



## Tehlikeli Atıkların Belirlenmesinde Uygulanacak Analizler

**Dr.Sönmez DAĞLI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre Enstitüsü, Gebze – KOCAELİ  
E-posta: Sonmez.dagli@tubitak.gov.tr

**Öz** 2006 yılında İstanbul Tuzla’da toprağa gömülü olarak bulunan atık variller, ülkemizde atık yönetimi açısından önemli bir milat olmuştur. 2008 yılında yürürlüğe giren Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (AYGEİY), ülkemizde oluşan atıkların yönetimi ve bertarafına ilişkin ana düzenlemelerden biridir. Türkiye’de yılda 1.200.000 ton tehlikeli atık oluştuğu tahmin edilmektedir. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği gereği 2006 yılında elektronik ortamda atık beyanının başlaması ile birlikte yılda yaklaşık 100.000 ton olarak beyan edilen miktar, 2010 yılında 786.000 ton değerine ulaşmıştır. AYGEİY gereği, çeşitli evsel ve endüstriyel faaliyetlerin de içinde bulunduğu 20 ana üretim; 839 adet alt üretim sektöründen kaynaklanan atıklar analiz edilerek, tehlikelilik özellikleri değerlendirilmektedir. AYGEİY, tehlikelilik özellikleri belirlenen çamurların bertaraf, geri kazanımı ve yeniden kullanımı üzerine metodlar belirlemiş ve bu metodlara göre yönetimi sağlamaktadır. Türkiye’de 1990’lı yıllardan itibaren hızla artan nüfus ve sanayi, ülkemize hızlı bir kalkınma sağlarken kaynakların da hızlıca tüketildiği yıllar başlamıştır. Bu sebeple kaynakların sürdürülebilir kullanımı da önem kazanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma anlayışı kaynakların etkin kullanımını, atıkların oluşumunun azaltılmasını, geri kazanımını ve yeniden kullanımını gerektirmektedir. Bu çalışmada, laboratuvar çalışmaları ile elde edilen veriler ışığında, ülkemizde oluşan evsel ve endüstriyel atıkların (ve çeşitli adli olaylarda bulunan sahipsiz atıkların) mevcut içerikleri, tehlikelilik özellikleri belirlenmekte ve AYGEİY EK-2/A-B bertaraf, geri kazanım/ yeniden kullanım için değerlendirilmelerinin sağlanması için yapılanlar tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler** *arıtma çamuru; atık yönetimi; ek3B; toksisite*

### 1. Giriş

2012 yılı nüfusu 72 milyonu aşan Türkiye, hızla kalkınmakta ve buna bağlı olarak kaynak tüketimi de hızla artmaktadır. Çevreye verilen önemin ve toplumdaki farkındalığın da artması ile birlikte, çevre yatırımları da hızla artmaktadır. Bununla birlikte, zaman zaman çevre konularında farklı yönetim anlayışı veya değerlendirmeler sebebi ile en uygun çözümlerin yakalanması mümkün olmamakta veya gecikmektedir. Atık bertarafı konusu da en uygun çözümlerin oluşturulmasında sorun yaşanan alanlardan biridir. Çevre konusunun Bakanlık düzeyinde ele alınmaya başladığı 1990’lı yıllardan itibaren sayıları hızla artan sanayi tesisleri sonucu, ortaya çıkan atık miktarı da hızla artmaya başlamıştır. Ancak, gerek evsel/kentsel gerekse endüstriyel atıklar hammadde içeriği, kalorifik değeri ve/veya içerdiği element değerleri gözardı edilerek genellikle düzensiz/düzenli depolama yolu ile bertaraf edilmeye çalışılmıştır. Son yıllarda, gerek düzenli depolama için getirilen kısıtlayıcı uygulamalar (Örneğin Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik’te biyobozunur atık miktarının, Yönetmelik tarihinden itibaren 15 yıl içinde % 65 azaltılmasına dair maddesi) gerekse düzenli depolama imkanının ekonomik olmayışı sebebiyle, atıkların geri kazanımı uygulamaları da artmaya başlamıştır, ancak halen istenen düzeye ulaşmamıştır. Örneğin 2003 yılında tehlikeli atık geri kazanım tesisi 18 adet iken, 2010 yılında bu sayı 201’e ulaşmıştır (ÇŞB, 2012).

05.07.2008 tarihli ve 26927 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (kısaca AYGEİY) ” ile verilen Ek-IV Atık

Listesi, Avrupa Atık Listesi ile tamamen uyumlaştırılmıştır. Daha önce 1995 yılında yürürlüğe giren Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde EK-6 Listesi olarak verilen bu kodlar, atıkların çeşitli bertaraf/geri kazanım/yeniden kullanım amaçları doğrultusunda ortak tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır.

AYGEİY'den önce;

- Atıkların geri kazanımı ve bertarafı konusunda lisanslandırmada boşluklar mevcuttu
- Atık bertarafı ve geri kazanımı konusunda ezbere işlemler yapılıyordu
- Atık üreticileri atık istatistiklerini yaparken atığın cinsini ve özelliklerini tam ve doğru olarak beyan edemiyordu
- Atık yönetiminde sorunlar çıkabiliyordu (mevcut rakamlar ve olması gereken rakamlar arasında büyük farklar mevcuttu)

AYGEİY'den sonra;

- Geri kazanım ve bertaraf tesisleri ile atıkların taşınması ve işlenmesi konularıyla ilgilenen tüm girişimlerin kontrolü ve lisanslandırılması tek çatı altında toplandı,
- Atık üreten tüm faaliyetlerin veya yapıların (atık üreticilerinin) kontrol edilmesi web ortamında yapılmaya başlandı, daha sağlıklı ve anlamlı istatistik üretilmeye başlandı
- EK3 analizleri ile atık üreticilerinin, ulusal ve uluslararası notifikasyonlara ve taşıma formlarına uygun olarak atık beyanları için atıklarını sınıflandırmaları sağlanmaya başlandı,
- Geri kazanım sektörü büyümeye başladı, sektörel ekonomi hareketlendi, atığın ekonomik değeri daha iyi anlaşıldı
- Atık yönetim planları daha sağlıklı yapılmaya başlandı, atık bilinci gelişmeye başladı, sahipsiz atıkların gelişigüzel atılması zorlaşmaya başladı

## 2. AYGEİY ve Türkiye'deki Atık Özellikleri

Ülkemizde, gerek evsel gerekse endüstriyel atıklar, 05/07/2008 tarih ve 26927 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik" (AYGEİY) esasları çerçevesinde "tehlikeli atık olup olmadığı yönünde" incelenmekte ve değerlendirilmektedir. Türkiye'de atık sınıflandırması kavramının ilk olarak bahsedildiği düzenleme olan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY) ilk olarak 1995 yılında yayımlanmıştır. Yenilenen Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 14 Mart 2005 tarihli ve 25755 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik Avrupa Birliğinin hazırlamış olduğu Tehlikeli Atık Direktifi ile (75/442/EEC) uyumludur. Ancak söz konusu yönetmelikte Avrupa Atık Listesinde tehlikeli atık olarak tanımlanan (\* ile işaretli) ve muhtemel tehlikeli atıklara yer verilmiş; tehlikesiz atıklara yer verilmemiştir. Ayrıca yönetmeliğin hazırlandığı dönemden bu yana Avrupa atık listesinde olup, TAKY'de bulunmayan tehlikeli atık kodları da bulunmaktadır.

