

Hastane Atıkları, Ne Yapalım?

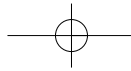
◆ Doç. Dr. İbrahim Halil Özerol
İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji AD. - Malatya

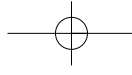
Tanım ve Sınıflama

Hastanelerde, genel ve araştırma laboratuvarlarında oluşan tüm atıklar, hastane atıklarını oluşturur. Bunlar, evde yapılan sağlık işlemleri (diyaliz, insülin enjeksiyonları, vs) sırasında oluşanlarla birlikte sağlık bakımı sırasında oluşan atıklar başlığı altında incelenir. Sağlıkla ilgili işlemler sırasında oluşan atıkların %75-90'ı risksiz veya halk sağlığını tehdit etmeyen genel atıklar iken geri kalan kısım riskli atıklardan oluşur. Zararlı hastane atıkları; enfeksiyöz, patolojik, kesici-delici, genotoksik, farmasötik, kimyasal, ağır metal, basınçlı kap ve radyoaktif atık sınıflarından oluşur (1-3).

İnfeksiyöz atıklar; duyarlı konaklarda hastalığa neden olacak konsantrasyon veya miktarda patojen (bakteri, virüs, parazit veya fungus) içerir. Bu kategoride: laboratuvar çalışmaları sırasında elde edilen enfeksiyöz ajanı içeren kültür ve stoklar, enfeksiyon hastalığı olan hastalarda cerrahi veya otopsi sonucu oluşan atıklar (dokular ve kan veya vücut sıvıları ile temas etmiş olan materyal ve aletler), izolasyon odasındaki infekte hastalardan elde edilen atıklar (infekte veya cerrahi yaralardan çıkan salgılar ve pansumanlar, yoğun olarak kan ve vücut sıvıları bulaşmış elbiseler), hemodiyalize giren infekte hastalarla teması olan atıklar (diyaliz cihazı atıkları, tek kullanımlık havlular, elbiseler, örtüler, eldivenler ve laboratuvar önlükleri), infekte laboratuvar hayvanları ve infekte kişi ve hayvanlarla teması olan diğer alet ve materyaller bulunur (2,4-7).

Patolojik atıklar; doku, organ, insan fetusu ve hayvan cesetleri, kan ve vücut sıvılarından oluşur. Bu grup atıklar, enfeksiyöz atıkların bir alt grubu farzedilir. Bu kategoride tanımlanan insan ve hayvan vücutları anatomik atık olarak da adlandırılır (6,8).



**◆ İbrahim Halil Özerol**

Kesici-delici özellikteki atıklar; kesiciye neden olan veya yara açan kesici veya delici cisimlerden oluşur. İğneler, hipodermik iğneler, skalpel ve diğer kesici-delici özellikteki atıklar, bıçaklar, infüzyon setleri, testereler, kırık cam ve çivilerden oluşan bu tür atıklar, infekte olsun veya olmasın, yüksek derecede tehlikeli atıklar olarak kabul edilir (6,9-11).

Farmasötik atıklar; kullanım zamanı geçmiş, kullanılmayan veya uzun süre saklanması gerekmeyen ve bu nedenle uygun bir şekilde yok edilmesi gereken; tıkaçlar, kontamine farmasötik ürünler, droglar, aşılardan oluşur. Bu kategori, farmasötiklerin hazırlanmasında kullanılan şişe ve kutular, eldivenler, maskeler, bağlantı tüpleri ve drog viallerini de içermektedir (1,2).

Genotoksik atıklar; yüksek derecede tehlikeli ve mutajen, teratojen veya karsinojen özellikte atıklardır. Hem hastanede hem de atıldıkları yerde önemli problemlere neden oldukları için özel bir ilgi isteyen atıklardır. Genotoksik atıklar; bazı sitostatik droglar, sitostatik drog alan hastalardan elde edilen kusmuk, idrar veya dışkı, kimyasallar ve radyoaktif materyallerden oluşur (1,2,12,13).

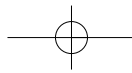
Sitotoksik (veya antineoplastik) droglar; bu kategorideki temel maddelerdir. Bazı canlı hücreleri öldürüp çoğalmalarını durdurabildikleri için kanser kemoterapisinde kullanılırlar. Çeşitli neoplastik olayların tedavisinden başka organ transplantasyonunda immünespresif olarak ve bazı immunolojik hastalıkların tedavisinde de geniş uygulama alanları vardır. Bu nedenle, kanser tedavisi yapılan onkoloji ve radyoterapi gibi özel departmanlarda en sık kullanılmasına rağmen diğer hastane departmanlarında da kullanımı artmakta ve hastane dışında da kullanılmaktadır (2,14).

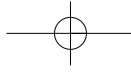
Zararlı sitostatik droglar; alkilleyici ajanlar (DNA nükleotidlerinde alkillenmeye neden olarak genetik kodun yanlış kodlanmasına ve çapraz bağlanmasına neden olurlar), antimetabolitler (hücrede nükleik asidin biyosentezini inhibe ederler) ve mitoz inhibitörleri (hücre çoğalmasını engeller) olarak sınıflandırılır 15.

Sitotoksik atıklar; drog hazırlanması ve kullanılması sırasında oluşan kontamine materyaller (enjektör, iğne, ölçekler, vialler, paketler), kullanım zamanı geçen droglar, artan solusyonlar, koşullardan kullanılmadan dönen droglar, potansiyel tehlike oluşturacak miktarda sitostatik drog veya metaboliti verilen hastaların idrar, dışkı ve kusmukları ve drog verilmesinden en az 48 saat ve bazen 1 hafta sonrasına kadar genotoksik olduğu düşünülen atıkları içerir 2,14,16.

Kimyasal atıklar; temizlik, dezenfeksiyon, diagnostik ve deneysel çalışmalardan sonra artan katı, sıvı ve gaz kimyasal atıklardan oluşur. Hastanelerdeki kimyasal atıklar zararlı veya zararsız olabilir. Koruyucu sağlık açısından; toksik, korozif (pH < 2 asit ve pH > 12 baz), yanıcı, reaktif (patlayıcı, suda reaktif, şoka duyarlı) ve genotoksik (sitostatik droglar) özellikteki kimyasallar zararlıdır 6,17,18.

Zararsız kimyasal atıklar; üstteki özelliklerden birine sahip olmayan şeker, amino asit ve bazı organik ve inorganik tuzlardan oluşur.





Hastanelerde sık kullanılan formaldehit, film banyosu solusyonları, halojenli ve halojensiz kimyasal çözücüler, organik ve inorganik kimyasallar tehlikeli kimyasal atıkları oluşturur (17).

Yüksek miktarda ağır metal içeren atıklar; tehlikeli kimyasal atıkların bir alt kategorisini oluşturur ve genellikle yüksek derecede toksiktir. Bu atıklar; kırılan termometre ve tansiyon cihazlarından dökülen civa damlaları, diş dolgularında kullanılan amalgam (civa içeriği fazladır), genellikle kullanılmış pillerden açığa çıkan kadmiyum, röntgen ve radyodiyagnostik departmanlarında kullanılan kurşunlu levhalar ve çeşitli droglarda bulunan arsenik gibi ağır metallerden oluşur (2,17,19).

Basıncılı kaplar; sağlık alanında sık kullanılan oksijen, etilen oksit, halotan, isofluran ve enfluran gibi uçucu halojenli hidrokarbonlar, nitroz oksit, eter ve kloroform gibi anestezi gazların depolandığı basıncılı tüpler, kartuş ve aerosol kutularından oluşur. Bunlardan bir çoğu boş veya daha sonra kullanılmayacak (halen kalıntılar içermesine rağmen) haldedir. Basıncılı kaplardaki inert veya potansiyel olarak zararlı gazlar, yakma sırasında veya kaza delinme ile patlayabileceği için bu kapları toplarken dikkatli olunmalıdır. Bu kaplardan bazıları yeniden kullanılabilirler. Ancak bazı aerosol kutularının elden çıkarılması gerekir (20,21).

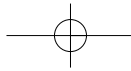
Radyoaktif atıklar; radyoaktif madde içeren atıklardır. Bu atıklar; vücut sıvı ve dokularının in vitro analizleri, in vivo organ imajları ve tümör lokalizasyonu, çeşitli araştırmalar ve terapötik işlemler sırasında hastalardan elde edilen idrar ve çıkartılar, radyoterapi veya laboratuvar araştırmalarında kullanılan radyoaktif izotoplar, sıvılar, kontamine cam eşyalar, paketler ve absorban kağıtlardan oluşur. Birçok araştırma laboratuvarında çok sık kullanılan 3H ve 14C, radyoaktif hastane atıklarının büyük kısmını oluşturur (22,23).

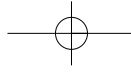
İyonizan ışınlar, intrasellüler materyalde iyonizasyona neden olur (genotoksiktir).

Sağlık Bakımı Atıklarının Oluşumu

Bazı taramalardan elde edilen verilerde, sağlık bakımı sırasında oluşan atıkların sadece ülkeden ülkeye değişme göstermediği ayrıca ülke içinde de değişim gösterdiği anlaşılmıştır. Atık oluşumunu sağlayan sayısız faktörler vardır: atık yönetimi metodları, sağlık bakımı tesisinin tipi, hastane özellikleri, sağlık bakımında yeniden kullanılan atıkların oranı ve günlük bakım bazında tedavi gören hastaların oranı. Bu verilerin sonuçlarına göre, atık yönetiminin sadece sağlık bakımı tesisinde yapılması yeterli değildir. Ülke ve ülkeler arasında atık yönetimi planları hazırlanmalıdır.

Orta ve düşük gelirli ülkelerde oluşan sağlık bakımı atıkları (0.5-6 kg/kişi/yıl), genellikle yüksek gelirli ülkelere (1.1-12 kg/kişi/yıl) göre daha azdır. Ancak, benzer gelir seviyesindeki düşük gelirli ülkelerde sağlık bakımı atıkları için harcanan paralar, yüksek gelirli ülkelerdeki kadar fazladır (1,2,6).



**◆ İbrahim Halil Özerol**

Kendi sağlık bakımı atıklarını izlemeyen gelişmekte olan ülkelerde, genel sağlık bakımı atıklarının; %80'i şehre ait atıklar, %15'i patolojik ve infeksiyöz atıklar, %1'i kesici-delici özellikteki atıklar, %3'ü kimyasal veya farmasötik atıklar ve < %1'i de özel atıklar (radyoaktif veya sitostatik atıklar, basınçlı kaplar veya kırık termometreler ve kullanılmış piller)'dan oluşur (2,7,9,10).

Yatak başına, üniversite hastanelerinde oluşan günlük atık miktarı (4.1-8.7 kg/yatak); genel hastaneler (2.1-4.2 kg), bölge hastaneleri (0.5-1.8 kg) ve primer sağlık bakım merkezleri (0.05-0.2 kg)'nden yüksektir (1).

Hastane atıklarının ortalama kompozisyonuna bakılınca, ağırlık bazında yüzde olarak ilk sırayı plastik (%46) ve kağıt (%34) atıkların aldığı ve bunları sıvı (%12), cam (%7.5), metal (%0.4), anatomik (%0.1) ve diğer (%0.1) atıkların izlediği görülmektedir. Onkoloji hastanelerinde, sitotoksik veya radyoaktif madde içeren genotoksik atıklar, total sağlık bakımı atıklarının %1'ini oluşturabilir (1,2).

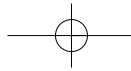
Hastane Atıklarının Zararları

Atıklarla karşılaşan herkes risk altında olmasına rağmen bu atıklarla daha sık karşılaşan; tıp doktorları, hemşireler, hasta bakıcılar ve hastane personeli, yatan veya evde tedavi alan hastalar, hasta ziyaretine gelenler, hastane atıkları ile teması olan çamaşırhane, temizlik ve transport işçileri, atıkları imha eden işçiler (çöpçü ve fırıncılar) ve çöp karıştırıcılarda risk daha fazladır.

İnfeziyöz ve kesici-delici özellikteki atıkların tehlikeleri: İnfeksiyöz atıklar, büyük miktarda patojen mikroorganizma içerir. Bu patojenler; derideki sıyrık, delik veya kesiklerden, müköz membranlardan, solunum ve sindirim sisteminden insan vücuduna girebilirler.

