

**BELEDİYE ÇÖP BİLEŞENLERİNDEKİ
ORGANİK MADDELERİN
ISIL DEĞERLERİNİN SAPTANMASI**

BÜLENT HALİSDEMİR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

114175

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
HAZİRAN - 2001**

**BELEDİYE ÇÖP BİLEŞENLERİNDEKİ
ORGANİK MADDELERİN ISIL DEĞERLERİNİN
SAPTANMASI**

Bülent HALİSDEMİR

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
MERSİN İNCELEME VE ARAŞTIRMA MERKEZİ**

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Çevre Mühendisliği
Ana Bilim Dalı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Fadime TANER**

**MERSİN
HAZİRAN – 2001**

Bu tezin gerek bilimsel içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Fadime TANER



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Halil KUMBUR

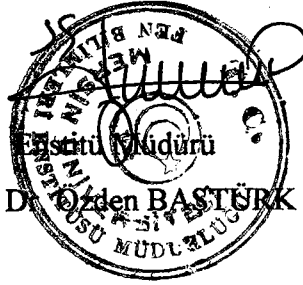


Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Murat GİZİR



Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 28.03.2001. tarih ve 201.116.6. sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Özden BAŞTİRK

Not: Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Teknolojik gelişmelere ve nüfus artışına paralel olarak; evsel ve endüstriyel katı atıkların miktarı ve çeşidinin giderek arttığı bilinmektedir. Bu atıklar özgün sistemlerde özenle üretilmesi sonucu elde edilen maddelerdir.

Bu çalışmada, numune olarak belediye çöp bileşenlerini oluşturan ve bireysel olarak evlerde üretilen geri dönüşümsüz maddeler ve endüstriyel atıksu arıtma çamurları kullanılmıştır. Kullanılan bitkisel kaynaklı maddelerin birim kütleleri başına üretilen atık miktarları ve atıkların özelliklerinden, nem, kül ve üst ısı değerleri Standart yöntemlere göre saptanmıştır. Çalışmada kullanılan maddelerin üretilen atıkları kütlece % yaş temel üzerinden meyvelerde %5,5 ile 40,2, sebzelerde %0,9 ile 53,7 ve diğer organik maddelerde %14,7 ile 65,8 aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Tüm atıklarda; nemin yaş temel üzerinden kütlece %9,88 ile 99,57 aralığında, kütlece kuru temel üzerinden külün %1,00 ile 19,32 aralığında olduğu ve üst ısı değerinin ise kütlece kuru temel üzerinden 7,74 ile 21,20 Mj/kg aralığında olduğu saptanmıştır. Kullanılan maddelerin üretim potansiyelinden çöp bileşenlerinin yıllık üretim miktarları ve bunların yıllık enerji eşdeğerleri hesaplanmıştır. Ayrıca yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgular Tanner diyagramında gösterilmiş; bunlardan ceviz, fındık, vb. maddelerin yanabilenler bölgesine düştüğü görülmüştür.

Sonuçta nem oranı yüksek olanların kurutulduğunda yakıt olarak kullanılabileceği, bazılarının doğrudan yanabileceği ve bileşenlerin ısı değerinin kuru maddenin birim kütlesi başına 12-23 Mj/kg aralığında saptanmıştır. Bu enerjinin; uygun dönüşüm sistemleriyle yaygın yakıtla dönüştürülerek kullanılabileceği ve böylece tarımsal kökenli üretimden kaynaklanan geri dönüşümsüz bileşenlerin değerlendirilebileceği sonucuna varılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER : Katı Atık, Geri Dönüşüm, Üst Isıl Değer, Nem, Kül.

ABSTRACT

Increasing population and technological development cause rising type and amount of household solid wastes and industrial wastes. These kind of wastes are produced by special process with particular care.

In this study, municipal household solids which are unrecoverable and industrial waste water cleaning muds have been used as experimental sample. Humidity, ashes and higher heating values for municipal household solids which are based on vegetable have been calculated for per mass with respect to standard methods. The percentage of the wastes which are produced and used as sample are 5,5-40,2 %, 0,9-53,7 %, 94,7-65,7 % for fruit, vegetable and other organic based material on the dry basis, respectively. Humidity, ashes and the upper heat limit values have been found 9,88-99,7 % (on wet basis), 1,00-19,32 % (on dry basis) and 7,74-21,20 Mj/kg, for all wastes, respectively. Not only the amount of solid waste production has been calculated per year from used wastes but also the amount of energy equivalent has been calculated. The results obtained from these analyses have been shown by Tanner diagram, among the wastes walnut and nut wastes have been took place in combustion region.

All the results obtained from this study indicate that the wastes have high humidity get dried, they could be used as a fuel. Dry wastes could be used as fuel directly without getting dried. The energy value is between 12-23 Mj/kg for dry wastes. This value shows that if the suitable recycling process could be set, these kind of wastes would be converted efficient fuel, so unrecoverable agricultural wastes would be energy convertible.

KEYWORDS : Solid Waste, Recovery, High Heating Value, Moisture, Ash.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında büyük emeği geen, her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Fadime TANER'e teŐekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazılmasında yardımlarını gördüğüm başta sayın ArŐ Gör. Ergün PEHLİVAN olmak üzere oda arkadaşlarıma ve sayın ArŐ Gör. Erdem ÇAVUŐ' a, ayrıca çalıŐmalarım sırasında bana destek veren evre Mühendisliği Bölümündeki tüm öğretim elemanlarına teŐekkürlerimi sunarım.

Son olarak da Őimdiye kadar her zaman beni destekleyen başta sayın Ezgi MÜNİPOĞLU olmak üzere sevgili aileme, sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. KATI ATIKLAR	3
2.1.1. Katı Atık Türleri.....	5
2.1.2. Katı Atık Bileşenleri ve Potansiyelleri.....	6
2.1.2.1. Mutfak atıkları.....	7
2.1.2.2. Kağıt atıkları.....	9
2.1.2.3. Camlar.....	10
2.1.2.4. Metaller.....	10
2.1.2.5. Plastikler ve Petler.....	10
2.1.3. Arıtma Çamurları.....	11
2.2. GERİ DÖNÜŞÜMLÜ BİLEŞENLERİN GERİ KAZANILMASI	13
2.3. KATI ATIK BERTARAF SİSTEMLERİ	14
2.3.1. Düzenli Depolama Sistemi.....	14
2.3.2. Yakma.....	15
2.3.2.1. Belediye katı atıklarının yakılmasında dünyadaki uygulamalar.....	15
2.3.3. Katı Atıklardan Yaygın Yakıt (RDF) Üretimi.....	25
2.3.4. Sıvılaştırma.....	27
3. MATERYAL VE METOT	29
3.1. DENEYLERDE KULLANILAN ATIK TÜRLERİ ve HAZIRLANMASI	29
3.1.1. Meyvelerden Kaynaklanan Atıklar.....	29
3.1.2. Sebzelerden Kaynaklanan Atıklar.....	29

	<u>Sayfa No</u>
3.1.3. Diğer Bazı Organik Maddelerin Atıkları.....	30
3.1.4. Atıksu Arıtma Çamurları.....	30
3.2. DENEYLERDE KULLANILAN EKİPMANLAR.....	30
3.3. ATIK ÖRNEKLERİYLE İLGİLİ ANALİZLER.....	33
3.3.1. Örneklerin Atık Miktarlarının Saptanması.....	33
3.3.1.1. Meyvelerin atık miktarlarının saptanması.....	33
3.3.1.2. Sebzelerin atık miktarlarının saptanması.....	34
3.3.1.3. Diğer bazı organik maddelerin atık miktarlarının saptanması	35
3.3.2. Atık Örneklerinde Nem Tayini.....	36
3.3.3. Atık Örneklerinde Kül Tayini.....	36
3.3.4. Atık Örneklerinin Üst Isıl Değerlerinin Tayini.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1. ÖRNEKLERDEKİ ATIK MİKTARLARIYLA İLGİLİ BULGULAR ve TARTIŞMA.....	39
4.1.1. Meyve Atıklarının Miktarlarıyla İlgili Bulgular ve Tartışma.....	40
4.1.2. Sebze Atıklarının Miktarlarıyla İlgili Bulgular ve Tartışma.....	41
4.1.3. Diğer Bazı Organik Atıkların Miktarlarıyla İlgili Bulgular ve Tartışma.....	41
4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL ve ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI.....	42
4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması....	42
4.2.2. Sebze Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması.....	45
4.2.3. Diğer Organik Atıklarda Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması.....	47
4.2.4. Atıksu Arıtma Çamurlarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması.....	50
4.3. BİTKİSEL KAYNAKLI ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELLERİ ve ENERJİ EŞDEĞERLERİ.....	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. A.B.D., bazı Avrupa ülkeleri ve Türkiye'deki genel çöp bileşenlerinin kütlece yüzdeleri.....	8
Çizelge 2.2. Gelişmekte olan ülkelerde genel çöp bileşenlerinin kütlece yüzdeleri.....	8
Çizelge 2.3. Kentlerde oluşan katı atık bileşenlerinin kütlece yüzdeleri.....	9
Çizelge 2.4. Çeşitli çamurlara ait ısı değerleri.....	12
Çizelge 2.5. Çeşitli atıklar ve çamurlara ait ısı değerleri.....	13
Çizelge 2.6. Katı atıklar ile ilgili analiz sonuçları.....	17
Çizelge 2.7. Bazı endüstriyel proses atıklarının üst ısı değerleri.....	17
Çizelge 2.8. Tipik bir hastane katı atığının yüzde bileşimi ve ısı değerleri..	18
Çizelge 2.9. Atık bileşenlerinin elementel bileşimi ve ısı değerleri.....	19
Çizelge 2.10. Hastane atıklarının; evsel atık, bitümlü ve linyit kömürleri ile karşılaştırılması.....	20
Çizelge 2.11. Plastik türleri ve bazı maddelerin üst ısı değerleri.....	21
Çizelge 2.12. Yakma ve pirolizin karşılaştırılması.....	25
Çizelge 2.13. RDF fraksiyonundaki yakılabilir materyallerin geri kazanımı	26
Çizelge 2.14. Kentsel atıkların, selüloz ve plastik içeriklerinin yapay hazırlanıp yakılması ile oluşan enerji potansiyelleri.....	26
Çizelge 2.15. Yakılabilir atıklar için ısı çevrim proseslerinin enerji potansiyellerinin karşılaştırılması.....	27
Çizelge 4.1. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan meyve ve atıklarının kütlece yüzdeleri.....	40
Çizelge 4.2. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan sebze ve atıklarının kütlece yüzdeleri.....	41
Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.....	42
Çizelge 4.4. Belediye çöpünü oluşturan organik yapılı geri dönüşümsüz meyve atıklarının nem, kül ve üst ısı değerleri.....	43

ÇİZELGE**Sayfa No**

Çizelge 4.5. Belediye çöpünü oluşturan organik yapıli geri dönüşümsüz sebze atıklarının nem, kül ve üst ısıli değeri.....	45
Çizelge 4.6. Belediye çöpünü oluşturan geri dönüşümsüz diğeri organik bileşenlerin nem, kül ve üst ısıli değeri.....	48
Çizelge 4.7. Belediye çöp bileşeni olan organik yapıli arıtma çamurlarının nem, kül ve üst ısıli değeri.....	51
Çizelge 4.8. İçel'deki meyvelerin ve diğeri organik atıkların yıllık üretim miktarları ve enerji eşdeğeri.....	55
Çizelge 4.9. İçel'deki sebzelerin yıllık üretim miktarları ve enerji eşdeğeri.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Deneide kullanılan sabit basınçlı kalorimetre bombasının şematik gösterimi.....	32
Şekil 4.1. Meyve atıklarının nem, kül ve organik madde miktarlarının şematik gösterimi.....	43
Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan meyvelerin Tanner diyagramında gösterilmesi..	44
Şekil 4.3. Sebze atıklarının nem, kül ve organik kısımlarının şematik gösterimi.	46
Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan sebzelerin Tanner diyagramında gösterilmesi....	47
Şekil 4.5. Diğer organik maddelerin nem, kül ve organik madde miktarlarının şematik gösterimi.....	48
Şekil 4.6. Çalışmada kullanılan diğer organik atıkların Tanner diyagramında gösterilmesi.....	49
Şekil 4.7. Farklı kaynaklı Atıksu Arıtma Çamurlarının kütlece % nem, kül ve organik maddelerinin şematik gösterimi.....	52
Şekil 4.8. Çalışmada kullanılan farklı atıksu arıtma çamurlarının Tanner diyagramında gösterilmesi.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

APWA (American Public Work Association) : Amerika Ulusal Çalışma Birliği

ÇEVKO Vakfi : Çevre Koruma Vakfi

DİE : Devlet İstatistik Enstitüsü

EPA (Environmental Protection Agency) : Çevre Koruma Ajansı

ERRA (European Recovery and Recycling Association) : Avrupa Geri Kazanım ve Geri Çevrim Birliği

HDPE (High-Density Polyethylene) : Yüksek Yoğunluklu Polietilen

KAYK : Katı Atıkların Yeniden Kazanımı

LDPE (Low-Density Polyethylene) : Düşük Yoğunluklu Polietilen

MAF (Moisture Ash Free) : Kuru ve Külsüz

MSW (Municipal Solid Waste) : Belediye (çöpü) Katı Atığı

PET (Polyethylene Terephthalate) : Polietilen Tetraftalat

PP (Polypropylene) : Polipropilen

PS (Polystyrene) : Polistiren

PVC (Polyvinyl Chloride) : Polivinil klorür

RDF (Refuse-Derived Fuels): Atıklardan Üretilen Yakıtlar

ÜİD : Üst Isıl Değer

1. GİRİŞ

Sanayinin gelişimi ve insanların sosyal yaşam gereçleri, evsel ve endüstriyel nitelikli katı atık tür ve miktarlarının artmasına yol açmıştır. Her yıl; tonlarca, tarımsal, evsel ve endüstriyel kaynaklı değerlendirilemeyen ve çevre kirleticisi durumuna geçen organik yapıda katı atık üretilmektedir. Bunlar bitkisel kaynaklı olup gıdalardan sonra geriye kalan maddelerdir ve belirli kullanım alanları bulunmaktadır.

Katı atıklar, artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme nedeniyle büyük bir çevre sorunu haline gelmiştir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de atıkların önemi gittikçe artmaktadır. İnsanların tüketim alışkanlıklarındaki değişmelere paralel olarak, katı atıkların içindeki kağıt, karton, plastik, renkli ve renksiz camlar, metal, vb. geri kazanılabilir atıkların miktarı da gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla katı atıkların içinde önemli yer tutan bu maddelerin değerlendirilmesi, doğal kaynakların korunması, katı atıktan doğan sorunların çözümü; enerji tasarrufu ve ekonomik sebeplerden dolayı, zorunlu hale gelmiştir.

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de yerleşim merkezlerinde üretilen belediye çöpleri büyük sorunlar oluşturmaktadırlar. Bu maddelerin toplanması için yapılan harcamalar; geri dönüşümlü bileşenlerin geri kazanım teknolojilerinin geliştirilmesi ve bu maddelerin yeniden kullanılacak biçimde işlenmesine yönlendirilmelidir. Belediye çöp bileşenlerinin kullanım alanlarının belirlenmesi ise bu maddelerin özelliklerinin bilinmesini gerektirmektedir.

Evsel nitelikli belediye çöp bileşenleri içerisinde, bitkisel kaynaklı maddelerin önemli bir yer tuttuğu, bölgeden bölgeye değiştiği bilinmektedir [1,2]. Bitkisel kaynaklı bileşenlerin doğal güneş enerjisi depo sistemleri olduğu açıktır. Güneş enerjisinin küçük bir kesriyle yer yüzünde yılda 4 434 Eton karbon verebilecek bitkisel kaynaklı organik maddenin yetiştiği hesaplanmış [3] ve bu karbonun yanmasıyla açığa çıkan enerjinin 2000 yılındaki dünya enerji gereksiniminin 100 katından daha fazla olabileceği tahmin edilmiştir. Bunlar güneş

enerjisinin doğal depolama sistemleri olup, her yıl yenilenebilmekte ve artan oranlarda üretilmektedir. Bu maddelerin yenilenebilir enerji kaynağı olarak ele alınması gerekmektedir. Tarımsal üretim sonucu üretilen bitkisel maddelerin yılda tonlarca üretildiği ve bu maddelerin geri dönüşümsüz oluşu, kullanımını sınırlamaktadır.

