

KATI ATIK VE ÇEVRE

Sayı 72, Ekim 2008



KATI ATIK TÜRK MİLLİ KOMİTESİ



KATI ATIK ve ÇEVRE

Sayı 72, Ekim 2008

İÇİNDEKİLER

Okurlarımıza.....	2
Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Katı Atık Yönetim Planı Önerisi Selnur UÇAROĞLU; Mustafa YILDIRIM, İpek YILMAZ, Orhan KÜÇÜKGÜL, Bülent TOPKAYA.....	3
Arıtma Çamurlarının Kompostlaştırılması Ümmükülsüm ÖZEL, Osman Nuri ERGUN.....	12
PCB (Poliklorlu Bifenil) ler ve Çevre Etkileri Feza YILMAZ, Yüksel ORHAN.....	22
Yazım Kuralları.....	40

KATI ATIK KİRLENMESİ ARAŞTIRMA ve DENETİMİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ

Kurucusu	Prof. Dr. Kriton CURI
Sahibi	Prof. Dr. Günay KOCASOY
Editörler	Prof. Dr. Günay KOCASOY Prof. Dr. Bülent TOPKAYA
Yazı Kurulu	Prof. Dr. Necdet ALPARSLAN Prof. Dr. Günay KOCASOY Prof. Dr. Bülent TOPKAYA Doç. Dr. Selmin BURAK Yrd. Doç. Dr. Müfide BANAR
Hazırlayan	Arş. Gör. İpek YILMAZ

Üç ayda bir yayınlanır (Yerel süreli yayın)

Yazışma Adresi

Katı Atık Türk Milli Komitesi
Boğaziçi Üniversitesi, 34342 Bebek-İstanbul
kocasoy@boun.edu.tr, 0212-2652187

Çevreyi korumak için bu dergi geri kazanılmış kağıda basılmıştır.

OKURLARIMIZA

2008 yılının sonu itibarı ile katı atıklarının bertarafı sorununa çözüm üretme çabaları devam etmektedir. Bu kapsamda ülkemizde bölgesel çözümlerin öne çıktığını ve özellikle güney bölgelerimizde katı atık birliklerinin kurulduğunu görmekteyiz. Bu sayımızda bölgesel katı atık yönetim planlarına örnek olmak üzere Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti için yapılmış bir çalışmaya yer verilmektedir. Ayrıca bu sayımızda günümüzde büyük sorun olmaya devam eden arıtma çamurlarının kompostlanması üzerine bir çalışma ile, poliklorlu bifenillerin çevresel etkilerinin ele alındığı bir çalışmaya yer verilmiştir.

Yazı Kurulu

KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ KATI ATIK YÖNETİM PLANI ÖNERİSİ

Selnur UÇAROĞLU*; **Mustafa YILDIRIM***, **İpek YILMAZ***, **Orhan KÜÇÜKGÜL****,
Bülent TOPKAYA*

**Akdeniz University, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Antalya, TÜRKİYE.
selnur@akdeniz.edu.tr*

*** Ekorec Environmental Tech., Lefkoşa, KUZEY KIBRIS..*

ÖZET: Son yıllarda Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) nüfus ve kentleşmede hızlı bir gelişim göstermektedir. Bu eğilim çevre üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Belirtilen kaçınılmaz problemlerden biri de katı atık yönetimidir. Burada katı atıkların taşınması ve toplanması özellikle yaz aylarında ciddi problemler oluşturmaktadır. KKTC’deki yerleşim bölgeleri, çoğunluğu yaz aylarında yüksek nüfusa sahip olan, küçük şehir ve köylerden oluşmaktadır. Bu bölgeler teknik olarak katı atık yönetim stratejilerinin uygulanması ve geliştirilmesi için uygun durumda değildir. Bu çalışmada KKTC’deki mevcut durum, var olan olanaklar ve gelecek planları tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Katı Atık Yönetimi, Kompostlama, Depolama, Sürdürülebilirlik.

1. GİRİŞ

KKTC, son yıllarda nüfus, kentleşme ve turizm açısından hızlı gelişme gösteren Akdeniz ülkelerinden biridir. Bu durum çevre üzerinde büyük olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu orunlardan bir katı atık yönetimidir. Katı atıkların üretilip kaynağından ayrıldıktan sonra, toplanması, taşınması ve uzaklaştırılması 3355 km² lik bir alana sahip KKTC için sürekli bir problem arz etmektedir. Ana yerleşim merkezleri ve anayollar Şekil 1 ‘de gösterilmiştir.

Üretilmiş olan evsel ve endüstriyel katı atıklar bazı küçük önlemler alınarak çevrede depolanmaktadır. KKTC’ nin en büyük şehri olan Lefkoşa’ da üretilen atıkların çoğunluğu Dikmen depolama alanına taşınmakta ve

burada gömülmektedir. Bu atıkların sadece küçük bir kısmı ayrılmakta ve yeni inşa edilmiş düzenli depolama alanına gömülmekte, büyük bir kısmı ise depolama tesisinin kontrolsüz kısmında depolanmaya devam edilmektedir.

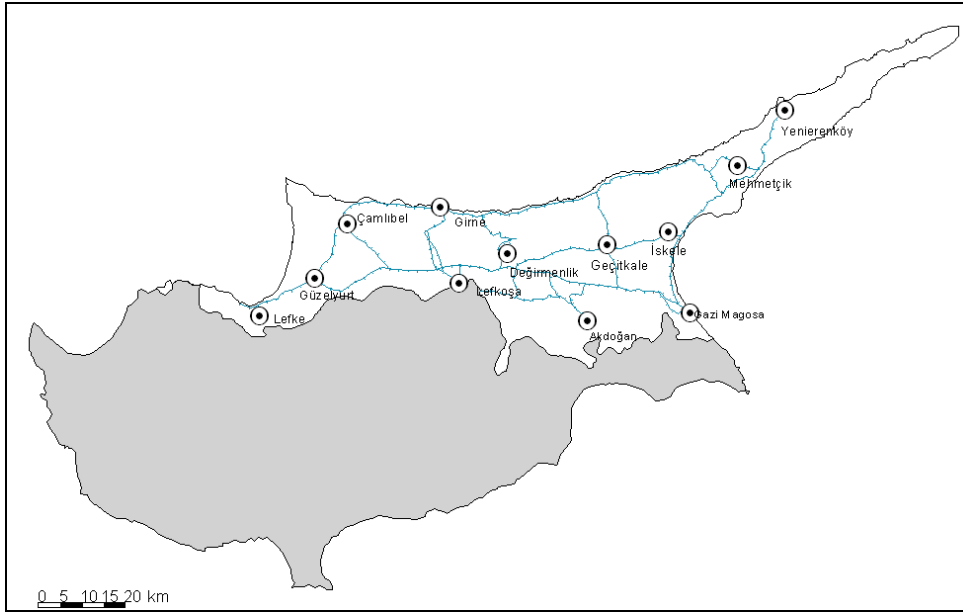
Katı atık yönetimi kaçınılmaz bir problemdir ve bu çalışmada KKTC yönetim planı için bir proje geliştirilmektedir. Bu yönetim planı evsel ve tıbbi atıkları içermektedir. Bu bölgede atık çamur üretimi aşırı miktarda yoktur ve ayrıca da endüstriyel atıkların mevcut durumu ile ilgili hiçbir veri bulunamadığı için bu atıklar plan dışı kalmıştır.

Bu atık yönetim plan önerisi çerçevesinde atıklar kaynağında ayrılacak (organikler, geri

kazanılabilirler, geri kazanılamazlar) ve transfer (aktarım) istasyonlarından geçerek merkezi tesislere taşınacaktır. Bu tesislerde organik atıklar kompostlanacak, geri kazanılabilen maddeler sıkıştırılıp satılacak ve geri kazanılamaz atıklar da gaz çıkışı ve sızıntı suyu arıtım üniteleriyle

donanmış olan düzenli depolama tesisinde gömülecektir.

Bu çalışma gelecek 20 yılda merkezi yerleşim bölgelerindeki nüfus gelişimi ve atık üretimi hesaplanmış ve mevcut atık uygulamalarına dayanarak katı atık yönetim planı geliştirilmiştir.



Şekil 1. KKTC ve yerleşim merkezleri haritası

2. Mevcut Katı Atık Yönetimi

2.1 Kaynaklar

Tıbbi atık miktarı, yatak kapasitesi ve doluluk oranlarına dayanarak hesaplanmıştır.

2.2 Doğum oranı ve yoğunluk

Bu çalışmadaki KKTC resmi kuruluşlarından alınan sonuçlara göre, yetki alanındaki spesifik atık üretimi 0,9 kg/kişi/gün olarak verilmiştir (İlkaç ve Veysioğlu, 2006). Bu değer spesifik atık üretim oranı 1 kg/kişi/gün (Topkaya, 1999) verilen Türkiye ve 1 – 3,3 kg/kişi/gün (Tchobanoglous et.al, 1993) olarak verilen USA ile uyum göstermektedir.

Sıkıştırma araçlarında olabilecek katı atık yoğunluğu 500 kg/m³ olarak verilirken (İlkaç ve Veysioğlu, 2006), USA ile karşılaştırma yapılmış ve orada 178 – 415 kg/m³ olduğu bulunmuştur (Tchobanoglous et.al, 1993).

Tıbbi atık değerlerinin hesaplanması için, spesifik atık üretim miktarı İstanbul ve Antalya’ da bulunan sağlık kuruluşlarında yapılmış olan bir çalışmada hesaplanmış olan 1,6 kg/yatak/gün değeri kullanılmıştır. Bu kuruluşlardaki doluluk oranı 2005 yılı için 8 – 23 % değerleri arasındadır. 2025 yılına kadar bu oranın 40 %’ a kadar yükseleceği düşünülmektedir.

2.3 Katı atık bileşimi ve üretimi

Bu çalışmadaki atık üretimi KKTC' de etkin olarak çalışan şirketlerdeki personel ile iletişim kurularak belirlenmiştir (Küçükgül, 2006). Karşılaştırmalı çalışma Tablo 1 ' de gösterilmektedir (Tchobanoglous et.al, 1993; Curi, 1994; Topkaya, 1999). Bu tablo Türkiye' deki ana yerleşim bölgeleri ve bazı endüstri ülkeleri arasındaki küçük farlılıkları

göstermektedir. Katı atık bileşenleri sosyal statünün yanında coğrafi koşullara göre de değişiklik göstermektedir fakat istatistiksel eksikliklerden dolayı bu çalışmada bu detayı göstermek mümkün olmamıştır. Gerekli kapasitenin hesaplanması için atıkları biyolojik (kompostlama için uygun), geri kazanılabilir ve geri kazanılamaz olmak üzere 3 kısma ayırmak mümkündür.

Tablo 1. Katı atık bileşenlerinin değışimi (%)

Bileşen	USA & Canada	Sweden	France	Israel	Japan	İstanbul	Ankara	Antalya	TRNC
Organik*	15	12	24	71	37	43-61	50	40-66	54
Geri kazanılabilir*	65	76	38	25	31	15-25	23	26	8
Geri kazanılamaz*	20	12	38	4	32	14-42	27	7-33	38

*Organik: Yiyecek, bahçe atıkları vs..

*Geri kazanılabilir: Kağıt, cam, plastik ve metal.

*Geri kazanılamaz: Yapı ve yıkım atıkları, Karışık atıklar vs.

2.4 Katı atık toplanması ve uzaklaştırılması

Lefkoşa, Girne ve Gazimağusa gibi ana yerleşim merkezlerinde katı atık toplanması konteynır ve plastik kutularla yapılmakta ve bu atılar sıkıştırılmalı katı atık kamyonları kullanılarak günlük olarak toplanmaktadır. Toplanan atıklar Dikmen/Lefkoşa' da bulunan depolama alanına taşınmaktadır. Şehirde üretilen evsel atıklar gibi bazı atıklar, yeşil atıklar ve diğer atıklar ile birlikte üstü açık kamyonlar kullanılarak Dikmen depolama sahasının düzensiz kısmına bırakılmaktadır.

olabilecek olan nüfus artışının hesaplanması gerekmektedir. Turistik mevsimde, kış mevsimine göre nüfusu 2-3 kat artan KKTC için bunu hesaplamak kolay bir iş değildir ve son yıllardaki nüfus sayımı verileri eksiktir. Nüfus gelişimi 1996 ve 2006 yıllarında yapılmış olan nüfus sayımına göre hesaplanmıştır. Gelecekteki nüfus 2010 ve 2025 yılları için hesaplanmıştır. Yıllık nüfus artış oranı % 1.10 kabul edilmiştir (İlkaç ve Veysioğlu, 2006). KKTC' de yerleşim merkez-leri 5 bölge ve 12 ilçe olarak parselenmiştir. Tablo 2 ve Şekil 2' de ana yerleşim merkezlerinin nüfus gelişimleri hakkındaki tahmini hesaplamalar verilmiştir.

