

# KOMPOSTLANABİLİRLİK YÖNÜNDE EVSEL KATI ATIKLARIN İNCELENMESİ

S. Serkan NAS<sup>1</sup>, Adem BAYRAM<sup>2</sup>, Fatih SAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., K.T.Ü, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü  
29000 Gümüşhane-Türkiye; ssnas@ktu.edu.tr

<sup>2</sup> Arş. Gör., K.T.Ü, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü  
61080 Trabzon-Türkiye; abayram@ktu.edu.tr

<sup>1</sup> Arş. Gör., K.T.Ü, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü  
29000 Gümüşhane-Türkiye; sakafatih@gmail.com

## GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi katı atıklar ülkemizde de en önemli çevre sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yerel yönetimlerin en önemli görevlerinden birisi de oluşan bu katı atıkların toplanması, taşınması ve bertarafıdır. Katı atıkların bertarafında ise, geri kazanma, düzensiz depolama, düzenli depolama, kompostlama, yakma, piroliz, plazma ark yöntemleri uygulanabilmektedir. Uygun bertaraf yönteminin seçiminde katı atığın olduğu bölgenin çevresel şartlarının ve özelliklerinin bilinmesi çok önemlidir. Özellikle katı atık özellikleri uygun bertaraf etme yönteminin seçiminde en önemli sınırlayıcı etken olmaktadır.

Organik maddeler evsel katı atıkların önemli bir kısmını oluşturmaktadırlar. Genel atıkların düzenli ya da düzensiz depolanarak veya yakılarak bertaraf edilmelerinde organik katı atıklar istenmeyen bir takım sorunlar meydana getirmektedirler. Düzenli ya da düzensiz (vahşi) depolamada meydana getirdikleri sorunlardan bazıları; bozunup ayrışmaları sonucunda ortaya çıkan sızıntı suları ve bunların yer altı ve yüzeysel su kaynaklarını kirletme potansiyelleri, H<sub>2</sub>S (hidrojen sülfür) ve CH<sub>4</sub> (metan) gibi istenmeyen bazı gazlardır. Yakmada ise organik atıkların yüksek nem oranlarına ve düşük kalorifik değerlere sahip olmaları nedeniyle; ek yakıtı ihtiyacı duyulması ve istenmeyen birtakım gazların açığa çıkması sonucu hava kirliliğine neden olunması bu sorunlardan bazılarıdır. Bu sorunların çözümü mümkün olmakla birlikte maliyetleri büyük ölçüde artırmaktadır. Katı atık yönetiminin önem kazanması ile birlikte bu sorunlara ekonomik ve çevre dostu çözümlerin üretilmesi için çalışmalar başlatılmıştır. Sonuçta, organik katı atıkların kompostlaştırılarak organik gübre olarak değerlendirilebileceği görüşü ortaya çıkmıştır. Düzenli ya da düzensiz depolama ve yakma yöntemlerine karşı ciddi bir seçenek olarak kabul görmüş ve uygulanmaya başlanmıştır.

Kompostlaştırma aslında bir geri dönüşüm biçimidir. Yani genel atığın içerisinde bulunan kağıt-karton, metal, plastik, cam, tekstil gibi maddelerin geri kazanılması gibi organik atıkların geri kazanılması işlemidir. Bu geri kazanım biyolojik bir işlemdir.

Kompostlaştırma sık sık biyolojik bozunma ile eş anlamlı olarak kullanılır. Kompostlaştırma “organik (ya da karbon içeren) maddelerin mikroorganizmalar tarafından (çoğunlukla bakteriler ve mantarlar) koyu kahve ya da siyah renkli ve toprağımsı bir kokusu olan stabil bir humus maddesine kontrollü ayrıştırılması” olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem kontrol altında yürütülmektedir. Bunun amacı bozunmayı hızlandırmak, verimi en iyi hale getirmek ve ortaya çıkabilecek herhangi bir potansiyel çevre sorunlarını ya da sızıntı olabilecek durumları en aza indirmektir (1).

