

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**YENİ BİR ATIK ÇAMUR KURUTMA SİSTEMİNİN
TASARLANMASI VE ARITMA ÇAMURLARINA
UYGULANMASI**

NİDA NURBAY ÖZÖN

KOCAELİ 2014

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

YENİ BİR ATIK ÇAMUR KURUTMA SİSTEMİNİN
TASARLANMASI VE ARITMA ÇAMURLARINA
UYGULANMASI

NİDA NURBAY ÖZÖN

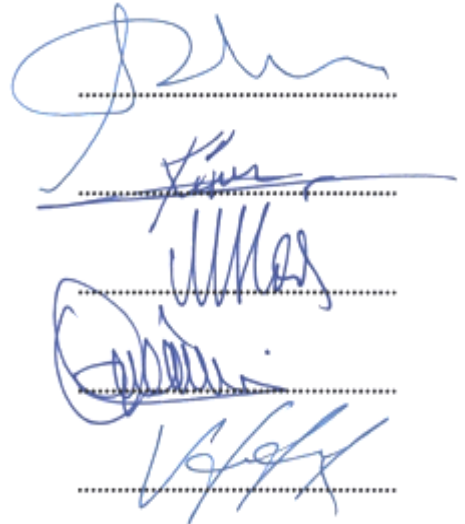
Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK
Jüri Üyesi, Marmara Üniv.

Prof. Dr. Durmuş KAYA
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Prof. Dr. Murat HOŞÖZ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Doç. Dr. Sevil VELİ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv



Tezin Savunulduğu Tarih: 18.07.2014

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Son yıllarda miktarı hızla artmakta olan evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının yeniden değerlendirilmesi veya taşıma ve bertaraf maliyetinin düşürülmesi önemli bir yere sahiptir. Arıtma çamurlarının önemli bir kısmının su olması nedeniyle kapladıkları hacim oldukça fazladır. Özellikle biyolojik arıtma işleminden oluşan arıtma çamurlarının organik madde içeriği çok yüksek olduğu için bu tip çamurlar bozunma ve kokuşma eğilimindedir. Bu özelliklerinden dolayı arıtma çamurlarının işlenmesi ve bertaraf edilmesi konusu oldukça problemlidir. Fakat hiçbir işleme tabi tutulmamış çamurun taşınması ve deponisi, katı madde (KM) oranının çok düşük olmasından dolayı pek akılcı bir yaklaşım değildir. Bu tez çalışmasında, Kocaeli ili arıtma çamurlarının en uygun kurutma yöntemi ile kurutularak bertarafının kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda günümüzde kullanılan kurutucular incelenerek uygunluğu değerlendirilmiştir. Farklı türlerde temin edilen arıtma çamuru ve atık numunelerinin, tasarlanan Kürekli Tip Kurutucuda kurutularak taşıma ve bertaraf maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında fikirleri ve tecrübesi ile yol gösteren, verdiği sürekli destek ile yanımda olan danışmanım ve saygıdeğer hocam Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN'a şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Prototip çalışmalarına maddi ve manevi büyük katkılar sağlayan fikir ve tecrübelerini paylaşan N&A Çevre teknolojileri firmasının sahipleri Sayın Nazmi KOÇ ve Adem KAYNAK başta olmak üzere kıymetli çalışanlarına, veri paylaşımı için Kocaeli İSU Genel Müdürlüğüne, çalışma sürecinde bana hep destek olan iş arkadaşlarım Dr. Hakan KÖYLÜ ve Dr. Ali TÜRKCAN'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca desteklerini esirgemeyen tüm çalışma arkadaşlarıma, hocalarıma ve yönetim kadrosuna teşekkür ederim.

Yapmış olduğum tez çalışmasına N&A Çevre teknolojileri firması adına Karekod No: 8MYO numarası ile destek veren KOSGEB'e ve 2013/1941 sayı ile başvurduğumuz Türk Patent Enstitüsüne teşekkür ederim.

Ayrıca hiçbir zaman haklarını ödeyemeyeceğim annem ve teyzeme, bu süreçte göstermiş olduğu büyük sabır ve anlayışla her zaman yanımda olduğunu hissettiren değerli eşim End. Müh. Tamer ÖZÖN'e, varlığı ile hayatıma anlam katan ve sabırla bekleyen kızım Özde ÖZÖN'e sonsuz saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran – 2014

Nida NURBAY ÖZÖN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	vii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
GİRİŞ.....	1
1. ARITMA ÇAMURU.....	3
1.1. Çamurun Özellikleri.....	12
1.2. Arıtma Çamuru Karakteristiğinde Önemli Parametreler.....	13
1.2.1. Çamur katı madde içeriği.....	13
1.2.2. Çamurun ısı değeri.....	14
1.2.3. Toprakta kullanımı.....	14
1.2.4. Çamurun ağır metal içeriği.....	15
1.2.5. Çamurun depolanabilirliği.....	15
1.3. Arıtma Çamuru Bertarafı.....	16
1.4. Dünyada Arıtma Çamuru.....	17
1.5. Türkiye’de Arıtma Çamuru.....	22
1.6. Kocaeli’nde Arıtma Çamuru.....	25
2. KURUTMA İŞLEMLERİ.....	28
2.1. Şartlar – Miktar ve Kurutma Oranları.....	30
2.2. Kalite.....	30
2.3. Kurutma Yöntemleri.....	31
2.3.1. Dolaylı (Indirect) kurutucular.....	31
2.3.2. Direkt (Direct) kurutucular.....	31
2.4. Kurutmanın Avantajları ve Dezavantajları.....	32
2.5. Kurutma Yöntemi Seçimi.....	33
2.6. Çamur Kurutma.....	36
2.7. Kurutma Periyodu.....	37
2.8. Güneş Enerjisi İle Kurutma.....	40
2.8.1. Arıtma çamuru kurutma seraları ve özellikleri.....	41
3. MATERYAL VE METOT.....	43
3.1. Beldenin Arıtma Tesislerinin Belirlenmesi.....	44
3.2. Tesis Maliyeti.....	44
3.3. Ekonomik Analiz.....	45
3.4. Kocaeli’nde Güneş Enerjisi.....	52
3.4.1. Atıksu arıtma çamurunun güneş enerjili sera tipi tambur karıştırıcı ile kurutulması.....	53
3.5. Kurutma Makinesi Prototip Tasarımı.....	55
3.5.1. Birinci tasarım.....	56
3.5.2. İkinci tasarım.....	58
3.5.3. Üçüncü tasarım.....	59

3.6. Dördüncü Tasarım Kürekli Kurutucu.....	62
3.6.1. Kürekli kurutucu çalışma prensibi.....	63
3.6.2. Kürekli kurutucu tasarımı.....	64
3.6.3. Kürekli tip kurutucu imalatı.....	66
3.6.4. Model tanımlaması.....	71
4. DENEYLER ve BULGULAR.....	77
4.1. Evsel Nitelikli Arıtma Çamuru.....	78
4.2. Boya Çamuru.....	79
4.3. Kömür Çamuru.....	81
4.4. Hayvansal Atık.....	82
4.4.1. Büyük baş hayvan atığı.....	82
4.4.2. Tavuk atığı (Çeltikli).....	83
4.5. Çimento Çamuru.....	85
4.6. Maya Çamuru.....	85
4.7. Belirlenen Değerler.....	86
4.8. İSU Kullar Tesisi İçin Maliyet Analizi.....	92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	101
KAYNAKLAR.....	104
EKLER.....	110
KİŞİSEL YAYINLAR.....	131
ÖZGEÇMİŞ.....	132

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Atık suyun arıtılarak çamurun oluşuma süreçleri.....	4
Şekil 1.2.	2002 yılında OECD ülkelerinde 100.000 nüfusta evsel atık üretimi.....	18
Şekil 1.3.	OECD ülkelerindeki atık üretim yüzdeleri 2005 yılı.....	19
Şekil 1.4.	Arıtma çamurunun Türkiye, AB ve ABD’de ki bertaraf türleri.....	25
Şekil 2.1.	Atık çamurun farklı işlem düzeylerindeki miktarları.....	28
Şekil 2.2.	Susuzlaştırma prosesinin seçiminde uygulanan 5 aşama.....	33
Şekil 2.3.	Mekanik susuzlaştırma yöntemleri ve katı madde konsantrasyonları.....	36
Şekil 2.4.	Ürün nem içeriğinin kurutma süresiyle değişimi.....	38
Şekil 2.5.	Kuruma hızının nem içeriği ve kurutma süresine göre değişimleri.....	38
Şekil 2.6.	Seraların çalışma prensibi.....	41
Şekil 3.1.	Çıkan çamur miktarı.....	46
Şekil 3.2.	Çamur taşıma maliyetleri.....	47
Şekil 3.3.	Çamur bertaraf maliyetleri.....	48
Şekil 3.4.	Elektrik maliyeti.....	48
Şekil 3.5.	İşletme maliyeti.....	49
Şekil 3.6.	Tesis maliyeti.....	49
Şekil 3.7.	Toplam maliyete göre çamur taşıma ve bertaraf yüzdesi.....	50
Şekil 3.8.	Uygulama maliyetleri.....	51
Şekil 3.9.	Alternatif uygulamaların verimleri.....	52
Şekil 3.10.	Proses dizaynı.....	53
Şekil 3.11.	Arıtma çamuru güneş kurutma proses dizaynı.....	54
Şekil 3.12.	Güneş enerjili kurutma tesisi için buharlaşma grafiği.....	55
Şekil 3.13.	Birinci prototip prensip şeması.....	56
Şekil 3.14.	Çamur giriş ve çıkışı.....	57
Şekil 3.15.	Birinci prototipin ön ve arka görünüşleri.....	57
Şekil 3.16.	İkinci prototip prensip şeması.....	58
Şekil 3.17.	Kürekler ve izolasyon.....	58
Şekil 3.18.	İkinci prototip.....	59
Şekil 3.19.	Üçüncü prototip prensip şeması.....	60
Şekil 3.20.	Üst ve alt helezon.....	60
Şekil 3.21.	Üçüncü prototip.....	61
Şekil 3.22.	Üç Prototip deney düzeneği.....	61
Şekil 3.23.	Kürekli kurutucu prensip şeması.....	64
Şekil 3.24.	Tasarlanan kürekli kurutucunun iç gövdesi.....	65
Şekil 3.25.	Tasarlanan kürekli kurutucunun prensip şeması.....	65
Şekil 3.26.	Kürekler ve çamur teknesi.....	66
Şekil 3.27.	Kızgın yağ tankı ve pompası.....	67
Şekil 3.28.	Isıtma sistemi elemanları.....	67
Şekil 3.29.	Özellikleri ile elektrik motoru ve redüktör.....	68
Şekil 3.30.	Tek emişli salyangoz fan.....	68
Şekil 3.31.	Test çalışmaları yapılan prototip.....	68
Şekil 3.32.	Ana gövde montajı.....	69
Şekil 3.33.	Son yalıtım.....	69

Şekil 3.34. Kürekli kurutucu prototipi ön ve arka görünüşü.....	70
Şekil 3.35. Karıştırma süreci akış şeması.....	71
Şekil 3.36. Millerin dönüş devrinin ayarlanması.....	71
Şekil 3.37. Pedallı kurutucu sisteminde gerçekleşen ısı dirençleri.....	73
Şekil 3.38. Kontak süreci sırasında gözlemlenen sıcaklık profilleri.....	73
Şekil 4.1. Evsel nitelikli çamur ve ilk kurutma.....	79
Şekil 4.2. Sisteme giren ve çıkan arıtma çamuru.....	79
Şekil 4.3. Yaş ve kuru evsel nitelikli arıtma çamuru.....	79
Şekil 4.4. Boya çamuru.....	80
Şekil 4.5. Sisteme giren ve çıkan boya çamuru.....	80
Şekil 4.6. Yaş ve kuru boya çamuru.....	80
Şekil 4.7. Kömür çamuru.....	81
Şekil 4.8. Sisteme giren ve çıkan kömür çamuru.....	81
Şekil 4.9. Yaş ve kuru kömür çamuru.....	82
Şekil 4.10. Büyük baş hayvan atığı.....	83
Şekil 4.11. Sisteme giren ve çıkan büyük baş hayvan atığı.....	83
Şekil 4.12. Yaş ve kuru büyükbaş hayvan atığı.....	83
Şekil 4.13. Çeltikli tavuk atığı.....	84
Şekil 4.14. Sisteme giren ve çıkan tavuk atığı.....	84
Şekil 4.15. Yaş ve kuru tavuk atığı.....	84
Şekil 4.16. Sisteme giren ve çıkan çimento çamuru.....	85
Şekil 4.17. Yaş ve kuru çimento çamuru.....	85
Şekil 4.18. Sisteme giren ve çıkan maya çamuru.....	86
Şekil 4.19. Yaş ve kuru maya çamuru.....	86
Şekil 4.20. Sisteme giren ve çıkan çamur miktarı.....	87
Şekil 4.21. Sisteme giren ve çıkan çamurun nem miktarı.....	87
Şekil 4.22. Sisteme giren ve çıkan çamurun kalan atık ve kaybedilen nem (%).....	88
Şekil 4.23. Sisteme giren ve çıkan çamur süresi.....	88
Şekil 4.24. Numune tipine göre temas süreleri.....	89
Şekil 4.25. Çamurdaki nemim alınması için gerekli enerji miktarı.....	89
Şekil 4.26. Enerji ihtiyacına göre yakıt maliyetleri.....	90
Şekil 4.27. 1 kg numunenin kurutma ücreti.....	90
Şekil 4.28. Kalorifik değerler	91
Şekil 4.29. Gerekli enerji, kuru çamurun enerjisi ve ek yakıt enerjisi.....	92
Şekil 4.30. 2010 yılı çıkan çamur miktarı.....	93
Şekil 4.31. 2011 yılı çıkan çamur miktarı.....	94
Şekil 4.32. 2012 yılı çıkan çamur miktarı.....	94
Şekil 4.33. 2013 yılı çıkan çamur miktarı.....	94
Şekil 4.34. 2010 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri.....	96
Şekil 4.35. 2011 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri.....	96
Şekil 4.36. 2012 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri.....	96
Şekil 4.37. 2013 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri.....	97
Şekil 4.38. 2010 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri.....	98
Şekil 4.39. 2011 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri.....	98
Şekil 4.40. 2012 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri.....	99
Şekil 4.41. 2013 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri.....	99
Şekil 4.42. Arıtma çamuru bertarafı maliyet karşılaştırması.....	100
Şekil 4.43. Arıtma çamur kurutma ve yakmanın toplam tesis maliyetine etkisi.....	100

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Tipik bir aktif çamurdaki suyun dağılımı.....	12
Tablo 1.2. Çamurların içerdikleri suya göre yapıları.....	12
Tablo 1.3. Çeşitli Arıtma Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Katı Madde Konsantrasyonları.....	14
Tablo 1.4. Toprakta kullanılabilecek arıtma çamurunda ağır metal muhtevaları.....	15
Tablo 1.5. Çamur arıtma metotları.....	17
Tablo 1.6. OECD ülkelerinde atık bertaraf yöntemleri ve miktarları 2010.....	21
Tablo 1.7. Belli Başlı Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri.....	27
Tablo 1.8. Kocaeli ilindeki OSB'lerin kapasiteleri.....	27
Tablo 2.1. Temel kurutma yöntemleri.....	29
Tablo 2.2. İşletmeye Bağlı Çamur Susuzlaştırma Prosesinin Seçimi.....	34
Tablo 2.3. Tesis Boyutu ve Susuzlaştırma Prosesinin Uyumu.....	35
Tablo 2.4. Kurutucu seçim tablosu.....	35
Tablo 2.5. Çeşitli Nihai Bertaraf Seçenekleri İçin Susuzlaştırma Prosesiyle Elde Edilen Keki Uygunluğu.....	37
Tablo 3.1. Kocaeli ili evsel atık arıtma tesisleri.....	44
Tablo 3.2. Kocaeli ili evsel atık arıtma tesisleri (AAT) maliyet değerleri.....	45
Tablo 3.3. Arıtma tesisleri ve bertaraf tesisleri arası mesafeler.....	46
Tablo 3.4. Uygulama alternatiflere göre maliyet analizi.....	51
Tablo 3.5. 1954-2013 yılları arası Kocaeli ili ortalama meteorolojik verileri.....	52
Tablo 3.6. Kocaeli'nde aylara göre güneş enerjisinden faydalanma oranları.....	53
Tablo 3.7. Prototip kurutucuya ait alanlar.....	66
Tablo 3.8. Kızgın yağ ve pompanın özellikleri.....	67
Tablo 3.9. Kurutucu tiplerine göre “C” ve “x” katsayı değerleri.....	74
Tablo 4.1. Optimum çalışma şartları.....	78

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

$1/h_f$	: Kurutulan çamur yüzeyi ile sıcak ceket arasındaki direnç, (m^2K/W)
$1/h_h$	: Kızgın yağ ile iletken ceket arasındaki direnç, (m^2K/W)
$1/h_m$	: Kurutulan çamur boyunca oluşan direnç, (m^2K/W)
$1/h_v$	: Buharlaşma yüzeyinde oluşan direnç, (m^2K/W)
$1/h_w$	: İletken ceket boyunca oluşan direnç, (m^2K/W)
A	: Kurutucu ısı transfer yüzey alanı, (m^2)
$c_{\dot{c}}$	: Çamurun özgül ısısı, (kJ/kgK)
c_y	: Kurutucu yüzeyinin özgül ısısı, (kJ/kgK)
d	: Duvarları oluşturan her bir katmanın kalınlığı, (mm)
D	: Kurutucu silindirik gövdenin çapı, (mm)
Dd_1	: Redüktör çıkış dişli çapı, (mm)
Dd_2	: Mil giriş dişli çapı, (mm)
g	: Yerçekimi ivmesi, (m/s^2)
h'	: Suyun entalpisi, (kJ/kg)
h_{ss}''	: Suyun doymuş buhar halinde entalpisi, (kJ/kg)
k	: Kurutucu yüzeylerinin toplam ısı transfer katsayısı, (W/m^2K)
K_{Top}	: Toplam ısı transfer katsayısı, (W/m^2K)
$k_{\dot{u}}$	: Makinenin kürek sayısı, (adet)
l	: Uzunluk, (m)
m	: Kuru madde kütlesi, (kg)
$m_{\dot{c}}$	: Kurutucudaki çamur kütlesi, (kg)
m_y	: Kızgın yağ kütlesi, (kg)
N	: Kurutma hızı, (kg buharlaşmış su / m^2s)
n_{mix}	: Karıştırma sayısı, (d/d)
n	: Makinenin devir sayısı, (d/d)
n_1	: Redüktör giriş devri, (d/d)
n_2	: Redüktör çıkış devri, (d/d)
Q	: Kurutma için gereken enerji ihtiyacı, (kJ/h)
$\dot{O}$	: Isı transfer hızı, (W)
sa	: Çamur içerisindeki toplam su miktarı, (kg)
t_a	: Bir kürekte geçen süre, (s)
t_c	: Temas süresi, (s)
T_c	: Kurutma anında ceket cidar sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
$T_{\dot{c}\dot{c}}$	: Çamur çıkış sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
$T_{\dot{c}y}$	: Kızgın yağ sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
T_d	: Dış hava sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
T_i	: Kurutmaya başlamadan önceki iç hava sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
T_k	: Kurutucu işletme sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
$t_{k\dot{c}}$	: İlk kuru çıkış süresi, (s)
t_{mix}	: Çamurun bir turu tamamlaması için gerekli olan süre, (s)
X	: Kuru bazda nem miktarı, (kg)
X_C	: Kuru bazda kritik nem miktarı, (kg)
X_I	: Kuru bazda başlangıç nem miktarı, (kg)

X_E	: Kuru bazda E noktasındaki nem miktarı, (kg)
X_F	: Kuru bazda F noktasındaki nem miktarı, (kg)
Z	: Kurutucu makine çalışma süresi (s)
θ	: Kurutma zamanı, (s)
θ_c	: Sabit hız süreci, (s)
θ_f	: Kuruma hızında düşüş süreci, (s)
λ	: Duvarları oluşturan her bir katmanın ısı iletim katsayısı, (W/mK)
ρ	: Çamur yatağının yoğunluğu, (kg/m ³)
$\alpha_{iç}$	: İç yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m ² K)
$\alpha_{dış}$	: Dış yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m ² K)

Kısaltmalar

AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
DDSY	: Düzenli Depolama Sahası Yönetmeliği
İSU	: İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi
İZAYDAŞ	: İzmit Atık Yakma Değerlendirme A.Ş.
KAKY	: Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
KK	: Kuru Katı
KM	: Katı Madde
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
TAÇKY	: Tarımda Arıtma Çamurunun Kullanılması Yönetmeliği
TKKY	: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

YENİ BİR ATIK ÇAMUR KURUTMA SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE ARITMA ÇAMURLARINA UYGULANMASI

ÖZET

Günümüzde doğal çevrenin korunması ve her geçen gün artan arıtma çamurlarının nasıl değerlendirileceği giderek önem kazanmaktadır. Arıtma çamurlarını klasik yöntemlerle uzaklaştırma yerine, yeniden kullanım çalışmaları artmaktadır.

Mekanik susuzlaştırma ile %18–25 Katı Madde (KM) içeriğine ulaştırılan atık çamurlar doğrudan depolama sahalarına veya çimento fabrikalarına ton başına taşıma ve bertaraf ücreti ödenerek gönderilmektedir. Bu nedenle atıksu çamurlarının en uygun teknoloji ve en düşük maliyetle bertarafı esastır. Çözüm için ise atıksu arıtma tesislerinin maliyetlerinin incelenmesi ve uygun sistemin tasarlanması gereklidir.

Bu nedenle tez çalışmasında Kocaeli İSU Kullar tesisinin maliyetleri incelenmiştir. Mekanik kısımlarda iyileştirme yapılamamasından dolayı, tesis maliyetlerinin yaklaşık %25'ini oluşturan nakliye ve bertaraf maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Sanayi bölgesi olan Kocaeli ilinin sanayi atıksu çamurlarının ve hayvansal atıklarında yeniden kullanılabilir duruma getirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda arıtma çamurlarının kurutulması gerektiği belirlenmiştir ve kürekli tip kurutma sistemi tasarlanarak prototipi yapılmıştır. Farklı tesislerden evsel, sanayi ve hayvansal olarak alınan atık çamurları bu prototipte kurtularak kurutulan çamurun enerji içerikleri araştırılmış ve İSU Kullar Tesisi 2010-2013 yılları arası atık çamur bertaraf maliyet analizi yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda tasarlanan kürekli tip kurutucu modeli ve uygulamasının en verimli kurutmayı sağladığı görülmüştür. Kürekli kurutucu prototipinde İSU Kullar Atık Su Arıtma Tesisi çamurunun nem oranı %82'den yaklaşık %9'a, Boya firmasının atık çamurunun nem oranı %93'den %12'ye, düşürülmüştür. Kömür firmasının atık çamurunun nem oranı %84'den %24'e, Çimento firmasının atık çamurunun nem oranı %94'den %39'a Büyük baş hayvan atığının nem oranı %96'den %22'ye, Tavuk atığının nem oranı %95'den %15'e düşürülmüştür.

İSU Kullar Tesisinden son 4 yılda çıkan yaklaşık 32.000 ton %20 KM içeren çamurun, tasarımını yaptığımız kürekli kurutucudan % 92 KM oranı ile 6.800 ton olarak çıkacağı hesaplanmıştır. Böylelikle nakliye ve bertaraf maliyetlerinde % 84'lük bir verim elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma Çamuru, Atık, Katı Madde, Kocaeli, Kürekli Kurutucu, Nakliye ve Bertaraf Maliyeti.

DESIGN OF A NEW WASTE SLUDGE DRYING SYSTEMS AND APPLICATION OF SLUDGE TREATMENT

ABSTRACT

Today, the protection of the natural environment and how to evaluate the sludge increasing with each passing day is becoming increasingly important. Instead of the classical methods of sewage sludge disposal, recycling studies increase.

With mechanical dewatering, waste sludge reached to 18-25% Solid Material (SM) have been directly sent to landfills or cement plants by paying transport and disposal fee per ton. For this reason, the disposal is essential by using the most appropriate technology at the lowest cost. For the solution, investigation of wastewater costs and the design of appropriate system are required.

Therefore, in this thesis study, the costs of Kocaeli ISU Kullar plant were investigated. Since improvements in the mechanical parts cannot be made, it is aimed to reduce the transportation and disposal costs constituting about 25% of plant costs. Industrial wastewater sludge and animal wastes of Kocaeli, which is an industrial region, were intended to be made available again.

For this purpose, it is determined that the waste sludge is required to be dried and thus, the paddle type drying system was designed and its prototype was developed. From different facilities, the waste sludge taken as a domestic, industrial and animal waste were dried and the energy content of dried sludge was searched and the waste sludge disposal costs of ISU Kullar plant were analyzed for the years of 2010-2013.

The results of this study show that the model or paddle type drying system and its implementation provide most efficient drying process. Using the designed paddle dryer prototype, the humidity ratio of sludge taken from ISU Kullar waste water treatment plant was reduced to 9% from 82% and that of waste sludge taken from Paint Company was reduced to 12% from 93%. Also, the humidity ratio of waste sludge taken from Coal Company was reduced to 24% from 84% and that of waste sludge taken from Cement Company was reduced to 39% from 94%. Finally, the humidity ratio of cattle waste was reduced to 22% from 96% and that of chicken waste was reduced to 15% from 95%.

It is calculated that about 32,000 tons of sludge containing 20% SM which is taken from ISU Kullar Facility in the last 4 years will be taken as 6800 tons with 92% SM by using the designed paddle type dryer. Therefore, the efficiency of 84% will be obtained in transportation and disposal costs of the sludge.

Keywords: Sewage Sludge, Waste, Solid Material, Kocaeli, Paddle Dryer, Transport and Disposal Costs.

GİRİŞ

Son yıllarda sayıları artmakta olan Atıksu Arıtma Tesisleri, su kirliliğinin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Ancak bu sistemlerin bir yan ürünü olarak, oluşan arıtma çamurlarının çevreye olan olumsuz etkilerinden ve miktarlarının hızla artmasından dolayı genel atıklar içinde önemli bir yere sahiptir.

Arıtma çamurlarının yapısı, arıtılan sudaki temel kirletici yüklere ve tesiste uygulanan teknik koşullara bağlıdır. Arıtma çamurunun içeriğinde organik madde, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum gibi maddelerin yanı sıra ağır metaller, organik kirleticiler ve patojenler bulunmaktadır. Uygun şekilde bertaraf edilmediği takdirde içerdiği patojen mikroorganizmalar sebebiyle tifo, gıda zehirlenmesi, basilli dizanteri, kolera, bulaşıcı ishal vb. birçok hastalığa yol açabilmektedir [1].

Çamurların değerlendirilmesinde içeriğindeki nutrientler sebebiyle gübre, kalorifik değerleri sebebiyle yakıt veya ek yakıt, çimento sanayinde hammadde ve portland çimentosu olarak kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Bu çamurlar için yeniden değerlendirilme kapsamında en yaygın uygulama alanı halen tarımsal kullanımdır. Ancak içerdikleri kirleticilerden dolayı ortaya çıkan olumsuzluklar nedeniyle tarımsal kullanımı “Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca arıtma çamurlarına herhangi bir işlem uygulanmadan yapı veya kaplama malzemesi olarak kullanılması, oluşacak emisyonlar nedeniyle kısıtlanmış ve bu tür kullanımlar için çamurların kimyasal veya termal işlemlerden geçirilmesi ön koşula bağlanmıştır [2].

Evsel arıtma tesislerinden çıkan çamurun büyük kısmı düzenli depolama veya çimento fabrikasına gönderme ile uzaklaştırılmakta, tehlikeli atık niteliğinde olan kısım ise yakma tesislerinde yakılmakta, külleri de depolanarak uzaklaştırılmaktadır. Arıtma çamurlarının önemli bir kısmının su olması nedeniyle kapladıkları hacim oldukça fazladır. Özellikle biyolojik arıtma işleminden oluşan arıtma çamurlarının organik madde içeriği çok yüksek olduğu için bu tip çamurlar bozunma ve kokuşma

eğilimindedir. Bu özelliklerinden dolayı arıtma çamurlarının işlenmesi ve bertaraf edilmesi konusu oldukça problemlı bir konudur. Fakat hiçbir işleme tabi tutulmamış çamurun taşınması ve deponisi, katı madde oranının çok düşük olmasından dolayı pek akılcı bir yaklaşım değildir.

Atıkların meskûn alanlardan uzaklaştırılmasını ve bertaraf edilmesini kâr amacı gütmeyen kamu kuruluşları üstlenmektedir. Bu kuruluşların başında belediyeler gelmektedir. Atıkların taşınması ve bertaraf edilmesi (maliyet ve çevresel etkileri bakımından) belediyelerde önemli bir bütçe kalemi oluşturmaktadır. Arıtma çamurlarından verim elde edilmesine yönelik yeni proseslerin geliştirilmesi geniş anlamda araştırma konusudur.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde; literatür çalışması ve arıtma çamurunun oluşumu, özellikleri, bertarafı, Dünya’da, Türkiye’de ve Kocaeli ilindeki durumu hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde kurutma, çamur kurutma makineleri ve kurutma yöntemleri incelenmiştir. Çünkü çamur kurutma, birkaç sebepten ötürü genellikle bütün nihai çamur bertaraf metotlarında gerekli adımlardan birisidir. Bu çalışmanın dördüncü bölümünde atık su çamuruna uygulanan işlemlerden biri olan termal kurutma ele alınmıştır. Güneş enerjili kurutucular ve kurutma makineleri incelenmiş ve uygunluğu değerlendirilmiştir. Farklı metotlarla kurutma alternatifleri düşünülmüş kar/zarar yüzdeleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte kürekli tip kurutucu tasarlanmış ve prototipi üretilmiştir. Beşinci bölümde ise tasarlanan prototipte farklı arıtma çamurları ve atıklarla deneyler yapılmıştır. Çamurun nem ve kalorifik değerleri ölçülmüştür. Belediye arıtma tesisi için maliyet analizi yapılmıştır.

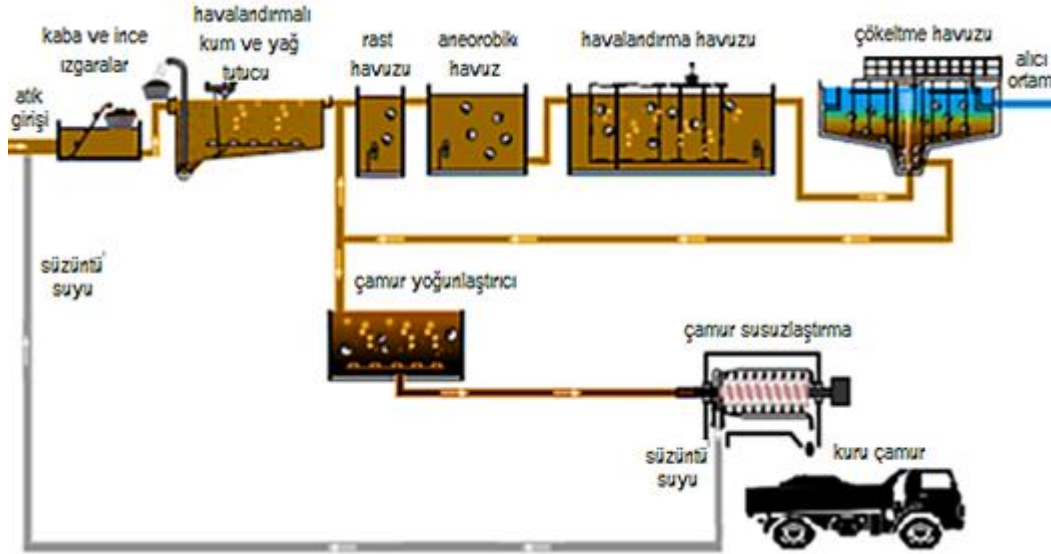
Tasarlanan prototip için Türkiye Patent Enstitüsüne 2013/01941 sayı ile patent başvurusunda bulunulmuştur. Ayrıca Projede ortak olarak çalışılan N&A Çevre Teknolojileri Tasarım Gel. Mak. San. Ve Tic. Ltd. Şti adına KareKod No: 8MYO numarası ile KOSGEB Ar-Ge desteği alınmıştır [EK-A].

1. ARITMA ÇAMURU

Arıtma çamuru, atıksulara uygulanan fiziksel, kimyasal veya biyolojik işlemler sonucunda sıvı veya yarı katı halde ve kokulu olarak ortaya çıkan bir yan üründür. Arıtma çamurları çıkış kaynaklarına göre üç başlıkta incelenmektedir.

- Yerel yönetimlerce işletilen atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları; sadece evsel atıksu veya evsel, endüstriyel ve yağmur sularının arıtıldığı atıksu arıtma tesisleri,
- İçme suyu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları; içme sularının kullanımdan önce arıtılması zorunludur ve içme suyu arıtma tesislerinde oluşan çamur miktarı atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamur miktarına göre önemli ölçüde düşüktür
- Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları; Bu çamurlar, çökebilen katı maddelerin oluşturduğu ön çökeltme çamurları, kimyasal arıtma ve koagülasyon sonucu oluşan kimyasal çamurlar, biyolojik arıtma prosesleri sonucu oluşan biyolojik çamurlar ve içme suyu arıtma proseslerinden kaynaklanan alüminyum çamurları gibi arıtımın tipi ve amacına bağlı olarak da sınıflandırılabilir.

Arıtma çamurlarının yapısı, arıtılan sudaki temel kirletici yüklere ve tesiste uygulanan teknik koşullara bağlıdır. Arıtma tesisinde atık suyun arıtılarak çamurun oluşumuna kadar olan süreçleri, ana ve yardımcı birimleri gösteren proses şeması Şekil 1.1’de verilmiştir. Atık su ilk ve ara pompa istasyonları ile tesiste basılmaktadır. Izgaralar, kum tutucu, gerekirse yağ kapağı ve akış ölçerlerden geçerek biyolojik arıtmaya geçmektedir. Buradan çıkan atıksu bazı tesislerde ileri arıtma ünitesine geçerek içerisinde kalan askıda katı maddeler, organik ve inorganik maddeler sentetik bileşiklerden de arınmaktadır.



Şekil 1.1. Atık suyun arıtılarak çamurun oluşma süreçleri

Çamur içinde yüksek miktarda patojen bakteriler bulunmaktadır. Dolayısıyla, çamurda bulunan patojen bakterilerin inaktive edilmesi halk sağlığı için gereklidir. Çamurda bulunabilecek en önemli patojenler; Salmonella, Shigella, Campylobacter, Yersinia, Leptospira ve Patojenik E.coli'dir. Ayrıca Ascaris gibi helminth parazitleri de çamurda bulunmaktadır [3]. ABD'de atıksu arıtma tesisleri çamurları 40 CRF par 503(1993) yönetmeliğine göre kullanılmakta veya bertaraf edilmektedir. Bu yönetmelik çamur kalitesine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır: [4]

- A Sınıfı Çamur: Bu sınıfa giren çamurlar oldukça emniyetli olup, her hangi bir sınırlama olmadan kullanılabilir. Çamurun bu sınıfa girebilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir:
 - 1 g çamurda fekal koliform sayısı 103 MPN (EMS)'dan küçük olmalı.
 - 4 g kuru çamurda virüs sayısı 1 PFU'dan ve helminth yumurtası 1'den az olmalı.
 - 4 g kuru çamurda Salmonella sayısı 3 X MPN (EMS)'den küçük olmalı.
- B Sınıf Çamur: Bu sınıfa giren çamurlara İkinci Sınıf Çamurda denmektedir ve serildiği alanlara bir yıl süresince halkın girmesine izin verilmemektedir.

Arıtma çamurları çevre mühendisliği haricinde birçok bilim dalının da ilgi alanına girmiştir. Gıda, inşaat, makine, biyoloji, kimya, iktisat, tıp anabilim dalları çamurun elde edilışinden bertarafına kadar olan alanlarda çalışmalar yapmışlardır. Arıtma çamurları üzerine yapılan çok çalışma bulunmaktadır. Çoğunlukla yapılan çalışmalar, bazı örnekler verilerek şu şekilde sıralanmıştır.

- Tarımsal alanda kullanım ile ilgili bazı çalışmalar

Vasconcelos E ve Cabral F, kağıt hamuru fabrikası çamurunun organik gübre olarak kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Bu materyalin önemli uygulama düzeylerini belirlemek için sarı acı bakla ile 2 yıl boyunca deneme yürütmüşlerdir. İlk yıl 50 ton/h'dan daha fazla çamurun ürünü verimsizleştirdiğini saptamışlardır. Fakat ikinci yıl bu etkinin tamamen yok olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak; kağıt hamuru çamurunun tarımsal alanda kullanılması için kontrol edilip, denetlenmesi gerektiğini, bu şekilde toprak kirliliği problemlerinin meydana gelmeyeceğini belirtmişlerdir[5].

O'riordan E. ve diğ., kentsel arıtma çamurunu meralara uygulayarak toprakta ve otlaklarda uzun dönemde ağır metallerin etkisini araştırmışlardır. Çamuru üç yıl süresince yüzeye 25, 50 ve 75 m³/h/yıl uygulamışlardır. Sonuçta, otlaklarda yıllık ağır metal alınımının sırasıyla Cu için 0,04, Zn için 0,09 ve Pb için 0,02 mg/kg olduğunu bildirmişlerdir [6].

Fiskell J. ve Zenhas J. yaptıkları benzer çalışmalarda, topraklara ilave edilen atık çamur miktarı arttıkça ağır metal içeriğinin de arttığını tespit etmişlerdir [7-8].

Eriksson J., İsveç'te faaliyette bulunan 50 farklı AAT'den alınan örneklerde 60 farklı iz elementinin varlığını araştırmıştır. Sonuçta; küçük ve orta ölçekli arıtma tesislerinden alınan çamurlarda en yüksek oranda element birikimine rastlandığı, AAT çamurundaki ağır metal birikiminin ülke limitlerini aştığı, mineral gübreyle oranla arıtma çamurunun toprakta daha yüksek oranlarda ağır metal birikimine yol açtığı ve farklı toprak tiplerinin element birikimi derecesi üzerinde önemli oranda etkili olduğu sonucuna varmıştır [9].

Lewis D. ve diğ., ABD ve Kanada'da arıtma çamuru uygulamasının yapıldığı alanların 1 km ve daha yakınındaki yerleşimciler üzerinde yaptıkları araştırma sonucunda; deride kırmızı lekelerin oluşması, gözlerinin kızarması, boğazlarda yanma ve baş ağrısı gibi şikâyetlerin görüldüğü tespit edilmişlerdir [10].

Martinez E. ve diğ., İspanya'nın Katalonya bölgesinde 2003-2006 yılları arasında yaptıkları araştırmada, bu bölgede üretilen arıtma çamurunun tarımsal gübre olarak kullanımının insan sağlığı için bir tehlike olmadığı sonucuna varmışlardır [11].

Surampalli R. ve diğ., arıtma çamuru uygulamasının uzun dönemdeki (10 yıl) etkisini araştırdıkları çalışmaları sonucunda, arıtma çamuru kullanılarak iyileştirilen toprak örneklerinde izin verilen limitlerin üzerinde herhangi bir ağır metal birikiminin oluşmadığı gözlenmiştir [12].

Küçükhemek M. ve diğ., arıtma çamuru ve çiftlik gübresinin çim bitkisi verimine ve renk özelliğine etkilerini inceledikleri araştırmaları sonucunda aynı dozlar arasında değerlendirme yapıldığında arıtma çamurunun çiftlik gübresine göre 2 yılda ortalama 2-2,6 kat daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çiftlik gübresi uygulamalarında çim rengi açık yeşil, arıtma çamuru uygulamalarında ise koyu yeşil olduğu belirlenmiştir [13].

Özdemir S. ve diğ., Adapazarı Büyükşehir Belediyesi'ne ait AAT'den elde edilen evsel arıtma çamuru değişik oranlarda fındık cürufu, mısır samanı kompostu ile karıştırılarak süs bitkisinin yetiştirilmesinde uygulandığında, organik madde miktarını ve C:N oranını azaltmış fakat bitkinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini çok değiştirmemiştir. Bitki büyüme performansında da %30 ve %50 oranındaki karışımlarda en yüksek büyüme değerleri elde edilmiştir [14].

Hanay Ö. ve Hasar H., çalışmalarında, Kayseri ili Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinden elde edilen nihai arıtma çamurunun tarımsal amaçlı kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla, temin edilen çamur numunelerinde, çeşitli ağır metal konsantrasyonlarına ve çamurun stabilitesini belirlemek amacıyla spesifik oksijen tüketim hızına bakılmıştır. İncelenen ağır metallerden bakır ve kurşun değerleri 1750 ve 1200 mg/kg olup, standart değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çamurun spesifik oksijen tüketim hızı 0,62 mg/g katı madde.saat olarak bulunmuştur. Böylece stabil bir çamur elde etmiştir [15].

Ünal M.,'nin gıda sanayi arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları konusunda yaptığı araştırmaya göre; Kocaeli'ndeki iki gıda sanayi arıtma çamurunun toprakta uygulanması sonucunda; çamur dozları arttıkça toprağın pH değerinin azaldığını, tuzluluk değerinin arttığını belirlemiştir. Bu çamurların mısır bitkisinin gelişimi ve mineral madde içeriğindeki etkisi ise; genel olarak N, P, Ca, Fe, Zn ve Cu değerlerinin dozlara bağlı olarak arttığı, kuru madde miktarının ise önemsiz olduğu ya da düzenli bir gelişme sağlayamadığı şeklinde olmuştur [16].

- Yönetmelikler ile ilgili bazı çalışmalar

TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde katı atıkların toplanması, taşınması bertarafı ve geri dönüşümüne ilişkin usul ve esasları belirlemiştir [17].

Kanat G., çalışmasında İstanbul'a ait katı atık yönetimini incelemiş, atık toplama ve yönetimi konusunda eksikleri tespit etmişlerdir. Atıktan elde edilen biyogaz ve elektrik miktarları değerlendirerek elde edilen sonuçların İstanbul için tatmin edici sonuçlar olmadığını belirlemiştir [18].

Iranpour R. ve diğ., AB ve ABD çamur yönetmeliklerini karşılaştıran çalışmalarında; her iki yönetmeliğin arıtma çamurunun tarımda kullanımı ile çamurdaki patojen ve kirletici birikiminin oluşturduğu riski azaltmanın maliyeti arasında iyi bir dengenin kurulması yollarını araştırmayı amaçladığını ve bunun yanında yönetmeliklerin temelinde yatan anlayış ve felsefe farklılıklarının varlığını belirtmişlerdir [19].

- Depolama alanı seçimi ve inşası ile ilgili bazı çalışmalar

Sürücü G., katı atık düzenli depolama alanlarının yer seçimi, atıkların toplanması ve uzaklaştırılması konusunun üzerinde yoğunlaşarak katı atık yönetiminin önemini ortaya koymuştur [20].

Akbulut S., artan nüfus ve sanayileşme sonucunda çevre kirliliğinin arttığını, kentsel katı atıkların depolanması probleminde atık depo yerlerinin tespit edilmesini çevre, jeoteknik, jeolojik ve hidrojeolojik kriterler açısından incelemiştir [21].

Abacı Ş., katı atık depolama alanlarında sızıntı suyunun; miktarı ve özellikleri, su kaynaklarını kirletmesi, hidrojeoloji ile kirlenmenin ilişkisi ve katı atık depolama alanları yer seçiminde hidrojeoloji ve jeolojinin önemli parametreler olduğunu belirlemiştir [22].

Şimşek C. ve Filiz Ş., İzmir-Torbalı ilçesinin 12 km kuzeyinde bulunan ve katı atık düzenli depolama alanı seçilen eski kıltaşı ocakları ve çevresinin jeolojik hidrojeolojik ve zemin özelliklerinin depolamaya uygunluğunu incelemişlerdir [23].

Amin A., Arabistan Cidde’de bulunan katı atık depolama alanı problemi üzerinde çalışılmıştır. Problemin çözümüne yönelik rehabilitasyon planları yaparak rehabilitasyonda kullanılacak örtü malzemesinin özelliklerini belirlemiştir [24].

Jantzen J. ve Woerd H., çalışmalarında ulusal arıtma çamuru yönetmeliklerinde çamurun araziye boşaltılması konusunda bir düzenleme bulunmadığını belirtip, bu konudaki düzenlemelerin diğer yönetmeliklere göre yapıldığını bildirmişlerdir. AB’de çamurun yok edilmesi ya sadece çamuru tek başına depolama ya da diğer katı atıklarla birlikte depolama olarak yapılmaktadır [25].

- Çamur kurutma ile ilgili bazı çalışmalar

Vaxelaire, J., literatürde çok iyi açıklanmamış atık çamurun ısı yollarla kurutulması üzerine çalışmıştır. Bu çalışma laboratuvarındaki konveksiyonla kurutma deneyleriyle, kinetik eğrileri ve kurutma potansiyeli cinsinden bir yaklaşımı hedeflemektedir. Burada ölçüt, tasarım araştırmalarının ilk aşamasını oluşturmak için dış şartları tek bir parametre halinde (sıcaklık, bağıl nem, hava hızı) gruplayarak farklı işletme stratejilerinde kolay sınıflandırmaya izin vermektir. Çalışmada atık aktif çamur ve atık pvc çamuru kullanılmıştır. Çalışma sonunda aktif çamurdaki kabuklaşma probleminden dolayı kurutma sürecinin daha güç işlediği buna karşın pvc çamurunun çok iyi kuruduğu görülmüştür [26].

Leonard A. ve diğ., çalışmalarında çamurların konveksiyonla kurutulmasında farklı işletme parametrelerinin katkıları incelenmiştir. Oluşturulan modellerle kurutma davranışları incelenmiştir. Çalışmada yeni deneysel düzeneklerden olan elektriksel mikrotomografiyle kurutmadaki değişim süresi gözlenmiştir. Çamurun akışkan yapısına bağlı özellikleri, çamurun yapısının anlaşılması için belirlenmiştir. Çalışmada kül eklenen çamurların daha çabuk kurudukları ve daha yüksek elastik modül ve viskozite gösterdikleri görülmüştür [27].

White P., 1998 yılındaki çalışmasında, vakumun susuzlaştırma hızını arttırmaya daha etkili bir yöntem olduğunu görmüştür. Başlangıçta 250mm Hg civarındaki vakumlar yerine 625mm Hg civarında basınç uygulayarak daha yüksek kapasitelerde daha kuru bir çamuru daha kısa zamanda elde edebilmiştir. Biyolojik çamurların kurutma yataklarında kurutulmasını etkileyen başlıca faktörler çamurun tipi ve katı içeriği,

çamur derinliği, çamurun biyokimyasal özellikleri, çamurun başlangıçtaki drene edilebilirliği, çamur kekinin geometrisi, buharlaşma, sıcaklık, bağıl nem, rüzgar, güneş radyasyonu ve yağıştır [28].