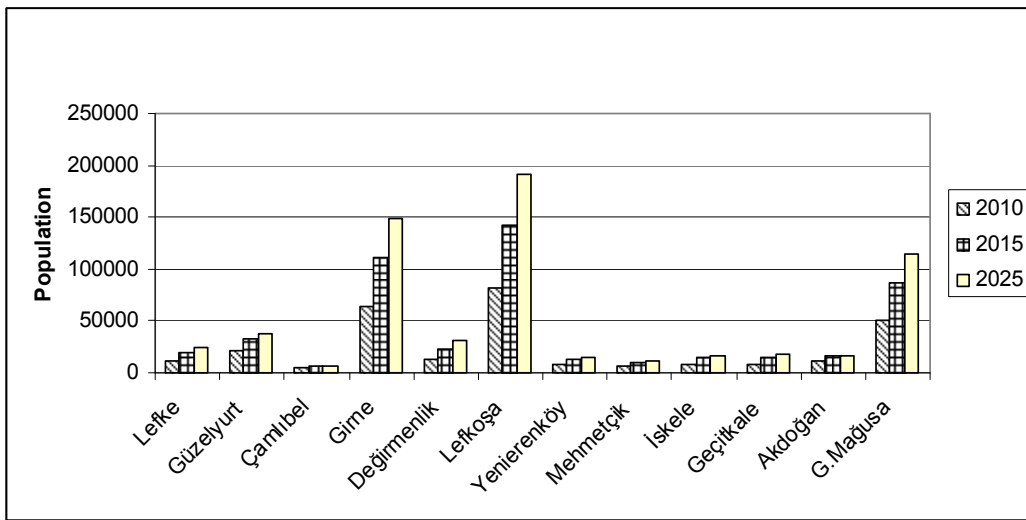
3. Atık Yönetim Planı Önerisi

3.1 Nüfus gelişimi

Uygun olan katı atık yönetim planının geliştirilebilmesi için, gelecek 10 yıl için

Tablo 2. Nüfus gelişimi

	Güzelyurt Bölgesi		Girne Bölgesi		Lefkoşa Bölgesi		İskele Bölgesi			Gazimağusa Bölgesi		
	Lefke	Güzelyurt	Çamlıbel	Girne	Değirmenlik	Lefkoşa	Yenierenköy	Mehmetçik	İskele	Geçitkale	Akdoğan	G.Mağusa
1996	9287	18236	4365	34350	8323	53972	7363	4899	6917	6554	10923	35398
2010	12121	21227	4365	64467	13252	82296	8453	6132	8785	8734	10923	51312
2012	12586	21692	4365	68393	14059	87308	8623	6330	9086	9104	10923	54120
2014	13069	22168	4365	72558	14915	92625	8796	6534	9398	9491	10923	57082
2016	13570	22653	4365	76977	15823	98266	8973	6745	9720	9894	10923	60206
2018	14091	23150	4365	81665	16787	104250	9153	6963	10053	10313	10923	63501
2020	14631	23657	4365	86638	17809	110599	9357	7187	10398	10751	10923	66977
2022	15793	24176	4365	91914	18894	117335	9525	7419	10754	11207	10923	70642
2024	15775	24706	4365	97512	20045	124480	9716	7658	11123	11683	10923	74508
2026	16381	25247	4365	103450	21265	132061	9912	7905	11505	12179	10923	78586

**Şekil 2. Ana yerleşim merkezlerindeki nüfus gelişimi****3.2 Katı atık üretimi ve uzaklaştırılması seçenekleri**

12 ana yerleşim merkezindeki atık üretimi yukarıda verilmiş olan nüfus projeksiyonuna göre hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Yerleşim merkezlerindeki atık üretim miktarları

Belediye	2010				2015				2025			
	Organikler (t)	Geri Kazan. (t)	Geri Kazanılamazt)	Toplam (t)	Organikler (t)	Geri Kazan. (t)	Geri Kazanılamazt)	Toplam (t)	Organikler (t)	Geri Kazan. (t)	Geri Kazanılamazt)	Toplam (t)
Lefke	1647,42	244,06	1159,30	3050,78	3521,90	521,76	2478,37	6522,04	4251,24	629,81	2991,61	7872,67
Güzelyurt	3234,88	479,24	2276,40	5990,53	5941,59	880,24	4181,12	11002,94	6621,88	981,02	4659,84	12262,74
Çamlıbel	774,31	114,71	544,88	1433,90	1161,46	172,07	817,32	2150,85	1161,46	172,07	817,32	2150,85
Girne	6093,35	902,72	4287,91	11283,98	19698,54	2918,30	13861,93	36478,78	26473,15	3921,95	18629,25	49024,35
Değirmenlik	1476,42	218,73	1038,96	2734,11	4049,19	599,88	2849,43	7498,51	5441,88	806,20	3829,47	10077,56
Lefkoşa	9574,09	1418,38	6737,32	17729,80	25146,45	3725,40	17695,65	46567,50	33794,66	5006,62	23781,43	62582,70
Yenierenköy	1306,12	193,50	919,12	2418,75	2356,18	349,06	1658,05	4363,30	2602,67	385,58	1831,51	4819,75
Mehmetçik	869,03	128,75	611,54	1609,32	1757,31	260,34	1236,63	3254,29	2059,59	305,12	1449,34	3814,05
İskele	1227,01	181,78	863,45	2272,23	2529,23	374,70	1779,83	4683,75	2993,54	443,49	2106,57	5543,60
Geçitkale	1162,61	172,24	818,14	2152,99	2561,16	379,43	1802,30	4742,88	3152,66	467,06	2218,54	5838,27
Akdoğan	1937,63	287,06	1363,52	3588,21	2906,45	430,58	2045,28	5382,31	2906,45	430,58	2045,28	5382,31
G.Mağusa	6279,25	930,26	4418,73	11628,24	15465,75	2291,22	10883,30	28640,27	20187,16	2990,69	14205,78	37383,63

Atık üretiminin çok olduğu ana şehirler Lefkoşa, Girne ve Gazimağusa' dır. Üretilen atıkların uzaklaştırılması ile ilgili 4 senaryo geliştirilmiş ve tablo 4 te özetlenmiştir.

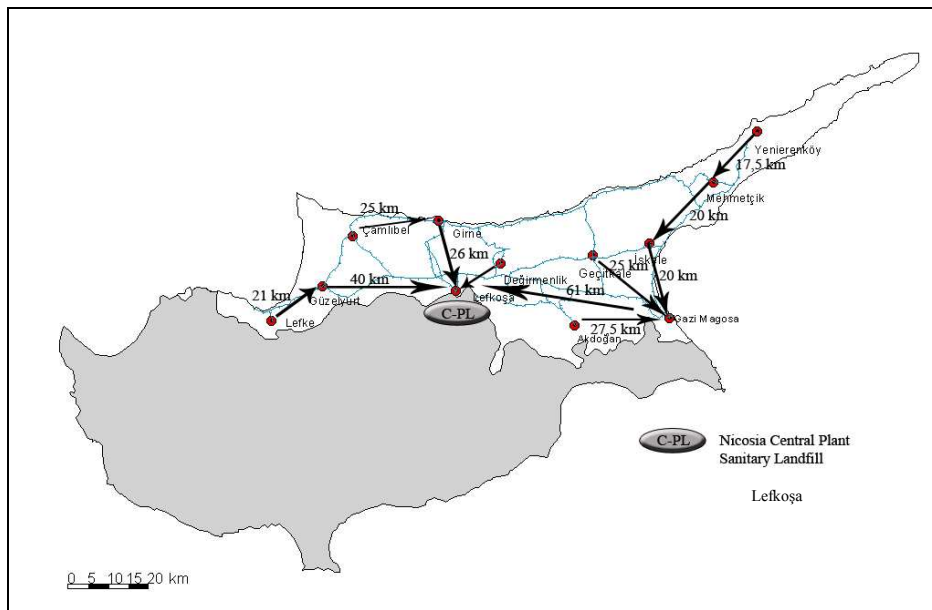
Tablo 4. Atık uzaklaştırma senaryoları

Senaryo	Atık toplama	Uzaklaştırma şekli
I	Tüm atıklar birlikte toplanmakta (Karışık)	Depolama: Lefkoşa
II	Üretilen atıklar doğu ve batı bölgelerde ayrı ayrı toplanmalı (karışık olarak)	Eastern region: Landfill located in Gazimağusa Western region: Landfill located in Lefkoşa
III	Kaynağında ayırma (Org. + geri kazanılabilir geri kazanılamaz)	Lefkoşa: Ayırma + Kompostlama + Depolama
IV	Kaynağında ayırma (Org. + geri kazanılabilir geri kazanılamaz)	Eastern region Gazimağusa : Ayırma + Kompostlama + Depolama Western region Lefkoşa: Ayırma + Kompostlama + Depolama

Senaryo I: Üretilmiş olan tüm atıklar bir araya toplanıp Lefkoşa düzenli depolama alanına taşınıp orada uzaklaştırılmaktadır.

12 yerleşim merkezinde üretilmiş olan atıklar karışık bir şekilde toplanıp Lefkoşa' da yapılacak olan yeni düzenli depolama sahasına taşınacaktır (Şekil 3). 2010 – 2025 yılları arasında üretilecek atık hacmi her bir yerleşim merkezi için hesaplanmıştır. Taşıma şekli belediyeler tarafından kararlaştırılacaktır: Atıklar her bir şehirden ayırma kamyonları ile taşınabilir veya bunlar büyük transfer kamyonlarına boşaltılıp en son depolama alanına bu şekilde

taşınabilir. Şekil 3' de Güzelyurt, Girne ve Gazimağusa transfer istasyonları olup, atıklar buralarda toplanarak kapasitesi 58 m³ olan transfer kamyonları ile Lefkoşa' ya getirilmiştir. Sıkıştırmadan dolayı kamyonlardaki ve depolamadaki karışık atıkların özgül ağırlığı sırasıyla 500 kg/m³ ve 750 kg/m³ olacaktır. Atıkların hacmi (m³) ve Lefkoşa' da yapılacak olan depolama sahası için gerekli olan alan Tablo 5' de verilmiştir.

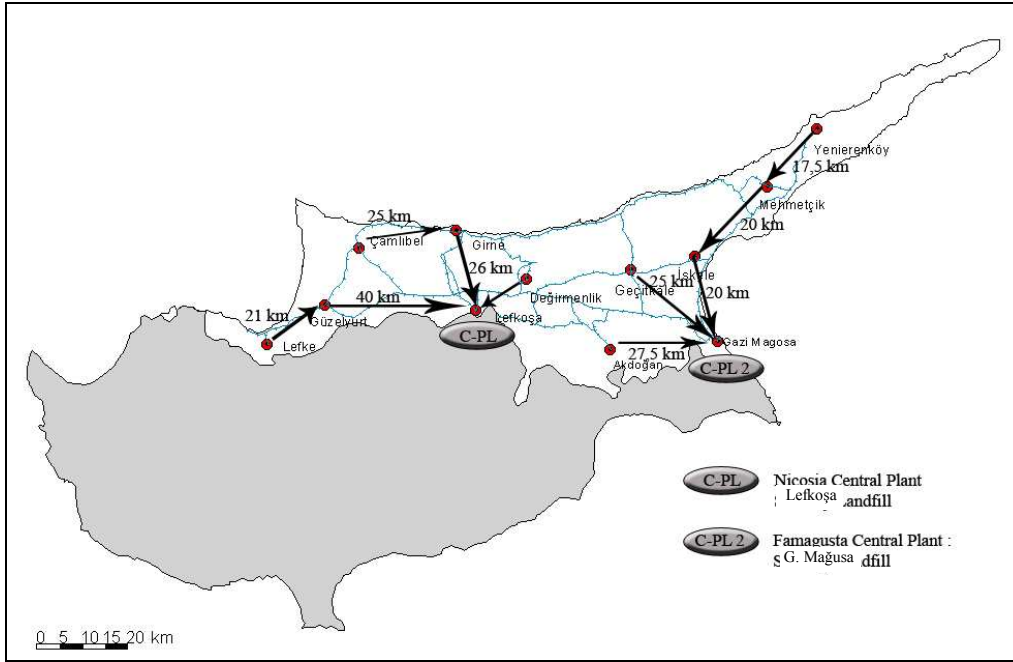


Şekil 3. Merkezi depolama Lefkoşa ve atık taşıma güzergahları (Senaryo I)

Senaryo II: Üretilen atıkların tümü birlikte toplanacak ve Lefkoşa ve Gazimağusa düzenli depolama alanlarından birisine taşınacaktır.

Bu senaryoda ülkenin en büyük 2 şehri olan Lefkoşa ve Gazimağusa' da iki düzenli depolama sahasının kurulması planlanmıştır. Ülkenin batısında yer alan 6 belediyede üretilen atıklar yeni inşa edilecek Lefkoşa düzenli depolama sahasına, doğusunda yer

alan 6 belediyede üretilen atıklar ise Gazimağusa' ya transfer edilmiştir (Şekil 4). Atık üretim hacmi (m³) ve Lefkoşa ve Gazimağusa' da yapılacak olan depolama sahası için gerekli alan Tablo 5' de verilmiştir.



