

KATI ATIK ve ÇEVRE

Sayı 84, Ekim 2011/Issue 84, October 2011

İÇİNDEKİLER/TABLE OF CONTENTS

Katı Atık Depolama Alanları Sızıntı Sularından Kaynaklanan Kirlilik Yüklerinin Tespiti, Örnek Çalışma: Burdur Havzası <i>Selma Ayaz, Nail Erdoğan, B. Hande Gürsoy, Elif Atasoy, Cihangir Aydöner, İzzet Öztürk, Nermin Çiçek, Lütfi Akça.....</i>	3
Düzenli Depolama Alanı Btex Emisyonlarının Yaz ve Kış Mevsimlerindeki Değişimlerinin Belirlenmesi <i>Fatih Taşpınar, Ertan Durmuşoğlu, Aykan Karademir.....</i>	11
Atıktan Türetilmiş Yakıtın Çimento Üretiminde Kullanımına Yönelik Türkiye'deki İlk Uygulama <i>Mustafa Kara, Esin Günay, Yasemin Tabak, Şenol Yıldız, Volkan Enç, Ufuk Durgut.....</i>	19
Eczanelerden Kaynaklanan Raf Ömrü Dolmuş İlaç Atıklarının Yönetimi, İstanbul Örneği <i>Tansu Haksevenler.....</i>	28
Tavukçuluk Katı Atıklarının Tavuk Gübresine İşlenerek Çevre Kirliliğinin Azaltılması <i>Hasan Eleroğlu, Arda Yıldırım.....</i>	33
Liç Atıklarından ve Bor Türevlerinden Renkli, Sert Borosilikat – Borcam Üretimi <i>Ayşegül Pala, Turan Batar, Filiz Mısırlı, Beril Sülün, Yasemin Paksoy.....</i>	43
Tıbbî Atık Yönetiminde Bölgesel Çözüm: Bolu-Düzce-Sakarya Örneği <i>Kamil B. Varınca, Cengiz Esmen, Yaşar Avşar.....</i>	54
Toplantılar.....	65
Yayınlar.....	66
Yazım Kuralları.....	67

OKURLARIMIZA

Her sene değişik bir üniversite ile düzenlenen "Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi"ni (UKAY), Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi (KAKAD), II. UKAY 2011'i Mersin Üniversitesi ile birlikte organize etmiştir.

Kongre'de sunulan 75 bildiriden Kongre Bilim Kurulu tarafından seçilmiş olan bildirilerden yedi tanesi Katı Atık ve Çevre Dergisi'nin özel sayısında yayınlanarak Katı Atık ve Çevre Dergisi okuyucularına sunulmuştur.

Kentsel katı atık potansiyeli, katı atıkların kaynaktan azaltılması, arıtma tesisi çamurları, sızıntı suyu ve kompost konularında olan makalelerin akademisyenler, özel ve kamu elemanları, yasa koyucu/uygulayıcıları, kısaca tüm okuyucularımız için yararlı olacağı inancındayız.

Saygılarımızla,

Yazı Kurulu adına

Prof. Dr. Günay KOCASOY

BİLİM KURULU/SCIENTIFIC BOARD

Fikret Adaman/Boğaziçi Üni.
Osman Nuri Ağdağ/Pamukkale Üni.
İdil Arslan Alaton/İTÜ
Erdem Albek/Anadolu Üni.
Nesrin Algan/Ankara Üni.
İbrahim Alyanak/PAP
Güler Aras/YTÜ
Tamer Atabarut/Boğaziçi Üni.
Semra Atabay/YTÜ
Hüsnü Atakül/İTÜ
Aysel Atımtay/ODTÜ
Azize Ayol/Dokuz Eylül Üni.
Önder Ayyıldız/Onsekiz Mart Üni.
Nuri Azbar/Ege Üni.
Fatoş Germirli Babuna/İTÜ
Gülfem Bakan/Ondokuz Mayıs Üni.
Ulusoy Bali/Cumhuriyet Üni.
Nilgün Balkaya/İstanbul Üni.
Müfide Banar/Anadolu Üni.
Mehmet Borat/Fatih Üni.
Nurdan Büyükkamacı/Dokuz Eylül Üni.
Avni Çakıcı/Atatürk Üni.
Mehmet Çakmakçı/Yıldız Teknik Üni.
Bariş Çallı/Marmara Üni.
Eyüp Debik/YTÜ
Ahmet Demir/YTÜ
Göksel Demir/Bahçeşehir üniversitesi
Mustafa Değirmenci/Cumhuriyet Üni.
Tuncay Döğeroğlu/Anadolu Üni.
Deniz Dölgen/Dokuz Eylül Üni.
Ertan Durmuşoğlu/Kocaeli Üni.
Arzu Y. Dursun/Fırat Üni.

İsfendiyar Egeli/İzmir YTE
Ekrem Ekinci/Işık Üni.
Ertuğrul Erdin/Dokuz Eylül Üni.
Hünay Evliya/Çukurova Üni.
Ayşe Filibeli/Dokuz Eylül Üni.
Hüseyin Gökçekuş/Yakın Doğu Üni.
M. Talha Gönüllü/YTÜ
Sami Gören/Fatih Üni.
Erdem Görgün/İTÜ
Burcu Özkaraoğlu/Güngör/Ondokuz Mayıs Üni.
Mirat Gürol/Gebze YTE
Şebnem Harsa/İzmir YTE
Halil Hasar/Fatih Üni.
Gönül Tuğrul İçemer/Akdeniz Üni.
Orhan İnce/İTÜ
Ubeyde İpek/Fırat Üni.
Ayşegül İyilikçi Pala/Dokuz Eylül Üni.
Işık Kabdaşlı/İTÜ
Emine Erman Kara/Niğde Üni.
Feza Karaer/Uludağ Üni.
Ali Rıza Kaylan/Boğaziçi Üni.
Bülent Keskinler/Gebze YTE
Cumali Kınacı/İTÜ
Mehmet Kitiş/Süleyman Demirel Üni.
Günay Kocasoy/Boğaziçi Üni.
Nurcan Köleli/Mersin Üni.
Erhun Kula/Bahçeşehir Üni.
Sadriye Küçükbayrak/İTÜ
Enver Yaser Küçükgül/Dokuz Eylül Üni.
Ayşegül Latifoğlu/Hacettepe Üni.
Ayşe Muhammetoğlu/Akdeniz Üni.

Aysen Müezzinoğlu/Dokuz Eylül Üni.
İrem Nuhoglu/Boğaziçi Üni.
Hasancan Okutan/İTÜ
Begüm Özkaynak/Boğaziçi Üni.
Cengiz Özmetin/Balıkesir Üni.
İbrahim Peker/Erciyes Üni.
Altunay Perendeci/Akdeniz Üni.
Ahmet Samsunlu/İTÜ
Dilek Sanin/ODTÜ
Hüseyin Selçuk/Pamukkale Üni.
Delya Sponza/Dokuz Eylül Üni.
Erkan Şahinkaya/Harran Üni.
Nusret Şekerdağ/Fatih Üni.
Ayşegül Baysal Tank/İTÜ
Mete Tayanç/Uluslararası Kıbrıs Üni.
Sevgi Tokgöz Güneş/Dokuz Eylül Üni.
Bülent Topkaya/Akdeniz Üni.
Zerrin Toprak/Dokuz Eylül Üni.
İsmail Toröz/İTÜ
İsmail Tosun/Süleyman Demirel Üni.
Olca Tünay/İTÜ
Selnur Uçaroğlu/Uludağ Üni.
Ayşenur Uğurlu/Hacettepe Üni.
Orhan Uslu/Bahçeşehir Üni.
Ayhan Ünlü/Fırat Üni.
M. İrfan Yeşilnacar/Harran Üni.
Ülkü Yetiş/ODTÜ
Zeynep Yöntem/Ekodenge
Ahmet Yüceer/Çukurova Üni.
Zeynep Zaimoğlu/Çukurova Üni.

KATI ATIK DEPOLAMA ALANLARI SIZINTI SULARINDAN KAYNAKLANAN KİRLİLİK YÜKLERİNİN TESPİTİ, ÖRNEK ÇALIŞMA: BURDUR HAVZASI

Selma Ayaz¹, Nail Erdoğan¹, B. Hande Gürsoy¹, Elif Atasoy¹, Cihangir Aydöner¹, İzzet Öztürk²,
Nermin Çiçek³, Lütfi Akça³

¹TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü, Gebze, Kocaeli

²İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü 80626 Ayazağa, İstanbul

³Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara

Özet

Bu çalışma kapsamında saha çalışmalarında düzenli ve düzensiz katı atık depolama alanlarının yerleri tespit edilmiş, coğrafi bilgi sistemi vasıtasıyla haritalara işlenmiştir. Atık miktarının ilgili Ulusal ve Avrupa Birliği (AB) mevzuatında öngörülen şekilde 2010-2040 yılları arasında değişimi ortaya konmuştur. Bu süreçte düzenli depolama tesislerinin kurulması, katı atık miktarının azaltılması, geri kazanımın sağlanması, katı atık taşıma giderlerinin düşürülmesi ve gerektiğinde uygun teknolojiye sahip aktarma merkezlerinin kullanılması dikkate alınmıştır. Bu kapsamda havzanın nüfusu (mevcut ve gelecekteki), topografyası, yol durumu, yağış miktarı ve katı atığın depolandığı alan değerlendirilerek hesaplamalar yapılmıştır. Düzenli depolama alanlarından kaynaklanan kirlilik yükünün noktasal; düzensiz depolama alanlarından kaynaklanan kirlilik yükünün ise yayılı olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca rehabilite edilmiş düzensiz depolama alanlarından gelen kirlilik yükünün bir kısmı noktasal; bir kısmı yayılı kirletici yük olarak alınmıştır. 2010 yılı için katı atıklardan kaynaklanan noktasal sızıntı suyu yükleri sırası ile KOİ için 149, TN için 37, TP için ise 0,37 ton/yıl değerinde iken, yayılı sızıntı suyu yükleri ise TN için 66, TP için ise 1,6 ton/yıl'dır.

Anahtar Kelimeler: Katı atık, noktasal kirlilik yükü, sızıntı suyu, yayılı kirlilik yükü

ASSESSMENT OF LEACHATE POLLUTION ORIGINATED FROM SOLID WASTE DISPOSAL, A CASE STUDY FOR BURDUR BASIN

Abstract

In this study, solid waste disposal areas are determined, and mapped by Geographical Information Systems. The amount of solid waste is predicted for the years of 2010-2040, taking into consideration the relevant National and European Union (EU) regulations. Construction of sanitary landfills and recycling of waste are taken into account for estimation of pollution loads. In this context, the population of the basin (present and future), topography, road conditions, precipitation and area of solid waste disposal site are evaluated for the pollution load calculations. Pollution loads originating from sanitary landfills are assumed as point source pollution while pollution loads from irregular landfills are assumed as non-point source pollution. In addition, half of the pollution loads originating from rehabilitated areas is assumed as point source pollution while the other half is assumed as non-point source pollution. Point-source pollution loads from sanitary landfills (leachate) for the year of

2010, are at levels of 149 tons/year for COD, 37 tons/year for TN and 0.37 tons/year for TP. Besides, non-point pollution loads from leachate are calculated as 66 tons/year for TN tons/year and 1.6 tons/year for TP.

Keywords: *Solid waste, leachate, non-point source pollution load, point source pollution load*

1. GİRİŞ

Ülkemizde hızlı ekonomik büyüme, kentleşme, nüfus atışı ve refah seviyesinin yükselmesi giderek artan miktarda atık üretimine yol açmaktadır. Artan atık miktarı ise; atıksız veya olabildiğince az atıklı üretimi, atıkların geri kazanılmasını ve nihayet atıkların ekonomi ve çevre açısından en uygun şekilde bertarafını gerektirmektedir.

Türkiye genelinde katı atıklar, genellikle dere ve çay kenarlarına, terk edilmiş maden ocaklarına ve orman vasfını yitirmiş arazilere kontrolsüz bir şekilde dökülmekte, oluşan sızıntı suları ile toprak, akarsu ve yeraltı suyunu kirletmektedir (Öztürk, 2010). Düzensiz depolama olarak kullanılan bölgeler, vadiler, yazın kuruyan dere yatakları, terk edilmiş maden ocaklarına ve orman vasfını yitirmiş araziler olarak tercih edilmektedir. Vadilerde toplanan katı atıkların üstü zamanla kapatılmakta; kuruyan dere yataklarındaki atıklarsa kışın taşkınların gelişimiyle süpürülmektedir. Atıklardan kaynaklanan sızıntı suları için hiçbir önlem alınmamış olup, bu sular yeraltına veya derelere ulaşmaktadır. Çözüm olarak yakın belediyelerin bir araya gelerek birlik kurmaları ve bu birlik dâhilinde düzenli depolama alanlarını inşa ederek işletmeye almaları gerekmektedir.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB) tarafından başlatılıp, TÜBİTAK MAM'ın proje yürütücülüğünde yapılmış olan Havza Koruma Eylem Planları kapsamında kirlilik kaynakları belirlenmiş; mevcut ve gelecekteki durumu ortaya konmuştur. Havza Koruma Eylem Planı Projesinin önemli çıktılarında biri, noktasal ve yayılı kirletici kaynaklardan biri olan katı atık

Sızıntı sularının hesaplanmasıdır (TÜBİTAK MAM Burdur Havzası HKEP Raporu, 2010).

Türkiye'de katı atık ile ilgili başta "Katı Atık Ana Planı, (ÇOB, 2006/2009)" ve "Atık Yönetimi

Eylem Planı, (ÇOB, 2010)" olmak üzere çok önemli çalışmalar yapılmıştır. Ancak yapılan bu çalışmalar iller bazında olup, henüz havza bazında bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu çalışma bu konuda yapılan öncü çalışmalardan biridir. Bu amaç doğrultusunda Türkiye'nin kapalı havzalarından biri olan Burdur Havzası örneğinde, mevcut ve gelecekteki katı atık durumu, oluşan sızıntı suyu miktarı ve kirletici yükler tespit edilmiştir.

2. METODOLOJİ

2.1. Katı Atık Yönetim Birliklerinin ve Atık Miktarının Belirlenmesi

Sızıntı suyu hesaplamalarına esas teşkil eden Katı Atık Yönetim Birlikleri Kasım 2010 yılında ÇOB'dan alınan verilere göre belirlenmiştir. Katı Atık Yönetim Birlikleri, hizmetin sunulacağı alt bölgeyi ve nüfusunu tanımlamaktadır. Katı atık hizmetleri başlıca atık toplama, taşıma, geri kazanma, arıtma ve bertaraf faaliyetlerini içermektedir. Atık birliklerinin oluşturulmasında dikkate alınan başlıca parametreler; idari yapı, coğrafi konum, topografya, yol durumu, ekonomik taşıma mesafesi ve nüfustur.

Havzadaki katı atık kaynaklı kirlilik yüklerinin zaman içerisinde atık karakterizasyonu ve atık akışı neticesinde nasıl değiştiğinin belirlenmesinde, KAAP kapsamında hazırlanmış Tip Projeler kullanılmıştır. Tip Projeler, katı atık yönetimi alanında Türkiye genelinin bilgisayar destekli bir model yardımıyla modellenmesi suretiyle geliştirilmiştir. Tip Projeler kullanılarak atık akışı içerisinde oluşumundan bertarafına kadar geçen süreçte, atık ayırma, işleme, arıtma v.b. amaçlarla kullanılması gereken pek çok atık yönetim tesisi, bu tesisler ve işletmeye alınma tarihleri, farklı nüfus grupları ve bölgelerin farklı yapısal özelliklerini dikkate alınmıştır. Ayrıca, Tip Projeler hem Türk, hem AB mevzuatına uygun bir şekilde hazırlanmıştır.

2.2. Katı Atık Sızıntı Suyu Hesaplamaları

Havza dahilinde oluşan katı atık sızıntı suları **Tablo 1**'de gösterildiği şekilde gruplandırılmıştır. Sızıntı sularının debi ve yük hesapları bu 4 ayrı grup için yapılmıştır. Nüfusu 100.000'den fazla olan yerleşim yerlerinde, Çevre Kanunu Geçici

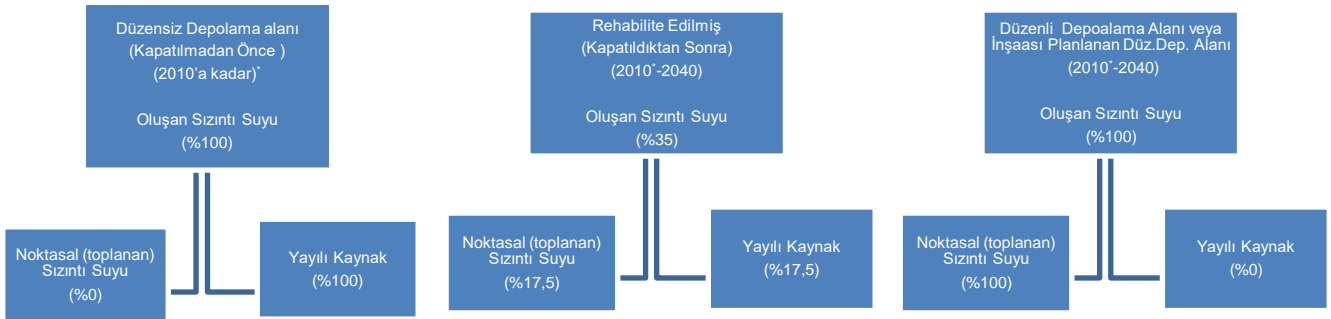
Madde 4'e göre belirlenmiş olan Düzenli Depolama sahalarını işletmeye almak için aşılmaması gereken süredir. Ancak bu süre dolduğundan HKEP İş Takviminde bu tarih, 2012 yılı olarak öngörülmüştür.

Tablo 1. Katı atık sızıntı suyu kaynakları

Katı Atık Sızıntı Suyu Kaynakları	
Düzensiz Depolama Alanları	Düzenli Depolama Alanları
Mevcut Düzensiz Depolama Alanları	Mevcut Düzenli Depolama Alanları
Rehabilite Edilen (Kapatılan) Düzensiz Depolama Alanları	İnşaatı Planlanan Düzenli Depolama Alanları

Şekil 1'de görüldüğü üzere sızıntı suyundan kaynaklanan kirlilik yükleri noktasal (toplanan) ve yayılı olarak ikiye ayrılmaktadır. Noktasal olarak kabul edilen yükler, düzenli depolama alanlarından ve rehabilite edilen düzensiz

depolama alanlarından; yayılı olarak kabul edilenler ise düzensiz depolama alanların ve rehabilite edilen düzensiz depolama alanlarından gelmektedir. Bu yüklerin yüzdelik dağılımı şekilde yer aldığı gibidir.



Şekil 1. Oluşan ve toplanan sızıntı suyu yüzdelik dağılımları

*Nüfusu 100.000'den fazla olan yerleşim yerlerinde, Çevre Kanunu Geçici Madde 4'e göre belirlenmiş olan Düzenli Depolama sahalarını işletmeye almak için aşılmaması gereken süredir. Ancak bu süre dolduğundan HKEP İş Takviminde bu tarih, 2012 yılı olarak öngörülmüştür.

2.2.1. Düzensiz depolama alanları için sızıntı suyu hesapları

2.2.1.1. Mevcut düzensiz depolama alanları

Mevcut düzensiz depolama alanları için sızıntı suyu debileri yıllık ortalama yağış yükseklikleri kullanılarak aşağıda verilen denklem ile hesaplanmıştır.

$$\text{Sızıntı Suyu Debisi (m}^3\text{/yıl)} = \text{Düzensiz Depolama Alanı (m}^2\text{)} \times \text{Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği(m/yıl)}$$

Hesaplamalar yapılırken, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan 1975-2009

yılları arasındaki yağış verileri kullanılmıştır. Depolama alanlarının büyüklükleri saha

çalışmaları ile tespit edilmiştir. Sızıntı suyu kirletici yük hesaplamaları KOİ, TN, TP

parametreleri için yapılmıştır. Bu hesaplamalar sırasında yıllara göre kullanılan değerler **Tablo 2**'de verildiği gibidir.

Tablo 2. Sızıntı suyu ortalama kirletici konsantrasyonları

Konsantrasyon (mg/L)	2010'a kadar	2010-2030	2030-2040
KOİ	5000	2500	250
TN	400	200	20
TP	10	5	0,5

Kaynak: ÇOB, Katı Atık Ana Planı, 2006/2009

Hesaplamalar yapılırken aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Mevcut Düzensiz Depolama Alanları kapatıldıktan sonra sızıntı suyu debisinin %65 azalacağı kabul edilmiştir. (Depolama Alanı Kapatıldıktan Sonra Sızıntı Suyu Oluşma Faktörü: 0,35)
- Depolama alanı kapatıldıktan sonra, 30 yıl boyunca, sızıntı suyu toplanmaya devam edilecektir.
- Mevcut Düzensiz Depolama Alanları kapatıldıktan sonra oluşan sızıntı suyunun %50' sinin toplanabileceği kabul edilmiştir.
- Sızıntı suyundaki her bir kirletici parametre yükünün, depolama alanı kapatıldıktan sonraki 20 yıl (2010-2030) için %50' sine ineceği kabul edilmiştir (Tablo 2).
- Sızıntı suyundaki her bir kirletici parametre yükünün, depolama alanı kapatıldıktan 10 yıl sonra (2030-2040) %5' ine ineceği kabul edilmiştir (Tablo 2).
- Sızıntı suyunun toplanmayan kısmının yayılı kaynak olduğu kabul edilmiştir.
- Düzensiz depolama alanlarının kapanma tarihleri, Çevre Kanunu Geçici Madde 4'e göre belirlenmiştir.

2.2.1.2. Kapatılan düzensiz depolama alanları (Rehabilite edilmiş)

2.2.1.1'de anlatıldığı üzere rehabilite edilmiş düzensiz depolama alanları için sızıntı suyunun 30 yıl boyunca %50'sinin toplanabileceği kabul

edilmiştir. Depolama alanı kapatıldıktan sonra kirlilik yüklerinin 20 yıl içerisinde %50'sine ineceği, sonraki 10 yıl için %5'ine ineceği öngörülmüştür. Toplanamayan kısım da yayılı yük olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.3. Kapatılan düzensiz depolama alanları (Rehabilite edilmemiş)

Düzensiz depolama alanlarının bir kısmının da doğal yollarla ıslah olduğu kabul edilmiştir. Söz konusu alanlardan gelecek olan kirlilik yükünün hesaplarda dikkate alınması maksadıyla, mevcut düzensiz depolama alanları kirlilik yükü 1,1'lik emniyet katsayısı ile çarpılarak hesaplanmış, yük %10 oranında arttırılmıştır.

2.2.2. Düzenli depolama alanları için sızıntı suyu hesapları

2.2.2.1. Mevcut düzenli depolama alanları

Düzenli depolamalardan kaynaklanan sızıntı suyu hesabında, ilçelerin 2010 yılı eşdeğer nüfusları ve KAAP tip proje atık akışları kullanılmıştır.

$$\text{Sızıntı Suyu Debisi (m}^3\text{/yıl)} = \text{Atığın su miktarı (m}^3\text{/yıl)} - \text{Atığın bozunması sırasında tüketilen su miktarı (m}^3\text{/yıl)} + \text{Yağış sızma miktarı (m}^3\text{/yıl)}$$

Sızıntı suyu kirletici yük hesaplamaları KOİ, TN, TP parametreleri için yapılmıştır. Bu hesaplamalar sırasında yıllara göre kullanılan değerler **Tablo 3**'de verildiği gibidir.

Tablo 3. Düzenli depolama tesisleri sızıntı suyu ortalama kirletici konsantrasyonları

Konsantrasyon (mg/l)	2010'a kadar	2010-2030	2030-2040
KOİ	4000	2000	500
TN	1000	500	100
TP	10	10	1

Kaynak: ÇOB, Katı Atık Ana Planı, 2006/2009

Hesaplamalar yapılırken aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Düzenli Depolama Alanı için **depolanan atığın su muhtevası, ağırlıkça %30 olarak kabul** edilmiştir.
- Düzenli Depolama Alanı için depolanan atık için bozunma sonucu tüketilen su oranı ağırlıkça %24 olarak kabul edilmiştir.
- Kapatılan hücreler için yağış sızma oranı %20 olarak kabul edilmiştir.
- Düzenli Depolama Alanı kapatıldıktan sonra 10 yıl boyunca, sızıntı suyu toplanmaya devam edilecektir.
- Düzenli Depolama Alanı kapatıldıktan sonraki sızıntı suyundaki kirletici parametre konsantrasyonları (KOİ, TK), ilk 5 yıl için %50'sine, ikinci 5 yıl %5'ine ineceği kabul edilmiştir. Sadece fosfor (TP) konsantrasyonu sabit alınmıştır.

2.2.2.2. İnşaatı planlanan düzenli depolama alanları

Birlik nüfusları belirlendikten sonra KAAP'a göre Tip Projeler seçilmiş ve mevcut düzenli depolama alanlarında uygulanan aynı yöntemle oluşan sızıntı suyu miktarı ve kirletici yükleri hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada öncelikle Burdur Havzası'ndaki mevcut durum ortaya konulmuş ve sonrasında birlik yapılanmasına göre katı atıklardan kaynaklanan sızıntı suları hesaplanmıştır. Burdur Havzası katı atık sızıntı suyu durum

değerlendirilmesi 2040 yılına kadar yapılmıştır. Bu zaman dilimi içerisinde,

- Havzadaki tüm belediyelerin atık birliklerine dahil olması,
- Atık depolama kapasitesini tamamlamış alanların kapatılması ve rehabilite edilmesi,
- Yeni bölgesel düzenli depolama tesislerinin kurulması,
- Rehabilite edilmiş düzensiz depolama sahalarından kaynaklanan (%50) ve düzenli depolama alanlarından gelen sızıntı sularının yerinde ön arıtmaya tabii tutulması ve sonrasında şehir kanalizasyon şebekesine bağlanarak veya vidanjörlerle taşınarak kentsel AAT'lere aktarılması dikkate alınmıştır.

3.1. Burdur Havzası Mevcut Katı Atık Durumunun Değerlendirilmesi

Burdur Havzası içerisinde yer alan belediyelerin tamamına yakınında, katı atıklar düzensiz depolanarak bertaraf edilmektedir. Havza içerisinde sadece Isparta Koçtepe'de Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi bulunmakta, Burdur'da ise yeni bir tesisin yapılması planlanmaktadır. Havzada yer alan Isparta iline bağlı belediyeler, atıklarını, Koçtepe Katı Atık Düzenli Depolama Tesisine, çeşitli sebeplerle sürekli olarak taşıyamamakta, ancak belirli dönemlerde götürebilmektedirler.

3.2. Burdur Havzası Önerilen Katı Atık Yönetim Birlikleri

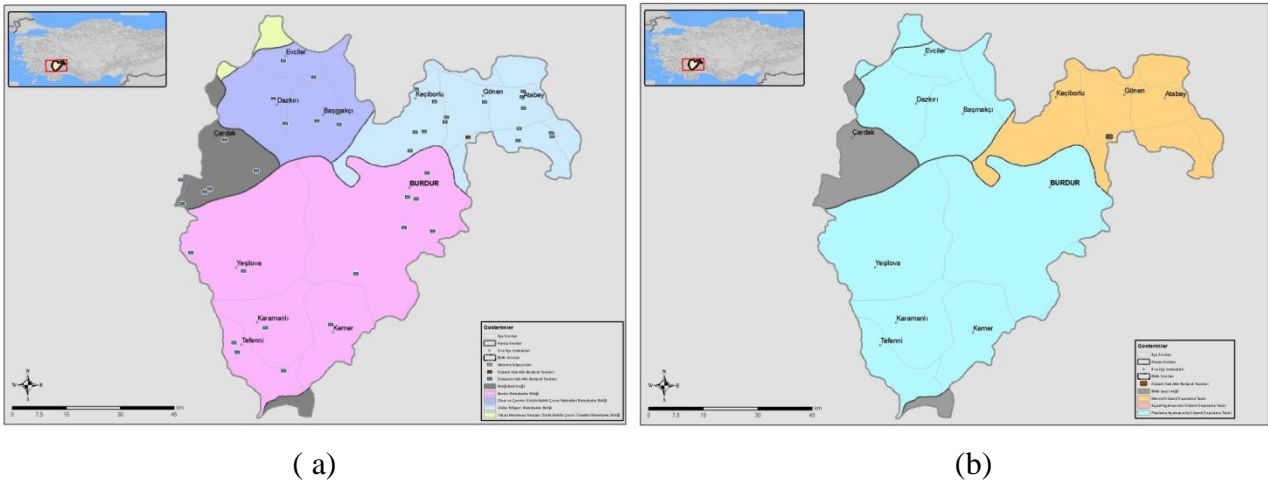
Burdur Havzası için sızıntı suyu hesaplamalarına esas teşkil eden Katı Atık Yönetim Birlikleri **Tablo 4**'de verilmektedir. Burdur Havzası'nın katı atık birliklerini ve durumlarını (mevcut, inşaat, planlama) gösteren harita ise **Şekil 2**'de yer almaktadır.

Tablo 4. Burdur Havzası için sızıntı suyu hesaplarında kullanılan atık yönetim birlikleri

İl	Birlik Adı	Üye Belediyeler (İlçeler)	Birlik Nüfusu (2010)
Burdur	Burdur Katı Atık Birliği	Burdur Merkez, Ağlasun, Altınyayla, Bucak, Çavdır, Çeltikçi, Gölhisar, Karamanlı, Kemer, Tefenni, Yeşilova	251.181
Isparta	Göl-Bir Belediyeler Birliği	Isparta Merkez, Keçiborlu, Gönen, Atabey, Uluborlu, Senirkent, Sütçüler*, Aksu*, Eğirdir*	389.207

Kaynak: ÇOB, 2010 ve Katı Atık Ana Planı II. Aşama Projesi, 2006/2009

*Sütçüler, Aksu ve Eğirdir ilçeleri, Antalya Havzası sınırları içerisinde olmakla birlikte, Göl-Bir Belediyeler Birliğine üyedir ve hesaplamalara dahil edilmiştir.



Şekil 2. Burdur Havzası sızıntı suyu hesaplarına esas teşkil eden atık birlikleri (a) ve birliklerin durumunu gösterir (b) harita

Burdur Havzası hesaplamaları yapılırken,

- Burdur Katı Atık Yönetim Birliğinin Düzenli Depolama Tesisinin 2012'de faaliyete geçeceği, 2012 yılından itibaren KAAP-Tip Proje 7'e göre faaliyetine devam edeceği öngörülerek hesap yapılmıştır.
- Göl-Bir Belediyeler Birliğinin Düzenli Depolama Tesisinin 2006'dan beri faaliyette olduğu, 2012 yılından itibaren KAAP-Tip Proje 8'e göre faaliyetine devam edeceği varsayılarak hesap yapılmıştır.