05 Temmuz 2008 tarihli ve 26927 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (AYGEİY) ile Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin Ek-7 Atık listesi mülga olmuş ve Ek-4 olarak yeni bir liste (Ulusal Atık Listesi) oluşturulmuştur. Yeni çıkan yönetmelik Avrupa Atık Latalogu ve ilgili kararlar (2000/532/EC Direktifi) baz alınarak hazırlamıştır. Böylelikle AYGEİY ile Avrupa Atık Katalogu ile tam uyumlu tehlikeli ve tehlikesiz atıkların hepsini içeren atık listesi yürürlüğe girmiştir. AYGEİY'de çeşitli evsel ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atıklar 20 ana bölümde yer almakta ve tehlikeli atık olarak sınıflandırılanlar (A); içerik analizi yapılarak sınıflandırılması gerekli olanlar (M) kodu ile işaretlenmiştir. Analiz yapılmasına gerek olmadan tehlikesiz atık olarak sınıflandırılan atıkların herhangi bir işareti bulunmamaktadır. 20 ana bölümdeki her bir atığın kodu bulunmakta olup, analiz sonucunda tehlikesiz özellik gösterdiği belirlenen (M) koduna sahip atık kodsuz olarak sınıflandırılmaktadır. Avrupa Birliğinin atık yönetimi esasen 2006/12/EEC No'lu Avrupa Parlamentosu direktifi ve 5 Nisan 2006 tarihli Atık

konseyi - Atık çerçeve direktifi olarak anılan – 75/442/EEC No’lu yerine koyulan direktif 15 Temmuz 1975 tarihli konsey kararı ile tanımlanmıştır.

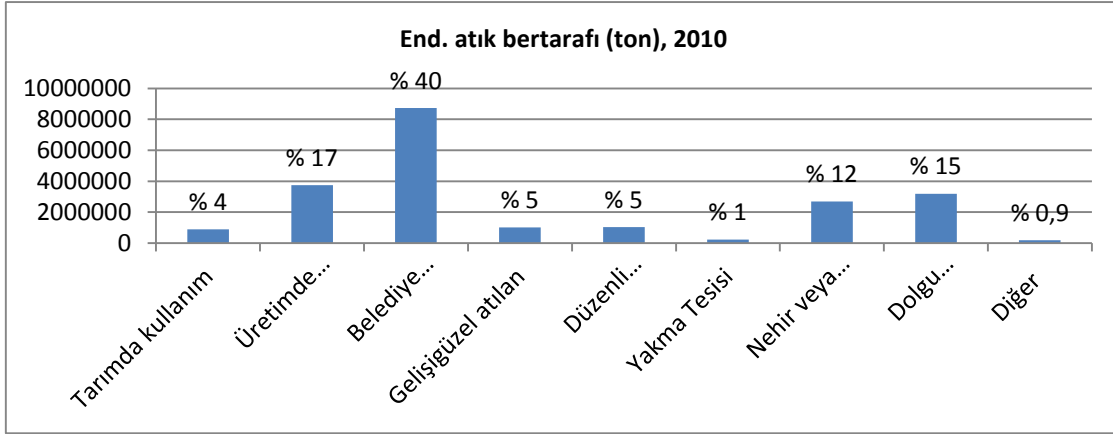
Atık, Ek 1’de yer alan kategorilere ait olan, elinde bulunduran kişinin atmak istediği veya atmayı planladığı veya atmak zorunda olduğu herhangi madde ya da nesnedir.

Direktifin Ek 1 listesinde yer alan maddelerin ve objelerin kategorileri aşağıdaki gibidir:

- Q1 Aşağıda başka şekilde belirtilmemiş üretim veya tüketim artıkları,
- Q2 Standart dışı ürünler,
- Q3 Son kullanım süresi geçmiş olan ürünler,
- Q4 Dökülmüş, niteliği bozulmuş ya da yanlış kullanıma maruz kalmış olan maddeler (örneğin, kaza sonucu kontamine olmuş maddeler ve benzeri),
- Q5 Aktiviteler sonucu kontamine olmuş ya da kirlenmiş maddeler (örneğin, temizleme işlemi artıkları, ambalaj malzemeleri, konteynirler ve benzeri),
- Q6 Kullanılmayan kısımlar (örneğin, bozuk piller ve bitik katalizörler ve benzeri),
- Q7 Yararlı performans gösteremeyen maddeler (örneğin, kontamine olmuş asitler, kontamine olmuş çözücüler, bitik yüzey işlem tuzları ve benzeri),
- Q8 Endüstriyel işlem kalıntıları (örneğin, cüruflar, dip tortusu ve benzeri),
- Q9 Kirliliğin önlenmesi işlemlerinden kaynaklanan kalıntılar (örneğin, yıkama çamurları, filtre tozları, kullanılmış filtreler ve benzeri),
- Q10 Makine/yüzey işlemleri kalıntıları (örneğin, torna atıkları, frezeleme kırıntıları ve benzeri),
- Q11 Hammadde çıkarılması ve işlenmesinden kaynaklanan kalıntılar (örneğin, petrol sahası sloopları, madencilik artıkları ve benzeri),
- Q12 Saflığı bozulmuş materyaller (örneğin, PCB’lerle kontamine olmuş yağlar ve benzeri),
- Q13 Yasa ile kullanımı yasaklanmış olan ürün, madde ve materyaller,
- Q14 Sahibi tarafından artık kullanılmayan ürünler (örneğin, tarımsal, evsel, ofis, ticari ve market kalıntıları ve benzeri),
- Q15 Arazi ıslahı ve iyileştirilmesi faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kontamine olmuş madde, materyal ve ürünler,
- Q16 Yukarıdaki kategorilerde yer almayan herhangi madde, materyal ve ürünler.

Yukarıdaki kategoriler çok kapsayıcı olsa da, bu kategori listesinin bir maddenin atık olup olmadığına karar verilmesi aşamasında kullanılması tam olarak doğru sonuç alınmasını sağlamaktan uzaktır. Örneğin Q16’ya göre kategorize edilemeyen herhangi bir madde, materyal ve ürünün atık olarak tanımlanması her durumda doğru olamayacağı gibi; Q2’ye göre standart dışı her ürünün de atık olarak tanımlanması da her zaman doğru olamayacaktır. Dolayısıyla, bir maddenin atık olup olmadığına karar vermek için yukarıdaki liste sadece klavuz olarak kullanılmalı, öncelikle maddenin kaynaklandığı yer, durum ve koşulları mutlaka gözden geçirilerek atılması gerekip gerekmediğine karar verilmelidir.