Patojen mikroorganizmalar çevrede sınırlı bir süre yaşar. Bu yetenek, her mikroorganizmada farklıdır ve ısı, nem, ultraviyole radyasyon, organik maddelerin bulunması gibi çevre şartlarına bağlıdır. Hepatit B virüsü, açık havada birkaç hafta yaşayabilir. Kısa süre kaynatmaya dayanıklıdır. Bazı antiseptiklere ve %70 etanole dirençlidir ve 60 °C'lik ısıda 10 saat aktivitesini korur. Kanla kontamine hipodermik iğnelerde bir hafta yaşayabilmektedir. HIV, HBV'ye göre daha az dayanıklıdır, %70 etanolde 15 dakikadan uzun yaşayamaz, çevre ısısında sadece 3-7 gün aktivitesini koruyabilir ve 56 °C'de inaktiftir. Dejeneratif nörolojik hastalıklara (Creutzfeldt-Jakob hastalığı, kuru, vd.) neden olan prionların toprakta 3 yıl yaşayabildiği, formol ile muamele edilen patoloji preparatlarında 360 °C ısıya dayanabildikleri ve fiziki ve kimyasal işlemlere dayanıklı oldukları tespit edilmiştir. Bakteriler, virüslerden daha dayanıksızdır (1,24).

Patojenin konsantre kültürleri ve kontamine kesici-delici özellikteki atıklar (özellikle hipodermik iğneler), sağlık için birçok akut potansiyel zararlara neden olur (9,10).

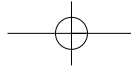


Sağlık bakımı atıklarına bağlı ferdi kazalar ve infeksiyon gelişimine sık rastlanır (Tablo 1). HIV, hepatit B ve C gibi ciddi virus infeksiyonları, çoğunluğunu hipodermik iğnelerin oluşturduğu kontamine kesici-delici özellikteki atıklarla yaralanma riski yüksek olan sağlık personeli (özellikle hemşireler)’nde infeksiyonlara neden olur. Diğer hastane işçileri ve sağlık bakımı tesislerinin dışında atık yönetiminde çalışanlar da önemli risk altındadır (9,10). Fransa, Japonya ve Amerika’da hipodermik iğne batmasına bağlı HIV veya viral hepatit infeksiyonu olguları bildirilmiştir. Fransa’da, 1992 yılında, ikisi atık işçisinde olmak üzere kaza sonucu 8 HIV infeksiyonu tanımlanmıştır. Amerika’da, 1994’de, CDC tarafından; 32’si hipodermik iğne batması, 1’i bistiiri kesici, 1’i cam kesici (infekte kan bulunan bir tüpün kırılması ile), 1’i kesici olmayan cisimlerle temas sonucu ve 4’ü infekte kanla deri ve mukoza kontaklı gibi kazalarla bulaşan 39 HIV infeksiyonu bildirilmiştir. Haziran 1996’ya kadar hemşire, tıp doktoru veya laboratuvar personelinde HIV ile karşılaşmaya bağlı infeksiyonların toplamı 51’e ulaşmıştır. İğne batmasından sonra infeksiyon riski; viral hepatit B (%3) ve C (%3-5)’de, HIV (%0.3)’den daha fazladır (1).

Tablo 1. Amerika’da kazayla keskin cisimlerle yaralanma sonucu geliştiği bildirilen hepatit B infeksiyonları¹

Meslek	Yıllık kaza sayısı	Yıllık HBV infeksiyonu sayısı
Hemşireler		
• Hastanede	17700 - 22200	56 - 96
• Hastane dışında	28000 - 48000	26 - 45
Hastane laboratuvarında çalışanlar	800 - 7500	2 - 15
Hastane temizlik işçileri	11700 - 45300	23 - 91
Hastane teknisyenleri	12200	24
Hekimler ve dişçiler	100 - 400	<1
Hastane dışındaki hekimler	500 - 1700	1 - 3
Hastane dışındaki dişçiler	100 - 300	<1
Hastane dışındaki dişçi asistanları	2600 - 3900	5 - 8
Acil servis personeli (hastane dışında)	12000	24
Atık işçileri (hastane dışında)	500 - 7300	1 - 15

Atık bırakılan yerlerdeki kişilerde, risk henüz kesin olarak belirlenmemiş olmasına rağmen aynı kategoridedir. Hastalar ve halk arasında, bu tür infeksiyon riski çok düşüktür. Bununla birlikte, diğer ortamlara yayılan veya daha dirençli mikroorganizmalarla meydana gelen bazı infeksiyonlar, halk ve hastalarda da önemli bir riske sahiptir. Koleralı hastaların tedavi edildiği hastanelerde atıkların kontrolsüz olarak kana-



◆ İbrahim Halil Özerol

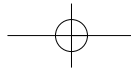
Tablo 2. Sağlık bakımı atıklarıyla karşılaşmadan sonra gelişen infeksiyonlar^{1,25-29}

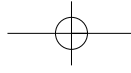
İnfeksiyon tipi	Etken mikroorganizmalar	Bulaşma
Gastroenterik infeksiyonlar	Enterobacteria (Salmonella, Shigella), Vibrio cholerae; helmintler	Dışkı ve/veya kusmuk
Respiratuvar infeksiyonlar	Mycobacterium tuberculosis, measles virus, Streptococcus pneumoniae	Solumun sekresyonları, tükürük
Göz infeksiyonları	Herpesvirus	Gözyaşı
Genital infeksiyonlar	Neisseria gonorrhoeae, herpesvirus	Genital sekresyonlar
Deri infeksiyonları	Streptokoklar, Bacillus anthracis	Deri sekresyonları
Meninjit	Neisseria meningitidis	BOS
AIDS	Human immunodeficiency virus (HIV)	Kan, seksüel sekresyonlar
Hemorajik ateşler	Junin, Lassa, Ebola ve Marburg virusları	Kan ve kanlı sekresyonlar
Septisemi	Stafilokoklar	Kan
Bakteriyemi	Koagulaz negatif stafilokoklar, S. aureus, Enterobacter, Enterokoklar, Klebsiella, Streptokoklar	
Kandidemi	Candida albicans	Kan
Viral hepatit	Hepatit A, B ve C virusları	Kan ve vücut sıvıları

lizasyona akıtılmasıyla kolera epidemilerine rastlanmıştır (25). Amerika'daki bir hastane personeline, iğne batmasına bağlı stafilokok bakteriyemi ve endokarditi bildirilmiştir.

Buna rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ortalama rakamları tespit etmek çok zordur. Gelişmekte olan ülkelerde hatalı uygulanan sağlık bakımı atıklarıyla karşılaşma sonucunda çeşitli patojenlerle birçok infeksiyon vakasının geliştiği bilinmektedir (Tablo 2).

Kimyasal ve farmasötik atıkların tehlikeleri: Sağlık bakımı sırasında kullanılan birçok kimyasal ve farmasötikler zararlıdır (toksik, genotoksik, korozif, yanıcı, reaktif, patlayıcı, şoka hassas). Bu maddeler genellikle sağlık atıklarının küçük bir kısmını oluşturur. İstenmeyen veya tarihi geçen kimyasal ve farmasötiklerin miktarı daha fazladır. Akut ve kronik karşılaşma sonucunda intoksikasyonlara ve yanıklar dahil doku hasarlarına neden olurlar. Kimyasal veya farmasötiklerin deri, mukoza, solunum ve sindirim yolundan alınması intoksikasyonlara neden olur. Yanıcı, korozif veya reaktif kimyasallarla (formaldehit ve diğer uçucu maddeler) temas sonucu deri, göz veya solunum yolu mukozasında hasarlar gelişir. En sık yanık sonucu gelişen doku hasarına rastlanır (30).





Bu grupta dezenfektanların özel bir önemi vardır; büyük miktarda kullanılırlar ve genellikle koroziftirler. Reaktif kimyasal maddelerden yüksek derecede toksik sekonder bileşikler oluşabileceği de hatırlanmalıdır (31.)

Kanalizasyon sistemine bırakılan kimyasal kalıntılar, doğal ekosistem üzerine toksik etkili olup su kaynaklarını kirletebilir. Benzer problemler; antibiyotikler ve diğer droglar, civa, fenol ve deriveleri gibi ağır metaller ve dezenfektan-antiseptik türü farmasötik kalıntılarla da ortaya çıkar (18).

Genotoksik atıkların zararları: Birçok antineoplastik drogların sitotoksitesi, hücre sikluna spesifiktir, DNA sentezi ve mitoz gibi hücre içi işlemler üzerine etkilidirler. Alkilizan ajanlar gibi diğer antineoplastikler, hücre fazına spesifik değildir, fakat hücre siklusunda herhangi bir noktada sitotoksik etki yapabilirler. Deneysel çalışmalarda, birçok antineoplastik drogun karsinojen ve mutajen olduğu gösterilmiştir; Bazı hastalarda, kemoterapi sonunda sekonder neoplazilerin (orijinal kanser eradike edildikten sonra) ortaya çıktığı bilinmektedir.

Birçok sitotoksik drog, oldukça iritandır ve deri veya gözler üzerinde zararlı lokal etkileri vardır. Başdönmesi, bulantı, baş ağrısı veya dermatit de yapabilirler.

Genotoksik atıkların toplanması sırasında özel itina gerekir; bu tür atıklar çevreye bırakılırsa ekolojik zarara neden olurlar (32).

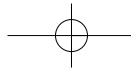
Radyoaktif atıkların zararları: Radyoaktif atıkların neden olduğu hastalıkların tipi, karşılaşma süresi ve tipine bağlıdır. Baş ağrısı, başdönmesi ve kusmaya veya daha ağır problemlere neden olabilirler. Bazı farmasötik atıklar gibi, radyoaktif atıklar da genotoksik olduğu için genetik materyali etkileyebilir. Diagnostik amaçlar için hazırlanan radyoaktif kaynaklar oldukça yüksek aktiviteye sahiptir. Doku tahribi ve bazı vücut kısımlarında amputasyonlara neden olabilirler.

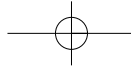
Nükleer terapötik materyallerin hatalı olarak atılması sonucu bu materyallerle teması olan çok sayıda kişinin etkilendiği bazı kazalar bildirilmiştir. Radyoaktif hastane atıklarına maruz kalan kişilerde karsinojen etkilerin ortaya çıktığı gösterilmiştir (22).

Radyoaktif element içeren kapların, hatalı şekilde ve sürede saklanması sırasında kapların yüzeyinden yayılan düşük seviyedeki aktiviteye bağlı zararlar görülebilir. Sağlık bakımı işçileri, atık toplayıcıları veya temizlik personelinin bu tür radyoaktifite riskini bilmesi gerekir.

Uluslararası Anlaşmalar, Yasalar ve Düzenleyici Prensipler

Zararlı atıkların toplanması, taşınması ve elden çıkarılmasıyla ilgili birçok prensip, anlaşma ve yasalar bulunmaktadır. Zararlı atıkların sınırlar arasında taşınmasını düzenleyen en önemli anlaşma "Basel Anlaşması" olup 100'den fazla ülke tarafından imzalanmıştır. Bu anlaşmayı imzalayan ülkeler, zararlı atıkların sadece ülkelerinde zararlı atıkları yokedecek imkanları ve uzmanları olmayan ülkelere, hem atık imha imkanları hem de uzmanları olan ülkelere gönderilebileceği prensibini kabul et-





Şekil 1. Uluslararası enfeksiyöz atık sembolü

miştir. Gönderilen atıklar, uluslararası bilinen etiketlerle gönderilmelidir (Şekil 1).

Uluslararası kabul edilen prensipler; 1) "Kirlenen öder" prensibi: atığı oluşturanlar, bunların güvenli bir şekilde çevreden uzaklaştırılmasından kanuni ve finansal yönden sorumludur, 2) "Önlem alma" prensibi: sağlık ve emniyeti korumak için bu tür risk oluşturan atıklara karşı önlemlerin alınmasını gerektirir, 3) "Bakım görevi" prensibi, zararlı maddeler veya ilgili ekipmanı kullanan veya idare eden kişiler etik olarak görevi ile ilgili bakımları yapmakla sorumludur ve 4) "Yakınlık" prensibi: zararlı atıkların muamele ve elden çıkarılması atık kaynağına en yakın yerde yapılarak

transport sırasında atıklara bağlı risklerden korunmalıdır. Benzer bir prensip ise, atıkların yeniden kullanışlı hale getirilmesi veya atığın elden çıkarılmasının her ülkenin kendi sınırı dahilinde yapılmasıdır (1,33).