3.3. Katı Atık Sızıntı Sularından Kaynaklanan Debi ve Kirlilik Yükleri

3.3.1. Noktasal kaynaklı debi ve kirlilik yükleri

Yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan katı atık sızıntı suları kaynaklı debi ve noktasal kirlilik yüklerinin yıllara göre değerleri **Tablo 5'**de özetlenmiştir.

Tablo 5. Burdur Havzası için katı atık sızıntı suyundan kaynaklanan noktasal kirletici yükleri

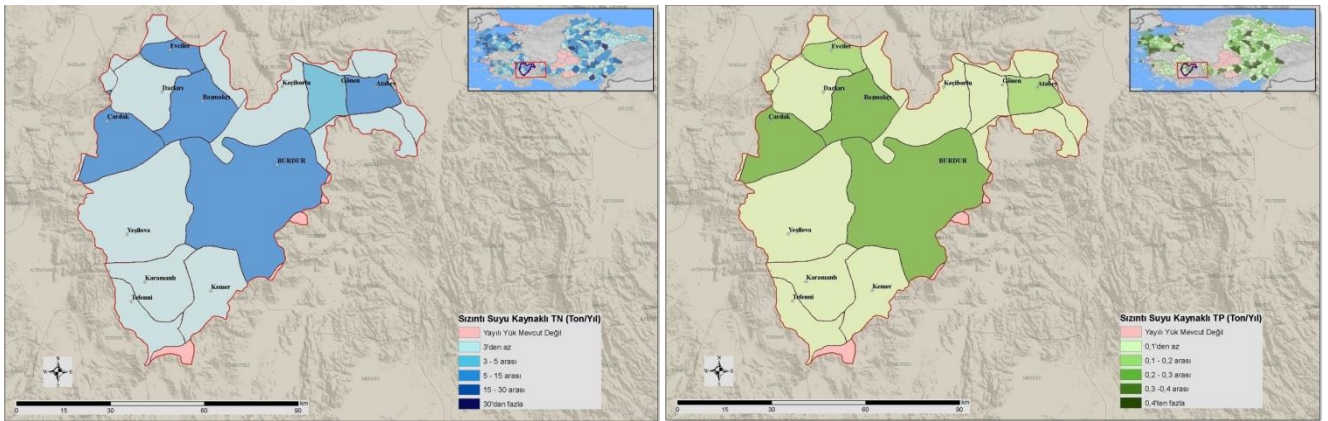
Yıllar	Ortalama sızıntı suyu debisi	KOİ	TN	TP
	m ³ /yıl	ton/yıl	ton/yıl	ton/yıl
2010	37.284	149	37	0,37
2020	78.497	276	58	0,66
2030	89.513	320	69	0,77
2040	89.513	263	64	0,66

Burdur Havzası'nda 2010 yıl için katı atıklardan kaynaklanan noktasal sızıntı suyu yükleri, KOİ için 149, TN için 37, TP için ise 0,37 ton/yıl mertebesindedir. Yüklerin 2012 yılında düzenli depolama tesisinin işletmeye alınmasının ardından artış göstermesi beklenmektedir. Buna göre 2020 yılındaki yük değeri KOİ için 276, TN için 58, TP için ise 0,66 ton/yıl olacaktır. 2020 yılından 2030 yılına kadar atığın gelmeye devam etmesiyle debinin ve yükün artması beklenmektedir. 2030 yılından itibaren sızıntı suyunun karakteri ile ilgili olarak yüklerin azalacağı ancak atık miktarı ile ilgili debinin değişmeyeceği kabul edilmektedir.

3.3.2. Yayılı kaynaklı debi ve kirlilik yükleri

Burdur havzasında yer alan düzensiz depolama ve rahabilite edilmiş alanlardan yağış ve arazi

drenajı sonucu ile kaynaklanan yayılı yükler TN ve TP yükleri için Şekil 3 (a ve b)'de haritalandırılmıştır. Burdur Havzası'nda 2010 yıl için yayılı olarak gelen sızıntı suyu debisi 144.027 m³/yıl iken bu değer 2020 yılından itibaren düzenli depolamaların hayata geçmesiyle 25.205 m³/yıl seviyesine inmesi ve 2040 yılına kadar aynı şekilde devam etmesi beklenmektedir. Bununla birlikte 2010 yılı için katı atıklardan kaynaklanan yayılı sızıntı suyu yükleri TN için 66, TP için ise 1,6 ton/yıl mertebesindedir. Yüklerin 2012 yılında düzenli depolama tesislerinin işletmeye alınmalarının ardından bir azalış göstermesi beklenmektedir. Buna göre 2020 yılındaki yük değeri TN için 49,6; TP için ise 1,2 ton/yıl olacaktır. 2040 yılında ise bu değerler TN için 3,3; TP için 0,1 ton/yıl değerine inmiş olacaktır.



(a)

(b)

Şekil 3.Burdur Havzası katı atık sızıntı sularından kaynaklanan yayılı TN(a) ve TP (b) yükleri dağılımı

Katı atık sızıntının suyundan kaynaklanan noktasal kirlilik yükleri 2040 yılına kadar TN ve TP için yaklaşık olarak % 40-45'lik bir artış gösterirken, yayılı kirlilik yükü olarak %95

kadarlık bir azalma gözlenmiştir. Bu değişim temel olarak düzensiz depolama alanlarının kapatılarak rahabilite edilmesinden ve düzenli

depolama alanlarının açılmasından kaynaklanmaktadır.

Düzenli depolanan atık miktarları 2012 yılında devreye giren düzenli depolama tesisi neticesinde azalmakta olup, öte yandan nüfus artışı ve ekonomik gelişmeye paralel olarak artmaktadır. Dolayısıyla düzenli depolanan yıllık atık miktarları doğrusal bir fonksiyon olmayıp farklılık arz etmektedir. Ancak düzenli depolamaya geçilmesi için öngörülen 2012 yılından sonra kurulan tesisin sızıntı suyunu kendi bünyesinde arıtmış olması veya kentsel atıksu arıtma tesisine deşarj etmesi gerekmektedir. Bu durumda oluşacak kirlilik yükü alıcı ortama karışmayacaktır. Ancak bu yükün hesaplanması planlanacak olan sızıntı suyu arıtma tesisinin boyutlandırılmasında veya kentsel AAT'ye gelecek yükün belirlenmesinde faydalı olacaktır.

Sonuç olarak, Burdur Havzası örneğinde yapılan bu çalışma, havza bazında mevcut ve gelecekteki durumu ortaya koyarak, önümüzdeki dönemde yapılması gereken çalışmalara bir yol haritası çizmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu bildiri 5098115 no'lu " Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması " projesi kapsamında oluşturulmuştur. Proje sürecinde emeği geçen başta müşteri kurum Çevre ve Orman Bakanlığı olmak üzere Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, DSİ, TÜİK, DMİ, Belediyeler, Üniversiteler ve diğer tüm kurum ve kuruluşlara teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- ÇOB (2006.c) Katı Atık Ana Planı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı
- ÇOB (2008) Atık Yönetimi Eylem Planı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı
- Öztürk, İ. (2010). Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları Kitabı. İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- TÜBİTAK MAM (2010). Burdur Havzası Koruma Eylem Planı Raporu, Gebze Kocaeli.

DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI BTEX EMİSYONLARININ YAZ ve KIŞ MEVSİMLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Fatih Taşpınar¹, Ertan Durmuşoğlu², Aykan Karademir²

¹Düzce Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konuralp, Düzce

²Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmit, Kocaeli

Özet

Atıklar, depolama alanına depolandıktan sonra, çeşitli prosesler sonucu atığın organik kısmında ayrışmalar meydana gelir. Bu ayrışmalar sonucu büyük bölümünü metan ve karbon dioksitin oluşturduğu deponi gazı (LFG) meydana gelir. Bu iki temel gazın yanında, çok düşük konsantrasyonlarda fakat yüksek toksisiteye sahip uçucu organik bileşikler de (VOC) oluşmaktadır. Bu organik gazların belirlenmesi gerek işletmede çalışan işçiler açısından gerekse yakın yerleşim bölgesinde yaşayan insanlar açısından önemlidir. Bu çalışmada, İzmit'teki düzenli depolama alanı ortam havasında BTEX (benzen, toluen, etilbenzen, mp-ksilen ve o-ksilen) emisyonları ölçülmüştür. BTEX bileşikleri deponi alanlarından kaynaklanan uçucu organik bileşiklerin hem en çok bilinenleri ve hem de sağlık riski oluşturan bir kısmını olduklarından dolayı, bu bileşiklerin varlığının ve miktarlarının tespiti diğer VOC'ler adına bir yol gösterici olmaktadır. Örnekleme ve analiz çalışmalarında, USEPA Method TO-17 kullanılmıştır. Adsorban tüplere, kış ve yaz mevsimlerini ifade edecek şekilde Nisan ve Haziran aylarında aktif örneklemeler yapılarak, örnekler GC-FID ve Termal Desorpsiyon cihazlarında analiz edilmiştir. Laboratuarda elde edilen sonuçlar, diğer araştırmacıların farklı ülkeler için elde ettikleri bulgular ile karşılaştırılmıştır. Deponi gazındaki BTEX değerleri ile atık yaşı, süzüntü suyu seviyesi ve ortam sıcaklığı arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Benzen, toluen, etilbenzen, mp-ksilen ve o-ksilen minimum ve konsantrasyonları $5.6-3138 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $23-7834 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $4.9-3717 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5.3-4013 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $2.6-16521 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kanserojen özellik taşıyan benzenin konsantrasyonu ortalama $169 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Diğer BTEX bileşenlerinin ortalama konsantrasyonları ise toluen $745 \mu\text{g}/\text{m}^3$, etilbenzen $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ksilenler $325 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Elde edilen toluen konsantrasyonları diğerlerinden oldukça yüksek çıkmıştır. Şahit numuneler de ise deteksiyon limitleri altında kaldığından BTEX bileşenleri ölçülememiştir. Ölçümlere ait minimum, maksimum ve geometrik ortalama değerleri arasındaki basit regresyon ile elde edilen determinasyon katsayıları sırasıyla; 0.98, 0.05, 0.01 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen BTEX konsantrasyonlarının minimum değerleri arasında yüksek oranda pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Nisan ayında yapılan ölçümlerde elde edilen değerler genellikle Haziran ayında elde edilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Bu duruma deponi alanında biriken ve toplama sistemine ulaşana kadar göletler halinde biriken süzüntü suyunun, belli bir seviyenin üzerinde olması halinde gaz çıkışını engellemesi veya kısmen azaltmasının neden olduğu düşünülmektedir. Literatür verileri ile karşılaştırıldığında, deponi alanının kapatılan lotlarından atmosfere karışan BTEX konsantrasyonları genelde daha düşük bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: BTEX, düzenli depolama, termaz dezorpsiyon, uçucu organikler.

DETERMINATION OF LANDFILL BTEX EMISSION CHANGES IN SUMMER AND WINTER SEASONS

Abstract

Waste decomposition takes place on organics of the waste following deposition due to various processes. Landfill gas (LFG) mainly comprised of methane and carbon dioxide is generated due to that decomposition. Besides these two main gases, volatile organic compounds (VOC) those are highly toxicity at very low concentrations are produced. Determination of these compounds is especially important for landfill operators and persons live nearby. In this study, benzene, toluene, ethylbenzene, mp-xylene and o-xylene (BTEX) emissions were measured in ambient air of a landfill in Izmit. BTEX compounds are most well-known volatile organic compounds in landfills and constitute health risks. Therefore, determination of presence and amount of these compounds lead to know other VOC's situations. LFG samples were collected and analyzed accordance with USEPA method TO-17. Samples were collected onto adsorbent tubes by active sampling method on April and June, 2007. All samples were analyzed by a system consisting of a Thermal Desorber coupled with a gas chromatography (GC) fitted with a flame ionization detector. The analysis results obtained in the laboratory were compared with the other researcher's results for different countries. Obtained BTEX concentration of LFG is tried to relate waste age, leachate level and ambient temperature. Benzene, toluene, ethylbenzene, mp-xylene and o-xylene concentrations were in ranges of 60-3138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 23-7834 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4.9-3717 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 5.3-4013 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 2.6-16521 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. Toluene concentration is measured highly greater than other BTEX compounds in LFG. Benzene which is a well-known carcinogenic had an average concentration of 169 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Average concentrations of toluene, ethylbenzene, and xylenes were 745 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 325 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. Blank samples were not analyzed due to very low concentrations under detection limits. The coefficient of determination (CoD) r^2 values between each April and June sample's minimum, maximum and mean concentrations were found to be 0.98, 0.05 and 0.01, respectively. r^2 between minimum BTEX concentrations of April and June samples showed relatively high and a positive correlation. Generally, BTEX concentration levels obtained in April were found to be greater than the values obtained in June. It's thought that pretty high local leachate levels up to leachate collection zone prevents or reduces gas flux to the atmosphere in the deposition layer. Compared with the literature data, BTEX concentrations of those closed landfill lots were generally lower.

Keywords: BTEX, landfilling, thermal desorption, volatile organics

1. GİRİŞ

Düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilen kentsel atıklarda biyolojik reaksiyonlar sonucu deponi gazı (LFG) oluşmaktadır. Bu deponi gazının büyük bir CH_4 ve CO_2 gazları oluşturmasına rağmen, daha düşük miktarlarda da olsa H_2 , O_2 , H_2S , N_2 , NH_3 ve CO ile çeşitli uçucu organik bileşikler (VOC) gibi değişik gazların karışımından oluşmaktadır (Tchobanoglous vd., 1993). Potansiyel patlama tehlikesi ve kanserojen olan birçok zararlı madde kimyasal olarak değişmektedir (ISWA,

1993). Deponi alanında oluşan kokular çevre alanlarda oluşan insanları rahatsız etmektedir. Ayrıca, bu kötü kokulara neden olan gazların çoğunun kanserojen özellik taşıdığı da bilinmektedir. Araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen bir çok çalışmada bu etkilerinden dolayı düzenli depolama alanlarında aromatik bir grup olan ve BTEX olarak adlandırılan, benzen, toluen, etilbenzen, mp-ksilen ve o-ksilen gazlarını içeren uçucu organik gaz karışımı analiz edilmekte ve izlenmektedir. BTEX, 160'tan fazla türü bilinen uçucu organik bileşenlerden depolama alanlarında en fazla görüleni olmakla beraber,

benzen tehlikeli ve iyi bilinen bir kanserojen madde olarak belirtilmektedir (USEPA, 2002). Günümüzde depolama alanlarından kaynaklanan deponi gazlarının örneklenmesi ve analizi ile ilgili açık ve ileriye dönük bir standart metod bulunmamaktadır. Kentsel katı atık depolama bilimi ve teknolojisi oldukça yeni olmakla birlikte tesisin işletimi, veri toplanması ve yönetim sistemleri ile çevresel etkileri endişe vermektedir. % 75 oranında organik atık içeren katı atıktan, atığın kilogramına karşılık 1.22 m³ gaz üretildiği tahmin edilmektedir (Hamideh, 2000; Hester ve Harrison, 1995; Colls, 2002).

Depolama gazındaki metan olmayan organik bileşenler (NMOC), LFG' nin bir fraksiyonu olarak tanımlanır ve hava kirleticilerini ve metan olmayan organik bileşenleri içerir. NMOC konsantrasyonları USEPA Method 25c'ye göre ölçülmektedir (Hamideh, 2000). İngiltere'de yapılan bir çalışmada alınan deponi gazı örneklerinde 116 farklı iz organik bileşen tespit edilmiştir. NMOC konsantrasyonları deponi gazının % 1'den azını oluşturmaktadır.

Uçucu organik bileşikler ise deponi gazı içindeki NMOC konsantrasyonlarının % 39'unu oluşturmaktadır. Depolama alanlarından oluşan gaz türlerine ilişkin yapılan çalışmalarda birçok VOC türü saptanmıştır. Örneğin, 60 örnek üzerinde yapılan bir çalışmada 0.1 – 2.0 ppm arasında değişen oranlarda benzen ve en yüksek konsantrasyon olan 250 ppm oranında da Toluen saptanmıştır (Uruse vd., 2006; Hester ve Harrison, 1995). Tablo 1' de çeşitli depolama alanlarında tespit edilen BTEX konsantrasyonlarına ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Bu çalışmada, İzmit'te bulunan ve sırasıyla 2000 ve 2005 yıllarında dolarak üzeri toprak örtüsü ile kapatılan kentsel katı atık düzenli depolama alanındaki iki lotta oluşan LFG içindeki BTEX emisyonları EPA Method TO-17'ye göre analiz edilmiştir. Bu çalışma sürecinde gaz toplama ve yakma sistemi henüz faaliyette bulunmadığı için dış ortam örnekleme ile atmosferik BTEX konsantrasyonları belirlenebilmiştir.

Tablo 1. Çeşitli depolama alanlarında tespit edilen BTEX konsantrasyonları (Hamideh, 2000).

Kimyasalın Adı	Kimyasal Formül	Kayna. Nok. (°C)	Min. Kons. (mg/m ³)	Ort. Kons. (mg/m ³)	Max. Kons. (mg/m ³)	TLV, ppm, (USEPA, 2002)	Örnek Sayısı
Benzen	C ₆ H ₆	80.1	341.51	341.5	341.51	0.5	45
Toluen	C ₇ H ₈	110.7	<DL	516.5	2184.05	50	40
Etilbenzen	C ₈ H ₁₀	136.2	22.49	517.3	1431.49	100	31
Ksilen (xylene)	C ₈ H ₁₀	140	0.31	44.44	875.26	100	2

<DL Ölçüm limitlerinin altında, TLV-STEL (threshold limit value - short-time exposure limit).

2. MATERYAL ve METOD

İzmit'te bulunan düzenli depolama tesisinde 7 adet atık depolama lotu bulunmakla birlikte bunlarda altı tanesi kentsel katı atıkların depolanması ve bir tanesi de tehlikeli atıkların depolanması amacıyla kullanılmaktadır. Tesiste örnekleme gerçekleştirildiği lotlardan ilkinde (Lot-7) 1997-2000 yıllarında ve ikincisine de (Lot-5) 2000-2005 yıllarında depolama

yapılmış, dolmaları nedeniyle toprak örtüsü ile örtülerek kapatılmıştır. Bu tarihlere göre örnekleme zamanında atık yaşı Lot-7 için 7 ve Lot-5 için 2 olmaktadır. Örnekleme gerçekleştirildiği 2007 yılında henüz gaz toplama/yakma sistemi faal duruma olmadığı için ortam havasında adsorban tüplere yaz ve kış mevsimlerini belirtmek üzere farklı tarihlerde numuneler alınmıştır.

2.1. Örnekleme ve Analiz

Katı atık düzenli depolama tesisinin kapatılan Lot 5 ve Lot 7 lotlarında oluşarak atmosfere karışan BTEX emisyonlarının tespiti amacıyla çeşitli tarihlerde örnekleme yapılmıştır. Kış ve yaz mevsimlerini ifade edecek şekilde Ocak, Nisan ve Haziran 2007 tarihlerinde 10 farklı noktadan sorbent tüplere numuneler alınmıştır. Ocak ayında alınan tüpler yağışlı hava koşulları nedeniyle çok fazla nem içermesi nedeniyle analiz edilememiştir. Diğer tarihlerde yapılan örnekleme için analiz sonuçları bu çalışmada sunulmuştur. Örnekleme ve analiz EPA Method TO-17'ye göre gerçekleştirilmiştir. Tesis içinde 10 farklı noktada saat 10:00 ile 15:00 saatleri arasında örnekler toplanmıştır. Her bir noktada, 3 adet paslanmaz çelikten imal edilmiş olan ve 400 mg Carbograph 1 TD (Graphitised Carbon Black – Markes International, UK) sorbent malzemeli tek yataklı örnekleme tüpleri kullanılmıştır. Kullanılan tüm adsorban tüpler, Thermal Desorber cihazında 15 dak. süreyle 350 °C'de şartlandırılmıştır. Örnekler, aktif örnekleme ile 16.67 ml/dak debide, adsorban tüplere çok düşük debide gaz örnekleme sağlayan pompa (SKC AirLite Sampler 110-100, USA) ile 1 saat boyunca toplam 1 L hacimde toplanmıştır. Numuneler yerden yaklaşık 1.5 m yüksekten alınmıştır. Örnekleme pompası alan çalışması öncesinde örnekleme debisinde kalibre edilmiştir. Örnekleme sonunda numune ve şahit tüpleri PTFE kapatma contaları bulunduran ve desorpsiyonu önleyerek uzun süreli depolama sağlayan başlıkları ile sıkıca kapatılmış, çalışma boyunca -10 °C'de muhafaza edilmiş ve 15 gün içinde analiz edilmesi sağlanmıştır

(Durmusoglu vd., 2010). Şekil 1'de örnekleme işlemine ait bir resim verilmiştir.

Analiz düzeneği Thermal Desorber (Markes Unity, USA) ve HP 6890N model FID detektörlü GC'den oluşmaktadır. Thermal Desorber cihazına kalibrasyonda kullanılmak üzere bir kalibrasyon kiti bağlanmıştır. Cihazın kalibrasyonundan sonra devre dışı bırakılmıştır. GC'de 30 m uzunluğunda ve DB-VRX (J&W Scientific, USA) kolon kullanılmıştır. Tablo 2'de çalışmada uygulanan desorpsiyon ve kalibrasyon metotlarına ait işlem basamakları verilmiştir.



Şekil 1. Lot 5'te bir deponi gazı çıkış bacasında örnekleme ve GPS koordinatlarının belirlenmesi.

Tablo 2. Thermal Desorber, GC - FID için geliştirilen fırın ve detektör programına ait metot detayları.

Thermal Desorber Desorpsiyon Programı		
Primary Desorb	0.5	dak.
Tube Desorb	10	dak.
Tube Desorb Temp.	300	⁰ C
Trap Desorb (LOW)	-10	⁰ C
Trap Desorb (HIGH)	300	⁰ C
Trap Desorb Hold Time	3	dak.
GC Fırın Programı		
⁰ C/Min	Next (⁰ C)	Hold (bekleme süresi, dak.)
-	45	0
10	240	5
Toplam süre (dak.):		24.5
GC Detektör (FID) Programı		
Heater	250	⁰ C
H ₂ Flow	30	ml/dak
Air Flow	350	ml/dak
Make-up Flow (N ₂)	7	ml/dak

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Nisan ve Haziran 2007 tarihlerinde Lot 5 ve Lot 7 alanlarından alınan numuneler, hazırlanan kalibrasyona ve daha önce açıklanan GC BTEX metoduna göre analiz edilmiştir. Bu

örneklemelerde elde edilen maksimum, minimum ve ortalama analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Örneklemenin gerçekleştirildiği Nisan ve Haziran aylarını sıcaklık değeri 12-14 ⁰C ve 27-28 ⁰C olarak ölçülmüştür.

Tablo 3. Nisan ve Haziran 2007 tarihlerinde yapılan ilk örneklemeğe ait BTEX değerleri.

BTEX	Minimum, (µg/m ³)		Maksimum, (µg/m ³)		Geometrik Ortalama, (µg/m ³)	
	1.Örnekleme	2.Örnekleme	1.Örnekleme	2.Örnekleme	1.Örnekleme	2.Örnekleme
Benzen	60.4	5.6	771.5	3137.8	336.7	401.0
Toluen	276.6	23.4	7834.3	6064.7	3472.7	1132.7
Etilbenzen	36.8	4.9	3717.1	1924.5	1034.7	346.2
mp-Ksilen	14.8	5.3	2942.3	4013.5	931.1	574.8
o-Ksilen	9.6	2.6	1242.4	16521.0	415.7	1897.0

Zou vd. (2003) tarafından, güney Çin'de bulunan Guangzhou bölgesindeki Datianshan depolama sahasında mevsimsel bir çalışma yapılmıştır. Çalışmalarında analizde Aerotrap ve Purge & Trap sistemleri ile kurulu olan GC (MS) kullanılmıştır. Bu çalışmaya ilişkin analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Elde ettikleri maksimum ve minimum benzen,

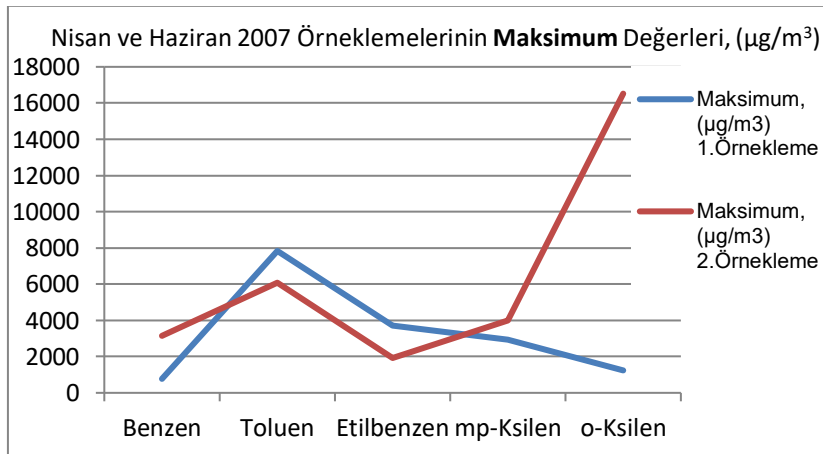
toluen, etilbenzen, mp-ksilen ve o-ksilen konsantrasyonları sırasıyla µg/m³ olarak şöyledir: 167, 202, 52, 97 ve 72. Yine benzer bir çalışma Allen vd. (1997) tarafından İngiltere'de 7 farklı düzenli depolama alanında yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bazı maksimum emisyon değerleri ise şöyledir; benzen 7 mg/m³, toluen 287 mg/m³, ksilenler 440 mg/m³tür.

Tablo 4. Datianshan (Çin) depolama sahasında elde edilen VOC analiz sonuçları (Zou vd., 2003).

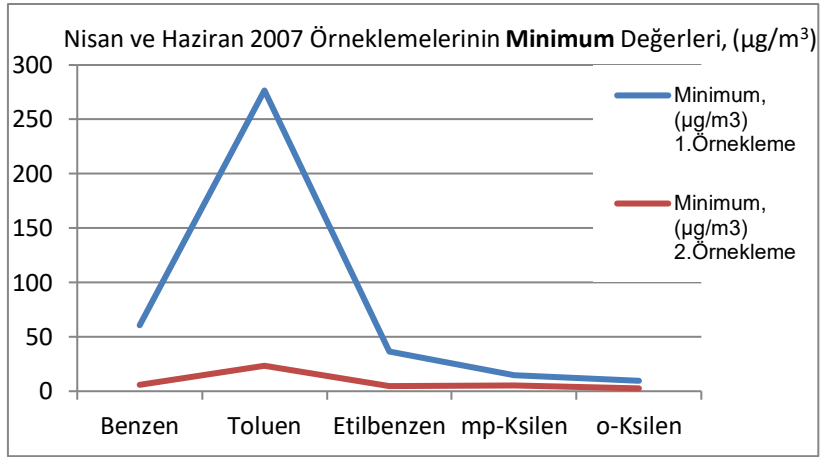
VOC Bileşenleri	Konsantrasyon Aralığı, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Min. (ort.)	Max. (ort.)
Benzen	1.2–15 (7.3)	41–167 (73)
Toluen	1.7–23 (12)	82–202 (113)
Etilbenzen	0.1–3.5 (1.8)	12–52 (24)
mp-Ksilen	0.2–7.9 (3.7)	15–97 (42)
o-Ksilen	0.1–4.0 (2.5)	17–72 (33)

İzmit düzeni deponi sahasında elde edilen konsantrasyonlar ise kanserojen özellik taşıyan benzen konsantrasyonu ortalama $169 \mu\text{g}/\text{m}^3$, toluen $745 \mu\text{g}/\text{m}^3$, etilbenzen $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$, toplam ksilenler $325 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Şahit numuneler de ise deteksiyon limitleri altında kaldığından BTEX bileşenleri ölçülemedi. Şekil 2 (a ve b)'de Nisan ve Haziran ölçümlerinde elde edilen maksimum ve minimum BTEX konsantrasyonları grafik olarak verilmiştir. Bu ölçümlere ait minimum, maksimum ve geometrik ortalama değerleri arasındaki basit

regresyon ile elde edilen determinasyon katsayısı sırasıyla; 0.98, 0.05, 0.01 olarak hesaplanmıştır. Bu tarihlerde elde edilen BTEX konsantrasyonlarının minimum değerleri arasında yüksek oranda pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Deponi alanında biriken ve toplama sistemine ulaşana kadar göletler halinde biriken sızıntu suyu belli bir seviyenin üzerinde olması halinde gaz çıkışını engellediği görülmüştür. Tesiste ölçüm noktalarına yakın bacalarda yapılan gözlemlerde birikmiş sızıntu suyunun Haziran ayında daha fazla olduğu, tesis çalışanları ile de belirlenmiştir. Sahada yapılan metan ölçümlerinde de birikmiş sızıntu suyu seviyesinin yüksek olması nedeniyle metan konsantrasyonlarının düştüğü de ifade edilmiştir. Literatür verileri ile karşılaştırıldığında, 2005 yılında kapatılan Lot 5 ve 2000'in sonunda kapatılan Lot 7 alanlarından atmosfere karışan BTEX oranları genelde daha düşük bulunmuştur. Ortaya çıkan farklı sonuçların özellikle depolamanın nasıl gerçekleştirildiği, deponi alanının yaşı, depolanan katı atıkların karakteri (C/N oranı ve nem içeriği vs.), iklim koşulları, dip sızıntu suyu seviyesi, ortam sıcaklığı ve depolama alanının kapatılma biçimine bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır (Kolat, 2009; Taşpınar; 2002).



a) Maksimum Değerler, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



b) Minimum Değerler, (µg/m³)

Şekil 3. Nisan ve Haziran 2007 örneklemelerinin maksimum ve minimum değerleri.