2010 yılı için TÜİK tarafından endüstriden kaynaklanan tüm atıklar için atık bertaraf istatistikleri üretilmiştir. 2004 yılında sadece arıtma çamurları için üretilen istatistikle karşılaştırma yapılabilmesi açısından aynı bertaraf metodları kullanılarak üretilen veri durumu Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** 2010 yılında İmalat Sanayiinde atık bertaraf metodları<sup>1</sup>

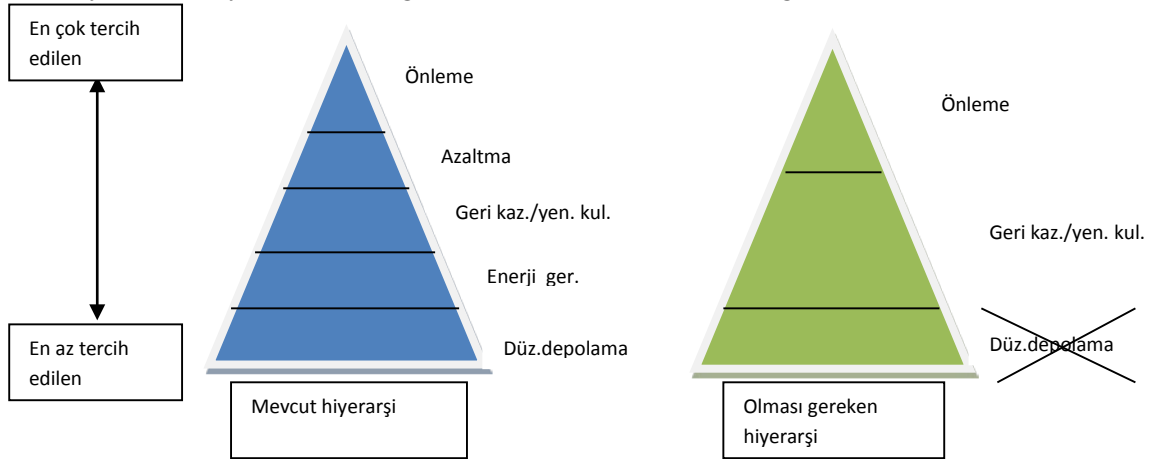
Şekil 1'e göre İmalat Sanayiinde aradan geçen yıllara rağmen önemli bir değişim gözlenmemiş; 2010 yılında endüstriyel çamurların düzenli depolanan, belediye çöplüğüne atılan (düzensiz depolama) ve gelişigüzel atılan kısmı 2004 yılına göre % 62'ye doğru azalmış (nehir veya dereye atılan kısım ile birlikte); yakılarak bertaraf edilen kısım % 1'e, tarımda kullanılan kısım ise % 4'e kadar azalmıştır.

Ancak, 2010 yılında yayımlanan Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'te biyobozunur atıklar için aşağıdaki maddeye yer verilmiştir.

**“GEÇİCİ MADDE 1 – (1)** Bu Yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden itibaren 5 yıl içerisinde depolanacak olan biyobozunur atık miktarı, 2005 yılında üretilen toplam biyobozunur atık miktarının ağırlıkça %75' ine, 8 yıl içinde % 50' sine ve 15 yıl içinde ise %35'ine indirilir.

(2) Bakanlık, düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilecek biyobozunur atıkların azaltılması konusunda bu Yönetmeliğin yürürlüğe giriş tarihinden itibaren azami iki yıl içinde ulusal strateji hazırlar. Bu strateji, geri kazanım, kompostlaştırma, biyogaz üretimi veya enerji/madde geri kazanımı gibi yöntemler ile alınması gereken tedbirleri içerir.”

Dolayısıyla, Şekil 2'de verilen atık hiyerarşisinin ülkemizde düzenli depolamaya yer vermeyecek ve/veya en aza indirenecek şekilde revize edilmesi gerekmektedir.



**Şekil 2.** Mevcut ve olması gereken atık hiyerarşisi

### 3. Atıkların Tehlikelilik Özellikleri ve Analizler

<sup>1</sup> Yakma ile bertaraf edilen ve dolgu malzemesi olarak kullanılan miktarlar, veri gizliliği sebebiyle 2008 yılına ait veridir.

Atıksu arıtma çamurları da, diğer atık örnekleri gibi AYGEİY EK-3A’da belirtilen tehlikelilik özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Arıtma çamurlarına TÜBİTAK MAM Laboratuvarlarında çeşitli fiziksel (pH, nem, katı madde, organik/inorganik madde içeriği, termal ayrışma özelliklerinin incelenmesi, parlama noktası tayini, yanabilirlik özelliğinin incelenmesi vb..) kimyasal (FTIR spekturumu ile organik bağ yapısının tayini, GC/MS ile organik yapı tayini, XRD ile inorganik faz dağılımının tespiti, XRF ile elementel bileşiminin incelenmesi, TOK analizi, KOI analizi vb.) ve biyolojik testler (Eko-toksosite testi, Akut toksosite testi vb.) yapılarak Tablo 1’de verilen tehlikelilik özellikleri tespit edilmeye çalışılmaktadır.

**Tablo 1.** Atıkların tehlikelilik özellikleri (AYGEİY EK3-A)

Atık tehlike kodu	Tanımlama	Açıklama
H1	Patlayıcı	Dinitrobenzen’e oranla şoklara ve sürtünmelere daha hassas ya da ısı etkisiyle patlayabilecek maddeler ve preparatlar.
H2	Oksitleme	Başka maddelerle özellikle de yanıcı maddelerle temas halinde yüksek ekzotermik reaksiyonlar gösteren maddeler ve preparatlar.
H3-A	Yüksek Derecede Yanıcı	Yanma noktası 21°C’nin altında olan sıvı maddeler ve preparatlar (aşırı derecede yanıcı sıvılar dahil), veya Herhangi bir enerji uygulanmaksızın uygun ısıda hava ile temas etmesi durumunda ısınan ve sonunda alev alan maddeler ve preparatlar, veya Tutuşturucu bir kaynakla kısa bir temastan hemen sonra alev alan ve bu kaynak uzaklaştırıldıktan sonra da yanmaya veya tükenmeye devam eden katı maddeler ve preparatlar, veya Normal basınç altında havada yanıcı olan gaz maddeler ve preparatlar, veya Hava veya buhar ile temas halinde, tehlikeli miktarlarda yüksek derecede yanıcı gazlar yayan maddeler ve preparatlar
H3-B	Yanııcılar	21 °C ‘ye eşit veya daha yüksek ya da 55 °C ‘ye eşit veya daha düşük yanma noktasına sahip olan sıvı maddeler ve preparatlar
H4	Tahriş Edici	Deriyle veya zarla kısa süreli, uzun süreli veya tekrarlanan temas halinde hassaslaşmaya sebep olabilecek korozif olmayan maddeler ya da preparatlar.
H5	Zararlı	Teneffüs edildiği, yutulduğu veya cilde işlediği zaman sınırlı sayıda hastalığa sebep olabilen maddeler ve preparatlar.
H6	Toksik	Teneffüs edildiği, yutulduğu veya cilde işlediği zaman çok sayıda ciddi, akut veya kronik hastalığa ve hatta ölüme sebep olabilen maddeler ve preparatlar (yüksek derecede toksik maddeler ve preparatlar dahil).
H7	Kanserojen	Teneffüs edildiği, yutulduğu veya cilde işlediği zaman kanser hastalığına sebep olabilen veya kansere yatkınlığı arttırabilen maddeler ve preparatlar.
H8	Korozif	Temas halinde yaşayan dokuları bozabilen maddeler ve preparatlar
H9	Bulaşıcı	Canlı mikro-organizmaları veya bunların toksinlerini içeren, insan veya diğer canlılarda hastalıklara sebep olduğu bilinen ya da buna inanılan maddeler.
H10	Teratojenik (üreme için toksik)	Teneffüs edildiği, yutulduğu veya cilde işlediği zaman kalıtsal olmayan, doğuştan gelen bozukluklara sebep olabilen veya bunlara yatkınlığı arttırabilen maddeler ve preparatlar.
H11	Mutajenik	Not: 67/548/EEC direktifinin 7. kez düzeltilmesinin ardından 92/32/EEC direktifinde, “teratojenik” kavramının yerini “üreme için toksik” kavramı almıştır. Bu kavram, ek III’te yer alan H10 özelliği ile birlikte düşünülmüştür.
H12	(R29, R31, R32, kombinasyonlar da dahil)	Teneffüs edildiği, yutulduğu veya cilde işlediği zaman kalıtsal genetik bozukluklara sebep olabilen veya bunlara yatkınlığı arttırabilen maddeler ve preparatlar.
H13	(R14, R15, R19, kombinasyonlar da dahil)	Su, hava ya da bir asitle temas ettiği zaman toksikler ya da çok toksik gazlar yayan maddeler veya preparatlar.
H14	Ekotoksik	Bir veya daha fazla çevresel sektör için hemen ya da daha sonra risk oluşturabilecek maddeler ve preparatlar.