Organik yapıdaki tarımsal katı atıklar ve Belediyelerin toplatmış olduğu, evlerde oluşan bitkisel yapıdaki katı atıkların enerji kaynağı olarak kullanılabilceği görülmektedir [3].

Katı atık kaynaklarından biri de, atıksu arıtma çamurlarıdır. Özellikle son yıllarda giderek artış gösteren endüstrileşmeye bağlı olarak atıksularla alıcı ortamlara taşınan askıda ya da çözülmüş organik maddelerin giderilmesi yasa gereğidir. Bu nedenle her işletmenin atıksuyunu arıtacak sistemleri kurması ve suyu arıtması gerekmektedir. Buna bağlı olarak biyolojik arıtma sistemlerinden çıkan arıtma çamurları da üretilmekte ve miktarı atıksu arıtım sistemlerinin yaygınlaşmasına bağlı olarak arttığı bilinmektedir. Arıtma sistemlerine, atıksuyun özelliklerine ve atıksuya uygulanan arıtım sistemleri türlerine göre nitel ve niceliklerinin değiştiği görülmektedir [4,5]. Atıksu arıtma çamurları enerji hammaddesi olarak kullanılmadığından uzaklaştırılmaları zor ve masraflı olmaktadır. Zamanla büyük potansiyele ulaşacak dip çamurların etkin kullanımı, yöntem ve alanların belirlenmesi, dip çamurlarının özelliklerinin bilinmesi ile olasıdır. Organik yapıda oluşu bu maddelerin kullanım alan ve amaç spektrumunu genişletmektedir.

Bitkisel yapılı çöp bileşenlerinin ve atıksu arıtma çamurlarının kullanımı, özgün kullanım alanı olmayıp etkin olarak değerlendirilememektedir. Bu maddelerin organik yapıda olmaları bir enerji kaynağı olarak kullanılabilceğini göstermektedir. Enerji kaynağı olarak kullanımı için yıllık üretim miktarları ve özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada; Belediye çöpünü oluşturan, geri dönüşümsüz bitkisel kökenli atıkların birim kullanım miktarlarına göre üretilen miktarları ve her birinin üst ısı değerleri, nemi ve külü ile ilgili temel özellikleri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. KATI ATIKLAR

Katı atık; üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamurları olarak tanımlanmaktadır [6]. Katı atıklar oluştukları yere göre evsel, endüstriyel ve ticari katı atık olarak isimlendirilmekte ve tanımlanmaktadır. Yerleşim birimlerindeki nüfus arttıkça katı atıktaki çeşitlilik ve birim atık miktarı çoğalmaktadır. İyi bir katı atık yönetimi ile bütün katı atıklar kontrol altına alınabilmektedir. Aksi halde bazı katı atıklar kontrol edilmeyebilir veya kırsal bölgelerde oluşan atıkların bir kısmı kontrolsüz atık olabilir. En ideal şartlarda planlanan ve işletilen entegre bir katı atık yönetim sisteminde hiçbir suretle kontrolsüz katı atığın oluşmadığı belirtilmektedir [7].

Ülkemizin bir tarım ülkesi oluşu, ulusal gelirdeki payının çoğunu tarım ürünlerinden sağlaması, tarımsal üretimden sonra toplanıp yok edilmesi ya da toplanmadan üretim alanlarında yakılmasını gerektiren bitkisel atıkların değerlendirilmesini gerektirmektedir. Yılda potansiyel olarak bitkisel ve hayvansal katı atıkların üretildiği, kısmen ısıtma ve mutfakta kullanıldığı ve bunun 1980 yılı verilerine göre yılda 11,2 Tg-2,6 TgEP (Teragram petrole eşdeğer) olduğu bilinmektedir [8].

Belediye katı atıklarından geri dönüşümlü bileşenlerin geri kazanımı ve atıksu arıtma çamurlarının değerlendirilmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada geri dönüşümlülerin kazanılmasının fayda-maliyet analizlerini ortaya koyan bir model geliştirilmiştir. Bu modele göre anaerobik arıtım sistemiyle atıksuların arıtılmasına, atık yakılmasına, humuslaştırmaya ve alternatif atık gömmeye kadar karşılaştırılmıştır. Humuslaştırma dikkate alındığında; biyolojik atıkların geri çevrim proseslerinde düzenli bir şekilde atık yakılmasının seçimiyle potansiyel elektrik enerjisi meydana getirilmiştir. Atıkların bileşenlerine ayrılmasıyla yeniden kazanımının en uygun teknoloji olduğu ve toplam maliyeti azalttığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bileşenlerin özelliklerinin bilinmesi gerektiği de belirtilmiştir [9].

Son 30 yıl boyunca Environmental Protection Agency (EPA) ve American Public Work Association (APWA) tarafından kentlerde; konutlardan ve ticari-kurumsal tesislerden 0,91 kg/kişi/gün Belediye Katı Atığının (Municipal Solid Waste (MSW)) üretildiği saptanmıştır. Buna göre 100 000 kişinin yaşadığı bir bölgede yaklaşık olarak 200 Mg MSW/yıl oluşmaktadır EPA yapmış olduğu çalışmalarda, atığın geri dönüşümünde 1960-1970 yılları arasında % 6,6'lık, 1986'da % 10,7'lik ve 1995 yılında % 21,7'lik bir artış olduğunu göstermiştir [10].

Franjo ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, belediye çöpündeki organik yapılı bileşenlerin ısı değerlerinin saptanma yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ham çöpler ilk aşamada farklı yanıcı bileşikler olarak iki gruba (A ve B) ayrılmıştır. A grubunda homojen hale getirilmiş numune, küreklerek ve tırmıklanarak iki kısma ayrılmış bu karışım kurutulup 2 mm'lik kare mesh eleklerden geçirilerek kalorimetrede ısı değerleri tespit edilmiştir. B parçasında ise atığı oluşturan bileşenler ayrılarak her bileşenin kütle kesirleri belirlenmiş, kalorimetrede her bileşenin ısı değerleri saptanmıştır. B grubunun ısı değerleri hesaplanarak A ve B kısımlarının ısı değerleri karşılaştırılmıştır. A grubu örneklerindeki ısı değerleriyle, B grubu örneklerindeki hesaplama sonucu çıkan ısı değerleri arasında %1,22'lik bir fark olduğu belirtilmiştir [11].

Belediye katı atık bileşenlerinin ısı değerlerinin güvenilir limitlerinin kanıtlanmasına yönelik bir araştırmada yapılmıştır. Evsel katı atığın 2 mm veya daha az partikül boyutuna küçültülerek gram boyutunda örnekler kullanılmıştır. Evsel katı atığın çok farklı kalitede olması nedeniyle gram boyutundaki örneklerin atığın tamamını temsil edip etmeyeceği tartışılmıştır. Kalorimetrede ısı değeri saptanmıştır. Kalorimetrik bomba prosedürünü temsil etmek için 2,5 kg örnek alma kapasitesi olan bir kalorimetre cihazı tasarlanmış ve evsel katı atığın bu cihazda ısı değeri saptanarak gram boyutunda yapılan deney sonucuyla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak dikkatle belediye katı atığından örnekleme ve azaltma yapılırsa $\pm\%3$ kadar bir farklılığın olabileceği saptanmıştır. Bu farkın da örneklerin hazırlanmasındaki deneysel farklılıktan kaynaklandığı ve sonucu etkilemediği belirtilmiştir [12].

Yöresel bölgelerdeki katı atığın miktarı; sosyo-ekonomik yapıdaki farklılığa, geri dönüşüm çalışmalarının işlerliğine, mevsimlere ve coğrafik yapısına göre değişim gösterebilmektedir. Katı atık miktarı ve özellikleri ülkeden ülkeye değiştiği gibi bölgeden bölgeye, şehirden şehire hatta semtten semte de değişim göstermektedir. Sosyo-ekonomik yapı ile ilgili olmasının yanı sıra tüketim ve kullanım alışkanlıklarına da bağlı olduğu belirtilmiştir [12]. Ülkemizde çöp üretimi 0,61 kg/kişixgün iken bu değer Avrupa ülkelerinde 1,5-2 kg/kişixgün, ABD' de 3 kg/kişixgün 'dür. Ülkemizde bu değer çok değişken olduğu, bazı kırsal bölgelerde sifira yaklaşırken, bazı yerleşim bölgelerinde 2-3 kg/kişixgün olduğu rapor edilmiştir [13]. Belediye çöp bileşenlerinin nemi, külü ve miktarlarının değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir [14].

Kuzey Amerika' da Montreal Quebec' te, metan ve diğer uçucu bileşiklerle zengin gazların, insanlara kanserojen etkisinin olabileceğinin endişesiyle bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma; Kuzey Amerika' nın en büyük üçüncü deponi alanının, nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bir bölgenin ortasında kalması nedeniyle yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda tümör hastaları kayıtlarından deponi sahasına yakın bölgelerde yaşayanlarda oldukça yüksek olduğu saptanmıştır [15].

Katı atık türü olarak son yıllarda özellikle büyük bir artış gösteren atıksu arıtma çamurları da önem kazanmıştır. Atıksu arıtımı sonucu oluşan sıvı ya da katı halde kokulu; uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak kütlece % 0,25 ile %12 katı madde içeren atıklar, arıtma çamuru olarak nitelendirilmektedir. Arıtma tipine ve amacına göre arıtma çamurlarının cinsleri farklılık gösterebilir. Çökebilen katı maddelerin oluşturduğu ön çökeltim çamurları, kimyasal arıtma ve koagülasyon sonucu oluşan kimyasal çamurlar, biyolojik arıtma işlemleri sonucu oluşan çamurlar,...vb. şeklinde bulunabilmektedirler [16].

2.1.1. Katı Atık Türleri

Katı atıkların türleri genel olarak şu şekilde sınıflandırılmaktadır [17].

- Evsel çöpler.
 - *Organik* (mutfak atıkları, yemek artıkları, dokuma - ambalaj atıkları (kağıt, karton, plastik, ahşap),...vb.)

- *İnorganik* (kül ve cüruf, ev eşyası kırıkları (cam, porselen, toprak, metal,...vb),...vb.)
- İri ve hurda çöpler (eski ev eşyaları, büyük bahçe atıkları,büyük ambalaj, eski araba lastiği,...vb),
- Bahçe artıkları (bitki artıkları, yaprak, ağaç dalları,...vb),
- Cadde süprüntüleri,
 - *Organik* (Pazar yeri artıkları, cadde ağaçlarının yaprak ve dal artıkları, kağıt artıkları, hayvan pislikleri,...vb.)
 - *İnorganik* (cadde yüzeyi aşınması atıkları,kış hizmetlerinde serpilene madde atıkları, uçucu kül ve tozlar,...vb.)
- Sanayi çöpleri,
 - *Organik* (gıda end. üretim artıkları, tekstil end. atıkları, kimya end. atıkları, ambalaj maddeleri, kağıt, plastik, ahşap, boya, ...vb.)
 - *İnorganik* (çeşitli endüstri dallarının üretim artıkları, kül ve cüruf, ambalaj malzemesi, çelik, toprak kap, cam,...vb.)
- Mezbaha ve ahır atıkları (bağırsak ve iškembe muhtevası, kemik, boynuz, kesilen hayvan tırnakları, ...vb.),
- Enkaz ve toprak,
 - *Organik* (ahşap ve plastik yapı kısımları,...vb.)
 - *İnorganik* ((taş, toprak, metal parçaları,...vb),...vb.)
- Arıtma Çamurları (evsel ve endüstriyel atıksu arıtma çamurları)

2.1.2. Katı Atık Bileşenleri ve Potansiyelleri

Katı atıklar geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Geri dönüşümlü bileşenler; kağıt ve kartonlar, metaller, plastikler, petler ve camlardan oluşmaktadır. Geri dönüşümsüz bileşenler ise bitkisel kökenli tarımsal, evsel ve endüstriyel atıklardan oluşmaktadır. Tarımsal alanlardaki atıkları, sebze ve meyve üretim atıkları, evsel alanlardaki atıkları, sebze ve meyvelerin kullanım atıkları, endüstriyel alanlardaki atıkları ise sebze ve meyvelerin kullanım atıkları ve atıksu arıtma çamurları oluşturmaktadır.

2.1.2.1. Mutfak Atıkları

Evsel nitelikli katı atıklar özellikle kentlerde önemli sorunlara neden olmaktadır. Plastik ve metal ambalajların toplanması ve geri kazanımı ile ilgili bir çalışma yapılmış, bu çalışmada bazı ülkelerdeki kentsel çöplerin bileşimleri de Çizelge 2.1. ve 2.2.' de gösterilmiştir [18]. Bu sorunların çözümünde en önemli etken çöpün bileşiminin hangi maddelerden ne kadar oluştuğunu bilmekten geçmektedir. ABD, Almanya, Avusturya ve Hollanda gibi sanayileşmiş ülkelerdeki kentsel çöpün bileşimi Çizelge 2.1'de, bazı gelişmekte olan ülkelerdeki kentsel çöp bileşimi ise Çizelge 2.2'de özetlenmiştir. Bu çizelgelerden, gelişmiş ülkelerdeki kentsel çöpün yaklaşık %40– 60'ının, gelişmekte olan ülkelerde ise yaklaşık %7– 50'sinin geri kazanılabilir nitelikteki maddelerden oluştuğu görülmektedir. Türkiye'de ise bu oran tipik olarak %20– 25 arasındadır. Ayrıca ülkemizin çeşitli kentlerinde oluşan katı atık bileşenlerinin kütlece yüzdeleri Çizelge 2.3' de verilmiştir. Türkiye'deki günlük katı atık miktarı ve bileşimlerini belirlemeye yönelik olarak 67 il merkezi esas alınarak bir çalışma yapılmıştır [19]. Çalışmada kentler nüfuslarına göre gruplandırılmış ve bu gruplandırmada Turistik Kent seçiminde turistik unsurlar dikkate alınmıştır.

- Büyük Kent : Nüfusu 500 000 ve yukarısı,
Orta Kent : Nüfusu 100 000 - 500 000 arası,
Küçük Kent : 10 000 - 100 000 arası,
Kırsal Kent : 10 000'den az,

Büyük kentlerde % 21.5, orta büyüklükteki kentlerde %48.6, küçük kentlerde %16.7, turistik kentlerde %22.5 ve kırsal kentlerde ise %12.8 ile yiyecek atıklarının toplam atık kütlesi içerisinde en yüksek orana sahip olduğu saptanmıştır.

Çizelge 2.1. A.B.D, bazı Avrupa ülkeleri ve Türkiye' deki genel çöp bileşenlerinin kütlece yüzdeleri [18].

Katı atık Bileşenleri	ABD (US EPA) 1998 % (Kütlece)	Almanya (Koch) 1986 % (Kütlece)	Avusturya (Bilitevski) 1990 % (Kütlece)	Hollanda (Esmil) 1976 % (Kütlece)	Türkiye (DİE)* 1995 % (Kütlece)
Cam	7,1	10,4	11,0	14,5	6,62
Alüminyum	1,1	0,6	0,5	0,7	-
Plastik	9,2	5,8	6,0	6,0	8,08
Kağıt,Karton	34,2	18,8	24,0	22,5	13,65
Metal	7,0	3,2	7,0	6,0	3,91
Diğer	41,4	61,0	50,3	50,3	67,74

* : DİE tarafından 1995 yılında yapılan "1995 Yılı Çevre İstatistikleri" yıllığındaki verilerden hesaplanmıştır.

Çizelge 2.2. Gelişmekte olan ülkelerde genel çöp bileşenlerinin kütlece %'leri [18].

Bileşen	Hind.	Yemn	Peru	Brez.	Meks.	Venez	Nijer.	Filip.
Yas çöp (%)	75,00	57,00	34,30	47,70	56,40	40,40	76,00	49,80
Kağıt (%)	2,00	15,50	24,30	31,60	16,70	34,90	6,60	12,90
Metal (%)	1,00	13,20	3,40	5,90	5,70	6,00	2,50	5,80
Cam (%)	0,20	2,60	1,70	4,70	3,70	6,60	0,60	3,50
Plastik (%)	1,00	2,90	2,90	3,90	5,80	7,80	4,00	1,60
Tekstil (%)	3,00	6,80	1,70	4,10	6,00	2,00	1,40	1,80
Toz, toprak (%)	17,80	2,00	31,70	2,10	5,70	2,30	8,90	19,60
kg/kişi*d	0,41	0,46	0,96	0,54	0,68	0,94	0,17	0,42
Geri kaz. Bileşen (%)	7,20	41,00	34,00	50,10	37,90	57,30	15,10	25,60

Çizelge 2.3. Kentlerde oluşan katı atık bileşenlerinin kütlece yüzdeleri [19].

