerekir. Santrifüjlerde besleme akımı için kum giderme ekipmanı veya öğütücü gerektirmektedir.

BÖLÜM 4. BAZI ÜLKELERDE ÇAMUR YÖNETİMİ

4.1. Batı Avrupa'da Çamur Yönetimi

Avrupa'da yönetim stratejileri ülkeden ülkeye kültürel ve ekonomik geçmişe bağlı olarak değişiklikler gösterir. Avrupa Birliği yasaları çamur yönetimi ve işletimi üzerinde büyük etki yapmıştır. Avrupa Birliğinde 320 milyon nüfusu bulunan 12 ülkenin üyeliği söz konusudur. Orta ve Batı Avrupa'da bulunan İsviçre, Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Macaristan' ta da benzer sosyal ve çevre problemleri vardır. Fakat çevresel yönetim stratejileri ve teknikleri bu ülkelerin hepsinde aynı olabilir.

Avrupa'da çamur yönetimi konusunda Avrupa Topluluğu tarafından hazırlanmış bir direktif bulunmaktadır. 1986 yılında yayınlanan bu direktifte atık çamurların faydalı kullanımı için gerekli düzenlemeler verilmiştir. Avrupa topluluğuna üye ülkeler için 1991 yılında kabul edilen atıksuların arıtılması ile ilgili direktif, arıtılmış su kalitesinin geliştirilmesini hedef almaktadır. Bu durum arıtma tesislerinin iyileştirilmesini ve çamur üretimini de beraberinde getirmiştir. 2000 yılıyla birlikte Avrupa Topluluğu ülkelerinde, üretilen yıllık çamur miktarının 17 milyon ton civarında olacağı tahmin edilmektedir. Avrupa Topluluğu ülkelerinde kullanılan çamur miktarları ve uzaklaştırma stratejileri Tablo 4-1'de gösterilmiştir.

Mevcut çamur uzaklaştırma yöntemlerinin çamur miktarının artışından kaynaklanan problemi çözmeye yetmeyeceği düşünülmekte, yeni strateji ve teknolojilerin geliştirilmesi konusu gündeme gelmektedir. Şu andaki eğilim çevreci bir yaklaşımla, çamurun tarım alanlarında kullanılarak, nutrientlerin ve organik maddelerin doğal çevrime en kısa yoldan sokulması şeklindedir.

Çamurların tarımda kullanımı aslında bir çok ülkede uzun yıllardır uygulanan bir

metoddur. Başlangıçta kontrolsüz olarak yapılan bu çalışmalar zamanla düzenli programlar haline almıştır. Bu programlar, tarımda kullanılacak çamurun özelliklerini, toprakta bulunabilecek ağır metal limitlerini, çamur tatbik hızını düzenler.

Avrupa komitesi herbir ülkede evsel atıksu yönetiminin üstesinden gelebilmiştir. Bu önümüzdeki 15 yıl içinde daha güvenilir bir strateji izlenmesini sağlar. Bu da atılacak çamur miktarını kaçınılmaz bir oranda artırır. Komite yasalar yapar ve daha sonra üyeler yerel durum, istatistik ve uygulamalarını belirtirler. Tablo 4.1'de Avrupa topluluğu ülkelerinde uygulanan çamur uzaklaştırma yöntemleri görünmektedir.

Tablo 4.1. Avrupa Topluluğu Ülkelerinde Uygulanan Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri

Ülke	Tarım Alanlarında Kullanım%	Düzenli Depolama %	Yakma %	Denize Boşaltma %	Miktar 1000 ton Atık çamur / yıl
Belçika	57	43	-	-	35
Danimarka	43	29	28	-	150
Fransa	27	53	20	-	900
Almanya	25	65	10	-	2750
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	1500

4.1.1. Çamur uzaklaştırma yöntemleri

Avrupa' da en çok kullanılan çamur uzaklaştırma yöntemleri:

- Tarımsal yararlı kullanım
- Atık uzaklaştırma siteleri
- Denize boşaltım

Bu seçim ülkeden ülkeye, yerel, ulusal, kültürel, tarihi, coğrafi, legal, politik ve ekonomik sebeplere göre yapılır.

Bu yöntemlerin herbiri çevre koruma kriterleri içerirler. Yöntem seçiminde maliyet analizinin de çok önemli payı vardır.

İşletme bazlı yöntemler çamur uzaklaştırma için şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Çamur arıtım, eğer gerekirse çamurun çıktığı yerde kullanım veya tarımsal kullanım.
- Çamur arıtımı, merkezlerde işleme ve tarımsal kullanım.
- Çamur arıtımı, merkezde işleme ve limana boşaltım (Kara yakınlarındaki çalışmalar çamur atımına sebep olabilir)
- Çamur arıtımı, merkezde işleme ve arazilere uzaklaştırma.

Bu seçeneklerin hepsinde bulunan çamur arıtımı, 3. Bölüm'de anlatılan yöntemleri kapsar. Çamur uzaklaştırma stratejisine en çok bağlı olan arıtma işlemi stabilizasyonudur. Tablo 4.2'de Batı Avrupa ülkelerinde uygulanan stabilizasyon yöntemleri görülmektedir.

Tablo 4.2. Avrupa Ülkelerindeki Stabilizasyon Prosesleri

Ülke	Anaerobik	Aerobik	Hiç	Diğer
Belçika	40%	21%	38%	~
Danimarka	40%	23%	30%	7 % (Kireç)
Fransa	49%	17%	32%	2%
Almanya	64%	12%	21%	3%
İrlanda	19%	8%	73%	-
Hollanda	44%	35%	2%	19%
İspanya	45%	5%	24%	26 % (Kireç)
İsviçre	70%	5%	10%	15% (Kireç)
İngiltere	56%	2%	35%	7%

Tablo 4-2 'den görüldüğü gibi, çamurun büyük kısmı anaerobik stabilize edilmektedir, ancak aynı miktarda çamur da stabilize edilmemektedir. Stabilize

edilmemiş miktarın büyük kısmı yakma işlemine tabi tutulmaktadır. Ancak 1997 'den itibaren bu kısım da anaerobik çürümeye tabi tutulacaktır.

Genelde, tarım alanlarına yayılan çamur, % 15 ile 25 arası kuru kısım içerinceye kadar susuzlaştırılmaktadır. Nutrient gideriminden oluşan çamur türlerinin ise susuzlaştırılması zordur. Biyolojik fosfor giderim çamurunu arıtmak; çamur arıtımı sırasında büyük miktarlarda fosforun serbest kalmasını önlemek için aerobik koşulların sıkı denetlenmesini gerektirdiğinden, daha da zordur.

4.1.2. Danimarka

Danimarka, 5000 Nüfus eşdeğeri (N.E) (yaklaşık 1500 m³/gün) den büyük tüm atıksu arıtma tesislerindeki biyolojik arıtım ve nutrient giderilmesi hakkındaki gereksinimleri açıkladığı sene olan 1987'den beri üretilen çamur miktarı % 50 lik bir artış göstererek 225000 ton kurumadde / yıl değerine ulaşmıştır.

Tablo 4.1'den görüldüğü gibi çamurların tarım alanlarında kullanımı bazı ülkelerde % 50' nin üzerine çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu ülkelerin çoğunda çamurların önemli bir kısmı halen araziye gömülerek uzaklaştırılmaktadır. Çamuru araziye gömmek için gerekli alanlar azaldıkça, diğer uzaklaştırma metotlarına doğru yönelişler beklenmelidir. Bu yönelişin hangi metotlara doğru olduğunu Danimarka'ya ait 1990 ve 1992 verilerini karşılaştırarak görmek mümkündür. Tablo-1'de gösterilen 1990 verilerine ilave olarak, 1992 yılı itibariyle Danimarka'da uygulanan çamur uzaklaştırma yöntemleri Tablo 4.3'de görülmektedir.

Tablo 4-3. Danimarka'da Çamur Uzaklaştırma Yöntemleri (1992)

Çamur Uzaklaştırma Yöntemi	Yüzde
Tarımda kullanma	56
Yakma	30
Düzenli Depolama	14
Çamur Taşımacılığı	2
Kompostlaştırma	2

Tablo 4.1 ve Tablo 4.3 karşılaştırıldığı zaman, Danimarka'da düzenli depolama ile

uzaklaştırılan çamur miktarının 1990-1992 yılları arasındaki 2 senede % 29 dan % 14'e düştüğü buna karşılık tarımda kullanılan çamur miktarının % 43'den % 56'ya yükseldiği görülmektedir. Aynı dönemde, yakılan çamur miktarı % 2 gibi bir artışla % 30' a yükselmiştir. Gerek düzenli depolama için ayrılacak alanların hızla azalması, gerekse arıtma çamurlarını tarım alanlarında değerlendirmenin ekolojik bir yaklaşım olması, diğer Avrupa ülkelerinde de benzer gelişmeleri ortaya çıkarmıştır.

Danimarka'nın çevre konusunda güttüğü hedeflerden biri de bu üretilen çamurun büyük bir bölümünün tarımda kullanılan fosforlu gübrenin yerini almasıdır. Bu yüzden, çamurun tarımsal kullanımının kuralları, tarlalara giren fosfor miktarıyla ilgilidir Tablo 4-4'de ağır metaller için sınır değerler verilmektedir. Üretilen çamurun fosfor miktarı, yüksek fosfor girişinin uzaklaştırılmasına bağlı olarak yüksektir (Örneğin, 10 ~ 15 mg / l fosfor uzaklaştırıldığında oluşacak çamurun kuru kısmının % 4 ~ 5 ' i fosfordur.) .

Tablo 4.4. Ağır Metaller İçin Sınırlar

Ağır Metaller	mg / kg DS	mg / kg P
Kadmiyum	0.8	200
Civa	0.8	200
Kurşun	120	10000
Nikel	30	2500

Kullanımına izin verilen maksimum miktar, ha / yıl başına 40 kg toplam fosfordur. Fosfor dozajı, 5 yıllık bir periyot içinde ortalama bir temel alınarak tahmin edilebilir. Benzer olarak, toplam azot sınırı da 250 kg / ha / yıl dır.Danimarka Çevre Koruma Kurumu, çamur hijyenleştirmesinin gerekli olup olmadığını açıklığa kavuşturacak bir proje çalışması yapmıştır.

Direkt olarak alıcıyla yapılacak bir anlaşma sayesinde; her çamur üretici (atıksu arıtma tesisi) , kuralların dahilinde hareket edilip edilmediğini kontrol etmekten ve kurallara uyulduğuna dair garanti vermekten sorumlu olacaktır. Çamur üreticisi, çamuru tarımsal kullanım amacıyla elinden çıkarırken, belediyeyi çamur miktarı,

çamur kalitesi ve çamurun kullanım süresi hakkında bilgilendirmelidir. Burada belediye, tarımsal kullanımın bu konudaki çeşitli kısıtlarla uyum içinde olup olmadığını denetleme görevini üstlenir.

Genelde, tarım alanlarına yayılan çamur, % 15 ile 25 arası kuru kısım içerinceye kadar susuzlaştırılmaktadır. Nutrient ayırımından oluşan yeni çamur türlerinin ise susuzlaştırılması zordur. Biyolojik Fosfor çamuruyla uğraşmak; çamur arıtımı sırasında büyük miktarlarda fosforun serbest kalmasını önlemek için aerobik koşulların sıkı denetlenmesini gerektirdiğinden, daha da zordur. Tablo 4-5 susuzlaştırma ekipmanlarına göre çamur miktarlarını göstermektedir.

Danimarka'da, üretilen çamur miktarının yaklaşık yarısı yakma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu miktarın yaklaşık % 93 ü Kopenhag'daki iki büyük tesiste yakılmaktadır. Her iki tesis de 1970 yılında inşa edilmiş ve havanın temizlenmesi için gaz temizleyici sistemine sahip çok ocaklı fırınlar konuşlandırılmıştır. Kalan kısım da ya atık yakma tesisleri, ya da siklon fırınlarında yakılırlar.

Danimarka 'da, yakma tesisleri Danimarka Çevre Koruma Kanunu tarafından onaylı olmalıdır; ve burada kısıtlamalar; konum, koku ve baca gazı temizliği, gürültü azaltılması, atıksu arıtımı ve artıkların arıtımı gibi konulara getirilmelidir. Artıklar ya düzenli depolanmalı, ya da gürültü bariyerleri (toprak set) olarak kullanılmalıdırlar.

Bugün, çamurun ancak % 14 ü gibi ufak bir kısmı çevre açısından uygun düzenli depolama alanlarında bertaraf edilebilmektedir. Bu, daha çok yüksek fiyatlı poliçelere bağlı bir olaydır. Zira, üzerini kapatma ücreti olarak ton başına yaklaşık 65 US\$, ayrıca atık vergisi olarak da ton başına yaklaşık 30 US\$ ödenmelidir ki, ikinci ödeme hükümete yapılmaktadır. Danimarka Çevre Koruma Kurumu, depolama alanlarına organik madde boşaltımını sınırlama, hatta yasaklamayla ilgili bir teklif üzerinde çalışmaktadır. Sonuca bağlı olarak gelecekte depo alanlarına organik madde boşaltımı engellenebilir. Çamurun yaklaşık % 2 si bahçe atıklarıyla beraber kompostlaştırılırken, yaklaşık % 2 si de (120 ton kurumadde / ha) bu iş için ayrılmış toprağa yayılıp toprakta işlenmektedir (çamur çiftçiliği). Hem kompostlaştırma tesisleri, hem de çamur çiftlikleri yetkililerce onaylı olmalıdır.

Tablo 4.5. Susuzlaştırma Ekipmanlarına Paylaştırılan Çamur Miktarları

Susuzlaştırma Metodu	Çamur Miktarı (%)
Santrifüj	30
Oda Filtre Pres	25
Kuşak Filtre Pres	30
Çamur Kurutma Yatakları	4
Diğer	2
Yok	9

4.1.3. Almanya

Almanya'nın çamur üretimi, 1970 ile 1990 arasında iki katına çıkmıştır. Bunun sebebi olarak yüksek kalitede çıkış suyu gereksinimleri (özellikle nutrient giderimi) görülmektedir.

Almanya'da tarımsal kullanım, üç yıllık süre içinde 5 ton kurumadde / ha kullanım ile sınırlandırılmıştır. Şu anda, mevcut tarımsal alanların ancak % 3 ünde gübre yerine çamur kullanılmaktadır. Tablo 4-6'da Almanya'da çamur üretiminin tarımsal kullanım ile bir karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 4.6. Almanya'daki Çamur Üretiminin Tarımsal Kullanımla Karşılaştırılması

YIL VE MİKTAR					
(ton kuru madde / yıl)	1986	1987	1988	1989	1990
Çamur Miktarı	1.995.000	2.099.000	2.087.539	2.212.841	2.449.204
Tarımsal Kullanım	476.238	588.347	538.314	547.471	714.244
Yüzde	23.87	28.Mar	25.79	24.74	29.16

Ancak, çamurun tarımsal kullanımı yıldan yıla artmıştır. 1987 'de çamurun özel bölgelere boşaltımı sırasında hijyen gerektiği için, tarımsal kullanım oranı düşmüşken, 1990 'da maksimum değerine ulaşmıştır.

Çamurun büyük bir kısmı depolama alanlarına boşaltılmaktadır (Tablo 4.7.). Bununla beraber, tarımsal kullanımda, daha sıkı sınırlar uygulansa bile tarımsal

kullanımda hızlı bir artış gözleneceği açıktır. Bunun ana nedeni, depolama alanlarının ve yakma tesislerinin düşük kapasitede olmalarıdır. Bu, düzenli depolamanın yüksek maliyetli olmasına yol açar (100 US\$ / m* veya fazlası). Yakma kapasitesinin arttırılması ise, yasalar ve halkın bu teknolojiye pek sıcak bakmaması yüzünden yıllar alacaktır.

Almanya'da kısıtlamalar, çamurdaki ağır metal ve zararlı organik madde konsantrasyonlarına, topraktaki ağır metal konsantrasyonlarına ve çamurun uygulandığı bölgede yetiştirilen ekinin nutrient tüketimine bağlı getirilir. 1982 'de uygulamaya konulan sınırlar, yeni AB standardını karşılamıştır, 1992 'de ise daha sıkı limitler getirilmiştir (Tablo 4.8.)

Toprakta parçalanması zor olan zararlı organik maddelerin zenginleşmesini önlemek için Alman yetkilileri, dioksin / furan, PCB ve halojenli bileşikleri (AOX) ile ilgili kısıtlamalar hazırladılar. Almanya 'da atıksu arıtımında kullanılan teknoloji, daha çok tesisin büyüklüğüne bağlıdır. Yaklaşık 5000 NE ye kadar olan küçük ölçekli tesisler, büyütülmüş havalandırmaya sahiptirler. Anaerobik parçalama, enerji üretiminin yüksek yatırım maliyetlerini karşıladığı büyük tesislerde uygulanır.

Çamur, bir sıvı gibi depolanır. Çamurun depo alanlarına getirildiği zamanlarda veya depo kapasitesinin olmadığı zamanlarda mekanik susuzlaştırma uygulanır. Santrifüjlere karşı bir yönelme mevcuttur.

Tablo 4.7. Almanya'da Çamur Bertarafı

Çamur Bertarafı	%
Tarımsal Kullanım	25
Yakma	10
Depolama	60
Kompostlaştırma	4
Diğer	1

Tablo 4.8. Toprakta Ağır Metal Sınırlandırması (Mg/Kg Kurumadde)

Ağır Metal	AB Rehberi 86 / 278 / EEC	FRG-Abfklar-v 15 Haziran 82	FRG-Abfklar-v 15 Nisan 92
Pb	50-300	100	100
Cd	1-3	3	1.5 / 1*
Cr	100-150 **	100	100
Cu	50-140	100	60
Ni	30-75	50	50
Hg	1-1.5	2	1
Zn	150-300	300	150 / 200 *

* En düşük değer, % 5 den az killi ve pH değeri 5-6 olan topraklarda geçerlidir.

** Taslak değer

Yerleşimler ile çamur kullanıcıları arasında yapılan detaylı anlaşmalar çamur ve toprak kalitesinin kaydedileceğini garantilemektedir. Boşaltılan ve üretilen çamurun miktarının yanısıra, boşaltım bölgesi ve arıtım bilgileri de 30 yıl boyunca kaydedilip saklanmaktadır. Bu önlem, çamur probleminin uzun bir süre için kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır.

4.2. Polonya

Çamur Arıtma Ve Uzaklaştırmada Gelişen En İyi Uygulanabilir Çevresel Opsiyon (BPEO)

Optimum çamur arıtma ve uzaklaştırma stratejisi için WRc tarafından tanımlanan BPEO bir stratejik yönetim metodudur. (Powlesland ve Frost, 1990)

Bir çok büyük şehir ve ülkenin değişik bölgelerinde çamur yönetim sorunlarında başarıyla tatbik edilmektedir. Sistem herhangi stratejik çamur veya atık yönetim problemlerinde, kişisel site alanlarında, bölgesel yada karışmış atıksularda tam ve uygun bir yaklaşımdır. BPEO seçiminde gerekli kriterler için bir rota belirlenmelidir. Polonya'da BPEO çatısı altında yapılan çamur yönetim programının avantajları şunlardır :

– Çevre için bütün olarak neyin iyi, güvenli, kalıcı olduğunu gösterir ve aşırı fiyattan

kaçınır.

- Hava ve su için emisyon kanun standartlarını gözlemler, toprakta tekrar kullanımı ve çöp depolama alanlarının düzenlenmesi yapılabiliriyorsa gerçekleştirir,
- Çevre için, herhangi bir etki ve derecesinde ki belirsizliği ortadan kaldırmak ve farklı çevre ortamları arasındaki elde olmayan kirlilik transferi ihtimalini azaltmak için tüm güvenlik faktörlerini birleştirir.

BPEO'nun gelişimi aşağıdaki karakteristiklerle birlikte tek doküman olarak sonuçlandırılmalıdır.

- Açıklık ve netlik; teknik veya teknik olmayan ilgili grupların kullanımı için uygun olmalı
- Tüm datalar ve kararlar dinlenir ve sorunlarla ilgilenilir. Kullanılan tüm bilgi, data, alınan kararlar, tarihleri ve detaylı kaynakları ile belirtilmeli.
- Tüm potansiyel düşünceler göz önünde tutulur. Düşüncelere çamuru ve kirletici üretenleri azaltmak, birlikte arıtma, diğer atık ve yakıtların uzaklaştırılması dahil olup, yeni ve geleneksel metodlar kullanılır.
- Tüm kararlar öncelikle çevresel yerler için alınır.
- Fayda ve maliyet arasında kabul edilebilir ve memnun edici bir denge aranır.
- Tüm uzun dönemli ve kısa dönemli etkiler dikkate alınır.
- Çevresel etkinin değerlendirilmesinde doküman ana yapıyı oluşturur.

BPEO çalışmasında ana bölümler aşağıdaki gibidir.

- Nesnel konular ve sıkıntılar ile ilgili kurum
- Süreçler ve çalışma alanı ile ilgili verilerin toplanması
- Tüm mümkün olabilecek arıtma ve uzaklaştırma yöntemlerinin tesbiti
- Mümkün olabilecek arıtma ve uzaklaştırma yöntemlerinin elenmesi
- Seçilen yöntemin geliştirilmesi
- Tercih edilen yöntemin seçilmesi (BPEO)
- Tercih edilen yöntem için ek inceleme
- Özet ve gelişimin sunuşu
- Yürütme ve izleme

4.3. Japonya

Japonya 378.000 km² alanda 112.000.000 nüfuslu bir ada ülkesidir. Ülkenin % 70' den fazlası dağlarla kaplıdır. Geriye kalan yerleşimin bölgesinin % 10'dan azı eğimlidir. Bütün üretim ve tüketim bu yerleşim bölgelerinde yapılmaktadır. Bu sebeple herhangi bir ülkeye göre km² başına yapılan aktivite daha fazladır. Şehirlerde nüfus düzenlidir, 1960'larda şehir nüfusunun toplam nüfusa oranı % 43.7 iken 1985'lerde bu oran % 60.6'ya yükselmiştir. Toplam nüfusun % 21' i Tokyo'da yaşamakta ve 11 düzenli şehir toplam kara alanının yalnızca % 1.5 'uğunu oluşturmaktadır.

Çamur arıtımı ve uzaklaştırma sadece büyük şehirlerde değil aynı zamanda çamur arıtımına yeni başlamış daha az kalabalık yerleşim yerlerinde de problemli olmaktadır. Çamur arıtımı ve uzaklaştırması çamurun günlük üretildiği yerlerde yalnızca acil bir problem değil aynı zamanda gelecek kalıcı çözümler gerektiren önemli bir problemdir.

Japonya'da tesis çıkış suyuna bağlı olarak, atıksuyun % 90'dan daha fazlası aktif çamur prosesleri tarafından arıtılır. Bu yüzden Japonya'daki Atıksu Arıtma Tesislerinden çıkan çamurların büyük çoğunluğu birincil ve fazla aktif çamurdan ibarettir. Tablo 4.9.'da Japonya'daki Arıtma Proseslerine göre sınıflandırılan Atıksu Arıtma Tesis sayıları gösterilmiştir. Japonya'da geçtiğimiz yıllarda hayat şartlarının gelişmesi ile atıksu özellikleri de değişmiştir. Birincil çamurlar için gravite yoğunlaştırma, fazla aktif çamurlar için mekanik yoğunlaştırma kullanımı artmıştır. Tablo 4.10. Çamur Arıtma Tiplerinin durumunu göstermektedir.

Japonya'da Atıksu arıtma tesislerinin % 40'dan fazlasında anaerobik çürütme kullanılmaktadır. Anaerobik çürütücü prosesinin karakteristikleri çamur arıtma bazında

- Çamurdaki katı miktarının azaltımı
- Çamurdaki organik madde stabilizasyonu'dur.

Diğer yardımcı avantajlar

1. Çürümüş gazın kullanımı

2. Çürütme tankındaki depolama fonksiyonudur.

Tablo 4.9. Japonya'daki Arıtma Proseslerine Göre Sınıflandırılan Atıksu Arıtma Tesis Sayıları

Günlük Maksimum Debi (bin m ³ / gün)							
Arıtma Prosesi	<5	5-10	10-50	50-100	100-500	>500	Toplam
Basit çöktürme	-	-	3	-	1	-	4
Yüksek filtrasyon	2	2	5	-	-	-	9
Yüksek havalandırma	2	-	9	3	2	-	16
Aktif çamur							
Konvansiyonel	52	50	226	90	116	11	545
Kademeli havalan.	3	4	16	16	16	7	62
Uzun havalandırma	13	1	2	-	-	-	16
Kontak Stabilizasyon	1	-	-	-	-	-	1
Saf Oksijen	-	1	3	1	2	-	7
Nitrifi-Denitrifikasyon	-	1	-	2	1	-	7
Ardışık Kesikli	3	-	-	-	-	-	3
Oksidasyon hendeği	31	11	-	-	-	-	42
Kontak havalandırma	2	-	-	-	-	-	2
Diğer	14	4	6	6	-	-	25
İleri Arıtma	(11)	(6)	(3)	(8)	(7)	(1)	(36)
Toplam	123	74	270	113	138	18	736

Japonya'da en çok kullanılan metod mekanik susuzlaştırma cihazları ile çamur susuzlaştırmadır. (Vakum filtre, filtrepres, belt, santrifüj v.b.). Çamur kurutma yatakları genelde küçük tesislerde kullanılmaktadır. Tablo 4.11. 'de kullanılan susuzlaştırma ekipmanları hakkında bilgi verilmiştir. Son yıllarda Japonya'da FeCl₃ ve kireç gibi inorganik şartlandırıcıların kullanıldığı vakum filtre kullanımını azalmış buna karşın polimer kullanılarak şartlandırılan santrifüj ve belt pres kullanımında bir artış gözlenmiştir. Polimer kullanımı oluşturduğu çamur miktarındaki azlığı sebebiyle tercih edilmiştir. Japonya'da yakma teknolojisi de oldukça gelişmiştir. Tablo 4.12.'de ülkede kurulan yakma tesislerinin sayısını göstermektedir.

Çamurun yararlı kullanımı çamuru iyileştirme amacıyla veya metan gazının çamur arıtma proseslerinde enerji olarak kullanılabilmesi ile olabilmektedir.

Tablo 4.10. Japonya’da Çamur Tipleri, Miktarları ve Arıtma Alternatifleri

Arıtılmış Çamurlar				
Son Çamur Tipi	Çamur Arıtma	Atıksu Arıtma Tesisi Sayısı	Kuru (1000t/a)	Yüzde
Sıvı Çamur	Arıtmasız	2	0.1	0.01
	Yoğunlaştırma	6	0.1	0.01
	Yoğunlaştırma-Anaerobik Çürütme	4	7.1	0.52
	Alt toplam	12	7.3	0.54
Susuzlaşmış Kek	Yoğunlaştırma-Susuzlaştırma	236	163.3	11.97
	Yoğunlaştırma-Anaerobik Çürütme Susuzlaştırma	210	261.4	19.16
	Yoğunlaştırma-Aerobik Çürütme Susuzlaştırma	12	4.0	0.29
	Yoğunlaştırma-Isı Arıtımı Çürütme Susuzlaştırma	10	8.1	0.59
	Toplam	468	436.8	32.02
	Kuru Çamur	Yoğunlaştırma-Kurutma	12	0.3
Yoğunlaştırma-Anaerobik Çürütme Kurutma		11	1.4	0.1
Yoğunlaştırma-Susuzlaştırma-Kurutma		9	7.3	0.53
Yoğunlaştırma-Anaerobik Çürütme- Susuzlaştırma-Kurutma		20	5.6	0.41
Toplam		52	14.5	1.07
Kompostlaştırılmış Çamur	Yoğunlaştırma-Susuzlaştırma- Kompostlaştırma	40	44.7	3.28
	Yoğunlaştırma-Anaerobik Çürütme-Susuzlaştırma	43	65.0	4.76
	Kompostlaştırma			
	Yoğunlaştırma -Aerobik Çürütme Susuzlaştırma Kompostlaştırma	1	0.1	0.01
	Alt toplam	84	109.7	8.05
Kül	Yoğunlaştırma-Susuzlaştırma-Yanma	129	436.2	31.98
	Yoğunlaştırma-Anaerobik Çürütme- Susuzlaştırma- Yanma	67	296.1	21.7
	Yoğunlaştırma-Aerobik Çürütme- Susuzlaştırma- Yanma	3	0.1	0.01
	Yoğunlaştırma-Isı arıtımı-Susuzlaştırma- Yanma	8	48.6	3.56
	Yoğunlaştırma- Yanma	1	0.7	0.05
	Yoğunlaştırma-Isı Oksidasyon- Susuzlaştırma	1	7.8	0.58
	Alt toplam	209	789.5	57.88
Erimiş	Yoğunlaştırma-Susuzlaştırma-Eritme	5	3.2	0.23
Cüruf-Mucur	Yoğunlaştırma-Anaerobik Çürütme- Susuzlaştırma-Eritme	1	2.6	0.19
	Yoğunlaştırma-Susuzlaştırma-Yanma- Eritme	2	0.5	0.04
	Alt toplam	8	6.3	0.46
	Toplam	833	1364.1	100.0

Tablo 4.11. Japonya'da Kullanılan Susuzlaştırma Ekipmanları Ve Sayıları

Yıl	Vakum Filtre	Filtre pres	Santrifüj	BeltPres	Screw Pres	Diğer	Toplam
1982	560	262	320	245	10	18	1415
1983	552	284	315	289	13	10	1463
1984	541	294	306	334	13	1	1489
1985	517	325	311	378	17	0	1548
1986	486	333	324	428	20	20	1611
1987	472	324	332	484	23	3	1638
1988	452	326	342	561	24	8	1713

Tablo 4.12. Japonya'da Kurulan Yakma Tesisleri

Ünite Sayısı							
Tip	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Çok Ocaklı	54	55	55	57	61	71	72
Akışkan yataklı	27	27	36	36	44	52	53
Döner fırın	14	15	15	16	16	20	20
Eritme Ocağı	2	3	3	3	2	2	1
Islak oksidasyon	1	1	1	1	2	2	1
Toplam	102	105	114	117	127	149	151

Japonya'da atıksu çamurlarının yararlı kullanımı hakkında bilgi Tablo 4.13'de verilmektedir. Atıksu çamurlarında büyük miktarda organik madde, azot ve fosfor bileşikleri bulunması, çamurun toprağa serilerek gübre olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Japonya'da çamur bu şekilde de yıllarca değerlendirilmiştir.

Çamurun merkezi arıtımı normalde Tokyo ve Nagoya gibi büyük şehirlerde olur. Son yıllarda Yokohama'da da bu konu için bir plan geliştirilmiştir. Varolan 11 arıtma tesisinden çıkan çamurlar iki çamur arıtma merkezinde 12 boru hattı yardımı ile getirilmektedir. Çamurdaki organik madde anaerobik çürütücü yardımıyla metan gazı olarak geri kazanılıyor ve elektrik güç üretim sistemlerinde enerji kaynağı olarak

kullanılmaktadır.

Tablo 4.13. Japonya'da Atıksu Çamurlarının Yararlı Kullanımı

Sınıflandırma		Çamur Hacmi (1000 m ³ yıl)					Toplam
		Susuz. kek	Kül	Kurumuş çamur	Kompost çamur	Çürümüş çamur	
Tarım ve kırsal kullanım	Belediye idaresi	85	4	4	17	0	110
	Gübre şirketlerine dağıtım	230	3	1	72	1	307
	Alt toplam	315	7	5	89	1	417
Yapı malzemesi		0	37	0	0	0	37
Toplam		315	44	5	89	1	454

Çürümüş çamur akışkan yataklı ocaklarda yakılmaktadır. Yerel Kanalizasyon Çamur Arıtım Projesi (ACE Plan) kontrolünde yapılan merkezi çamur arıtma sonunda

- Ekonomik çamur arıtımı
- Çamurun bir kaynak olarak kullanımının sağlanması sonuçları doğmuştur.

4.4. Yeni Zelanda

Yeni Zelanda Pasifik Okyanusu'nun güneybatısında iki büyük adanın ve sayısız küçük adanın birleşiminden oluşmaktadır. Adanın toplam alanı 270.000 km² dir. Japonya'ya tip olarak benzemektedir. Ülkenin güneyi kuzeyinden daha dağlıktır. Nüfusu 1986'da 3.3 milyon olup, bunun % 74'ü adanın kuzeyinde yaşamaktadır. Yeni Zelandalıların yaklaşık 3/4'ü Avrupalı özellikle İngiliz kökenlidir fakat aynı zamanda Hollanda, Yugoslavya, Almanya ve diğer milletlerden de insanları barındırmaktadır.