KAYNAKLAR

- Allen M., Braithwaite A. and Hills C., "Trace Organic Compounds in Landfill Gas at Seven U.K. Waste Disposal Sites", *Environ. Science. & Technology*, 31, 1054-1061, 1997.
- Christensen, T. H., Cossu, R., Stegmann, R., "Landfilling of Waste: Biogas", E&FN SPON, London, UK, 1996.
- Colls, J., "Air Pollution Second Edition", Spon Press, Taylor & Francis Group, London, chap. 1.4, chap. 6.1-6.4, 2002.
- Durmusoğlu E., Taspınar F., Karademir A., "Health risk assessment of landfill BTEX emissions", *Journal of Hazardous Materials*, 176, 870-877, 2010.
- Hamideh, S.A., "A Review of the Literature Regarding Non-Methane and Volatile Organic Compounds in Municipal Solid Waste Landfill Gas", Department of Civil and Environmental Engineering University of Delaware, Newark, Delaware, 1-3, 5-9-21, 2000.
- Hester, R. E. and Harrison, R. M., "Volatile Organic Compounds in the Atmosphere", *Issues in Environmental Science and Technology*, vol 4, Royal Society of Chemistry, 1995.
- ISWA, "International Directory of Solid Waste Management 1993/4", The ISWA Yearbook, 1993.
- Kolat, A., "Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Ortam Havasında Karbonmonoksit (CO) Konsantrasyonlarının belirlenmesi ve Dağılım Modellemesi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 2009.
- Taşpınar F., "İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıkları Yakma ve Enerji Üretim Tesisi'nden Atmosfere Verilen Azot Oksit (NO_x) Emisyonlarının Modellemesi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 2002.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A., "Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues", McGraw-Hill, Inc., New York, NY, 1993.
- Urase, T., Okumura H., Inamura A., Panyosaranya S., Chiemchaisri C., "Volatile Organic Compounds in Landfill Gas and its Effect On Air Quality", Symposium on Infrastructure Development and the Environment at 7-8 December 2006, University of Philippines, Diliman, Quezon City, Philippines, 2006.
- USEPA, "Toxicological Review of Benzene", EPA/635/R-02/001F - IRIS, United States Environmental Protection Agency (US EPA), 117-126, 2002.

USEPA, “Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User’s Guide”, EPA-600/R-05/047, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2005.

Zou S. C., Lee S. C., Chan C. Y., Ho K. F., Wang X. M., Chan L.Y., Zhang Z. X.,

“Characterization of Ambient Volatile Organic Compounds at a Land Fill Site in Guangzhou, South China”, Chemosphere, 51, 1015-1022, 2003.

ATIKTAN TÜRETİLMİŞ YAKITIN ÇİMENTO ÜRETİMİNDE KULLANIMINA YÖNELİK TÜRKİYE'DEKİ İLK UYGULAMA

Mustafa Kara¹, Esin Günay¹, Yasemin Tabak¹, Şenol Yıldız², Volkan Enç², Ufuk Durgut³

¹TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü Gebze, Kocaeli

²İSTAÇ İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme San. ve Tic. A.Ş., İstanbul

³AKÇANSA Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş., Çanakkale

Özet

Amerika Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) yapmış olduğu tanımlamaya göre kentsel katı atık (MSW) yiyecek artıkları, eski gazeteler, paketlenen malzemeleri, talaş, bitki ve ağaç parçaları gibi artıklardan oluşmaktadır. Günümüzde kentsel katı atığın bir kısmı geri dönüştürülmekte ve farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Çimento sektörü de atık yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Artıklardan enerji geri kazanımı CO₂ emisyonunu azaltır. Bu çalışmada kentsel katı atıktan RDF (atıktan türetilmiş yakıt) üretilmiş olup klinker üretimi esnasında ek yakıt olarak kullanılma imkanları araştırılmıştır. Bu amaçla hem pilot ölçekli çalışmada hem de endüstriyel ölçekli çalışmada RDF birincil yakıtla farklı oranlarda karıştırılarak deneyler yapılmıştır. Pilot ölçekli çalışma sonucunda üretilen klinkerin kimyasal ve mineralojik analizi tayin edilmiş ve buradan elde edilen bilgiler doğrultusunda endüstriyel ölçekli deneyler yapılmıştır. Ayrıca endüstriyel ölçekli deneysel çalışmada emisyon ölçümleri de yapılarak ilgili tebliğde belirtilen sınır değerler ile kıyaslanmıştır. Hem klinker kalitesi hem de emisyon sınır değerleri açısından RDF'nin klinker üretiminde % 15 oranına kadar ek yakıt olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atıktan türetilmiş yakıt (RDF), atık yönetimi, çimento emisyon, kentsel katı atık (MSW)

FIRST APPLICATION OF USAGE REFUSE DERIVED FUEL IN CEMENT PRODUCTION IN TURKEY

Abstract

Most of the waste that people see is produced by ordinary households throwing out their uneaten food, yesterday's newspapers, packaging materials, clippings, and branches from bushes and trees. This is the type of garbage that the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) calls municipal solid waste (MSW). Nowadays some of the MSW has been recycling and using at different fields. Cement industries also has an important role for supplying preferable solutions to the waste management. Energy recovery from waste is also important for the reduction of CO₂ emissions. In this study refuse derived fuel (RDF) produced from municipal solid waste was used in producing cement. At the same time usability of RDF in clinker production was investigated. For this purpose, the RDF was mixed and used with the main fuel in different ratios in pilot scale and industrial scale experiments. Chemical and mineralogical analyses of produced clinker were made in pilot scale experiments. In the light of

this information industrial scale experiments were done. Also emission values were being measured during the experiments at industrial scale rotary cement kiln. When 15% RDF is used as supplementary fuel together with petroleum coke in cement production, it does not cause any disadvantages in the view of clinker quality and emission values.

Keywords: *Cement, emission, municipal solid waste (MSW), refuse derived fuel (RDF), waste management*

1. GİRİŞ

Katı atık sorunundan kaynaklanan çevresel bozulmalar günümüzde ciddi boyutlara ulaşmıştır. Atıkların toplanması, taşınması, geri kazanımı ve yok edilmesi süreçleri karmaşık bir dizi örgütlenmeyi gerekli kılmaktadır. Hızla artan dünya nüfusa paralel olarak insanların ürettikleri çöp miktarları büyük problemler oluşturmaya başlamıştır. Türkiye’de bir kişi 1 ayda yaklaşık 45 kg çöp oluşturmaktadır. Bu rakam AB ülkelerindeyse 25 kg’ye kadar düşmekte, bu atığın yaklaşık yarısı geri dönüşümlü olarak tekrar tekrar kullanılmaktadır. Artan çöp yığınlarının yerleşim alanlarına kadar ulaşması, yığınlardan yayılan pis koku ve hastalıkların üzerine bir de ekonomik kayıp eklenince önlem almak kaçınılmaz hale gelmiştir. İstanbul’da günlük toplanan 14 bin ton çöpün depolama alanlarına yönlendirilmesi ve depolanması çok ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Çöpü geri dönüştürebildiğimiz ölçüde, ekonomiye olan katkı da büyük ölçekte artacaktır. 2023 yılında İstanbul’un çöplerinin büyük kısmının enerji ve gübre haline getirilerek depolama alanlarına gönderilen miktarın büyük ölçüde azaltılması ve çöp konusunda İstanbul’a ekonomik fayda sağlanması hedeflenmiştir.

İstanbul’da ilçe belediyeleri tarafından toplanan evsel katı atıklar aktarma istasyonlarına getirilmekte, sıkıştırılmakta, sonrasında tesise getirilen atıkların organik kısmı belirli işlemlerden geçirildikten sonra kompost haline getirilmekte, geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar ise tekrar depolama alanlarına gönderilmektedir. Bu da ilave nakliye ve depolama masrafları oluşturmaktadır. Bu sorunlara çözüm getirebilecek yeni bir uygulama ise, geri kazanımı uygun olmayan

atıkların alternatif yakıt olarak kullanılmasıdır (Yıldız vd., 2009).

Dünyada yapılan çalışmalara baktığımızda Almanya’da BEUMER Maschinenfabrik GmbH tarafından yapılan bir çalışmada alternatif yakıtların çimento endüstrisinde kullanılması için geliştirdiği sistem teknolojisinde % 25 oranında ikincil yakıt kullanılabilirken, İtalya Politecnico di Milano Istituto di Milano’da yapılan araştırmada maksimum RDF oranının % 14–28 civarında olduğu tespit edilmiştir. İngiltere Imperial College of Science’da yapılan çalışmada RDF besleme oranının % 30’dan fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir. Amerika Teksas’ta bulunan Gulf Coast Portland Çimento Şirketi’nin yaptığı çalışmada ise, % 40 RDF beslendiğinde çimento ürününün mukavemetinde azalmaya rastlanmış olup; toplam partikül emisyonları, EPA’nın Yeni Kaynak Performans Standartlarına uygunluk göstermiştir. Bu da demek oluyor ki her ülkenin atık kompozisyonu farklı olduğundan ötürü RDF beslenme oranı da değişkenlik göstermektedir.

Türkiye yakın bir tarihte Kyoto Protokolü’ne imza atarak emisyon sorunu ve alternatif yakıt kullanımı konusuna daha fazla önem verdiğini belgelemiştir. Kyoto Protokolü, gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını, 2008–2012 yılları arasında, 1990 yılına göre yüzde 5,2 oranında düşürmelerini hedeflemektedir. Kyoto Protokolü’nün temel amacı, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, iklimi tehdit etmeyecek seviyelerde dengede kalmasını sağlamaktır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli’nde, 1990 ile 2100 yılları arasında dünya sıcaklığının 1,4 ile 5,8 °C arasında artacağı yönünde tahminler yapılmıştır. Kyoto Protokolü’nün başarıyla uygulanabilmesi durumunda, 1990 ile 2100 yılları arasında,

dünya sıcaklık artışının 0,02 ile 0,28 °C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Kyoto Protokolü'ne göre gelişmiş ülkeler, 2008 ile 2012 yılları arasında sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre yüzde 5,2 düşürebilmek için demir-çelik, çimento, kağıt, enerji santralleri gibi belirli sanayi kuruluşlarına sınırlamalar koymuştur. Bu sınırlamalar, Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanmaya başlanmış olup, sera gazı emisyonları yüksek olan ülkelere de devreye alınmaya çalışılmaktadır.

Avrupa Birliğine uyum çalışmaları kapsamında, katı atıkların alternatif yakıt olarak kullanımı daha da önem kazanmaktadır. Bu kapsamda katı atıkların en çok bertaraf edileceği alan ise çimento sanayisi olarak görülmektedir. Alternatif yakıtların klinker üretiminde ek yakıt olarak kullanılması durumunda hem fosil yakıtların daha az tüketilmesi hem de katı atıkların bertaraf edilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda “Geri Dönüşümlü Plastik Atıkların Granül Ürüne Dönüştürülmesi ve Geri Dönüştürülemeyen Diğer Atıkların Çimento Fabrikalarında Ek Yakıt Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması” konulu TÜBİTAK destekli proje kapsamında çöpten ek yakıt elde edilmesi ve bunun çimento fırınlarında kullanımı araştırılmıştır. Bu proje kapsamında, Türkiye’de yürürlükte olan tebliğ ve yönetmeliklerdeki emisyon sınır değerlerini aşmayacak ve üretilen klinkerin ve buna bağlı olarak çimentonun kalitesini bozmayacak şekilde optimum RDF besleme oranının belirlenmesi öngörülmüştür.

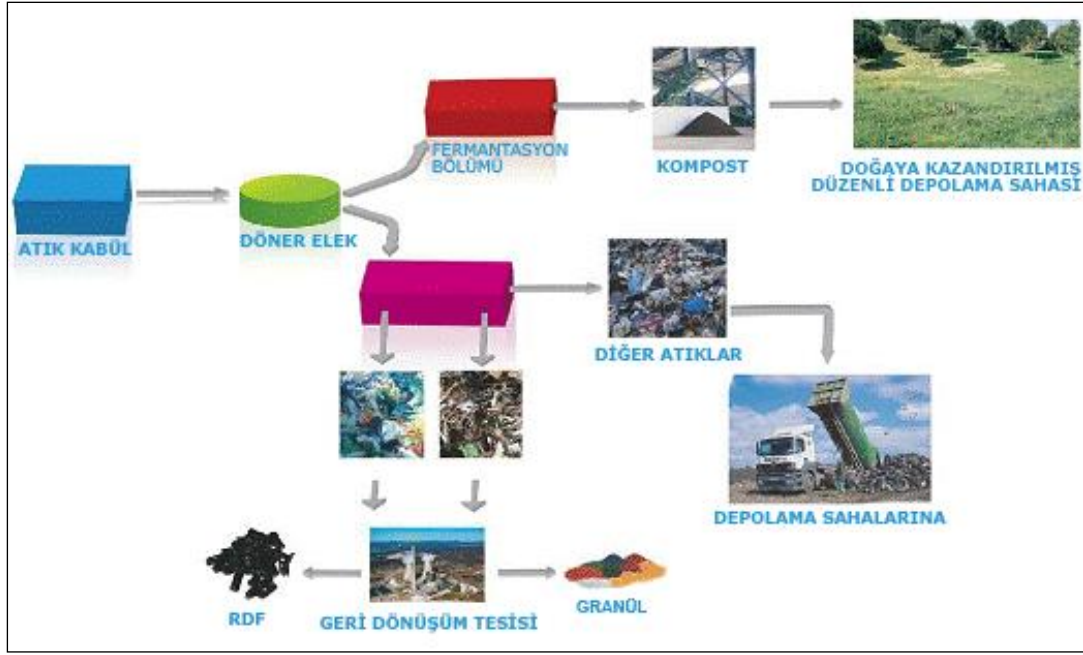
RDF'nin çimento döner fırınlarında ek yakıt olarak kullanımına yönelik pilot ölçekli çalışmalarda proje kapsamında imal edilen pilot ölçekli çimento döner fırınında gerçekleştirilmiştir. Birincil yakıt olarak kullanılan LPG'ye değişik oranlarda RDF ilave edilmiş, çimento üretim sürecine göre farinden

klinker üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada RDF katkısının klinker yapısı üzerine etkisi incelenmiş ve burada elde edilen teorik ve pratik bilgiler ışığı altında endüstriyel boyutta klinker üretimi çalışmaları organize edilmiştir. Endüstriyel boyuttaki çalışmalarda değişik oranlarda RDF malzemesi, petrokoka ek yakıt olarak ilave edilmiştir. Deney sonrası üretilen klinkerin yoğunluk, kimyasal ve mineralojik analiz sonuçları incelendiğinde, Portland çimento klinkerinin üretildiği görülmüştür. Daha sonra bu klinkerden üretilen çimentonun fiziksel, kimyasal ve dayanım özellikleri belirlenmiş olup elde edilen değerlerin standartlarda belirtilen sınır değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Endüstriyel boyuttaki çalışmalar esnasında baca gazında emisyon ölçümü yapılmış ve ölçüm sonuçları Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlerle kıyaslanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. RDF ve Üretimi

Atıktan türetilen yakıt (refuse derived fuel-RDF) evsel ya da endüstriyel katı atıklardan geri kazanılabilen malzemelerin (plastik, cam, metal, kâğıt, vs...) ayrıştırılmasından sonra geriye kalan yanabilir geri dönüşümsüz malzemeden elde edilen alternatif bir tür katı yakıttır. Nihai olarak elde edilen parçalanmış atıklardan oluşan ve kalorifik (ısı) değeri yaklaşık 3500 kcal/kg olan atıklar çimento fabrikalarında kullanılacak fiziksel büyüklüğe indirilmek üzere son parçalayıcıda kıyılarak hazır hale getirilmektedir. Proje kapsamında üretilen RDF'nin üretim şeması Şekil 1'de ve atıkların geri kazanımı konusundaki firmanın akım şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Atıkların geri kazanımı akım şeması.



Şekil 2. RDF'nin görüntüsü

2.2. ÇİMENTO ÜRETİM ÇALIŞMALARI

2.2.1. Pilot ölçekli denemeler

İSTAÇ A.Ş. Kemerburgaz tesislerinde bulunan pilot döner fırın kullanılarak enerji hesabından gidilerek değişik RDF oranlarında klinker üretilmiş ve üretilen klinkerin kimyasal ve mineralojik analizi yapılmış sonuçlar Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Tablo 1'den de görüldüğü gibi, analiz sonuçları Portland çimentosundaki sınır değerleri ile karşılaştırıldığında klinkerin başarılı bir şekilde üretilmiş olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Pilot Döner Fırında Üretilen Klinkerin Kimyasal Analiz Özet Sonuçları

Bileşenler ve Modüller	MİKTAR (%)					Sınır Değerler (Erdoğan, 2004)
	% 0 RDF + % 100 LPG Deneyi	% 5 RDF + % 95 LPG Deneyi	% 10 RDF + % 90 LPG Deneyi	% 15 RDF + % 85 LPG Deneyi	% 20 RDF + % 80 LPG Deneyi	
CaO	66,28	66,24	65,92	66,08	66,37	60 – 67
SiO ₂	21,04	20,90	21,31	21,26	21,13	17 – 25
Al ₂ O ₃	5,68	5,66	5,38	5,67	5,83	3 – 8
Fe ₂ O ₃	3,96	3,94	3,91	3,92	3,98	0,5 – 6
MgO	1,23	1,22	1,19	1,22	1,24	0,1 – 4
K ₂ O	0,27	0,28	0,26	0,27	0,27	0,2 – 1,3

Tablo 1. Devam

Cl	0,0102	0,0125	0,0256	0,0242	0,0228	Maks. 0,1
Na ₂ O	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,2 – 1,3
TiO ₂	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
SO ₃	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	1–3
MnO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Tayin Edilemeyen	0,84	1,06	1,12	0,85	0,44	
Toplam	100	100	100	100	100	
Kireç Standardı (K.S.T.)	97,19	97,75	95,84	96,09	96,70	% 92–96
Kireç Doygunluk Faktörü (L.S.F.)	0,97	0,98	0,96	0,96	0,97	
Silis Modülü (S.M)	2,18	2,18	2,25	2,21	2,15	2,3–2,7
Alüminyum Modülü(T.M)	1,43	1,43	1,43	1,45	1,46	1,3–1,6
Hidrolik Modül (H.M.)	2,16	2,17	2,14	2,14	2,15	
Serbest Kireç	2,82	3,82	2,76	3,06	3,60	Maks. 2
Dansite (g/l)	1280	1250	1350	1210	1190	1200–1300
Likit Faz (%)	27,81	27,70	27,34	27,71	28,37	25–27

Tablo 2. Pilot Döner Fırında Üretilen Klinkerin Ana Bileşenlerinin Özet Sonuçları

Modüller	MİKTAR (%)					AKÇANSA A.Ş. Ortalama Değerleri (%)
	% 0 RDF + % 100 LPG Deneyi	% 5 RDF + % 95 LPG Deneyi	% 10 RDF + % 90 LPG Deneyi	% 15 RDF + % 85 LPG Deneyi	% 20 RDF + % 80 LPG Deneyi	
C₃S	54,20	51,23	51,73	50,88	49,71	51,33
C₂S	19,44	21,28	22,06	22,56	23,08	20,60
C₃A	8,35	8,31	8,18	8,40	8,71	6,36
C₄AF	12,06	12,00	11,89	11,94	12,11	11,25

Tablo 2’de görüldüğü gibi, mineralojik açıdan dört ana bileşen değerlerinin de Portland çimentosundaki belirtilen değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Farine değişik oranlarda RDF ilavesi sonucunda klinkerin kimyasal ve mineralojik analizleri açısından herhangi bir sorun teşkil edecek durum gözlemlenmemiştir. RDF’nin bileşiminden kaynaklanan klor artışının beklenen düzeyde olduğu, buna rağmen sınır değerinin altında bulunduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, pilot döner fırında yapılan çalışmanın olumlu olduğu görülmüş, buradan elde edilen bulgular ışında

endüstriyel boyutta AKÇANSA A.Ş.’de deneyler yapılarak RDF’nin emisyon açısında etkisi incelenmiş ve endüstriyel boyutta RDF besleme oranı belirlenmesine yönelik deneyler yapılmıştır.

2.2.2. Endüstriyel ölçekli denemeler

AKÇANSA A.Ş.’nin Büyükçekmece tesislerinde bulunan 1 numaralı çimento döner fırın kullanılarak değişik RDF oranlarında klinker üretilmiş ve üretilen klinkerin kimyasal, fiziksel ve mineralojik analizi yapılmış,

sonuçlar Tablo 3 ve 4’de verilmiştir. Tablo 3’de görüldüğü gibi, mineralojik açıdan dört ana bileşen değerlerinin normal Portland çimentosundaki belirtilen değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Tablo 4’den de görüldüğü

gibi, klinkerin kimyasal analiz ile modüllerinin Portland çimentosu için belirlenmiş sınır değerler içinde olduğu görülmüştür.

Tablo 3. AKÇANSA A.Ş. Döner Fırınında Üretilen Klinkerin Ana Bileşenlerinin Özet Sonuçları

Ana Modüller	% 0 RDF + % 100 Petrokok Deneyi	% 8 RDF + % 92 Petrokok Deneyi	% 12 RDF + % 88 Petrokok Deneyi	% 15 RDF + % 85 Petrokok Deneyi
C ₃ S	59,70	63,32	63,40	62,97
C ₂ S	15,94	12,29	12,03	12,95
C ₃ A	6,75	6,61	6,80	6,85
C ₄ AF	10,85	11,02	11,07	10,75

Endüstriyel ölçekli deneysel çalışma esnasında baca gazında emisyon ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen emisyon değerlerinin sınır değerler ile karşılaştırma yapılması için “Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik”te

(Tarih:06.10.2010, Sayı:27721) belirtilen ve EK-2’de verilen C sınır değerleri hesaplanmıştır. Hesap yoluyla bulunan C sınır değerleri ile deneysel çalışma esnasında ölçülen C değerleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 4. AKÇANSA A.Ş. Döner Fırınında Üretilen Klinkerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Bileşenler ve Modüller	% 0 RDF + % 100 Petrokok Deneyi	% 8 RDF + % 92 Petrokok Deneyi	% 12 RDF + % 88 Petrokok Deneyi	% 15 RDF + % 85 Petrokok Deneyi	Sınır Değerler (Erdoğan, 2004)
CaO	66,24	66,29	66,41	66,61	60 – 67
SiO ₂	21,27	20,95	20,88	21,09	17 – 25
Al ₂ O ₃	4,83	4,81	4,89	4,84	3 – 8
Fe ₂ O ₃	3,57	3,62	3,64	3,53	0,5 – 6
MgO	1,19	1,17	1,38	1,15	0,1 – 4
K ₂ O	0,81	0,80	0,77	0,82	0,2 – 1,3
Cl	0,0268	0,0275	0,0366	0,0314	Maks. 0,1
Na ₂ O	0,3576	0,3500	0,4233	0,3642	0,2 – 1,3
TiO ₂	0,29	0,29	0,30	0,29	
SO ₃	1,14	1,18	1,07	1,09	1–3
MnO	0,05	0,05	0,05	0,05	
Tayin Edilemeyen	0,22	0,46	0,15	0,13	
Toplam	99,78	99,54	100,00	99,87	
Kireç Standardı (K.S.T.)	98,10	99,41	99,72	99,36	% 92–96
Kireç Doygunluk Faktörü (L.S.F.)	0,97	0,98	0,96	0,98	

Tablo 4.Devam

Silis Modülü (S.M)	2,53	2,49	2,45	2,52	2,3–2,7
Alüminyum Modülü (T.M)	1,35	1,33	1,34	1,37	1,3–1,6
Hidrolik Modül (H.M.)	2,23	2,26	2,26	2,26	
Serbest Kireç	1,86	1,60	1,76	1,78	Maks. 2
Dansite (g/l)	1284	1244	1249	1290	1200–1300
Likit Faz (%)	26,00	26,06	26,49	25,90	25–27

Tablo 5. Emisyon Ölçüm Sonuçları ve C Sınır Değerlerle Karşılaştırılması

Değişik RDF Oranı Kullanıldığında Baca Gazında Yanma Gazları, Toz, TOC ve Halojenlerin Ortalama Ölçüm Sonuçları	% 0 RDF + % 100 Petrokok Deneyi			% 8 RDF + % 92 Petrokok Deneyi		% 12 RDF + % 88 Petrokok Deneyi		% 15 RDF + % 85 Petrokok Deneyi	
	Ölçüm Sonuçları	Ölçüm Sonuçları	C Sınır Değeri	Ölçüm Sonuçları	C Sınır Değeri	Ölçüm Sonuçları	C Sınır Değeri		
CO ₂ , %	7,7	9,3		11,7		8,2			
CO, mg/Nm ³	122,7	900,2		2268		2503			
SO ₂ , mg/Nm ³	14,27	< 0,286	295,844	< 0,286	293,511	< 0,286	292,019		
NO, mg/Nm ³	1191	1045		506		475,8			
NO _x , mg/Nm ³ , NO ₂	1880	1639	1262,592	785	1241,633	733,2	1228,169		
Toz, mg/Nm ³	14,37	20,3	116,259	12,20	114,160	22,47	112,817		
HCl, mg/Nm ³	1,81	1,21	31,247	2,76	31,947	1,80	32,394		
HF, mg/Nm ³	0,16	0,15	4,958	0,13	4,935	0,13	4,920		
Toplam Organik Karbon (TOC), mg/Nm ³	19,86	18,33	288,362	11,58	281,832	14,62	277,653		
PAH	6,332	3,844		1,972		2,680			

Bu tebliğin EK-2'sine (Atıkların Beraber Yakılması İçin Hava Emisyon Limit Değerlerinin Saptanması) verilen C sınır değerinin hesaplanması için kullanılan formül ve formüldeki parametrelerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

$$\frac{V_{\text{atık}} \times C_{\text{atık}} + V_{\text{işlem}} \times C_{\text{işlem}}}{V_{\text{atık}} + V_{\text{işlem1}}} = C \text{ mg/Nm}^3$$

V_{atık}: Sadece izinde belirtilen en düşük kalorifik değere sahip atık kullanılarak saptanan ve bu Yönetmelikte verilen koşullarda standart hale getirilen ve atığın yakılmasından kaynaklanan atıkgazın hacmi.

C_{atık}: İlgili kirletici maddelere ve karbon monoksitine ilişkin olarak Ek V'teki yakma tesisleri için belirlenen emisyon limit değerleri.

V_{işlem}: Tesiste müsaade edilmiş ve normalde kullanılan yakıtların (atıklar hariç)

yanmasından ve tesisin uyguladığı işlemde kaynaklanan ve Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen şekilde emisyonu standart hale getirilmiş oksijen içeriğine dayanarak saptanan baca gazı hacmi.

C_{işlem}: Belirli endüstriyel sektörler için bu ekin tablolarında belirtildiği şekilde emisyon limit değerleri ve tabloda bu değerlerin mevcut olmaması halinde, normalde müsaade edilen yakıtları (atıklar hariç) yakarken Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine uygunluk gösteren tesislerden çıkan baca gazındaki ilgili kirletici maddelerin ve karbon monoksitin emisyon limit değerleri.

C: Belirli endüstriyel sektörler ve kirletici maddeler için bu ekin tablolarında belirtildiği şekilde toplam emisyon limit değerleri ve oksijen içeriği veya bu değerlerin mevcut olmaması halinde, bu Yönetmeliğin eklerinde belirtilen emisyon limit değerlerinin yerine kullanılacak olan CO ve ilgili kirletici maddeler için toplam emisyon limit değerleri. Oksijen içeriğinin yerine, standart hale getirmek amacıyla kullanılacak toplam oksijen içeriği, kısmi hacimleri de göz önünde tutarak yukarıdaki içeriğe dayanarak hesaplanır.

3. SONUÇLAR

- Deneysel çalışmanın birinci aşamasında pilot ölçekli çalışma yapılmış ve burada birincil yakıt olarak kullanılan LPG'ye değişik oranlarda RDF ilave edilmiş, çimento üretim sürecine göre farinden klinker üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilmiş olan klinkerin kimyasal ve minerolojik analiz sonuçları ile modül değerleri sınır değerlerinin içinde olduğu görülmüş ve burada elde edilen teorik ve pratik bilgiler ışığı altında endüstriyel boyutta klinker üretimi çalışmaları organize edilmiştir.
- İkinci aşamada ise endüstriyel boyutta klinker üretim çalışmalarında petrokoka belli oranda RDF ilave edilmiş, klinker üretilerek kimyasal, fiziksel ve mineralojik analizleri yapılmış, oluşan klinkerin performansı gözlenmiştir. Klinker üretimi esnasında baca

gazı emisyon değerleri ölçülmüş ve tebliğde belirtilen standart değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucunda en uygun RDF besleme oranı % 15 olarak belirlenmiştir.

- Bu çalışma ile ayırma ünitesinden çıkan ve geri dönüştürülemeyen (mevcut sistemde depolama alanlarına gönderilen) atıkların çimento fırınlarında alternatif yakıt olarak kullanılması gerçekleştirilmiştir. Dünyanın birçok ülkesinde kullanılmakta olan bu teknoloji, ülkemizde ilk defa bu proje sayesinde kullanılmaya başlanmış, tüm belediyeler ve çimento sektörü için bir model oluşturmuştur.
- RDF kullanılarak fosil yakıtların kullanımı azalmış, ekonomiye katma değer sağlanmış ve döviz kaybı azaltılmıştır. Bu proje sonucunda RDF malzemesi halen üretilmekte ve ticari olarak çimento fabrikasına satılmaktadır. Böylece projede öngörülmüş olan hedefe tam anlamıyla ulaşılmıştır.
- Bu proje sayesinde Türkiye'de de RDF üretme ve yakma teknolojisi geliştirilmiştir.
- Çimento sanayinin, çeşitli atıkları alternatif yakıt olarak kullanarak bir yandan fosil yakıtlardan tasarruf sağlarken bir yandan da atıkların değerlendirilmesi ve çevrenin korunması yoluyla toplumsal atık sorununa katkıda bulunmaktadır.
- Geleceğe ve ekonomiye yatırım yapılmıştır.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (1007) kapsamında yapılan projede elde edilen bazı sonuçlar içermekte olup, projenin her aşamasında emeklerini esirgemeyen AKÇANSA A.Ş. elemanı Abdülrahim ZENGİN ve TÜBİTAK MAM elemanları Erbay KELEŞ ve Hidayet BODUR'a teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

Arosio, S. ; Cassitto, L.G. ; Crescenti, A.B. ,Co-firing of Refuse Derived Fuel (RDF) with Natural Gas in a Cement Kiln: Summary of Test Results, Technical Report, OSTI ID: 6962787; DE88015217, 1980.

Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik, Sayı:27721, Tarih:06.10.2010.

Lockwood, F.C.; Ou, J.J. Review: Burning Refuse Derived Fuel in a Rotary Cement Kiln, 207, 1, 65 – 70, 1993.

Şenol Yıldız, Volkan Enç, Fatih Saltabaş, Mustafa Kara, Esin Günay, Eysel Katı Atıkların Çimento Fırınlarında Ek Yakıt Olarak Kullanımının Araştırılması, TÜRKAY 2009, Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, İstanbul 2009.

Turhan Y. Erdoğan, Betonu Oluşturan Malzemeler, Çimentolar, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, TÇMB, 2004.