Şekil 4. Merkezi depolama Lefkoşa ve Gazimağusa ve atık taşıma güzergahları (Senaryo II)

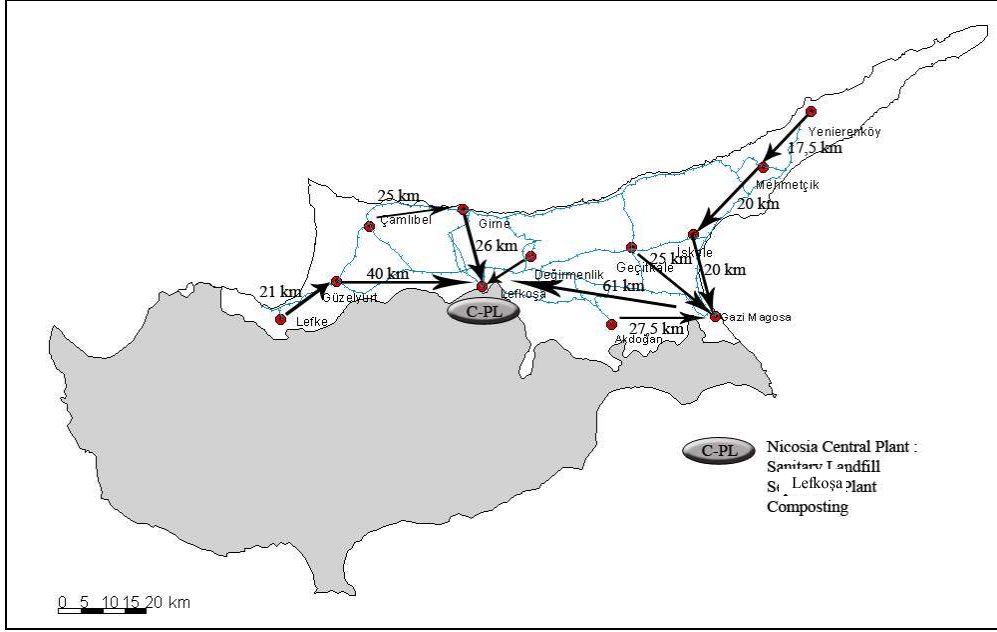
Atıkların depolanma ve uzaklaştırılma şekli ile ilgili düşünülmüş olan ilk 2 senaryo sürdürülebilir değildir. Takip eden senaryolarda (III ve IV) atıkların kaynağında ayrılması ve ayrı ayrı

toplanması, organik atıkların kompostlanması, geri kalan atıkların merkezi bölgelerde depolanması yeni yönetim senaryolarının önemli unsurlarıdır.

Senaryo III: Üretilen tüm atıklar kaynağında ayrıştırılıp Lefkoşa' da bulunan merkezi atık işleme tesisine taşınmaktadır.

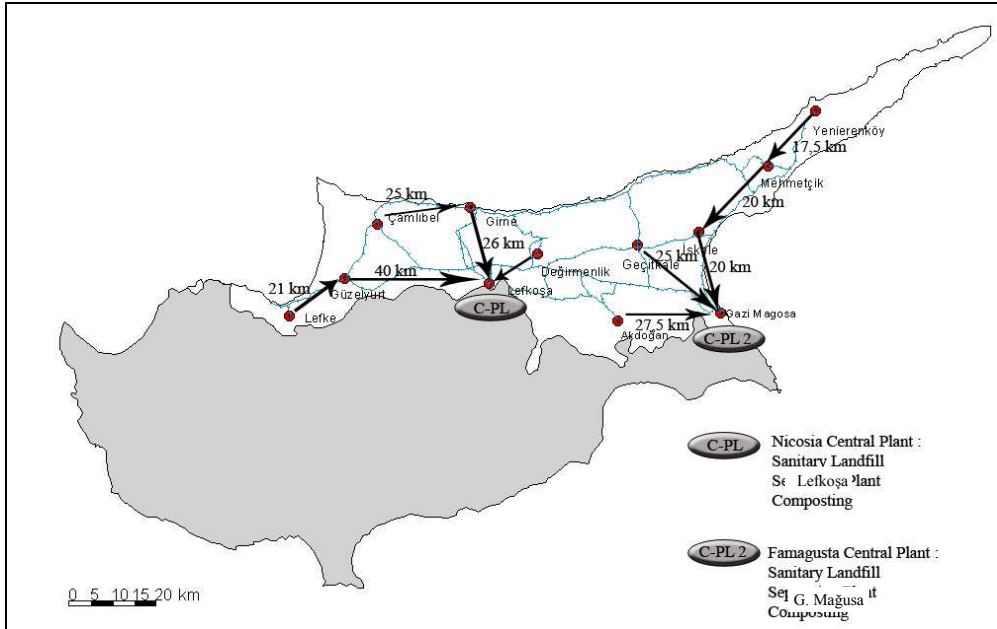
Bu senaryoda (Şekil 5) her bir yerleşim bölgesindeki üretilmiş atıkların kaynağında ayrıştırıldığı ve Lefkoşa' da bulunan merkezi atık işleme tesisine taşındığı düşünülmüştür. Bu tesis, ayırma, kompostlama ve depolama ünitelerini içermelidir. Atıkların

taşınması anında Güzelyurt, Girne ve Gazimağusa' da bulunan transfer istasyonları kullanılmaktadır. Atık bileşenlerinin miktarı ve Lefkoşa' da yapılacak tesis için gerekli alan Tablo 5' de verilmiştir.



Şekil 5. Lefkoşa’ daki merkezi atık işleme tesisine ve atık taşıma güzergahları (Senaryo III)

Senaryo IV: yerleşim merkezlerindeki atıklar kaynağında ayrıştırılıp ülkenin doğu ve batı bölümünde ayrı ayrı toplanmış ve Lefkoşa ve Gazımağusa’ da inşa edilecek atık işleme tesislerinden birine taşınmıştır (Şekil 6)



Şekil 6. Lefkoşa ve Gazımağusa’ daki atık işleme tesisleri ve atık taşıma güzergahları (Senaryo IV)

Tablo 5. Atık yönetim senaryolarının sonuçları

Proses	Senaryo I		Senaryo II		Senaryo III		Senaryo IV	
	2010	2025*	2010	2025*	2010	2025*	2010	2025*
Depolama Lefkoşa (m3)	127 925	2 207 718	86 607	1 494 615	40 052	691 216	27 115	467 950
Depolama Gazimağusa (m3)			41 320	713 103			12 937	223 266
Kompostlama Lefkoşa (t)					17 269	298 042	11 691	201773
KompostlamaGazimağusa (t)							5 578	96 268
Geri kazanım Lefkoşa (t)					7 675	132 465	5 196	86 676
Geri kazanımGazimağusa (t)							2 479	42 786

* Cumulative volume (2010 – 2025)

Belediyelerin atık yönetim planını Senaryo I' e göre uyarlamaya karar vermeleri durumunda gerekli olan depolama alanı Tablo 5' de görüldüğü gibi 127 925 m³' tür. Atıklar 3 metre yüksekliğinde 0,5 m günlük atık örtüsü şeklinde depolanabilir. 10 katmanın uygulanması durumunda gerekli yüzey alanı 5000m²' dir. Günümüzden 2025 yılına kadar geçen her 5 yıllık period için 20 000 m²' lik yüzey alana sahip ek depolama sahasının geliştirilmesine ihtiyaç duyulur.

Öbür taraftan senaryoIII'ün uygulanması yönünde karar alınır, sadece 3 depolama bölgesi geliştirilmiş ve değerli maddelerin büyük oranda geri dönüştürülmesi mümkün görülmüştür.

En son karar yerel otoriteler tarafından verilmektedir. Atık transfer istasyonlarının inşa edilmesi ve atık transferinin maliyeti ile ilgili ekonomik fizibilite çalışmaları ek olarak değerlendirilmelidir.

Yerleşim merkezi atıklarına ek olarak tıbbi atık uzaklaştırma seçenekleri de belirlenmiştir. A sağlık kuruluşlarından üretilen ve kırmızı poşetlerde toplanmış olan enfeksiyon atıkları ve diğer tehlikeli atıklar Tablo 6' da özetlendiği gibi hesaplanmıştır. Doluluk oranının 2025 yılında % 40 olacağı düşünülmüştür. Kırmızı poşetle toplanmış atıkların Dikmen/Lefkoşa merkezi tıbbi atık uzaklaştırma tesisine taşınabilmesi için bir özel kamyon yeterli olacaktır.

Tablo 6. Tıbbi atık miktarları (www.devletim.com)

Tıbbi Kuruluş	Yatak kapasitesi	Overnights (2005)	Estimated overnights (2025)	Waste produced in 2025 (t)
Lefkoşa				
Dr.O.Nalbantoglu State Hastanesi	385	13017	56210	89.9
Chronicle Diseases Hastanesi	38		5548	8.88
Radiation and Oncology Merkezi	12		1752	2.80
Thalasamia Merkezi	12		1752	2.80
Magusa				
State Hospital	166	5021	23360	37.38
Girne				
Dr.Akçiçek Hospital	54	4490	7884	12.61
Yesilyurt				
Cengiz Topel Hospital	35	1768	5110	8.17
Total	702			162.54

4. TARTIŞMA

KKTC gibi gelişmekte olan ülkelerde katı atık yönetimi halen çözümsüz bir problemdir. Çözüm olarak görülen ayırma, geri kazanım, kompostlama olmadan yapılmış olan (düzenli) depolama sahalarının sürdürülebilir bir yönetim olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca, her bir yerleşim bölgesi için ayrı ayrı uygun depolama alanı bulup, düzenli depolama tesisi inşa etmek hem çok zor hem de çok pahalıdır.

Burada görülüyor ki uygun çözüm atıkların ayrı toplanması gerektiğini öngörmektedir. U amacı gerçekleştirebilmek için ilk adımda atıkların evlerde organik atıklar ve geri kazanılabilir maddeler olmak üzere ayrı iki poşette toplanması ve bu atıkların da belediyeler tarafından ayrı ayrı alınması gerektiği önerilmektedir. Esas ayırma yeni projelendirilmiş olan merkezi tesislerde tamamlanacaktır. Atıklar bu tesislere transfer istasyonları veya belediyelerin ayırma kamyonları kullanılarak transfer edilecektir. Yeni tasarlanacak çalışma alanında geri kazanılabilir atıklar işleme tabi tutulurken organik atıklar da komposta dönüştürülecektir. Kalan geri dönüştürülemeyen atıklar ise gömülecektir.

5. KAYNAKLAR

Curi, K., (1994). İstanbul'da Katı Atıklar: Toplanması, nakli, depolanması ve bertarafı sorunları. Katı Atık ve Çevre. İstanbul. 4 /1994. pp. 6-15.

İlkaç, B. and Veysioğlu, D., (2006). Personnel Communications. Project Note - Waste Sector. Turkish Municipality of Lefkoşa.

KAKAD (2003). Integrated Health-Care Waste Management in Istanbul. Life 00/TCY/TR/000054. Final report.

Küçükgül, O., (2006). Personnel Communications.

Tchobanoglous,G., Theisen,H., Vigil,S., (1993). Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill.

Topkaya,B., Kalkanoglu,B., (1999). A sustainable solid waste management scheme proposed along the coastal zone of Antalya. Sustainable solid waste management in the Black Sea region. Ed.Nath,B. et.al. Nato Science Series. Kluwer Academic Publishers.

Topkaya,B., Özden,T., Yıldırım,M., Karaca,H., (2005). Proposal For A Sustainable Healthcare Waste Management In Antalya City.

ARITMA ÇAMURLARININ KOMPOSTLAŞTIRILMASI

Ümmükülsüm ÖZEL, Osman Nuri ERGUN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
55139, Kurupelit / Samsun

ÖZET: Atıksu arıtma işlemleri sonucunda oluşan çamurların bertarafı ile ilgili çevresel problemler, son yıllarda kesin çözüm gerektiren bir boyuta ulaşmış durumdadır. Atıksu arıtma tesislerinin her geçen gün artması ve gelişmesi, büyük hacimlerde çamur oluşumuna neden olmaktadır. Arıtma çamurları, bazı tehlikeli özellikleri nedeniyle özel bertaraf yöntemlerini gerektirmektedir. Kompostlaştırma, diğer çamur bertaraf yöntemleri ile kıyaslandığında bir çok avantaja sahip olması nedeniyle, gün geçtikçe belediyeler tarafından tercih edilen bir yöntemdir. Bu çalışmada, arıtma çamurlarının kompostlaştırılması incelenmiş ve elde edilen kompostun toprakta uygulanabilirliği konusundaki kısıtlamalar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Atıksu arıtma çamurları, kompostlaştırma, kompost.

COMPOSTING OF TREATMENT SLUDGES

ABSTRACT: Environmental problems associated with disposal of the sludge resulting from wastewater treatment operations and processes have prompted strict actions over the past years. At the same time, the upgrading and expansion of wastewater treatment plants have greatly increased the volume of sludge generated. The treatment sludge is classified as difficult solid wastes that require special arrangements for disposal, because of their noxious properties. Composting treatment sludge is being increasingly considered by many municipals througout the world because it has several advantages over other disposal strategies. The aim of the study is to investigate the role of composting on treatment sludge disposal and to present the major limitations of land application of treatment sludge compost.

Key Words: Wastewater treatment sludges, composting, compost.

1. GİRİŞ

Arıtma çamurları, uygun bir şekilde bertaraf edilemedikleri için günümüzde önemli çevre sorunlarından birisi konumuna gelmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde çevre bilincinin iyi gelişmemesi ve ekonomik sorunlar nedeniyle göz ardı edilen arıtma çamurları, başta su kaynaklarının kirlenmesi ve koku problemi olmak üzere pek çok sorunu da beraberinde getirmektedir. Evsel ve endüstriyel atıksuların alıcı ortamlara kontrolsüzce deşarjından kaynaklanabilecek çevre kirliliği ve diğer sorunların

kısmen de olsa önlenmesi amacıyla, atıksu arıtma işlemleri uygulanmakta ve bu işlemler sonucunda önemli miktarlarda arıtma çamurları oluşmaktadır.

Türkiye ve pek çok ülkede kentsel arıtma çamurlarının yönetimi, yerel yönetimlerin (belediyelerin) elindedir. Ancak arıtma çamurlarının yönetim politikalarının yeteri kadar dikkate alınmaması ve ekonomik şartların yetersizliği gibi nedenlerle belediyeler üstlerine düşen görevi tam olarak

yerine getirememektedir. Bu ülkelerin çoğunda evsel ve endüstriyel, atıksuların arıtılması sonucunda oluşan arıtma çamurları genellikle yoğunlaştırma ve kurutma işlemlerinden sonra veya hiçbir işlem uygulanmadan sulu halde belediyelere ait "çöplük" adı verilen alanlara ya da yerleşim bölgelerinin dışında boş arazilere kaçak olarak gelişigüzel bir şekilde dökülmektedir. Bu durum ise, çamurun gerek patojen organizma içermesi, gerekse ağır metal tuzları, çözünmüş ve toksik maddeler içermesi vb. nedenlerle toprak kirlenmesi, yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmesi gibi sorunlara neden olmaktadır. Diğer yandan, arıtma çamurlarının bu şekilde uygun olmayan bertarafı sonucu koku problemi ve estetik kirlilik de oluşmaktadır.