## ÇALIŞMANIN AMACI

Evsel katı atıkların büyük bir kısmı organik maddelerden oluşmaktadır. Bunların bertarafında kompostlama yönteminin önemli bir yeri vardır. Kompostlama ülkemizde pek yaygın olmamakla birlikte Avrupa ve Amerika’da çok yaygın kullanılan bir katı atık bertaraf yöntemidir. Bu çalışmada Gümüşhane şehrine ait evsel katı atıkların bertarafı için kompostlama yönteminin uygunluğunun belirlenmesi amacıyla, şehrin merkez katı atık döküm sahasından katı atık örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin kompostlanabilir organik kısmı incelenmiştir. Bütün örneklerin su içeriği, pH’sı, toplam organik karbonu (TOC) ve toplam azotu (TN)

tespit edilmiş olup Gümüşhane şehrinin evsel katı atıkları için bir bertaraf yöntemi alternatif olarak kompostlamanın uygunluğu araştırılmıştır.

## ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Kompostlaştırma işlemi iki önemli safhada meydana gelir. Birinci safhada, mikroorganizmalar metabolik faaliyetlerinin bir sonucu olarak ısı üreterek kompostlanacak ayrışabilir organik maddeleri daha basit bileşiklere ayrıştırırlar. Kompostlama yığınının hacmi bu safha sırasında azalır. İkinci safhada, kompost ürünü “stabilize olmuş bir ürün” ya da “halk sağlığı, güvenliği ve çevre koruması için asgari gereksinimleri karşılayan bir ürün” haline getirilir. Mikroorganizmalar komposttaki kolaylıkla mevcut besin stokunu tüketir. Bu tükenmenin karşılığında da mikroorganizmaların faaliyeti yavaşlar. Sonuç olarak, açığa çıkan ısı yavaş yavaş azalır ve kompost yapı olarak kuru ve kolaylıkla ufalanır hale gelir. Kür safhası tamamlandığında kompostun “stabilize olmuş” ya da “olgunlaşmış olduğu” düşünülür. Bundan başka herhangi bir mikrobiyal bozunma çok yavaş bir şekilde olacaktır.

Eğer C/N (karbonun azota oranı) ve nem muhtevası elverişli sınırlar içinde ise, bitki ve hayvanlardan meydana gelen hemen hemen tüm atıklar kompostlaşma için uygundur. Bunlar; kağıt-karton, metal, plastik, cam, tekstil gibi geri kazanılabilir maddeler ayrıldıktan sonra geriye kalan evsel organik atıkları, gıda işleme ve fermantasyon atıklarını, tarla ve orman atıklarını, park ve bahçelerden gelen yaprak ve çim kırıntılarını içerir. Ağaç kabuğu ve odun parçacıklarının, özellikle arıtma çamurlarının kompostlanmasında katkı maddesi olarak kullanılmaları uygundur. Talaş ve kağıtlar hemen hemen hiç azot içermez, dolayısıyla yalnızca C/N oranını uygun aralığa getirecek maddelerin eklenmesinden sonra kompostlaştırılabilirler.

Kompost karışımına dahil edilen ve dahil edilmeyen atıklar aşağıda maddeler halinde verilmektedir. Bunlar sadece örnekle olup her şeyin dahil olduğu anlamına gelmemelidir. Bazı yiyecek ürünleri dahil edilmemelidir. Çünkü bu ürünler istenmeyen haşereleri kendilerine çekebilmekte ya da kompostun kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Kompost karışımına dahil edilecek olan atıklar şunlardır (2):

- Sebze ve meyve artıkları
- Çim kırıntıları
- Yapraklar
- Bahçe kırıntıları (çalı çırpı ve ağaç kırıntıları gibi)
- Testere talaşı
- Geri dönüştürülemeyen kağıt atıklar (işe yaramaz kağıt ürünleri)
- Şömine külü (odun vb. külü)
- Yün veya pamuktan, eski ya da yırtık kumaş ya da bez parçaları, elektrik süpürgesi torbası
- Çay torbaları (poşet çay), filtreli kahve telvesi (poşet kahve), yumurta kabukları

Kompost karışımına dahil edilmeyecek olan atıklar şunlardır (2):

- Her türlü et ve artıkları
- Süt ve süttten yapılmış yiyecekler (yoğurt, peynir vb.)
- Katı haldeki yağlar (bitkisel, hayvansal)
- Sıvı haldeki yağlar (fıstık ezmesi ve mayonez dahil)
- Ev içinde beslenen hayvanların dışkısı
- Balık artıkları
- Hastalıklı bitkiler
- Kemikler

Kompostlaştırma için mikroorganizmalar çok önemli olduklarından, mikrobiyal faaliyeti son derece artıran çevresel şartlar kompostlamanın oranını son derece artıracaktır. Mikrobiyal faaliyet, oksijen seviyeleri, ayrışabilir organik maddelerin parçacık boyutları, besin (nütrient) seviyeleri ve dengesi (karbonun azota oranı olarak gösterilir), nem muhtevası, sıcaklık ve pH (asitlik/alkalilik) tarafından etkilenmektedir. Bu etkenlerdeki herhangi bir değişiklik birbirine bağlıdır. Bir parametredeki bir değişiklik çoğu kez diğer parametrelerde de değişikliklerle sonuçlanabilmektedir.