Ulrich Hock, BEUMER Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, System technology for the use of alternative fuels for kiln firing in the cement industry

ECZANELERDEN KAYNAKLANAN RAF ÖMRÜ DOLMUŞ İLAÇ ATIKLARININ YÖNETİMİ, İSTANBUL ÖRNEĞİ

Tansu Haksevenler

Ekolojik Enerji A.Ş. Hasdal Yolu 6.km Kemerburgaz, Eyüp, İstanbul

Özet

Yarım kalan, kullanılmamış, son kullanma tarihi geçmiş ilaçlar, majistral ilaç yapımında kullanılan kimyasal maddeler ve bunların kapları, enjeksiyon sonrası oluşan atıklar, ambalaj malzemeleri eczane atıkları olarak sınıflandırılmaktadır. Eczane atıklarının yönetimi insan ve çevre sağlığı açısından son derece önemlidir. Ülkemizde tehlikeli atıklar ile ilgili mevzuat olmasına rağmen, bu mevzuatın eczanelerde uygulanabilirliği çok zordur. Bu çalışmanın amacı raf ömrü dolmuş ilaç atıklarının bertarafında uygun bir model oluşturulması ve bu modelin İstanbul örneğinde uygulanarak tehlikeli madde statüsünde bulunan ilaç atığının evsel atığa karışmasının engellenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Atık yönetimi, bertaraf, model, raf ömrü dolmuş ilaç atıkları

THE MANAGENT OF SHELF LIFE EXPIRED PHARMACEUTICAL WASTES, A CASE STUDY FOR İSTANBUL

Abstract

Remained, unused, expired medicines, magistral drugs used in the production of chemical substances and their containers, wastes after injection and packaging materials are classified as pharmaceutical waste. Pharmaceutical waste management is extremely significant for human health and the environment. Although there is a legislation relating to hazardous wastes in our country, it is very complicated to put in force this legislation to pharmacies. The purpose of this study was to establish a suitable model for disposing expired shelf-life pharmaceutical drugs. This suggested model is applied to the case of İstanbul in order to prevent the intermingling of pharmaceutical and household wastes.

Keywords: Disposal, expired shelf-life pharmaceutical wastes, model, waste management

1. GİRİŞ

Türkiye genelinde evsel nitelikli atıklar çoğunlukla dere ve çay kenarlarına, terk edilmiş maden ocaklarına ve orman vasfını yitirmiş arazilere kontrolsüz bir şekilde dökülmektedir. Dökülen bu atıklar, sızıntı suları ile toprağı, akarsu ve yer altı sularını kirletmektedir. Bu alanlarda toplanan atıkların üstü zamanla kapatılmakta; kuruyan dere

yataklarında toplananlarsa kışın taşkınların gelişiyle süpürülmektedir.

Düzensiz depolama yapılan alanlara atılan atıklar genelde hiçbir ayırma işleminden geçmeden toplanmaktadır. Bu durum evsel atıklar dışında, tehlikeli nitelikte olan atıkların da bu alanlarda toplanması ile sonuçlanmaktadır. Tehlikeli nitelikte olan atıklar alıcı ortama ulaştıklarında özellikle yer altı suyuna sızarak, ciddi sağlık sorunlarına yol

açma riski taşımaktadır. Çoğunlukla evsel atıkların düzensiz olarak depolandığı bu alanlara tehlikeli atık sınıfında olan raf ömrü geçmiş ilaç atıkları da karışabilmektedir.

Eczane atıklarının (yarım kalan, kullanılmamış, son kullanma tarihi geçmiş ilaçlar, majistral ilaç yapımında kullanılan kimyasal maddeler ve bunların kapları, enjeksiyon sonrası oluşan atıklar, ambalaj malzemeleri) insan sağlığı ve çevre kirliliği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Eczane atıklarının yönetimi insan ve çevre sağlığı açısından son derece önemlidir. Ülkemizde tehlikeli atıklar ile ilgili mevzuat olmasına rağmen, bu mevzuatın eczanelerde uygulanabilirliği çok zordur. Bu durum eczanelerin bir atık üreticisi değil, tedarikçisi olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı raf ömrü dolmuş ilaç atıklarının bertarafında uygun bir model oluşturulması ve bu modelin İstanbul örneğinde uygulanarak tehlikeli madde statüsünde bulunan ilaç atığının evsel atığa karışmasının engellenmesidir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında oluşturulan model, eczanelerden çıkan ilaç atıklarının tehlikeli atık konumunda olmasından dolayı söz konusu 50 kg ve altı ilaç atıkları için, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 14.maddesi ve buna bağlı 11., 12., 13. maddelerine dayanılarak oluşturulmuştur. Gerçekleştirilmiş olan model, İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü İlaç ve Ecza Şubesi ile görüşmeler neticesinde geliştirilmiş ve broşürler haline getirilerek eczacılara ulaştırılmıştır.

Bu model İstanbul örneğinde uygulanmaya çalışılmıştır. 2009 yılından itibaren İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü İlaç ve Ecza Şubesi ile yapılan görüşmeler çerçevesinde İstanbul'daki eczane sayısı tespit edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Türkiye'deki eczanelerden kaynaklanan başlıca atık grupları raf ömrü dolmuş ilaçlar ve ilaç hazırlanmasında kullanılan boş şişeler olarak bilinmektedir. Bu atıklar ile ilgili olarak ülkemizde özel bir atık yönetim planı ve yönetmeliği henüz bulunmamaktadır.

Bu atıklar eczane ve hastane gibi yönetmelik kapsamındaki kurum/ kuruluşların yanı sıra, ilaç fabrikaları, sağlık müdürlükleri ve gümrük gibi yönetmelik kapsamı dışındaki farklı yerlerde bulunan ilaç ve ilaç hammaddelerinin de imha edilmesi gerektiği durumlarda 14.03.2005 tarih ve 25755 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin "EK-7 Tehlikeli Atık Listesi", ve 05.07.2008 tarih ve 26927 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliğinin EK-4 Atık Listesi "(07) Organik Kimyasal İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar", "07 05 İlaçlarının İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımında (İFTK) Kaynaklanan Atıklar" başlığı altında değerlendirmekte ve tehlikeli atık olarak kabul edilmektedir.

Eczacıların tabii bulunduğu yönetmelikler kapsamında, faaliyetleri sonucu tıbbi atık üretebilecekleri uygulamalarda bulunmamalarından dolayı tıbbi atık adı altında bir atık türü oluşmamaktadır. Fakat yerel kurumların kendilerine uyguladıkları tıbbi atık hizmetinin zorunlu kılınmasından dolayı ilaç atıkları eczacılar tarafında tıbbi atık olarak değerlendirilmektedir. Bunun haricinde evsel atıklar ile karıştırıp düzensiz depolama sahalarına ulaşmakta, lavabolara dökülerek kanalizasyona karışmakta ya da kontrolsüz bir şekilde yakılarak uzaklaştırılmaktadır. Bu duruma örnek olacak şekilde, Ankara'da 193 eczanede yapılan bir değerlendirmede oluşan bu atık gruplarının eczacılar tarafından hangi yöntemler ile uzaklaştırılmaya çalışıldığı aşağıdaki tablo 1'de gösterilmektedir.

Avrupa'daki eczane atıklarının yönetimi incelendiğinde Fransa, Almanya, İngiltere, İtalya, İspanya, Belçika, Norveç, Yunanistan,

Portekiz, Polonya, Macaristan gibi ülkelerde farmasötik atık yönetimi yerel/bölgesel/ulusal yetkililerle veya farmasötik/ dağıtımçı şirketler/ atık yönetimi şirketleri ile belirli düzeylerde ortak bir hizmet olarak yürütülmektedir. Alman eczaneleri sağlık atıklarını toplamayı hastalarına bir hizmet olarak sunmakta ve ilaç endüstrisi bazı atık şirketleriyle işbirliği içinde eczanelere ücretsiz olan atık toplama sistemlerini sağlamaktadır. İtalya'da hastalarca getirilen miadı geçmiş ilaçlar ve eczanenin miadı geçmiş ilaçları farklı sistemler çerçevesinde toplandığı görülmektedir. Hastaların getirdiği ilaçlara ilişkin düzenlemeyi doğrudan belediyeler yapmakta ve eczacıların bu sürece katılımı minimal düzeyde tutulmaktadır. Atıkların toplanması için bir konteyner çoğunlukla eczanenin içinde ve bazen de dışında bulundurulmaktadır. Konteynerler, sadece belediye görevlileri tarafından atıkları alarak imha bölgelerine götürmek için açılabilir. Eczanelerin miadı geçmiş ilaçlara ilişkin düzenlemesi ise, eczacı örgütlerinin, toptancı ve endüstri birliklerinin sahibi olduğu bir şirket tarafından organize edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapılan uygulamalarda eczanelerin ilaç atıklarını tıbbi atık olarak değil, tehlikeli atık olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Eski uygulamada eczacının bağlı bulunmuş olduğu ilçe sağlık grup başkanlıkları eczanelerde yaptığı kontroller ile birlikte raf ömrü dolmuş ilaçlarının tespitini gerçekleştirmektedir. İlaçlar içerisinden özellikle kırmızı ve yeşil reçeteye tabii olanlar, yerinde kırılıp lavaboya dökülerek uzaklaştırılmaya çalışılmıştır. Zaman zaman ise

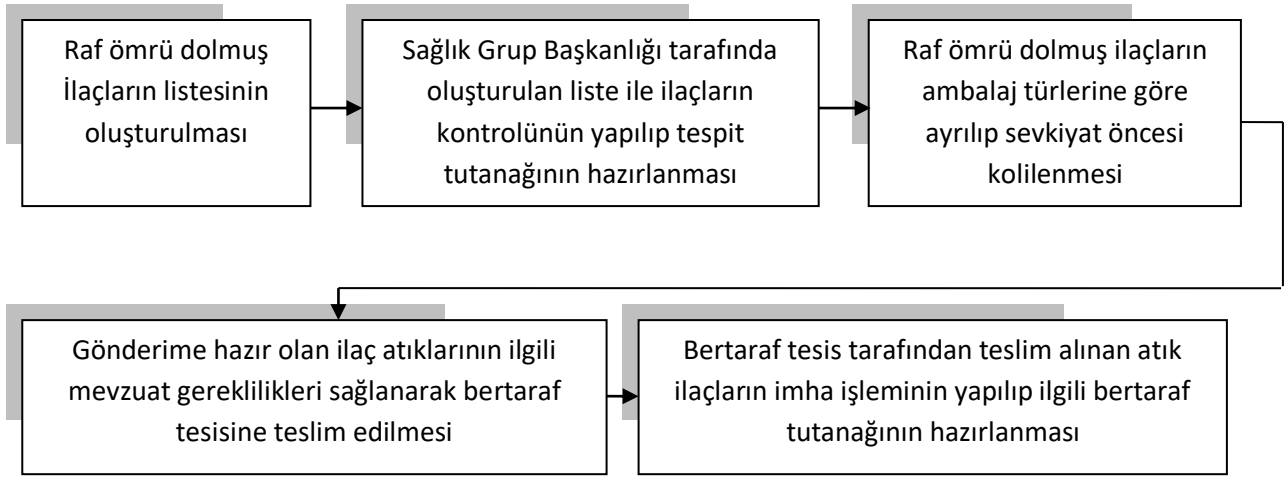
tespit edilen bu ilaç atıkları yine grup başkanlıkları tarafından tutanak ile teslim alınıp depolarında stoklanmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılan yeni uygulamada, ilçe sağlık grup başkanlıkları tarafından raf ömrü dolmuş ilaç atıklarının tespitleri yapılmış ve tutanak altına alınarak, eczacıya bu ürünlerin imhasını yaptırma yükümlüğü getirilmiştir. Eczacı, atık ilaçlarını ilgili yönetmelik yükümlülüklerini yerine getirmek kaydı ile bertaraf tesisine getirmekte ve imha işlemini yaptırmaktadır. Tamamlanan işlem sonrasında bertaraf tesisi yetkilileri tarafından ilgili İlçe Sağlık Grup Başkanlığı adına bertaraf tutanağı hazırlanıp işlem sonlandırılmaktadır. Bu işlemin yürüyüşü aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Tablo 1. Eczacıların, son kullanma tarihi geçmiş olan ilaçlar ile ilgili yaptığı uygulamalar

Yapılan Uygulama	Eczane Sayısı	Yüzde Dağılım
Diğer atıkların (evsel) içine atmak	28	% 14.5
Ayrı bir konteyner kullanmak	40	% 20.7
İlaç şişeleri içindeki ilaçları tuvalete-lavaboya döktükten sonra diğer atıklarla atmak	116	% 60.1
Tıbbi atık poşetine koymak	2	% 1
Yakmak	6	% 3.1
Toprağa gömmek	1	% 0.5

(Kaynak: Özçelikay, 2002)

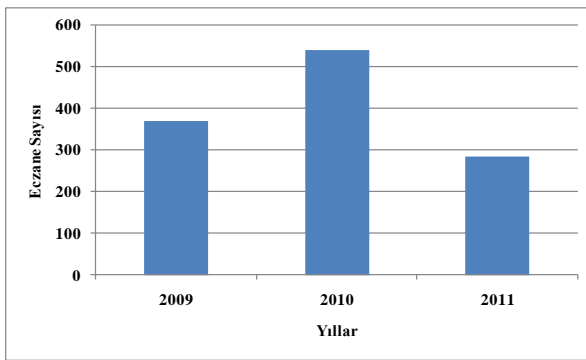


Şekil 1. Atık ilaç imha modeli

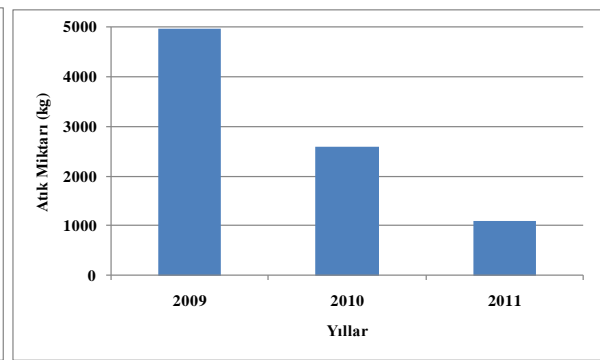
Şekil 1’den görüldüğü üzere eczacı, raf ömrü dolmuş ilaçların listesini ilaç adını ve miktarını belirterek oluşturur. Oluşturulan liste ile ilaçlar eczanenin bağlı bulunmuş olduğu Sağlık Grup Başkanlığı tarafından eşleştirilip tespit tutanağı hazırlanır. Resmi kurumlarca onaylanan listeler ile ilaçlar ambalaj türlerine göre sevkiyata hazır hale getirilir. Burada ilaçlar blisterli ambalaj, şişeli ambalaj gibi ambalaj türlerine göre ayrı bir paketlenme işlemine tabi tutulur. Son aşama olarak ilaçlar ilgili mevzuatlar çerçevesinde belirtilen hususlara uyularak bertaraf tesisine teslim edilir. Atık ilaçların listeler ile birlikte teslim alan bertaraf tesisi ilaç imha işlemini

gerçekleştirdikten sonra imha tutanağını hazırlar ve ilgili resmi kuruma ulaştırmak üzere eczacıya teslim eder.

Bu model çerçevesinde İstanbul sınırları içerisinde yapılan çalışmalar sonucunda, Çevre ve Orman Bakanlığı işletme lisansına sahip gazlaştırma teknolojisi ile atık bertarafının gerçekleştirildiği Ekolojik Enerji A.Ş. tesislerine son 3 senede 1191 adet eczanenin toplam 8,6 ton atığı kabul edilerek mevzuata uygun bir şekilde bertarafı gerçekleştirilmiştir. Yıllara göre ilaç atığı toplanan eczanelerin sayısı Şekil 2(a)’da, toplanan ilaç atığı miktarı Şekil 2(b)’de yer almaktadır.



(a)



(b)

Şekil 2. Yıllara göre ilaç atığı toplanan eczanelerin sayısı (a) ve ilaç atığı miktarı (b)

İstanbul İl Sağlık İlaç ve Ecza Şube Müdürlüğünde alınan veriler sonra İstanbul sınırları içerisinde faaliyet gösteren toplam 4650 adet eczane bulunmaktadır. Yapılan bu

uygulama ile 3 yıl içerisinde ancak 1191 adet eczaneye ulaşılmıştır. Ülkemizde çoğunlukla düzensiz depolama yolu ile stoklanan evsel atıklara tehlikeli atıkların karışması çok büyük

riskler oluşturmaktadır. Sonuç itibariyle oluşturulan mevcut sistem ile 3 yıl içerisinde 8,6 ton eczanelerden oluşan raf ömrü dolmuş ilaç atığının evsel çöpe karışması engellenmiştir. Halihazırda yalnızca İstanbul için yapılan bu çalışma, Türkiye bütününde kısa süre içerisinde gerçekleştirilmelidir.

Uygulamanın hazırlanacak olan bir veri tabanı programı ile desteklenerek imha edilen ilaçların üretici firması, türleri ve miktarları ile ilgili veriler kayıt altına alınabilir. Böylece elde edilen veriler ile belirlenen ilaçların üretim programları yeniden gözden geçirilebilir. Ayrıca eczacılar için bir yük getiren bu uygulamada ilacın esas üreticisi olan ilaç firmaları beşikten mezara prensibi ile ürettikleri ürünün sorumluluğu paylamaları sağlanabilecektir. Sürecin bu çerçevede yürütülmesine paralel olarak eczanelerin atık yönetimi konusunda eğitim programlarına dahil edilmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya da Ekolojik Enerji A.Ş. İcra Kurulu Başkanı Ömer Salman'a, şirket çalışanlarına, İstanbul İlaç ve Eczacılık Şubesi Sağlık Müdür Yardımcısı Hüseyin Yılmaz'a, Şube Müdürü Deniz Özler Kırıl'a değerli katkılarından ötürü teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Ekolojik Enerji A.Ş. Kabul Edilen Eczane Atıkları Verileri
- Özçelikay, G., 2002. Serbest Eczane Atıkları Ve Yönetimi Üzerinde Bir Çalışma. Türk Hij Den Biyol Derg, Cilt 59, No 1,2,3, S: 13 - 20

TAVUKÇULUK KATI ATIKLARININ TAVUK GÜBRESİNE İŞLENEREK ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASI

Hasan Eleroğlu¹, Arda Yıldırım²

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Aşık Veysel Meslek Yüksekokulu, 58400, Sivas

²Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 60240, Tokat

Özet

Türkiye’de, 2009 TÜİK verilerine göre toplam kanatlı hayvan sayısının yaklaşık 230 milyon olduğu, bir tavuğun günde ortalama 140 – 160 g taze dışkı ürettiği ve açıkta bırakılan gübrenin çevreye vereceği zarar göz önüne alınırsa problemin boyutları ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle sulu tavuk gübresinin çevreyi kirleten ve sağlık bozan bir konumdan çıkarılması bitkiye zarar riskinin azaltılarak organik gübreye dönüştürülmesi ve tarıma kazandırılması gerekmektedir. Sivas koşullarında arpa üretiminde verim üzerine etkisini belirlemek amacıyla toplam 1000 dekar arazide 12 parsel üzerinde yürütülen çalışmada Bakteriyel Gübre, Leonardit, Tavuk Gübresi ve Kimyevi Gübre + Humik Asit uygulaması denemeye alınmış, verim (kg/dekar) ve bin tane (g) ağırlıklarına ilişkin veriler toplanmıştır. Araştırmada sertifikalı Tarm-92 arpa tohumu 22 kg/da olarak kullanılmıştır. Bakteriyel Gübre, Leonardit, Tavuk Gübresi ve Kimyevi Gübre + Humik Asit uygulamalarından elde edilen verim (kg/dekar) değerleri sırasıyla 197,10; 204,67; 284,93 ve 342,23 gerçekleşmiştir (P<0.05). Bin tane (g) ağırlıkları ise sırasıyla 45,903; 46,507; 47,690 ve 46,370 (P>0.05) olarak bulunmuştur. Kimyevi Gübre + Humik asit uygulamasından en yüksek verim elde edilmiş, bunu Tavuk Gübresi takip etmiştir. Bakteriyel gübre ve Leonardit uygulamaları arasında istatistikî bir farklılığa rastlanmamıştır. Sonuç olarak kimyevi gübrenin maliyeti ve toprak için kimi zaman zararlı etkileri, organik üretim için uyumsuzluğu gibi nedenlerden dolayı bu çalışmada, Sivas yöresinde arpa üretiminde uygulanan geleneksel kimyevi gübre uygulamasına alternatif olacak gübre uygulamaları üzerinde durulmuştur. Maliyet analizleri yöresel uygulamalara ve bölgeye göre değişeceğinden, elde edilen verim değerleri üzerinden hareket edildiğinde tavuk gübresinin geleneksel kimyevi gübre uygulamasına alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevre, gübre, katı atık, organik üretim, tavuk

PROCESSING OF POULTRY WASTE INTO CHICKEN FERTILIZERS TO REDUCE ENVIRONMENTAL POLLUTION

Abstract

According to data released by TUIK, Turkey had 230 million winged animals, in total, in 2009, and each of the animals produced on average 140 – 160 g fresh faeces which pose an immense threat to the environment if disposed untreated. Therefore fresh chicken faeces should be turned into organic fertilizer in order not to be harmful to the environment and to be used in the fields of agriculture. To this end, chicken faeces, along with a bacterial fertilizer, Leonardit, and a chemical fertilizer plus humic acid, was used as fertilizer in 1000 decare barley fields, divided into 12 parcels in Sivas; and

yield (kg/decare) and seed weight (1000 seeds, g) determined were 197,10, 204,67, 284,93, and 342,23 kg/da, and seed weight values were 45,903, 46,507, 47,690, and 46,370 ($P>0.05$), respectively. As can be seen chemical fertilizer plus humic acid led to the highest yield, and this was followed by that of chicken faeces. In the study, certified Tarm-92 Barley seeds were used 22 kg/decare. The difference between the yields of Bacterial fertilizer and Leonardit was not found to be statistically significant. To conclude, considering the high cost and harmful effects of chemical fertilizers, chicken faeces could be a better alternative to be used for barley agriculture in Sivas.

Keywords: *Chicken, environment, fertilizer, organic production, solid waste*

1. GİRİŞ

Artan nüfusun gereksinimini karşılamak üzere verim artışı ana hedef olmuş, üstün nitelikli ve yüksek verimli çeşitlerle birlikte sulama, sentetik kimyasal tarım ilaçları ve mineral gübrelerin kullanımı artmıştır. Yoğun girdi kullanılarak birim alandan daha yüksek verim almaya ve yeni alanların tarıma açılmasına yönelik hedefler belirlenmiştir (Ünlü ve Padem, 2009). Bilinçsiz tarım ilacı ve gübrenin kullanılması, yanlış toprak işleme gibi uygulamalar; toprağın fiziksel yapısının bozulması, kalıntı riski, organik madde ve canlılığının yitirilmesi ve besin maddesi dengesinin bozulması, tuzlanma, çoraklaşma gibi önemli çevre sorunlarına neden olmuştur (Aksoy, 1999).

Yirminci yüzyılın başından beri yoğun olarak kullanılan suni gübre, hormon ve zirai ilaçlar, toprak, su, hava, gıda; dolayısıyla canlı kalitesini bozmuştur. Bu girdilerin ortaya çıkardığı olumsuz etkiler ilk önce yoğun olarak kullanıldığı gelişmiş ülkelerde görülmüş, buna bağlı olarak yirminci yüzyılın başlarında geliştirilen alternatif teknikleri irdelene arayışları başlamıştır. Tekrar eski kaliteye ulaşmak için çevreye dost faktörlerin bir şekilde kullanılması gündeme gelmiştir. Böylece birçok ülkede konvansiyonel tarımdan organik tarıma geçilmeye başlanmıştır (Genç, 2006; Zengin, 2007).

Organik tarım; ekolojik sistemde hatalı uygulamalar sonucu kaybolan doğal dengeyi yeniden korumaya yönelik, insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içermekte olup, esas itibarıyla toprağın sürdürülebilir bir verimliliğe sahip olmasını sağlama, bitkinin direncini

artırma, bitki korumada biyolojik yöntemleri de tavsiye eden, bütün bu olanakların kapalı bir sistemde oluşturulmasını talep eden, üretimde miktar artışını değil, ürünün kalitesinin yükselmesini amaçlayan bir üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (Taşbaşlı vd., 2003). Dünyada ve ülkemizde gün geçtikçe organik ürünlere karşı olan ilginin artması, organik ürün yetiştiriciliğine olan ilgiyi de artırmıştır. Üreticiler ve üreticilere gerekli girdileri sağlayan firmalar da organik tarımda kullanılabilecek olan girdileri artırmaya ve geliştirmeye yönelik çalışmalar başlatmışlardır (Ünlü ve Padem, 2009).

Organik tarımda, kimyasal gübrelerin yerine organik gübrelerin kullanımına izin verilmektedir. Gübrelemenin esasını toprak organik maddesinin ve buna bağlı olarak da mikrobiyolojik aktivitesinin artırılması teşkil eder. Toprağın üstünde ve içinde bulunan her türlü bitkisel ve hayvansal maddelerle bunların parçalanmasından oluşan organik madde, toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve verimlilik özellikleri üzerine son derece etkilidir (Tüzel ve Onoğur, 2000). Ahır gübresinin etkisi kimyasal gübreler gibi tek yönlü değildir. Ahır gübresi bir yandan toprağa bitki için gerekli besin maddelerini sağlarken öte yandan da toprağın yapısını tarım için uygun şekle sokar (Kacar, 1994).

Ülkemiz toprakları, yaklaşık 30–40 yıldan beri, çoğunlukla toprak analizleri yapılmadan azotlu, fosforlu ve potasyumlu suni gübrelerle gübrenilmektedir. Bu durum; topraklarımızda özellikle, fosfor ve potasyum yönünden bazı birikmelere yol açabilmektedir. Bununla birlikte hiç suni gübre kullanılmayan alanlarda sulama ve verim potansiyeli yüksek bitki çeşitlerinin kullanımıyla toprağın bitki besin

maddeleri sömürülerek besin maddelerince fakirleşmesi görülebilmektedir (Çivit, 2010).

Türkiye toprakları organik madde bakımından sınırlı alanlar hariç genellikle fakirdir (Dinç vd., 2001). Türkiye’de birçok bölgede, özellikle orta Anadolu bölgesinde toprakların organik madde içerikleri % 2’nin hatta % 1’in altına düşmüştür (Munsuz vd., 1996; Şeker ve Karakaplan, 1999). Orta Anadolu bölgesinde uygulanan tarım teknikleri, topraklarda organik madde birikimini azaltarak toprakların verimliliklerinin kaybolmasına neden olmaktadır. Hasat artıklarının (anızın) yakılması, organik gübrelemenin yetersiz olması, toprak verimliliğindeki düşüşün önemli nedenlerindedir (Çivit, 2010).

Tarımda organik gübre sıkıntısı çekilirken kafes sistemiyle tavukçuluk yapılan işletmelerde sulu tavuk gübresinin depolardan çevreye tasma ve pis koku nedeniyle önemli çevre problemi oluşturması bir çelişki örneğidir. Bu nedenle sulu tavuk gübresinin çevreyi kirleten ve sağlık bozan bir konumdan çıkarılması, organik gübreye dönüştürülmesi ve tarıma kazandırılması gerekmektedir (Korkmaz vd., 1996; 2000). Organik gübre olarak tavuk gübresinin kullanımı toprak verimliliği ve bitki üretimi geliştirmek için gereklidir (Dikinya ve Mufwanzala, 2010).

2. ÇEVRE – HAYVANCILIK İLİŞKİLERİ

Hızla gelişmekte olan hayvancılık işletmelerindeki modernleşme ve yoğun işletmecilik, bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Aynı zamanda önemli bir ekonomik potansiyel olan atıklar hayvan sayısı ile birlikte çevre için büyük sorun olmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan atık sular, potansiyel bir kirletici olarak yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kirletebilir. Bu amaçla özellikle hayvancılık işletmelerinde oluşan atıkların olumsuz çevre koşulları oluşturmaması için alınması gerekli yasal ve teknik önlemler ile depolama ve projelendirme kriterlerinin incelenmesi gerekmektedir (Karaman, 2006).

Hayvancılık işletmelerinin ortaya çıkardığı kirlilik kaynakları, endüstriyel ve kentsel kirlilik kaynaklarından farklı olarak noktasal kirlilik kaynakları olmayıp daha geniş alanlara yayılmış olması, bu kaynakların neden olduğu su kirliliğinin boyutlarının bilinmesini daha da güç kılmaktadır. Dağınık kirlilik kaynakları olarak nitelendirilen gübreler, hayvansal atıklar vb. yüzey sularına veya yer altı sularına ulaşarak su kaynaklarının kalitesini bozmakta ve kullanılamaz duruma getirmektedir (Özek, 1994; Ongley, 1996). Atık suların doğrudan araziye boşaltılması son derece yanlış bir uygulamadır. Çünkü arazinin geçirgenliği düşük killi toprak ise atık su bir yer üstü su kaynağına ulaşarak onu kirletinceye kadar toprak yüzeyinde akışına devam edecektir. Diğer yandan toprak geçirgen ise, su aşağılara doğru sızarak yer altı suyunu kirletecektir (Bonner vd., 1995; Barker, 1996).

Tavukçuluk sektörünün gelişimiyle birlikte bazı çevre sorunları oluşmuştur. Bunların başında gübre sorunu gelmektedir. Tavuk dışkısının önemli bir bölümü bitkisel üretimde gübre olarak kullanılmaktadır. Ancak olgunlaşması uzun süreyi gerektirdiğinden bazen bitkilere zararlı olabilmektedir. Uzun süreli kullanım halinde ise yer altı sularının kirlenmesine yol açmaktadır. Ayrıca kokusu da hoş gitmemektedir. Özellikle kafes sistemi ile yapılan yumurta üretiminde biriken tonlarca gübrenin çevreye zarar vermeden ortadan kaldırılması için yoğun çalışmalar yapılmakta ve çeşitli kurutma yöntemleri geliştirilmektedir (Gül, 2006).

Tavuk çiftliklerinin olduğu yerlere ve çevresine bakıldığında insan ve çevre sağlığının risk altında olduğu görülmektedir. Bunun yanında yer altı suyu kirliliği, koku oluşumu ve görüntü kirliliği gibi çevre sorunları ilk etapta sıralanabilir. Bu sorunların çözümü için yapılacak çalışmalara hız verilmeli, çevre dostu yatırımlara öncelik verilmelidir. Hayvan atıkları için çevresel açıdan kabul edilebilir bertaraf yöntemleri büyük ölçekte biyokütle-enerji dönüşüm sistemi olarak dikkate alındığında bu atıklardan enerji elde edilmesi ve ayrıca yan ürün şeklinde besin değeri olan gübre elde edilmesi de mümkün olmaktadır.