TÜBİTAK MAM Laboratuvarlarında arıtma çamurlarının tehlikelilik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çamurun orijinal hali ile çalışılmakta ve test/deney isteri gerektirmedikçe sulu özütünün alınması, kurutulması, yakılması gibi ön işlemler yapılmamaktadır.

### 3.1. Örnek alma ve hazırlama

Örnek alımında etiketleme mutlaka yapılmalıdır. Etiketle örneğin adı (türü), alım tarihi, alan kişinin adı-soyadı, hava sıcaklığı ve yağış durumu, ve örneğin alınışında karşılaşılan özel bir durum varsa (yığınlama, koku, tozuma, kristallenme vb..) mutlaka yazılmalıdır.

Katı haldeki atıklar, homojen yada heterojen yapıda olabilmektedir. Genelde belirli bir üretim prosesine sahip endüstrilerin atıkları homojen; evsel/kentsel atıklar, inşaat- yıkım faaliyeti, atık ambalajlar gibi atıklar daha çok heterojen yapıda olabilmektedir. Katı atıklardan örnek alımı, biriktirme havuzlarından, atık yığınlarından ve kapalı haldeki tank, reaktör vb. yerlerden de yapılabilmektedir. Bazı durumlarda atıklar kasıtsız veya kasıtlı olarak su ilave edilerek yada açıkta bekletilerek olduğundan daha fazla nemli hale getirilmekte ve kirletici konsantrasyonu seyrelmiş hale gelmektedir. Bazen, değişik faaliyetlerden kaynaklanan benzer atıklar, sahibi tarafından aynı olduğu düşünülerek birleştirilmektedir. Atığın temsil edici olması her zaman esas faktör olduğundan, homojen fazlar ayrıştırılarak farklı numuneler haline getirilmeli ve atık sahibi bilgilendirilmelidir.

EK3 örneklerini alacak olan personel deneyimli ve konusunda eğitilmiş olmalıdır. Örneğin kaynaklandığı bir proses varsa mutlaka incelenmeli ve örnekle proses arasındaki sebep-sonuç ilişkisi gözden geçirilmelidir. Örneğin proseste su kullanılmayan bir atıkta yüksek oranda su olduğunu gözle görülmesi halinde, atık üreticisinden de görüş alınarak durum aydınlatılmalıdır. Durumun aydınlatılmadığı durumlarda örnek etiketine özel bilgi olarak not düşülmelidir. Örneğin alınması, taşınması, muhafazası ve analizi sırasında olası kazaların sonucunda oluşan tehlikeler ve kirleticilerden kaynaklanan sağlık problemlerine karşı gerekli iş güvenliği önlemleri alınmalıdır. Örneğin kapalı bir tank, reaktör vb. bir ortamdan numune alınması gerektiğinde içeride olan atığın muhtemel bileşimi hakkında üreticiden bilgi alınmalı ve gerekli iş güvenliği tedbirleri (maske, eldiven, önlük, özel giysi, oksijen tüpü vb.) alınarak numune alınmalıdır. Ülkemizde her yıl, kimyasalların/atıkların bulunduğu kapalı ortamlarda personel ölümüne kadar uzanan binlerce iş kazası meydana gelmektedir. Numune alacak personel, kapalı ortamda bulunan atık hakkında yeterince bilgi alamadığı ortamda varsa işyerindeki sorumlu iş güvenliği yetkilisine veya en yakındaki başka yetkiliye ulaşmalı, bu bilgiler sağlanmadan asla kapalı ortamdan (veya koruyucu tedbirler almadan açıkta bekletilen kaynağı belirsiz örnekten) numune almamalıdır.

Özellikle büyük miktarda atığın bulunduğu yığınlardan veya depo sahalarından örnek alınması gerektiğinde, temsil edici örnek almak için birden fazla tek örnek ve/veya karışık örnek alınarak kompozit örnek haline getirilmelidir. 30 m<sup>3</sup>'ten sonra 8 adet tek örnek alınarak rastgele 4 adedi karıştırılmalı ve 2 adet karışık örnek haline getirilmelidir. Bir başka deyişle, atık miktarının 30 m<sup>3</sup>'ü aştığı durumlarda analiz edilmesi gereken örnek sayısı en az 2 olmalıdır. Çapı 2 mm'den küçük atıklar için alınması gereken en az örnek miktarı 1 lt (8kg) iken, çapı 12 cm'den büyük örnekler ayrı ayrı tek örnekler olarak toplanmalı ve ayrı örnekler gibi analiz edilmelidir (TASK, 2012).

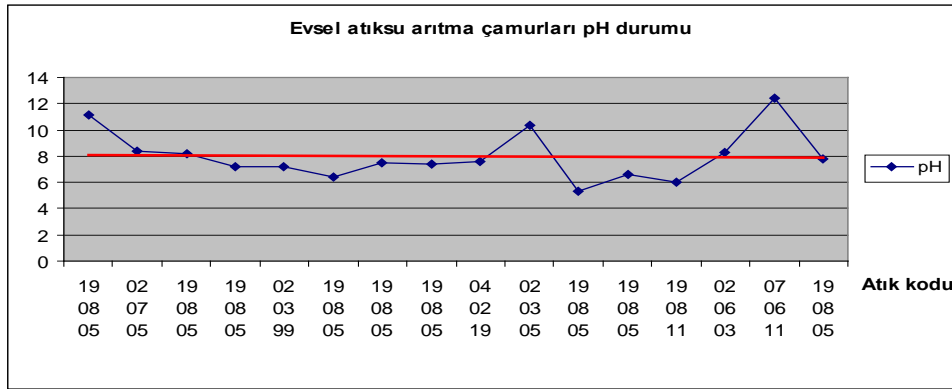
Atık örnekleri ne kadar homojen görünse de mümkünse öğütüldükten sonra homojenleştirilmelidir. Çinko drosu, taş, sert kaya, metal çamuru vb. Gibi homojenleştirilmesi pratikte mümkün olmayan örneklerin birkaç farklı bölgesi uygun ekipmanla kırılarak öğütülmeli ve mümkün olduğu kadar temsil edici örnekler hazırlanmalıdır. Örnek hazırlanması sırasında, örneğin solvent içermesi sebebiyle sürekli azalması veya nem alarak sürekli miktarının artması durumunda mevcut şartlar not edilerek analize kısa zamanda hazırlanmalıdır. Bu tür örnekler kuvvetle muhtemel tehlikeli atık özelliği göstereceğinden, analiz parametresi seçimi hızlı sonuç verecek parametrelerden başlatılmalıdır.