Al-Kassir A. ve diğ., çalışmalarında helezon tipi biokütle kurutucusunun dizaynı için bir boyutlu model geliştirmiştir. Modeldeki giriş verileri, biokütle ve kurutma gazının giriş sıcaklıkları ve debileridir. Kurutucu boyunca sıcaklığı ölçebilmek için deneysel bir düzenek kurmuştur ve deney sonuçlarına göre Frössling eşitliği kullanılan model deneysel verilere yakın sonuçlar vermiştir. 0,22 m iç çapa göre optimum kurutucu boyunu 3 m bulmuştur [29].

Salihoğlu N. K. ve Pınarlı P, atıksu arıtma çamurlarının güneş enerjisiyle kapalı yataklarda kurutulmasını incelenmiştir. Pilot tesisin verimi, çamur katı madde değişimi, kurutma süresi, patojen mikroorganizma giderimi dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Açık kurutmanın ucuz olduğu fakat yüksek koku ve sinek problemi olduğu belirtilmiştir. Kapalı sistemin, küçük ve orta ölçekli atıksu arıtma tesislerinde, kompost üretim tesisine dönüştürülebilecek ve bazı mevsimlerde geçici çamur depolama alanı olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir [30].

Parkson firması tarafından çamurları hacimce %75 katı hale getirmek amacıyla otomatik güneş enerjisi kurutucusu üretilmiştir. Bu sistemle buharlaştırma oranları kurutma yataklarına göre 3 kat artmıştır. Kurutmanın büyük kısmı güneş enerjisiyle gerçekleştiğinden buharlaştırılan 1 m³ su için 20-40 kWh enerji tüketilmiştir. Sistemin bileşenleri, ışık geçiren bir bölme, atmosferik algılayıcılar, hava panjurları, havalandırma fanları, karıştırma iskelesi ve otomasyon üniteleridir. Karıştırıcı iskele çamuru günde 10 kez karıştırarak oksijenlendirmekte böylece kokuyu azaltmakta ve buharlaşma hızını da arttırmaktadır. Kurutma bölmesi bir sera gibi inşa edilmiş, üzeri 3 katlı ve içi hava dolu şeffaf bir örtü ile kapatılmıştır [31].

Haralambopoulos D. ve diğ., atıksu çamuru, susuzlaştırma sürecini belirlemek için bir güneş durultucusunun içine konulmuştur. Deniz suyunu tuzsuzlaştıran güneş durultucularına benzer bir tasarım yapılmıştır. Kentsel atıksu arıtma tesisinden alınan çamurun suyunun uzaklaştırılması ve bazı parametrelerin Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM), Askıda Katı Madde (AKM) izlenmesi için 5 gün boyunca güneş durultucusuna konmuştur. Çamur bütün suyunu

kaybederken, durultucuda oluşan destile, sudaki kirletici miktarının uçucu organik bileşikler yüzünden arttığı görülmüştür [32].

Luboschik U., Kasım 1994'ten bu yana IST firması Kandern Hammerstein'de kendi geliştirdiği güneş enerjili bir çamur kurutucuyu kentsel atıksu arıtma tesisinde çalıştırmaktadır. Sonuçlar Almanya'nın güneyinde yılda 1 m² alanda çamurdaki 700-800 kg suyun buharlaştırılabildiğini göstermiştir [33].

Lazaar M. ve diğ., yaptıkları çalışmada, Akdeniz bölgesindeki seralarda gece ve gündüz sıcaklık farklılıkları sebebiyle ürün kalitesinin etkilendiğini, sera iç ortam şartlarının kontrolü için 1970'lerden itibaren rüzgar, ısı kaynağı ve güneş enerjisiyle aktif ve pasif sistemlerin kullanıldığını belirtmişlerdir. Isının suda ve zeminde depolandığı sistemlerin mevcudiyetinden söz etmişlerdir. Tasarlanan sistemde diğer çamur kurutma sistemlerinden farklı olarak iç ortamda oluşan sıcak hava dolgu yatakta depolanmaya ve içerdiği nem düşürülmeye çalışılmaktadır [34].

- Çamur içeriğindeki su ile ilgili bazı çalışmalar

Çamur suyunun termal yöntemlerle alınmasında Stasta P.ve diğ., 1 g. çamur suyunu buharlaştırmak için 614,02 kalori gerektiğini belirtmişlerdir. Buradan hareketle (614,02 kalori/g su – 600 kalori/g.su) 14,2 kalori/g su kadar saf su ile çamur suyunun buharlaştırılması için gereken fark enerji bulunur [35].

Kopp J. ve Dichtl N., yayında çamurdaki bağlı suyun bağlanma enerjisi (5 kJ/kg), çamurdaki serbest suyun bağlanma enerjisinden (0,28kJ/kg) büyüktür denmiştir [36].

- Diğer çalışmalara örnekler

Lee C.H. ve Liu J.C., tekli ve ikili polimerlerle çamurun şartlandırılması incelenmiştir. Kılcal Emme Zamanını (CST) ve Özgül Süzme Direncini (SRF) çamurun susuzlaştırılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılmışlardır. Yumak ve parçacık boyutları ile zeta potansiyelleri çamuru karakterize etmek amacıyla incelemişlerdir. Çalışma, iyonik olmayan polimerlerin katyonik polimerlere göre çamur şartlandırmada daha etkili olduğunu göstermiştir. Uzun zincirli iyonik olmayan polimerler, katyoniklere göre daha yüksek yumak dayanımı göstermiştir. İkili polimerlerle daha güçlü yumak yapısı elde edilmiştir [37].

Bala B. ve diğ., tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Bangladeş'in geçim kaynağı olan tarım ürünlerinden mango ve ananasın kurutulması için bir sistem tasarlanmıştır. Fanlarla iç ortam havalandırılmaktadır. Oldukça dar bir hacimde kontrolü daha kolay bir yapı oluşturulmuştur. Fanlar için gereken enerji fotovoltaiik piller ile sağlanmaktadır. Güneş radyasyonunun şiddetine bağlı olarak çalışan fotovoltaiik piller sayesinde artan ışınlı ihtiyaç duyulan fan gücü de otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Bu sistemde iç ortam sıcaklığı 34,1-64°C arasında değişim göstermiş ve 150 kg'a kadar dilimlenmiş ananasın kurutulması sağlanmıştır [38].

Berkun M. ve diğ., Türkiye'nin Karadeniz kıyılarını ele almışlardır. Hastane atıkları, tehlikeli atıklar, evsel atıklar ve endüstri atıklarının en yakın nehre veya denize döküldüğünü belirtmişlerdir. Bu atıkların önemli sorunlar oluşturduğunu görmüş ve uygun katı atık entegre sistemine ihtiyaç olduğunu tespit etmişlerdir [39].

Oña D. J. ve Osorio F., İspanya'da ham arıtma çamurunun karayolu inşaatında geleneksel dolgu maddelerine alternatif olarak kullanımı ve sağladığı kazançları araştırmışlardır. Sonuçta; geleneksel dolgu maddeleri kullanıldığında bir hektar genişliğindeki karayolu inşaatının maliyeti 50.000€ (toplam bütçenin %4'ü) olurken, çamur kullanıldığında ise hektara 3.600€ (toplam bütçenin %0,3'ü) olacağı hesaplanmıştır. Araştırmacılara göre, ham çamurun yol yapımında bir materyal olarak kullanımı daha önce hiç ele alınmamıştır. Ayrıca araştırmacılar bu uygulamanın halk sağlığı için bir tehdit oluşturmadığını da savunmaktadırlar. Ancak, bu uygulamanın halk sağlığı açısından bir tehdit oluşturmadığını anlamak için daha uzun vadeli bilimsel araştırmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir [40].

Lagerkvist A., İsveç'de 1994-2003 yılları arasında katı atık konusunu yapılan akademik doksan tez inceleyerek değerlendirmiştir. Bu konuda sanayi ve üniversite arasındaki etkileşimin yapılan tezlerde eksikliği tespit etmiştir [41].

Zabaniotou A ve Theofilou C., araştırmasında 22.000 m³ yaş çamuru atık pet şişelerle karıştırarak 1400 derecede yakmışlardır. Sonuçta insan sağlığına zararlı gaz salınımı gerçekleşmediğini gözlemlemişlerdir [42].

Hettiaratchi J. ve diğ., çalışmalarında, tek bir atık hücrede anaerobik parçalanma, aerobik ayrışma ve atık madencilik sıralı uygulamasını içeren ve biocell olarak adlandırılan gelişmiş bir çöp kavramını tartışmışlardır [43].

Kozak M., çalışmasında, tekstil atıklarının yapı malzemesi olarak kullanım alanlarını araştırmıştır. Tekstil ve tekstil üretim kollarındaki atıklar ve bu atıkların geri kazanılmasının önemi, Türkiye’deki atıkların bertaraf ve geri kazanım tesisleri ve kapasiteleri, tekstil atıklarının Türkiye’deki miktarları, geri kazanımı ve geri kazanım sonrasındaki kullanım alanlarını tespit etmiştir [44].

1.1. Çamurun Özellikleri

Çamurun sadece küçük bir kısmı katı madde, önemli bir kısmı sudur, bu nedenle büyük hacimler işgal etmektedir. Çamurdaki su, ya serbest su ya da partiküllere yapışık halde bulunmaktadır. Çamurdaki suyu 4 grup halinde incelemek gerekmektedir. Tablo 1.1’de aktif çamur içindeki suyun dağılımı görülmektedir.

Tablo 1.1. Tipik bir aktif çamurdaki suyun dağılımı [45]

Dağılım	Açıklama	% Hacim
Serbest Su	Çamur partiküllerine yapışık olmayıp, graviteli çökme ile kolayca ayrılır.	%75
Flok Suyu	Floklar içinde hapsedilmiş su olup, yumakla birlikte hareket eder, mekanik su alma işlemleri ile giderilebilir.	%20
Kapiler Su	Partiküller üzerinde yapışık halde bulunur ve partiküllerin sıkıştırılarak deformasyonları sonucu uzaklaştırılabilir.	%2
Kimyasal Bağlı Su	Partiküller içinde kimyasal olarak bağlanmış sudur	%2,5
Katı Maddeler		%0,5

Arıtma çamurları gördükleri çeşitli işlemlere ve içerdikleri su miktarlarına göre belirli bir yapıya ulaşmaktadırlar. Bu durumu pratik anlamda uygulamaya yönelik değerlendirmek Tablo 1.2’de görüldüğü gibi mümkün olmaktadır.

Tablo 1.2. Çamurların içerdikleri suya göre yapıları [45].

Değer (%)	Çamur Yapısı
%85	Sıvı ve pompalanabilir
% 75 - 65	Yapışkan, saptanabilir, henüz plastik, macunsu
% 65 - 60	Yapışkan değil, ufalanabilir, kırıntı yapı
% 40 - 35	Saçılabilir, dağılabilir, kalıcı sertlikde
% 15 - 10	Toz halinde

Evsel nitelikli atıksuların arıtıldığı arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurlarının özellikleri birbirine benzemekle beraber, endüstriyel kaynaklı arıtma çamurlarının özellikleri endüstriyel sektör ve alt sektörler bazında büyük farklılıklar göstermektedir. Her endüstrinin çamurunun özellikleri ayrı ayrı belirlenmelidir.

1.2. Arıtma Çamuru Karakteristiğinde Önemli Parametreler

Arıtma çamurlarını karakterize etmek için çok sayıda fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametre ve testler mevcuttur. Bunların yardımı ile arıtma çamurlarının işlenmesi ve bertarafı sırasında çevreye olan etkileri tayin edilebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen bu testlerle ilgili en önemli problem, testlerin yapıldığı laboratuvarlardaki yöntem ve uygulamaların farklı koşullar altında gerçekleştirilmesi nedeniyle elde edilen sonuçların farklı değerler vermesidir. Bu sorunu ortadan kaldırabilmek için Avrupa Standardizasyon Organizasyonu (CEN-C308) adlı bir Teknik Komite oluşturmuştur. Bu komite arıtma çamurları karakterizasyonu tayininde kullanılan metotların standardize edilmesine karar vermiştir. Buna ek olarak, konvansiyonel parametrelerin tayinleri arıtma çamurunun işlenmesi ve bertarafı sırasında uygulanan metot ile ilişkili olduğundan, üzerinde çalışma yapılan arıtma çamuru ile ilgili daha temel bilgiler üretebilen parametrelerin ve testlerin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

1.2.1. Çamur katı madde içeriği

Çamurun katı madde içeriği “mg/L” veya “%Katı Madde (%KM)” olarak ifade edilmektedir. Çamurdaki toplam katı madde mg/L olarak, Standart Metotlarda verilen prosedüre göre belirlenir ve belli hacimdeki numunenin 103°C’de etüvde buharlaştırılması neticesinde meydana gelen ağırlık kaybına göre hesaplanır [46].

Çamurun katı madde içeriği arıtma kademesine göre değişim göstermektedir. Örneğin; ön çökeltim havuzunda oluşan çamur %3–5, graviteli yoğunlaştırıcı çıkışı çamur %5–10 katı madde içermektedir. Tablo 1.3’de çeşitli arıtma kademelerinde oluşan arıtma çamurlarının tipik katı madde konsantrasyonları verilmektedir [47].

Tablo 1.3. Çeşitli Arıtma Kademelerinde Oluşan Arıtma Çamurlarının Katı Madde Konsantrasyonları [47]

Çamur Tipi	Katı Madde Konsantrasyonu (%)	
	Aralık	Tipik
Ön Çökeltim Çamuru	4,0 – 10,0	5,0
Aktif Çamur	0,8 – 2,5	1,3
Damlatmalı Filtre Humusu	1,0 – 3,0	1,5
Ön Çökeltim Çamuru + Aktif Çamur	0,5 – 1,5	0,8
Anaerobik Çürütülmüş Çamur	5,0 – 10,0	8,0

1.2.2. Çamurun ısı değeri

Çamurun ısı değeri, çamurun tipine ve içeriğindeki uçucu katı madde muhtevasına bağlıdır. Arıtılmamış ön çökeltim çamurunun ısı değeri, özellikle önemli miktarda yağ ve gres içeriyorsa çok yüksektir. Çürümüş çamur ham çamurdan daha düşük ısı değere sahiptir. Çamurun ısı değeri bazı düşük kaliteli kömürlerin ısı değerine (7700 cal/g kuru madde) eşdeğerdir. Ortalama olarak ham ön çökeltim çamurunun ısı değeri 6100 cal/g, aktif çamurun 5000 cal/g ve anaerobik çürümüş çamurun 2750 cal/g kadardır [45]. Çamurun nihai bertaraf edilmesi için termal işlemler uygulanacaksa mümkün olduğunca çamurun suyu alınarak ısı değeri arttırılmalıdır.

1.2.3. Toprakta kullanımı

Çamurun toprakta gübre olarak kullanılması yeni bir kavram değildir. Kullanım durumu çamur içindeki N, P ve K miktarına bağlıdır. Genellikle arıtma çamurlarında kimyasal gübrelerde bulunan değerden daha az miktarda bu maddeler bulunmaktadır. Suni gübre ile beslenen bitkiler çok hızlı büyümektedirler. Bu doğal olmayan yetiştirilme şekli sulu hücrelere neden olmakta ve protein miktarını düşürmektedir ve daha çok hastalık riski oluşmaktadır [48].

Evsel nitelikli arıtma çamurları içindeki su azaltıldıktan ve stabilizasyon işlemlerinden geçirildikten sonra tarımda kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Arıtma çamurlarının içindeki su, sahip olduğu bileşiklerden dolayı yeraltı suyunun kirlenmesine yol açabilmektedir. Aynı zamanda içeriğindeki ağır metal miktarının sınır değerleri aşıp aşmadığı sürekli izlenmelidir.

Evsel arıtma çamurlarında her tür patojen mikroorganizma bulunabileceğinden bunların doğrudan arazide kullanımı sakıncalıdır. Taze çamur, çürük çamura göre

hijyenik açıdan daha sakıncalı olup, işlenmemiş haldeki arıtma çamurlarının sebze tarımında kullanılması istenmemektedir. Ayrıca patojen mikroorganizma içeriği hayvanları tehdit eden bir unsur sayıldığından otlaklarda kullanılmamalıdır [45].

1.2.4. Çamurun ağır metal içeriği

Endüstriyel ve kentsel atıksu arıtma tesislerindeki arıtma çamurları farklı oranlarda ağır metal içermektedir. Göreceli olarak yüksek düzeylerde ağır metal içeren arıtma çamurlarının büyük miktarda üretimi, bu materyalin yeni ekolojik problemlere yol açmaksızın güvenli bertarafı için çözüm gereksinimini artırmaktadır. Özellikle arıtma çamurlarının araziye uygulanması ve tarımsal amaçlı kullanımında ağır metal içerikleri büyük önem taşımaktadır. 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan TKKY Ek II’de toprakta kullanılabilecek arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları Tablo 1.4’de verilmektedir.

Tablo 1.4. Toprakta kullanılabilecek arıtma çamurunda ağır metal muhtevaları [49].

Ağır Metal Muhtevaları	Sınır Değerler (mg/kg fırın kuru toprak)
Kurşun	1200
Kadmiyum	40
Krom	1200
Bakır	1750
Nikel	400
Çinko	4000
Civa	25

1.2.5. Çamurun depolanabilirliği

Arıtma çamurları susuzlaştırılıp stabil hale geldiğinde uygulanabilecek nihai bertaraf yöntemlerinden birisi çamurun deponi alanında depolanmasıdır. Deponi alanına gönderilecek çamurun 14.3.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ne göre susuzlaştırılması gerekmektedir. Buna göre; “Çamurların deponilere kabul edilmesi için içerdiği su oranının %65 olması gerekmektedir. Ancak, deponi yönetimi, çamurun su oranının daha fazla olması halinde, deponun stabilitesini bozmayacağı, koku problemi ortaya çıkarmayacağı kanaatine varılırsa, su oranı %75’e kadar olan çamurları kabul edebilirler” [50].

Bazı endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurları, tehlikeli ve zararlı atık sınıfına girmektedir. Bu tip çamurların monodeponilerde nihai bertaraf edilmesi daha uygun olmaktadır. Ancak uygulamada yeraltı ve yüzey sularının kirlenmemesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. 14.03.2005 tarih ve 25755 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde "Depolama işlemi sırasında alınan önlemlerin yeterli olduğu veya atığın özelliği sebebi ile depolama işleminde çevrenin olumsuz yönde etkileneceğinin ispat edilmesi hallerinde, atıklar depolanabilir veya bu amaçla depo tesisi kurulmasına izin verilebilir. Bu durumda da Ek-11 A'da belirtilen sınır değerler aşılamaz" hükmü yer almaktadır [51].

1.3 Arıtma Çamuru Bertarafı

Arıtma işlemi sonucunda oluşan çamurun atıksu arıtma tesisinden alınması ve uygun tekniklerle bertaraf edilmesi gerekmektedir. Çamur işleme, arıtma ve bertaraf sistemlerini tasarlayabilmek için arıtma sisteminde oluşan çamurun kaynağı, özellikleri, ve miktarının bilinmesi gerekmektedir. Yasal mevzuatların yanı sıra arıtma çamurunun işlenmesine ilişkin kararda maliyet önemli bir kriterdir. Maliyetler yerel şartlara ve işleme tesisinin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir.

Son uzaklaştırma yönteminin belirlenmesinde besi maddesi de dahil olmak üzere kimyasal bileşiklerin çoğunun bilinmesi önemlidir. Havasız çürütme sisteminin kontrolünde pH, alkalinite ve organik asit içeriğinin ölçülmesi oldukça önemlidir. Yakma ve arazide bertaraf metodunun uygulanması durumunda çamurdaki ağır metal, pestisit ve hidrokarbonlar ölçülmelidir. Yakma gibi termal proses kullanılacağında çamurun enerji içeriği de hesaplanmalıdır.

Çamurun kaynağı, prosesin tipi ve işletme metoduna göre çamur arıtma sistemleri değişiklik göstermektedir. Çamurun oluşum kaynakları Tablo 1.5'de verilmiştir [52].

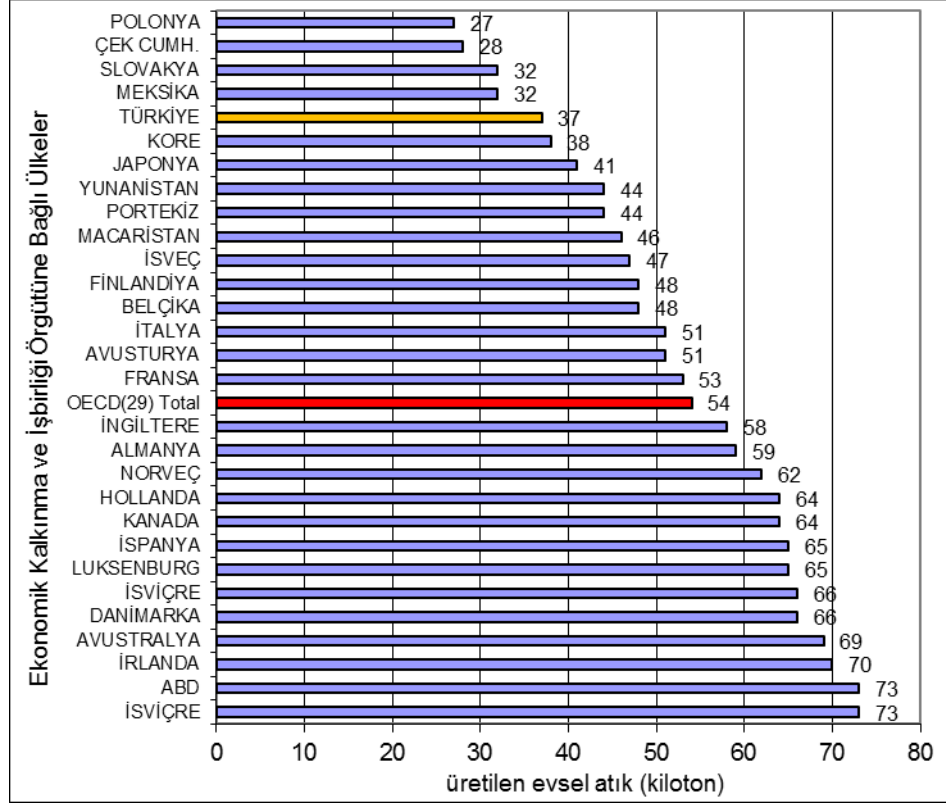
Tablo 1.5. Çamur arıtma metotları [52]

İşletme, proses ve arıtma metotları	Fonksiyonları
1. Birincil İşlemler	Çamur öğütme
	Kum ayırma
	Çamur karıştırma
	Çamur saklama
2.Yoğunlaştırıcı	Graviteli yoğunlaştırıcı
	Flotasyonlu yoğunlaştırıcı
	Santrifüjlü yoğunlaştırıcı
	Bantlı yoğunlaştırıcı
	Döner elekli yoğunlaştırıcı
3.Stabilizasyon	Kireç stabilizasyonu
	Isıl işlem
	Havasız çürütme
	Havalı çürütme
	Kompostlaştırma
4.Şartlandırma	Kimyasal şartlandırma
	Termal (ısı) şartlandırma
5.Dezenfeksiyon	Pastörizasyon
	Uzun-süreli saklama
6.Susuzlaştırma	Vakum filtre
	Santrifüj
	Pres filtre
	Çamur kurutma yatakları
	Çamur lagünleri
7.Isıl kurutma	Bantlı kurutucu
	Döner tamburlu kurutucu
	Çok hücreli kurutucu
	Çoklu etkili buharlaştırıcı
8.Termal Azaltma	Çok hücreli yakıcı
	Akışkan yataklı yakıcı
	Katı atıklarla birlikte yakma
	Islak-hava oksidasyonu
	Derin şaft reaktörü
9.Nihai Bertaraf	Arazide arıtma
	Dağıtım ve pazarlama
	Kimyasal sabitleme
	Düzenli depolama
	Lagünlerde biriktirme

1.4. Dünyada Arıtma Çamuru

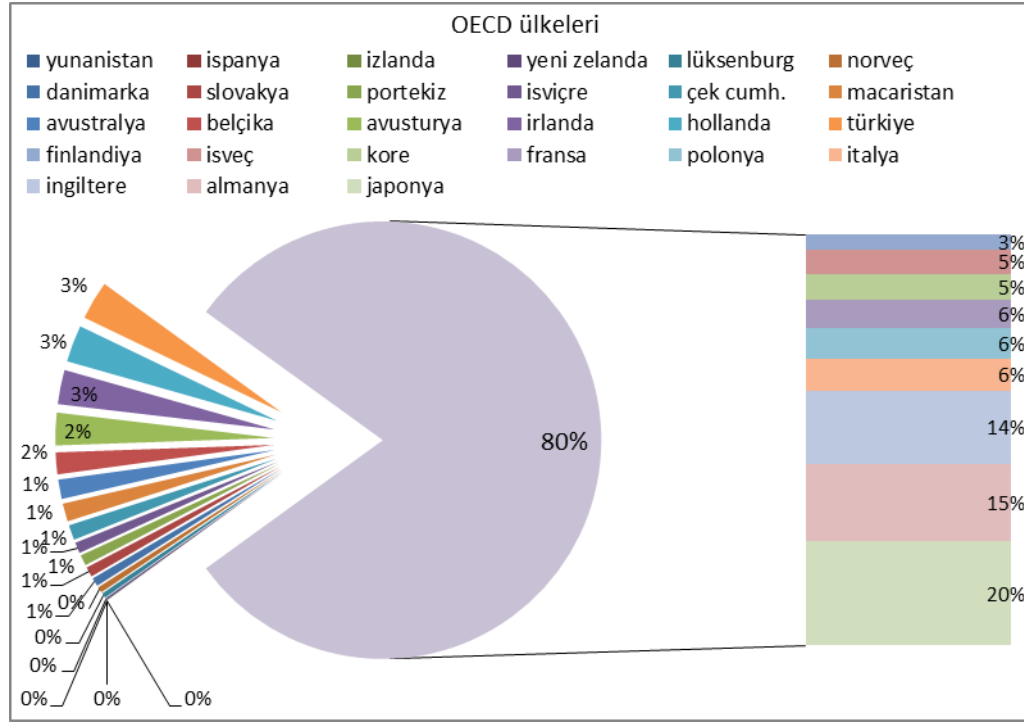
Dünyada uygulanan çamur bertaraf yöntemleri farklılıklar göstermektedir. En çok uygulanan nihai bertaraf metotları; toprak iyileştirici olarak tarımda kullanım, depolama, yakma ve denize deşarjdır [53].

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütüne (OECD) üye ülkelerin atık üretimlerini gösteren grafik Şekil 1.2’de verilmiştir. Belediye atıklarının nüfusa göre üretiminde İrlanda ve ABD 73 kiloton ile ilk sıradadır. Türkiye 37 kiloton atık üretmektedir. OECD ülkelerin ortalaması 54 kilotondur.



Şekil 1.2. OECD ülkelerinde 100000 nüfusta evsel atık üretimi (kiloton)

2008 OECD verilerine göre OECD ülkelerinde toplam atık üretiminde %21 ile en yüksek üretim Amerika Birleşik Devletlerine aittir. Bunu sırasıyla %15 ile Çin ve %10 ile Hindistan takip etmektedir. %0 gibi çok düşük bir değere sahip ülkelerden bazıları İsrail, Belçika, Danimarka, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Yunanistan, Lüksemburg, Yeni Zelanda, gelmektedir. Türkiye %3'lük atık üretimi ile en çok atık üreten 12. ülkedir. Ükelere ait % oranları Şekil 1.3’de verilmiştir.



Şekil 1.3. OECD ülkelerindeki atık üretim yüzdeleri 2005 yılı

Atıksu arıtma çamurunun bertarafı için değişik üye ülkelerin uyguladıkları (uygulayacakları) metotlar ve yaklaşımlarla ilgili bilgiler halen kesinlik kazanmış değildir. Bazı Avrupa ülkelerinde atık çamurlarının bertarafındaki ana uygulama yöntemi bunların düzenli depolama sahalarında gömülmesidir. %50–75 arasındaki uygulama bu yöndedir. Geri kalan (%25-35 arası) miktarlar zirai tarım bölgelerinde gübre amaçlı kullanılmakta veya parklar, saha ıslah işlemleri ve peyzaj gibi amaçlarla değerlendirilmektedir [54].

5.2 milyon nüfuslu Danimarka’da 1400 belediye bulunmaktadır. Bu belediyeler özel atık su arıtma tesisine sahiptir ve evsel ve sanayi atık su arıtımı yapmaktadır. Ayrıca nüfusun az olduğu yerlerde onaylı atık su arıtma tesisleri bulunmaktadır. Danimarkalı yetkililerin etkili kontrolü, gönüllüler ve yüksek atık vergileri yardımıyla özellikle kadmiyum, cıva, krom, nonylphenol ve çamur seviyesinde azalma olmuştur. 1994’te 170000 ton olan çamur miktarının 2002’de 120000 ton’a düştüğü görülmüştür. Ayrıca 2002’de çamurun yaklaşık %66’sı tarıma uygun topraklarda gübre olarak kullanılmıştır [55].

Karşılaştırması yapılan iki şehirden biri olan London-Ontario-Kanada’da kişi başı atık miktarı günlük 1,2 kg, diğer şehir Kumasi-Gana’da ise 0,6 kg’dır. Ayrıca 2006

yılında, London şehrinde oluşan 267.000 ton Kumasi'de ise 365.000 ton'a atık elde edilmiştir. London'da 2010 yılına kadar %15'lik artış beklenmektedir. 2006 yılında London'da atıkların %40'ı deponi alanlarında bertaraf edilmiştir [56].

Çek Cumhuriyetinde arıtma çamurlarının %34'ü tarım, %24'ü kompost, %21'i deponi, %17'si dolgu, %2'si diğer yöntemler, %1'i yakma ve %1'i yakıt olarak bertaraf edilmektedir [57].

ABD'de arıtma çamurlarının yüzde 33'ünün arazide kullanıldığı, arazide kullanılan bu çamurların %67'sinin tarım alanlarında, %3'ünün orman alanlarında, %9'unun arazi rehabilitasyonunda, %9'unun yeşil alanlarda ve %12'sinin torbalanarak satılma yoluyla bertaraf edildiği belirtilmektedir. AB ülkelerinde arıtma çamurlarının tarımda kullanımı %36 düzeyinde olup, Fransa, İngiltere, Norveç, İsveç ve İspanya'da %50 civarındadır. Japonya'da ise ülkedeki nüfus yoğunluğu ve alanların azlığı nedeniyle, arıtma çamurlarının %60'luk bir bölümü yakılarak bertaraf edilmektedir [58].

Çek cumhuriyeti arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamuru tarım arazilerine doğrudan veya dolaylı olarak uygulanarak dolgu toprak elde edilmektedir. 2010 yılındaki atık miktarının, 1995'teki atık miktarından %75 az olması EU 99/13/EC direktifleri ile zorunlu kılınmıştır. Fakat yakın gelecekte çamurun tarımsal alanda kullanım miktarı yaklaşık %50-55 oranında azaltılması planlanmaktadır. Çimento fabrikalarında yakmada NO_x limiti 30 mg/m³N, yakma tesisleri için ise 10mg/m³N olarak hükümet tarafından belirlenmiştir [59].

Rusya Federasyonu da çamurların nihai bertarafında arıtma tesislerinin farklı iklimsel koşullarda işletilmesi, arazi kaynakları, tarımda kullanılan gübrelere duyulan ihtiyaç gibi değişik faktörlere bağlı olarak çamurların yakılması ve depolanmasında çevresel problemler yaşamaktadır. Rusya Federasyonu'nda temel normlar arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılmasında çamurların kompozisyonunun ve karakteristiklerinin tayini üzerine oluşturulmuştur [54].

Tablo 1.6'da verilen 2008 OECD verilerine göre atık çamurunun bertarafında kullanılan yöntemlere göre çamuru ekosistemi bozmadan geri dönüştürmek ve/veya enerji elde etmek öncelikli konu haline almıştır.

Tablo 1.6. OECD ülkeleri atık bertaraf yöntemleri ve miktarları 2010 (1 Kton)

Ülkeler	Toplam	Enerji geri kazanımı	Enerji harici geri kazanım	Enerji kazanımı olmadan yakma	Yakma harici bertaraf
EU-27	2336140	89530	1144710	42260	1059640
EU-28	2338730	89650	1145110	42280	1061680
Almanya	349564	28423	241563	12646	66932
Avusturya	29751	1364	14982	1649	11756
Belçika	30358	4797	20414	1975	3172
Bulgaristan	159852	144	1819	2	157886
Çek Cumh.	18247	767	13220	55	4204
Danimarka	11343	2749	6767	0	1828
Estonya	17953	336	5956	0	11661
Finlandiya	105630	9847	31999	389	63395
Fransa	336021	14241	200677	7809	113294
Hırvatistan	2585	110	403	24	2048
Hollanda	113640	5835	57563	3552	46691
İngiltere	285674	316	189183	6343	89832
İrlanda	9421	168	3356	43	5854
İspanya	132688	2523	80289	412	49464
İsveç	110476	6261	16587	87	87541
İtalya	127156	2373	93037	6092	25655
Kıbrıs	2371	7	1381	7	976
Letonya	1006	63	312	0	630
Litvanya	4546	111	1062	2	3371
Lüksemburg	12546	32	6286	124	6105
Macaristan	13424	859	5125	82	7357
Makedonya	2106	0	331	1	1775
Malta	1202	0	129	7	1065
Norveç	6292	1280	2566	276	2170
Polonya	146580	3804	109695	369	32712
Portekiz	20115	2343	7583	419	9771
Romanya	212858	1507	16561	75	194716
Sırbistan	33059	26	565	1	32466
Slovakya	7692	255	3559	66	3812
Slovenya	5638	282	3885	35	1436
Türkiye	777471	126	197216	27	580102
Yunanistan	70390	126	11722	21	58520

Ulusal otoriteler (yönetimler) ham arıtma çamurunun, zirai kullanım veya kompostlaştırma gibi diğer uygulamalarla geri kazanımını en uygun yöntem olarak görmekte ancak bu çamurun yakılmasını en kötü yöntem olarak değerlendirmektedir. Buna rağmen TAÇKY’de (No:86/278/EEC) öngörülen gerekler yerine getirilmediği sürece bu çamurların tarım amaçlı kullanımına izin verilmemektedir. Söz konusu yönetmeliğin amacı arıtma çamurunun tarım alanlarında birkaç kez kullanımından oluşabilecek toksik maddelerin, özellikle ağır metallerin, birikmesini engellemektir.

Arıtma çamurlarının denize gönderilerek bertarafı günümüzde yasaklanmıştır. Atık su arıtma çamurunun düzenli depolama sahasında depolanması yasak değildir. Fakat depolama alanlarında bertarafı “DDSY” sayesinde kontrol altına alınmıştır. Söz konusu DDSY atıkların depolama sahasında depolanmalarından önce, bunların bütün

organik içeriklerinden arındırılması zorunluluğunu getirmiştir. Bu zorunluluk, atık çamur miktarının 2006'da %75, 2009'da %50, 2016'da ise %25'inin depolama sahalarında depolanması olarak öngörülmüştür. 1995 yılından buyana toplam arıtma çamurunun %80'inden fazlasını düzenli depolama sahalarında bertaraf etmiş üye ülkeler, hedefe ulaşmayı 4 yıllık bir süre için erteleyebileceklerdir [60].

Fakat sınırlı alanlardaki düzenli depolama sahalarının kapasitesi miktarları her geçen gün artan arıtma çamurlarını muhafaza etmeye yetmemektedir. Bu sorunun çözümü, her yıl yaklaşık olarak 4 milyon ton mertebesinde arıtma çamuru ortaya çıkaracak olan ve atık sularını henüz arıtmayan ancak arıtmak üzere yeni tesisleri devreye almak zorunda bulunan ülkeler için daha da zordur [54].

1.5. Türkiye’de Arıtma Çamuru

Atıksu arıtma tesislerinde fizikokimyasal ve biyolojik reaksiyonlar sonucu oluşan çamurun doğrudan alıcı ortama boşaltımı kanun ve yönetmelikler ile yasaklanmıştır. Arıtma çamurlarının bertarafına yönelik ülkemizdeki son yasal düzenleme 31.05.2005 tarih ve 25831 nolu Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren TKKY’de yapılmıştır. Bu yönetmeliğin madde “10b” bendi uyarınca sınır değerleri aşmayan stabilize arıtma çamurlarının toprakta kullanılması izne tabidir. Toprağın ve çamurun fiziksel ve kimyasal özellikleri, ağır metal içerikleri, pH’ları, çamurun uygulanma sıklığı, uygulanan ürünlerin türleri, besin zincirine dahil olunması ile oluşabilecek riskler, özel koruma alanları, taşkın sahaları vb. birçok unsur stabilize çamurların toprağa uygulanmasında dikkate alınan hususlardır. Bütün bunları sağlayacak şekilde bir uygulama yapılsa dahi çamur ve toprak özelliği, uygulanan alan, miktar ve ürün belirli aralıklarla analiz edilerek raporlanmak zorundadır. Yönetmeliğin madde “13b” bendi uyarınca “Atıksu arıtma tesislerinden çıkan evsel ve kentsel arıtma çamurları toprakta kullanılmayacaksa, 14/3/1991 tarihli ve 20814 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan KAKY hükümleri doğrultusunda katı atık depolama sahalarında bertaraf edilmesi gerekmektedir.” denilmektedir. Bu yönetmeliğe göre ise çamurun ilgili yönetmeliğinin ek bölümünde belirtilen sınır değerleri geçmemesi ve en az %35 KM içermesi gerekmektedir.

2012 yılında 83 atık bertaraf tesisi ve 589 geri kazanım tesisi olmak üzere toplam 672 tesis faaliyet göstermektedir. Bu tesislerde:

- Toplam kapasitesi 480 milyon m³ olarak tespit edilen 80 düzenli depolama tesisinde 24 milyon ton atık bertaraf edilmiştir.
- Toplam kapasitesi 61 bin ton/yıl olan 3 yakma tesisinde 47 bin ton tehlikeli ve 3 bin ton tehlikesiz olmak üzere toplam 50 bin ton atık bertaraf edilmiştir.
- Toplam kapasitesi 389 bin ton/yıl olan 6 kompost tesisinde 159 bin ton atık işlem gördü ve 26 bin ton kompost üretilmiştir.
- Ayrıca atık geri kazanımı lisanslı 32 beraber yakma (ko-insinerasyon) tesisinde 539 bin ton atık yakılarak enerji geri kazanımı gerçekleştirilmiştir.
- Lisanslı diğer 551 atık geri kazanım tesisinde ise toplam 9,5 milyon ton atık metal, plastik, kağıt vb. geri kazanılmıştır.

2012 yılında 2950 belediyenin 2894'ünde atık hizmeti verilmektedir. Bu belediyelerden, 2012 yılı yaz mevsiminde 14,6 milyon ton, kış mevsiminde 11,2 milyon ton olmak üzere toplam 25,8 milyon ton atık toplanmıştır.

2012 yılında belediyelerde toplanan kişi başı günlük atık miktarı, yaz mevsimi için 1,14 kg, kış mevsimi için 1,09 kg, yıllık ortalama ise 1,12 kg olmaktadır.

Atık toplama ve taşıma hizmeti verilen belediyelerde toplanan 25,8 milyon ton atığın, %59,9'u düzenli depolama tesislerine, %37,8'i belediye çöplüklerine, %0,6'sı kompost tesislerine gönderilmiştir, %1,7 ise diğer yöntemler ile bertaraf edilmiştir.

2950 belediyeden 2300'ü kanalizasyon şebekesi ile hizmet vermektedir. Kanalizasyon şebekesi ile toplanan 4,1 milyar m³ atıksuyun %45,3'ü denize, %44,6'sı akarsuya, %2,8'i baraja, %1,8'i göl-gölete, %0,9'u araziye ve %4,6'sı diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. 4,1 milyar m³ atıksuyun 3,3 milyar m³'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan atıksuyun %38,3'üne gelişmiş, %32,9'una biyolojik, %28,5'ine fiziksel ve %0,3'üne doğal arıtma uygulanmıştır. Arıtılan atıksuyun %52,7'si denize, %39,2'si akarsuya, %1,9'u baraja, %1,1'i göl-gölete, %0,3'ü araziye ve %4,8'i diğer ortamlara gönderilmiştir.

Belediyeler tarafından kanalizasyon şebekesi ile deşarj edilen kişi başı günlük ortalama atıksu miktarı 190 litre olarak belirlenmiştir. Günlük kişi başı ortalama atıksu miktarı İstanbul için 224 litre, Ankara için 197 litre, İzmir için 230 litre, Kocaeli için 215 litre olarak hesaplanmıştır.

İmalat Sanayi 2012 yılında 1,8 milyar m³ su çekmiştir. Suyun %65,3'ü denizden, %17,1'i kuyudan, %4,8'i barajdan, %3,9'u OSB şebekesinden, %3,5'i akarsudan, %1,8'i şehir şebekesinden, %1,7'si kaynaktan ve %1,9'u diğer su kaynaklarından temin edilmiştir. Çekilen suyun %72,9'u soğutma suyu olarak kullanılmıştır.

İşyerleri tarafından 2012 yılında toplam 1,5 milyar m³ atıksu deşarj edilmiştir. Deşarj edilen atıksuyun %77,8'inin soğutma suyu olduğu tespit edilmiştir. Toplam atıksuyun %77,5'i denize, %9,6'sı akarsuya, %7,3'ü OSB kanalizasyonuna, %3,9'u şehir kanalizasyonuna, %1,6'sı ise diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Alıcı ortamlara deşarj edilen 1,2 milyar m³ soğutma suyunun %0,9'u arıtılırken, soğutma suyu haricinde deşarj edilen 342 milyon m³ atıksuyun ise %51,9'u arıtılmıştır. Arıtılan 51 milyon m³ atıksu ise tesis bünyesinde yeniden kullanılmıştır.

İmalat sanayi işyerlerinde 2012 yılında 14 milyon ton atık oluşmuştur. Atığın; %5'i tesis bünyesinde geri kazanılmış, %43'ü satılmış veya lisanslı bertaraf ve geri kazanım firmalarına gönderilmiş, %33,5'i düzenli depolama sahalarında, %3,8'i çöplüklerde bertaraf edilmiştir, %11'i işyeri sahasında depolanmış, %1,1'i beraber yakma (ko-insinerasyon) ya da yakma tesislerinde yakılmış, %2,6'sı ise diğer yöntemlerle bertaraf edilmiştir.

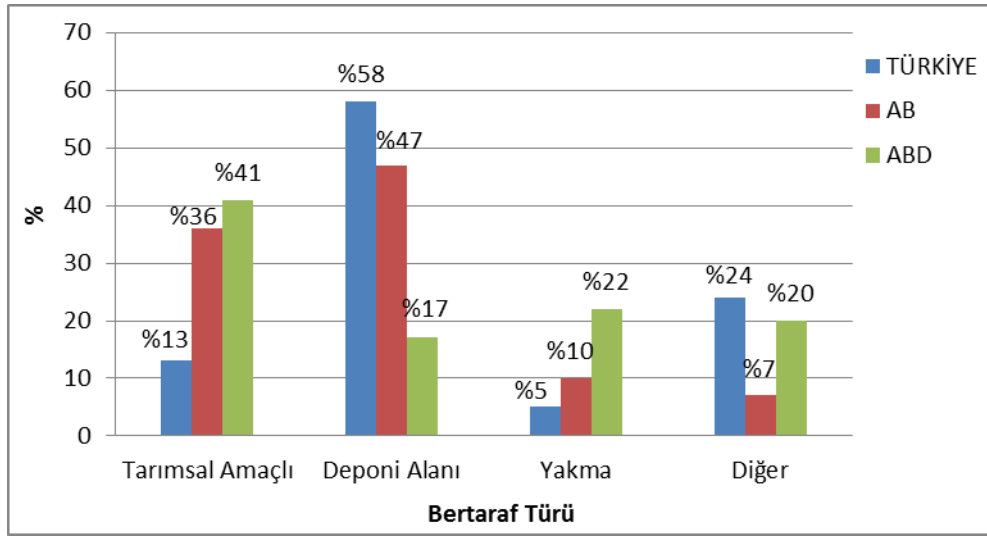
2012 yılında faal olan 181 OSB bulunmaktadır ve su şebekesi ile dağıtılmak üzere 138 milyon m³ su çekilmiştir. Bu suyun %44'ü kuyudan, %17,7'si kaynaklardan, %13,1'i şehir şebekesinden, %25,2'si ise baraj, göl-gölet ve akarsulardan çekilmiştir.

OSB kanalizasyon şebekelerinden 2012 yılında toplam 235 milyon m³ atıksu deşarj edilmiştir. Atıksuyun %72,3'ü akarsuya, %10,9'u şehir kanalizasyonuna, %6,8'i kuru dere yatağına, %10'u ise diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir.

OSB atıksu arıtma tesislerinde 2012 yılında arıtılan 192 milyon m³ atıksuyun %53,7'sine gelişmiş, %46,3'üne ise kimyasal veya biyolojik arıtma uygulanmıştır.

OSB'ler tarafından ya da OSB adına 2012 yılında 421 bin ton atık toplanmıştır. Toplanan atığın 13 bin tonu OSB bünyesinde, 81 bin tonu OSB dışında geri kazanılmıştır, 327 bin tonu ise bertaraf edilmiştir. Bertaraf edilen atık miktarının %51,3'ü düzenli depolama sahalarında, %31,8'i çöplük sahalarında, %16,9'u ise diğer yöntemlerle bertaraf edilmiştir.

Türkiye'nin atık sularına ait TÜİK'ten alınan veri göstergeleri EK-B'de verilmiştir. Aşağıdaki Şekil 1.4'de 2010 yılı için Türkiye, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletinin arıtma çamurlarını bertaraf etme yolları görülmektedir. Görüldüğü üzere Türkiye ve AB ülkelerinde çamurlarının deponi alanlarında bertarafı birinci sırada gelmektedir. Yakmanın Türkiye'de en son düşünülen bertaraf türü olduğu görülmektedir. ABD'de ise sırasıyla; büyük bir kısmı tarımsal amaçlı kullanıma yakmaya, en az deponi alanına gönderimle bertaraf yapılmaktadır.



Şekil 1.4. Arıtma çamurunun Türkiye, AB ve ABD'de ki bertaraf türleri

1.6. Kocaeli'nde Arıtma Çamuru

İzmit Körfezinde, şehir ve sanayi yapılaşmasının neden olduğu atıksuların denizi ve ekolojik yapıyı kirletme potansiyeli bulunmaktadır. İSU Genel Müdürlüğü tarafından işletilen arıtma tesisleri ile Körfez'e giden atık suların tamamı 10 adet biyolojik arıtma tesisinde günlük ortalama 385.000 m³ su olarak arıtmaktadır.

İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi endüstriyel ve evsel olarak iki grupta atık suları toplanmaktadır. Günlük uzaklaştırılan çamur miktarı 250 ton ve atık sudan uzaklaştırılan çamur miktarı 620 gr/m³'dür. Böylece 230 ton çamurun denize gitmesi ve atık su içindeki zararlı bakteri ve metallerin engellenmesi sağlanmaktadır. Kocaeli iline ait Belediye atıksu göstergeleri EK-3'de verilmiştir. Arıtma tesislerinin hizmet verdiği yerleşim alanları ve teknik özellikleri şöyledir:

Plajyolu Atıksu Arıtma Tesisi: Derince ilçesinin bir kısmı ile İzmit ilçesinin Kandıra yolunun batısında kalan yerleşim alanlarının atık sularını ileri azot ve fosfor gideren uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi ile arıtmaktadır.

Karamürsel Atıksu Arıtma Tesisi; Ulaşlı, Ereğli, Karamürsel yerleşim alanlarının evsel nitelikli atıklarını uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi ile arıtmaktadır.

Yeniköy Atıksu Arıtma tesisi: Bahçecik, Yeniköy, İhsaniye, Gölcük, Değirmendere yerleşim alanlarının evsel nitelikli atık sularını ileri azot ve fosfor gideren uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi ile arıtmaktadır.

Kullar Atıksu Arıtma tesisi; Kullar, Köseköy, Yuvacık, Arslanbey, Suadiye, Alikahya, Uzunçiftlik, Hikmetiye ve İzmit'in doğu yerleşim alanlarının evsel nitelikli atık sularını uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi ile arıtmaktadır.

42 Evler Atıksu Arıtma Tesisi; İzmit'in doğusunda yer alan 20 endüstri kuruluşunun endüstriyel nitelikli atık suları ile Sanayi Mahallesinin evsel nitelikli atık sularını bertaraf etmek üzere tasarlanmıştır. Tesis evsel ve endüstriyel atık suların sadece karbon kaynaklı biyolojik oksijen ihtiyacını (BOİ5) gidermektedir.

Körfez Atıksu Arıtma Tesisi: Derince, Körfez ve Hereke ilçelerinin evsel nitelikli atık sularını bertaraf etmek üzere tasarlanmıştır.

Gebze Atıksu Arıtma Tesisi: Çayırova, Şekerpınar, Eskihisar, Darıca ve Gebze ilçelerinin evsel nitelikli atık sularını ileri azot ve fosfor gideren uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi ile arıtmaktadır.

Katı Atık Yakma Tesisi İZAYDAŞ, Türkiye'de ilk Kocaeli'nde kurulmuştur. Fakat artan atık miktarı nedeniyle Büyükşehir Belediyesi tarafından arıtma tesisleri çamurlarını yakmak için bir tesis daha yapılması kararlaştırılmıştır. Bu tesiste özellikleri bakımından Türkiye'de bir ilk olacaktır.

Tablo 1.7'de İZAYDAŞ dışında Kocaeli ilinde özel teşebbüs olarak faaliyet gösteren belli başlı atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinin 2010-2011-2012 yıllarındaki faaliyetleri kapsamında bertaraf edilen atık miktarları (ton) olarak yer almaktadır.

Tablo1.7. Belli Başlı Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri

Tesisler	2010	2011	2012
Aslan Çimento A.Ş.	32.350	39.357	21.594
Nuh Çimento Sanayi A.Ş.	63.144	62.939	75.208
Anel Doğa Entegre Geri Dönüşüm End. A.Ş	0	15	22
Chimirec Avrasya End. Atık San. ve Tic. Ltd.	182	663	656
RDF Kontamine Atık Bertaraf ve Geri Kazanım San. Tic. Ltd. Şti.	0	992	4978
Bumerang Atık Bertaraf ve Geri Kazanım San. Tic. Ltd.Şti.	10.631	14.927	17.074

Sanayileşmeyi sistemli ve planlı hale getirmekte önemli bir araç olan Organize Sanayi Bölgeleri, Kocaeli ilini ülkemizin sanayi üssü konumuna getirmede önemli rol üstlenmişlerdir. Tablo 1.8’de Kocaeli ilindeki OSB’lerin kendi ürettikleri ve çevrelerinde üretilen atıksuların arıtılmasına yönelik sahip oldukları tesislerin debi, çamur ve elektrik kapasiteleri bulunmaktadır. Dilovası OSB gerek debi ve çamur gerekse elektrik kapasitesi ile önemli bir arıtma tesisi büyüklüğüne sahiptir.

Tablo 1.8. Kocaeli ilindeki OSB’lerin kapasiteleri

OSB ADI	Debi (m³/gün)	Elektrik (kwh/yıl)	Çamur (ton/yıl)
TOSB	4.400	67.910	200
DOSB	11.000	22.265.709	2.400
GOSB	6.400	1.157.194	72
GEBZE GÜZELLER	2.000	106.027	57
GEPOSB	1.500	477.385	36
GEBKİM	150	210.000	12

2. KURUTMA İŞLEMLERİ

Arıtma tesislerinden çıkan çamurun kolayca uzaklaştırılabilmesi için sıvı halinden çıkıp katı hale dönmesi gerekmektedir. Bu nedenle çamura, içerdiği su miktarının azaltılması için, değişik işlemler uygulanmaktadır. Su içeren çamurlar mekanik olarak belirli ölçülerde susuzlaştırılabilir. Bu seviyenin üzerinde susuzlaştırma için ısı yöntemleri kullanılması gerekmektedir.

Kurutma işlemi atık çamurunun içindeki su miktarını azaltıp katı madde miktarını arttırmak için yapılan bir işlemdir. Şekil 4’de arıtma tesisinden çıkan ve % 4 KM’ye sahip 25 Ton çamur, mekanik olarak %25 KM oranına getirilmesi ile 4 Ton kalmaktadır. Çamur termal işleminden de geçirilirse % 95 KM’ye sahip olacak ve 1 Ton kalacaktır. Böylelikle depo alanlarına götürülürken hacim azalmasından dolayı yine Şekil 2.1.’de görüldüğü gibi daha az yer kaplayacak ve taşıma maliyeti azalacaktır.



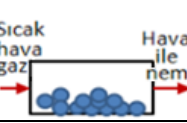
Şekil 2.1. Atık çamurun farklı işlem düzeylerindeki miktarları.

Mekanik su gidermesi yapılmamış olan ham çamurun KM oranı yaklaşık %2 civarında olmaktadır. Eğer çürütme işlemi yapılırsa bu oran %6 oranına kadar yükselmektedir. Çürütme işleminden önce veya sonra çamur, mekanik su gidermeye

tabi tutulursa yaklaşık %25 KM oranına sahip olmaktadır. Termal kurutma ile ise bu oran %95'e kadar çıkmaktadır [61].

Termal metotlar ısı uygulayarak çamurdan suyu uzaklaştırmaktadır. Termal kurutma çamurun nem içeriğini mekanik su giderme yöntemleriyle elde edilenin çok altına düşürmektedir. Kurutma işleminde kurutulmak istenen maddeye doğru ısı transferi söz konusudur. Böylece maddenin iç kısmında bulunan nem sıvı veya buhar halinde maddenin yüzeyine transfer olmaktadır. Ayrıca madde yüzeyindeki su hava akımı içerisinde buharlaşmaktadır. Termal kurutmanın avantajları; düşük taşıma masrafları patojenlerin azaltılması ve kurutulmuş çamurun daha iyi depolama ve pazarlama imkanları vermesidir. Termal olarak kurutulmuş çamur, gübre ya da toprak iyileştiricisi olarak kolayca pazarlanabilmekte ve deponi ve insinerasyonda da kabul görmektedir.

Tablo 2.1. Temel kurutma yöntemleri

Doğal (güneşte) kurutma	Isıtılmış hava ile (kontak) kurutma	Vakum kurutma	Dondurarak kurutma
			

Çamur kurutma işlemi için ön adım olan çamur susuzlaştırma işlemi çamurlara uygulanan arıtım işlemleri arasında en önemli adımı oluşturmaktadır. Çamur susuzlaştırma sonrasında %20-25 olan kuru madde içeriğinin kurutma sonrasında %90'a çıkarılmasıyla önemli derecede çamur kütleinde azaltma dolayısıyla taşıma ve bertaraf maliyetinde düşüş sağlanabilmektedir.

Çamurun kurutulması, çamur içerisindeki suyun katı kısımdan ayrılarak buharlaştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Çamur içerisindeki su farklı özellikler gösterdiği için genel olarak iki ana kısımda düşünülmektedir. Birincisi; katı taneciklere bağlı olmayan serbest su, diğeri; buharlaştırılması zor olan bağlı su kısmıdır [62]. Her çamur kurutma prosesi, çamur kompozisyonu ve çamurdaki suyun dağılımı sebebiyle farklılıklar göstermektedir. Nihai çamur bertaraf yöntemine göre farklı nem içeriklerine sahip çamur eldesi için hem doğal hem mekanik susuzlaştırma ve kurutma yöntemleri geliştirilmiştir.

Güneş enerjisi; kurutma sistemlerinde doğrudan veya yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılabilir [63]. Doğal susuzlaştırma ve kurutma yöntemlerinde ana enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi geleneksel olarak seraların ısıtılmasında [64,65] veya gıda ve tahıl kurutmada kullanılmaktadır [66,67]. Güneşle atıksu arıtma çamurlarının kurutulması konusunda yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalarda kentsel atıksu çamurlarının hacimlerinin azaltılması ve ilave stabilizasyon amacıyla gelişmiş güneşle kurutma tesislerinden bahsedilmektedir [68].

2.1. Şartlar – Miktar ve Kurutma Oranları

Temelde, arıtma çamurunun kurutulması için, özel bir ön şart bulunmamaktadır. Bu, evsel AAT kaynaklı çamurların doğru şekilde tasarlanan ve işletilen kurutma tesisinde işlenebileceği anlamına gelmektedir. Her endüstriyel işlemde olduğu gibi, göz ardı edilemeyecek husus ise ton başına maliyetin az miktarlarda artacağıdır.

Evsel kaynaklı arıtma çamurunu işleyen küçük bir tesis saatte 0,5 ton'dan az su buharlaşmaktayken, büyük bir tesis için bu miktar 30 ton/saat olabilmektedir. Kapasitede ki büyük varyasyonun nedenleri aşağıda verilmiştir:

- Atık su arıtma tesisinin büyüklüğü (akış m^3 /saat)
- Kirlilik, kuru katı (kg)/atık suyun hacmi (m^3)
- Arıtım türü – kimyasal/biyolojik vs.
- Sindirilmiş/Sindirilmemiş arıtma çamuru (Arıtma çamuru sindirildiğinde, organik maddeler biyogaza dönüştüğünden KK miktarı yaklaşık %20 azalacaktır.)
- Kurutulmuş arıtma çamuru içindeki kuru katı miktarı (Arıtma çamuru, kurutmadan hemen sonra yakılacak ise KK miktarı %40-50 mertebesine yükseltilmektedir. Arıtma çamuru çok amaçlı kullanım için (ör: gübre, yakıt) paketlenenirse KK oranı %90-95 mertebesine çıkartılıp, granüle edilir)

2.2. Kalite

Kurutma işlemini uygulamak için herhangi bir işlem öncesi koşullandırmaya ihtiyaç bulunmamaktadır. Fakat kurutulmuş arıtma çamuru için kalite kriterleri, uygulamaya bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Arıtma çamurunun kalitesi aşağıdaki kriterlere göre değişiklik göstermektedir:

a. Organik katıların içeriği

- b. Bitkilerin kullanabileceği besin içeriği, genel olarak fosfor, potasyum ve azot
- c. Su emme ve tutma özelliği
- d. Ağır metal içeriği
- e. Patojenik bakteri ve fungal (mantar), virüs içeriği ve toksinler
- f. Patojenik mikro organizmaların tekrar oluşum süresi

Bu maddelerden b ve d atık suyun içeriğine ve arıtma tekniğine bağlıyken, a ve c organik madde sindirimi ile bağlantılıdır.

Gerçek akış şekli, kurutucu çeşidi ve her ürünlerdeki KK miktarı gibi etkenlere bağlıdır. Kurutucular arasında farklılıklar bulunmaktadır. Isı geri kazanımında dolaylı kurutucuyla daha etkin, direk kurutucular ayrı granülizasyon gerektirmeyebilir.

2.3. Kurutma Yöntemleri

Yaklaşık olarak 20 kurutma makinesi üreticisi vardır. Değişik kurutma metotları ve teknolojileri arasında en belirgin olanı direk (direct) ve dolaylı (indirect) metotlardır. Direk kurutucularda, madde (arıtma çamuru) ile buharlaşma sağlayan ve aynı anda su buharını sistemden çıkaran ısıtılmış gaz arasında direk temas vardır.

2.3.1. Dolaylı (Indirect) kurutucular

Dolaylı kurutucularda, kurutulacak maddeye, dolaylı olarak, bir ısı transfer yüzeyi aracılığı ile ısı iletilmektedir. Bu sistemde ısı aracı arıtma çamuru ile direk temasta değildir. Oluşan su buharının taşınması için küçük bir hava akımı kullanılabilir. Fakat genel olarak dolaylı kurutucularda hiç hava kullanılmamaktadır, bu, koku giderme masrafını en aza indirirken ısı yalıtımını en üst seviyede tutmaktadır.

2.3.2. Direkt (Direct) kurutucular

Direkt kurutucularda, kurutmak için kullanılan gazın ısısı, arıtma çamuruna direkt olarak (doğrudan) aktarılmaktadır. Bu işlem gaz ve arıtma çamuru maddesinin arasında yoğun bir temas olmasını gerektirmektedir. Direk kurutucular arasında en sık kullanılan ekipman döner davul kurutucuları ve akışkan yataklı kurutuculardır.

Gaz ve artıma çamuru arasında oluşan yoğun temas ve iyi ısı transferi sonucunda direk kurutucuların spesifik performansları dolaylı kurutuculardan daha iyidir. Buna

ek bir avantaj olarak direk kurutucular mekanik tasarım olarak daha basittirler. Öte yandan direk kurutucuların aşağıdakiler gibi dezavantajları vardır:

- Kullanılan gazlar yüksek oranda kirletici (özellikle de koku yapan bileşenler) taşımaktadır. İşlemin bu sonucu önemli derecede gaz arıtımına neden olmaktadır
- Bu tür kurutucular düşük ısılarda çalışmaya daha az uygundur. Bu durum özellikle döner davul kurutucusu için geçerlidir
- Patlama riski vardır.

Gazların sisteme tekrar devir daim edilmesi mümkün olsa da bu çok daha karmaşık kurutma ekipman tasarımı gerektirmekte ve böylelikle direkt kurutucuların avantajlarını önemli ölçüde azaltmaktadır. İki sistem yaygın olarak kullanılsa da direk ve dolaylı kurutma teknolojileri arasındaki seçim arıtma çamuru karakteristiklerine ve çeşitli yerel faktörlerle yakından ilişkilidir.

2.4. Kurutmanın Avantajları ve Dezavantajları

Harcanan enerji açısından bakılırsa bir kütleden suyun, buharlaştırması/kurutulması yöntemiyle çıkarılması başka mekanik metotlarla karşılaştırıldığında (sıkıştırma ve santrifüj) maliyeti genel olarak daha yüksektir. Bu nedenle kurutma öncesinde yeterli derecede mekanik olarak su çıkarma işlemi gerçekleştirilmelidir.

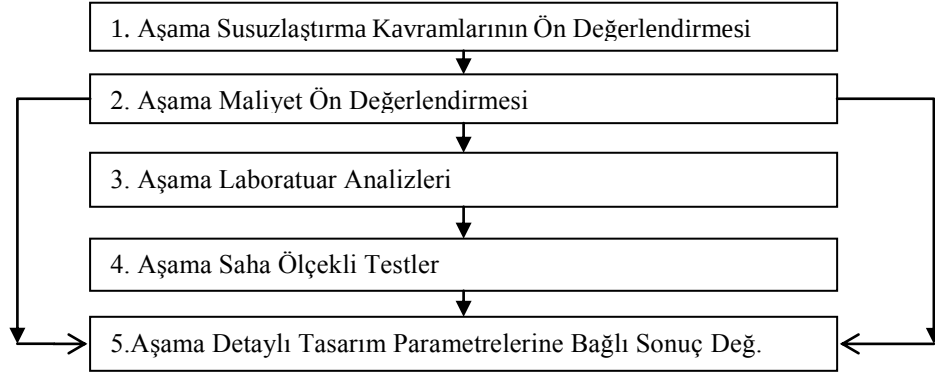
Granül üretme işlemini içeren kurutma tesisleri diğer metotların çoğuna göre daha fazla mali yatırım gerektiriyor olsa da, arıtma çamurunun hacminde büyük miktarlarda azalmaya neden olmakla beraber depolanabilen ve hijyenik bir ürün elde edilmektedir. Ayrıca hacimdeki büyük azalmadan dolayı kuru arıtma çamuru nakliye, işleme ve depolama maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Öteki metotlarla karşılaştırıldığında arıtma çamurunun kuru halde olmasının en büyük avantajı ise son ürünü pazarlayabilme olasılığıdır:

- Tarım ve ormancılıkta gübre olarak kullanılması
- Çimento, enerji ve yakma tesislerinde yakıt olarak kullanılması
- Üst toprak peyzajı, dolgu ve düzenli depolama için kullanılması.

Isı ile kurutulmuş arıtma çamurunun hijyenizasyon ve önemli ölçüde hacim azaltma işleminden geçirilmiş olması çoğu uygulama için büyük önem kazanmaktadır.

2.5. Kurutma Yöntemi Seçimi

İşletmenin kurutma işleminden verim alabilmesi en uygun kurutma makinesinin seçimi ile mümkündür. Çamur susuzlaştırma yöntemi seçimindeki aşamalar Şekil 2.2'deki gibi sıralanabilir [69].



Şekil 2.2. Susuzlaştırma Prosesinin Seçiminde Uygulanan 5 Aşama [69]

1. Aşama: Susuzlaştırma prosesinin ön değerlendirilmesinde, tesis boyutuna ve mevcut ünitelere uygunluk, çamurun tipi ve miktarı, nihai bertaraf tekniklerine uygunluk, işçi ve saha imkanlarına uygunluk, çevresel faktörler gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

2. Aşama: Maliyet ön değerlendirme, uygun susuzlaştırma proseslerinde tasarım ve işletme kriterlerine dayalı en iyi tahminin yapılması için bu değerlendirme gerekmektedir. Bazı durumlarda; bu aşamada 4-5 farklı susuzlaştırma prosesini içeren 10-20 çamur bertaraf alternatifi değerlendirilir. Genellikle en düşük maliyete sahip 3-5 kadar alternatif detaylı incelemeye alınır.

3. Aşama: Laboratuvar analizleri, 2. aşamada seçilen uygun alternatiflerden en iyi olanların belirlenmesinde kullanılır. Bu analizler tesiste veya ekipman üreticilerin laboratuvarlarında yapılabilir. Bu testlerin kaynağın yakınında yapılması nakliye sırasında meydana gelecek değişikliklerin önlenmesi ve taze çamur özelliklerinin korunabilmesi açısından önemlidir. Karışık çamurda günlük değişimler bile büyük hatalara yol açabilir. Küçük tesisler hariç analizlerde saha çalışmaları yapılmalıdır.

4. Aşama: Saha ölçeğinde çalışmalar, tesis boyutları büyükse ve/veya çamur su içeriği kritik ise bir veya birden fazla uygun susuzlaştırma yöntemi pilot ölçekli

alışmalar ile incelenir. Çamur zellikleri oldukça geniş bir aralıktaki salınım göstereceğinden pilot çalışmaları, proses seçimi ve boyutlandırılmasındaki hataları önemli ölçüde dşurecektir. Böylece fayda/maliyet analizi daha rahat yapılacaktır. Eğeri iki tip susuzlaştırma ekipmanı karşılaştırılacaksa testler çamur içeriğine bağlı değişimlerden kaynaklanacak hataları gidermek için aynı anda yapılmalıdır. İdeal olarak pilot çalışmalar uzun süreli olarak yapılmalıdır. Ne var ki uzun testler genellikle pratikte mümkün olmayabilir. Test programları genellikle soğuk havalarda çamur suyu viskozitesinin yüksek olduğu ve atık aktif çamurun daha fazla üretildiği durumlarda ham çamur / atık aktif çamur oranının değerlendirilmesinde etkilidir. Bununla birlikte çamurun son katı içeriği, ilk yatırım ve işletme maliyetleri tam ölçekli uygulama için yeniden hesaplanmalıdır.

5. Aşama: Detaylı tasarım parametrelerine bağlı olarak nihai değerlendirme, 4. aşama da tamamlandıktan sonra uygun tasarım, tasarım mühendisi ve üretici firma desteğiyle gerçekleştirilir. Bu süreçte ilk yatırım, işçilik, enerji, kimyasal ve bakım maliyetleri detaylandırılır. Bu bilgiler benzer tesislerden sağlanan tecbelere bağlı olarak yapılabilir. Tablo 2.2’de çamur susuzlaştırma prosesinin seçiminde işletmeye bağlı olan faktörler görülmektedir.

Tablo 2.2. İşletmeye bağlı çamur susuzlaştırma prosesinin seçimi [69]

Tesis Boyutu (Debi)	Kriterler
Küçük < 0,08 m ³ /sn	En az mekanik bileşen Yerel olarak yedek parça ve bakım imkanı En düşük işletmeci desteği özel servis imkanının gerekmemesi İklim şartlarından etkilenmemesi Kapasite artırım imkanı Taşınabilecek kek eldesi
Orta 0,08-0,44 m ³ /sn	Düşük işletmeci desteği Rahatsızlık yaratmadan nakledilebilecek kek eldesi Mekanik güvenirlik Rekabet edebilir işletme ve bakım maliyeti Daha kuru kek eldesi
Büyük > 0,44 m ³ /sn	Kuru madde başına en düşük işletme ve bakım maliyeti Kuru madde başına en düşük ilk yatırım maliyeti Elde edilecek en kuru kek Birim başına en yüksek ıktı Mekanik güvenirlik

Tesis boyutu ve susuzlaştırma prosesinin uyumu arasındaki ilişkiler Tablo 2.3’de görülmektedir.

Tablo 2.3. Tesis boyutu ve susuzlaştırma prosesinin uyumu [69].

Susuzlaştırma yöntemi	Tesis boyutu (m ³ /s)		
	<0,04	0,04-0,44	>0,44
Bant ve tambur yoğunlaştırıcı	x ¹	x	x
Santrifüj		x	x
Bant Pres	x ²	x	x
Vakum Filtre		x	x
Filtre Pres		x	x
Kurutma Yatağı	x	x	
Çamur Lagünleri	x	x	

x¹: Sahaya serme veya enjekte etmeye uygun çamur.

x²: Bu debi aralığında genellikle sadece düşük basınçlı presler kullanılır.

Bu maddeler dikkate alındığında makine türlerine göre kullanım alanları Tablo 2.4’de sınıflandırılmıştır.

Tablo 2.4. Kurutucu seçim tablosu

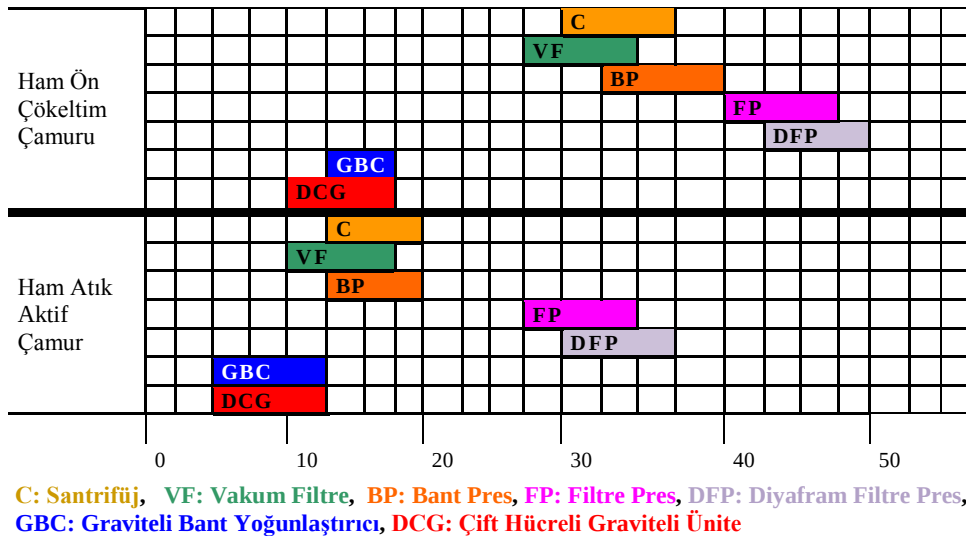
Kurutucular	Meyve Sebze	Sıvı Ürünler	Çamur türü ürünler	Taneli ürünler	Hacmi büyük ürünler	Toz ürünler	Filtre Pres Atıkları
Pnomatik Kurutma	Kötü	Kötü	İyi	Kötü	Kötü	İyi	İyi
Tepsili Kurutma	İyi	Kötü	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
Hareketli Tepsili Kurutma	İyi	Kötü	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
Bantlı Kurutma	İyi	Kötü	İyi	Orta	Orta	Kötü	Kötü
Boru Tipi Kurutma	Kötü	Kötü	İyi	İyi	Kötü	İyi	Kötü
Akışkan Yataklı Kurutucu	Kötü	Kötü	İyi	İyi	Kötü	Orta	Kötü
Püskürtmeli Kurutucu	Kötü	Çok iyi	Kötü	Kötü	Kötü	Kötü	Kötü
Oda Tipi Kurutucu	Orta	Kötü	Kötü	Orta	Çok iyi	Kötü	Kötü
Karıştırmalı Kurutucu	Kötü	Kötü	İyi	İyi	Kötü	Kötü	Kötü

Kurutma yöntemi seçiminde genel olarak dikkate alınması gerekli hususlar;

- Kurutma makinesinin kurutulacak ürüne uygun olması
- Yıllık Kurutulacak ürün miktarının belirlenmesi
- Kurutma tesisinin kuruluş maliyeti
- Kurutma makinesinin kullanacağı enerji tipinin müşteriye uygunluğu
- Kurutma makinesinin müşterinin yerleşim alanına uygunluğu
- Kurutma makinesinin veya kurutma tesisinin işletme masrafları
- Kurutma işlemi sırasında materyalin verdiği fire
- Kurutma işleminin emniyetli çalışması
- Kurumuş ürünün istenilen kurutma kalitesine uygunluğu
- Kurumuş ürünün dış görünüşünün isteğe uygunluğu
- Kurutma makinesinin çeşitli kapasitelerde çalışabilme esnekliği

- Kurutma makinesinin çevre kirliliğine etkisi olup olmadığı
- Çalışma sırasında etkin kontrollerin yapılmasına olanak vermesi
- Kurutma makinesinin tamir ve bakım kolaylığı
- Görünüş güzelliği ve kullanım kolaylığı

Mekanik su alma yöntemleri arasında da elde edilen çamur kekinin su muhtevaları arasında farklar bulunmaktadır. Ulaşmak istenen KM %'si bir sonraki bertaraf adımını da belirleyecektir. Bununla ilgili olarak Şekil 2.3'de ön çökeltim ve atık aktif çamur için mekanik susuzlaştırma yöntemleri ve katı madde konsantrasyonları hakkında bilgi verilmektedir.



Şekil 2.3. Mekanik susuzlaştırma yöntemleri ve KM konsantrasyonları [69]

Farklı proseslerle elde edilen kekin bir sonraki aşamada uygulanacak bertaraf alternatifine uygunluğuna ise Tablo 2.4'de değinilmiştir. Bu tablo susuzlaştırma sonrası uygun bertaraf yönteminin belirlenmesinde kullanılabilir. Tabloya göre ulaşmak istenen katı madde yüzdesine hangi susuzlaştırma prosesi ile ulaşılabileceği ve bu prosesin hangi bertaraf yöntemi için yeterli olduğu belirlenebilir.

2.6. Çamur Kurutma

Çamur kurutma prosesine etki eden faktörler iç ve dış olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Kurutma çalışmalarında iç faktörlerden ziyade dış faktörlerin etkisi daha çok araştırma konusu olmuştur [70-71-72].

- İç faktörler; kurutulan ürüne ait özellikler olup, ürünün termofiziksel özellikleri, ürünün başlangıç nem içeriği, parçacık boyutu, katının gözenekliliği, su aktivitesi, ürün yüzeyinin sertleşmesi ve difüzyon katsayısını kapsamaktadır.
- Dış faktörler ise; sadece kurutma havasıyla ilgilidir. Kurutma havasının sıcaklığı, hızı, basıncı ve bağıl nemi dış etkenleri oluşturan parametrelerdir

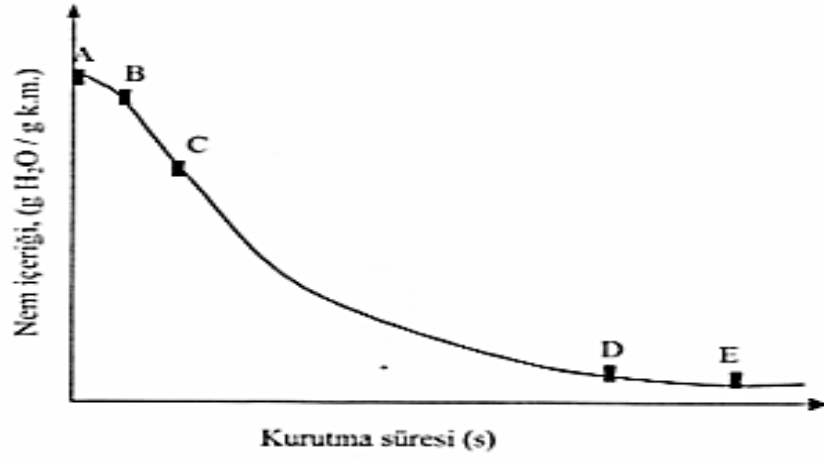
Her susuzlaştırma prosesi sonucunda ortaya çıkan çamura, kurutma işlemi yapılması verimli bir sonuç vermemektedir. Tablo 2.5’de de görüldüğü üzere vakum destekli yataklar, lagünler kurutma prosesi için uygun bir kullanım değildirler.

Tablo 2.5. Çeşitli Nihai Bertaraf Seçenekleri İçin Susuzlaştırma Prosesiyle Elde Edilen Kekin Uygunluğu [69]

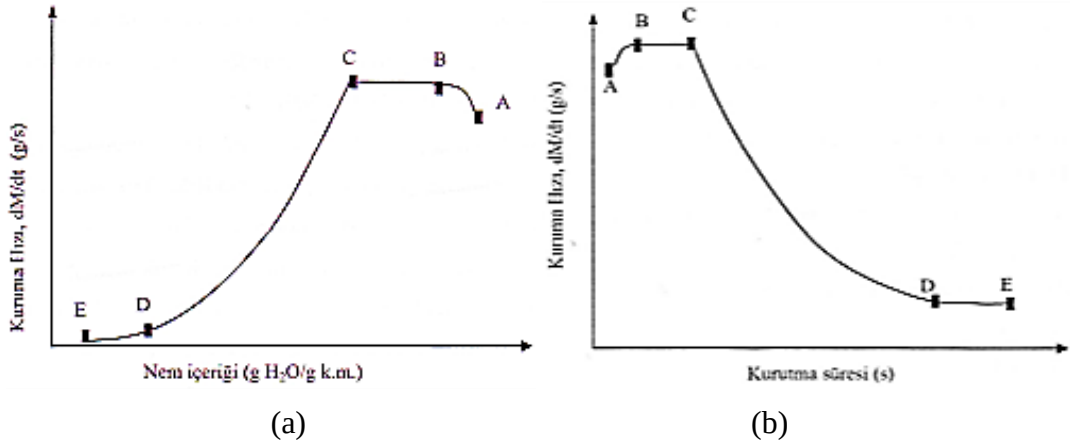
Susuzlaştırma Prosesi	KM %'si	Sahaya Serme	Depolama Sahası	Yakma/Kurutma	Kompost
Lagün	15-40	İyi	Orta	Kötü	Orta
Kum yatakları	30-60	İyi	İyi	İyi	İyi
Vakum Destekli Yataklar	10	İyi	Kötü	Kötü	Kötü
	16	Orta	İyi-Orta	Kötü	Orta
Sonsuz vida pres	12	İyi	Kötü	Kötü	Kötü
	20	Orta	Orta	Kötü	Orta
Kaplama Tabanlı Yataklar	30-60	İyi	İyi	İyi	İyi
Bant Pres	18-	Orta	Orta	Kötü	Orta
	24	Orta	Orta	Orta	Orta
Santrifüj	05-07	İyi	Kötü	Kötü	Kötü
	18	Orta	Orta	Kötü	Orta
	24	Orta	Orta	Orta	Orta
Vakum Filtre	16-20	Orta	Orta	Kötü	Orta
Filtre Pres	26-	İyi	İyi	Orta	Orta
	34	İyi	İyi	İyi	İyi
Tambur/Bant Yoğunlaştırıcılar	05-08	İyi	Kötü	Orta	Kötü

2.7. Kurutma Periyodu

Kurutulan bir ürünün nem içeriği ile kurutma süresi arasındaki ilişki kuruma eğrileri ile belirlenmektedir. Şekil 2.4'de, ürün nem içeriğinin kurutma süresiyle değişimi gösterilmiştir. Kuruma hızı, birim zamanda üründen transfer edilen nem miktarı olarak tanımlanır. Herhangi bir ürünün kuruma oranı, o ürünün nem içeriğine, kurutma havası sıcaklığı ve bağıl nemine bağlıdır. Şekil 2.5'de, kuruma hızının ürün nem içeriği ve kurutma süresine göre değişimleri verilmiştir. Kuruma eğrilerinden de anlaşılacağı gibi kurutmada üç önemli aşama meydana gelmektedir [71-72-73].



Şekil 2.4. Ürün nem içeriğinin kurutma süresiyle değişimi [71]



Şekil 2.5. Kuruma hızının (a) nem içeriği, (b) kurutma süresine göre değişimi [71]

Ayarlanma Süreci (A-B Bölgesi): Madde yüzey sıcaklığının, ortam sıcaklığıyla dengeye gelme sürecidir. Sıcaklığı ve nem içeriği belli olan hava akımı kurutulacak olan maddenin üzerinden geçirildiğinde havanın sağladığı ısı enerjisinin bir kısmı maddenin yüzey sıcaklığını yükseltmekte diğer kısmı ise gizli buharlaşma ısısı olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde kuruma hızında artma görülmekle birlikte tüm kuruma işleminin çok az bir bölümünü oluşturduğundan göz önüne alınmayabilir [71].

Sabit Hız Süreci (B-C bölgesi): Isı enerjisinin kurutucu havadan maddeye doğru olan transfer hızı buharlaşma hızına eşit hale gelmiştir. Bu bölge, sabit hızda kuruma periyodu olarak bilinir. Bu periyot sırasında, kuruyan ürün yüzeyinin tamamıyla ıslak olduğu kabul edilir. Böylece kurutma hızı yaş termometre sıcaklığı ile havanın kuru termometre sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak sabit bir hızda, C noktasına kadar gerçekleşmektedir. Bu bölgede kuruma hızı tamamıyla dış etkenlere bağlıdır.

Kurutma havası ile ürün yüzeyi arasındaki ısı ve kütle taşınım katsayıları bu periyotta sürükleyici kuvvetlerdir. Sürecin, ürünlerin kurutulmasında çok kısa sürmesi ve süreç boyunca çok az miktarda nem transfer edilmesi sebebiyle, teorik çalışmalarda genellikle ihmal edilir [71-74].

Kuruma Hızındaki İlk Düşüş Süreci (C-D bölgesi): C değeri kurutulacak ürünün özellikleri ile ilgili birçok faktöre bağlı olan kritik nem miktarını göstermektedir. Yüzeyde ilk kuru noktanın oluştuğu duruma kritik nokta adı verilir. Kritik nokta sabit kuruma periyodunun sonunu ve azalan hızda kuruma periyodunun başlangıcını simgeler. Kritik nem, her madde için farklı düzeyde olup, o maddenin bileşimiyle ilişkili bir değerdir. Kritik nemden itibaren yüzey sıcaklığı yükselmekte ve kuruma durumuna göre kuru termometre sıcaklığına doğru yaklaşmaktadır. Bu periyotta, malzeme yüzeyinde ıslak alan miktarında sürekli azalma söz konusudur. Ürünün kuruma hızı, iç gözenek yapısının ve katının içindeki nemin yüzeye doğru akmasına neden olan kuvvetlerin etkisi altındadır. Bu periyotta difüzyon etkileri hakimdir. Genellikle gıda ürünleri azalan kuruma periyodunda kururlar [71-75-76]. Şekillerden de görüldüğü gibi azalan hız periyotları birinci (C-D bölgesi) ve ikinci (D-E bölgesi) olmak üzere ikiye ayrılır. Bu periyotta, kurutma havası hızının, kuruma hızına etkisi çok zayıf olup, onun yerini katının içyapı özellikleri almıştır. Kurutma prosesi bu devrede, ürün içerisindeki nemin sıvı difüzyonu yoluyla ürün yüzeyine erişmesi ve yüzeye ulaşan nemin uzaklaştırılması şeklinde gerçekleşir [71-74].

Kuruma Hızındaki İkinci Düşüş Süreci (D-E Bölgesi): İkinci kritik nem içeriği olan D noktasından sonra kuruma hızı sürekli olarak düşüş göstermektedir. İkinci azalan hız periyodu olarak bilinen bu bölgede, ürün içindeki su yüzeye çok yavaş difüze edilir. Maddenin kuru noktaları giderek artar. Kuruma hızı giderek azaldığından dolayı kurutucu havadan alınan ısı enerjisinin çok az bir kısmı buharlaşma ısısı olarak kullanılır. Bu nedenle maddenin yüzey sıcaklığı giderek artar. Kurutucu havanın içindeki nemin buhar basıncı maddenin içindeki nemin buhar basıncına eşit olunca kuruma durur. E noktasında buharlaşma sona ermiştir. Bu noktada malzeme denge-nem içeriğine ulaşmıştır. Azalan hızda kuruma periyodunda, ürün içindeki nem; difüzyonla sıvı hareketi, difüzyonla buhar hareketi, kılcal sıvı hareketi, şeklinde transfer edilebilir [71-77].

2.8. Güneş Enerjisi İle Kurutma

Güneş enerjisi, rezervi bitmeyen ve çevreyi kirletmeyen temiz bir enerji kaynağı olup kolayca ısı enerjisi ne çevrilebilme özelliğinden dolayı dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneşle kurutma sistemleri daha çok özellikle sebze ve meyve gibi tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan bir yöntemdir. Ülkemiz güneş kuşağı içerisinde yer aldığı için yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisiyle kurutma sistemleri genel olarak ısıtma tarzına göre gruplandırılmaktadır. Bu grupları iki ana başlık altında toplamak gerekirse [53]:

- Aktif güneş enerjisiyle kurutma sistemleri (hibrit tip sistemler)
- Pasif güneş enerjisiyle kurutma sistemleri (doğal çevrimli sistemler)

Güneş enerjisi kullanılarak gıda ve ağaç ürünü kurutmaya ait çok çalışma bulunmaktadır. Fakat çamur kurutma üzerine yapılan çalışmalar çok azdır. Araştırmalar güneş enerjisinden kurutma alanında 3 yöntemle yararlanılabileceğini göstermektedir. Bunlar:

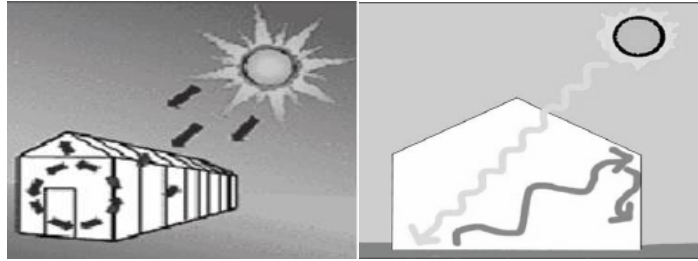
- Toplayıcıda toplanan enerji, doğrudan enerji tüketim ortamına aktarılmaktadır (doğrudan kullanım). Toplanan enerjinin, tüketilen enerjiye eşit olduğu, yani kurutma için yeterli olduğu durumlarda uygulanır.
- Güneş enerjisi toplanabildiği kadarıyla ısı deposuna aktarılmakta, kurutma sisteminde tüketilen enerji bu depodan sağlanmaktadır (dolaylı kullanım). Kurutma sıcaklığının yüksek olmadığı durumlarda, gece veya bulutlu havalarda devam etmesi istendiğinde bu yöntem seçilmektedir.
- Doğrudan ve dolaylı yöntemler birlikte uygulanabilmektedir. Toplanan güneş enerjisinin ihtiyaçtan fazlası depolanarak, güneş enerjisinin verimli olmadığı dönemlerde kullanılmaktadır.

Güneş enerjisi ile çamur kurutmada sistemleri seralara benzemektedir. Ancak yapısal olarak seradan farklı bazı değişiklikleri vardır. Güneş enerjisiyle kapalı kurutma yataklarında çamur kurutma konusunda son yıllarda gelişmeler görülmektedir. Güneş enerjisi; kurutma sistemlerinde doğrudan veya yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılabilmektedir [66]. Çamur karıştırma ve havalandırma için kullanılan elektrik enerjisi dışında, tüketim olmamaktadır. Elektrik tüketimi konvensiyonel kurutma sistemlerinde 70-110 kWh iken bu sistemle 17-28kWh'e indirilmiştir [78].

Çamur susuzlaştırmada işletme maliyetlerinin yüksekliği, mekanik susuzlaştırma ekipmanlarıyla depolama sahalarına kabul kriteri olan %35 katı maddeye ulaşılamaması, çıkan ürünün kompost, yakma, depolama gibi birden fazla nihai bertaraf alternatifine uygun olması, yenilenebilir enerjinin kullanılması, işlem sonunda stabil bir ürün eldesi Güneş Enerjisi İle Kurutmanın avantajları olarak sıralanabilirler. Bununla ilgili Almanya’da yapılan bir çalışmada; güneş enerjisiyle çamur kurutma sistemiyle yaz aylarında %93'lere sonbahar ve kış aylarında %50'lere varan hacim azaltımı olduğu, böylece taşıma ve bertaraf maliyetlerinde oldukça önemli bir kazanç sağlanabildiği ortaya konulmuştur. Çalışmalar sırasında uçucu askıda katı madde miktarında %37 ile %43'ler seviyesinde azalma görülmüştür [61].

2.8.1. Arıtma çamuru kurutma seraları ve özellikleri

Kapalı çamur kurutma yataklarının tasarımında esas alınan yapı sera olmaktadır. Seralar güneş radyasyonunun şeffaf bir örtü ile kapalı bir yapı içerisinde alıkonularak iç ortamın ısıtılmasını sağlamak üzere planlanmaktadır. Özellikle sera tabanının, içerisindeki bitki örtüsünün ve şeffaf örtü malzemesinin güneş radyasyonunu ne kadar absorbe edeceği enerji yönünden önem taşımaktadır.



Şekil 2.6. Seraların Çalışma Prensibi

Şekil 2.6’da seraların çalışma prensibi şematik olarak gösterilmektedir. Burada en önemli nokta, güneş enerjisi ile işletilen seranın doğru yönde konumlanmış olmasıdır: Seranın uzun ekseninin Doğu-Batı doğrultusuna yönelmiş olması gerekmektedir. Bunun sebebi kuzey yarı kürede güneş radyasyonuna en uzun süre maruz kalarak verimin artırılmasıdır. Güneş ışınlarından verimli faydalanmak için seranın güneşten en çok faydalandığı yönün saydam bir örtü ile kaplanması gerekmektedir. Seraların kuzeye bakan kısımlarının iyi yalıtılmış bir duvar ile kapatılarak ısı kayıplarının azaltılması önem taşımaktadır. Ayrıca, iç kısımdaki ısıyı koruyabilmek için çift cam ya da çift föyle kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinden pasif yarar sağlanabilmesi, seraya yerleştirilmiş ısı depolayan birimler aracılığı ile mümkündür. Seranın akılcı bir bölümüne yerleştirilmiş, kapalı bir kapta ya da borular içinde bulunan su, gün boyunca ısıyı depolar ve geceleri de depolamış olduğu ısıyı dışarı vermektedir.

Bölüm 4’de İzmit / Kocaeli için güneş değerleri belirlenmiş ve bu değerler doğrultusunda güneş enerjisi ile sera tipi, tamburlu karıştırıcılı çamur kurutucu hesaplamaları yapılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında, Kocaeli ili arıtma çamurlarının en uygun kurutma yöntemi ile bertarafının kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda günümüzde kullanılan güneş enerjili kurutucular ve kurutma makineleri incelenerek uygunluğu değerlendirilmiştir. Altı farklı noktadan temin edilen ve farklı özelliklere sahip numunelerin, tasarlanan Kürekli Tip Kurutucuda kurutulması sağlanmıştır. Kurutma işleminde en iyi verimin alınabilmesi için kürekli tip kurutucu farklı şekillerde tasarlanmış ve imal edilmiştir. Dört farklı prototip çalışması yapılmış ve istenen sonuca 4. prototipte ulaşılmıştır. Çalışmanın bölümleri şöyledir:

- Belediye çamur verilerinin düzenlenmesi
- En uygun tesis modelinin belirlenmesi
- Güneş enerjili kurutma
- Kurutma makineleri tasarım ve imalatı
- Pilot tesis tasarımı ve imalatı
- Kurutma deneylerinin yapımı
- Değerlendirme Süreci

Pilot tesis tasarımında literatür bilgilerinden ve proje ortağı firma ile yapılan ön deneysel çalışmalardan yararlanılmıştır. Tesisin kurulması sırasında İSU'dan çamura ait veriler N&A Çevre Teknolojileri Tasarım Geliştirme Makine San. Tic. Ltd. Şti'den mühendislik hizmetleri ve KOSGEB'den mali destek alınmıştır. Pilot tesisin ölçek büyütme ile tam ölçekli sistemi yansıtmayı hedeflediğinden mümkün olduğunca aslının benzeri bir çalışma yapılmıştır. Bu yüzden tasarım ve imalat aşamaları oldukça uzun ve zahmetli bir süreçte gerçekleştirilebilmiştir.

Çalışmada sadece Belediye Atıksu Arıtma Çamurları kullanılmamıştır. Kocaeli'nin sanayi ili olması nedeniyle Sanayi Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının ve hayvansal atıkların kurutulması da yapılmıştır.