3. TAVUKÇULUK KATI ATIKLARI

Gelişen tavukçuluk, beraberinde bazı sorunları da getirmiştir. Tavukçuluk endüstrisinin karşılaştığı en büyük sorunlar arasında, üretim sırasında meydana gelen artıkların çevreye zarar vermesidir. Tavuk üretimindeki artış, çok miktarda gübre, ölü hayvan, kuluçkahane ve kesimhane artıkları gibi maddelerin oluşmasına sebep olmaktadır (Asyalı, 1992).

Tavuk gübresi bitki beslemede değerli bir gübre olmakla birlikte azot ve fosfor içermesinden dolayı yer altı ve yer üstü sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca özellikle yaş tavuk gübresi, sinek ve böcek larvalarının gelişmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bundan başka ortalıkta bırakılan kuluçkahane-kesimhane artıklarıyla tavuk kadavraları çevreye yaydıkları pis kokunun yanı sıra yine zararlı mikroorganizmalar ve çeşitli hastalık etkenleri bakımından bir üreme ortamı oluşturması, çevresel kaygıları gündeme getirmiştir (Blake, 1993).

Yumurta tavukçuluğu işletmelerinde günlük olarak uzaklaştırılması gereken gübre miktarı, her bir tavuğun gübre üretimine ve kümes kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. Gübreliliğin kapasitesini belirlemek amacıyla bir tavuğun günlük gübre üretim miktarları, 150-200 g (Bengston ve Whitaker, 1986; Akkaya, 2002) veya 175 g (Yavuzcan, 1983; Akkaya, 2002) olarak alınabilir. Tavuklardan elde edilen atığın miktarı, bileşimi ve değeri; hayvanın tipi, ağırlığı, yediği yemin bileşimi ve miktarı ile birlikte kümeste kullanılan yataklığın cinsi ve miktarına da bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak %10 ham selüloz, %26 kül, %33 ham protein, %10 gerçek protein, %2,6 eter ekstraktı, %3-6 toplam azot ve %3 P₂O₅ bulunmaktadır (Gül, 2006). Tavuk atığının diğer hayvan atıklarından en önemli farkı, tavuğun bilinen bir fizyolojik özelliğinin sonucu olarak oluşmasıdır. Tavukta üreme organları, kalın barsaklar ve idrar yolları aynı delikle (kloak) dışarı açıldıklarından, dışkı genellikle idrarla karışmış olarak dışarı atılır ve bu nedenle azot bakımından oldukça zengindir. Taze tavuk artığının su muhtevası %70-80,

kuru madde miktarı %20-30 kadardır. Kurutulmuş tavuk artığında toplam azot miktarı %3-6 arasındadır. Bu ise %18-36 proteine eşdeğerdir. Kuru tavuk artığındaki toplam azotun yani ham proteinin varlığı; artığın elde edilişi, saklandığı yer ve süre ile ilişkilidir (Alyanak ve Filibeli, 1987).

Tavukçuluk atıkları içinde en fazla yeri dışkı işgal etmektedir. Bir tavuk ortalama günde 140-160 g taze dışkı üretmektedir. Türkiye’de 2009 TÜİK verilerine göre 230 milyon adet kanatlı kümes hayvanı ve açıkta bırakılan gübrenin çevreye 50 kat zarar verdiği ve gelecekte tavuk sayısının daha da artacağı göz önüne alınırsa problemin ülke çapındaki boyutları ortaya çıkmaktadır.

Tavukçuluk katı atıkları değişen miktarlarda su, bitki besleme açısından önemli azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, manganez, bakır, çinko, klor, bor, demir ve molibden gibi mineral besin maddeleri ve organik madde içermektedir (Edwards ve Daniel, 1992; Brady ve Weil, 1996; Amanullah vd., 2010). Tablo 1’de farklı yetiştirme sistemlerinden elde edilen tavuk dışkısının yapısına ilişkin veriler bulunmaktadır (Amanullah vd., 2007).

Tavuk dışkısının kimyasal yapısı son 30 yıl içerisinde kapsamlı bir şekilde analiz edilmiş, yapılan birçok çalışma tavuk dışkısının kimyasal yapısına ilişkin veriler toplanmıştır (ASAE D384.1, 1998; NRAES, 1999). Dışkının kaynağı, kullanılan yem, hayvanın yaşı, dışkının depolanması ve taşınması, altlık kullanımı ve yapısı gibi faktörlere bağlı olarak tavuk gübresinin kimyasal yapısı değişmektedir (John vd., 2001). Tavukçuluk sektöründe; kuluçkahane ve kesimhane artıkları, ölü tavuklar ve tavuk dışkısı gibi katı atıklar meydana gelmekte, oluşan katı atıkların büyük bir kısmını ise tavuk dışkısı oluşturmaktadır (Demirulus ve Aydın, 1996).

Tablo 1. Farklı tipte tavuk atıklarının besin maddesi içeriği

Maddeler	Derin altlıklı Sistem	Etlik Piliç	Kafes Tavukçuluğu
C/N Oranı	9,50 – 11,50	9,40 – 11,20	5,80 – 7,60
Toplam N (%)	1,70 – 2,20	2,40 – 3,60	3,63 – 5,30
Toplam P ₂ O ₅ (%)	1,41 – 1,81	1,56 – 2,80	1,54 – 2,90
Toplam K ₂ O (%)	0,93 – 1,30	1,40 – 2,31	2,50 – 2,90
Fe (ppm)	930 – 1380	970 – 1370	970 – 1450
Zn (ppm)	90 – 308	160 – 315	290 – 460
Cu (ppm)	24 – 42	27 – 47	80 – 172
Mn (ppm)	210 – 380	190 – 350	370 – 590
Ca (%)	0,90 – 1,10	0,86 – 1,11	0,80 – 1,02
Mg (%)	0,45 – 0,68	0,42 – 0,65	0,40 – 0,56

4. TAVUK DIŞKISININ GÜBRE OLARAK KULLANIMI

Hayvan dışkısının gübre olarak kullanımı yüzyıllardır devam etmektedir. Tavuk dışkısı içerdiği yüksek azot miktarı nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca, hayvan dışkıları bitkilerin gereksinim duyduğu besin maddelerinin dışında toprağa organik madde katkısıyla da dikkat çekmektedir. Toprakta organik maddenin kalıcılığı; sıcaklık, drenaj, yağış ve diğer çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Organik madde toprakta nem ve besin maddelerinin tutulmasını iyileştirmektedir. Gübre kullanımı, sürdürülebilir tarımın ayrılmaz bir parçasıdır (Sloan vd., 2003).

Organik artıkların dünya genelinde gübre olarak kullanımı geçmiş yüzyıllarda olduğu gibi son yıllarda da giderek yaygınlaşmakta toprağın kimyasal yapısı ve ürün verimi üzerine potansiyel etkilerini değerlendirmek üzere yapılacak çalışmalara gereksinim duyulmaktadır (Dikinya ve Mufwanzala, 2010). Ayrıca tavuk gübresi, içerdiği yüksek azot, fosfor ve potasyum miktarı nedeniyle diğer hayvansal gübrelerin kullanımından daha önemli hale gelmiştir. Artan akaryakıt fiyatları, inorganik gübre fiyatlarının artmasına dolaylı etkide bulunmakta, tavuk gübresinin kullanımının artmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan dünya genelinde birçok çevre kuruluşları sürdürülebilir tarım için organik gübre uygulamasını önermektedirler.

İçerdiği yüksek makro besin maddeleri bakımından diğer hayvansal atıklara oranla tavuk dışkısı daha fazla tercih edilmektedir. Chescheir vd. (1986), üzerinde çalıştıkları topraklarda tavuk gübresinin azot düzeyini yükselttiğini bildirmektedirler. Yapılan birçok çalışmada olduğu gibi Dikinya ve Mufwanzala (2010), toprağın azot ve fosfor düzeyi üzerine olumlu etkisini saptadıkları bir çalışmada, ürün verimi üzerine de olumlu etkilerini belirlemişler ve tavuk gübresini önemli bir bitki besin maddesi olarak değerlendirmektedirler.

4.1. Materyal ve Yöntem

Sivas koşullarında arpa verimine etkisini belirlemek amacıyla kimyevi gübre + humik asit, bakteriyel gübre, leonardit ve içerikleri Tablo 2’de verilen Gübresan A.Ş. den alınan 90 gün aerobik (havalı) koşullarda fermentasyonundan elde edilen pelet tavuk gübresi (4 – 5 mm pelet aralığı) + biovital uygulaması toplam 1000 dekar arazide denenmiştir. Tarm-92 Sertifikalı arpa tohumu (22 kg/da) çalışmada kullanılmıştır. Araştırma deseni Tablo 3’de özetlenmiştir. Elde edilen sonuçların varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farkın (Duncan testi) karşılaştırması, Minitab paket programı ile belirlenmiş, sonuçlar Düzgüneş vd. (1987)’nin bildirdiği şekilde değerlendirilmiştir.

4.2. Bulgular ve Tartışma

Uygulamalardan elde edilen verim (kg/da)

değerleri ve bin tane ağırlıkları (g) Tablo 4'de verilmiştir. Arpa üretiminde uygulanan gübre denemelerinden en yüksek verim 342,23 kg/da ile Kimyevi Gübre + Humik Asit uygulamasından elde edilmiştir. Bunu 284,93 kg/da ile Tavuk Gübresi + Biovital takip etmiştir. Bu iki gübre uygulaması arasında farklılık önemli bulunmuştur (P<0.05). Leonardit ve Bakteriye Gübre

uygulamalarından sırasıyla elde edilen 204,67 ve 197,10 kg/da değerleri arasında farklılık önemsiz (P>0.05) olmasına karşın Kimyevi Gübre ve Tavuk Gübresiyle karşılaştırıldıklarında fark önemli (P<0.05) olarak gerçekleşmiştir. Bin tane ağırlıkları bakımından herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.

Tablo 2. Araştırmada kullanılan tavuk gübresi + biovital içeriği

Maddeler	Tavuk Gübresi	Biovital
Organik Madde (%)	55	25
Toplam Azot (%)	2	4,5
Organik Azot (%)	-	1
Fosfor P ₂ O ₅ (%)	3	-
Suda Çözünür K ₂ O (%)	-	3
pH	6 – 8	7 – 8.5
Nem (En yüksek, %)	20	-

Tablo 3. Araştırma deseni

Uygulamalar	Kullanım Miktarları
1. Kimyevi Gübre + Humik Asit Uygulaması	
Dekara kullanım	Toplam doz (250 dekar)
Ekimle birlikte 20 kg/da Diamonyum Fosfat (DAP)	5000 kg
Kardeşlenme döneminde 20 kg/da % 21 Amonyum sülfat	5000 kg
Yabancı ot ilaçlamasıyla birlikte 1 lt/da Humik asit	250 litre
2. Bakteriye Gübre (Bio-One) Uygulaması	
Dekara kullanım	Toplam doz (250 dekar)
Ekim öncesi 0,3 litre/da bakteriye gübre	75 litre
0,3 litre/da Glikoz	250 litre
3. Leonardit Uygulaması	
Dekara kullanım	Toplam doz (250 dekar)
Ekimle birlikte 20 kg/da	5000 kg
Kardeşlenme döneminde 20 kg/da	5000 kg
4. Tavuk Gübresi + Biovital Uygulaması	
Dekara kullanım	Toplam doz (250 dekar)
Ekimle birlikte 100 kg/da	25000 kg
Kardeşlenme döneminde 100 cc/da biovital	25000 cc

Tablo 4. Uygulamalardan elde edilen değerler*

Uygulamalar	Verim (kg/da)	Bin tane ağırlığı (g)
Kimyevi Gübre + Humik Asit	342,23 ± 19,66 c	46,370 ± 4,998
Bakteriyel Gübre (Bio-One)	197,10 ± 43,13 a	45,903 ± 3,314
Leonardit	204,67 ± 44,33 a	46,507 ± 2,078
Tavuk Gübresi + Biovital	284,93 ± 12,54 b	47,690 ± 2,935

* Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen değerler arasındaki fark önemlidir (P<0.05).

Bationa vd. (1993), organik artıkların verim ve bitki besin elementi içeriklerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, toprağa karıştırılan organik artıkların darı veriminde artış sağladığını, bitkide N, P, K, Ca ve Mg içeriğini artırdığını, besin elementi artışının sapta danedekinden daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Hsieh vd. (1994), tatlı biberin yetiştirilmesi ve verimi üzerine organik gübrelerin etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada kimyasal gübre olarak 150 kg N+120 kg P₂O₅+150 kg K₂O ha⁻¹ ve buna eşdeğer oranda organik gübreler (tavuk gübresi, domuz gübresi, fermente edilmiş atık yağ, pirinç kabuğu, pirinç samanı) uygulamışlardır. Uygulanan kimyasal gübrelere oranla organik gübreler bitki yüksekliği, meyve miktarı, meyve büyüklüğü, meyve sayısı ve verimi önemli seviyede artırmıştır. Bununla beraber organik gübreler meyvedeki Fe ve Mn oranlarını düşürmüştür. Kütük ve Topçuoğlu (1997), yaptıkları tarla denemesinde toprağa değişik oranlarda uygulanan organik gübrelerle (koyun, sığır ve tavuk gübresi) ticari amonyum nitrat gübresinin ıspanak bitkisinde toplam ve suda çözünebilir oksalik asit, kalsiyum, toplam azot ve organik bağlı azot içerikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, amonyum nitrat gübresinin toprağın sadece toplam azot içeriği ile NH₄-N ve NO₃-N'u içeriklerini artırdığını buna karşın uygulanan organik gübrelerin organik madde ve toplam azot başta olmak üzere toprağın NH₄-N ve NO₃-N, toplam P, toplam K ve Ca içeriğini yükselttiğini saptamışlardır. Kara ve Erel (1999), laboratuvar şartlarında tavuk gübresinin toprağa uygulanmasıyla, toprağın bazı özellikleri ile yulaf bitkisinin verimine olan etkisini araştırmışlardır. Farklı dozlarda tavuk gübresi

uygulanarak 84 gün inkübasyona bırakılan topraklarda pH ve suda çözünebilir toplam tuz ile Fe, Cu, Zn, Mn içerikleri tayin edilmiştir. Araştırma sonucuna göre, artan tavuk gübresi dozlarına bağlı olarak, toprakların suda çözünebilir toplam tuz, Fe ve Zn içeriğinin arttığını, buna karşılık toprak pH'sı ve Cu içeriğinin azaldığı Mn içeriğinin ise değişmediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca tavuk gübresinin yulafın kuru bitki ağırlığını artırdığını saptamışlardır.

Tavuk gübresi uzun yıllardan bu yana toprağın organik maddesini artırmak ve gübre ihtiyacını karşılamak amacıyla tarımda kullanılmaktadır. Tavuk gübresinin bilinçsiz bir şekilde bitkisel üretimde kullanılması sonucu üreticiler zaman zaman çeşitli problemlerle karşılaşabilmektedirler. Tavuk gübresinin yüksek tuzluluğu kullanımını sınırlayan en önemli faktörlerdendir. Ekim öncesi uygulanan tavuk gübresi tohum yatağında ozmotik basıncı yükselteceğinden ekilecek tohumun çimlenme ve çıkışını azaltacaktır. Bu durumda birim alandaki bitki sayısı düşeceğinden verim düşecektir. Yetersiz çıkış olması durumunda tekrar ekim yapılabilenmekte ise de bu durum hem maliyeti yükseltmekte, hem de bitkinin vejetasyon süresinin kısılmasına neden olabilmektedir.

Şeker ve Ersoy (2005), sera şartlarında çöp kompostu, sığır gübresi, tavuk gübresi ve leonarditin farklı dozlarının toprak özellikleri ve mısır bitkisinin gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda kullanılan organik gübrenin çeşidi ve dozlarının toprak özellikleri ile mısırın gelişimini etkilediğini saptamışlardır. Mısır bitkisinin verim unsurları ile boy uzunluğu üzerine en fazla etkiyi tavuk gübresi yapmıştır.

Araştırmada kullanılan tavuk gübresi + biovital uygulamasından elde edilen verim değerlerinin genel literatür bildirimleri ile uyum içinde olduğu gözlenmektedir. Geleneksel kimyevi gübre uygulaması ile karşılaştırıldığında elde edilen verim değerinin düşük olması olumsuz gibi gözükmesine karşılık gerek çevre ilişkisi ve gerekse maliyet unsurları bakımından kimyevi gübre uygulamasına alternatif olacak bir özellik taşımaktadır. Leonardit ve bakteriyel gübre uygulaması ile karşılaştırıldığında tavuk gübresinden elde edilen sonucun yüksekliği Şeker ve Ersoy (2005)'in bulguları ile uyum içindedir.

5. SONUÇ

Sonuç olarak kimyevi gübrenin maliyeti ve toprak için kimi zaman zararlı etkileri, organik üretim için uyumsuzluğu gibi nedenlerden dolayı bu çalışmada, Sivas yöresinde arpa üretiminde uygulanan geleneksel kimyevi gübre uygulamasına alternatif olacak gübre uygulamaları üzerinde durulmuştur. Maliyet analizleri yöresel uygulamalara ve bölgeye göre değişeceğinden, elde edilen verim değerleri üzerinden hareket edildiğinde tavuk gübresinin geleneksel kimyevi gübre uygulamasına alternatif olabileceği kanaati oluşmuştur.

KAYNAKLAR

- Akkaya, C., *Isparta İli Yumurta Tavukçuluğu ve Etlik Piliç Yetiştiriciliğinde Kullanılan Kümes ve Alet-Ekipman Tiplerinin Araştırılması*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Zootekni Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2002.
- Aksoy, U., *Ekolojik Tarımdaki Gelişmeler*, Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği Yayınları, Emre Basımevi, İzmir, 1999.
- Alyanak, İ., Filibeli, A., "Tavuk Çiftliği Artıklarının Çevre Etkilerinin Önlenmesi ve Yararlı Hale Getirilmesi Alternatifleri", Uluslararası Çevre'87 Sempozyumu, Başbakanlık Çevre Genel

Müdürlüğü, Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Atık ve Kirlenme Denetimi Araştırma Grubu. 79-93, İstanbul, 1987.

- Amanullah, MM., "N Release Pattern in Poultry Manured Soil", *J. Applied Sci. Res.*, 3, 1094-1096, 2007.
- Amanullah, MM., Sekar, S. ve Muthukrishnan, P., "Prospects and Potential of Poultry Manure", *Asian J.Plant Sci.*,9(4), 172 – 182, 2010.
- ASAE D384.1, *Manure Production and Characteristics*, In: ASAE STANDARDS, ASAE. St. Joseph, MI 49085-9659, 1998.
- Asyalı, N., "Kuluçkahane ve Kesimhane Artıklarının Değerlendirilmesi Olanakları", *Tavukçulukta Verimlilik sempozyumu*, 67, 1992.
- Barker, JC.. "Lagoon Design and Management For Livestock Waste Treatment and Storage", *North Carolina State Univ. Coop. Ext. Serv. Publ.*,103-83. Raleigh, North Carolina. 8 p, 1996.
- Bationa, A., Christianson, C.B., M.C., Klaij, "The effect of crop residue and fertilizer use on pearl millet yields in Niger", *Fertilizer Research* 34, 251-258, 1993.
- Bengston, LP., Whitaker, J. H., "Structure in tropical climates, Food and Agricultural Organization of The United Nations", *Rome*, 40, 42 p, 1986.
- Blake, JP., "Tavukçuluk Artıklarının Değerlendirme Yöntemleri", Çeviren Mesut Türkoğlu, *Uluslararası Tavukçuluk Kongresi Yutav 93*, İstanbul, 106-117, 1993.
- Bonner, J., Thomas, J., Crenshaw, M., McKinley, B., Burcham. T.N., "Managing Animal Waste Nutrients", Mississippi State Univ. Coop. Ext. Serv. Mississippi State, *Mississippi. Publ. No: 1937*, p.59, 1995.
- Brady, NC., Weil, RR., *The nature and properties of soils*, 11th Edition, Prentice Hall International, Inc., 1996.

- Chescheir, PW., Westserman, LM., Safley, LM., “Laboratory methods for estimating available nitrogen in manures and sludges”, *Agric. Wastes* 18, 175-195, 1986.
- Çivit, B., “*Bazı Doğal Maddelerin (Gıda, Zeolit Ve Leonardit) Marulda (Lactuca Sativa L. Var Longifolia) Verim ve Büyüme Üzerine Etkisi*”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- Demirulus, H., Aydın, A., “Tavukçuluk Artık ve Atık Maddelerinin İşlenerek Çevre Kirliliğinin Azaltılması”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, Nisan – Mayıs – Haziran, Sayı:19, 1996.
- Dikinya, O., Mufwanzala, N., “Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates”, *Journal of Soil Science and Environmental Management* Vol. 1(3), pp. 46-54, 2010.
- Dinç, U., Şenol, S., Kapur, S., Cangir, C., Atalay, İ., *Türkiye Toprakları*, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 51, Adana, 2001.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O ve Gürbüz, F., *Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları- II)*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ankara, 381s., 1987.
- Edwards, DR., Daniel, TC., “Environmental impacts of on-farm poultry waste disposal: A Review”, *Bioresource Technol.* 41: 9-33, 1992.
- Genç, A., “*Ekolojik Tarımda Kullanılabilecek Bazı Mineraller ve Bunların Mikoriza ve Kompost İle Aktive Edilmesi Üzerinde Bir Çalışma*”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- Gül, N., “*Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması*”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2006.
- Hsieh, C., Hsieh, CF. ve Hsu-KN., “Effect of organic manures on the growth and yield of sweet pepper”, *Bulletin of Technique District Agric. Improv. Station*, 42, 1-10, 1994.
- John, PC., James, JC., John, EA., “Nutrient Content of Livestock and Poultry Manure”, Clemson University, http://www.clemson.edu/cafls/departments/biosystemseng/faculty_staff/research/chastain_nutrient_content_manure.pdf, 2001.
- Kacar, B., *Gübre Bilgisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1383, Ders Kitabı: 397, Ankara, 1994.
- Kara, E., Erel, A., “Tavuk gübresinin bazı toprak özelliklerine ve yulaf kuru bitki ağırlığına etkisi”, *Anadolu, J. of AARI* 9 (2), 91-104, 1999.
- Karaman, S., “Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Olanakları”, *KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 2006.
- Korkmaz, A., Kızılkaya, R., Horuz, A., Sürücü, A., “Fan Separatörle Kurutulmuş Tavuk Gübresinde Azotun Bitkiye Yararlı Miktarının ¹⁵N İzleme Tekniğiyle Belirlenmesi”, *Türk J Agric For*, 24, 63–70, 2000.
- Korkmaz, A., Sürücü, A., Horuz, A., “Sulu Ham Tavuk Gübresinin Tarımda Organik Gübre Olarak Değerlendirilmesi”, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 117-125, 1996.
- Kütük, C., Topçuoğlu, B., “Etkinliği yönünden değişik organik gübreler ile amonyum nitratın ıspanak kalite öğeleri üzerindeki etkisinin karşılaştırılması”, *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 10: 70-80, 1997.
- Munsuz, N., Çaycı, G., Sueri, A., Turhan, M., *İç Anadolu Bölgesi Seker Fabrikaları Pancar Ekim Alanı Topraklarının Kil Mineralleri ile Potasyum Sağlama Kapasiteleri Arasındaki İlişkiler*, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Yayın No: 219, Ankara, 1996.

- NRAES,. *Poultry Waste Management Handbook (NRAES-132)*. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, Cooperative Extension, 152 Riley-Robb Hall, Ithaca, NY 14853-5701, 1999.
- Ongley, E.D., "Control of Water Pollution From Agriculture", *FAO Irrigation And Drainage No:55*, Roma, 1996.
- Özek, E., *Tarımdan Kaynaklanan Çevre Kirlenmesi ve Simülasyon Çalışmaları*, Ankara Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni ABD, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 79 s, 1994.
- Seker, C., Ersoy, İ., "Degisik organik gübreler ve leonarditin toprak özellikleri ve mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) gelişimi üzerine etkileri", *S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi*, 19 (35), 46-50, 2005.
- Sloan, D.R, Kidder, G., Jacobs, R.D., "Poultry Manure as a Fertilizer", Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, PS1, <http://edis.ifas.ufl.edu.>, 2003.
- Şeker, C., Karakaplan, S., "Konya Ovasında Toprak Özellikleri ile Kırılma Değerleri Arasındaki İlişkiler", *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23, 183–190, 1999.
- Taşbaşlı, H., Zeytin, B., Aksoy, E., Konuşkan H.M., "Organik Tarımın Genel İlkeleri", *T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı*, Ankara, 2003.
- TÜİK, Hayvansal Üretim İstatistikleri, 2009.
- Tüzel, Y., Onoğur, E., *Serada Organik Domates Yetiştiriciliği*, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Yayınları, Tübitak Ankara, 2000.
- Ünlü, H., Padem, H., "Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri", *Ekoloji*, 19, 73, 1-9, 2009.
- Yavuzcan, G., *İçsel tarım mekanizasyonu*, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 871, Ankara, 13-15, 1983.
- Zengin, M., *Organik Tarım*, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 2007

LİÇ ATIKLARINDAN VE BOR TÜREVLERİNDEN RENKLİ, SERT BOROSİLİKAT – BORCAM ÜRETİMİ

Ayşegül_Pala¹, Turan Batar², Filiz Mısırlı³, Beril Sülün³, Yasemin Paksoy³

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Araştırma ve Uygulama Merkezi, 35160, Buca, İzmir

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü , 35160, Buca, İzmir

³ Özel Türk Fen Lisesi, 35280, Köprü, İzmir

Özet

Altın liçi sonrası ortaya çıkan katı atıkların, içerdikleri yüksek SiO₂ sebebiyle cam sanayinde katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yüksek pH'da siyanür ile liç sonucu oluşan katı atıklar, filtrasyon işleminden geçirilerek faz ayrımı sağlanmış ve doğal işleme kurutulmuştur. Atığın cam sanayinde kullanılabilirliğini tespit etmek amacıyla XRD analizi, kimyasal analiz ve eluat testi yapılmıştır. Bu testler sonucunda atığın renkli, sert borosilikat-borcam üretiminde kullanılabilirliği saptanmıştır.

Hazırlanan liç atığına, ana hammadde olarak mısır kumu ve katkı malzemesi olarak da üç farklı bor türevi ilave edilmiştir. Halen üretim yapan bir cam fabrikasında dökülen cam numuneleri, kimyasal kompozisyon analizleri, ısıl genleşme katsayıları ve geçirgenlik değişim testlerinden geçirilmiştir. Üretilen özel renkli, sert borosilikat-borcamlar fabrikanın ürettiği referans camla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, liç atığının özel cam üretiminde hammadde olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Yapılan çalışma sonucunda, altın üretimi yapan tesislerin liç atıklarından, özel amaçlı renkli cam üretiminin mümkün olduğu görülmüştür. Atık içerisine, farklı katkı metal ilavesiyle (Cr, Mn veya bunların indirgen ve yükseltgen formları) bu renkliliğin daha da artırılabilmesi mümkün gözükmemektedir. Çalışmayla, renkli camın yanı sıra bor cam üretiminde kullanılan borik asit yerine borik asit, kalsine tinkal ve boraks pentahidrat kombinasyonunun da kullanılabilmesi ortaya konmuştur.

İlave edilen liç atığı içerisindeki metal bileşenlerin, renk değişimi üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Analizlere bakıldığında, bileşimler arasında bir miktar B₂O₃ farkı olmakla birlikte temelde büyük farklar görülmemiştir. Referanstaki B₂O₃ %sinin fazla olması, başlangıçtaki miktarın fazla olmasından kaynaklanmıştır. Her ne kadar ağırlıkça bor türevleri miktarı aynı olsa da, kalsine tinkal %52 B₂O₃ ve boraks pentahidrat 47,76 % B₂O₃ içerirken borik asit % 56,25 B₂O₃ içermektedir. O nedenle de üretilen yeni camlarda, %B₂O₃ miktarı yaklaşık %2 daha az gözükmemektedir

Sonuç olarak, liç atıkları ve bor türevlerinin cam üretiminde kullanılması halinde;

⇒ Cevher hazırlama tesislerinde de en önemli masraf öğütmeye harcanan enerjiden kaynaklanmaktadır. Öğütme için harcanan toplam enerjinin ancak %1 'i öğütmeye harcanmaktadır. Geriye kalan enerjinin %99'u ısıya ve sese dönüşmektedir. Liç atıklarının cam üretiminde kullanılması halinde tekrar öğütülmesine gerek olmadığından, ekonomiye katkı sağlayacaktır.

⇒ Zararlı atıkları uzun yıllar stoklama/depolamaya gerek kalmayacaktır.

⇒ Dünya bor rezervinin %72'sine sahip ülkemizde, bor türevlerine yeni kullanım alanları açılmış olacaktır.

⇒ Elde edilen renkli, sert borosilikat-borcamlar gibi yeni bir ürün elde edilmiş olacağı gibi, gerektiğinde daha farklı renklerde cam üretilmesi mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Altın madeni atıkları, bor cam üretimi, cam üretimi, geri kazanım, siyanür

PRODUCTION OF COLORED HARD BOROSILICATE – PYREX GLASS USING GOLD LEACHING TAILINGS AND BORON DERIVATES

Abstract

The utilization of solid tailings of Au leaching in glass industry is investigated due to its high SiO₂ content. The solid tailings of high pH cyanide leaching was filtered to achieve phase division and then dried naturally. The utilization level of the tailing in glass industry was determined by XRD, chemical analysis and eluate tests. The tailings were decided to be utilizable in production of borosilicate – pyrex.

The tailings were mixed with Egyptian desert sand as the main raw material and three different boron products as additives. The samples underwent chemical composition analysis, thermal expansion coefficient and permeability tests in a glass manufacturing workshop. The hard borosilicate – pyrexes with special color were compared to the routine product of the workshop. As a result, the use of leach tailings as a raw material in glass production was proved.

The utilization of tailings from gold leaching plants is proved to be possible in the production of special functioned colored glass, as a result of the investigations. The color of the glass can be enhanced by using different metal additives (Cr, Mn, reduced or oxidized forms of Cr and Mn). The use of boric acid, calcined tincal and borax pentahydrate combinations instead of boric acid in colored glass and pyrex production was also investigated.