Madde Grupları	Büyük Kent % (Kütlece)	Orta Kent % (Kütlece)	Küçük Kent % (Kütlece)	Turistik Kent % (Kütlece)	Kırsal Kent % (Kütlece)
Yiyecek artık.	21,5	18,6	16,7	22,5	12,8
Kağıt-karton	11,0	10,0	5,2	13,0	2,3
Plastik	3,0	2,0	1,0	5,6	0,9
Naylon	1,3	1,5	1,2	3,1	1,2
Metal	1,7	1,5	1,0	2,1	1,7
Cam	1,7	1,0	1,0	4,6	1,7
Deri	0,7	0,6	0,2	1,6	0,9
Kemik	1,3	2,3	1,2	1,6	1,2
Lastik	2,6	0,5	0,3	1,6	2,1
Taş, toprak	1,6	3,0	4,6	2,1	9,9
Odun	0,7	0,3	0,3	0,8	-
Tekstil	1,6	1,8	1,5	2,1	-
Bahçe artık.	3,5	5,0	6,1	8,9	6,9
İnce çöpler	48,1	52,2	60,4	31,0	59,4

2.1.2.2. Kağıt Atıkları

1 ton kağıt hamurunun, 1 ton selülozun veya 1 ton geri kazanılmış eski kağıt hamurunun; 4– 5 m³ oduna, bunun da; 20– 30 yılda yetişebilen 40– 60 adet ağaca eşdeğer olduğu hesaplanmıştır. Bir birim kütle, selüloz ve odun hamuru üretimi için 3– 5 katı odun kütlesinin kullanılmasının gerektiği belirtilmektedir [20].

Kişi başına yılda; ABD’de yaklaşık 300 kg kağıt, Batı Avrupa ülkelerinde 100-150 kg kağıt ve ülkemizde 13-15 kg kağıt tüketiminin olduğu belirtilmektedir[20].

Atık kağıtların yıllık geri kazanma oranları; bir ülkede toplanan yıllık atık kağıtların kütlelerinin o ülkede yerli ve ithal olarak tüketilen kağıtların toplam kütlesine oranıdır. Bu oranların yüksekliği üretilen kağıt ve kartonlardaki, tasarruf edilen selüloz miktarını dolayısıyla orman varlığının yani çevre korumasını temsil

etmektedir. Kullanılan kağıda göre atık kağıt kazanma oranı; ABD’de 0.34, İsveç’te 0.46, Almanya’da 0.44, İspanya’da 0.38 ve Endonezya’da 0.15’ tir. Bu oranın arttırılmasının; hammadde korunmasına, daha az kimyasal kullanılmasına, daha az enerji ve işgücü tüketimine yardımcı olacağı belirtilmiştir [20].

2.1.2.3. Camlar

1988– 1993 yılları arasında kırık cam; ŞİŞE CAM kuruluşunca toplattırılmış, toplanan 254,4 ton camdan milyarlarca yeni şişe üretildiği ve 30,5 ton fuel oil ve 305,3 ton hammadde tasarrufu yapıldığı rapor edilmiştir [20].

Temizlenerek geri kazanılmış cam kırığı %30 ile %60 oranında renksiz ve renkli cam harmanına (Cam, şişe, kavanoz, damacana,vb.) katılmakta ve yeniden cam ambalajına dönüşmektedir. Bu geri kazanma sırasında harmana katılan 1 ton cam kırığının 120kg fuel-oil eşdeğeri enerji tasarrufu sağlandığı rapor edilmiştir [21].

2.1.2.4. Metaller

İsviçre ve İngiltere’de Alüminyum %50, Belçika’da %80, Kanada’da %50, ülkemizde ÇEVKO Vakfı üyesi gönüllü kuruluşlarınca da %25 oranında geri kazanıldığı rapor edilmiştir [22].

Hurda yada bir kez kullanılıp atılan alüminyumlu malzemede alüminyumunu geri kazanmak için, sadece %5 oranında enerji gerekmektedir. Bu oran, orijinal hammadde olan Boksitten alüminyum üretilmesi için gerekli olan enerjiden çok daha düşük olacağı açıktır.

2.1.2.5. Plastikler ve Petler

Plastikler, hızla büyüyen bir endüstri ürünü olup ekonomik ve sosyal yararlarının yanı sıra önemli boyutta çevre kirliliğine de neden olan, kolayca toplanıp yeniden kazanılabilen bir üründür. Çok yaygın olarak kullanılan plastik ambalaj malzemesinin doğa koşullarında uzun yıllar parçalanmaması ve bozulmadan kalması

bu kirliliğin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Ayrıca yoğunlukları düşük olduğundan atıklar içinde göze en fazla çarpanlar plastik ürünlerdir.

En yaygın olarak kullanılan plastik türleri; HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen), LDPE (Düşük Yoğunluklu Polietilen), PS (Polistiren), PP (Polipropilen) ve PVC (Polivinilklorür) dir. Bu plastik türlerinin, toplam üretilen ve tüketilen plastiğin %96'sını oluşturduğu rapor edilmiştir. 1988 yılı verilerine göre ABD'de alkolsüz meşrubat türü içeceklerin ambalaj atıklarının toplam evsel çöp içindeki oranı yaklaşık %1,6 dır [23].

Atık plastiklerin türlerine göre ayrı ayrı toplanarak geri kazanılması, daha sağlıklı ve kaliteli ürün oluşumunu kontrol eder. Bunun için plastikler türlerine göre sınıflandırılır. Plastiklerin türlerine göre çıkış noktasında ayrılması; ikincil ürün üretiminde ekonomik üretim prosesi getireceği gibi ikincil ürünün de kaliteli olmasını sağlayabilecektir.

2.1.3. Arıtma Çamurları

Arıtma Çamuru Katı Madde İçeriği

Çamurdaki toplam katı maddeler çökebilir, askıda ve çözünmüş katı maddelerin toplamına eşittir. Katı atıklar kontrol yönetmeliğinde yer alan 28. Maddeye göre arıtma çamurunun depolanabilmesi için içinde bulunan su oranının %65 olması gerekir denilmektedir. Ancak "depo yeri işletmecileri, çamurun su oranının daha fazla olması halinde deponun stabilitesini bozmayacağı, koku problemi ortaya çıkarmayacağı kanaatine varırlarsa su oranı %75'e kadar olan çamurları kabul edilebilir" denilmektedir. Bu maddeye göre arıtma çamurlarının evsel katı atıklarla birlikte depolanabilmesi için çamurdaki su oranının %65' e düşürülmesi yani katı madde içeriğinin %35 olmasının gerektiği belirtilmiştir [6].

Arıtma Çamurunun Isıl Değeri

Çamurun tipine ve içerisindeki uçucu katı madde içeriğine bağlı olan ısı değer özellikle yağ ve gresin giderimi sonucu ön çökeltim ile gelmişse yüksek bir

değer oluşturur. Çürümüş çamur ham çamurdan daha düşük ısı değerine sahiptir. Çizelge 2.4' de çeşitli çamurlara ait ısı değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.4. Çeşitli çamurlara ait ısı değerleri [16].

Çamur Tipi	Isıl Değer (Mj/kg kuru madde)	
	Arahık	Tipik Değer
Ham ön çökeltim çamuru	23,25-29,00	25,55
Aktif çamur	16,27-23,25	20,90
Anaerobik çürümüş çamur	9,30-13,95	11,62
Kim. Madde ilave edilmiş ön çökeltim çamuru	13,95-18,60	11,62
Biyolojik filtre çamuru	16,27-23,25	19,75

Çamurların ısı değerleri bazı düşük kaliteli kömürlerin ısı değerlerine eşdeğer olduğu belirtilmiştir. Çamurdaki 0,5 kg suyu buharlaştırmak için ise yaklaşık olarak 2 ile 2,5Mj ısı gerektiği ve çamur yakmak içinde genellikle fuel oil gibi yardımcı maddelerin kullanıldığı belirtilmektedir [16].

Arıtma Çamurlarının Nihai Uzaklaştırma Yöntemleri

Isıl Yöntemler: Bu yöntemler genellikle çamur uzaklaştırma imkanlarının kısıtlı olduğu çok büyük tesislerde uygulanmaktadır. Termal işlem gören çamurlar genellikle suyu alınmış ancak işlenmemiş çamurlardır. Çamurun ısı olarak işlenmesi iki şekilde gerçekleşir, bunlar:

- a. Organik katı maddelerin kısmi veya tamamen yakılması veya ıslak hava oksidasyonu yöntemleri ile CO₂ ve su gibi ürünlere dönüşümü ,
- a. Organik katı maddelerin ısı değerlerinden yararlanmak suretiyle piroliz yöntemi kullanılarak nihai ürünlere kısmi oksidasyonu veya buharlaştırılması, şeklindedir.

Isıl işlem yöntemleri genellikle enerji harcayan sistemlerdir, bu nedenle çamurun fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyi belirlemek ve yardımcı yakıt ihtiyacı

olup olmadığına ve ihtiyaç varsa ne kadar olduğuna karar vermek gerekmektedir. Çizelge 2.5' de çeşitli atıklar ve çamurlara ait ısı değerleri verilmiştir [16].

Çizelge 2.5. Çeşitli atıklar ve çamurlara ait ısı değerleri [16].

Atık Tipi	Yanabilir Kısım % (kütlece)	Kül % (kütlece)	Isıl Değer (Mj/kg), (kuru)
Gres ve köpük	88,5	11,5	38,87
Ham kanalizasyon artıkları	74,0	26,0	23,87
İnce ızgara artıkları	86,4	13,6	20,86
Süprüntü maddeler	84,8	15,2	19,14
Çürütülmüş kanalizasyon artıkları-süprüntü maddeler	49,6	50,4	18,64
Çürütülmüş çamur	59,6	40,4	12,29
Kum	33,2	69,8	9,28

Çizelgede gres ve köpük gibi petrol türevi olan atıkların ısı değerlerinin yüksek olduğu görülürken kum gibi organik içeriği oldukça düşük olan atıkların ısı değerinin düşük olduğu görülmektedir [16].

2.2. GERİ DÖNÜŞÜMLÜ BİLEŞENLERİN GERİ KAZANILMASI

Katı atık bileşenleri ayrı ayrı üretilmekte ve bunlar çıktığı noktada çöp kovalarında karışık olarak biriktirmektedir. Günümüzde belediye katı atık bileşenlerinin en uygun bertaraf şekli, belediye katı atığı içindeki ekonomik değere sahip kağıt, karton, cam, metal, plastik, pet vb. bileşenlerin geri kazanılmasıdır. Geri kazanmanın en etkin yöntemi "Kaynakta Ayırma, Toplama, Taşıma ve Değerlendirme" dir. Bu yöntem; geri kazanılabilecek atık bileşenlerinin üretildiği noktada katı atık üreticisi tarafından özelliklerine göre ayrılarak ayrı ayrı biriktirilmesi şeklindedir. Mersin'de yürütülen bir çalışmada; pilot bölge seçilip çöpler kaynağında kimyasal yapılarına göre 8'e (renkli cam, renksiz cam, metal, plastik, pet, kağıt-karton, sulu organik mutfak atıkları ve nadir atıklar) ayrılarak

toplanmıştır. Çalışmanın yapıldığı bölgede toplanan atıkların, yaş ve küllü temelde kütlece % 42 kağıt-kartonlar, % 11,5 plastikler, % 8,5 PET' ler, % 11 renkli camlar, % 5 renksiz camlar, % 8 metaller, % 1 nadir atıklar ve % 3 diğer inorganik atıklardan oluştuğu saptanmıştır [24].

2.3. KATI ATIK BERTARAF SİSTEMLERİ

Belediye katı atık bileşenlerinin miktar ve türü, nüfusun artması, teknolojideki gelişmeler gibi sebeplerle giderek artmaktadır. Bu atıklar atıldıkları yerlerde geçici olarak biriktirilip buralarda toplam taşınarak madde ve enerji kazanmak üzere yakma, kompostlaştırma, geri kazanma, düzenli depolama gibi çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerini önlemek için ve ekonomiye katkı sağlama amacıyla değerlendirilmelidir.

Büyük miktarlarda ortaya çıkan katı atıkların çevreye ve canlılara zarar vermeyecek şekilde uzaklaştırılması, kompostlaştırma, yakma, geri kazanma ve düzenli depolanma şekillerinde birinin ya da bir kaçının birlikte uygulanmasıyla mümkündür. Bu metotların seçiminde; atığın içerisinde bulunan katı atık bileşenlerinin oranı, ısı değeri, su muhtevası gibi özellikleri dikkate alındığı rapor edilmiştir [25].

2.3.1. Düzenli Depolama Sistemi

Ülkemizde katı atıklar düzenli depolanma yerine “vahşi depolama” adı verilen, yerleşim yerinin hemen dışındaki bir bölgeye gelişi güzel atılmaktadırlar

Düzenli depolanma metodu, katı atıkların çevreye zarar vermeyecek ve insan sağlığını riske sokmayacak bir şekilde araziye boşaltılması şekli olup yer seçiminden, depo sahasının tabanının hazırlanması, sızıntı suyunun toplanması, depo gazının uzaklaştırılması, depo sahasının işlenmesi ve kapatılmasına kadar bir dizi mühendislik çalışmalarını gerekliliği belirtilmiştir. Özellikle düzenli depolama

alanlarından kaynaklanan sızıntı sularının uzaklaştırılması, depolama alanı tasarım özelliklerine ve işletme yönetimi esaslarına göre yapıldığı rapor edilmiştir [25].

2.3.2. Yakma

2.3.2.1. Belediye katı atıklarının yakılmasında dünyadaki uygulamalar

Katı atıkların değerlendirilmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada katı atık bileşenlerinin yakılmasıyla ilgili dünyada yapılmış çalışmalar araştırılmıştır [26]. Buna göre; çeşitli ülkelerdeki katı atık bileşenlerinin yakılmasıyla ilgili yapılan çalışmalar şöyledir.

ALMANYA: Çöpün bir bölümü yakılmaktadır. Yeniden kullanılmayan çöpler için, metan gazı tehlikesine karşı, boru yerleştirilerek gazın üst yüzeye çıkarılması ve yakılarak yok edilmesi şart koşulmuştur. Federal Almanya'da nüfusun %34'üne ait katı atıklar, yakma yoluyla giderilmektedir. Evsel katı atıkların ısı değerleri burada linyit kömürü seviyesinde olduğu belirtilmektedir.

AVUSTURYA: Viyana'da kimyasal maddeler içeren, sanayi çöpleri, hava kirliliğini önleyici filtrelerle donatılmış özel tesislerde yakılmaktadır. Elde edilen enerji, toplu konutların kalorifer şebekelerine verilmektedir 1,7 milyon nüfuslu Viyana'da üç adet çöp yakma tesisi bulunduğu belirtilmiştir.

AMERİKA: Çöplerin bir kısmı yakılmaktadır. Ancak fırında yakarken çıkan gazların çevreyi kirlletmesini engellemek için yüksek teknoloji kullanmak gerektiğinden bu pahalıya mal olduğu için Amerika'da yakma yöntemi pek tercih edilmediği belirtilmiştir.

FRANSA: Gazete ve dergi dışındaki atıklar turuncu bidonlarda toplanarak, bunların Paris'te tamamı, diğer bölgelerde ise % 33'ü önce çöp fabrikalarının ayrıştırma bölümlerinde plastik maddeleri giderilmekte sonra yakılmaktadır. Fransa'da plastik ve kağıt dışı çöplerin %83'ü yakılmaktadır. Gelişmiş filtrelerle havayı kirlletmemesi sağlanan bu fabrikalarda çöplerin yakılmasıyla elde edilen

enerji, Paris' de belediyelere ait sosyal konutların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Paris 'de evlerin %11'i söz konusu merkezi sistemden ısıtıldığı belirtilmiştir.

İNGİLTERE: Bazı belediyelerin plastik ve benzeri maddeleri büyük fırınlarda yakarak enerji ürettikleri belirtilmiştir.