3.1. Beldenin Arıtma Tesislerinin Belirlenmesi

Kocaeli ili İSU Arıtma Tesislerinin yerlerinin, çalışma alanlarının (birleşik veya tek atık toplama sistemi), hizmet ettikleri bölgelerin belirlenmesi tamamlanmıştır. Tesislere ait Tablo 3.1’de verilen değerler 2010 yılına aittir. Ayrıca tesislerin konumları EK-C’de verilen Şekil C.1’deki haritada gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Kocaeli ili evsel atık arıtma tesisleri

Atıksu Arıtma Tesis (AAT)	Çalışma Alanı	Debi (m ³ /yıl)	Çamur (kg/yıl)	Nüfus
Plajyolu AAT	Evsel	24.279.555	11.358.860	286.000
Karamürsel AAT	Evsel	6.708.390	1.642.960	80.000
Yeniköy AAT	Evsel	22.238.170	10.064.610	260.000
Kullar AAT	Evsel	19.331.358	8.223.460	300.000
42 Evler AAT	Evsel ve Endüstriyel	9.764.200	11.853.950	180.000
Körfez AAT	Evsel	18.845.190	6.574.430	295.000

Arıtma tesisine gelen atıkların miktarları, evsel atıkların değerlendirilmesi, çamura ait veriler toplanmıştır. EK-C Tablo C.1’de Kullar AAT’ye ait 2010 verilerinin sadece Ocak ayı bölümü görülmektedir. 12 aya ait verilerde mevcuttur. Çamurdaki kuru madde oranı girişte farklı olsa da çıkışta %18 olarak ayarlanmıştır.

3.2. Tesis Maliyeti

Geri kazanılamayan atıkların depolanarak bertarafı halen yaygın olarak uygulanan yöntemdir. Kocaeli İSU Atıksu Arıtma Tesisinde oluşan arıtma çamurları için mevcut uygulama, çamurların santrifüjledikten sonra İZAYDAŞ tesisi sahasında depolanmasıdır. Ayrıca tesislerde üretilen çamur özel sektöre ücret ödenerek tesisten çıkarılmakta ve bertaraf ettirilmektedir.

Kurutma, hacimde büyük miktarlarda azalmaya neden olmaktadır. Buda arıtma çamurunun nakliye, işleme ve depolama maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. İZAYDAŞ tarafından tehlikeli arıtma çamurunun bertarafı için istenen ücretler; Yakma işlemi için 650 TL/ton, düzenli depolama işlemi için 240 TL/ton’dur.

Aktif olarak çalışan Karamürsel, Yeniköy, Kullar, Plajyolu, Körfez İSU evsel atıksu arıtma tesisinde 2010 yılında yaklaşık 50.000 ton çamur elde edilmiştir. 2010 yılına

ait Kocaeli ili İSU Arıtma Tesislerinin elektrik, işçilik, çamur taşıma ve çamur bertaraf maliyetleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kocaeli ili evsel atık arıtma tesisleri (AAT) maliyet değerleri

AAT	Debi (m ³ /yıl)	Çamur (kg/yıl)	Çamur Bertarafı (TL/yıl)	Çamur Taşıma (TL/yıl)	Elektrik (TL/yıl)	İşçilik (TL/yıl)
Karamürsel	6.708.390	1.642.960	187.171	37.839	490.366	553.711
Yeniköy	22.238.170	10.064.610	1.094.743	110.977	961.838	654.386
Kullar	19.331.358	8.223.460	936.907	68.881	1.358.997	604.048
42 Evler	9.764.200	11.853.950	1.464.054	94.393	869.499	604.048
Plajyolu	24.279.555	11.358.860	1.296.538	74.445	931.958	654.386
Körfez	18.845.190	6.574.430	749.276	41.329	904.136	654.386
TOPLAM	101.166.863	49.718.270	5.728.689	427.864	5.516.791	3.724.965

Taşıma maliyeti, bertaraf sahalarının hemen her zaman üretimin yapıldığı yerden çok uzakta olmasından dolayı ortaya çıkan bir maliyettir. Arıtma çamurlarının uygun bertaraf sahalarına ulaştırılabilmeleri için büyük mesafelerin kat edilmeleri gerekir. Bu da bu işi büyük yerleşim yerlerinde gerçekleştirmekten sorumlu olan kurumların (belediyelerin, büyük şehir belediyelerinin) çok önemli taşıma maliyetlerini paylaşmalarını gerektirmektedir. Optimum verimlilikte toplama ve taşıma modelleri kullanılarak yakıt tüketimi, işçilik ve araç bakımı asgari seviyeye indirilmelidir.

Dekantörde, çamurun kuruluk oranı %20’den %30’a kadar çıkartılabilmektedir. Fakat elektrik tüketimi yaklaşık 2 katına çıkmaktadır. Bu nedenle zaten yüksek olan elektrik sarfiyatını daha da arttırmamak için EK-C Tablo C.1’de görüldüğü üzere Kullar AAT’de dekantör %18 kuruluk oranında çalıştırılmaktadır. Dekantörün %30’da çalıştığı düşünülürse 1000 kg/h katı atığın su içeriği %70’den yakma ile %0’a indirilecek olursa, her buharlaşan kg su için brüt ısı ihtiyacı 5039 kJ/kg ve gereksinim duyulan doğalgaz miktarı 7,43 kg-doğalgaz/h’dır. Çamurun yakılmasında daha az doğalgaz gereksinimi olmaktadır. Çünkü suyu alınmış arıtma çamurlarının ısı değerleri 2800 ile 4200 kJ/kg arasında olmaktadır.

3.3. Ekonomik Analiz

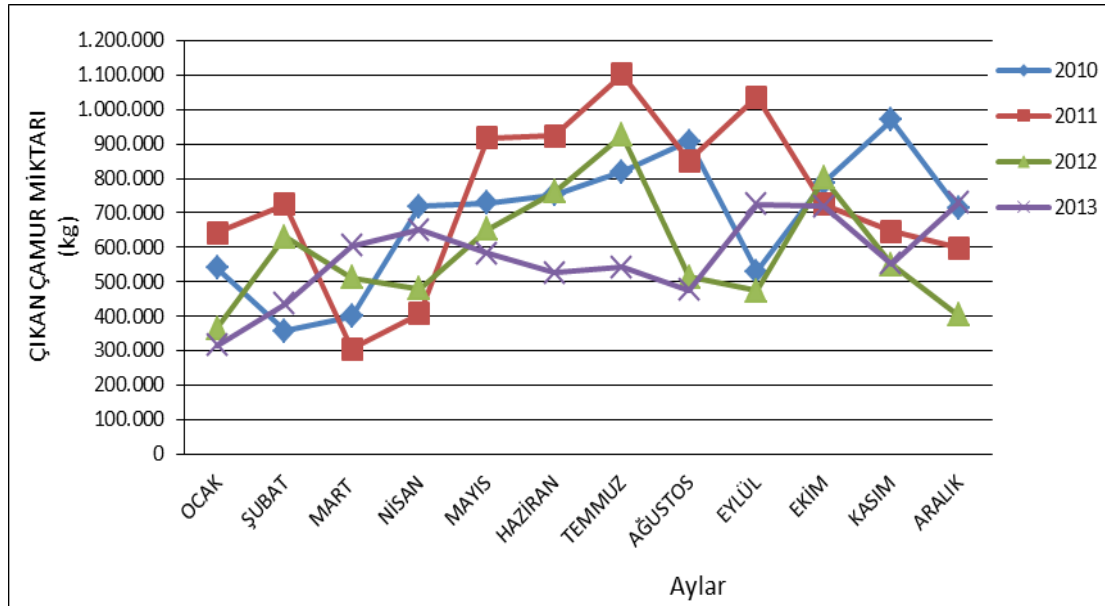
Bu çalışmanın önemli aşamalarından biri kurutmanın uygulanabilirliğinin incelenmesini içermektedir. Bu amaçla teknik tasarım, laboratuvar çalışmaları, pilot ölçekli uygulama sonuçlarının yanı sıra ekonomik analize ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, EK-C’de

Tablo C.2’de oluşturulan İSU Kullar Atıksu Arıtma Tesislerinden çıkacak çamur miktarları, bütün maliyetler göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. EK-C Tablo C.2’de ise aylara göre maliyetler, arıtma çamuru taşımaya uygun olan 25 ton’luk standart atık taşıma kamyonları göz önüne alınarak yapılmıştır. 2010 yılında 411, 2011 yılında 444 kamyon trafikte seyir etmiştir. Taşıma maliyetlerini oluşturan en önemli etken mesafelerdir. Arıtma tesisleri ile Çimento Fabrikası ve İZAYDAŞ arasındaki mesafeler yaklaşık aşağıdaki Tablo 3.3’deki gibidir.

Tablo 3.3. Arıtma tesisleri ve bertaraf tesisleri arası mesafeler

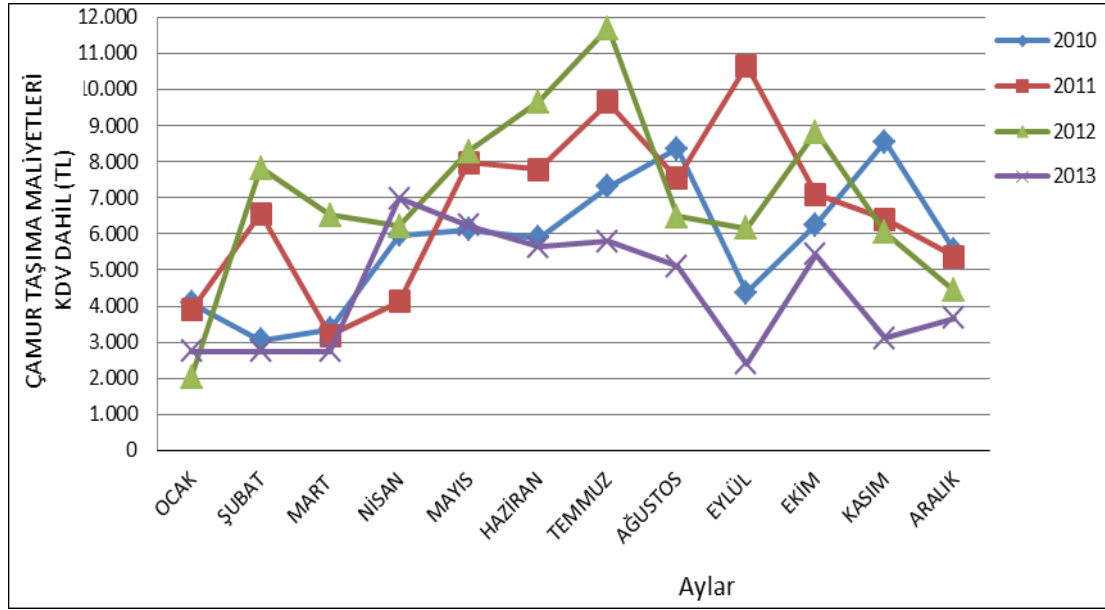
Evsel Atıksu Arıtma Tesis	İZAYDAŞ (km)	ÇİMENTO FAB. (km)
Plajyolu	16	30
İzmit Doğu (Kullar)	9,5	38
Gölcük	24	50
Körfez	29	22
Karamürsel	48	76

Şekil 3.1’de Kullar tesisinden 2 yıl içerisinde çıkan çamur miktarlarının aylara bağlı değişimleri gösterilmiştir. Mevsimsel olarak çamur miktarında farklılıklar oluşmakta özellikle Mayıs ve Ağustos ayları arasında çıkan çamur miktarının attığı görülmektedir. 2010 yılı için ortalama çıkan çamur miktarı 685 ton ve toplam çıkan çamur miktarı ise 8223 ton’dur. 2013 yılı çıkan çamur miktarlarının değişimine bakıldığında ise aylık çıkan ortalama çamur miktarı 571 ton iken toplam yıllık çamur miktarı 6800 ton’dur.



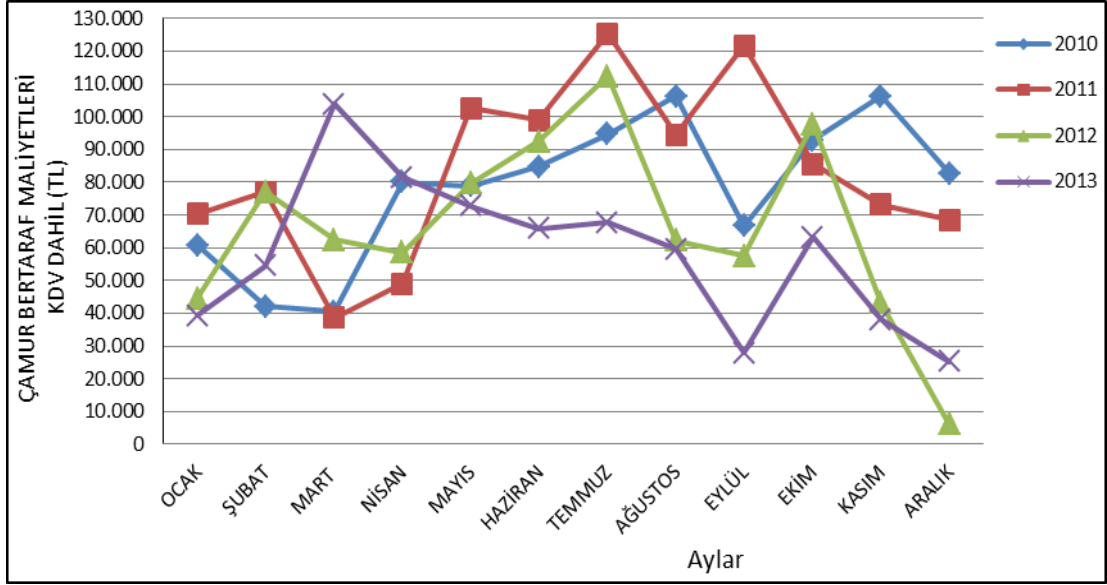
Şekil 3.1. Çıkan çamur miktarı

Şekil 3.2’de çamur transfer maliyetinin aylara bağlı değişimi görülmektedir. 2013 yılı sonuçlarına göre 6 aylık bir periyotta transfer maliyetinin aylık 8000 ila 10000 TL arasındaki değiştiği görülmektedir. 2010 yılı aylık ortalama transfer maliyeti 5740 TL ve toplam yıllık transfer maliyeti 68881 TL’dir. 2013 yılında ise ortalama transfer maliyeti 6000 TL ve toplam yıllık transfer maliyeti ise 84000 TL’dir.



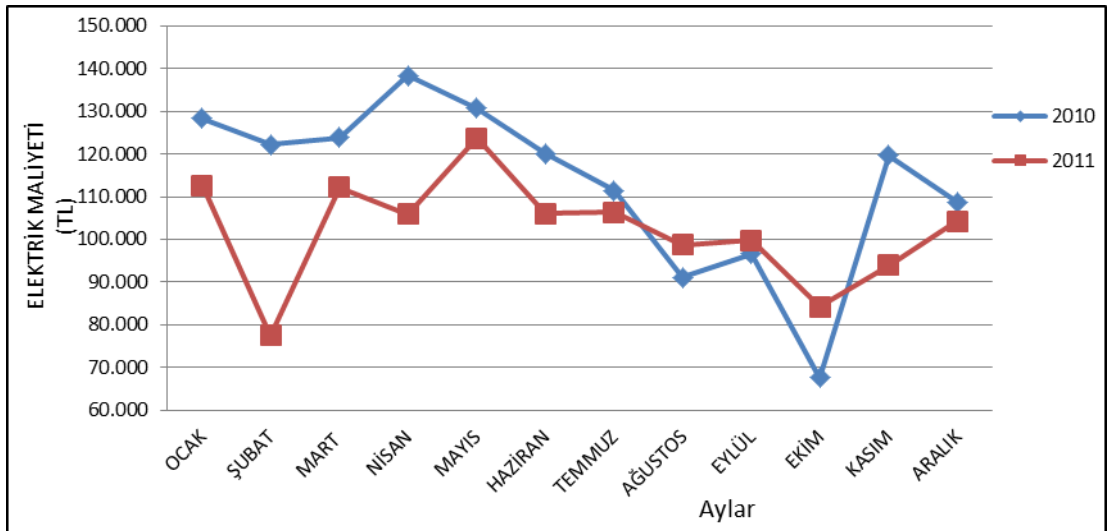
Şekil 3.2. Çamur taşıma maliyetleri

Şekil 3.3’de ise çamur bertaraf maliyetinin aylık değişimi verilmiştir. Bertaraf maliyeti, nihai bertaraf tesisine transfer edilen çamurun transfer edildiği birimde işleme tabi tutulması için ödenmesi gereken ücretten dolayı oluşmaktadır. 2013 yılı bertaraf maliyetleri incelendiğinde yaklaşık 40000 ila 110000 TL arasında çok ciddi bir giderin bu iş için harcandığı görülmektedir. 2010 yılı için ortalama aylık bertaraf maliyeti 78076 TL ve toplam yıllık bertaraf maliyeti 936907 TL’dir. 2011 yılı sonuçlarına bakıldığında ise yine 6 aylık bir periyotta bu maliyetin 80000 ila 100000 TL aralığındaki değerlerde olduğu görülmektedir. 2013 yılı sonuçlarına göre ortalama aylık bertaraf maliyeti 66000 TL ve toplam yıllık bertaraf maliyeti ise 794000 TL’dir. Son 4 yılda taşınan her 1 Ton için ortalama 118 TL ücret ödenmiştir.



Şekil 3.3. Çamur bertaraf maliyetleri

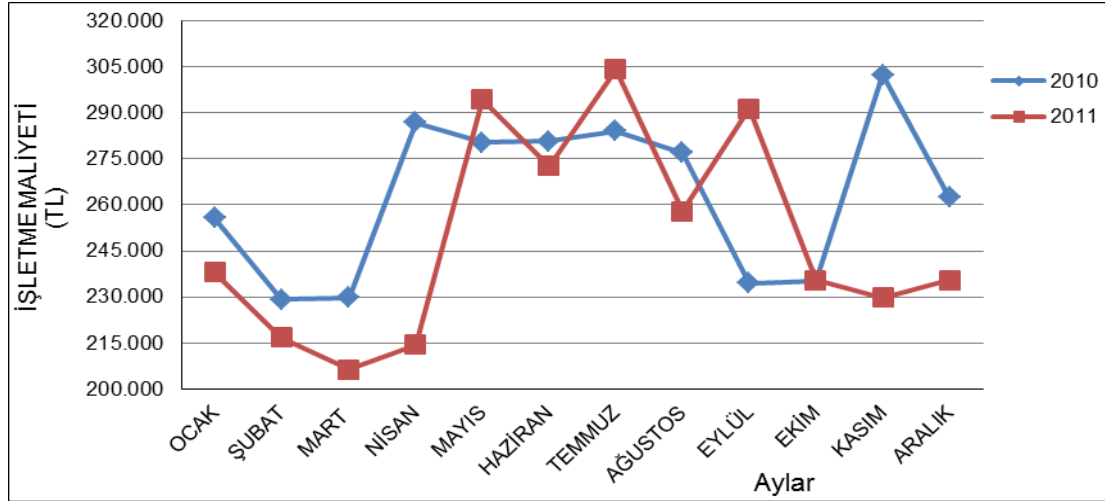
Şekil 3.4’de ise tesisin elektrik maliyetinin değişimi verilmiştir. Arıtma tesislerinde elektrik sarfiyatının en büyük kısmını blowerlar ve çamur susuzlaştırma ünitesi almaktadır. Susuzlaştırma ünitesin çıkışındaki kuru madde (KM) oranının %20’den %30’a çıkarılması elektrik sarfiyatını 2 kat arttırmaktadır. 2010 yılı için ortalama aylık elektrik maliyeti 113250 TL, 2011 yılı sonuçlarına göre ortalama aylık elektrik maliyeti 102090 TL’dir.



Şekil 3.4. Elektrik maliyeti

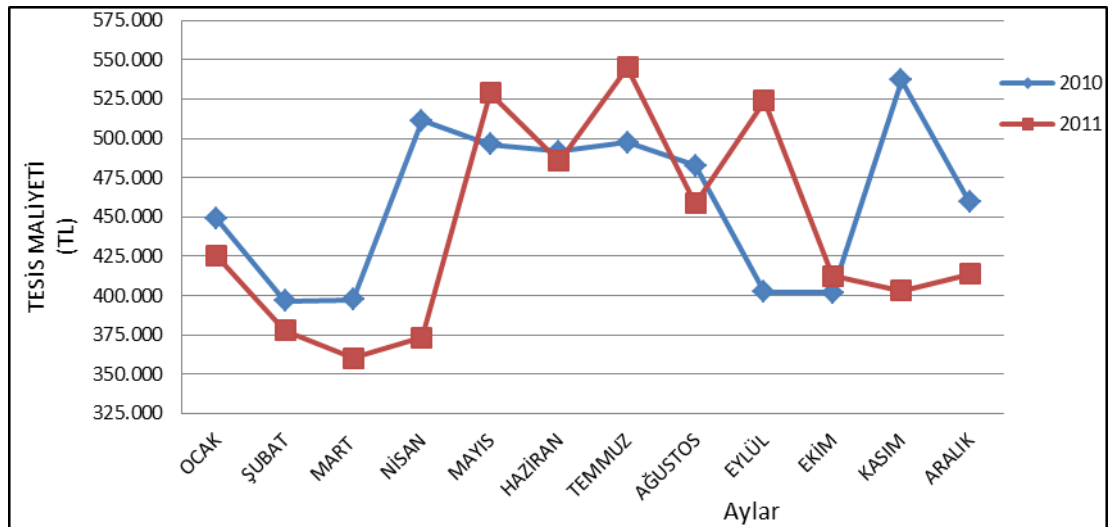
Şekil 3.5’de görülen işletme maliyetinde sadece personel, amortisman, kira ve işletme giderlerinin toplamından oluşmaktadır. 2010 yılı için ortalama aylık işletme maliyeti 263154 TL ve toplam yıllık işletme maliyeti 3157850 TL’dir. 2011 yılı

sonuçlarına göre ortalama aylık işletme maliyeti 249723 TL ve toplam yıllık işletme maliyeti ise 2996681 TL'dir. Güneş enerjili kurutma tesisinde alan ihtiyacının fazla olması amortisman ve kira ücretlerini ve dolayısıyla işletme maliyetini arttıracaktır.



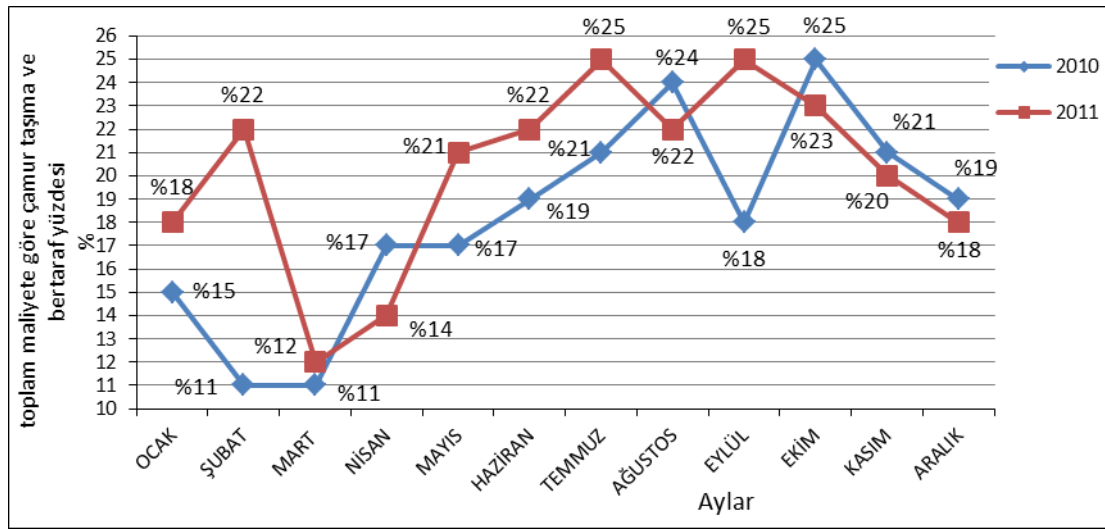
Şekil 3.5. İşletme Maliyeti

Şekil 3.6'da ise atıksu arıtma tesisinin toplam maliyeti verilmiştir. Bu tesisin toplam maliyetine elektrik ve işletme giderleri de eklenmiştir. Buna göre tesisin 6 aylık periyotta 2011 yılı baz alındığında yaklaşık aylık 500000 ila 550000 TL arasında bir gideri olduğu tespit edilmiştir. 2010 yılı için aylık ortalama tesis giderleri 460219 TL ve toplam yıllık tesis giderleri ise 5522634 TL'dir. 2011 yılı değerlendirildiğinde 2010 yılına çok yakın bir maliyet trendi sergilenirken aylık ortalama tesis maliyeti 5307632 TL ve ortalama yıllık tesis maliyeti 442303 TL olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.6. Tesis Maliyeti

Şekil 3.7’de aylık toplam tesis maliyetine göre transfer ve bertaraf maliyetlerinin yüzdelik değişimleri hesaplanmıştır. Grafik incelendiğinde ilkbahar ve yaz aylarında atık suyun artması ile atık çamur miktarının artması sonucunda taşıma ve bertaraf maliyetlerinin aylık toplam maliyetin %18 ila %26 aralığındaki değerlerde olduğu hesaplanmıştır. 2010 ve 2013 yılları verilerine göre çamur taşıma ve bertaraf maliyetini yaklaşık olarak tesis maliyetinin ortalama %22’lik kısmını oluşturmaktadır. Bu alanda yapılacak bir iyileştirme maliyetin düşmesine neden olacaktır.



Şekil 3.7. Toplam maliyete göre çamur taşıma ve bertaraf yüzdesi

Kullar tesisinde dekantörden %80 nem içeren çamur çıkarmaktadır. Bu sebeple aşağıdaki farklı metotlarla kurutma alternatifleri düşünülmüştür;

- 1.Alternatif: %30 KM’ye gelinceye kadar dekantörde susuzlaştırma ve deponi alanına veya yakma tesisine gönderme
- 2.Alternatif: %20 KM’ye gelinceye dek dekantörde susuzlaştırma, sonra %70 KM’ye gelinceye kadar güneş enerjisi ile kurutma
- 3.Alternatif: %20 KM’ye gelinceye dek dekantörde susuzlaştırma, sonra %90 KM’ye gelinceye kadar bantlı kurutucu ile kurutma

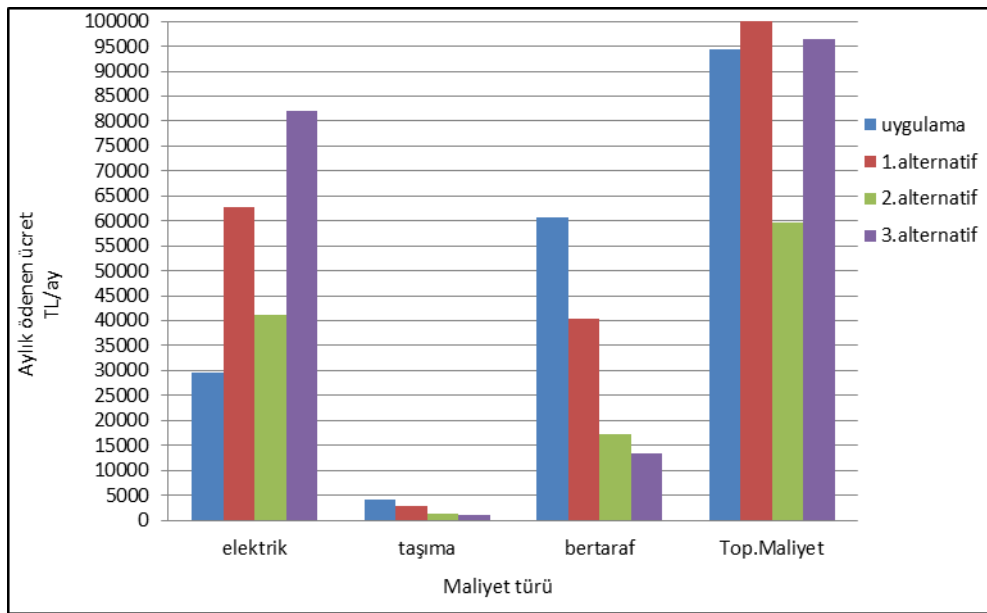
3 farklı alternatif strateji doğrultusunda elektrik giderleri, transfer maliyeti, bertaraf maliyeti ve toplam ortalama aylık maliyet değişimleri hesaplanmıştır. Maliyet ve verim hesaplamalarında güneş enerjili kurutma sistemlerindeki enerji gideri minimum 6 kwh, maksimum 17 kwh olacak şekilde değerlendirilmiştir.

Aşağıdaki Tablo 3.4’de, yukarıda maddeler halinde verilen uygulama alternatiflerine göre oluşturulan arıtma çamuruna bağlı maliyetler verilmiştir. Dekantörün %20’den %25-30 KM oranına çıkarılması elektrik harcamasını 2 katına çıkarmaktadır.

Tablo 3.4. Uygulama alternatiflere göre maliyet analizi

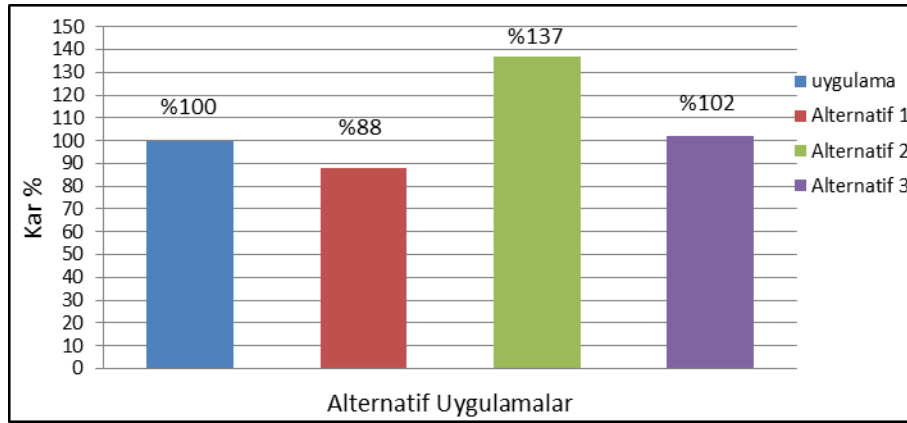
Alt. Uyg.	Çamur Çıkışı				Elektrik harcaması TL		Çamur miktarı Ton		Çamur taşıma (8 TL/ton)		Çamur bertaraf (112 TL/ton)		Çamur Taşıma + Bertaraf + Elektrik	kar %
	Dek. Çıkışı %20 KM	Dek. Çıkışı %30 KM	Güneş Çıkışı %70 KM	Kurutucu Çıkışı %90 KM	TL/gün	TL/ay	ton/gün	ton/ay	TL/gün	TL/ay	TL/gün	TL/ay		
Uyg.	x				984	29520	18	541	144	4090	2027	60813	94423	100%
1		o			2088	62640	12	361	96	2880	1347	40432	105952	88%
2	x		*		1368	41040	5	155	40	1200	579	17360	59600	137%
3	x			#	2736	82080	4	120	32	960	448	13440	96480	102%

Şekil 3.8’de verilen grafiğe göre elektrik giderlerinin 1. ve 3. alternatif uygulama ile referans uygulamaya göre yaklaşık sırasıyla %100 ve %200 oranlarında arttığı görülmüştür. Dekantörün %20’den, %30 KM oranına çıkarılması elektrik sarfiyatının 2 kat artmasına neden olmuştur. Diğer taraftan ise alternatif 2 ve 3’ün taşıma maliyetlerinin azalmasına katkı sağladığı görülmektedir. Bertaraf maliyetlerine bakıldığında ise alternatif 2 ve 3’ün uygulanmasıyla önemli miktarda bir tasarruf yapılabildiği tespit edilmiştir. Toplam maliyet değerlendirildiğinde ise 2. alternatifin yani güneş enerjisi ile kurutma yönteminin daha verimli olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.8. Uygulama maliyetleri

Şekil 3.9’da ise bütün parametreler göz önüne alınarak verim hesabı yapılmış ve her bir alternatif stratejinin verimleri karşılaştırılmıştır. Referans uygulamaya karşı, önerilen stratejilerden en verimli olanı 2. alternatif strateji dekantör + güneş enerjisi ile kurutma yöntemidir. Bu stratejinin uygulanması ile çamur transferi, bertaraf ve elektrik sarfiyatının toplam maliyetinden %37’lik bir kar sağlanabilecektir. Strateji 1 dekantörde kurutma veya sadece dekantör + bant kurutma şu an uygulanan sistemden sırasıyla %2 ve %12 daha fazla maliyet getireceği tespit edilmiştir.



Şekil 3.9. Alternatif uygulamaların verimleri

3.4. Kocaeli’nde Güneş Enerjisi

Coğrafi konumu nedeniyle dünyanın güneş kuşağı içerisinde yer alan ülkemiz 1000-1450 kWh/m²yıl oranlarında güneş enerjisinden faydalanabilme imkanına sahiptir. Buda kurutma alanında güneşten yararlanılabileceğini göstermektedir. Kocaeli 29:55 güney boylamı ve 40:46 kuzey enleminde, Türkiye’nin batı bölgesinde yer alan bir ilimizdir. Karadeniz ve Marmara Denizine kıyısı bulunmaktadır. Tablo 3.5’de verilen değerler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün raporlarından alınmıştır [79].

Tablo 3.5. 1954-2013 yılları arası Kocaeli ili ortalama meteorolojik verileri [79]

KOCAELİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6,2	6,7	8,6	13,1	17,6	21,8	23,8	23,6	20,3	16,0	11,9	8,4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,3	2,6	4,6	5,3	7,2	9,6	9,2	8,6	7,1	4,5	3,3	2,3

Güneş’in yaydığı ve dünyamıza da ulaşan enerji, güneşin çekirdeğinden açığa çıkan ışıınım enerjisidir. Gelen güneş ışıınımlarının, Kocaeli ili için güneş enerjisinden faydalanma değerleri Tablo 3.6’da verilmiştir. Bu tabloda gösterilen L: aylık ısı

yükünü, f : aylık ısınma yükünün güneş enerjisi tarafından karşılanma oranını, N : bir aydaki gün sayısı, HT : kolektör yüzeyine gelen aylık ortalama güneş radyasyonunu QN : faydalı ısı mikratını göstermektedir.

Tablo 3.6. Kocaeli’nde güneş enerjisinden faydalanma oranları

AYLAR	L (GJ)	f	L*f	HT*N (MJ/m ² -Gün)	QN (W/m ²)
Ocak	2,06	0,10	1,86	2,29	127,85
Şubat	1,92	0,13	2,56	2,33	208,22
Mart	2,07	0,21	4,49	3,05	291,48
Nisan	1,85	0,34	6,33	3,54	462,62
Mayıs	1,70	0,49	8,45	4,35	517,07
Haziran	1,44	0,61	8,87	4,61	661,37
Temmuz	1,33	0,67	8,96	4,82	766,15
Ağustos	1,24	0,68	8,47	4,71	617,65
Eylül	1,26	0,56	7,12	3,99	508,61
Ekim	1,50	0,35	5,37	3,27	300,3
Kasım	1,63	0,22	3,72	2,68	195,71
Aralık	1,91	0,10	2,03	2,28	161,22

Atıksu arıtma çamurunun güneş enerjili sera tipi tambur karıştırıcı ile kurutulması için gerekli projelendirme ve maliyet hesabı yapılmıştır.

3.4.1. Atıksu arıtma çamurunun güneş enerjili sera tipi tambur karıştırıcı ile kurutulması

Tasarlanan ünite günümüzde en yaygın kullanılan güneş enerjili kurutucudur. Temel olarak çelik bir köprü ve köprüye bağlı yüksekliği ayarlanabilen bir tamburdan oluşmaktadır. Tamburun hızla dönmesi çamuru aşağıya doğru taşımaktadır. Tambur üzerinde paslanmaz çelikten kanatçıklar bulunmaktadır. Bu kanatçıklar çamur tabakasının kırılmasını ve alt kısımların efektif bir şekilde havalanmasını sağlamaktadır. Ünite iki yönde hareket edebilmekte ve dönebilmektedir.

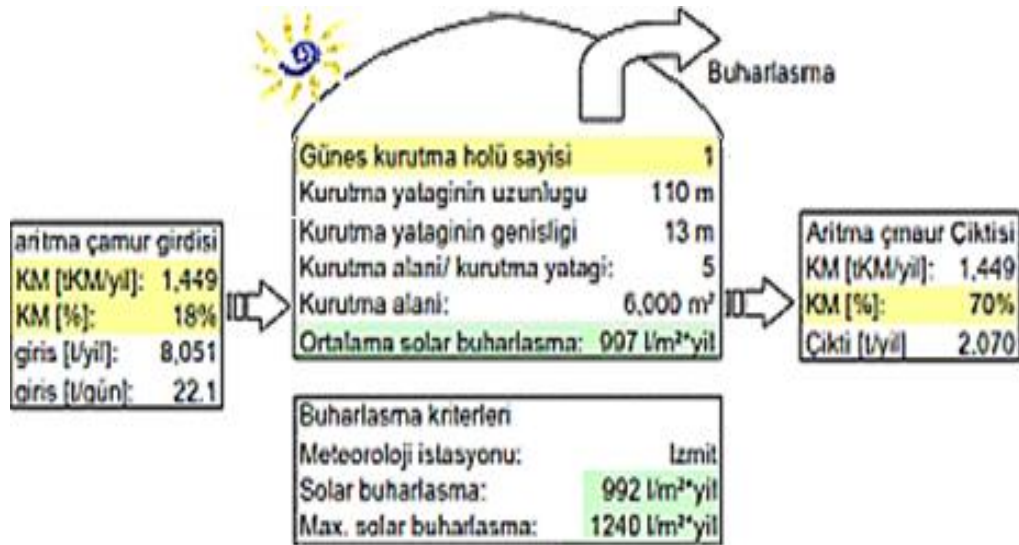


Şekil 3.10. Proses Dizaynı

Şekil 3.10’da görülen kurutucunun büyük bir alanı kaplamasından dolayı en uygun arsaya sahip olan Kocaeli İSU Kullar Arıtma Tesisine kurulacağı varsayılmıştır. Bu tesisin çamur verilerine göre güneş enerjili kurutma planlanmıştır. Planlanan kurutucuya ait teklif EK-D’de verilmiştir.

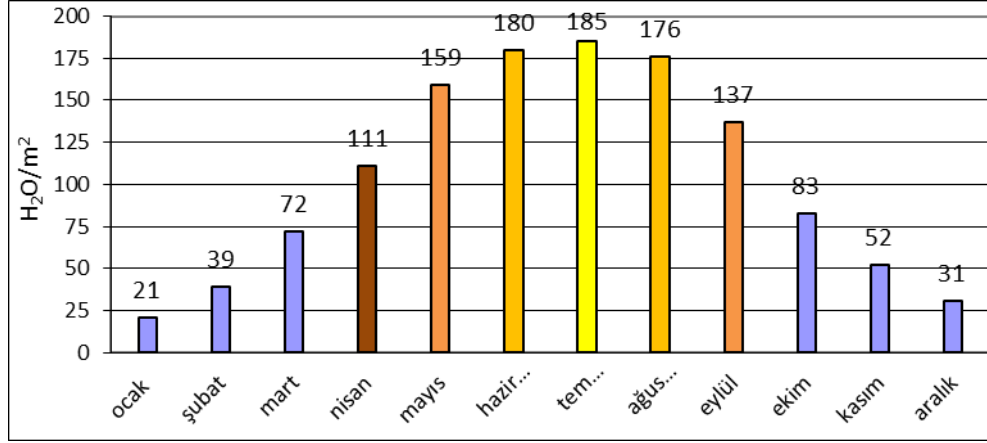
Atıksu arıtma çamurunun güneş enerjili sera tipi tambur karıştırıcı ile kurutulmasının proses akış şeması Şekil 3.11’de görülmektedir. Meteoroloji bilgileri için İzmit meteoroloji müdürlüğü seçilmiştir. %18 KM içeren çamurun %70 KM oranına kadar güneş enerjisi ile kurutulacaktır. Yılda 8000 ton giren çamurun 2000 ton olarak çıkacağı hesaplandığından 1 tane 6000 m² kurutma serası yapımı yeterli olmaktadır. Sistem için gerekli olan ve hesaplanan değerler şöyledir:

- Gerekli enerji ihtiyacı: 1,993 GJ
- Enerji ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanan kısmı: 0,682 GJ
- Yıllık güneş radyasyonu: 0,419 GJ



Şekil 3.11. Arıtma çamuru güneş kurutma proses dizaynı

Şekil 3.11’de akış şeması gösterilen güneş enerjisi ile çamur kurutma sistemi için Kocaeli ili suyun buharlaşma değerlerini gösteren grafik Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Grafikte güneş enerjisinden tüm yıl boyunca yararlanamayacağı görülmektedir. Güneş enerjisinin ihtiyacı karşılama yüzdeleri; Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında ortalama %74,20, Nisan-Mayıs-Eylül aylarında ortalama %55,95, Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart aylarında ortalama %29,26 olmaktadır.



Şekil 3.12. Güneş enerjili kurutma tesisi için buharlaşma grafiği

Kocaeli bölgesi için güneş enerjisinden faydalanma dönemleri Nisan-Ekim ayları arasında olduğundan güneş enerjili sistem halen uygulanan sisteme bir ek destek olarak kullanılabilir. Atıksu arıtma çamurunun güneş enerjili sera tipi tambur karıştırıcı ile kurutulması için EK-4’de verilen teklif (KDV hariç) 600000-€ gibi yüksek bir değer olduğundan Kocaeli ili için uygun görülmemiştir.

3.5. Kurutma Makinesi Prototip Tasarımı

Güneş enerjili sistemin Kocaeli için uygun bulunmaması nedeniyle var olan kurutma makineleri incelenmiştir. Bölgenin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik yeni, modüler ve çok yönlü kullanıma sahip bir prototip tasarlanmıştır.

Proje ile yapılması hedeflenen prototip, belediyelerin, OSB ve endüstri bölgelerinin evsel ve sanayi atıklarının, arıtma proseslerinden sonra oluşan atık çamurlarının çevreye zarar vermeden kurutup daha kolay bertaraf edilmesi ile ilgilidir. Türkiye’de üretimi yapılmayan ve teknik özellikleriyle çevre dostu olan bu prototipin amacı,

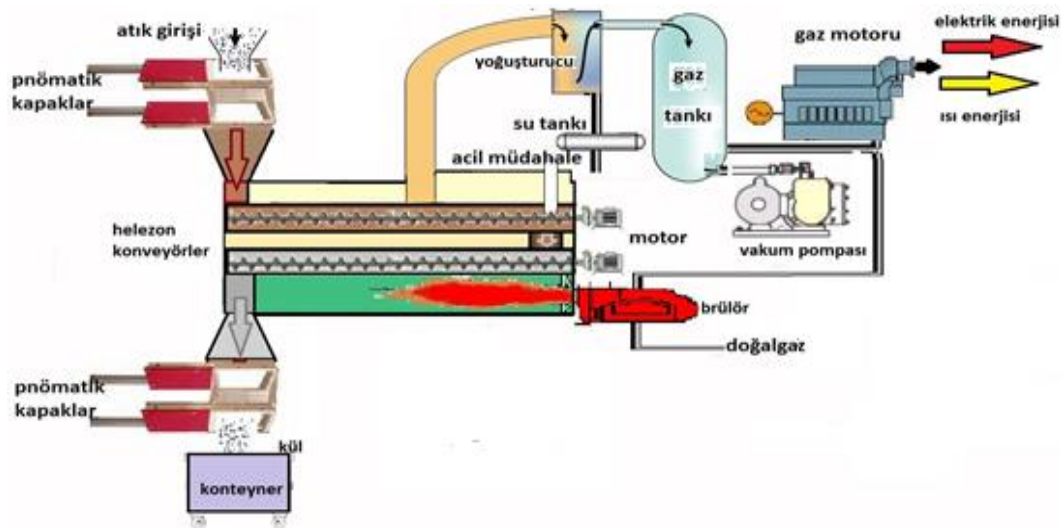
- Giren-çıkan kütle dengesine dayanan, çevreye ve insan sağlığına en az zararlı “kapalı kurutma sistemi” oluşturmaktır.
- Arıtma tesislerinden %25-30 kuru madde oranındaki atık çamuru %90-95 kuru madde oranına kadar kuruturken aynı zamanda pastörize etmektir.
- Kurutma ile ortaya çıkan %70-75 su buharı çevreye atılmayıp yoğunlaştırılarak kullanılacaktır. Bu su arıtma tesisine tekrar geri verilecek ve böylece ekolojik sisteme zarar veren etkiler önlenecektir.
- Kurutma sırasında çevreye koku salınımını önlemektir.

- Kurutma sonucu ortaya çıkan katının yakıt olarak kullanılabilirliğine göre satılarak ekonomik değer haline getirmektir.
- Kurutma aşamasında oluşabilecek parlama ve patlamayı önlemektir.

Bu çalışma ile yerli teknoloji ile düşük maliyetli çözüm sağlanması, mevcut ihtiyacın karşılanması, teknolojik ilerleme, kullanım çeşitliliğini arttırma, sağlanmış olacaktır. Bu amaçla farklı tasarımlar ve imalatlar gerçekleştirilmiştir. İlk üç tasarımın dezavantajları giderilerek dördüncü tasarım geliştirilmiş ve imalatı yapılmıştır. Deneyler dördüncü prototipte gerçekleştirilmiştir.

3.5.1. Birinci tasarım

İlk tasarımda atık çamurun helezon taşıyıcı ile taşınarak kurutulması planlanmıştır. Şekil 3.13’de görünen sistemde 2 adet helezon taşıyıcı bulunmaktadır. Üstteki helezon yaş çamuru taşıırken kurutmaktadır. Kurumaya başlayan çamur üst helezonun sonundan alt helezona düşmektedir. Alt helezon ise kuru çamuru taşımakta ve sonunda dışarı atmaktadır. Sisteme çamur giriş ve çıkışı aynı tarafta olmaktadır.