The effect of metal content of leach tailings on the color change was observed. Only slight differences in B₂O₃ content were determined depending on analysis. The high B₂O₃ content in the reference sample was due to the high sample content in the initial test. Even though the amount of boron products were same, calcined tincal contains 52% and borax pentahydrate contains %47.76 while boric acid contains 56.25% B₂O₃. Hence, the glass produced contains 2% less B₂O₃.

In conclusion, the utilization of leach tailings and boron products in glass production reveals;

✓ The most energy consuming step in processing plants is grinding mills with only 1% yield. The 99% of the energy is transformed into heat and noise. The necessity of grinding is eliminated due to the use of leach tailings, thus contribute economical advantage.

✓ The necessity of storing harmful wastes is eliminated

✓ The widespread utilization of boron products is significant for Turkey, holding 72% of the world boron reserves.

✓ A new product of colored and hard borosilicate-pyrex would be introduced, besides the production of different colored glasses would also be available.

Keywords : *cyanide, recycling, glass production, pyrex production, tailings of gold mines*

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve endüstrileşme hem atık miktarında, hem de atık türlerinde önemli bir artışa sebep olmaktadır. Teknolojik gelişmeyle bu artış iyice hızlanmakta ve atıkların elimine edilmesi önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Büyük miktarlardaki atıkların depolanması ek bir maliyet gerektirdiği gibi, çevreye olumsuz etkileri de söz konusudur. Bu amaçla son yıllarda özellikle gelişmiş ülkeler, atıkların yeniden üretime kazandırılması için çeşitli araştırmalar yapmaktadırlar.

Ülkemizde de altın üretimi her yıl artan oranda devam etmektedir. Toplam 6500 tonluk altın rezervine sahip Türkiye’de yılda 16 ton altın üretimi yapılırken, 222 ton altın ithal edilmektedir. Son 10 yıldaki üretim artışı ise yaklaşık %100’dür. Bu artışın gelecek yıllarda da devam edeceği öngörülmektedir. (Sayın, E; Batar, T. Ve diğ). Diğer bir ifadeyle, ülkemiz kendi altın ihtiyacının ancak 1/14’ünü karşılayabilmektedir. Mevcut rezerv ve gelişen teknolojisi dikkate alındığında ülkemizin, kısa bir süre içerisinde, kendi ihtiyacını karşılayacağı tahmin edilmektedir. Bu proje çalışmasının amacı da, muhtemel üretim artışı sonucu ortaya çıkacak liç atıklarının değerlendirilebileceği bir sahayı ortaya çıkararak hem çevrenin korunmasına yardımcı olmak, hem de ekonomiye katkıda bulunmaktır.

Altın liçi sonrası kalan altın cevheri katı atıklarının içerdiği yüksek miktardaki SiO₂ sebebiyle; hem atıkların değerlendirilmesi, hem de çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla cam sanayinde (özel cam üretiminde) hammadde olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, altının kazanımında tank liçi sonrasında kalan %45 katı/sıvı oranındaki atık, filtrasyon işleminden geçirilerek faz ayrımı sağlanmış ve doğal kurutma işlemiyle kurutulmuştur. Elde edilen altın liçi sonrası kalan katı atığın cam sanayinde değerlendirilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla XRD analizi, kimyasal analiz ve eluat testi yapılarak atığın karakteristik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar, liç atığının cam üretiminde

hammadde olarak kullanılabilmesini ortaya koymuştur.

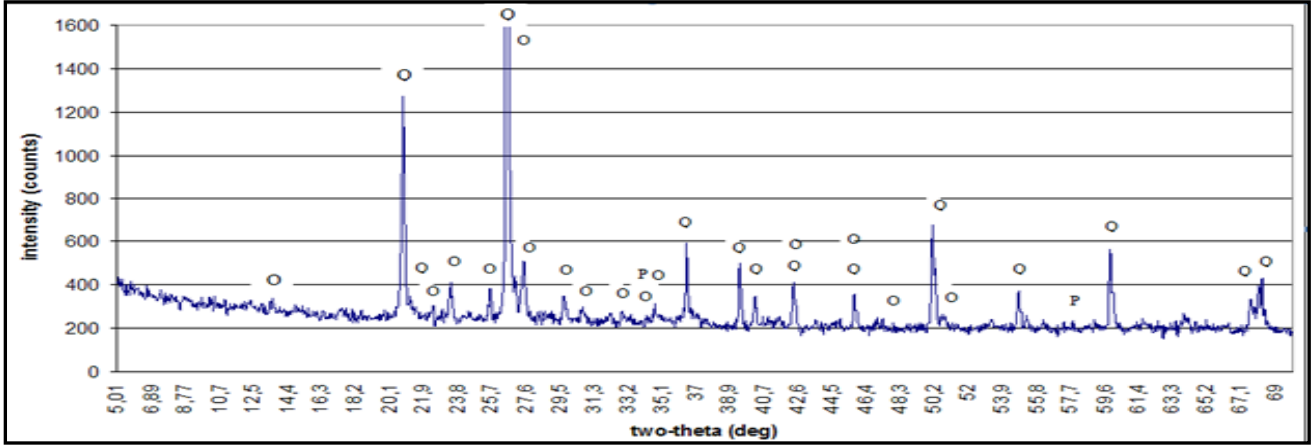
Bu çalışmanın diğer bir amacı da, farklı bor türevlerine yeni kullanım alanları açmaktır. Burada amaç sadece bor katkılı bir malzeme üretmek de değil, aynı zamanda ülkemiz kaynaklarının kendi ülkemizde endüstriyel bir ürüne dönüştürülmesini sağlamaktır. Çünkü ülkemiz dünya bor rezervinin %72’sine sahip olmakla birlikte, sahip olduğu bu potansiyeli yeterince değerlendirememektedir. Pazarlanan bor türevleri (kalsine tinkal, borik asit, boraks pentahidrat) diğer ülkelerde ancak hammadde olarak kullanılmaktadır. Bor; pencere camı, şişe camı vb sanayilerde ender hallerde kullanılmaktadır. Özel camlarda ise borik asit vazgeçilmeyen bir unsur olup, rafine sulu / susuz boraks, borik asit veya kolemanit/boraks gibi doğal haliyle kullanılmaktadır. Çok özel durumlarda potasyum penta borat ve bor oksitler kullanılmaktadır. Bor, ergimiş haldeki cam ara mamülüne katıldığında onun viskozitesini, yüzey sertliğini ve dayanıklılığını arttırmakta ve ısı izolasyonunu gerekli görüldüğü yerlerde cam mamüllerine katılmaktadır. Dünya’da borun %42’si, ABD’de ise %71’i cam endüstrisinde tüketilmektedir. Camın ısıya dayanmasını, cam imalatı sırasında çabuk ergimesini ve devitrifikasyonun önlenmesini sağlayan bor; yansıtma, kırma, parlama gibi özelliklerini de arttırmaktadır. Bor, camı aside ve çizilmeye karşı korur. Cam tipine bağlı olarak; cam eriğinin %0.5 ile %0.23’ü bor oksitten oluşmaktadır. Örneğin pyrex’de %13,5 B₂O₃ vardır. Genellikle cama boraks, kolemanit, borik asit halinde karma olarak ilave edilmektedir.

Proje kapsamında üretilen camlar, halen faaliyetini sürdüren bir cam fabrikasında elde edilmiştir. Fabrikanın üretiminde kullanmış olduğu karışıma (mısır kumu) farklı oranlarda liç atığı ile bor türevlerinden kalsine tinkal, borik asit, boraks pentahidrat ilave edilerek renkli, sert borosilikat-borcam üretilmiştir. Mısır kumu dışındaki tüm bileşenler, fabrikanın kullandıklarından farklıdır. Üretilen camlar, fabrikanın ürettikleriyle karşılaştırıldığında yaklaşık benzer sonuçlar elde edilmiştir.

2. LİÇ ATIĞININ KARAKTERİZASYONU

Cevherin karakteristik yapısını incelemek üzere elek metal analizi, X-Ray Difraksiyon (XRD),

kimyasal analiz, mikroskop analizleri yapılmıştır. XRD sonuçlarına göre cevher içinde kuvars (SiO₂), ortoklas (KAlSi₃O₈), pirit (FeS₂) mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 1) (Pala, A.; Erkan,C.; Demirege,S.,2010).



Şekil 1. Liç atığı XRD analizi (O: Ortoklas, Q: Kuvars, P: Pirit)

Liç atığı elemental analizleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) 'de Perkin-Elmer analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır(Tablo 1). Tablo 2'de ise İZÇEV

Çevre Laboratuvarı tarafından yapılan atık eluat testi sonuçları yer almaktadır (Pala, A.; Erkan,C.; Demirege,S.,2010).

Tablo 1. Atık numunesinin kimyasal analiz sonuçları (DEU, Maden Müh Lab.)

Element	Ortalama	Element	Ortalama
Au (g/t)	1,530	Mn (%)	0,954
Ag (%)	0,002	Fe (%)	8,682
Cu (%)	0,017	Sb (%)	0,002
Pb (%)	0,224	Co (%)	0,002
Zn (%)	0,048	Cd (%)	-
Ni (%)	0,055		

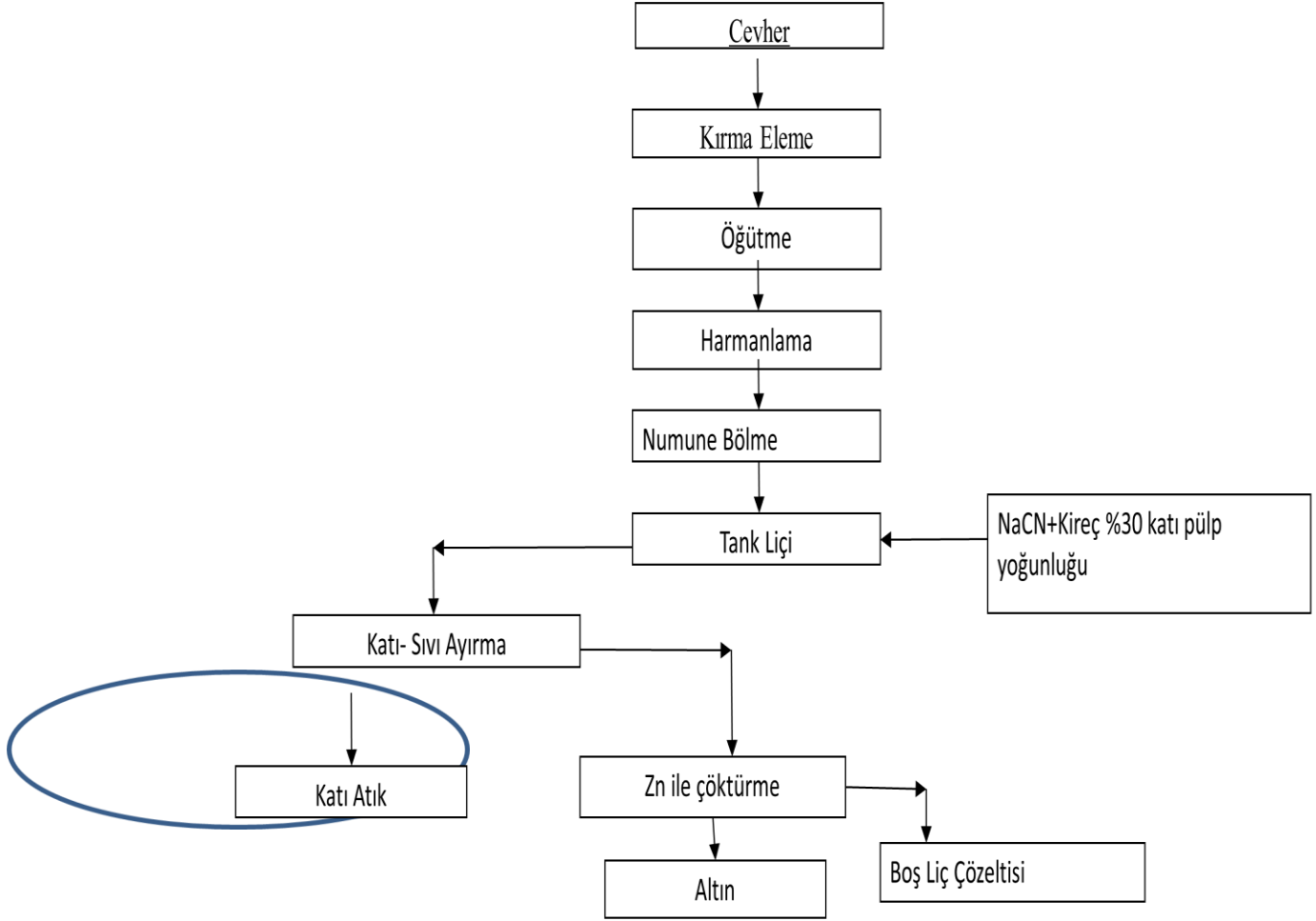
Tablo 2. Atık numunesinin eluat test sonuçları (İZÇEV Çevre Lab.)

Element		Element	
Arsenik	0,013 mg/L	Nikel	0,003 mg/L
Baryum	0,089 mg/L	Antimuan	-
Kadmiyum	-	Selenyum	0,003 mg/L
Krom	0,012 mg/L	Çinko	0,072 mg/L
Bakır	0,007 mg/L	Civa	0,012 mg/L
Demir	0,265 mg/L	Siyanür	1,510 mg/L
Molibden	0,009 mg/L		

3. ALTIN KAZANIMI

Bu çalışmada, liç işleminden sonra tank dibinde oluşan çamurun yüksek pH'da kimyasal oksidasyonunu takiben yıkama ve filtrasyon işlemiyle fazlara ayrılması sağlanmıştır. Siyanür, cevher içerisindeki altını ve ağır metalleri çözerek sıvı faza geçmelerine sebep olmaktadır. Elde edilen sıvı kısım içerdiği siyanür ve ağır metallerden dolayı arıtma

işlemine tabi tutulmak üzere arıtma tesisine gönderilmektedir (Şekil 2). Katı faz ise tam olarak kuru olmadığı içerisinde bir miktar sıvı kalması nedeniyle yapılan kimyasal analiz sonucunda içeriğinde 1,51 mg/L siyanür kaldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple siyanürün bozundurulması için atık doğal kurutma yöntemiyle (güneşte) kurutulmuştur (Şekil 3).



Şekil 2. Altın üretim akım şeması (Sayın Z. E.,Batar T., Kaya E., Tufan B. (2010))



Şekil.3 Katı fazın kurutulduktan sonraki görünüşü

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyisel çalışmalarda kullanılan hammaddeler liç atığı, şişe camın üretimde kullandığı masse (mısır kumu) ile bor türevlerinden kalsine tinkal (max. %52 B₂O₃), borik asit (% 56,25 B₂O₃) ve boraks pentahidrattır (min. 47,76 % B₂O₃). Liç atıkları, halen altın üretimi yapan bir işletmeden bor türevleri ise Etimaden Kırka Bor İşletmelerinden temin edilmiştir.

Altın liçi hazırlama işleminde, madenden alınan cevher; kırma, öğütme, harmanlama ve numune bölme işlemlerinden geçirilmiş, sodyum siyanür (NaCN) ve kireç ile tank liçi yapılmıştır. Altın elde etmekteki temel yöntem cevherin liç edilmesidir. Bu projede liç işlemi sonrası kalan katı atık (Şekil 2) filtrasyon işleminden geçirildikten sonra doğal kurutma yöntemi ile kurularak elde edilmiştir (Sayın Z. E.,Batar T., Kaya E., Tufan B. (2010). Bu şekilde elde edilen katı atık değerlendirilerek ekonomiye katkı sağlayabilecek renkli, sert borosilikat-borcam üretimi gerçekleştirilmiştir

Toplamı 110 g olan, 6 farklı oranda karışım ve 5 farklı malzeme ilavesi ile hazırlanmıştır (renksiz olan numuneden referans olarak

eritilmiştir). Bunlar sırasıyla BAL1, ..., BAL6'dır. Ayrıca, karşılaştırma yapabilmek için fabrikanın kullanmış olduğu REFERANS karışım REF olarak adlandırılmıştır. Her bir karışımda kullanılan bor türevi miktarı, fabrikanın kullandığı miktar esas alınarak, 30,69 g olarak belirlenmiştir. Liç atığı miktarı da 0,55 g'dan başlayarak 1,93 g'a kadar değişen oranlarda arttırılmıştır. Numunede bulunan renk verici özellikteki elementlerin fazla olması nedeni ile atık malzeme miktarı 0,55 ile 1,96 g arasında tutulmuştur. Atıkta, renk oluşumuna neden olan esas kaynağın metal oksitler olması dikkate alınarak atık miktarı az tutulmuştur. Normal koşullarda cam fabrikası, renkli camlarda renklendirici olarak Cr ve Mn kullanmaktadır. Normal koşullarda Cr cama yeşil renk, Mn da mor renk vermektedir. Cr'un indirgen formu (Cr⁺³) koyu yeşil, yükseltgen formu ise (Cr⁺⁶) daha sarımsı yeşil renk vermektedir. Mn da ise indirgen formu (Mn⁺²) renksiz iken, Mn⁺⁴ mor rengi vermektedir. Normalde camda Cr ve Mn birlikte bulduklarında ise Cr, Mn' ı oksitler. Mısır kumu ise artan liç atığı ile ters orantılı olarak azaltılmış ve her bir bileşen için toplam 110 g'lık karışım hazırlanmıştır (Tablo 3). Üretim sonrası gerekli testleri yapabilmek için her bir karışımdan iki adet hazırlanmıştır. Daha sonra cam fabrikasında, söz konusu karışımlardan ikişer adet Borosilikat Bor Cam üretilmiştir.

Eritişi yapılan atık kimyasal kompozisyonun renk ve optik performansı değerlendirilmiştir. Bu oksit oranları dikkate alınarak yapılan ergitişler atık içermeyen renksiz cam kompozisyonu ve spektrumuyla karşılaştırılmıştır. Eritiş analizleri XRF-X ışını floresans cihazı ile yapılmıştır. Isıl genişleme katsayısı hesapları ve geçirgenlik spektrumları Perkin Elmer Lambda 900-Uv-Vis-Nir spektrofotometre ile ölçülmüştür.

Tablo 3. Cam üretimde kullanılan karışımların oranları

	MISIR KUMU (g)	KALSİNE TİNKAL (g)	BORİK ASİT (g)	BORAKS PENTA HİDRAT (g)	LİÇ ATIĞI (g)	TOPLAM AĞIRLIK (g)
BAL1	78,76	11,77	7,15	11,77	0,55	110,00
BAL2	78,49	11,77	7,15	11,77	0,83	110,00
BAL3	78,21	11,77	7,15	11,77	1,10	110,00
BAL4	77,94	11,77	7,15	11,77	1,38	110,00
BAL5	77,66	11,77	7,15	11,77	1,65	110,00
REF(*)	Fabrikanın Üretim Yaptığı Bileşim					110,00

(*): Fabrikanın halen üretim yaptığı karışım





Şekil 4. Eritişleri yapılan camlar ve referans cam

Üretilen borosilikat bor camlar şekil 4'te görülmektedir. Cam renklerinin az da olsa birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda, altın üretimi yapan tesislerin liç atıklarından, özel amaçlı renkli cam üretiminin mümkün olduğu görülmüştür. Atık içerisinde, farklı katkı metal ilavesiyle (Cr, Mn veya bunların indirgen ve yükseltgen formları) bu renkliliğin daha da arttırılabileceği mümkün gözükmemektedir. Çalışmayla, renkli camın yanı sıra fabrikanın kullandığı borik asit yerine (borik asit, kalsine tinkal ve boraks

pentahidrat kombinasyonunun da kullanılabileceği ortaya konmuştur.

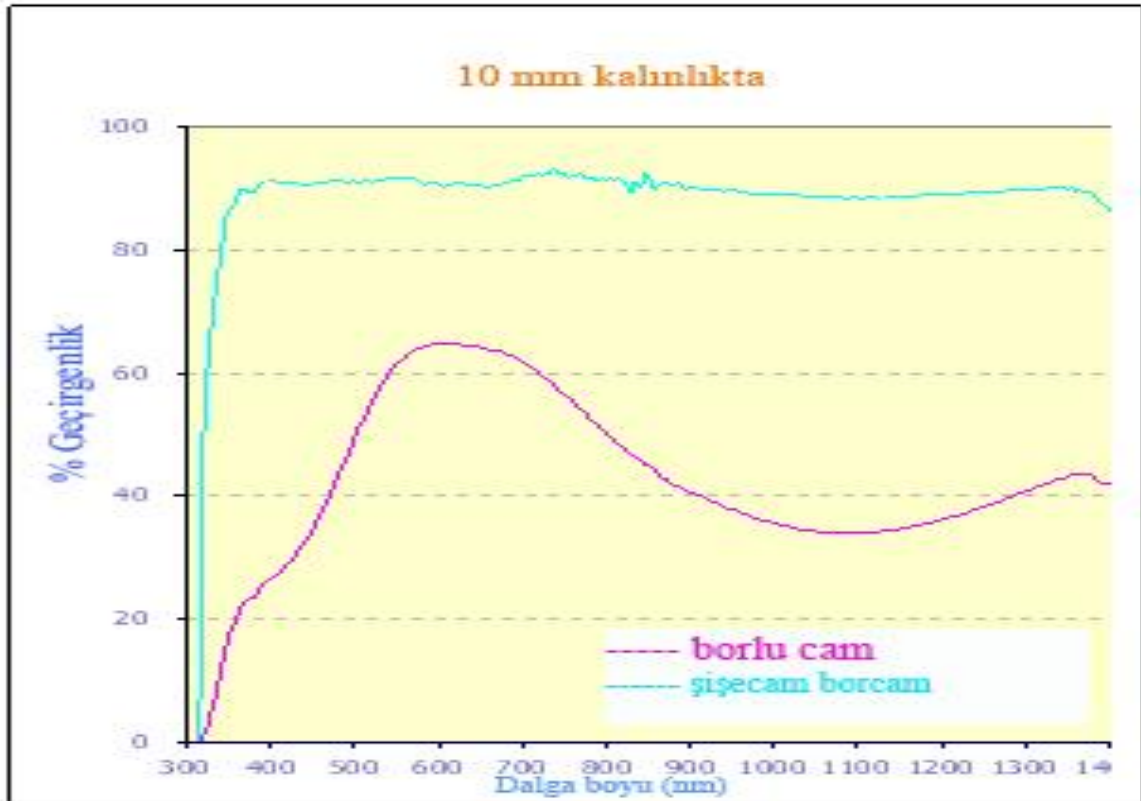
İlave edilen liç atığı içerisindeki metal bileşenler, renk değişimi üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Analizlere bakıldığında, bileşimler arasında bir miktar B_2O_3 farkı olmakla birlikte temelde büyük farklar görülmemiştir (Tablo 4). Referanstaki B_2O_3 %sinin fazla olması, başlangıçtaki miktarın fazla olmasından kaynaklanmıştır. Her ne kadar ağırlıkça bor türevleri miktarı aynı olsa da, kalsine tinkal %52 B_2O_3 ve boraks pentahidrat 47,76 % B_2O_3 içerirken borik asit % 56,25 B_2O_3 içermektedir. O nedenle de üretilen yeni camlarda, % B_2O_3 miktarı yaklaşık %2 daha az gözükmemektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Borosilikat camların analiz sonuçları

Bileşenler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	B ₂ O ₃
BORCAM NO-1	82.29	1.25	0.162	0.035	0.20	0.20	4.15	0.33	11.38
BORCAM NO-2	81.78	1.69	0.214	0.038	0.20	0.19	4.28	0.32	11.29
BORCAM NO-3	81.95	1.65	0.268	0.039	0.20	0.20	4.22	0.33	11.14
BORCAM NO-4	81.26	0.66	0.278	0.029	0.22	0.20	4.62	0.21	12.53
BORCAM NO-5	81.15	1.06	0.340	0.034	0.22	0.20	4.60	0.27	12.14
BORCAM NO-6	80.95	1.52	0.393	0.040	0.22	0.21	4.63	0.33	11.71
REFERANS	79.23	2.64	0.023	0.027	0.03	0.02	4.63	0.02	13.38

% B₂O₃' ün tersine, % Fe₂O₃ oranlarının referans cama nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu oranın yüksek olması kullanılan liç atığı içerisindeki metallerin var olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Fe₂O₃ deki farklar % 0.130-0.350 aralığında olmakla birlikte Fe₂O₃ için bu farklar oldukça büyüktür. Ve camda renklenmeye sebep olur. 3 nolu eritiş camı ve borcama bakıldığında da bu durum netlikle görülmektedir. Fe⁺³ 380-400 nm de

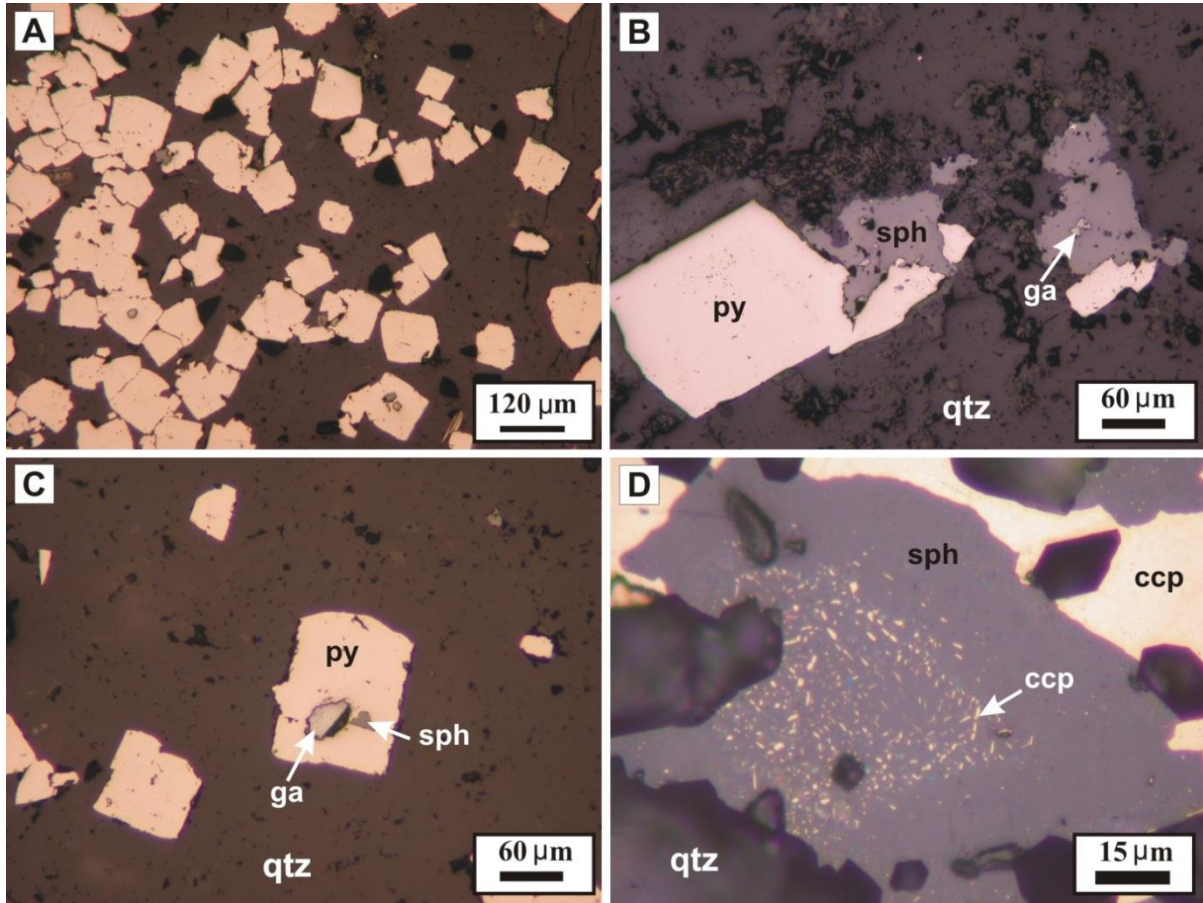
(mor-mavi) absorpsiyon verirken, Fe⁺² 1050 nm de daha geniş (kırmızının sonu) bir absorpsiyon vermektedir. Bunlar neticesinde spektrumda görünür bölgede daha çok yeşil, sarı turuncu bölgelerin geçirildiği görülmektedir. Sarı bölge, 570-590 nm, yeşil bölge ise 500-570 nm ve turuncu 590-610 nm aralığında gözlenmektedir. Bu camda da maksimum geçirgenlik 550-630 arasında olduğundan cam göze kirli sarımsı bir renk olarak gözükmemektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Ergitiş numunelerinin 300-1200 nm arası % geçirgenlik değişimi

Altın işletmesindeki cevhere ait mineralojik ve petrografik bulgular temin edilerek incelenmiştir. Bulgularda, silis içerisinde Fe, Pb ve Zn gibi metal bileşiklerine rastlanılmıştır. İşletme tarafından yapılmış olan İnce ve parlak kesit mikroskop çalışmalarında, cevher içinde en yaygın gözlenen sülfür minerali piritin (FeS_2) yer yer kristal grupları halinde kümелendiğini ve iri tek bir pirit kristali görünümünde olduğunu göstermiştir (Şekil 6A). En çok bulunan ikinci sülfür minerali sfalerit (ZnS) ise yaygın olarak piritle birlikte bulunmaktadır (Şekil 6B). ZnS mineralleri genellikle mikron boyutunda kalkopirit

(CuFeS_2) ve FeS_2 taneleri içermektedir (Şekil 6C). CuFeS_2 ise yaygın olarak ZnS içinde çok ince boyutlarda saçılmış şekilde birkaç mikron boyutta dağılım göstermektedir (Şekil 6D). Ayrıca, eluat analiz sonuçlarında da renkliliğe yol açacak elementlere rastlanılmıştır (Tablo 2). Söz konusu sülfürlü yapıların, büyük oranda liç atığına geçtiği düşünülmektedir. Bunun da eriyiş sırasında, camda renkliliğe yol açtığı düşünülmektedir. Ayrıca, referans cam ve üretilen borosilikat camlar arasında, Al_2O_3 dışındaki bileşikler hariç diğerlerinde bir paralellik gözlenmektedir.