BÖLÜM 5. ADAPAZARI KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ BİYOÇAMURLARININ KARAKTERİZASYONU

Adapazarı Karaman Atıksu Arıtma Tesisi, kent merkezine yaklaşık 15 km. uzakta, Karaman Köyü civarında tesis edilmiştir. Bu yer, Adapazarı'nın gelecekteki genişlemesi dikkate alınarak seçilmiş olup, kanal sistemine toplanan atıksu tesisi 6 adet terfi merkezi ile ulaşmaktadır.

Adapazarı'nın 1995 yılındaki merkezi nüfusu 376,982 civarında olup, 2035 yılında yaklaşık 1.625.767'ye ulaşması beklenmektedir. Nüfusun %90'ı Kanalizasyon şebekesine bağlanacaktır.

Yapımına 1997 yılında Adapazarı Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi, atıksu toplama kolektörlerinin inşaatı ile paralel yürütülerek 2003 tarihinde işletmeye başlamıştır.

5.1. Genel

Tesis, konutlardan ve endüstriden kaynaklanan atıksuların tümünü arıtmak üzere tasarlanmıştır. Sanayi kuruluşları, zehirli madde, ağır metal veya başka bir kirletici içeren atık sularını pis su toplama sistemine boşaltmadan önce ön arıtmadan geçirmek zorundadır.

Tesis kuru havalarda günde 198.800 m³/h, yağışlı havalarda 271.941 m³/h atık suyu arıtacak kapasitededir.

Atıksuyun arıtılması sonucunda, tam kapasite ile çalışmada günde yaklaşık 932 m³/gün %30 kuru maddeli çamur keki elde edilecektir. Bu yan ürün bitki besin maddeleri içerdiğinden, Tarımda toprak kalitesini arttırmak amacıyla kullanabilecek niteliktedir.

Tesise gelen atık sudaki organik kirlilik (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı BOİ)

takriben 225 mg/l olup, çıkış değerleri arıtmadan sonra deşarj sınır değeri olan 30 mg/l'ten daha düşük seviyelerde gerçekleşmektedir.

5.2. Uygulama

Tesisin tamamlanması iki aşamada gerçekleştirilmiş olacaktır.

1.Aşama: 2015 Yılına kadar 750.000 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet verecek olan bir atıksu arıtma tesisinin yapımı tamamlanmış ve işletmeye alınmıştır.

Tesisin genel montaj planı ve bazı inşaat işleri 2035 yılında gerekli olacak nihai kapasiteye göre tasarlanmıştır.

2.Aşama: 2035 Yılına kadar 1.625.767 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet etmek üzere ilave inşaat işlerinin ve ilgili mekanik, elektrik donanımının yapılması.

Tesis aşağıdaki ana işlevsel üniteleri içermektedir.

5.2.1. Ön arıtma istasyonu

Ön arıtma istasyonu atık suda ki katı atıkları ayıran kaba ve ince ızgaralar, giriş pompa istasyonu, kumu ve yüzen maddeleri (yağ, köpük v.s.) uzaklaştıran kum/yağ tutucuları (havalandırmalı kum tutucular) ünitesinden oluşmaktadır.

Kaba ızgaralarda 50 mm' den büyük, ince ızgaralarda 6mm' den büyük katı maddeler alınarak konteynerlere boşaltılmaktadır. Havalandırmalı kum tutuculardan alınan kum ise konteynerlere dökülmeden önce kum ayırıcılardan geçerek kumla suyun ayrılması sağlanmaktadır. Havuzlardan uzaklaştırılan yüzen maddeler konteynerlere gönderilmektedir. Konteynerlere boşaltılan atıklar katı atık depolama alanına götürülmek suretiyle bertaraf edilmektedir.

Giriş yapısından itibaren atık su, iki kademeli pompa sistemiyle akış sağlanmaktadır.

5.2.2. Havalandırma havuzları

Kum tutuculardan çıkan atık su dağıtım odasından geçerek biyolojik arıtma aşamasına gelir. Tesiste ikincil arıtma olarak uzun havalandırmalı aktif çamur

sistemidir. Havalandırma üniteleri, süreklilik sağlayan elips şeklinde, akım ayırıcı duvarlar içeren karosel tipi havuzlar olarak seçilmiştir. Karıştırıcılar ve Karosel'e özgü tipik ayırım duvarları; tam karışımı oluşturmakta, kesikli akım modeli için yeterli akım hızını sağlayarak askıdaki maddelerin çökmesini ve kısa devre yapmasını önlemektedir. Büyük havalandırma hacmi ile birlikte, giriş kısmındaki hızlı ve tam karışımı sağlayan düzenleme sayesinde, hidrolik ve organik pik yüklemeleri karşılayabilecek tampon kapasitesi sağlanabilmektedir. Biyolojik arıtma yönetimi Eğik Açılı Basınçlı Hava püskürtmeli havalandırma sisteminin en son geliştirilmiş şeklidir.

Heterotrof aerob mikroorganizmalardan oluşan biyokütlenin (aktif çamur) gereksinim duyduğu oksijen vantilatörlü körük istasyonundan sağlanmakta, çözünmüş ve askıdaki organik maddeler mikroorganizmalar tarafından besin olarak tüketilmektedir.

5.2.3. Ham çamur yoğunlaştırıcıları

Çökeltme tanklarından gelen çamurlar, ham çamur yoğunlaştırıcılarında karışır ve yer çekiminin etkisi ile çökerek yoğunlaşır. Konik şeklindeki tabanda biriken çamur, sıyrıcılar tarafından tankın merkezindeki hazneye toplanır ve buradan mekanik çamur susuzlaştırma ve çamur depolama tankına gönderilir. Yüzeyde oluşan su tabakası ise taşırılarak tesisin giriş yapısına geri döndürülür.

5.2.4. Son çökeltme tankları ve çamur geri devir pompa istasyonu

Arıtılmış sudan aktif çamurun uzaklaştırılmasına yarayan konik tabanlı çökeltme tanklarıdır. Dönen köprüye bağlı çamur sıyrıcılar sayesinde, çöken çamur önce havuzun ortasındaki hazneye toplanır, buradan da geri devir pompa istasyonuna ulaşır. Çamurun belirli bir oranı buradan havalandırma havuzlarına gönderilir. Bunda amaç havalandırma tanklarındaki aktif çamurun derişimini belirli bir seviyede tutmaktır.

Artan çamur ise ham çamur yoğunlaştırma ünitelerine gönderilir. Son çökeltme

tanklarından savaklanan sular ise çıkış kanalında toplanarak Çark Deresi'ne deşarj edilmektedir.

5.2.5. Mekanik çamur susuzlaştırma ünitesi

Yoğunlaştırıcılardan gelen çamur, polimer (Polielektrolit) ilave edildikten sonra bantlı filtre preslerden geçirilerek susuzlaştırılır. Bu şekilde elde edilen çamur keki %25 - %30 oranında kuru madde içerir.

5.3. Çamur Üretimi Miktarları

Adapazarı Karaman atıksu arıtma tesisi biyoçamurlarının miktar ve özellikleri tablolar halinde Ekler kısmında verilmiştir. (Ortalama toplam katı madde miktarı, fazla atık çamur miktarı, atık çamur kuru madde miktarı, sulu çamur kuru katı miktarı, atık çamur organik ve inorganik madde miktarları 2004, 2005 ve 2006 yılı değerleri)

BÖLÜM 6. ADAPAZARI KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ BİYOÇAMURU İÇİN NİHAİ BERTARAF YÖNTEMİ SEÇİMİ

Adapazarı karaman atıksu arıtma tesisinin tamamının faaliyete geçmesiyle birlikte, oluşacak arıtma çamurunun miktarı da artacaktır. Tesis 2015 yılına kadar 750.000 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet verecek şekilde planlanmıştır. Arıtma çamuru miktarı 2015 yılında 535 ton/gün olacaktır.

Atık biyoçamurun bertaraf yönteminin seçiminde farklı alternatifler seçilmiş ve bunlar maliyet açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirmede, 2015 yılı atık çamur miktarları kullanılmış ve çamurların katı madde muhtevası 2004, 2005, 2006 yılı deney sonuçları dikkate alınarak % 30 olarak alınmıştır.

6.1. Ham Çamurun Düzenli Depoya Gönderilmesi

Atıksu arıtmadan çıkan artık çamurun katı atıklarla birlikte düzenli depolanması alternatifi Katı Atık Kontrol Yönetmeliği göz önünde tutularak uygulanabilir.

14 Mayıs 1991 tarihli Katı Atık Kontrol Yönetmeliği, Madde 28 (208/4 sayılı Resmi Gazete) : Bu madde evsel arıtma çamurları, çamurun su içeriğinin en çok % 65 olması durumunda katı atıklarla birlikte depolanabileceği belirtilmektedir. Ayrıca depolama alanının stabilitesinin bozulmaması ve koku sorunu yaratmaması şartı ile su içeriği % 75' e kadar olan çamurlar da kabul edilebilmektedir.

Atık çamurlarının depolanması ile ilgili iki alternatif vardır: Bunlardan biri, arıtma çamurunun tek başına bertaraf edilmesi, diğeri ise evsel atık su tesislerinden çıkan çamurun evsel katı atıklarla birlikte bertaraf edilmesidir.

Artık çamur depolamak için spesifik maliyet yaklaşık olarak metre kare başına 50 ABD Doları mertebesindedir (1996 fiyatları ile). Bu fiyata sahanın jeolojik ve

hidrojeolojik araştırma masrafları, izolasyon malzemesi (plastik veya kil) fiyatı, sızıntı suyu ve gaz toplama sistemi ile ilgili masraflar, izleme kuyularının maliyetleri, sızıntı sularının kontrol ve analizi ile ilgili harcamalar, kantar, binalar, makineler, pompalar vs gibi sabit giderler dahildir. Ancak sahanın maliyeti hariçtir. Bir ton atığın bertarafı için Almanya ve Avusturya'da uygulanan ücretler arasında çok büyük farklar vardır. Avusturya'da ton başına maliyet (Styria'da) 65 - 300 ABD doları arasında seyrederken, bu değer Almanya'da 150 - 300 ABD Doları mertebesinde olmaktadır. Almanya'da ayrıca bu rakamlar sabit bir artış içinde görünmektedir. (DHV Consultants BV)

Toplam Maliyet = 8.78 Milyon Dolar

6.2. Çamurun Biyokompostlaştırılması

6.2.1. Kompostun kalitesi ve kompostun kullanımı ile ilgili yasal mevzuat

Kompostun kalitesini belirleyen en önemli parametreler ağır metal içeriği, nütrient içeriği, patojen mikroorganizma içeriği, fiziksel ve kimyasal özellikleri(pH, dane boyutu, çözülmüş tuz içeriği vb.) ve yabancı ot tohumlarının varlığı olarak sayılabilir.

Metal bileşiklerinin çözünlükleri, kompostun uygulandığı toprağın pH' sına bağlı olarak değişir. Metal tuzları, asidik topraklarda, bitkinin özümsemesine uygun şekilde çözülmüş formda bulunurlar. Nötr ve alkali pH seviyelerinde, birçok element ve özellikle de ağır metaller çözünmeyen bileşiklere dönüşür. Bu formda, bitkilere daha az etkilidirler ve yeraltı suları için daha az kirlilik riski taşırlar. Yani, metal konsantrasyonunun yükselmesi ve yeraltı suyu kirliliği tehlikeleri, düşük pH' larda fazladır. Ağır metal içeriği üzerinde en çok durulan kalite parametresidir. Çünkü bitkiler, dokularında iz element biriktirme özelliklerine göre değişiklik gösterirler. Bitkilerin yapraksı kısımlarındaki metal konsantrasyonu, tohumlara ve köklere göre genellikle daha fazladır. Bir elementin miktarındaki artış o elementin toprağa ilave edilen miktarıyla orantılı olarak artar; ve bitkinin gelişimini engelleyecek toksik konsantrasyona ulaşır. Ekinlerde, Mo, Se, Cd gibi yeterince yüksek konsantrasyonlarda biriken elementler, insanlar ve hayvanlar için toksiktir. Ülkemizde kompostun tarımda kullanılabilmesi için taşınması gereken özellikler 10.12.2001 tarihli ve 24609 sayılı resmi gazetede yayınlanan 'Toprak

Kirliliği Kontrol Yönetmeliğimin 3. Bölümünde 10. madde ile belirtilmiştir. Kompostun toprakta kullanılabilmesi için;

- Kompostun, hijyenik yönden kusursuz olması, insan ve tüm canlı sağlığını tehdit etmemesi,
- C/N oranının 35'den daha büyük olması halinde kompost reaksiyonunun optimum şartlarda cereyan edebilmesi için reaktörde komposta azot beslemesinin yapılması,
- Toprak ıslahı için kullanılacak kompostun, organik madde muhtevasının kuru maddenin en az % 35'i oranında olması,
- Piyasaya sürülen kompostun su muhteva oranının % 50'yi geçmemesi,
- Piyasaya sürülen kompost içinde, cam, cüruf, metal, plastik, lastik, deri gibi seçilebilir maddelerin toplam ağırlığın % 2'sini geçmemesi,
- Üretilen kompostun ağır metal muhtevaları, en fazla üçer aylık aralarla, ihtiva ettikleri kurşun, kadmiyum, krom, bakır, nikel, civa ve çinko yönünden analizlerinin yapılması,
- Kompostun kullanılacağı arazide toprağın pH değeri, ihtiva ettiği kurşun, kadmiyum, krom, bakır, nikel, civa ve çinko yönünden analiz edilmesi,
- Numunelerin usulüne ve tekniğine uygun olarak alınması ve tüm kütleyle temsil edici olması,
- Toprak analizleri sonucu, topraktaki ağır metal içeriklerinin Tablo 3.3 'de yer alan değerleri aşması halinde söz konusu arazide kompostun kullanılmaması,
- Kompostun arazide 10 yıllık dönemde her yıl uygulanması halinde, ağır metaller itibari ile araziye verilen yükün Tablo 3.4'. de verilen değerleri aşmaması gerekir.

Tablo 6.1.Topraktaki ağır metal sınır değerleri (TKKY, 2001)

Ağır Metal	pH<6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	2 **
Krom	100 **	100 **
Bakır *	50 **	140 **
Nikel *	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	**	1,5 **

* pH değeri 7'den büyük ise Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Tablo 6.2. Toprakta on yıllık dönem esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükleri (TKKY, 2001)

Ağır Metal	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl) **
Kurşun *	1500
Kadmiyum	15
Krom *	1500
Bakır *	1200
Nikel *	300
Çinko*	3000
Civa	10

* İşlenmiş arıtma çamurunun topraklarda kullanılması ile hasatın alınması arasında en az üç ay süre varsa ilgili kuruluşların görüşü alınarak Bakanlıkça civa ve kadmiyum hariç olmak üzere bu değerler % 5'e kadar artırılabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde kompostlaştırma prosesi ve kompostun kullanımı ile ilgili düzenlemeler EPA (Environmental Protection Agency) tarafından yapılmaktadır ve kendi yönetmeliği bulunmayan ülkelerde de oldukça büyük bir kabul görmektedir. EPA 503 CFR 40 'da yalnızca arıtma tesisi çamurlarının kompostlaştırılması ile ilgili düzenlemelere yer vermiştir. Bu maddede yer alan ağır metal sınır değerleri Tablo 6.3.'de verilmiştir.

Tablo 6.3. Ağır metal sınır değerleri (EPA, 503 CFR 40)

Ağır Metal	Sınır Değerler (mg/kg fırm kuru toprak)
Kurşun	1500
Kadmiyum	39
Arsenik	41
Bakır	1500
Nikel	420
Çinko	2800
Selenyum	36
Civa	17

Diğer kalite kriter parametrelerinden patojen mikroorganizmalar ile ilgili ülkemizde

geçerli olan 'Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde herhangi bir mikroorganizma grubu için spesifik sınırlayıcı değerler bulunmamaktadır. EPA 503 CFR 40'da kompostun patojen içeriği ile ilgili kısıtlamalar yer almaktadır. Patojen giderimini sağlamak üzere kapalı sistemlerde ve havalandırılmalı statik yığımda sıcaklık en az 3 gün 55°C ve üzerinde tutulabilmelidir. Bu değer karıştırmalı statik yığınlarda minimum 15 gün süreyle sağlanmalıdır. Salmonella sp.bakterisi < 3 EMS/ 4 g kuru madde veya fekal koliform < 1000 (EMS/ g kuru madde) olmalıdır.

Kompostlaştırma maliyetlerine bir örnek olarak Fransa'daki maliyetlere bakıldığında, bu ülkede arıtma çamurlarından elde edilen kompost maliyeti ton başına 140 – 270 ABD Doları mertebesinde olmaktadır.

Toplam Maliyet = 11, 76 milyon dolar

6.2.2. Kompostun kullanım alanları

Kompost ilavesi toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerini iyileştirir, ancak ağır metal ve diğer kirletici madde konsantrasyonları dikkat edilmesi gereken parametrelerdir. Ağır metal seviyesi yüksek olan kompostlar yalnızca düzenli depolama alanlarında üst örtü olarak ve atık maddelerin bertarafı için tahsis edilmiş alanlarda kullanılabilirler (Wei ve diğ.,).

Kompost,

- Tarla, bahçe, sera, mera, meyvelik ve fidanlıklarda gübre olarak,
- Golf sahaları, çim sahalar, parklar ve oyun alanlarında toprak şartlandırıcısı olarak,
- Erozyon kontrolünde,
- Koku gideriminde biyofiltre malzemesi olarak,
- Düzenli depolama alanlarında son örtü malzemesi olarak,
- Yanmış orman alanlarının, eski maden ocaklarının rehabilitasyonunda kullanılabilir.

6.2.3. Kompostun faydaları

- Kompostlaştırma ile organik atıklar kısmen stabilizasyona uğrar.
- Elde edilen ürün tarımda, seralarda, fidanlıklarda toprağı iyileştirmek ve organik madde açısından zenginleştirmek üzere kullanılabilir.
- Kompost, depolanabilir ve uzun süre saklanabilir nitelikte, gelir getiren bir

üründür.

- Düzenli depolama alanlarından önemli miktarda tasarruf edilir.
- Erozyona uğramış alanlarda kompost, kaybedilmiş organik maddeyi sağlar ve toprağın kendini yenilemesine yardım eder. Kompost, bitkilerin yeniden gelişimi için uygun bir alt tabaka oluşturur ve erozyonu önler.
- Kompost ilave edilen toprağın içindeki organik madde miktarındaki artışa bağlı olarak boşluk oranı ve su tutma kapasitesi artar, erozyon önlenir.
- Suni gübre tüketiminin azaltılmasını sağlar.
- Zor işlenen toprakların tarım açısından elverişli hale gelmesini sağlar.
- Topraktaki saprofit mikroorganizma sayısını artırır.

6.3. Çamurun Kurutularak Bertaraf Edilmesi (Gübre Eldesi)

Evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının ağır metal içermesi özellikle tarımsal gübre yolu ile uzaklaştırılmasının son derece riskli olduğunu göstermektedir.

Bina, depolama, gereken ısı ve kuru maddenin bertarafı dahil edilirse kuru katı (KK) için yapılan ortalama yatırım ton başına 300-350 ABD Doları mertebesinde olacaktır. Tesisin işletme maliyeti (kireç, polimer, nakliye,vb giderler dahil) kuru madde tonu başına 155 ABD Doları mertebesinde olmaktadır. (DHV Consultants BV)

Yatırım Maliyeti = 1,93 milyon Dolar

İşletme Maliyeti = 8 milyon Dolar

Toplam Maliyet = 9, 93 milyon Dolar

6.4. Çamurun Yakılması

Yakma teknolojilerinin uygulanmasında göz önünde bulundurulması gereken ve bu tür uygulamaları sınırlandıran bazı faktörler ise şunlardır:

- Yakma sonrası çamur kuru külesinin %50'ye kadar olan kısmı kül olarak kalmakta ve ayrıca çamurdaki bir çok toksik ağır metal de külün uzaklaştırılmasını karmaşık hale getirmektedir.
- Kurutma boyunca, çamur serbestçe akamadığından %50-60 kuru madde civarında yapışkan faza geçmekte, bu da çamur kurutma prosesini karışık ve masraflı hale getirmektedir.

– Azot, klor, sülfür, dioksin ve furan gibi çamurdaki bileşikler yanma boyunca çeşitli yapılarda gazlı kirleticiler şeklinde serbest kalmaktadır. Emisyon sorununa karşın sıkı emisyon limitlerini karşılamak amacıyla baca gazı arıtma sistemleri gerekmektedir.

– %70-80 nem içerikli mekanik olarak susuzlaştırılmış çamurun net ısı değeri kendi kendine yanma için yeterli değildir ve ilave yakıt gerektirmektedir.

Yanma sonrası başlangıç kuru kütleinin yaklaşık %50'si kül olarak kalmakta ve birçok toksik ağır metalleri içermektedir. Böylece külün uzaklaştırılması karmaşık hale gelmektedir. Oluşan büyük miktardaki külün uzaklaştırılması çamur değerlendirme maliyetini de artırmaktadır.

Bir maliyet tahmini yapmak için, sadece arıtma çamuru yakmak üzere kurulan tesislerdeki maliyetlerin, yakılan ton kuru madde bazında vergiler haricinde 220 ile 375 ABD Doları mertebesindedir. Bu değer, yatırım maliyetini, mevcut sistemlerin iyileştirilme maliyetlerini, işletme maliyetini ve 1. Sınıf bir düzenli depolama sahasına yapılacak atık bertaraf ücretlerini kapsar. Bu ücretler, yılda 2,000 ile 5,000 ton kuru madde yakabilen tesisler için geçerlidir. Burada belirtilen kuru madde miktarı 200,000 ile 800,000 kişi eşdeğerinde arıtma yapan tesislerde ortaya çıkan miktarlardır. Yatırım maliyet ön-kurutma yapan yakma tesisleri için daha yüksektir. Ancak bunlarda işletme masraflarından dolayı bir yarar (tasarruf) elde edilebilir. (DHV Consultants BV)

Hollanda'da faaliyet gösteren yakma tesisleri yüksek kapasiteli olup (örneğin Dordrecht tesisinde saatte 5 ton su buharlaşması gerçekleştirilir) ön kurutma işlemi ve kompleks emisyon gazı temizleme işlemleri yapılması nedeni ile ton başına maliyetler 275 - 375 ABD Dolarındaki aralığın yüksek kısmına (375 Dolar) doğrudur. Bu aralığın düşük olan bölümü (275 Dolar) ise emisyon gazlarının temizlenmesinde daha az sıkı standartları olan ülkeler için geçerlidir. (DHV Consultants BV)

Toplam maliyet = 15,9 Milyon Dolar

6.4.1. Yaş oksidasyon

Yaş oksidasyon, herhangi yanabilir bir maddenin 120-370°C sıcaklıklar arasında su içeren bir ortamda sulu fazda- oksitlenmesi esasına dayanır. Genelde, uygun sıcaklık, basınç (1-22 MPa), reaksiyon süresi ve yeterli basınçlı hava veya oksijen sağlanırsa yüksek yakma verimi elde edilebilir. Yaş oksidasyon süreci 'Zimpro' süreci olarak patentlenmiştir. Bu süreç literatürde aynı zamanda, *ıslak yakma* veya *ıslak tutuşturma* olarak da anılır. (Lendormi T., Prevot C., Doppenbe F., Foussard J.N.,) Zimpro süreci, diğer alışılmış yakma sistemlerinde uygulanması gereken ön susuzlaştırma veya kurutma işlemlerini de gerektirmez. Çamurdaki su oranı %99 mertebesinde olabilir.

İlk endüstriyel uygulama 22,800 ton/yıl katı madde kapasiteli bir tesiste gerçekleştirilmiştir. Ağırlıkça yaklaşık %5 katı madde içeren çamur 3-5 mm tane boyutuna öğütülmekte, homojenleştirilmekte ve saf oksijenle birlikte karışım halinde reaktöre beslenmektedir. Organik maddeler, en düşük 280°C sıcaklıkta ve yaklaşık 10 MPa basınçta dağıtılmaktadır. Bu proseste %70'lik bir kütle azalma elde edilmektedir. Çamurdaki mevcut S, Cl ve P çözünen ve prosesi sıvı formda terk eden sülfat, klorit ve fosfat bileşiklerine dönüşmekte ve proses boyunca oluşan kül ayrılarak susuzlaştırılmakta ve ayrışan su biyolojik arıtmaya tabi tutulmaktadır.

6.4.2. Piroliz

Piroliz, organik maddelerin 300-900°C arasında değişen sıcaklıklarda oksijensiz ortamda termal bozunması işlemidir. Piroliz bir seri karmaşık kimyasal reaksiyonlar içerir. Elde edilen piroliz ürünleri ise piroliz gazı, yarı kok ve yağdan oluşur. Gaz, yakıt olarak kullanılabilir. Yarı kok, yakıt olarak yakılabilir veya uzaklaştırılabilir. (Caballero J.A., Front R.,)

Prosesin avantajları:

- Çamurun küçük hacimli inert artığa dönüştürülmesi,
- Çeşitli kimyasal proseslerde kullanılabilen yüksek kaliteli yağ üretimi
- Düşük çalışma sıcaklıkları ve ağır metallerin çoğunlukla yan ürünlere bağlanmasından dolayı katran ve dioksin gibi zararlı yan ürünlerin oluşumunun

gerçekleşmemesidir.

6.4.3. Çamurdan yakıt üretilmesi (C-G prosesi)

21.Carver-Greenfield (C-G), kurutma prosesi ile etkin bir kurutma işlemiyle ve çok az enerji kullanarak çamuru yakıtı dönüştürmektedir. Mekanik olarak susuzlaştırılan çamur, suyunkinden daha yüksek kaynama noktasına sahip bir endüstriyel yağ ile karıştırılmakta ve daha sonra ön-kurutma yapılmaktadır. Su içeriği %5'in altına azaltılmış olsa da, yağ, çamur içinde sıvı halde kalmaktadır. Kurutma sonrası yağ filtre presle ayrılmakta ve geri beslenmektedir. Böylece üretilen çamur yakıt, %87 katı çamur, %9 yağ ve %4 sudan oluşmaktadır. Isıl değeri yaklaşık 16,7-18 MJ/kg'dır. Çalışmalar çamurdaki 2,6 kg suyu uzaklaştırmak için sadece 1 kg buhar gerektiğini ve bunun da klasik kurutucuların normal buhar ihtiyacının %33'ünden daha az olduğunu göstermektedir (Shiota T.,)

6.5. Çamurun Çürütülerek Biogaz ve Elektrik Enerjisi Üretilmesi

Bu konuda Adapazarı Büyükşehir Belediyesi tarafından fizibilite çalışması yaptırılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.(Ultrawawes Wasser & Umwelttechnologien GMBH)

Biogas ve elektrik üretimi için sadece çamur kullanılması ile çamur ve organik atıkların birlikte kullanılması durumları incelenmiş ve sonuçlar Tablo 6.4. ve Tablo 6.5. de verilmiştir.

Çamurdan Biogas ve elektrik enerjisi üretilmesi durumunda tesisin işletme maliyetlerinde şu değişikliklerin olması beklenmektedir;

a) Belt pres

- Belt presteki kapasite artmaktadır.
- Bu sayede belt prese gelen çamur azalmaktadır.
- Çamur azaldığı ve daha kolay preslenebildiğinden belt pres daha az yıpranacaktır.
- Yedek parça ve bakım giderleri azalacaktır.

b) Çamur nakliyesi

- Çamur azalmasından dolayı daha az araç gerekecektir.
- Bu sayede daha az yatırım gerekli olacaktır. Bakım, yakıt ve personel maliyetleri

düşecektir.

c) Çamurun depolanması

Çamur büyük oranda azalacağından depolama maliyetleri çok düşecektir.

d) Çevre korunması

– Çamur azalması sayesinde belt preste ve nakliyede tasarruf edilecek yakıt harcaması hava kirliliğine neden olan CO₂ gazlarının azalmasına katkı sağlayacaktır.

– Biyogaz üretimi için yapılacak çürütme tankları ve ultrases dalgaları reaktörü sayesinde hava kirliliğine neden olan tehlikeli metan gazının havayı kirletmesi azalacaktır.

e) Çamur kurutma esnasındaki diğer avantajlar

– Kurutulacak çamur daha iyi susuzlaştırılmış olduğundan enerji gideri azalacaktır.

– Çamur kurutma tesisi daha küçük yapılacak olduğundan yatırım tasarrufu sağlanır.

– Biyogaz tesisinin üretileceği kendi enerjisi ile çamur kurutma işinde kullanılır.

Tablo 6.4. Kurulması düşünülen biyogaz tesisinden elektrik enerjisi üretme hakkında (Ultrawawes wasser & Umwelttechnologien GMBH)

Öneri	1(Bitkisel+Hayvansal Atık İlaveli)	2(Atık İlavesiz)
Nüfus (kişi)	750.000	750.000
Aritma Tesisi Yoğunlaştırıcından Çıkacak Çamur (kg/yıl)	195.536.000	195.536.000
İlave Atık Miktarı (Bitkisel+Hayvansal) (kg/yıl)	27.000.000	0
Çamurdan Üretilebilecek Biyogaz Miktarı (Nm ³ /yıl)	5.983.123	2.599.843
Biyogazdan Üretilebilecek Metan Gazı Miktarı (Nm ³ /yıl)	3.719.866	1.689.898
Çürütülmüş Çamur (kg/yıl)	215.595.577	192.520.182
Gazın Alt Isıl Değeri (kwh/Nm ³)	10,00	10,00
Üretilecek Elektrik Miktarı (kw/a)	13.428.716	13.428.716
Tesis Gücü (Elk.) (kw/h)	1.679	763
Tesis Gücü (Isı) (kw/h)	550	550
Elektrik Fiyatı (TL)	0,1233	0,1233
Üretilen Elk. SEDAŞ Değeri (TL)	1.490.185	676.976
Üretilen Elk. SEDAŞ Değeri (EURO)	805.505	365.933

Tablo 6.5. Atık Su Arıtma Tesisi Biyogaz Üretimi ve Ultrases Reaktörü Uygulanması Durumundaki Gelir Tablosu (Ultrawawes Wasser&Umwelttechnologien GMBH)

ATIK SU ARITMA TESİSİ BİYOGAZ ÜRETİMİ VE ULTRASES REAKTÖRÜ UYGULANMASI DURUMUNDAKİ GELİR TABLOSU					
750.000 EŞDEĞER NÜFUSA GÖRE ARITMA TESİSİNDE ÇAMURDAN ELDE EDİLECEK EK GELİRLER (ORGANİK ATIKLAR DEĞERLENDİRİLMEMİŞTİR).					
Elektrik	1.108	Kwh	6	cent/kw	553.247
Isı	600	Kwh	2	cent/kw	99.864
Çamur Azzalması	23.732	t/yıl	20	€/ Ton	474.640
Polimer Tasarrufu	23.732				25.000
Genel Gelirler (Yıllık)					1.152.751
750.000 EŞDEĞER NÜFUSA GÖRE ARITMA TESİSİNDE ÇAMUR VE ORGANİK ATIKLARDAN ELDE EDİLECEK EK GELİRLER					
Elektrik	2.002	Kwh	6	cent/kw	999.639
Isı	1.200	Kwh	2	cent/kw	199.728
Çamur Azzalması	16.012	t/yıl	20	€/ Ton	320.240
Polimer Tasarrufu					25.000
Genel Gelirler (Yıllık)					1.544.607

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Arıtma çamurlarının yönetimi ve uzaklaştırılması konusu irdelenen, bazı ülkelerdeki bu konuda yapılan çalışmalar hakkında bilgiler verilen ve buna bağlı olarak Adapazarı Karaman atıksu arıtma tesisinden ortaya çıkacak çamurun uzaklaştırılması konusu irdelenen bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 7.1. Alternatiflerin Maliyet Mukayesesi

1. Alternatif (Düzenli Depolamaya Gönderme)	8.78 Milyon Dolar
2. Alternatif (Kompostlaştırma)	11.76 Milyon Dolar
3. Alternatif (Kurutma)	9.93 Milyon Dolar
4. Alternatif (Kurutma+ Yakma)	15.9 Milyon Dolar

Adapazarı Karaman atıksu arıtma tesisi, arıtma çamurlarının bertarafı üzerinde kapsamlı ve titiz bir çalışma yapılması gereken bir bölüm oluşturmaktadır. Ancak çamur uzaklaştırma konusu üzerinde sınırlı sayıda araştırma ve çalışma yapıldığı görülmektedir. Adapazarı Karaman Atıksu Arıtma Tesisi çamurlarının arıtma ve uzaklaştırma konusu üzerine ilave çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

İnşaatı devam eden düzenli depolama sahasındaki günlük örtü toprağı olarak iyi kalite üst toprağın getirilmesi yerine, bu atık çamurların kullanılması önerilebilir. Çamurun katı madde muhtevasının % 30 olduğu kabulü ile, düzenli depolama sahasına getirilen atık çamurların günlük örtü toprağı olarak kullanılması ile sağlanacak faydalar, kemirgen, sinek v.b hayvanlarda azalma, koku olayının önlenmesi, rüzgarla savrulabilecek çöplerin kontrol altına alınması, yangın olayının önlenmesi sağlanabilir. Atık çamurların, 14.03.1991 tarihinde yayımlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 28. maddesine göre, arıtma çamurlarının düzenli depolamaya kabulünün sağlanması için gerekli olan min % 25 katı madde muhtevası şartına uymaması halinde evsel katı atıklarla depolama yapılması uygun olmaz.