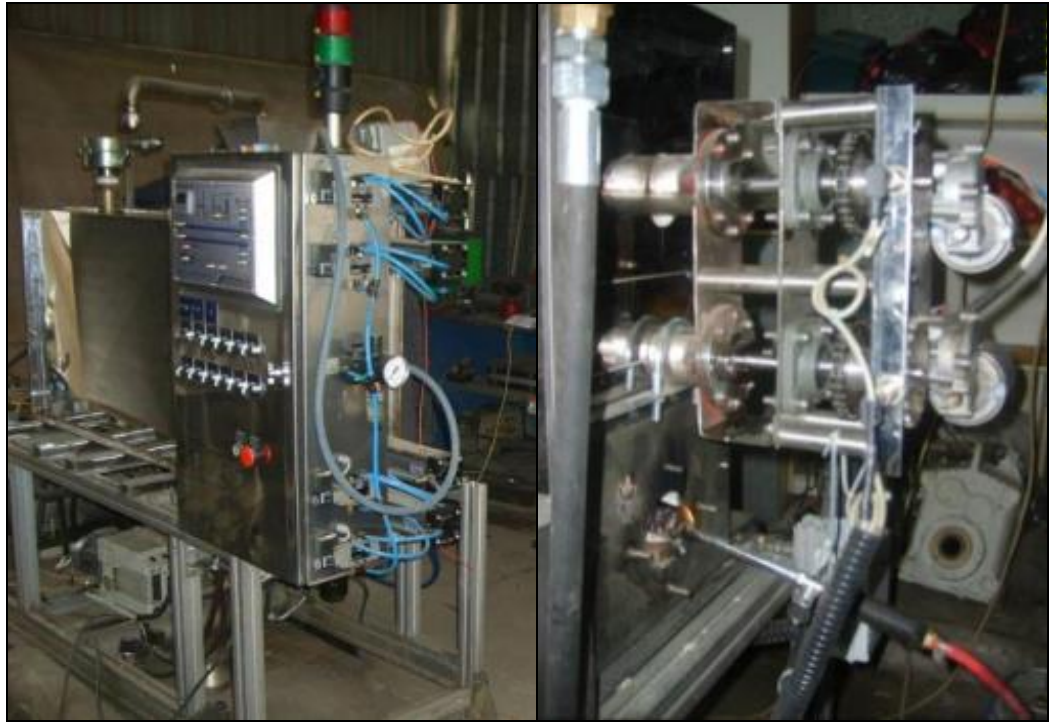
Şekil 3.13. Birinci prototip prensip şeması

Şekil 3.14’da iç kısmı görülen ve paslanmaz çelikten yapılmış sisteme izolasyon uygulanmıştır. Ayrıca makineye giren yaş çamurun, kuru çıkışı da görülmektedir.



Şekil 3.14. Çamur giriş ve çıkışı

Şekil 3.15'deki prototip makine vakum altında çalıştırıldığından, kurutulmak istenen atık çamurun makineye girişi ve çıkışı pnömatik kapaklar ile sağlanmaktadır. Kapaklar PLC ile geliştirilen algoritma ile kontrol edilmektedir. Böylece vakum kaçaklarının olması önlenmiştir. İki adet elektrik motoru ile tahrik edilen helezonların devirleri, birbirlerinden bağımsız ve farklı ayarlanabilmektedir.

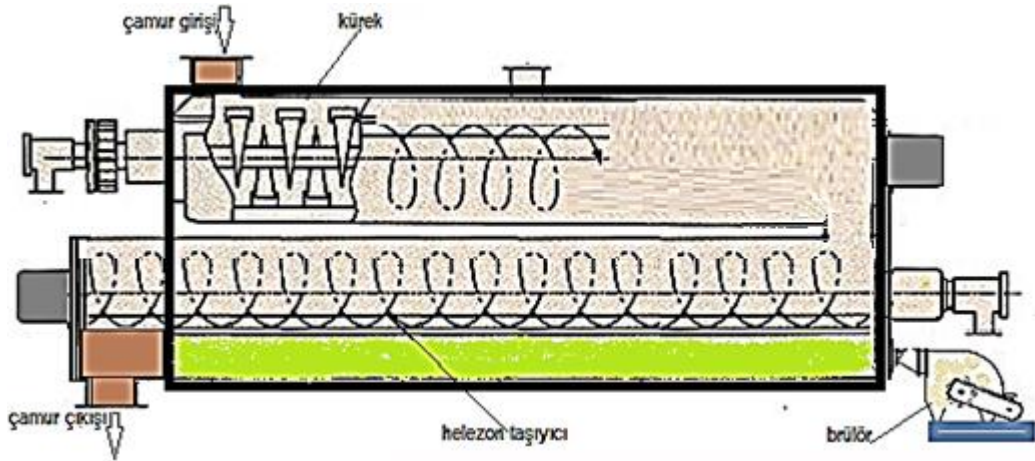


Şekil 3.15. Birinci prototipin ön ve arka görüşleri

Atık çamurun fırın içinde üst helezonda taşınırken helezona yapışması ve alt helezona inişin olmaması nedeniyle sistemde belli bir süre sonra tıkanma olmuştur. Sistem vakum altında çalışmasına rağmen tıkanma sorunu bir türlü giderilememiştir. Bu nedenden dolayı birinci prototipten istenilen verim alınamamıştır.

3.5.2. İkinci tasarım

Birinci tasarımın verimli çalışmaması nedeniyle Şekil 3.16’da prensip şeması görünen ikinci tasarım düşünülmüştür. Birinci sistemdeki üst helezon yerine, bu tasarımda hamur karıştırmada kullanılan ve birbirine zıt yönlü dönen kürekler tasarlanmıştır. Kürekler vasıtasıyla çamur karıştırılacak ve böylelikle kuruma ve ilerleme sağlanmış olacaktır.



Şekil 3.16. İkinci prototip prensip şeması

Şekil 3.16’da görüldüğü gibi çamur girişi ve çıkışı aynı tarafta bulunmaktadır. Prototipe giren çamur, küreklerin dönmesi ile yol alırken kuruyacak ve alt helezona dökülecektir. Alt helezonda da tam kuruma sağlanacak ve kuru çamur çıkışı elde edilecektir.

Bu tasarımda, birinci prototipteki sistemde bulunan üstteki helezon taşıyıcı yerine, ısınan çamurun daha yapışmadan ve tıkanma yapmadan ilerlemesi için Şekil 3.17’de görülen paslanmaz çelikten 2 adet sıyrıcı ve kürekli mil imalatı yapılmıştır. Miller birbirlerine zıt yönlü aynı devirde döndürülmüştür.



Şekil 3.17. Kürekler ve izolasyon

Şekil 3.18’de izolasyonu tamamlanan ve kurutma deneyleri yapılan ikinci prototip görülmektedir.

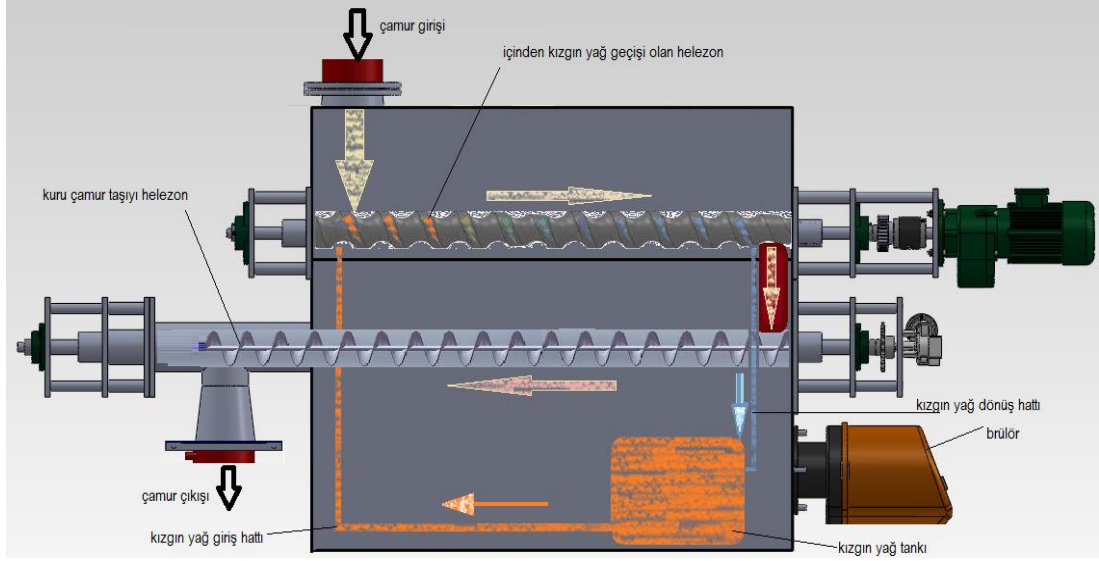


Şekil 3.18. İkinci prototip

İkinci çamur kurutma prototipi ilk çalıştırdığında yeterli miktarda çamurda ilerleme akışı olmadığı ve kanatlar ile dış duvar arasında çamur biriktiği gözlenmiştir. Bu durumu engellemek için millere ve dış duvara ilave sıyrıcılar yapılmıştır. Fakat çamurun ilerleme sorunu çözülememiştir. Bu nedenle çamurun makineye girişi ve çıkışını sağlayacak pnömatik kapaklar ve vakum sisteminin montajı yapılmamıştır.

3.5.3. Üçüncü tasarım

İlk iki tasarımda istenilen verimde kurutma sağlanamadığı için Şekil 3.19’da prensip şeması görülen üçüncü prototip tasarlanmıştır. Yapılan üçüncü tasarımda önceki tasarımların problemler göz önüne alınarak yeni bir tasarım geliştirilmiştir. En büyük sorunun soğuk kısımda çamurun yapışması ve yeterince ilerlememesi olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden sorunun giderilebilmesi için çamurun temas ettiği yüzeyleri ısıtmak gerektiği konusu üzerinde durulmuştur.



Şekil 3.19. Üçüncü prototip prensip şeması

Bu tasarımda birinci prototip referans alınarak sadece üstteki yağ çamur taşıma helezonu, Şekil 3.20’de görüldüğü gibi içinden kızgın yağ geçirilip ısıtılacak şekilde imal edilmiş ve çap olarak biraz büyütülmüştür.



Şekil 3.20. Üst ve alt helezon

Üst helezonun çapı büyütüldüğü için ana gövdedeki helezonun içine konacağı borunun da büyütülmesi gerekmektedir. Bu büyüme nedeniyle yapılan kaynaklar borunun içe doğru genişmesine neden olmuştur. Ayrıca ön ısıtmalı taşıyıcı imalatı yapılırken önce çift cidarlı helezon yapılarak boruya kaynatılmıştır. Kaynak işlemi sırasında boruda çekme ve burulma olmuştur. Şekil 3.21’de görüldüğü gibi düzeltilmeye çalışılan ana gövdeye ön ısıtmalı helezonlar zorlukla yerleştirilmiştir. Yapılan kaynak ve düzeltmeler nedeniyle oluşan tahribat, makinanın ön çalıştırılması sırasında helezondan yağ kaçmasına neden olmuştur. Bu duruma engel olunamadığı için bu prototipten istenilen verim alınamamıştır.



Şekil 3.21. Üçüncü prototip

Arıtma çamuru kurutma amacı ile yapılan üç farklı prototip makina Şekil 3.22’de bir arada görülmektedir. Bu tasarımlardan istenen sonuç alınamadığından dördüncü prototip tasarımı geliştirilmiştir.



Şekil 3.22. Üç Prototip deney düzeneği

3.6. Dördüncü Tasarım Kürekli Kurutucu

Endirekt kurutucular direkt kurutucular ile kıyaslandığında, minimum oranda buhar oluşturmakta, ısı taşıyıcı akışkanın kirlenmesi söz konusu olmamakta, enerji tüketimi ve işletme maliyetleri daha düşük olmaktadır.

Schlünder ve Mollekopf, N. tarafından 1984'te yapılan yayında, mekaniksel olarak karıştırılan partikül formundaki katıların vakum altında ve kontak yoluyla kurutulmasına ait "penetrasyon" adlı bir model ortaya koyulmuştur. Bu modelde, sürekli karıştırma prosesi, bir sıra halinde ilerleyen temas periyotları ile dönüşümlü olarak gerçekleşmektedir. Modele göre, gerçekleştiği varsayılan bu temas periyotları sırasında, kurutulan malzemenin hareketsiz, durağan yatak halinde olduğu kabul edilmektedir. Daha sonra malzeme aniden bütün halinde mükemmel olarak karıştırılmakta ve tekrar temas periyodu gerçekleşmektedir. Bu modelin kurutma prosesine uyarlanmasıyla durgun periyot sırasında kurutucu ortamın ısısı sıcak yüzeyler boyunca, kurutulacak olan çamura doğru nüfuz etmektedir. İki durgun periyot arasında malzeme kusursuzca karıştırılmakta ve ısıtıcı yüzey tekrar malzemeye nüfuz etmektedir. Belirgin olarak gözlemlenen bu hareketsiz süreç, karışma sayısının, karıştırıcının saniyedeki devir sayısına oranı olarak ifade edilmektedir. Karışma sayısı; nüfuz etme teorisinin deneysel olarak elde edilen kuruma hızı eğrilerine uyarlanması sırasında eğri uydurma yöntemi ile belirlenmektedir. Bu sayı, ürünün ideal olarak karışmış olması için karıştırıcının hangi sıklıkla dönmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu teori; kolloid özellikleri bakımından yaklaşık olarak homojen partikül boyutu dağılımına sahip olan, kendiliğinden akan partikül tipi malzemenin vakum altında kontakt metodu ile kurutulması sürecine, ilk defa Dittler ve diğ. (1997) tarafından yapışkan malzemenin vakum altında kontak metodu ile kurutulmasının simülasyonunu gerçekleştirmek amacıyla tatbik edilmiştir. Kurutucunun sıcak yüzeyi ile malzeme yatağı arasındaki temas direnci ve malzeme yığınının sıcaklık nüfuz etmesine karşı gösterdiği geçirim direnci kuruma hızını sınırlayan faktörler olarak öne çıkmaktadır [80].

Tsotsas ve Schlünder nüfuz etme modelini, sisteme inert gaz eklenen yeni duruma da uyarlamışlardır. Kuruma prosesinin inert gaz varlığında gerçekleştiği sistemler için gaz fazındaki kütle transfer direnci de göz önüne alınmalıdır [80].

Nitekim arıtma çamurlarının kontak metodu ile kurutulmasının modellenmesi homojen partikül dağılımına sahip olan kolloid yapıların kurutulmasında kullanılan modellemelere göre daha zor olmaktadır. Çünkü çamurlar; viskoziteleri, kompleks yapıları ve azalan nem içeriğine bağlı olarak tabi oldukları yapışkan, topaklı ve granüle faz geçişleri nedeniyle farklı bir madde grubunu temsil etmektedir [81].

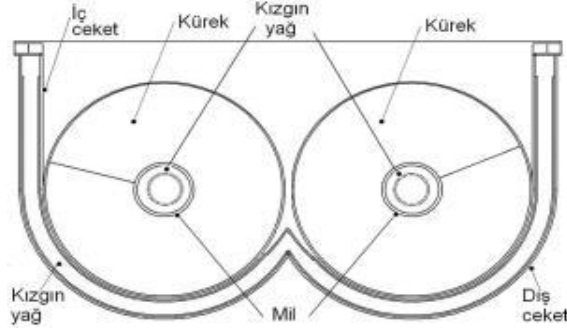
Chen G. ve Mujumdar A. S. birçok çamur kurutma prosesinde inert sürükleyici gaz kullanıldığını ve bu durumda gaz fazındaki kütle transfer dirençlerinin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Arıtma çamurunun hava varlığında yapışkan, topaklı ve granüle fazları sırasında tabi olduğu kontak kuruma modellemeleri sunmuşlardır [82].

Yakın geçmişte; Arlabosse P. ve Chitu T. nüfuz etme modelini kullanarak çamurun kontak metodu ile kurutulmasına ait simülasyonu hazırlamışlardır. Çalışmada açığa çıkan buhar, sürükleyici gaz akımı olarak kullanılmış, böylece gaz fazındaki kütle transfer direnci dikkate alınmamıştır. Bu nedenle bu çalışma için vakum altında gerçekleştirilen kurutmaya ait nüfuz etme modeli kullanılarak çamur kurutmanın simülasyonu ortaya koyulmuştur [83].

Hou L. Z., ve diğ., 3 m² kurutucuda ıslak arıtma çamuru içine pirinç kabuğunu karıştırmışlardır. Çıkış nem içeriği ve ilk çamur kütle akış hızının üzerinde, termal yağ giriş sıcaklığının etkisini analiz etmişlerdir. Yağ giriş sıcaklığı ve kütle akış arasında basit monoton bir ilişki olmadığını ve pirinç kabuğu eklemesinin kurutma performansını arttırdığını belirtmişlerdir [84].

3.6.1. Kürekli kurutucu çalışma prensibi

Kürekli kurutucunun çalışma prensibi diğer klasik kurutma fırınlarından farklıdır. Kurutma süreci boyunca çamur sürekli olarak sistemin bir ucundan beslenmekte ve diğer ucundan kurumuş ürün olarak çıkmaktadır. Ayrıca kızgın yağ kapalı sistemde dolaştığından kullanılmayan ısıнын çok büyük bir bölümü sistem içinde kalmaktadır. Bu çalışma konusu olan ve Şekil 3.23’de prensip şeması görülen kürekli kurutucu sisteminde kullanılan kızgın yağ; tekne, miller ve küreklerin içerisinde geçmektedir.



Şekil 3.23. Kürekli kurutucu prensip şeması

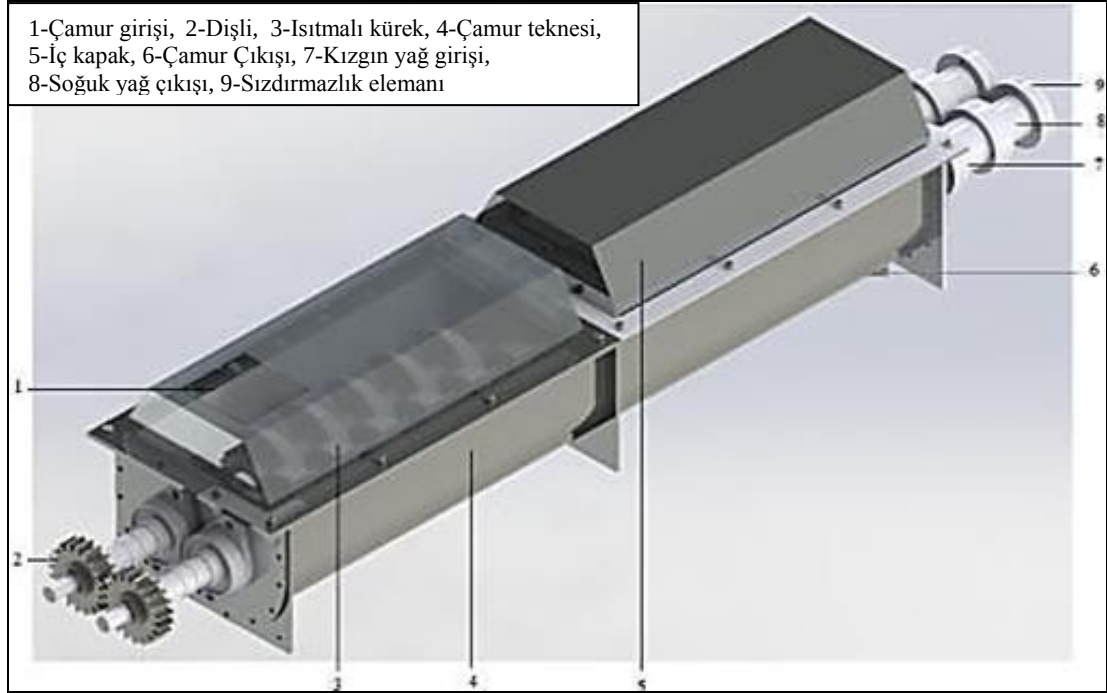
Sistemdeki yağ rezistanlar vasıtasıyla ısıtılıp bir pompa ile devir daim olarak çamur teknesi, miller ve kürekler içerisinde dolaştırılmakta ve sistemin ısısı kurutulacak çamura göre ayarlanabilmektedir. Sıcaklık sensörleri ile belirlenen ısıya ulaşıldığında arıtma tesisinden çıkan çamur kürekli kurutucunun haznesine dökülmektedir. Elektrik motoru tarafından tahrik edilen iki mil birbirlerine zıt yönlü dönerek çamuru ileri doğru karıştırarak itmektedir. Bu arada sıcaklığı yüksek olan mil, kürekler ve çamur teknesi, ısınıp çamura vererek çamur içindeki suyu buharlaştırmaktadır. Bir fan yardımıyla oluşan buhar makine dışına atılmaktadır.

3.6.2. Kürekli kurutucu tasarımı

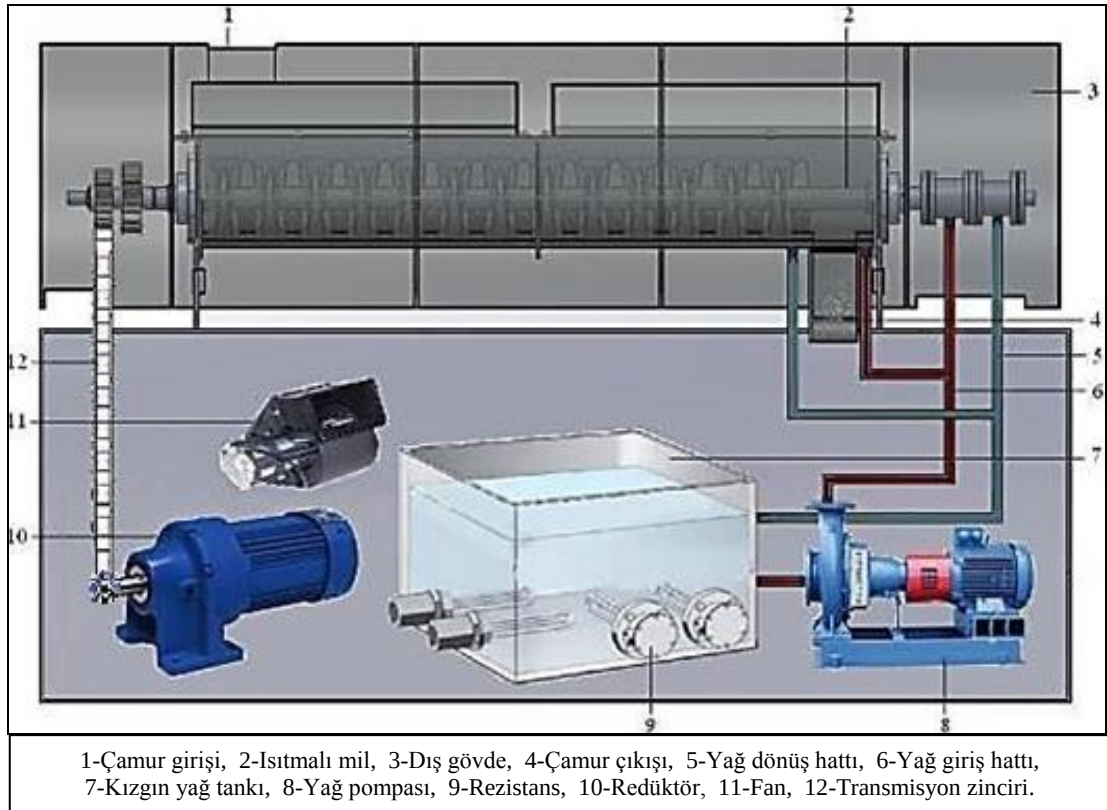
Çamur, sistem içerisinde sürekli olarak dönmekte olan kürekler vasıtasıyla karıştırılmakta ve kızgın yağ tarafından sağlanan ısı ile kuruma işlemine tabi tutulmaktadır. Yüksek verimlilikte ısı transferini sürekli kılmak için kürekleri ve çamur teknesini temiz tutmak gerekmektedir. Arıtma çamurunun yapışkan özelliği ısı transfer yüzeyleri için olumsuz bir faktördür. Bunu önlemek için küreklerin kurutulacak madde içinde yüksek ısıda hafifçe sürtünerek dönmesi yeterli olacaktır. Şekil 3.24’de tasarlanmış kısmi kesiti alınmış kürekli kurutucunun prensip şeması verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi makinenin içindeki mile kaynakla birleştirilmiş kürekler bulunmaktadır.

Şekil 3.25’de kürekli kurutucunun dış gövdesinin prensip şeması verilmiştir. Isı taşıyıcı olarak kullanılan yağ, elektriksel olarak rezistanslar vasıtasıyla ısıtılmakta ve pompa tarafından çamur teknesi, miller ve kürekler boyunca geçirilmektedir. Isıtıcı yağın millere girişi ve çıkışı aynı taraftadır. Kızgın yağ taşıyan borular sızdırmaz bağlantı elemanları ve vanalar ile millere bağlanmıştır. Kuruma sırasında ortaya

ıkan buhar, fan aracılığıyla çekilerek sistemden uzaklaştırılmaktadır. Transmisyon zinciri sayesinde redtrden alınan g millerin dönüşünü sağlanmaktadır.



şekil 3.24. Tasarlanan kürekli kurutucunun i gövdesi



şekil 3.25. Tasarlanan kürekli kurutucunun prensip şeması

3.6.3. Kürekli tip kurutucu imalatı

Prototip imalatı N&A Çevre Teknolojileri firmasına ait araştırma laboratuvarında yapılmıştır. Gerekli malzemeler, teçhizat ve personel firma tarafından karşılanmıştır. Kürekli kurutucu boyutları yaklaşık olarak 2m genişliğe, 80cm alt, 50cm üst olmak üzere 135cm yüksekliğe ve 65cm derinliğe sahiptir. Çamurun temas ettiği yüzeyler paslanmaz çelikten yapılmıştır. Kurutucu alan değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Prototip kurutucuya ait alanlar

Tekne Yanı	0,275 m ²	Toplam Tekne	0,725 m ²
Tekne Altı	0,45 m ²		
1 Mil	0,166 m ²	Mil x 2	0,332 m ²
1 Kürek	0,025 m ²	Kürek x 26	0,65 m ²
Çamurun temas ettiği sıcak yüzey alanı			1,707 m²

Şekil 3.26’da görüldüğü gibi kürekli kurutucu; içi boş 2 adet mil, 26 adet kürek ve 1 adet tekneden oluşmaktadır. Çamur teknesi iç ve dış ceket olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Ceketler kaynak ile birleştirilmiştir. Sistemdeki millerin yatakları ve tahrik motoru çamur teknesinin aynalarına civata ile monte edilmiştir. Çamur teknesinden ısı kaybını engellemek için dış yüzeyine izolasyon uygulanmıştır.



Şekil 3.26. Kükrekler ve çamur teknesi

Arıtma çamurunun içindeki suyu buharlaştırmak için gerekli olan ısı, Şekil 3.27’de gösterilen yağ tankındaki yağın, pompa vasıtasıyla kürekli kurutucuya gönderilmesi ile sağlanmaktadır. Isı kaybının en aza indirilmesi için yağ tankı da izole edilmiştir.



Şekil 3.27. Kızgın yağ tankı ve pompası

Yağ olarak Tablo 3.8’de görülen özelliklere sahip Optima Kapalı Sistem Isı Transfer Yağı kullanılmıştır. Ayrıca tabloda kızgın yağ pompasının özellikleri de verilmiştir.

Tablo 3.8. Kızgın yağ ve pompanın özellikleri

Kızgın Yağ Özellikleri		Kızgın Yağ Pompası	
Yoğunluk (15 ⁰ C, kg/lt)	0,873	Güç (kW)	0,55
Isı iletim katsayısı (200 kcal/ mh ⁰ C)	0,103	Frekans (Hz)	50
Özgül ısı (200 kcal/kg ⁰ C)	0,605	d/d	670
İlk kaynama noktası (⁰ C)	320	.A	1,92
Akma noktası (⁰ C)	-12	Eff (%)	71,4

Yağın ısıtılması için elektrik enerjisinden yararlanılmıştır. Şekil 3.28’de görülen standart boylarda, magnezyumoksit toz izolasyonlu, paslanmaz borulu, çalışma sıcaklığı 350⁰C ve her biri 7500 W gücünde olan 3 adet kazan rezistansı kullanılmıştır.



Şekil 3.28. Isıtma sistemi elemanları

Kürekli kurutucuda millerin dönüşünü sağlanması için Şekil 3.29’da özellikleri ile görülen redüktörlü motor kullanılmıştır.

	Elektrik Motoru	
	Devir sayısı (d/d)	925
	Güç (KW)	1,5
	Frekans (Hz)	50
	Redüktör	
	Giriş devri (d/d)	900
	Çıkış devri (d/d)	17
	“i” oranı	52.9
	Güç (KW)	1.5

Şekil 3.29. Özellikleri ile elektrik motoru ve redüktör

Yine Şekil 3.30’da görülen sisteme ait salyangoz fan ise, tek emişli ve 500W, 2735Rpm, 1820 m³/h özelliklerine sahiptir. Fan aspiratör gibi kullanılarak sistem içinde oluşan buharı çekilerek dışarı atmaktadır. Buharlaştırma sonucu oluşan su kanalizasyon şebekesine verilmektedir.

	Tek Emişli Fan	
	Devir sayısı (Rpm)	2735
	Güç (W)	500
	Frekans (Hz)	50
	Debi (m ³ /h)	1820

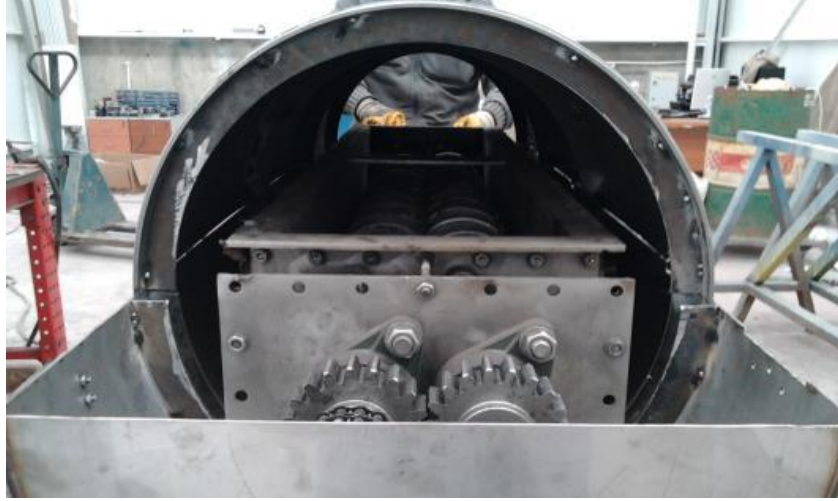
Şekil 3.30. Tek emişli salyangoz fan

Şekil 3.31’de test çalışmaları yapılan kürekli kurutucu prototip imalatı görülmektedir. Sistemin çalışmasını kontrol etmek için Kocaeli İSU Kullar Atıksu Arıtma Tesisinden alınan çamur kurutulmuştur. Ön denemelerde kapaklar kapatılmadan kurutma yapıldığından, fan ile buharın atılmasına gerek kalmamıştır.



Şekil 3.31. Test çalışmaları yapılan prototip

İstenilen kurutmanın başarılı olması sonucu kürekli kurutucu Şekil 3.32'deki ana gövdeye monte edilmiştir. Prototipin pazarlama açısından dikkat çekmesi numune getiren müşterilerin önünde kurutulması ve kuru ürün analizlerinin gerçekleştirilmesi için ana gövde tasarımı N&A çevre teknolojileri firmanın satış ve pazarlama departmanının ön gördüğü şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.32. Ana gövde montajı

Verimi arttırmak için ısı kaybını en aza indirmek gerekmektedir. Şekil 3.33'de görüldüğü üzere ana gövdeye monte edilen kürekli kurutucunun son izolasyonu da tamamlanmıştır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan sanayi ekipmanlarında ısı, ses ve yangın yalıtımı sağlamak için rabbitz teli kapla taşıyünü kullanılmıştır. Böylelikle silindirik, oval ve düz olmayan yüzeylerde kolaylıkla kullanılmıştır. Yalıtım yapılacak yüzeye tespit pimleri sayesinde tutturulmuştur.



Şekil 3.33. Son yalıtım

Şekil 3.34’de ön ve arkadan görünüşten görülen deneylerin yapıldığı kürekli kurutucu prototipi görülmektedir.

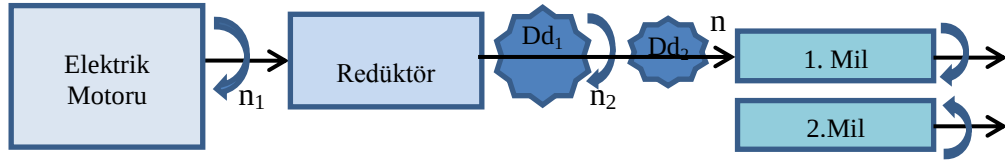


Şekil 3.34. Kürekli kurutucu prototipi ön ve arka görünüşü

3.6.4. Model tanımlaması

Bu model ilk olarak Tsotsas ve Schlünder (1986) tarafından inert gaz varlığında granül yapısındaki malzemelerin karıştırılmak suretiyle kontak metodu ile kurutulmasını analiz etmek amacıyla ortaya koyulmuş, Gevaudan ve Andrieu (1991) tarafından gözenekli higroskopik malzemelerin kontak metodu ile kurutulmasını analiz etmek amacıyla geliştirilmiştir [80].

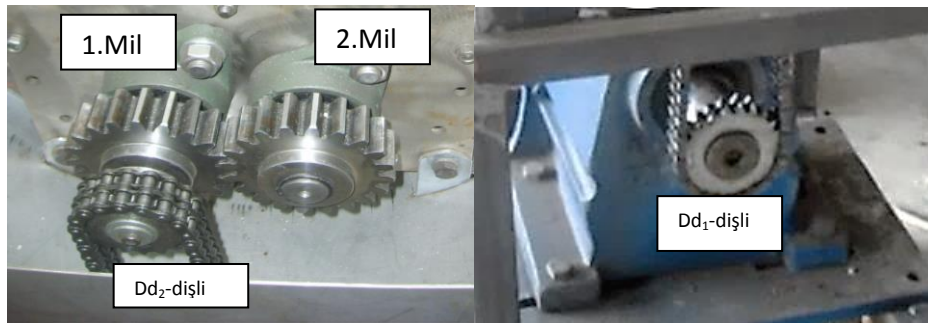
Şekil 3.35’de akış şeması görünen sistemde elektrik motoru tarafından çevrilen redüktör kendisine ve birinci mile bağlı olan dişliyi çevirmektedir. İkinci bir dişli mekanizması birinci milden aldığı gücü ikinci milin zıt yönde dönmesini sağlamak için kullanılmıştır. Böylece miller dönmekte ve karışımın oluşması sağlanmaktadır.



Şekil 3.35. Karıştırma süreci akış şeması

Modelde kararlı hal karıştırma sürecini bir dizi kararlı olmayan karıştırma süreçleri takip etmektedir. Kontak süresini takiben ani bir hareketle çamurun iyi karışması gerçekleşmektedir. Karışım için gerekli olan millerin deneysel olarak bulunan dönüş devri 24 d/d’dir. Şekil 3.29’da verilen ve redüktör çıkış devri 17 d/d olan bir motorun, 24 d/d’ya çıkarılması için gereken formül Denklem (3.1) deki gibi elde edilmiştir. Şekil 3.36’da görüldüğü gibi zincir ve dişli ile devir ayarlanmıştır.

$$n = \frac{n_1}{\frac{n_1 D d_2}{n_2 D d_1}} \quad (3.1)$$



Şekil 3.36. Millerin dönüş devrinin ayarlanması

Kuruma için su molekülünü serbest hale getirmek gerekmektedir. Bunun içinde çevresindeki ısıtıcıdan alınan ısı enerjisinden yararlanılmaktadır. Sıvının sıcaklığı ne kadar düşükse buharlaştırmak için o kadar da çok enerjiye ihtiyaç var duyulmaktadır. Kurutma uygulamalarında sistem kapasitesi belirlenirken, kurutucuda ihtiyaç duyulan olan enerji miktarı hesaplanmalıdır. Hesaplanan bu enerjiyi, sistemin ısı kaynağı sağlamaktadır. Arıtma çamurunun 1 kg buharlaşan suyu için gerekli net ısı ihtiyacı aşağıdaki denklem ile elde edilmiştir [85].

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (3.2)$$

Kızgın yağın ısıtılması için gerekli enerji;

$$q_1 = m_y c_y (T_{çy} - T_d) \quad (3.3)$$

Çamurun ısıtılması için gerekli enerji;

$$q_2 = m_ç c_ç (T_{çç} - T_d) \quad (3.4)$$

Kurutucudan çevre havasına olan ısı kayıplarını karşılamak için gerekli enerji;

$$q_3 = k. A. \left[\frac{(T_k + T_i)}{2} - T_d \right] Z \quad (3.5)$$

Denklem (3.5)'teki eşitlikteki ısı geçirgenlik katsayısı:

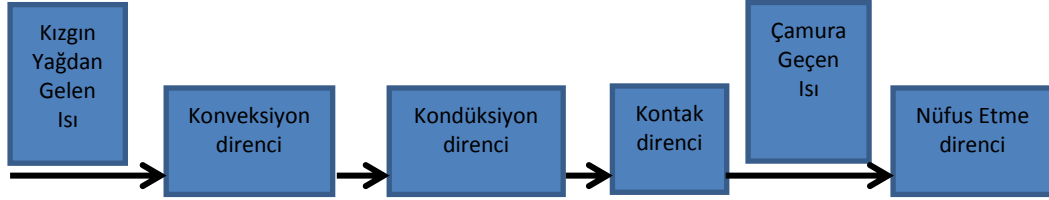
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\alpha_d} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (3.6)$$

Çamur neminin buharlaştırılması için gerekli enerji;

$$q_4 = sa [h_{ss}'' - h'] \quad (3.7)$$

Kontak periyodu süresince, kütlenin ısıtıcı yüzeyler üzerinde durgun halde kondüksiyon mekanizması ile ısı transferine tabi olduğu kabul edilmektedir. Endirekt kurutucu sistemlerinde toplam ısı transfer direnci temel olarak; sıcak duvar ve malzeme arasındaki kontak direnci, sıcak duvar boyunca oluşan kondüksiyon direnci ve ısı taşıyıcı akışkan ile sıcak duvar arasında gerçekleşen konveksiyon direnci

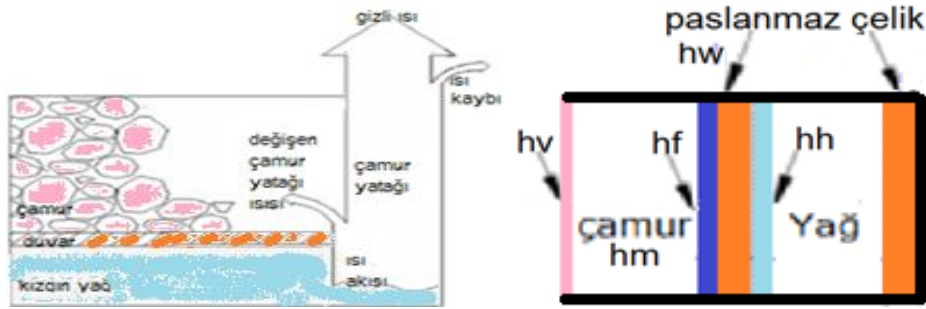
olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.37’de kürekli kurutucu sistemi için tanımlanmış olan ısı transfer dirençleri verilmiştir.



Şekil 3.37. Pedallı kurutucu sisteminde gerçekleşen ısı dirençleri [86]

Buna bağlı olarak; kurutucu duvarı ve kızgın yağ arasındaki konveksiyon direnci, kurutucu duvarı bünyesinde gerçekleşen kondüksiyon direnci ve kurutucunun sıcak yüzeyi ile çamur yığını arasında gerçekleşen kontak direnci kapsam içerisinde olmaktadır. Nüfus etme direnci ise çamur yığını içerisinde de oluşan ısı transfer direnci olarak tanımlanmaktadır. [86].

Şekil 3.38’de görüldüğü üzere; kızgın yağdan kaynaklanan ısı, kurutucu içerisindeki çamura doğru ilerlemektedir. Isının bir kısmı çamurun sıcaklığını değiştirirken, kalan kısmı çamur yatağını; gizli ısı ve ısı kaybı olarak terk etmektedir. [80].



Şekil 3.38. Kontakt süreci sırasında gözlemlenen sıcaklık profilleri

İçerisinde ısı taşıyıcı akışkan dolaştırılan sıcak yüzeyler vasıtasıyla, sabit veya karıştırılan yatak sisteminde, kurutulan malzemeye doğru gerçekleşen ısı transfer hızı genel olarak aşağıda verilen Denklem (3.8) ile hesaplanmaktadır. Şekil 3.38’deki görülen sistemin toplam ısı transfer hızı aşağıdaki Denklem (3.9)’de verildiği üzere birtakım film ve termal dirençlerin toplamından oluşmaktadır [87].

$$\dot{Q} = K_{top} A (T_c - T_d) \quad (3.8)$$

$$\frac{1}{K_{top}} = \frac{1}{h_h} + \frac{1}{h_w} + \frac{1}{h_f} + \frac{1}{h_m} + \frac{1}{h_v} \quad (3.9)$$

Denklemden bulunan toplam ısı transfer direncinin hesaplanması için beş adet direncin hesaba katılması gerekmektedir. Ancak pratikte, etkileri belirgin olan iki direnç vardır. Bunlar; cidar ile kurutulan malzeme yatağının yüzeyinde oluşan kontak direnci ve kurutulan malzeme yatağı boyunca oluşan nüfuz etme direncidir [87].

$$h_f = h_m = -\frac{2\sqrt{\rho c \lambda}}{\pi \sqrt{t_c}} \quad (3.10)$$

Malzeme yatağının durağan olarak varsayıldığı “ t_c ” temas süresi aşağıda verilen eşitlikle ifade edilmektedir. “ t_c ” periyodu sonrasında malzeme yatağının muntazam bir karıştırmaya tabi olduğu varsayılmaktadır [87].

$$t_c = n_{mix} \cdot t_{mix} \quad (3.11)$$

$$t_{mix} = t_a / n \quad (3.12)$$

$$t_a = t_{kç} / k_{\bar{u}} \quad (3.13)$$

Denklem (3.11)’de görülen “ t_{mix} ” karıştırıcı içindeki çamurun bir turu tamamlaması için gerekli olan süre olarak tanımlanmaktadır ve deneysel olarak tespit edilmektedir.

“ n_{mix} ” olarak ifade edilen karıştırma sayısı, genellikle 2-25 arasında bir değer olmaktadır. Bu değer ısıtıcı yüzeylerin sıcaklığı, kurutulan malzemenin nem içeriği gibi faktörlerden bağımsızdır. Bu sayı kısaca, malzeme yatağının mükemmel biçimde karışması için gerekli optimum karıştırıcı devir sayısı olarak tanımlanmaktadır. Karıştırma sayısının tahmin edilebilmesi için, aşağıda verilen eşitlik öngörülmüştür.

$$n_{mix} = C \left(\frac{(2 \pi n)^2 D}{2g} \right)^x \quad (3.14)$$

Karıştırma sayısı hesaplama denklemindeki “C” ve “x” katsayı değerleri kurutucu tiplerine özgü olarak aşağıdaki Tablo 3.9’da sunulmaktadır [87].

Tablo 3.9. Kurutucu tiplerine göre “C” ve “x” katsayı değerleri

Kurutucu Tipi	C	x
Disk Tipi Kurutucu	25	0,20
Döner Kurutucu	16	0,20
Pedalalı Kurutucu	9	0,05

Endüstriyel kurutucuların tasarlaması için gerekli olan önemli parametrelerden biriside kurutma süresidir. Belirli şartlar altında, öngörülen kapasite için gerekli olan kurutucu ekipmanın ebatları kurutma süresine bağımlı olmaktadır. Sürekli koşullar altında kurutma prosesi gerçekleştirilirken gerekli kurutma süresinin hesaplanması için kurutma hızı eğrilerinden veya öngörülen ısı ve kütle transfer katsayılarından yararlanılmaktadır. Kurutulacak malzeme ile deneyler yapılarak gerekli değerler elde edilebilmektedirler.

Birim alan ve birim zaman başına buharlaşmış su veya sıvı miktarı kurutma hızı olarak tanımlanır. Kurutma hızı;

$$N = -\frac{m}{A} \frac{dX}{d\theta} \quad (3.15)$$

Bir maddenin kurutma hızı, sabit bir değer değildir. Kurutma farklı dönemlerde oluşur. Karakteristik kurutma eğrileri Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’de verilmiştir. Kuruma periyotları sabit hız ve düşme hızı olarak ikiye ayrılır.

- Sabit hız periyodu

Kuruma genellikle sabit hız periyodunda başlar. Su buharlaştığı zaman kurutma meydana gelir ve ıslak katı bir su film tabakasıyla kaplanır. Şekil 2.5.(a)’de B-C hattı üzerinde kurutma hızı sabit olacaktır Bu periyot başlangıç neminden kritik neme kadar devam eder ve sonra kurutma hızı azalmaya başlar.

$N = N_c$ ve denklem (3.15) integer edilirse, X_i ’den X_c ’ye sabit hız süreci için;

$$\theta_c = -\frac{m}{AN_c} (X_c - X_i) \quad (3.16)$$

- Düşme hızı periyodu

Zaman geçtikçe Şekil 2.4 ve 2.5.(a)'da, C-E çizgisinde görüldüğü gibi kurutma hızı azalır. Islak katı kritik denge değerine ulaştığı zaman katı çevresindeki su filmi tabakasının buharlaşması tamamlanır. Bu periyotta buharlaşma gözeneklerinde meydana gelir. Şekil 2.5.(a)'da, C-E lineer olduğu varsayılır; yani

$$\frac{N}{X - X_E} = \frac{N_c}{X_c - X_E} \quad (3.17)$$

Burada Denklem (3.17) X_E : denge nemi eşitliğinden;

$$N = N_c \frac{X - X_E}{X_c - X_E} \quad (3.18)$$

Denklem (3.18)'deki 'N' kurutma hızı, denklem (3.14) içine yerleştirilirse,

$$N_c \frac{X - X_E}{X_c - X_E} = - \frac{m}{A} \frac{dX}{d\theta} \quad (3.19)$$

Değişkenleri ayırarak ve X_c 'den X_F 'e integral ederek, kuruma hızında düşüş süreci;

$$\theta_f = - \frac{m(X_c - X_E)}{N_c A} \ln \frac{(X_F - X_E)}{(X_c - X_E)} \quad (3.20)$$

Kuruma prosesi sabit hız ve düşüş sürecinin birleşimi olarak meydana geliyorsa toplam kurutma süresi,

$$\theta = \theta_c + \theta_f \quad (3.21)$$

4. DENEYLER ve BULGULAR

Bu tez çalışmasında istenilen optimum kurutmanın elde edilebilmesi için dört farklı prototip geliştirilmiş ve en verimli sonuç Kürekli Tip Kurutucu ile elde edilebilmiştir. Birinci tasarımda atık çamurun helezon taşıyıcı ile taşınarak kurutulması amaçlanmıştır. Atık çamurun fırın içinde üst helezonda taşınırken helezona yapışması ve çamur akışının istenilen hızda gerçekleşmemesi ve sistemin vakum altında çalışmasına rağmen bir süre sonra tıkanmaların olması sistemin verimi büyük ölçüde düşmüştür. İkinci tasarımda ise çamur akışının istenilen şekilde sağlanabilmesi için birinci tasarımdan farklı olarak sisteme 2 adet sıyrıcı ve kürekli mil eklenmiştir. Fakat bu tasarımda yine kanatlar ile dış duvar arasındaki akışın tıkanması sistemin verimini düşürmüştür. Üçüncü tasarımda ise çamurun yapışmasının engellemesi için sistemde ön ısıtmalı helezon kullanılmıştır. Ancak bu tasarımda da sistem sıcaklığının daha yüksek olması ve malzemenin genleşmesi yağ kaçaqlarına neden olmuş ve kurutma verimi düşmüştür. Bu problemlerin giderilebilmesi için yeni bir kurutma algoritması düşünülerek dördüncü bir protatip tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımda sistemin ısısı kurtulacak çamura göre kontrol edilerek yüksek verimlilikte sürekli ısı transferi sağlanarak kurutma işlemi istenilen verimde gerçekleştirilebilmiştir.