Şekil 6. Cevher dokuları; (qtz: silis (SiO_2); py: pirit (FeS_2); sph: sfalerit (ZnS); galen: (PbS), ccp: kalkopirit (CuFeS_2))

Ayrıca hesaplanan ısıl genişleme katsayıları arasında da temel bir fark çıkmamıştır. Sert borosilikat-borcamlar için literatürde de verilen ısıl genişleme katsayısı $3.3\text{-}3.8 \times 10^{-6}$ 'dır (Tablo 5). Elde edilen 6 farklı camın kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmüştür. Diğer bir

cam türü olan soda-kireç camlarında bu değer $9.0\text{-}10 \times 10^{-6}$ 'dır. Görüldüğü üzere tüm cam gruplarının hepsi de aynı sınır değerler içerisindedir. Kendi aralarındaki küçük farklar bileşimindeki SiO_2 ve B_2O_3 ile bağıntılıdır. Genleşme katsayısını düşürmek için en etkili

bileşen SiO_2 ikincisi de B_2O_3 'tür. Na_2O ise arttıran oksittir. Eritilen camların kendi aralarındaki küçük genişleme farkları oksitlerin

birbirleriyle yer değişimlerinin etkileri olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5.Borosilikat camların ısı genleşme katsayıları

	Isıl Genleşme Katsayıları(10-6)
BORCAM NO-1	3,56
BORCAM NO-2	3,63
BORCAM NO-3	3,60
BORCAM NO-4	3,80
BORCAM NO-5	3,80
BORCAM NO-6	3,83
REFERANS	3,78

Sonuç olarak, liç atıkları ve bor türevlerinin cam üretiminde kullanılması halinde;

⇒ Cevher hazırlama tesislerinde de en önemli masraf öğütmeye harcanan enerjiden kaynaklanmaktadır. Öğütme için harcanan enerjinin ancak %1 arası öğütmeye harcanmaktadır. Geriye kalan enerjinin %99'u ısıya ve sese dönüşmektedir. Liç atıklarının cam üretiminde kullanılması halinde tekrar öğütülmesine gerek olmadığından, ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

⇒ Zararlı atıklar için ayrıca stoklama/depolamaya gerek kalmayacaktır.

⇒ Dünya bor rezervinin %72'sine sahip ülkemizde, bor türevlerine yeni kullanım alanları açılmış olacaktır.

⇒ Elde edilen renkli, sert borosilikat-borcamlar gibi yeni bir ürün elde edilmiş olacağı gibi, gerektiğinde daha farklı renklerde cam üretilmesi mümkün olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yapılmasında katkısı geçen T. Şişe ve Cam Fab. Aş. 'ye ve Sayın Hande Şengel' e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Boğaziçi Üniversitesi, "Cam Sanayi Sektör Araştırma Raporu", 1981
- Köse M., Oygür V. Türkiye'de Altın Madenciliğini Engellemeye Yönelik Asılsız İddialar ve Gerçekler, Altın Madenciliği Derneği Dergisi, Kasım 2009; 1-2
- Pala A., Erkan C., Demirege S (2010) :Altın Liçi Atıklarının Geri Kazanılabirliğinin Deneysel Yöntemlerle Araştırılması, UKAY 2010 Kongresi, Mersin.
- Prof. Dr. Halil KÖSE, Yrd. Doç. Dr. Turan BATAR, Yrd. Doç. Dr. Bayram KAHRAMAN, Dünya Bor Stratejisi ve Borun Türkiye için önemi, EĞİAD Girişimcilik-Yönetim-Ekonomi Araştırmaları Dizisi: 2,9,11,14,15
- Prof. Dr. İsmail DUMAN, Bor Madenleri ve Stratejik Bor Ürünleri, Bilim ve Ütopya Aralık 2003; 18
- Sayın Z. E., Batar T., Kaya E., Tufan B. (2010): Altın Üretiminde Siyanür Tüketiminin Azaltılması İçin Farklı Bir Yöntem: Gravite Zenginleştirme ve Liç Kombinasyonu. Ekoloji, 19(77), 65-71.

TIBBÎ ATIK YÖNETİMİNDE BÖLGESEL ÇÖZÜM: BOLU-DÜZCE-SAKARYA ÖRNEĞİ

Kamil B. Varınca, Cengiz Esmen, Yaşar Avşar

Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul

Özet

Tıbbî atıkların bertarafı konusunda teknoloji seçiminde en önemli etken atık miktarıdır. Atık miktarı sistemin kapasitesini, dolayısıyla tüm seçenekleri etkiler. Atık miktarı az olduğunda ters orantılı olarak çoğunlukla birim maliyet yükselmekte bu da sistemin yapılabirlik ve sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sorunun önüne geçebilmek için yerleşim yerleri bir araya gelerek tıbbî atıklarını birlikte bertaraf etme yolunu seçebilirler. Bu birlikteliklerden biri de Bolu, Düzce ve Sakarya illerinin oluşturmuş olduğu ortak tıbbî atık yönetim planıdır. Bu planda bu üç ilden toplanan tıbbî atıklar Sakarya Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sahası içerisinde inşa edilen sterilizasyon tesisinde sterilize edilmekte ve içinde bulunulan depo sahasında nihai depolanmaktadır. Bu bildiride; Bolu, Düzce ve Sakarya illeri ve ilçelerinde oluşan tıbbî atıkların bertarafı için kurulmuş olan tıbbî atık yönetim sisteminin toplama-taşıma ve bertaraf adımları sistem verileri ışığında açıklanmış ve bertaraf edilen atık miktarına göre bu yörenin tıbbî atık oluşum oranları sistem kayıtlarından Bolu ilinde 0,73 kg/kişi-yıl ve 0,40 kg/yatak-gün, Düzce ilinde 0,59 kg/kişi-yıl ve 0,60 kg/yatak-gün ve Sakarya ilinde 0,59 kg/kişi-yıl ve 0,83 kg/yatak-gün olarak, genelde ise 0,61 kg/kişi-yıl ve 0,63 kg/yatak-gün olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bolu, Düzce, Sakarya, sterilizasyon, tıbbî atık

REGIONAL MEDICAL WASTE MANAGEMENT SOLUTION: MODEL OF BOLU-DUZCE-SAKARYA

Abstract

Most important factor for choosing medical waste treatment technology and methods is amount of waste. The amount of waste is effect capacity of the system, and all options. When amount of waste is less, generally treatment cost (unit cost) of medical waste rises, so it negatively affects system. To avoid this problem, municipality can come together to treat their medical wastes. One of these unions is Bolu and Duzce cities and Sakarya Metropolitan city came together to make medical waste management plant. In this plant, Bolu, Duzce and Sakarya cities' all municipalities are transported medical waste to Sakarya Metropolitan Medical waste sterilization plant to sterilize. The medical waste management system established for collection, transportation and disposal steps, and the system described the amount of waste disposed in this region. The system records the formation rates in Bolu 0.73 kg/person-year and 0.40 kg/bed-days, in Duzce 0.59 kg/person-year and 0.60 kg/bed-days, in Sakarya, 0.59 kg/person-year and 0.83 kg/bed-days and generally, 0.61 kg/person-year and 0.63 kg/bed-days was identified.

Keywords: Bolu, Duzce, Sakarya, sterilization, medical waste

GİRİŞ

Ülkemizde tıbbî atıklar, 22/07/2005 tarih ve 25883 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren *Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine* göre yönetilmektedir (ÇOB, 2005). Yönetmeliğe göre;

- Tıbbî Atık: Ünitelerden kaynaklanan, yönetmelik EK-2'de C, D ve E grupları altında yer alan enfeksiyöz, patolojik ve kesici-delici atıkları,
- Enfeksiyöz Atık: Enfeksiyon yapıcı etkenleri taşıdığı bilinen veya taşınması muhtemel başta kan ve kan ürünleri olmak üzere her türlü vücut sıvıları ile insan dokuları, organları, anatomik parçalar, otopsi materyali, plasenta, fetus ve diğer patolojik materyali; bu tür materyal ile bulaşmış eldiven, örtü, çarşaf, bandaj, flaster, tamponlar, eküvyon ve benzeri atıkları; hemodiyaliz ünitesi ve karantina altındaki hastaların vücut çıkartılarını; bakteri ve virüs tutucu hava filtrelerini; enfeksiyöz ajanların laboratuvar kültürlerini ve kültür stoklarını; araştırma amacı ile kullanılan enfekte deney hayvanlarının leşleri ile enfekte hayvanlara ve çıkartılarına temas etmiş her türlü malzemeyi, veterinerlik hizmetlerinden kaynaklanan atıkları,
- Patolojik Atık: Cerrahi girişim, otopsi veya anatomi çalışması sonucu ortaya çıkan dokuları, organları, vücut parçalarını, insan fetusunu ve hayvan cesetlerini,
- Kesici-Delici Atık: Şırınga, enjektör ve diğer tüm deri altı girişim iğneleri, lanset, bisturi, bıçak, serum seti iğnesi, cerrahi sütür iğneleri, biyopsi iğneleri, intraket, kırık cam, ampul, lam-lamel, kırılmış cam tüp ve petri kapları gibi batma, delme, sıyrık ve yaralanmalara neden olabilecek atıkları ifade etmektedir.

Bolu ilinde toplanan tıbbî atıklar; yönetmelikten sonra yönetmelik hükümleri uyarınca diğer atıklardan ayrı olarak tıbbî atık poşetlerinde biriktirilmeye ve tıbbî atık taşıma aracı ile toplatılmaya başlanmıştır. Yataklı tedavi kurumlarının tıbbî atıkları 2010 yılı Mayıs ayına kadar diğer atık türlerinden ayrı

olarak toplanmakta ancak diğer atık türleri ile birlikte depolanmaktaydı. Aynı şekilde sağlık ocaklarının tıbbî atıkları da 2010 yılı Mayıs ayına kadar diğer atıklarla karışık toplanmakta ve depolanmaktaydı (ÇOB, 2007a;2008a;2009a;2010a; ERA, 2011).

Düzce ilinde toplanan tıbbî atıklar; yönetmelikten sonra yönetmelik hükümleri uyarınca diğer atıklardan ayrı olarak tıbbî atık poşetlerinde biriktirilmeye ve tıbbî atık taşıma aracı ile toplatılmaya başlanmış ancak vahşi olarak depolanmaya devam edilmiştir. Tıbbî atıklar 2008 yılı Kasım ayından 2009 yılı sonuna kadar Kocaeli ilinde bulunan tehlikeli atık bertaraf tesisine yakılarak bertaraf edilmesi için gönderilmiştir. Bu dönemde tıbbî atıklar 65 L kapasiteli; vida kapaklı; kulplu; delinmeye, patlamaya, sızdırmaya dayanıklı; tıbbî atıklarla beraber bertaraf edilen; tek kullanımlık tıbbî atık konteynırları ile biriktirilmekte ve taşınmaktaydı (ÇOB, 2007b;2008b;2009b;2010b; ERA, 2011).

Sakarya ilinde toplanan tıbbî atıklar; 2006 yılına kadar Gazeller mevkiindeki Tıbbî Atık Yakma Ünitesinde, 2010 yılına kadar da Kocaeli ilinde bulunan tehlikeli atık bertaraf tesisine (İZAYDAŞ) yakılarak bertaraf edilmesi için gönderilmekteydi. Tıbbî atıklar tıpkı Düzce ilinde olduğu gibi 65 L kapasiteli; vida kapaklı; kulplu; delinmeye, patlamaya, sızdırmaya dayanıklı; tıbbî atıklarla beraber bertaraf edilen; tek kullanımlık tıbbî atık konteynırları ile biriktirilmekte ve taşınmakta idi. Sağlık birimlerinin ihtiyacı nispetinde boş atık konteynırı teslim edilmekte, atıklar bu konteynırlarla toplandıklarında aynı sayıda boş konteynır sağlık ünitesine geri verilmekte idi. Konteynırların içerisine ise Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen kalınlıktaki kırmızı renkli tıbbî atık poşetleri konulmaktaydı. Sistemde kullanılan tıbbî atık konteynırları Şekil 1'de gösterilmektedir (ÇOB, 2007c;2008c;2009c;2010c; SBB, 2009; ERA, 2011).



Şekil 1. Eski sistem tıbbî atık konteynırları (SBB, 2009)

KURULAN YENİ TIBBÎ ATIK YÖNETİM SİSTEMİ

2010 yılı itibari ile Sakarya Büyükşehir Belediyesi ile Bolu ve Düzce Belediyeleri



Şekil 2. Bolu-Düzce-Sakarya tıbbî atık toplama alanı

Kurulan sistem üç adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar; 1-Tıbbî Atıkların Biriktirilmesi-Toplanması, 2-Tıbbî Atıkların Taşınması ve 3-Tıbbî Atıkların Sterilizasyonu ve Bertarafı adımlarıdır. Sistemin iş akış şeması Şekil 3'de gösterilmektedir.

Bu sistemde tıbbî atıklar; içerisine yönetmelikte özellikleri sıralanan tıbbî atık poşetleri konulmuş, üzerlerinde nereye ait olduğu bilgisinin yer aldığı barkotları ile "Uluslararası Biyotehlike" amblemi ve "DİKKAT! TIBBÎ ATIK" ibaresi yer alan, dezenfekte edildikten

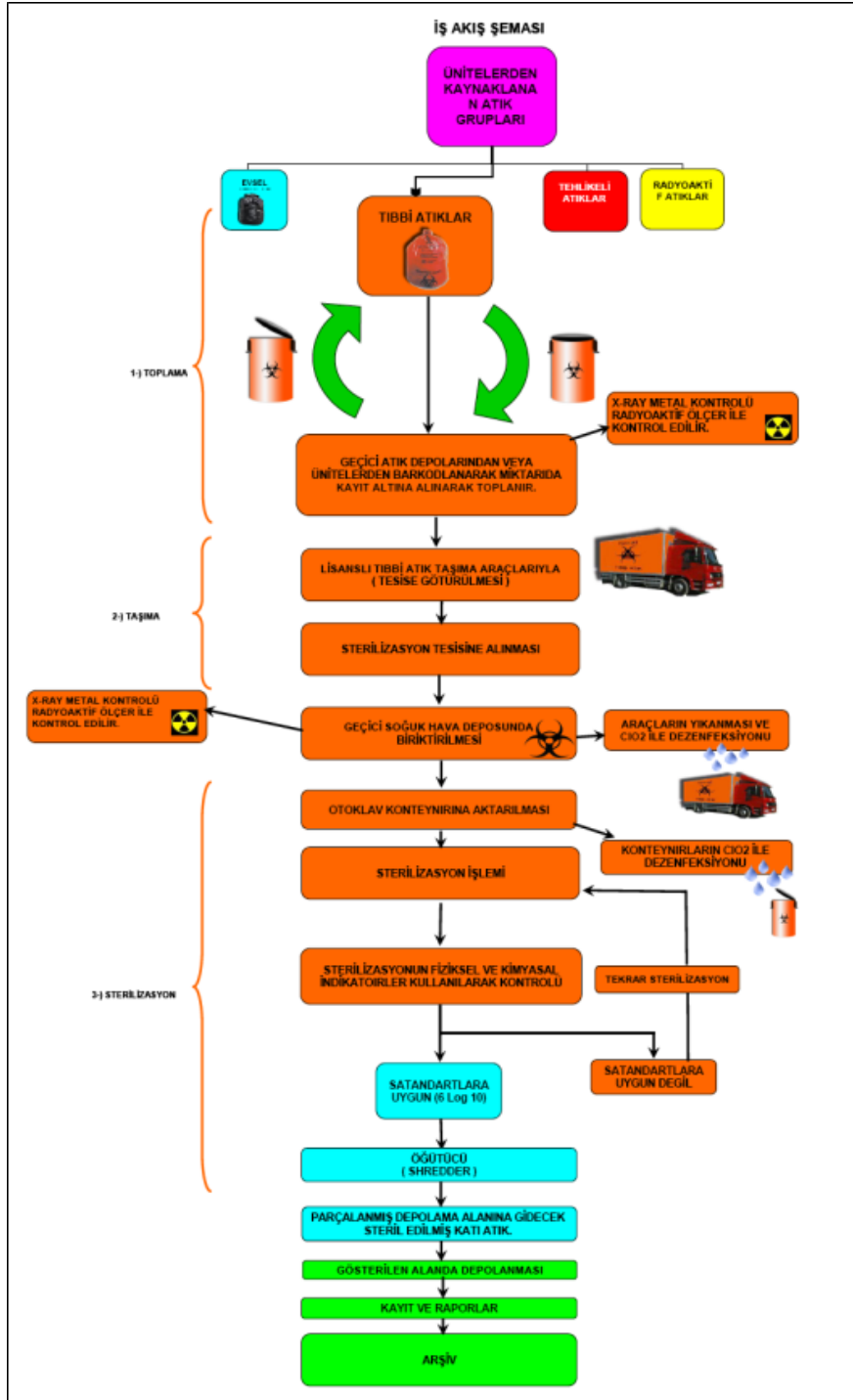
sonra defalarca tekrar kullanılabilir, turuncu renkli, sızdırmaz, 70 L'lik tıbbî atık kovalarının

arasında tıbbî atık konusunda bir protokol hazırlanarak yeni bir yönetim sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem; Bolu, Düzce ve Sakarya il sınırları içerisinde bulunan tüm tıbbî atıkların (tüm sağlık kurum ve kuruluşları, doktor muayenehaneleri ile talep halinde evlerden kaynaklanan tıbbî atıklar da dâhil olmak üzere kentlerdeki tüm tıbbî atıklar), *Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği* kapsamında insan ve çevre sağlığına zarar vermeden ayrı toplanması, taşınması ve tıbbî atık sterilizasyon tesisinde sterilize edildikten sonra depolanması için tıbbî atık sterilizasyon tesisi inşası ve 10 yıl süreli işletilmesi işi kapsamında kurulmuş ve faaliyete geçmiştir. Tıbbî atık toplanan alan Şekil 2'de gösterilmektedir.

içerisinde biriktirilmekte ve toplanmaktadır. Tıbbî atık poşetleri dolup ağızları bağlandıktan sonra kovaların özel kilitleme mekanizmasıyla kilitlenebilir olması sayesinde taşıma işlemi patlamaya, dökülmeye ve sızmaya karşı güvenli bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Dolu tıbbî atık kovalarının elektronik hassas teraziler ile tartılmasının yanında metal ve radyoaktivite ölçerlerle de kontrol edilmesi sayesinde tıbbî atıkların içerisine radyoaktif madde ve platin gibi metal parçaların karışmasının önüne geçilmektedir. Tıbbî atıkların toplandıkları kovalar Şekil 4'de, tıbbî atık kovalarının taşıma araçlarına yerleştirilmesi ise Şekil 5'de gösterilmektedir.

Barkot ve araç takip sistemli çevrimiçi izlenebilir otomasyon sistemi ile atığın kaynağından bertarafına kadar izlediği aşamaların tümü ve atık bilgileri (kaynağı, miktarı vb) ilgili tüm taraflar (Bakanlık, Belediyeler, Atık üreticileri, Toplayıcı/Bertaraf edici) tarafından çevrimiçi erişilebilmekte ve

izlenebilmektedir. Bu sayede kayıtların güvenli bir şekilde tutulması ve güvenli tutulmuş kayıtlar ile de geleceğe yönelik doğru öngörülerde bulunabilme imkânı sağlanabilmektedir. Tıbbî atık kovalarının barkot okutma işlemi Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 3. Kurulan tıbbî atık yönetim sisteminin iş akış şeması (ERA, 2011)



Şekil 4. Tıbbî atık kovaları



Şekil 5. Tıbbî atık kovalarının tıbbî atık taşıma aracına yerleştirilmesi



Şekil 6. Tıbbî atık kovalarının barkot okutma işlemi

Bolu, Düzce ve Sakarya illerinden toplanan tıbbî atıklar Sakarya ili Kaynarca yolu üzerinde bulunan Sakarya Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Düzenli Depo Sahası içinde inşa edilen Tıbbî Atık Sterilizasyon Tesisinde Ocak 2010 tarihinden itibaren sterilize edilmektedir. Tesiste buharlı sterilizasyon teknolojisi (otoklav) kullanılmaktadır. Atık yoğunluğu 120 kg/m³ olarak kabul edildiğinde tesisin işlem kapasitesi 777 kg/işlem(45 dk), günlük

kapasitesi ise 24,88 ton/gün olup tesis Bolu, Düzce, Sakarya ve yakın çevre illerini de kapsayacak şekilde tasarlandığından talep olması halinde diğer illerin tıbbî atıkları da rahatlıkla sisteme dâhil edilebilecek durumdadır. Sterilize edilen tıbbî atıklar parçalama ünitesinde parçalanmakta, ardından depo sahasında nihai depolanmaktadır. Sterilizasyon tesisinin dıştan ve içten görünüşleri Şekil 7’de gösterilmektedir.



Şekil 7. Sakarya Tıbbî Atık Sterilizasyon Tesisinin dıştan ve içten görünüşleri

Tıbbî atık kovaları sterilizasyon tesisinde klor dioksit (ClO₂) ile dezenfekte edilmekte ve böylece tekrar kullanılabilirliği sayesinde fazladan bir ambalaj maliyeti oluşmamaktadır. Atıkların sterilizasyonunda parçalama sisteminin de olması sayesinde de atık

hacminde %70’e varan bir azalma sağlanmaktadır.

TIBBÎ ATIK MİKTARLARI

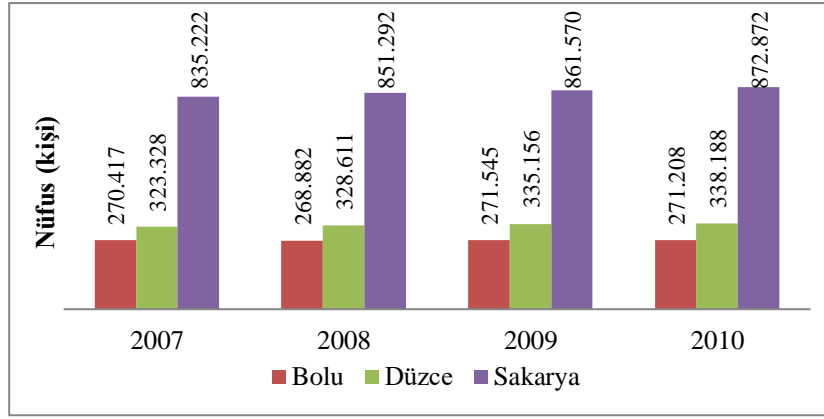
Oluşacak atık miktarları tam ve kesin olarak bilinemez olsa da yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilmiş atık oluşum miktarları üzerinden hesaplamalar yapılarak gerçeğe yakın tahminlerde bulunulabilir. Literatürde kg/kişi-gün, kg/hasta-gün, kg/yatak-gün ve kg/ünite-gün gibi çeşitli birimlerde verilmiş atık oluşum miktarları mevcuttur. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO); tıbbî atık oluşum birim miktarını kg/kişi-yıl birimi ile milli gelirin orta seviyede olduğu ülkeler için 0,8-6,0; kg/yatak-gün birimi ile de Doğu Akdeniz ülkeleri için 1,3-3,0 olarak vermektedir (WHO, 1999).

Tıbbî atık miktarları hizmet verilen nüfus ve tıbbî atık kaynaklarının sayısına göre değişmektedir. Dolayısıyla oluşması beklenen (tahmin edilen) ile toplanmış olan (gerçekleşen) tıbbî atık miktarları arasında farklılık oluşmaktadır. Bolu, Düzce ve Sakarya illerinin nüfuslarının Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine (ADNKS) göre zamansal değişimi Şekil 8'de; bu alandaki tıbbî atık kaynaklarının sayısı, sahip oldukları yatak sayıları ve ürettikleri tıbbî atık miktarları Tablo 1'de; bu alanda toplanan toplam tıbbî atık miktarlarının zamansal değişimi Şekil 9'da; oluşması beklenen (tahmin edilen) ile toplanmış olan (gerçekleşen) tıbbî atık miktarlarının kıyaslaması ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'den görüldüğü üzere Bolu-Düzce-Sakarya bölgesinde tıbbî atık birim oluşum miktarı 2010 yılı için ortalama olarak 0,61 kg/kişi-yıl ve 0,63 kg/yatak-gün olmuştur.

Toplanan tıbbî atıklar yeni inşa edilen sterilizasyon tesisinde sterilize edildikten sonra düzenli depo sahasında nihai depolanmaktadır. Sterilizasyon işleminin gerçekleşip gerçekleşmediği biyolojik indikatörler ile haftada bir, kimyasal indikatörler ile her işlemde test edilmektedir. Tesiste sterilize edilmiş atık miktarı, sistem bilgilerini zamansal olarak kayıt eden otoklav kayıt kağıdı, biyolojik ve kimyasal indikatör test sonuçları aylık raporlar halinde Sakarya İl Çevre ve Orman Müdürlüğüne teslim edilmekte, 6 aylık periyotlarla da İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından sistemin çalışması yerinde kontrol ve test edilmektedir. Sterilize edilen tıbbî atıkların zamansal değişimi ve özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3'e göre Ocak 2010'dan Haziran 2011'a kadar olan 18 aylık dönemde 1.366 ton tıbbî atık sterilize edilmiştir. Bu atığın ortalama yoğunluğu 151 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Kurulan otoklav sisteminin ortalama kapasitesi 983 kg/işlem(45 dk), saatlik kapasitesi ise 1.311 kg/sa olarak hesaplanmıştır. Toplam 9.046 m³ hacmindeki bu atık, sterilizasyon ve parçalama işleminden sonra 6.332 m³'lük (yani %70'lik) bir hacim azalması ile 2.714 m³ hacme inmiştir. Böylece atığın son yoğunluğu da 503 kg/m³ olmuştur. Sterilizasyon ve parçalama işlemi sayesinde ayda ortalama 352 m³, yılda ise 4.222 m³'lük bir hacim azalması sağlanmaktadır. Bu ise, düzenli depo sahasında ortalama atık depo yüksekliği 20 m olarak kabul edildiğinde her yıl ortalama 211 m²'lik (0,021 ha, 0,211 dönüm) bir alandan tasarruf edilmesi anlamına gelir ki bu durum sistemin bir başka faydası olarak kaydedilebilir.



Şekil 8. Bolu-Düzce ve Sakarya illerinin nüfuslarının ADNKS'ne göre zamansal değişimi (TÜİK, 2011)

Tablo 1. Bolu, Düzce ve Sakarya illerindeki tıbbî atık kaynaklarının sayısı, sahip oldukları yatak sayıları ve ürettikleri tıbbî atık miktarları (SB, 2011; ERA, 2011)

İLLER	YATAKLI SAĞLIK KURUMLARI						YATAKSIZ SAĞLIK KURUMLARI ⁽⁴⁾		TOPLAM					
	SAĞLIK BAKANLIĞI ⁽¹⁾			ÜNİVERSİTE ⁽²⁾			ÖZEL ⁽³⁾		Kuru m Sayısı	Üretile n Atık Mikta rı (ton)	Kuru m Sayısı	Yata k Sayı sı	Üretile n Atık Mikta rı (ton)	
Kuru m Sayısı	Yata k Sayı sı	Üretile n Atık Mikta rı (ton)	Kuru m Sayısı	Yata k Sayı sı	Üretile n Atık Mikta rı (ton)	Kuru m Sayısı	Yata k Sayı sı	Üretile n Atık Mikta rı (ton)						Üretile n Atık Mikta rı (ton)
Bolu	8	999	111,836	1	249	54,490	4	117	24,295	48	6,559	61	1.317	197,180
Düzce	4	409	75,413	1	350	59,993	4	59	43.804	63	20,323 ⁽⁵⁾	72	818	199,533
Sakarya	12	1.277	343,907	---	---	---	13	342	148,148	157	20,023	175	1.619	512,078
TOPLAM	24	2.685	531,156	2	599	114,483	21	518	216,247	268	46,905	308	3.754	908,791

Not: Tablodaki tüm değerler 2010 yılına ait olup Sağlık Bakanlığı ve ERA Çevre Teknolojileri verilerinden derlenmiştir.

(1) Sağlık Bakanlığına bağlı yataklı sağlık kuruluşlarını ifade eder.

(2) Üniversite hastahanelerini ifade eder.

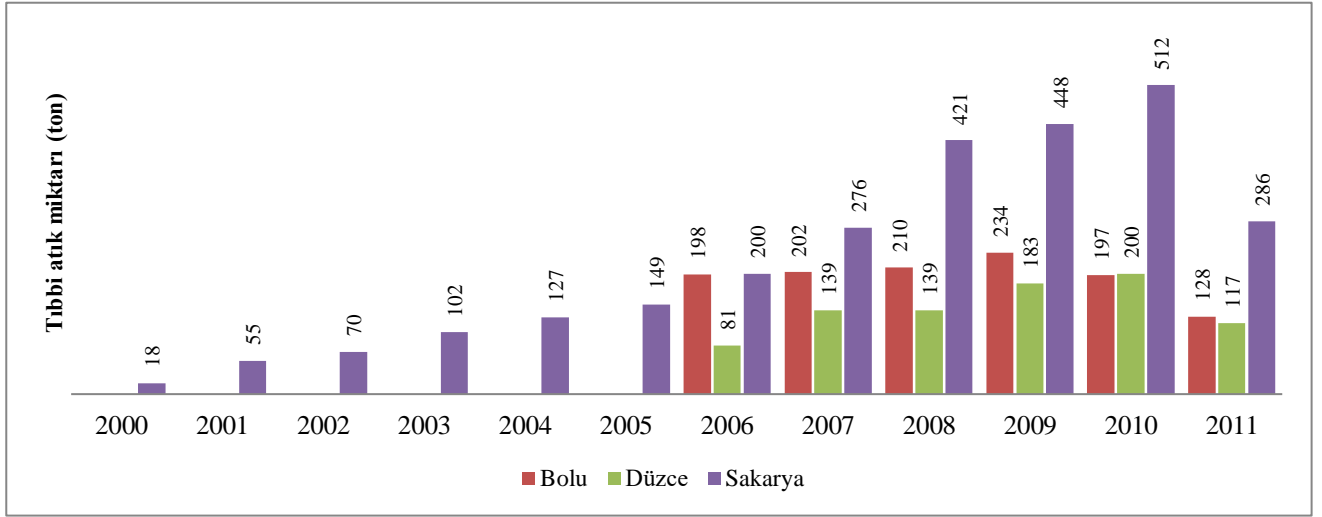
(3) Yataklı özel hastahaneleri ve diyaliz merkezlerini ifade eder.

(4) Ayakta tedavi hizmeti verilen yataksız tüm sağlık kuruluşları, muayenehaneler, poliklinikler, işyeri revirleri, aile sağlığı merkezleri dâhildir.

(5) Düzce ilindeki yataksız

sağlık kurumlarından kaynaklanan tıbbî atık miktarının fazla olmasının sebebi bu ilde önemli bir atık üreticisi olan Kızılay Kan Merkezinin yer alıyor olmasıdır. Kızılay Kan Merkezi 2010 yılında 14,367 ton tıbbî atık üretmiştir.

Not. 2011 değerleri, yılın ilk 6 ayının değerleridir.



Şekil 9. Bolu, Düzce ve Sakarya illerinde toplanan toplam tıbbî atık miktarlarının zamansal değişimi (ÇOB, 2007abc;2008abc;2009abc;2010abc; SBB, 2009; ERA, 2011)

Tablo 2. Oluşması beklenen ve toplanmış olan tıbbî atık miktarlarının kıyaslaması

		Tıbbî Atık Nüfus ⁽¹⁾	Tıbbî Atık	Tıbbî Atık	Yatak	Tıbbî Atık
		Birim Miktarı	Miktarı	Birim Miktarı	Sayısı ⁽²⁾	Miktarı
		kg/kişi-yıl	ton/yıl	kg/yatak-gün	Adet	ton/yıl
Bolu	Tahmin edilen	0,80 ⁽³⁾	217	1,30 ⁽³⁾	1.317	1.712
	Gerçekleşen	0,73	197 ⁽⁴⁾	0,40	1.317	191 ⁽⁵⁾
Düzce	Tahmin edilen	0,80 ⁽³⁾	270	1,30 ⁽³⁾	818	1.063
	Gerçekleşen	0,59	200 ⁽⁴⁾	0,60	818	179 ⁽⁵⁾
Sakarya	Tahmin edilen	0,80 ⁽³⁾	698	1,30 ⁽³⁾	1.619	2.105
	Gerçekleşen	0,59	512 ⁽⁴⁾	0,83	1.619	492 ⁽⁵⁾
Genel	Tahmin edilen	0,80 ⁽³⁾	1.186	1,30 ⁽³⁾	3.754	4.880
	Gerçekleşen	0,61	909 ⁽⁴⁾	0,63	3.754	862 ⁽⁵⁾

Not: Tablodaki tüm değerler 2010 yılına ait olup 2010 yılı için geçerlidir.

(1) Hizmet verilen tüm nüfus (TÜİK, 2011).

(2) İldeki yataklı sağlık kurumlarının 2010 yılı toplam yatak sayıları (SB, 2011).

(3) Dünya Sağlık Teşkilatının vermiş olduğu değer aralıklarından seçilmiştir (WHO, 1999).

(4) İlde 2010 yılında toplanan toplam tıbbî atık miktarları (ERA, 2011).

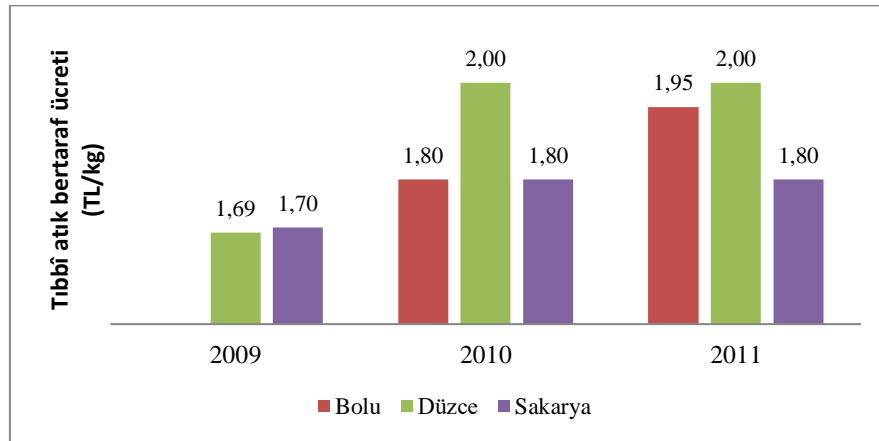
(5) İlde 2010 yılında sadece yataklı hastahanelerden toplanan toplam tıbbî atık miktarları (ERA, 2011).

Tablo 3. Sterilize edilen tıbbî atıkların zamansal değişimi ve özellikleri (ERA, 2011)

Aylar	Tıbbî Atık Miktarı	Aylık Otoklav Sefer Sayısı	Otoklav Hacmi	Atığın İlk Hacmi	Atığın İlk Yoğunluğu	Hacim Azalması	Atığın Son Hacmi	Atığın Son Yoğunluğu	Ortalama Otoklav Yükleme (45 dk)
	kg	Sefer	m ³	m ³	kg/m ³	m ³	m ³	kg/m ³	kg
Ocak 2010	56.024	61	6,48	395,28	141,73	276,70	118.58	472.44	918
Şubat 2010	52.246	53	6,48	343,44	152,13	240,41	103.03	507.09	986
Mart 2010	61.877	62	6,48	401,76	154,01	281,23	120.53	513.38	998
Nisan 2010	61.006	60	6,48	388,80	156,91	272,16	116.64	523.03	1.017
Mayıs 2010	69.384	70	6,48	453,60	152,96	317,52	136.08	509.88	991
Haziran 2010	78.436	82	6,48	531,36	147,61	371,95	159.41	492.05	957
Temmuz 2010	79.870	76	6,48	492,48	162,18	344,73	147.74	540.60	1.051
Ağustos 2010	74.593	69	6,48	447,12	166,83	312,98	134.14	556.10	1.081
Eylül 2010	72.152	72	6,48	466,56	154,65	326,59	139.97	515.49	1.002
Ekim 2010	85.558	87	6,48	563,76	151,76	394,63	169.13	505.88	983
Kasım 2010	71.720	77	6,48	498,96	143,74	349,27	149.69	479.13	931
Aralık 2010	88.610	90	6,48	583,20	151,94	408,24	174.96	506.46	985
Ocak 2011	79.150	85	6,48	550,80	143,70	385,56	165.24	479.00	931
Şubat 2011	80.000	86	6,48	557,28	143,55	390,10	167.18	478.51	930
Mart 2011	90.775	99	6,48	641,52	141,50	449,06	192.46	471.67	917
Nisan 2011	86.800	92	6,48	596,16	145,60	417,31	178.85	485.33	943
Mayıs 2011	92.000	93	6,48	602,64	152,66	421,85	180.79	508.87	989
Haziran 2011	85.437	82	6,48	531,36	160,79	371,95	159.41	535.96	1.042
Toplam	1.365.638	1.396	6,48	9.046,08	150,96	6.332,26	2.713,82	503,22	983

İllerde tıbbî atık bertaraf ücretleri İl Mahalli Çevre Kurulları tarafından senelik olarak

belirlenmektedir. Bolu, Düzce ve Sakarya illerine ait tıbbî atık bertaraf ücretlerinin zamansal değişimi Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Bolu-Düzce ve Sakarya illerine ait tıbbî atık bertaraf ücretlerinin zamansal değişimi (BİMÇK, 2010; BİMÇK, 2011; DİMÇK, 2009; DİMÇK, 2010; DİMÇK, 2011; SİMÇK, 2009; SİMÇK, 2010; SİMÇK, 2011)

Not1: Ücretlere KDV dâhil değildir.

Not2: 2009 yılında bu bedellere ek olarak tehlikeli atık bidon ücreti de ödenmiştir.

Not3: Sakarya Büyükşehir Belediye sınırları dışındaki yerlerde tıbbî atık bertaraf ücreti 2009'da 1,85 TL/kg, 2010 ve 2011 yıllarında da 2 TL/kg olmuştur.

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

2010 yılı itibari ile Sakarya Büyükşehir Belediyesi ile Bolu ve Düzce Belediyeleri arasında tıbbî atık konusunda bir protokol hazırlanarak yeni bir yönetim sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem; Bolu, Düzce ve Sakarya il sınırları içerisinde bulunan tüm tıbbî atıkların Tıbbî *Atıkların Kontrolü Yönetmeliği* kapsamında insan ve çevre sağlığına zarar vermeden ayrı toplanması, taşınması ve tıbbî atık sterilizasyon tesisinde sterilize edildikten sonra depolanması için tıbbî atık sterilizasyon tesisi inşası ve 10 yıl süreli işletilmesi işi kapsamında kurulmuş ve faaliyete geçmiştir.

Sistem Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin yükümlülüklerini yerine getirmekle birlikte eski sistemden farklılık arz etmektedir. Yeni sistemin en büyük farklılıkları;

- 1) tıbbî atıkların, içerisine tıbbî atık poşeti konulmuş, üzerlerinde nereye ait olduğu bilgisinin yer aldığı barkotları ve okunabilecek büyüklükte ve siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile yine siyah renkli harfler ile yazılmış “DİKKAT! TIBBÎ ATIK” ibaresi yer alan, dezenfekte edildikten sonra defalarca tekrar kullanılabilir, turuncu renkli, sızdırmaz, 70 L’lik tıbbî atık kovalarının içerisinde biriktirilmesi ve toplanması;
- 2) poşetler dolup ağızları bağlandıktan sonra kovaların özel kilitleme mekanizmasıyla kilitlenebilir olması sayesinde taşıma işleminin patlamaya, dökülmeye ve sızmaya karşı güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir olması;
- 3) dolu tıbbî atık kovalarının elektronik hassas teraziler ile tartılmasının yanında metal ve radyoaktivite ölçerlerle de kontrol edilmesi sayesinde tıbbî atıkların içerisine radyoaktif madde ve platin gibi metal parçaların karışmasının önlenmesi;
- 4) barkot ve araç takip sistemli çevrimiçi izlenebilir otomasyon sistemi ile atığın kaynağından bertarafına kadar izlediği aşamaların tümünün ve atık bilgilerinin (kaynağı, miktarı vb) ilgili tüm taraflar

(Bakanlık, Belediyeler, Atık üreticileri, Toplayıcı/Bertaraf edici) tarafından çevrimiçi erişilebilir ve izlenebilir olması ile kayıtların güvenli bir şekilde tutulması ve güvenli tutulmuş kayıtlar ile de geleceğe yönelik doğru öngörülerde bulunabilme imkânının sağlanıyor olması;

- 5) tıbbî atık kovalarının klor dioksit (ClO₂) ile dezenfeksiyonu sonrası tekrar kullanılmaları sayesinde fazladan bir ambalaj maliyetinin olmaması;
- 6) atıkların parçalamalı otoklav sistemi ile sterilize edilmesi sayesinde atık hacminde %70’e varan bir azalma sağlanıyor olmasıdır.

Sistem kayıtlarından elde edilen bilgilere ışığında Bolu, Düzce ve Sakarya illerinin geneli için tıbbî atık oluşum hızı 0,61 kg/kişi-yıl ve 0,63 kg/yatak-gün olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra atık ortalama yoğunluğunun 151 kg/m³ ve buna bağlı olarak da sterilizasyon tesisi saatlik kapasitesinin 1.311 kg/sa olduğu sonucuna varılmıştır. Bu veriler ışığında sterilizasyon tesisinin tek vardiyadaki (8 saat) kapasitesinin ortalama 10.488 kg olduğu görülmüştür. Ayrıca sterilizasyondan sonraki parçalama işlemi sayesinde ayda ortalama 352 m³, yılda ise 4.222 m³’lük bir hacim azalması sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- BİMÇK, 2010 Bolu İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2010 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 02/04/2010, Sayı: 39.
- BİMÇK, 2011 Bolu İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2011 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 07/01/2011, Sayı: 43.
- ÇOB, 2005 ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”, Resmi Gazete, Tarih: 22/07/2005, Sayı: 25883.
- ÇOB, 2007a ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Bolu İl Çevre Durum Raporu 2006”, 2007.

- ÇOB, 2007b ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Düzce İl Çevre Durum Raporu 2006”, 2007.
- ÇOB, 2007c ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Sakarya İl Çevre Durum Raporu 2006”, 2007.
- ÇOB, 2008a ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Bolu İl Çevre Durum Raporu 2007”, 2008.
- ÇOB, 2008b ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Düzce İl Çevre Durum Raporu 2007”, 2008.
- ÇOB, 2008c ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Sakarya İl Çevre Durum Raporu 2007”, 2008.
- ÇOB, 2009a ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Bolu İl Çevre Durum Raporu 2008”, 2009.
- ÇOB, 2009b ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Düzce İl Çevre Durum Raporu 2008”, 2009.
- ÇOB, 2009c ÇOB, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Sakarya İl Çevre Durum Raporu 2008”, 2009.
- DİMÇK, 2009Düzce İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2009 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 30/12/2008, Sayı: 2008/14.
- DİMÇK, 2010Düzce İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2010 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 29/12/2009, Sayı: 2009/07.
- DİMÇK, 2011Düzce İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2011 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 31/01/2011, Sayı: 2011/01.
- ERA, 2011 ERA Çevre Teknolojileri San. Tic. Ltd. Şti., <http://www.eracevre.com/>, 2011.
- SB, 2011 Sağlık Bakanlığı, “Türkiye’deki Yataklı Tedavi Kurumları”, 2011.
- SBB, 2009 Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı, “Tıbbî Atık Sterilizasyon Tesisi Fizibilite Raporu”, 2009.
- SİMÇK, 2009 Sakarya İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2009 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 02/02/2009, Sayı: 2009/58.
- SİMÇK, 2010 Sakarya İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2010 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 30/12/2009, Sayı: 2009/66.
- SİMÇK, 2011 Sakarya İl Mahalli Çevre Kurul Kararı, “2011 yılı tıbbî atık bertaraf ücretleri”, Tarih: 31/12/2010, Sayı: 2010/74.
- TÜİK, 2011 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veritabanı, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitapp/adnks.zul>, [Erişim: 11/07/2011].
- WHO, 1999 WHO, Dünya Sağlık Teşkilatı, “Safe management of wastes from healthcare activities”, Editörler: A. Prüss, E. Giroult ve P. Rushbrook, http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/wastemanag/en/index.html, World Health Organization-WHO, 1999.

TOPLANTILAR

11th International Conference on Gas Geochemistry
29 Nov 2011 → 04 Dec 2011
La Jolla, San Diego, California, United States
<http://icgg11.ucsd.edu/>
dstout@ucsd.edu

First International Conference on Environmental Challenges in Arid Regions
06 Feb 2012 → 08 Feb 2012
Jeddah, Saudi Arabia
http://ecar.kau.edu.sa/Default.aspx?Site_ID=188020&lng=EN

EMPG XI — 14th Experimental Mineralogy, Petrology and Geochemistry Conference
04 Mar 2012 → 07 Mar 2012
Kiel, Germany
<http://www.empg2012.uni-kiel.de/>

ACS12 — Spring 2012 ACS Meeting - Symposium on Computational Chemistry for Geochemistry
25 Mar 2012 → 29 Mar 2012
San Diego, California, United States
http://abstracts.acs.org/chem/243nm/meetingview.php?page=session&par_id=359

Environmental Science and Technology
28 May 2012 → 01 Jun 2012
Mar del Plata, Argentina
<http://www.argentina-ambiental.com.ar/>

Goldschmidt 2012

24 Jun 2012 → 29 Jun 2012
Montréal, Canada
<http://www.goldschmidt2012.org/>

ICEPR 2012 — 2nd International Conference on Environmental Pollution and Remediation
28 Aug 2012 → 30 Aug 2012
Montreal, Canada
<http://icepr2012.international-aset.com/>
Dr. Leila Bidmeshki; Phone: (001-613-695-3040); Email: icepr2012@international-aset.com

ICEC 2012 — 7th edition of the International Conference on Environmental Catalysis
02 Sep 2012 → 06 Sep 2012
Lyon, France
<http://www.icec2012.fr/>

Aboveground-belowground interactions: technologies and new approaches
08 Oct 2012 → 10 Oct 2012
Charles Darwin House, London, United Kingdom
<http://www.biochemistry.org/Conferences/AllConferences/tabid/379/View/Conference/MeetingNo/BSB002/Default.aspx>

WCEC5 — Water Contamination Emergencies conference: managing the threats
19 Nov 2012 → 21 Nov 2012
Muelheim an der Ruhr, Germany
<http://www.WCEC5.eu>
Email: maggi@wcec5.eu

YAYINLAR

Climate Capitalism: Capitalism in the Age of Climate Change
L. Hunter Lovins & Boyd Cohen (2011)
Hill and Wang

Contesting the Future of Nuclear Power: A Critical Global Assessment of Atomic Energy
Benjamin K. Sovacool (2011)
World Scientific

Eaarth: Making a Life on a Tough New Planet
Bill McKibben(2010)
Henry Holt and Company

Power Hungry: The Myths of "Green" Energy and the Real Fuels of the Future
Robert Bryce (2010)
PublicAffairs

Requiem for a Species: Why We Resist the Truth about Climate Change
Clive Hamilton(2010)
Earthscan

Straight Up: America's Fiercest Climate Blogger Takes on the Status Quo Media, Politicians, and Clean Energy Solutions
Joseph J. Romm (2010)
Island Press

The Weather of the Future: Heat Waves, Extreme Storms, and Other Scenes From a Climate-Changed Planet
Heidi Cullen (2010)

Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü
M. Yıldız Hoşgören (2011)
Çantay

Erosion and Sedimentation 2e
Pierre Y. Julien (2010)
Cambridge University Press

Çevre Bilinci
Mevlüt Türk (2010)

Nobel Yayın Dağıtım
Earth Environments 1e : Past, Present and Future
David Huddart, Tim Stott (2010)
John Wiley High Education

Modeling the Environment 2e
ANDREW FORD (2010)
Island

Börtü Böcek İçin Doğa Dostu Öneriler ve Ev Yapımı İlaçlar
Dr. Füsün Tezcan (2011)
Kişisel Yayınlar

Permakültüre Giriş
Yazar : Bill Mollison Çevirmen: Egemen Özkan (2011)
Sinek Sekiz

Türkiye Yaşadığımız Cennet
Editör: Mustafa Alp (2011)
NTV Yayınları

Yerel Yönetimlerde AB Çevreciliği ve Uyum Sorunları
Dr. Nuran Talu (2009)
Nobel Yayın Dağıtım

Dünya Önemlidir - Bir Ekoloji Ansiklopedisi
David de Rothschild (2009)
Tudem Yayınevi

Orman, Ormancılık Kavramları ve Terimleri Sözlüğü
İlyas Çüngen (2011)
Seçkin Yayıncılık

Çevrebilim Sözlüğü, Ekoloji Sözlüğü
Emrullah Güney (2009)
Seçkin Yayıncılık

KYOTO PROTOKOLÜ VE KARBON EMİSYONLARI
(2009)
Türkiye Çevre Vakfı Yayınları

KATI ATIK VE ÇEVRE DERGİSİ YAZIM KURALLARI

Günay Kocasoy¹, Bülent Topkaya²

¹Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, 34342 Bebek İstanbul

²Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Bulvarı 07058 Antalya

Özet

Özet kısmında çalışmanın amacı, yapılan çalışmanın kısa özeti ve elde edilen sonuçlardan bahsedilmelidir. Özet, tek paragraf halinde yazılmalı ve 150-250 kelime arasında olmalıdır. Garamond yazı tipi, 11 punto kullanılmalı ve yazı metnin iki tarafına da hizalanmalıdır.

Anahtar kelimeler: En fazla 6 anahtar kelime, sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük diğer harfler küçük olacak şekilde, alfabetik sırayla yazılmalı, virgüllerle ayrılmalıdır (11 punto, italik)

JOURNAL OF KATI ATIK VE ÇEVRE GUIDELINES FOR AUTHORS

Abstract

Yukarıda verilen Türkçe özetin İngilizcesi yer almalıdır. Özet tek paragraf halinde yazılmalı ve 150-250 kelime arasında olmalıdır. Garamond yazı tipi, 11 punto kullanılmalı ve yazı metnin iki tarafına da hizalanmalıdır.

Keywords: En fazla 6 anahtar kelime, sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük diğer harfler küçük olacak şekilde, alfabetik sırayla yazılmalı, virgüllerle ayrılmalıdır (11 punto, italik)

1. GİRİŞ

- **Sayfa Boyutu:** Makale A4 boyutta sayfaya, üstten ve alttan 2,5 cm, soldan 2 cm ve sağdan 1,5 cm boşluk bırakılarak yazılmalıdır. Metnin tamamında (şekil ve tablolar hariç) Garamond yazı tipi kullanılmalıdır.
- **Makale Başlığı:** Başlık büyük harflerle, 16 punto ve koyu olarak yazılmalıdır. Başlık sola hizalı olmalı ve uzunluğu 10 kelimeyi aşmamalıdır. Başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılmalıdır (16 punto).
- **Yazarlar ve Adresler:** Yazar isimleri 12 punto ve koyu olarak yazılmalıdır. İsimler sola hizalı olmalıdır. Yazar adresleri bir alt satıra, 11 punto olarak yazılmalıdır. Adresler sola hizalı olmalıdır. Eğer, yazarlar farklı kurumlarda çalışıyorlarsa, isimler yukarıdaki örnekte olduğu gibi numaralandırılmalı ve numaralar adreslerin başında belirtilmelidir. Adreslerin ardından tek satır boşluk bırakılmalıdır (11 punto).
- **Özet:** Türkçe olarak yazılmalıdır. “Özet” şeklindeki başlık 11 punto, koyu ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Özet metni, 11 punto ve iki yana dayalı olarak yazılmalıdır. Ayrıca özet metni bir paragraf halinde, 150-250 kelime arasında olmalıdır. (11 punto).
- **Anahtar Kelimeler:** Anahtar kelimeler, Türkçe özetin altına Türkçe olarak örnekteki şekilde yazılmalıdır. Anahtar kelimeler, 11 punto, italik ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Anahtar kelimeler en fazla 6 tane olmalı, alfabetik sırayla dizilmeli, sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük

diğer harfler küçük olacak şekilde ve virgülle ayrılmalıdır. Anahtar kelimelerden sonra tek satır boşluk bırakılmalıdır (11 punto).

- **İngilizce Başlık:** Türkçe anahtar kelimelerden sonra İngilizce başlık yer almalıdır. Başlık büyük harflerle, 14 punto ve kalın olarak yazılmalıdır. Başlık sola hizalı olmalı ve uzunluğu 10 kelimeyi aşmamalıdır. Başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılmalıdır (14 punto).
- **Abstract:** İngilizce olarak yazılmalıdır. “Abstract” şeklindeki başlık 11 punto, koyu ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Abstract metni, 11 punto ve iki yana dayalı olarak yazılmalıdır. Ayrıca abstract metni bir paragraf halinde, 150-250 kelime arasında olmalıdır. (11 punto).
- **Keywords:** Abstract’ın altına İngilizce olarak örnekteki şekilde yazılmalıdır. “Keywords”, 11 punto, italik ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. “Keywords” en fazla 6 tane olmalı, alfabetik sırayla dizilmeli, sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük diğer harfler küçük olacak şekilde ve virgülle ayrılmalıdır. Sonrasında tek satır boşluk bırakılmalıdır (11 punto).
- **Bölüm Başlıkları:** Makalede yer alan başlıklar numaralandırılmalıdır. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. Birinci alt başlık, koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük olarak yazılmalıdır. İkinci alt başlık, koyu ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak yazılmalıdır. Üçüncü alt başlık, koyu, italik ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak yazılmalıdır. Ana başlıklardan önce iki satır, diğer başlıklardan önce bir satır boşluk bırakılmalıdır. Bölüm başlıklarının yazımı aşağıdaki örnekte gösterilmektedir.

1. METODOLOJİ

1.1. Deney Düzenegi

1.1.1. Kullanılan aletler

1.1.1.1. Aletlerin özellikleri

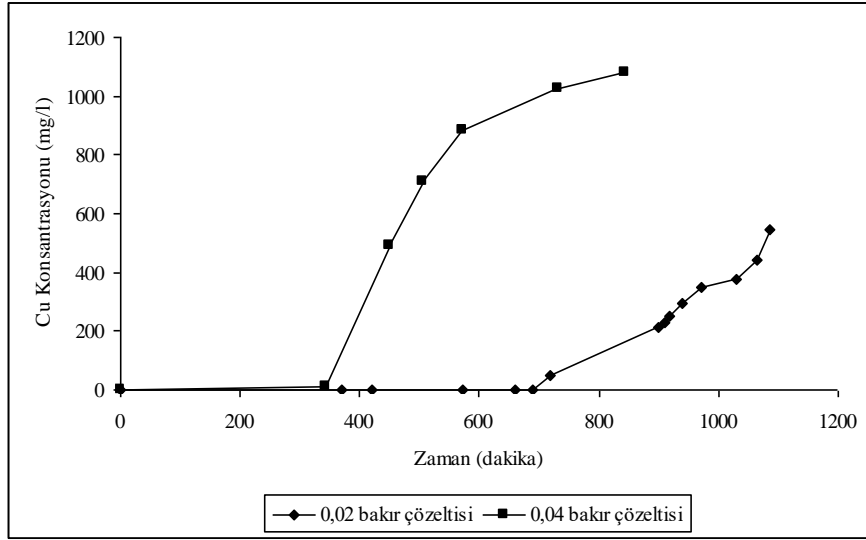
1.2. Kullanılan Malzemeler

- Makale Metni Yazımı

Makale metni 12 punto ile iki yana dayalı olarak ve tek sütun halinde yazılmalıdır. Metinde, tablo ve şekiller hariç, Garamond yazı tipi kullanılmalıdır.

2. ŞEKİLLER

Makalede kullanılacak şekil, fotoğraf, çizim ve grafikler “Şekil” olarak adlandırılmalı metin içinde Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 vs olarak numaralandırılmalıdır. Şekiller metin içinde belirtilmeli ve belirtildiği yerden sonra metne eklenmelidir. Şekillerden önce bir satır boşluk bırakılmalıdır (12 punto). Şekillerden sonra bir satır boşluk (12 punto) bırakılmalı ve şekil başlığı yazılmalıdır. Şekil numarası koyu harflerle ve ardından şekil başlığının sadece ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Şekil başlığından sonra yine bir satır boşluk (12 punto) bırakılmalıdır. Şekiller ve başlıkları metin içinde sola hizalanarak yazılmalıdır. Şekil içindeki metin en az 8 punto olmalıdır. Şekillerde Times New Roman veya Garamond yazı tipi kullanılmalıdır. Şekil örneği aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 1. 0,02 N ve 0,04 N sentetik bakır çözeltisi kolon çıkış suyundaki bakır konsantrasyonunun zamanla değişimi

3. TABLOLAR

Makalede kullanılacak tablolar “Tablo” olarak adlandırılmalı metin içinde Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3 vs olarak numaralandırılmalıdır. Tablolar metin içinde belirtilmeli ve belirtildiği yerden sonra metne eklenmelidir. Tablolar üstte tablo numarası ve başlığı olacak şekilde yazılmalıdır. Tablo numarası koyu harflerle ve ardından tablo başlığının sadece ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Tablo eklendikten sonra bir satır boşluk (12 punto) bırakılmalı ve metne bundan sonra devam edilmelidir. Tablolar ve başlıkları metin içinde sola hizalanarak yazılmalıdır. Tablonun yatay ve dikey çizgileri çizilmeli, tablo içindeki başlıklar koyu harflerle yazılmalıdır. Tablolarda Times New Roman veya Garamond yazı tipi kullanılmalı, yazılar en az 8 punto olmalıdır. Tablo örneği aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Manisa-Gördeş klinoptilolitinin özellikleri

Element	Kompozisyon (%)
SiO ₂	68,30
Al ₂ O ₃	17,50
Fe ₂ O ₃	1,60
TiO ₂	0,35
Na ₂ O	0,13
K ₂ O	3,55
CaO	0,65
MgO	0,60
SO ₃	0,61

4. DİPNOT

Metinde dipnot kullanılmamalıdır.

KAYNAKLAR

Metin içinde kaynaklar cümle içinde "... Hopkins (1990) ..." veya cümle sonunda (Hopkins, 1990) şeklinde yazar soyadı ve yayın yılı belirtilerek verilmelidir. Aynı konuya birden fazla kaynak gösterilecek ise kaynaklar tarih sırasıyla eskiden yeniye doğru belirtilmelidir (Hopkins, 1990; Ferguson, 1991). Bir yazarlı kaynaklar (Hopkins, 1990), iki yazarlı kaynaklar (Alagöz ve Kocasoy, 2008), üç veya daha fazla yazarlı kaynaklar (Yılmaz vd., 2008) olarak belirtilmelidir. Metnin sonunda 10 punto ile yazılmış "KAYNAKLAR" bölümü bulunmalı ve ilk yazar soyadına göre alfabetik olarak sıralanmalıdır. Kaynaklar aşağıdaki şekilde yazılmalıdır. Kaynaklar sonrasında 6 pt aralıkla yazılmalıdır.

- **Kitaplar:** Eckenfelder, W.W. Jr., *Industrial Water Pollution Control*, McGraw Hill, New York, 1966.
- **Kitaptan bir bölüm:** Goldschmidt, B.M., "Non-nitrogenous Carcinogenic Industrial Chemicals" in *Carcinogens in Industry and the Environment* (J.M. Sontag, ed.), Marcel Dekker Inc., New York, 283-290, 1990.
- **Rapor:** UNEP, Environmental Data Report, Blackwell Scientific, Oxford, 1987.
- **Makaleler:** Kocasoy, G., "A Method for the Prediction of the Extent of Microbial Pollution of Sea Water and the Carrying Capacity of Beaches", *Environmental Management*, 13(4), 69-73, 1989.
- **Tezler:** Sims, R.C., Land Treatment of Polynuclear Aromatic Compounds, Ph. D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, 1970.

KATI ATIK ve ÇEVRE dergisini ilgilenen her kişi ve kuruluşa ulaştırmak, ancak yüksek baskı giderleri nedeniyle sadece ilgilenenlere göndermek arzusundayız. Bu amacı sağlamak üzere, derginin kendilerine yollanmasını isteyen kişi ve kuruluşlara bu formu doldurarak bize göndermelerini rica ederiz.

Katı Atık Türk Milli Komitesine,

KATI ATIK ve ÇEVRE dergisinin tarafıma gönderilmesini arzu etmekteyim.

Tarih: / /

İsim, Soyadı :

Kuruluş :

Adres :

.....

Telefon :

Fax :

E-mail :

İmza

.....

KATI ATIK ve ÇEVRE dergisini ilgilenen her kişi ve kuruluşa ulaştırmak, ancak yüksek baskı giderleri nedeniyle sadece ilgilenenlere göndermek arzusunuz. Bu amacı sağlamak üzere, derginin kendilerine yollanmasını isteyen kişi ve kuruluşlara bu formu doldurarak bize göndermelerini rica ederiz.

Katı Atık Türk Milli Komitesi

Katı Atık Türk Milli Komitesine,

KATI ATIK ve ÇEVRE dergisinin tarafıma gönderilmesini arzu etmekteyim.

Tarih: / /

İsim, Soyadı :

Kuruluş :

Adres :

.....

Telefon :

Fax :

E-mail :

İmza

KATI ATIK KİRLENMESİ ARAŞTIRMA VE DENETİMİ
TÜRK MİLLİ KOMİTESİ
BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ

34342 BEBEK - İSTANBUL

KATI ATIK KİRLENMESİ ARAŞTIRMA VE DENETİMİ
TÜRK MİLLİ KOMİTESİ
BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ

34342 BEBEK – İSTANBUL