Türkiye'de, 20/5/1993 tarih ve 21586 sayılı Resmi Gazetede "Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", 14/3/1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazetede "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği", 9/8/1983 tarih ve 2872 sayılı "Çevre Kanunu", 9/8/1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazetede "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" ve 9/7/1982 tarih ve 2690 sayılı "Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu" yayınlanmıştır 34.

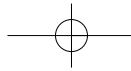
Atık işçilerinin korunması: Potansiyel olarak zararlı materyal içeren atıkların toplanması, transportu, muamelesi ve elden çıkarılması işlerini yapan atık personelinin risklere karşı koruyucu önlemler alması gerekir. Atıklarla uğraşan sağlık personeli ve atık işçilerinin; koruyucu başlık, yüz maskesi, gözlük, iş tulumu, endüstriyel önlük, endüstriyel bot, tek kullanımlık eldiven (tıbbi personel) veya ağır görev eldivenleri (atık işçileri) kullanması gerekir.

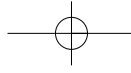
Personel hijyeni: Sağlık bakımı atıklarının risklerini azaltmak için personel hijyenine önem verilmeli ve atık depolanmasında veya yakılmasında görevli personelin yıkanabilmesi için sıcak su ve sabun temin edilmelidir.

Bağışıklama: Sağlık bakımı personeli ve atık işçilerinde hepatit B enfeksiyonları tanımlanmış ve bu kişilerin aşılanmaları tavsiye edilmiştir. Atıklarla uğraşan herkesin tetanoza karşı da aşılanması önerilmektedir.

Atık Yönetimi

Sağlık bakımı atıklarının yönetiminin planlanması: Ulusal, bölgesel ve lokal düzeyde sağlık bakımı atık yönetimi için planlama yapılmalıdır. Atık kaynakları tespit edilip izlenerek atıkların azaltılması, tekrar kullanılabilir hale getirilmesi, yeniden kullanılabilmesi ve maliyeti azaltıcı önlemlerin tespit edilmesi gerekir. Planlama ile





otoriteler, sağlık bakımı işçileri ve halkın motive edilmesi ve gereken diğer aktivitelerin belirlenmesi sağlanır (33,35).

Uluslararası atık yönetiminde alınması gereken bazı önlemler vardır. Bu önlemler, 1992'de UNCED (United Nations Conference on the Environment and Development, Agenda 21) tarafından yayınlanmıştır. Bu ajandada tavsiye edilen önlemler; atık oluşumu önlenmeli veya en aza indirilmeli, atıklar mümkün olduğu kadar yeniden kullanıma kazandırılmalı ve kullanılmalı (recycle, reuse), atıklar çevreye zararı olmayan metodlarla muamele edilmeli ve son kalıntılar atık gömülmesine ayrılan yerlere bırakılmalıdır şeklinde özetlenebilir (1,33).

Ayrıca, atığı üretenler kendi atıklarının muamele edilmesinden ve elden çıkarılmasından sorumludur. Her toplum kendi sınırları içinde bu işleri yapmalıdır.

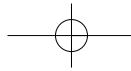
Atık yönetimi ekibi: Sağlık bakımı atıklarının uygun şekilde yönetimi için bir ekip oluşturulmalı ve bu ekipte; hastane başhekimisi (ekip başı olarak), anabilim dalı başkanları, enfeksiyon kontrol görevlisi, şef eczacı, radyasyon sorumlusu, baş hemşire, hastane müdürü, hastane teknik servis müdürü, döner sermaye müdürü ve atık yönetimi görevlisi yer almalıdır.

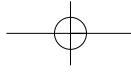
Atık yönetimi işlemleri; atıkların azaltılması, yeniden kullanılabilir hale getirilmesi, yeniden kullanılması, muamele edilmesi ve elden çıkarılması işlemlerini içerir.

Atıkların azaltılması: Hastanelerde, atıkların azaltılması amacıyla; daha az atık çıkaran ve daha az zararlı olan kaynaklar satın alınmalı, kimyasal dezenfeksiyon yerine fiziki dezenfeksiyon tercih edilmeli, hemşirelik ve temizlik aktivitelerinde atık üretimi önlenmelidir. Hastane seviyesinde atıkların yönetimi ve kontrol önlemleri olarak; zararlı kimyasallar bir merkezden satın alınmalı ve zararlı atıkların elden çıkarılması yanında sağlık hizmetlerinde yeni kullanıma giren kimyasal atıklar da izlenmelidir. Kimyasal ve farmasötik ürünlerin stok yönetimi dikkatle takip edilmeli, özellikle dayanıksız ürünler bir defada fazla miktar yerine az miktarda sık aralıklarla satın alınmalı, eski ürünler ilk önce kullanılmalı, kabın içindeki tümüyle kullanılmalı ve tüm ürünlerin geliş tarihinde son kullanım tarihi incelenmelidir (2,33,35.)

Atıkların yeniden kullanılabilir hale getirilmesi: Yeniden kullanılabilen atıkların sterilizasyonu amacıyla; termal ve kimyasal sterilizasyon kullanılır. Termal sterilizasyonda; Pastör fırını (160 °C'de 120 dk veya 170 °C'de 60 dk.) veya otoklav (doymuş buharda 121 °C'de 30 dk.) kullanılırken kimyasal sterilizasyonda; etilen oksit (50-60 °C'deki bir reaktör tankında, etilen oksitle doymuş atmosfere 3-8 saat) ve glutaraldehit solusyonu (30 dk) kullanılır. Glutaraldehit, etilen oksit kullanımına göre operatörler için daha güvenlidir fakat mikrobiyolojik olarak etkisi daha azdır (32).

Atıklarının toplanması ve paketlenmesi: Atıklar, kategorilerine göre farklı renklerde olan plastik torba veya kaplar içinde toplanmalıdır. Genel sağlık bakımı atıkları evlerde kullanılan mavi renkli çöp poşetlerine konulmalıdır. Kesici-delici özellikteki atıklar, kontamine olup olmadıklarına bakılmadan birlikte toplanmalı ve delinme-





◆ İbrahim Halil Özerol

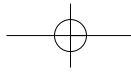
ye dayanıklı kaplara (metal veya yoğunluğu yüksek plastik kaplarda) atılmalı ve bu kapların kapağı kapatılmalıdır. İnfeksiyöz atık konan torba ve kapların üstüne uluslararası infeksiyöz madde sembolü eklenmelidir (Şekil 1). Yüksek derecede infeksiyöz atıklar, mümkün olan en kısa zamanda otoklavda sterilize edilmelidir. Bu nedenle otoklav işlemine uygun kaplarda toplanmalıdır. Otoklavlanacak atıklar için kırmızı torbalar tavsiye edilir. Sitotoksik atıklar, dayanıklı maddeden yapılmış su sızdırmaz kaplarda toplanmalı ve kabın üstüne "Sitotoksik atık" etiketi yapıştırılmalıdır. Küçük miktardaki kimyasal veya farmasötik atıklar, infeksiyöz atıklarla birlikte toplanmalıdır. Büyük miktarda artan veya miadı dolan farmasötik atıklar ise hastane depolarında saklanmalı veya elden çıkarmak için üreticisine gönderilmelidir 36. Bu düzeyde oluşan dökülmüş ve kontamine droglar veya drog kalıntıları içeren paket tipindeki diğer farmasötik atıklar, geri döndürülmemelidir. Sağlık bakımı atıkları için tavsiye edilen renk kodu şeması Tablo 3'de gösterilmiştir.

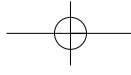
Atıkların depolanması: Sağlık bakımı atıkları için depo yeri hastane veya araştırma laboratuvarının içinde olmalıdır. Torba veya kaplara konan atıklar, ayrı bir alanda, odada veya atık miktarına uygun diğer bir binada depolanmalıdır. Atığın oluştuğu tarihten muamele edilmesine kadar depoda tutulacağı süre çevre ısısına bağlıdır. Soğutma tertibatı olmayan atık depolarında, ılıman iklimlerde; kışın 72 saat ve yazın 48 saat saklanabilirken sıcak iklimlerde; soğuk mevsimlerde 48 saat ve sıcak mevsimlerde 24 saat depolanabilirler. Sitotoksik atıklar, diğer sağlık bakımı atıklarından ayrı bir yerde depolanmalıdır. Radyoaktif atıklar, kurşunlu odalarda saklanmalıdır. Radyoaktif bozulmaya bırakılan atıkların üstüne; radyoaktif izotopun tipini, tarihi ve depolama için gereken detaylı bilgileri gösteren bir etiket yapıştırılmalıdır (1,34).

Sağlık bakımı atıkları depolanırken; depolama alanı su geçirmez, iyi drene ve sert zeminli olmalı, kolay temizlenebilmeli ve dezenfekte edilebilmelidir. Depo içinde, te-

Tablo 3. Sağlık bakımı atıkları için tavsiye edilen renk kodları^{1,34}

Atık tipi	Kabın rengi	Kabın etiketi	Kabın özellikleri
Yüksek derecede infeksiyöz atıklar	Sarı	YÜKSEK DERECEDE İNFEKSİYÖZ	Dayanıklı, su sızdırmaz plastik torba veya otoklava dayanıklı kaplar
Diğer infeksiyöz atıklar, patolojik ve anatomik atıklar	Sarı		Su sızdırmaz plastik torba veya kaplar
Kesici-delici özellikteki atıklar	Sarı	KESİCİ CİSİM	Delinmeye dayanıklı kaplar
Kimyasal ve farmasötik atıklar	Kahverengi	Radyoaktif sembol etiketli	Plastik torba veya kaplar
Radyoaktif atıklar	—		Kurşunlu kutu
Genel sağlık bakımı atıkları	Siyah		Plastik torba





mizlik amacıyla bir su kaynağı bulunmalıdır. Atık işçileri depolama alanına kolayca ulaşabilmelidir. Yetkisiz kişilerin içeri girmesini engellemek için kilitlenebilmelidir. Atık toplama araçları kolayca girebilmelidir. Güneş ışığından korunmalı, ışıklandırma ve havalandırma tertibatı olmalıdır. Depolama alanına hayvanlar, böcekler ve kuşlar ulaşamamalıdır. Taze yiyecek ve yiyecek hazırlama alanlarından uzakta olmalıdır. Depo yakınında; temizlik donanımı, koruyucu giysiler ve atık torbası veya kaplar konulmalıdır (1,34).

Atıkların oluşum yerinde transportu: Sağlık bakımı atıkları, hastane ve diğer birimler arasında tekerlekli arabalar, kaplar veya diğer amaçlarla kullanılmayan el arabaları ile taşınabilir. Bu araçlar; kolay yüklenebilmeli ve boşaltılabilmeli, yükleme ve boşaltma sırasında atık torba veya kaplarında hasara neden olabilen kesici uçları olmamalı ve kolayca temizlenebilmelidir.

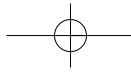
Taşıtlar, uygun bir dezenfektanla her gün temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir. Atık torbaları bağlanıp mühürlenmeli ve transport sonunda sağlam olmalıdır. Sağlık bakımı atıklarının oluşma yerinde taşınmasında farklı tipte araçlar kullanılabilir.

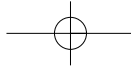
Atıkların Muamele Edilmesi ve Elden Çıkarılması

Birçok zararlı atıklar halen yakılarak yok edilmesine rağmen son yıllarda geliştirilen alternatif metotların kullanımı giderek artmaktadır. Atık yoketme metotlarından biri seçilirken birçoğu lokal şartlara bağlı olan çeşitli faktörlere (dezenfeksiyonun etkinliği, çevre şartları, işlenecek atık miktarı ve sistemin yoketme kapasitesi, işlenecek veya yokedilecek atığın tipi, lokal olarak mevcut muamele opsiyonları ve teknolojiler, final elden çıkarma için mevcut opsiyonlar, metodun uygulanabilmesi için eğitim gereksinimleri, uygulama ve işlemin devam ettirilebilmesi için gerekenler, mevcut alan, muamele ve elden çıkarma vasıtasının yeri ve çevresi, yatırım ve uygulama maliyeti, halk tarafından kabul edilirliliği) dayanarak seçim yapılmalıdır (5).