Bu tez çalışmasında, Kocaeli ili arıtma çamurlarının en uygun kurutma yöntemi ile bertarafının iyileştirilmesi araştırılmıştır. Bunun için Kürekli Tip Kurutucu tasarlanarak belediye arıtma tesisi çamuru, sanayi arıtma tesisi çamuru, kömür çamuru ve hayvansal atıklar kurutulmuştur. Kurutma deneyleri N&A Çevre Teknolojileri firmasında araştırma laboratuvarında yapılmıştır.

Arıtma çamuru kurutma makinesinin devir sayısı 17, 20, 24, 28 d/d, ayarlanarak deneyler yapılmıştır. En ideal sonucu 24 d/d'nın verdiği yapılan çalışmalar sonucunda görülmüştür. 24 d/d'dan düşük devirlerde ısıyı düşürmek bile çamurun makine içerisinde yanmasına engel olamamıştır. 24 d/d'dan fazla devirlerde ise çamur tam kuruma olmadan makineyi terk etmiştir.

Kurutma işlemi yapılacak artıma çamurları için gerekli enerji ihtiyacı Denklem (3.2) ile maksimum 22 kW olarak bulunmuştur. Böylece şekil 38’de görülen toplamda 22,5 kW enerji üreten 3 adet rezistans kullanılmıştır. Elde edilen optimum çalışma şartları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Optimum çalışma şartları

kurutma deneyi şartları	
Devir Sayısı	24 d/d
Ortam Sıcaklığı	20- 25 °C
Sistemdeki Yağ Basıncı	0,5-1 Bar
Sistemdeki Yağın Giriş Sıcaklığı	200 °C
Sistemdeki Suyun Dönüş Sıcaklığı	185 °C
Fanın Çalışma Devri	1820 m ³ /h

Deneyler 200°C sıcaklıkta ve 24 d/d karıştırıcı hızında yapılmıştır. Sistemin kararlı çalışabilmesi ve testlerin yapılabilmesi için yağ sıcaklığının 200 °C’ye ulaşması gerekmektedir. Sistemin yağı bu sıcaklığa ulaştığında kurutma işlemine başlanmıştır. Önce kapaklar açık halde iken makine çalıştırılarak kurutma anının resimleri çekilmiştir. Sisteme giren ve çıkan çamur miktarları ve işlem süresi tespit edilmiştir. Her bir deneyde sisteme 25 kg atık çamur verilmiş ve proses sonucunda elde edilen kurutulmuş atık çamur miktarı ölçülmüştür. Kuruma sürecinin bitmesi ile makine tamamen temizlenmiş ve yeni çalışmaya geçilmiştir. Testler sonucunda elde edilen bazı kuru atık çamurun nem ve kalorifik değerleri İZAYDAŞ tesisindeki laboratuvarlarda ve diğerleri ise firmada bulunan nemölçer ile belirlenmiştir.

4.1. Evsel Nitelikli Arıtma Çamuru

Evsel nitelikli çamur Kocaeli-İSU Kullar Arıtma Tesislerinden alınmıştır. Şekil 4.1’de görünen arıtma çamuru tesiste bulunan ve ön susuzlaştırma olarak kullanılan dekantörden %18 KM içerir şekilde çıkmıştır. Kurutma makinesinin kapakları açıkken çamurun kurutulması denenmiş, yapışma ve ilerlemede sorunu olmadığı görülmüştür. Şekil 4.2’de 25 kg olarak tartılan arıtma çamurunun kapalı kurutma makinesine girişi ve kuruyan çamurun çıkışı görülmektedir. Şekil 4.3’de yaş ve kuru arıtma çamuru görülmektedir. Çamurun kilogram olarak ağırlığının yaklaşık %19’u kalmıştır. Nemi ise ilk nem durumuna göre yaklaşık %89 azaltılmıştır.



Şekil 4.1. Evsel nitelikli yaş arıtma çamuru ve ilk kurutma



Şekil 4.2. Sisteme giren ve çıkan arıtma çamuru



Şekil 4.3. Yaş ve kuru evsel nitelikli arıtma çamuru

4.2. Boya Çamuru

Kocaeli ilinde bulunan boya fabrikasından getirilen çamur Şekil 4.4'de görülmektedir. Çamur ön susuzlaştırma işleminden geçirilerek %50 KM oranına getirilmektedir. Konteynerlerde depolanan çamurun yüzeyinde zamanla katılaşma olmasına rağmen, aşağıya inildikçe çamurun oldukça sulu olduğu görülmektedir. Bertarafa bu şekilde göndermek sızıntı veya dökülme gibi hem riskli hem de pahalı

bir yöntemdir. Ayrıca bu çamur kurutulduğunda solvent yardımıyla disperse edilerek ve ihtiyaç halinde pigment ve reçine ilavesi yapılarak tekrar kullanılacağı firma yetkilileri tarafından bildirilmiştir. Şekil 4.4’de görüldüğü gibi çamur önce kurutma makinesinin kapakları açıkken kurutma denenmiştir. Ayrıca boya çamurunun üst tabakasının ne kadar katı olduğu görülmektedir. Şekil 4.5’de ise kürekli kurutucuda 25 kg boya çamurunun kurutulması sonucunda oluşan boya çamuru görülmektedir. Şekil 4.6’da yaş ve kuru boya çamuru görülmektedir. Çamurun kilogram olarak yaklaşık %12’si kalmıştır. Nem içeriği ilk durumuna göre yaklaşık %93 azaltılmıştır.



Şekil 4.4. Boya çamuru



Şekil 4.5. Sisteme giren ve çıkan boya çamuru



Şekil 4.6. Yaş ve kuru boya çamuru

4.3. Kömür Çamuru

Kömür çok kez ocakta üretildiği şekilde kullanılmamaktadır. Üretim sırasında kömürün içine karışan yan kayaçlar ve killeri kömürün kül değerini yükseltmekte, kalorisini ise düşürmektedir. Rödovans sözleşmesi kapsamında yeraltından çıkarılan kömürün yerüstündeki lavvarda zenginleştirilmesi için kömür yıkama yapılmaktadır. Kömür çamuru, kömür yıkama işlemi sırasında yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Kömür yıkamada kömür ile istenmeyen kil ve taşlar birbirinden ayrılmakta ve kömürün kül oranı düşürülürken, kalorifik değeri yükseltilmektedir. Şekil 4.7’de kurutulmak için firma tarafından gönderilen ve önce açık sistemde kurutulan kömür çamuru görülmektedir. Şekil 4.8’de kapalı kurutucuda 25 kg kömür çamurunun kurutulması ve çıkan kömür çamuru görülmektedir. Şekil 4.9’da yaş ve kuru kömür çamuru görülmektedir. 25 kg çamurun olarak yaklaşık %26’sı kalmıştır. Nem içeriği ise ilk durumuna göre yaklaşık %84 azaltılmıştır. Bununla birlikte kurutulan bu kömürün özellikle kömür kazanı ile çalışan fabrikalarda fındık ve toz kömürün nemini azaltmak için de kullanılabilir.



Şekil 4.7. Kömür çamuru



Şekil 4.8. Sisteme giren ve çıkan kömür çamuru



Şekil 4.9. Yaş ve kuru kömür çamuru

4.4. Hayvansal Atık

Hayvansal atıklar büyük baş hayvan atığı ve tavuk atığı olarak değerlendirilmiştir. Yerleşim merkezlerine yakın hayvan işletmeleri çevre kirliliği açısından bir takım sorunları beraberinde getirmiştir. Dağınık kirlilik kaynakları olarak nitelendirilen hayvansal atıklar, yüzey sularına veya infiltrasyonla toprakların alt katmanlarına ve yer altı sularına ulaşarak su kaynaklarının kalitesini bozmakta, kullanılamaz duruma getirmektedir. Kocaeli ilinde büyük ve küçük ölçekli pek çok hayvan çiftliği bulunmaktadır. Toplamda 67000'e yakın büyük baş ve 8 milyonun üzerinde kanatlı hayvan bulunmaktadır [88]. Bu hayvanların atıkları İZAYDAŞ'da bulunan biyogaz tesisine ücret ödenerek veya açık alanda bekletilerek bertaraf edilmektedir.

4.4.1. Büyük baş hayvan atığı

Büyük baş hayvan atığı, katı ve sıvı dışkı ile yatak olarak kullanılan sap ve saman gibi maddelerden meydana gelen karışımdır. Gerek ham gerekse fermente edilmiş büyük baş hayvan atığı, enerji üretimi için kullanılabilen karbonun yanında, azot, fosfor ve potasyum gibi gübre olarak kullanılacak maddelerde içermektedir. Fakat faydalı olabilmesi için kurutulmuş veya yanmış olması gerekmektedir. Büyükbaş hayvan atığı ve açık prototipte kurutulması Şekil 4.10'de görülmektedir. Şekil 4.11'de kapalı kurutucuda 25 kg büyük baş hayvan atığının kurutulması ve çıkan kuru atık görülmektedir. Şekil 4.12'de yaş ve kuru büyük baş hayvan atığı görülmektedir. Atığın kilogram olarak yaklaşık %22'si kalmıştır. Nem içeriği ise ilk durumuna göre yaklaşık %96 azaltılmıştır. Kurutularak besin oranı zenginleştirilen atık, yüksek kaliteli organik gübre olarak uzun mesafelere nakledilecektir.



Şekil 4.10. Büyük baş hayvan atığı



Şekil 4.11. Sisteme giren ve çıkan büyük baş hayvan atığı



Şekil 4.12. Yaş ve kuru büyükbaş hayvan atığı

4.4.2. Tavuk atığı (Çeltikli)

Kümes hayvanlarına olan talebin artması sonucu açığa çıkan atık miktarı da artmaktadır. Kümeslerde tavukların betonla temas etmemesi için altlık olarak çeltik kabuğu serilmektedir. Üretim sürecinde tavukların dışkılarıyla bu kabuklar karışmakta ve her 45 günlük dönemde temizlenmesi gerekmektedir. Şekil 4.13’de görülen bu dışkının çevre sorunu yaratan atık olmaktan çıkarılıp, tarımsal gübre veya yakıt haline getirilmesi gerekmektedir. Aksi taktirde üreticiler “Koku Yönetmeliği”

nedeniyle de cezai yaptırımlarla karşı karşıya kalmış bulunmaktadır. Şekil 4.14’de kapalı kurutucuda 25 kg çeltikli tavuk atığının kurutulması ve çıkan kuru atık görülmektedir. Şekil 4.15’de yaş ve kuru tavuk atığı görülmektedir. Atığın kilogram olarak yaklaşık %15’i kalmıştır. Nem içeriği ise ilk durumuna göre yaklaşık %95 azaltılmıştır. Kurutulan atık öğütülerek un haline getirilecek ve büyük baş hayvanlar için protein, kalsiyum ve fosfor bakımından zengin bir yem dolgusu olarak kullanılabilir.



Şekil 4.13. Çeltikli tavuk atığı



Şekil 4.14. Sisteme giren ve çıkan tavuk atığı



Şekil 4.15. Yaş ve kuru tavuk atığı

4.5. Çimento Çamuru

Çimento fabrikalarındaki çöktürme havuzlarından alınan çamurlar ve yıkama tamburlarındaki atıklar bir birikim oluşturmaktadır. Bu birikim su, kum, çimento ve bazen de kireç içermektedir. Çöken kum ve çimentonun tekrar kullanılabilmesi için kurutularak suyundan ayrıştırılması gerekmektedir. Şekil 4.16'da kapalı kurutucuda 25 kg çimento çamurunun kurutulması ve çıkan kuru atık görülmektedir. Şekil 4.17'de yaş ve kuru çimento çamuru görülmektedir. Atığın kilogram olarak yaklaşık %39'u kalmıştır. Nem içeriği ise ilk durumuna göre yaklaşık %94 azaltılmıştır. Çimento firması, kuru çimento çamurunu dolgu maddesi olarak kullanmayı planlamaktadır. Ayrıca buharlaşan su tesisin atık suyu ile birleştirilip tekrar arıtılarak transmikserlerin yıkanmasında kullanılacaktır.



Şekil 4.16. Sisteme giren ve çıkan çimento çamuru



Şekil 4.17. Yaş ve kuru çimento çamuru

4.6. Maya Çamuru

Maya üretiminde hammadde olarak kullanılan melasın; temizlenmesi, sterilize edilmesi, fermentasyon prosesinin her aşaması ve sonrasında, filtreleme, karıştırma,

kesme aşamalarında ve üretim alanlarının, donanımın temizliğinde çok miktarda su kullanılmaktadır. Dolayısıyla fazla atıksu oluşmaktadır. Atıksuyun arıtımında biyolojik arıtma sistemlerinden uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi kullanılmaktadır. Şekil 4.18’de sisteme giren ve çıkan maya çamuru görülmektedir.



Şekil 4.18. Sisteme giren ve çıkan maya çamuru

Maya çamurunun, prototipi yapılan kürekli kurutucuda kurutulması başarılı sonuç vermemiştir. Çamurun ısı ile temas eden yüzeyleri bir kalıp gibi makineyi sarmış ve yalıtkan bir tabaka oluşturarak çamur içinden ısı geçişini ve böylelikle kurumayı engellemiştir. Şekil 4.19’da yapışan yaş ve kuru maya çamuru görülmektedir.



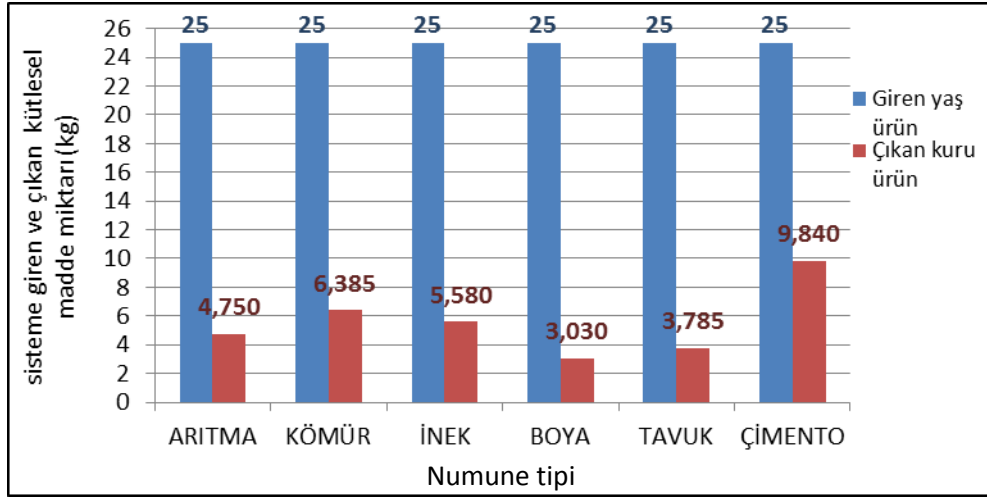
Şekil 4.19. Prototip içindeki yapışan yaş ve kuru maya çamuru

Maya çamurunun kurutma işlemi sırasında yapışması ve yanması nedeniyle çalışma tamamlanamamıştır.

4.7. Belirlenen Değerler

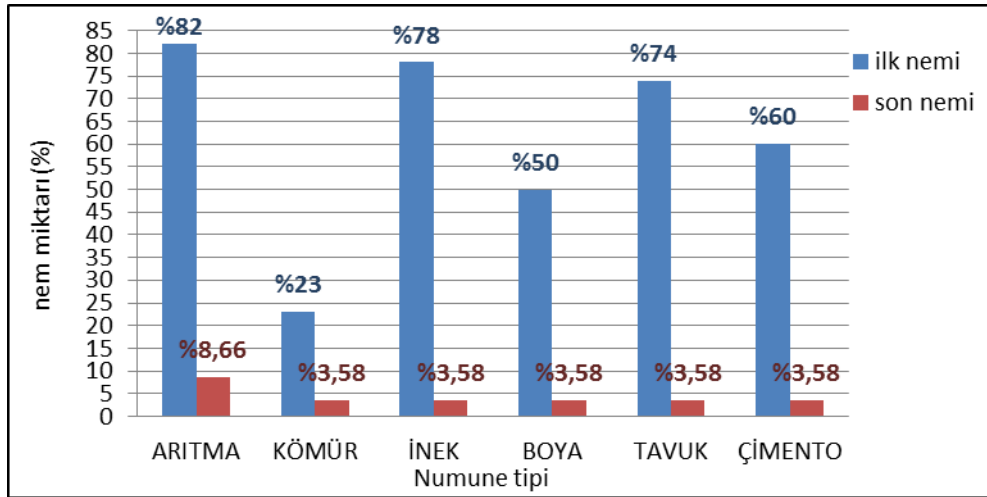
Tasarımı ve imalatı yapılan kürekli kurutucu prototipinden elde edilen veriler doğrultusunda sisteme giren ve çıkan çamur miktarını gösteren grafik Şekil 4.20’de verilmiştir. Her atık türünden 25 kg kullanılmıştır. Çıkışlara bakıldığında en çok kuru çamur çıkışı 9.840 kg ile çimento atık çamurunda, en az çıkış ise 3.030 kg ile boya

atık çamurunda olmuştur. arıtma çamuru 4.750 kg, kömür 6.385 kg, büyükbaş hayvan 5.580 kg, tavuk 3.785 kg kuru ürün olarak çıkmıştır.



Şekil 4.20. Sisteme giren ve çıkan çamur miktarı

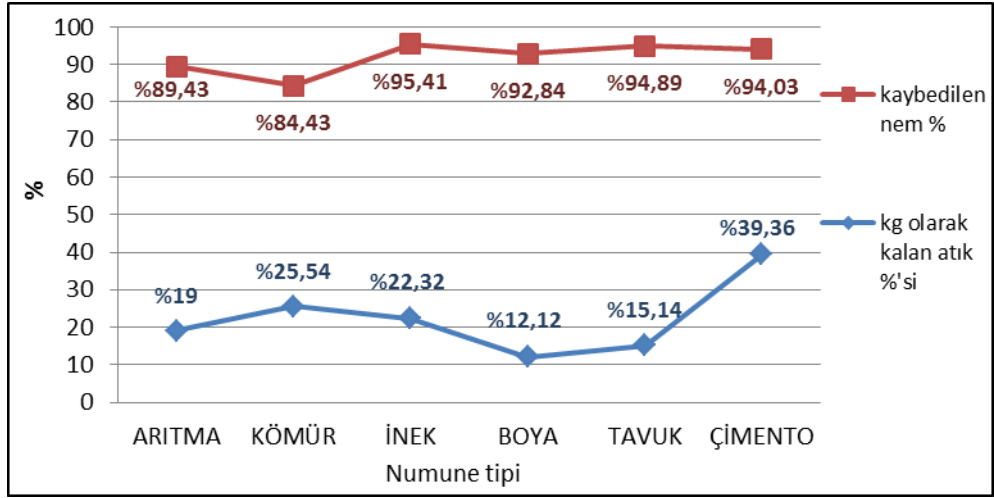
Şekil 4.21’de sisteme giren ve çıkan çamurun nem miktarı verilmiştir. % 82 nemle sisteme giren arıtma çamuru % 8,7 nem ile sistemden ayrılmıştır. Kömürün ilk nemi düşük olmasına karşın sistem çıkışında % 3,6 değerinin altına inmiştir. İZAYDAŞ tesislerindeki ölçüm aletinde % 3,6’ın altında ölçüm yapılamamaktadır. EK-5’de İZAYDAŞ tarafından yapılan ölçümler verilmiştir.



Şekil 4.21. Sisteme giren ve çıkan çamurun nem miktarı

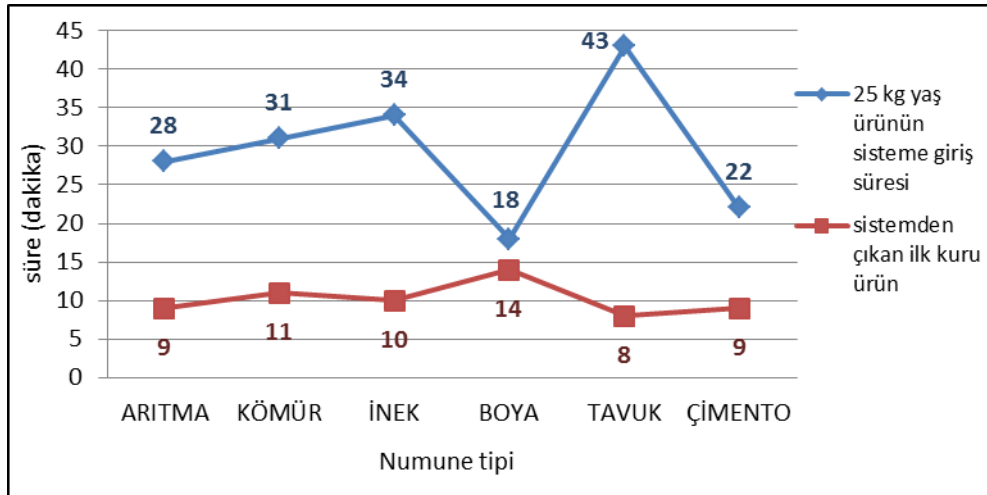
Şekil 4.22’de sisteme giren ve çıkan çamurun kilogram olarak kalan yüzdesi ve kaybedilen nem yüzdesi verilmiştir. Arıtma çamurunun ilk ağırlığının %19’u

kalmıştır, neminin ise %89'unu kaybetmiştir. Büyükbaş hayvan atığında ise ilk ağırlığının % 78'ini, neminin ise %96'sını kaybetmiştir.



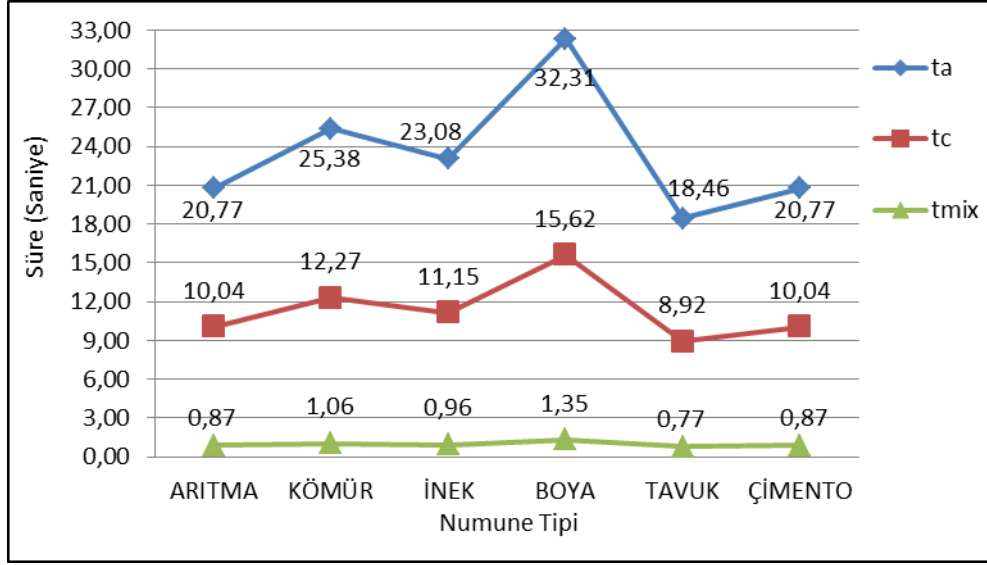
Şekil 4.22. Sisteme giren ve çıkan çamurun kalan atık ve kaybedilen nem yüzdesi

Şekil 4.23'de süreler verilmiştir. 25 kg arıtma çamurunun tamamı 28 dakika içinde kurutucu içine girmiştir. Kürekli kurutucudan ilk kuru arıtma çamuru 9'uncu dakikada çıkmıştır. Boya çamurunun yapısından dolayı 18 dakikada sisteme giren çamur ilk olarak 14'üncü dakikada sistemden kuru halde çıkmıştır.



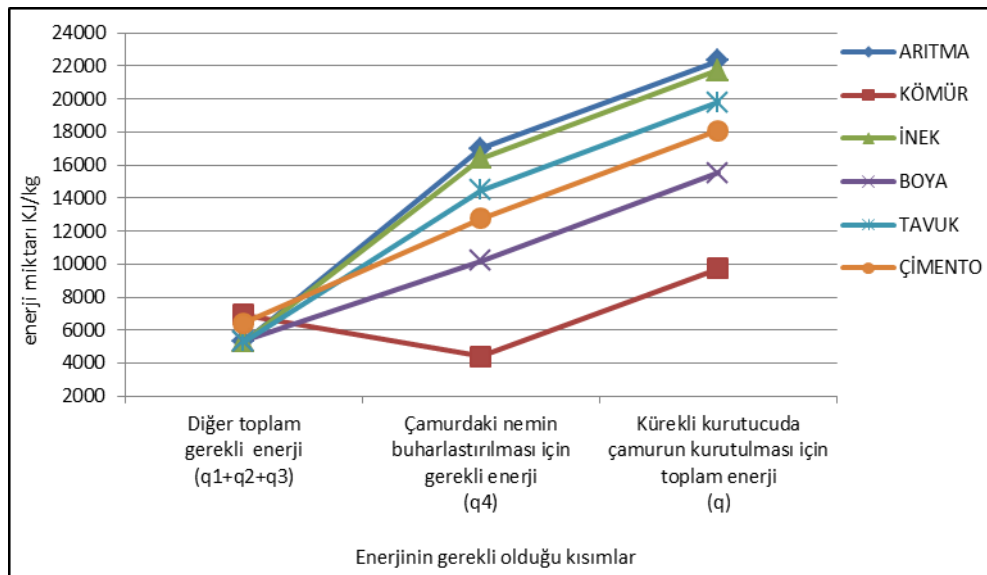
Şekil 4.23. Sisteme giren ve çıkan çamur süresi

Şekil 4.24'deki grafikteki "tr" süresinin hesaplanmasında, her numune için " N_{mix} " sayısı Denklem (3.14) kullanılarak 11,6 olarak bulunmuştur. Boya çamurunun bir kürekte geçen süresi (t_a) olarak görülmektedir. " t_c " olarak gösterilen temas süresi numunenin yapısına göre değişiklik göstermektedir.



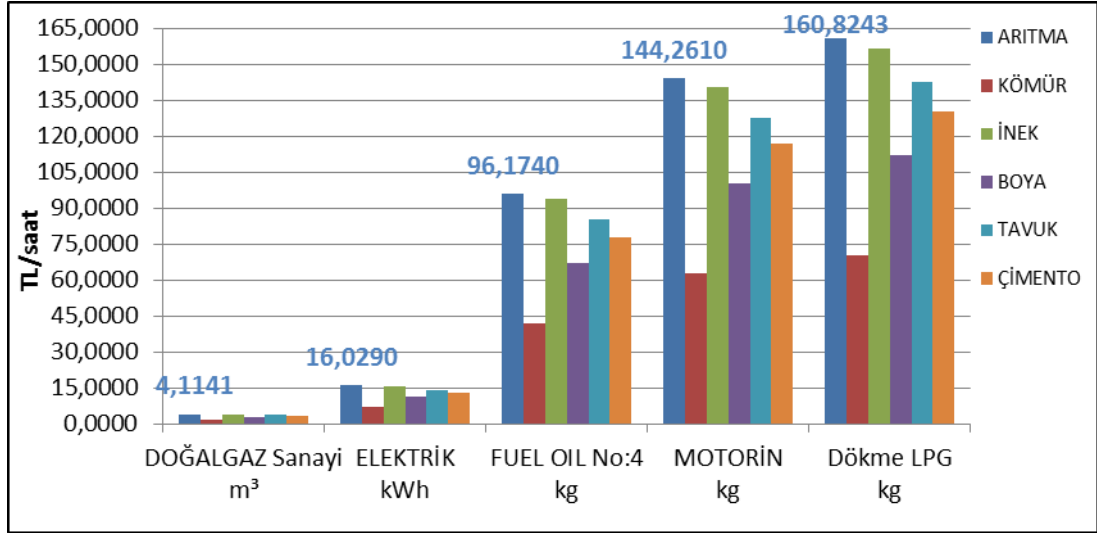
Şekil 4.24. Numune tipine göre temas süreleri

Şekil 4.25’de görülen enerji miktarları Denklem (3.2) kullanılarak elde edilmiştir. Kurutma için en büyük enerji çamurdaki nemin buharlaştırılması için gerekmektedir. Çamurun kuru madde oranı gerekli enerji miktarını (q_4) değiştirmektedir. Kızgın yağın ve çamurun ısıtılması ve ısı kayıplarını karşılamak için gerekli enerjilerin toplamı, kömür hariç diğer çamurlardaki suyu buharlaştırmak için gerekli olan enerjinin yarısından az olmaktadır. Kömürde ise kuru madde oranının fazla olmasından dolayı buharlaşacak suyu için gerekli enerji ihtiyacı az olmaktadır. Bu nedenle çamurun kurutma işleminden önce olabildiğince susuzlaştırılması enerji ihtiyacını ve buna bağlı olarak maliyeti düşürecektir.

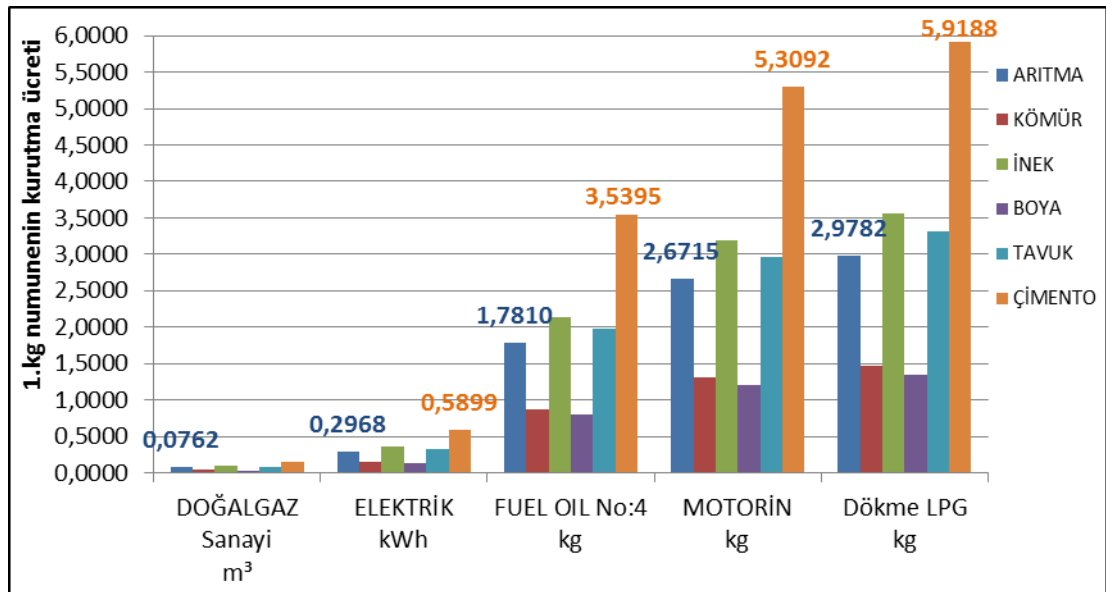


Şekil 4.25. Çamurdaki nemim alınması için gerekli enerji miktarı

Şekil 4.25’deki çamurdaki neminin alınması için gerekli enerji miktarı göz önüne alınarak saatlik maliyetleri ve numune türene göre 1 kg numunenin kurutulabilmesi için ödenmesi gereken ücret sırasıyla Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de verilmiştir. En uygun enerji kullanımının doğalgaz olduğu görülmektedir.



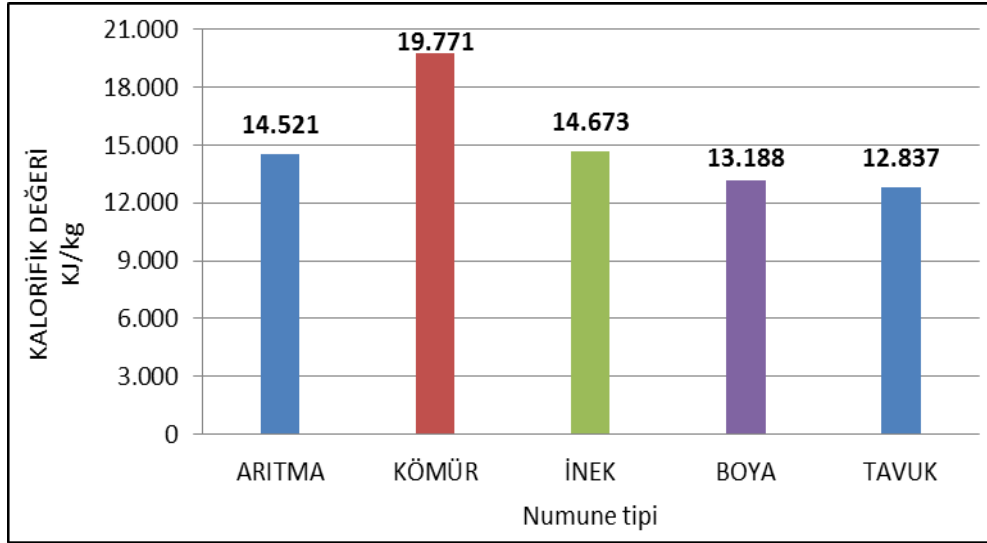
Şekil 4.26. Enerji ihtiyacına göre yakıt maliyetleri



Şekil 4.27. 1 kg numunenin kurutma ücreti

Enerji ihtiyacına göre yakıt maliyetleri doğalgaz olmayan yerler için yüksek olmaktadır. Bu nedenle yakıt olarak kullanılabilme potansiyeline ve özelliklerine sahip 5 atığın kürekli kurutucuda kurutulduktan sonraki İZAYDAŞ’da ölçülen ve raporları EK-5’de sunulan kalorifik değerleri Şekil 4.28’de verilmiştir. Çimento

çamuru yakıt olarak kullanılamayacağı için kalorifik değeri ölçülmemiştir. Tavuğun ölçümü değerleri firmada yapılmıştır.

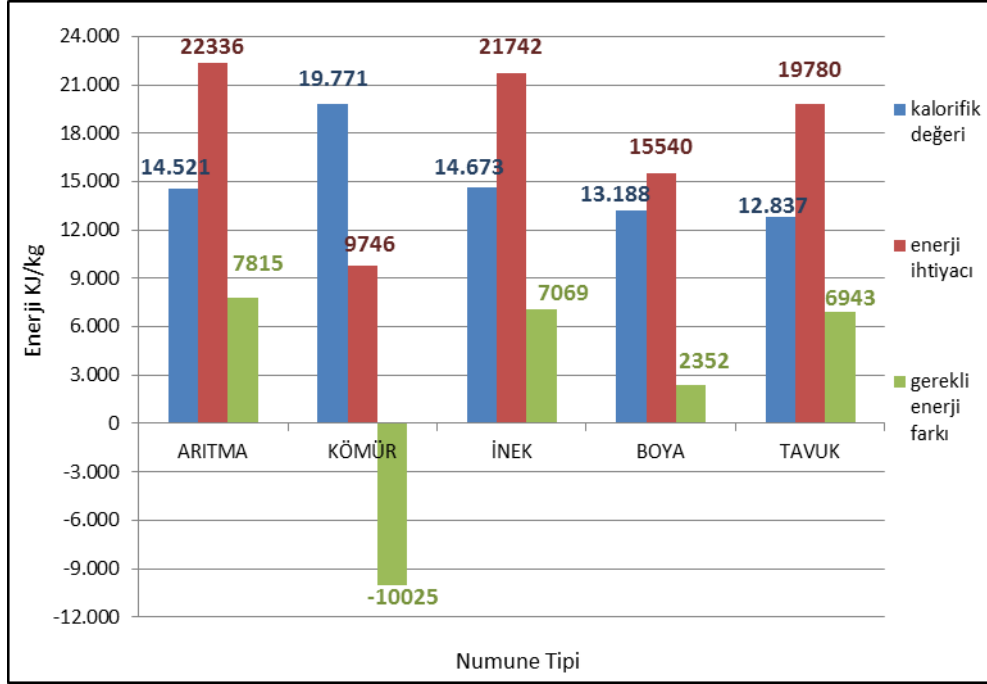


Şekil 4.28. Kalorifik değerler

Kurutulmuş arıtma çamuru 14.521 KJ/kg kalorifik değeriyle linyit kömürünün değerinden (8.400-11.300 KJ/kg) daha kullanışlı bir yakıt kaynağıdır. Özellikle termik santrallerde kullanılan linyit kömürü yerine kurutulmuş arıtma çamuru kullanılması temiz enerjiye dönüşümü sağlamış olacaktır. Kurutulmuş büyükbaş hayvan atığı ise 14.673 KJ/kg ile iyi bir yakıt özelliğindedir. Kuru boya çamuru her ne kadar yakma amaçlı kullanılsa da 13.188 KJ/kg değeri ile iyi bir yakacak özelliğine sahiptir.

Isıtma yönelimli tesislerin kurulmasındaki ekonomik ve ekolojik tabanlı temel düşünce üretilen ısıyı tamamıyla ve eğer mümkünse elektriği üretim yerinde kullanmaya dayanmaktadır. Arıtma çamurunun kurutulması için gerekli enerjinin bir kısmı kurutulan çamurun yakılması ile elde edilebilecektir ve yenilenebilir enerji üretim tesisleri yaratılmış olacaktır.

Şekil 4.29’da kürekli kurutucunun enerji ihtiyacı ile kuru çamurun enerji değeri ve aradaki fark değeri gösterilmiştir. Kömür kurutmada sadece ön ısıtma olarak ek yakıt ihtiyacı gerekmektedir. Daha sonrasında kurutulan kömürün yakılması ile ek yakıt ihtiyacı ortadan kalktığı gibi fazla enerji üretilmiş olacaktır.



Şekil 4.29. Gerekli enerji, kuru çamurun enerjisi ve ek yakıt enerjisi

4.8. İSU Kullar Tesisi İçin Maliyet Analizi

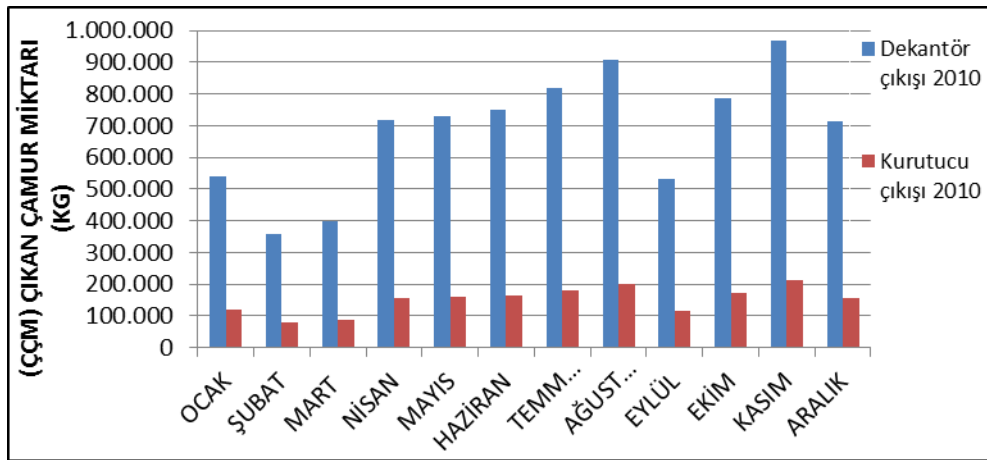
Bu çalışmanın önemli aşamalarından biri kürekli kurutucuda çamur kurutmanın uygulanabilirliğinin incelenmesini içermektedir. Bu amaçla teknik tasarı, laboratuvar çalışmaları, pilot ölçekli uygulama sonuçlarının yanı sıra ekonomik olarak da izaha ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle İSU Atıksu Arıtma Tesislerinden çıkan çamur miktarları göz önüne alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmenin omurgası, uygulanan dekantör çıkışı çamur taşıma ve bertarafına karşılık, kürekli kurutucu kullandıktan sonra taşıma ve bertaraf fiyatlandırılması oluşturmaktadır.

2010 yılı İSU Kullar Atıksu Arıtma tesisinden çıkan çamur miktarlarını gösteren Şekil 4.30'daki grafikte görüldüğü gibi nisandan eylül ayına kadar çamur miktarında sürekli artış olmaktadır. En yüksek çamur miktarı kasım ayında oluşmuş ve yaklaşık 1000 Ton'a yaklaşmıştır. En düşük çamur miktarı şubat ayında oluşmuş ve yaklaşık 400 Ton'a yaklaşmıştır. Tasarlanan 4.prototipteki kurutucu kullanılmış olsa 1000 Ton olan çamur miktarı 200 Ton civarına düşmüş olacaktır. Bu verilere göre 2010 yılı içerisinde kurutucu ile işletmenin çamur miktarı adına sağlayabileceği aylık tasarruf ortalama % 78 olacaktır.

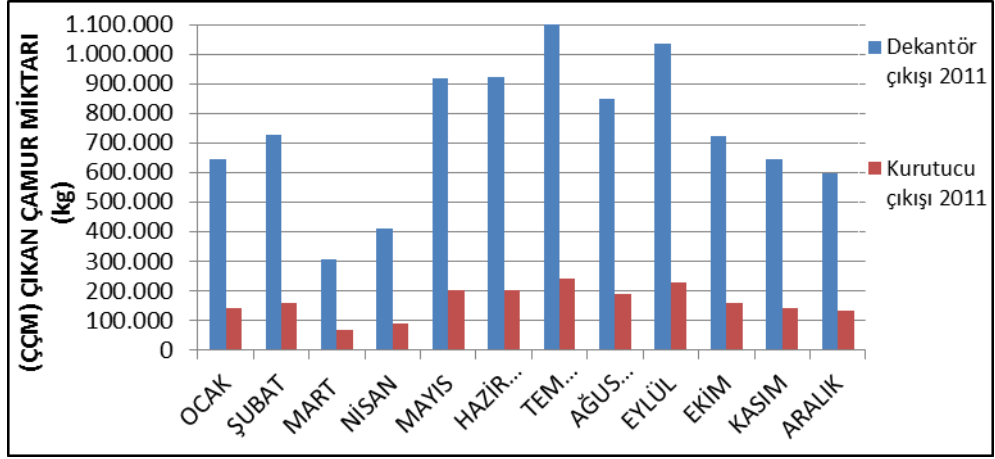
Şekil 4.31'deki grafikte görüldüğü gibi mayıstan ekim ayına kadar çamur miktarı 850 Ton'un üzerinde olmuştur. En yüksek çamur miktarı temmuz ayında oluşmuş ve yaklaşık 1100 Ton'un üzerine çıkmıştır. En düşük çamur miktarı mart ayında oluşmuş ve yaklaşık 300 Ton'a yaklaşmıştır. 2011 yılı verilerine göre kurutucu ile işletmenin çamur miktarında sağlayabileceği aylık tasarruf ortalama % 80 olacaktır.

Şekil 4.32'deki grafikte 2012 yılı çamur miktarı görülmektedir. Görüldüğü gibi en yüksek çamur miktarı temmuz ayında oluşmuş ve 900 Ton'un üzerine çıkmıştır. En düşük çamur miktarı ise ocak ayında oluşmuş ve 370 Ton'a yaklaşmıştır. 2012 yılı verilerine göre kurutucu ile işletmenin çamur miktarında sağlayabileceği aylık ortalama tasarruf %79 civarında olacaktır.

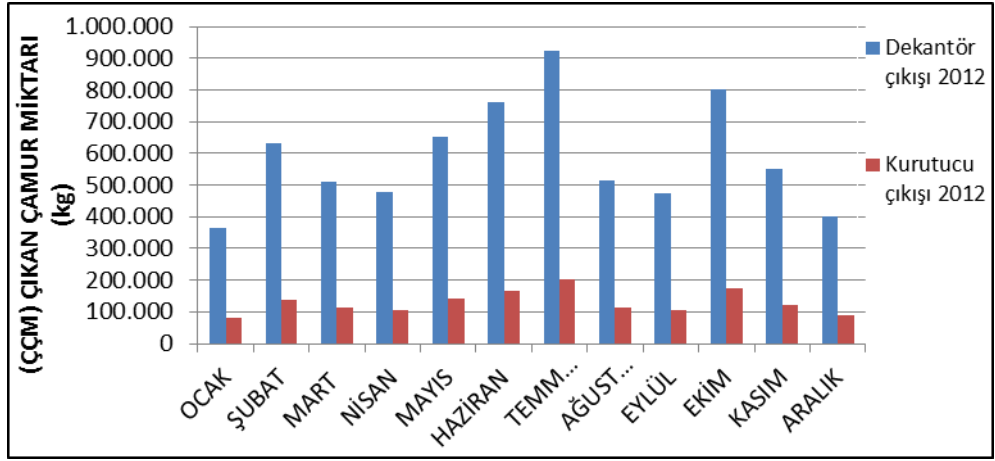
Şekil 4.33'deki grafikte görüldüğü gibi eylül, ekim ve aralık aylarında 2013 yılının en yüksek çamur miktarları oluşmuştur. En düşük çamur miktarı ocak ayında oluşmuş ve 300 Ton'un biraz üzerine çıkmıştır. 2013 yılı verilerine göre kurutucu ile işletmenin çamur miktarında sağlayabileceği aylık tasarruf ortalama % 80 olacaktır.