Arıtma çamuru için kompostlaştırma alternatifi şimdiye kadar yapılan çamur yönetim çalışmalarında önerilmemiştir. Bu çamurların kompostlaştırılıp tarım arazilerinde kullanılması üzerinde durulması gereken bir alternatiftir. Kompostlaştırılmış çamurun, düzenli depolama alanlarında günlük örtü olarak kullanılabilmesi gibi, dağıtımı ve pazarlaması yapılarak, hayvan ve insan besin zincirine girmeyen zirai alanlarında gübre olarak kullanılması sağlanabilir. Dikkat edilmesi gereken husus 10/12/2001 tarih ve 24609 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”nin 8, 9 ve 10 uncu maddelerindeki hükümlerdir.

Yakma maliyetinin yüksek olması çıkan emisyonların standartlara uygun olarak havaya verilmesi için ek masraf gerektirmesi, sistemin işletilmesinin zor olması gibi dezavantajlarına rağmen depolanacak madde miktarının az olması gibi avantajları vardır. Ancak günlük depolanacak atık çamur ve kül miktarının kuru ağırlık ve hacim olarak hesabının yapılması ve seçeneklerin karşılaştırılması gerekmektedir. Bu hesabın yapılması depo alan ve yerinin tespiti açısından önemlidir. Çamurun tahsis edilmiş alanlara depolanması da kısa vadede uygulanabilecek bir öneridir. Bu alanlar seçilirken özellikle su havzalarının dışındakiler ve yine özellikle taban zemini geçirimsizliği yüksek olan alanlar seçilmelidir. Çamurların terk edilmiş bölgelere, taş, kum ve maden ocaklarına depolanması için Katı Atıklar Kontrol Yönetmeliğine göre stabilize edilmesi gerekir. Böylece çamurun taşınması ve depolanması esnasında ve sonrasında sinek, haşere v.s üremesi de engellenmiş olur. Çürütücü olmayan tesislerde çamur stabilizasyonu için oldukça ucuz bir malzeme olan kireç kullanılabilir. Bu durumda çamur miktarındaki artış göz ardı edilmemelidir.

Adapazarı karaman atıksu arıtma tesisi çamurunun giderilmesi çalışmasında dört alternatif değerlendirilmiştir.

Avrupa birliği ülkelerinin birçoğunda artıma çamurlarının direkt düzenli depolanması yönetmelikleri açısından uygun görülmemektedir. Avrupa birliği süreci ve yönetmelikleri göz önüne alındığında Adapazarı karaman atıksu arıtma tesisi çamurunun giderim yöntemi olarak uygun yöntemin çamurun önce kurutulup yakılması (4. alternatif) daha sonra küllerinin, sızdırmazlığı sağlanmış olan düzenli depolamaya gönderilmesinin daha uygun bir çözüm olacağı kanaatine varılmıştır.

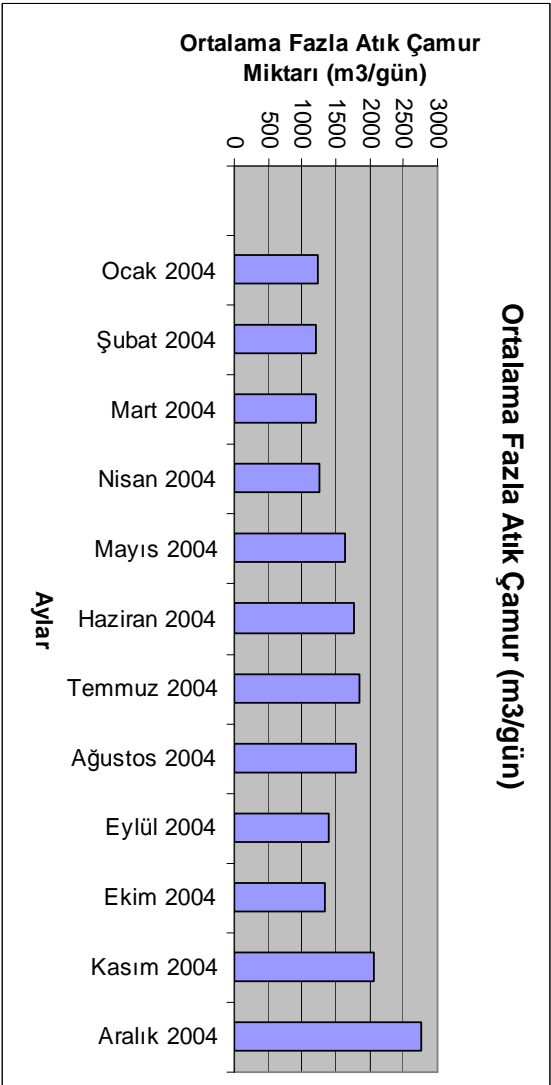
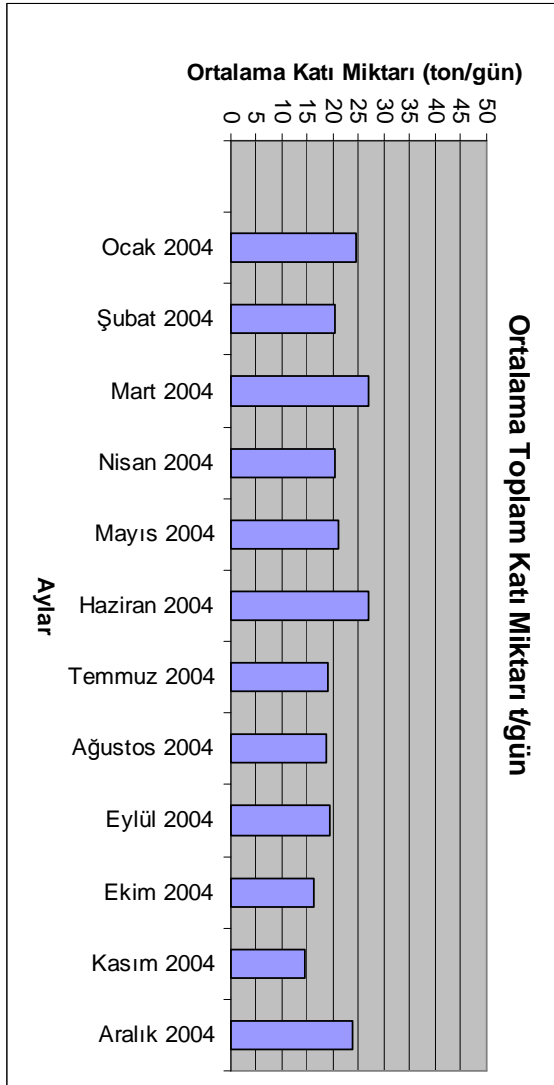
KAYNAKLAR

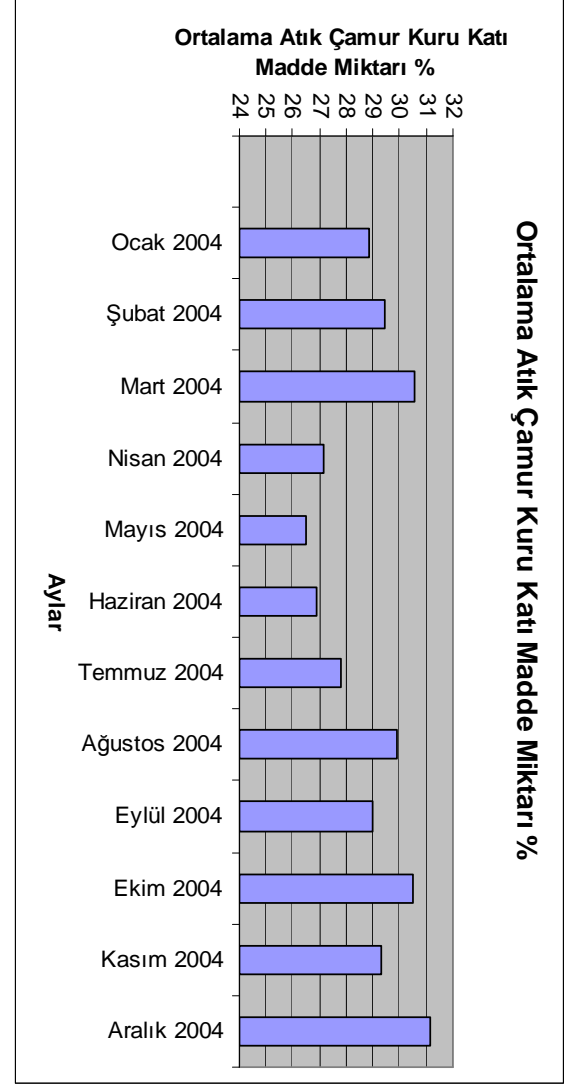
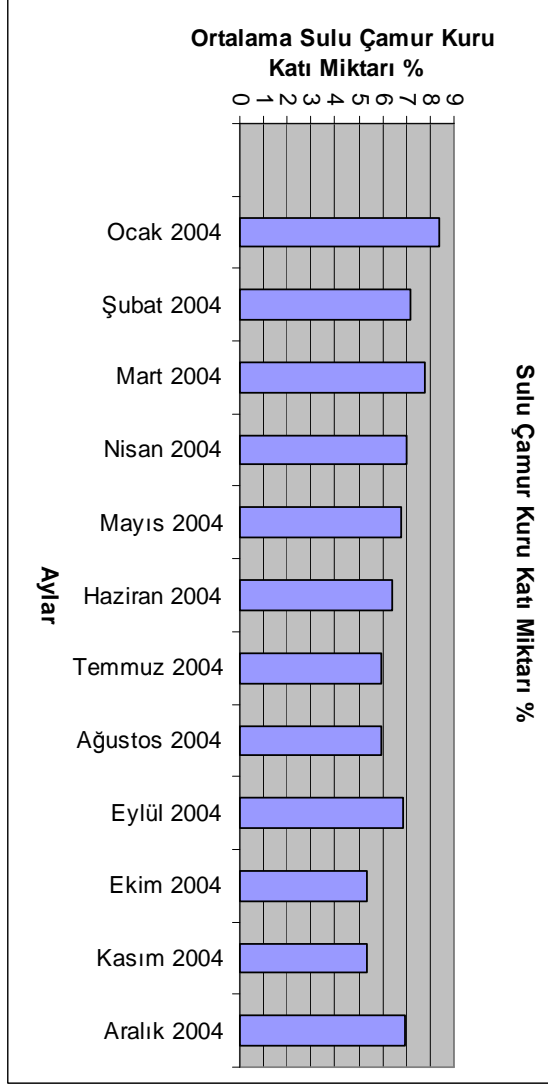
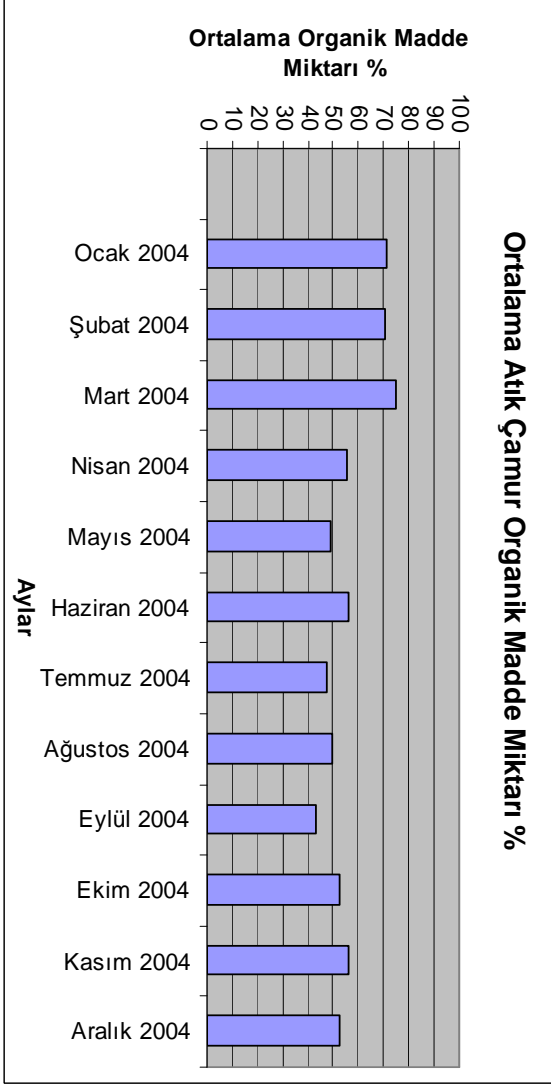
- [1] ADAPAZARI BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ Adası Genel Müdürlüğü
- [2] AKÇA. L., Arıtma Çamurlarının Tarım Alanlarında Değerlendirilmesi, Mersin Çevre Sorunları Sempozyumu 1996
- [3] ARAL, N., arıtma Çamurlarının Arazide Kullanılma İmkanları, İ.T.Ü 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, 24-26 Eylül 1990
- [4] CABALLERO J.A., FRONT R., “Characterisation of Sewage Sludges by Primary and Secondary Pyrolysis”, J. Anal. And Applied Pyrolysis, 1997, 4041
- [5] DHV CONSULTANTS BV
- [6] GÖKGÖZ, E., İstanbul Atıksu Arıtma Tesislerinden Ortaya Çıkacak Çamur Miktarlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 1993,
- [7] LENDORMİ T., PREVOT C., DOPPENBE F., FOUSSARD J.N., “Supercritical Wet Oxidation of Municipal Sewage Sludge Comparison of Batch and Continuous Experiments”, Water Science and Technology, Vol 44, 5, p.161-169, 2001.
- [8] LİNSLEY, K.R ELİASSEN, R., Water Resources and Environmental Engineering, Mcgraw-Hill Series, U.S.A, 1973
- [9] MEDCALF&EDDY Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, McGraw- Hill Book Company, NY 1991,
- [10] MICHAEL W. OHARA, Proses Selection for Optimal Management of Reginal Wastewater Recidual Final Project Report, Newyork Delaware 1978
- [11] MUSLU, Y., Atıksuların Arıtılması, İ.T.Ü Yayını, Sayı: 1577, İstanbul (1996),
- [12] ÖZTÜRK, T., Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Uzaklaştırılması ve değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE, Ocak 1989

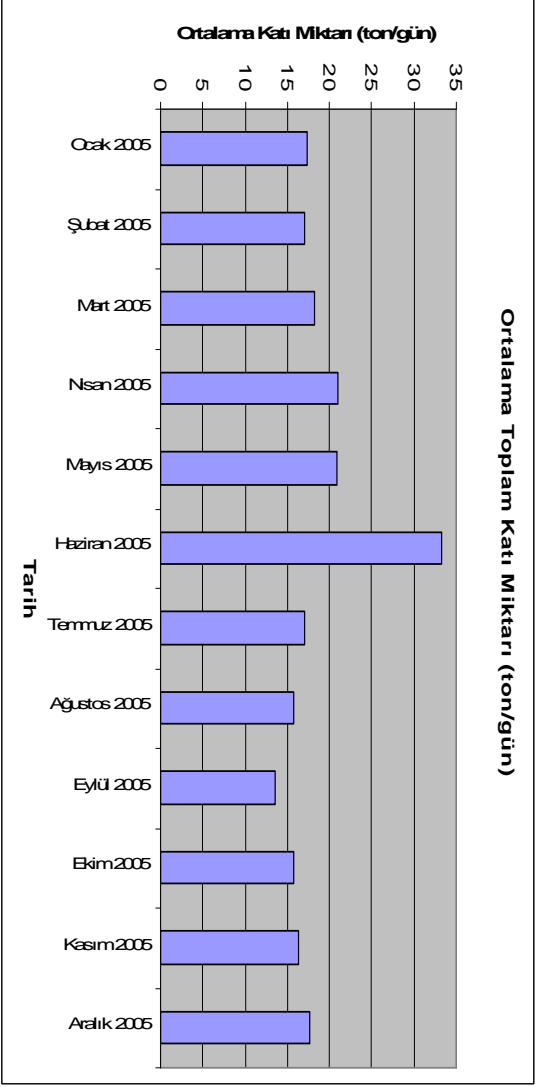
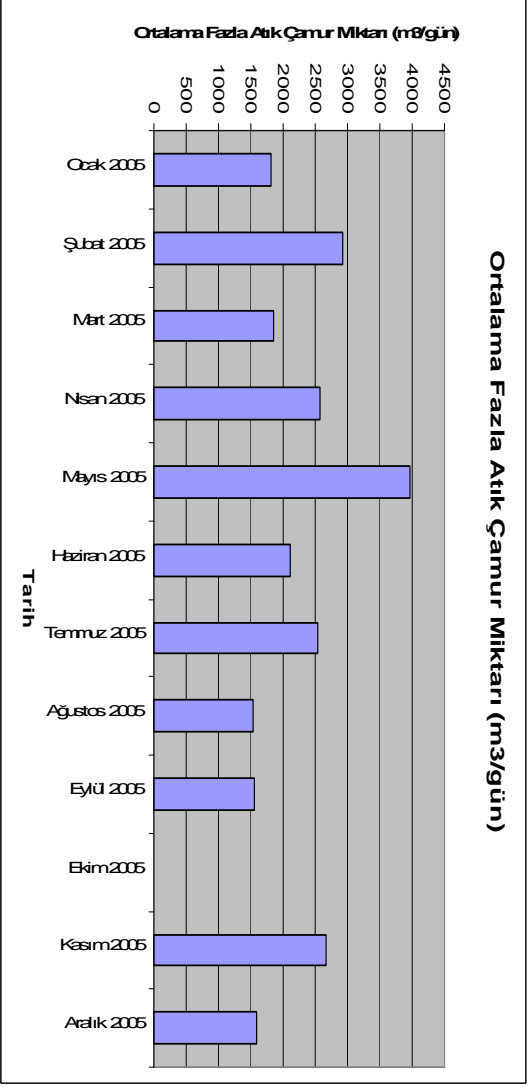
- [13] ROBERT DICK, DAVID L. SIMMONS, ROY. O. BALL, KIM PERLIN MICHEAL W. O HARA, Proses Selection for Optimal Manegement of Reginal Wastewater Recidual Final Project Report, Newyork Delaware 1978
- [14] SHIOTA T.,“Economical Evaluation of a System for Making a Fuel from Sludge”, Recycling von Klarschlom. Berlin. EF für Energie, p.223-239. 1987).
- [15] SOYLU, N., Donma Çözülmenin Arıtma Çamurları Susuzlaştırılabilirliği Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, 1994,
- [16] ULTRAWAVES WASSER&UMVELTT ECHNOLOGIEN GMBH
- [17] VESİLİND, P.A., SKENE E.T HARTMAN G.C., Sludge Management Disposal For The Levis Publisher Practicing Enginnering, Chelsa 1985
- [18] WEF, ASCE, Design of Municipal Wastewater Treatment Plants WEF Manual of Practice No.8, ASCE Manual and Report on Engineering Practice No.76, WEF, ASCE, Chapter 17-20 U.S.A, 1992
- [19] WPCF, Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants, Manual of Practice No: 11, U.S.A 1990

EKLER

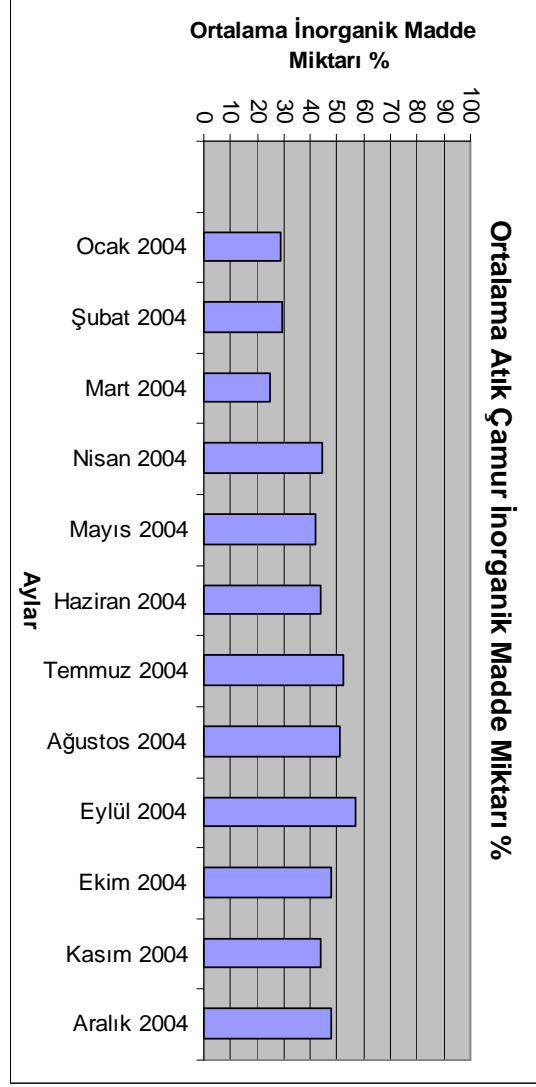
2004 Yılı Ortalama Grafikler

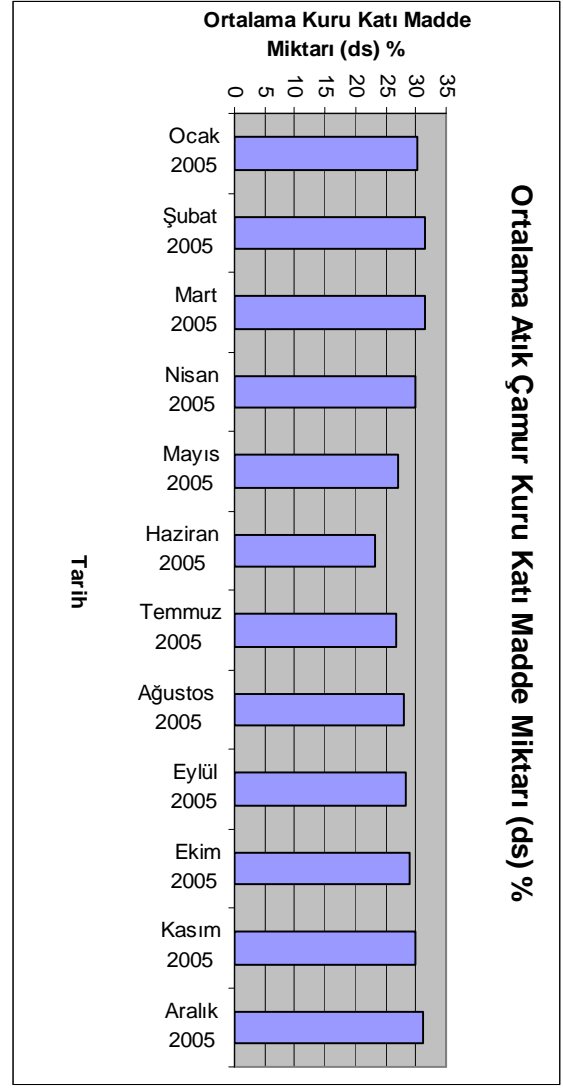
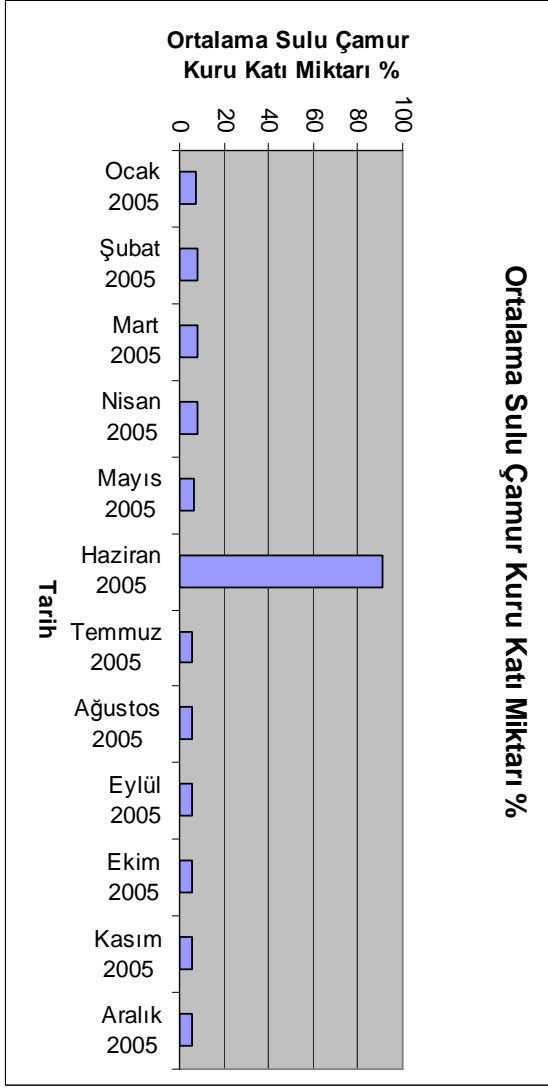
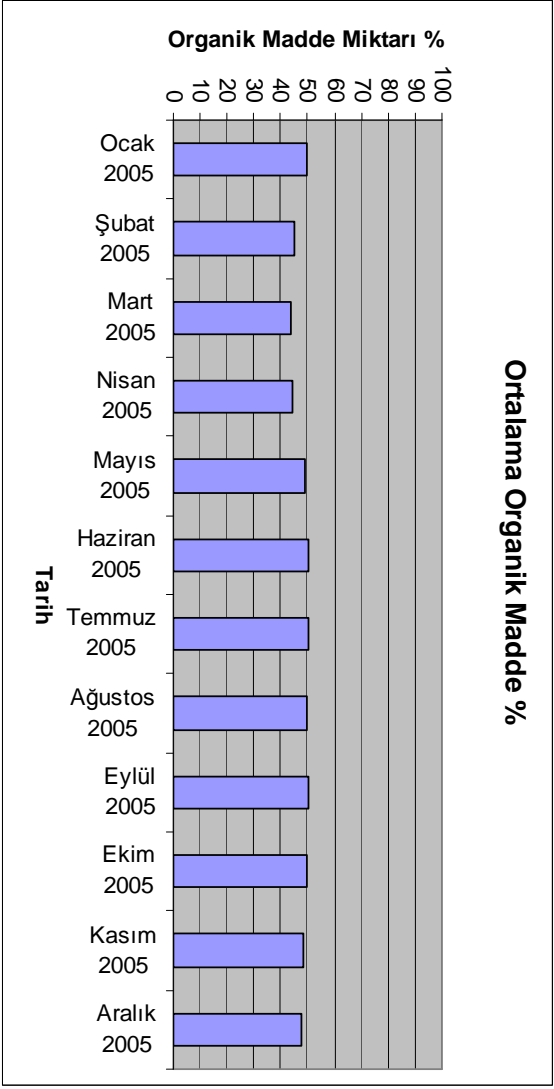


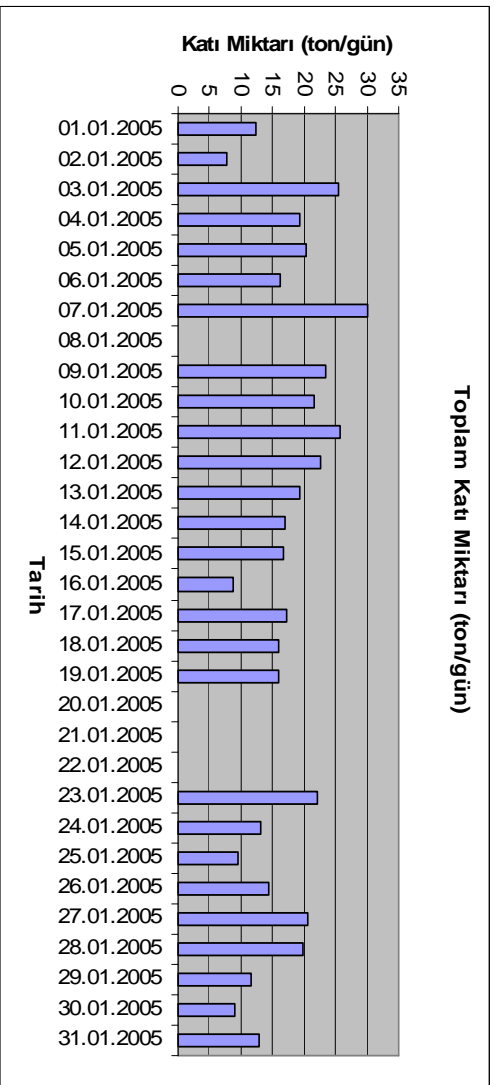
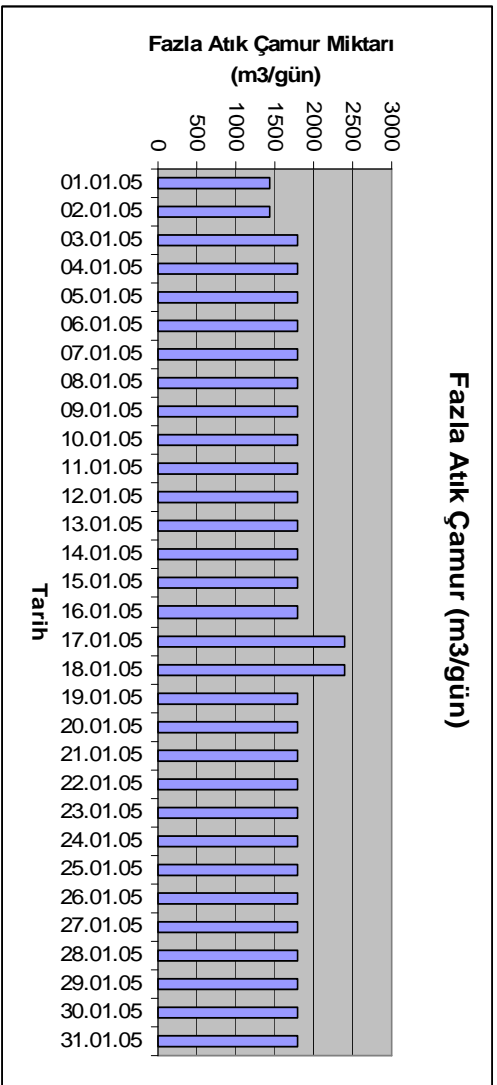