Belediye Katı Atıklarının Yanabilirliği

Katı atıkların bir yakma prosesinde kullanılabilmesi için atığın özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bu yakma prosesinde verimi etkileyen en önemli faktör, çöpün ısı değeridir. Yakma tesisinin optimum olarak çalışabilmesi için katı atıkların yakılmasında ilave yakıt gerekmeden kendi ısı ile sıcaklığının 800°C'ye çıkması gerekmektedir. Aksi halde tam yanmanın sağlanması için dışarıdan ilave yakıt verilmesi gerekecektir. Katı atıkların ısı değeri 5 Mj/kg' dan az olduğundan ilave yakıt kullanılması gerekliliği araştırmalar sonucunda elde edilmiştir. 800°C'de kendi kendine yanmaya erişebilmesi için katı atığın %25-30'luk kısmının külsüz ve kuru yanıcı %20-25'lik kısmının kül ve nem içeriğinin %40-45'den fazla olmaması gerekir. Kuru yanıcı kısmı %25 olan atığın, külü % 60, nemi de %15'i geçmemesi gerektiği belirtilmektedir [27].

Yanabilir atık kimyasal bileşim açısından, üç ana önemli bileşiğe ayrılır. Bunlar su, organik katı atıklar ve mineral kısımlar olup, mineral kısımlarda inert ve mineral katı maddeler olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Burada organik katı atıklar çöpün yanma kaybına eşdeğerdir. Çöpün bünyesindeki su miktarı mevsimlik periyotlara göre değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Kış aylarındaki rutubetin az oluşu büyük miktarda ince çöpe (kül, cüruf) sahip olmasındadır. Yaz aylarındaki fazla su miktarı ise, yakma ile tamamen yok edilebilmektedir. Yakılan çöp örneğinden geriye kalan kül ve cüruf inert maddelerinin oluşturduğu belirtilmiştir [27].

Belediye katı atığının yanabilen kısmının elementel analizi N, S, Cl, O, H ve C için yapılan kimyasal analizi içerir. Bu bilgi atığın ısı içeriğini, nem ve kül oranını baca gazlarının bileşimini tahmin etmek atığın yakılmasıyla hava kirliliği açısından

olabilecek etkileri değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Katı atıkların tipik analizi, yapılan bir araştırmada izelge 2.6.'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Katı atıklar ile ilgili analiz sonuçları [28].

Madde zellikleri	Batı Avrupa* % (Kütlece)	U. S. % (Kütlece)
Yanabilen	42,1	50,3
Nem	31,0	25,2
Kül ve İnert Maddeler	26,9	24,5
TOPLAM	100,0	100,0
Yanabilen Kısımın Elementel Bileşimi		
Karbon	51,1	50,9
Hidrojen	7,1	6,8
Oksijen	40,1	40,3
Azot	1,2	1,0
Sülfür	0,5	0,4
Klor	-	0,6
TOPLAM	100,0	100,0

*:Yakıldığında Toplam Isıl Değeri 9,00 Mj/kg

plerin çok heterojen bir yapıya sahip olmaları ve çok değişik maddeleri ihtiva etmeleri sebebiyle yakılmaları, çok ileri teknolojileri gerektirmektedir. Isıl değerlerin düşüklüğü, heterojen özelliği, ihtiva ettiği su dolayısıyla her katı atık yanmamaktadır. Bazı endüstriyel proses atıklarının st ısıl değerleri izelge 2.7.'te; tipik bir hastane çöpünün bileşimi ve ısıl değerleri izelge 2.8.' da ve atık bileşenlerinin kısa (n), (alındığı halde), elementel (kuru bazda) analizleri ve st ısıl değerleri izelge 2.9.'de verilmektedir.

Çizelge 2.7. Bazı endüstriyel proses atıklarının st ısıl değerleri [29].

Katı Atık	Isıl Değer (Mj/kg)
Lastik	23,00
Deri	16,00
Yonga (Hızar Tozu)	19,00
Polietilen	46,00
Yağlı amur	9,00
Katranlı amur	31,00

Çizelge 2.8. Tipik bir hastane katı atığının % bileşimi ve ısı değerleri [30].

Bileşen	Bileşimi % (Kütlece)	Isıl Değer, Mj/kg
Kağıt-Temiz	9,55	9,50
Kağıt-Kirli	6,51	6,49
Patolojik Atık	19,75	16,12
Mutfak Artığı	22,60	9,17
Yanmayan Atık	21,97	-
Plastik	14,62	16,96
Toplam	100,00	

Katı atık bileşimleri kullanılarak çöpün yakılabilirliği, nem uçucu madde ve külün ısı değerine etkisi konusunda bir yargıya ulaşmak mümkündür. Çizelgelerden evsel çöplerin yakma teknolojisinde kullanım için fazla uygun olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu da, evsel katı atıkların karışık katı atık olarak değerlendirilmesi nedeniyle, nem oranlarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 2.8.'de ısı değer ve kütlece % bileşimi verilen hastane atıklarının yanma ortamındaki davranışına ışık tutması amacıyla, diğer yakıtlarla kıyaslamalı olarak bazı özellikleri Çizelge 2.10.'de derlenmiştir [30].

Kıyaslamalı verilerden hastane katı atıklarını linyit ve evsel atıklara kıyasla yüksek ısı değeri olduğu ve bu açıdan yanma zorluğu göstermeyeceği anlaşılmaktadır. Ancak çok yüksek uçucu madde ve düşük sabit karbon içeriğine sahip olması yanmanın esas itibari ile uçucu çıkışıyla ilgili geliştiğini gösterir. Bu nedenle tam yanmanın sağlanabilmesi için ikincil hava beslemesi şart olmaktadır. Bilhassa yanmanın ilk aşamalarındaki dengesiz ve verimsiz yanmanın çevreye olumsuz etkisini engellemek amacıyla ikincil yanma yüksek sıcaklıkla (1000-1200°C) gerçekleştirilmesinin gerektiği belirtilmektedir [30].

Çizelge 2.9. Atık bileşenlerinin elementel bileşimi ve ısı değerleri [29].

Atık Bileşenleri	Orijinal Hali Nem % (Kütlece)	Elementel Bileşimi % (Kütlece), (MF)			Üst Isıl Değer Nem ve Külsüz (Mj/kg)
		C	N	S	
Kağıt ve Ürünleri					
Karışık kağıt	10,24	43,41	5,82	0,20	18,74
Kese kağıdı	5,83	44,90	6,08	0,11	18,14
Karton Kutu	5,20	43,73	5,70	0,21	18,26
Plastik Kaplı K.	4,71	45,30	6,17	0,08	18,47
Süt Kartonu	3,45	59,18	9,25	0,10	27,66
Gıda Kartonu	6,11	44,74	6,10	0,16	19,19
Büro Kağıdı	4,56	37,87	5,41	0,09	17,21
Gıda ve Atıklar					
Sebze Atıkları	78,29	49,06	6,62	0,20	20,23
Atık Etler	38,74	59,59	9,47	0,19	30,49
Kızarmış Yağ	0,00	73,14	11,54	0,07	38,30
Odun, Fırça, Bitki					
Çürümüş Kereste	26,80	52,30	5,50	1,20	15,26
Talaş	12,00	49,40	6,10	0,10	17,07
Mobilya Atıkları	6,00	49,70	6,10	0,10	18,47
Bitki Atıkları	53,94	46,65	6,61	0,26	19,68
Bahçe Çimeni	75,24	46,18	5,96	0,16	20,70
Olgun Yapraklar	9,97	52,15	6,11	0,42	21,56
Fırça	40,00	45,52	6,90	0,05	20,00
Karışık Yeşillik	62,00	40,31	5,64	0,05	18,92
Evsel Atıklar					
Araba Lastiği	1,02	79,10	6,80	1,50	34,66
Deri	10,00	60,00	8,00	0,40	22,91
Deri Ayakkabı	7,46	42,01	5,32	1,00	23,61
Lastik	1,20	75,65	10,35	2,00	29,31
Karışık Plastik	2,00	60,00	7,20	-	37,22
Polietilen	0,20	84,54	14,18	0,03	46,52
Polistiren	0,20	87,10	8,45	0,02	38,41
Poliüreten	0,20	63,27	6,26	0,02	27,29
PVC	0,30	45,14	5,61	0,14	23,26
Tekstil	15-31	46,19	6,41	0,20	19,31
Yağlar, Boyalar	-	66,85	9,63	-	37,22
Süpürge Tozu	5,47	35,39	4,73	1,15	23,17
Belediye Atıkları					
Cadde Süprüntü.	20,00	34,70	4,76	0,20	18,61
Mineral	2-6	0,52	0,70	0,00	-
Metalik	3-11	4,54	0,63	0,01	18,14
Kül	10,00	28,00	0,50	0,50	32,57

Çizelge 2.10. Hastane atıklarının; evsel atık, bitümlü ve linyit kömürleri ile karşılaştırılması [30].

	Hastane Atığı	Evsel Atık	Bitümlü Kömür	Linyit
Uçucu Madde %	74,4	31,60	33,0	40,0
Sabit Karbon %	13,3	6,50	52,0	8,0
Kül %	6,2	30,50	7,0	17,0
Nem %	6,3	31,68	8,5	44,2
Cl %	0,3	0,35	0,02-0,9	0,01-0,8
Üst Isıl Değer (Mj/kg)	18,2	9,20	27,0	12,0
Dökme Yoğunluk (ton/m ³)	0,1	0,17	0,9	0,9

Atık plastikte enerjinin geri kazanılmasında ise yakılarak ısıl enerjisinin elde edilmesi işleminin yapıldığı belirtilmiştir [31]. Plastiklerin ısıl değerleri Çizelge 2.11.'de görülmektedir. Yüksek ısıl değerleriyle plastikler yakarak enerji elde etmek için cazip maddeler olarak görünmektedirler. Ancak plastiklerden yakma yoluyla enerji elde edilmesi temelde iki sorun oluşturmaktadır. Birinci sorun, ısıl enerjinin yüksekliği dolayısıyla yüksek sıcaklıklara ulaşılmaktadır ki bu da konvansiyonel yakma fırını refrakter yüzeylerine zarar verebilmektedir. Ayrıca ağır termoplastiklerin yapışkan bir eriyik kütle haline gelmesiyle hava girişi ve atık akışı engellenerek yanma verimsiz bir hale gelmektedir. İkinci sorun ise havanın kirlenmesidir. İşlenmiş bir PVC ürününün %45-55'i HCl' dir. PVC ısıtıldığında 220°C' den itibaren HCl çıkmaya başlar ve 300°C' de tamamlanır. Türkiye'de 1986 yılı rakamları esas alınarak yapılan bir hesaplamada PVC atıklarının yakılması sonunda İstanbul atmosferine günde 1840 kg HCl gazı verileceği ortaya çıkmıştır ki bu miktar insan sağlığına ve çevreye çok zararlıdır. Dolayısıyla yakma işleminin özellikle termoplastikler açısından belki de en son düşünülecek bir atık giderme yöntemi olması gerektiği belirtilmiştir [31].

Çizelge 2.11. Plastik türleri ve bazı maddelerin üst ısıl değerleri [32].

Madde	Üst Isıl Değer (Mj/kg)
PE	46,4
PET	22,2
PS	41,4
PVC	17,9
Polibütadien	45,2
Linyit	
• Elbistan	7,1
• Soma	18,0
Bitümlü Kömür	26,0
Kağıt	16,7

Belediye Katı Atıklarının Yakılmasının Faydaları ve Mahsurları

• Faydaları

-Organik maddeler kısa sürede kül ve gaz haline dönüşür.

-Yakma metodu, atık hacminde ve kütledeki büyük azalma sebebiyle, düzenli depolama alanlarının hacminin önemli ölçüde azaltılmış olacağı belirtilmiştir [33]. Düşük sıcaklıktaki yakma tesislerinde çöplerin yanabilir kısmında hacim azalması %98-99 mertebesinde. Bu oranın yüksek olmasının sebebi, çöplerdeki yanabilir kısımların CO₂ ve H₂O buharına dönüşmesidir. Atıkların tümüne göre kütle azalması, kalan kalıntının sıkıştırma işleminden geçirilmesiyle, hacimce azalma daha yüksek mertebelerde meydana getirilebilir [33].

-Yanma tam olmuşsa, atık dezenfekte edilmiştir.(Hastane atıkları),

-Düzenli depolamada sağlık koruma problemleri ortaya çıkmaz,

-Çöp üretildiği yerde yakılırsa, taşıma mesafesi ve dolayısıyla çöp yönetim masrafi azaltılmış olur.

-Yakma sonucu elde edilen ısı enerjisinden yararlanılabilir.

-Depolama yeri meskun bölge içinde seçilebilir.

- ***Mahsurları***

-Depolanan kül ve cüruf; kolay çözünebilir, inorganik bileşenlerle yeraltı ve yerüstü suyunu kirletebilir.

-Cürufun su ile soğutulması ve baca gazlarının su ile yıkanması halinde yaklaşık olarak bir ton çöp için 1m³ atıksu ortaya çıkmaktadır.

-Yakma bacasından 1 ton çöp için bunun yaklaşık %65'i (650 kg kirli atık madde) gaz halinde bir noktadan atmosfere verilmektedir. Geniş bir bölgenin katı atıkları, tek bir noktada bertaraf edilmektedir.

-İyi yakılamayan katı atıklar nedeniyle fena kokulu baca gazları ve fena kokulu tam yanmamış atık maddeler ortaya çıkabilir.

-Yakma tesisi civarında oturanlar; araç gürültüsü, toz ve egzoz gazlarından rahatsız olabilirler.

-Yakma tesisi pahalıdır.

Belediye Katı Atıklarının Yakılmasından Kaynaklanan Olumsuz Çevresel Etkiler ve Bunların Giderilmesi

Katı atık yakma sistemlerinde, özellikle hava kirliliği, koku problemi, su kirliliği ve klorlu bileşiklerin neden olduğu korozyon gibi çevresel etkilerin görüldüğü belirtilmiştir [34]. Yakma sonucunda oluşan ürünlerin çevresel etkileri ve önlemleri şöyledir.

Külün Uzaklaştırılması: Yakma tesislerinde kül uç kaynaktan oluşur. Bunlar; ızgaralardan elenenler, fırından gelen kalıntılar, gaz soğutma ve gaz temizleme aletlerinden gelen küllerdir. Uçucu kül önemli miktarlarda ağır metal içerir. Bu yüzden uçucu külün ayrı olarak, tehlikeli atıklar için ayrılmış deponi sahalarına boşaltılması önerilmektedir.

Koku Problemi: Atık, yakma fırınına bırakılmadan önce atıktaki çürüyebilen maddeler koku problemine neden olurlar. Atık depolama bölgesi, düşük basınçta yanmış havayı kendi üzerine çekmesi, kokuların yayılması, yakma fırınlarında tam bir yanmanın sağlanamaması gibi problemlere de neden olduğundan, modern

sistemlerde uzun süre depolamadan kaçınılır. Geçici kontrollerle ve düzenli süpürme ile koku yayılımı önlenebilir.

Su Kirliliği ve Yakma Fırınlarından Gelen Atıksuların Uzaklaştırılması: Su kirliliği kentsel yakma sistemlerinde genel anlamda önemli bir problem olarak görülmemektedir. Bu sebepten dolayı oluşan atık ve su miktarı çeşitli limit değerlerde su kirliliğine neden olabilir. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde yakma sonucu açığa çıkacak atıksu miktarının önem arz edecek seviyelerde olabileceği belirtilmiştir. Bu nedenle uygun şekillerde kimyasal arıtım yöntemleri uygulanmalıdır [34].

Klorlu Bileşiklerin Neden Olduğu Korozyon ve Kirlilik: Yakma işlemi sırasındaki katı içinde klorlu bileşikler (yanma sonucu oluşan HCl) FeO ile reaksiyona girerek FeCl₂ oluşturur. Bu madde özellikle proses içindeki kazan, boru, fırın, vb. sistemlerde korozyon etkisi nedeni ile yük kayıplarına neden olacağı belirtilmiştir [34].

Hava Kirliliği ve Giderilmesi: Atığın yakılması sırasında çeşitli şekillerde hava kirliliği oluşabilir. Bu kirlleticilerin;

- Koku ve toz, atığın depolanması ve kullanılması sırasında,
- Yanmanın başlangıcında hava, atık yatağından geçerken beraberinde kül, toz ve kömür parçacıklarını baca gazı ile birlikte sürüklerken,
- Yanmanın meydana geldiği bölgede yeterli oksijenin bulunmaması durumunda oluştuğu belirtilmiştir [34].

Belediye Katı Atıklarının Yakılması ve Ekonomisi

Belediye katı atıklarının yakılması atıkların değerlendirilmesinden çok, atıkların çevresel etkilerinin azaltılması ile en ekonomik şekilde imhası gayesi ile yapılmaktadır.