Bu muameleler, sağlık bakımı sırasında oluşan atıkların enfeksiyöz zararlarını etkili bir şekilde azaltır ve çöpçülüğü önlerken aynı zamanda diğer sağlık ve çevresel zararları artırabilmektedir. Özellikle klor veya ağır metal içeren sağlık bakımı atıklarının yakılması, bazı şartlarda (yetersiz yakma, yayılmanın yetersiz kontrolü) atmosfere toksik materyal salınmasını artırır. Toprağa gömme yerinin düzeni ve/veya uygulaması hatalı ise toprağa gömerek elden çıkarma sonucunda yeraltı suları kirlenebilir. Özellikle toksik gaz yayma riski veya diğer zararlı son ürünler oluşturma riski olan atıklar için muamele veya elden çıkarma metodunun seçimi lokal olanaklara göre yapılmalıdır (1,34). Çeşitli muamele ve elden çıkarma metotlarının avantaj ve mahzurları Tablo 4'de özetlenmiştir.

Fırında yakma: Fırında yakma, organik ve yanıcı atıkları inorganik yanmayan madde haline dönüştürmek için yüksek ısı kullanılarak yapılan kuru oksidasyon işlemidir. Sonuç olarak atık hacmi ve ağırlığında önemli miktarda azalmaya neden olur. Bu





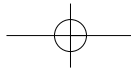
◆ İbrahim Halil Özerol

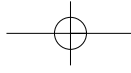
Tablo 4. Atık muamelesi ve elden çıkarma metotlarının temel avantaj ve mahzurları

Metot	Avantajları	Mahzurları
Dönel çarklı ocaklar	Tüm enfeksiyöz, kimyasal ve farmasötik atıklar için uygundur.	Yüksek yatırım ve uygulama gideri.
Pirolitik fırın	Çok yüksek dezenfeksiyon etkinliği; Tüm enfeksiyöz atıklar ve birçok farmasötik ve kimyasal atık için uygundur.	Sitotoksik atıkları tamamen yok edemez; Yatırım ve uygulama gideri nispeten yüksek.
Tek odalı fırın	İyi dezenfeksiyon etkinliği; Atık hacmi ve ağırlığında önemli azalma; Kalıntılar gömülebilir; Operatörün yüksek derecede kalifiye olması gerekmez; Yatırım ve uygulama gideri nispeten düşük.	Atmosferi kirleten gazlar yayar; Periyodik cüruf ve kurum temizlenmelidir; Sitotoksik ilaç ve ısıya dayanıklı kimyasal atıkları yoketmede etkisiz.
Silindir veya tuğla fırın	Atık hacmi ve ağırlığında önemli azalma; Yatırım ve uygulama gideri çok düşük	Mikroorganizmaların %99'unu tahrip eder; Büyük kimyasal ve farmasötik atıkları yok edemez; Siyah duman, uçucu küller, toksik baca gazı ve koku yayar.
Kimyasal dezenfeksiyon	Yüksek derecede etkili dezenfeksiyon; İyi uygulama şartları; Bazı kimyasal dezenfektanlar nispeten ucuz; Atık hacminde önemli azalma.	Uygulama için yüksek derecede kalifiye teknisyenler gerekir; Geniş güvenlik önlemlerinin alınmasını gerektiren zararlı maddelerin kullanılması; Farmasötik, kimyasal ve bazı enfeksiyöz atıklar için uygun değildir.
Buharla muamele	Çevre dostu; Atık hacminde önemli azalma; Yatırım ve uygulama gideri nispeten düşük.	Kalifiye teknisyenler gerekir; Anatomik, farmasötik, kimyasal ve buharın penetre olmadığı atıklar için uygun değildir.
Mikrodalga radyasyon	Uygun uygulama şartlarında iyi dezenfeksiyon etkinliği; Atık hacminde önemli azalma; Çevre dostu.	Yatırım ve uygulama gideri nispeten yüksek; Uygulama ve idamesi problemlidir.
Enkapsulasyon	Basit ve güvenli; Düşük maliyet; Farmasötik atıklara uygulanabilir.	Kesici olmayan enfeksiyöz atıklar için tavsiye edilmez.
Güvenli gömme	Düşük maliyet.	Atık işlem yerine ulaşım kısıtlanır ve bazı önlemler alınırsa güvenlidir.
İnertizasyon	Nispeten ucuz.	İnfeksiyöz atıklara uygun değil.

işlem, genellikle yeniden kullanıma hazırlanamayan, yeniden kullanılamayan veya toprağa gömme şeklinde yokedilemeyen atıkların muamele edilmesinde seçilmelidir (37).

Yakılacak atıkların birçok fizikokimyasal parametreleri göz önüne alınmalıdır. Genel sağlık bakımı atıklarının yaklaşık kimyasal kompozisyonu: %50 karbon, %20 oksijen, %6 hidrojen ve diğer elementlerden oluşur. Organik bileşiklerin yakılması ile



**Hastane Atıkları, Ne Yapalım? ◆**

buhar, karbon dioksit, nitrojen oksit gibi gazlar, bazı toksik maddeler (metaller, halojenik asitler), partiküllü maddeler ve kül şeklinde katı kalıntılar ortaya çıkar. Kül ve atık sular çevreye zarar vermeyecek şekilde getirilmelidir (38,39).

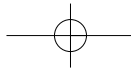
Yakmaya uygun atıkların; ısınma değeri düşük (tek odalı fırınlar > 2000 kcal/kg ve pirolitik çift odalı fırınlar > 3500kcal/kg), yanan madde oranı yüksek (> %60), yanmayan solit oranı düşük (< %5), kül oranı (< %20) ve nem oranı az (< %30)'dır (1).

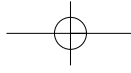
Fırında yakma işlemi, ön muamele gerektirmez. Basıncılı gaz kapları, büyük miktardaki reaktif kimyasal atıklar, gümüş tuzları ve fotografik veya radyografik atıklar, polivinil klorit (PVC) gibi halojenli plastikler, yüksek civa veya kadmiyumlu atıklar (kırık termometreler, kullanılmış piller ve kurşun kaplı ahşap paneller) ve radyoaktif izotop veya ağır metalli ampüller yakma işlemine uygun değildir (40).

Fırın tipleri: Atıkları fırında yakarken atıkların olduğu yer ve uzak yerlerdeki imkanlar göz önünde bulundurulmalıdır. Hastanelerde kullanılan küçük ölçekli fırınların günlük kapasitesi 200-1000 kg'dır. Atıklar elle yüklenir ve oluşan küller günlük veya 2-3 günde bir temizlenir. Küllerin temizlenmesinde vakumlu sistemler kullanılmalıdır. Yakma işlemi otomatik kontrollü olmalıdır. Sağlık bakımı atıklarının muamelesi için özel olarak dizayn edilen fırınların ısısı 900-1200 °C arasındadır. Hastane bölgesine uzak yerlerde kullanılan daha büyük ölçekli fırınların günlük kapasitesi 1-8 ton'dur, sürekli olarak çalışırlar, yükleme ve küllerin uzaklaştırılması otomatik olarak gerçekleşir. Bu fırınlarda yakma sonucu oluşan enerji, atıkların ön ısıtılmasında ve yanma sonucu oluşan gazların yakılmasında kullanılabilir. Üretilen buhar dan elektrik üretiminde yararlanılabilir. Hastane ve kliniklerin bulunduğu yerde atıkların muamele edilebilmesi için mobil fırınlar geliştirilmiştir. Böylece, enfeksiyöz atıkların şehir caddelerinden geçişi önlenmektedir. Saatte 30 kg kapasiteli sistemlerin fonksiyon, performans ve hava kirlenme test sonuçları tatmin edicidir. Birçok ülkede, kimyasal ve farmasötik atıkların endüstriyel çimento veya demir ocaklarında yüksek ısıda yakılması pratik ve değerli bir opsiyondur; ek yatırım gerektirmez ve bedava ısı kaynağından endüstri de yararlanılmış olur (1,34).

Hastane atıklarının yakılmasında; enfeksiyöz sağlık bakımı atıklarını yakmak için özel olarak düzenlenmiş olan çift-odalı pirolitik fırınlar, pirolitik fırının olmadığı yerlerde kullanılan tek-odalı kalorifer ocakları ve genotoksik veya ısıya dayanıklı kimyasal atıkların elden çıkarılmasında kullanılan yüksek ısıda çalışan dönel çarklı ocaklar olmak üzere 3 çeşit fırın kullanılır.

Pirolitik fırınlar: Sağlık bakımı atıklarının muamelesinde en sık kullanılan ve güvenilir olan yöntem hava kontrollü yakma veya çift odalı yakma adı da verilen pirolitik yakma metodudur. Pirolitik fırınlar, bir pirolitik oda ve bir yanma sonrası odadan oluşur. Pirolitik odada, atıklar 800-900 °C'lik bir ısıda yakılır. Yanma sonucunda kül ve gazlar oluşur. Pirolitik odada, yakma işlemini başlatan bir yakıt beki bulunur. Atıklar, uygun atık torbaları veya kapları içinde odaya yüklenir. Bu işlemde ortaya





◆ İbrahim Halil Özerol

çıkan gazlar, post yanma odasındaki yakıt beki aracılığıyla yüksek ısıda (900-1200 °C) yakılır. Burada, duman ve kokuyu azaltmak için bol hava kullanılır (1,34).

Fırın kapasitesi, 200 kg/gün'den 10 ton/gün'e değişir. Hastanelerde kullanılan fırınların kapasitesi genellikle 1 ton/gün'den azdır. Kapasitesi daha fazla (1-8 ton/gün) olan pirolitik fırınlar da dizayn edilmiştir. Bu fırınlarda, atıkların yüklenmesi, küllerin ayrılması ve yanan atıkların içerdeki hareketleri tamamen otomatik olarak gerçekleşir. Kapasitesi 4-8 ton/gün olan büyük, merkezi pirolitik fırınların çalıştırılmasında ve atıkların elden çıkarılmasında tam gün çalışan elemana ihtiyaç vardır (1,34).



Şekil 2. Tek odalı fırın

Pirolitik fırınlar; infeksiyöz (kesici-delici özellikteki atıklar dahil), patolojik, farmasötik ve kimyasal atıkların yakılmasına uygundur. Halk sağlığını tehdit etmeyen şehir atıkları, genotoksik atıklar ve radyoaktif atıkların yakılmasına uygun değildir. Yakıldıkları sırada patlayabilen, açık havaya hidroklorik asit ve dioksin gibi toksik gazlar veya kurşun, kadmiyum ve civa gibi toksik

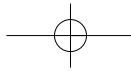
metaller yayabilen basınçlı kaplar, PVC gibi halojenli plastikler ve yüksek oranda ağır metal içeren atıkların yakılmaması gerekir (41,42).

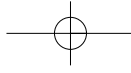
Tek odalı fırın: Minimum gereksinimleri karşılayacak şekilde dizayn edilmiş fırınlardır. Bu tip fırınlarda tüm atık işlemleri elle yapılır. Gaz ekleyerek yanma başlatılır. Fırın tabanından bacasına doğru doğal havalandırma ile hava girer. İçeri giren hava yetersizse mekanik havalandırma yapılabilir. Yanma sırasında atmosfere sülfür dioksit, hidrojen klorit ve hidrojen florit gibi gazlar, siyah duman, kül partikülleri, karbon monoksit, nitrojen oksit, ağır metaller ve uçucu organik kimyasallar karışabilir (1) (Şekil 2).

Silindir fırın ve tuğla fırın: Silindir fırına, alan fırını da denir. En basit tek odalı fırın tipidir. Atıkların duman oluşturmadan yakılmasının mümkün olmadığı zamanlarda ve infeksiyon epidemilerinde infeksiyöz atıkların yakılmasında kullanılır.

Silindir fırın hazırlanmasında, 210 litrelik (55 galon) variller kullanılır. Varilin altı ve üstü çıkarılır. Üst kısma, külün havaya dağılmasını önleyen bir saç yerleştirilir ve bir boru eklenir. Alt kısma ise delikli bir saç yerleştirilir.