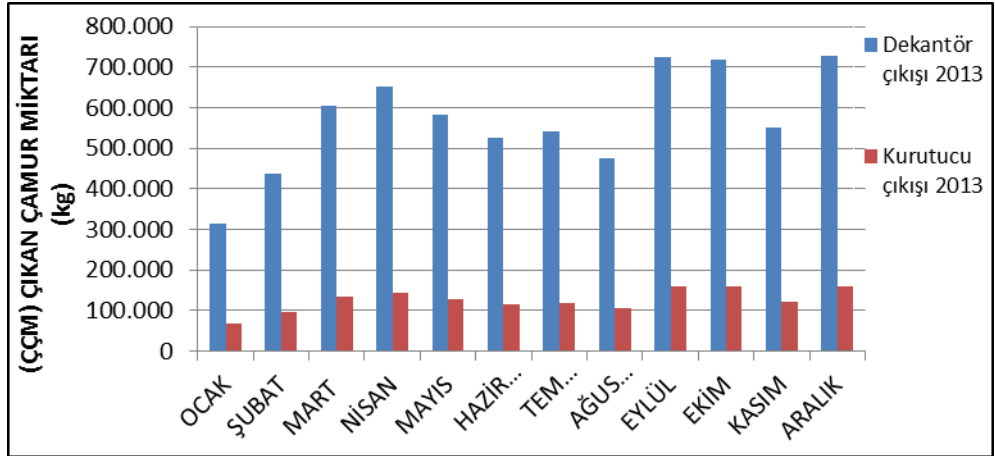
Şekil 4.30. 2010 yılı çıkan çamur miktarı



Şekil 4.31. 2011 yılı çıkan çamur miktarı



Şekil 4.32. 2012 yılı çıkan çamur miktarı



Şekil 4.33. 2013 yılı çıkan çamur miktarı

Mevsimlere göre su kullanımı ve buna bağlı oluşan arıtma çamuru miktarı değişiklik göstermektedir. Kocaeli ilinde yağmursuyu ayrı toplanmadığı için kış aylarında yağmur ve kar arıtma tesisine gelen suyu arttırmakta fakat çamur miktarını çok

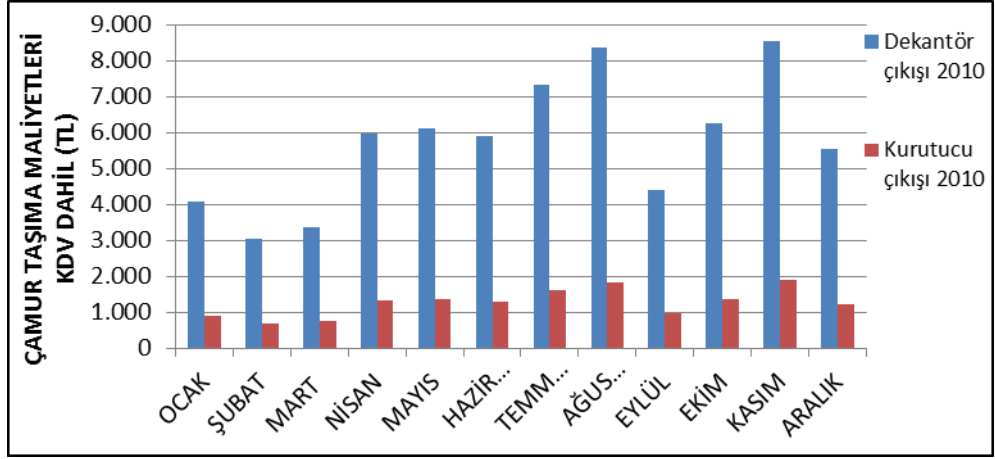
değiştirmemektedir. Yaz aylarında ise sıcaklığın artması bağı olarak kullanılan suyunda artması arıtma tesisindeki çamur miktarını arttırmaktadır. Çamur miktarının artması beraberinde taşıma ve bertaraf maliyetlerini de arttırmaktadır. Taşıma maliyeti kullanılan kamyon sayısı ve harcadığı yakıt ile belirlenmektedir. Bu ücrette İSU tarafından ödenmektedir.

2010 yılı İSU Kullar Atıksu Arıtma tesisinden çıkan çamur miktarlarına göre 25 Ton'luk kamyonlarla taşınan çamurun taşıma maliyetleri Şekil 4.34'deki grafikte görülmektedir. Görüldüğü gibi nisandan eylül ayına kadar çamur miktarındaki artışla taşıma maliyeti de artmaktadır. En yüksek çamur taşıma maliyeti kasım ayında oluşmuş ve 8500 TL'yi biraz geçmiştir. Şubat ayındaki en düşük çamur miktarına ait taşıma maliyetleri yaklaşık 3000 TL'dir. 2010 yılı için dekantör çıkışında % 20 katı madde içeren aylık ortalama 685 Ton çamurun sadece bertaraf tesisine nakli için 5.700 TL ödenmiştir. Çamur kurutma tesisinden % 91 katı madde olarak çıkan aylık ortalama 150 Ton çamurun sadece bertaraf tesisine nakli için aylık ortalama 1.200 TL ödenmiştir.

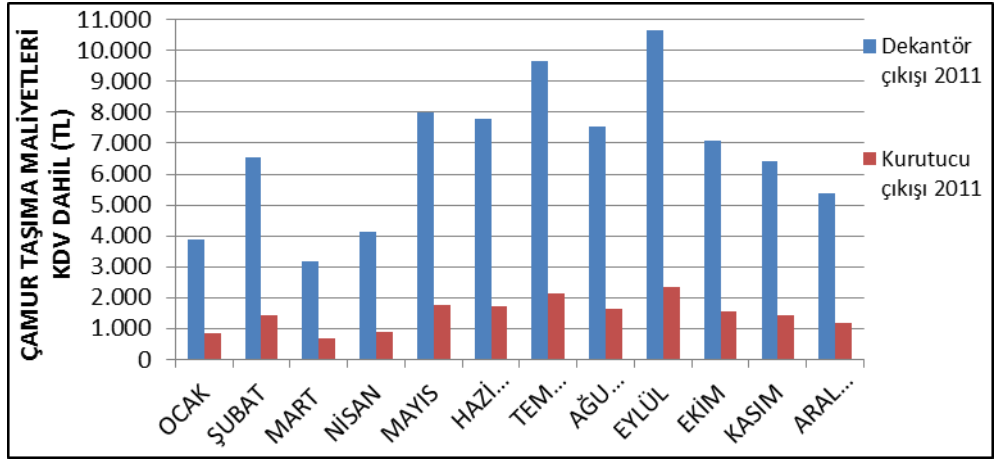
Şekil 4.35'de 2011 yılı çamur taşıma maliyetleri görülmektedir. Görüldüğü gibi mayıstan ekime kadar olan 6 aylık ortalama taşıma maliyeti 8.500 TL'dir. En yüksek çamur taşıma maliyeti eylül ayında oluşmuş ve 10.000 TL'yi geçmiştir. Mart ayındaki en düşük çamur taşıma maliyetleri 3000 TL'nin üzerindedir. Bu yıl için kurutma yapılmış olsaydı aylık ortalama 1500 ödenmiş olacaktır.

Şekil 4.36'de 2012 yılı çamur taşıma maliyetleri görülmektedir. Görüldüğü gibi temmuz ayı taşıma maliyeti 11.700 TL'dir. En düşük çamur taşıma maliyeti ocak ayında oluşmuş ve 2.000 TL'dir. Bu aylar için kurutma yapılmış olsaydı temmuz ayında 2.600 TL ocak ayında ise 450 TL ödenmiş olacaktır.

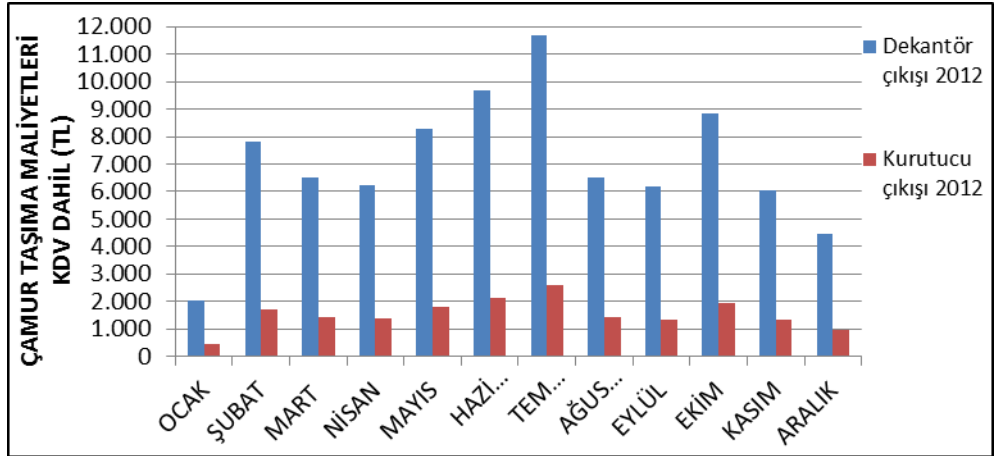
Şekil 4.37'da görüldüğü gibi 2013 yılı çamur taşıma maliyetlerinde yaklaşık 9.000 TL ile mart ayı en yüksek payı almıştır. Halbuki kurutma yapılmış olsaydı 2.000 TL'nin altına ödeme yapılmış olacaktır. En düşük ücret ise 500 TL ile eylül ayına aittir. Mart-Eylül arasında ki 6 aylık peryotta aylık ortalama 1.400 TL ödeme yapılmıştır.



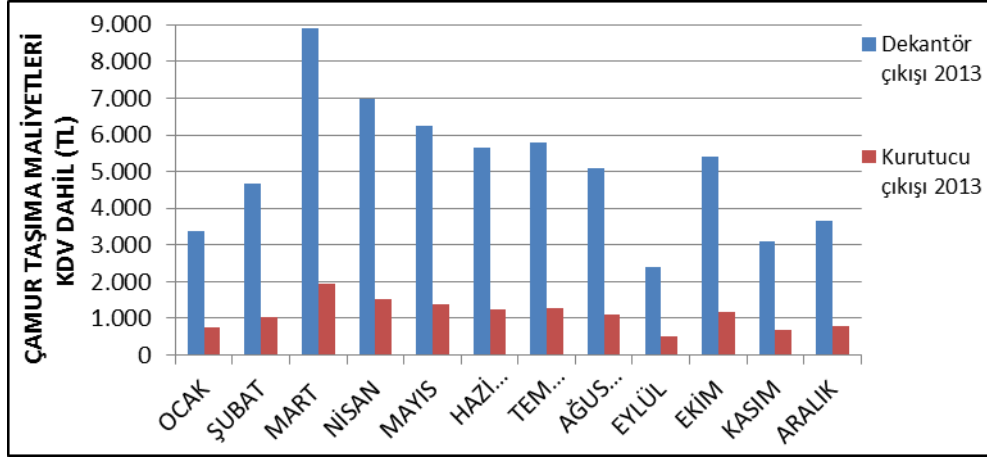
Şekil 4.34. 2010 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri



Şekil 4.35. 2011 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri



Şekil 4.36. 2012 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri



Şekil 4.37. 2013 yılı çamur miktarlarına göre taşıma maliyetleri

Elde edilen çamurunun arıtma tesisinden uzaklaştırılması firmanın sorumluluğunu ortadan kaldırmamaktadır. Çamurun tamamen bertaraf edilmesi gerekmektedir. Buda bertaraf firmalarına ton başına İSU tarafından ücret ödenerek yapılmaktadır.

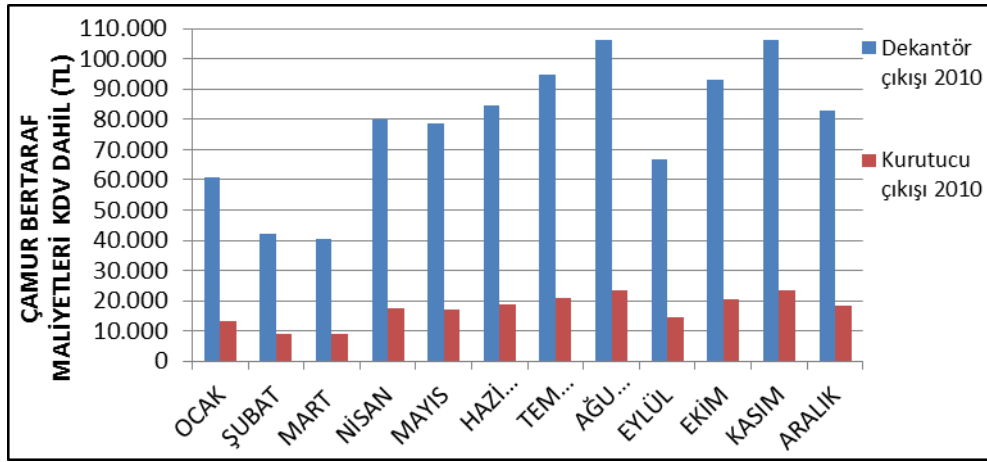
İSU Kullar Atıksu Arıtma Tesisine ait 2010 yılı aylık bertaraf maliyetleri Şekil 4.38’de görülmektedir. Görüldüğü gibi nisandan eylül ayına kadar çamur miktarındaki artış bertaraf maliyetini de arttırmıştır. En yüksek çamur bertaraf maliyeti kasım ayında oluşmuş ve 106.000 TL’yi biraz geçmiştir. Mart ayındaki en düşük çamur miktarına ait bertaraf maliyetleri yaklaşık 41.000 TL’dir. 2010 yılı için dekantör çıkışında % 20 katı madde içeren aylık ortalama 685 Ton çamurun nakliye hariç sadece bertaraf tesislerinde yok edilmesi için aylık ortalama 78.000 TL ödenmiştir. Çamur kurutma tesisinden % 91 katı madde olarak çıkacak olan aylık ortalama 150 Ton çamurun yok edilmesi için bertaraf tesisine aylık ortalama 17.200 TL ödenmesi yeterli olacaktır.

Şekil 4.39’deki grafikte görüldüğü gibi mayıs ve ekim ayları arasında çamur miktarının artmasından dolayı bu aylar arasındaki maliyet 80.000 TL’nin üzerindedir. En yüksek bertaraf maliyeti temmuz ayında olmuş ve 120.000 TL’nin üzerindedir. En düşük maliyet ise mart ayında elde edilmiş yaklaşık 39.000 TL civarındadır.

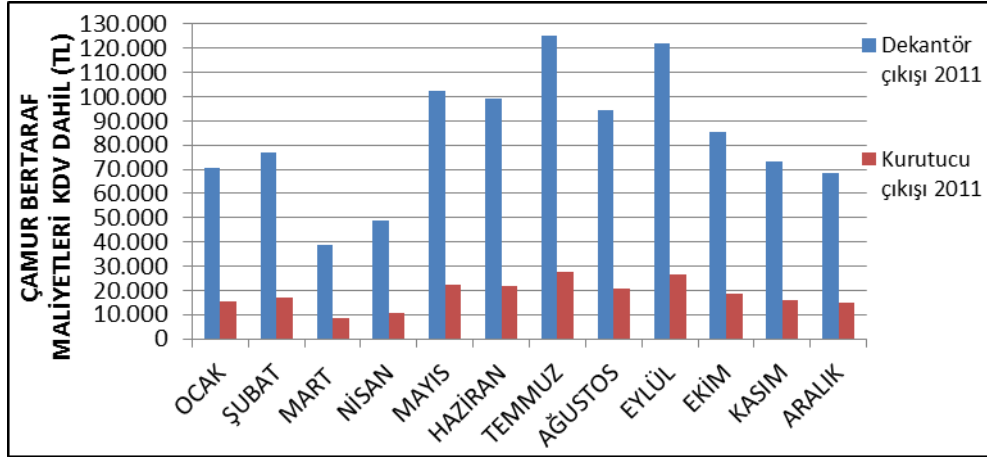
Şekil 4.40’daki grafikte 2012 yılı verilerine göre bertaraf ücretleri görülmektedir. Temmuz ayı 112.000 TL ödeme ile yıl içindeki en büyük payı almıştır. 43.000 aylık ödeme ile en düşük pay ise kasım ayına aittir. 2012 Yılında kurutma yapılmadığı için

aylık ortalama ödenen ücret ise 70.000 TL’dir. Kurutucu kullanılmış olsaydı bu değer 15.000 TL’ye düşürülmüş olacaktı.

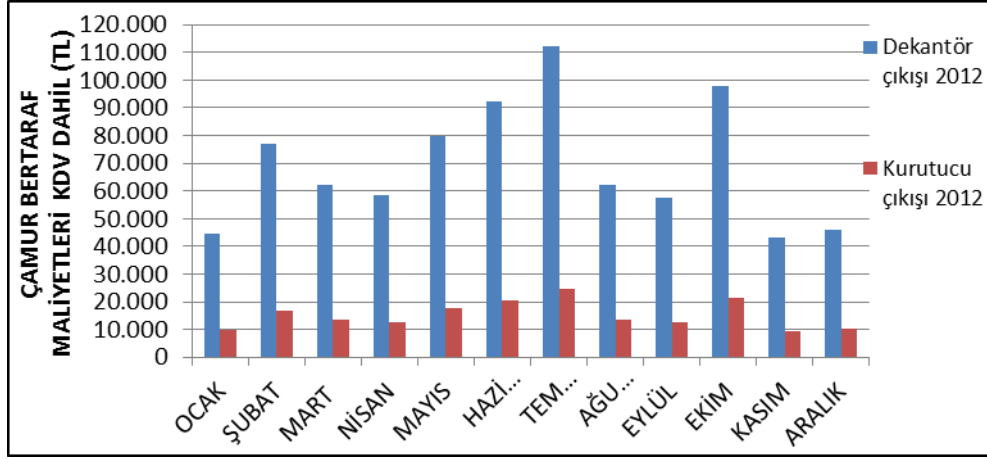
2013 yılı mart ayındaki çamur miktarının fazlalığı doğal olarak taşıma ve bertaraf ücretlerini de arttırmıştır. Şekil 4.41’deki grafikte görüldüğü gibi 6 ay 60.000 TL’nin üzerinde ücret ödenmiştir. En düşük ödenen ücret aralık ayında 25.000 TL olmuştur. Yıllık ortalama ödenen ücret ise 58.000 TL’dir. Çamur kurutma ünitesi kullanılmış olsaydı yıllık ortalama ücret 12.800 TL olacaktı.



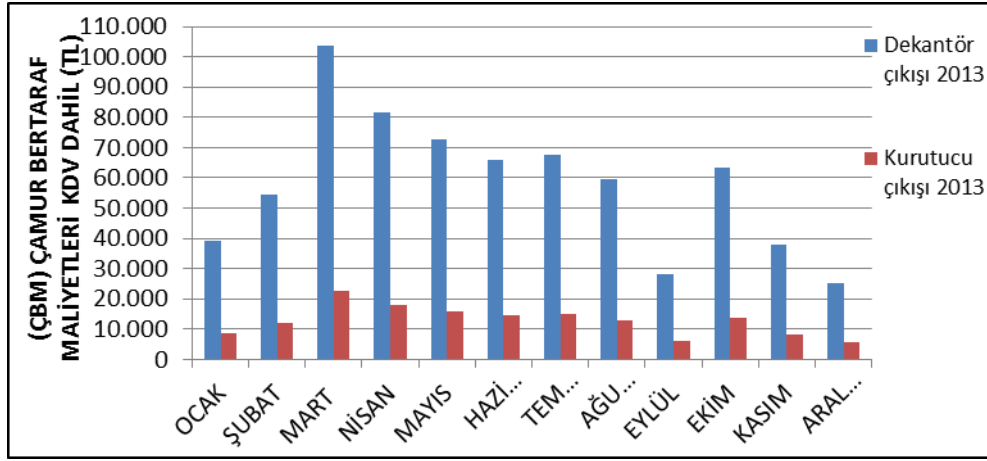
Şekil 4.38. 2010 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri



Şekil 4.39. 2011 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri

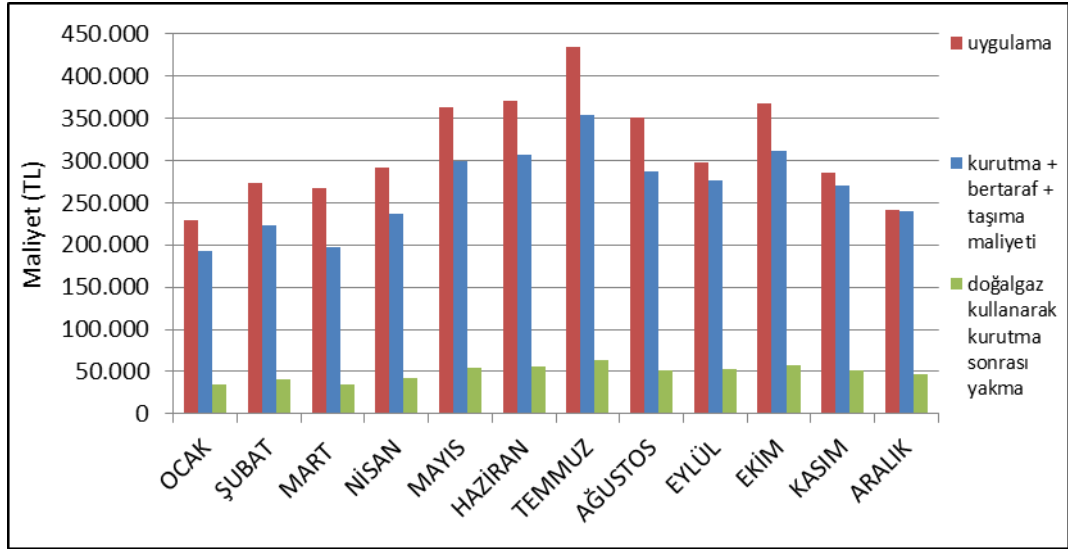


Şekil 4.40. 2012 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri



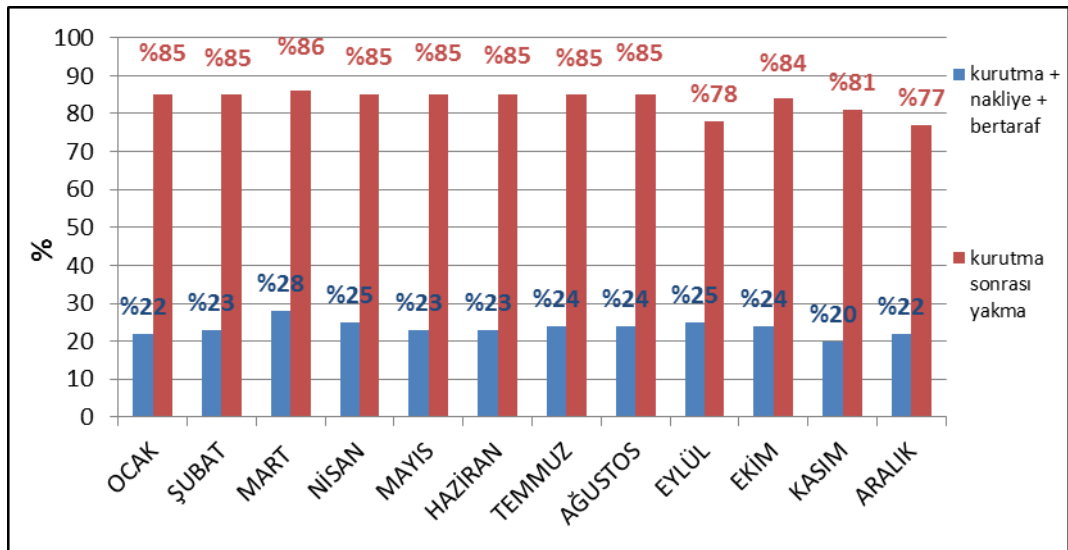
Şekil 4.41. 2013 yılı çamur miktarlarına göre bertaraf maliyetleri

Şekil 4.42’de verilen grafikte İSU Kullar tesisinde arıtma çamurunun en çok olduğu mayıs-ekim ayları arasındaki 6 aylık periyotta “taşınma+bertaraf” olarak yapılan uygulamanın ortalama maliyetinin 363.863 TL’dir. Yine aynı 6 aylık periyotta “doğalgaz ile kurutma+nakliye+bertaraf” yöntemi uygulanması ile ortalama maliyetin 305.734 TL olacağı, “doğalgaz ile kurutma+yakma” yöntemi uygulanması ile ortalama maliyetin 56.293 TL olacağı görülmektedir.



Şekil 4.42. Arıtma çamuru bertarafı maliyet karşılaştırması

İSU Kullar Tesisine uygulanan maliyet analiz sonucunda toplam tesis maliyetinin yaklaşık %20 ile %25 arasında değişen “nakliye+bertaraf” maliyetinin olduğu görülmektedir. %20 KM ile çıkan çamur yerine “doğalgaz ile kurutma+nakliye+bertaraf” yapılması ile tesis maliyetlerinde %20 ile %28 arasında değişen iyileştirmenin yapılabileceği Şekil 4.43’deki grafikte verilmiştir. Eğer tesiste kurutma sonrası yakma işlemi uygulandığında kuru çamurun kalorifik değeri sayesinde tesis maliyetlerinde %77 ile %85 arasında bir iyileştirme yapılabileceği yine aynı grafikte görülmektedir.



Şekil 4.43. Arıtma çamur kurutma ve yakmanın toplam tesis maliyetine etkisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında farklı arıtma çamurlarının istenilen oranda kurutulması ve atık çamur bertaraf maliyetlerinin düşürülmesi için bir kurutma sistemi tasarlanmış, farklı tesislerden alınan atık çamurların kurtularak kurutulan çamurun enerji içerikleri araştırılmış ve Kocaeli ili İSU Kullar Tesisi atık çamur bertaraf maliyet analizi yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen kürekli tip kurutucu modeli ve uygulamasının en verimli kurutmayı sağladığı görülmüştür. Sisteme kurutulacak atık çamurun sistemde sürekli akışının sağlanabilmesi ve kurutma verimin artırılması için atık çamurun sistem ile olan ısı transfer yüzeylerinin artırılması ve sistemde atık çamura göre sıcaklığın gerçek zamanlı kontrol edilmesinin kurutma verimini iyileştirildiği görülmüştür. Kuruma hızına doğrudan etki eden parametrelerin kurutucu sistemindeki millerin devri ve ısıtma sıcaklığı olduğu tespit edilmiştir. Millerin devrinin 24 d/d'dan daha yüksek olması veya ısıtma yağının sıcaklığının 170°C'den düşük olması, çamurun nemli çıkmasına, devrin 17 d/d'dan düşük olması veya ısıtma yağı sıcaklığının 220°C'den yüksek olması, çamurun yanarak çıkmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanan atık çamur kurutma sistemi ile Marmara bölgesinin ve özellikle Kocaeli ilinin evsel ve sanayi atık çamuru ve hayvansal atıkların bertarafı için maliyetlerin düşürülebilmesi ve atık çamurun faydalı enerjiye dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda beş farklı firmanın atık çamurları tasarlanan kürekli tip kurutucuda istenilen oranda kurutulabilmiştir. Kullar Atık Su Arıtma Tesisi çamuru kürekli tip kurutucuda kurutularak nem oranı %82'den yaklaşık %9'a düşürülmüştür. Sisteme giren toplam yaş çamurun miktarı ise sistem çıkışında %19 oranına düşürülmüştür. Boya firmasının atık çamuru ile yapılan kurutma işlemi sonucunda nem %93 oranında düşürülmüş ve sisteme giren toplam yaş çamurun miktarı sistem çıkışında %12'ye düşürülmüştür. Kömür firmasının atık çamuru ile yapılan kurutma işlemi sonucunda nem %84 oranında düşürülerek sisteme giren toplam yaş çamurun miktarı sistem çıkışında %24'e düşürülmüştür.

Büyük baş hayvan atığı ile yapılan kurutma işlemi sonucunda nem %96 oranında düşürülerek sisteme giren toplam yaş çamurun miktarı sistem çıkışında %22'ye düşürülmüştür. Tavuk atığı ile yapılan kurutma işlemi sonucunda nem %95 oranında düşürülerek sisteme giren toplam yaş çamurun miktarı sistem çıkışında %15'e düşürülmüştür. Çimento firmasının atık çamuru ile yapılan kurutma işlemi sonucunda nem %94 oranında düşürülerek sisteme giren toplam yaş çamurun miktarı sistem çıkışında %39'a düşürülmüştür.

Kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra sistemden çıkan kurutulmuş ürünlerin enerji içerikleri analiz edilmiştir. Buna göre Kocaeli-İSU Kullar Arıtma Tesislerinin atık çamuru 14521 kJ/kg, boya firmasının atık çamuru 13188 kJ/kg, kömür firmasının atık çamuru 19771 kJ/kg, büyük baş hayvan atığı 14673 kJ/kg ve tavuk atığının ise 12837 kJ/kg enerji içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Tasarlanan kürekli tip kurutucunun atık çamura bağlı gerekli enerji ihtiyacı hesaplanarak kuru atık çamurun enerji içerikleriyle karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda elde edilen kuru atık çamurun yakılması ile sistemin enerji ihtiyacının yaklaşık yarısından fazlasının karşılanabileceği görülmüştür.

Tasarlanan kürekli tip kurutucunun uygulanabilirliğinin incelenmesini için İSU Kullar Tesis adına maliyet analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda toplam tesis maliyetinin yaklaşık %20 ila %25 arasında değişen nakliye ve bertaraf maliyetine yerine 'kurutma+nakliye+bertaraf' maliyetleri ortalama %25 iyileştirilmiştir. Eğer kurutma sonrası yakma işlemi gerçekleştirilirse ortalama %85'lik bir iyileştirme yapılmıştır.

İSU Kullar Tesisinde 4 yılda toplam ödenen 3.722.166 TL taşıma ve bertaraf ücretinin kurutma sonrasında 744.433 TL olarak ödeneceği, kurutma işlemi için 2.364.192 TL ödeneceği ve sonuçta sadece Kullar tesisinden 1.406.648 TL tasarruf edileceği tespit edilmiştir. Yakma işlemi ile enerji geksinimi azalacağından kurutma için 589.497 TL ödeneceği belirlenmiştir.

Kürekli tip kurutucu tasarımı ile elde edilen dolaylı sonuçlar; koku oluşumunun kapalı bir sistem olmasından dolayı engellenebilmesi, modüler bir sistem olduğundan dolayı istenilen kapasitede, hızda ve sıcaklıkta yapılabilmesi ve farklı arıtma çamurları ve atıkların kurutulabilmesidir.

Kurutma sistemine ek donanımlar eklenerek enerji ihtiyacının azaltılabilmesi için işletmenin atık ısılarının kullanılması elde edilen kuru çamurun yakılarak gerekli enerjinin sağlanması firmalar için tasarrufu arttırılabilecek uygulamalar gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte firmaların çıkan kuru atık çamurlarını farklı amaçlar doğrultusunda değerlendirerek katma değer sağlamaları da mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] Güler Ç., Çobanoğlu Z., Su Kirliliği, *Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Müdürlüğü Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No12*, Ankara, 2001.
- [2] Aydın S., Güneysu S., Arayıcı S., Arıtma tesisi çamurlarından piroliz ile elde edilen adsorbentlerin tekstil atık sularından KOI ve renk giderimi için kullanımının araştırılması, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 2007, **64**(16), 43-48.
- [3] http://www.yildiz.edu.tr/~mbilgili/ACK_01.pdf (Ziyaret tarihi: 22 Ekim 2013).
- [4] <http://yosemite.epa.gov/r10/water.nsf/NPDES%2BPermits/Sewage.pdf> (Ziyaret tarihi: 13 Ocak 2014).
- [5] Vasconcelos E., Cabral F., Use and environmental implications of pulp-mill sludge as an organic fertilizer, *Environmental Pollution*, 1993, **80**, 159-162.
- [6] O’riordan E. G., Dodd V. A., Fleming G. A., Spreading a low – metal sludge on grassland: effects on soil and herbage heavy metal concentrations, *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 1994, **33**, 61-69.
- [7] Fiskell J. G. A., Neary D. G., Comerford N. B., Slash pine and understory interception of micronutrients mineralized from sewage sludge applied to a sandy, acidic forest soil, *Forest Ecology and Management* 1990, **37**, 27-36.
- [8] Zenhas J. M., Saltao B. F., Martins M. I., Victoria A. J., Gusmao M. R., Domingues M. H., Effect of application of sewage sludge and pulp-mill sludge from waste water treatment on plants nutrition and soil fertility, *10th International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition - Plant Nutrition for the Next Millennium “Nutrients, Yield, Quality and the Environment”*, Cairo, Egypt, 08-13 April 2000.
- [9] Eriksson J., Concentrations of 61 trace elements in sewage sludge, farmyard manure, mineral fertilizer, precipitation and in oil and crops, *Swedish Environmental Protection Agency*, Report 5159, Stockholm, Sweden, 2001.
- [10] Lewis D. L., Gattie D. K., Novak M. E., Sanchez S., Pumphrey C., Interactions of pathogens and irritant chemicals in land-applied sewage sludges (biosolids), *BMC Public Health*, 2002, **2**(11), 1-8.
- [11] Martínez E., Abada K., Palacios O., Caixacha J., Rivera J. Assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in sludges according to the European environmental policy, *Mass Spectrometry Laboratory, Department of Ecotechnologies*, Barcelona, Spain, 2007.

- [12] Surampalli R. Y., Lai K. C. K., Tyagi R. D., Lohani, B. N., Long-term land application of sewage sludge-a case study, *Water science and technology*: 2008, **57**(3), 345-352.
- [13] Küçükhemek M., Gür K., Uyanöz R., Ümmühan Ç., Arıtma çamuru ve çiftlik gübresinin çim bitkisi verimine ve renk özelliğine etkisi, *I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu*, İzmir, 23-25 Mart 2005.
- [14] Özdemir S., Köseoğlu G., Dede Ö. H., Arıtma çamurlarının süs bitkisi toprağı hazırlanmasında kullanımı, *I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu*, İzmir, 23-25 Mart 2005.
- [15] Hanay Ö., Hasar H., Kayseri ili kentsel atıksu arıtma tesisi çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım potansiyeli, *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2007, **19**(3), 333-337.
- [16] Ünal M., Gıda sanayi arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2002.
- [17] T.C Çevre Ve Orman Bakanlığı, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğı.
- [18] Kanat G., Municipal solid-waste management in Istanbul, *Waste Management*, 2010, **30**, 1737-1745.
- [19] Iranpour R., Cox H. H. J., Kearney R. J., Clark J. H., Pincince A. B., Daigger G. T., Regulations for biosolids land application in U.S. and European Union. *Journal of Residuals Science & Technology*, 2004, **1**(4), 209-221.
- [20] Sürücü G., Katı atıkların düzenli depolanması, katı atıkların tanımı, toplanması ve uzaklaştırılması, *Boğaziçi Üniversitesi Kurs Notları*, İstanbul, 1990.
- [21] Akbulut S., Katı atık depolarının geoteknik yönden değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 1996.
- [22] Abacı Ş., Katı atık depolama alanlarının hidrojeolojik açıdan değerlendirilmesi, *Su ve Çevre Sempozyumu*, Adana, 2-5 Haziran 1997.
- [23] Şimşek C., Filiz Ş., Torbalı (İzmir) katı atık depolama sahasının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2005, **7**(2), 39-56.
- [24] Amin A. M., Designing sustainable landfill for Jeddah city, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 2000, **58**, 265-273.
- [25] <http://extranet.groupeirhennvironnement.com> (Ziyaret tarihi: 12 Kasım 2013).
- [26] Vaxelaire J., Bongiovanni M., Mousques P., Puiggali J. R., Thermal drying residual sludge. *Water Research*. 2000, **17**, 4318-4323.

- [27]Leonard A., Salmon T., Janssens O., Crine M., Kinetics modelling of convective heat drying of wastewater treatment sludge, *Laboratoire de Genie Chimique*, Universite de Liege, Belgium, 2000.
- [28]White P. M. R., From conventional drying beds to high rate, high capacity vacuum dewatering beds, *The Water Environment Federation 12th Annual Residuals & Biosolids Management Conference*, Washington, USA, 12-15 July 1998.
- [29]Al-Kassir A., Gañan J., Tinaut F. V., Theoretical and experimental study of a direct contact thermal screw dryer for biomass residues, *Applied Thermal Engineering*, 2005, **25**, 2816-2826.
- [30]Salihoğlu N. K., Pınarlı P., Atıksu arıtma çamurlarının kapalı yataklarda güneş enerjisiyle kurutulması. *Su Kirlenmesi Kontrolü İTÜ Dergisi*, 2007, **17**(1), 3-14.
- [31]Parkson C., Solar energy used to dry sludge, *Civil Engineering*, 2001, **71**, 29.
- [32]Haralambopoulos D. A., Biskos G., Halvadakis C., Lekkas T. D., Dewatering of wastewater sludge through a solar still, *Renewable Energy*, 2002, **26**, 247-256.
- [33]Luboschik U., Solar sludge drying–based on IST proses, *Renewable Energy*, 1999, **16**(1-4), 785-788.
- [34]Lazaar M., Kooli S., Hazami M., Farhat A., Belghith A., Use Of Solar Energy for the agricultural greenhouses autonomous conditioning, *Desalination*, 2004, **168**, 169-175.
- [35]Stasta P., Boran J., Bebar L., Stehlík P., Oral J., Thermal processing of sewage sludge, *Applied Thermal Engineering*, 2006, **26**, 1420-1426.
- [36]Kopp J., Dichtl N., Prediction of full-scale dewatering results by determining the water distribution of sewage sludges, *Water Science and Technology*, 2000, **42**(9), 141-149.
- [37]Lee C. H., Liu J. C., Sludge dewaterability and floc structure in dual polymer conditioning, *Advances in Environmental Research*, 2001, **5**(2), 129-136.
- [38]Bala B. K., Mondol M. R. A., Bismwas B. K., Das Chowdury B. L., Janjai S., Solar drying of pineapple using solar tunnel drier, *Renewable Energy*, 2002, **28**, 183–190.
- [39]Berkun M., Aras E., Nemlioglu S., Disposal of solid waste in Istanbul and along the Black Sea coast of Turkey, *Waste Management*, 2005, **25**, 847–855.
- [40]Oña D. J., Osorio F., Application of sludge from urban wastewater treatment plants in road's embankments, *Hazardous Materials*, 2006, **131**, 36-45.
- [41]Lagerkvist A., Academic research on solid waste in Sweden 1994–2003, *Waste Management*, 2006, **26**, 277–283.

- [42] Zabaniotou A., Theofilou C., Green energy at cement kiln in Cyprus use of sewage sludge as a conventional fuel substitute, *Renewable and Sustainable Energy*, 2008, **12**(2), 531-541.
- [43] Hettiaratchi J. P. A., Meegoda J. N., Hsieh H. N., Hunte C. A., Sustainable management of household solid waste, *Int. J. Environment and Waste Management*, 2010, **6**, 1-2.
- [44] Kozak M., Tekstil atıkların yapı malzemesi olarak kullanım alanlarının araştırılması, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2010, **6**(1), 62-70.
- [45] Filibeli A., Arıtma çamurlarının işlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 255*, İzmir, 1996.
- [46] Rice E. W., Baird R. B., Eaton A. D., Clesceri L. S., *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18nd ed., AWWA, USA. 1992.
- [47] Tchobanoglous G., Burton F. L., Wastewater engineering treatment, disposal, reuse, 3rd ed., Metcalf and Eddy Inc., 1991.
- [48] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Eğitimi Ders Notları, Ankara.
- [49] www.ibb.gov.tr/.../toprakyonetmelik.doc (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2013).
- [50] Resmi Gazete. 14.03.1991, Sayı:20814, Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği.
- [51] Resmi Gazete. 14.03.2005, Sayı:25755, Tehlikeli Atık Kontrolü Yönetmeliği.
- [52] Öztürk İ., Timur H., Koşkan U., Atıksu arıtımının esasları, evsel, endüstriyel atıksu arıtımı ve arıtma çamurlarının kontrolü, Cilt 1, *Çevre Bakanlığı Yayını*, Ankara, 2005.
- [53] Salihoglu N. K., Pınarlı V., Salihoglu G., Solar drying in sludge management in Turkey. *Renewable Energy*, 2007, **32**(10), 1661-1675.
- [54] <http://www.iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/AtikSektoruMevcutDurumDegerlendirmesiRaporu.pdf> (Ziyaret tarihi: 05 Nisan 2010).
- [55] Jensen J, Jepsen S. E., The production, use and quality of sewage sludge in Denmark, *Waste Management*, 2005, **25**(3), 239-247.
- [56] Asase M, Yanful E. K., Mensah M., Stanford J., Amponsahm S., Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London Ontario, and Kumasi, Ghana, *Waste Management*, 2009, **29**(10), 2779-2786.
- [57] Michalova M., Sludge handling in Czech Republic, *Conference Sludge and Wastes*, Brno, Czech Republic, 6-8 May 2002.
- [58] İşgenç M. F., Kınay E. H., Türkiye’de arıtma çamurları, *I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 23-25 Mart 2005.

- [59] Boran J., Bebar L., Stehlik P., Oral J., Thermal processing of sewage sludge Pavel Stasta, *Applied Thermal Engineering*, 2006, **26**(13), 1420-1426.
- [60] www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2012).
- [61] Ayvaz Z., Atıksu arıtma çamurlarının değerlendirilmesi, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 2000, **35**, 3-12.
- [62] Vaxelaire J., Cézac P., Moisture distribution in activated sludges: A Review, *Water Research*, 2004, **38**, 2215–2230.
- [63] Ekechukwu O. V., Norton B., Review of solar energy drying systems II: an overview of solar drying technology, *Energy Conversion and Management*, 1999a, **40**, 615–655.
- [64] Pieters J. G., Deltour J. M., Modelling solar energy input in greenhouses, *Solar Energy*, 1999, **67**(1–3), 119-130.
- [65] Kürklü A., Bilgin S., Özkan B., A study on the solar energy storing rock-bed to heat a polyethylene tunnel type greenhouse, *Renewable Energy*, 2003, **28**(5), 683–697.
- [66] Ekechukwu O. V., Norton B., Review of solar energy drying systems III: low temperature air-heating solar collectors for crop drying applications, *Energy Conversion and Management*, 1999b, **40**, 657–670.
- [67] Leon M. A., Kumar S., Bhattacharya S. C., A Comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers, *Renewable and Sustainable Energy*, 2009, **6**, 367–393.
- [68] Luboschik U., Solar sludge drying–based on IST proses, *Renewable Energy*, 1999, **16**(1-4), 785-788.
- [69] Albertson O. E., Burris B. E., Reed S. C., Semon J. A., Smith J. E., *Design Manual: Dewatering Municipal Wastewater Sludges* EPA Number 625187014, USA, 1987.
- [70] Hussain M. M., Investigation of heat and moisture transfer during solids drying, Master Thesis, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran, Suudi Arabia, 2001.
- [71] Kaya A., Kurutmada ısı ve kütle transferinin teorik ve deneysel olarak incelenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.
- [72] Demirtaş C., Ayhan T., Kaygusuz K., Drying behaviour of hazelnuts, *Food*, 1998, **76**, 559-564.
- [73] Doymaz İ., Üzüm ve Kahramanmaraş biberinin kuruma karakteristiklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.

- [74] Carl P. E., Hall W., Drying and storage of agricultural crops, *Food / Nahrung* 1982, **26**(6), 556.
- [75] Roberts J. S., Understanding the heat and mass transfer of hygroscopic porous materials, Ph.D. Thesis, The State University Of New Jersey, Food Science, New Brunswick, New Jersey, 1999.
- [76] Rao M. A., Rizvi S. S. H., Datta A. K., Ahmed J., *Engineering Properties of Foods*, 4th ed., CRC Press, London, 2014.
- [77] Van Arsdel W. B., Copley M. J., Morgan A. I., Food dehydration Vol. II. Products and Technology, *Starch - Stärke*, 2006, **17**(3), 104.
- [78] Bux M., Baumann R., Philipp W., Conrad T., Mühlbauer W., Class a by solar drying recent experiences in Europe, *Proceedings of the Water Environment Federation WEFTEC 2001*, Atlanta, Georgia, 13-17 October 2001.
- [79] <http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/> (Ziyaret tarihi: 10 Mart 2014).
- [80] Deng W., Yan J., Dong Li X., Wang F, Yong Lu S., Chi Y, Cen K., Measurement and simulation of the contact drying of sewage sludge in a Nara-type paddle dryer, *Chemical Engineering Science*, 2009, **64**, 5117–5124.
- [81] Ferrasse J. H., Lecomte D., Simultaneous heat-flow differential calorimetry and thermogravimetry for fast determination of sorption isotherms and heat of sorption in environmental or food engineering, *Chemical Engineering Science*, 2004, **59**(6), 1365–1376.
- [82] Chen G., Yue P. L., Mujumdar A. S., Sludge dewatering and drying, *Drying Technology*, 2002, **20**(4), 883-916.
- [83] Arlabosse P., Chitu T., Identification of the limiting mechanism in contact drying of agitated sewage sludge, *Drying Technology*, 2007, **25**(4), 557-567.
- [84] Hou L. Z., Xin Z. L., Shu G. Z., Bin L., Sewage sludge flow and drying characteristics in paddle dryers, *Diffusion in Solids and Liquids VIII*, Istanbul, Turkey, 25-29 June 2012.
- [85] Ersöz M. A., Doğan H., Akışkan yataklı sürekli bir kurutucuda göl tuzu kurutulmasının deneysel incelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2010, **16**(2), 155-163.
- [86] Deng W., Su Y., Yu W., Theoretical calculation of heat transfer coefficient when sludge drying in a nara-type paddle dryer using different heat carriers, *Procedia Environmental Sciences*, 2013, **18**, 709 –715.
- [87] Arun S. Mujumdar *Handbook of Industrial Drying*, 3rd ed., CRC Press USA, 2006, ISBN: 1-57444-668-1.
- [88] <http://www.kocaeli-tarim.gov.tr/hayvansal> (Ziyaret tarihi: 05 Şubat 2014).

EKLER

EK-A

Belgeler



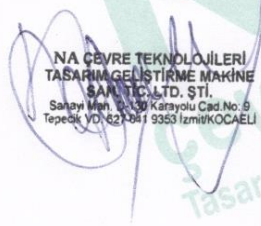
Sayın Nida NURBAY ÖZÖN

Şirketimiz adına Türkiye Patent Enstitüsüne ve KOSGEB Ar-Ge desteğine başvurusunu yaptığımız "Aritma Çamuru Susuzlaştırma Makinesi" adlı projenin hazırlanmasından sonuçlandırılmasına kadar geçen süre içerisindeki, tasarım, imalat ve deney aşamalarındaki birfiil çalışmanız ve talep ettiğimiz her konuda sergilemiş olduğunuz başarılı performans ve özverili çalışmalarınızdan dolayı çok teşekkür ederiz.

N&A Çevre Teknolojileri

Tasarım Geliştirme Mak.San.Tic.Ltd.Şti.

Adem Kaynak



T.C.
TÜRK PATENT ENSTİTÜSÜ
Patent Dairesi Başkanlığı



2013-O-268065
10/05/2013

Sayı : 39616753.01.- 2013/01941
Konu : Şekli İnceleme

Hipodrom Cad. No:115
Yenimahalle – ANKARA
Tel : (312) 303 10 00
Fax : (312) 303 12 20
İadeli Resmi Taahhütlü

İBRAHİM KILIÇASLAN - ADEM KAYNAK - NAZMİ KOÇ
Başaran Cd. Şevket Bey Sk. No. 6, İzmit 41060, KOCAELİ

İlgi: 19/02/2013 tarih ve - referanslı dilekçeniz.