Yakma tesislerinde ortaya çıkan enerjinin değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar neticesinde bir ton atığın yakılması sonucu 0,3 ton kömür veya 200L. fuel-oil'in ısı değeri kadar bir ısının elde edildiği ortaya çıkarılmış, dolayısıyla yakma prosesi ile ilgili elde edilen buhar gücünün bölgesel ısıtılarda kullanılabilmesi tespit edilmiştir [32]. Ayrıca ABD'de yan atık yakılmasıyla direkt olarak elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir. Diğer bir yöntem ise atık ısının tuz giderme tesislerinde mükemmel bir buharlaşma kaynağı olarak kullanılabilmesidir. Böylece deniz suyu veya hafif tuzlu sudan elde etmek mümkün olabilmektedir. Öte yandan 2 ton Tetra Pak karton kutusu modern tesislerde yakıldığında, yaklaşık 1 ton petrol veya kömürün yakılmasına eşit miktarda enerji elde edilmektedir. Yapılan emisyon analizlerinin, Tetra Pak kutularının temiz yandığını göstermiştir [35].

Yakma tesisleri, sabit sermaye yatırımlı depolamaya kıyasla 8,5 kat, işletme sermayesine kıyasla 4 kat daha pahalıdır. Maliyet açısından gelişmiş ülkelerdeki uygulamalara göre, özellikle mevcut yakıcılarda yakılması uygun olmayan hastane atıklarının yakılması masrafının 300 000-750 000 TL/ton arasında değiştiği (1988 yılı rakamları) ve bu fiyatların elde edildiği sistemlerde günde 40 ton çöpün yakıldığı belirtilmektedir [35].

Yatırım ve işletme maliyetleri açısından yakma sistemleri oldukça pahalı olduğundan, bu sistemlerin kurulup işletilmesi önemli bir problemdir. Yüksek inşaat giderleri, işletme ve bakım masrafları, kalifiye personel ihtiyacı, yakma fırınlarının bakım ihtiyaçları nedeniyle yakma sistemlerinin pahalı olduğu belirtilmiştir [34].

Yakma sonucunda;

-Yakma en etkin hacim azaltma yöntemidir. Arazinin çok pahalı ve zor bulunduğu yüzey coğrafyasının değiştirilmesi istenmeyen durumlarda aranan teknoloji olabilir.

-Çok hızlı bir muamele yöntemidir. Bir gaz üretimi 20 yılın üzerinde bir sürede aktivite gösterirken, yanma tesisine gelmesinden kısa bir süre sonra enerji ve stabil atığa dönüştürülmektedir.

- Yanma atığı yoğun ve sterildir.
- Enerji fiyatlarının yükselme eğilimi prosesin şansını artırır.
- Adalar gibi münferit uygulamalar için uygundur.
- Toksik ve patojenik atıklar için en uygun yöntem olduğu belirtilmiştir.

Yakma sisteminin, yine bir yakma sistemi olan piroliz ile karşılaştırılması Çizelge 2.12.'da görülmektedir.

Çizelge 2.12. Yakma ve pirolizin karşılaştırılması

YAKMA	PIROLİZ
-Havanın O ₂ ile oksitlenme reaks.	O ₂ 'siz ortamda termik parçalanma reaksiyonu
-Yanma sıcaklığı; 100-800°C	Piroliz sıcaklığı; 100-500°C
-Ekzotermik reaksiyon	Endotermik reaksiyon
-Çöpün değişen bileşimine ve ısı değerine karşı duyarlı ürünler	Çöpün değişimine ve ısı değerine karşı çok az duyarlı
-Katı: Oksitlenmiş cüruf	Katı: İndirgenmiş katı kalıntılar (kömür gibi)
-Sıvı: Su	Sıvı: Su, sıvı hidrokarbonlar, yağ
-Gaz: CO ₂ , NO _x , SO _x	Gaz: H ₂ , CO, CH ₄ , etan, propan, H ₂ S, NH ₂

2.3.3. Katı Atıklardan Yaygın Yakıt (RDF) Üretimi

RDF'lerin Isıl Değerleri

Toprak halindeki RDF'lerin alt ısıl değer olarak kalorifik değerleri 11,6 ile 15,0 Mj/kg arasındadır. Çizelge 2.13' de Mannesman Veba Umwelttechnik prosesinden elde edilmiş veriler gösterilmektedir. RDF hazırlanması için gerekli enerji ve konvansiyonel yakma sonucu açığa çıkan enerjinin bu hesaplamalarla dikkate alındığı belirtilmektedir [36].

Çizelge 2.13. RDF fraksiyonundaki yakılabilir materyallerin geri kazanımı [36].

Bileşim	Atık Girişi (t/yıl)	Atık çıkışı (t/yıl)	Çıkış (%)
Selüloz (kağıt, karton ve ağaç)	105 000	94 500	90

Kömürle çalışan kazanların ısı verimlerinin, kömür/RDF karışımı kullanıldığında azaldığı, tipik olarak 50/50 RDF/kömür karışımı kullanıldığında da verimin %85' ten %75-80' e düştüğü rapor edilmiştir [36].

RDF üretimi için Çizelge 2.14' de görüldüğü gibi plastik ve selüloz atıklarının geri kazanılmamış miktarlarından 15,4 Mj/kg, kağıt-kartonlardan 6,5 Mj/kg'lık enerji elde edilebileceği belirtilmiştir [36].

Çizelge 2.14. Kentsel atıkların, selüloz ve plastik içeriklerinin yapay hazırlanıp yakılması ile oluşan enerji potansiyelleri [36].

Ürün	Üst Isıl Değer (Mj/kg)	Üst Isıl Değerin Kullanılabilir Enerjiye Çevrim Verimi (%)	Kullanılabilir Enerji Potansiyeli (Mj/kg)
Plastikler	34,2	45	15,4
Kağıt ve karton	11,0	57	6,5
Ağaç	8,0	57	4,6

Mevcut yakılabilir atıkların uygun teknolojilerle ısı çevrimi neticesi elde edilebilecek birim enerji verimlerinin karşılaştırılması Çizelge 2.15 'de özetlenmiştir. Çizelge 2.15' ten de görüldüğü gibi bütün gruplandırılmış atık türleri için genelde en verimli proses %70 verimle toptan yakma şeklinde görülmektedir. Yine bütün atık türleri için sırasıyla %55 verimle piroliz, %50 verimle küçük ölçekli yakma ve %45 verimle gazifikasyonun geldiği gösterilmiştir [37].

Çizelge 2.15. Yakılabilir atıklar için ısıt çevrim proseslerinin enerji potansiyellerinin karşılaştırılması [37].

Ürün	Üst Isıl Değer (Mj/kg)	Üst Isıl Değerin Kullanılabilir Enerjiye Çevrim Verimi (%)	Kullanılabilir Enerji Potansiyeli (Mj/kg)
Plastikler	34,2	70 (1)	23,9
	34,2	55 (2)	18,8
	34,2	50 (3)	17,1
	34,2	45 (5)	15,4
Atık Kağıt	11,0	70 (1)	7,7
	11,0	55 (2)	6,1
	11,0	57 (4)	6,3
Kauçuk	26,0	70 (1)	18,2
	26,0	55 (2)	14,3
	31,0	55 (2)	17,1
	31,0	50 (3)	16,5
Ağaç	8,0	70 (1)	5,6
	8,0	65 (2/4)	5,2
	8,0	70 (3)	5,6
	8,0	57 (5)	4,6

(1) Toptan Yakma, (2) Piroliz, (3) Küçük Ölçekli Yakma, (4) Gazifikasyon, (5) Atıktan Üretilmiş Yakıt (katı, pellet halinde)

2.3.4. Sıvılaştırma

Organik yapıdaki maddelerin yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı bir reaktörde, çeşitli katalizörler yardımıyla sıvılaştırılması yani akaryakıtı (yağa) dönüşümünün gerçekleştirilmesi işlemine dayalı bir yöntemdir. Özellikle, sıvılaştırma yönteminde üretilen yağın oluşum mekanizması ve yağın bileşenleri hakkında az sayıda bilgi bulunmaktadır. Bu nedenlerle, gelişmekte olan yeni bir teknolojiye üretilen maddelerin neler olduğu ve bunların hangi amaçla kullanılabileceğinin de araştırılması gerekmektedir.

Şeker kamışı, mısır sapı, alg, saman, çim ve diğer karbonhidrat içeren bitkisel maddelerden kontrollü yakma ile "protoproduct" gibi ham yağ üretilmektedir. Oda sıcaklığında yarı sıvı olan bu maddenin bitkisel karbonun yaklaşık %60' ını içerdiği ve bu karbonun suda çözünen karbonhidratların fermantasyonla alkole

dönüşen karbona eşdeğer olduğu belirtilmiştir. Petrol sıkıntısı çeken ve tarımsal üretim girdisi fazla olan ülkelerde, bitkilerden sıvı yakıtın üretilebileceği belirtilmiştir [37].

Yapılan bir çalışmada ağaç kabuğunun doğrudan sıvılaştırılmasında lignin içeriğinin etkisinin araştırılmasında 6 çeşit ağaç kabuğu buhar püskürtme metodu ve otoklav metoduyla sıvılaştırılmıştır. Çalışmada lignin içeriğindeki artışın yağ verimini düşürdüğü ve kömürleştirme verimini arttırdığı saptanmıştır [38].

Dunaliella Tertiolecta isimli deniz yosunu hücrelerinden direkt termokimyasal sıvılaştırma ile yağ üretimi 300 °C, 10MPa' da sağlanmıştır. Yağ verimi %37' dir. Dönüştürülen yağ 340 °C reaksiyon sıcaklığında ve 60 dakikalık alıkonma süresinde elde edilen yağın viskozitesi 150-330 MPas ve ısıl değeri 36Mj/kg dir. Elde edilen bu sonuçların fuel-oil' in verileriyle de karşılaştırılabileceği belirtilmiştir [39].

Sıvılaştırma işlemi ile yapılan çalışmalarda belediye çöp bileşenlerinin ayrı ayrı üst ısıl değerlerinin kalorimetre cihazıyla saptanması, geliştirilecek yeni sistemler için temel veri oluşturmak, katı atığı daha ekonomik bir yolla akaryakıt (yağa) dönüşümünün verilerini oluşturmak ve sistemin ekonomik değerlendirmesinin yapılmasıyla bir model oluşturulması hedeflenmiştir. Yapılan çalışmalarda bu dönüşümde katının kütlece %30-60'ı suda çözünebilen ürünlere dönüştüğü belirtilmiştir. [40-44].

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Belediye çöpündeki geri dönüşümsüz organik bileşeni oluşturan, evlerde gıda olarak kullanılan bitkisel maddeler ve atıksu arıtma çamurları materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada; meyveler, sebzeler, diğer bazı organik maddeler ve arıtma çamurları olmak üzere dört ayrı grupta yer alan maddeler ayrı ayrı deneylerde kullanılmıştır. Meyve ve sebzelere, evlerde kullanımı sırasında uygulanan işlemler uygulanarak katı atıkları ayrılmış ve her maddenin kabuk kısmı, yenilebilir kısmı, çekirdeği, yaprak ve sap kısımlarının ayrı ayrı nem, kül ve üst ısı değerleri saptanmıştır.

3.1. DENEYLERDE KULLANILAN ATIK TÜRLERİ ve HAZIRLANMASI

Çalışmada; İçel'de yetiştirilen sebze ve meyveler, potansiyel olarak tüketimi fazla olan diğer bazı gıda maddeleri ve İçel ilindeki bazı fabrikaların atıksu arıtma çamurları kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan maddeler alt başlıklar halinde verilmiştir.

3.1.1. Meyvelerden Kaynaklanan Atıklar

Karpuz kabuğu, karpuz çekirdeği, kayısı atığı, elma atığı, portakal kabuğu, mandalina kabuğu, kivi kabuğu, muz kabuğu, kavun kabuğu, kavun çekirdeği, yeşil üzüm atığı, siyah üzüm atığı, greyfurt kabuğu atıkları şeklindedir.

3.1.2. Sebzelerden Kaynaklanan Atıklar

Dolmalık biber atığı, dolmalık biber sap ve yaprağı, sivri biber atığı, domates atığı, domates sap ve yaprağı, patates kabuğu, salatalık kabuğu, marul atığı, havuç kabuğu, kuru soğan kabuğu, yeşil fasulye atığı, patlıcan atığı, patlıcan sap ve yaprağı, limon kabuğunda analizler yapılmıştır.

3.1.3. Diğer Bazı Organik Maddelerin Atıkları:

Mısır koçanı, mısır kabuğu, mısır sap ve yaprağı, badem kabuğu, ceviz kabuğu, fındık kabuğu kullanılmıştır. Ayrıca potansiyel olarak tüketimi fazla olan ve bu çalışmada kullanılan diğer hammaddeler ise mercimek, nohut, pirinç ve çay posasıdır. Özellikle İçel ilinde oldukça fazla miktarlarda atığı bulunan Palmiye ağacının gövde kısmı, Palmiye ağacı yaprak sapı, Palmiye ağacı yaprağı, çimen ve çit bitkisinde de analizler yapılmıştır.

3.1.4. Atıksu Arıtma Çamurları:

Özellikle son yıllarda gittikçe önem kazanan arıtma çamurları da mevcut sistemde Belediye çöp deponi alanına atılmaktadır. Bu nedenle enerji potansiyeli oluşturmasından dolayı, organik madde işleyen endüstri kuruluşlarının ve organik atık oluşturan diğer tesislerin atıksu arıtma çamurları da bu çalışmada kullanılmıştır. BERDAN Tekstil A.Ş. Fabrikası atıksu arıtma tesisi son çökeltim havuzu arıtma çamuru, ÇİMSA A.Ş. evsel atıksu arıtma tesisi son çökeltim havuzu arıtma çamuru, OVA-SCANING A.Ş. oluklu mukavva üreten fabrika atıksu arıtma tesisi son çökeltim havuzu arıtma çamuru, ETAP Meyve Suyu A.Ş. Fabrikası atıksu arıtma tesisi aktif çamuru ve son çökeltim havuzu arıtma çamuru, KARAMAN Gıda Ürünleri L.T.D. Ş.T.İ. Bağırsak Fabrikası atıksu arıtma tesisi aktif çamuru, BERDAN İçme Suyu arıtma tesisi çökeltim havuzu arıtma çamuru ve Coca Cola AŞ. Fabrika atıksu arıtma tesisi arıtma çamurunda analizler yapılmıştır.

3.2. DENEYLERDE KULLANILAN EKİPMANLAR

Meyve ve sebzelerin soyulmasında, 1-2 mm derinliğinde kesebilme özelliği olan meyve ve sebze soyma bıçağı kullanılmıştır.

Numunelerin ağırlıklarının ölçülmesinde $\pm 1g$ duyarlıkta Watburg marka ve $\pm 0,001g$ duyarlıkta AND HR-120 marka hassas teraziler kullanılmıştır.

Numunelerin kurutulmasında; sabit tartıma getirilmiş cam petri kapları kullanılmıştır.

Numunelerin kurutulmasında; $\pm 1^{\circ}\text{C}$ duyarlıkta Elektro-Mag marka M 6040 model etüv kullanılmıştır. Kurutulan numuneler geniş ağızlı demir bir havanda öğütülmüştür.