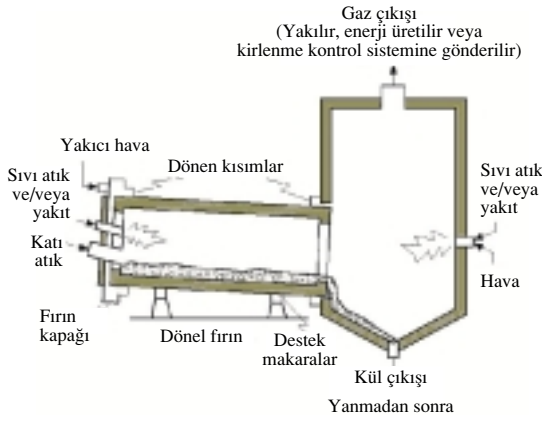
Fırının yanma ısısı 300-400 °C ve kapasitesi 100-200 kg/gün'dür. Tuğla fırın da benzer amaçlarla kullanılır. Bu tip fırının etkinliği %80-90 ve tahrip edilen mikroorga-





nizma oranı %99'dur. Atık hacmi ve ağırlığını büyük oranda azaltır. Isı 200 °C'ı geçmezse birçok kimyasal ve farmasötik kalıntılar oluşur. Ayrıca, işlem sırasında yoğun siyah duman, kül ve toksik gazlar yayılmaktadır (1,34).

Tek odalı fırınlarda infeksiyöz (kesici-delici özellikteki atıklar dahil), patolojik ve genel sağlık bakımı atıkları yakılabilir. Yakma sırasında dioksin gibi toksik gazlar yayılabileceğinden büyük miktardaki farmasötik ve kimyasal atıklar bu tip fırında yakılmamalıdır. Ayrıca; düşük ısı oluşturduğu için genotoksik atıklar ve radyoaktiviteyi azaltmadığı gibi yayılmasına da neden olabileceğinden radyoaktif atıklar, inorganik bileşikler ve ısıya dayanıklı atıklar, patlayabildiği için basınçlı kaplar, hidrojen klorit ve dioksin gazı açığa çıkaran halojenli plastikler (PVC) ve toksik metaller (kurşun, kadmiyum, civa) açığa çıkabildiği için ağır metal içeriği yüksek atıklar (termetreler, piller)'in yakılmasına uygun değildir (42,43).



Şekil 3. Dönel fırın

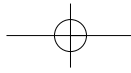
Dönel çarklı ocaklar sürekli çalışabilir. Bu ocaklar toksik atıkların elden çıkarılmasına özelleştirilmiş oldukları için endüstriyel alanlarda veya parklarda tesis edilmelidir.

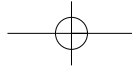
Dönel çarklı ocaklar; infeksiyöz (kesici-delici özellikteki atıklar dahil), patolojik, kimyasal ve farmasötik atıklar (sitotoksik atıklar dahil)'in yakılmasında kullanılır. Risksiz sağlık bakımı atıkları ve radyoaktif atıkların elden çıkarılmasında kullanılmaz. Basınçlı kaplar ve yüksek ağır metal içerikli atıkların yakılmaması gerekir (1).

Kimyasal dezenfeksiyon: Hastanelerde, rutin olarak tıbbi cihazlar, kapılar ve odalarındaki mikroorganizmaların öldürülmesi amacıyla kimyasal dezenfeksiyon kullanılır.

Dönel çarklı ocaklar: Bu ocaklardan, kimyasal atıkların spesifik olarak yakılmasında yararlanılır. Dönel çark bulunan bir oda ve post-yanma odasından oluşur (Şekil 3). Bölgesel sağlık bakımı atık fırını olarak kullanılırlar.

İlk odadaki çark üstüne atıklar yüklenir. Çarklar dakikada 2-5 defa dönmektedir. Öğütülen atıklar çarkın alt dibinde birikir. Bu sırada oluşan gazlar post yanma odasında organik bileşiklerin ısıtılarak yakılmasında kullanılır.



**◆ İbrahim Halil Özerol**

maktadır. Günümüzde, sağlık bakımı atıklarının muamele edilmesinde de kullanılır. Atık üzerine, mikroorganizmaları öldürmek veya inaktive etmek amacıyla kimyasallar eklenir. Bu muamele genellikle sterilizasyondan çok dezenfeksiyon işlemidir. Kimyasal dezenfeksiyon; kan, idrar, dışkı ve hastane atık suyu gibi birçok sıvı atığa uygulanabilir. Ayrıca, mikrobiyolojik kültürler, Kesici-delici özellikteki atıklar gibi katı ve yüksek derecede zararlı sağlık bakımı atıklarını da dezenfekte edebilir (1).

İnsan vücut kısımları ve hayvan cesetleri kimyasal olarak dezenfekte edilemez. Alternatif imkanlar yoksa, parçalandıktan sonra kimyasal dezenfeksiyon uygulanabilir.

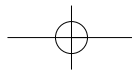
Dezenfektanlara dirençli mikroorganizmalar artmaktadır. Belirli bir mikroorganizma grubuna etkili olduğu bilinen bir dezenfektanın, daha az dayanıklı olan mikroorganizma grubuna karşı da etkili olabileceği farzedilir. Giardia ve Cryptosporidium gibi birçok parazitin dezenfeksiyona önemli derecede dayanıklı olduğu ve direnç oranlarının mikobakteriler ve virüslere yakın olduğu bilinmektedir. Dezenfeksiyonun etkinliği, standard mikrobiyolojik testlerde yaşama oranlarından elde edilir.

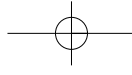
Günümüzde, sağlık bakımı atıklarının kimyasal dezenfeksiyonu endüstrileşmiş ülkelere sınırlı olmakla birlikte gelişmekte olan ülkelerde özellikle kolera epidemilerinde dışkı muamelesinde olduğu gibi yüksek derecede infeksiyöz fizyolojik sıvıların muamele edilmesinde de kullanılmaktadır.

Kimyasal dezenfeksiyon, genellikle hastane içinde uygulanır. Son yıllarda, sağlık bakımı atıklarının muamele edilmesinde ticari, tam otomatik sistemler geliştirilmiş ve endüstriyel alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Dezenfekte edilen atıklar, risksiz sağlık bakımı atıkları olarak elden çıkarılabilmesine rağmen kimyasal dezenfektanlara bağlı çevresel problemlere rastlanabilmektedir.

Kimyasal dezenfeksiyonun hız ve etkinliği; kullanılan kimyasalın türü, miktarı, dezenfektan ve atıklar arasındaki temas süresi ve yüzeyi, atıktaki organik madde oranı ve çevredeki ısı, nem ve pH gibi birçok faktöre bağlıdır. Dezenfeksiyondan önce atıkların parçalara ayrılması ile atık ve dezenfektan arasındaki yüzey alanı artırılır ve dezenfektanın ulaşmadığı kısımlar azaltılır, vücut kısımları tanınmayacak hale getirilerek elden çıkarıldığı için görsel olumsuz etkiler yok edilir ve atık hacmi önemli oranda (%60-90) azaltılır. Atıkların parçalanması sırasında genellikle su eklenir ve böylece atığın aşırı ısınması önlediği gibi dezenfektanla teması kolaylaştırılmış olur. Fazla sudan oluşan atıklar da kimyasal dezenfeksiyonla muamele edilmelidir.

Kimyasal dezenfektan tipleri: sağlık bakımı atıklarının dezenfeksiyonunda, genellikle aldehitler, klor bileşikleri, amonyum tuzları ve fenol bileşikleri kullanılır. Geçmişte sık kullanılan ve günümüzde de halen bazı bölgelerde kullanılan etilen oksitin kullanıcıda önemli zararlara neden olması nedeniyle atık muamelesi amacıyla kullanılması tavsiye edilmemektedir. Atıkların dezenfeksiyonu amacıyla, güçlü ve güvenli olmasından dolayı ozon (O₃)'un kullanılabilirliği araştırılmaktadır. Dezenfektanların çoğu açıldıktan sonra en az 5 yıl dayanıklıdır. Sadece sodyum hipoklorit açıldıktan





tan 6-12 ay sonrasına kadar etkili kalmaktadır. Daha güçlü dezenfektanlar, genellikle deri ve mukozalara daha zararlı ve toksik etkilidir. Bu nedenle kullanıcıların koruyucu eldiven ve gözlük takması gerekir. Bazı dezenfektanlar binaya zarar verebilir. Bu nedenle uygun depolarda saklanmalıdır.

Küçük miktardaki dezenfektanlar, muamele edilmeden kanalizasyona atılabilir. Doğal su kaynaklarına karışabilmesi nedeniyle büyük miktardaki dezenfektanlar kanalizasyona verilmemelidir.

Kimyasal dezenfektanlar, genellikle sitotoksik ve kimyasal atıklara etkili, fakat bazı patolojik atıklara etkisizdir.

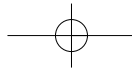
Buharla dezenfeksiyon: Yüksek buhar basıncı ve ısısı altında parçalanmış atıkların muamele edilmesi, otoklavda sterilizasyon işlemine benzer. Temas süresi yeterli ise birçok mikroorganizmayı elimine eder. Sporlu bakteriler için minimum 121 °C'lik ısı gerekir. Bu işlem; kesici-delici özellikteki atıklar ve anatomik atıklara etkili iken kimyasal ve farmasötik atıklara etkisizdir. Yatırım ve operasyon maliyeti düşük ve çevreye zararı az olmasına rağmen yakma işleminin yapılamadığı şartlarda düşünülmelidir. Dezenfekte edilen atıklar şehir atıklarına karıştırılabilir (37).

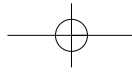
Buhar bulunan reaksiyon tankı, horizontal çelik silindir şeklindedir ve bir buhar jeneratörüne bağlıdır. Tank içinde, 6 bar (600 kPa) basınç ve 160 °C ısı oluşur. Bu sistemde bir vakum pompası ve bir elektrik kaynağı bulunur. Basınç ve ısı kontrol edilir ve işlem sırasında izlenir. Sistem otomatik olarak çalışabilir (1).

Operasyon başlatıldığında, atıklar kesici aletler aracılığıyla küçük parçalara ayrılır veya tanka girmeden önce öğütülür. Tank içindeki hava boşaltılarak parsiyel buhar basıncının artması ve atıkla temasının artması sağlanır. Daha sonra, tank içine yüksek derecede ısıtılmış buhar girer. İşlem süresi, 121 °C ısı ve 2-5 bar (200-500 kPa) basınç altında 1-4 saattir. Dezenfeksiyonun etkinliği, buhar ve atık arasındaki temas yüzeyinin genişliğine bağlı olduğu için tank aşırı yüklenmemelidir. En iyi sonuç, atık tamamen parçalanarak ve tankın yarısından azı doldurularak elde edilir. Temas süresinin sonunda, tankın soğuması beklenir ve boşaltıldıktan sonra temizlenir.

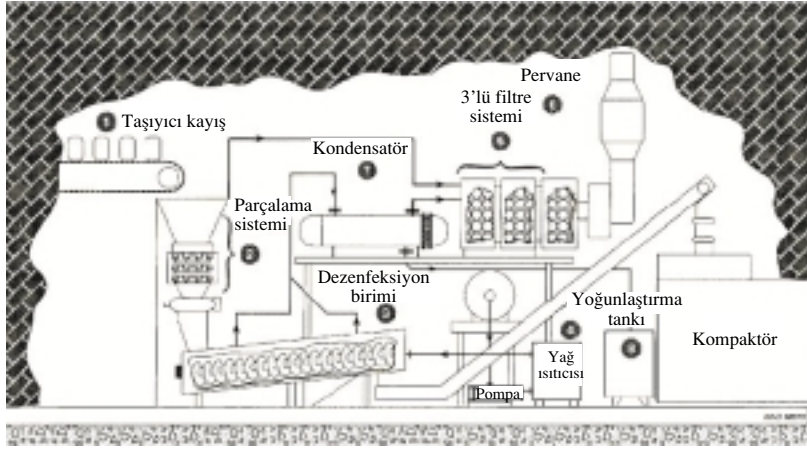
Dezenfeksiyon için teorik temas süresi (>2 bar basınçta 121 °C'de 20 dk ve 3.1 bar basınçta >5 dk) pratikte ihtiyaç duyulandan daha azdır. Bu nedenle, hastanelerden uzak bölgelerde tesis edilen daha büyük ölçekli buharlı termal dezenfeksiyon cihaz (buharlı otoklav)'ları kullanılır. Bu cihazların kapasitesi > 8m³'tür ve bölgesel sağlık bakımı atıklarının dezenfekte edilmesinde kullanılır. Teknik özellikleri küçük sistemlere benzemesine rağmen bazılarında küçük parçalara ayırma kısmı bulunmaz.