İlgide kayıtlı dilekçeniz ekindeki "Atık çamur kurutma fırını." başlıklı patent başvurusu Enstitümüzce alınmış, Patent Siciline 19/02/2013 gün, 14.47:58 saat ve 2013/01941 sayı ile kayıt edilmiştir.

Söz konusu başvurunuz, 551 sayılı Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin Uygulama Şekli Gösterir Yönetmeliğin 26 ncı maddesi hükmü uyarınca şekli şartlara uygunluk açısından incelenmiş ve bir eksikliğin olmadığı saptanmıştır.

Bu nedenle, anılan Kanun Hükmünde Kararnamenin 56 ncı maddesi hükmü ve anılan Yönetmeliğin 28 inci maddesi hükmü uyarınca başvuru tarihinden veya rüçhan talep edilmişse rüçhan tarihinden itibaren 15 ay içinde araştırmanın talep edilmesi ve taleple birlikte veya talep tarihinden itibaren 3 ay içinde araştırma raporu düzenlenmesi hazırlık işlemleri ücretinin ve seçeceğiniz araştırma kuruluşuna ait araştırma ücretinin ödenmesi gerekmektedir.

Araştırmanın talep edilebilmesi için araştırma talep formunun doldurularak, anılan kuruluşun kabul ettiği dilde hazırlanacak iki nüsha özet, tarifname, istemler, resimler ve yukarıda bahsedilen ücretlerin ilgili banka hesaplarına ödendiğini gösterir banka dekontu asılları ile birlikte Enstitümüze gönderilmesi gerekmektedir.

Aksi takdirde, 551 sayılı Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 56 ncı maddesi hükmü uyarınca başvurunuz geri alınmış sayılacaktır.

Bilgilerinizi rica ederim.


AHMET KAYAKÖKÜ
Enstitü Başkanı a.
Patent Uzman Yardımcısı

Not 1: Buluşunuz TPE'nin araştırma-inceleme yaptığı konular arasında yer almadığından araştırma kuruluşu olarak Araştırma İnceleme Ücret Tablosundan Türkiye dışında bir ofisin seçilmesi gerekmektedir.

Not 2: Başvuru tarihinden itibaren bir yıl içerisinde rüçhan hakkından yararlanarak başka ülkelerde ya da başvuru sistemlerinde (PCT vb. uluslararası ya da EPC vb. bölgesel başvurular) patent başvurusu yapabilirsiniz.

Not 3: TÜBİTAK patent teşviklerinden yararlanmak için gerekli formlarla beraber bu belge ile TÜBİTAK'a başvurabilirsiniz. (detaylı bilgi için www.tpe.gov.tr)

Not 4: Patent başvurularının yıllık ücretleri her yıl vadesinde (başvuru tarihine tekabül eden ay ve günde) peşinen ödenmelidir. Belirtilen vadede ödenmeyen yıllık ücretler, ek bir ücretin ilavesi ile vadeyi takip eden 6 ay içinde ödenebilir. Yıllık ücretlerin bu süre içinde de ödenmemesi halinde başvurular geçersiz sayılır. TÜBİTAK-TPE işbirliğinde yürütülen teşvik sisteminden yararlanan patent başvurularının yıllık ücretlerinin teşvik kapsamından alınabilmesi için talep yapılması zorunludur (yıllık ücretler talep olmaksızın teşvik hesabından düşmemektedir). Bu nedenle, teşvikten yararlanan ve teşvik hesabında yeterli tutar bulunan patent başvurusu sahibi olan hak sahiplerinin, yıllık ücretler için her yıl vade tarihinden önce Teşvikli Ücret Ödeme Formu ile Enstitümüze talepte bulunmaları gerekmektedir.



ARAŞTIRMA-GELİŞTİRME, İNOVASYON VE ENDÜSTRİYEL
UYGULAMA DESTEK PROGRAMI

AR-GE VE İNOVASYON PROGRAMI KURUL KARAR FORMU

Sayı: 46783121 110.02.01 /

HİZMET MERKEZİ ADI	KOSGEB Kocaeli Hizmet Merkezi Müdürlüğü
TOPLANTI NO	2014-705-7
TOPLANTI TARİHİ	20.03.2014
KARAR NO	05

İşletme/Girişimci Adı	NA ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ TASARIM GELİŞTİRME MAKİNA SANAYİ VE TİCARET LIMITED ŞİRKETİ
Vergi No/TC Kimlik No	6270419353
Başvuru Tarihi/Sayısı	03.03.2014 / 833
Projenin Toplam Bütçesi	1106765
Proje Değerlendirme Raporunu Hazırlayan Öğretim Elemanının Adı/Unvanı / Bölümü	
Rapor Tarihi	
Proje Konusu : Arıtma Çamur Susuzlaştırma Makinası olan,	
☐ Proje Başvuru Dosyası	
☒ Kurul Tarafından İstenen Revizyon	
☐ Proje Sahibi Tarafından İstenen Revizyon	
☐ Üniversite Öğretim Elemanından Alınan Görüşler	
☐ Proje Tamamlanma Raporu	
☐ Proje Sonlandırma	
☐ İtiraz Konusu Projeler	
☐ Diğer (Açıklayınız):	
Kurul Üyelerince incelenmiş olup;	
KURUL KARARI	
☒ Proje başvurusunun 12 ay süre ile desteklenmesine ve aşağıda belirtilen desteklerin verilmesine karar verilmiştir.	
☐ Proje başvurusunun, belirtilen hususlar doğrultusunda tarihine kadar revize edilerek tekrar değerlendirilmesine karar verilmiştir.	
Gerekçe:	
☐ Proje konusunda Üniversite Öğretim Elemanından görüş alınmasını müteakip tekrar değerlendirilmesine karar verilmiştir.	
Görüş alınması uygun görülen Öğretim Elemanının Görevli Olduğu Üniversite/Bölümü:	
☐ Proje süresinin ay uzatılmasına karar verilmiştir.	
☐ Projenin başarıyla tamamlandığına karar verilmiştir.	
☐ Projenin başarısız olarak tamamlandığına karar verilmiştir.	
Gerekçe:	
☐ Projenin sonlandırılmasına karar verilmiştir.	
Gerekçe:	
☐ Proje başvurusu reddedilmesine karar verilmiştir.	
Gerekçe:	
☐ Proje konusu desteklerin aşağıda belirtilen şekilde revize edilmesine karar verilmiştir.	
☐ Diğer (Açıklayınız):	

FRM.02.01.03/04
Rev. Tar: 10/08/2012

Karekod No: BMFF



1

EK-B**Türkiye İstatistik Kurumu Verileri****Tablo B.1. Belediye Atıksu Göstergeleri, 2002-2012**

	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Türkiye nüfusu	67 803927	67 803927	70 586256	70 586256	73 722988	75627 384
Toplam belediye sayısı	3 227	3 225	3 225	3 225	2 950	2 950
Toplam belediye nüfusu	53 421 379	53 935 050	58 581 515	58 581 515	61 571 332	63743 047
Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye sayısı	2 115	2 226	2 321	2 421	2 235	2 300
Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusu	44 342 222	46 149 479	50 856 943	51 673 078	54 017 052	58754 795
Alıcı ortamlara göre şebekeden deşarj edilen atıksu miktarı (bin m³/yıl)	2 497 657	2 922 783	3 366 894	3 261 455	3 582 131	4 072 563
Denize	885 981	1 178 001	1 522 695	1 458 461	1 498 728	1 843 115
Göl-Gölete	38 403	43 006	46 415	67 193	76 024	75 116
Akarsuya	1 356 297	1 380 516	1 410 614	1 404 164	1 741 078	1 817 352
Araziye	37 013	40 007	120 525	50 374	35 091	35 770
Baraja	96 434	99 551	121 532	115 405	130 224	114 199
Diğer	83 528	181 702	145 113	165 857	100 985	187 011
Atıksu arıtma tesisi sayısı	145	172	184	236	326	460
Fiziksel	28	35	26	29	39	57
Biyolojik	114	133	135	158	199	244
Gelişmiş	3	4	23	32	53	70
Doğal	...	...	...	17	35	89
Atıksu arıtma tesisi kapasitesi (bin m³/yıl)	2 358 507	3 410 352	3 648 198	4 143 140	5 293 204	5 562 075
Fiziksel	771 081	1 384 634	1 329 470	1 537 719	1 838 627	1 904 642
Biyolojik	1 320 124	1 750 532	1 510 835	1 594 640	1 732 674	1 703 694
Gelişmiş	267 302	275 186	807 893	1 000 814	1 709 415	1 918 697
Doğal	...	...	...	9 967	12 488	35 042
Atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksu miktarı (bin m³/yıl)	1 312 379	1 901 040	2 140 494	2 251 581	2 719 151	3 256 980
Fiziksel	344 509	598 769	714 404	735 710	751 101	929 334
Biyolojik	745 852	1 071 217	926 581	861 428	931 356	1 072 873
Gelişmiş	222 018	231 054	499 509	648 536	1 031 616	1 245 977
Doğal	...	...	...	5 906	5 079	8 795
Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye sayısı	248	319	362	442	438	536
Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye nüfusu	18 955 305	24 369 119	29 643 258	32 518 318	38 050 717	43543 737
Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen nüfusun toplam nüfusa oranı(%)	28	36	42	46	52	58
Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	35	45	51	56	62	68
Belediyelerde deşarj edilen kişi başı günlük atıksu miktarı (litre/kişi-gün)	154	174	181	173	182	190
Derin deniz deşarjı yapan belediye sayısı	59	73	77	92	80	80

Tablo B.2. İmalat sanayi atıksu göstergeleri, 2000 - 2012

	2000	2004	2008	2010	2012
Deşarj edilen atıksu miktarı (bin m³/yıl)	746 877	637 756	1 027 838	1256195	1539818
Deşarj edilen soğutma suyu miktarı	443 484	347 091	711 953	883 651	1 197 421
Soğutma suyu hariç deşarj edilen atıksu miktarı	303 393	290 665	315 885	372 544	342 397
Arıtılarak deşarj edilen toplam atıksu (bin m³/yıl)	235 350	228 440	165 486	164 315	188 577
Arıtılarak deşarj edilen soğutma suyu miktarı	57 289	13 760	10 402	9 804	11 055
Soğutma suyu hariç arıtılarak deşarj edilen atıksu	178 061	214 680	155 084	154 510	177 521
Alıcı ortamlarına göre (bin m³/yıl)	746 877	637 756	1 027 838	1256195	1539818
Şehir Kanalizasyonu	79 866	70 375	72 459	80 922	59 459
Deniz	438 614	372 334	681 716	Gizli veri	1193937
Göl	9 469	3 760	1 217	239	Gizli veri
Akarsu	151 589	156 163	143 346	244 893	148 432
Baraj	Bilgi yok	Bilgi yok	2 260	731	Gizli veri
Atık barajı	Bilgi yok	Bilgi yok	Bilgi yok	Gizli veri	Gizli veri
Fosseptik	33 878	4 373	4 215	5 446	2 539
OSB kanalizasyonu	Bilgi yok	Bilgi yok	93 882	109 326	112 658
Diğer⁽¹⁾	33 461	30 751	28 744	28 443	13 683
Atıksu arıtma tesisi sayısı	926	1 198	1 431	1 825	2 075
Fiziksel /Kimyasal	378	493	458	656	778
Biyolojik	526	648	892	1 089	1 190
Gelişmiş	22	57	81	80	107
Atıksu arıtma tesisi kapasitesi (bin m³/yıl)	379 693	438 714	387 967	489 955	555 809
Fiziksel /Kimyasal	176 939	193 607	95 435	103 387	159 582
Biyolojik	199 995	229 137	248 416	335 505	334 402
Gelişmiş	2 759	15 970	44 116	51 062	61 825
Atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksu (bin m³/yıl)	221 782	242 906	189 359	244 497	239 647
Fiziksel /Kimyasal	104 653	121 774	43 638	54 677	57 797
Biyolojik	115 735	111 404	128 652	170 061	151 291
Gelişmiş	1 393	9 728	17 069	19 760	30 559

Tablo B.3. Belediyeler tarafından yada belediyeler adına işletilen atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri

Düzenli depolama tesisi	1994	1996	1998	2002	2004	2006	2008	2010
Sayısı	2	6	8	12	16	22	37	52
Kapasitesi (bin ton)	76750	202527	216690	277195	278060	376974	390478	423142
Gelen atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	...	9951	11657	14377
Bertaraf edilen atık (bin ton)	...	...	...	...	...	9942	10037	14309
Kompost tesisi								
Sayısı	2	2	2	4	5	4	4	5
Kapasitesi (bin ton/yıl)	245	245	245	664	667	605	551	556
Gelen atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	...	268	276	216
Üretilen kompost (bin ton)	...	...	...	...	...	29	47	38
Yakma tesisi								
Sayısı	...	1	2	3	3	3	2	2
Kapasitesi (bin ton/yıl)	...	9	44	44	44	44	44	44
Gelen atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	...	28	36	40
Yakılan tıbbi atık (bin ton)	...	...	...	...	...	6	8	6

Tablo B.4. Belediye atıksu istatistikleri

	Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	Belediyelerde kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı (Bin m ³ /yıl)	Deşarj edilen kişi başı atıksu miktarı (litre/kişi-gün)	Belediyeler tarafından arıtılan atıksu miktarı (Bin m ³ /yıl)	Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye nüfusunun belediye nüfusu içindeki payı (%)
TR Türkiye					
2004	86	2 922 783	174	1 901 040	45
2006	87	3 366 894	181	2 140 494	51
2008	88	3 261 455	173	2 251 581	56
2010	88	3 582 131	182	2 719 151	62
TR42 Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova					
2004	93	114 617	163	99 166	71
2006	93	142 020	167	116 819	61
2008	92	144 590	171	119 566	74
2010	87	189 729	222	181 152	77
TR421 Kocaeli					
2004	96	55 983	146	50 741	85
2006	94	78 490	169	69 929	58
2008	95	70 809	152	70 809	95
2010	90	101 167	211	101 167	90

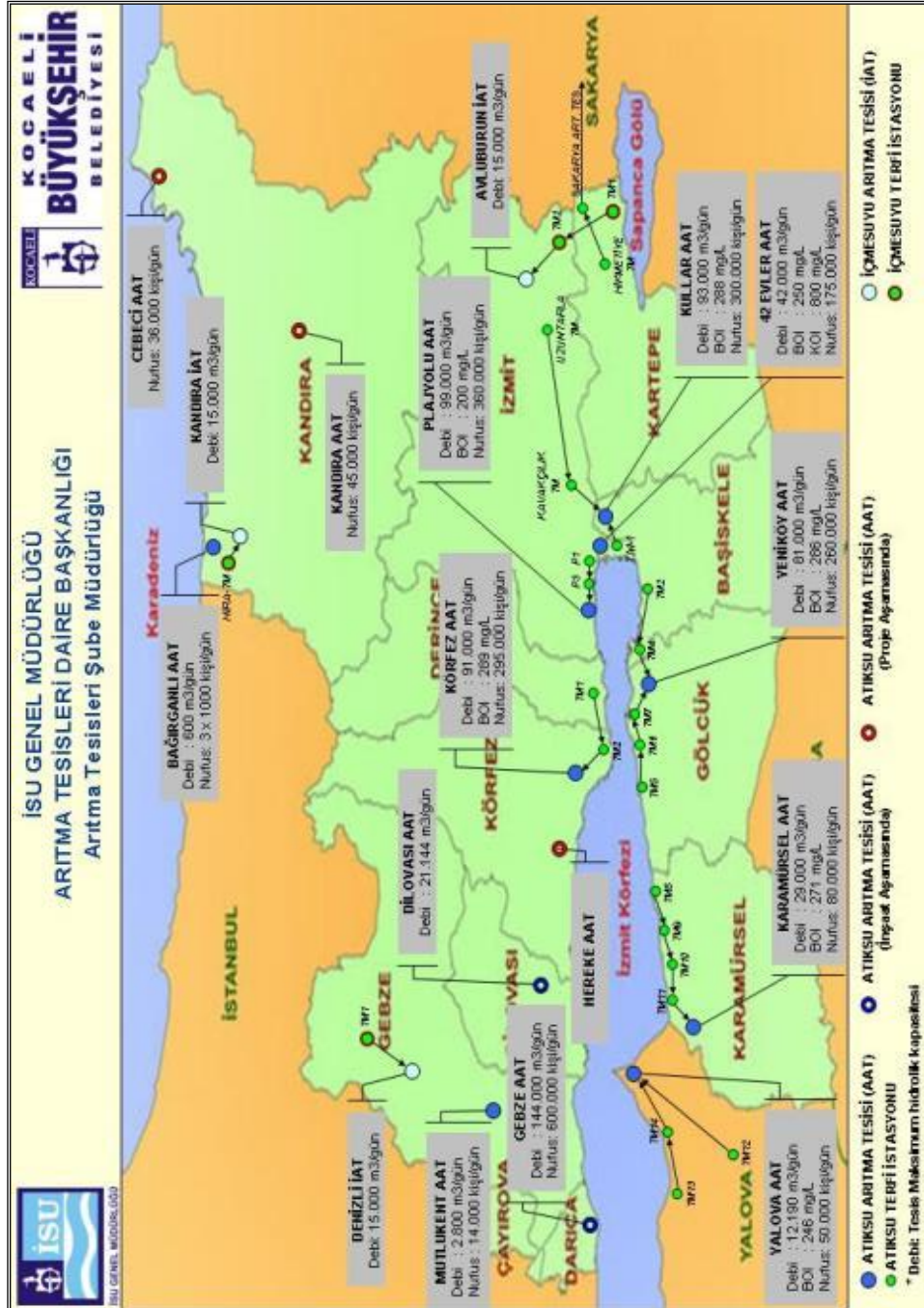
Tablo B.5. İlçelere göre kanalizasyon şebekesi ve arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye sayıları ve nüfusu, 2010

İlçeler	Toplam belediye sayısı	Toplam belediye nüfusu	Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye sayısı	Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusu	Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun belediye nüfusu içindeki oranı (%)	Arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye sayısı	Arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye nüfusu	Arıtma tesisi ile hizmet verilen nüfusun belediye nüfusu içindeki oranı (%)
TR Türkiye	2 950	61 571 332	2 235	54 017 052	88	438	38 050 717	62
TR421 Kocaeli	13	1 459 772	13	1 313 795	90	13	1 313 795	90
Büyükşehir⁽¹⁾	1	1 459 772	1	1 313 795	90	1	1 313 795	90

Tablo B.6. İlçeler ve alıcı ortamlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı, 2010

İlçeler	Belediyelerde kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen atıksu miktarı (1 000 m ³ /yıl)	Denize	Göle veya gölete	Akarsuya	Araziye	Baraja	Diğer ortamlara ⁽²⁾	Deşarj edilen kişi başı atıksu miktarı (litre/kişi-gün)
TR Türkiye	3 582 131	1 498 728	76 024	1 741 078	35 091	130 224	100 985	182
TR421 Kocaeli	101 167	101 167	-	-	-	-	-	211
Büyükşehir⁽¹⁾	101 167	101 167	-	-	-	-	-	211

Kocaeli İSU Genel Müdürlüğü Verileri



Şekil C.1. Kocaeli ili İSU Arıtma Tesisleri

Tablo C.1.1. Kullar AAT'nin çamur aıt 2010 verileri

Tarih	Çamur Tonajı (kg/gün)	Polimer Tüketimi (kg/gün)	İşlenen Çamur Hacmi (m³/gün)	Giriş Çamuru % km	Çıkan Çamur % km	Toplam Kuru Madde (kg/gün)	Debi (m³/gün)	Geri Devir Debisi (m³/gün)	Havalandırma Havuzu Elektrik Tüketimi (kWh/gün)	Tesis Toplam Elektrik Tüketimi (kWh/gün)	Havalandırma Havuzu Elektrik Tüketim Oranı (%)	Im³ Atksu Elektrik Miktarı (kWh/m³)	Geri Devir Oranı (%)
01.01.2010	46.650	38,74	179,19	4,66	18,00	8.397	55.250	79.728	8.712	22.435	38,83	0,41	144,30
02.01.2010	25.300	15,87	73,59	6,17	18,00	4.554	51.600	74.556	7.872	32.437	24,27	0,63	144,49
04.01.2010	21.460	15,00	72,21	5,33	18,00	3.863	35.970	75.830	5.808	23.130	25,11	0,64	210,81
05.01.2010	23.640	34,18	155,80	2,71	18,00	4.255	48.900	75.367	6.384	23.490	27,18	0,48	154,12
06.01.2010	46.550	17,25	78,81	10,61	18,00	8.379	70.000	75.154	6.288	21.776	28,88	0,31	107,36
07.01.2010	47.950	33,18	152,34	5,64	18,00	8.631	66.000	83.337	7.049	23.259	30,31	0,35	126,27
08.01.2010	47.600	20,13	79,42	10,76	18,00	8.568	62.300	108.871	12.445	28.653	43,43	0,46	174,75
09.01.2010	23.950	32,55	165,58	2,58	18,00	4.311	62.590	109.991	10.879	26.281	41,39	0,42	175,73
10.01.2010	23.450	13,65	84,51	4,98	18,00	4.221	61.010	107.134	11.218	26.136	42,92	0,43	175,60
11.01.2010	48.000	16,18	81,90	10,53	18,00	8.640	58.250	107.269	11.699	25.527	45,83	0,44	184,15
12.01.2010	22.850	29,39	156,29	2,61	18,00	4.113	56.250	103.815	10.786	28.247	38,18	0,50	184,56
15.01.2010	22.300	13,79	84,26	4,75	18,00	4.014	67.810	106.806	8.787	30.313	28,99	0,45	157,51
22.01.2010	24.750	22,48	107,13	4,14	18,00	4.455	91.260	100.225	6.768	29.187	23,19	0,32	109,82
25.01.2010	26.480	16,64	77,82	6,10	18,00	4.766	99.760	98.739	6.024	28.301	21,29	0,28	98,98
26.01.2010	24.740	15,49	75,29	5,89	18,00	4.453	90.540	92.794	10.080	37.128	27,15	0,41	102,49
28.01.2010	25.000	19,14	91,60	4,89	18,00	4.500	90.540	97.658	11.040	40.642	27,16	0,45	107,86
30.01.2010	27.700	17,76	81,88	6,07	18,00	4.986	82.090	84.688	10.320	37.157	27,77	0,45	103,17
TOPLAM	528.370	371	1.798	5,27		95.107	2.159.550	2.937.865	276.020	883.240			
Çıkış Ortalama %km	18,00			Giriş Çamuru Ortalama %KM		5,27	Im³ Atksu Elektrik Miktarı (kWh/m³)		0,41		Geri Devir Oranı (%)		136,04
Kg polimer / ton ds	3,92						Havalandırma Havuzu Elektrik Tüketim Oranı (%)		31,25				

Tablo C.2. Hesaplama Dikkate Alınan Değerler

	YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
ÇIKAN ÇAMUR MİKTARI (TON)	2010	540.570	357.620	398.500	718.520	729.350	752.080	818.370	908.450	530.000	787.270	969.570	713.160	8.223.460
	2011	643.035	725.425	304.555	408.115	917.445	923.915	1.102.265	830.995	1.036.355	724.135	646.675	598.465	8.881.380
	2012	364.330	631.270	512.350	479.850	652.800	760.500	925.440	513.940	474.100	800.870	549.310	402.640	7.067.400
	2013	314.600	435.800	603.350	651.100	582.330	526.550	541.150	476.200	724.428	717.800	551.280	729.310	6.853.898
ÇAMUR TAŞIMA MALİYETLERİ KDV DAHİL (TL)	2010	4.090	3.056	3.355	5.964	6.116	5.892	7.311	8.358	4.384	6.249	8.559	5.548	68.881
	2011	3.900	6.554	3.180	4.119	7.986	7.791	9.654	7.531	10.667	7.094	6.413	5.366	80.256
	2012	2.047	7.816	6.528	6.206	8.293	9.673	11.702	6.491	6.164	8.820	6.050	4.434	84.225
	2013	2.753	2.753	2.753	6.976	6.239	5.642	5.798	5.102	2.396	5.421	3.103	3.670	52.607
ÇAMUR BERTARAF MALİYETLERİ KDV DAHİL (TL)	2010	60.813	42.047	40.575	80.019	78.832	84.793	94.663	106.297	66.769	92.940	106.361	82.797	936.907
	2011	70.438	77.039	38.587	49.111	102.574	99.028	125.260	94.565	121.802	85.540	73.224	68.442	1.005.609
	2012	44.627	77.134	62.333	58.492	79.725	92.407	112.335	62.318	57.551	97.804	43.046	6.210	793.984
	2013	39.356	54.510	103.816	81.440	72.838	65.861	67.687	59.563	27.968	63.284	38.039	25.335	699.697
ELEKTRİK MALİYETİ (TL)	2010	128.390	122.273	123.883	138.376	130.763	120.178	111.497	91.106	96.623	67.555	119.630	108.723	1.358.997
	2011	112.657	77.442	112.236	105.863	123.658	106.008	106.299	98.701	99.839	84.288	93.881	104.214	1.225.085
	2012	95.072	89.312	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	184.384
	2013	255.710	229.102	229.714	286.805	280.363	280.742	284.029	277.018	234.413	235.201	302.307	262.446	3.157.850
İŞLETME MALİYETİ (TL)	2010	238.025	216.715	206.390	214.323	294.398	272.707	304.093	257.827	291.439	235.452	229.798	235.514	2.996.681
	2011	449.003	396.478	397.526	511.164	496.074	491.605	497.500	482.778	402.189	401.945	536.856	459.515	5.522.634
	2012	425.020	377.749	360.394	373.416	528.617	485.533	545.306	458.624	523.747	412.374	403.316	413.536	5.307.632
	2013													

EK-D

Güneş Enerjisi Projelendirme Teklifi

Teklif ve Teknik Özellikler

Proje: TUBITAK PROJECT %18 → %70

HAUS
SANTRİFÜJ TEKNOLOJİLERİ

27.04.2012

Sayfa 8 / 8

Açıklama :

Teslimat Şekli : CIF Kocaeli (Incoterms 2011)

Ödeme Şekli :

- 40% Siparişte banka teminatı karşılığında peşin
- 50% Teslimat öncesinde
- 5% Teslimden sonra
- 5% Tesis kabulünden sonra

Garanti Şartları :

Sistemin devreye alınmasından itibaren 2 yıl, ekipmanların montaj alanına tesliminden itibaren maksimum 30 ay. Aşınabilir parçalar garanti kapsamı dışındadır. Aşınabilir parçalar DIN 31051 standartlarında ve/veya aşınabilir parça ve yedek parça listemiz kapsamındadır.

Tüm ödeme yapıłana kadar ekipman ve parçaları Rothmaier GmbH'nin iyeliliğindedir.

Teklifimiz 28.05.2012 tarihine kadar geçerlidir.

Teklif Toplamı (KDV Hariç)

600,000.00.-€

EK-E

İZAYDAŞ Nem Ve Kalorifik Değer Ölçüm Sonuçları

İZAYDAŞ İZMİT ATIK VE ARTIKLARI ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş. Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350 P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ Deney Raporu <i>Testing Report</i> İZAYDAŞ Lab.14.01.0002 8751 22.01.2014			
Müşterinin Adı/Adresi <i>Customer Name/Address</i>		NA ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ TASARIM GELİŞTİRME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ. KOCAELİ	
Numunenin Adı / Tarifi <i>Name and identity of test item</i>		HAYVANSAL ATIKLAR	
Numune Numarası <i>Order No.</i>	0000029830	Numuneye Uygulanan İşlemler <i>Preliminary procedure applied on the test item</i>	-
Numune Alma Metotları <i>Sampling Methods</i>	-	Numunenin Geliş Şekli <i>Sampling type</i>	Firma Yetkilisi
Numunenin Alındığı Yer <i>Sampling location</i>	Numuneyi Firma Yetkilisi Teslim Etmiştir	Numunenin Kabul Tarihi <i>The date of receipt of test item</i>	21.01.2014 00:00:00
Numunenin Alındığı Tarih <i>Date of sampling</i>	21.01.2014 00:00:00	Deneylerin Yapıldığı Tarih <i>Date of Testing</i>	21.01.2014-22.01.2014
Numuneyi Alan <i>Personnel responsible from sampling</i>	Firma Yetkilisi	Raporun Toplam Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the Report</i>	2
Yorum: <i>Conclusions</i> Analiz sonuçları, sadece analizi yapılan numuneyi temsil eder.			
Deney ve /veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir . <i>The testing and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.</i> Analizi tamamlanan atık, toprak ve arıtma çamuru analizleri, analizleri tamamlandıktan sonra 6 ay süre ile muhafaza edilir. Su ve atıksu numuneleri ise analizleri tamamlandığında imha edilir. <i>The samples of waste, soil, and sludge are stored for a duration of six months after their analyses have been completed whereas water and waste water samples are discarded as soon as the final report is issued.</i> Raporda yer alan sonuçlar sadece incelenen numunelere aittir. <i>The results stated herein relate only to the items tested.</i>			
Mühür <i>Seal</i>	Tarih <i>Date</i>	Hazırlayan <i>Prepared by</i>	Laboratuvar Şefi <i>Chief of Laboratory</i>
	22.01.2014	Gözde GÜZÜM Analizci / Analyst	Erkan ZAYGAL Laboratuvar Şefi
Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail:laboratuvar@izaydas.com.tr			

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid

İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

İZAYDAŞ

Lab.14.01.000287
51

22.01.2014

Analiz Raporu

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer
NEM TAYİNİ	TS 9546 EN 12880:2002	%	< 3,58
KALORİFİK DEĞER	ASTM D 5468-02 / TS ISO 1928:2010	kJ/kg	14673

Numune Alma Esnasındaki Çevresel Şartlar

Koordinatlar	-	Ambalaj uygun mu?	Evet
Hava Durumu	-	Sızıntı, akma vb. var mı?	Hayır
Hava Sıcaklığı	-	Mühürlü mü?	Hayır
Derinlik	-	Numune geri isteniyor mu?	Hayır
Debi	-	pH	-
Şahit numune var mı?	Hayır	İletkenlik	-
Numune miktarı yeterli mi?	Evet	Oksijen	-

Analizler esnasındaki çevre koşulları, Laboratuvar Çevre ve Yerleşim Kuralları Talimatına (T-135-82) göre izlenmektedir. Numune alma uygulamaları "Laboratuvar Numune Alma ve Numunelere Uygulanan İşlemler Prosedürüne" (PR-17) göre gerçekleştirilmiştir.

Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail: laboratuvar@izaydas.com.tr

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid.



İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

Deney Raporu
Testing Report

İZAYDAŞ
Lab.14.02.0002 8932
06.02.2014

Müşterinin Adı/Adresi <i>Customer Name/Address</i>	NA ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ TASARIM GELİŞTİRME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ. KOCAELİ		
Numunenin Adı / Tarifi <i>Name and identity of test item</i>	YAŞ KÖMÜR		
Numune Numarası <i>Order No.</i>	0000030034	Numuneye Uygulanan İşlemler <i>Preliminary procedure applied on the test item</i>	-
Numune Alma Metotları <i>Sampling Methods</i>	TS 12090 (Atık)	Numunenin Geliş Şekli <i>Sampling type</i>	FİRMA ELDEN TESLİM
Numunenin Alındığı Yer <i>Sampling location</i>	-	Numunenin Kabul Tarihi <i>The date of receipt of test item</i>	05.02.2014 00:00:00
Numunenin Alındığı Tarih <i>Date of sampling</i>	05.02.2014 00:00:00	Deneylerin Yapıldığı Tarih <i>Date of Testing</i>	05.02.2014-06.02.2014
Numuneyi Alan <i>Personnel responsible from sampling</i>	Firma Yetkilisi	Raporun Toplam Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the Report</i>	2
Yorum: <i>Conclusions</i> Analiz sonuçları, sadece analizi yapılan numuneyi temsil eder.			
Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir . <i>The testing and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.</i> Analizi tamamlanan atık, toprak ve arıtma çamuru analizleri, analizleri tamamlandıktan sonra 6 ay süre ile muhafaza edilir. Su ve atıksu numuneleri ise analizleri tamamlandığında imha edilir. <i>The samples of waste, soil, and sludge are stored for a duration of six months after their analyses have been completed whereas water and waste water samples are discarded as soon as the final report is issued.</i> Raporda yer alan sonuçlar sadece incelenen numunelere aittir. <i>The results stated herein relate only to the items tested.</i>			
Mühür <i>Seal</i>	Tarih <i>Date</i>	Hazırlayan <i>Prepared by</i>	Laboratuvar Şefi <i>Chief of Laboratory</i>
	06.02.2014		
Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail: laboratuvar@izaydas.com.tr			

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mührsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid

İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

İZAYDAŞ
Lab.14.02.000289 .32
06.02.2014

Analiz Raporu

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer
NEM TAYİNİ	TS 9546 EN 12880:2002	%	22,54

Numune Alma Esnasındaki Çevresel Şartlar

Koordinatlar	-	Ambalaj uygun mu?	Evet
Hava Durumu	-	Sızıntı, akma vb. var mı?	Hayır
Hava Sıcaklığı	-	Mühürlü mü?	Hayır
Derinlik	-	Numune geri isteniyor mu?	Hayır
Debi	-	pH	-
Şahit numune var mı?	Hayır	İletkenlik	-
Numune miktarı yeterli mi?	Evet	Oksijen	-

Analizler esnasındaki çevre koşulları, Laboratuvar Çevre ve Yerleşim Kuralları Talimatına (T-135-82) göre izlenmektedir. Numune alma uygulamaları "Laboratuvar Numune Alma ve Numunelere Uygulanan İşlemler Prosedürüne" (PR-17) göre gerçekleştirilmiştir.

Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail: laboratuvar@izaydas.com.tr

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid



İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

Deney Raporu
Testing Report

İZAYDAŞ
Lab.14.02.0002 8931
06.02.2014

Müşterinin Adı/Adresi <i>Customer Name/Address</i>	NA ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ TASARIM GELİŞTİRME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ. KOCAELİ		
Numunenin Adı / Tarifi <i>Name and identity of test item</i>	KURU KÖMÜR		
Numune Numarası <i>Order No.</i>	0000030035	Numuneye Uygulanan İşlemler <i>Preliminary procedure applied on the test item</i>	-
Numune Alma Metotları <i>Sampling Methods</i>	TS 12090 (Atık)	Numunenin Geliş Şekli <i>Sampling type</i>	FİRMA ELDEN TESLİM
Numunenin Alındığı Yer <i>Sampling location</i>	-	Numunenin Kabul Tarihi <i>The date of receipt of test item</i>	05.02.2014 00:00:00
Numunenin Alındığı Tarih <i>Date of sampling</i>	05.02.2014 00:00:00	Deneylerin Yapıldığı Tarih <i>Date of Testing</i>	05.02.2014-06.02.2014
Numuneyi Alan <i>Personnel responsible from sampling</i>	Firma Yetkilisi	Raporun Toplam Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the Report</i>	2
Yorum: <i>Conclusions</i> Analiz sonuçları, sadece analizi yapılan numuneyi temsil eder.			
Deney ve /veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir . <i>The testing and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.</i> Analizi tamamlanan atık, toprak ve arıtma çamuru analizleri, analizleri tamamlandıktan sonra 6 ay süre ile muhafaza edilir. Su ve atıksu numuneleri ise analizleri tamamlandıktan sonra imha edilir. <i>The samples of waste, soil, and sludge are stored for a duration of six months after their analyses have been completed whereas water and waste water samples are discarded as soon as the final report is issued.</i> Raporda yer alan sonuçlar sadece incelenen numunelere aittir. <i>The results stated herein relate only to the items tested.</i>			
Mühür <i>Seal</i>	Tarih <i>Date</i>	Hazırlayan <i>Prepared by</i>	Laboratuvar Şefi <i>Chief of Laboratory</i>
	06.02.2014		
Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail:laboratuvar@izaydas.com.tr			

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid

İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

İZAYDAŞ
Lab.14.02.000289 31
06.02.2014

Analiz Raporu

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer
NEM TAYİNİ	TS 9546 EN 12880:2002	%	< 3,58
KALORİFİK DEĞER	ASTM D 5468-02 / TS ISO 1928:2010	kJ/kg	19771

Numune Alma Esnasındaki Çevresel Şartlar

Koordinatlar	-	Ambalaj uygun mu?	Evet
Hava Durumu	-	Sızıntı, akma vb. var mı?	Hayır
Hava Sıcaklığı	-	Mühürlü mü?	Hayır
Derinlik	-	Numune geri isteniyor mu?	Hayır
Debi	-	pH	-
Şahit numune var mı?	Hayır	İletkenlik	-
Numune miktarı yeterli mi?	Evet	Oksijen	-

Analizler esnasındaki çevre koşulları, Laboratuvar Çevre ve Yerleşim Kuralları Talimatına (T-135-82) göre izlenmektedir.
Numune alma uygulamaları "Laboratuvar Numune Alma ve Numunelere Uygulanan İşlemler Prosedürüne" (PR-17) göre gerçekleştirilmiştir.

Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail: laboratuvar@izaydas.com.tr

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid.



İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

Deney Raporu
Testing Report

İZAYDAŞ
Lab.14.01.0002 8749
22.01.2014

Müşterinin Adı/Adresi Customer Name/Address	NA ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ TASARIM GELİŞTİRME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ. KOCAELİ		
Numunenin Adı / Tarifi Name and identity of test item	BİYOLOJİK ARITMA		
Numune Numarası Order No.	0000029828	Numuneye Uygulanan İşlemler Preliminary procedure applied on the test item	-
Numune Alma Metotları Sampling Methods	-	Numunenin Geliş Şekli Sampling type	Firma Yetkilisi
Numunenin Alındığı Yer Sampling location	Numuneyi Firma Yetkilisi Teslim Etmiştir	Numunenin Kabul Tarihi The date of receipt of test item	21.01.2014 00:00:00
Numunenin Alındığı Tarih Date of sampling	21.01.2014 00:00:00	Deneylerin Yapıldığı Tarih Date of Testing	21.01.2014-22.01.2014
Numuneyi Alan Personnel responsible from sampling	Firma Yetkilisi	Raporun Toplam Sayfa Sayısı Number of pages of the Report	2
Yorum: Conclusions Analiz sonuçları, sadece analizi yapılan numuneyi temsil eder.			
Deney ve /veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir . The testing and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report. Analizi tamamlanan atık, toprak ve arıtma çamuru analizleri, analizleri tamamlandıktan sonra 6 ay süre ile muhafaza edilir. Su ve atıksu numuneleri ise analizleri tamamlandığında imha edilir. The samples of waste, soil, and sludge are stored for a duration of six months after their analyses have been completed whereas water and waste water samples are discarded as soon as the final report is issued. Raporda yer alan sonuçlar sadece incelenen numunelere aittir. The results stated herein relate only to the items tested.			
Mühür Seal	Tarih Date	Hazırlayan Prepared by	Laboratuvar Şefi Chief of Laboratory
	22.01.2014	Gözde POLSÖM Laboratuvar Mühendisi	Erkan POLSÖM Laboratuvar Şefi
Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail: laboratuvar@izaydas.com.tr			

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mührsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid

İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

İZAYDAŞ
Lab.14.01.000287 49
22.01.2014

Analiz Raporu

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer
NEM TAYİNİ	TS 9546 EN 12880:2002	%	8,66
KALORİFİK DEĞER	ASTM D 5468-02 / TS ISO 1928:2010	kJ/kg	14521

Numune Alma Esnasındaki Çevresel Şartlar

Koordinatlar	-	Ambalaj uygun mu?	Evet
Hava Durumu	-	Sızıntı, akma vb. var mı?	Hayır
Hava Sıcaklığı	-	Mühürlü mü?	Hayır
Derinlik	-	Numune geri isteniyor mu?	Hayır
Debi	-	pH	-
Şahit numune var mı?	Hayır	İletkenlik	-
Numune miktarı yeterli mi?	Evet	Oksijen	-

Analizler esnasındaki çevre koşulları, Laboratuvar Çevre ve Yerleşim Kuralları Talimatına (T-135-82) göre izlenmektedir.
Numune alma uygulamaları "Laboratuvar Numune Alma ve Numunelere Uygulanan İşlemler Prosedürüne" (PR-17) göre gerçekleştirilmiştir.

Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail: laboratuvar@izaydas.com.tr

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid.



İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

Deney Raporu
Testing Report

İZAYDAŞ
Lab.14.01.0002 8752
22.01.2014

Müşterinin Adı/Adresi <i>Customer Name/Address</i>	NA ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ TASARIM GELİŞTİRME MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ. KOCAELİ		
Numunenin Adı / Tarifi <i>Name and identity of test item</i>	BOYA ÇAMURU		
Numune Numarası <i>Order No.</i>	0000029831	Numune Uygulanan İşlemler <i>Preliminary procedure applied on the test item</i>	-
Numune Alma Metotları <i>Sampling Methods</i>	-	Numunenin Geliş Şekli <i>Sampling type</i>	Firma Yetkilisi
Numunenin Alındığı Yer <i>Sampling location</i>	Numuneyi Firma Yetkilisi Teslim Etmiştir	Numunenin Kabul Tarihi <i>The date of receipt of test item</i>	21.01.2014 00:00:00
Numunenin Alındığı Tarih <i>Date of sampling</i>	21.01.2014 00:00:00	Deneylerin Yapıldığı Tarih <i>Date of Testing</i>	21.01.2014-22.01.2014
Numune Alan <i>Personnel responsible from sampling</i>	Firma Yetkilisi	Raporun Toplam Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the Report</i>	2
Yorum: <i>Conclusions</i> Analiz sonuçları, sadece analizi yapılan numuneyi temsil eder.			
Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. <i>The testing and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.</i> Analizi tamamlanan atık, toprak ve arıtma çamuru analizleri, analizleri tamamlandıktan sonra 6 ay süre ile muhafaza edilir. Su ve atıksu numuneleri ise analizleri tamamlandıktan sonra imha edilir. <i>The samples of waste, soil, and sludge are stored for a duration of six months after their analyses have been completed whereas water and waste water samples are discarded as soon as the final report is issued.</i> Raporda yer alan sonuçlar sadece incelenen numunelere aittir. <i>The results stated herein relate only to the items tested.</i>			
Mühür <i>Seal</i>	Tarih <i>Date</i>	Hazırlayan <i>Prepared by</i>	Laboratuvar Şefi <i>Chief of Laboratory</i>
	22.01.2014	Gökçe GÜLSÜM Laboratuvar Mühendisi	Erkan BAYRAK Laboratuvar Şefi
Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail:laboratuvar@izaydas.com.tr			

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid

İZAYDAŞ
İZMİT ATIK VE ARTIKLARI
ARITMA YAKMA VE DEĞERLENDİRME A.Ş.

Alikahya Atatürk Mahallesi, Çarşıbaşı Caddesi, 290.Sokak No:350
P.K.66 41310 İzmit / KOCAELİ

İZAYDAŞ
Lab.14.01.000287 52
22.01.2014

Analiz Raporu

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer
NEM TAYİNİ	TS 9546 EN 12880:2002	%	< 3,58
KALORİFİK DEĞER	ASTM D 5468-02 / TS ISO 1928:2010	kJ/kg	13188

Numune Alma Esnasındaki Çevresel Şartlar

Koordinatlar	-	Ambalaj uygun mu?	Evet
Hava Durumu	-	Sızıntı, akma vb. var mı?	Hayır
Hava Sıcaklığı	-	Mühürlü mü?	Hayır
Derinlik	-	Numune geri isteniyor mu?	Hayır
Debi	-	pH	-
Şahit numune var mı?	Hayır	İletkenlik	-
Numune miktarı yeterli mi?	Evet	Oksijen	-

Analizler esnasındaki çevre koşulları, Laboratuvar Çevre ve Yerleşim Kuralları Talimatına (T-135-82) göre izlenmektedir.
Numune alma uygulamaları "Laboratuvar Numune Alma ve Numunelere Uygulanan İşlemler Prosedürüne" (PR-17) göre gerçekleştirilmiştir.

Tel: 0262 316 60 00 Faks: 0262 316 60 50 www.izaydas.com.tr e-mail: laboratuvar@izaydas.com.tr

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature and seal are not valid.

KİŞİSEL YAYINLAR

Bildiriler:

- [1] **Nurbay Özön N.**, Kılıçaslan İ., Kocaeli arıtma çamurların incelenmesi ve maliyeti, dünyada artıma çamurlarının yakarak bertarafı, *Uluslararası 12. Yanma Sempozyumu*, Kocaeli, 24-26 Mayıs 2012.
- [2] **Nurbay Özön N.**, Kılıçaslan İ., Rüzgar türbinleri ve estetik görüntüsü, *ICCI Enerji ve Çevre Teknolojileri Sistemleri Fuar ve Konferansı*, İstanbul, 15-17 Mayıs 2008.
- [3] **Nurbay Özön N.**, Kılıçaslan İ., Kocaeli ilinde rüzgar çiftliği için yer seçimi, *IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Gaziantep, 31 Ekim - 1-2 Kasım 2007.
- [4] **Nurbay N.**, İzmit ilinde rüzgar türbinlerine karşı önyargılar ve bu önyargılara karşı cevaplar, *III. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi*, Muğla, 24-26 Mayıs 2006.
- [5] **Nurbay N.**, Rüzgâr enerjisinin finansal ve toplumsal maliyeti, *Uluslararası GAP V. Mühendislik Kongresi*, Gaziantep, 26-28 Nisan 2006.
- [6] **Nurbay N.**, Çınar A., Genetik algoritma ile rüzgar türbini kanat sayısı seçimi, *VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, Isparta, 25-27 Mayıs 2006.
- [7] **Nurbay N.**, Çınar A., Rüzgar türbinlerinin çeşitleri ve birbirleriyle karşılaştırılması, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Mersin, 19-21 Ekim 2005.
- [8] **Nurbay N.**, Çınar A., Türkiye’de rüzgar enerjisi ve teknik eğitim fakültelerindeki yeri, *1.Uluslararası mesleki ve teknik eğitim teknolojileri kongresi*, İstanbul, 5-7 Eylül 2005

SCI Kapsamı Dışındaki Yayınlar:

- [1] **Nurbay Özön N.**, Rüzgar enerjisinin finansal maliyeti, *TÜMSİAD Dergisi*, Mart 2009, 91-94.

ÖZGEÇMİŞ

Nida NURBAY ÖZÖN, 1977 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğretimini İzmit'te tamamladı. Kocaeli İzmit Anadolu Teknik Lisesi Elektrik Bölümü'nü bitirdikten sonra, 1996 yılında girdiği Marmara Üniversitesi Enerji Öğretmenliği Bölümü'nden 2000 yılında Teknik Öğretmen unvanı alarak mezun oldu. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Enerji Mühendisliğinde Yüksek Lisansa başladı. 2002 yılında Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladığı için geçiş yaptı ve Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini 2005 yılında tamamladı. Daha sonra, 2007 yılında aynı Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. Nida NURBAY ÖZÖN, halen Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.