Örnekler, analize hazırlanmadan önce ve hazırlandıktan sonra yeniden analiz edilmek üzere +4 °C'de karanlık ortamda saklanmalıdır.

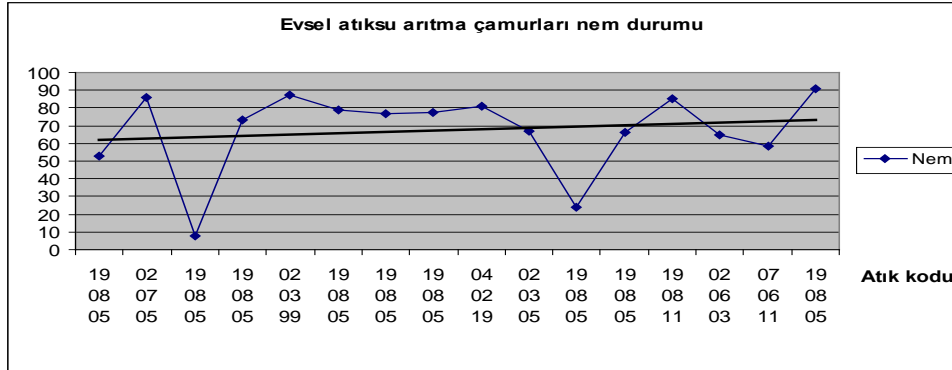
### 3.2. Fizikokimyasal analizler

Atıkların tehlikelilik özelliğinin belirlenmesinde ilk olarak incelenmesi gereken fiziksel-kimyasal parametrelerdir. Ülkemizdeki üretim-tüketim alışkanlıkları ve kültürel özellikler sebebi ile gerek evsel atıksuların gerekse endüstriyel atıksuların içerisine çok farklı karakterde atık maddeler karışabildiği ve/veya standart olmayan prosesler ile üretim yapılabildiği için, AYGEİY’de tehlikesiz atık kodu ile kodlanan atık örneklerinde dahi tehlikeli özellikler görülebilmektedir.

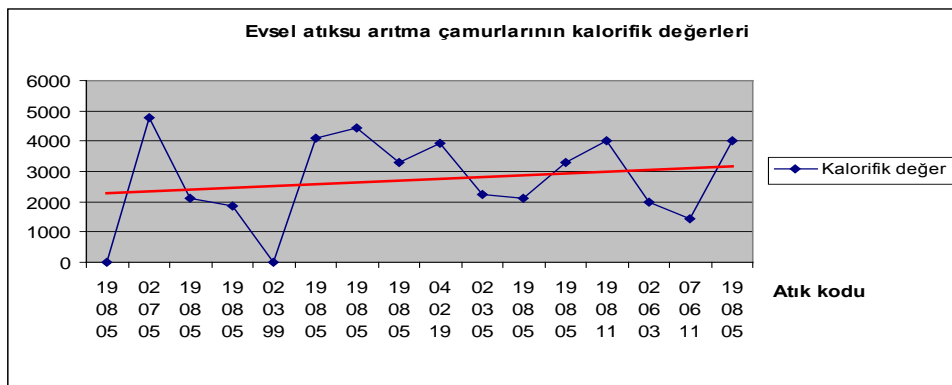
pH, parlama noktası, TGA, yanabilirlik gibi bazı fizikokimyasal analizler ile atığın tehlikeli olup olmadığına ilişkin ön karar verilmesi mümkündür. Her ne kadar pH değeri 2 olan veya parlama noktası 55 0C’nin altında olan bir atığın tehlikeli olduğu açıksa da, diğer tamamlayıcı analizler ile mevcut durumun belgelenmesi, atığın geri kazanım/yeniden kullanım veya bertaraf proseslerine ışık tutması açısından uygulanmalıdır/uygulanmaktadır. Türkiye’de Evsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Çamurlarından elde edilen karakteristik bazı fizikokimyasal özellikler Şekil 3-8’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Evsel atıksu arıtma çamurları pH özellikleri



Şekil 4. Evsel atıksu arıtma çamurları nem özellikleri

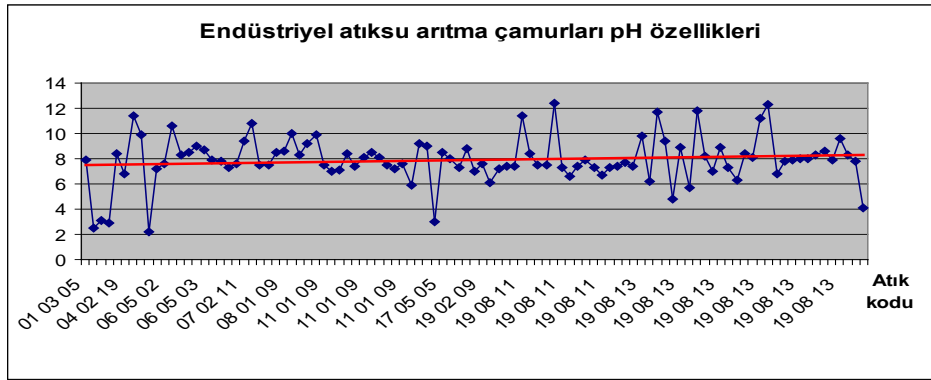


Şekil 5. Evsel atıksu arıtma çamurları kalorifik değer özellikleri

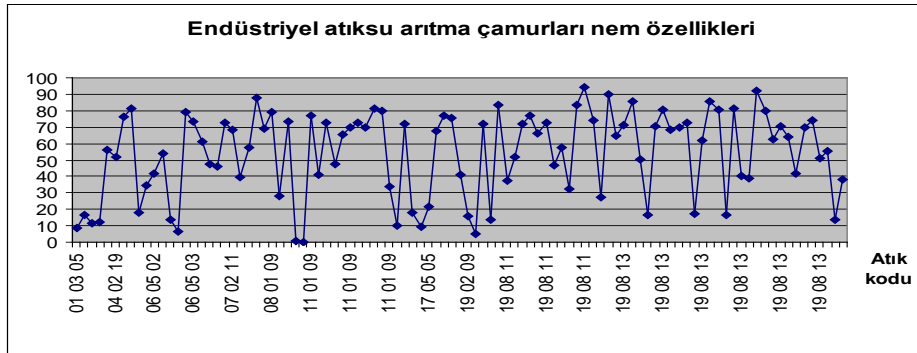
Şekil 3'e göre evsel atıksu arıtma çamurlarının pH değerlerinin genellikle bazik olduğu görülmektedir, evsel atıksu arıtımında genellikle katyonik metal tuzları kullanıldığından ve bazik pH değerinde optimum çökeltme sağlandığından, bu pH değerlerinin elde edilmesi beklenen bir sonuçtur. Daha bazik çamurlarda muhtemelen susuzlaştırma veya diğer amaçlarla kullanılan kireç sütununun etkisi ile bu sonuç elde edilmiştir. Evsel atıksu arıtma çamurlarının ortalama pH değeri 8 civarındadır.