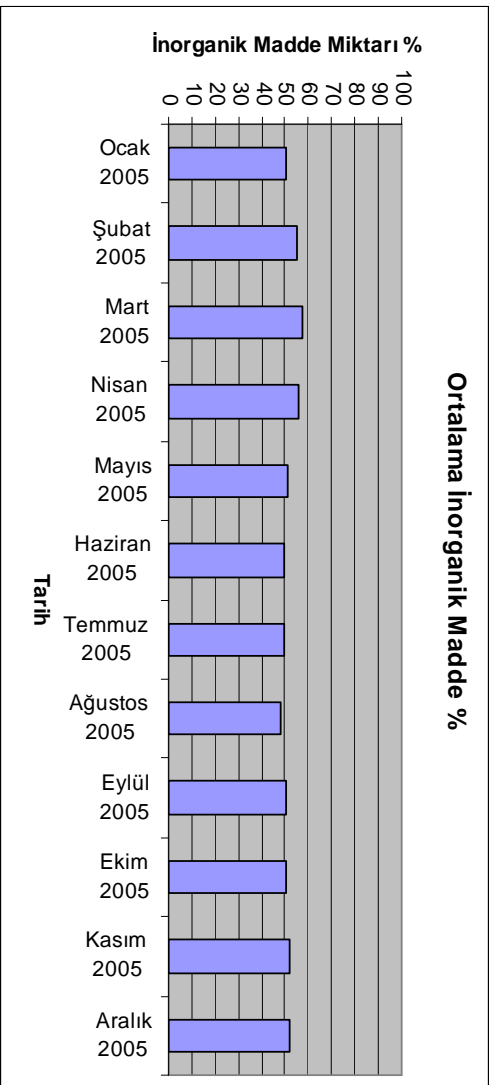
2005 yılı Ortalama Grafikler

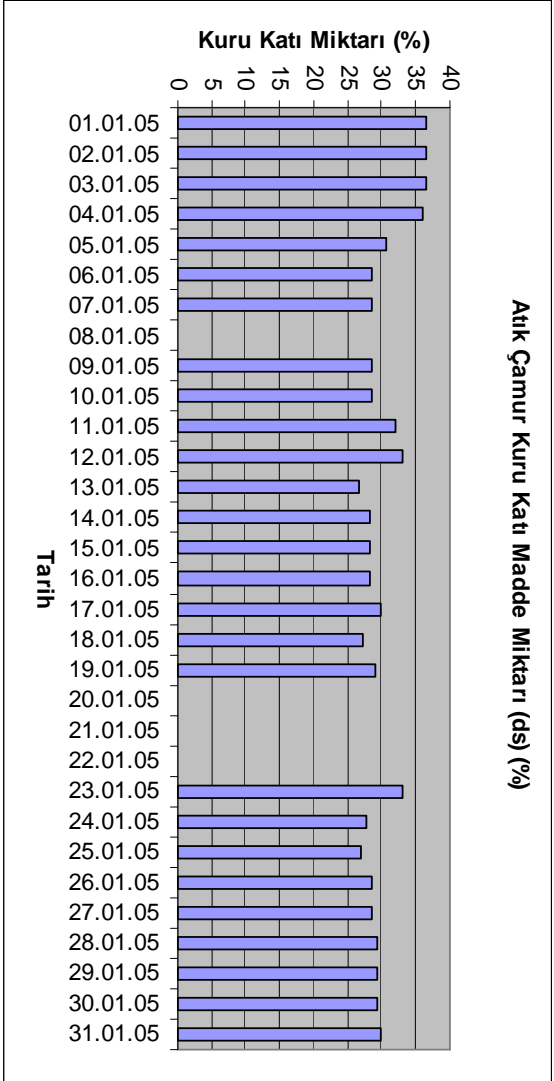
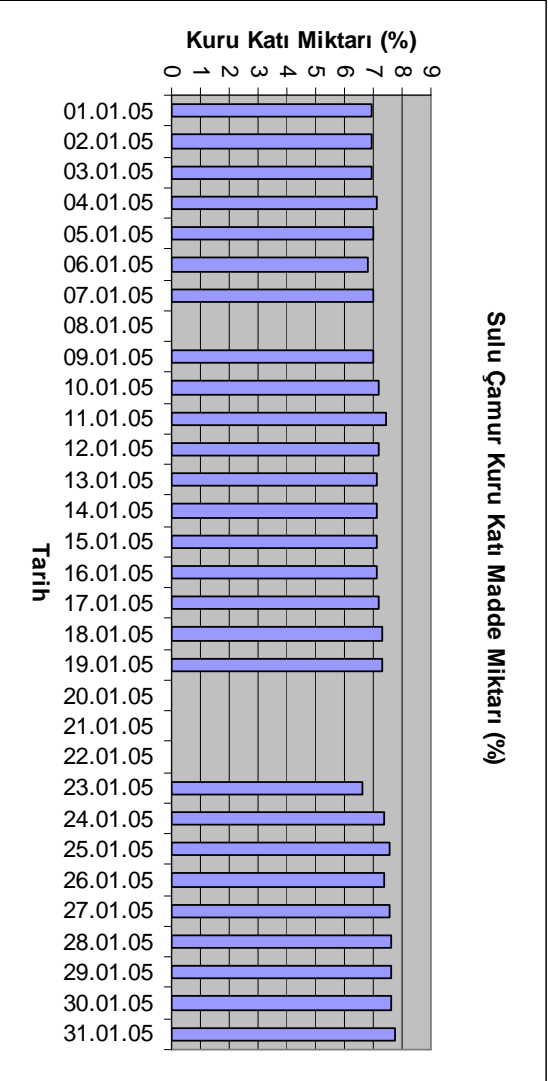
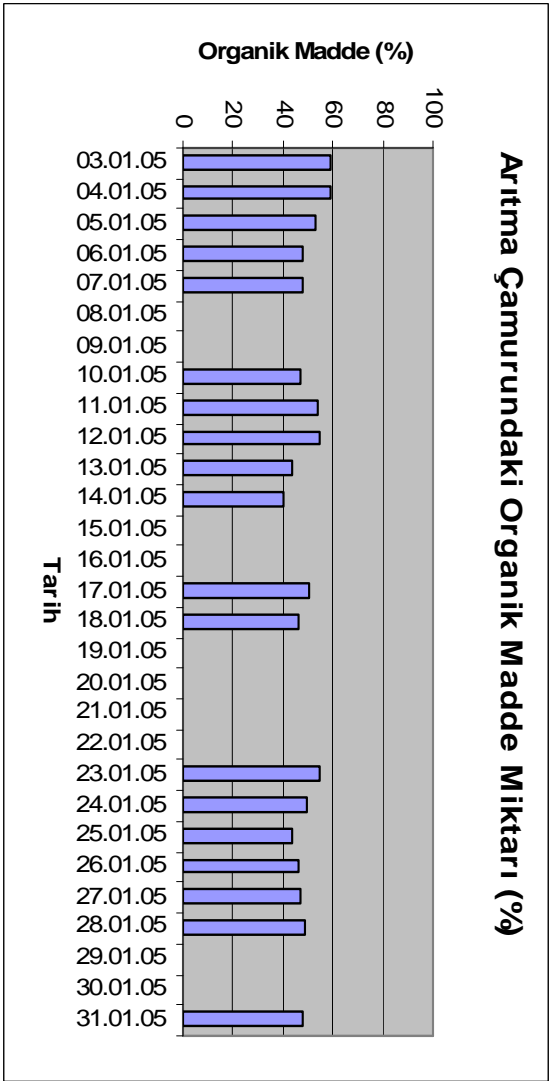


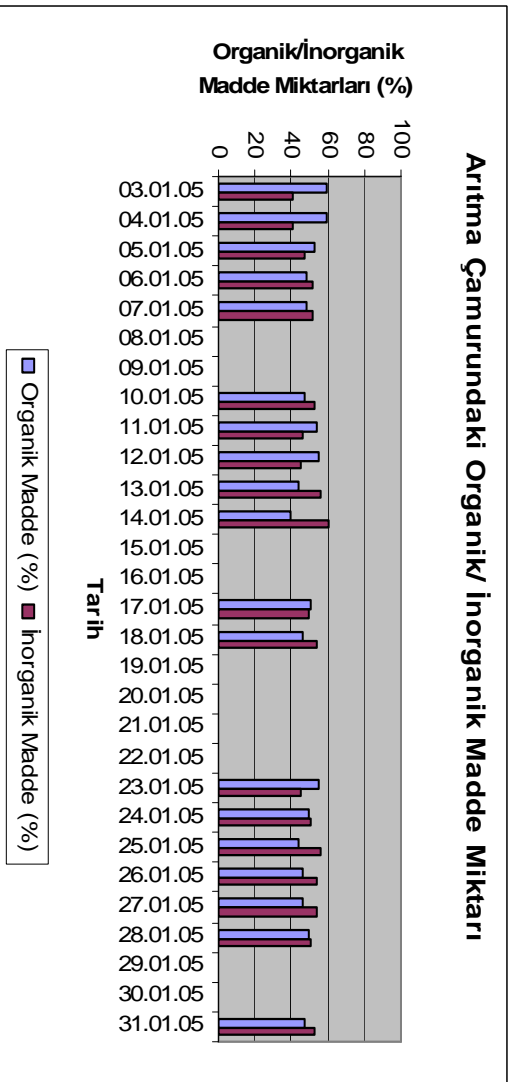
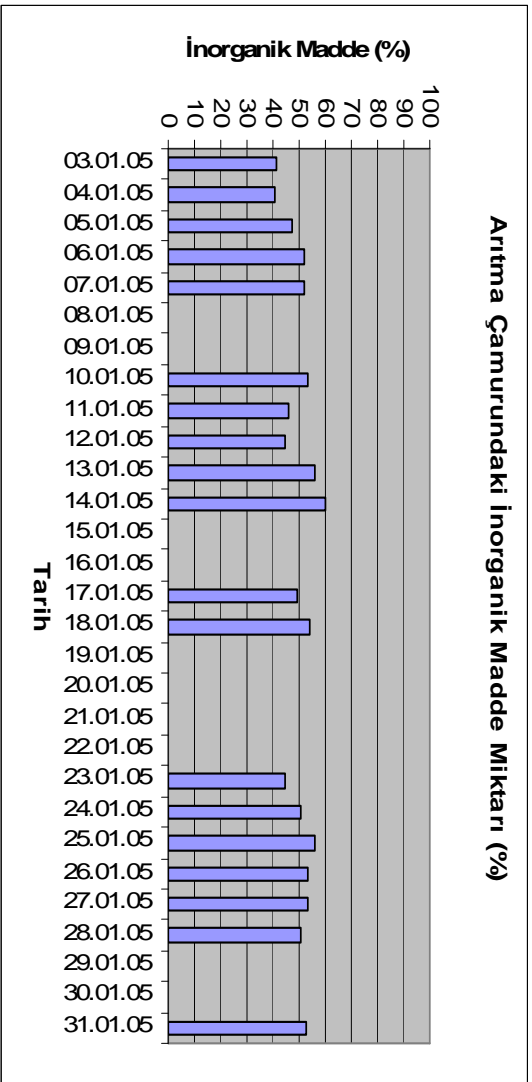




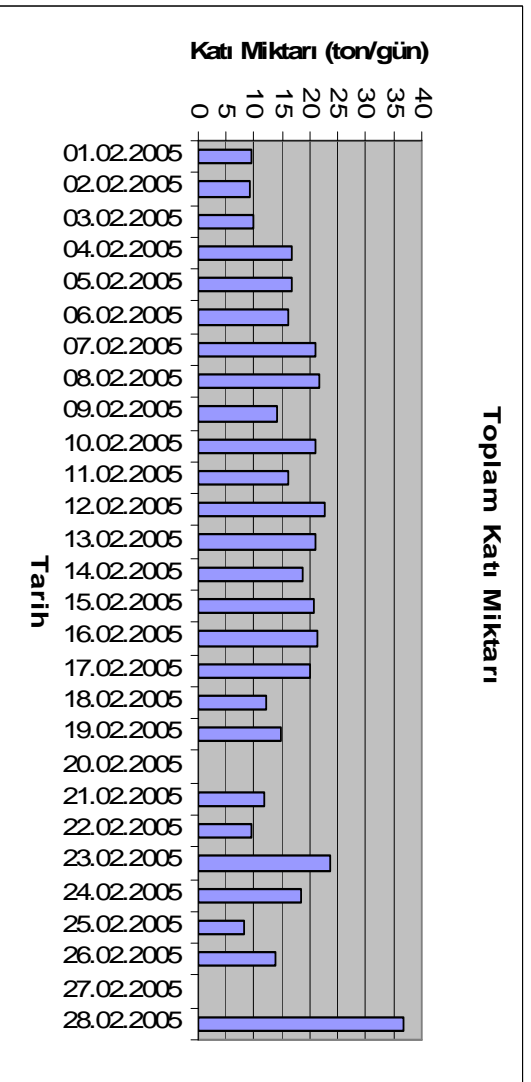
2005 Yılı Aylık Grafikler
Ocak 2005

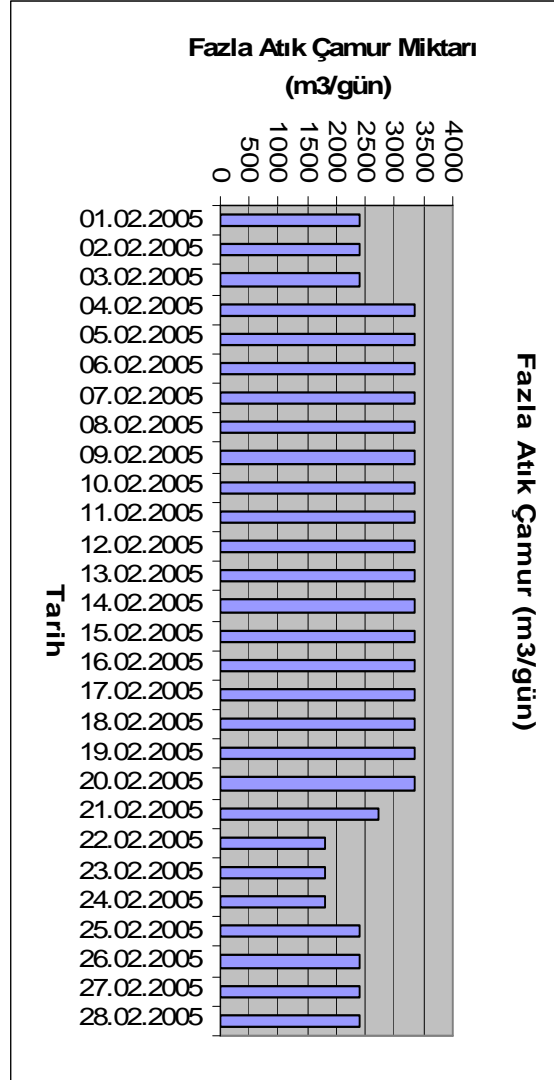
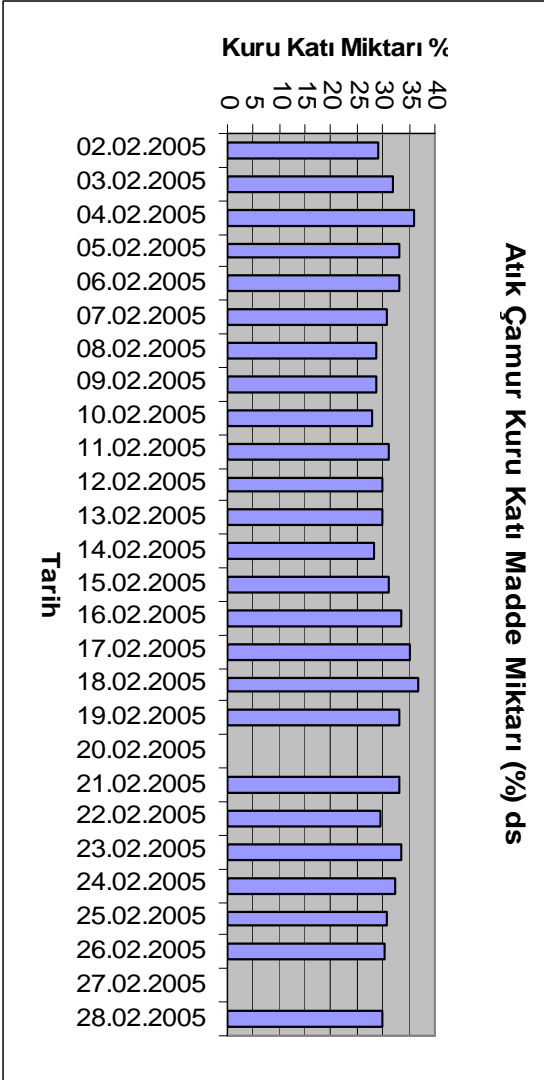
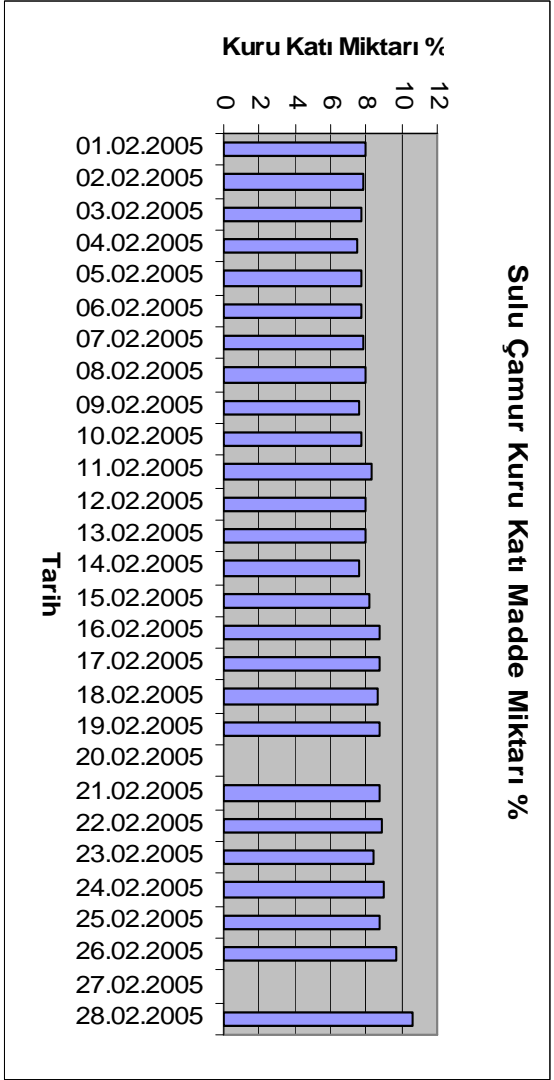


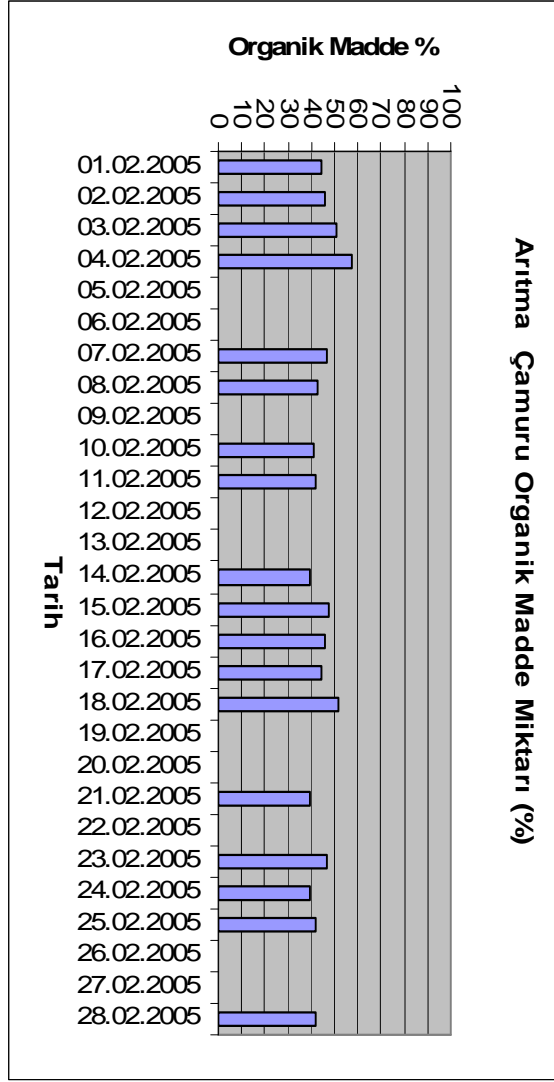
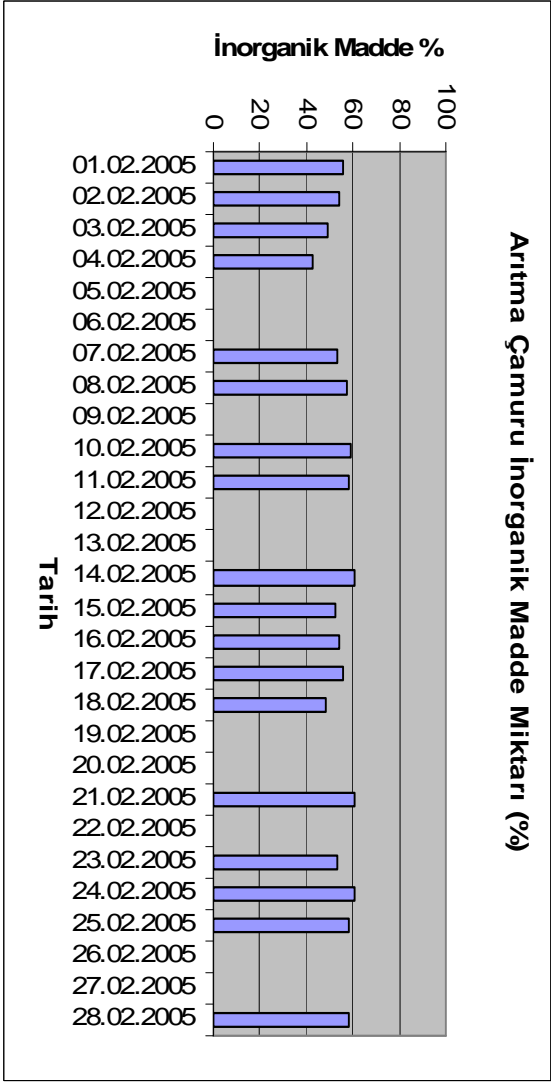
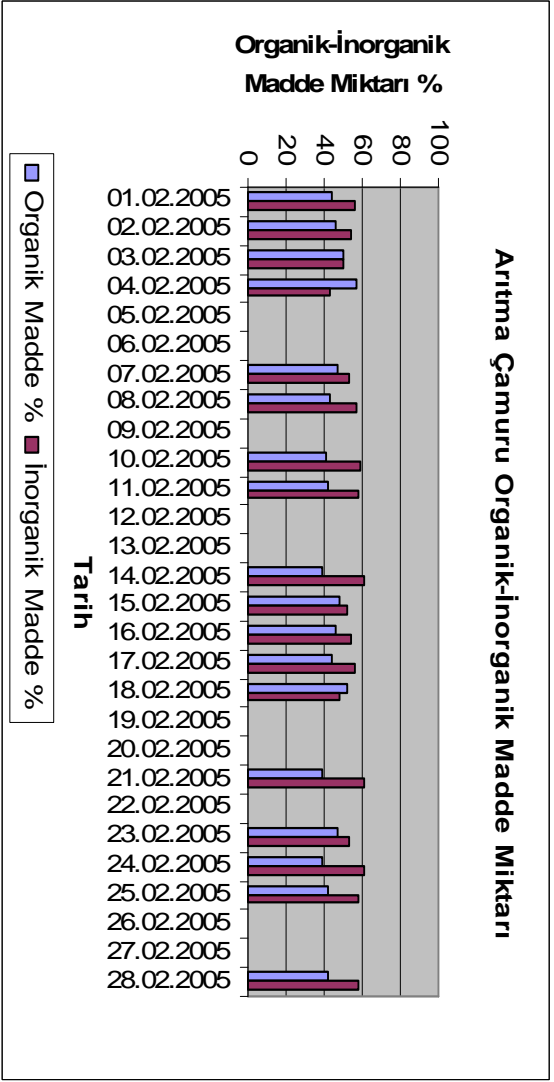


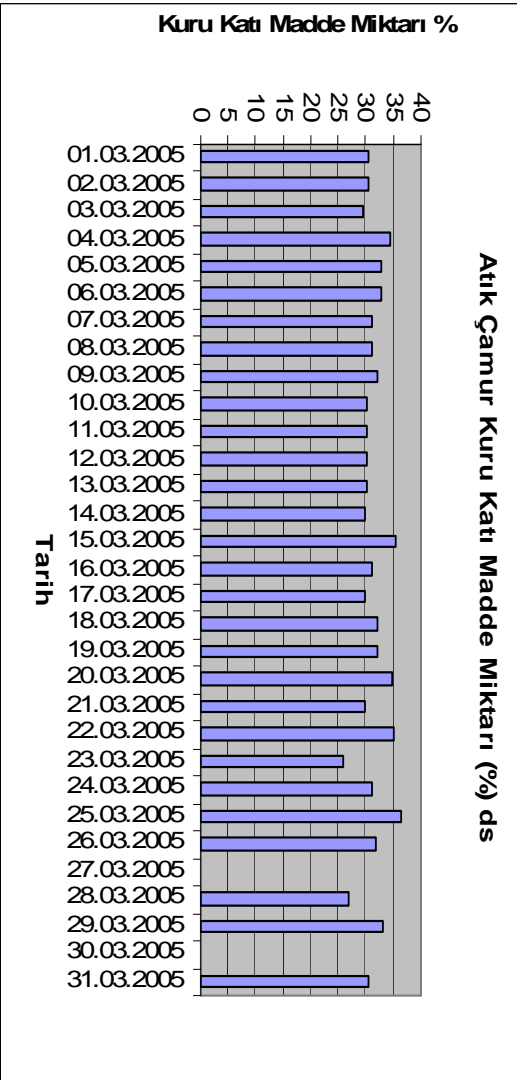
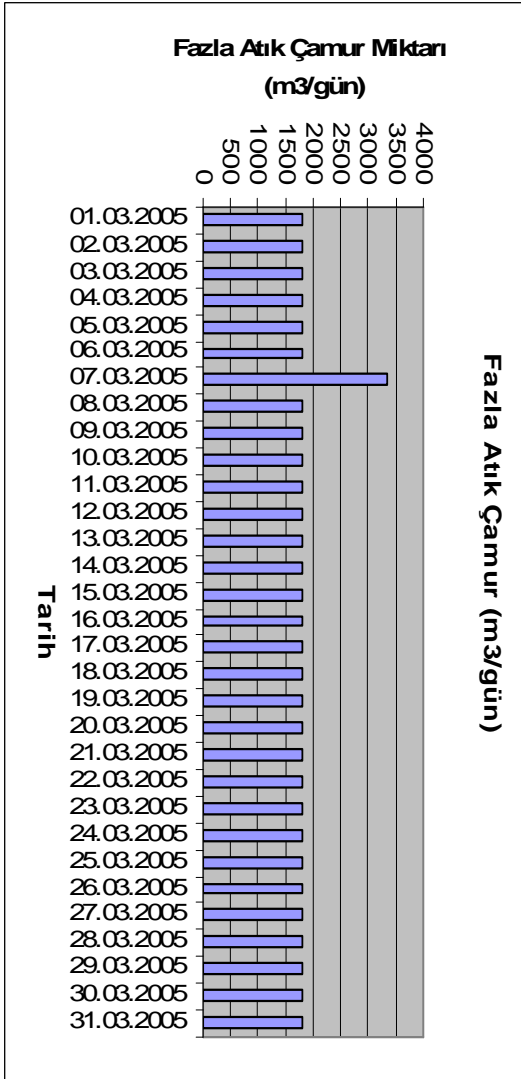
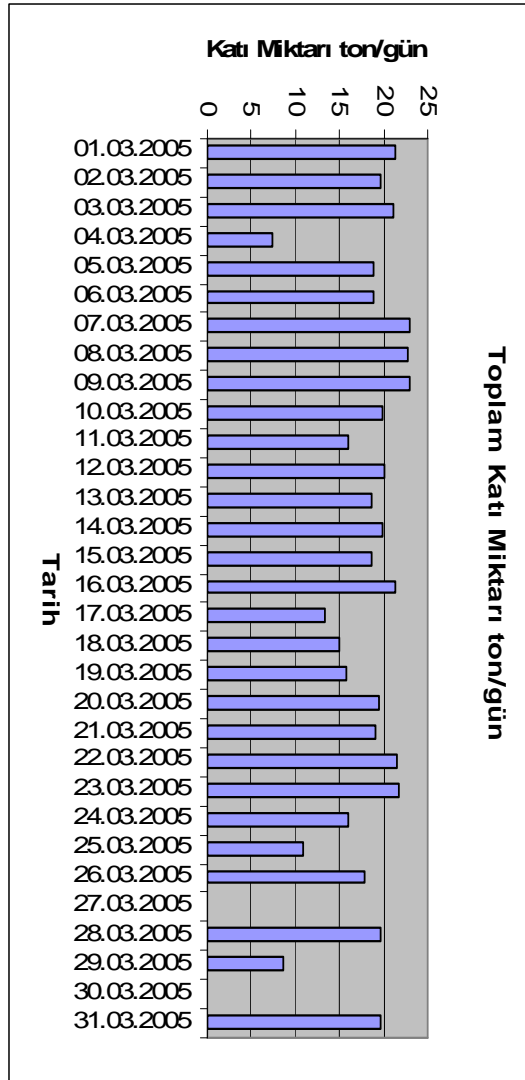


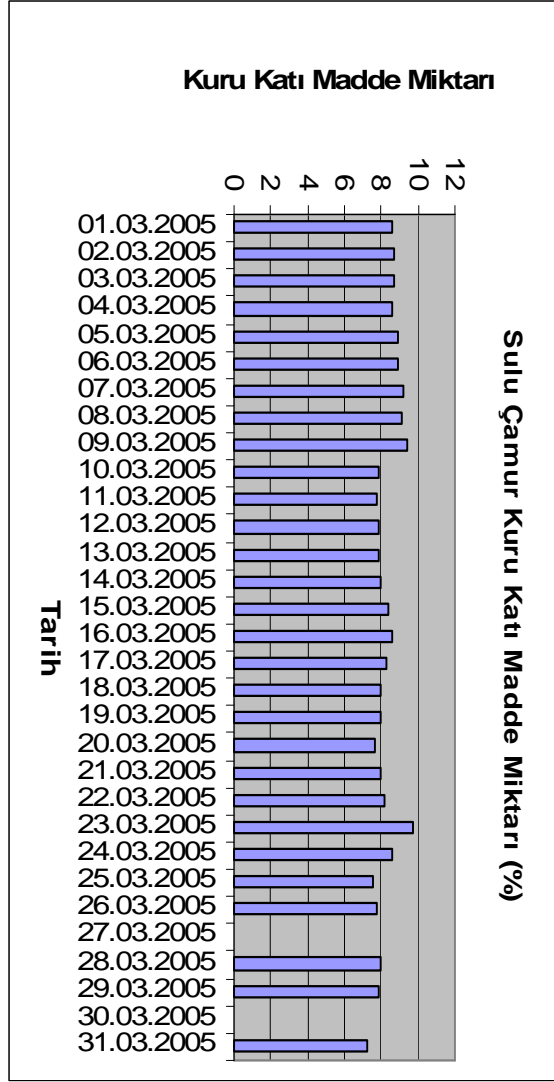
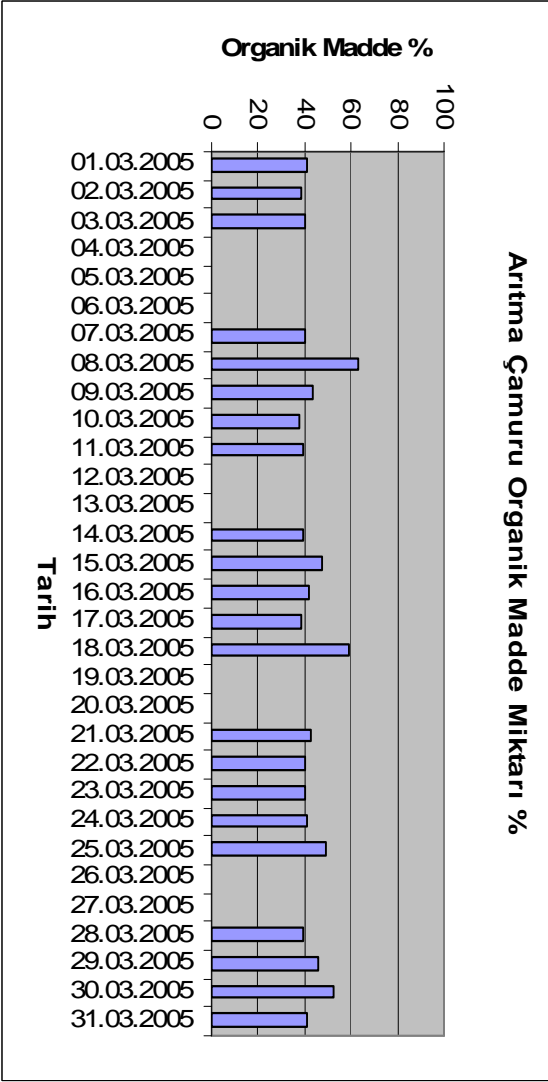
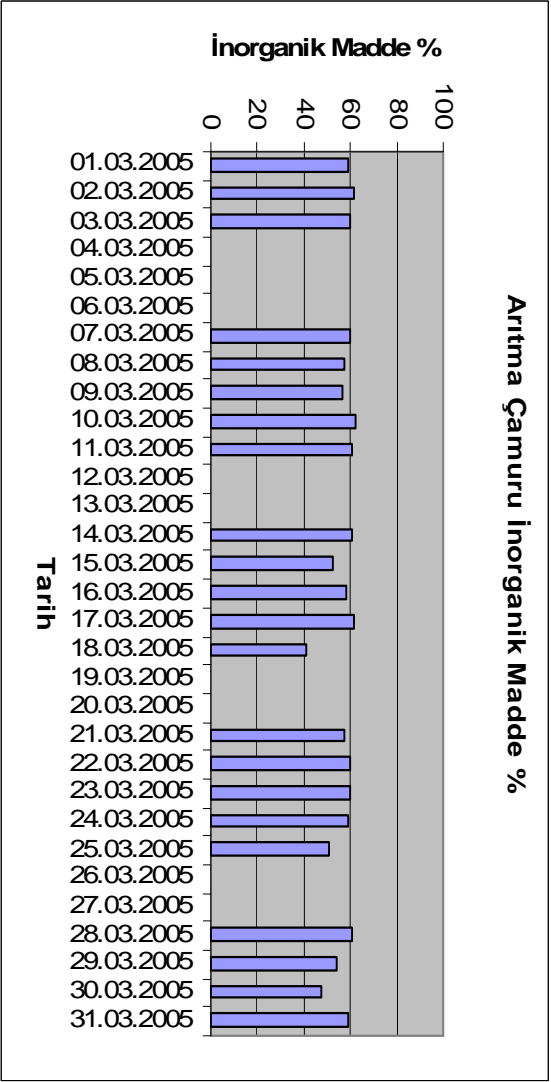
Şubat 2005