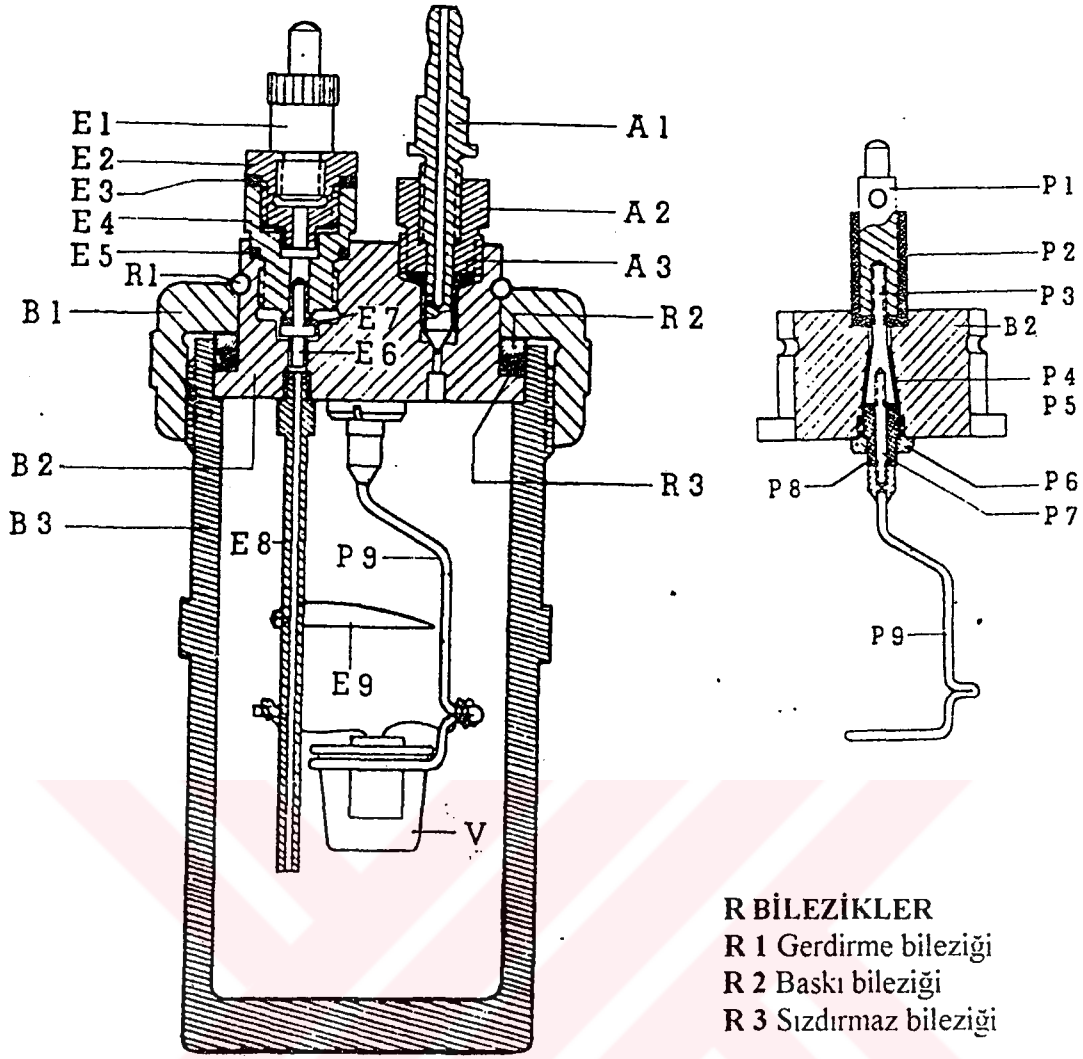
Numunelerin kül tayini için; 18mL ve 25mL' lik porselen krozeler, yakma işlemi için ise; maksimum 1500°C 'ye ayarlanabilen Elektro-Mag marka 1813 model dijital termostatlı kül fırını kullanılmıştır.

Numunelerin üst ısıl değerlerinin tayini için; Record marka Kalorimetre cihazı kullanılmıştır.

Numunelerin tablet haline getirilebilmesi için, burgulu bir komprime makinesi kullanılmış, bu numunelerin tabletleri, genelde sanayide kullanılan O_2 tüpleri kullanılarak; 2,5 MPa basınçta yakılmıştır. Yanmayı sağlayan ve 1mg' ı, 1,6 cal olan, yaklaşık 10 cm boyutunda 0,1 mm kalınlığındaki platin tel kullanılmıştır.

Yanma işleminin gerçekleşebilmesi için V_2A çeliğinden imal edilmiş, içi aside dayanıklı bir metal ile kaplanmış, bir oksijen giriş sübabı, elektrik akımını iletmeye ve yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı kuartz krozeyi tutmaya yarayan iki sübabı olan Kalorimetre Bombası kullanılmıştır. Deneyde kullanılan Kalorimetre Bombası Şekil. 3.1'de görülmektedir.

Numunelerin yanmasıyla açığa çıkan ısı değişimlerini ölçmek için ise, $0,1^{\circ}\text{C}$ hassasiyetli ve $7-8^{\circ}\text{C}$ ' lik ısı aralığını ölçen Beckmann Termometresi kullanılmıştır.



R BİLEZİKLER

- R 1 Gerdirme bileziği
- R 2 Baskı bileziği
- R 3 Sızdırmaz bileziği

E GİRİŞ VALFİNİN PARÇALARI

- E 1 Ana kelebekli somun
- E 2 Filtre vida kapağı
- E 3 Dış conta
- E 4 Giriş valf kapağı
- E 5 Valf kapak contası
- E 6 Valf memesi
- E 7 Valf contası
- E 8 Giriş borusu
- E 9 Isı dağıtıcısı

P İZOLASYON KUTBUNUN PARÇALARI

- P 1 Uç somunu
- P 2 İzolasyon ceketi
- P 3 Koni
- P 4 Koni izolatörü
- P 5 Küçük izolasyon diski
- P 6 Dişli bilezik
- P 7 Vidalı pim
- P 8 Seramik yatak
- P 9 Elektrot teli (pota tutturuculu)

A ÇIKIŞ VALFİNİN PARÇALARI

- A 1 Çıkış valf vidası
- A 2 Valf somunu
- A 3 Valf contası

B BOMBANIN PARÇALARI

- B 1 Vidalı kapak
- B 2 Bomba başı
- B 3 Bomba silindiri

Şekil 3.1. Deneyde kullanılan sabit basınçlı kalorimetre bombasının şematik gösterimi

3.3. ATIK ÖRNEKLERİYLE İLGİLİ ANALİZLER

Numunelerden yaklaşık olarak 3' er kg alınmıştır. Öncelikle her kilogramından üretilen atık miktarları saptanmıştır. Bunun için örnekler kabuklu ve yenilebilir kısımları ile birlikte tartılmış, ardından da; bu maddelerin kabukları ve çekirdeklerinin tartımları alınmıştır. Elde edilen veriler; yenilebilir kısmın ortalama kütlece yüzdeleri, kabuk ve artık ile çekirdek kısımlarının ortalama kütlece yüzdeleri olarak Çizelgelerde verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan tüm numunelerin içerdiği nem ve kül miktarları gravimetrik olarak Standart Yöntemlere göre saptanmış ve kütlece yüzdeleri hesaplanarak çizelgelerde verilmiştir [45].

Örneklerin ısı değerleri DIN 51708 ve ASTM D 240-50' de belirtilen Standart Yönteme göre sabit basınçlı kalorimetrede yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar kullanılarak, her bir numune için kuru ve külsüz (MAF) üst ısı değerleri hesaplanmış ve sonuçlar çizelgelerde verilmiştir.

3.3.1. Örneklerin Atık Miktarlarının Saptanması

Örnek olarak alınan maddelerin evlerde kullanılması sırasında uygulanan işlemlere benzer bir işlem, laboratuvarında uygulanarak yenilebilir ve atık miktarlarının saptanmasına çalışılmıştır. Her örneğe uygulanan işlemler ve örneklerin yenilebilir kısımları, kabuk ve çekirdek kısımları ayrı ayrı miktarları gravimetrik olarak saptanmıştır. Her grupta yer alan maddeler ayrı ayrı açıklanmıştır.

Kullanılan örneklerin kütlece %' leri hesaplanmıştır. İstatiksel analizler STATISTICA istatistik paket programı kullanılarak hesaplanmıştır [46].

3.3.1.1. Meyvelerin atık miktarlarının saptanması

Meyvelerin evlerde kullanılması sırasında uygulanan işlemlere benzer bir işlem, laboratuvarında uygulanarak yenilebilir ve atık miktarlarının saptanmasına çalışılmıştır. Her meyveye uygulanan işlemler ve meyvelerin yenilebilir kısımları,

kabuk ve çekirdek kısımları ayrılarak miktarları gravimetrik olarak saptanmıştır. Her meyveye uygulanan işlemler sırayla verilmiştir.

- 1'er kg elma alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Elmanın kabuk kısmı yaklaşık 1-2 mm kalınlığında soyulmuş ve iç kısmı meyve soyacağıyla çıkartılarak kabuklarıyla birlikte tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 3'er kg karpuz ve kavun ayrı ayrı alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Karpuz ve kavun kabuklarının miktarlarının saptanmasında; yenilebilir kısımları, kabuklarına yapışmamasına azami titizlik gösterilerek kesilmiş ve kabuktan ayrılarak tartılmıştır. Ayrıca karpuz ve kavunun çekirdekleri ayrılıp tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 1'er kg kivi alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Kivinin kabuk kısmı yaklaşık 1-2mm kalınlığında soyularak yenilebilir kısmı ve atık kısmı ayrı ayrı tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 1'er kg portakal, mandalina, limon, greyfurt ve muzdan ayrı ayrı alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Portakal, mandalina, limon, greyfurt, muz örneklerinin, yenilebilir kısımları kabuklarına yapışmayacak şekilde hassas bir şekilde soyulmuş ve yenilebilir kısımlarıyla kabuk kısımları ayrı ayrı tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 1'er kg yeşil üzüm ve siyah üzüm ayrı ayrı alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Yeşil ve siyah üzümün taneleri, atık kısmı olan salkımı ve bazı olgunlaşmamış tanelerden ayrılarak ayrı ayrı tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 1'er kg kayısı alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Kayısının yenilebilir kısmı, çekirdeği ve çekirdeğinin içi ayrılarak, her kısım ayrı ayrı tartılarak kütleleri saptanmıştır.

3.3.1.2. Sebzelerin atık miktarlarının saptanması

Sebzelerin evlerde kullanılması sırasında uygulanan işlemlere benzer bir işlem, laboratuvarında uygulanarak yenilebilir ve atık miktarlarının saptanmasına çalışılmıştır. Her sebzeye uygulanan işlemler, sebzelerin yenilebilir kısımları ve

kabuk kısımları ayrılarak miktarları gravimetrik olarak saptanmıştır. Her sebzeeye uygulanan işlemler sırayla verilmiştir.

- 1'er kg salatalık, patates ve havuç ayrı ayrı alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Salatalık, patates, havuç gibi sebzeler 1-2 mm kalınlığında soyularak atık ve yenilebilen kısma ayrılmış ve her iki kısmın kütleleri ayrı ayrı tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 1'er kg dolmalık biber ve sivri biber ayrı ayrı alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Dolmalık biberin ve sivri biberin atık olan sap kısımları, tam meyve kısımlarından kesilerek ayrılmıştır. Yenilebilir kısımları ile atık kısımları ayrı ayrı tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 1'er kg domates alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Domatesin atık olan sap kısmı kesilerek çıkartılmıştır. Yenilebilir kısmı ve atık kısmı ayrı ayrı tartılarak kütleleri saptanmıştır.
- 1'er kg marul alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Marulun yenilebilir kısmı, sap ve en dış yaprak kısmından ayrılarak miktarları ayrı ayrı saptanmıştır.
- 1'er kg patlıcan alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Patlıcanın kabuk kısımları yaklaşık 1-2 mm kalınlığında soyulmuştur. Ayrıca sap kısmı olan uç kısmı da kökünden kesilmiştir. Yenilebilir kısmıyla atık kısmı ayrı ayrı tartılmıştır.
- 1'er kg kuru soğan alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Kuru soğan soyularak kabuk kısmı atık olarak ayrılmıştır. Yenilebilir kısmı ve atık kısmı ayrı ayrı tartılmıştır.
- 1'er kg yeşil fasulye alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Yeşil fasulyenin yenilebilir kısmı ile atılan uç kısımları ayrı ayrı tartılmıştır.
- 1'er kg mısır alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Mısırın yenilebilir kısmı olan taneleri ve attığı olan kabukla koçanı ayrı ayrı tartılmıştır.

3.3.1.3. Diğer bazı organik maddelerin atık miktarlarının saptanması

Diğer bazı organik maddelerin evlerde kullanılması sırasında uygulanan işlemlere benzer bir işlem, laboratuvarında uygulanarak yenilebilir ve atık miktarlarının saptanmasına çalışılmıştır. Her diğer bazı organik maddelere uygulanan

işlemlerde, diğer bazı organik maddelerin yenilebilir kısımları ve kabuk kısımları ayrılarak miktarları gravimetrik olarak saptanmıştır. Her diğer bazı organik maddelere uygulanan işlemler sırayla verilmiştir.

- 1'er kg ceviz, badem ve fındık ayrı ayrı alınarak 3' lü paralel çalışılmıştır. Cevizin, bademin ve fındığın yenilebilir kısımlarından kabuk kısımları ayrılmış ve ayrı ayrı tartılmıştır.

3.3.2. Atık Örneklerinde Nem Tayini

Atık örneklerinden, yaklaşık 25-30' ar g tartılarak, sabit tartımları daha önceden belirlenmiş olan petri kaplarına konulmuştur. Örnekler 105°C etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Petri kaplarındaki örnekler sabit tartıma gelinceye kadar kuru madde miktarı ve nem Standart Yöntemlere göre saptanmıştır. Örneklerdeki kütlece % nem miktarları hesaplanmış ve çizelgeler halinde verilmiştir. Deneysel çalışmalar 3 paralel olarak yapılmış ve ortalamaları hesaplanmıştır.

3.3.3 Atık Örneklerinde Kül Tayini

Kurutulmuş atık örneklerinden, yaklaşık 1' er g tartılarak, sabit tartımları daha önceden belirlenmiş olan porselen krozelere konulmuştur. Porselen krozelerdeki örnekler Standart Yöntemlere göre yaklaşık 1h süreyle sabit tartıma gelinceye kadar 550°C' de kül fırınında yakılmıştır. Porselen krozelerdeki örnekler sabit tartıma geldikten sonra kütlece % kül miktarları hesaplanmış ve çizelgeler halinde verilmiştir. Deneysel çalışmalar 3 paralel olarak yapılmış ve ortalamaları hesaplanmıştır.

3.3.4. Atık Örneklerinin Üst Isıl Değerlerinin Tayini

Kalorimetre cihazında üst ısıl değerinin tayininde örnek olarak daha önce kurutulmuş örnekler kullanılmış, kuru örnekler havanda öğütülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra, 0,1mm çapındaki platin telden, kalorimetre cihazı için

yeterli uzunlukta (10cm) bir parça alınarak bunun hassas terazide tartımı yapılmıştır. İçerisinden platin tel geçirilmiş ve presle tablet haline getirilmiş olan numune tartılıp, kalorimetre bombası içerisine konularak ağzı sıkıca kapatılmıştır. Kalorimetre bombası 2,5 Mpa'lık oksijen gazı ile doldurulmuştur. Kalorimetre cihazının içerisindeki hazne kalorimetre bombasının kutupları ıslanmayacak miktarda damıtık su ile doldurulmuş ve kalorimetre bombası sarsılmadan yerleştirilmiştir. İlk aşama olarak karıştırıcı motor harekete geçirilmiş ve Beckmann termometresindeki sıcaklık düşüşü izlenerek her dakika kaydedilmiştir. Bu işlem sıcaklığın sabitlenmesine kadar devam etmiştir. Tüm bu işlemler standartlara uygun olarak yapılmıştır.

Yakma safhasında ise sıcaklığın sabit kaldığı andan bir dakika sonra yakma sinyalinin verilmiş ve numunenin yanması sağlanmıştır. Numunenin yanması ile birlikte Beckmann Termometresindeki ani yükselme görülmüştür. Sıcaklık yeniden sabitleninceye kadar da her dakika kaydedilmiş, sıcaklığın yaklaşık olarak 3 dakika içinde maksimuma ulaştığı ve yeniden düşmeye başladığı saptanmıştır. Son safhada ise Beckmann Termometresindeki sıcaklık düşüşü her dakika kaydedilerek sabit kalıncaya veya çok az değişme oluncaya kadar ölçümleri yapılmıştır.

Kalorimetre cihazında; Beckmann Termometresi suyun absorpladığı sıcaklık değerini ölçmektedir. Oysaki kalorimetre cihazı içerisinde kalorimetre bombasının çevresine vermiş olduğu sıcaklığın bir kısmı da, haznede bulunan su, suyun konulduğu kap, termometre ve karıştırıcı tarafından absorplanmaktadır. Bu absorplanan enerjinin bilinmesi gerekir ki örneğin ısı değeri doğru saptanabilsin. Kalorimetrede absorplanan enerjiyi belirleyen kalorimetre sabiti (W) hesaplanır. Bunun için yanma enerjisi kesin olarak bilinen bir madde (benzoik asit) kullanılarak (5 paralel olarak) kalorimetre sabiti (W) örneklerin ısı değerinin hesaplamalarında kullanılmıştır.