Şekil 4'ten de görüldüğü üzere evsel atıksu arıtma çamurlarının büyük oranda susuzlaştırılmaktadır. Ancak mevcut susuzlaştırma oranları, düzenli depolama veya toprakta kullanım için gerekli olan maksimum % 50 nem değerinin halen üzerindedir. Bunun anlamı, mevcut mekanik susuzlaştırma teknolojileri ile arıtma çamurlarını doğrudan depolamanın veya tarımda kullanmaya elverişli hale getirmediğidir.

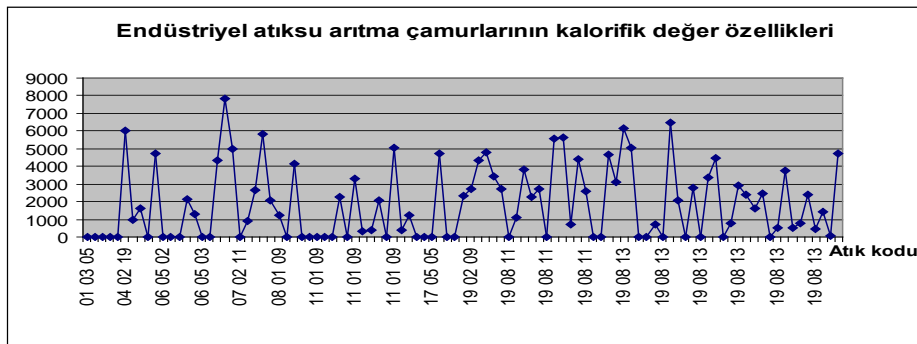
Şekil 5'ten de görüleceği üzere evsel atıksu arıtma çamurlarının ortalama kalorifik değerleri 2500 kcal/kg civarındadır. Bu kalorifik değere sahip bir atığın tek başına yakılarak ısı geri kazanımı mümkündür.



Şekil 6. Endüstriyel atıksu arıtma çamurları pH özellikleri



Şekil 7. Endüstriyel atıksu arıtma çamurları nem özellikleri



Şekil 8. Endüstriyel atıksu arıtma çamurları kalorifik özellikleri



Şekil 6'ya göre endüstriyel atıksu arıtma çamurlarının pH'ları da evsel atıksu arıtma çamurları gibi genelde bazik olup, ortalama pH değerleri 8 civarındadır. Şekil 7'de verilen nem içerikleri açısından değerlendirildiğinde, kullanılan susuzlaştırma tipine bağlı olarak çok değişken neme sahip oldukları görülmektedir. Evsel atıksu arıtma çamurlarında olduğu gibi, endüstriyel atıksu arıtma çamurlarının çoğu da mevcut susuzlaştırma oranları ile düzenli depolama açısından doğrudan kullanılmaya elverişli değildir.

Şekil 8'e göre endüstriyel atıksu arıtma çamurlarının çoğunun kalorifik değerinin olmadığı görülmektedir, endüstriyel proseslerin türüne bağlı olarak organik madde içermedikleri için bu beklenen bir sonuçtur, ancak önemli bir bölümünün de kalorifik değer içerdiği dikkate alındığında enerji geri kazanımı açısından önemli bir potansiyel içerdikleri daha iyi anlaşılacaktır.

### 3.3. Termal analizler

Termal analiz; sıcaklık değişimlerinin etkileşimleriyle bağlantılı olarak numune özelliklerindeki değişimin analiz edilmesidir. Numune özellikleri olarak; termodinamik (ısı, sıcaklık, entalpi, kütle, hacim vb.), malzeme özellikleri (sertlik, hassasiyet), kimyasal bileşimi yada yapısı (polimerik özellikler vb.) ifade edilmektedir.

TGA ağırlığın yani numunenin kütlesinin, numunenin sıcaklığına ya da zamana göre ölçümüdür. Numune genel olarak sabit sıcaklık değerinde ısıtılır ya da sabit bir sıcaklıkta tutulur. TGA kontrollü örneklerle doğrusal olmayan sıcaklık programları da kullanılabilir. Sıcaklık programı seçimi numune hakkında istenen bilgiye dayalıdır. Ayrıca TGA deneylerinde atmosfer, reaktif, inert ya da oksit olabilmesinden dolayı çok önemli bir işleve sahiptir.

Termogravimetrik Analiz (TGA) Alternatif olarak, TGA eğrilerinin birinci türevi zaman ya da sıcaklığa bağlı olarak kullanılabilir. Bu değerler de kütle değişimini gösterir. Bu eğrilere DTG eğrileri adı verilir. TGA ölçümünün sonunda kütlenin ya da % kütlenin zamana ya da sıcaklığa karşı grafiği TGA eğrileri olarak görüntülenebilir. Kütle değişikliği numunenin birkaç farklı yoldan malzeme kaybıyla yada onu saran ortamla reaksiyona girmesiyle oluşur. Bu oluşumda TGA eğrilerinde bir adım şeklinde yada DTG eğrilerinde bir doruk noktası şeklinde oluşur.

TGA eğrilerinde adımların oluşturan kütle kaybına sebep olan birçok farklı neden olabilir. Örneğin: uçucu bileşenlerin buharlaşması; kuruma, gaz emilimi ya da buharlaşması vb.. hava yada oksijen ortamında metalin oksitlenmesi inert gaz bulunan ortamlarda termal bozunma; organik bileşikler. Heterojen kimyasal reaksiyonlar Ferromanyetik malzemeler; sıcaklıkla bazı malzemelerin manyetik özelliklerin değişimi.

TGA analizi, özellikle yanabilen örneklerin ısıl bozunma davranışının açıklanması amacıyla çok faydalıdır. Aynı zamanda atığın homojen veya heterojen fazlar taşıyıp taşımadığının bir göstergesi olarak ta kullanılabilir.

### 3.4. Organik yapı analizleri

FTIR Spektrum Cihazı organik bileşiklerin tanımlanmasında kullanılan enstrümental cihazlardan biridir. Optik izomerler dışında bütün organik bileşiklerin IR spektrumu birbirinden farklı olup, bu farklılığın ifade edilmesi üzerine geliştirilmiş bir tekniktir. IR bölgesi elektromanyetik spektrumun görünür bölgesi ile mikro dalga bölgesi arasında yer alır. Bu bölge 4000-450  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu arasındadır. IR spektrumu organik maddenin bağ yapısı hakkında doğrudan bilgi edinilmesini sağlar. Cam infraredi kuvvetli olarak absorpladığından deneyler için KBr, AgCl, NaCl veya CaF<sub>2</sub>'den yapılmış kaplar veya prizmalar kullanılır. Katı maddeler KBr ile toz haline getirilerek ve belli bir ölçüde preslenerek IR spektrumu alınır. Veyahut nujol ve ya uygun bir çözücüde çözülerek çözeltide incelenir. Bu amaç için çözücü olarak sadece CCl<sub>4</sub>, hegzan veya CS<sub>2</sub> gibi çok az absorpsiyon bandları gösteren çözücüler kullanılır. FTIR tekniği bir reaksiyonun yürümesi veya bir kromatografik ayırmanın gidişinin takip edilmesinde kullanılabilir. Sentezleme yapılması halinde IR spektrumu kullanımı bağların ispatı için de

önem taşır. Çünkü, bir reaksiyonda istenen maddenin oluşup oluşmadığına, yan ürünlerin çıkıp çıkmadığına ve oluşan ürünlerin neler olduğuna yanıt verir. Ancak bir maddenin saf olup olmadığı hakkında bizi bilgilendirmez.