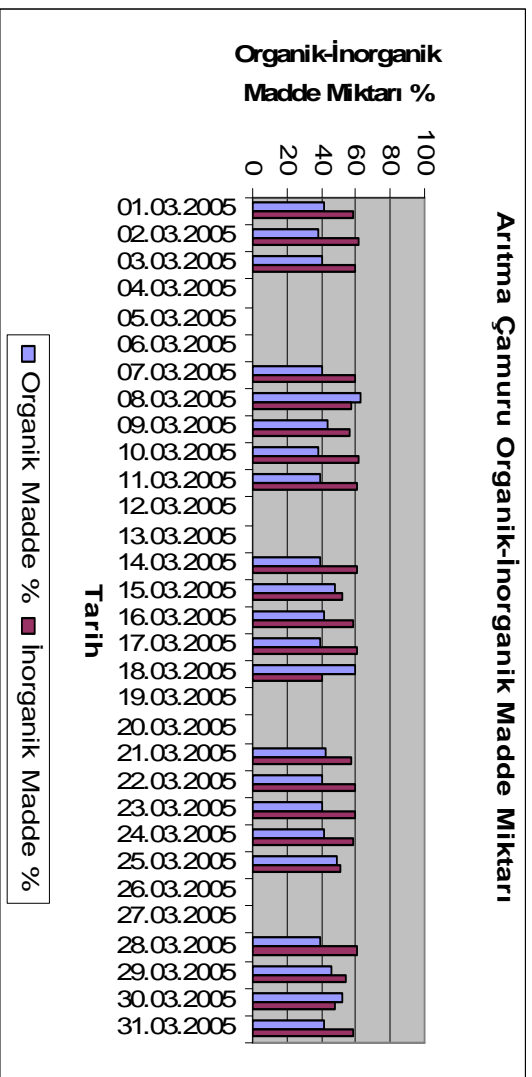




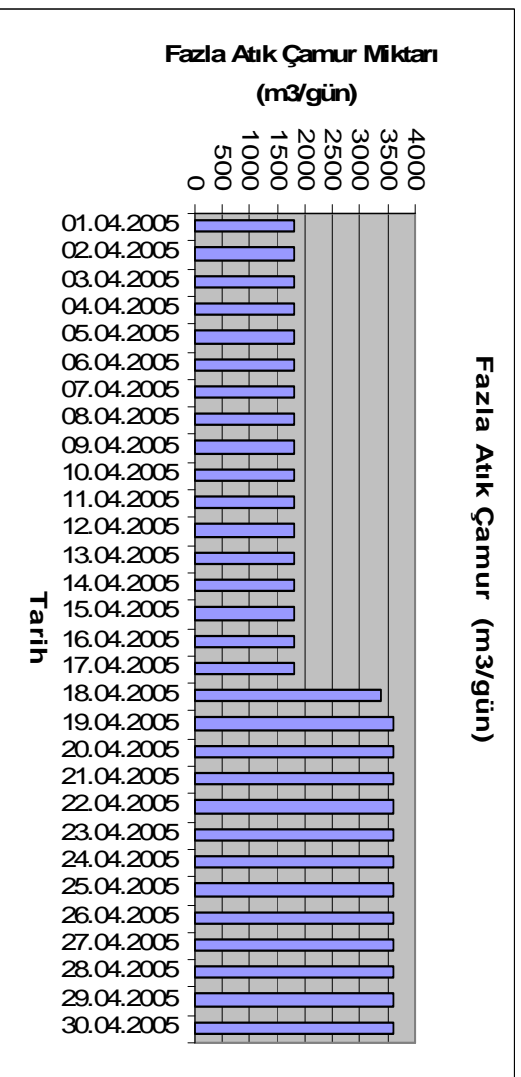
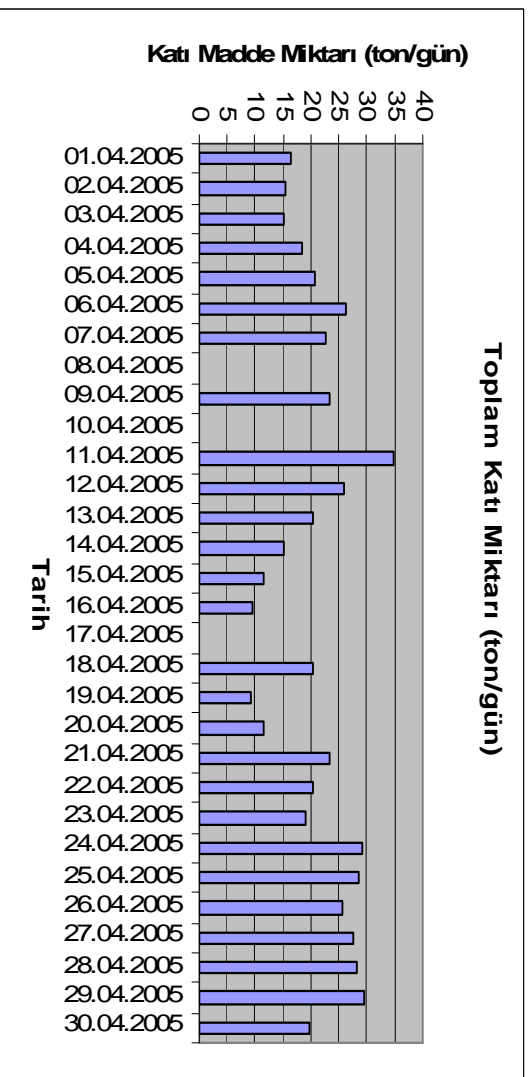


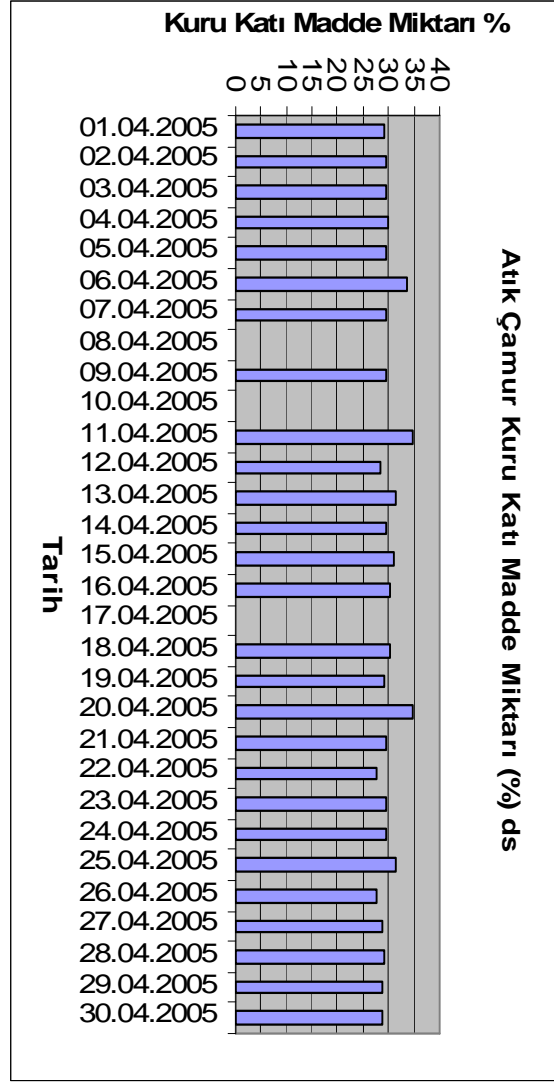
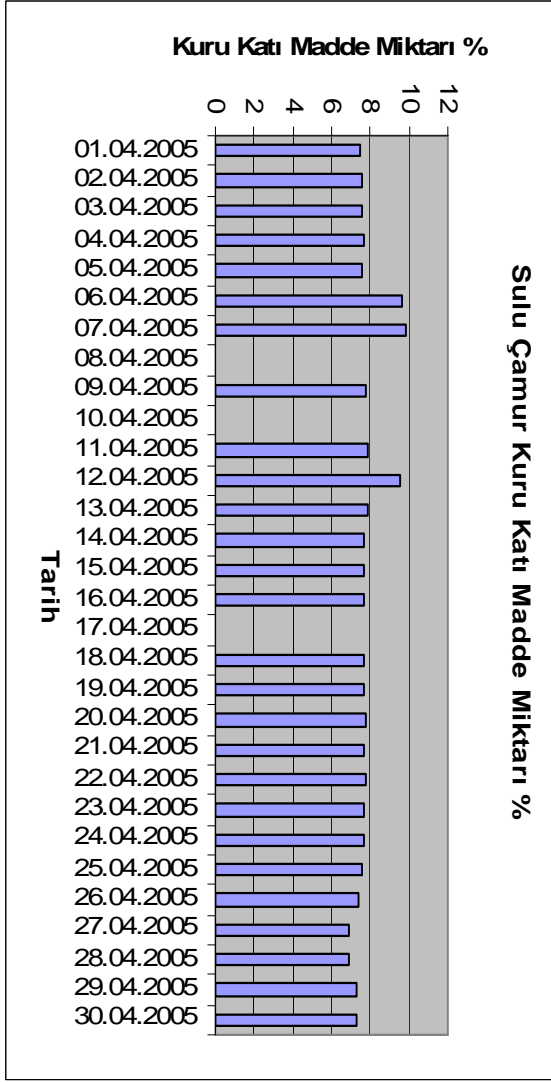
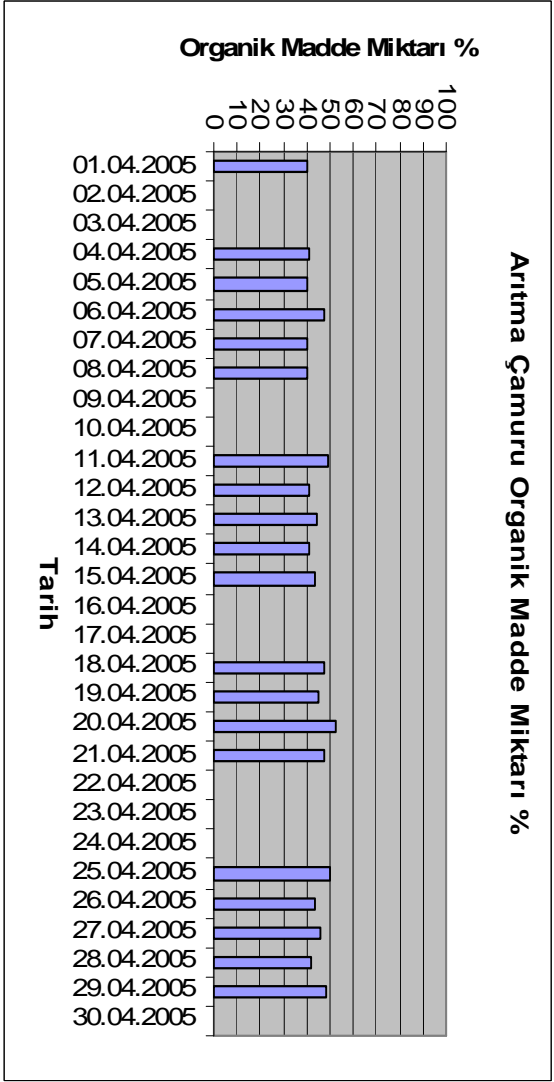


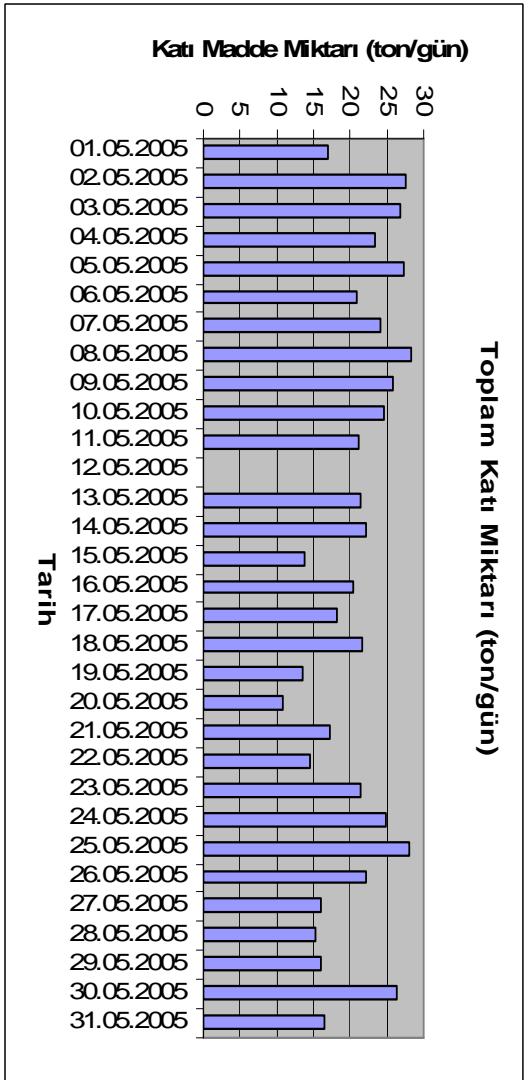




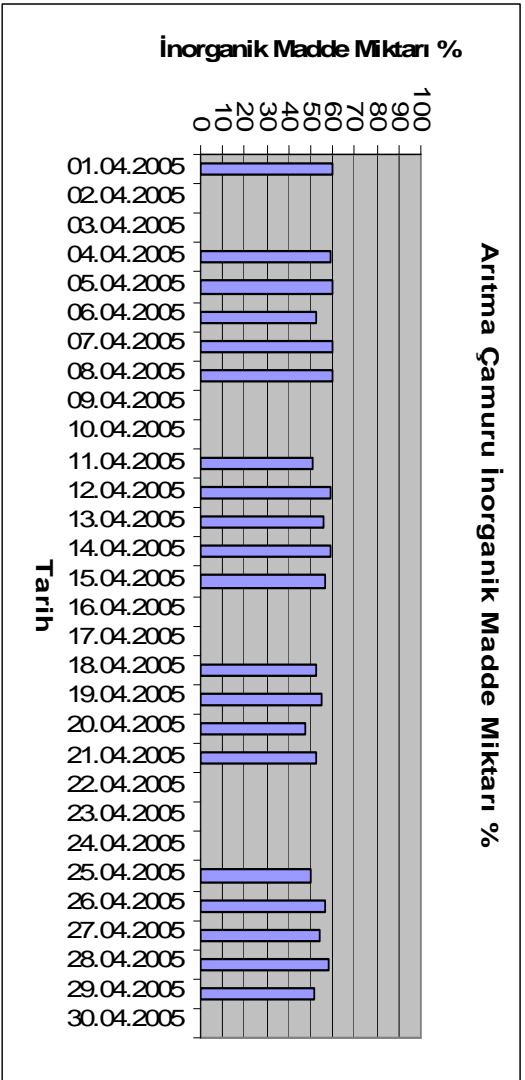
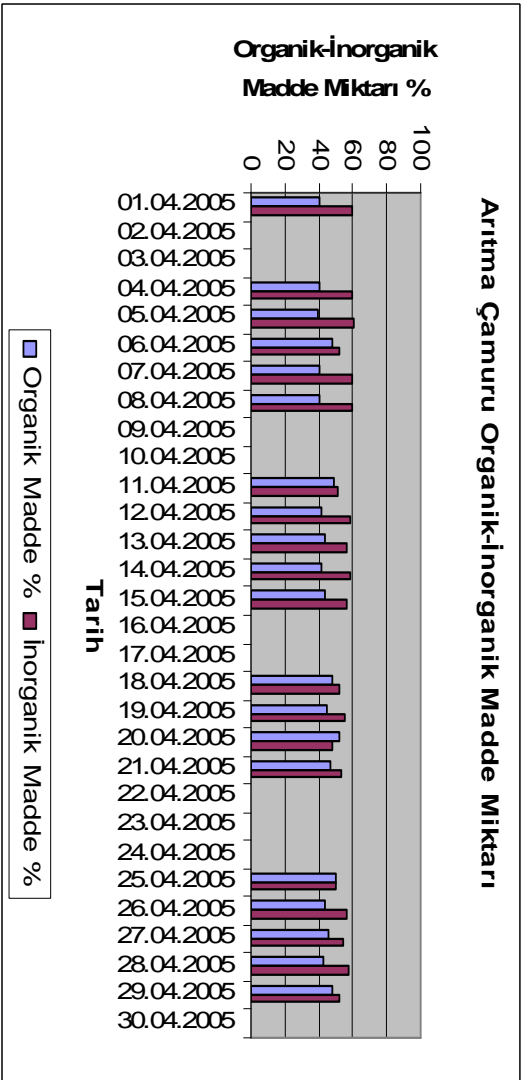
Nisan 2005

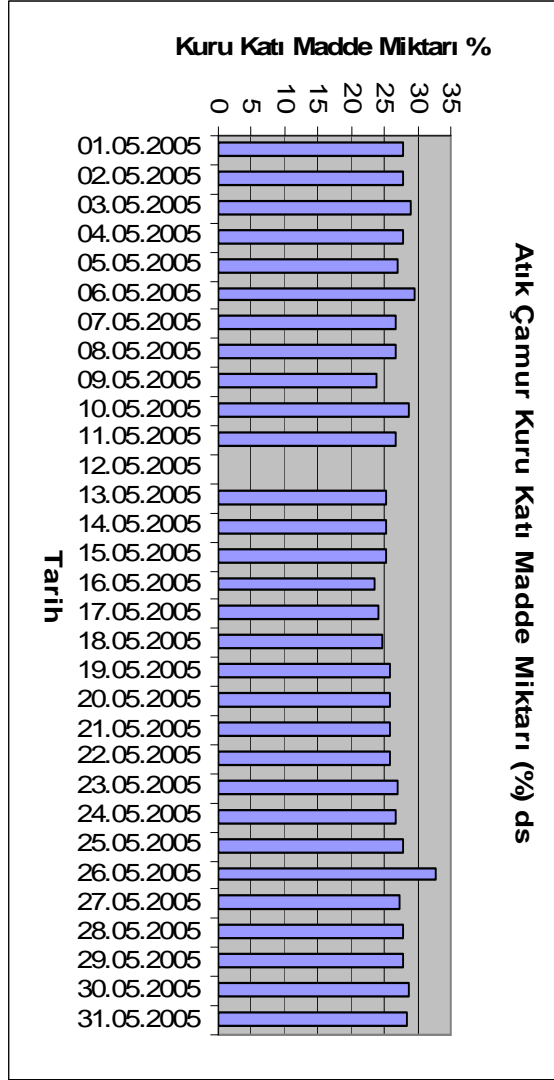
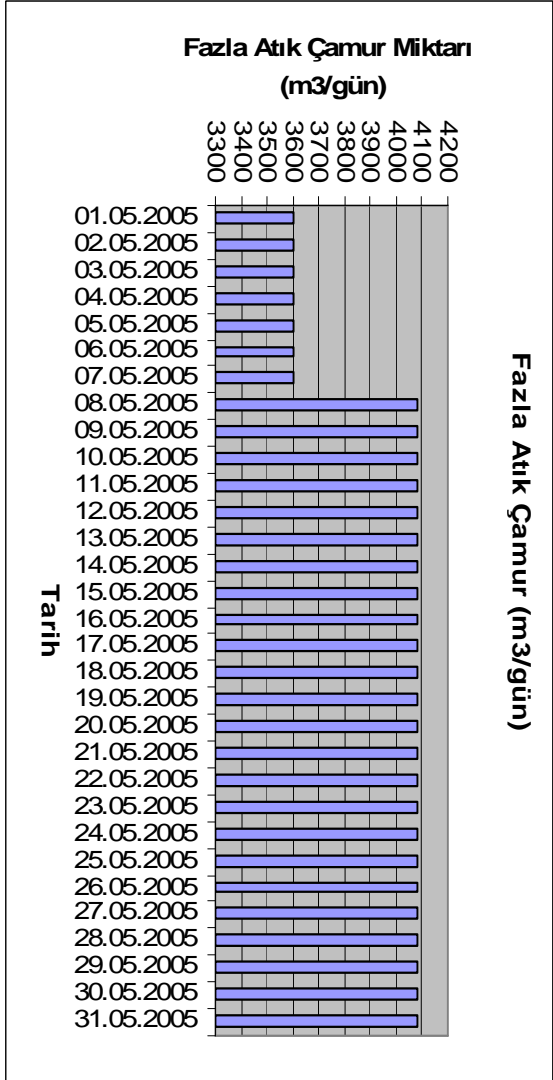
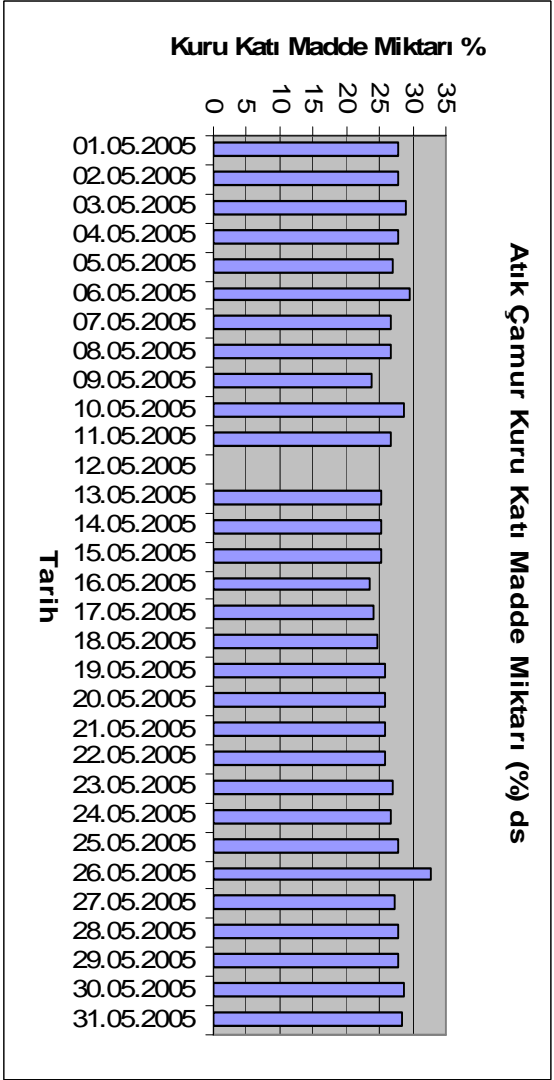


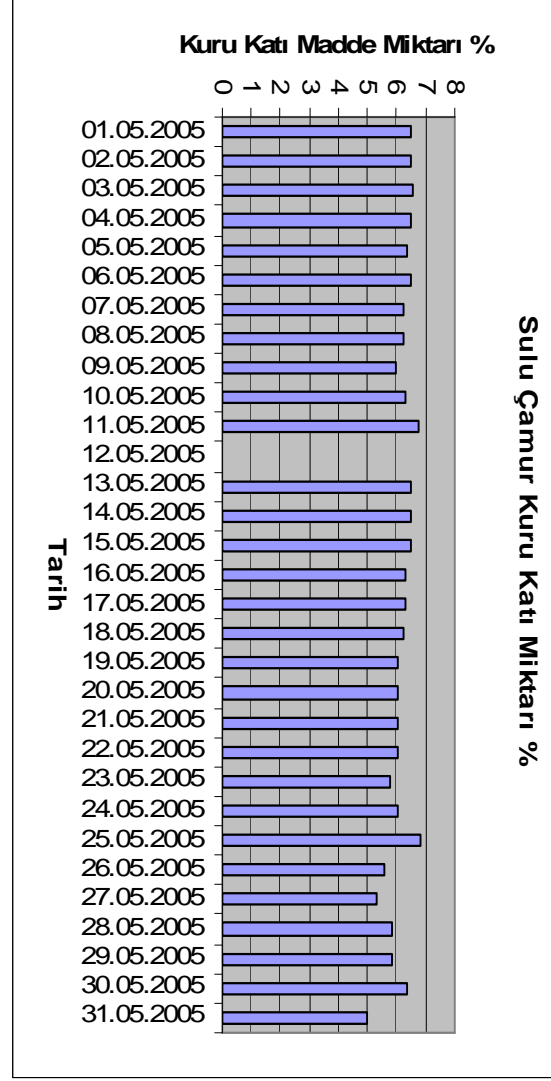
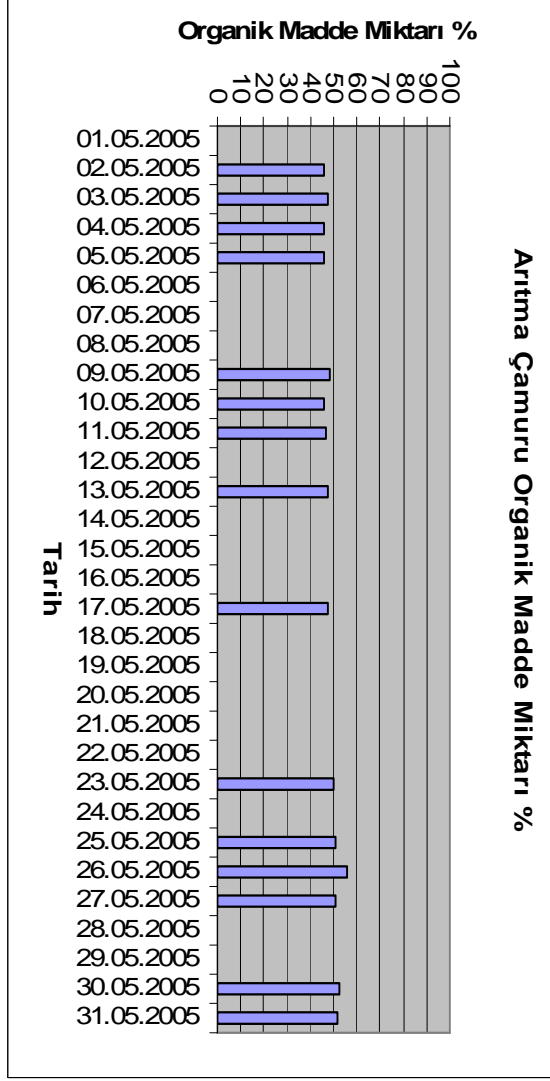
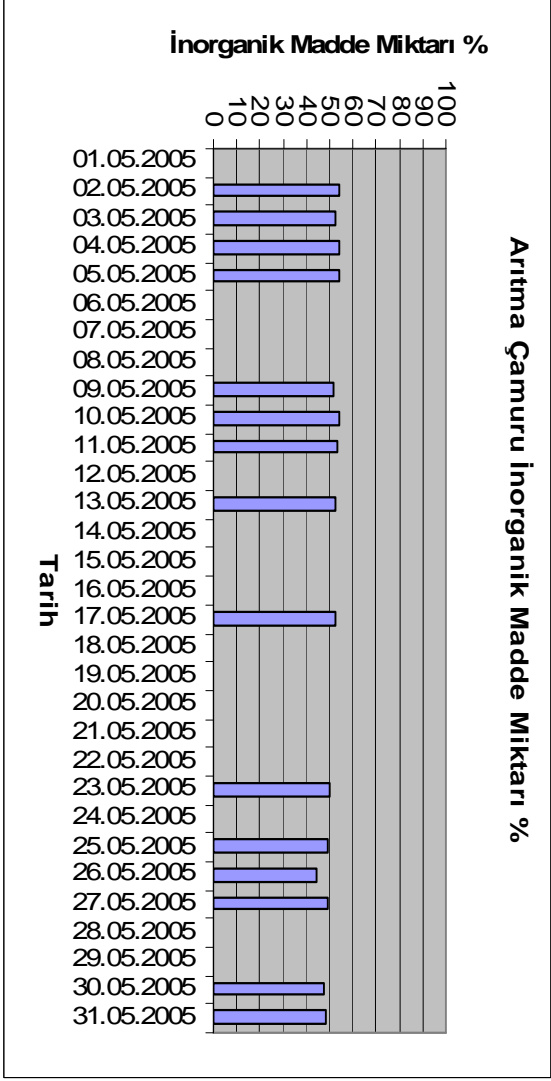


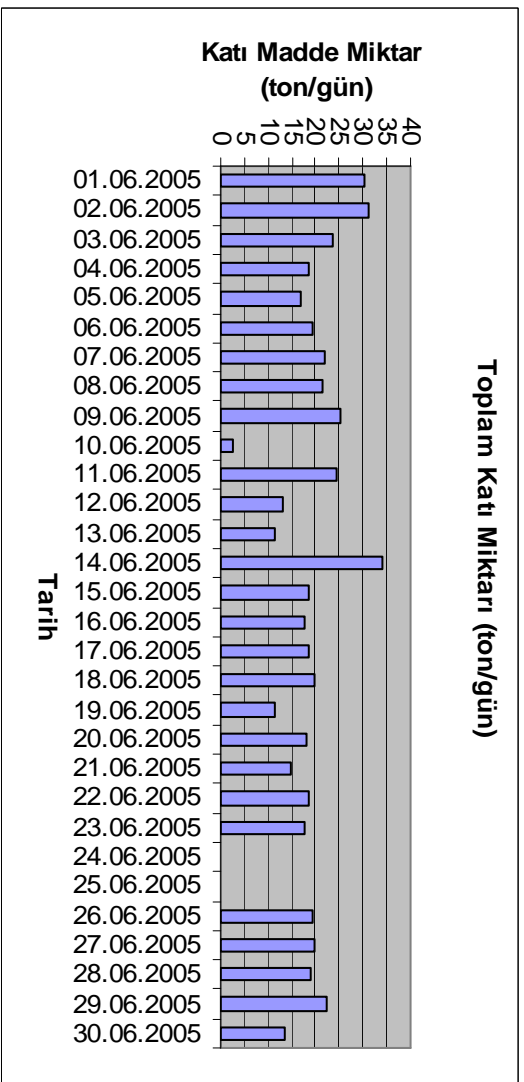
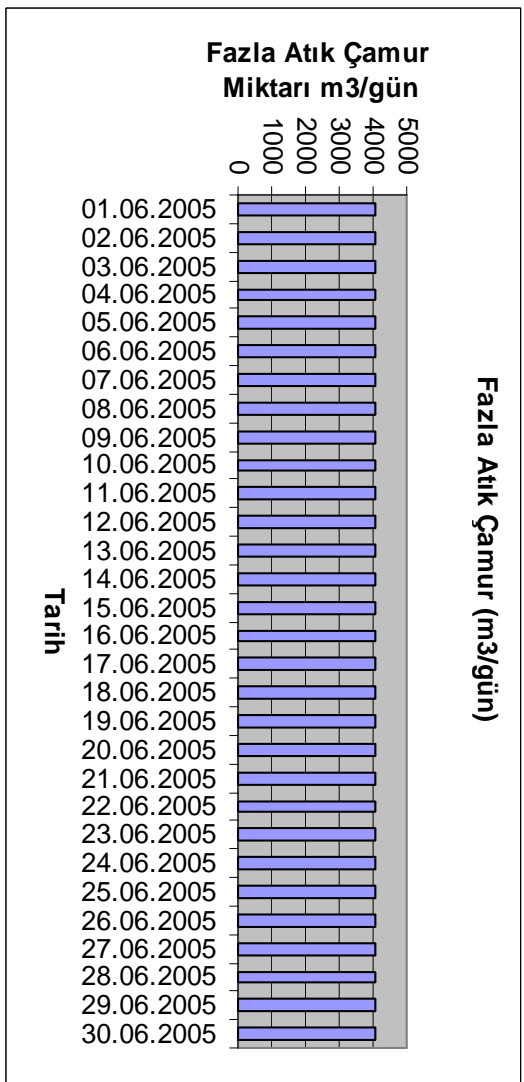