Kalorimetre cihazında örneklerin yakılması süresinde, zamana karşı saptanan sıcaklık artışlarında standart olarak kullanılan formüllerle üst ısı değerleri hesaplanmıştır [47].

$$H_o = \frac{W (t_m + c - t_o) - \Sigma b}{G}$$

H_o : Üst ısı değeri,

W : Kalorimetre sabiti,

t_o : Yakma anından önce kaydedilen ilk sıcaklık,

t_m : Yakma safhasında kaydedilen son sıcaklık,

Σb : Numune dışındaki diğer maddelerin (yakma teli, kükürt, azot) yanması ile meydana gelen ısı değişimleri toplamı,

G : Kurutulmuş numune tartımı,

c : Kalorimetre ile dış ortam arasındaki ısı alışverişini düzeltme faktörü.

$$c = m \Delta n - (\Delta n + \Delta v) F$$

m : Esas deney için geçen toplam zaman (dk),

Δn : Son safhada dakikada ısı düşüşlerinin ortalaması,

Δv : İlk safhada dakikada ısı düşüşlerinin ortalaması,

$$F = m - \frac{1}{t_n - t_v} (\Sigma t + \frac{t_o + t_m}{2} - m t_v)$$

t_v : İlk safhada kaydedilen sıcaklıkların ortalaması,

t_n : Son safhada kaydedilen sıcaklıkların ortalaması,

Σt : Yakma safhasında ilk ve son okunan sıcaklıklardan ayrı sıcaklıkların toplamı.

Üst ısı değerinin hesaplanması için oluşturulan matematiksel model, Fortran IV program dilinde bilgisayar programı olarak (Higher Heating Value by Joule, M. H. Seçilmiş) hazırlanmıştır. Hesaplamalar bilgisayar ortamında yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, İçel'de Belediye çöpünü oluşturan geri dönüşümsüz organik yapıdaki bileşenleri oluşturan meyveler, sebzeler ve diğer bazı organik maddeler kullanılmıştır. Evlerde işleme proseslerine göre uygulanan proses sonucu, geldiği şekliyle kullanılan ürünlerin her birinin ayrı ayrı birim kütlesi başına üretilen atık miktarları gravimetrik olarak saptanmıştır. Kütlece yüzdeleri hesaplanarak, bulgular çizelgeler halinde (Çizelge 4.1-Çizelge 4.3) verilmiştir. Ayrıca meyve ve sebzelerden hazırlanan katı atıkların, diğer bazı organik maddelerin ve atıksu arıtma çamurlarının nem, kül ve üst ısı değerleri gibi bazı özellikleri saptanmıştır. Kütlece nem ve kül yüzdeleri hesaplanmış ve bulgular Çizelge 4.4- Çizelge 4.7' de verilmiştir. Meyve ve sebzelerdeki katı atık miktarları, meyve, sebze, diğer organik madde ve atıksu arıtma çamurlarının özellikleri, kaynaklarda bulunan verilerle ve kendi aralarında alt başlıklar halinde tartışılmıştır.

Örnekler, Tanner diyagramına yerleştirilerek yanabilirlik özelliklerine bakılmıştır. Bu değerler kullanılarak, istatistiksel verilerin de yardımıyla Belediye çöpünü oluşturan geri dönüşümsüz bileşenlerin, enerji potansiyelleri hesaplanmıştır.

Elde edilen verilerle, konuyla ilgili yapılacak çalışmalara veri tabanının oluşturulması da hedeflenmiştir.

4.1. ÖRNEKLERDEKİ ATIK MİKTARLARIYLA İLGİLİ BULGULAR ve TARTIŞMA

Meyvelerde, sebzelerde ve diğer organik maddelerde üretilen atık miktarlarıyla ilgili bulgular Çizelge 4.1- Çizelge 4.3' te verilmiştir. Her örnekte 1kg yaş hammaddeden oluşan atık miktarları, gravimetrik olarak saptanmış ve üretilen katı atığın kütlece yüzdesi hesaplanmıştır.

4.1.1. Meyve Atıklarının Miktarlarıyla İlgili Bulgular ve Tartışma

Çizelge 4.1' de görüldüğü gibi; meyveler içerisinde, atık yüzdeleri açısından katı atık yüzde oranı en fazla olan meyve % 41,2 ile karpuzdur. Bunu sırasıyla; % 39,1 muz, % 36,8 portakal, % 32,3 greyfurt, % 30,3 kavun, ve diğerleri izlemektedir. Katı atık yüzdesinin en düşük olduğu meyve ise % 5,5 ile siyah üzumdür. Yenilebilir madde miktarı açısından ise durum bu sıralamanın tam tersidir.

Çizelge 4.1. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan meyve ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENİLEBİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Elma	82,7 ± 2,91	17,3 ± 2,91	-
Karpuz	58,8 ± 1,89	40,2 ± 1,87	1,0 ± 0,18
Kavun	69,7 ± 2,41	27,8 ± 1,69	2,5 ± 0,95
Muz	60,9 ± 0,35	39,1 ± 0,35	-
Yeşil Üzüm	92,9 ± 0,38	7,1 ± 0,38	-
Siyah Üzüm	94,5 ± 1,04	5,5 ± 1,04	-
Kayısı	92,3 ± 0,08	5,7 ± 0,77	2,0 ± 0,35
Kivi	81,3 ± 2,14	18,7 ± 2,13	-
Portakal	63,2 ± 2,27	36,8 ± 2,27	-
Mandalına	70,8 ± 1,85	29,2 ± 1,85	-
Limon	74,3 ± 1,48	25,7 ± 1,48	-
Greyfurt	67,7 ± 0,86	32,3 ± 0,86	-

Bu meyvelerin kullanımı mevsimlere göre değişmektedir. Üretim dönemlerinde belediye çöpünde bulunma yüzdesi de ona göre değişecektir. Meyvenin en bol kullanıldığı mevsimlerde çöp özelliğini belirleyen bileşenin söz konusu meyvenin özelliği olacağı açıktır. Ayrıca meyvelerin işlenerek konsantre meyve sularının üretildiği işletmelerde çıkan katı atıklar belediye çöpü bileşenleri arasında önemli yer tutacaktır. Bu da işletmelerin kapasitesine bağlı olarak değişecektir.

4.1.2. Sebze Atıklarının Miktarlarıyla İlgili Bulgular ve Tartışma

Çizelge 4.2.'deki maddelerden mısır atığı olarak koçanı ve kabuğu alınmıştır. Ayrıca domates, patlıcan ve dolmalık biberin yaprak ve sapları yukarıdaki hesaplama katılmamıştır.

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi; sebzeler içerisinde, atık yüzdeleri açısından katı atık yüzde oranı en fazla olan sebze % 53,7 ile mısırdır. Bunu sırasıyla; % 24,7 patlıcan, % 21,9 salatalık, % 21,8 havuç, % 20,6 marul, ve diğerleri izlemektedir. Katı atık yüzdesinin en düşük olduğu meyve ise % 0,9 ile domatestir. Yenilebilir kısmın yüzde oranı ile kabuk ve atık maddenin kütlece yüzdeleri ters orantılı olduğundan, yenilebilir madde miktarı açısından değerlendirme yapıldığında durum bunun tam tersi olmaktadır.

Çizelge 4.2. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan sebze ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISIMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISIMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Salatalık	78,1 ± 0,94	21,9 ± 0,94	-
Dolmalık Biber	80,3 ± 2,54	19,7 ± 2,54	-
Sivri Biber	91,2 ± 2,06	8,8 ± 2,06	-
Patates	87,7 ± 2,10	12,3 ± 2,10	-
Domates	99,1 ± 0,15	0,9 ± 0,15	-
Marul	79,4 ± 1,55	20,6 ± 1,55	-
Havuç	78,2 ± 0,10	21,8 ± 0,10	-
Patlıcan	75,3 ± 1,30	24,7 ± 1,30	-
Mısır	46,3 ± 0,74	53,7 ± 0,74	-
Kuru Soğan	96,7 ± 0,46	3,3 ± 0,46	-
Yeşil Fasulye	97,3 ± 0,59	2,7 ± 0,59	-

4.1.3. Diğer Bazı Organik Atıklarının Miktarlarıyla İlgili Bulgular ve Tartışma

Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerinden diğer organik madde ve atıklar olarak Çizelge 4.3'te verilen ceviz, fındık ve badem kendi arasında yenilebilir ve atık kısım açısından değerlendirildiğinde; atık yüzdeleri açısından katı atık yüzde oranını

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerlerin yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerini yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerlerin yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerlerin yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerini yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerini yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerini yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerlerin yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerlerin yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerlerin yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerini yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

en fazla % 65,8 ile ceviz oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla; % 71,4 badem ve % 14,7 ile fındık izlemektedir.

Çizelge 4.3. Geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerini oluşturan diğer organik madde ve atıklarının kütlece yüzdeleri.

NUMUNE TÜRÜ	YENEİLİR KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	ATIK KISMIN ORT. KÜTLECE (%)'leri	
		KABUK ve ARTIKLARIN KÜTLECE (%)'leri	ÇEKİRDEKLERİN KÜTLECE (%)'leri
Ceviz	34,2 ± 0,16	65,8 ± 0,16	-
Fındık	85,3 ± 0,21	14,7 ± 0,21	-
Badem	28,6 ± 0,36	71,4 ± 0,36	-

4.2. ATIK ÖRNEKLERİNDE NEM, KÜL VE ÜST ISIL DEĞERLERİN SAPTANMASI

Bu çalışmada tüm maddelerin nem, kül ve organik maddeleri Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3'te de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca tüm maddelerde nem, kül ve üst ısıl değerler saptanmış ve Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' daki değerler saptanmıştır.

4.2.1. Meyve Atıklarında Nem, Kül ve Üst Isıl Değerlerin Saptanması

Çizelge 4.4'e bakıldığında; genel olarak tüm meyvelerin nem oranlarının %70' den fazla olduğu görülmektedir. Burada en fazla nem % 92 oranıyla karpuz kabuğunda bulunmuştur. En az nem ise % 72,83 ile karpuz çekirdeğindedir.

Kül açısından olaya bakıldığında ise; muz kabuğu % 8,91 ile en fazla küle sahipken, kayısı çekirdeğinin % 1,00 ile en az küle sahip olduğu görülmektedir.

Üst ısıl değer açısından Çizelge 4.4 incelendiğinde; üst ısıl değerlerin yeşil üzüm atığında 21,00 Mj/kg ile en fazla bulunurken, en az ise 15,48 Mj/kg ile muz kabuğunda bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan ve İçel' de üretimi olan meyveler 1 460,7 Gg/yıl (yaş) olup bu meyvelerden üretilen toplam atık miktarı 76,9 Gg/yıl (kuru) 'dır. Meyvelerden üretilen atıkların enerji potansiyelleri ise 1,47 Pj/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan meyve atıklarından hesaplanan enerjinin 2 no'lu fuel-oil ve elektrik enerjisi ile enerji eşdeğeri hesaplanmış ve 2 no'lu fuel-oil için 34,00 Gg, elektrik enerjisi eşdeğeri için ise 407,91 GWh olduğu saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan ve İçel' de üretimi olan sebzeler 1 245,16 Gg/yıl (yaş) olup bu sebzelerden üretilen toplam atık miktarı 53,79 Gg/yıl (kuru) 'dır. Sebzelerden üretilen atıkların enerji potansiyelleri ise 0,96 Pj/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan sebze atıklarından hesaplanan enerjinin 2 no'lu fuel-oil ve elektrik enerjisi ile enerji eşdeğeri hesaplanmış ve 2 no'lu fuel-oil için 22,14 Gg, elektrik enerjisi eşdeğeri için ise 265,66 GWh olduğu saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan ve İçel' de üretimi olan diğer bazı organik maddeler ise 5,67 Gg/yıl (yaş) olup bu diğer bazı organik maddelerden üretilen toplam atık miktarı 3,52 Gg/yıl (kuru) 'dır. Diğer bazı organik maddelerden üretilen atıkların enerji potansiyelleri ise 0,07 Pj/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan diğer bazı organik madde atıklarından hesaplanan enerjinin 2 no'lu fuel-oil ve elektrik enerjisi ile enerji eşdeğeri hesaplanmış ve 2 no'lu fuel-oil için 1,67 Gg, elektrik enerjisi eşdeğeri için ise 20,12 GWh olduğu saptanmıştır.

Belediye çöpünü oluşturan ve bu çalışmada kullanılan, bitkisel kaynaklı geri dönüşümsüz tüm organik yapıdaki bileşenlerin 2,50 Pj/yıl enerji potansiyelinin olduğu hesaplanmıştır. Bu atıkların 2 no'lu fuel-oil enerji eşdeğeri 57,81 Gg/yıl olup elektrik enerjisi eşdeğerinin ise 693,69 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır. Elde edilen veriler geri dönüşümsüz belediye katı atık bileşenlerinin enerji kaynağı olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Tüm bitkisel kaynaklı geri dönüşümsüz organik maddeler düşünüldüğünde bu miktarların daha da artacağı ortadadır.

Çizelge 4.8. İçel'deki meyvelerin ve diğer atıkların yıllık üretim miktarları ve enerji eşdeğerleri

ATIK TÜRLERİ	CİNSİ	MİKTARI			ATIK ÖZELLİKLERİ			ATIKLARDAN ÜRETİLEN ENERJİ (Tj/yl)	ATIK ENERJİSİNE EŞDEĞER ENERJİ TÜRLERİ	
		YILLIK TARIMSAL ÜRÜN ⁽¹⁾ (Yaş) (Gg/yl)	ATIK MİKTARI (Kuru) (Gg/yl)	NEM (%)	KÜL (Kuru Temel) (%)	ÜST ISIL DEĞER (Kuru ve Küllü) (Mj/kg)	2 NO'lu FUEL-OİL (Gg)		ELEKTRİK ENERJİSİ (Gwh)	
BİTKİSEL ATIKLAR	Meyveler	Elma	90,95	2,82	82,1	2,6	20,96	59,03	1,37	16,40
		Karpuz	56,75	4,02	82,4	5,7	17,22	69,14	1,60	19,21
		Kavun	2,27	0,13	79,8	4,7	17,47	2,23	0,05	0,62
		Muz	309,71	15,38	87,3	8,9	15,48	238,07	5,51	66,13
		Üzüm	174,24	2,41	78,0	5,3	20,05	48,42	1,12	13,45
		Kayısı	210,29	2,61	78,2	1,7	18,70	48,86	1,13	13,57
		Portakal	176,40	17,40	73,2	4,9	20,95	364,47	8,44	101,24
		Mandalina	83,67	5,99	75,5	4,0	19,68	117,80	2,73	32,72
		Limon	254,75	17,68	73,0	5,3	19,54	345,41	8,00	95,95
		Greyfurt	101,67	8,47	74,2	5,3	20,66	175,04	4,05	48,62
		Ceviz	1,50	0,86	12,9	1,13	21,20	18,23	0,42	5,06
		Badem	4,17	2,66	10,5	2,07	20,34	54,20	1,25	15,06
		TOPLAM		1 466,37	80,42	-	-	-	1 540,91	35,67

Mj : Mega (10⁶) joule, Gg : Giga (10⁹) gram, Pj : Peta (10¹⁵) joule, Gwh : Giga watt saat

⁽¹⁾ : T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), Temel Ekonomik ve Sosyal Göstergeler, İçel İli Tarımsal Üretim İstatistikleri, [48].