Gaz kromatografisi – kütle spektroskopisi (GC-MS) iki mikro analitiksel tekniğin birleşimidir; GC bir ayırma-arama yöntemidir, MS bir tanımlama tekniğidir. GC, kompleks bir karışımdaki bileşenleri birbirinden ayırır. MS ise her bileşiğin nitel analizi için kütlelerin bulunmasında ve aynı bileşik içerisindeki kütlelerin miktarları üzerine bilgi edinmemizi sağlar. GC-MS tekniği, aynı FTIR’da olduğu gibi organik bileşiklerin her birinin farklı parmak izi ve kütle kırılmasının olması sebebiyle geliştirilmiş ileri bir tanımlama tekniği olup, çok küçük numune miktarlarında dahi (< 1gr), yapının aydınlatılmasında sıkça kullanılan bir tekniktir.

Her analitik teknikte olduğu gibi GC-MS tekniğinde de matris etkileri, girişim yapan benzer molekül ağırlığa sahip organik maddeler gibi sebeplerle analiz sonuçlarında bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Ancak, teknolojik gelişmelerle bu teknik kendini sürekli yenilemekte ve bilinmeyen karışımlardaki yapıların aydınlatılmasında artan oranlarda kullanılmaktadır.

### 3.5. İnorganik yapı analizleri

X-Işını Kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak X-ışınları karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. X-Işını Kırınım analiz metodu, analiz sırasında numuneyi tahrip etmez ve çok az miktardaki numunelerin dahi (sıvı, toz, kristal ve ince film halindeki) analizlerinin yapılmasını sağlar. X-Işını Kırınım cihazıyla kayaçların, kristalin malzemelerin, ince filmlerin ve polimerlerin nitel ve nicel incelemeleri yapılabilir.

ICP-MS katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde ölçülmesine olanak sağlayan bir analiz tekniğidir. ICP-MS teknolojisi sayesinde katı veya sıvı örneklerde 76 element aynı anda ve çok düşük derişimlerde (nanogram-pikogram/l) hassas ve hızlı bir şekilde analiz edilebilmektedir. ICP-MS ile tek bir örnek içindeki 35 kadar elementin analizi üç dakika kadar az bir sürede ölçülebilir. Endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi, örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, genellikle argon, gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tekniktir. Örnek, genel olarak bir solüsyon halinde örnek giriş sistemi aracılığıyla nebulizöre ve spreyciye sunulur. Burada yüksek hızlı argon akışı sayesinde örnek solüsyonu sisleştirilir. Sadece çok küçük damlacıklar argon plazmasına taşınır, diğerleri doğrudan atığa gider. 6000 K sıcaklıklardaki plazma örneği buharlaştırır ve iyonize eder. İyon akışı atmosferik basınçtan örnekleyici (sampler) ve süzücü (skimmer) konular aracılığıyla yüksek vakumlu bir ortama gider. Sonra iyon akımı iyon lensleri aracılığıyla quadrapola odaklanarak kütle filtresine yönlendirilir. İyonlar kütle spektrometrede kütle yük oranına göre ayrılırlar ve detektör tarafından ölçülürler.

AAS (Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi) tekniği, katı veya sıvı haldeki bir örnekteki metallerin nitel veya miktarsal tayinlerinde kullanılmaktadır. Analiz edilecek örnekte bulunan tayin edilecek elementlerin gözlenebilme sınırlarına (Deteksiyon Limitine) göre Spektrometredeki atomlaştırıcı; Alev, Grafit Firin veya Hidrür oluşturma ünitelerinden biri kullanılmaktadır. Belirleme sınırı, ppb düzeyine kadar inebilmektedir. Gözlenebilme sınırlarının ppm düzeyinde olduğu örneklerde Alev sistemi ile çalışılmaktadır. En yaygın kullanılanı olan hava-asetilen alevinin yanısıra, zor atomlaştırılan Si, Al, Ti gibi elementler için daha düşük gözlenebilme sınırlarına da ulaşılabilen Azotoksit - Asetilen ( $N_2O-C_2H_2$ ) alevi kullanılmaktadır. Tayini yapılacak analit için gerekli gözlenebilme sınırları ppb düzeyinde ise GRAFIT FIRIN kullanılmaktadır. Kurutma, kül etme ve atomlaştırma temeline dayanır. As, Se gibi elementlerin gözlenebilme sınırları alevde sadece ppm düzeyindedir. As, Se, Sb, , Hg ve Sn elementler asidik çözeltide  $NaBH_4$  ile hidrür oluşturmaktadırlar. Özel bir düzenek ile alev (veya elektrik ile) ısıtılan kuvars tübe inert gaz ile yollanan analit hidrürleri ile tayin yapılmaktadır.

### 3.6. Toksikolojik analizler

#### 3.6.1.1.Eko-toksikoloji Testi

Denizel ortam bakterisi olan vibrio fischeri, optimum şartlarda ışık yayan bir bakteri türüdür ve toksik maddelerle aynı ortamda bulunduğu ışık yayması azalmaktadır. Eko-toksisite testi, bu bakteriler üzerindeki akut toksisiteyi ölçmek üzere tasarlanmış olup, test sonucu atık örneği ile (sulu fazı ile) muamele edilen bakterilerdeki ışık yoğunluğunu 30 dk içindeki azalmasına göre rapor edilmektedir. Örnekler süzölmüş formda kullanılmakta, nötral pH değerine ayarlanmakta ve belirli seyreltmeler yapılarak kontrollü şartlarda gözlemler yapılmaktadır. Test sonunda her bir seyrelmeye karşılık bulunan % inhibisyon değeri ile numunelerin EC50 değerleri hesaplanmaktadır. EC50 değerleri, örnekteki ekolojik toksisite hakkında bilgi vermektedir.

#### 3.6.1.2.Akut-toksikoloji Testi

Atıkların, başta insanlar üzerinde olmak üzere memeli canlılar üzerindeki toksik etkilerinin anlaşılmasında kullanılan testlerden biri de fareler üzerinde gerçekleştirilen OECD 423 aku toksisite testidir. Testlerde deney hayvanı olarak laboratuvar faresi/Balb/c (veya CD1) kullanılmaktadır. Deney protokolünde önerildiği üzere numuneler 8-12 haftalık (ağırlıkları arasındaki fark  $\pm$  20%'den az) 3 adet erkek/dişi fare kullanılarak test edilmektedir. Deneyde kullanılan fareler tesadüfen seçilmekte, tek tek işaretlenmekte ve uygulamadan 5 gün önce kafeslere ayrılmaktadır.

Test için gönderilen örneklerden numune hazırlama yöntemine uygun olarak ekstraktlar hazırlanmakta ve deney hayvanları üzerinde 2000 mg/kg vücut ağırlığı doz seviyesi kullanılarak test edilmektedir. Örneklerden elde edilen ekstraktlar, gavaj yolu ile tek seferde farelere verilmek suretiyle uygulama gerçekleştirilmektedir. Uygulanması gereken numune miktarının tek seferde verilememesi durumunda toplam süre 24 saati geçmemek koşuluyla uygulama miktarı birkaç seferde parça parça verilebilmektedir. Mide gavajı uygulaması sonrasında da 2 saat süre ile farelere yem verilmemektedir. Deney hayvanları bireysel olarak gözlemlenmektedir. Doz uygulaması sonrası ilk 40 dakika içinde devamlı takip altında tutulan fareler, ilk 4 saat boyunca da kısa aralıklarla sıkı gözlem altında tutulmaktadırlar. Uygulama sonrası takip eden 14 gün boyunca deney hayvanları günlük olarak gözlemlenerek değerlendirilmiş ve deney süreci tamamlanmıştır.

Gözlemler deride, kıllarda, gözde, mukoz membranda, solunum, dolaşım, otonom ve merkezi sinir sisteminde, somatomotor aktivite ve davranış paternindeki değişimleri içermektedir. Gözlemler sırasında özellikle titreme, konvülsiyon, salya salgılanması, diare, uyuklama, uyku ve koma gibi durumlara dikkat edilmiştir. Elde edilen bulgu ve gözlemler topluca değerlendirilerek, atık örneklerinin muhtemel akut toksik etkileri GHS değeri olarak açıklanmaktadır.

## 4. Sonuç ve Tartışma

Evsel/endüstriyel atıklar, etkin susuzlaştırma prosesleri olmamasına bağlı olarak yüksek nem içerikleri, gerekse yüksek organik madde içeriklerine bağlı olarak yüksek kalorifik değere sahip olmaları sebebiyle sıkça tercih edilen düzenli depolama uygulamasına alternatif olarak ısı geri kazanımı amacıyla yakma, tarımda kullanma veya kompost üretimi vb. prosesler ile bertaraf edilmelidir. AB ülkelerinde arıtma çamurlarının tarımda kullanım oranı yüzde 36 düzeyinde olup, bu oran Danimarka, Fransa, İngiltere, Norveç, İsveç ve İspanya'da yüzde 50 civarındadır. Japonya'da ise ülkedeki nüfus yoğunluğu ve alanların azlığı nedeniyle, arıtma çamurlarının yüzde 60'lık bir bölümü yakılarak bertaraf edilmektedir (İşgenç ve Kınay, 2005). Ülkemizde halen evsel/endüstriyel atıkların (atık çamurların) tek başına veya diğer atıklarla karıştırılarak yakılması çok düşük seviyelerdedir, çamurun evsel atıklarla yakılması için yüzde 60-65 kuru madde içermesi, çimento üretiminde ise maksimum arıtma çamuru besleme oranının klinker üretim kapasitesinin yüzde 5'inden daha fazla olmaması gerekmektedir. Bu nedenle, 2000 ton/gün çimento üretiminde klinker kalitesinin değişmemesi için maksimum 100 ton/gün kuru

madde kullanılmalıdır (Aydın, 2004). Dolayısıyla, evsel atıksu arıtma çamurlarının önce çamur kurutma yataklarında doğal kurutma veya solar kurutma teknolojisi ile kurutularak ısı enerjisi geri kazanımı mümkündür. Arıtma çamurlarının toprak özellikleri açısından fakir bölgelerde şartlandırıcı veya gübre olarak kullanımı da son yıllarda mevzuatın da izin vermesiyle denemeye başlamıştır. Arıtma çamurlarının toprağa uygulanmasında yeraltı su seviyesi, toprak gerirgenliği vb.yasal sınırlamalar yanında çamurdaki mevcut N ve/veya P miktarının, yetiştirilecek ürünün ihtiyacı olan yıllık N ve/veya P miktarını geçmeyecek şekilde çamur yüklemesi yapılması gibi teknik sınırlamalar bulunmaktadır (Kocaer ve Başkaya, 2001). Evsel atıksu arıtma çamurlarından arpa bitkisi yetiştirilmesi üzerinde (Angın, 2008), veya buğday bitkisi yetiştirilmesi üzerinde başarılı çalışmalar (Yaman ve Olhan, 2010) bulunmaktadır.

Endüstriyel tıkların çoğu gerek yüksek nem içerikleri, gerekse bazen yüksek organik madde bazen yüksek inorganik madde içeriklerine bağlı olarak yüksek kalorifik değere sahip olmaları sebebiyle sıkça tercih edilen düzenli depolama uygulamasına alternatif olarak ısı geri kazanımı amacıyla yakma veya yapı malzemesi üretimi, RDF üretimi, vb. prosesler ile bertaraf edilmelidir. Endüstriyel proseslere bağlı olarak çok farklı endüstriyel atık elde edilebildiğinden, endüstriyel atıkların geri kazanımı veya yeniden kullanımı, her atık türü için ayrı ayrı ele alınmalıdır. Örneğin demir-çelik endüstrisi cürfularından veya uçucu küllerinden parke taşı, dekoratif tuğla yapımı veya kağıt endüstrisi çamurlarından RDF üretimi mümkündür. Yüksek kül içerikli atıkların adsorban malzeme olarak yeniden kullanımı üzerinde ümit verici çalışmalar da mevcuttur (Cantürk, 2005). İnert atıkların çimento tozu, bentonit, perlit, vb. gibi malzemelerle karıştırılarak (katılaştırma prosesi) yapı malzemesi olarak kullanımı da üzerinde daha fazla araştırma yapılması gerekli konulardandır (Kreith, 1995).

## Kaynaklar

- Atıksu Arıtımı Eylem Planı, T.C. Çevre ve Orman (Şehircilik) Bakanlığı, 2008.
- Aydın, S., “Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Değişik Amaçlarla Kullanımının Araştırılması”, Ph.D. ,İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ekim 2004.
- Cantürk, A., “Yüksek Kül İçerikli Arıtma Çamurlarının Adsorban Olarak Değerlendirilmesi”, Y.Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- Kocaer, O., Başakaya, H., “Arıtma çamurlarının araziye uygulanması”, Ekoloji Çevre Dergisi, 11 (41), 2001, 12-15.
- İşgenç, M.F. ve Kınay, E.H., 2005. Türkiye'de arıtma çamurları. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu-AÇS2005 Bildiriler Kitabı, 519- 528, İzmir.
- Kreith F., Handbook of Solid Waste Management, McGraw-Hill, New York, 38-46, 1995.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2.Ulusal Katı Atık Yönetimi Sempozyumu), Antalya, 2012
- Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Klavuzu Cilt 1-3, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012.
- TÜİK, “2008 Belediye Atıksu Temel Gösterge Sonuçları”, 2010. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)
- TÜİK, “İmalat Sanayii Atık Envanteri”, 2012, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)
- Yaman, K., Olhan, E., “Arıtma Çamuru Kullanımının Buğdayın verim, fiziki girdi ve maliyetleri üzerindeki etkisi”, Tarım Bilgileri Dergisi, 17, 2011, 157-166.
- Yıldız, Ş., “Evsel atıklardan RDF Üretimi”, 2.Ulusal Atık Yönetimi Sempozyumu, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 24-26 Nisan 2012, Antalya.