Gümüşhane İli Merkez katı atıklarının kompostlanabilirliğini araştırmak amacıyla katı atıkların kompostlanabilir organik kısmından (yeşil atık) kış ve ilkbahar (Aralık 2004-Mart 2005) mevsimlerinde örnekler alınmıştır. Öncelikle organik atıkların tamamı bir ön parçalama işlemine tabi tutulmuş, sonrada temiz bir brandanın üzerinde mümkün olduğunca homojen bir karışım olacak şekilde karıştırılmış ve küresel

aktarma yöntemi ile laboratuvar örneği hazırlanmıştır. Bu yöntemde öncelikle toplam örnek dört kısma ayrılmaktadır. Karşılıklı duran iki kısım tekrar karıştırılırken diğer iki kısım işlem dışı bırakılmaktadır. Karıştırılan kısım tekrar dört kısma ayrılarak işlem, örnek 2-5 kg oluncaya dek aynı prensiplerle sürdürülmektedir. Bu şekilde elde edilen örnek laboratuvar örneği olarak tanımlanmaktadır (3).

Elde edilen laboratuvar örneğindeki su içeriği TS 10459'a göre tayin edilmiştir. Laboratuvar örneği, boyutu 1-5 mm olacak şekilde tekrar kaba öğütücüde öğütülmüştür. Öğütülen bu kısımdan 125 gr.lık 4 adet örnek alınmıştır. Alınan bu örnekler  $75^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  de çalışabilen ve bu sıcaklıkta sabit tutulabilen, hava sirkülasyonlu, uygun büyüklükte olan etüvde  $75^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 24 saat süre ile kurutulmuştur. Gerekli durumlarda bu süre 36 saate kadar uzatılmıştır.  $75^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde numunede bulunan uçucu maddelerin numunede kalması mümkün olabildiğinden kurutma işlemini hızlandırmak adına  $103^{\circ}\text{C}$ - $105^{\circ}\text{C}$  sıcaklık uygulanmasına gidilmemiştir. Özellikle bu sıcaklıkta amonyum tuzları ve lipitlerin numunede kalması sağlanabilir. Halbuki  $103^{\circ}\text{C}$ - $105^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemi ile uçucu maddelerin büyük bir bölümü numuneden uzaklaştırılmış olur (4).

$75^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 24 saat süre ile kurutulmuş örnekler desikatöre alınıp oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Soğuyan örnekler 0,1 g hassasiyetle tartılıp bulunan değer kaydedilmiş ve aşağıdaki formüle göre hesap edilmiştir.

$$N = \frac{A - B}{B} \times 100 \quad (1)$$

Burada;

A : örneğin etüve konulmadan önceki kütlesi, g

B : örneğin etüvde kurutulmuş sabit tartıma getirilen kütlesi, g dir.

Kurutulan örnekler daha sonraki deneylerde kullanılabilmesi un biçiminde olacak şekilde ince öğütülmüştür.

Un biçiminde ince öğütülen örneğin pH'sı TS 12072'ye göre tayin edilmiştir (5). 10 ml damıtık su konulmuş behere 1 gr örnek ilave edilerek hazırlanan süspansiyon 5 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. pH ölçümü pH 330i el pH metresi ile belirlenmiştir

Mikroorganizmalar suda çözünmemiş ya da çözünemeyen herhangi bir maddeyi kullanamadıkları için örnekler için toplam organik karbon (TOC) ve toplam azot (TN) tayinlerinin yapılabilmesi için katı maddedeki organik karbonun ve azotun sıvı faza geçirilmesi gerekmektedir.

Örneğin ekstraksiyonu EPA Method 1310'a göre yapılmıştır (6). Bu yöntem benzer TS 9394 standardı da mevcuttur (7). Uygulamadaki bazı farklılıklardan dolayı EPA Method 1310'un uygulanması daha uygun görülmüştür.