Bu çalışmada evsel ve endüstriyel atıksuların arıtmaları sonucunda oluşan çamurların, kompostlaştırma yöntemiyle bertarafı incelenmiş ve

arıtma çamurlarının kompostlaştırılmasındaki temel sınırlamalar sunulmuştur.

2. ARITMA ÇAMURLARININ ÖZELLİKLERİ

Arıtma çamurları, atıksuların arıtımı sonucu oluşan, genellikle sıvı veya yarı katı formda, uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak ağırlık olarak %0.25 ile %12 katı madde içeren atıklardır (Tchobanoglous and Burton, 1991).

Arıtma çamurlarının özellikleri, evsel ve endüstriyel nitelikli olup olmadığına, arıtım için uygulanan proseslere ve çamur yaşına göre oldukça değişiklik göstermektedir. Endüstriyel atıksu arıtma çamurlarının özellikleri kaynaklarına bağlı olduğundan, kimyasal özellikleri konusunda bir genelleme yapmak güçtür. Ancak, evsel atıksu arıtma çamurları için bazı temsili değerler verilebilmektedir. Tablo 1'de arıtılmamış ve çürütülmüş çamurun tipik kimyasal kompozisyonunu ve özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 1. Arıtılmamış ve Çürütülmüş Çamurun Kimyasal Kompozisyonu ve Özellikleri

Parametre	Arıtılmamış Birincil Çamur		Çürütülmüş Birincil Çamur		Aktif Çamur
	Aralık	Tipik Değer	Aralık	Tipik Değer	Aralık
Toplam Kuru Madde, %	2.0-8.0	5.0	6.0-12.0	10.0	0.83-1.16
Uçucu Katı Madde*, %	60-80	65	30-60	40	59-88
Protein*, %	20-30	25	15-20	18	32-41
Azot (N)*, %	1.5-4	2.5	1.6-6.0	3.0	2.4-5.0
Fosfor (P ₂ O ₅)*, %	0.8-2.8	1.6	1.5-4.0	2.5	2.8-11.0
Potasyum (K ₂ O)*, %	0-1	0.4	0.0-3.0	1.0	0.5-0.7
Selüloz*, %	8.0-15.0	10.0	8.0-15.0	10.0	-
Silica (SiO ₂)*, %	15.0-20.0	-	10.0-20.0	-	-
pH	5.0-8.0	6.0	6.5-7.5	7.0	6.5-8.0
Alkalinite, mg CaCO ₃ /l	500-1,500	600	2,500-3,500	3,000	580-1,100
Organik Asit, mg HAc/l	200-2,000	500	100-600	200	1,100-1,700
Enerji İçeriği, Btu/lb	10,000-12,500	11,000	4,000-6,000	5,000	8,000-10,000

* Değerler kuru katı madde üzerinden verilmiştir.

3. KENTSEL VE ENDÜSTRİYEL KAYNAKLI ARITMA ÇAMURLARININ KOMPOSTLANABİLİRLİĞİ

Kentsel arıtma çamurları, bünyelerinde önemli miktarda azot (N), fosfor (P), potasyum (K) gibi temel bitki besin elementleri ile, bakır (Cu), demir (Fe), çinko (Zn) gibi iz elementleri bulunduran organik içerikli atıklardır (Zorpas, 1999). Kentsel arıtma çamurlarının, içeriğindeki organik ve mineral tuzlar nedeniyle kompostlandığı takdirde toprak özelliklerini iyileştirme, erozyonu önleme ve bitkiler için zengin besin maddesi sağlama gibi yararları bulunmaktadır (Haug, 1993). Nutrient konsantrasyonları, toprak ve bitki gereksinimine bağlı olarak değişmekle

birlikte, Tablo 2'de stabilize olmuş arıtma çamurları ve tarımsal amaçlı ticari gübrelerdeki nutrient seviyelerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Arıtma çamurlarının kompostlaştırılması ile atık hacmi %40-50 oranında azalmakta ve bertaraf için daha az alana ihtiyaç duyulmaktadır (Wong et al., 1995).

Kompostlaştırma prosesinde, termofilik faz süresince oluşan ısı nedeniyle patojen organizmaların ölmesi sağlanmakta ve hijyenik açıdan güvenli bir kompost üretilmektedir. (Furhacker and Haberl, 1995). Böylelikle kompostun ileriki aşamalarda kullanımındaki patojen riski ortadan kalkmaktadır.

Tablo 2. Arıtma Çamurları ve Tarımsal Amaçlı Ticari Gübrelerdeki Nutrient Seviyelerinin Karşılaştırılması (Tchobanoglous and Burton, 1991)

	Nutrient (%)		
	Azot	Fosfor	Potasyum
Tarımsal Amaçlı Gübreler	5	10	10
Stabilize Olmuş Arıtma Çamuru	3.3	2.3	0.3

Kompostlanmış arıtma çamurları, park, bahçe, golf sahaları vb. alanlarda yüzey toprağını iyileştirmek amacıyla kullanılabilir-mektedir (Tchobanoglous et al., 1993).

Endüstriyel arıtma çamurları, çevre ve insan sağlığını doğrudan veya dolaylı olarak tehdit edebilen maddeler içerebileceğinden, direkt olarak kompostlaştırılması mümkün değildir. Bu tür çamurların, özel işlemlerden geçiril-dikten ve tehlike yaratan kirleticiler minimum düzeye indirildikten sonra kompostlaştırıl-ması önerilmektedir (LaGrega et al., 1994).

Kompostlaştırma, geçmişte endüstriyel atıksu arıtma çamurlarının bertarafında uygulanmıştır. Günümüzde ise, daha çok gıda işleme endüstrilerinin arıtma

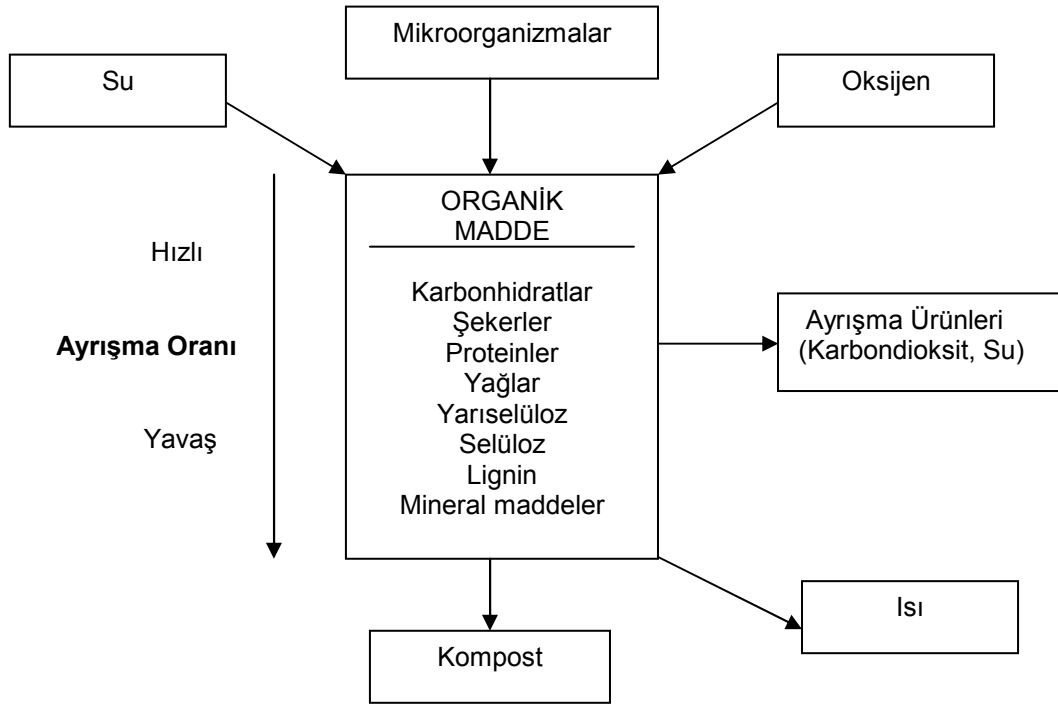
çamurlarına uygulanmaktadır. Bununla birlikte, kompostlaştırma için uygun özellikte organik madde üreten tekstil, kağıt-karton, farmasetik ve petrol gibi diğer endüstrilerde de uygulanmasına yönelik ilgi sürmektedir (Haug, 1993).

3. ARITMA ÇAMURLARININ KOMPOSTLAŞTIRMA PROSESİ

Kompostlaştırma, organik atıkların biyo-kimyasal olarak ayrıştırılarak karbondioksit, su, enerji ve kompost olarak nitelendirilen stabil bir ürün oluşturması prosesidir. Kompostlaştırma prosesi, optimal şartlar altında (1) mezofilik faz, (2) termofilik faz ve (3) olgunlaşma fazı olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Mezofilik faz, organik

maddelerin ilk ayrışmasının gerçekleştiği fazdır. Bu fazda mezofilik mikroorganizmalar tarafından çözülmüş ve kolay parçalanabilen organik bileşikler ayrıştırılmaktadır. Ayrışma sırasında ortaya çıkan ısı, kompost kütlesinin sıcaklığının hızla artmasını

sağlamaktadır. Bu aşama, birkaç gün sürmektedir. Sıcaklığın 40 °C'nin üzerine çıkması ile mezofilik organizmalar için yaşam koşulları bozulmakta ve yerlerini termofilik mikroorganizmalar almaktadır.



Şekil 1. Kompostlaştırma Prosesinin Şeması

Termofilik fazda, 55 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda materyal içindeki zararlı olabilecek patojenlerin ortamdaki uzaklaş-tırılması sağlanmaktadır. Birkaç günden birkaç aya kadar sürebilen termofilik fazda yüksek sıcaklıklar karbonhidrat, protein, yağ ve selüloz gibi kompleks organiklerin parçalanmasını hızlandırmaktadır. Yüksek enerji düzeyine sahip bu bileşiklerin miktarı azaldıkça, kompost sıcaklığı da orantılı olarak azalmaktadır.

Son aşama olan olgunlaştırma fazında, mezofilik mikroorganizmalar tekrar devreye girerek kalan organik maddeyi tüketmekte ve olgun kompost oluşumunu sağlamaktadır.

Kompostlaştırma prosesi, organik atıklar, mikroorganizmalar, nem ve oksijen arasındaki karmaşık bir etkileşimdir. Atık materyalinde, başlangıçta karışık bir mikroorganizma popülasyonu bulunmaktadır. Nem içeriği ve oksijen seviyesi uygun bir seviyeye getirildiğinde, mikrobiyal aktivite artmaktadır (Forster and Wase, 1987).

Mikroorganizmalar yaşamsal faaliyetleri için oksijen ve neme ek olarak, başta karbon ve azot olmak üzere fosfor ve potasyum gibi nütrientlere ve enzimatik fonksiyonları için bakır, nikel, molibden, demir, çinko ve sodyum gibi mikronütrientlere ihtiyaç duymaktadır. Bu ek ihtiyaçlar, atık materyali

tarafından sağlanmaktadır. Mikroorganizmalar, organik maddeyi bir besin kaynağı olarak kullanırken üremekte; CO₂, H₂O, başka birtakım organik ürünler ve enerji açığa çıkarmaktadır (Epstein, 1997; Williams, 1999).

Humusa benzer son ürün olan kompost, organik maddenin parçalanmaya karşı daha dirençli

kalıntılarını, ayrışma ürünlerini, ölü ve canlı mikroorganizma biyokütlesini ve bu maddeler arasında sonradan meydana gelen kimyasal reaksiyon ürünlerini kapsamaktadır. Kompostlaştırma prosesi süresince Tablo 3'te organik maddede bulunan temel bileşikler ve parçalanmaya karşı elverişliliği verilmiştir.

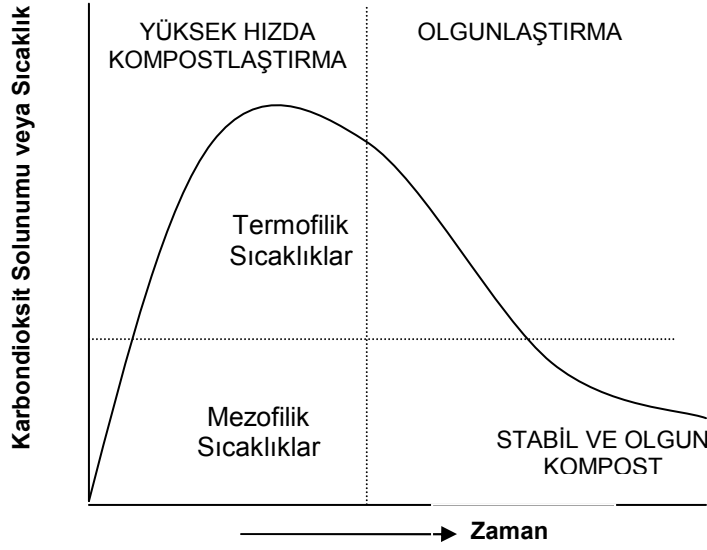
Tablo 3. Kompostta Bulunan Organik Bileşiklerin Mineralizasyona Elverişliliği (Epstein, 1997)

Organik Bileşikler	Mineralizasyona Elverişliliği
Şekerler	
Nişasta	
Glikojen	Çok elverişli
Pektin	
Yağ asitleri	
Gliserol	
Lipidler	
Yağlar	
Fosfolipidler	
Amino asitler	
Nükleik asitler	
Protein	
Yarı selüloz	Genellikle elverişli
Selüloz	
Kitin	
Düşük molekül ağırlıklı aromatikler ve alifatik bileşikler	
Lignoselüloz	Dirençli
Lignin	

Mikrobiyal aktivitenin başlangıcında, yığın içindeki boşluklarda oksijen konsantrasyonu %15-20, karbondioksit konsantrasyonu ise %0.5-5 arasında değişmektedir. Biyolojik aktivitenin ilerlemesiyle oksijen konsantrasyonu azalmakta ve buna bağlı olarak karbondioksit konsantrasyonu artmaktadır. Aerobik organizmalar ortamdaki oksijen konsantrasyonunun %5 düzeylerine düşmesine rağmen

yaşayabilmektedir. Ancak, aerobik kompostlaştırmanın optimal yürüyebilmesi için, oksijen konsantrasyonunun %10'dan büyük olması uygun görülmektedir (Epstein, 1997).

Şekil 2'de kompostlaştırma süresince sıcaklık ve karbondioksit solunumunun ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 2. Kompostlaştırma Prosesi Süresince Sıcaklık ve Karbondiyoksit Solunumunun Etkisi (Epstein, 1997)

Kompostlaştırma proseslerinde gözlenen en önemli mikroorganizmalar bakteri, aktinomi-set ve funguslardır. Diğer tüm gruplar, ikinci derecede öneme sahiptir. Bakteriler ve aktinomisetler, test edilen tüm sıcaklık aralıklarında funguslardan daha büyük oranlarda bulunmaktadır. Pek çok durumda, bakterilerin miktarı, funguslardan yüz veya daha fazla kez fazladır. Kesin bir sonuca dayanmasa da, kompostlaştırma süreci süresince mikrobiyal aktivitenin en az %80-90'ının bakteriler ve aktinomisetler tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir. (Haug, 1993).

Bakteriler, kompostlaştırma sürecinde organik madde ve bileşiklerin parçalanma-sından sorumlu en önemli mikroorganizma-lardır. Mezofilik sıcaklıklarda karbonhidrat, şeker ve proteinleri metabolize ederler. Termofilik sıcaklıklarda protein, lipid, yağ ve yarı-selülozları parçalarlar (Aasheim et al., 1985).

Aktinomisetler, bakteri ve küflerin çoğundan çok daha yavaş gelişirler ve kompostlaştırma sürecinin ilk aşamalarında rekabet edemezler. Bu mikroorganizmalar, kompost-laştırma

prosesinin sonuna yakın, özellikle karıştırılmayan bölgelerde kütlemin yüzeyinin yaklaşık 10-15 cm altında ipliksi bir tabaka veya mavi-gri ile yeşile yakın renklerde bir toz gibi açıkça görülebilir bir şekilde ortaya çıkarlar (Forster and Wase, 1987; Haug, 1993). Aktinomisetlerin şeker, nişasta, lignin, protein, organik asitler, polipeptidler ve yarı selülozlar gibi çok geniş aralıktaki organik maddeleri metabolize ettiği, ancak selülozları parçalayamadığı bilinmektedir (Aasheim et al., 1985). Fungiler, organoheterotrofik bakterilerin kullandıkları organik maddelerin çoğunu substrat olarak kullanırlar; bu nedenle aralarında bir rekabet söz konusudur. Fungiler, düşük nemli ortamlardan daha az etkilenirler. Atmosfer neminden absorblanan nemle beslenen kuru substratlarda büyüebilir ve şurup, reçel, salamura gibi yüksek osmotik basınca sahip materyallerden nem alabilirler. Geniş pH aralığına karşı dirençlidirler ve bakterilerden daha düşük azot ihtiyacına sahiptirler. Fungilerin tüm bu özellikleri, kompost-laştırma proseslerinde önemli rol oynamalarını sağlamaktadır. Ancak fungi aktivitesi, kompost sistemlerinde korunan şartlara bağlı olarak değişebilmektedir. Yüksek sıcaklık,

asidite ve anaerobik şartların, kompost yığınlarının içerisindeki fungi büyümesini kısıtlayabildiği ve termofilik fungusların rolünü engelleyebildiği bilinmektedir (Haug, 1993).

Protozoalar, organik maddenin birincil tüketicisi olmadığı için, algler ise fotosentetik bir yapıya sahip oldukları için, kompostlaştırma sistemlerinde önemli rol oynamamaktadır (Haug, 1993).

4. KOMPOSTLAŞTIRMA PROSESİNİN ARITMA ÇAMURLARI İÇİN KISITLAMALARI

4.1. Karbon/Azot (C/N) Oranı

Karbon ve azot, kompostlaştırma için iki önemli besin maddesidir. Karbon enerji kaynağıdır ve aynı zamanda hücre kütlelerinin %50'sini oluşturan temel yapı taşıdır. Azot ise, hücre büyümesi ve fonksiyonu için gerekli olan protein, nükleik asit ve enzimlerin temel bileşenidir (Henry et al., 1999).

Kompostlaştırma sürecinin uygun olarak gelişmesi ve iyi bir son ürünün elde edilmesi için C/N oranının önemi büyüktür. Kompostlaştırma için optimal C/N oranı 30:1 olarak verilmektedir.

C/N oranı, çürütülmüş çamur için 15.7:1, ham aktif çamur için ise 6.3:1 olarak belirlenmiştir. Optimal değerler oldukça altında olan bu değerler, ortamda ihtiyaçtan fazla azot bulunduğunun bir göstergesidir. Bu durum, fazla azotun amonyak gazı olarak istenmeyen koku oluşturmaya neden olmaktadır (Haug, 1993).

C/N oranını dengelemek için, kompostlaştırma prosesinden önce ortama yaprak, ağaç kabukları, talaş ve öğütülmüş kağıt gibi karbon açısından zengin materyallerin ilavesi gerekli olmaktadır.

4.2. Ağır Metaller ve Organik Kirlenimler

Aritma çamurlarının ağır metal içeriği oldukça değişiklik gösteren bir parametredir. Ağır metaller, özellikle endüstriyel atıksu arıtma çamurlarında karşılaşılan bir problem olmakla birlikte, evsel nitelikli atıksu arıtma çamurlarında da yüksek konsantrasyonlarda bulunabilmektedir. Ağır metal içeriği yüksek arıtma çamurları, kompostlanmadan önce arıtılmalı ve uygun seviyelere gelmesi sağlanmalıdır. Tablo 4'te arıtma çamurlarının ağır metal içerikleri ile ilgili olarak tipik değerler verilmiştir.

Tablo 4. Atıksu Arıtma Çamurlarının Ağır Metal Konsantrasyonları
(Tchobanoglous and Burton, 1991)

Metaller	Kuru Ağırlık, mg/kg	
	Aralık	Tipik Değer
Arsenik	1.1-230	10
Kadmiyum	1-3,410	10
Krom	10-99,000	500
Kobalt	11.3-2,490	30
Bakır	84-17,000	800
Demir	1,000-154,000	17,000
Kurşun	13-26,000	500
Mangan	32-9,870	260
Civa	0.6-56	6
Molibden	0.1-214	4
Nikel	2-5,300	80
Selenyum	1.7-17.2	5
Kalay	2.6-329	14
Çinko	101-49,000	1700

4.3. Nem İçeriği

Kompostlaştırmada, biyokimyasal ayrışmayı gerçekleştiren organizmaların aktiviteleri için su oldukça önemlidir. Mikroorganizmalar besinlerini ancak suda çözülmüşlerse alabilmektedir. Bu nedenle, %30 ve daha düşük nem oranları, kompostta mikrobiyal aktiviteyi engellemektedir. Bu gibi durumlarda, prosese su ilavesi gerekmektedir (Richard, 1998; MacConnell and Jimerson, 2003).

Kompostlaştırma proseslerinde, optimal nem içeriği %50 olarak verilmektedir (Tchobanoglous et al., 1993). Arıtma çamurlarının nem içeriği, uygulanan prosese göre değişmekle birlikte, genellikle yüksek seviyelerde bulunmaktadır. Oksijen suda havadakinden çok daha yavaş yayıldığı için, %65 ve daha yüksek nem içeriği, oksijen girişini azaltmaktadır. Bu azalma iki şekilde oluşmaktadır: Birincisi, nemli kompost hidrofilik olduğundan su, partiküllerin yüzeylerine kuvvetli bir şekilde tutunmakta ve her bir partikülün çevresindeki su filminin kalınlığını arttırmaktadır. İkincisi ise, kapilariteden dolayı partiküller arası boşluklar su ile dolmakta ve oksijen difüzyonu azalmaktadır. Bu durumda, ayrışma yavaşlamakta, kötü kokular ve anaerobik şartlar oluşmakta, sızıntı suyuna besin maddesi karışabilmektedir (Rynk, 1992).

4.4. Patojenler

Arıtma çamurlarının kaynaklarının sayılama-yacak kadar çok farklılık gösterdiği ve her bir kaynaktan gelen besin ile değişik organizmaların bu kütlede yer alacağı düşünüldüğünde, bu kütlede patojen mikroorganizmaların üremesi mümkündür. Arıtma çamurlarında bulunan patojen organizmalar, bakteriler, protozoa kistleri, solucan yumurtası ve funguslar olmak üzere beş grupta toplanabilir.

Kompostta patojenleri yok etmenin etkili yolu yüksek sıcaklıklar yaratmaktır (Genç, 1999). Spor teşkil etmeyen organizmaların hayatsal faaliyetlerinin bitmesiyle direkt ölüm meydana gelirken, spor teşkil edenler faaliyet göstermeyen sporları sayesinde uzun süre yaşayabilmektedirler. Ancak, işletme esnasında faydalı mikroorganizmaların da ölmesine imkan vermemek için kompost sıcaklığının 65 °C'nin üzerine çıkması istenmemektedir (Williams, 1999).

Kompostlaştırma prosesinde ısı, organik maddenin mikrobiyal ayrışmasının yan ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Isı üretimi, arıtma çamurunun yığın büyüklüğüne, nem içeriğine, havalandırılmasına ve C/N oranına bağlıdır. Dış ortam sıcaklığı da kompost sıcaklığını etkileyebilmektedir (Rynk, 1992).

DeneySEL çalışmalar, iyi planlanmış bir kompostlaştırma sisteminde, kütle izole edildiğinde, mikroorganizmaların metabo-lizma olayları sonucunda açığa çıkan ısı ile 60-65 °C'ye ulaşıldığını göstermiştir (Stentiford, 1987).

Kompostlaştırma prosesinde, mezofilik ve termofilik sıcaklık fazının her ikisi de gözlenmektedir. Ayrışma, en hızlı şekilde termofilik fazda (40-60 °C) gerçekleşmektedir. Bu aşama, sistemin büyüklüğüne ve kompost bileşimine bağlı olarak birkaç haftadan birkaç aya kadar sürebilmektedir. EPA (1994)'ya göre patojen sayısında önemli bir azalma sağlayabilmek için, kompostun sıcaklığının 5 gün 40 °C'de kalması ve bu süre içerisinde en az 5 saat 55 °C'nin üzerine çıkması gerekmektedir.

5. SONUÇ

Evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında, gerek ön arıtımla, gerekse biyolojik arıtımla önemli miktarda çamur oluşmaktadır. Atıksuların arıtımı sonucu oluşan çamurlar, arıtılmamış sudaki kirleticilerin büyük bir bölümünü içermekte ve çevreye verilebilmesi için uygun işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Kompostlaştırma, arıtma çamurlarının önemli miktarda nütrient ve mineral tuzlar içermesi ve atık hacmini önemli miktarda azaltması nedeniyle arıtma çamurlarının uzaklaştırılmasında önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, arıtma çamurlarının kompostlaştırılmasında, atığın yüksek nem içeriği, patojen içeriği, düşük C/N oranı, ağır metal ve organik kirleticiler açısından durumu dikkatle ele alınmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Aasheim, S.E., Newbry, B.W., Graef, S.P., Zickefoose, G.S. and Karney, P.T., 1985. Sludge Stabilization Manual of Practice, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., p. 55-80.

EPA, 1994. A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule, EPA/832/R-93/003, Washington, D.C.

Epstein, E., 1997. The Science of Composting, Technomic Publishing Company, Inc., U.S.A., 487 p.

Forster, C.F. and Wase, D.A.J., 1987. "Composting and Straw Decomposition", Environmental Biotechnology, Ellis Horwood Ltd., John Wiley & Sons, Inc., Chisestek, p. 135-175.

Furhacker, R. and Haberl, R., 1995. "Composting of Sewage Sludge in a Rotating Vessel", Water Sci. Technol., 32, p. 121-125.

Genç, N., 1999. Arıtma Çamurlarının Aerobik Kompostlama ve Çürütme Prosesleri, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Haug, R.T., 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering, Lewis Publishers, U.S.A., 717 p.

Henry, C., Sullivan, D., Rynk, R., Dorsey, K. and Cogger, C., 1999. Managing Nitrogen from Biosolids, Funded by Washington State Department of Ecology and Northwest Biosolids Management Association, Washington, D.C.

LaGrega, M.D., Buckingham, P.L. and Evans, J.C., 1994. "Composting", Hazardous Waste Management, McGraw-Hill, Inc., Singapore, p. 625-630.