Mayıs 2005

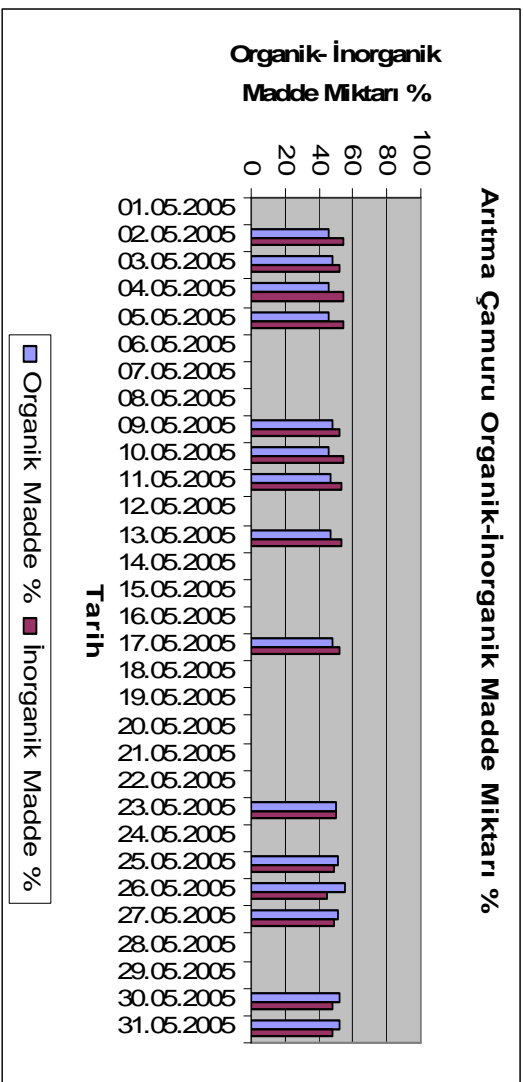


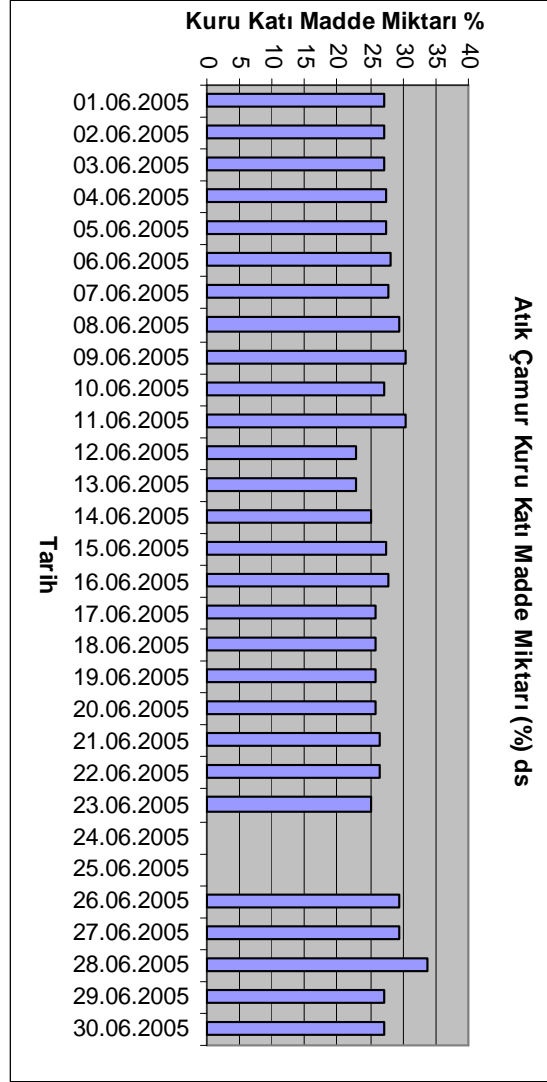
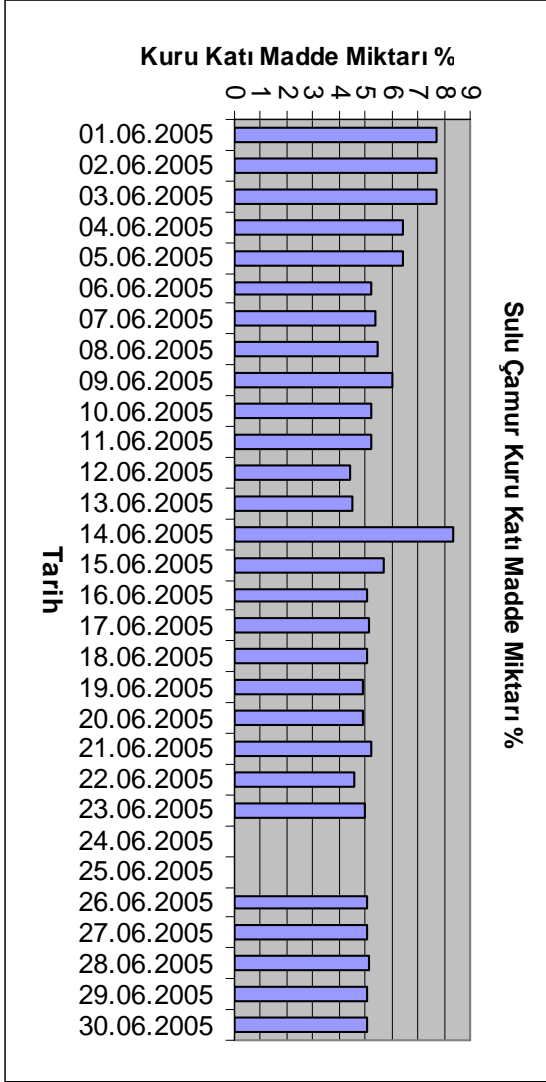
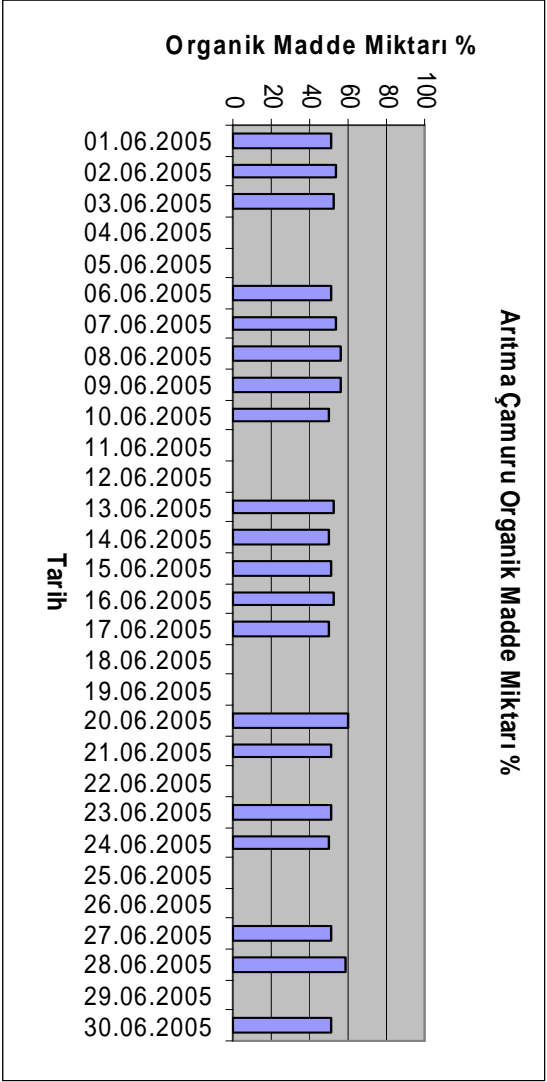


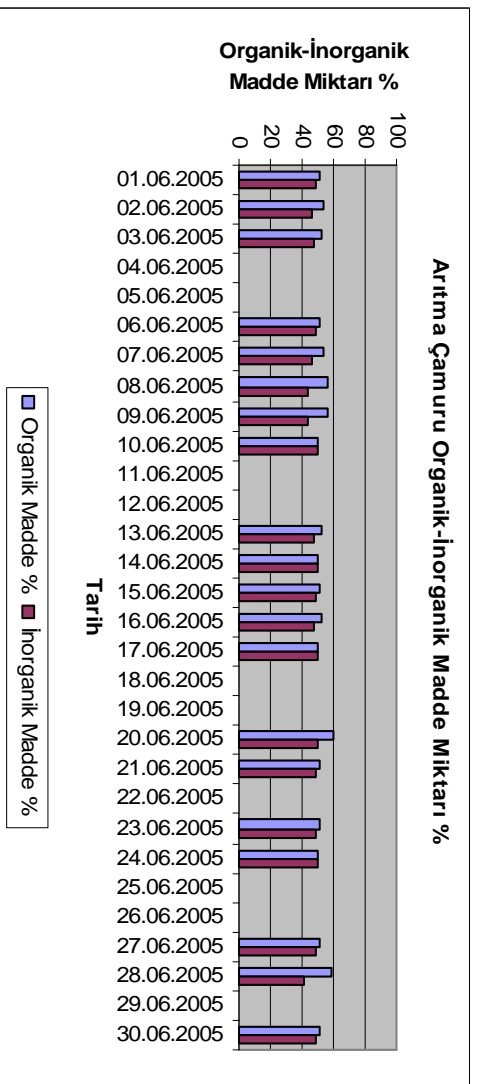
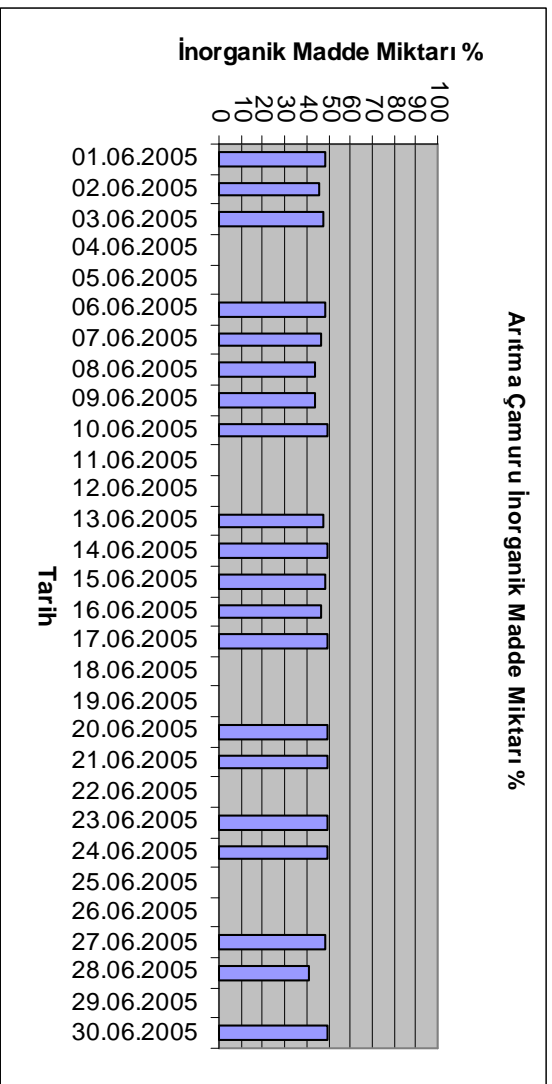




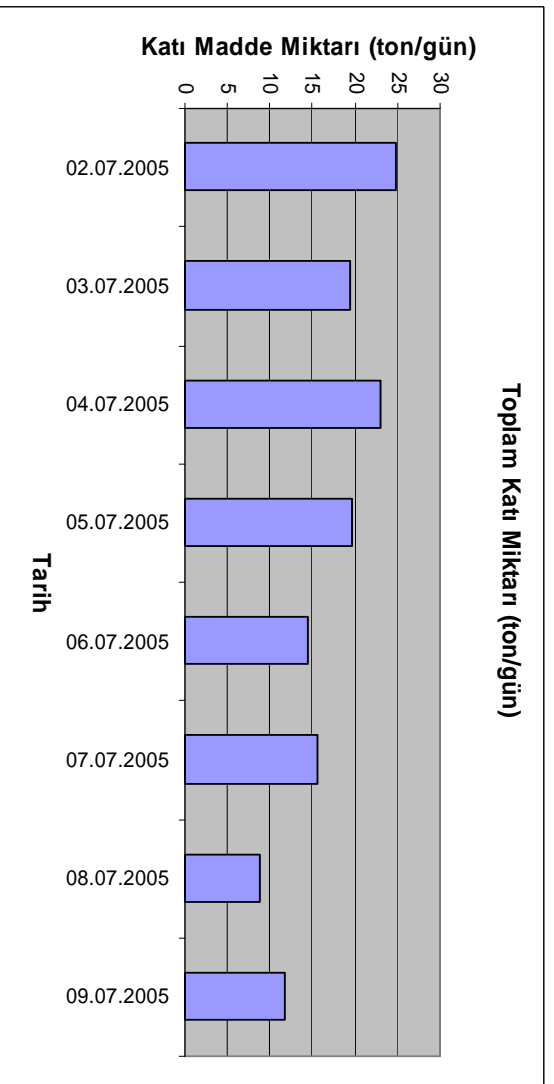
Haziran 2005

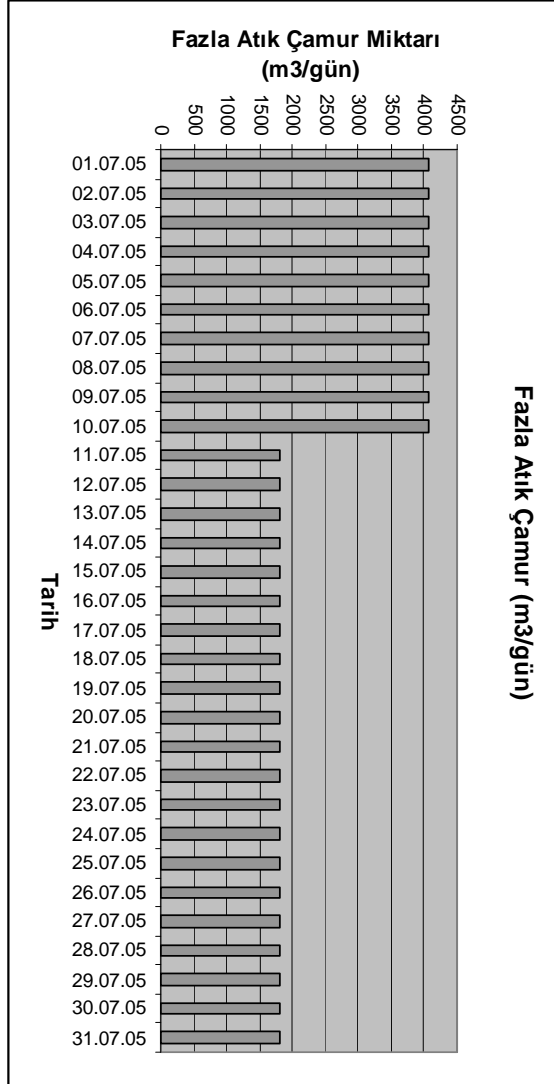
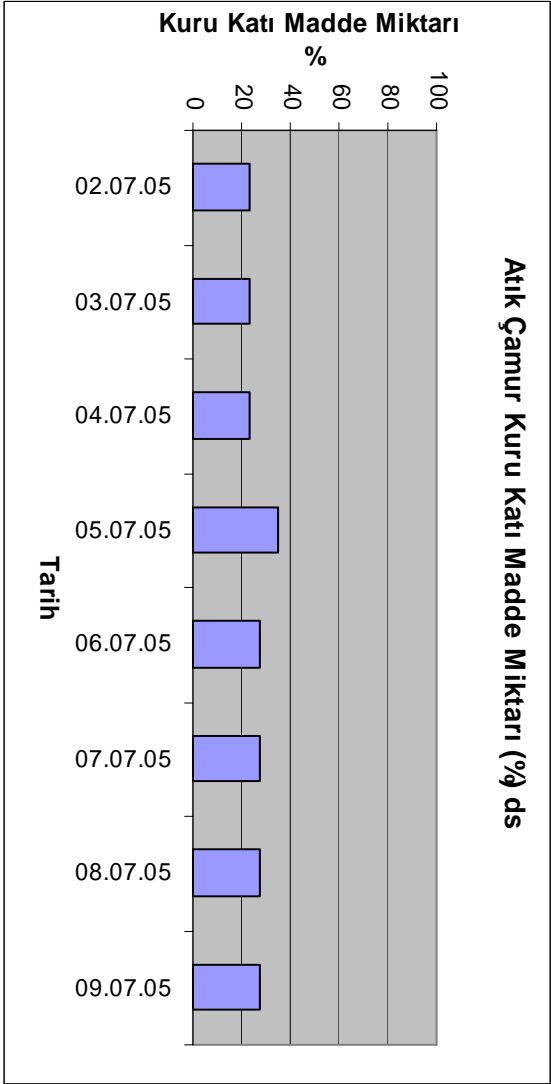
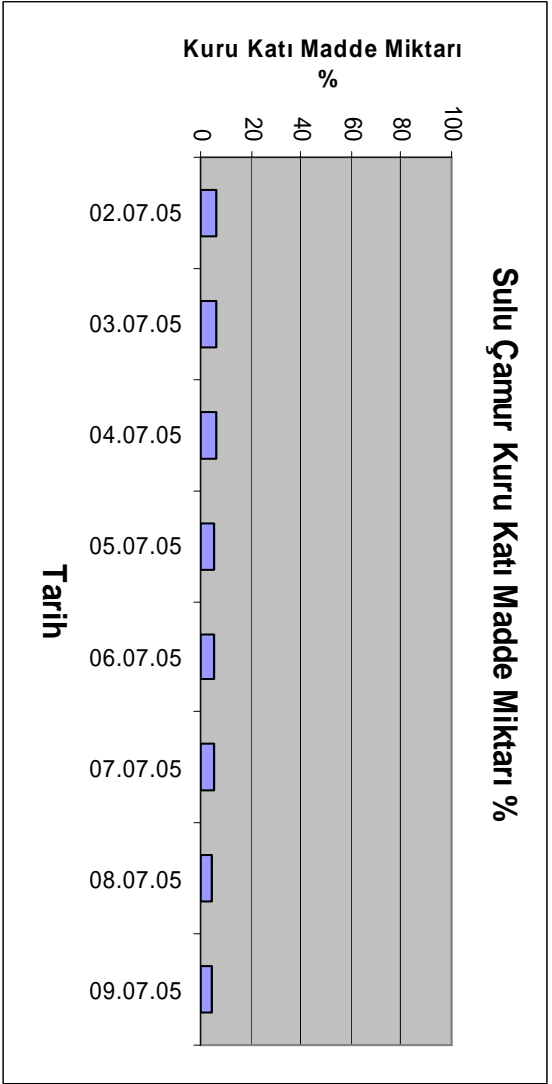


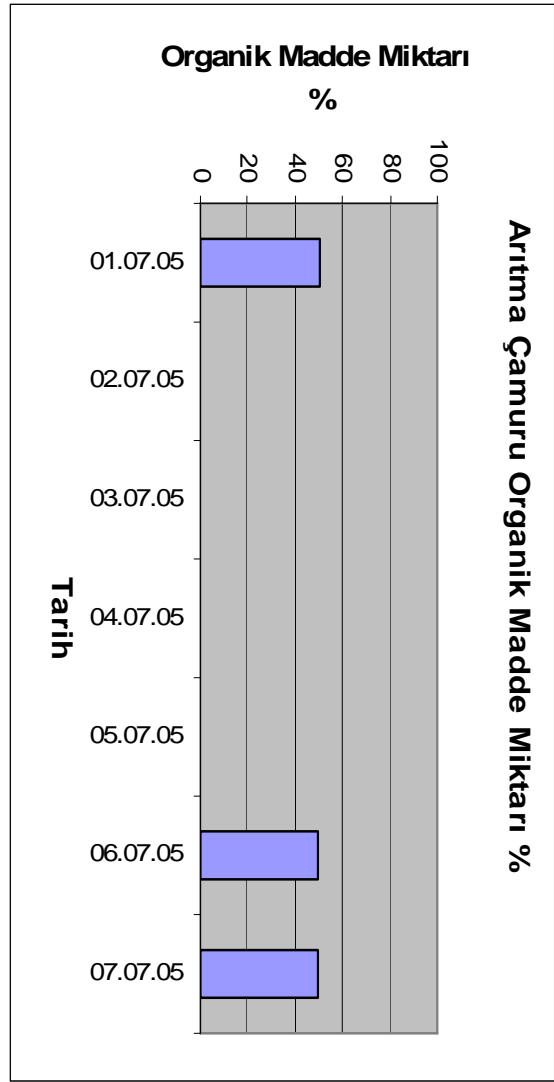
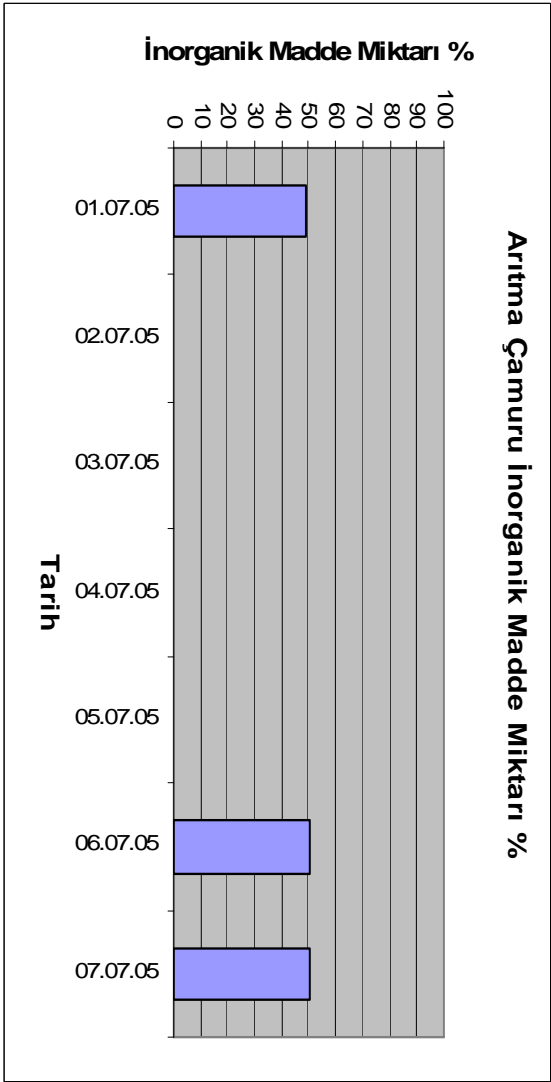
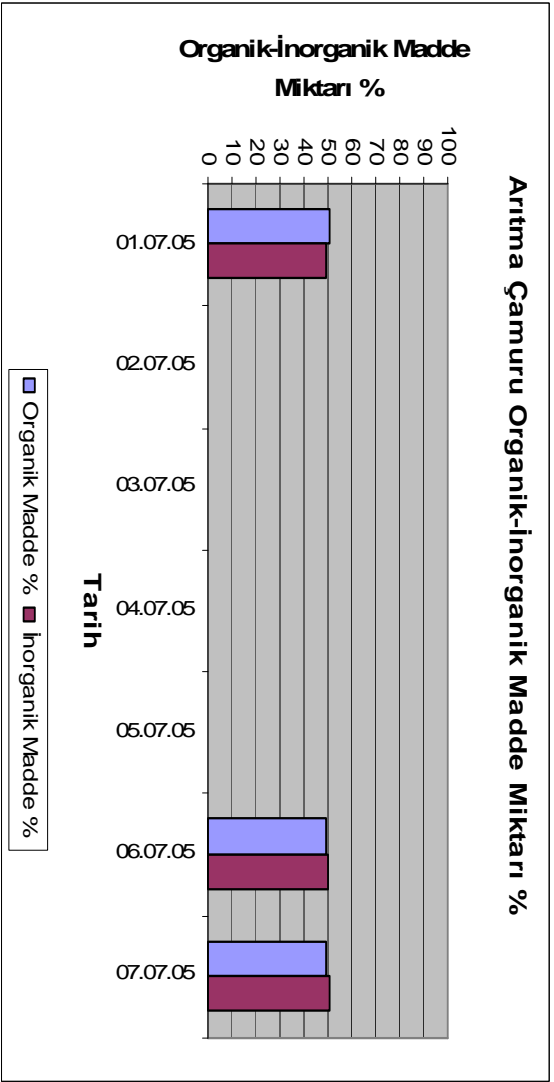


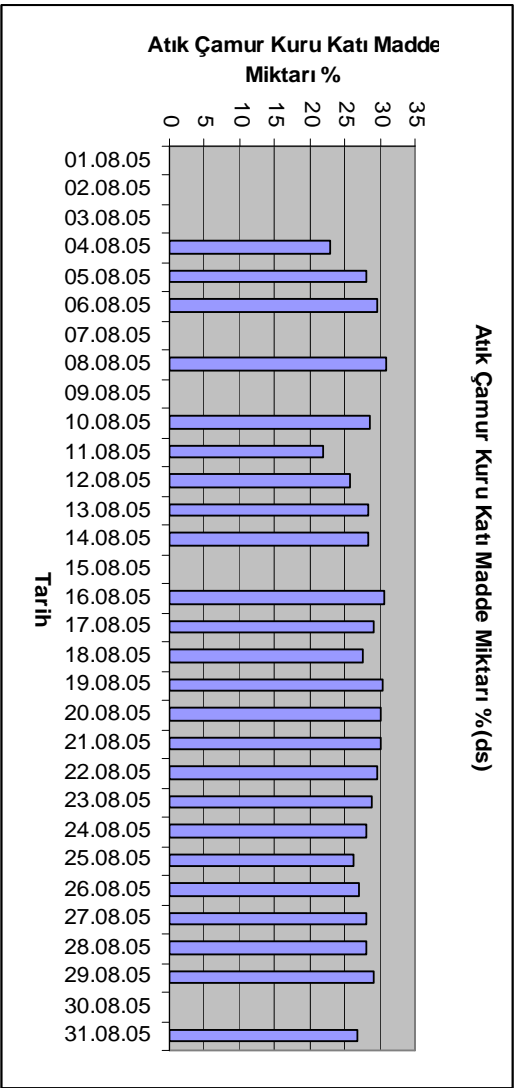
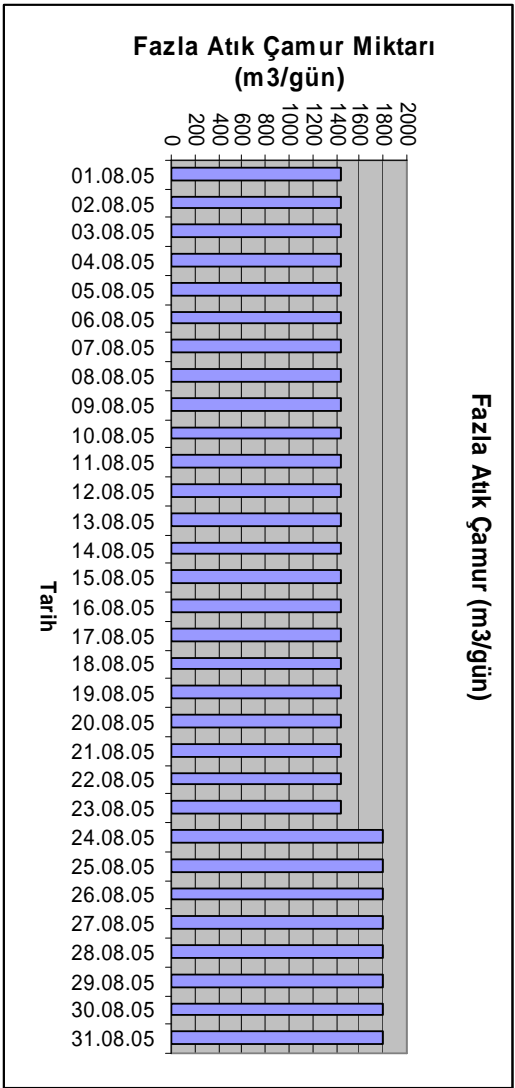
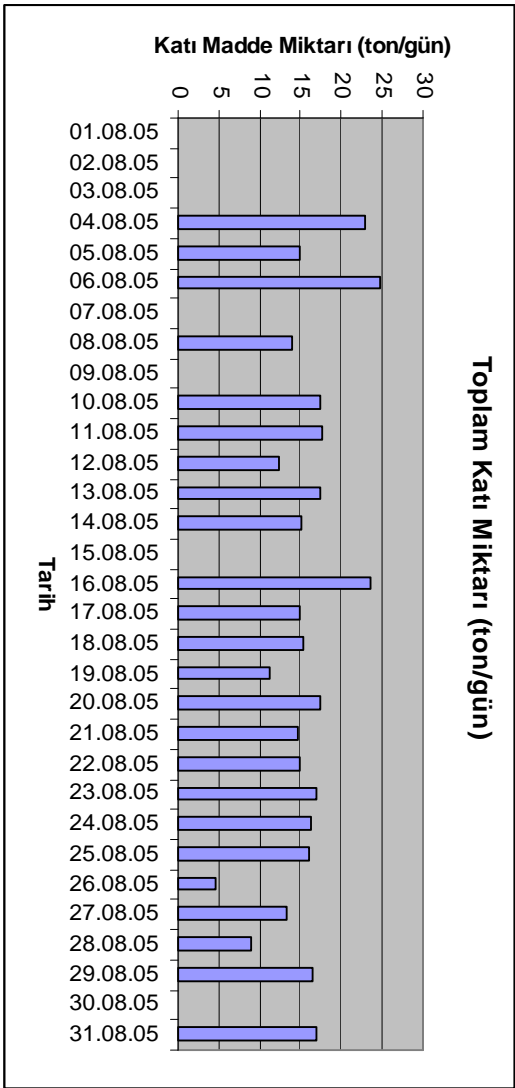


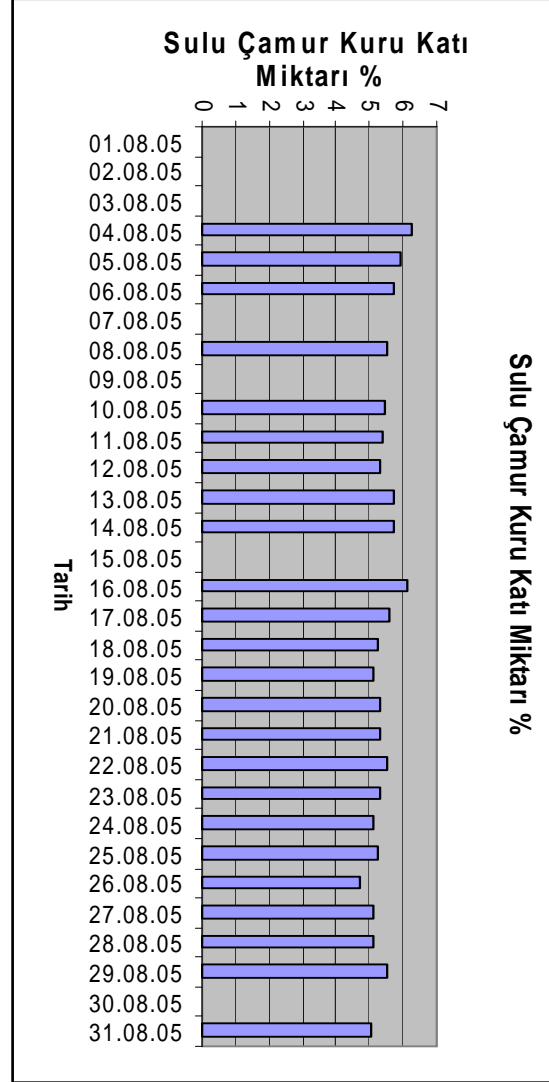
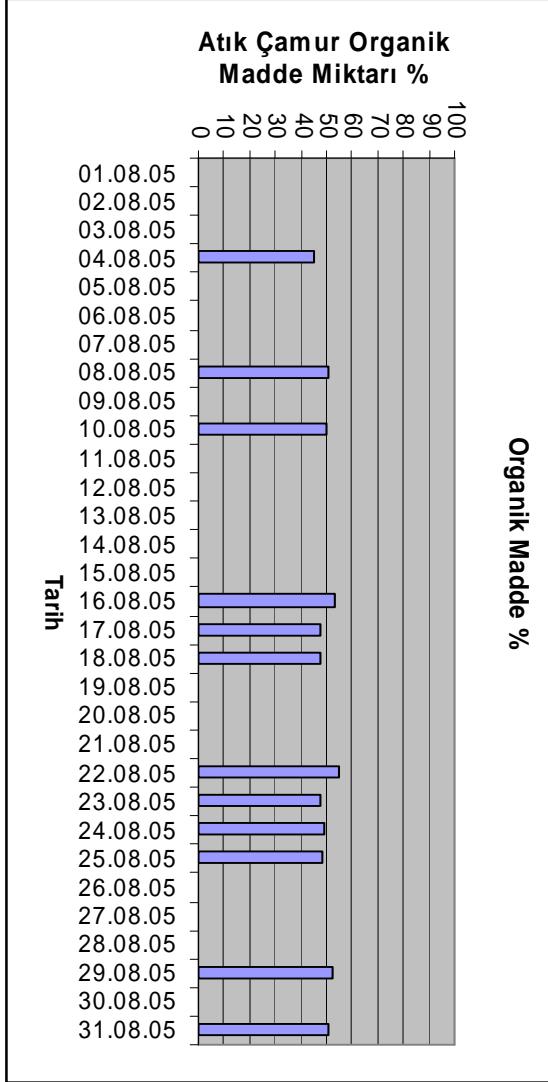
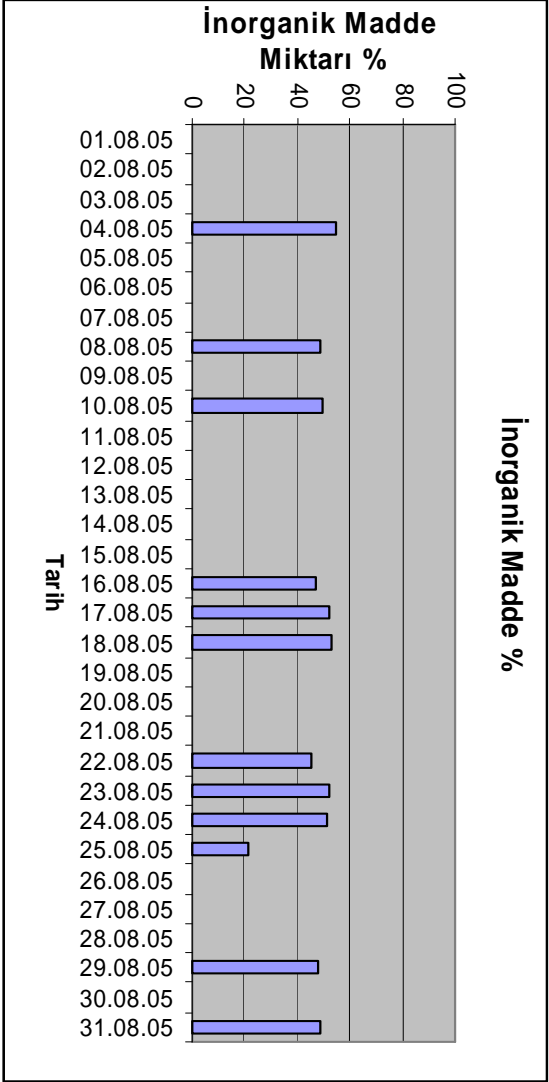
Temmuz 2005

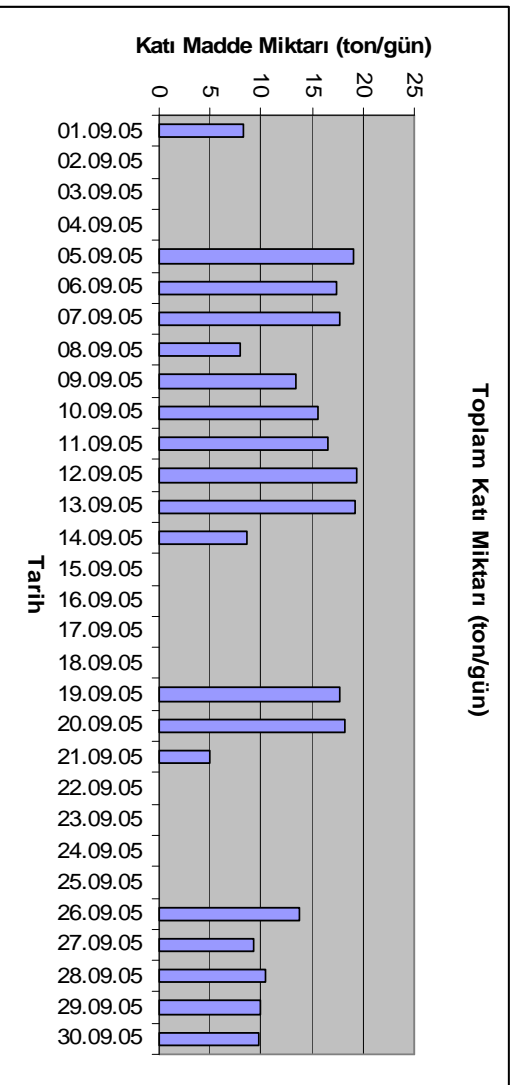
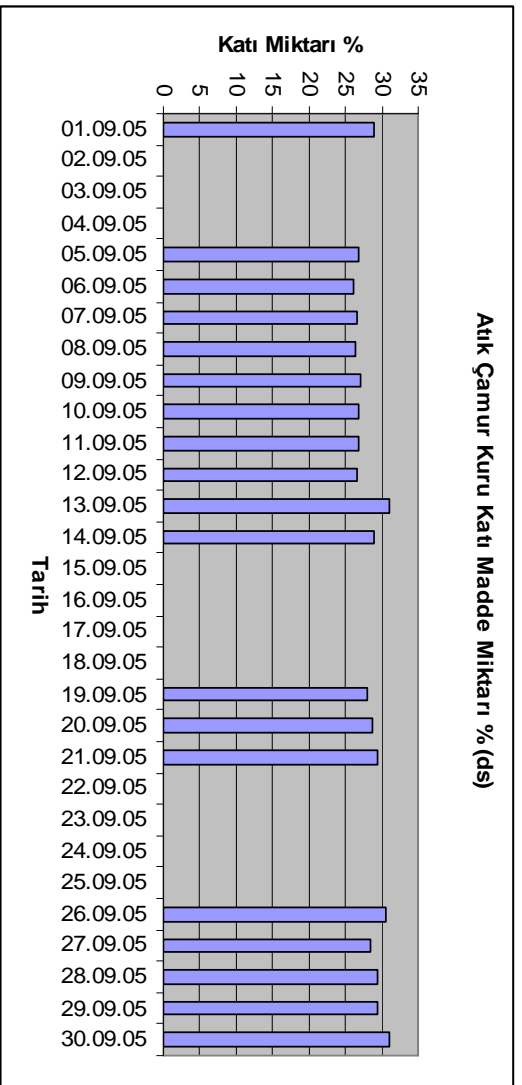




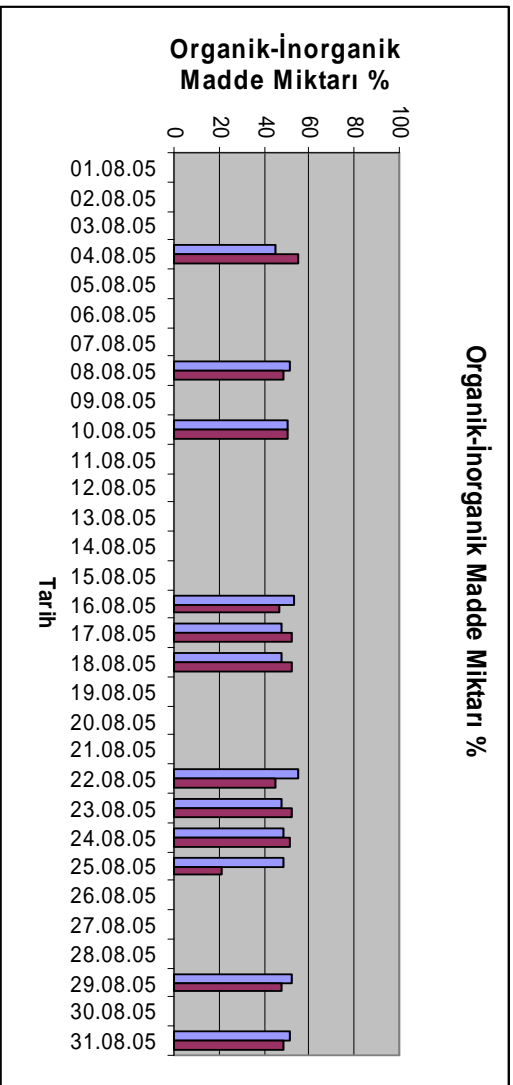


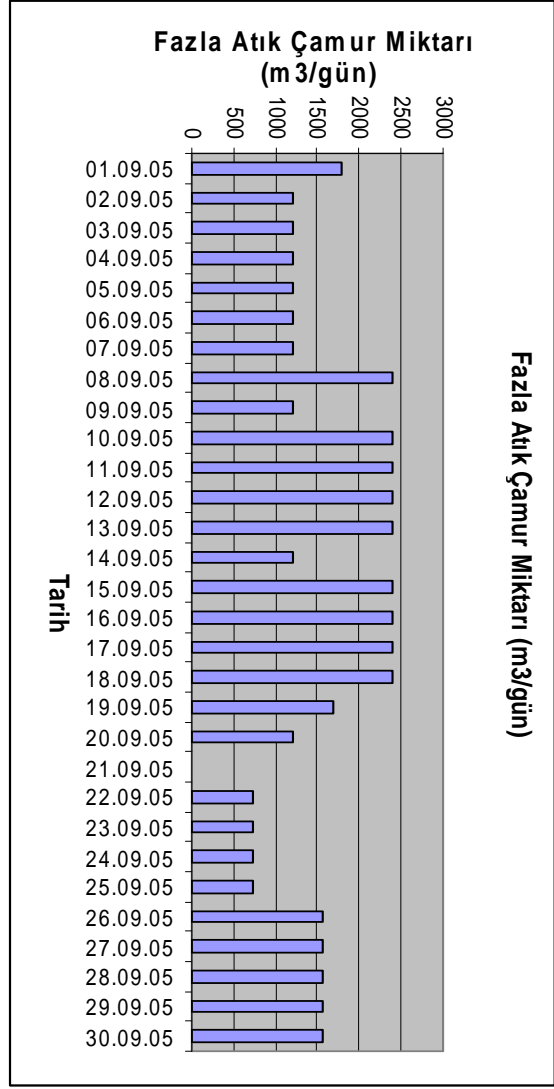
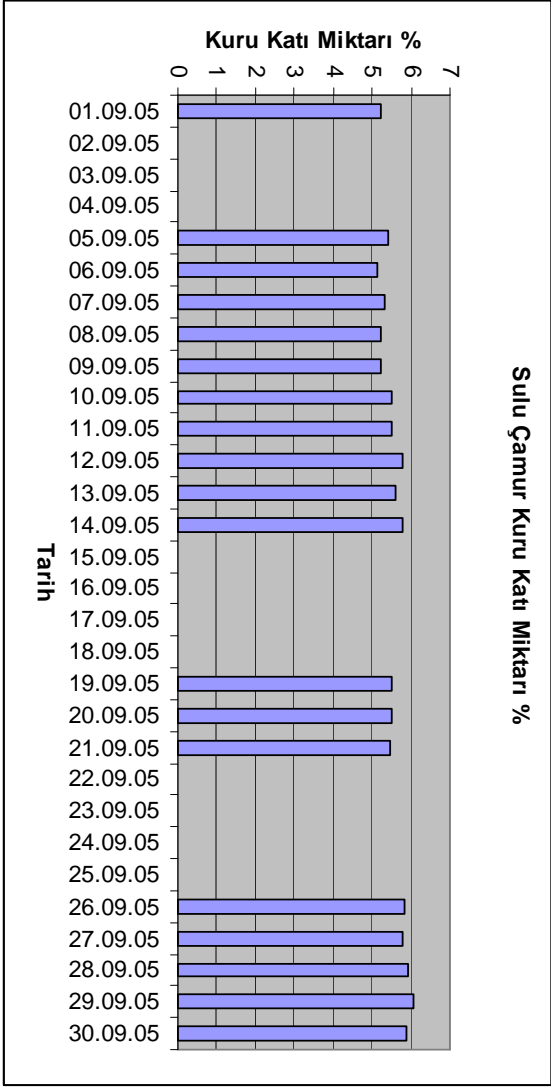
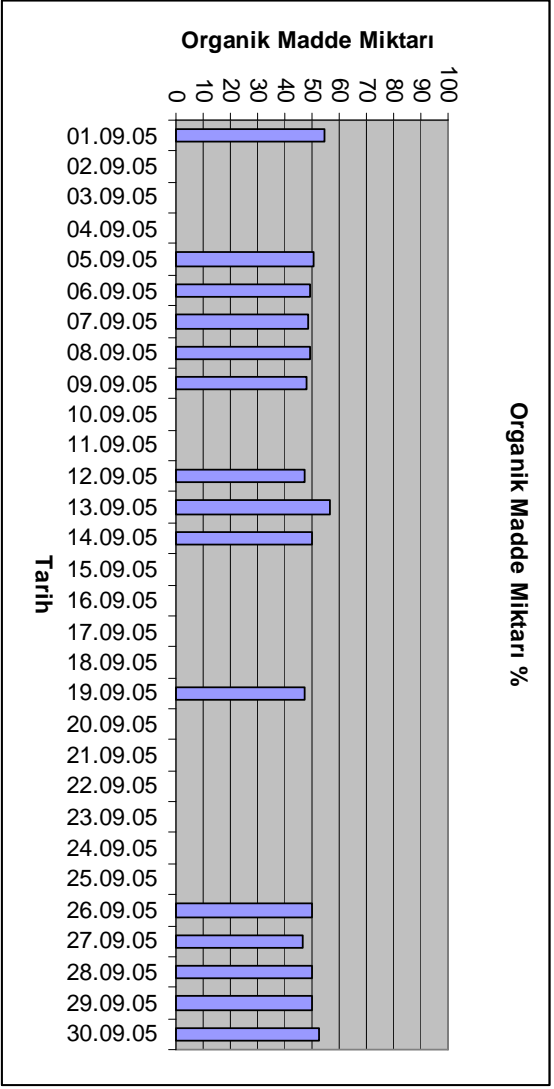


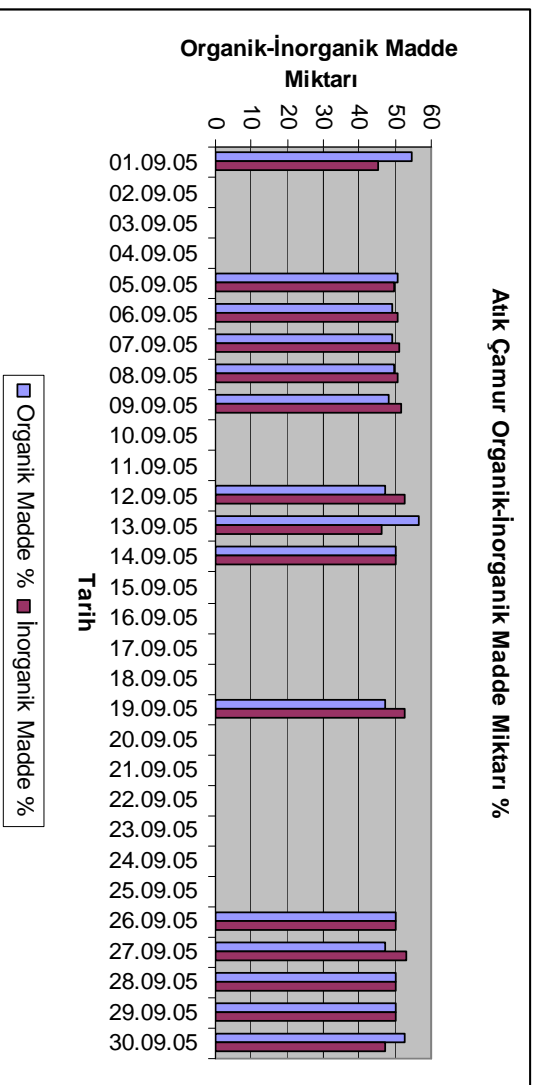
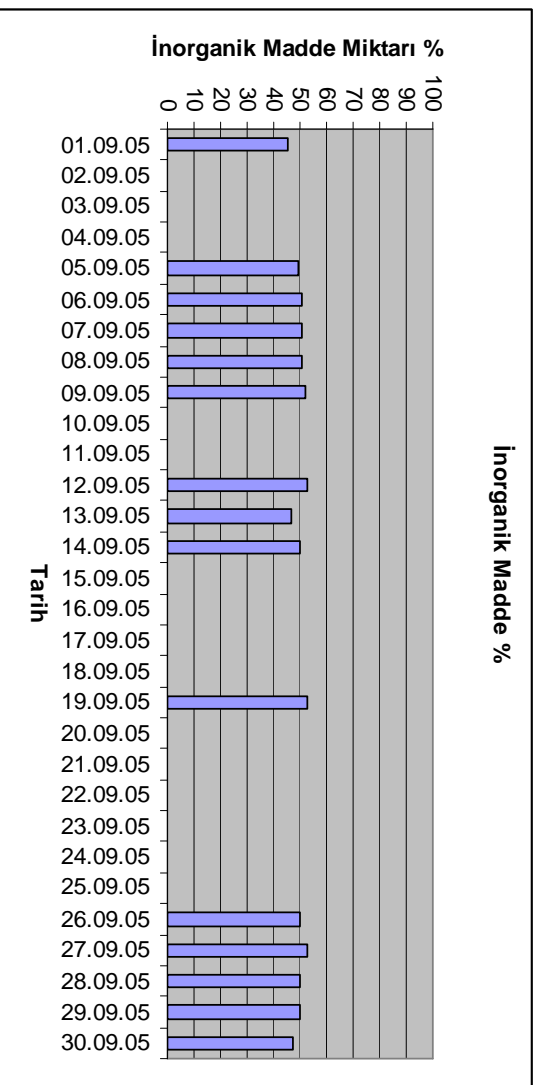




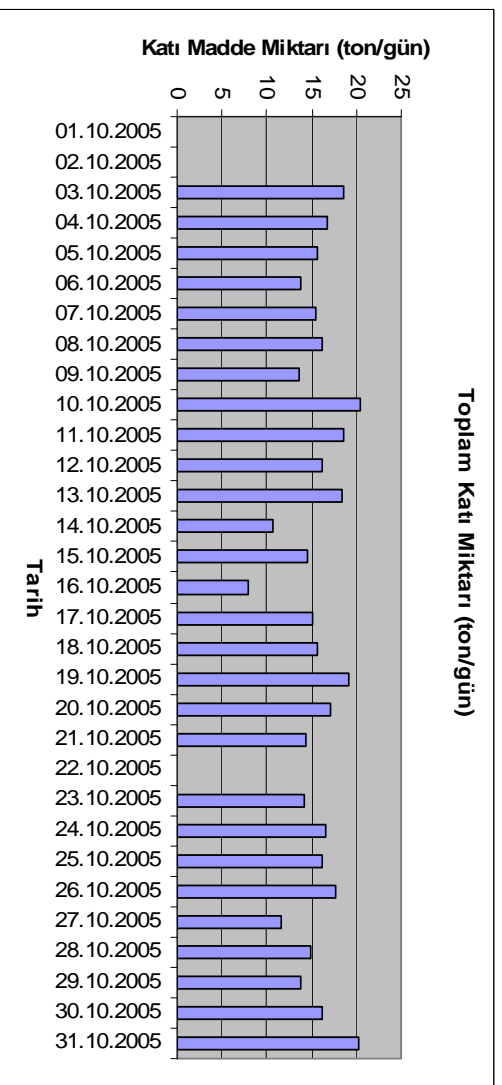
Eylül 2005

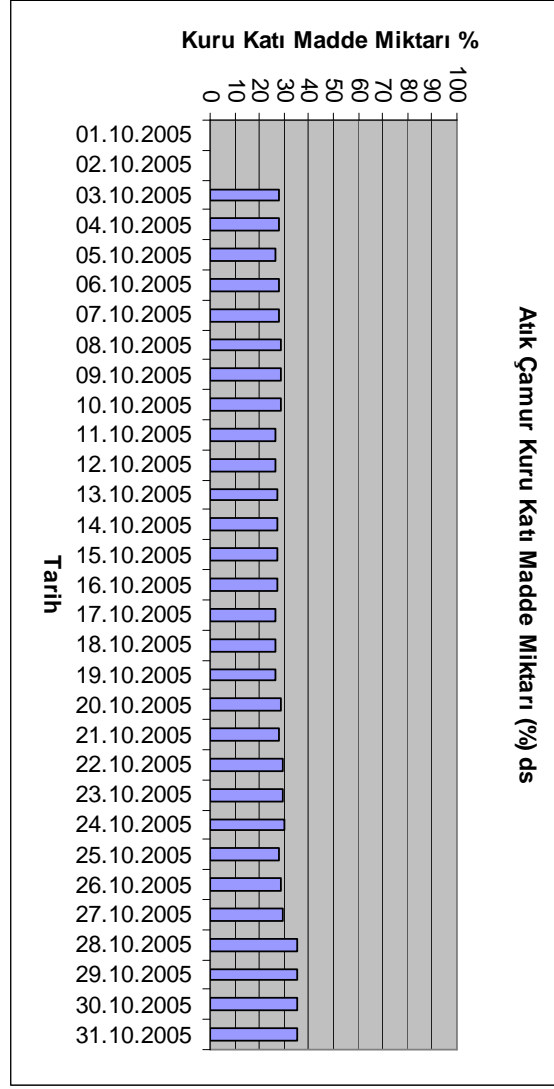
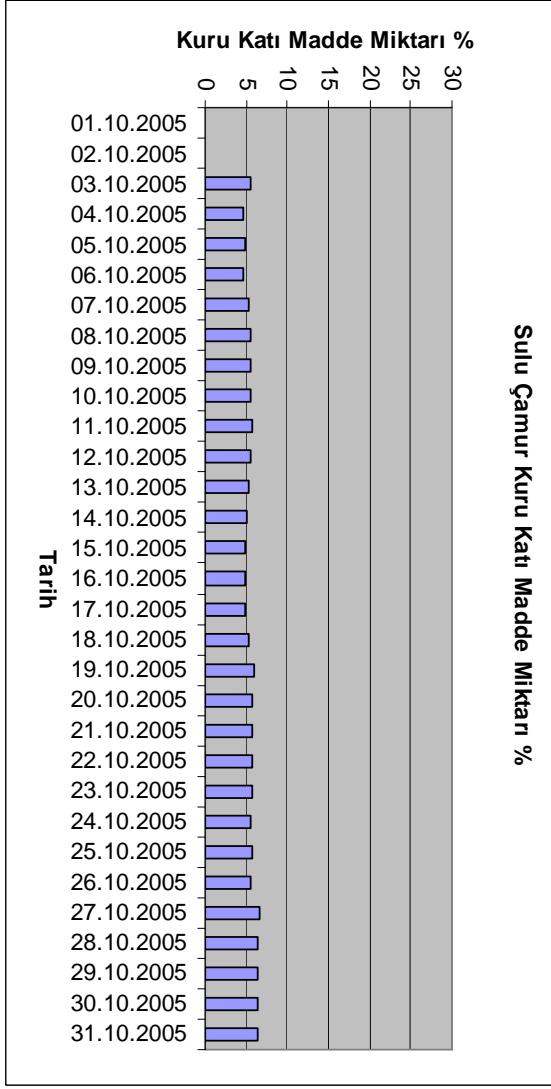
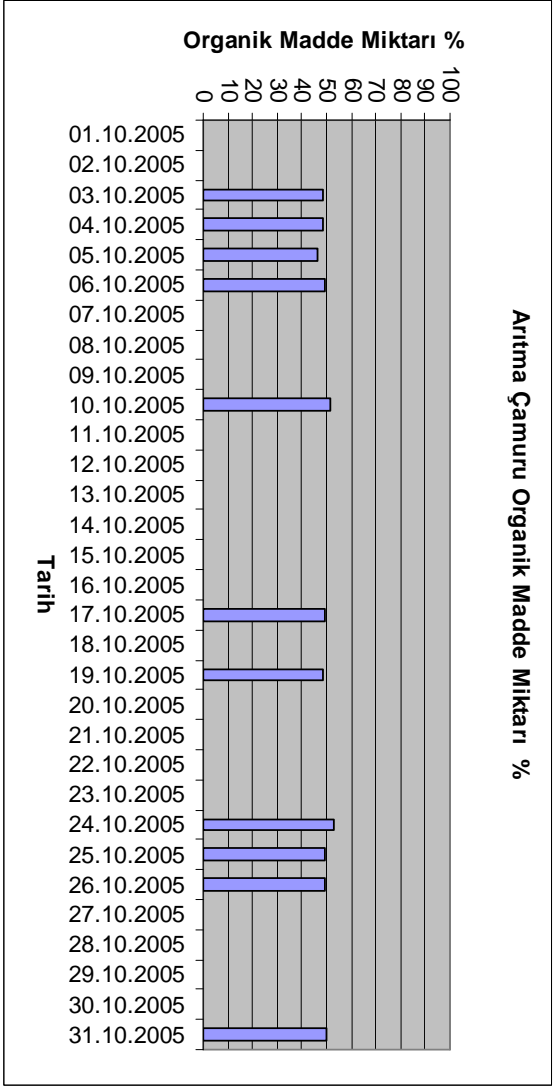


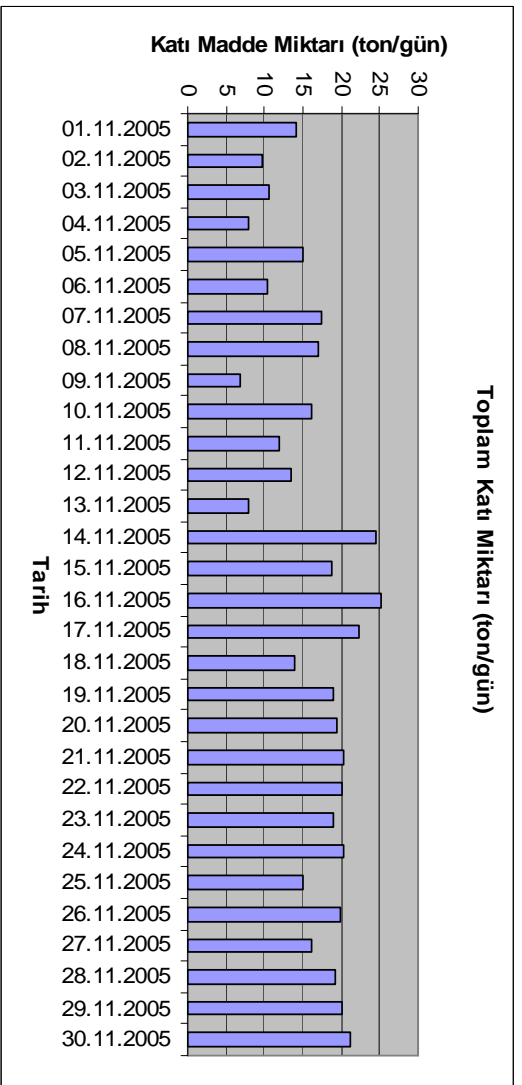




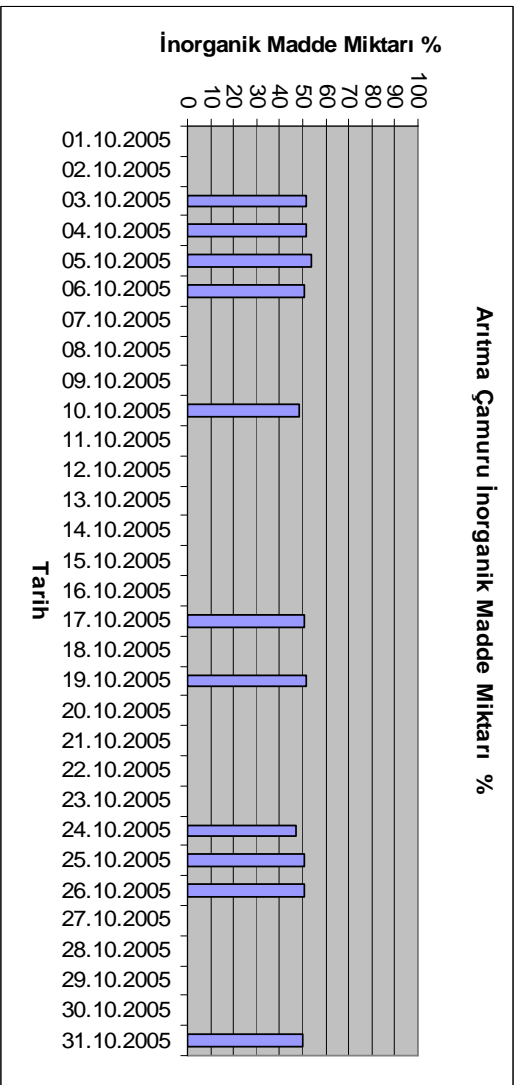
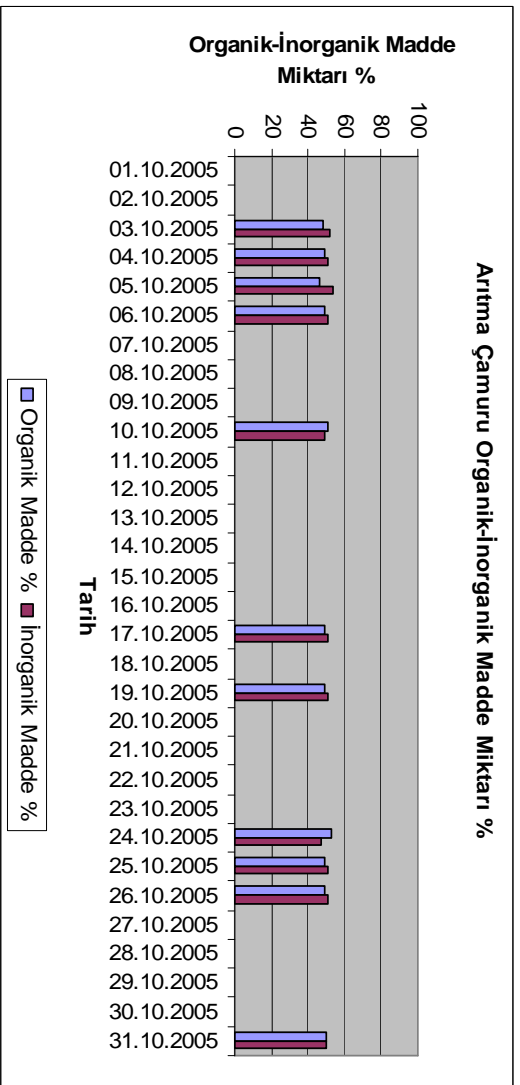
Ekim 2005