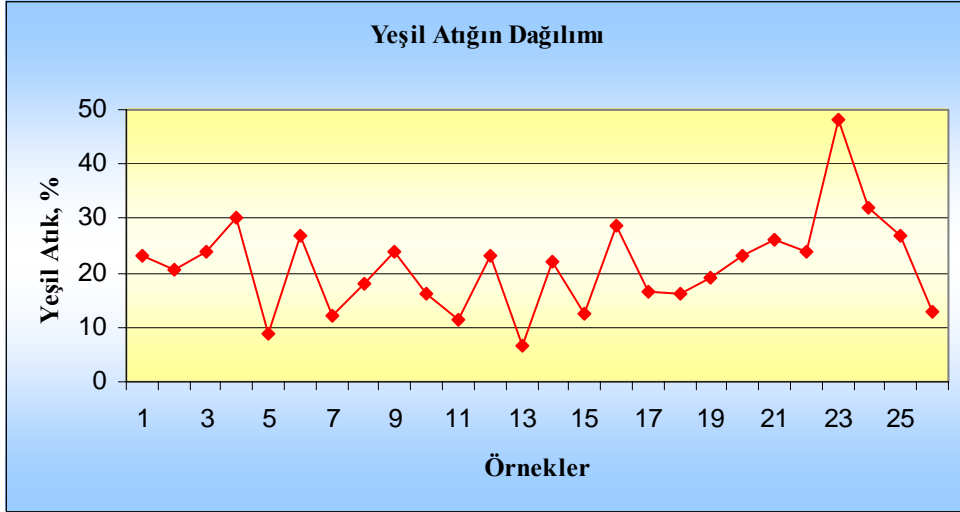
Un biçiminde öğütülen örnekten 0,0001 gr hassasiyetle tartım yapabilen analitik terazi ile 3,5 gr tartılıp şilifli erlenmayere konulmuş üzerine 70 mL damıtık su eklenmiştir. Hazırlanan bu süspansiyon 5 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve el pH metresi ile pH'sı belirlenmiştir.  $\text{pH} > 5$  olan örneklerin pH'sı 0,5 N'lik glacial asetik asit ile karışımın 5'e ayarlanmıştır. Daha sonra 24 saat boyunca oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve filtre edilmiştir. Elde edilen süzüntüden toplam organik karbon ve toplam azot tayini yapılmıştır.

Toplam organik karbon (TOC) tayini için Dr. Lange LCK 380 küvetleri ve Cadas 200 spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Elde edilen süzüntünün ölçüm aralığı 2-65 mg/L olan TOC küvetlerine kıyasla çok fazla TOC içermesinden dolayı süzülen sıvının 200 kat seyreltilmesi gerekmektedir. 200 kat seyreltmenin gerekliliğine de yapılan denemelerle karar verilmiştir.

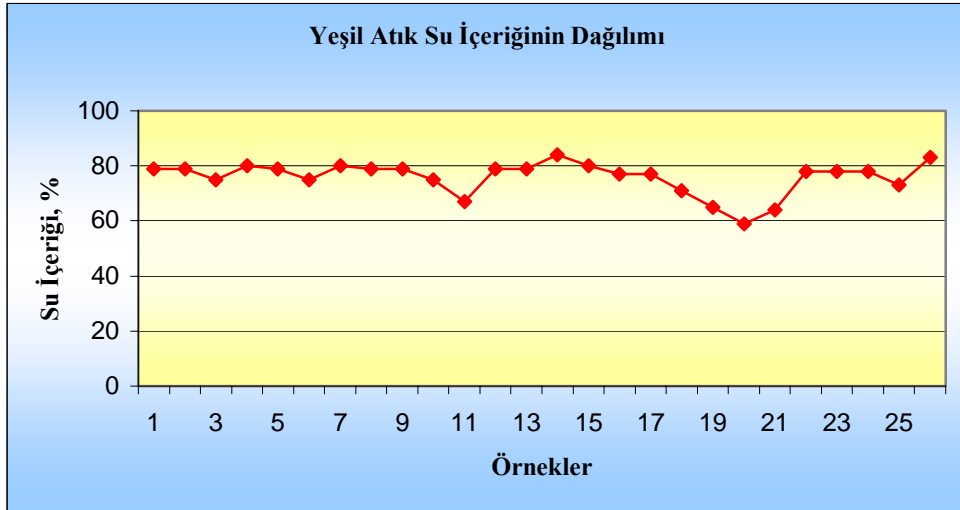
Toplam azot (TN) tayini için Dr. Lange LCK 338 küvetleri ve Cadas 200 spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Elde edilen süzüntünün ölçüm aralığı 20-100 mg/L olan TN küvetlerine kıyasla daha fazla TN içermesinden dolayı süzülen sıvının 10 kat seyreltilmesi gerekmektedir. 10 kat seyreltmenin gerekliliğine de yine yapılan denemelerle karar verilmiştir.