MacConnell, C. and Jimerson, J., 2003. "Fundamentals of Composting", 2003 Master Rcyler Composter Training Course Notes, Whatcom Country Solid Waste Division and Washington State University Whatcom Country Cooperative Extension, Bellingham, WA.

Richard, T., 1998. Composting Strategies for High Moisture Materials, Biocycle, 39, p. 46-51.

Rynk, R., 1992. On-Farm Composting Handbook, Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Stendiford, E.I., 1987. "Recent Developments in Composting", Compost: Production, Quality and Use, Eds. De Bertoldi, N., Ferranti, M.P.,

L'hermite, P. and Zucconi, F., Elsevier Applied Science, Great Britain.

Tchobanoglous, G. and Burton, F.L., 1991. "Design of Facilities for the Treatment and

Disposal of Sludge", Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse, Third Edition, McGraw-Hill, Inc., Singapore, p. 765-915.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S., 1993. "Aerobic Composting", Integrated Solid Waste Management, McGraw-Hill, Inc., Singapore, p. 684-697.

Turan, N.G., 2003. Samsun Kentsel Katı Atıklarının Kompostlaştırılmasında Genleş-tirilmiş Perlit ve Doğal Zeolitin Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Williams, P., 1999. Composting-Waste is a valuable resource, Crop & Food Research Limited, New Zealand Institute, Christchurch, New Zealand.

Wong, J.W.C., Li, S.W.Y. and Wong, M.H., 1995. "Coal Fly Ash as a Composting Material for Sewage Sludge: Effects on Microbial Activities", Environ. Technol., 16, p. 527-537.

Zorpas, A.A., Vlyssides, A.G. and Loizidou, M., 1999. "Dewatered Anaerobically-Stabilized Primary Sewage Sludge Composting: Metal Leachability and Uptake by Natural Clinoptilolite", Commun. Soil Sci. Plant Anal., 30 (11&12), p. 1603-1613.

PCB(POLİKLORLU BİFENİL)LER VE ÇEVREYE ETKİLERİ

Feyza YILMAZ, Yüksel ORHAN

Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 55139, Kurupelit / Samsun

ÖZET: PCB'ler, 1 ile 10 arasında klor içeren iki fenil grubundan oluşan non-polar klorlu hidrokarbonlardır. Fenil gruplarında yer alan klor atomlarının sayısı ve pozisyonuna bağlı olarak 209 adet PCB kongeneri bulunmaktadır. PCB'lerin temel özellikleri mükemmel termal kararlılıkları, asit ve bazlara karşı güçlü dirençleri, düşük buhar basınçları, suda oldukça düşük çözünürlükleri, yüksek dielektrik sabitleri ve kimyasal olarak inert bir yapıya sahip olmalarıdır. Bu özelliklerinden dolayı kapasitörlerde, hidrolik akışkanlarda, baskı ürünlerinde oldukça geniş uygulama alanına sahiptirler. Çevreye evsel ve endüstriyel atıklardan ve bunların yakılmaları sonucu girmektedir. Sudan daha yoğun olmaları ve suda çok az çözünmeleri nedeniyle, göllerde ve nehirlerde toprak ve sedimana adsorblanarak birikme eğilimi göstermektedirler.

Anahtar Kelimeler: Poliklorlubifeniller (PCB), klorlu hidrokarbonlar, kongener.

THE PCB(POLYCHLORINATED BIPHENYL)S AND THEIR ENVIRONMENTAL EFFECTS

ABSTRACT: PCBs are non-polar chlorinated hydrocarbons that have two phenyl groups substituted with 1 to 10 chlorine atoms. There exist 209 congeners according to the number and positions of the substituted chlorine atoms on the phenyl groups. The main properties of PCBs are excellent thermal stability, strong resistance to attack by acids and bases, general chemical inertness, low vapor pressures, extremely low water solubilities, and high dielectric constants. Because of these properties, they have been widely used in the capacitors, plasticizers, hydraulic fluids, printing products. They enter the environment from municipal and industrial wastes and from burning of refuse. Since PCBs have higher density than water and very low water solubility, they tend to accumulate by adsorption into the soils or sediments of lakes and rivers.

Key Words: Polychlorinated biphenyls (PCBs), chlorinated hydrocarbons, congener.

1. GİRİŞ

Poliklorlu bifeniller, endüstriyel olarak üretilen oldukça zararlı kimyasallardır. Doğada bilinen doğal PCB yoktur. Yapılarındaki klorun sayısı ve pozisyonuna göre 209 çeşit farklı PCB kongeneri üretilmektedir. Fiziksel özellikleri nedeniyle endüstride çok fazla kullanım alanları mevcuttur. Özellikle akümülatör ve transformatörlerde akışkan olarak kullanılmaktadır. PCB içeren materyallerin üretimleri, kullanımları ve bertarafı sırasında çevrede açığa

çıkarlar. Açığa çıktıktan sonra, çevrede uzun süre kalabilmeleri ve toksik özellik göstermeleri gibi nedenlerle oldukça önemli bir kirletici grubudur. Hidrofobik yapıları gereği organik maddeye sıkıca bağlanma eğilimindedirler ve bu da toprakta ve sedimanlarda birikmeleriyle sonuçlanır. PCB'ler çevreye 3 ana yoldan yayılmaktadırlar:

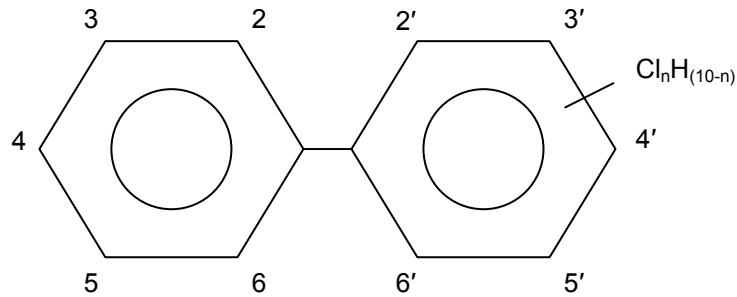
(1)Etkinliğini kaybeden yalıtkan sıvıların, kondansatörlerin, PCB içeren diğer hurda malzemelerin çöplüklerde

veya özel depolama alanlarında birikmesi, yağışlarla yeraltı sularına, göllere ve nehirlere karışması,
(2) Transformator ve kondansatörlerden sızan yağların toprağa karışması,
(3) Bu malzemelerin yakılması.

Bu yollarla açığa çıkan PCB'ler, uzun mesafelere kadar yayılmaktadırlar. 1989 yılından itibaren OECD'ye üye ülkelerde PCB üretim ve tüketimi kesinlikle yasaklandığından, bu ülkelere 50 ppm'in üzerinde PCB hiç bir tarım veya sanayi ürünü sokulmamaktadır. Aynı kararın gelecekte PCB kullanımıyla ilgili hiçbir kısıtlama ve

önlemin bulunmadığı ülkemizi de etkilemesi beklenmektedir (Yılmaz ve Orhan, 2006).

1978'de Almanya'da önce açık sistemlerde, 1983 yılından itibaren de tamamen PCB kullanımı yasaklanmıştır. PCB'nin 23.05.2001 tarihinde 12 POP's (kalıcı organik kirletici) arasında yer aldığı kabul edilmiş olup Stocholm Konferansı'nda dünyadaki kullanımı yasaklanmıştır. Avrupa Birliği yasaları gereği 2010 yılına kadar Türkiye'deki tüm PCB'li trafoların ve tüm ürünlerin imhası zorunludur.



Şekil 1. Poliklorlu bifeniller

PCB içeren hidrolik yağlar, PCB içeren yalıtım ya da ısı iletim yağları, çeşitli ömrünü tamamlamış araçlardan kaynaklanan PCB bileşimleri, PCB içeren transformator ve kapasitörler ve PCB içeren inşaat ve yıkım malzemeleri 14 Mart 2005'de yayınlanan 25755 sayılı Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde "Tehlikeli Atık" olarak tanımlanmış ve yine aynı yönetmelikte 1 ppm (mg/kg)'den büyük konsantrasyonlarda PCB içeren tehlikeli atıkların evsel katı atık depo tesisine depolanması yasaklanmıştır. Buna rağmen bu tür atıklara evsel katı atık depolama alanlarında ve sızıntı sularında sıkça rastlanmaktadır.

Deponi alanlarındaki ve çevresindeki toprakların, yüzeysel ve yeraltı sularının, havanın kirlenmesi, kirleticilerin türü, konsantrasyonları ve dağılımları, kimyasal, fiziksel ve

biyolojik süreçlere olan dayanıklılıkları ile direkt ilişkili olduğundan, PCBler gibi toksik, dirençli organik kimya-salların deponi alanlarındaki davranışlarının izlenmesi oldukça önemlidir.

2. PCB'LERİN KİMYASAL YAPISI

PCB, tek bir karbon-karbon bağıyla birleştirilmiş iki tane 6-karbonlu benzen halkasını kapsayan iki halkalı yapıda olan bifenil (C₁₂H₁₀)' e klor (Cl₂) eklenmesiyle oluşan kimyasal bileşiklerin bir kategorisi veya ailesidir. "Aromatik" (benzen) halkasının doğası, her bir karbona tek bir bağlanmaya müsaade eder. Bu da klorun yer değiştirmesi için (orijinal bifenildeki Hidrojenlerle yer değişen) 10 tane mümkün pozisyon olduğunu göstermektedir. Tek bir Şekil 1'de PCB molekülü-nün yapısı görülmektedir.

PCB'ler mükemmel termal kararlılığa sahip; oksidasyona, asitlere, bazlara ve diğer kim-yasal ajanlara karşı dirençli, düşük buhar basınçlı (düşük klor içerikliler daha fazla uçucu), gerçekten çok düşük suda çözünürlüğü (klor sayısının artmasıyla azalmakta) olan ve mükemmel dielektrik özellikleri olan maddelerdir. Bu özelliklerinden dolayı kapasitörler ve transformatörlerde dielektrik sıvısı, hidrolik sistemlerde, gaz türbinlerinde ve vakum pompalarında endüstriyel akışkan olarak kullanılmaktadırlar (Hutzinger, 1974).

3. PCB KONGENERLERİ

PCB kategorisindeki herhangi bir tek ve iyi tarif edilmiş kimyasal bileşik bir "Kongener" olarak adlandırılmaktadır. Bir kongenerin ismi klorların toplam sayısını ve her bir klorun pozisyonu belirtmektedir. Örneğin, 4,4'-Diklorobifenil iki karbonun her birinin iki halkanın "4" (para) pozisyonunda olduğu, iki klorlu bifenil yapısını içeren bir kongenerdir. Toplam 209 adet PCB kongeneri bulunmaktadır.

3.1. Kongener İsimleri

Verilen herhangi bir PCB kongeneri için (bütün pozisyonların klorlu olduğu dekalobifenil dışında) her zaman klor pozisyonlarının numaralanabileceği mümkün bir durum daha bulunmaktadır. Çünkü iki benzen halkası birbirinin aynısıdır ve bağlantı bağı etrafında serbestçe dönebilmektedirler. Burada hem IUPAC hem

de CAS tarafından kabul edilen düzende isimlendirme yapılmasına gayret edilmiştir. Birden fazla ardışık numaralandırma mümkün olduğunda en düşük numara veya numaralarla başlayan tercih edilir ve "asıl olmayan (unprimed)" numaraya karşılık gelen "asıl (primed)" bir numara gözönünde bulundurulmaktadır. Bu yüzden, yukarıdaki örnekte ardışık 2,3',4'-tercih edilmiştir.

3.2. Kongener Numaraları

Ballschmiter & Zell, 1980'de basılan makalelerinde 209 PCB kongeneri için, verilen bir kongenerin basitçe, kesinlikle ve doğru olarak belirlenmesi için mükemmel bir yöntem sağlayan, ardışık numaraların bir sistemini ortaya koymuşlardır. "BZ" numaraları uluslararası boyutta benimsemiş olup, facto standardı olarak kabul edilmiştir.

Homologlar, eşit sayıda klor içeren PCB kongenerlerinin alt kategorisidir. Örneğin "Tetraklorobifeniller" (ya da "Tetra-PCB'ler", "Tetra-CB'ler", veya sadece "Tetralar") herhangi bir düzende olabilen kesinlikle 4 klorlu bütün PCB kongenerleridir. Tablo 1'de her bir homologdaki kongener sayıları verilmiştir.

Tablo 1. PCB Homologları

PCB Homologları		
Homolog	Cl Substituents	PCB Kongenerleri
Monoklorobifenil	1	3
Diklorobifenil	2	12
Triklorobifenil	3	24
Tetraklorobifenil	4	42
Pentaklorobifenil	5	46
Hexaklorobifenil	6	42
Heptaklorobifenil	7	24
Oktaklorobifenil	8	12
Nonaklorobifenil	9	3
Dekaklorobifenil	10	1

4. PCB KARIŞIMLARI

Bir kaçı hariç PCB'ler, klorinin ağırlıkça kesin bir hedef yüzdesine ulaşana kadar bifenil yığınlarının ileri klorinizasyonu ile kongenerlerin kompleks bir karışımı olarak üretilmektedir. Yüksek klorin yüzdeleri ticari karışımlar, daha ağır klorlanmış kongenerlerin, daha yüksek oranlarını içermektedirler, fakat bütün kongenerlerden tüm karışımlarda belli düzeylerde bulunmaları beklenebilmektedir. Bir kez çevrede açığa çıktığında ve havanın tesiri altına girdiğinde veya bitkiler, hayvanlar tarafından alındığında ve kısmi olarak depolandığında, metabolize olduğunda, salgılandığında, kongener

oranlarında önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Bu nedenle, verilen bir çevresel örnekte kaynak karışımların belirlenmesi çok zor, hatta imkansızdır. PCB birçok isim altında üretilip satılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı "Aroclor" serisidir.