Otoklavlama, etkili bir buharla termal dezenfeksiyon işlemidir. Hastanelerde, yeniden kullanılabilen tıbbi cihazların sterilizasyonu amacıyla kullanılır. Küçük miktarda atıkları dezenfekte edebildiğinden sadece mikroorganizma kültürleri veya kesici-delici özellikteki atıklar gibi yüksek derecede infeksiyöz atıkların elden çıkarılmasına uygundur. Araştırmalara göre, küçük miktardaki (yaklaşık 5-8 kg) atıklarda bulu-





◆ İbrahim Halil Özerol



Şekil 4. Screw-feed ocak

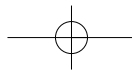
nan tüm vegetatif mikroorganizmaların ve birçok bakteri sporunun etkili bir şekilde inaktive edilebilmesi için 1 bar (100 kPa) basınç altında en az 121 °C'de 60 dk bekletilmesi gerekir ve bu süre atık içine buhar penetrasyonuna izin verir (44).

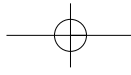
Screw-feed teknolojisi: Yanma esasına dayanmayan kuru termal dezenfeksiyon işlemidir. Atıklar, yaklaşık 25 mm çapında partiküllere parçalandıktan sonra burgulu bir alana girer ve burgunun merkezindeki şaft etrafında dolaşan yağ etkisiyle 110-140 °C'ye ısıtılır (45). Atıklar, yaklaşık 20 dk burğu boyunca döndükten sonra kalıntılar sıkıştırılır (Şekil 4). Bu işlem sonunda, atık hacmi %80 ve ağırlığı %20-25 azalır. İnfeksiyöz ve kesici-delici özellikteki atıkların muamele edilmesi için uygun olmasına rağmen patolojik, sitotoksik ve radyoaktif atıkların muamele edilmesine uygun değildir. Havaya yayılan gazlar filtre edilmeli ve işlem sırasında oluşan yoğunlaşmış su, atılmadan önce muamele edilmelidir (1).

Mikrodalga radyasyon: Birçok mikroorganizmalar, dalga boyu 12.24 cm ve frekansı 2450 MHz olan mikrodalgaların etkisi ile tahrip olur. Mikrodalgalar, atık içindeki suyu hızla ısıtır ve oluşan ısı etkisiyle infeksiyöz komponentleri tahrip eder.

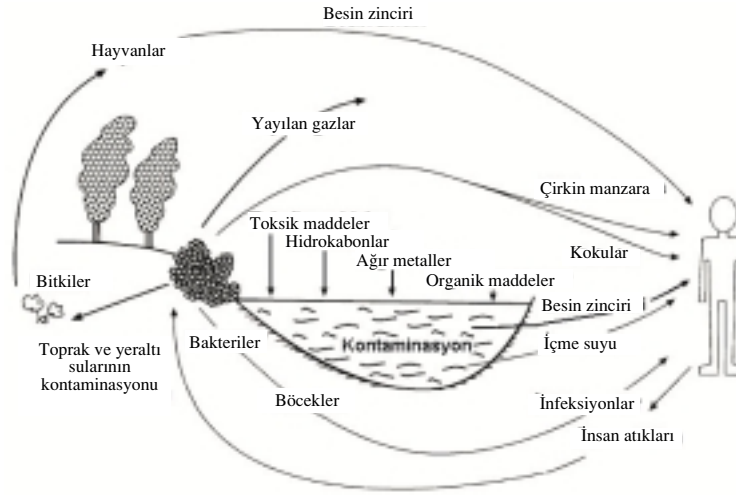
Mikrodalga radyasyon cihazında; yükleme aracı, ince parçalara ayırıcı kısım, buharla nemlendirilen bir tank, radyasyon odası, mikrodalga jeneratörleri ve atık sıkıştırma kısımları vardır. Parçalanan atıklar nemlendirilir ve radyasyon odasına gönderilerek yaklaşık 20 dk mikrodalga radyasyon uygulanır. Radyasyondan sonra sıkıştırılan atıklar, şehir atıkları ile birlikte elden çıkarılır.

Mikrodalga dezenfeksiyonunun etkinliği, rutin olarak yapılan bakteriyolojik ve virolojik testlerle incelenir. Rutin bakteriyolojik testlerde Bacillus subtilis kullanılması ve canlı sporelerde %99.99 azalma görülmesi tavsiye edilmektedir.





Hastane Atıkları, Ne Yapalım? ◆



Şekil 5. Atıkları, açık çukura bırakmanın dezavantajları

Mikrodalga işleminin, bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılmasına ve giderek kullanımını artmasına rağmen, tesisin maliyeti yüksek olduğu için gelişmekte olan ülkelerde kullanılması tavsiye edilmemektedir.

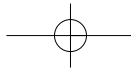
Kapasitesi, 250 kg/saat (3000 ton/yıl) dır. Ortalama maliyeti 500.000 \$'dır. Daha düşük fiyatlı küçük cihazlar da vardır (1).

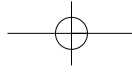
Toprağa gömme: Şehir atıklarının elden çıkarıldığı yerlerde zararlı sağlık bakımı atıklarının muamele edilmeden toprağa gömülmesinin esas temeli; kültürel ve dini nedenlere ve patojenlerin hava ve suya karışma riskini ve çöpçülük yapanlara bulaşma riskini azaltmaya dayanır.

Toprağa gömmenin, açık çukura boşaltma ve saniter gömme olmak üzere iki tipi vardır.

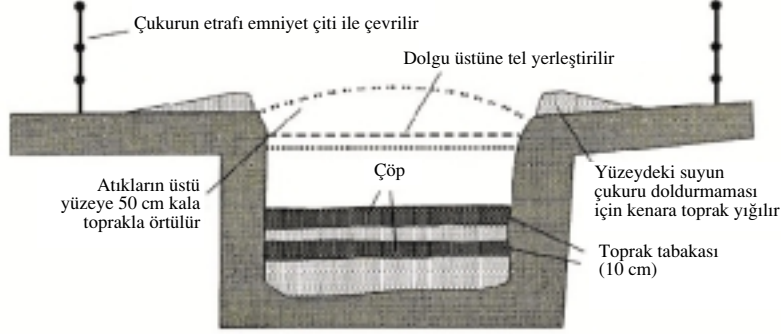
Açık çukura boşaltma (Şekil 5): atık depolama yerine kontrolsüz ve dağınık olarak atıkların bırakılmasıdır. Bu yöntemin; akut kirlenme problemleri, yangın, daha yüksek hastalık bulaşma riski ve bu bölgelere çöpçü ve hayvanların kolay ulaşması gibi dezavantajları vardır. Bu nedenlerle, sağlık bakımı atıklarının açık çukurlarda depolanmaması gerekir. İnfeksiyöz patojenlerle karşılaşan insan veya hayvanlarda direkt olarak yaralar, inhalasyon veya sindirim yoluyla ya da indirekt olarak yiyecek zincirine veya patojen için konak olabilen canlılara eklenerek hastalıkların yayılmasına neden olur (46-48).

Saniter gömmenin, açık çukura dökme metoduna göre en az 4 avantajı vardır: atıkların çevreden izolasyonu, atıkların bırakılacağı yerin daha önceden uygun şekilde





◆ İbrahim Halil Özerol



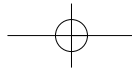
Şekil 6. Saniter gömme

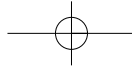
hazırlanması, atık kontrolünü yapan personelin olması ve atıkların organize ve günlük olarak depolanması. İnfeksiyöz ve küçük miktardaki farmasötik atıklar, saniter toprağa gömme metodu ile elden çıkarılabilir. Bu metot kuralına uygun yapılırsa, atıkla; toprak, yerüstü ve/veya yeraltı sularının kontamine olmasını, hava kirlenmesini ve halkın direkt temas kurmasını önlemektedir (Şekil 6).

Saniter gömme yapılan çukurların temel özellikleri; atık yeri ve çalışma alanı, atık getiren araçların girişine uygun olmalıdır; atık yerinde, günlük atık operasyonlarını kontrol eden personel bulunmalıdır; atıkların gömülmesine başlamadan önce, uygulama fazlarına uygun olarak hazırlanan ayrı bölmeleri olmalıdır; atık çukurunun tabanı ve yan duvarlarından atık su sızıntısı olmamalıdır; atık suyun toplanması ve gerekirse muamele edilebilmesini sağlayan düzenekleri olmalıdır; atıkların, küçük bir alanda depolanması ile toprak üstünde yayılmaları, sıkıştırılmaları ve her gün toprakla örtülmeleri sağlanmalıdır; çukur alanı etrafında yüzeyel su toplama kanalları olmalıdır ve çukur dolduğunda yağmur suyunun girmemesi için üstü kapatılmalıdır.

Sağlık bakımı atıkları, şehir atıklarının döküldüğü çöplüklerde açılan sığ veya derin çukurlarda depolanabilir: Şehir atıklarının bırakıldığı alanda sığ depolamada, çalışma yüzeyinin tabanında küçük bir çukur kazılır ve sağlık bakımı atıkları gömülerek üstüne 2 metre taze şehir atığı dökülür. Bu alana çöpçülük yapanların ve hayvanların ulaşması önlenmelidir. Aynı metot, zararlı katı endüstriyel atıklar için de kullanılabilir. İkinci metotta ise en az 3 aylık şehir atıklarının bulunduğu çöplüklerde açılan 1-2 metre derinlikteki çukurlara sağlık bakımı atıkları gömüldükten sonra üstü çıkarılan şehir atığı ile tekrar kapatılır.

Alternatif olarak, sadece sağlık bakımı atıklarının gömüleceği küçük bir çukur hazırlanabilir. Bu çukur 2 m derinlikte olmalı ve 1-1.5 m'si doldurulmalıdır. Her atık yük-





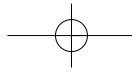
lemesinden sonra, atığın üstü 10-15 cm kalınlıkta toprakla örtülmelidir. Toprakla örtme mümkün değilse, atığın üstüne kireç dökülür. Özellikle Ebola virus gibi virulan bir mikroorganizmaya bağlı epidemik infeksiyonlarda, hem kireç hem de toprak eklenebilir. Bu alanda çöpçülüğü önlemek için yetkililer dışında giriş yasaklanmalıdır.

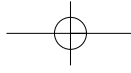
Enkapsulasyon: Ön muameleden geçirilmeyen sağlık bakımı atıklarının şehir atıkları ile birlikte toprağa gömülmesi uygun görülmemektedir (33). Atıkların gömülmesinden önce yapılan ön uygulamalardan biri enkapsulasyondur. Bu işlemde, atıkla dolu olan kap içine immobilizan bir madde eklenir ve kapağı kapatılır. Kap olarak, yüksek yoğunluklu polietilenden hazırlanmış kübik kutular veya metal variller kullanılır. Bu kutuların 3/4'üne kadar, kesici-delici özellikteki atıklar ve kimyasal veya farmasötik atıklar doldurulduktan sonra üzerine plastik köpük, ziftli kum, çimento harcı veya killi çamur eklenir. Kurutulduktan sonra kapağı kapatılır ve toprağa gömüleceği yere gönderilir (1).

Bu işlem nispeten ucuz, güvenli ve özellikle kesici, kimyasal ve farmasötik atıkları elden çıkarma imkanı olmayan tesisler için uygundur. Enkapsulasyon, kesici olmayan infeksiyöz atıklar için tavsiye edilmemesine rağmen yakma amacıyla kombine edilerek kullanılabilir. En önemli avantajı, zararlı sağlık bakımı atıklarına ulaşabilen çöpçülerdeki riskleri azaltmasıdır.

Hastane alanında güvenli gömme: Özellikle yerleşim yerinden uzak bölgeler, geçici göçmen kampları veya geniş alana yayılmış sağlık bakımı tesislerinde, sağlık bakımı atıklarının yönetiminde, hastane alanı içinde atığın güvenli gömülmesi tek çare olabilir. Bu amaçla, hastane yönetimi tarafından belirlenen bir alanda, sadece yetkili kişilerin girebileceği bir gömme yeri hazırlanır. Yeraltı suyunun kirlenmesini önlemek için, çukurun tabanına kil yayılarak geçirgenliği azaltılır. Bu çukura genel hastane atıkları da gömülürse hızla dolacağı için sadece zararlı sağlık bakımı atıkları gömülmelidir. Büyük miktardaki (>1 kg) kimyasal atıklar, bir defada gömülmemelidir. Küçük miktarlarda gömülerek çevreyi kirlenmemeleri sağlanmalıdır. Gömme yeri, toprağa gömmede olduğu gibi işlem görmeli ve her atık tabakasının üstü, toprak tabakası ile örtülerek koku yayması, kemirici ve böceklerin çoğalması engellenmelidir. Çukurun tabanı, yeraltı suyundan en az 1.5 metre yüksekte olmalıdır. Yerinde gömme, 1-2 yıllık kısa sürelerde ve nispeten küçük miktar (5-10 ton/toplam) atıklar için pratik ve güvenlidir (49).

Kalıntıların toprağa gömülerek elden çıkarılması: Dezenfeksiyon veya yakmadan sonra, infeksiyöz sağlık bakımı atıkları risksiz atık haline gelir ve nihai toprağa gömme yerlerine bırakılırlar. Anatomik tipteki gibi bazı sağlık bakımı atıkları dezenfeksiyondan sonra da halen görüntü kirliliği oluşturmakta ve bu birçok ülkede kültürel olarak kabul edilmemektedir. Bu tür atıklar, elden çıkarılmadan önce tanınmaz hale getirmek için yakılabilir. Bu tür atıklardan yakılması mümkün olmayanlar, elden çıkarılmadan önce kaplar içine yerleştirilmelidir.



**◆ İbrahim Halil Özerol**

İnertizasyon: Atıkların elden çıkarılmasından önce, atık içindeki toksik maddelerin yüzey ve yeraltı sularına karışmasını minimize etmek için çimento ve diğer maddelerle karıştırılarak atığın inert hale getirilmesi işlemidir. Farmasötik atıklar ve metal içeriği yüksek atıkların yakılmasından sonra oluşan küllerin inert hale getirilmesi gerekir.

Farmasötik atıkların inertizasyonu için; paket açılır, farmasötik yere yayılır ve su, kireç ve çimento ile karıştırılır. Homojen bir kitle (1 m³) oluşturulur ve bu küpler veya pelletler uygun bir depolama yerine nakledilir. Alternatif olarak, homojen karışım, sıvı halde toprağa gömmek üzere veya şehir atık alanına gönderilebilir. Tipik karışım oranı: %65 farmasötik atık, %15 kireç, %15 çimento ve %5 sudan oluşur (1).

Atık Tipine Uygun Elden Çıkarma Metodunun Seçilmesi

İnfeksiyöz ve kesici-delici özellikteki atıkların elden çıkarılması: İnfeksiyöz mikroorganizmalar ısı, dezenfektanlar ve mikrodalga radyasyonla tahrip edilebilir. Yüksek derecede infeksiyöz atıklar (kültürler ve infeksiyöz etken stokları), otoklavda buharla sterilize edilmelidir. Diğer infeksiyöz atıklar için dezenfeksiyon yeterlidir (50).

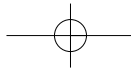
Kesici-delici özellikteki atıklar, mümkünse diğer infeksiyöz atıklarla birlikte yakılmalıdır. Enkapsulasyon da uygundur. Yakıldıktan veya diğer dezenfeksiyon işleminden sonra kalıntılar toprağa gömülebilir.

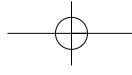
Kan, yeterince kimyasal muamele yapılmadan kanalizasyona akıtılmamalıdır; yakılabilir.

Farmasötik atıkların elden çıkarılması: Küçük miktardaki kimyasal veya farmasötik atıkların elden çıkarılması kolay ve nispeten ucuzdur. Büyük miktardaki atıklar için özel işlem yapılmalıdır.

Küçük miktardaki farmasötik atıklar; toprağa gömerek, enkapsüle edilerek, hastane alanı içinde güvenli gömülerek, kanalizasyona akıtılarak ve fırında yakılarak elden çıkarılabilir. Günlük olarak küçük miktarda oluşan farmasötik atıklar toprağa gömülebilir. Ancak, sitotoksik ve narkotik droglar küçük miktarlarda da olsa asla toprağa gömülmemelidir. Küçük miktardaki farmasötik atıklar ve uygunsa kesici-delici özellikteki atıklarla birlikte enkapsüle edilebilir. Küçük miktardaki farmasötik atıkların hastane içinde gömülmesi çöpçülüğü önler. Orta miktardaki vitamin, öksürük ilacı, intravenöz solusyon ve göz damlası gibi nispeten yarı sıvı farmasötikler kanalizasyona akıtılabilir (fakat antibiyotik veya sitotoksik droglarlar akıtılmaz), kanalizasyona akıtmadan büyük miktar su ile dilüe edilmelidir. Küçük miktardaki farmasötik atıklar, infeksiyöz veya genel atıklarla birlikte fırında yakılabilir (1).

Büyük miktardaki farmasötik atıkların fırında yakılması, farmasötik atıklar için en iyi elden çıkarma yöntemidir. Karton kutular, diğer yanıcı maddeler ve infeksiyöz atıklarla karıştırılarak yakılır. İdeal olarak, büyük miktardaki farmasötik atıkların en-





düstriyel atıklar için düzenlenen fırınlarda (dönel çarklı ocaklar), yüksek ısıda (>1200 °C) yakılması gerekir. Birçok ülkede, bu amaçla çimento ocaklarından yararlanılır. Büyük miktardaki farmasötik atıkların, yeraltı sularını kontamine edebilmesinden dolayı enkapsüle edilmeden toprağa gömülmemesi gerekir. Katı, sıvı ve yarı katı farmasötik atıklar metal variller içinde enkapsüle edilmeli, genel hastane atıklarından ayrılmalı ve kanalizasyona dökülmemelidir. İntravenöz kullanılan sıvılar (tuzlar, amino asitler, lipitler, glukoz, vs), toprağa gömülebilir veya kanalizasyona dökülebilirler. Gazlı ampüller, patlayabileceği için yakılmamalıdır. Yüzeysel geçirgen olmayan sert bir zeminde kırılmalı ve süpürülerek toplandıktan sonra kesici-delici özellikteki atıklara uygulanan işlemlere alınmalıdır. Ampülü kıran işçilerin koruyucu elbise, eldiven ve gözlük kullanması gerekir (1).

Sitotoksik atıkların elden çıkarılması: Yüksek derecede zararlı etkileri olan sitotoksik atıkların toprağa gömülmemesi ve kanalizasyona dökülmemesi gerekir. Bu nedenle, miadı dolan veya artık kullanılmayacak olan sitotoksik atıklar, üreticisine gönderilmelidir. Sitotoksik maddelerin tamamen tahrip edilebilmesi için yüksek ısı dereceli (>1200 °C) fırında yakılması gerekir. Daha düşük ısı dereceli fırınlarda yakılırsa atmosfere zararlı sitotoksik buhar yayılabilir.

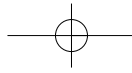
Modern çift odalı pirolitik fırınlarda 1200 °C'lik ısı elde edilebildiğinden sitotoksik atıkların yakılmasına uygundur. Kimyasal atıkların termal dekompozisyonu için dizayn edilen dönel çarklı ocaklarda da yakılabilir. Şehir atıklarının yakıldığı tek odalı fırınlarda yakılmamalıdır (1).

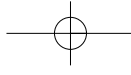
Sitotoksik bileşikleri, sitotoksik veya genotoksik olmayan bileşiklere çeviren kimyasal parçalama metodları ile hem drog kalıntıları hem de kontamine idrar kabı, döküntüler ve koruyucu elbiseler muamele edilebilir. Gelişmekte olan ülkelerde iyi bir alternatif oluşturur. Kimyasal parçalama işleminde; potasyum permanganat (KMnO₄) veya sülfürik asit (H₂SO₄) ile oksidasyon, hidrobromik asit (HBr) ile denitrozasyon veya nikel ve alüminyumla redüksiyon metodları kullanılır (14,51).

Antineoplastik ilaçlarla kontamine vücut sıvılarının ve döküntülerin yakılması veya kimyasal parçalanması tatmin edici sonuçlar vermemektedir.

Yüksek ısıda yakma veya kimyasal parçalama metodları mevcut değilse bu imkanlara sahip ülkelere gönderilmeli, bu da yapılamıyorsa en son olarak enkapsülasyon ve inertizasyon düşünülmelidir.

Genel kimyasal atıkların elden çıkarılması: Şeker, amino asitler ve bazı tuzlar gibi yeniden kullanışlı hale getirilemeyen genel kimyasal atıklar, şehir atıkları ile birlikte elden çıkarılabilir veya kanalizasyona akıtılabilir. Sağlık bakımı tesislerinde oluşan sulu kimyasal atıkların, koloidal süspansiyon ve çözünmüş solitlerle birlikte kanalizasyona verilmesi birçok ülkede kabul edilebilir bir uygulama olmasına rağmen lokal otoritelerden izin alınarak yapılmalıdır. Kanalizasyona akıtılacak materyalin



**◆ İbrahim Halil Özerol**

tipi ve miktarı; süspansiyonun kirletici konsantrasyonu, katı içeriği, ısısı, pH'ı ve bazen boşaltma hızı gibi şartlara bağlı olarak sınırlandırılabilir.

Petrol, kalsiyum karbit ve halojenli organik çözücüler kanalizasyona verilmemelidir.

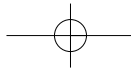
Küçük miktardaki zararlı kimyasal atıklar; paketleri ile birlikte pirolitik yakma, enkapsülasyon veya toprağa gömme işlemi yapılarak elden çıkarılabilir. Büyük miktardaki zararlı kimyasal atıkların elden çıkarılması için güvenli ve ucuz bir yöntem yoktur. Zararlı atığın tipine uygun bir metod seçilir. Çözücü tipindeki yanıcı atıklar yakılabilmesine rağmen halojenli çözücülerin klor ve flor gazı yayabilmesi nedeniyle gaz temizleme olanakları olan cihazlarda yakılması gerekir. Güvenli ve etkili bir şekilde yakılamayan atıkların uzman kişiler veya organizasyonlar tarafından elden çıkarılması gerekir. Bu organizasyonlar; zararlı kimyasal atıkları dönel çarklı ocaklarda elimine edebilir, kimyasal muameleye tabi tutulabilir veya güvenli bir şekilde depolayabilirler.

Bazı zararlı kimyasallar, güvenlik önlemleri alınarak üreticisine geri gönderilebilir. Ülke içinde zararlı kimyasal atığı elimine edecek uzman ve imkanlar yoksa bulunan ülkelere gönderilebilir. Tavsiye edilen diğer önlemler; farklı bileşimdeki tehlikeli kimyasal atıkların istenmeyen kimyasal reaksiyonlarından kaçınmak için ayrı olarak depolanması, kanalizasyona akıtılmaması, su kaynaklarını kontamine edebilmesi nedeniyle yakılmaması ve korozif veya yanıcı olanların enkapsüle edilmemesi gerekir.

Yüksek miktarda ağır metal içeren atıkların elden çıkarılması: Civa veya kadmiyumlu atıkların, toksik buhar çıkararak atmosferi kirletmeleri nedeniyle yakılmaması ve yeraltı sularını kirletme riskinden dolayı şehir atıkları ile birlikte gömülmemesi gerekir. Bu atıkların, orijinal ambalajı içinde üreticisine gönderilmesi gerekmesine rağmen üretici tarafından nadiren kabul edilir. Uzman ve atık işleme imkanı olan başka ülkelere gönderilmesi de düşünülmelidir.

Zararlı endüstriyel atıkların elden çıkarılmasına ayrılan alanlarda depolanabilir, enkapsüle edilebilir veya mevcutsa geçirgen olmayan toprağa gömülebilirler.