## BULGULAR

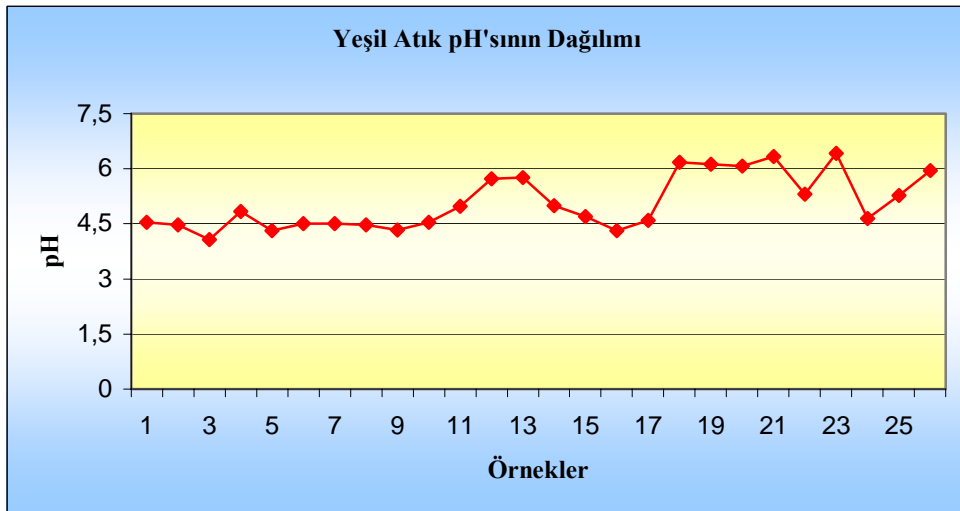
Şekil 1'de Gümüşhane İli Merkez katı atık döküm sahasından alınan katı atık örneklerinin organik kısmının (yeşil atık) tüm atıklar içerisindeki yüzdesel dağılımı, Şekil 2'de bu organik kısmın su içeriği dağılımı, Şekil 3'de örneklerin pH dağılımı, Şekil 4'de toplam karbon (TC) ve toplam inorganik karbon (TIC) dağılımı, Şekil 5'de toplam organik karbon (TOC) ve toplam azot (TN) dağılımı, Şekil 6'da C/N oranının dağılımı verilmektedir (8).



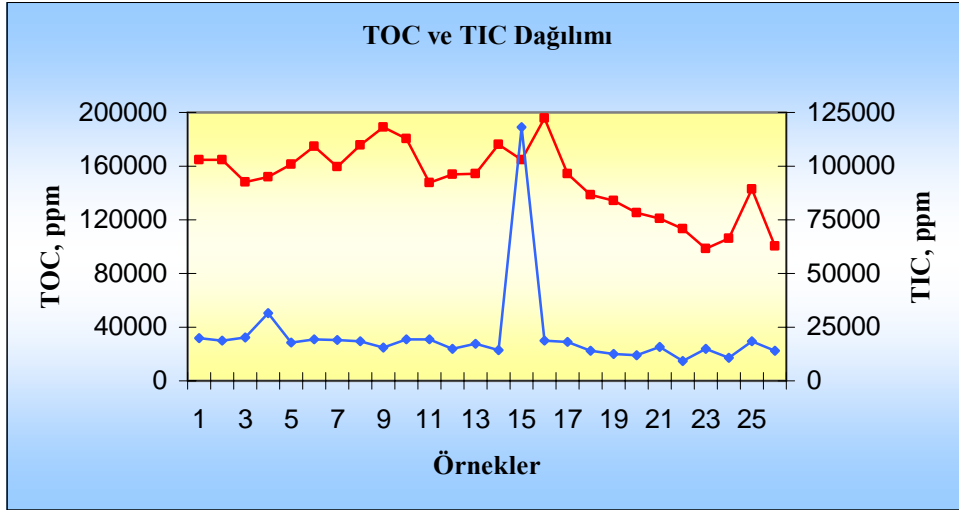
Şekil 1. Gümüşhane Merkez katı atıklarının organik madde dağılımı



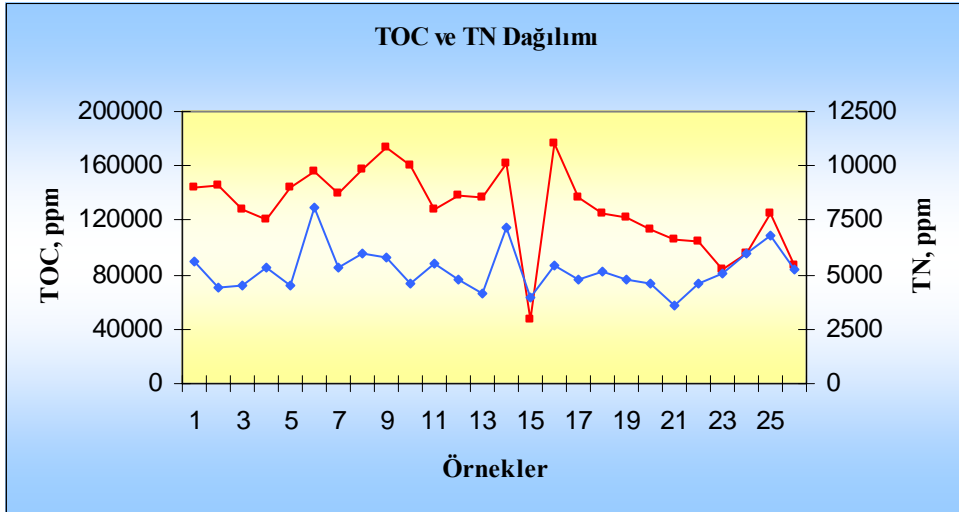
Şekil 2. Gümüşhane Merkez katı atıklarının organik kısmının su içeriği dağılımı



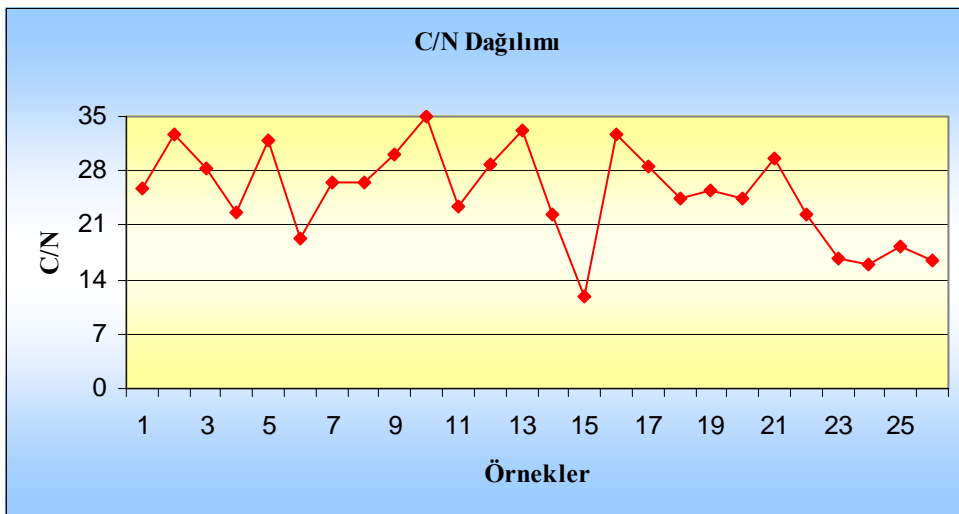
Şekil 3. Gümüşhane Merkez katı atıklarının organik kısmının pH dağılımı



Şekil 4. Katı atıkların organik kısmının TC ve TIC dağılımı



Şekil 5. Katı atıkların organik kısmının TOC ve TN dağılımı



Şekil 6. Katı atıkların organik kısmının C/N dağılımı

## SONUÇLAR

Gümüşhane Merkez katı atıklarının içerisindeki kağıt-karton, plastik, metal, cam ve tekstil gibi geri kazanılabilir maddeler ayrıldıktan sonra geriye kalan yeşil atıktan elde edilen kompostlanabilir kısmının (evsel organik atıklar, park ve bahçelerden gelen yaprak ve çim kırıntıları vb.) su içeriği ortalama %75,9'dur. Bu değer oldukça yüksektir ve düşürülmesi gerekmektedir. Çünkü en uygun su içeriği %55 civarındadır. Su içeriğinin fazla oluşu oksijen girişini engellemekte dolayısıyla da anaerobik koşulların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu genellikle yaklaşık %65 ve üzeri bir su içeriğinde meydana gelir. Ancak %40'ın altındaki bir su içeriği de istenmeyen bir durumdur. Çünkü mikroorganizmalar besinleri ancak su sayesinde alabilirler. Su, kompostlama kitlesi içerisindeki maddeleri taşıyan anahtar bir unsurdur ve besinleri fiziksel ve kimyasal olarak mikroplar için elde edilebilir kılmaktadır.

Gümüşhane Merkez katı atıklarının kompostlanabilir kısmının pH'sı ortalama 5,08'dir. pH'nın 5,08 olması kompostlama işlemi için kabul edilebilir bir değer değildir ve yükseltilmesi gerekmektedir (kireç ya da tarım kireci ilavesi). Çünkü bakteriler 6 ila 7,5 arasındaki bir pH'yı tercih ederler. Mantarlar ise bakterilerden daha geniş bir pH seviyeleri bölgesinde hızla gelişirler ve genelde 5,5 ila 8 arasındaki bir pH değerini tercih ederler. Eğer pH 6'nın aşağısına düşerse, mikroorganizmalar özellikle de bakteriler tükenirler ve bozunma yavaşlar. Eğer pH 9'a ulaşırsa azot amonyağa dönüşür ve organizmalar için kullanılabilir olmaktan çıkar. Bu da bozundurma işlemi yavaşlatır.

Gümüşhane Merkez katı atıklarının kompostlanabilir kısmının C/N oranı ortalama 25,1/1'dir. C/N oranının 25,1/1 olması yeşil atıkların kompostlanabilirliğini göstermektedir. Fakat karbon yönünden zengin maddelerin takviyesi ile C/N oranının artırılmasında fayda görülmektedir. Çünkü en uygun C/N oranı 30/1'dir. C/N oranı 20/1 ve daha azı ya da C/N oranı 40/1 ve daha çoğu istenmeyen durumlardır. Uygun C/N oranını elde etmek için karışıma karbon ve azot ihtiva eden maddeler (saman, odun talaşı, atık kağıt, atık su çamuru gibi) ilave edilebilir (9).

Gümüşhane Merkez katı atıkları için kompostlama yöntemi ilk etapta uygun bir yöntem olmasa da bazı ilave materyallerle uygun bir hale getirilebilir. Fakat kompostlanabilir kısmın miktarının çok az olması (yaklaşık 5ton/gün) ve ülkemizde kurulan 10'un üzerinde kompost tesisinden sadece 1-2'sinin işletilebildiği göz önüne alındığında ekonomiklik ve işletilebilirlik açısından uygun olamayacağı açıkça görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- 1) <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/compost/cytmsw.pdf>, 18 Ocak 2004.
- 2) <http://www.epa.gov/garbage/compost.htm>, 18 Ocak 2004.
- 3) <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc25.htm>, 18 Ocak 2004.
- 4) TS 10459, Atıklar - Katı Atıklarda Rutubet Tayini, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Kasım 1992.
- 5) TS 12072, Katı Atıklar - pH Tayini, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Eylül 1996.
- 6) <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/1310a.pdf>, 18 Ocak 2004.
- 7) TS 9394, Atıklar - Katı Atıkların Su ile Çalkalanarak Ekstraksiyon Metodu, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Mayıs 1991.
- 8) Bayram, A., Gümüşhane Merkez Katı Atık Özelliklerinin Belirlenmesi ve Uzaklaştırma Yöntemlerine Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2004.
- 9) Nas, S.S., Bayram, A., Bulut, V.N., Gümüşhane (Merkez) Katı Atıklarının Kompostlanabilirliğinin Araştırılması, III. Ulusal Katı Atık Kongresi UKAK'2005, Mayıs 2005, İzmir, Bildiriler Kitabı, 57-65.