5. PCB'LERİN TİCARİ İSİMLERİ

Doğada bilinen doğal PCB yoktur ve susuz klorla bifenilin klorinizasyonu ile endüstriyel olarak üretilirler. Üretildikleri ülkeye, fabrikaya göre değişik ticari isimler alırlar. Tablo 2'de PCB'lerin ticari isimleri, Tablo 3'de de dünyada ki en büyük PCB üreticileri gösterilmektedir.

Tablo 2. PCB'lerin Ticari İsimleri

PCB Ticari İsimleri ve Diğer Semboller		
Aceclor	Diaclor	PCB
Adkarel	Dicolor	PCB's
ALC	Diconal	PCBs
Apirolio	Diphenyl, chlorinated	Pheaoclor
Apirorio	DK	Phenochlor
Arochlor	Duconal	Phenoclor
Arochlors	Dykanol	Plastivar
Aroclor	Educarel	Polychlorinated biphenyl
Aroclors	EEC-18	Polychlorinated biphenyls
Arubren	Elaol	Polychlorinated diphenyl
Asbestol	Electrophenyl	Polychlorinated diphenyls
ASK	Elemex	Polyklorobifenil
Askael	Elinol	Polychlorodiphenyl
Askarel	Eucarel	Prodelec
Auxol	Fenchlor	Pydraul
Bakola	Fenclor	Pyraclor
Biphenyl, chlorinated	Fenocloro	Pyrалene
Chlophen	Gilotherm	Pyranol
Chloretol	Hydol	Pyroclor
Chlorextol	Hyrol	Pyronol
Chlorinated biphenyl	Hyvol	Saf-T-Kuhl
Chlorinated diphenyl	Inclor	Saf-T-Kohl
Chlorinol	Inerteen	Santosol
Klorobifenil	Inertenn	Santotherm
Chlorodiphenyl	Kanechlor	Santothern
Chlorphen	Kaneclor	Santovac
Chorexol	Kennechlor	Solvol
Chorinol	Kenneclor	Sorol
Chorinol	Leromoll	Soval
Clophen	Magvar	Sovol
Clophenharz	MCS 1489	Sovtol
Cloresil	Montar	Terphenychlore
Clorinal	Nepolin	Therminal
Clorphen	No-Flamol	Therminol
Dekachlorodiphenyl	NoFlamol	Turbinol
Delor	Non-Flamol	
Delorene	Olex-sf-d	
	Orophene	

Tablo 3. Dünyadaki Büyük PCB Üreticileri

Üretici	Ülke	PCB Ticari İsmi
Monsanto	USA ve İngiltere	Aroclor
Bayer	Almanya	Clophen
Prodelec	Fransa	Phenoclor ve Pyralene
Kanegafuchi	Japonya	Kanechlor
Mitsubishi-Monsanto	Japonya	Santotherm
Caffaro	İtalya	Fenclor
Sovol	Rusya	
Chemko	Çekoslovakya	

6. PCB'LERİN SINIFLANDIRILMASI

PCB içeren materyaller mevcut PCB'lerin konsantrasyonlarına göre sınıflandırılır. PCB içeren materyallerin üç sınıflandırması yapılmıştır. Federal ve Kaliforniya Eyalet-leri'nde PCB sınıflandırmasında farklılıklar

bulunmaktadır. Federal düzenlemede 50 ppm PCB'den az konsantrasyonlu atık PCB'siz atık olarak tanımlanır-ken, Kaliforniya Eyaletinde PCB'siz atık olarak tanımlanabilmesi için 5 ppm'den daha az konsantrasyonda olması gerekmektedir.

Tablo 4. PCB'lerin Konsantrasyonlarına Göre Sınıflandırılması

• PCB	≥500 ppm
• PCB ile kirlenmiş <ul style="list-style-type: none">○ TSCA-federal regulated○ California-state regulated	≥5 - <500 ppm
	≥50 ppm
	≥5 - 49 ppm
• PCBsiz	<5 ppm

7. PCB MATERYALLERİNİN TANIMLANMASI

200'den fazla PCB izomeri ve bileşiği, akışkan, yağlı, kristalli katı ve sert reçine gibi farklı özellikler göstermektedir. PCB'leri ayırt etmek analitik metotlar kullanmadan çok zordur. Arazi tarama teknikleri klorin varlığı için test edilebilir fakat PCB'leri ve PCB konsantrasyonlarını belirlemek için laboratuvar analizi şarttır. PCB'leri belirle-medeki zorluk, onları içeren malzeme ve materyallerin düzgün bir şekilde etiketlen-mesinin önemini vurgulamaktadır.

PCB materyalleri ayarlamalarla iki ana gruba ayrılmıştır: PCB'ler ve PCB parçaları. PCB parçaları da daha sonra dört kategoriye ayrılmıştır:

- PCB eşyaları
- PCB konteynerleri
- PCB eşya konteynerleri
- PCB malzemeleri

Atık üreticileri kanunlarla, atık olarak atılacak PCB içeren malzemeleri düzgün bir şekilde etiketle yükümlülüğündedirler. Eğer üreticisi tarafından laboratuvar analizleriyle etiketlenmemişse bu tür PCB eşyaları ve malzemelerinin sahipleri PCB'yi tanımla-makla yükümlüdürler.

8. PCB'LERİN KULLANIM ALANLARI

PCB'ler yaygın olarak aşağıdaki ticari ürünlerde kullanılmaktadırlar:

- Yapıştırıcılar,
- Transformatörler,
- Büyük, yüksek ve düşük voltajlı kapasitörler,
- Sıvı soğutmalı elektrik motorları,
- Hidrolik sistemler,
- Florasan lamba yağları,
- Elektromagnetler,
- Sıvı dolu kablolar,
- Mikroskop ağız ortamları ve batma yağı,
- Voltaj ayarlayıcılar,

- Vakum pompaları,
- Mikrodalga fırınlar,
- Elektronik malzemeler.

9. ETİKETLEME GEREKSİNİMLERİ

Eğer malzeme, üreticisi tarafından orijinal olarak etiketlenmemişse, bu malzemenin üreticisi tarafından etiketlenmesi zorunludur. Malzemeler PCB sınıflandırmasına aşağıdaki şekilde etiketlenmektedirler:

- PCB konteynerleri,
- PCB transformatörleri,
- Büyük, yüksek ve düşük voltajlı PCB kapasitörleri (servis dışı olduğunda),
- Elektrik motorları (PCB serinletici kullanarak),
- PCB ısı transfer sistemleri,
- PCB eşya konteynerleri,
- PCB depolama alanları,
- PCB ulaşım araçları.

Standart PCB etiketleri karedir ve 1-in. artışla, 2in.x 2in.' den 3in.x 3in.' e kadar kullanılabilirler. Eğer standart

PCB etiketi malzemenin üzerine yapıştırmak için çok büyük gelirse, 1-in.x 2-in' lik PCB etiket yerleştirilebilir.

Eşyanın PCB konsantrasyonunu belirleyen analitik sonuçlar varsa, etiketin üstüne sabit bir kalemle konsantrasyon yazılmalıdır. Malzemedeki PCB konsantrasyonu 5 ppm'den az bulunduyorsa "PCB'siz" etiketi malzemeye yapıştırılmalıdır.

Bir PCB eşyası servis dışı olduğunda, üreticisi veya kullanıcısı PCB eşyasının veya konteynerinin üzerine servis dışı olduğu tarihi belirten bir etiket yapıştırmalıdır.

10. PCB MALZEMESİNİN DENETİMİ

Spesifik PCB malzemesinin üretici veya kullanıcısı, malzemenin denetimini düzenli bir temele oturtmakla ve malzeme denetim logoları oluşturmakla yükümlüdürler. Tablo-5 PCB'ler ve PCB içeren malzemeler için gereken ve şart olan denetim sıklığını göstermektedir.

Tablo 5. Denetleme Sıklığı

Malzeme Tanımı	Denetleme Sıklığı
PCB transformatörleri	3 ayda 1 istenir
PCB-ile kirlenmiş transformatörler	3 ayda 1 tavsiye edilir
PCB kapasitörleri	Yıllık tavsiye edilir
PCB elektromagnetleri, anahtarlar and voltaj ayarlayıcılar	Besinlerin yanında ise haftada 1 istenir; diğer takdirde 3 ayda 1 tavsiye edilir
PCB-ile kirlenmiş lektromagnetleri, anahtarlar and voltaj ayarlayıcılar	3 ayda 1 tavsiye edilir
Atılmak için saklanan büyük PCB kapasitörleri	Haftada 1 istenir
Atılmak için saklanan PCB konteynerleri ve eşyaları	Ayda 1 istenir

11. PCB'LERİN ÇEVREYE ETKİLERİ

PCB'ler havaya, suya ve toprağa üretimleri, kullanımları ve bertarafı esnasında girmektedirler. Ayrıca kazayla dökülmeler ve ulaşım esnasında sızıntılarla; ve PCB içeren ürünlerdeki sızıntı ve yanmalarla da girebilmektedirler.

PCB'ler, ayrıca endüstriyel atıkların veya tüketim ürünlerinin düzensiz bertarafı; PCB içeren eski elektrik transformatörlerinden oluşan sızıntı; ve insineratörlerdeki bazı atıkların yanması esnasında da ortaya çıkabilmektedirler.

PCB'ler çevrede hemen bozunmamaktadırlar ve bu yüzden çok uzun süre kalabilmektedirler. PCB'ler havada çok uzun mesafeler alabilmektedirler ve açığa çıktıkları alanlardan çok uzaktaki alanlarda birikebildikleri bilinmektedir. Suda küçük miktarlarda çözünmemiş PCB mümkün olabilmektedir, fakat çoğu PCB'ler organik partiküllere ve dip sedimana tutunmaktadır. PCB'ler ayrıca toprağa da kuvvetli tutunurlar. PCB'ler suda küçük organizmalar ve balıklar tarafından alınmaktadır. Bu durum, akuatik hayvanları yiyen diğer hayvanlar tarafından da alınmalarına neden olmaktadır.

12. PCB'LERİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

İnsanlarda en yaygın olarak açığa çıkan sağlık etkileri, büyük miktarlarda PCB'ye maruz kalınmasıyla deride akne ve döküntü meydana gelmesidir. Yapılan çalışmalarda PCB'ye maruz kalan çalışanlarda kan ve üredede değişimler zararın etkisini göstermektedir. Büyük miktarlarda PCB içeren yiyecekleri çok kısa bir zaman periyodunda yiyen hayvanlarda hafif bir takım hasarlara ve bazen de

ölüme rastlanmıştır. Birkaç hafta veya ay boyunca küçük miktarlarda PCB içeren yiyecek yiyen hayvanlarda anemi, akne gibi benzeri deri problemleri, karın ve troid bezlerinde yaralar gibi çok çeşitli sağlık problemleri gelişebilmektedir. Hayvanlardaki diğer etkiler, immün sistemindeki birtakım değişiklikleri içermektedir. Aroclor 1260, Aroclor 1254 ve Kanechlor 200ü içeren bazı PCB karışımları, hayvanlarda yapılan deneylerde, yeterli kanser oluşumuna bağlı olarak orta derecede kanserojen olarak tanımlanmaktadır. Diyetinde PCB konsantras-yonları yönetildiğinde, Aroclor 1260'in farelerde her iki cinsiyette de karaciğer tümörlerine, neoplastik nodüllere ve diğer kanser türlerine neden olduğu görülmüştür.

İş yerinde Aroclor 1254'e maruz kalan küçük bir grup erkekte, deri kanserinin oluşumu rapor edilmiştir. Bir kapasitör fabrikasında PCB'ye altı ay süreyle maruz kalan 1310 çalışan üzerinde yapılan bir çalışma, erkek işçilerde kanserin her türünün çok aşırı arttığını göstermiştir.

13. TOKSİK MADDELERİN KONTROLÜ MEVZUATINDA PCB HAKKINDAKİ DÜZENLEMELER

1960'ların ortalarından itibaren, PCB'lerin doğal yaşamı tehdit eden bir unsur olduğu anlaşılmaya başlanmıştır. Bunun üzerine Birleşik Devletler'de 1969'da kurulan Çevre Kalite Konseyi (CEQ) ve 1970'de kurulan Çevre Koruma Kurumu(EPA), PCB problemi üzerinde birlikte çalışmaya başlamışlardır. Mayıs 1972'de çıkarılan bir raporda, PCB birikimine her yerde rastlandığına, miktarının tam olarak belirlenememesine karşılık kesinlikle zararlı olduğuna ve PCB kullanımının insanla minimal düzeyde temas

edecek şekilde kısıtlanması gerektiğine yer verilmiştir. Bu raporla birlikte PCB ile mücadele başlamıştır. 1971'de evsel ticari eşya malzemesi üreten Monsanto firması gönüllü olarak PCB satışını yalnızca "kapalı sistem kullanıcısı" olan transformatör ve kapasitör üreticileri ile kısıtlamıştır. Monsanto aynı zamanda en az toksik etkiye sahip olan PCB karışımını piyasaya sürmüştür.

Şubat 1973'de İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD), PCB kullanımını dünya çapında kısıtlamaya yönelik tavsiyeler içeren bir direktif yayınlamıştır. EPA, PCB seviyesini 0.01 ppb'nin altına düşürmek için su kalitesi standartlarını yükseltmeyi önermiş ve toksik olarak kabul ettiği PCB'ler için 1972'de Federal Su Kirliliği Kontrol Hareketi'nde Ulusal Deşarj Standartları'na uygun olarak düzenlemeler yapmıştır. Şubat 1977'de PCB'lerin transformatör ve kapasitör üreticileri tarafından deşarji tamamen yasaklanmıştır.