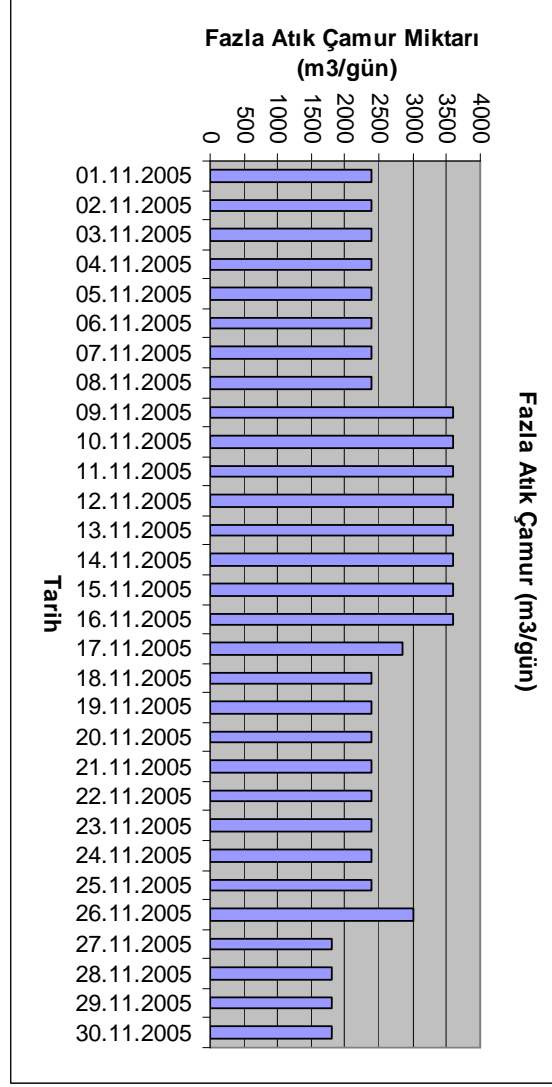
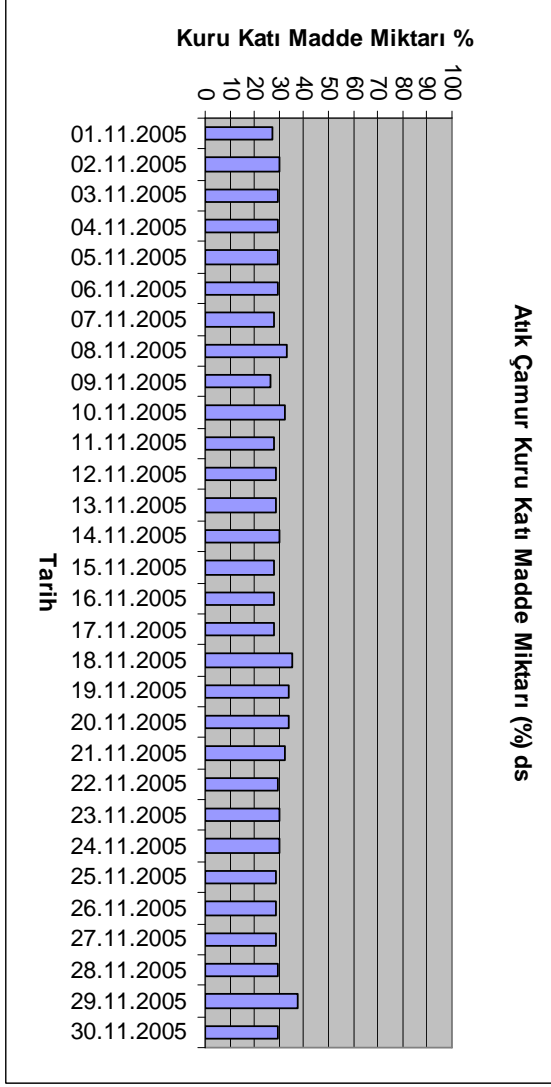
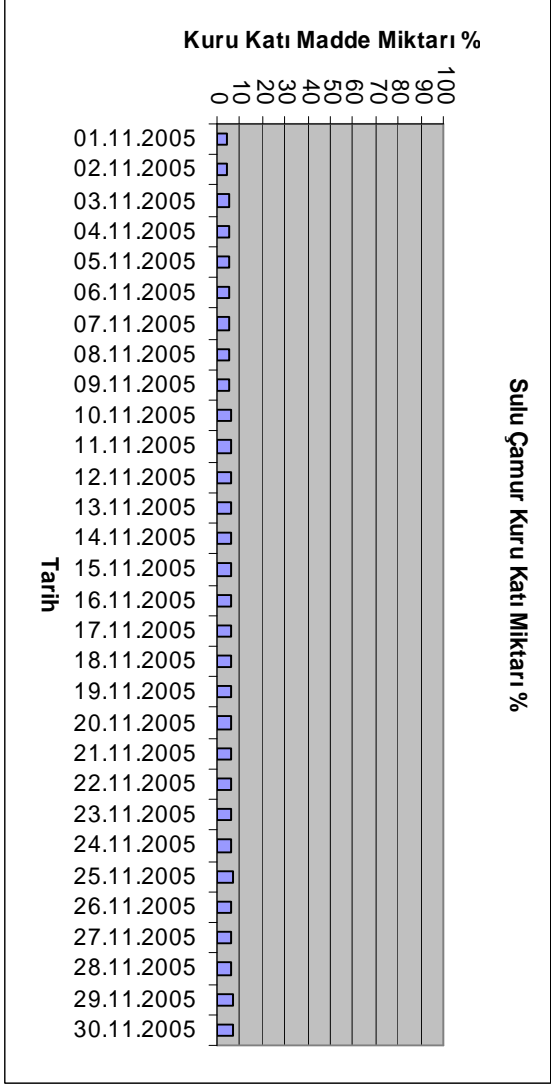


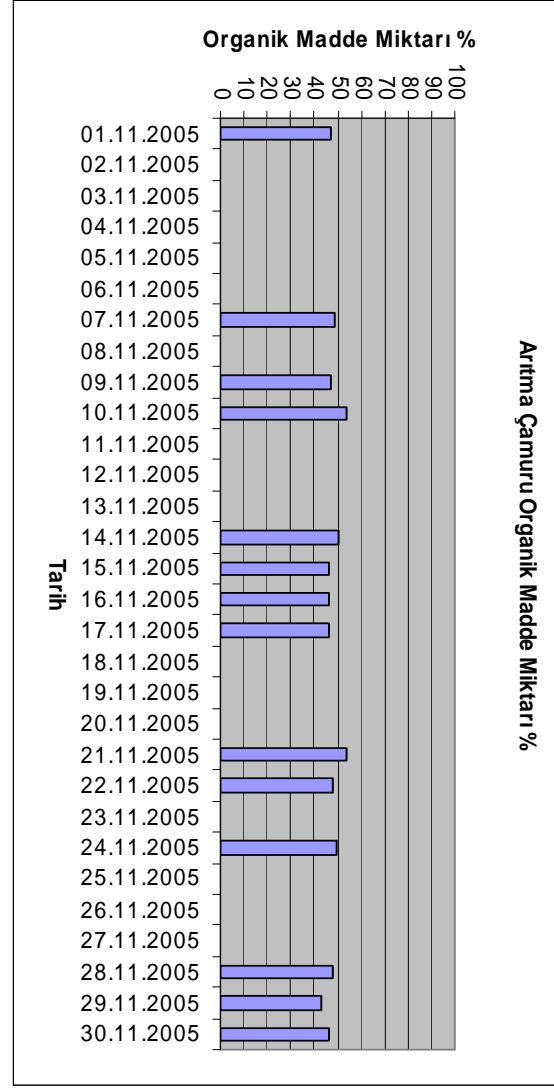
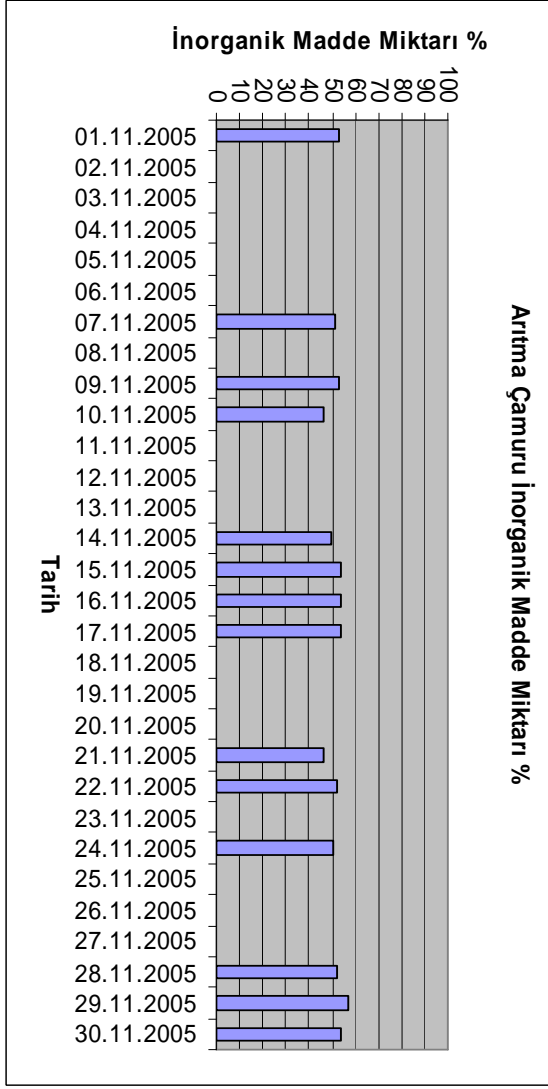
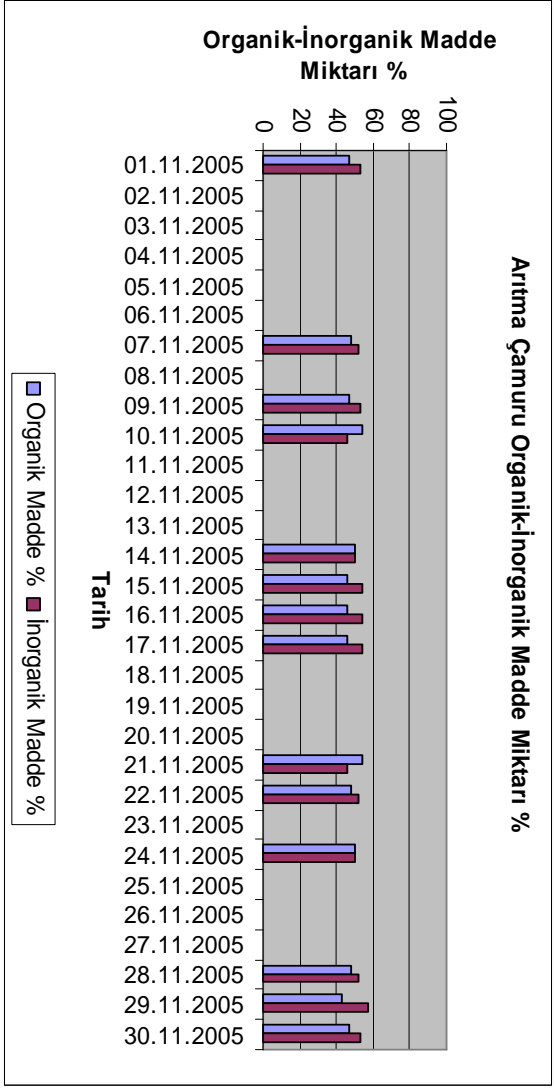


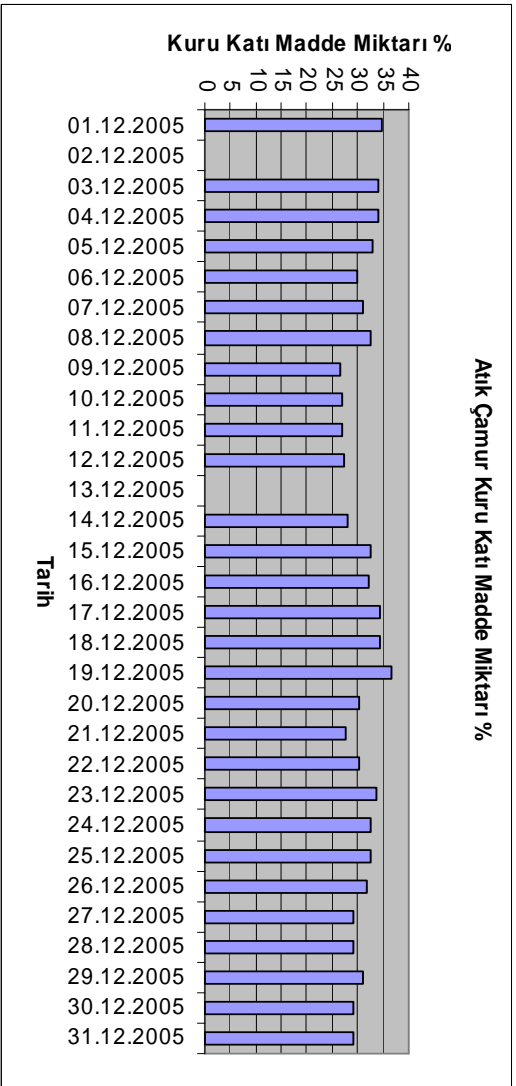
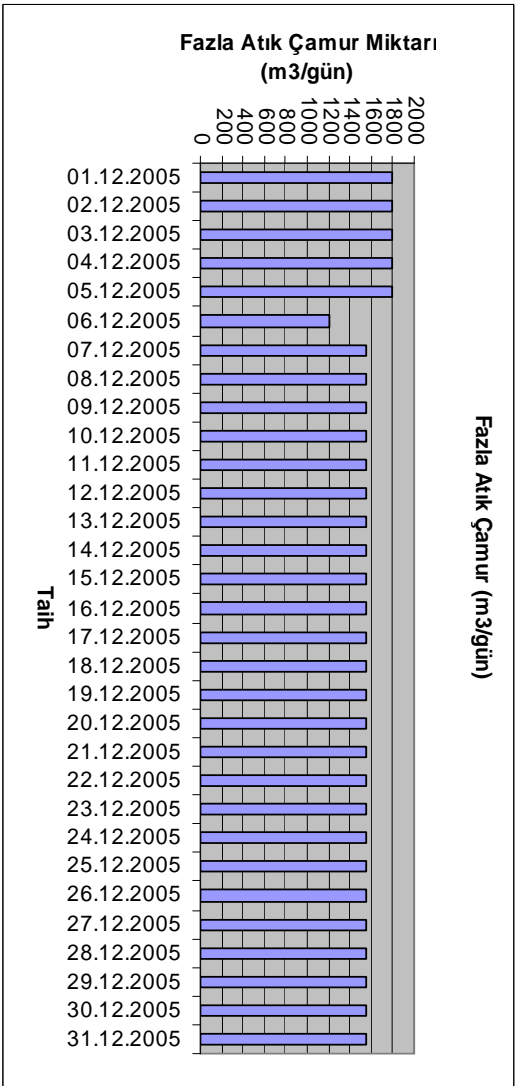
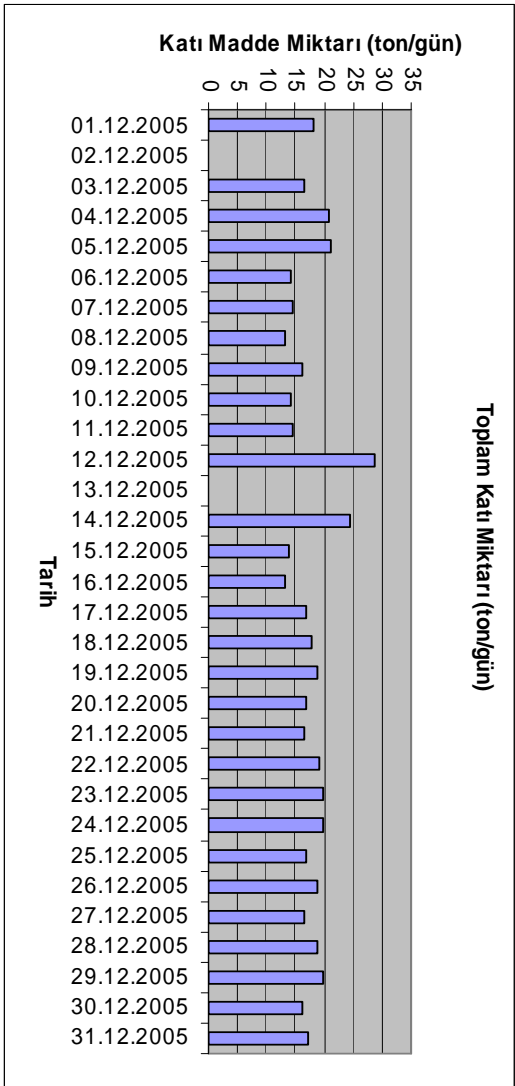


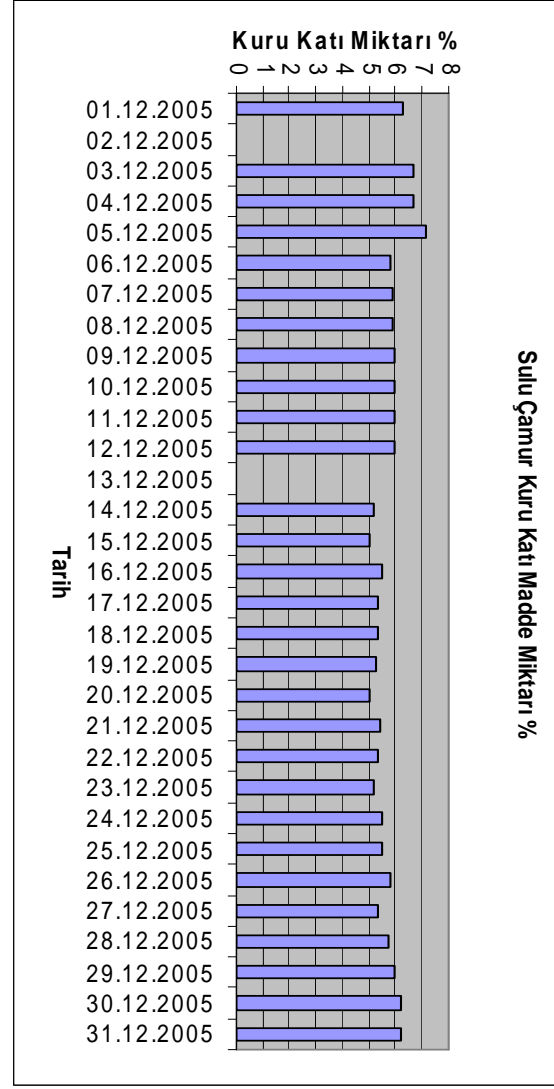
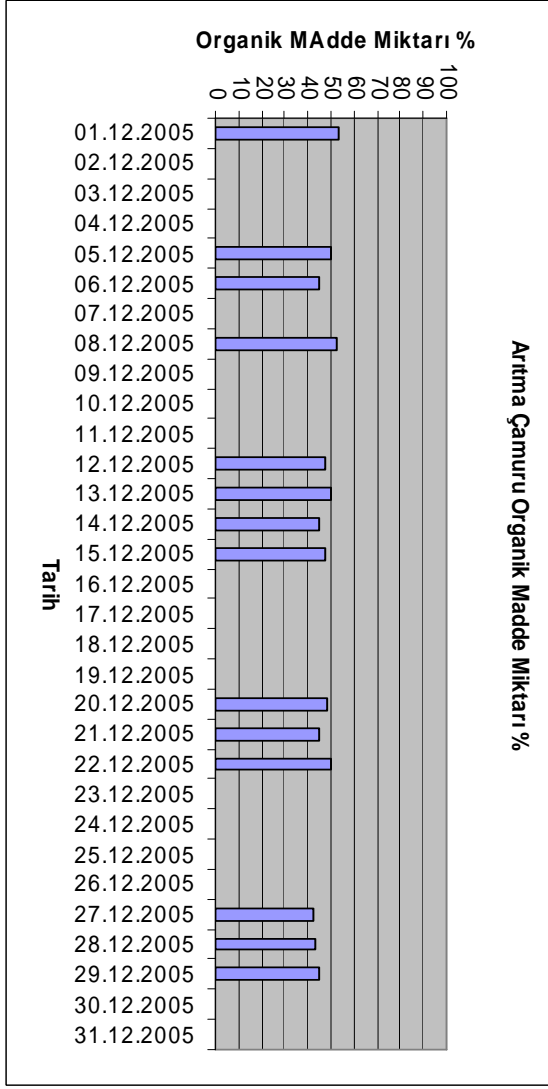
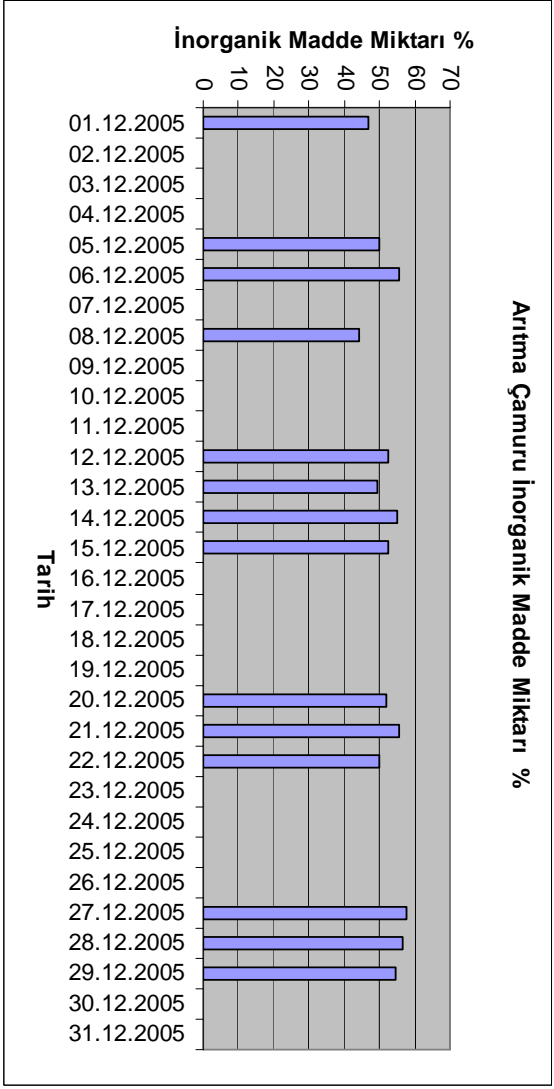
Kasım 2005

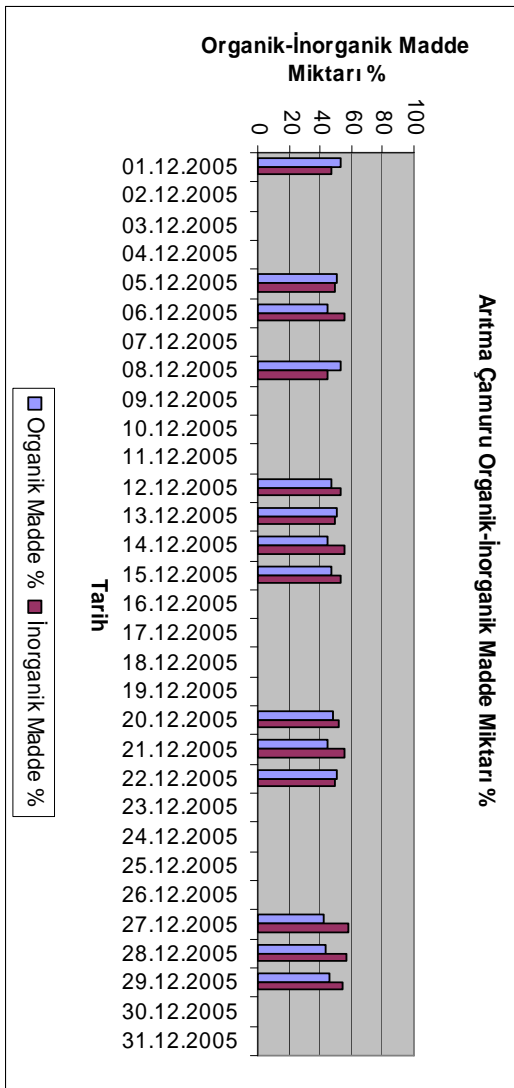




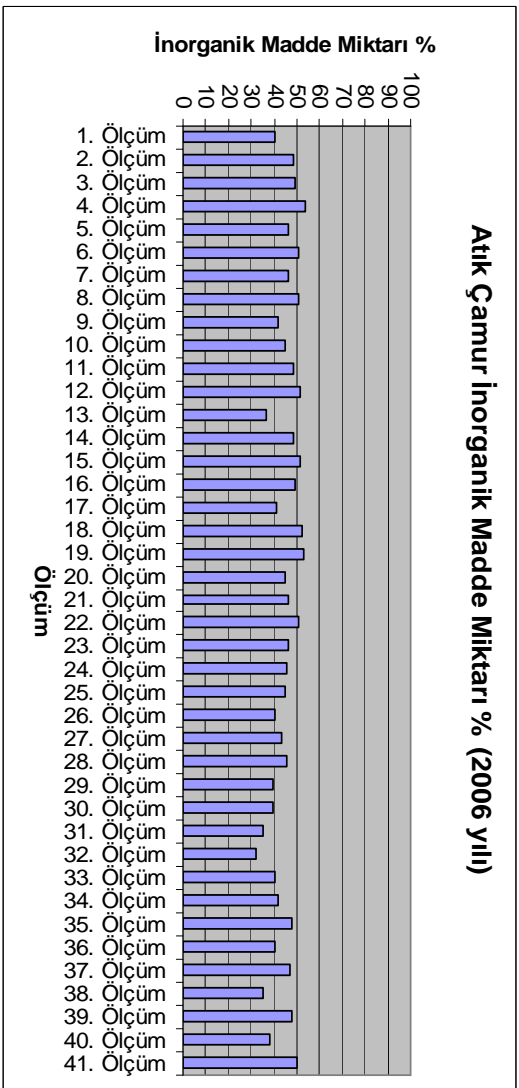
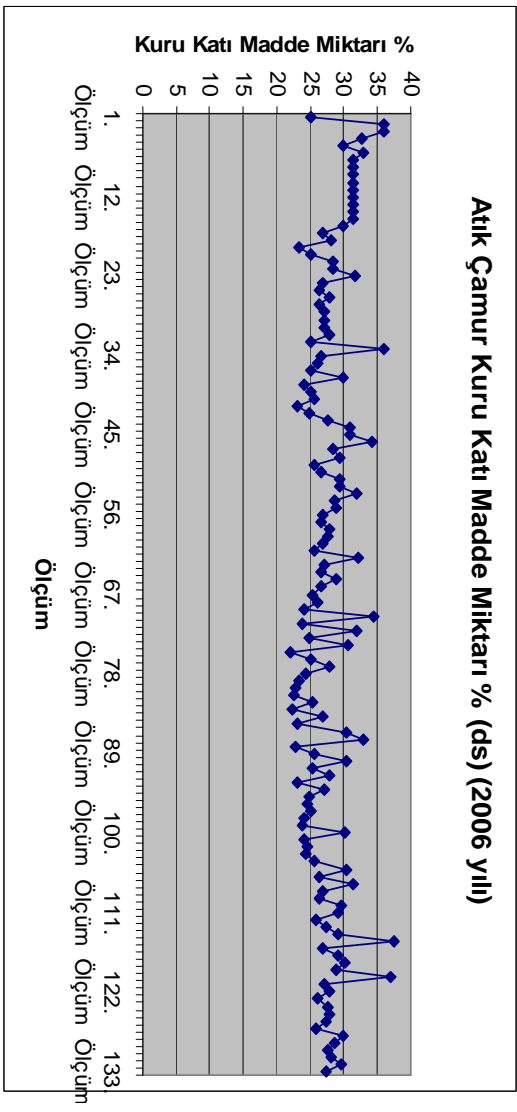


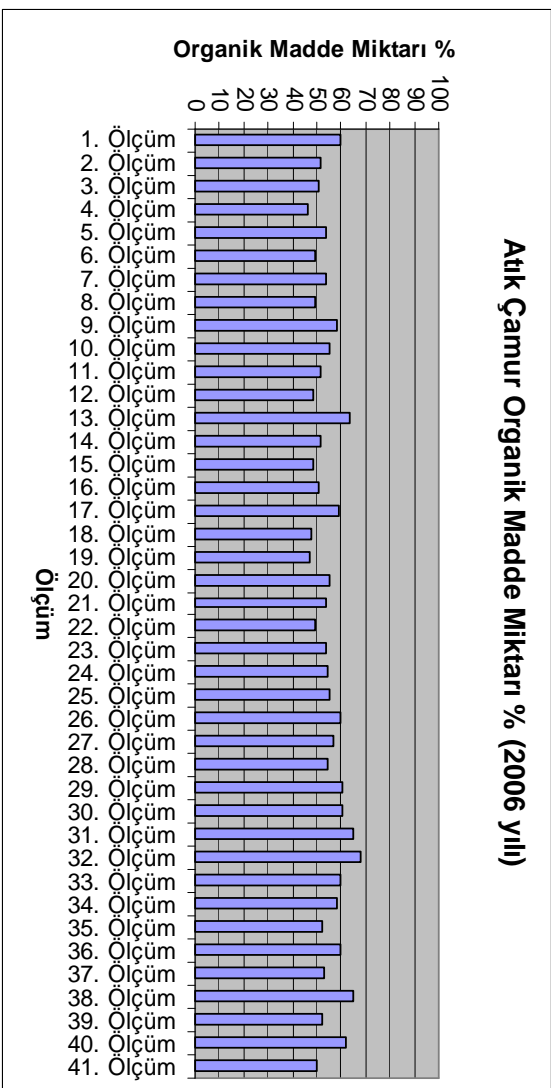
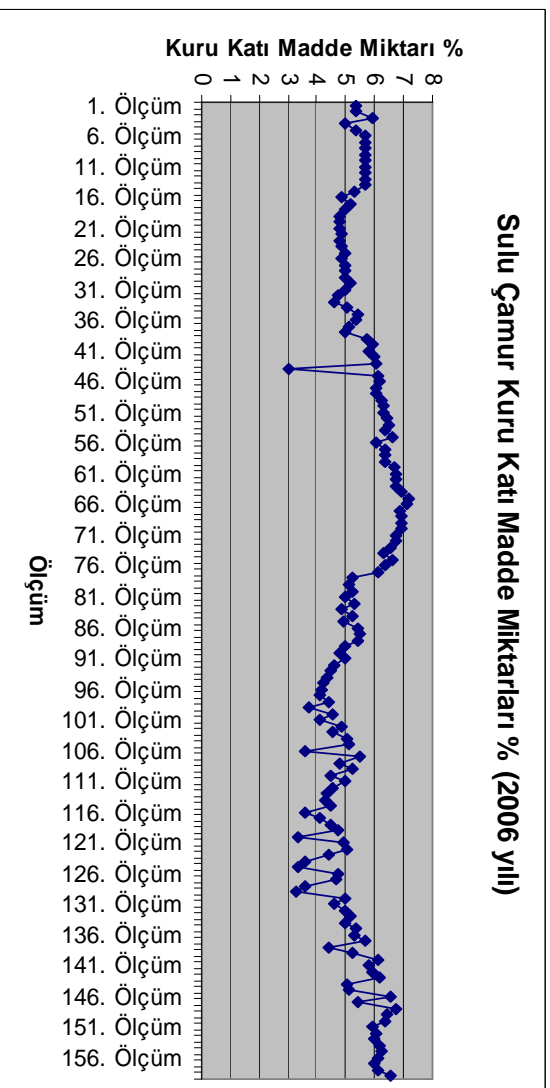






2006 yılı Ortalama Grafikler





KAYNAKLAR

- [1] ADAPAZARI BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ Adası Genel Müdürlüğü
- [2] AKÇA. L., Arıtma Çamurlarının Tarım Alanlarında Değerlendirilmesi, Mersin Çevre Sorunları Sempozyumu 1996
- [3] ARAL, N., arıtma Çamurlarının Arazide Kullanılma İmkanları, İ.T.Ü 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, 24-26 Eylül 1990
- [4] CABALLERO J.A., FRONT R., “Characterisation of Sewage Sludges by Primary and Secondary Pyrolysis”, J. Anal. And Applied Pyrolysis, 1997, 4041
- [5] DHV CONSULTANTS BV
- [6] GÖKGÖZ, E., İstanbul Atıksu Arıtma Tesislerinden Ortaya Çıkacak Çamur Miktarlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 1993,
- [7] LENDORMİ T., PREVOT C., DOPPENBE F., FOUSSARD J.N., “Supercritical Wet Oxidation of Municipal Sewage Sludge Comparison of Batch and Continuous Experiments”, Water Science and Technology, Vol 44, 5, p.161-169, 2001.
- [8] LİNSLEY, K.R ELİASSEN, R., Water Resources and Environmental Engineering, Mcgraw-Hill Series, U.S.A, 1973
- [9] MEDCALF&EDDY Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, McGraw- Hill Book Company, NY 1991,
- [10] MICHAEL W. OHARA, Proses Selection for Optimal Management of Reginal Wastewater Recidual Final Project Report, Newyork Delaware 1978
- [11] MUSLU, Y., Atıksuların Arıtılması, İ.T.Ü Yayını, Sayı: 1577, İstanbul (1996),
- [12] ÖZTÜRK, T., Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Uzaklaştırılması ve değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE, Ocak 1989

- [13] ROBERT DICK, DAVID L. SIMMONS, ROY. O. BALL, KIM PERLIN MICHEAL W. O HARA, Proses Selection for Optimal Manegement of Reginal Wastewater Recidual Final Project Report, Newyork Delaware 1978
- [14] SHIOTA T.,“Economical Evaluation of a System for Making a Fuel from Sludge”, Recycling von Klarschlom. Berlin. EF für Energie, p.223-239. 1987).
- [15] SOYLU, N., Donma Çözülmenin Arıtma Çamurları Susuzlaştırılabilirliği Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, 1994,
- [16] ULTRAWAVES WASSER&UMVELTT ECHNOLOGIEN GMBH
- [17] VESİLİND, P.A., SKENE E.T HARTMAN G.C., Sludge Management Disposal For The Levis Publisher Practicing Enginnering, Chelsa 1985
- [18] WEF, ASCE, Design of Municipal Wastewater Treatment Plants WEF Manual of Practice No.8, ASCE Manual and Report on Engineering Practice No.76, WEF, ASCE, Chapter 17-20 U.S.A, 1992
- [19] WPCF, Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants, Manual of Practice No: 11, U.S.A 1990

ÖZGEÇMİŞ

Erol TEZCAN, 29.08.1980 de Berlin' de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 1999 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünü 2003 yılında bitirdi. 2005 yılında İSTAÇ A.Ş 'de çalışmaya başlamıştır. 2003 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamış olup halen eğitime devam etmektedir.