Basınçlı kapların elden çıkarılması: Basınçlı gaz ve aerosol içeren kaplar, patlama riskinden dolayı yakılmamalıdır. En iyi elden çıkarma opsiyonu, hasar görmemiş basınçlı kapların üreticisine gönderilerek yeniden kullanılabilir hale getirilmesi ve kullanıma kazandırılmasıdır. Bunu sağlamak için, orijinal satın alma şartnamelerine bu kapların üreticisine gönderileceği eklenmelidir. Hasara uğramayan; anestezi cihazına direkt olarak bağlı olan nitroz oksit kartuşları veya tüpleri, özel olarak dizayn edilen sterilizatörlere bağlı etilen oksit kartuşları veya tüpleri, oksijen, nitrojen, karbon dioksit, sıkıştırılmış hava, siklopropan, hidrojen, tüpgaz ve aseton içeren basınçlı tüpler üreticisine gönderilebilmelidir. Hasarlı olanlar, patlama riskinden dolayı yeniden kullanıma sokulmamalıdır. Yetkili kişiler tarafından kotrollü olarak



Tablo 5. Hastane atık kategorilerine uygun muamele ve elden çıkarma metotları

Metot	İA	AA	K	FA	SA	KA	RA
Dönel çarklı ocaklar	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	DSİA
Pirolitik fırın	Evet	Evet	Evet	Küçük miktar	Hayır	Küçük miktar	DSİA
Tek odalı fırın	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	DSİA
Silindir veya tuğla fırın	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Kimyasal dezenfeksiyon	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Buharla dezenfeksiyon	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Mikrodalga radyasyon	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Enkapsulasyon	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Küçük miktar	Küçük miktar	Hayır
Hastane alanında güvenli gömme	Evet	Evet	Evet	Küçük miktar	Hayır	Hayır	Hayır
Saniter gömme	Evet	Hayır	Evet	Küçük miktar	Hayır	Hayır	Hayır
Kanalizasyona akıtma	Hayır	Hayır	Hayır	Küçük miktar	Hayır	Hayır	DSİA
İnertizasyon	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Hayır
Diğer metotlar				Miadı dolan ilacı üreticisine göndermek	Miadı dolan ilacı üreticisine göndermek	Kullanılmayan kimyasalları üreticisine göndermek	Depolayıp çürütmek

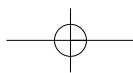
İA: İnfeksiyöz atık, AA: Anatomik atık, K: Kesici-delici atıklar, FA: Farmasötik atıklar, SA: Sitotoksik atıklar, KA: Kimyasal atık, RA: Radyoaktif atıklar, DSİA: Düşük seviyede radyoaktivite içeren infeksiyöz atık

patlatılıp toprağa gömülürler. Aerosol kutuları, siyah atık torbaları içinde genel atıklarla birlikte toplanmalı ve atılmalıdır. Yakılacak atıkların toplandığı sarı torbalara konulmamalı ve yakılmamalıdır. Çok fazla miktardaki aerosol kutularının üreticisine gönderilerek tekrar kullanışlı hale getirilmesi sağlanmalıdır. Cam şişelerde gelen sıvı halojenli ajanlar, zararlı kimyasal atıklar gibi işleme alınmalıdır.

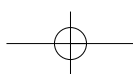
Farklı kategorilerdeki sağlık bakımı atıkları için çeşitli muamele ve elden çıkarma opsiyonlarının avantaj ve dezavantajları Tablo 5'te özetlenmiştir.

Kaynaklar

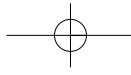
1. Prüs A, Giroult E, Rushbrook P. Safe management of wastes from health-care activities. Geneva: WHO, 1999;1-230.
2. Shapiro K, Stoughton M, Graff R, Feng L. Healthy Hospitals: Environmental Improvements Through

**◆ İbrahim Halil Özerol**

- Environmental Accounting. Thellus-Institute 2000;1-108.
3. Wiesner G, Harth M, Szulc R, et al. A follow-up study on occupational exposure to inhaled anaesthetics in Eastern European surgeons and circulating nurses. *Int Arch Occup Environ Health* 2001;74:16-20.
 4. Matsumoto S. Proper disposal(management) of medical wastes--the appropriate management of medical waste in laboratory. *Rinsho Byori* 2000;Suppl 112:39-46.
 5. Günaydın M. Hastane atıklarının zararsız hale getirilmesi. *Klimik Dergisi* 1994;7:22-3.
 6. Mato R, Kaseva ME. Critical review of industrial and medical waste practices in Dar es Salaam City. *Resource, Conservation and Recycling* 1999;27:1-87.
 7. Rutala WA, Odette RL, Samsa GP. Management of infectious waste by US hospitals. *JAMA* 1989;262:1635-40.
 8. Tsutsumi Y. Proper disposal(management) of medical wastes--appropriate handling and disposal of medical wastes from pathology laboratories. *Rinsho Byori* 2000;Suppl 112:32-8.
 9. Haiduven DJ, Phillips ES, Clemons KV, Stevens DA. Percutaneous injury analysis: consistent categorization, effective reduction methods, and future strategies. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1995;16:582-9.
 10. Anglim AM, Collmer JE, Loving TJ, et al. An outbreak of needlestick injuries in hospital employees due to needles piercing infectious waste containers. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1995;16:570-6.
 11. Moss ST, Clark RF, Guss DA, Rosen P. The management of sharps in the emergency department: is it safe? *J Emerg Med* 1994;12:745-52.
 12. Ishibashi Y. Proper disposal(management) of medical wastes--management of medical waste at University Hospital attached to School of Medicine, Nagasaki University. *Rinsho Byori* 2000;Suppl 112:21-5.
 13. Hartmann A, Golet EM, Gartiser S, et al. Primary DNA damage but not mutagenicity correlates with ciprofloxacin concentrations in German hospital wastewaters. *Arch Environ Contam Toxicol* 1999;36:115-9.
 14. Benvenuto JA, Connor TH, Monteith DK, et al. Degradation and inactivation of antitumor drugs. *J Pharm Sci* 1993;82:988-91.
 15. Hoerauf K, Lierz M, Wiesner G, et al. Genetic damage in operating room personnel exposed to isoflurane and nitrous oxide. *Occup Environ Med* 1999;56:433-7.
 16. Cazin JL, Gosselin P. Implementing a multiple-isolator unit for centralized preparation of cytotoxic drugs in a cancer center pharmacy. *Pharm World Sci* 1999;21:177-83.
 17. Harvie J. Eliminating mercury use in hospital laboratories: a step toward zero discharge. *Public Health Rep* 1999;114:353-8.
 18. Tsai CT, Lin ST. Disinfection of hospital waste sludge using hypochlorite and chlorine dioxide. *J Appl Microbiol* 1999;86:827-33.
 19. Wax PM, Goldfarb A, Cernichiari E. Mercury contamination of heavy metal collection containers. *Vet Hum Toxicol* 2000;42:22-5.
 20. Wiesner G, Harth M, Hoerauf K, et al. Occupational exposure to inhaled anaesthetics: a follow-up study on anaesthetists of an eastern European university hospital. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;44:804-6.
 21. Wiesner G, Hoerauf K, Schroegendorfer K, et al. High-level, but not low-level, occupational exposure to inhaled anesthetics is associated with genotoxicity in the micronucleus assay. *Anesth Analg* 2001;92:118-22.
 22. Cosset JM, Perdereau B, Dubray B, et al. The 1951-98 experience of the Paris Institut Curie Radiopathology Unit: a preliminary report. *J Radiol Prot* 1999;19:293-304.



23. Evdokimoff V, Cash C, Buckley K, Cardenas A. Potential for radioactive patient excreta in hospital trash and medical waste. *Health Phys* 1994;66:209-11.
24. Haishima Y. Measures for the disposal of non-regulated alternative medical wastes--prion protein-polluted medical waste. *Rinsho Byori* 2000;Suppl 112:104-14.
25. Onishchenko GG, Toporkov VP, Prometnoi VI, Naumov AV. The cholera epidemic in mountainous regions of Dagestan in relation to the probable role of the water factor in its spread. *Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol* 1995;Suppl 2:64-9.
26. Kerstiens B, Matthys F. Interventions to control virus transmission during an outbreak of Ebola hemorrhagic fever: experience from Kikwit, Democratic Republic of the Congo, 1995. *J Infect Dis* 1999;179 Suppl 1:S263-S267.
27. Bergstrasser E, Zbinden R, Minder C, Gnehm HE. Severity of respiratory syncytial virus infection influenced by clinical risk factors and subtype A and B in hospitalized children. *Klin Padiatr* 1998;210:418-21.
28. Jochimsen EM, Frenette C, Delorme M, et al. A cluster of bloodstream infections and pyrogenic reactions among hemodialysis patients traced to dialysis machine waste-handling option units. *Am J Nephrol* 1998;18:485-9.
29. Chaicumpa W, Srimanote P, Sakolvaree Y, et al. Rapid diagnosis of cholera caused by *Vibrio cholerae* O139. *J Clin Microbiol* 1998;36:3595-600.
30. Mukerjee D. Health impact of polychlorinated dibenzo-p-dioxins: a critical review. *J Air Waste Manag Assoc* 1998;48:157-65.
31. Rutala WA, Weber DJ. Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clin Microbiol Rev* 1997;10:597-610.
32. Giuliani F, Koller T, Wurgler FE, Widmer RM. Detection of genotoxic activity in native hospital waste water by the umuC test. *Mutat Res* 1996;368:49-57.
33. Moritz JM. Current legislation governing clinical waste disposal. *J Hosp Infect* 1995;30 Suppl:521-30.
34. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. 20/5/1993 tarih ve 21586 sayılı Resmi Gazete 1993;1-20.
35. Escaf M, Shurtleff S. A program for reducing biomedical waste: the Wellesley Hospital experience. *Can J Infect Control* 1996;11:7-11.
36. Kuspis DA, Krenzelok EP. What happens to expired medications? A survey of community medication disposal. *Vet Hum Toxicol* 1996;38:48-9.
37. Klangsin P, Harding AK. Medical waste treatment and disposal methods used by hospitals in Oregon, Washington, and Idaho. *J Air Waste Manag Assoc* 1998;48:516-26.
38. Standards of performance for new stationary sources and emission guidelines for existing sources: hospital/medical/infectious waste incinerators--EPA. Final rule. *Fed Regist* 1997;62:48348-91.
39. Li CS, Jenq FT. Physical and chemical composition of hospital waste. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1993;14:145-50.
40. Ibanez R, Andres A, Viguri JR, et al. Characterisation and management of incinerator wastes. *J Hazard Mater* 2000;79:215-27.
41. Ferraz MC, Cardoso JI, Pontes SL. Concentration of atmospheric pollutants in the gaseous emissions of medical waste incinerators. *J Air Waste Manag Assoc* 2000;50:131-6.
42. Pajak T. Dioxins in the municipal waste incineration process--threats, norms, actual situation, counter-actions. *Rocz Panstw Zakl Hig* 1996;47:105-19.
43. Thornton J, McCally M, Orris P, Weinberg J. Hospitals and plastics. Dioxin prevention and medical waste incinerators. *Public Health Rep* 1996;111:299-313.
44. Urbanowicz GR. Medical waste autoclaves: not just a lot of hot air. *Prof Dev Ser (Chic Ill)* 1998;4-24.

**◆ İbrahim Halil Özerol**

45. EPA. Final Technical Support Document for HWC MACT Standards. Environmental Protection Agency 1999;1:1-143.
46. Knox E. Childhood cancers, birthplaces, incinerators and landfill sites. *Int J Epidemiol* 2000;29:391-7.
47. Dolk H, Vrijheld M, Armstrong B, et al. Risk of congenital anomalies near hazardous-waste landfill sites in Europe: the EUROHAZCON study. *The Lancet* 1998;352:423-7.
48. Fielder HM, Poon-King CM, Palmer SR, et al. Assessment of impact on health of residents living near the Nant-y-Gwyddon landfill site: retrospective analysis. *BMJ* 2000;320:19-22.
49. Reed RA, Dean PT. Recommended methods for the disposal of sanitary wastes from temporary field medical facilities. *Disasters* 1994;18:355-67.
50. Shikani AH, St Clair M, Domb A. Polymer-iodine inactivation of the human immunodeficiency virus. *J Am Coll Surg* 1996;183:195-200.
51. Hansel S, Castegnaro M, Sportouch MH, et al. Chemical degradation of wastes of antineoplastic agents: cyclophosphamide, ifosfamide and melphalan. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;69:109-14.