1976'da kongre, Toksik Maddelerin Kontrolü Yasası'nı çıkartarak (TSCA), PCB'lerin üretimi, işlenmesi, dağıtımı, kullanımı, bertarafı ve etiketlenmesinin kontrolü konusunda EPA'ya yetki vermiştir. TSCA 1 Ocak 1978'den sonra PCB'lerin kullanımını genel olarak yasaklamıştır. Bu konuda ancak iki istisnaya izin verilmiştir. Bunlar, "tümüyle kapalı bir şekilde çalıştırıldığında" ve "sağlıklı ve çevreye aşırı bir zarar verme riski söz konusu değildir görüşü alındığı durumlarda" kullanılmaları şeklinde özetlenebilmektedir.

14. DEĞERLENDİRME

PCB'ler gibi tehlikeli maddelerin üretimleri yasaklanmasına rağmen, 1930-1980 yılları arasında tüm dünyada üretilen yaklaşık 1.5 milyon

ton PCB'nin yok olması çok uzun bir süre alacaktır. Bu zaman zarfında yaratacağı tüm tehlikeler düşünüldüğünde tehlikeli atıklarla ilgili alınması gereken tüm üretim ve bertaraf önlemlerinin önemi bir kez daha anlaşılmaktadır. Avrupa Birliği kurallarına göre Türkiye'de 2010 yılına kadar PCBli atık kalmamalıdır.

15. KAYNAKLAR

Donna, L.B. and Ralph, J.M., 1996. Characterization of the polychlorinated biphenyls in the sediments of wood ponds: Evidence for microbial dechlorination of aroclor 1260 in situ, Environ. Sci. Technol., 30, 237-245.

Hutzinger, O., Safe, S. and Zitko, V., 1974. The chemistry of PCBs, CRC Press, 1-39.

Jeong, G.H., Kim, H.J., Joo, Y.J., Kim, Y.B. and So, H.Y., 2001. Distribution characteristics of PCBs in the sediments of the lower Nakdong River, Korea, Chemosphere, 44, 1403-1411.

Yılmaz, F. ve Orhan, Y., 2005. PCB (Poliklorlu bifenil)ler ve Biyoteknolojik giderim yöntemlerinin incelenmesi, Biyoteknoloji Kongresi, Eskişehir.

Yılmaz, F. ve Orhan, Y., 2006, Katı atık deponi alanlarındaki Poliklorlu Bifeniller (PCBs) ve etkileri, Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu, GYTE, Gebze.

Zhou, J.L., Maskaoui, K., Qiu, Y.W., Hong, H.S. and Wang, Z.D., 2001. Polychlorinated biphenyl congeners and organochlorine insecticides in the water column and sediments of Daya Bay, Chine, Environmental Pollution, 113, 373-384.

<http://www.EPA/OPPT/PCBs/PCB ID>

YAZIM KURALLARI

GENEL KURALLAR

1. Dil

Dergi üç ayda bir Türkçe olarak yayınlanır. Makalenin başında makalenin Türkçe-İngilizce özeti ve anahtar kelimeleri verilecektir.

2. Yazıların Sunulması

Yazıların aslı ile üç fotokopisi (ve mümkünse WP, WS ve ACSII kodunda yazılan bilgisayar disketi veya CD'si) Dergi'nin Editörlerinin adresine gönderilmelidir. Ayrıca yazışmaların yapılabilmesi için ayrı bir sayfaya yazının başlığı, yazı ile birlikte yazarın/yazarların ad ve soyadı, açık adresi, telefon-faks numaraları ve elektronik posta adresi yazılarak gönderilmelidir.

3. Yazıların Değerlendirilmesi

Yazıların yayın kurulu tarafından ön değerlendirmesi yapılacak, derginin amaç, kapsam ve yazım kurallarına uygun olmayanlar yazarlarına geri gönderilecek, uygun olanlar yazının konusu ile ilgili uzmanlara değerlendirilmek üzere iletilecek ve bu değerlendirme sonucu basılacaktır.

4. Yazının Başka Yerlerde Yayınlanması

Yazılar Derginin Editörlerinin yazılı izni olmadan başka yerde yayınlanamaz, kongre, konferans, sempozyumlarda bildiri olarak sunulamaz.

5. Yayın Hakkı

Yazıların her türlü yayın hakkı Dergiye, patent hakkı ve sorumluluğu yazarlara aittir. Ayrıca Dergide yayınlanan yazılar, kısmen veya tamamen yazılar kaynak gösterilmeden hiç bir yerde kullanılamaz.

6. Telif Ücreti

Yayınlanan yazılara bir ücret ödenmeyeceği gibi yazının yayınlanması için de herhangi bir ücret talep edilemez. Basılmış yazının beş kopyası yazının ilk yazarına ücretsiz olarak gönderilir. İlave kopyalar için ücret alınır.

7. Yazıların Geri Gönderilmesi

Değerlendirme sonucu yayınlanması uygun görülmeyen yazılar yazarlarına geri gönderilir. Yayınlanan yazıların asılları istenirse yayın tarihinden itibaren en çok bir ay içinde yazarlara geri gönderilebilir.

SAYFA DÜZENİ

1. Yazılar, A4 normunda yazı sayfasına üstten ve alttan 2,5 cm, soldan ve sağdan 2 cm bırakılarak çift aralıkla daktilo edilmeli, şekil ve tablolar ayrıca verileceğinden yazı içinde bunların yerleştirileceği yeterli boşluk bırakılmalıdır.
2. İlk sayfada başlık üstten 5 cm, büyük harflerle koyu olarak yazılmalı, yazı başlığı 70 harfi geçmemeli, 14 punto büyüklüğünde olmalı ve gereksiz uzatmalardan kaçınılmalıdır.
3. Yazarların ismi, soyadı (koyu olarak) ve açık adresleri başlıktan sonra 2 aralık bırakılarak ortalanarak yazılmalıdır. Eğer yazarlar farklı kurum/kuruluşlarda görev yapıyorlarsa sayılarla her yazarın görev aldığı adres, telefon-faks numaraları ve elektronik posta edresleri (italik olarak) belirtilmelidir.

MAKALE DÜZENİ

Makalede tüm yazılar "Arial" yazı karakteriyle yazılmalıdır.

1. **ÖZET** (italik, 10 punto, metin hemen özet başlığının yanından başlamalı)

Yazarların isim ve adreslerinin bittiği satırdan sonra 2 aralık bırakılarak sol baştan başlanarak yazılır. Özet; yazının konusunu, yapılan çalışmaların amacını, kullanılan yöntemleri elde edilen sonuçları ve değerlendirmeyi içeren 150 kelimelik bir bölümdür.

2. **Anahtar Kelimeler** (italik, 10 punto)

Konu sınıflandırmasının yapılabilmesi için en çok 10 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler verilir. Anahtar kelimelerde ilk harf büyük, diğerleri ise küçük harfle başlamalıdır.

3. **İngilizce Başlık** (italik, koyu, büyük harf, 12 punto ortalanacak, öncesinde iki sonrasında bir boşluk bırakılacak)

4. **ABSTRACT** (italik, 10 punto, metin hemen abstract başlığının yanından başlamalı)

Makalenin İngilizce özeti genelde Türkçe özetin tercümesinden oluşmaktadır.

5. **Key Words** (italik, 10 punto)

Türkçe yazılmış anahtar kelimelerin İngilizcesi verilecektir. Anahtar kelimelerde olduğu gibi "keywords"lerde de ilk harf büyük, diğerleri ise küçük harfle başlamalıdır.

6. **GİRİŞ** (büyük harf, 12 punto)

Yazıyı doğrudan ilgilendiren ve uzun tarihçeler ve tekrarlar içermeyen bir "giriş" bölümü olmalıdır.

7. **Yazının Türü**

Yazılar aşağıdaki üç türden birinde yazılabilir

- a) Özgün araştırmalar ile ilgili yazılar
- b) Uygulama örneklerini bilimsel bir yaklaşımla aktaran yazılar
- c) Derleme şeklindeki yazılar

8. Sayfa Sayısı

Derleme şeklindeki yazılar dışındaki türlerde yazılar, tüm şekil ve tablolar dahil 5000 kelime (15-17 sayfa) eş değerinde olmalıdır.

9. Bölüm Başlıklarının Düzenlenmesi

Makale içindeki ana başlıklar numaralandırılmalı ve büyük harflerle yazılmalıdır. Birinci alt başlıklar da ana başlığı takip edecek şekilde numaralandırılmalı ve ilk harfleri büyük harf olacak şekilde yazılmalıdır.

Örnek: **3. METODOLOJİ** (koyu,12 punto, büyük harf)
 3.1. Deney Düzenegi (koyu,12 punto, kelimelerin ilk harfleri büyük)
 3.1.1. Kullanılan malzemeler (koyu,12 punto, sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük)
 3.1.1.1. Organik atıklar (koyu, italik, 12 punto, sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük)

Ana başlıklardan önce 2 sonra ise bir boşluk bırakılmalıdır. Ara başlıklardan önce ve sonra birer boşluk bırakılmalıdır.

10. Şekiller

Yazıya konacak şekiller, fotoğraflar, grafikler, çizimler, fotoğraflar ve tablolar metin içinde verilmeli ayrıca ayrı ayrı sayfalar halinde şekil, fotoğraf, grafik, çizim, fotoğraf ve tablo numaraları ve adları yazılarak yazı ekinde verilmelidir. Şekil numaraları koyu yazılmalıdır. Şekil isimleri ise ilk harfi büyük geri kalanı küçük harf olmalı ve normal yazılmalıdır (koyu değil). Şekil ile şekil başlığı arasında 1 boşluk bırakılmalı ve şekil başlığı soldan hizalanmalıdır. Şekillerin içinde yazı ile açıklama yapılacaksa uygun büyüklükte font seçilmelidir. Şekil içlerinde en küçük yazı karakteri olarak 8 punto seçilmesi tercih edilmektedir.

11. Çizimler

Çizimler özgün olmalıdır. Boyutları ya yazıya tek sütuna doğrudan yerleştirilecek veya % 30 küçültmeye uygun boyutta olmalıdır. Çizimler üzerinde yer alan yazı, sayı ve semboller daktilo, letraset veya uygun karakterli şablon ile yazılmalıdır. Yazıya konacak çizimler metin içinde verilmeli ayrıca ayrı ayrı sayfalar halinde çizim numaraları ve adları yazılarak yazı ekinde verilmelidir.

12. Grafikler

Teknik resim kurallarına uygun olarak ve mümkün olduğunca küçük çizilmelidir. Yazıya konacak grafikler metin içinde verilmeli ayrıca ayrı ayrı sayfalar halinde grafik numaraları ve adları yazılarak yazı ekinde verilmelidir.

13. Fotoğraflar

Fotoğraflar parlak kağıda basılmış, küçüldüğü zaman resim özelliği bozulmayacak boyut ve kalitede olmalıdır. Fotoğrafların arkasına hafifçe yazının başlığı ve şekil numarası yazılmalıdır. Yazıya konacak fotoğraflar metin içinde verilmeli ayrıca ayrı ayrı sayfalar halinde fotoğraf numaraları ve adları yazılarak yazı ekinde verilmelidir.

14. Tablolar

Tablolar üstte tablo numarası ve adı, bir aralıktan sonra tablonun kendisi gelecek şekilde yazılmalı, tablonun yatay ve dikey çizgileri çizilmeli ve yazıya eklenmelidir. Tablo başlıklarında ilk harf büyük olmalı, diğer kelimeler küçük harfle yazılmalıdır. Tablo başlıkları sola dayalı olacak şekilde yazılmalı, iki satır olması durumunda bir üstteki ilk kelimenin altından hizalanmalıdır. Tabloların tüm hücreleri çerçevesiz ve format kaymalarına dikkat edilmelidir. Yazıya tablolar metin içinde verilmeli ayrıca ayrı ayrı sayfalar halinde tablo numaraları ve adları yazılarak yazı ekinde verilmelidir. Tabloların ilk satır ve sütunları koyu olmalıdır (parametrelerin verildiği bölümler).

15. Dipnot

Yazılarda dipnot kullanılmamalıdır.

16. Kaynaklar

Yazı içinde kaynaklar "... Hopkins (1990)..." veya (Hopkins, 1990; Ferguson, 1991) şeklinde cümlenin sonunda, yazar soyadı ve yayın yılı belirtilerek verilmelidir. Yazının sonunda bir "Kaynaklar" bölümü bulunmalı ve yazar soyadına göre alfabetik sıralama yapılmalıdır. Kaynaklar aşağıdaki şekilde yazılmalıdır.

Kitaplar

Eckenfelder, W.W. Jr., *Industrial Water Pollution Control*, Mc Graw Hill, New York, 1966.

Kitaptan Bir Bölüm

Goldsmidt, B.M., "Non-nitrogenous Carcinogenic Industrial Chemicals" in *Carcinogens in Industry and the Environment* (J.M. Sontag, ed.), Marcel Dekker Inc., New York, p.p. 283-290, 1990.

Rapor

UNEP, *Environmental Data Report*, Blackwell Scientific, Oxford, 1987.

Tez

Sims, R.C., *Land Treatment of Polynuclear Aromatic Compounds*, Ph. D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, 1998.

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*, Vol. 13, No. 4, pp.69-73, 1989.

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 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 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 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

80815 BEBEK - İSTANBUL

KATI ATIK KİRLENMESİ ARAŞTIRMA VE DENETİMİ
TÜRK MİLLİ KOMİTESİ
BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ

80815 BEBEK - İSTANBUL