Çizelge 4.9. İçel'deki sebzeilerin yıllık üretim miktarları ve enerji eşdeğerleri

ATIK TÜRLEİ	CİNSİ	MİKTARI			ATIK ÖZELLİKLERİ			ATIKLARDAN ÜREİLEN ENERJİ (Tj/yıl)	ATIK ENERJİSİNE EŞDEĞER ENERJİ TÜRLEİ	
		YILLIK TARIMSAL ÜRÜN ⁽¹⁾ (Yaş) (Gg/yıl)	ATIK MİKTARI (Kuru) (Gg/yıl)	NEM (%)	KÜL (Kuru temel) (%)	ÜST ISIL DEĞER (Kuru ve Külü) (Mj/kg)	2 NO'LU FUEL-ÖİL (Gg)		ELEKTRİK ENERJİSİ (Gwh)	
BİTKİSEL ATIKLAR	Sebzele	Salatalık	136,43	1,52	94,9	3,3	17,45	26,59	0,62	7,39
		Biber	206,66	3,61	87,8	5,1	14,54	52,42	1,21	14,56
		Patales	8,57	0,18	82,7	5,7	16,28	2,97	0,07	0,82
		Domates	411,85	0,43	88,3	3,1	14,67	6,36	0,15	1,77
		Marul	38,12	0,89	88,7	3,3	13,52	12,00	0,28	3,33
		Havuç	0,75	0,02	88,5	4,6	16,79	0,32	0,01	0,09
		Pathcan	137,11	5,11	84,9	5,2	15,92	81,41	1,88	22,61
		Mısır	278,13	41,82	72,0	4,9	18,44	771,15	17,85	214,21
		Kuru soğan	7,69	0,07	70,5	5,9	14,96	1,12	0,03	0,31
		Yeşil Fasulye	19,85	0,13	75,9	4,9	15,68	2,03	0,05	0,56
		TOPLAM	1 245,16	53,79	-	-	-	956,37	22,14	265,66

Mj : Mega (10⁶) joule, Gg : Giga (10⁹) gram, Pj : Peta (10¹⁵) joule, Gwh : Giga watt saat

⁽¹⁾ : T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), Temel Ekonomik ve Sosyal Göstergeler, İçel İli Tarımsal Üretim İstatistikleri, [48].

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada geri dönüşümsüz belediye çöp bileşenlerindeki meyve atıkları, sebze atıkları, diğer bazı organik atıklar ve İçel ilinde faaliyet gösteren bazı fabrikaların atıksu arıtma çamurlarının nem, kül ve ısı değerleri ile ilgili bulgularda şu sonuçlara varılmıştır.

1. Meyvelerin gıda olarak kullanılması sırasında kullanılan meyvelerin türlerine göre üretilen atık miktarları da değişmektedir. Meyvelerin kullanıldığı şekliyle kütlece %5,5 ile 40,2' sinin atık olarak üretildiği bulunmuştur. Meyve türlerine göre meyve atıklarının nemleri % 72,83 ile 92,00 (kütlece) arasında, kuru meyve atıklarındaki külün % 1,00 ile 8,91 (kütlece) arasında ve üst ısı değerinin ise 15,48 ile 21,00 Mj/kg (kuru) arasında değiştiği saptanmıştır.
2. Sebzelerin gıda olarak kullanılması sırasında kullanılan sebzelerin türlerine göre üretilen atık miktarları da değişmektedir. Sebzelerin kullanıldığı şekliyle kütlece % 0,9 ile 53,7' sinin atık olarak üretildiği bulunmuştur. Sebze türlerine göre sebze atıklarının nemleri % 70,28 ile 94,94 (kütlece) arasında, kuru sebze atıklarındaki külün % 3,06 ile 10,87 (kütlece) arasında ve üst ısı değerinin ise 13,52 ile 19,74 Mj/kg (kuru) arasında değiştiği saptanmıştır.
3. Diğer organik maddelerin gıda olarak kullanılması sırasında kullanılan ve türlerine göre üretilen atık miktarları da değişmektedir. Diğer organik maddelerin kullanıldığı şekliyle kütlece %14,7 ile 65,8' inin atık olarak üretildiği bulunmuştur. Diğer organik maddelerin türlerine göre diğer organik maddelerin atıklarının nemleri % 10,54 ile 85,19 (kütlece) arasında, kuru meyve atıklarındaki külün % 1,13 ile 10,39 (kütlece) arasında ve üst ısı değerinin ise 11,56 ile 21,20 Mj/kg (kuru) arasında değiştiği saptanmıştır.
4. Atıksu arıtma çamurlarında ise türlerine göre üretilen atık miktarları da değişmektedir. Atıksu arıtma çamurlarının kütlece % 0,9 ile 53,7' sinin atık olarak üretildiği bulunmuştur. Atıksu arıtma çamurları türlerine göre atıksu

arıtma çamurlarının nemleri % 27,34 ile 99,57 (kütlege) arasında, kuru atıksu arıtma çamurlarındaki külün % 10,32 ile 19,32 (kütlege) arasında ve üst ısı değeri ise 7,74 ile 19,19 Mj/kg (kuru) arasında değiştiği saptanmıştır.

5. Örneklerin nem, kül ve organik maddelerin kütlege yüzdeleri Tanner diyagramında gösterilmiştir. Ceviz, fındık, vb. maddelerden üretilen atıkların kurutulmaya gerek kalmadan yanabilenler bölgesine düştüğü görülmüştür. Diğer atıkların nem içeriklerinin fazla olmasından dolayı yanabilenler bölgesine düşmediği görülmüştür. Tam kurutulduğunda organik madde oranının yüksek olduğu ve külün düşük olduğu bölgeye düştüğü açıkça görülmektedir. Nem oranının kurutulmuş olarak düşürülmesi halinde bitkisel esaslı tüm atıkların yanabilir bölgeye girdiği görülmektedir.
6. İçel ili 1997 yılı DİE elektrik enerjisi tüketimi verilerine göre [49] elektrik enerjisi tüketimi 1,69 PWh/yıl olup, bu çalışmada kullanılan bitkisel esaslı atıkların 0,69 TWh/yıl elektrik enerjisi eşdeğerine sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu da geri dönüşümsüz bitkisel kaynaklı maddelerin, İçel ilinde 1997 yılı itibarıyla tüketilen elektrik enerjisinin $\frac{0}{100}$ 0,4 eşdeğerine sahip olduğunu göstermektedir. Bitkisel kaynaklı tüm atıklar hesaplandığında yüksek değerlerin elde edileceği ortadadır. Bu atıkların potansiyel bir enerji kaynağı olacağı da görülmektedir.

Bu çalışmada elde edilen veriler, belediye çöpündeki geri dönüşümsüz bileşeni oluşturan maddelerin bir enerji kaynağı olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Deneylerde kullanılan atıklar, tek başına bazı işletmelerde (meyve suyu fabrikalarında, konserve fabrikalarında, vb.) potansiyel olarak üretilmektedir. İşletmeler, bu atıkları enerji kaynağı olarak kullanılmasını hedeflediklerinde, çalışma bulgularını kullanarak ekonomik değerlendirme yapabilirler. Bu maddelerin doğrudan yakma veya yaygın yakıt üretim proseslerinde hammadde olarak kullanımında enerji ekonomisi de hesaplanabilir.

KAYNAKLAR

- [1]. Bond, G. R. ve Straub P. C., CRC Handbook of Environmental Control "Solid Waste", vol 2, s10-25, (1973).
- [2]. Taner F., Aksan Y., Çakır Ö., Güven Y., Halisdemir B., Baydar G., Odabaşı E. and Pehlivan E., "Separation, Collection, Transportation of MSW-Case Study", Fresenius Environmental Bulletin, 8: 313-320, (1999).
- [3]. Riley, G. A.; "The Carbon Metabolism and Photosynthetic Efficiency of the Earth as a Whole", Am. Sci. 32 (2): 129-134., (1944).
- [4]. T. C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü "Çevre İstatistikleri, İmalat Sanayi, 1992 Yılı Atık İstatistikleri", Ankara, 272 s, (1996).
- [5]. "Normal Quantities of Sludge Produced by Different Treatment Processes", Metcalf and Eddy Inc., "Wastewater Engineering", McGraw-Hill, New York, 1335 s, (1991).
- [6]. Resmi Gazete, sayı: 20814, tarih 14 Mart 1991, "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", Ankara.
- [7]. Demir, A. ve Tüylüoğlu, B. S., "Düzenli Depolama Tesislerinin Tasarım ve İşletilmesi", Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu'99, 273-281, (1999).
- [8]. Altaş, M., Fikret, H. ve Çelebi, E., "Enerji İstatistikleri", Türkiye 5. Enerji Kongresi, Ankara, 210 s, (1990).
- [9]. Butt, E. P., Morse, G. K., Guy, J. A. and Lester, J. N., "Co-Recycling of Sludge and Municipal Solid Waste: A Cost-Benefit Analysis", Environmental Technology, Vol. 19, p 1163-1175, (1998).

- [10]. Kaçar, Y., "Evsel Katı Atıklardan Yakma Prosesi ile Enerji Eldesi", 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir, p (Kaçar 1-15), (1999).
- [11]. Franjo, C. F., Ledo, J. P., Anon, J. A. R. and Regueira, L. N., "Calorific Value of Municipal Solid Waste", Environmental Technology, Vol. 13, p 1085-1089, (1992).
- [12]. Scarlett, T., "WTE Report Focuses on Socioeconomics", World Wastes, Vol. 37, No. 5, p 14., (1994).
- [13]. Demir, İ., Altınbaş, M. ve Arıkan, O., "Katı Atıklar İçin Entegre Yönetim Yaklaşımı", Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu 99, İstanbul, Çevre Yönetimi ve Kontrolü Cilt 3, p 252-262, (1999).
- [14]. Tchobanoglous, G., Theisen, H., ve Vigil, S., "Integrated Solid Waste Managment Engineering Principles and Managment Issues", McGraw-Hill. Inc. Chapter 3, p39-125, (1993).
- [15]. Goldberg, M. S., Alhomsı, N., Goulet, L. ve Riberdy, H., "Incidence of Cancer Among Persons Livng Near a Municipal Solid Waste Landfill Site in Montreal, Quebec", Archives of Env. Health, vol 50, iss 6, p416-424, (1995).
- [16]. Winkler, M., "Sewage Sludge Treatments", Chemistry & Industry, vol 5, p237-240, (1993).
- [17]. Neissen, W. R., "Properties of Waste Materials", in D. G., Wilson (ed.), Handbook of Solid Waste Managment, Van Nostrand Reinhold, New York, (1987).
- [18]. Uslu, O., Toprak., H., Küçükğöl, E. Y., Şen, G., Sönmez, C., Pieroni, M. ve Çeber, M. Ö., "Plastik ve Metal Ambalajların Toplanması ve Geri Kazanımı Araştırma Projesi", ÇEVKO Vakfi Raporu, 72s, (1991).

- [19]. Erdin, E., "Türkiye Geneline Katı Atık Potansiyeli ve Çözüm Yollarının Araştırılması", Çevre 87 Sempozyumu, İzmir, (1987).
- [20]. Erdin,E., "Kağıtların Geri Kazanılması", Türkiye' de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu, 1-2 Bildiriler, İstanbul, (1991).
- [21]. Yiğit, V., "Şişecam Cam Toplama Faaliyetleri Raporu", İstanbul, 87 s, (1993).
- [22]. Beba. A., "Ambalaj Atıkları Sorunu ve Çözümü ile İlgili Görüş ve Öneriler",Çevre Teknolojisi Dergisi, sayı 9, İstanbul, (1993).
- [23]. Çevko Vakfı. Ambalaj Atıkları Raporu, s2-49, İzmir, 1993.
- [24]. Taner F., Aksan Y., Çakır Ö., Güven Y., Halisdemir B., Baydar G., Odabaşı E. and Pehlivan E., "Separation, Collection, Transportation of MSW-Case Study", Fresenius Environmental Bulletin, vol: 8, p313-320, (1999).
- [25]. World Health Organization (WHO), Solid Waste Managment: Selected Topics, Published by the Regional Office for Europe of the WHO in 1985, p1-5, Kopenhag, (1985).
- [26]. Tabassaran, O., "Katı Atıkların Değerlendirilmesi", Çevre 87 Sempozyumu, İzmir, (1987).
- [27]. Uğurlu M., "Katı Atıkların Yakma Teknolojisi Çevresel Açından Bir Değerlendirme",Çevre ve Mühendis Dergisi, Yıl:4, Sayı:10, s12-15, Ankara, (1996).
- [28]. Domalski, E. S., Ledford, A. E., Bruce, S. S. and Churney, K. L. "The Chlorine Content of MSW From Baltimore Country, Maryland and Broklyn, NY" Proceedings National Solid Waste Processing Conference, Denver, CO, ASME, New York, p 435-448, (1986).

- [29]. Kaiser, E., Combustion and Inceneration Processes Ed. Niessen WR Decker NY, 213 s., (1978).
- [30]. Williams, P. F., Energy from Waste "Introductory Lecture" Short Course, Universty of Leeds, 128 s, (1998).
- [31]. Aydın, A., Güngör, A., Teoman, P. ve Güçlü, H., "Atık Plastiklerin Değerlendirilmesinin Çevre Kirlenmesinin Önlenmesine ve Ekonomiye Katkısı", TÜBİTAK Raporu, E. H. No.: 89-013, (1989).
- [32]. Dinçer, S., "Plastik Atıkların Değerlendirilerek Çevre Kirlenmesinin Önlenmesi", "Katı Atık Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları", Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk milli Komitesi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 4.18-4.20, (1990).
- [33]. Akovalı, G., " Plastik Atıklar Sorunu ve Plastik Atıkların Değerlendirilmesi", Plastik ve Kauçuk, 31 s, (1988).
- [34]. Erdin, E., "Katı Atıkların Pelletlenerek Yakılması ve Etkileri", Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyumu, Erzurum, s 33-42, (1985).
- [35]. Seeker, W. R., Lanier, W. S. and Heap, M. P. "Municipal Waste Combustion Study", "Combustion Control of Organic Emissions", EPA Research Triangle Park, NC., (1987).
- [36]. Buekens, A. and Patrick, P. K., "Integrated Solid Waste Management", NY., 978 s, (1985).
- [37]. Saral, A. ve Gönüllü, M T., "Çeşitli Atıklar Üzerinde Uygulanan Değişik Termal Çevrim Prosesleri ve Bu Proseslerin Verimlilik Mukayesesi", I. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, 443-452, Bursa, (1996).

- [38]. Minowa, T., Ogi, T., Dote, Y. and Yokoyama, S., "Effect of Lignin Content on The Direct Liquefaction of Bark", International Chemical Engineering, Vol.34, No:3, pp428-430, (1994).
- [39]. Minowa, T., Yokoyama, S., Kishimoto, M. and Okakurat, T., "Oil Pruduction From Algal Cells of *Dunaliella tertiolecta* by direct Thermochemical Liquefaction", Fuel, Vol 74, No: 12, pp 1735-1738, (1995).
- [40]. Molton, P.M.; Miller, R.K.; Russell, J. A.; and Donovan, J.M.; "ACS Symposium" series No:144 Biomass as a Nonfossil Fuel Source Donald L. Klass, Editor p.138-162, (1981).
- [41]. Taner, F., "Thermochemical Treatment of Solid Waste Obtained from Wastewater Treatment Plant of Pulp and Paper Factory With Acetic Acid", MER3 Materials and Energy from Refuse Proc. 3rd Int. Symp. Antwerp, Belgium, A. Buckens, p.7.67-7.72, (1986b).
- [42]. Taner, F.; Boztepe, H.; Kimyonşen, U.; "Thermochemical Treatment of the Solid Waste obtained from NaOH Pulp and Paper Factory with 15% Acetic Acid and for Conversion to Crudes.", sub.to 2nd European Conf. on Env. Tech., June 22-26, Amsterdam., (1987b).
- [43]. Taner. F., "Thermochemical Treatment of Cotton Stalk for Conversion to Crudes in Presence of NaOH", Conf. on Renewable Energy Sources, 18-23 May, Madrid, (1986a)
- [44]. Taner, F.; "Ligno-Selülozik Katı Atıkların Enerji Kaynağı Olarak Kullanımı Yağ ve Biyogaza Dönüştürme Koşullarının Saptanması", ÇAG 79 TÜBİTAK projesi, Adana, (1988).
- [45]. American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 13th Edition, Washington. D. C., (1995).

[46]. Statsoft Inc. Statistica for Windows Release 5.0, Tulsa, OK., USA, (1995).

[47]. Alpar, S. R., Hakdiyen, İ. ve Bigat T., "Sınai Kimya Analiz Metodları", Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul, 528s, (1982).

[48]. T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), İçel İli Temel Ekonomik ve Sosyal Göstergeler, İçel İli Tarımsal Üretim İstatistikleri, Ankara, 330 s, (1997).

[49]. T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), İçel İli Temel Ekonomik ve Sosyal Göstergeler, 1997 Yılı İçel İli Elektrik Tüketimi, Enerji İstatistikleri, Ankara, 330 s, (1997).



T.C. YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.
YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Bülent HALİSDEMİR
Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ / 03.12.1973
Adresi : Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre
Mühendisliği Bölümü
Tel : (0324) 361 00 01-593
Faks : (0324) 361 00 32
E-posta : bhalisdemir@mersin.edu.tr

EĞİTİMİ

Lisans : 1992-1996 Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

KARIYERİ

Araştırma Görevlisi : 1998- Mersin Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü