



دانشگاه گیلان
۱۳۵۳_۱۹۷۴

چاپ اول

مدیریت پسماند جامد اصول و عمل

تألیف: رامشا چاندراپا
دیگانتا بوسان داس
ترجمه: دکتر فرشته رئوف
استادیار دانشکده فنی دانشگاه گیلان

اداره چاپ و انتشارات دانشگاه گیلان

مدیریت پسماند جامد
اصول و عمل

Solid Waste Management Principles and Practice

By:
Ramesha Chandrappa & Diganta Bhusan Das
Translated by:
Fereshteh Raouf, Ph. D

University of Guilan Press



تألیف: رامشا چاندراپا، دیگانتا بوسان داس
ترجمه: فرشته رئوف



ISBN: 978-600-153-221-4



مدیریت پسماند جامد

اصول و عمل

تألیف:

رامشا چاندراپا دیگانا بوسان داس

ترجمه:

دکتر فرشته رئوف

استادیار دانشکده فنی دانشگاه گیلان

انتشارات دانشگاه گیلان

۱۳۹۹



دانشگاه گیلان

۱۳۵۳-۱۹۷۴

شابک: ۴-۲۲۱-۱۵۳-۶۰۰-۹۷۸

سرشناسه	: چاندراپا، رامشا Chandrappa, Ramesha
عنوان و نام پدیدآور	: مدیریت پسماند جامد/تالیف رانشا [صحیح: رامشا] چاندراپا، دیگانتا بوسان داس.؛ ترجمه فرشته رئوف؛ ویراستار علمی بهمن شریف زاده، ویراستار ادبی فرشته گلچین راد.
مشخصات نشر	: رشت: دانشگاه گیلان، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۵۷۶ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار؛ ۱۴/۵×۲۱/۵ سم.
شابک	: 978-600-153221-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Solid Waste Management Principles and Practice
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: زیاله و زیاله زدایی
موضوع	: Refuse and refuse disposal
شناسه افزوده	: داس، دیگانتا بهوسان، ۱۹۷۴ - م.
شناسه افزوده	: (Das, D. B.(Diganta Bhusan
شناسه افزوده	: رئوف، فرشته، مترجم
شناسه افزوده	: شریفزاده، بهمن، ۱۳۵۷-، ویراستار
شناسه افزوده	: دانشگاه گیلان
رده بندی کنگره	: TD۷۹۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۰۶۴۵۶۸

اداره چاپ و انتشارات دانشگاه گیلان

مدیریت پسماند جامد؛ اصول و عمل

رامشا چاندراپا، دیگانتا بوسان داس

دکتر فرشته رئوف

دکتر بهمن شریف زاده

فرشته گلچین راد

اول، ۱۳۹۹

انتشارات دانشگاه گیلان

جلد ۱۰۰۰

* هر گونه چاپ و تکثیر فقط در اختیار انتشارات دانشگاه گیلان است.*

نام کتاب

مؤلف

مترجم

ویراستار علمی

ویراستار ادبی

نوبت چاپ

ناشر

شمارگان

کتابی که در پیش رو دارید برگردان فارسی کتاب Solid Waste Management نوشته چاندراپا و بوسان و اس از مجموعه کتب نشر شده توسط انتشارات اشپریگر است که به ارائه مطالب مرتبط با مدیریت پسماند جامد می پردازد. کتاب دارای چهارده بخش است که به تعریف و بطن مفاهیم اساسی و نحوه دریافت، مدیریت و احیای پسماند جامد شهری می پردازد. این کتاب، به دانشجویان، مدیران و تصمیم گیرندگان شهرداریها کمک می کند تا پس از مطالعه مباحث مربوط به اصول علمی، دریابند که چگونه می توان با اجرای روش های ارائه شده، کیفیت احیای پسماند جامد شهری را افزایش داده و در نتیجه به سلامت عمومی، حفاظت از محیط زیست، استفاده مجدد از منابع در راستای توسعه پایدار کمک نمایند. دانشجویان رشته های محیط زیست، مهندسی شیمی و مهندسی عمران در مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی می توانند از این کتاب استفاده نمایند. همچنین مطالعه این کتاب به کارآفرینانی که علاوه بر گمرانی های مرسوم برای راه اندازی یک کسب و کار نو و خدعه های محیط زیستی نیز دارند توصیه می گردد.

در پایان لازم می دانم از دانشجویان عزیز: سرکار خانم منندس سهیلا علی میرزایی، سرکار خانم منندس پور شریانی، سرکار خانم منندس صفوی و جناب آقای منندس روشن دکاوت و همچنین جناب آقای دکتر شریف زاده جت ویراستاری علمی، سرکار خانم گلچین راد و سرکار خانم یزدانی به جت ویراستاری ادبی این کتاب کمال سپاسگزاری را داشته باشم.

با احترام

رنوف

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

۵-۱-۱- لزوم مدیریت پسماند جامد.....	۵
۲-۱- اهمیت مدیریت پسماند جامد صحیح و دقیق.....	۷
۳-۱- تغییر مشخصات در کمیت و زمان.....	۱۳
۴-۱- مدیریت پسماند در دوران قبل از صنعتی شدن.....	۱۴
۵-۱- مدیریت پسماند در دوران پس از صنعتی شدن.....	۱۹
۶-۱- مدیریت منسجم پسماند جامد.....	۲۶
۷-۱- پیشگیری از تولید زباله و برآورد چرخه حیات.....	۲۸
۸-۱- مسئولیت تولیدکنندگان.....	۳۰
۹-۱- مدیریت و تنظیم پسماند جامد.....	۳۱
۱-۹-۱- لزوم وجود مقررات.....	۳۳
۲-۹-۱- مقررات بین‌المللی.....	۳۵
۳-۹-۱- مقررات در کشورهای مختلف.....	۳۷
۱۰-۱- چارچوب مدیریت پسماند جامد.....	۴۵
۱-۱۰-۱- عناصر سیستم مدیریت پسماند.....	۴۶
۲-۱۰-۱- گروه‌های ذینفع.....	۴۸
۱۱-۱- مسائل مالی در مدیریت پسماند جامد.....	۵۰
۱-۱۱-۱- سرمایه‌گذاری.....	۵۵
۲-۱۱-۱- بهره‌برداری و نگهداری.....	۵۶
۱۲-۱- میزان تولید زباله: غنی در برابر فقیر.....	۵۸
۱۳-۱- روان‌شناسی و تولید زباله.....	۵۹
منابع.....	۶۱

فصل دوم: مقادیر و ویژگی‌های زباله

۱-۲- منابع پسماند جامد.....	۷۰
-----------------------------	----

- ۲-۲- مقادیر و ترکیبات ۷۱
- ۳-۲- مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ۸۶
- منابع ۹۲

فصل سوم: ذخیره‌سازی و جمع‌آوری

- ۱-۳- ذخیره‌سازی ۹۸
- ۲-۳- جمع‌آوری ۱۰۰
- ۱-۲-۳- جمع‌آوری از خانه‌های کم ارتفاع و جدا ۱۱۰
- ۲-۲-۳- جمع‌آوری از آپارتمان‌های دارای ارتفاع کوتاه و متوسط ۱۱۱
- ۳-۲-۳- جمع‌آوری از آپارتمان‌های بلند ۱۱۱
- ۴-۲-۳- جمع‌آوری از واحدهای بزرگ بازرگانی و یا صنعتی ۱۱۱
- ۵-۲-۳- وسایل نقلیه جهت جمع‌آوری ۱۱۱
- ۶-۲-۳- سیستم جمع‌آوری زباله بادی ۱۱۵
- ۳-۳- انتقال و حمل‌ونقل ۱۱۵
- منابع ۱۱۸

فصل چهارم: استفاده مجدد و بازیافت مواد

- ۱-۴- تفکیک ۱۲۲
- ۱-۱-۴- طبقه‌بندی دستی ۱۳۱
- ۲-۱-۴- غربال‌ها ۱۳۲
- ۱-۳-۴- جداسازهای هوایی ۱۳۵
- ۴-۱-۴- جداسازهای شناوری / ته‌نشینی ۱۳۷
- ۵-۱-۴- سطوح شیب‌دار ۱۳۷
- ۶-۱-۴- سطوح ارتعاشی ۱۳۸
- ۷-۱-۴- دسته‌بندی چشمی ۱۳۸
- ۸-۱-۴- دسته‌بندی بر اساس دمای ذوب دیفرانسیلی ۱۳۹

۱۳۹.....	۴-۱-۹- دسته‌بندی بر اساس انحلال‌پذیری.....
۱۳۹.....	۴-۱-۱۰- جداسازی مغناطیسی.....
۱۴۱.....	۴-۱-۱۱- جداکننده‌های جریان گردابه‌ای.....
۱۴۲.....	۴-۱-۱۲- جداکننده‌های الکترواستاتیک.....
۱۴۲.....	۴-۱-۱۳- خرد کردن.....
۱۴۶.....	۴-۱-۱۴- تهیه‌ی خمیر.....
۱۴۶.....	۴-۱-۱۵- مچاله کردن.....
۱۴۷.....	۴-۱-۱۶- پرس کردن.....
۱۴۷.....	۴-۱-۱۷- جداکننده‌های گلوله‌ای.....
۱۴۸.....	۴-۲- استفاده‌ی مجدد و بازیافت.....
۱۵۵.....	۴-۲-۱- عملیات هوازی و بی‌هوازی.....
۱۵۵.....	۴-۲-۲- کمپوست کردن.....
۱۶۳.....	۴-۲-۲-۱- هضم بی‌هوازی.....
۱۶۴.....	۴-۲-۳- جاده‌سازی.....
۱۶۴.....	۴-۲-۴- روش حذف و استفاده مجدد.....
۱۶۵.....	۴-۲-۵- تثبیت.....
۱۶۵.....	۴-۲-۶- بی‌اثر سازی.....
۱۶۵.....	۴-۲-۷- حذف و استفاده مجدد فلز.....
۱۶۵.....	۴-۲-۸- عملیات آبی.....
۱۶۵.....	۴-۲-۹- دانه‌بندی کردن پلاستیک.....
۱۶۶.....	۴-۲-۱۰- ظهور تکنولوژی‌های بیولوژیکی.....
۱۶۷.....	منابع.....

فصل پنجم: فرایند دفع

۱۷۲.....	۱-۵- دفن زباله
۱۷۷.....	۱-۱-۵- فرایندهای داخل محل‌های دفن زباله
۱۷۸.....	۱-۵-۲- کنترل شیرابه و گاز
۱۹۴.....	۱-۵-۲-۱- نظارت بر محل دفن زباله
۱۹۴.....	۱-۵-۲-۲- بستن محل دفن زباله
۱۹۸.....	۱-۵-۳- بهره‌برداری از محل دفن زباله
۱۹۹.....	۱-۵-۴- استفاده از مکان‌های قدیمی دفن زباله
۱۹۹.....	۱-۵-۵- حفاری محل دفن زباله
۱۹۹.....	۱-۵-۶- دفن زباله‌های خطرناک
۲۰۰.....	۵-۲- هم‌پزدازی پسماندهای جامد
۲۰۱.....	۵-۳- سوزاندن و تبدیل زباله به انرژی
۲۰۲.....	۵-۳-۱- ارزش حرارتی زباله
۲۰۵.....	۵-۳-۲- احتراق و بازیابی انرژی
۲۰۶.....	۵-۳-۳- تولید انرژی از زباله
۲۰۶.....	۵-۳-۴- توازن مواد و حرارت
۲۰۸.....	۵-۳-۴-۱- بازیابی حرارت زباله
۲۰۸.....	۵-۳-۵- سایر فناوری‌ها
۲۱۰.....	۵-۳-۵-۱- فناوری تبدیل به گاز
۲۱۱.....	۵-۳-۵-۲- فناوری پلاسما
۲۱۱.....	۵-۳-۵-۳- گرماکافت
۲۱۲.....	منابع

فصل ششم: ضایعات پزشکی

۲۲۳.....	۱-۶- اهمیت
۲۳۱.....	۱-۱-۶- ضایعات پزشکی خانگی
۲۳۲.....	۲-۱-۶- ضایعات پزشکی در مناطق روستایی
۲۳۲.....	۲-۶- عفونت بیمارستانی و مسئله سلامت به علت پسماندهای پزشکی
۲۳۳.....	۳-۶- مشخصات و مقادیر
۲۳۶.....	۴-۶- تصفیه و دفع
۲۵۷.....	۵-۶- پسماند رادیواکتیو
۲۶۰.....	۶-۶- وجود جیوه در پسماند زیست پزشکی
۲۶۲.....	منابع

فصل هفتم: پسماند خطرناک

۲۷۰.....	۱-۷- اهمیت
۲۷۰.....	۲-۷- پیش‌بینی‌های لازم برای ذخیره و انتقال پسماندهای خطرناک
۲۷۱.....	۳-۷- ویژگی و مقدار
۲۷۸.....	۱-۳-۷- پسماند خانگی خطرناک و پسماند خاص
۲۸۰.....	۲-۳-۷- پسماندهای خطرناک مناطق روستایی و شهری
۲۸۱.....	۴-۷- ذخیره‌سازی پسماند خطرناک
۲۸۴.....	۵-۷- تصفیه و دفع
۲۸۶.....	۱-۵-۷- تثبیت و جامدسازی
۲۹۰.....	۲-۵-۷- سوزاندن
۲۹۳.....	۳-۵-۷- مکان دفن زباله
۲۹۵.....	۴-۵-۷- اقدامات احتیاطی و عملیات در طول سوزاندن و دفن پسماند خطرناک
۲۹۶.....	منابع

فصل هشتم: ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی

۳۰۱.....	۱-۸- مستندات.....
۳۰۴.....	۲-۸- ویژگی‌ها و مقادیر.....
۳۱۰.....	۳-۸- بازیافت، پردازش و دفع مواد.....
۳۲۳.....	منابع.....

فصل نهم: ضایعات حاصل از فعالیت‌های صنعتی و تجاری

۳۳۸.....	۱-۹- صنایع استخراجی.....
۳۳۸.....	۱-۱-۹- استخراج معدن.....
۳۳۹.....	۲-۱-۹- سنگ معدن.....
۳۳۹.....	۳-۱-۹- نحوه انجام عملیات.....
۳۴۰.....	۲-۹- صنایع بنیادی.....
۳۴۰.....	۱-۲-۹- فلزات.....
۳۴۱.....	۱-۱-۲-۹- مس.....
۳۴۳.....	۲-۱-۲-۹- آلومینیوم.....
۳۴۵.....	۳-۱-۲-۹- آهن و استیل.....
۳۴۶.....	۲-۲-۹- مواد شیمیایی.....
۳۴۹.....	۳-۲-۹- کاغذ.....
۳۴۹.....	۴-۲-۹- پلاستیک.....
۳۵۰.....	۵-۲-۹- شیشه.....
۳۵۱.....	۶-۲-۹- نساجی.....
۳۵۱.....	۷-۲-۹- فرآورده‌های چوبی.....
۳۵۱.....	۸-۲-۹- انرژی.....
۳۵۳.....	۹-۲-۹- پتروشیمی.....

۳-۹- تبدیل و ساخت.....	۳۵۴
۱-۳-۹- بسته‌بندی.....	۳۵۴
۲-۳-۹- ساخت وسایل نقلیه.....	۳۵۵
۳-۳-۹- وسایل الکتریکی و الکترونیکی.....	۳۵۶
۴-۳-۹- محصولات کاغذی.....	۳۵۷
۵-۳-۹- آهن‌آلات.....	۳۵۸
۶-۳-۹- محصولات نرم.....	۳۵۸
۷-۳-۹- فرآوری مواد غذایی.....	۳۵۸
۸-۳-۹- ساخت و تخریب.....	۳۶۳
۴-۹- خدمات صنعتی.....	۳۶۴
۱-۴-۹- سرگرمی‌ها.....	۳۶۴
۲-۴-۹- مهمان‌پذیری.....	۳۶۴
۳-۴-۹- نرم‌افزار.....	۳۶۵
۴-۴-۹- صنعت ارتباطات.....	۳۶۵
۵-۹- فعالیت‌های تجاری.....	۳۶۶
۱-۵-۹- رستوران‌ها.....	۳۶۶
۲-۵-۹- ادارات.....	۳۶۶
۳-۵-۹- مغازه‌ها.....	۳۶۷
۴-۵-۹- انبارها.....	۳۶۷
۶-۹- کاهش منابع.....	۳۶۷
۷-۹- کمترین ضایعات: مفهوم و عمل.....	۳۶۸
۸-۹- فناوری‌های نوین.....	۳۶۹
منابع.....	۳۷۱

فصل دهم: پسماند رادیواکتیو

۳۷۷.....	۱-۱۰- مستندات
۳۸۱.....	۲-۱۰- طبقه‌بندی پسماند
۳۸۸.....	۳-۱۰- بررسی خصوصیات
۳۸۸.....	۴-۱۰- پیش تصفیه
۳۸۸.....	۱-۴-۱۰- بسته‌بندی
۳۸۹.....	۲-۴-۱۰- آلودگی‌زدایی مواد رادیواکتیو
۳۹۰.....	۵-۱۰- تصفیه
۳۹۰.....	۱-۵-۱۰- فشرده‌سازی و فوق فشرده‌سازی
۳۹۰.....	۲-۵-۱۰- خاکسترسازی
۳۹۲.....	۳-۵-۱۰- تجزیه شیمیایی و شیمیایی-حرارتی
۳۹۲.....	۴-۵-۱۰- تقسیم‌بندی و تغییر شکل
۳۹۲.....	۵-۵-۱۰- آماده‌سازی
۳۹۳.....	۶-۵-۱۰- تثبیت
۳۹۴.....	۱-۶-۵-۱۰- ماتریس تثبیت
۳۹۷.....	۶-۱۰- ذخیره‌سازی
۳۹۹.....	۷-۱۰- دفع
۴۰۱.....	۱-۷-۱۰- تأسیسات دفع نزدیک به سطح
۴۰۲.....	۲-۷-۱۰- خندق زمین سنگ اندود
۴۰۳.....	۳-۷-۱۰- خندق بتن‌آرمه
۴۰۵.....	۴-۷-۱۰- حفره‌های کاشی پوش
۴۰۵.....	۵-۷-۱۰- دفع زمین‌شناسانه
۴۰۶.....	۸-۱۰- مراقبت و نظارت
۴۰۷.....	منابع

فصل یازدهم: مسائل سلامت و ایمنی

۴۱۷.....	۱-۱۱- اقدامات ضروری موردنیاز در طول عملیات دستی
۴۱۹.....	۲-۱۱- احتیاط‌های لازم برای جابجایی مکانیکی مواد
۴۲۰.....	۳-۱۱- ایمنی در طول ذخیره‌سازی و انتقال
۴۲۶.....	۱-۳-۱۱- مواد انباشته‌شده
۴۳۰.....	۲-۳-۱۱- ایمنی در حمل‌ونقل
۴۳۲.....	۴-۱۱- ایمنی در طول آماده‌سازی و دفن
۴۳۲.....	۱-۴-۱۱- مسائل ایمنی در طول آماده‌سازی
۴۳۲.....	۲-۴-۱۱- مسائل ایمنی در محل تخلیه زباله
۴۳۴.....	۳-۴-۱۱- مسائل ایمنی در مکان‌های دفن زباله
۴۳۷.....	۴-۴-۱۱- مسائل ایمنی در زباله‌سوز
۴۳۹.....	۵-۱۱- سیستم مجوز کار
۴۴۳.....	۶-۱۱- آموزش و تعلیم ایمنی
۴۴۴.....	۷-۱۱- ترویج و تبلیغ ایمنی
۴۴۴.....	۸-۱۱- خطرات پیش رو در مکان‌های مدیریت و دفع پسماند خطرناک
۴۴۶.....	۹-۱۱- خطرات الکتریکی
۴۴۶.....	۱۰-۱۱- تنش گرمایی
۴۴۶.....	۱۱-۱۱- سرمازدگی
۴۴۷.....	۱۲-۱۱- خطرات آلودگی صوتی
۴۴۹.....	منابع

فصل دوازدهم: مسائل زیست‌محیطی

۴۵۴.....	۱-۱۲- تأثیر بر هوا، آب‌و‌خاک
۴۶۱.....	۲-۱۲- تأثیر بر گیاهان و جانوران
۴۷۳.....	۳-۱۲- تولید گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب‌وهوایی
۴۷۷.....	منابع

فصل سیزدهم: مسائل مناطق فاجعه زده

۴۹۶.....	۱-۱۳- سونامی.....
۴۹۸.....	۲-۱۳- زمین لرزه.....
۵۰۰.....	۳-۱۳- دفع بی قاعده زباله خطرناک.....
۵۰۱.....	۴-۱۳- سیل.....
۵۰۷.....	۵-۱۳- طوفان شدید، تندباد چرخنده دریایی/استوایی، طوفان موسمی، گردباد.....
۵۱۰.....	۶-۱۳- جنگ و درگیری.....
۵۱۴.....	۷-۱۳- آتش سوزی زود گستر.....
۵۱۶.....	۸-۱۳- حوادث صنعتی.....
۵۲۲.....	۹-۱۳- زمین لغزه.....
۵۲۸.....	۱۰-۱۳- بهمن.....
۵۲۸.....	۱۱-۱۳- خشکسالی.....
۵۲۹.....	۱۲-۱۳- بیماری واگیردار.....
۵۳۳.....	۱۳-۱۳- طوفان تگرگ.....
۵۳۴.....	۱۴-۱۳- آشفشان.....
۵۳۵.....	۱۵-۱۳- طوفان باد.....
۵۳۷.....	۱۶-۱۳- مدیریت پسماند.....
۵۳۸.....	۱-۱۶-۱۳- واکنش در شرایط اضطراری.....
۵۳۹.....	۲-۱۶-۱۳- بازیابی.....
۵۴۱.....	۳-۱۶-۱۳- بازسازی.....
۵۴۲.....	۴-۱۶-۱۳- حمل و نقل زباله.....
۵۴۲.....	۵-۱۶-۱۳- استفاده مجدد/بازیافت زباله.....
۵۴۳.....	۶-۱۶-۱۳- دفع زباله.....
۵۴۴.....	منابع.....

فصل چهاردهم: پسماند جامد و معیشت

۵۵۷.....	۱-۱۴- اسقاط جمع کن ها
۵۶۱.....	۲-۱۴- قراضه فروش ها
۵۶۲.....	۳-۱۴- رفتگران یا زباله جمع کن ها
۵۶۳.....	۴-۱۴- رفتگران
۵۶۴.....	۵-۱۴- رانندگان کامیون
۵۶۵.....	۶-۱۴- رسیدگی کنندگان به زباله
۵۶۵.....	۷-۱۴- اوراق کاران دستی زباله
۵۶۶.....	۸-۱۴- بازیافت کنندگان زباله
۵۶۷.....	۹-۱۴- خریداران سیار زباله
۵۶۹.....	منابع

فصل اول

مقدمه

پسماند جامد قبل از مسائل آلودگی آب و هوا توجه تمدن بشری را به خود جلب کرده بود. مسائل مربوط به پسماند جامد به زمان ماقبل تاریخ باز می‌گردد. به دلیل اختراع محصولات، فن‌آوری‌ها و خدمات جدید، کیفیت و کمیت در طول سال‌ها تغییر کرده است. امروزه، مشخصات زباله نه تنها به درآمد، فرهنگ و جغرافیای جامعه، بلکه به اقتصاد و شرایطی همچون حوادثی بستگی دارد که جامعه را درگیر خود می‌کنند.

قرن بیستم را قرن آمریکایی‌ها و قرن بیست و یکم را قرن آسیایی‌ها می‌نامند و به نظر می‌رسد که هرکسی می‌خواهد -تا جایی که امکان‌پذیر است- به دست بیاورد و کسب درآمد کند (Ramesha et al., 2011). پس از آسیا، آفریقای در حال توسعه، در سال‌های آتی می‌تواند مراکز اصلی توسعه را به خود اختصاص دهد. توسعه بدون بار زیست‌محیطی و تولید زباله ایجاد نمی‌شود. در سال‌های اخیر، زباله موضوع و مبحث اصلی مطالعات آکادمیک و عمومی شده است (Tim 2009). در اصطلاح، زباله به مواد ناخواسته‌ای گفته می‌شود که در مرحله تولید، استفاده آنی ندارند. مسائل مربوط به زباله در جاهایی که انسان ساکن می‌شود، وجود دارند (UNEP 2004). همان‌طوری که از نام آن مشخص است، پسماند جامد به ضایعاتی گفته می‌شود که جامد هستند. در ابتدای زمانی که دولت‌ها مسئولیت مدیریت پسماند جامد را بر عهده گرفتند، تنها به فکر جمع‌آوری زباله ایجاد شده از فعالیت‌های خانگی و تجاری بودند. فعالیت‌های انسانی ضایعاتی را تولید می‌کنند که اغلب به عنوان موادی که بی‌مصرف هستند، دور ریخته می‌شوند. برخی از ضایعات معمولاً جامد هستند و بی‌مصرف و ناخواسته در نظر گرفته می‌شوند؛ اما برخی از مواد موجود در این ضایعات می‌توانند دوباره استفاده شوند و یا منبعی برای صنایع باشند. در حقیقت، مدیریت پسماند یکی از مهم‌ترین مسائل حال حاضر است، زیرا توسعه جوامع و به دنبال آن استفاده روزافزون از مواد، منجر به تولید میزان پسماند بسیار زیادی می‌گردد.

در سال‌های اخیر، کشورهای زیادی با توجه به مدیریت پسماند جامد شهری (MSW)^۱ قوانینی را تصویب کرده‌اند که سازمان‌های شهری محلی (ULB)^۲، سازمان‌های اجرایی در مدیریت پسماند جامد باشند.

در بسیاری از مکان‌ها، خدمات ULB به لحاظ بهره‌وری و رضایت ضعیف بوده و منجر به مشکلات سلامت و تخریب محیط‌زیست حاصل از پسماند جامد می‌شود.

^۱ Municipal Solid Waste

^۲ Urban Local Bodies

بر اساس قانون بهداشت عمومی محیطی (EPHA)^۱ تصویب شده در سال ۱۹۶۸ در سنگاپور، زباله شامل موارد زیر است:

الف) هر ترکیب شامل مواد دور ریز و قراضه یا پساب بجا مانده یا هر ماده زائد ناخواسته که از انجام فرایندهای مختلف ایجاد می شود.

ب) هر ماده یا وسیله ای که به دلیل شکستن، فرسودگی، آلودگی یا خرابی نیاز به دور انداختن داشته باشد.

ج) هر چیزی که دور انداخته می شود و یا به عنوان پسماند غیر قابل استفاده با آن برخورد می گردد، زباله در نظر گرفته می شود، مگر اینکه خلاف آن ثابت شود.

"پسماند جامعه شهری" عبارتی است که معمولاً برای جمع آوری زباله تولید شده در مناطق شهری استفاده می شود. تعریف آژانس محافظت از محیط زیست آمریکا (US EPA)^۲ (۲۰۰۸) برای پسماند جامد شهری عبارتست از:

موادی که توسط شهرداری ها به صورت سنتی از روش های سوزاندن، دفن کردن، بازیافت یا کمپوست مدیریت می شوند.

بر اساس قوانین (مدیریت و رسیدگی) پسماند جامد شهری، در سال ۱۹۹۹ در هندوستان:

"پسماند جامد شهری" شامل ضایعات مسکونی و تجاری تولید شده در مناطق تحت پوشش شهرداری ها و یا در مناطق تعیین شده به شکل جامد و یا نیمه جامد می باشد، به غیر از ضایعات خطرناک صنعتی و ضایعات تفکیک شده زیست پزشکی.

میزان و مشخصه زباله تولیدی در هر منطقه تابع سبک، استانداردهای زندگی شهروندان و نوع منابع طبیعی آن منطقه است. میزان بسیار زیاد زباله در جامعه به دلیل فرایندهای تولیدی ناکارآمد، دوام و ماندگاری پایین کالاها و مصرف نادرست منابع، تولید می شوند (Nicholas 2003). به دلیل درجات متعدد توسعه یافتگی در کشورهای مختلف، تعمیم دادن یا استاندارد سازی مدیریت پسماند جامد در بخش سازمانی بسیار مشکل است. مدیریت پسماند جامد دربرگیرنده درک شیوه مدیریت پسماند موجود و اتخاذ روش های جدید جهت غلبه بر مشکلات موجود است. در حالی که مناطق دارای درآمد بالاتر به عادت "مصرف و دور انداختن" شناخته می شوند که این سبک زندگی میزان بسیار زیادی زباله تولید می کند. مناطق دارای درآمد کمتر به استفاده مجدد از منابع موجود تا بیشترین حد ممکن عادت دارند و از این رو زباله کمتری تولید می کنند. دیگر عوامل تأثیرگذار بر

^۱ Environmental Public Health Act

^۲ US Environmental Protection Agency

تنوع کمیت و کیفیت زباله عبارت است از: اقلیم، اقتصاد، تعداد دفعات رخ دادن حوادث، نگرش افراد و غیره.

بین سال‌های ۱۳۴۸ تا ۱۶۶۵ دلیل اصلی بیماری‌های واگیردار در اروپا، آبراه‌ها بودند که پسماندهای جامد در آن‌ها جمع می‌شدند (Alice 2008) که هم‌اکنون در جوامع در حال توسعه، می‌توان شاهد آن بود (شکل ۱-۱). جهت مقابله با بیماری‌های واگیردار در سال ۱۵۷۸ در انگلستان، فرمانی مبنی بر ریشه‌کن کردن طاعون برای مالکین خانه‌های دارای تلمبه یا چاه آب صادر شد تا آن‌ها مجبور کند که در صورت نیاز گل/کثافت خیابان و فضای بیرونی جوی‌های آب مقابل منزل خود را تمیز کنند. همان‌طوری که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است، افراد حتی با ریختن زباله در چاه‌هایی که مورد استفاده نیستند نیز باعث مسموم شدن آب‌های زیرزمینی می‌شوند.

در جوامع توسعه‌یافته، زباله معمولاً به‌دقت کنترل شده و با استفاده از سیستم‌های ثبت-نگهداری پیگیری می‌شود؛ اما در کشورهای در حال توسعه ممکن است افراد و منابع لازم برای پیاده‌سازی سیستم ثبت و نگهداری، موجود نباشند. باوجود داشتن دانش کافی در خصوص محدودیت‌ها، جوامع در حال توسعه قوانینی کاربردی برای کشورهای توسعه‌یافته تدوین می‌کنند و در برخی مواقع، این قوانین تنها رونوشتی از قوانین موجود در کشوری دیگر است.



شکل ۱-۱: پسماند جامد تخلیه‌شده در یک آب‌گذر روباز



شکل ۱-۲: آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل ریختن بی‌توجهانه پسماند جامد در چاه‌ها

نبود تعریف واضح در خصوص نقش‌ها، مسئولیت‌ها و اطلاعات کیفی در جوامع در حال توسعه باعث مشکل ساز شدن فرایند تصفیه و دفع پسماند شده است. نسخه‌برداری از مدل‌های دفع پسماند جامد در کشورهای توسعه‌یافته همچون انتقال به محل دفع و دفن زباله منجر به صرف هزینه به علت حمل‌ونقل، عمدتاً به واسطه برون‌سپاری آن به آژانس‌های خصوصی می‌شود.

۱-۱- لزوم مدیریت پسماند جامد

هزینه‌های مدیریت محیط‌زیست چندلایه بوده و پیش‌بینی قابل اطمینان اتفاقات آینده بسیار سخت است. با این حال، خطرات آتی و هزینه‌های مرتبط با آن را می‌توان با انتخاب اقدامات پیشگیرانه مناسب کم کرد و یا از بین برد (Nicholas, 2003).

محیط‌زیست و سلامت انسان می‌تواند تحت تأثیر مدیریت ضعیف پسماند جامد قرار بگیرد. طی سال‌ها در سراسر جهان، مدیریت عملیات مدیریت پسماند جامد از طریق سیاست‌گذاری‌ها، قوانین و شیوه‌های مالی اعمال می‌شود. جمعیت جهان بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ دو برابر شده است

که بیشترین رشد در کشورهای کمتر توسعه یافته (LDC)^۱ دیده می شود، با افزایش جمعیت در این مناطق درخواست برای شیوه های مدیریت کارآمد زباله بالا خواهد رفت. زباله در اصل ناهمگون است و این ناهمگونی اثرات گوناگونی را نتیجه می دهد که تغییرات سریع تکنولوژی باعث تغییر ابعاد تأثیر شده است. دفع زباله در بیابان ها، جنگل ها، نهرها، رودخانه ها، اقیانوس ها و دیگر مناطق باعث تأثیرات گسترده شده که منجر به تدوین قوانین ملی و بین المللی شده است.

موارد زیادی وجود دارند که باعث نیاز به مدیریت پسماند جامد می شوند. گاهی اوقات برای بازیابی منابع و گاهی برای غلبه بر مسائلی مانند شیوع بیماری های واگیردار به کار گرفته می شود. در برخی موارد برای جلوگیری از انباشت مواد خطرناکی که منجر به آتش سوزی می شوند و در مواردی نیز برای مقابله با جوندگان و حشرات موذی و ناقل بیماری به کار می رود. بدون در نظر گرفتن دلایل و روش ها، هدف مدیریت پسماند جامد، ترمیم و سالم سازی محیط زیست جهت آرامش عموم مردم است.

با افزایش جمعیت، ثروت و شهرنشینی، مدیریت میزان روزافزون پسماند جامد به چالشی اساسی برای ملل مختلف تبدیل شده است. باید توجه شما را به این مسئله جلب کنیم که کاهش گازهای گلخانه ای (GHG)^۲ باعث بهبود سلامت عمومی، ایمنی و مزایای زیست محیطی می شود که با شیوه های خوب مدیریت پسماند می توان این بهبودی را افزایش داد.

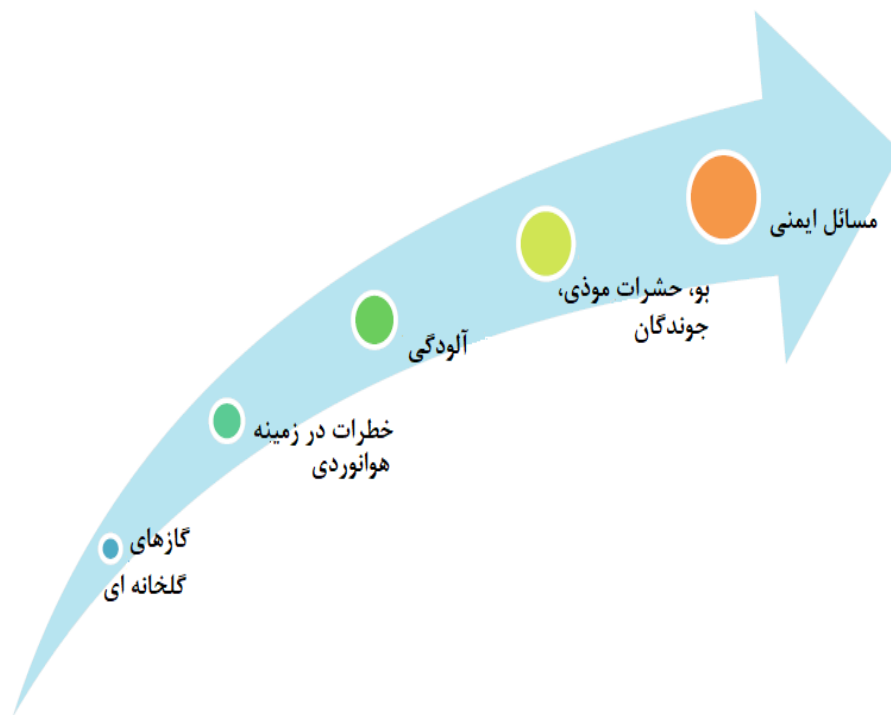
شکل ۱-۳ تأثیرات مدیریت نادرست پسماند جامد را نشان می دهد. به طور خلاصه تأثیرات مدیریت نادرست پسماند جامد عبارت است از: الف) آلودگی آب و هوا، ب) مسائل مرتبط با بوی بد، آفات، جوندگان و حیوانات ولگرد، ج) تولید GHG ها، د) مسائل مرتبط با هوانوردی به دلیل پرواز پرندگان در بالای مکان های تخلیه، ه) آتش سوزی در داخل مکان های تخلیه/محل های دفن زباله، خ) مشکلات فرسایش و ثبات در مکان های تخلیه و محل های دفن زباله.

از لحاظ تاریخی، علم و تکنولوژی بر پایه ایده ها و مفاهیم جدید و کاربردها قرار دارند، اما در گذشته تأکید کمی بر چرخه از دور خارج شدن محصولات و خدمات شده است. عبارت چرخه زندگی به دوره زمانی وجود محصول یا خدمات در جامعه و از دور خارج شدن آن اشاره دارد. تولید محصول یکسان با استفاده از روش های مختلف می تواند تأثیر متفاوتی داشته باشد. برای مثال، ریخته گری را می توان در کوره کوچک و یا در کوره القایی انجام داد. کوره کوچک در مقایسه با کوره القایی میزان زیادی از آلودگی هوا و ضایعات را تولید می کند. به طور مشابه، انجام فعالیت های

^۱ Less Developed Countries

^۲ Green House Gas

ورزشی در شب در مقایسه با روز، به دلیل مصرف انرژی بیشتر تأثیر زیادی بر محیط زیست دارد. غذاهای بسته بندی در طول تولید، حمل و استفاده همیشه زباله بیشتری تولید می کنند. یکی از راه های کاهش زباله، کم کردن مصرف و راه دیگر، استفاده از تکنولوژی غیرآلاینده و پاک است. کشورهای فقیر با به کار بردن "تکنولوژی آلاینده" عدم توانایی خود در صرف هزینه بر تکنولوژی غیرآلاینده تر را حفظ می کنند.



شکل ۱-۳: اثرات مربوط به مدیریت نامناسب پسماند جامد

از سوی دیگر، کشورهای ثروتمند از "تکنولوژی غیرآلاینده" بهره می برند اما از بسته بندی به میزان زیادی استفاده می کنند. در نتیجه تعادلی بین منبع مورداستفاده و زباله تولیدی در کشورهای مختلف وجود ندارد.

۱-۲- اهمیت مدیریت پسماند جامد صحیح و دقیق

مدیریت پسماند در جوامع در حال توسعه معمولاً به عنوان مسأله ای که سلامت عمومی و محیط زیست را به خطر می اندازد، جلوه می کند. به نظر می رسد که مدیریت پسماند در کشورهای

در حال توسعه از اهمیت کمتری برخوردار باشد، زیرا نگرانی اصلی در این مناطق، مسائلی همچون گرسنگی، سلامت، آب، بیکاری و جنگ داخلی است؛ بنابراین، میلیون‌ها نفر در جوامع در حال توسعه بدون سیستم مدیریت صحیح پسماند جامد زندگی می‌کنند. در این کشورها، دفع کنترل نشده زباله به دلیل آلوده کردن آب و خاک، خطر بزرگی برای محیط زیست و جمعیت محسوب می‌شود.



شکل ۱-۴: پسماند بزرگ و حجیم

بخش آلی زباله نه تنها جوندگان و حشرات موذی ناقل بیماری را به خود جلب می‌نماید، بلکه باعث ایجاد بو و همچنین منظره زنده‌ای می‌شود. زباله کنترل نشده و یا به درستی مدیریت نشده، می‌تواند آب، هوا و خاک را آلوده کند. بسیاری از کارگران تخلیه زباله و یا افرادی ساکن در نزدیکی منطقه دفع، آلوده به کرم، انگل‌های دستگاه گوارش و دیگر ارگانیسم‌های مرتبط هستند (Cal Recovery System, 1982). مدیریت پسماند جامد صحیح و دقیق نه تنها ریسک بیماری‌های واگیردار دگرگونی‌پذیر^۱ را کم می‌کند، بلکه با جلوگیری از ورود فلزات سنگین و دیگر مواد شیمیایی، سمیت غذا و آب را کاهش می‌دهد. مدیریت پسماند جامد، کاسته شدن منابع به

^۱ Commutable diseases

دلیل معدن‌کاری غیرضروری، مصرف انرژی و مسائل آلودگی در طول تولید محصول جدید را کاهش می‌دهد.

بازیافت مناسب و استفاده مجدد با کاستن از تخریب غیرضروری جنگل‌ها و پوشش گیاهی و رای منابع معدنی باعث حفاظت بیشتر از گونه‌ها می‌شود.

زباله نامناسب به دلیل وارد کردن موادی همچون پوشش‌های پلاستیکی به زنجیره غذایی باعث از بین رفتن بسیاری از گونه‌ها شده و درعین حال، ورود سموم به زنجیره غذایی به معنای از بین رفتن اکولوژی خواهد بود. استفاده از روش احتراق در محوطه‌های تخلیه و دیگر مناطق نه تنها باعث افزایش آلودگی است، بلکه میزان گازهای گلخانه‌ای (GHGs) را نیز بالا می‌برد و برآورد میزان نیروهای انسانی از دست‌رفته به دلیل بیماری‌های ناشی از دفع نامناسب زباله، مشکل است.

همان‌طوری که در فصل‌های بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت، مدیریت صحیح تخلیه می‌تواند امنیت رسیدگی‌کنندگان به زباله و همچنین عموم مردم را بالا ببرد. از طرفی مدیریت صحیح پسماند جامد با کاهش مخارج غیرضروری باعث افزایش درآمد نهادهای محلی می‌شود.

انفجار جمعیت و رشد اقتصادی باعث افزایش میزان پسماند جامد در مناطق شهری شده است. در بسیاری از کشورهای فقیر، افزایش مداوم میزان زباله از توانایی دولت محلی برای مقابله مؤثر با آن کاسته است. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، زباله عفونی و سمی از دیگر انواع زباله تفکیک نمی‌شود که این امر جمع‌آوری‌کنندگان زباله را با خطرات مختلفی مواجه می‌کند.

همیشه پسماند جامد در طول سال، بدون تغییر باقی نمی‌ماند. اغلب از مکانی به مکان دیگر و یا از زمانی به زمان دیگر، محتوای آن تغییر می‌کند. شکل ۱-۴، تولید ضایعات حجیم حین فرایند تعریض جاده را نشان می‌دهد که قابل حمل با کامیون‌های جمع‌آوری‌کننده زباله از خیابان‌ها و منازل نیست. درختان از ریشه درآمده به جرثقیل‌های خاص نیاز دارند و یا باید به تکه‌های کوچک، خرد شوند. به هر صورت، از ضایعات چوبی می‌توان در تهیه وسایل چوبی یا ساخت‌وساز بهره برد. شکل ۱-۵ اثر هنری ساخته‌شده از وسایل نقلیه از دور خارج شده (ELV)^۱ را نشان می‌دهد. چنین فعالیت‌هایی نه تنها باعث کارآمدی فرآیند مدیریت پسماند است، بلکه به اقتصاد کشور نیز کمک می‌کند.

^۱ End of Life Vehicle



شکل ۱-۵: پسماندهایی که به صورت یک اثر هنری تغییر شکل داده شده‌اند.

مثال دیگر برای تغییر کیفیت زباله در طول مدت یک سال، ریختن برگ‌ها در بهار است که در نهایت به برگ‌های خشک تبدیل می‌شوند. جشنواره‌های محلی نیز باعث تولید میزان زیادی زباله در بازارها و مراکز خرید می‌شوند. طغیان‌ها و حوادث نیز نه تنها آهنگ مدیریت پسماند را به هم

می‌زنند، بلکه نوع جدیدی از زباله را وارد جریان زباله موجود می‌کنند. چرخه رونق و رکود اقتصادی با تغییر نوع و میزان زباله باعث تغییر در نحوه مدیریت پسماند می‌شود.

در تلاش برای سرعت بخشیدن به رشد و توسعه صنعتی، ممکن است کشورهای در حال توسعه در مدیریت پسماند شکست بخورند. چنین شکستی مسبب عواقب سنگین تأثیرگذار بر محیط زیست، سلامت عمومی و ایمنی می‌باشد.

دفع نامنظم و نادرست زباله تنها محدود به زمین و آب نمی‌شود. در برخی مواقع، همان‌طوری که در شکل ۱-۶ نشان داده شده است، زباله‌ها را از درختان آویزان می‌کنند که منظره منطقه را از بین برده و سلامت درختان را به خطر می‌اندازد.

دفع زباله می‌تواند منجر به تصادف و اختلال در ترافیک شود، در شکل ۱-۷ نشان داده شده است که مردم زباله‌های خود را در میانه خیابان رها کرده‌اند زیرا مقامات شهری در قرار دادن سیستم جمع‌آوری زباله مناسب در محل، ناموفق بوده‌اند. این تصویر در منطقه مسکونی دارای درآمد پایین در دهلی هندوستان گرفته شده است که این امر بیشتر به دلیل قرار داشتن مغازه‌ها/خانه‌ها نزدیک به جدول خیابان‌هاست. تولیدکنندگان زباله به‌منظور تمیز نگه‌داشتن محوطه اطراف خود، زباله را تا حد امکان دورتر از ملک خود می‌ریزند.



شکل ۱-۶: پسماندهای روی یک درخت



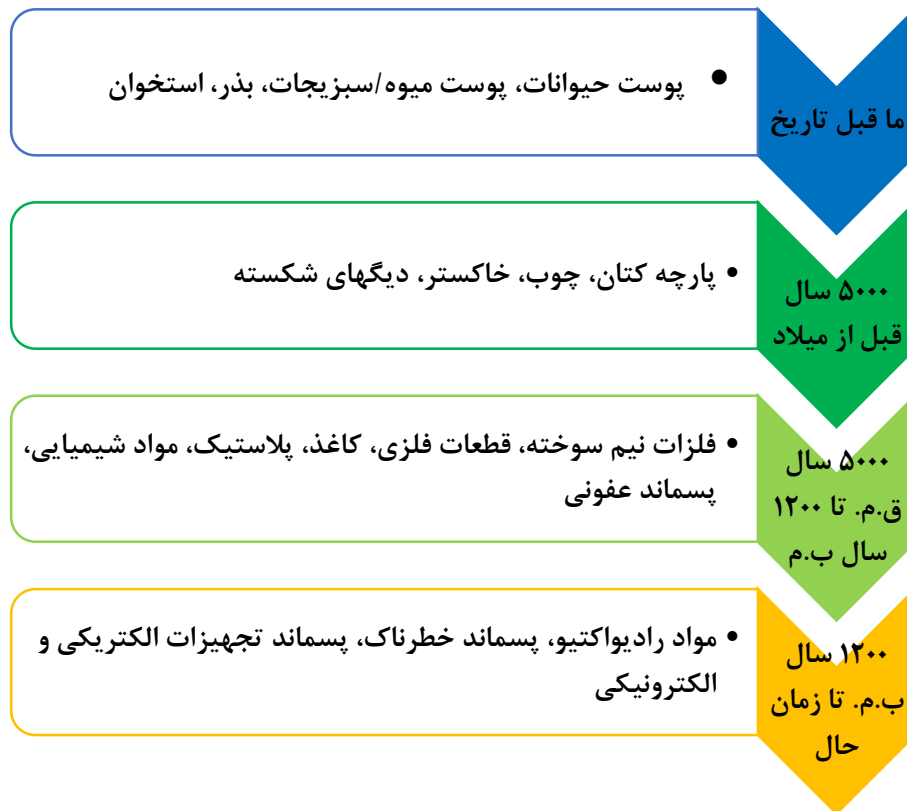
شکل ۱-۷: پسماندهای ریخته شده در وسط یک خیابان

جالب است بدانید که مراکز زیارتی و اماکن مقدس موقعیت‌هایی منحصربه‌فردی دارند که سبب شده راه‌حل‌های جالبی را برای آن‌ها پیدا کنند. در سال ۲۰۱۱، تیرومالا تیروپاتی دوستانام (TTD)^۱ از طریق "فروش اینترنتی" موی انسان ۱۱۳۰ میلیون روپیه درآمد داشت. هرساله تقریباً ۱۰ میلیون نفر جهت انجام عبادت، موهای خود را به‌عنوان پیشکشی به خدا و نکاتشوار^۲ می‌تراشند (Shukla, 2011).

اطلاعات مربوط به کیفیت و میزان تولید زباله توسط نیروهای مسلح در همه کشورهای جهان، محرمانه و غیرقابل دسترسی است. در سال ۲۰۱۰ کل فروش سلاح در سراسر جهان ۴۰/۴ میلیارد دلار بوده است (Tom, 2011). اینکه چه میزان زباله هنگام تست و تمرین با استفاده از سلاح‌ها ایجاد و دفع می‌شود، نامشخص است.

^۱ Tirumala tirupathi devasthanam

^۲ Venkateshwara



شکل ۱-۸: افزوده شدن مواد جدید به ترکیب پسماند در طول زمان

۳-۱- تغییر مشخصات در کمیت و زمان

پژوهش‌های باستان‌شناسی رده‌هایی از دوره‌های رفاه پیدا کرده و مشخص شده است که میزان تولید زباله می‌تواند با بسیاری از شاخصه‌های رفاه در ارتباط باشد (Bingemer & Crutzen, 1987; Bogner & Matthews, 2003; Mertins et al., 1999; OECD, 2004; IPCC, 2000; Richards, 1989; Rathje et al., 1992a; US EPA, 1999).

طاعون، وبا و حصبه بر پادشاهی‌ها تأثیر گذاشته و منجر به تغییر جمعیت در اروپا شده‌اند. اروپایی‌ها به بیرون انداختن زباله خانگی از پنجره به کوچه‌ها عادت داشتند و برخی افراد همچنان این کار را در دنیای توسعه‌یافته انجام می‌دهند. شکل ۱-۸ ترکیبات جدیدی را که در طول زمان به جریان زباله اضافه شده‌اند، نشان می‌دهد. با نوآوری و توسعه علم، محصولات و خدمات جدیدی به جهان افزوده شدند که در نتیجه آن، ویژگی زباله‌ها که در زمان ماقبل تاریخ به‌طور خالص آلی بودند، به زباله‌های حاوی مواد رادیواکتیو در زمان کنونی تغییر کرده است.

میزان تولید پسماند جامد به رفاه و جمعیت بستگی دارد، اما داده‌های مربوط به برخی از کشورها سؤال برانگیز و یا ناقص هستند. با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۵، بونگر و متیو (۲۰۰۳) مدل‌هایی برای سرانه تولید زباله جوامع توسعه‌یافته و در حال توسعه ارائه داده‌اند. بر اساس مطالعه بونگر و همکاران (۲۰۰۷) حدود ۹۰۰ میلیون تن زباله در کل جهان در سال ۲۰۰۲ تولید شده است و مونی و همکاران (۲۰۰۶) تولید جهانی ۱۲۵۰ تن زباله را در سال ۲۰۰۰ ثبت کرده‌اند.

سرانه ضایعات تولید و بسته‌بندی در آمریکا بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ دو برابر افزایش داشت، در حالی که پسماند غذایی و زباله‌های باغبانی به‌طور متوسط ثابت باقی‌مانده است (شیهان و اسپینگلمن ۲۰۱۰). مقدار فلزات موجود در پسماند جامد شهری آمریکا از ۱۲/۳٪ در سال ۱۹۶۰ به ۷/۷٪ در سال ۱۹۹۶ کاهش داشت، در حالی که پلاستیک از ۰/۴٪ در سال ۱۹۶۰ به ۹/۴٪ در سال ۱۹۹۶ افزایش پیدا کرد. بعلاوه، ضایعات باغبانی از ۲۲/۷٪ در سال ۱۹۹۶ به ۱۳/۴٪ در سال ۱۹۹۶ کاهش یافت (Franklin Associates, 1998).

۱-۴- مدیریت پسماند در دوران قبل از صنعتی شدن

تاریخچه پسماند جامد با تاریخچه تمدن درهم‌پیچیده و تمدن ماهیت در همه‌جا حاضر و نمایان بودن را به آن داده است. انسان در سالیان دور پسماند جامد بسیار کم‌تری تولید کرده است. میزان زباله انباشته‌شده در شهر تاریخی تروی ۱/۴ میلیون تن در هر قرن برآورد شده است (Rathje, 1990). تخلیه پسماند جامد در خیابان‌ها توسط رومیان باعث شد که مقدار زیادی زباله در امتداد جویبارهای حاصل از آب بارانجا به‌جا شوند.

زباله تولیدی در دوران قبل از صنعتی شدن دارای سمیت پایین‌تر، مقدار کمتر و تجزیه‌پذیری راحت‌تر بود. درباره‌ی مدیریت پسماند در دوران قبل از صنعتی شدن می‌توان به ترتیب زیر بحث کرد:

انسان برای اولین بار بین ۱۰۰۰۰۰ و ۵۰۰۰۰۰ سال قبل، اقدام به پوشیدن لباس کرد. مردمان تمدن دره سند بین هزاره ۴ و ۵ قبل از میلاد از لباس‌های نخی (که در حال حاضر ترکیب عمده پسماند جامد شهری است) استفاده می‌کردند. شهر موهنجو-دارو در تمدن دره سند دارای خانه‌هایی با شوتینگ زباله بودند و خانه‌های شهر هاراپا توالت داشتند. با متمدن شدن، پسماند جامد به مسئله مهمی تبدیل شد. جمعیت انسان‌ها در جهان از ۱ میلیون نفر در سال ۱۰۰۰۰ قبل از میلاد به ۵ میلیون نفر در سال ۵۰۰۰ قبل از میلاد رسید. زباله‌دان‌ها بین سال‌های ۸۰۰۰ تا ۹۰۰۰ قبل از میلاد دورتر از منازل مسکونی بنا می‌شده‌اند تا انسان از حیوانات وحشی، حشرات

موذی و بوی بد دور باشد. مینوسی‌ها^۱ (۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد) زباله را با لایه‌هایی از خاک می‌پوشاندند. در ۲۱۰۰ قبل از میلاد، شهرهای جزیره کرت مسیر فاضلاب اصلی داشتند. انقلاب نوسنگی نقطه شروع تغییر جامعه عشایری به سکنی‌گزینی بود. در طول این دوره، ایده مدیریت پسماند جامد ارائه نشده بود و از بین بردن زباله به صورت تصادفی صورت می‌گرفت و هرکسی هرجایی که می‌خواست می‌توانست زباله را تخلیه کند.

موارد ثبت‌شده بسیار کمی در خصوص مدیریت پسماند جامد در پیش از ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد وجود دارد (Matthew, 2009). اولین مستندسازی مدیریت پسماند جامد در شهر آتن و در کشور یونان در سال ۵۰۰ قبل از میلاد انجام شد؛ شهر آتن اولین زباله‌دان شهری را ۱/۶ کیلومتر (۱ مایل) دورتر از دیوارهای شهری و در مکانی که مردم شهر نیاز به دفع زباله خود داشتند، ایجاد کرد. شهرهای جزیره کرت در سال ۲۱۰۰ قبل از میلاد مسیر فاضلاب اصلی داشتند که خانه‌ها را به هم متصل می‌کرد. در شهر مصری هیراکلیوپولیس (ساخته‌شده در حدود ۱۲۰۰ قبل از میلاد) زباله‌های بخش فرودستان نادیده گرفته شده و زباله‌های طبقه مرفه و قدرتمند جمع‌آوری و دفع می‌شد (Melosi, 1981).

علم متالورژی بین هزاره پنجم و ششم قبل از میلاد شکل گرفت و آمیختن فلزات در سال ۳۵۰۰ قبل از میلاد در طول عصر برنز آغاز گشت. در سال ۱۲۰۰ قبل از میلاد، جهان شاهد شروع عصر آهن بود؛ اما متالورژی با خود توده‌ای از مواد اوراقی و تفاله فلز را همراه داشت. پژوهش‌های باستان‌شناسی در شهر آتن یونان منجر به کشف زباله‌دان شهری ۵۰۰ سال قبل از میلاد شد (Wikipedia, 2011). زباله‌دان شهری در سال ۴۰۰ قبل از میلاد در آتن باستان ایجاد شده است (bfi-salinas, 2011). ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد اولین محل دفن زباله در کنوسوس^۲ کرت ساخته‌شده بود (Ace disposal, 2011; Matthew, 2009). در قرن پنجم، شهرداری‌های یونان شروع به تأسیس زباله‌دان‌هایی جهت دفع زباله‌های حاوی ضایعات غذایی، مدفوع و فضولات، تکه سفال شکسته و غیره کردند (Kelly, 1973). در سال ۵۰۰ قبل از میلاد در آتن قانونی تصویب شد که بر طبق آن می‌بایست ضایعات در مکانی حداقل ۲ کیلومتر دورتر از محدوده‌های شهری دفع می‌شدند (Bilitewski et al., 1997).

^۱ Minoans

^۲ Knossos



شکل ۱-۹: کاغذ که امروزه بیش از ۱۵٪ از پسماند جامد شهری را در سراسر جهان تشکیل می‌دهد، در قرن دوم قبل از میلاد در چین اختراع شده است.

بین سال‌های ۲۷ تا ۴۱۰ قبل از میلاد، اجساد انسان‌ها و حیوانات به‌جامانده از مبارزات گلاادیاتوری در گودال‌های روباز در حومه شهر دفع می‌شدند و قانون دفع مدفوع و فضولات توسط رومیان باستان به اجرا گذاشته شد (John, 2005).

از آنجایی که سوزاندن زباله در محدوده شهر لندن به دلیل چوبی بودن بناها ایمن نبود (Wilson, 1977)، زباله‌ها در محل خود باقی می‌ماندند؛ در سال ۱۲۹۷ فرمانی مبنی بر تمیز نگه‌داشته شدن پیاده‌روهای مقابل خانه‌ها توسط ساکنین آن‌ها صادر شد، اما این فرمان در سطح گسترده، نادیده گرفته شده و زباله‌ها در آتش‌های روباز خانگی سوزانده می‌شدند (John, 2005). در اواسط دهه ۱۳۰۰ پرندگان موزی توسط قانون حمایت و حفاظت می‌شدند زیرا از پشته‌های زباله تغذیه می‌کردند. در طول این دوره خوک‌ها در خیابان‌ها پرسه می‌زدند و تعداد سگ‌ها بی‌شمار بود (Rawlinson, 1958).

کاغذ (شکل ۱-۹) که امروزه ۱۵٪ از MSW^۱ را در اکثر نقاط دنیا تشکیل می‌دهد، در قرن دوم قبل از میلاد در چین اختراع شد. علاوه بر آن، چینی‌ها کمپوست و بازیافت برنز را نیز ابداع کردند. همچنین در این دوره (حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد) در آتن یونان، قانونی جهت اعمال دفع زباله صادر شد.

در این دوره، جهان شاهد افزایش جمعیت، مسکن و شهرنشینی بود که منجر به شیوع بیماری‌های واگیردار در بسیاری از نقاط دنیا شد، عمده‌ترین این موارد شیوع طاعون در یوستینیان^۲ در سال ۵۴۰ بعد از میلاد بود (Alice, 2008). جمعیت در سال ۱۳۰۰ بعد از میلاد به ۵۰۰ میلیون نفر رسید و در سال ۱۳۴۸ اولین بیماری واگیردار بزرگ در اروپا شیوع پیدا کرد و فلورانس قانونی جهت بازرسی رسمی خیابان‌ها و همچنین از بین بردن پسماند جامد تصویب نمود (Alice, 2008; St-&rews, 2011). طاعون بین سال‌های ۱۳۴۸ تا ۱۶۶۵ یک بیماری همه‌گیر بود (Alice, 2008).

در طول دهه ۱۳۵۰ "طاعون سیاه" باعث مرگ حدود ۲۵ میلیون نفر در طول ۵ سال شد. در سال ۱۳۵۰ بریتانیا قانون الزام تمیز نگه‌داشتن فضای جلوی خانه‌ها را تصویب کرد که چندان جدی گرفته نشد. در طول تاریخ، بریتانیا اولین کشوری بود که رفتگران را جهت جمع‌آوری پسماند جامد به کار گماشت. این جمع‌آوری‌کنندگان خود را "زباله روب" می‌نامیدند و شغل آن‌ها جمع‌آوری هفتگی پسماند جامد در گاری‌ها بود. در سال ۱۳۸۸ مجلس انگلستان، ریختن زباله در مجاری آب و آبراه‌ها را ممنوع کرد. در سال ۱۴۰۷ بریتانیا قانونی را تصویب کرد که بنا بر آن زباله‌ها باید تا زمان جمع‌آوری در داخل منازل ذخیره می‌شدند. در سال ۱۳۵۷ مقامات شهر لندن انداختن زباله، خاک، شن، ماسه و مدفوع حیوانات را به داخل رودخانه تایمز ممنوع اعلام کردند.

از سال ۱۳۹۲ ضایعات قصابی‌های لندن در مرکز رودخانه تایمز ریخته می‌شد تا از آلودگی حاشیه رودخانه جلوگیری شود. در سال ۱۴۰۵ مقامات شهر لندن مقرر کردند که گاری‌های حامل زباله از داخل شهر، باید تخته‌پشتی به بلندی ۰/۷۶۲ متر (۲/۵ فوت) داشته باشند تا مانع افتادن زباله به خیابان‌ها گردد. در اوایل قرن پانزدهم، خبرچینان از رساندن خبر ریختن زباله در خیابان‌های لندن و داخل رودخانه تایمز پاداش می‌گرفتند. اولین گزارش ثبت‌شده از استفاده از بسته‌بندی مربوط سال ۱۵۵۱ در آلمان است.

^۱ Municipal Solid Waste

^۲ Justinian

استفاده و تولید کاغذ در قرن سیزدهم از چین به اروپای قرون وسطی گسترش یافت. پیشرفت در استفاده و رنگری پشم در قرن سیزدهم اتفاق افتاد و در سال ۱۵۸۰ مقامات پرسکات^۱ (شهری در شمال انگلیس) فرمانی مبنی بر مجاز بودن عموم در پشته کردن پسماند جامد در مقابل درب منازل در خیابان تا یک هفته قبل از جمع‌آوری صادر کردند (St-&rews, 2011).

در سال ۱۳۱۰ فن ساخت کاغذ به انگلستان معرفی شد و در سال ۱۸۴۴ در بریستول^۲ اولین کیسه کاغذی ساخته شد. در سال ۱۹۴۲ پلی‌اتیلن با چگالی پایین اختراع شد و در سال ۱۹۵۰ اولین کیسه‌زباله تولید گشت (Jacqueline, 2009).

در سال ۱۴۰۰ پشته‌های زباله در خارج از دروازه‌های پاریس، مانع دفاع از شهر می‌شد و در سال ۱۵۵۴ شهر ۸۰۰ گاری برای زدودن این زباله‌ها به کار گرفت. در سال ۱۳۸۳ در لندن، توالت‌های عمومی بالای آبراه‌ها با هزینه سالیانه قانونی شدند، در سال ۱۴۶۲ توالت‌های عمومی بالای والبروک^۳ ممنوع شدند و در سال ۱۴۷۷ این ممنوعیت شامل دیگر راه‌آب‌ها و خندق‌های شهری شد. در سال ۱۵۷۸ قوانینی در پاسخ به شیوع طاعون مبنی بر تمیز نگه‌داشتن خیابان‌ها و ممنوعیت انباشتن مدفوع حیوانات در خیابان و نیز در دیگر فضاهای باز، صادر شد. درحالی‌که مدیریت پسماند در اروپا به بیشترین حد اهمیت خود رسیده بود، در آسیا و آفریقا به‌رغم استعمار آن‌ها توسط اروپایی‌ها، تغییری در این زمینه رخ نداده بود.

در سال ۱۶۹۰ ریتنهوس میل فلادلفیا^۴ شروع به تولید کاغذ از ضایعات کاغذی و لباس‌های مندرس نمود که شاید اولین تلاش برای بازیافت عمده بود (Matthew, 2011; Wikipedia, 2009).

در سال ۱۷۵۷ بنجامین فرانکلین^۵ برای اولین بار در فیلادلفیا آمریکا خدمات شهری برای تمیز کردن خیابان‌ها را شروع کرد و در همین زمان خانه‌های آمریکایی به‌جای بیرون انداختن زباله از در و پنجره، شروع به حفر گودال برای پسماند جامد کردند (Matthew, 2009). در پی این امر در سال ۱۷۷۶ اولین بازیافت فلز در آمریکا انجام شد (Matthew, 2009).

^۱ Prescott

^۲ Bristol

^۳ Walbrook

^۴ Riitenhouse Mill

^۵ Benjamin Franklin

۱-۵- مدیریت پسماند در دوران پس از صنعتی شدن

پس از اینکه انسان‌ها در مناطق مختلف جهان ساکن شدند، شروع به انجام آزمایش جهت یافتن چیزهای جدید کردند که به انقلاب صنعتی بین قرن‌های ۱۸ و ۱۹ ختم شد. در طول انقلاب صنعتی محصولات جدیدی تولید شدند و سرعت تولید افزایش یافت.

نوآوری و تکامل در حمل‌ونقل سوخت محور، منجر به حمل کالاها به بازارهای جدید شد. با افزایش بازار کالاهای جدید میزان زباله نیز افزایش یافت. مدیریت پسماند در دوران پس از صنعتی شدن را می‌توان به ترتیب زیر مورد بحث قرار داد.

در اوایل دهه ۱۸۰۰، بسیاری از افراد در انگلستان با فروش مواد بازیافت شده از پسماندها گذران زندگی می‌کردند. "فاضلاب‌گردها"^۱ در فاضلاب‌ها کار می‌کردند "گل‌ولای‌گردها"^۲ زباله‌های حاشیه رودخانه‌ها را تمیز می‌نمودند و "سپورها"^۳ خاکستر را جهت استفاده به عنوان تقویت‌کننده خاک و ساخت آجر جمع‌آوری می‌کردند (Wasteonline, 2011).



شکل ۱-۱۰: ابتدایی‌ترین پلاستیک در سال ۱۸۵۵ اختراع شد که امروزه بیش از ۱۰٪ از پسماند جامد را در مناطق شهری سراسر جهان تشکیل می‌دهد.

^۱ Toshers

^۲ Mud-larks

^۳ Dust men

در طول این دوره، بسیاری از محصولات و فعالیت‌های جدید در افزایش میزان و تغییر کیفیت زباله دخیل بودند. در سراسر جهان، مدیریت پسماند در بسیاری از "مصوبات شهرداری‌ها" اعمال شد؛ اما اجرای آن همچنان ضعیف باقی ماند، زیرا شهرداری‌ها توسط هیچ نهادی کنترل نمی‌شدند و قانونی نیز برای مجازات مأمورین شهرداری به علت اهمال در اجرای مصوبات وجود نداشت و همچنین صنایعی که خارج از محدوده شهرداری‌ها قرار داشتند، توسط هیچ قانونی کنترل نمی‌شدند. تولید صنعتی در قرن ۱۹ هزینه‌های تولید را به میزان زیادی کاهش داد و نیز استفاده زیاد از ماشین‌آلات دوخت در قرن ۱۹ باعث افزایش تولید پارچه و لباس شد. اولین پلاستیک ساخت بشر در اواسط قرن نوزدهم اختراع شد و امروزه بیش از ۱۰٪ از کل پسماندهای جامد مناطق شهری در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد (شکل ۱-۱۰).

در سال ۱۸۷۶ برای اولین بار در کیپ کولونی خدمات مناسب جمع‌آوری زباله ایجاد شد، در دهه ۱۸۲۰ جمع‌آوری منظم زباله، با استفاده از گاری‌های حمل‌شونده توسط حیوانات انجام می‌شد (CSIR, 2000).

در سال ۱۸۱۰ جمعیت به بیش از ۱۰۰۰ میلیون نفر رسید، در آن زمان هفت شهر در انگلستان با جمعیتی بیش از ۵۰۰۰۰ نفر وجود داشت. در سال ۱۸۱۱ انگلستان دارای هشت شهر با جمعیتی بیش از ۵۰۰۰ نفر بود و این تعداد در سال ۱۸۲۱ به دوازده شهر رسید. در پایان قرن نوزدهم، یک‌سوم از جمعیت انگلستان در شهرها زندگی می‌کردند (rew, 1993&). لندن در سال ۱۸۰۱ دارای جمعیتی بالغ بر ۸۴۰۰۰۰ نفر بود که این رقم در سال ۱۸۱۱ به یک‌میلیون نفر رسید. در طول این دوره، زباله توسط "سپورها" در لندن جمع‌آوری و در "زباله‌دان‌ها" از طریق تفکیک دستی بازیابی/بازیافت/استفاده مجدد می‌شد (Velis et al., 2009). گزارش "ادوین چادویک" در خصوص تحقیق در مورد شرایط بهداشتی جمعیت کارگر انگلستان در سال ۱۸۷۴، ارتباط بیماری‌ها با محیط‌زیست آلوده را اثبات کرد (Wikipedia, 2011) و در همان سال در ناتینگهام انگلستان برای اولین بار پسماند جامد شهری به‌طور سیستماتیک سوزانده شد (Matthew, 2009).

انقلاب صنعتی آغاز استفاده بیشتر از مواد، تجارت و ماشین‌آلات همراه با ذغال سنگ به‌عنوان بزرگ‌ترین شریک‌های انقلاب بود. بیش از ۳/۵ میلیون تن ذغال سنگ در طول یک سال در انگلستان سوزانده شد. در این دوران مردم شروع به فروش ضایعات از مدفوع سگ (مورد استفاده جهت پاک‌سازی چرم) تا خاکستر (جهت افزودن به ساروج) کردند. لایحه سلامت عمومی در سال ۱۸۷۵ توسط انگلستان به تصویب رسید و در آن به جمع‌آوری زباله مجوز داده شد. سطل‌های زباله برای ذخیره‌سازی استفاده‌شده و به‌صورت هفتگی تخلیه می‌شدند.

حدود ۲۵۰ دستگاه بزرگ برای سوزاندن تحت عنوان "دستگاه زباله‌سوز" در سراسر بریتانیا ساخته شدند که منجر به پخش خاکستر و کاغذ سوخته در سطح کشور گشت. در سال ۱۷۵۷ اولین خدمات تمیز کردن خیابان‌ها ارائه شد و عموم مردم ترغیب به کندن چاله جهت دفع پسماند جامد خود شدند. آمریکا در سال ۱۸۸۵ در محله گاورنرز آیلند نیویورک^۱، اولین زباله‌سوز را ساخت. کاهش زباله در آمریکا در سال ۱۸۹۶ شروع شد (Matthew, 2009) و در سال ۱۸۹۹ اولین کارخانه بازیافت در نیویورک افتتاح گشت (Wikipedia, 2011; Matthew, 2009). استفاده اولیه از زباله‌سوزها به دلیل طراحی و ساخت نادرست، شکست خورد و از این رو ۱۰۲ عدد از ۱۸۰ زباله‌سوز نصب شده بین سال‌های ۱۸۸۵ تا ۱۹۰۸ قبل از سال ۱۹۰۴ بدون استفاده ماند (Wilson, 1986; Blumberg & Gottlieb, 1989, John, 2005).

در سال ۱۹۰۰ بعد از میلاد، جمعیت به ۱/۶ میلیون نفر رسید. در ایالات متحده آمریکا، اولین تأسیسات بزرگ بازیافت آلومینیوم در سال ۱۹۰۴ در کلیولند و شیکاگو افتتاح شد (Matthew, 2009).

در سال ۱۹۰۹ بیش از ۱۰۰ زباله‌سوز در آمریکا به دلیل دود سمی و مضر بسته شدند اما در سال ۱۹۱۴ در آمریکا و کانادا بیش از ۳۰۰ زباله‌سوز جهت احتراق زباله دایر بودند (Matthew, 2009). در سال ۱۹۱۲ محل‌های دفن زباله بهداشتی در انگلستان جهت دفع پسماند جامد ایجاد شدند. در سال ۱۹۵۴ شهر المپیا در آمریکا برای اولین بار در ازاء دریافت قوطی‌های آلومینیومی اقدام به پرداخت پول کرد. میزان پسماند جامد شهری از ۸۸ میلیون تن در سال ۱۹۶۰ به بیش از ۲۰۸ میلیون تن در سال ۱۹۹۵ افزایش یافت (Keep America Beautiful Inc, 1996). در سال ۱۹۶۵ آمریکا برای اولین بار قانون مدیریت پسماند جامد را تصویب کرد. گسترش ایدز باعث رونق دفع سوزن شد.

در سال ۱۹۰۸ تخلیه زباله در اقیانوس، تالاب و بیابان امری عادی در اروپا بود. زمانیکه آمریکا ۷۱٪ از پسماند جامد را از ۱۶۱ شهر بزرگ جمع‌آوری می‌کرد، در شهرها و شهرستان‌های کوچک، هنوز زباله به خوک‌ها خورانده می‌شد. اولین تأسیسات بازیافت آلومینیوم در کلیولند و شیکاگو راه‌اندازی شد.

در سال ۱۹۱۶ در آمریکا جهت جمع‌آوری زباله، اسب با تجهیزات موتوری جایگزین شد؛ در دهه ۱۹۲۰ دفع زباله در تالاب‌ها رونق گرفت و در پی آن در سال ۱۹۳۴ دادگاه عالی ایالات متحده آمریکا دفع پسماند جامد شهری در اقیانوس‌ها را ممنوع اعلام کرد (Matthew, 2009).

^۱ Governors Island, New York

در دهه ۱۹۲۰ حمل و نقل موتوری در مدیریت پسماند جامد در آفریقا جنوبی اعمال شد (CSIR, 2000). کاخ‌ها، دژها و اماکن مذهبی همچون معابد در هندوستان‌جارو کشیده شده و تمیز نگه‌داشته می‌شدند اما زباله به میزان زیادی حمل نمی‌شد.



شکل ۱-۱۱: کالاهای سفید در قرن حاضر بسیار افزایش پیدا کرده‌اند.

زباله قابل تجزیه، کمپوست شده و یا دور ریخته می‌شد، بدون آنکه تأثیر زیادی بر محیط‌زیست داشته باشد. در حالی که حیوانات مرده و جنین‌ها (در طول زایمان انسان‌ها و حیوانات) معمولاً دفن می‌شدند و ضایعات دور ریخته قصابی‌ها توسط پرندگان و سگ‌های خیابانی خورده می‌شدند. شهرنشینی بعد جدیدی به قوانین انگلستان داد و شهرها رشد کردند. نظام بنیادی برای مدیریت پسماند جامد توسط مقامات شهرداری در هندوستان در قرن هجدهم توسط رژیم بریتانیا آغاز به کار کرد (Da et al., 2008). در سال ۱۹۳۰ پادشاه پاتیالا^۱ هندوستان اتومبیل‌ها را به وسایل نقلیه جمع‌آوری زباله تبدیل کرد.

در سال ۱۹۵۴، صد شهر در آمریکا از محل دفن زباله بهداشتی برخوردار بودند (Matthew, 2009). پس از جنگ جهانی دوم، سوزاندن زباله در فضاهای باز و در حیاط‌خلوت‌ها در بسیاری از

^۱ Patiala

مناطق ممنوع شد. مصرف‌گرایی افزایش یافت و آمریکا به‌عنوان "جامعه مصرف‌گرا"^۱ شناخته شد. پس از جنگ جهانی دوم، دفع مواد بسته‌بندی با ورود مصرف‌گرایی به کشورهای توسعه‌یافته تا ۶۷٪ افزایش پیدا کرد.

در سال ۱۹۵۶ قانون هوای پاک در آمریکا تصویب شد و سوخت جامد مورد استفاده جهت تأمین گرمای منازل توسط گاز و برق جایگزین شد.

این دوره شاهد افزایش دفع لیوان، بشقاب و لوازم غذاخوری کاغذی و پلاستیکی بود. در طول این دوره، مقواهای شیاردار جهت بسته‌بندی موردپسند عموم واقع شدند و اولین قوطی آب‌جو به بازار عرضه شد.

به دنبال قانون دفع پسماند جامد در آمریکا، دولت بر انبار، بازیابی، تحقیق و اعطای وام به پسماند جامد تأکید داشت. در طول این دوره ایده "ایستگاه انتقال" مطرح شد. اولین کنفرانس بزرگ سازمان ملل متحد در خصوص مسائل محیط‌زیستی بین‌المللی با حضور ۱۱۳ کشور برگزار شد. کنفرانس سازمان ملل متحد برگزار شده در رابطه با محیط‌زیست انسانی از ۵ تا ۱۵ ژوئن سال ۱۹۷۲ در استکهلم، نقطه عطفی در مدیریت پسماند بود. در این دوره تولید کالاهای سفیدرنگ چند برابر شد (شکل ۱-۱۱). فراوانی منابع همچنین به تولید زباله‌های جدیدی که قبلاً وجود نداشت، کمک کرد (شکل ۱-۱۲).

^۱ Throwaway society



شکل ۱-۱۲: فراوانی باعث رواج فرهنگ "بریزوپاش" شده است.

در قرن بیستم، در طول سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ طاعون در هندوستان و ویتنام باعث تلفات گسترده‌ای شد و مبتلا شدن ۲۸۵۳۰ نفر که ۲۰۱۵ مورد از آن‌ها به مرگ انجامید، تصدیق بر این امر می‌باشد (Thomas, 2009). در سال ۱۹۹۴ باوجود اقدامات گسترده انجام‌شده توسط مقامات شهری در مدیریت پسماند جامد، طاعون وارد شهر سورا در هندوستان شد. آسیا شاهد شیوع سارس^۱ و آنفولانزای مرگی بود. میلیون‌ها حشره موزی کشته شدند و ضایعات زیست پزشکی موردتوجه ویژه قرار گرفتند.

^۱ Severe Acute Respiratory Syndrome

جمعیت جهان در سال ۲۰۰۰ به ۶۰۸۰ میلیون نفر و در سال ۲۰۰۵ به ۶۴۵۰ میلیون نفر رسید. در سال ۱۹۹۰ MSW جهانی به ۱/۳ بلیون تن و در سال ۱۹۹۷ به حدود ۰/۴۹ بلیون تن رسید (Beede & Bloom, 1995). در سال ۲۰۰۲ مقدار کل پسماند جامد جهانی ۱۲ بلیون تن شد (Pappu et al., 2007) که ۱۱ بلیون تن از آن مربوط به ضایعات صنعتی و ۱/۶ بلیون تن از آن مربوط به پسماند جامد شهری بوده است (Safidun et al., 2010).

در طول این دوره، در سال ۱۹۹۱ USEPA استانداردهایی برای محافظت آب‌های زیرزمینی در مکان‌های دفن زباله همراه با مراقبت‌های پس از تکمیل پروژه در ایالات متحده آمریکا تعیین کرد. در این دوره، مردم در کشورهای توسعه‌یافته بیش از هر زمان دیگری شروع به اتلاف مواد غذایی کردند. در قرن پیش و در قرن حاضر، جوامع ۵ الی ۳۰٪ از مواد غذایی را هدر دادند. تولید سالیانه ضایعات مواد غذایی تنها در سنگاپور معادل ۵۴۲۷۰۰ تن در سال ۲۰۰۶ و ۵۷۰۰۰۰ در سال ۲۰۰۸ بود (NEA, 2009).

کشور چین در پایان قرن گذشته رشد اقتصادی چشمگیری داشته است. میزان پسماند جامد در پکن به دلیل رشد سریع اقتصاد و جمعیت، از ۲۲۰۰ هزار تن در سال ۱۹۹۰ به ۳۶۱۳۶ هزار تن در سال ۲۰۰۳ افزایش یافت (Xiao et al., 2007). مطالعات انجام‌شده توسط ژیاو و همکاران او (۲۰۰۷) نشان داد که از سال ۱۹۹۰ در پکن، روند تولید ضایعات غذایی، کاغذی و پلاستیکی در MSW افزایش و خاکستر و تراشه چوب کاهش پیدا کرده است.

در طول این دوره، پیشرفت‌های علمی منجر به اختراع مواد شیمیایی و کالاهای مختلف شد. نوآوری در الکترونیک و علوم کامپیوتر منجر به تولید WEEE^۱ شد. کشورهای ثروتمند شروع به قاچاق زباله به کشورهای فقیر کردند که به وضع قوانین بین‌المللی جهت مقابله با جابجایی فرامرزی زباله ختم شد.

آینده

جمعیت جهان از سال ۱۹۸۷ حدود ۳۴٪ افزایش یافته و تجارت جهانی ۲/۶ برابر رشد داشته است که منجر به مصرف منابع و تولید زباله زیادی شده است (UNEP, 2007). همچنین الگوی شهرنشینی و مصرف تغییر پیدا کرده است زیرا کشورهای در حال توسعه هزینه بیشتری برای چیزهایی که هرگز استفاده نمی‌کردند، صرف می‌نمودند. به دلیل نیروی کار ارزان، کشورهای توسعه‌یافته فعالیت‌های صنعتی خود را به کشورهای در حال توسعه انتقال دادند.

^۱ Waste Electrical And Electronic Equipment

بر اساس مطالعات یوشیزاوا و همکاران (۲۰۰۴) تولید جهانی و سالیانه پسماند جامد در سال ۲۰۱۵ به ۱۹ بلیون تن خواهد رسید. بر اساس برآوردها، مناطق شهری در آسیا روزانه حدود ۷۶۰۰۰ تن^۱ MSW (حدود ۲/۷ میلیون مترمکعب در روز) تولید می‌کنند که این رقم در سال ۲۰۲۵ به ۱/۸ میلیون تن (حدود ۵/۲ میلیون مترمکعب در روز) افزایش خواهد یافت (بانک جهانی، ۱۹۹۹). از این رو، شهرهای پرجمعیت کشورهایی چون ژاپن، سنگاپور، مالزی، تایلند، کره جنوبی، چین، اندونزی و فیلیپین تحت فشار قرار خواهند گرفت تا سیستم‌های پسماند جامد خود را اصلاح نمایند و تنها به دفع زباله اکتفا نکرده و به بازیابی انرژی و مواد نیز اقدام نمایند (UN-مسکن طبیعی ۲۰۱۰). دسترسی به آب شیرین به صورت جهانی در حال کاهش است و ۱/۸ میلیون انسان که در مناطق کم آب زندگی می‌کنند، به آب بیشتری نیاز خواهند داشت (UNEP, 2007) که این به منزله گردش مالی بالا در صنعت آب بسته‌بندی شده و افزایش دفع بطری‌های پلاستیکی است.

تغییر در آب‌وهوا و فاجعه‌های بعدی بر بار زباله می‌افزاید و پسماند بیشتری برای دفع وجود خواهد داشت. کاهش ذخایر معدنی و نفتی، مردم را مجبور به یافتن جایگزین‌هایی برای کالاهای سیمانی، فلزی و نفتی خواهد کرد، در نتیجه تغییر مشخصه‌های زباله و امکان استخراج منابع از محل‌های دفن زباله در آینده غیرمحمول خواهد بود.

۱-۶- مدیریت منسجم پسماند جامد

مدیریت منسجم پسماند جامد (ISWM)^۲ نوعی از مدیریت جامع پسماند شامل برنامه پیشگیری، بازیافت، بهینه‌سازی و دفع است. این سیستم منسجم، چگونگی مدیریت پسماند جهت کارایی بیشتر برای محیط‌زیست و سلامت انسان را در نظر می‌گیرد. برنامه‌ریزی مدیریت پسماند باید فاکتورهای سازمانی، مالی، اقتصادی، اجتماعی، قانونی و زیست‌محیطی را در برگیرد. شکل ۱-۱۳ نمودار شماتیک اجزای ISWM و شکل ۱-۱۴ فرآیند برنامه‌ریزی ISWM را نشان می‌دهد.

^۱ Municipal Solid Waste

^۲ Integrated Solid-Waste Management



شکل ۱-۱۳: اجزای مدیریت یکپارچه پسماند جامد

طیف وسیعی از فن‌آوری‌ها و راهبردهای مدیریت پسماند جدید و موجود از لحاظ کیفیت زیست‌محیطی جهت رسیدن به اهداف پایدار در آینده مورد بررسی قرار گرفت (Ana et al., 2010). چنین چرخه منظمی به صنایع مدیریت پسماند و دولت اجازه می‌دهد تا نیازهای مدیریت پسماند را از لحاظ پتانسیل سبز، بازیافت مواد، گسترش منابع تجدیدپذیر، تحقیق در خصوص گزینه‌های مورد قبول جامعه و حفاظت هم‌زمان از تنوع زیستی برآورده کند.

مدیریت منسجم پسماند جامد باید سبب انسجام در این موارد شود: (۱) تحلیل هزینه و سود (CBA)^۱، (۲) پیش‌بینی روند تولید زباله، (۳) تحلیل جریان مواد (MFA)^۲، (۴) برآورد چرخه حیات، (۵) برآورد احتمال خطر (RA)^۳، (۶) برآورد اثرات زیست‌محیطی (EIA)^۴، (۷) برآورد زیست‌محیطی راهبردی (SEA)^۵، (۸) برآورد اجتماعی-اقتصادی (SoEA)^۶، و (۹) برآورد پایداری (SA)^۷.

^۱ Cost-Benefit Analysis

^۲ Material Flow Analysis

^۳ Risk Assessment

^۴ Environmental Impact Assessment

^۵ Strategic Environmental Assessment

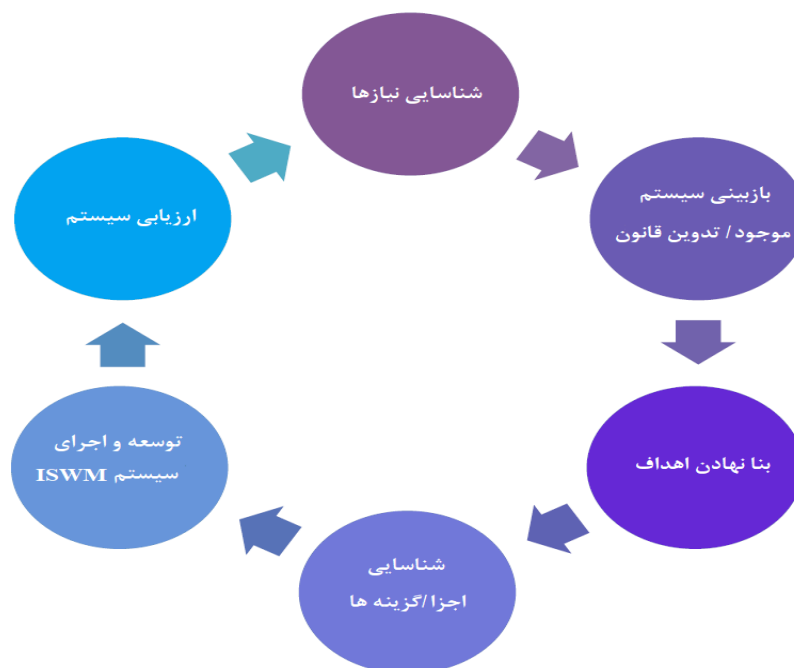
^۶ Socioeconomic Assessment

^۷ Sustainable Assessment

۷-۱- پیشگیری از تولید زباله و برآورد چرخه حیات

برآورد چرخه حیات (LCA)^۱ اطلاعاتی را درباره سرگذشت زباله موجود در سیستم ارائه می‌دهد. LCA رویکردی جامع برای پیشگیری از تولید زباله از طریق تحلیل عمر محصول/فرایند فعالیت که شامل تهیه مواد خام، ذخیره‌سازی مواد خام، تولید، ذخیره‌سازی محصول، بسته‌بندی محصول، حمل‌ونقل، توزیع، استفاده، استفاده مجدد، تعمیر و نگهداری، بازیافت، ذخیره‌سازی زباله، انتقال زباله، مدیریت و دفع زباله است.

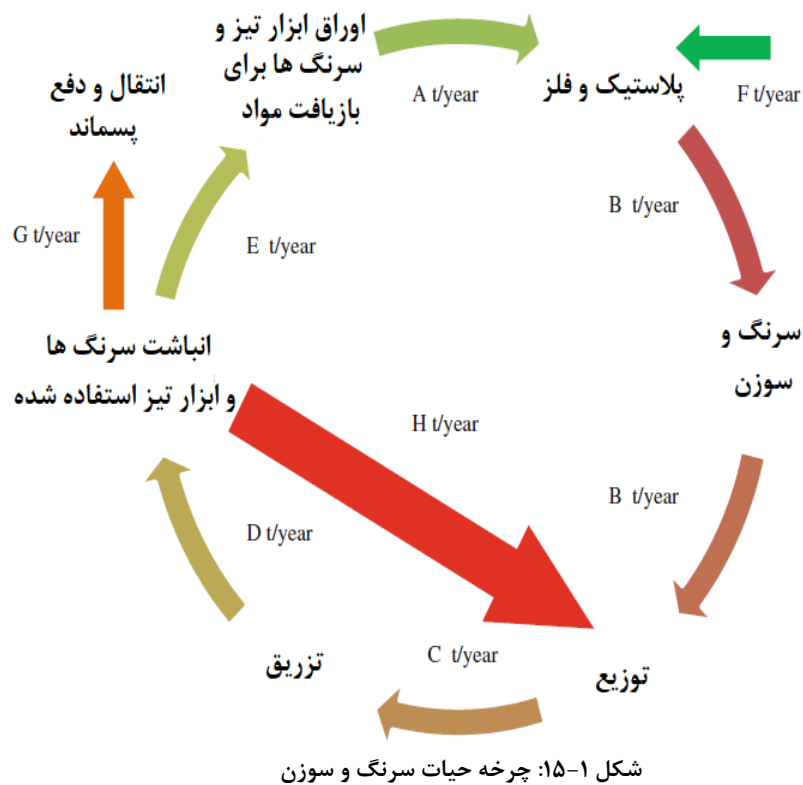
سرنگ و سوزن در کنترل بیماری‌ها از طریق ایمن‌سازی، تشخیص و درمان حائز اهمیت هستند. شکل ۱-۱۵ برآورد چرخه حیات سرنگ و سوزن را نشان می‌دهد. توجه به این نکته بسیار مهم می‌باشد که جامعه تا زمانی ایمن است که پلاستیک و فلز از منابع اولیه ساخته شوند و یا (اگر از منابع بازیافتی در ساخت آن‌ها استفاده می‌گردد) ابتدا گندزدایی مناسب صورت گیرد. اگر سرنگ و سوزن دچار نقص شوند، به‌وضوح جامعه باید نگران تأثیر آن بر سلامت انسان باشد.



شکل ۱-۱۴: فرآیند برنامه‌ریزی برای مدیریت یکپارچه پسماند جامد

^۱ Life Cycle Assessment

یکی از مشکلات LCA این است که گزارش‌های تهیه‌شده برای مشاوران معمولاً در جهت منافع صنعت می‌باشد. از این رو برآورد چرخه حیات با فقدان داده مواجه است. بسیاری از اطلاعات مهم و مورد نیاز LCA قابل دستیابی نیستند. در مثال بالا اگر میلیون‌ها سرنگ و سوزن آلوده دوباره به جامعه بازگردانده شوند، مقامات دولتی به دلیل مقابله نکردن با مجرمان، با شرمساری و سرشکستگی مواجه خواهند شد.



پس از تحلیل چرخه حیات، قدم بعدی مدیریت آن است. اگرچه تئوری آن ساده‌تر به نظر می‌رسد، اما ممکن است در عمل نیز غیرقابل دستیابی نباشد. در بسیاری از کشورها برای تولید ترقه از کودکان کار بهره گرفته می‌شود که این امر باعث فرار از پرداخت مالیات شده و زباله زیادی تولید می‌نماید و همچنین منجر به رسیدن آسیب دائمی به محیط‌زیست و زندگی صدها کودک می‌شود؛ اما دولت‌ها هنوز نتوانسته‌اند این نوع تولید را کاملاً ممنوع کنند. مثال‌ها می‌توانند شامل تولید سیگار و الکل نیز باشند زیرا برای سلامتی مضر بوده، منبع مقدار زیادی از کربن هستند،

محیط زیست را آلوده کرده و زباله زیادی تولید می کنند. اجتناب از تولید این محصولات به جامعه کمک می کند اما دولت ها اغلب به این صنعت و استفاده از محصولات آن ادامه می دهند. مثال های زیادی از کاهش زباله از طریق ترغیب به استفاده مجدد از مواردی مانند کارتریج چاپگر، ظروف، وسایل بسته بندی، قراضه های قابل بازیافت و غیره، وجود دارد. چنین تصمیماتی به صنعت کمک می کند تا هزینه ها را کاهش داده و بازگشت سرمایه را افزایش دهد.

۸-۱- مسئولیت تولیدکنندگان

مشخصه اصلی سیاست های مسئولیت گسترده تولیدکننده (EPR)^۱ این است که مسئولیت اثرات زیست محیطی یک محصول در انتهای چرخه حیات آن را بر عهده تولیدکننده/فروشنده اصلی است. EPR شکل بسط یافته اصل "جبران مالی توسط آلوده کننده" است و هدف آن حصول اطمینان از قبول مسئولیت توسط تولیدکننده در قبال محصولات تولیدشده می باشد.

هدف از ایجاد چنین مسئولیتی الزام تولیدکنندگان به اتخاذ تمهیداتی ضروری جهت کاهش زباله از طریق بهبود قابلیت بازیافت/استفاده مجدد در محصولات است. عبارت "مسئولیت گسترده تولیدکننده" برای اولین بار در کشور سوئد استفاده شد و پس از آن این مفهوم توسط کشورهای دیگر نیز به کار برده شد. قانون بسته بندی "پس گرفتن" در آلمان بر طبق اصل EPR است. اقدامات قابل انجام برای EPR عبارتند از: (۱) بهبود قابلیت بازیافت/استفاده مجدد در محصولات، (۲) کاهش اندازه محصولات، (۳) کاهش کمی استفاده از مواد، و (۴) به کار بردن برنامه های "طراحی برای محیط زیست" (DFE)^۲.

ابزار معمول رسیدن به EPR عبارتند از: (۱) قانون "پس گرفتن" محصول، (۲) اهداف نرخ بازیافت (RRT)^۳، (۳) RRT، همراه با طرح اعتباری بازیافت قابل معامله، (۴) تولید داوطلبانه "پس گرفتن" همراه با RRT، (۵) هزینه برای بازیافت های پیشرفته، (۶) ARF در ترکیب با یارانه بازیافت، (۷) ممنوعیت دفن زباله، (۸) هزینه جمع آوری/دفع زباله، (۹) یارانه های بازیافت، (۱۰) اعتبار مالیاتی سرمایه گذاری در زمینه بازیافت (Margaret Walls, 2006).

موضوع مسئولیت تولیدکننده به صورت قانونی در سال ۱۹۹۴ در سوئد مطرح شد. قوانینی که با توجه به EPR در سوئد تصویب گشتند، عبارتند از: (۱) حکم (۱۹۹۴: ۱۲۰۵) در خصوص مسئولیت تولیدکننده برای چاپ تغییرات جدید در محصول، (۲) حکم (۱۹۹۴: ۱۲۳۶) در خصوص

^۱ Extended Producer Responsibility

^۲ Design For Environment

^۳ Recycling Rate Targets

مسئولیت تولیدکننده در مورد لاستیک‌ها، ۳) حکم (۱۹۹۷: ۱۸۵) در خصوص مسئولیت تولیدکننده در مورد بسته‌بندی، ۴) حکم (۱۹۹۷: ۷۸۸) در خصوص مسئولیت تولیدکننده در قبال وسایل نقلیه، ۵) حکم (۲۰۰۰: ۲۰۸) در خصوص مسئولیت تولیدکننده در مورد محصولات الکتریکی و الکترونیکی.

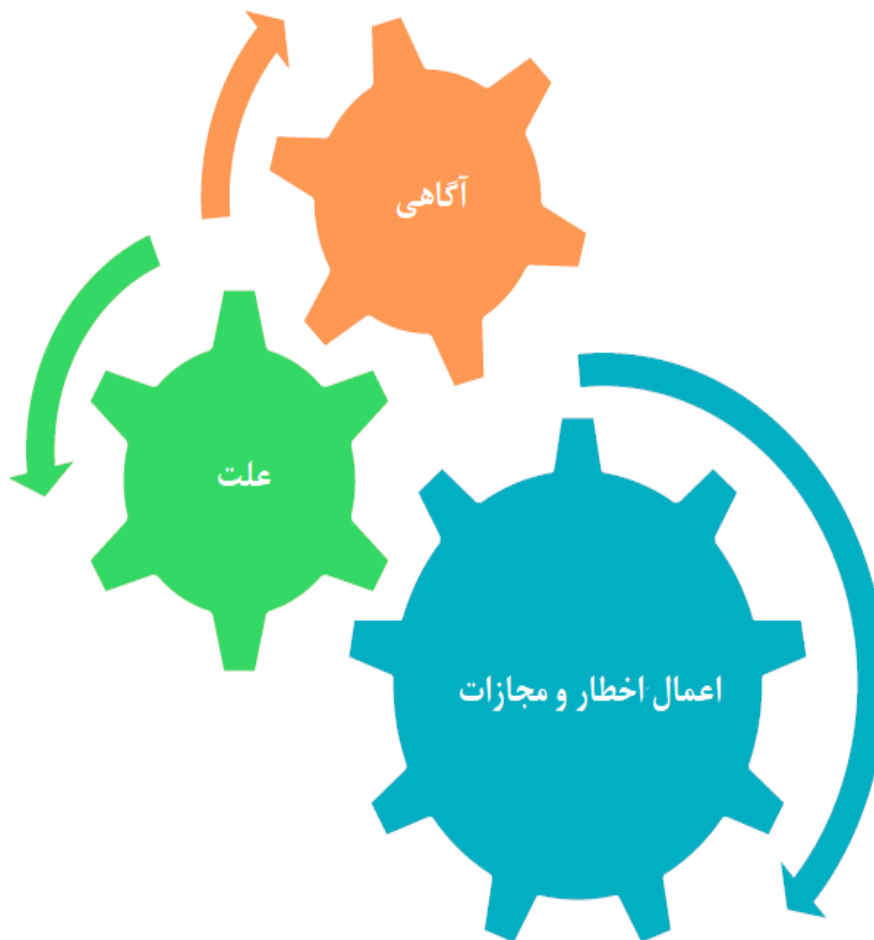
هدف از قوانین مسئولیت تولیدکننده در انگلستان، دستیابی به پسماند بسته‌بندی کمتر، قابل بازیابی و بازیافت می‌باشد. بر اساس این قوانین، میزان زباله تولیدی در هر تجارت با توجه به موارد زیر تعیین می‌گردد: ۱) میزان بسته‌بندی مورد استفاده در آن تجارت، ۲) اهداف سالیانه بازیابی/بازیافت آن تجارت، ۳) میزان کار بسته‌بندی انجام شده از طریق آن تجارت.

۹-۱- مدیریت و تنظیم پسماند جامد

از نیمه دوم قرن گذشته، محیط‌زیست در سطح جهانی به مسئله مهمی تبدیل شده است. در گذشته، قوانین مربوط به بلایا بهر عنوان پدیده‌های محلی و یا منطقه‌ای در نظر گرفته می‌شدند تا اینکه در سال ۱۹۷۲ کنفرانس جهانی سازمان ملل در استکهلم به آن ابعاد جهانی بخشید. جوامع بین‌المللی، توجه خود را به محیط‌زیست با تصویب قراردادها و توافق‌نامه‌های بین‌المللی دربردارنده مسائل عمده زیست‌محیطی با دیدگاه محافظت از محیط‌زیست نشان دادند. در آن زمان، تعداد قوانین ثبت شده در سطح جهانی به بیش از ۱۵۰ عدد می‌رسید.

یکی از روش‌های رایج جهت ممانعت از آسیب‌های زیست‌محیطی در سطح ملی/منطقه‌ای "مجوزها" هستند.

پس از کنفرانس استکهلم در سال ۱۹۷۲، دولت‌ها در سراسر جهان، قوانین را در اختیار شهروندان قرار دادند، باین‌وجود، اجرای صحیح و مطابق با اهداف، هنوز هم بحث‌برانگیز است. بسیاری از قوانین تدوین شده‌اند تا جامعه قضایی کشوری یا بین‌المللی اقناع شود. در بسیاری از موارد، دادگاه‌ها به دولت متبوع دستور می‌دهند که قوانین جدیدی تدوین نمایند و در موارد دیگر، جامعه بین‌الملل دولت‌ها را مجبور به پذیرش قوانین پیچیده و تصویب آن‌ها می‌کند؛ اما ارسال خطرناک یا تصویب قوانین زیست‌محیطی به‌تنهایی اجرای قوانین را تضمین نمی‌کند. بسیاری از کشورهای در حال توسعه در رسیدگی به فساد، کمبود نیروی انسانی در آژانس‌های مسئول اجرای قوانین زیست‌محیطی، ملاحظات سیاسی در فعالیت آژانس‌های مسئول اجرای قوانین زیست‌محیطی، فقدان کنترل و پیگیری در تعطیلات و شب‌ها، ارتقاء توانایی فنی و هر نوع مسئله دیگر، ناموفق بوده‌اند.



شکل ۱-۱۶: چرخ‌های هدایت قوانین کنترل آلودگی

همان‌طوری که در شکل ۱-۱۶ نشان داده شده است، آگاهی، انگیزه، هشدار و حکم تنبیهی، اجزای اصلی اجرای مقررات کنترل آلودگی هستند. مقررات زیست‌محیطی دربردارنده حفاظت از محیط‌زیست و کنترل آلودگی معمولاً قوانین کیفری هستند؛ بنابراین، به‌محض اجرای مقررات زیست‌محیطی، بسیاری از سهام‌داران مسئول پاسخگویی به قانون، به‌نوبه خود مجرم زیست‌محیطی شناخته می‌شوند. از این‌رو معمولاً مقام مسئول اطلاع‌رسانی می‌کند و گاهی این اطلاع‌رسانی‌ها با مواردی مانند یارانه بر مالیات جهت تشویق همراه است. قبل از حکم تنبیهی، به‌متخاطی به‌اندازه

کافی هشدار داده شده و بر طبق اصل عدالت طبیعی فرصت‌هایی برای جبران داده می‌شود. اجرای فرصت‌های مورد تأیید اصل عدالت طبیعی، عمدتاً در مقررات زیست‌محیطی ذکر می‌شوند تا شهروندان ممتاز همچون مؤسسين شرکت‌ها و مقامات مدنی نتوانند آن‌ها را زیر پا بگذارند؛ بنابراین، قبل از حکم تنبیهی، به متخلفان خطاریه داده می‌شود و یا به صورت شخصی توسط مقامات اجراکننده احضار می‌شوند.

اگرچه بیش از یک قرن است که قوانین فراوانی برای کشورهای توسعه‌یافته وضع شده است، اما هیچ‌گونه اجرای یکنواختی از این قوانین مشاهده نمی‌شود (Garbutt, 1995; Lieberman, 1994). نحوه اجرای قوانین مربوط به زیاله از مسائل اساسی در کشورهای در حال توسعه است (Ajomo, 1992; Adewale, 1996; Onibokun et al., 1999).

در تنظیم مقررات، طیف وسیعی از فعالان صنعتی و حامیان محیط‌زیست باید حضور داشته باشند تا از درک و قبول قوانین توسط حضار اطمینان حاصل شود؛ اما در عمل، تشکیل جلسه‌ای با حضور تمام فعالان ذینفع مشکل است. حمایت بیشتر در سطوح ملی و بین‌المللی جهت اطمینان از اجرای توافقنامه‌های بین‌المللی نیاز است.

همان‌طوری که در شکل ۱-۱۷ نشان داده شده است، مسائل قانونی مدیریت پسماند جامد نه تنها با مدیریت پسماند، بلکه با دیگر مسائل اجتماعی همچون کودکان کار نیز درگیر است. جوامع در حال توسعه به دلیل نیروی کار ارزان قیمت، تعداد قابل توجهی از افراد جوان را برای مدیریت پسماند جامد به کار می‌گیرند.

۱-۹-۱- لزوم وجود مقررات

امروزه برخلاف زمان‌های دور، کشورها برای خود مقررات، قانون اساسی و سیستم قضایی جداگانه‌ای دارند. اگرچه در این سیستم راه‌های گریز فراوانی وجود دارد، یک کشور ممکن است برای تأثیرگذاری بر جامعه بین‌الملل، قوانینی را وضع کند.



شکل ۱-۱۷: مسائل مقرراتی در مدیریت پسماند جامد نه تنها با مدیریت پسماند بلکه با مسائل دیگری مانند کار کودکان نیز سروکار دارد.

چنانچه جنبه‌های منفی سیستم را کنار بگذاریم، متوجه خواهیم شد که یک کشور به دلایل زیر نیاز به مقرراتی جهت مدیریت پسماند دارد:

- جهت آگاهی فعالان صنعت از مسئولیت‌هایشان
- جهت کنترل و تحت نظر گرفتن فعالیت‌های تنظیم و پیش‌گیری کننده پسماند
- جهت حفظ سوابق مقررات قدیمی کنترل پسماند و بهبود پس از آن
- جهت ایجاد اصلاحات در مقررات موجود
- جهت تنظیم اساس‌نامه برای شهروندان و سازمان‌های مردم‌نهاد (NGO) جهت تأیید آن‌ها توسط سیستم قضایی
- جهت داشتن سیستم مجوز دهنده در محل



شکل ۱-۱۸: نمونه‌هایی از اطلاع‌رسانی تأثیرگذار از طریق ابلاغیه‌های بهتر

اما تصویب قانون و ایجاد مقررات باعث بهبود اوضاع نمی‌شود. در این موارد نیاز به اطلاع‌رسانی اساسی و واضح به تمام سهام‌داران است. همان‌طوری که در شکل ۱-۸ نشان داده شده است، تابلو بزرگ "اشغال نریزید" و "مشمول جریمه" باعث حصول نتایج دلخواه خواهد شد.

۱-۹-۲- مقررات بین‌المللی

تقریباً ۹۸٪ از زباله‌های خطرناک جهان در کشورهای در حال توسعه قرار دارد. معامله‌کنندگان زباله بین‌المللی، مقدار زیادی زباله را به جوامع در حال توسعه انتقال می‌دهند. دلایل اصلی این امر می‌توانند عدم تعادل اقتصادی، اعمال ضعیف قوانین زیست‌محیطی، فقدان ارزش‌های اخلاقی در میان معامله‌گران، عدم وجود نگرانی‌های زیست‌محیطی و بازیافت سریع و ارزان باشد. آهن‌قراضه در کشورهای در حال توسعه تقاضای بالایی دارد زیرا در این کشورها تعداد زیادی از کارخانه‌های ذوب فلز با هزینه پایین کار می‌کنند که دلیل آن نیروی کار ارزان‌قیمت است. هدف از قرارداد بازل که در ۲۲ مارس سال ۱۹۸۹ تصویب شد، ممانعت از جابجایی فرامرزی زباله‌های خطرناک از کشوری به کشور دیگر بود. آخرین لایحه قرارداد بازل توسط ۱۰۵ دولت و انجمن اروپا (EC)^۱ امضا شد. این قرارداد در ۵ مه سال ۱۹۹۲ لازم‌الاجرا شد. در حال حاضر، بسیاری از کشورها مقرراتی را تصویب کرده و در آن‌ها لیست ضایعات ممنوع‌الورود به مرزهای کشور خود را ذکر کرده‌اند. بسیاری از قوانین بین‌المللی نیازمند این هستند که دولت‌ها فعالیت‌های بالقوه مضر را تأیید کرده و برای مقابله با آن‌ها مجوز رسمی صادر کنند:

^۱ European Community

- قرارداد اسلو^۱ مبنی بر ممانعت از آلودگی دریایی به جهت تخلیه زباله توسط هواپیما و کشتی
- قرارداد بن^۲ مبنی بر ممانعت از آلودگی شیمیایی رودخانه راین
- قرارداد پاریس مبنی بر ممانعت از آلودگی دریایی از طریق منابع زمینی
- قرارداد لندن مبنی بر ممانعت از آلودگی دریاها از طریق ریختن زباله
- قرارداد بازل^۳ در خصوص زباله‌های خطرناک
- قرارداد باماکو^۴ در خصوص زباله‌های خطرناک در آفریقا
- معاهدات آنتارکتیک^۵
- توافق‌نامه منطقه دریایی
- توافق‌نامه آسین^۶ در خصوص حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی
- قرارداد آفریقا در خصوص حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی

در اواخر دهه ۱۹۸۰ قرارداد کنترل جابجایی فرامرزی زباله‌های خطرناک و دفع آن‌ها و یا قرارداد بازل، با توجه به استانداردهای بین‌المللی متعدد در ارتباط با قاچاق ضایعات خطرناک تدوین شد. این قرارداد در سال ۱۹۹۲ لازم‌الاجرا شد و در تاریخ‌های ۲۲ دسامبر ۱۹۹۵ و ۱۰ دسامبر ۱۹۹۹ اصلاح گشت.

قرارداد ممنوعیت واردات به آفریقا و کنترل جابجایی فرامرزی و مدیریت زباله‌های خطرناک در داخل آفریقا به نام قرارداد باماکو شناخته می‌شود که واردات زباله خطرناک به کشورهای امضاکننده این قرارداد را به‌طور کامل ممنوع کرده است.

در تلاش برای ممنوعیت واردات به آفریقا و کنترل زباله‌های خطرناک در منطقه، قرارداد وایگانی در سال ۱۹۹۵ تدوین شد تا واردات زباله‌های خطرناک و رادیواکتیو به داخل کشورهای مجمع‌الجزایر ممنوع و نیز حمل‌ونقل فرامرزی و مدیریت زباله‌های خطرناک را در منطقه اقیانوس آرام جنوبی کنترل شود.

بر اساس قرارداد لندن در سال ۱۹۷۲ و قراردادهای لوم و باماکو، قانون ممنوعیت/محدودیت تخلیه MSW در اقیانوس در بسیاری از کشورهای آفریقا اجرا می‌شود. علی‌رغم تصویب این قانون،

^۱ Oslo

^۲ Bonn

^۳ Basel

^۴ Bamako

^۵ Antarctic

^۶ ASEAN

هنوز هم در شهرهای ساحلی بزرگ آفریقا این اتفاق می‌افتد (African Development Bank, 2002).

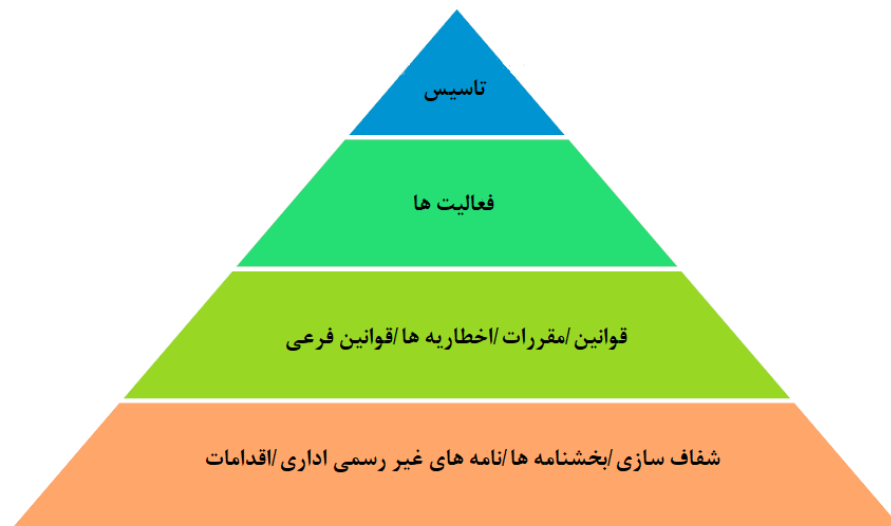
۱-۹-۳- مقررات در کشورهای مختلف

مقررات ملی متشکل از لایحه‌ها و طرح‌ها است. لایحه‌ها در سطح ملی برگرفته از قانون اساسی هستند و هر چیزی که در آن بیان می‌شود باید مطابق با قانون اساسی باشد. هرجایی که قانون اساسی به صورت مکتوب در دسترس نیست، لوایح با در نظر گرفتن سیاست ملی، قوانین بین‌المللی و دیگر رویه‌های مختص آن کشور تدوین می‌شوند. لایحه‌ها به صورت رسمی در مجلس یا هیئت قانون‌گذاری توسط قوه مقننه تصویب می‌شوند و طرح‌ها پس از تصویب لایحه‌ها با در نظر گرفتن تبصره و مفاد موجود در لایحه مادر تدوین می‌شوند. طرح نمی‌تواند مفادی داشته باشد که در لایحه مادر وجود ندارد (لایحه مادر لایحه‌ای است که بر اساس آن طرح ایجاد شده است). قوانین ملی زیست‌محیطی در مقدمه خود تعاریف واژه‌های مهم، اصطلاحات و مفاهیم را بیان می‌کنند. پس از آن، هدف از تدوین قوانین و در پی آن خود قوانین به تفصیل شرح داده می‌شوند. قوانین، مسئولیت‌های مقامات و سهام‌داران را تعیین می‌کنند. لایحه کیفری برای نقض مسئولیت بخشی از قانون اجرایی زیست‌محیطی خواهد شد. چنانچه تبصره‌های کیفری در طرح بیان نشده باشند، به لایحه مادر ارجاع داده می‌شوند.

دولت‌ها متصدیان انحصاری قوانین هستند و دلایل مختلفی جهت تدوین و اجرای قوانین ملی وجود دارد. فیلیپین در سال ۲۰۰۱، پس از فروپاشی مکان دفع زباله در سال ۲۰۰۰ که منجر به مرگ بیش از ۲۰۰ نفر در پایاتاس شد، قانون مدیریت زیست‌محیطی پسماند جامد را تصویب کرد. مالزی در سال ۲۰۰۷ قانون مدیریت پسماند جامد (SWM)^۱ و پاک‌سازی عمومی را به منظور ائتلافی نمودن SWM و پیشرفت کشور در جهت کشورهای توسعه‌یافته در سال ۲۰۲۰ تصویب کرد.

در صورت سروکار داشتن با آلودگی و پسماند جامد، مردم باید نسبت به قوانین متعدد و اسناد قانونی قابل کاربرد آگاهی داشته باشند (شکل ۱-۱۹). قانون اساسی هر کشور، اصل اساسی آن کشور است و تمامی مصوبات باید با توجه به آن انجام شوند. تمام تبصره‌ها و مفاد موجود در یک سند قانونی، باید با قانونی که به آن ارجاع داده می‌شوند، مطابقت داشته باشند. انطباق زیست‌محیطی نیاز به آگاهی کامی از تمام قوانین زیست‌محیطی کشور دارد.

^۱ Solid Waste Management



شکل ۱-۱۹: سلسله مراتب قانونی

در طول سال‌ها دولت‌ها آموخته‌اند که نمی‌توانند تمام مسئولیت‌ها را بر عهده بگیرند، بنابراین به‌طور مدام مسئولیت‌ها را بر عهده دیگر سهام‌داران مختلف می‌گذاشتند. پس از تصویب مجموعه‌ای از قوانین، دولت‌ها از کمبودهای قوانین موجود آگاهی پیدا کرده و قوانین جدیدی را تدوین کردند. قوانین پیشرفته‌ای همچون پاسخ جامع زیست‌محیطی، غرامت و بدهی در آمریکا، مسئولیت‌های قانونی را بر دوش صنایع قرار داده است تا در هزینه‌های بازسازی آسیب‌های ایجاد شده پس از دفع زباله مشارکت کنند. زمانی که ضایعات و آلودگی توسط یک صنعت ایجاد می‌شوند، آن صنعت برای همیشه مسئول باقی می‌ماند (به این معنی که زباله قابل انتقال نیست). هنگامی که متصدی محل دفن زباله، دفع نهایی ضایعات را قبول می‌کند، خطر آلوده شدن آب‌های زیرزمینی به دلیل نقص طراحی محل دفن زباله وجود دارد. با وجود اینکه متصدی محل دفن زباله مسئول بازسازی است، تولیدکنندگان زباله بر اساس مسئولیت‌های مختلف و مشترک، مسئولیت قانونی در مشارکت در هزینه‌های بازسازی دارند (Nicholas, 2003)؛ اما چنین ایده‌آل‌هایی در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه قابل دستیابی نیست، جایی که هنوز در چالش برای اجرای کارآمد قوانین زیست‌محیطی موجود هستند.

قوانین محلی و منطقه‌ای زمانی وارد کار می‌شوند که کشور به مناطق و ایالت‌های مختلف با اهداف اجرایی تقسیم شده باشد. مدیریت در بخش منطقه‌ای بر اساس مسئولیت‌های دولت‌های منطقه ثبت‌شده در قانون اساسی / حکم دادگاه است؛ بنابراین، ایالت‌ها یا استان‌ها، لیستی از موارد و نهادهای تحت کنترل انحصاری خود خواهند داشت. گاهی اوقات برخی از موارد، توسط هر دو دولت

ائتلافی و ایالتی رسیدگی می‌شوند. در برخی موارد، دولت ایالتی هیچ‌گونه قدرتی ندارد. مقامات دولت ائتلافی معمولاً اختیار تام در خصوص مسائل دفاعی، امور خارجه، هوانوردی و غیره دارد. دولت ایالتی اداره‌کننده پلیس، محیط‌زیست منطقه، منابع محلی و غیره است.

همان‌طوری که قبلاً بیان شد، هر قانون دارای نهادهای نظارتی خواهد بود که مسئول اجرای آن هستند. این نهادها اجازه‌نامه/مجوز انجام فعالیتی در موقعیت معلوم را ثبت یا صادر می‌کنند. دریافت‌کننده با توجه به شرایط درج‌شده در اجازه‌نامه/مجوز، تجارت خود را شروع می‌کند. عدم رعایت مفاد درج‌شده در اجازه‌نامه/مجوز باعث جلب‌توجه نهادهای نظارتی می‌شود.

وظایف نهادهای نظارتی شامل تدوین سیاست‌ها، حذف مفاد الحاقی به قوانین و اجرای آنهاست. این موضوع اغلب مورد بحث است که "جهل به قانون یک بهانه نیست"؛ اما بدون تفسیر درست و بالا رفتن آگاهی در بین افراد، رسیدن به اهداف قوانین امکان‌پذیر نمی‌باشد.

قوانین پذیرفته‌شده در برخی از کشورها در جدول ۱-۱ آمده است. علاوه بر این قوانین، برخی از کشورها قوانین منحصر به خود را دارند، همچون ژاپن که قانون بازیافت لوازم‌خانگی را تصویب کرده است (Zhang & Kimura, 2006). در ویتنام، واردات EEE دست‌دوم از سال ۲۰۰۱ ممنوع و از ماه مه سال ۲۰۰۶ سخت‌گیرانه‌تر شد (Shinkuma & Huong, 2009). در کره جنوبی، WEEE از طریق قانون مدیریت زباله اداره می‌شود (Hyunmyung & Yong-Chul, 2006). صندوق دولتی مدیریت بازیافت حفاظت محیط‌زیست توسط دولت تایوان در سال ۱۹۹۸ جهت حمایت از جمع‌آوری، حمل‌ونقل و دفع WEEE تصویب شد (NEP, 2006). کنیا تا حدی به قرارداد بازل و باماکو عمل می‌کند، اما هیچ سیستم مدونی برای جمع‌آوری WEEE در این کشور وجود ندارد (Mureithi & Waema, 2008). آفریقای جنوبی قراردادی بازل را به تصویب رسانده است اما از قرارداد باماکو پیروی نمی‌کند (Liechti & Finlay, 2008). هر قانون پسماند دو گروه از افراد را مشخص می‌کند: (۱) تنظیم‌کنندگان، و (۲) مدیران پسماند. پسماند دو قانون دارد که همواره مسئولیت آژانس‌های اجرایی را تعیین می‌کند که باید به‌عنوان مدیران و تولیدکنندگان پسماند قراردادی فعالیت کنند. این قوانین مسئولیت‌های آژانس‌های اجرایی همچون ULBها، صنایع، مؤسسات تجاری و غیره را نیز شرح می‌دهند. دلیل این امر می‌تواند یک یا تعداد بیشتری از موارد زیر باشد:

- در اولویت نبودن مدیریت پسماند جامد
- وجود راه‌های گریز در قوانین موجود
- فساد.
- رعایت نکردن با رعایت کم قوانین کشوری موجود.

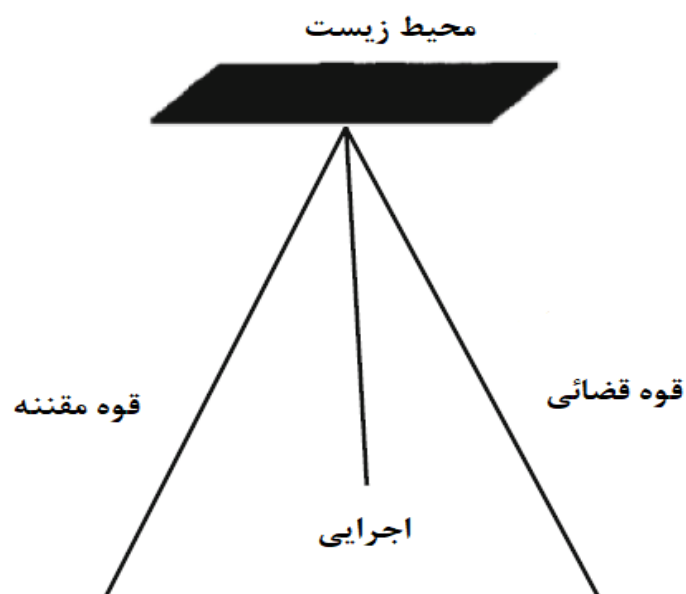
- تدوین قوانین جهت تأثیرگذاری بر جامعه بین‌المللی به‌جای اجرای آن در جهت منافع کشور.
- مأمورین، مسئول اجرا/انجام قوانین منصوب‌شده سیاسی خواهند بود که دخالت‌های سیاسی را می‌پذیرند.
- سیاست‌های موجود بین کارمندان نهادهای اجرایی.
- کنترل نهاد اجرایی به‌نوبه خود توسط قوانین متعدد دیگر (جهت استخدام، حسابرسی مالی، قوانین مرتبط با کار) صورت می‌گیرد؛ بنابراین، بیشتر منبع به‌جای تلاش‌های متمرکز بر مدیریت پسماند، صرف دیگر مسائل قانونی می‌شود.
- زیرساخت‌های ضعیف و فقدان منابع مالی جهت مدیریت پسماند.
- سوءاستفاده از وسایل نقلیه، تجهیزات و دیگر منابع اداری توسط مقامات عالی‌رتبه و نمایندگان مردم.
- اعمال فشار بر مقامات جهت صدور مجوز برای تجارت بستگان و دوستان مقامات عالی‌رتبه.
- مأموران اجرایی و آژانس‌های مدیریت پسماند اغلب برای انجام وظایف مربوط به انتخابات، رویدادهای ورزشی/فرهنگی و رسیدگی به احتیاجات شخصی و خانوادگی صاحبان قدرت، گمارده می‌شوند.
- ناتوانی در استخدام متخصصین آگاه و لایق.
- ناتوانی در آموزش کارکنان.
- از دست دادن نیروی انسانی به دلیل ترک کار توسط کارکنان مدیریت پسماند و کارکنان اجرایی.
- ارزیابی غیراخلاقی همچون گزارش استفاده از وسایل نقلیه و برآورد مخارج، بیشتر از آنچه صرف شده است.
- تهدید مأموران اجرایی و مدیریت پسماند توسط پیمانکاران ثروتمند.
- ترس از فراگیری و استفاده از تکنولوژی.
- انتقال مأموران از بخش اجرایی به بخش مدیریت پسماند و برعکس؛ که موجب اجرای ضعیف قانون می‌شود.
- بالا بودن رتبه کاری مأموران مدیریت پسماند نسبت به مأموران اجرایی.
- ترس مأموران اجرایی از اعمال قانون در مورد تجارت متعلق به وزرا یا دیگر صاحبان قدرت.
- تأخیر در بررسی و صدور حکم موارد مرتبط با زباله از سوی دادگاه.

- عدم توبیخ قصورکنندگان به دلیل فقدان مدارک لازم.
- استخدام افراد نالایق و ناتوان.
- سرپرستی و مدیریت ضعیف.
- ترفیع افراد فاسد و نالایق در نهادهای اجرایی و نادیده گرفتن فرصت رشد افراد صادق و آگاه.
- انتقال مکرر مأموران در نهادهای اجرایی.
- متفاوت بودن تعداد نیروی کار ثبت شده با واقعیت به دلیل ترک کار توسط کارکنان.
- ناتوانی رسانه‌ها در گزارش دفع نادرست زباله.

جدول ۱-۱: قوانین و مقررات در کشورهای مختلف

ردیف	کشور	قوانین
۱	استرالیا	مصوبه پسماند خطرناک (قانون مربوط به واردات و صادرات)، مصوبه بازیابی منبع و جلوگیری از تولید پسماند، مصوبه مالیات بر بازیابی منبع و جلوگیری از تولید پسماند، مقررات مالیات بر بازیابی منبع و جلوگیری از تولید پسماند
۲		پسماند
۳	اتریش	مصوبه مدیریت پسماند
۴	آذربایجان	قانون جمهوری آذربایجان در مورد پسماند صنعتی و خانگی
۵	بنگلادش	مصوبه حفاظت از محیط زیست در بنگلادش زیر لایحه مدیریت پسماند
۶		جامد به شماره ۳۶ از ANRK.BK
۷	کلمبیا	مصوبه دفع پسماند جامد، مصوبه مدیریت مواد سمی
۸	چین	قانون جلوگیری از ایجاد آلودگی زیست محیطی
	چین	قوانین پسماند خطرناک (مدیریت و رسیدگی به پسماند)، قوانین پسماند بیوپزشکی (مدیریت و رسیدگی)، قوانین پسماند جامد شهری (مدیریت و رسیدگی)، قوانین پسماند الکترونیکی (مدیریت و رسیدگی)
	هند	قانون حفاظت از محیط زیست و بهبود آن
۹	ایران	مصوبه سرمایه گذاری ویژه در سال ۲۰۰۴ (بازیابی مواد پسماند)
۱۰	کریباتی	حکم کیفیت محیط زیست (فعالیت های از پیش تعیین شده/تعیین مالیات در ازای فعالیت های اثرگذار بر محیط زیست)
۱۱	مالزی	
	مغولستان	قانون حاکم بر پسماند خانگی و صنعتی، قانون حاکم بر واردات، صادرات و انتقال بین مرزی پسماند خطرناک
۱۲		

مقررات پسماند جامد	جزایر مارشال	
مصوبه حفاظت از محیط‌زیست	نپال	۱۳
مقررات مدیریت پسماند جامد	پائولو	۱۴
مصوبه مرتبط با تخلیه پسماند در دریا	گینه نو	۱۵
مصوبه مدیریت بوم‌شناسانه پسماند جامد، مصوبه شماره ۹۰۰۳	فیلیپین	۱۶
جمهوری، مصوبه کنترل پسماند سمی، پسماند خطرناک و پسماند هسته‌ای، مصوبه شماره ۶۹۶۹ جمهوری، مصوبه ریاست جمهوری به شماره ۸۲۵ در رابطه با مجازات برای دفع نامناسب پسماند، مصوبه جلوگیری از تخلیه		۱۷
مقررات پسماند (اسکاتلند)	اسکاتلند	۱۸
مصوبه مدیریت محیط‌زیست ملی	آفریقای جنوبی	۱۹
مصوبه مدیریت پسماند ۲۰۰۵	تونگا	۲۰
مقررات مشترک کمیته محیط‌زیست	ازبکستان	۲۱



شکل ۱-۲۰: مدل سه رکنی از وابستگی به قوه مقننه، اجرایی و قضائیه دولت در حفاظت از محیط‌زیست

علاوه بر موارد اشاره شده در بالا، دلایل دیگری نیز وجود دارند که فراتر از درک کارشناسان می‌باشند و از این رو گزارش و چاپ نشده‌اند. در نتیجه، جامعه بین‌المللی هنوز قادر به یافتن یک راه حل غیرقابل نقض نمی‌باشد.

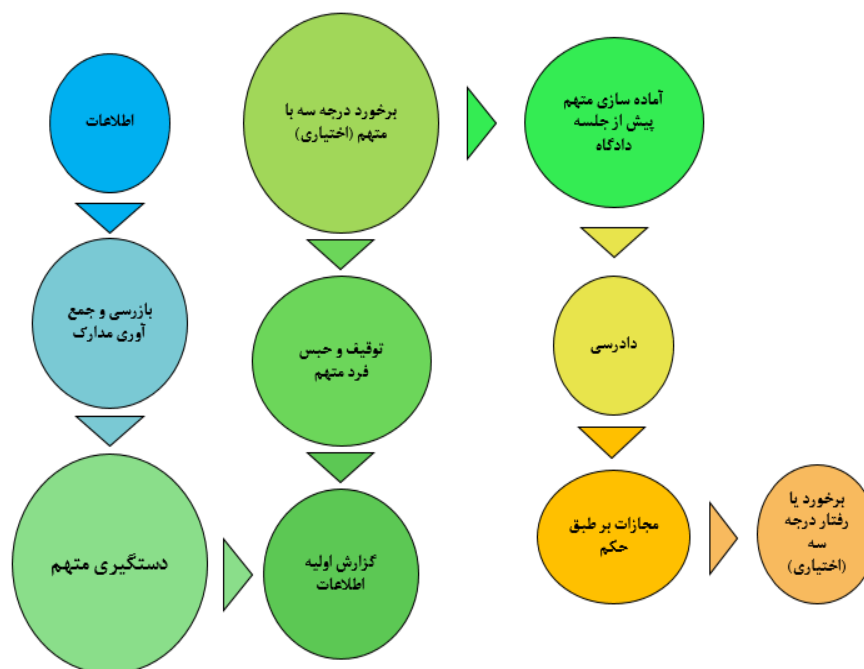
گائوسو و سباستین^۱ را به (۱) عدم انطباق محیطی و همچنین فساد جزئی شرکت (رابطه شرکت-شرکت-بازرس)، و (۲) کارایی قضایی نسبت می‌دهند.

در کشورهای در حال توسعه افزایش زباله/آلودگی دیده می‌شود زیرا کشورهای توسعه یافته صنایع خود را به این کشورها که دارای استانداردهای زیست محیطی پایین تر و نیروی کار ارزان تر هستند، منتقل می‌کنند. در نتیجه، در دهه اخیر افزایش زباله در این "بهشت‌های آلودگی" مشاهده می‌شود. در بسیاری از کشورها، فساد و رانت خواری قوانین زیست محیطی برداشت شده از کشورهای دیگر را فلج می‌کنند. سطوح آلودگی ناشی از فساد اخلاقی به مراتب بالاتر از سطح بهینه اجتماعی است (Ram'on & Siddhartha, 2000).

شکل ۱-۲۰ حمایت‌های مورد نیاز از سوی قوه‌های مقننه، مجریه و قضائیه جهت حفاظت از محیط زیست را نشان می‌دهد. جهت متقاعد کردن جامعه بین‌المللی برای محافظت از محیط زیست، وضع قانون به تنهایی کافی نیست. به طور مشابه، چنانچه قوه قضائیه به جای تفسیر و صدور حکم در زمان مناسب، رسیدگی به مورد تا ده‌ها سال به تأخیر بیاندازد، به محیط زیست آسیب خواهد رسید. از سوی دیگر، قوه مجریه به جای جمع کردن "جریمه به علت اقدام نکردن"، باید با مجرمان برخورد کند تا حمایت صحیح از محیط زیست به عمل آید.

قوانین زیست محیطی معمولاً به عنوان قوانین کیفری رده بندی می‌شوند. قوانین زیست محیطی دو نوع هستند: (۱) حفظ منابع و حیات وحش، (۲) قوانین کنترل کننده آلودگی/پسماند؛ اما روال مورد استفاده در اثبات جرم و شناسایی مجرم قبل از مجازات، اندکی با جرائم معمول متفاوت است. شکل ۱-۲۱ روال کیفری را در رابطه با جرائم متداول را نشان می‌دهد. شکل ۱-۲۲ روال کیفری جرائم زیست محیطی مرتبط با آلودگی/پسماند را به تصویر می‌کشد.

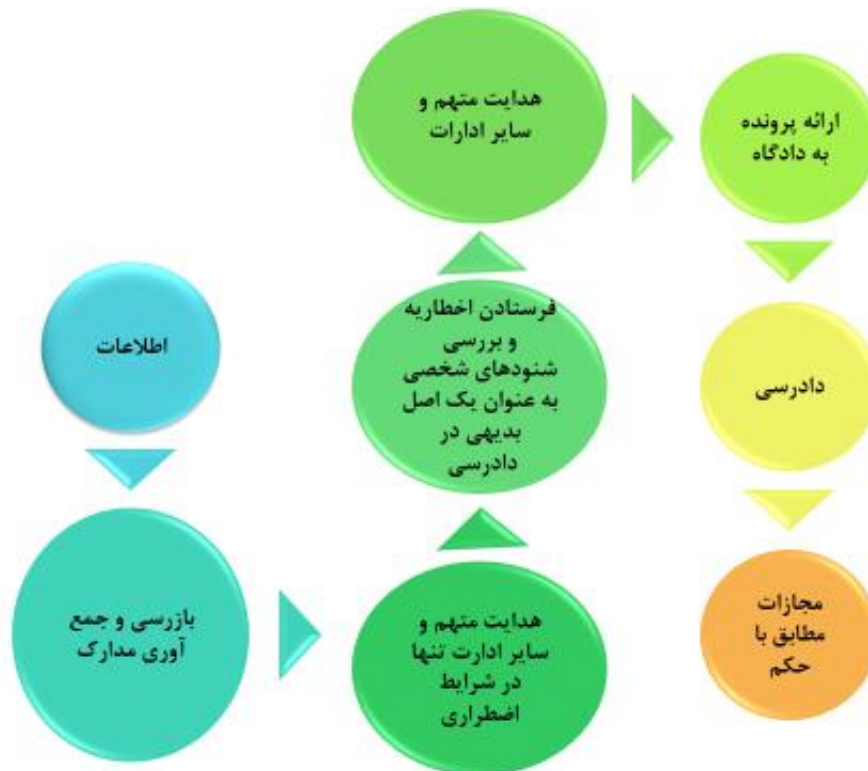
^۱ Gaoussou and Sebastien



شکل ۱-۲۱: روند مجازات در صورت بروز جرم

در مورد جرائم متداول مانند قتل، دزدی و خشونت، پلیس مدارک و شواهد را ضبط کرده و افراد مظنون را بازداشت می‌کند و اقدامات لازم را قبل از دادگاه به عمل می‌آورد. در سراسر جهان، اعمال مجازات درجه سه همچون آزار فیزیکی در حین بررسی جرائم متداول و وادار کردن فرد به قبول جرم، نسبتاً معمول است. در برخی موارد، مظنونین هنگام تحقیق یا پس از آن در درگیری کشته می‌شوند.

مظنونین جرائم زیست‌محیطی مرتبط با آلودگی/پسماند جامد زندانی نمی‌شوند. برای آن‌ها مجازات درجه سه یا کشته‌شدن در درگیری اتفاق نمی‌افتد. به مجرمان بر اساس اصول عدالت طبیعی فرصت کافی داده می‌شود. مجرمان اخطاریه‌ای جهت مطالبه استدلال‌هایی دریافت می‌کنند که بتواند به عدم اجرای حکم در مورد آن‌ها را بی‌انجامد. چنین اخطاریه‌هایی را "اخطاریه بیان دلایل" می‌نامند که زمان کافی برای اصلاح خطا یا ارائه دلایل را به مجرمان می‌دهد. علاوه بر اخطاریه، مجرمان جرائم محیط‌زیستی مرتبط با آلودگی/پسماند جامد به‌صورت شخصی از سوی مسئولین اجرایی نیز اخطاریه دریافت می‌کنند به‌جز موارد بسیار استثنائی (مانند آلودگی‌هایی که ممکن است انسان‌ها و محیط‌زیست را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده باشد).



شکل ۱-۲۲: روند مجازات در صورت ارتکاب جرم مرتبط با آلودگی/پسماند

۱-۱۰- چارچوب مدیریت پسماند جامد

در جهان تجارت که به شدت رقابتی است، چارچوب مدیریت پسماند جامد به میزان توسعه یافتگی کشور، نوع پسماند جامد و مقدار تولید آن بستگی دارد.

چارچوب مورد استفاده در مدیریت پسماند شهری به جمعیت منطقه شهری بستگی داشته و جمع آوری و حمل زباله با افزایش مساحت منطقه شهری، پیچیده تر می شود. صنایع و مؤسسات تجاری بزرگ اغلب برای بسیاری از زباله های تولیدی خود تمهیدات اختصاصی دارند. سازمان های محلی اغلب توانایی پذیرش زباله خطرناک، رادیواکتیو و عفونی را ندارند زیرا این نوع زباله به دفع در مرکز قرنطینه تأسیسات معمول دفع دارد.

اگر شهرها بدون داشتن برنامه ریزی مناسب گسترش پیدا کنند، مدیریت پسماند پیچیده تر خواهد شد. بسیاری از مجموعه های صنعتی در کشورهای در حال توسعه در دهه های گذشته در

حومه شهرها قرار داشتند، اما امروزه به دلیل گسترش محدوده‌های شهری در مرکز شهرها قرار گرفته‌اند که حمل‌ونقل زباله در مناطق مسکونی و تجاری پرجمعیت را دشوار می‌کند. سیستم مدیریت پسماند جامد متشکل از برخی از اقدامات زیر و یا تمام آن‌هاست:

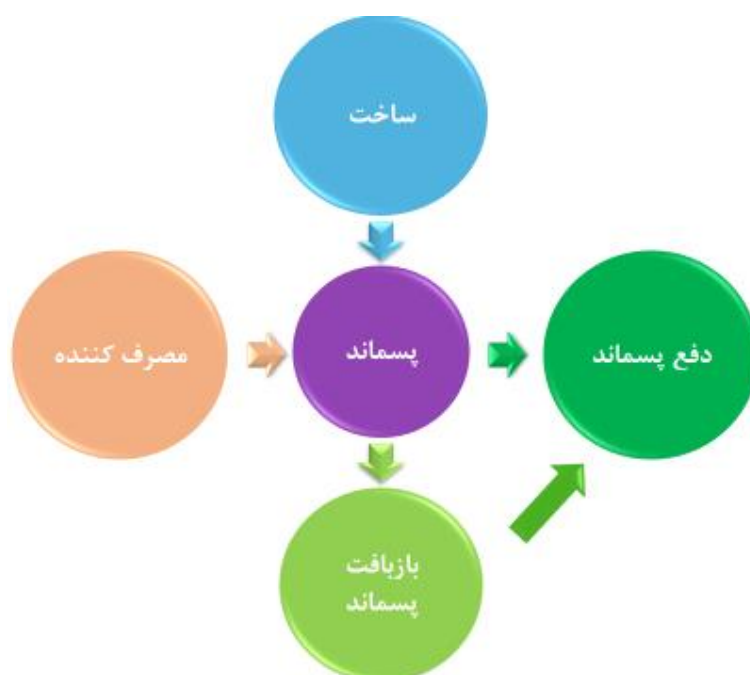
- تدوین سیاست‌ها.
- تدوین و اجرای قوانین.
- برنامه‌ریزی و ارزیابی اقدامات شامل تدوین طرح‌های مالی؛ درگیر کردن تجارتهای بخش خصوصی؛ تعریف آسیب‌های زیست‌محیطی و تدوین برنامه مدیریت محیط‌زیست؛ برآورد مسائل سلامت و ایمنی همراه با راه‌حل‌ها؛ و تعیین نرخ خدمات.
- جمع‌آوری، حمل‌ونقل، بهینه‌سازی، دفع زباله و بازاریابی برای مواد بازیافت شده.
- آموزش به اداره‌کنندگان سیستم مدیریت پسماند جامد.
- اطلاع‌رسانی به تمام گروه‌های ذینفع شامل تولیدکنندگان و مردم.
- ایجاد انگیزه.
- حفاظت از معیشت افرادی وابسته به مدیریت پسماند جامد.
- ایجاد آمادگی برای شرایط اضطراری.

جریان مواد در جامعه معمولاً مشابه تصویر ارائه‌شده در شکل ۱-۲۳ است. سلسله‌مراتب مدیریت پسماند در شکل ۱-۲۴ آمده است. تقلیل، بازیافت، حمل‌ونقل، و دفع توسط بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته جهت گسترش طرح مدیریت پسماند جامد اجرا می‌شود؛ اما همچنان اجتناب از تولید زباله باید شتاب بگیرد. اجتناب از تولید زباله می‌تواند با استفاده از ممنوعیت تولید موادی که با محیط‌زیست سازگار نیستند و یا برای جامعه مناسب نمی‌باشند، صورت بگیرد. نمونه‌هایی از این موارد عبارت‌اند از مواد روان‌گردان، سیگار، الکل، ترقه و غیره. این موارد در بسیاری از مناطق جهان ممنوع شده‌اند. ایالت گوجارات^۱ در هند فروش و مصرف الکل را کاملاً ممنوع کرده است. میزان بهره‌گیری از موارد جایگزین در هر جامعه به عوامل بی‌شماری مانند حمل‌ونقل، تراکم جمعیت، نقشه‌برداری، و قوانین زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی بستگی دارد (Sakai et al., 1996).

۱-۱۰-۱- عناصر سیستم مدیریت پسماند

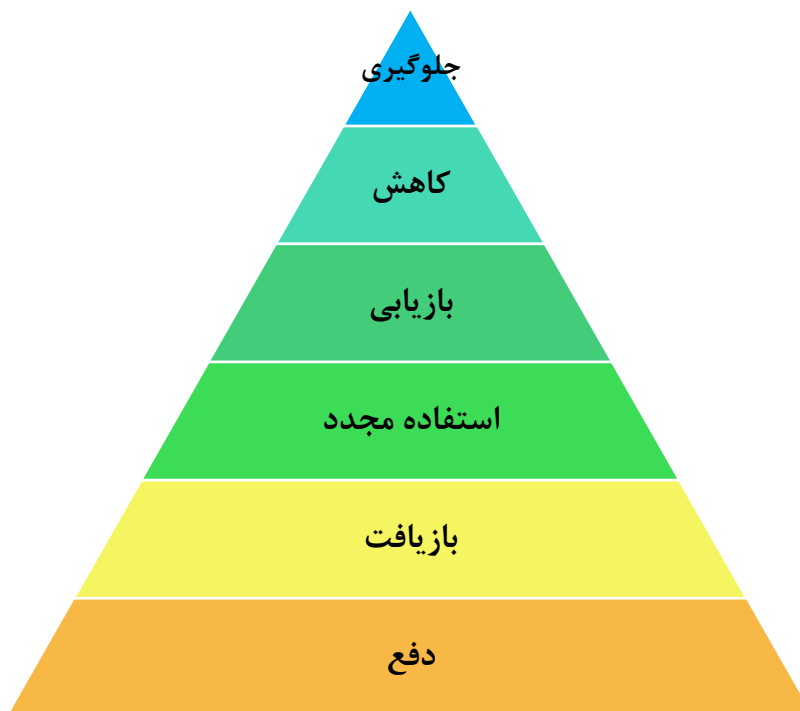
پایداری SWM به رابطه مناسب عناصر مرتبط به هم نیاز دارد. عناصر SWM عبارت‌اند از: (۱) سیاست، قانون و برنامه‌ریزی، (۲) رسیدگی به پسماند، (۳) آموزی، (۴) آگاهی، (۵) حفاظت از انگیزه‌های معیشت، (۶) آمادگی برای شرایط اضطراری.

^۱ Gujarat state



شکل ۱-۲۳: جریان مواد و تولید پسماند در جامعه

رابطه درونی بین این عناصر در شکل ۱-۲۵ نشان داده شده است. سیاست، قانون و برنامه ریزی، بخش‌های ضروری SWM هستند که بدون آن‌ها هیچ‌گونه شفافیتی بین گروه‌های ذینفع از لحاظ نقش‌ها و مسئولیت‌پذیری آن‌ها وجود نخواهد داشت. همان‌طوری که در تاریخچه توسعه SWM دیده می‌شود، مردم در غیاب قانون زباله را بدون تفکیک دفع می‌کنند. قوانین به‌تنهایی کارساز نیستند و به اجرای درست رسیدگی به زباله نیاز است که این امر مستلزم آموزش در هر دو جنبه اجرا و مدیریت می‌باشد. علاوه بر آموزش، تولیدکنندگان زباله نیاز به آگاهی گسترده در جهت تغییر روند خود دارند که این کار را می‌توان با استفاده از پوستر، بروشور، تبلیغات در رسانه‌های جمعی همچون اینترنت/رادیو/روزنامه/تلویزیون و غیره انجام داد.

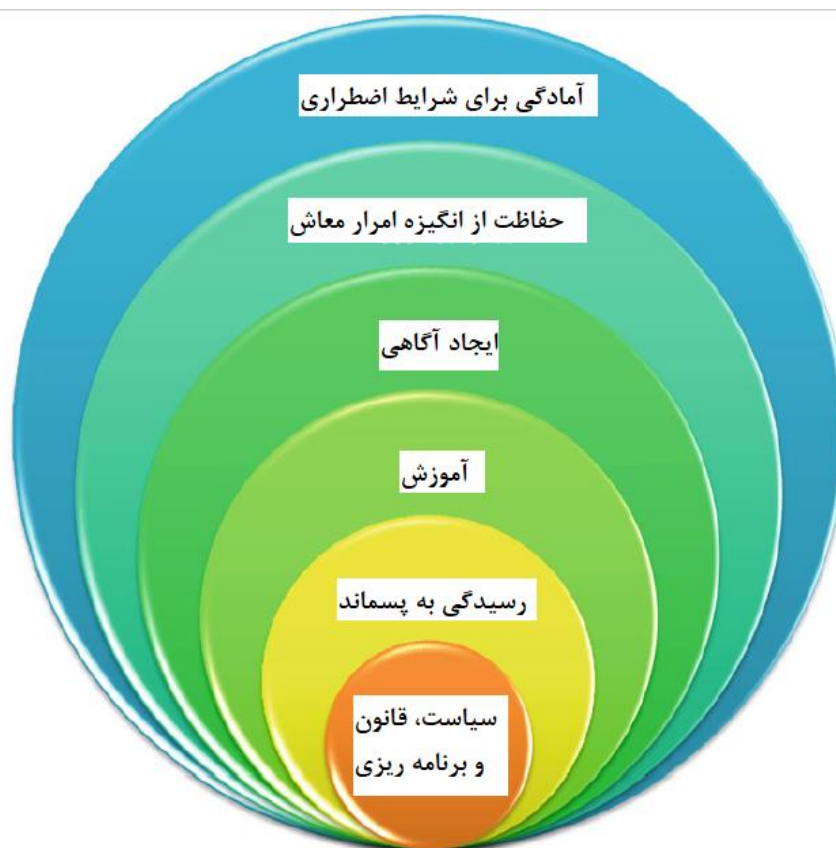


شکل ۱-۲۴: سلسله مراتب مدیریت پسماند

مشاهده شده است که در بسیاری از کشورها معیشت یک الی دو درصد از جمعیت شهری به پسماند جامد وابسته است. ضروری است که سیاست‌های جدید، معیشت افراد وابسته به پسماند را در نظر بگیرند. در نهایت بیشتر برنامه‌های SWM، ایمنی و ایجاد آمادگی برای شرایط اضطراری را نادیده می‌گیرند که منجر به آسیب دیدن و یا مرگ کارکنان مدیریت پسماند و عموم مردم می‌شود.

۱-۱۰-۲- گروه‌های ذینفع

مدیریت پسماند جامد یک فعالیت بحرانی با تعداد محدود سهام‌دار نمی‌باشد. این مدیریت تقریباً دربرگیرنده تمام افراد در سراسر جهان و سازمان‌ها در تمام بخش‌ها است. شکل ۱-۲۶ طبقه‌بندی سهام‌داران در مدیریت پسماند جامد را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲۵: عوامل مدیریت پسماند

سهام‌داران در سطح ملی شامل این عوامل هستند: (۱) تولیدکنندگان زباله، (۲) نهادهای محلی، (۳) سازمان‌های خصوصی رسیدگی به زباله، (۴) کارمندان نهادهای محلی و سازمان‌های خصوصی رسیدگی به زباله، (۵) دولت محلی، منطقه‌ای، ملی، (۶) سازمان‌های غیردولتی (NGOs)، (۷) سازمان‌های جامعه‌محور، (۸) صنایع تولیدکننده زباله، (۹) صنایع بازیافت، (۱۰) مؤسسات تجاری، (۱۱) جمع‌آوری‌کنندگان زباله، (۱۲) معامله‌کنندگان اشیاء قراضه، (۱۳) مشاوران، (۱۴) مؤسسات مالی، (۱۵) رسانه، (۱۶) شهروندان، (۱۷) گروه‌های خودیار (SHG)،^۲ (۱۸) سازمان‌های پردازش و دفع زباله.

^۱ Non Government Organisation

^۲ Self Help Groups

سهام‌داران در سطح جهانی شامل این عوامل هستند: (۱) سازمان‌های بین‌المللی، (۲) نهادهای بین‌المللی اهداکننده و وام‌دهنده، (۳) شرکت‌های بین‌المللی رسیدگی به زباله، (۴) سازمان‌های غیردولتی بین‌المللی (NGOs)، (۵) معامله‌کنندگان اشیاء قراضه، (۶) رسانه، (۷) مشاوران بین‌المللی.



شکل ۱-۲۶: طبقه‌بندی سرمایه‌گذاران در مدیریت پسماند جامد

۱-۱۱- مسائل مالی در مدیریت پسماند جامد

بر اساس آمار بانک جهانی، دولت‌های محلی آسیایی، سالیانه حدود ۲۵ میلیارد دلار آمریکا برای مدیریت پسماند جامد شهری هزینه می‌کنند. چنین برآوردی به‌وضوح ناکارآمد بودن سیستم اتخاذشده توسط دولت‌های محلی را در آسیا نشان می‌دهد.

مدیریت صحیح پسماند به بنیان مالی و اقتصادی مناسب نیاز دارد. خدمات مدیریت پسماند نیاز به منابع مالی جهت جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل، بهینه‌سازی و دفع دارد. این فعالیت‌ها همواره نیاز به منابع مالی دارند که بیشتر توسط دولت تأمین می‌شود. قوانین زیست‌محیطی، مستلزم سرمایه‌گذاری بیشتر از سوی صنایع و مؤسسات تجاری بزرگ جهت مدیریت صحیح پسماند تا دفع نهایی، هستند که توسط دولت کنترل می‌شود.

مخارج در سطح فردی و اجتماعی از طریق مالیات بر دارایی و عوارض وصول می‌شوند. علاوه بر این مبنای مالی، سازمان‌های محلی از دولت‌های منطقه‌ای و کشوری درخواست کمک می‌کنند که

ممکن است خود این دولت‌ها به دنبال درخواست کمک مالی از دولت ائتلافی یا نهادهای وام‌دهنده بین‌المللی باشند.

همانند دیگر تجارت‌ها، مدیریت پسماند جامد نیز مخارج و درآمد است. مخارج پسماند جامد عبارت‌اند از سرمایه‌گذاری‌های ثابت و عملیاتی.

سرمایه‌گذاری ثابت عبارت است از سرمایه‌گذاری بر: (۱) تجهیزات جمع‌آوری زباله، (۲) وسایل نقلیه حمل زباله، (۳) زمین برای تأسیسات دفع زباله، (۴) تجهیزات رسیدگی به زباله، (۵) ساختمان و لوازم اداری، (۶) زیرساخت‌ها همچون جاده، اتصال برق، تجهیزات کنترل آلودگی، منبع آب برای مکان‌های تخلیه و رسیدگی به زباله، (۷) کنترل ایمنی و محیط‌زیست.

هزینه‌های عملیاتی شمال مخارج محاسبه‌شده و محاسبه نشده در اسناد رسمی است. مخارج اصلی عبارت‌اند از: (۱) حقوق کارکنان عملیاتی و کارمندان اداری، (۲) مخارج ثابت، (۳) انرژی/سوخت، (۴) لوازم التحریر اداری، (۵) هزینه مکاتبات و ارتباطات، (۶) مواد شیمیایی و دیگر مواد مصرفی، (۷) آموزش، (۸) بیمه، (۹) هزینه‌های قانونی، (۱۰) هزینه‌های مشاوره/حسابداری/وکیل مدافع/حقوقی، (۱۱) نگهداری و تعمیر وسایل نقلیه، (۱۲) نگهداری و تعمیر تجهیزات، (۱۳) کمک به نهادهای دولتی، (۱۴) بودجه حزبی برای احزاب سیاسی، (۱۵) کمک مالی به انجمن‌های محلی برای نشان دادن حسن نیت، (۱۶) پرداخت هزینه به سازمان‌های دیگر که ممکن است عوامل اجرایی را تهدید کنند، (۱۷) تجهیزات ایمنی، (۱۸) کنترل زیست‌محیطی، (۱۹) سفرهای رسمی/پذیرایی از مشتریان/پذیرایی از مقامات دولتی، (۲۰) نوشیدنی و تنقلات برای گروه‌های ذینفع، (۲۱) کنترل سلامتی و واکسیناسیون کارمندان، (۲۲) هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده برای حوادث، (۲۳) بهره وام در صورت وام گرفتن.

درآمد از این روش‌ها حاصل می‌شود: (۱) هزینه‌های دریافتی از نهادها بابت جمع‌آوری، حمل‌ونقل، و تخلیه (۲) هزینه‌های دریافتی از تولیدکنندگان زباله بابت تحلیل و آنالیز، (۳) یارانه دریافتی، (۴) کمک مالی از دولت، یا نهادهای بین‌المللی و غیره، (۵) فروش مواد بازیافتی قابل استفاده مجدد.

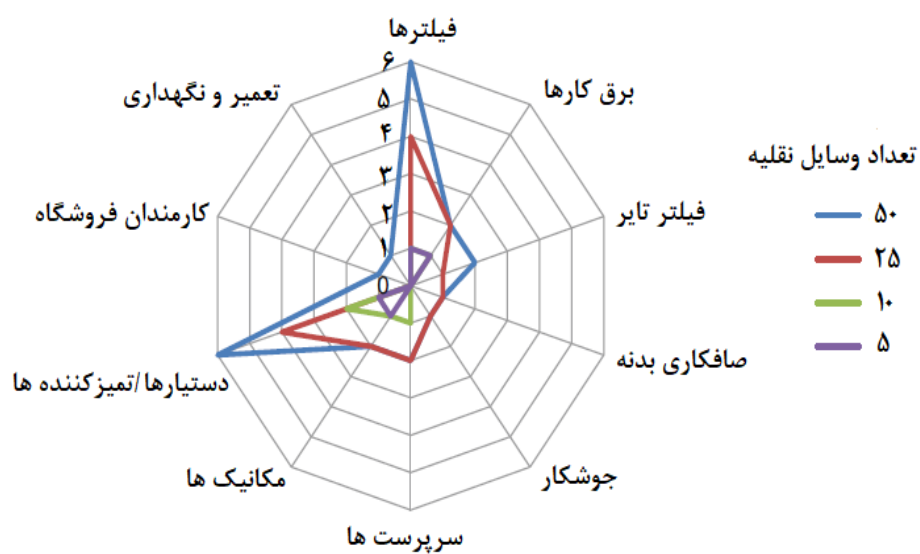
در سراسر جهان، مدیریت پسماند جامد شهری جزء وظایف شهرداری‌ها به شمار می‌آید؛ اما به دلیل کمبود سرمایه و منابع، نهادهای محلی اغلب موفق به انجام تعهدات خود نمی‌شوند و بخشی از مسئولیت‌ها را برون‌سپاری می‌کنند. عمده فعالیت‌های برون‌سپاری‌شده شامل جمع‌آوری، جارو کشی خیابان‌ها و حمل‌ونقل هستند؛ اما چنین برون‌سپاری‌هایی می‌توانند به دلیل فساد در سیستم، منجر به ناکارآمدی فرایند گردند که به تبع آن، ممکن است پیمانکاران مجبور به پرداخت رشوه‌های کلان به نهادهای دولتی شوند و در نتیجه خدمت‌رسانی مناسب ارائه نمی‌گردد تا هزینه صرف شده برای رشوه حاصله از فساد دستگاهی جبران شود.

حمل و نقل یکی از هزینه‌های مهم در مدیریت پسماند است. بر اساس CPHEEO (۲۰۰۰)، کارکنان مورد نیاز برای نگهداری از وسایل نقلیه، همان‌طوری که در شکل ۱-۲۷ نشان داده شده، متفاوت است. با توجه به شکل، هزینه‌های نگهداری بسته به وسایل نقلیه مستقر برای مدیریت پسماند جامد، متغیر است. چنانچه تعداد وسایل نقلیه ۵۰ عدد باشد، به کارکنان متخصص، کارکنان فروشگاه و مسئولین تعمیر و نگهداری نیاز خواهد بود. استقرار وسایل نقلیه بیشتر به کارکنان بیشتری نیاز خواهد داشت. همچنین به ۳۰٪ وسیله نقلیه بیشتر، به عنوان وسایل نقلیه آماده به کار نیاز است تا در صورت خرابی یا حادثه با وسایل نقلیه موجود جایگزین شوند.

اقتصاد پسماند جامد با بازیابی و بهبود جمع‌آوری سنتی زباله، سودآور خواهد بود. کپی برداری مدل‌ها از دیگر کشورها تنها باعث گران‌تر شدن مدیریت پسماند می‌شود. استفاده از وسایل نقلیه ساده برای جمع‌آوری زباله (همانند دوچرخه که در شکل ۱-۲۸ نشان داده شده است) نه تنها باعث کاهش هزینه می‌گردد، بلکه با محیط‌زیست سازگار بوده و باعث کاهش در تولید ترکیبات کربن دار می‌شود.

تقلیل ضایعات می‌تواند مزایای زیر را در برداشته باشد:

- درآمد بازیافت.
- افزایش سود.
- کاهش هزینه‌های مواد خام.
- کاهش هزینه‌های انرژی.
- افزایش کارایی تولید.
- و اجتناب از هزینه‌های اضافی.



شکل ۱-۲۷: کارمندان مورد نیاز برای تعمیر و نگهداری وسایل نقلیه



شکل ۱-۲۸: جمع آوری غیرماهرانه پسماند در برخی موارد اقتصادی و مؤثر است.

پیشرفته‌تر شدن تجهیزات پسماند جامد، مانند استفاده از ماشین‌های جارو کشی (شکل ۱-۲۹) باعث بیکاری و افزایش تقاضا برای سرمایه‌گذاری می‌شود. اگر کشتارگاه‌های موجود در مناطق مسکونی و تجاری (شکل ۱-۳۰) به درستی مدیریت نشوند، باعث شکل‌گیری خطرات بیشتری برای سلامت انسان خواهند شد و از این رو جابجایی این زباله‌های منبع عفونت، به احتیاط بیشتری نیاز خواهد داشت.

هر پروژه یا برنامه به شرطی موفقیت‌آمیز خواهد بود که از لحاظ مالی تأمین شود؛ اما سرمایه‌گذاری برای پسماند جامد نباید باری بر دوش ساکنان شهری یک کشور باشد. مسائل مالی باید به نحوی طراحی شوند که سیستم موجود با بهبود کارایی به روند خود ادامه دهد. مسائل مالی عامل اصلی مدیریت ضعیف پسماند در بسیاری از کشورها می‌باشند. برآوردها حاکی از آن است که مناطق شهری آسیا در سال ۲۰۲۵ حدود ۴۷ میلیارد دلار هزینه خواهند کرد. این مناطق، با وجود صرف چنین هزینه‌هایی هنوز هم با مشکل دفع زباله روبه‌رو خواهند بود.

بسیاری از برنامه‌های مدیریت پسماند جامد به تخلیه زباله در حومه شهرها ختم می‌شود که منجر به اثرگذاری بر محیط‌زیست می‌گردد. این عمل، به دلیل افزایش بیماری و در پی آن افزایش هزینه درمان و از دست دادن نیروی انسانی، بار مالی طولانی‌مدتی برای کشور به همراه خواهد داشت.



شکل ۱-۲۹: روش‌های حرفه‌ای جمع‌آوری پسماند مانند استفاده از ماشین‌های جاروب کننده ممکن است پرهزینه باشند و سبب از بین رفتن شغل‌های موجود شوند.



شکل ۱-۳: مکان‌هایی مانند کشتارگاه‌ها ممکن است تنها چند ساعت در روز فعالیت داشته باشند، اما پسماند آلوده زیادی تولید می‌کنند که نیاز به دفع مناسب دارد.

۱-۱۱-۱ سرمایه‌گذاری

مدیریت پسماند نیاز به سرمایه‌گذاری بر وسایل نقلیه و زیرساخت‌ها دارد که عمدتاً با ابزار زیر تأمین می‌شوند:

الف) کمک‌های مالی دولتی یا خارجی: کمک‌های مالی دولتی یا خارجی یکی از راه‌حل‌های مختلفی هستند که مسئولین محلی دفع زباله از آن‌ها استفاده می‌کنند. اشکال کمک‌های خارجی در این است که بیشتر این پول به‌عنوان قرض یا وام داده‌شده و از طریق مشاوران و تأمین‌کنندگان تجهیزات کشور وام‌دهنده منابع مالی به کشور مبدأ برگردانده می‌شود. در برخی از چنین مواردی، راه‌حل ارائه‌شده توسط مشاوران، ممکن است که منجر به تأمین اهداف نشود و تجهیزات به دلیل ناتوانی دریافت‌کننده‌های کمک مالی در نگهداری آن‌ها، بدون استفاده باقی بمانند. در گذشته، برخی از کمک‌های بین‌المللی همچون برنامه بهبود محیط‌زیست شهری (MEIP)^۱ بانک جهانی، برنامه شهرهای پایدار برنامه زیست‌محیطی سازمان ملل متحد (UNEP)^۲ و برنامه اسکان بشر سازمان ملل متحد

^۱ Metropolitan Environmental Improvement Programme

^۲ United Nations Environment Programme

(UN-Habitat)، و کمک آژانس توسعه بین‌المللی کانادا (CIDA)^۱ در برخی از شهرهای آسیای باعث بهبود مدیریت پسماند جامد شد (UN-Habitat, 2010a).

ب) مشوق‌ها: مشوق‌ها به شکل اعتبار یا معافیت مالیاتی برای تجهیزات، وسایل نقلیه وارداتی و غیره ارائه می‌شوند. مشوق‌ها می‌توانند به‌صورت یارانه، جایی که بخشی از هزینه/سرمایه‌گذاری توسط دولت تقبل می‌گردد نیز ارائه شوند.

ج) تأمین بودجه: سازمان‌های محلی شهرداری‌ها می‌توانند با در نظر گرفتن این مورد در بودجه سالیانه و بهبود آن از طریق افزایش مالیات محلی، تأمین بودجه کنند. صنایع و مؤسسات در طول مرحله برنامه‌ریزی صنعت/مؤسسه، می‌توانند این مورد را در نظر بگیرند که در نتیجه آن تمهیدات مالی در طول مرحله اولیه پروژه تنظیم می‌شود.

۱-۱۱-۲- بهره‌برداری و نگهداری

برای جمع‌آوری و دفع زباله بدون آسیب رسیدن به افراد و محیط‌زیست، سرمایه‌گذاری کافی نیست. سرمایه موردنیاز برای بهره‌برداری و نگهداری را می‌توان با استفاده از ابزارهای زیر به دست آورد:

الف) هزینه‌های کاربر و یا پایان زباله: این هزینه‌ها بر اساس مقدار تولید زباله می‌باشد. کانبرا، توکیو و سئول طرح شارژ سطل‌های کنار خیابان‌ها را با موفقیت اجرا کردند.

ب) هزینه‌های دفع زباله: این هزینه‌ها برای دفع زباله در زمین‌های تخلیه، محل‌های دفن زباله، کوره‌های زباله‌سوز و یا دیگر تأسیسات پرداخت می‌شوند. برخی از کشورها مانند استرالیا، ژاپن و سنگاپور، چنین طرح‌هایی را با موفقیت اجرا کرده‌اند. متصدیان خصوصی در صورت قبول مسئولیت حمل زباله، هزینه آن را نیز دریافت می‌کنند.

ج) سیستم سپرده-بازپرداخت (DRS)^۲: در این سیستم، مصرف‌کننده در هنگام خرید یک جنس باید مبلغی را به‌صورت مازاد پرداخت کند که معمولاً مشمول قیمت کالا است. سپس زمانیکه زباله حاصل مانند بطری یا قوطی خالی به فروشنده یا مرکز مجاز بازپشت/استفاده مجدد تحویل داده شود، آن مبلغ مازاد به مصرف‌کننده بازگردانده می‌شود. بازپرداخت مبلغ مازاد بطری شیشه‌ای در استرالیا بین ۱۰ الی ۱۵٪ از قیمت آن است. در اکثر موارد، باوجود چنین بازپرداختی، مصرف‌کنندگان این زباله‌ها را بیرون می‌اندازند و زباله جمع‌کن‌ها آن‌ها را جمع‌آوری کرده و می‌فروشند.

^۱ Canadian International Development Agency

^۲ Deposit-Refund System

(د) **بازدارنده‌ها:** بازدارنده‌ها روش‌هایی برای جلوگیری از ریختن زباله در محیط‌زیست هستند. در این حالت، مزایای مالیاتی برای افراد/سازمان‌ها در نظر گرفته می‌شود که به خوبی زباله را دفع می‌کنند و برای آن‌هایی که اصلاً دفع را انجام نمی‌دهند، مالیات اضافی اعمال می‌شود.

(ح) **جریمه آلودگی:** این نوع جریمه از افرادی دریافت می‌شود که همواره زباله را به نحوی دفع می‌کنند که باعث آسیب رسیدن به محیط‌زیست و مزاحمت برای سایرین می‌گردد.

جدول ۱-۲: ارتباط سطح درآمد و میزان تولید پسماند

میزان تولید پسماند (کیلوگرم/فرد/روز)	مثال	سطح درآمد
۰/۰۱-۰	زباله جمع‌کن‌ها، تکدی‌گران، کارگران کشاورزی	درآمد کمتر از میزان لازم برای تأمین خوراک خانواده.
۰/۱-۰	کارگران کشاورزی، کارآفرینان کوچک	درآمد مکفی برای تأمین خوراک خانواده
۰/۵-۰/۱	خدمتکاران خانگی، کارگران در بخش‌های غیردولتی	درآمد متجاوز بر میزان لازم برای تأمین خوراک و اندکی برای تأمین پوشاک.
۱/۰-۰/۵	کارگران رستوران‌ها و بخش‌های غیردولتی	درآمد متجاوز بر میزان لازم برای تأمین خوراک و اندکی برای تأمین پوشاک و هزینه‌های درمانی.
۵/۰-۱/۰	کشاورزان دارای زمین‌های کوچک، ماهیگیران	درآمد متجاوز بر میزان لازم برای تأمین خوراک و اندکی برای تأمین پوشاک و نیز هزینه‌های درمانی، خانه ارزان و نیز هزینه‌های استفاده از وسایل نقلیه عمومی.
۱۰/۰-۵/۰	افراد شاغل در بخش‌های دولتی	داشتن استطاعت مالی برای تأمین خانه، رفت‌وآمد خصوصی، مصرف مناسب و داشتن پس‌انداز کافی، مسافرت به مکان‌های دور به صورت چند بار در سال.
۲۰/۰-۱۰/۰	کارآفرینان و ورزشکاران	داشتن استطاعت مالی برای تأمین خانه، رفت‌وآمد شخصی، مصرف مناسب و داشتن پس‌انداز کافی، مسافرت به مکان‌های نزدیک به صورت

بیش از ۲۰	کارآفرینان دارای درآمد بالا، سیاستمداران، ورزشکاران، هنرپیشگان	چند بار در ماه برای تفریح و یا یک الی دو بار در ماه به مکان‌های دور برای تفریح یا کار. دارای مالکیت خانه در بیش از یک مکان/کشور، رفت‌وآمد شخصی، مصرف و نیز پس‌انداز بالا، مسافرت‌های پرهزینه در هر هفته.
-----------	--	--

۱-۱۲- میزان تولید زباله: غنی در برابر فقیر

تولید زباله می‌تواند با شاخص رفاه، مصرف انرژی و مصرف نهایی در ارتباط باشد (Bringemer & crutzen, 1987; Rathje et al., 1992a; Richards, 1989; Mertins et al., 1999; US EPA, 1999; Bogner & Matthews, 2003; OECD, 2004). در چند سال اخیر، مدیریت پسماند جامد در سراسر جهان شامل سبک-سنگین کردن‌های پیچیده و چندوجهی است و دسترسی به ابزار اقتصادی، جایگزین‌های تکنولوژیک و چارچوب‌های قانونی به تأثیرات زیست‌محیطی، اقتصادی و قانونی متعددی بر مدیریت پسماند شده است که نه تنها تحلیل خط‌مشی را پیچیده می‌کند بلکه مدل توسعه پایدار جهانی را نیز تغییر می‌دهد. همان‌طوری که در جدول ۱-۲ آمده است، بسیاری از زباله‌ها در سراسر جهان توسط افراد ثروتمند تولید می‌شوند؛ اما در نهایت تمام افراد جهان در تولید آن نقش و تأثیر دارند.



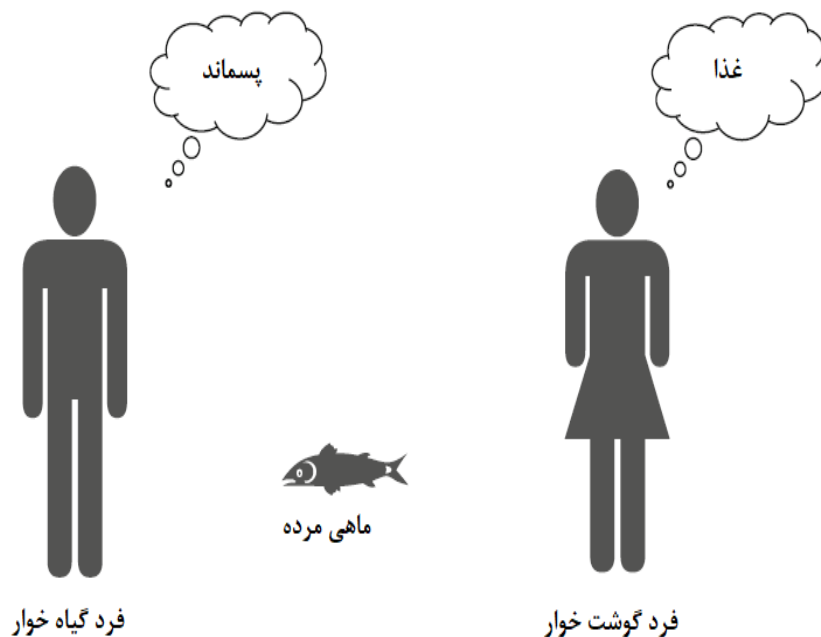
شکل ۱-۳۱: مدیریت پسماند نباید تنها شامل زدودن زباله از ناحیه‌های شهری باشد، بلکه پسماند باید در مکان‌های دفع پسماند به صورت ایمن دفن شود.

۱-۱۳- روان‌شناسی و تولید زباله

تخلیه زباله‌ها در خیابان‌ها که تا دو نسل قبل در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته جدید انجام می‌شد، امروزه در بسیاری از کشورهای در حال توسعه نیز صورت می‌گیرد (شکل ۱-۳۱). بر اساس مطالعات جان (۲۰۰۸) ذهن ناخودآگاه یک استثنا نیست بلکه یک قاعده است. همان‌طوری که در شکل (۱-۳۲) نشان داده شده است، یک شیء توسط دو فرد با دو طرز فکر مختلف، به صورت متفاوت دیده می‌شود و افراد سریع تصمیم گرفته و چیزی را که ذهن ناخودآگاه آن‌ها زباله تشخیص داده است، دور می‌ریزند. روان‌شناسی و طرز فکر افراد، از محلی به محل دیگر، از مذهبی به مذهب دیگر و از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. در بسیاری از ملل در حال توسعه، مردم از ریختن زباله در سطل‌های آشغال خودداری می‌کنند و ریختن آن در خیابان و تولید زباله برای آن‌ها امری عادی است. از سوی دیگر در میان مردم کشورهای توسعه‌یافته، ریختن زباله در خارج از سطل‌های آشغال عملی غیرمتمدانه تلقی می‌شود. چنین طرز فکری نتیجه طولانی‌مدت اجرای صحیح قوانین در کشورهای توسعه‌یافته و ثبت نگرش در ذهن ناخودآگاه است.

بر اساس بررسی مدل کردن معادلات ساختاری کاربردی مشاهده شد که فاکتورهای بسیاری همچون نگرانی برای جامعه، خودکارآمدی، هنجارهای اخلاقی، نگرش، عامل وضعیت، و دانش درباره آسیب‌های زیست‌محیطی بر چگونگی بازیافت زباله خانگی تأثیر می‌گذارد (Zhongjun, 2010). برخی از مطالعات بیان کردند که افراد جوان و به‌خوبی آموزش‌دیده، بیشترین توجه را به محیط‌زیست نشان می‌دهند (Buttel & Flinn, 1974-1978).

تحقیق قابل‌توجهی در زمینه بررسی رفتار بازیافتی افراد انجام‌شده است (Coggins, 1994; McDonald & Ball, 1998; Schultz et al., 1995; Thøgersen, 1994, 1996; Tucker, 1998 - 1999). نظریه‌پردازان متعددی، فرض کرده‌اند که ذهن خودآگاه از رفتار ما نشأت نمی‌گیرد؛ اما آن‌ها معتقدند که تمایل به عمل به‌صورت ناخودآگاه برانگیخته‌شده و هوشیاری مانند دربان و حسگر ساز در پی حقیقت، عمل می‌کند (Gazzaniga, 1985; James, 1890; Libet, 1986; Wegner, 2002).



شکل ۱-۳۲: برخی از کالاها به‌صورت متفاوتی توسط اذهان ناآگاه افراد شناسایی می‌شوند.

منابع

- Ace disposal (2011) http://www.acedisposal.com/history/history_garbage.aspx. Last Accessed on 16 May 2011.
- Adewale O (1996) Legal aspects of waste management in the petroleum industry. In: Aina EOA, Adedipe NO (eds) The petroleum industry & the environmental impact in Nigeria. FEPA monograph series no. 5 Federal Environmental Protection Agency, Abuja, pp 210–220.
- African Development Bank (2002) Study on solid waste management options for Africa, Project Report, Final Draft Version.
- Ajomo MA (1992) Legal & institutional issues of environmental management. In: Environmental consciousness for Nigerian national development, FEPA monograph series no. 3, Federal Environmental Protection Agency, Lagos, pp 213–230.
- Alice Hall (2008) Plague in London, A case study of the biological & social pressures exerted by 300 years of *Yersinia pestis*. Thesis on Master of Arts in History of Science, Oregon State University.
- Ana P, Graça M, Ni-Bin C (2010) Solid waste management in European countries: a review of systems analysis techniques. *J Environ Manage* 92(2011):1033–1050.
- &rew S (1993) The most solitary of afflictions. *Madness & society in Britain, 1700–1900*. Yale University Press, New Haven & London, pp 26–33.
- BAN (2010) (Basel Action Network) What is the basel convention? Available online at. http://www.ban.org/main/about_basel_conv.html. (Accessed on 21 Dec 2010).
- Bargh JA, Morsella E (2008) The unconscious mind. *Perspect Psychological Sci* 3(1):73–79.
- Beede DN, Bloom DE (1995) The economics of municipal solid waste. *World Bank Res Observer* 10(2):113–150.
- Bfi-salinas (2011). http://www.bfi-salinas.com/kids_trash_timeline-printer.cfm (down loaded on 23 April 2011).
- Bilitewski BB, Hardtle G, Marek K (1997) Waste management. Springer, Berlin.
- Bingemer HG, Crutzen PJ (1987) The production of CH₄ from solid wastes. *J Geophys Res* 92(D2):2182–2187.
- Blumberg L, Gottlieb J (1989) War on waste. Isl& Press, Washington
- Waste Food Vegetarian Non-vegetarian Dead fish Fig. 1.32 Same

- object can be identified differently by unconscious mind of individual persons 42 1 Introduction.
- Bogner J, Matthews E (2003) Global methane emissions from l&fills: new methodology & annual estimates 1980–1996. *Global Biogeochem Cycles* 17:34–1–34-18.
- Bogner J, Abdelrafie AM, Diaz C, Faaij A, Gao Q, Hashimoto S, Mareckova K, Pipatti R, Zhang T (2007) Waste management, in climate change, mitigation. In: Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA (eds) Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom & New York, USA.
- Buttel FH, Flinn WL (1974) The structure of support for the environmental movement, 1968–1970. *Rural Sociology* 39:56–69.
- Buttel FH, Flinn WL (1978) Social class & mass environmental beliefs: a reconsideration. *Environ Behav* 10:433–450.
- Cal Recovery Systems Inc., Norconsult AS & Engineering-Science (1982) Metro Manila solid waste management study—Review of existing conditions.
- Ch&rappa R, Gupta S, Kilshrestha UC (2011) Coping with climate change. Springer, Berlin.
- Cheremisinoff NP (2003) H&book of solid waste management & waste minimization technologies. Butterworth-Heinemann, London.
- Coggins PC (1994) Who is the recycler? *J Waste Manage Resour Recovery* 1(2):69–75.
- CPHEEO (Central Public Health & Environmental Engineering Organisation) (2000) Manual on municipal solid waste management, Ministry of Urban Development, Government of India. CSIR (Council for Scientific & Industrial Research) South Africa (2000) Guidelines for human settlement waste planning & design vol II.
- Franchetti MJ (2009) Solid waste analysis & minimization a systems approach. The McGraw-Hill Companies, Inc, New York.
- Franklin Associate Ltd (1998) Characterization of municipal solid waste in the United States, 1997 Edition. By Kansas, USA. Sponsored by Franklin Associate, Ltd., the U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste, Washington DC, USA. Report No. EPA530-R-98-007. May 1998.

- Gaoussou D, Sebastien M (2011) Environmental compliance, corruption & governance: theory & evidence on forest stock in developing countries, Centre d'Etudes et de Recherches sur le Développement International, Etudes et Documents, E 2011.01. <http://www.cerdi.org/uploads/ed/2011/2011.01.pdf> downloaded on 19 Nov 2011.
- Garbutt J (1995) Waste management law: a practical handbook, 2nd edn. Wiley, NY 247.
- Gazzaniga M (1985) The social brain. Basic Books, New York.
- Hyunmyung Y, Yong-Chul J (2006) The practice & challenges of electronic waste recycling in Korea with emphasis on extended producer responsibility (EPR). In: Electronics & the environment, 2006. proceedings of the 2006 IEEE international symposium on, pp 326–330.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2000) Emissions scenarios. In: Nakicenovic N, Swart R (eds) Special report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, p 570.
- Jacqueline V (2009) Waste management: a reference handbook, ABC-CLIO.
- James W (1890) Principles of psychology, vol 2. Holt, New York.
- Keep America Beautiful Inc (1996) An overview of integrated waste management. Stamford, CT: Keep America Beautiful, Inc.
- Kelly K (1973) Garbage: the history & future of Garbage in America. Saturday Review Press, New York.
- Libet B (1986) Unconscious cerebral initiative & the role of conscious will in voluntary action. Behav Brain Sci 8:529–566.
- Lieberman JL (1994) A practical guide for hazardous waste management, administration & compliance. CRC Press, Lewis Publishers, Boca Raton, p 239.
- Liechti D, Finlay A (2008) e-Waste assessment South Africa. EMPA—Swiss Federal Laboratories for Materials Testing & Research, Switzerland. Available from. <http://ewasteguide.info/> Finlay_2008_eWASA.
- Margaret Walls (2006) Extended producer responsibility & product design, economic theory & selected case studies, Discussion Paper, Resource for the future References 43.
- McDonald S, Ball R (1998) Public participation in plastics recycling schemes. Resour Conserv Recycl 22:123–141.

- Melosi MV (1981) Garbage in the cities. College Station. Texas A & M Press, Texas.
- Mertins L, Vinolas C, Bargallo A, Sommer G, Renau J (1999) Development & application of waste factors—An overview. Technical Report No. 37, European Environment Agency, Copenhagen.
- Monni S, Pipatti R, Lehtilä A, Savolainen I, Syri S (2006) Global climate change mitigation scenarios for solid waste management. Espoo, Technical Research Centre of Finl&. VTT Publications, No. 603, pp 51.
- Mureithi M, Waema T (2008) E-waste management in Kenya. Kenya ICT Action Network (KICTANet), Kenya. Available from. http://ewasteguide.info/Waema_2008_KICTANet.
- NEA (National Environmental Agency) (2009) Solid waste management. (<http://app2.nea.gov.sg/index.aspx>) as sighted in Khoo HH et al., Food waste conversion options in Singapore: Environmental impacts based on an LCA perspective, Sci Total Environ (2009) doi:10.1016/j.scitotenv.2009.10.072.
- NEP (Natural Edge Project) (2006) E-Waste curriculum development project. Phase 1: Literature Review. The Natural Edge Project. Available from. <http://www.naturaledgeproject.net/default.aspx> down loaded on 22 Nov 2011.
- OECD (2004) Towards waste prevention performance indicators. OECD Environment directorate. Working group on waste prevention & recycling & working group on environmental information & outlooks. p 197.
- Onibokun AG, Kumuyi AJ (1999) Governance & waste management in Africa. In: Onibokun AG (ed) Managing the monster: urban waste & governance in Africa. International Development Research Center, Ottawa, pp 1–10.
- Pappu A, Saxena M, Asolekar SR (2007) Solid wastes generation in India & their recycling potential in building materials. Build Environ 42:2311–2320.
- Pichtel J (2005) Waste management practices municipal, hazardous, & industrial. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton
- Priestley JJ (1968) Civilisation, water & wastes. Chemistry & industry pp 353–363.
- Ram0on L, Siddhartha M (2000) Corruption pollution, & the Kuznets environment curve. J Environ Econ Manage 40:137–150.

- Rathje WL (1990) The history of garbage, *Garbage—The practical journal for the environment*, Special issue, pp 32–39.
- Rathje WL, Hughes WW, Wilson DC, Tani MK, Archer GH, Hunt RG, Jones TW (1992) The archaeology of contemporary l&fills. *Am Antiq* 57(3):437–447.
- Rawlinson J et al (1958) A brief history of waste management. In: Singer C (ed) *A history of technology*, vol IV. Clarendon Press, Oxford.
- Richards K (1989) L&fill gas: working with Gaia. *Biodeterior Abstracts* 3(4):317–33.1
- Safiuddin MD, Mohd Zamin J, Salam MA, Islam MS, Hashim R (2010) Utilization of solid wastes in construction materials. *Int J Phys Sci* 5(13):1952–1963.
- Sakai S, Sawell SE, Ch&ler AJ, Eighmy TT, Kosson DS, Vehlow J, van der Sloot HA, Hartlen J, Hjelmar O (1996) World trends in municipal solid waste management. *Waste Manage* 16:341.
- Schultz PW, Oskamp S, Mainieri T (1995) Who recycles & when? A review of personal & situational factors. *J Environ Psychology* 15:105–121.
- Sheehan B, Spiegelman H (2010) Climate change, peak oil, & the End of Waste. Post Carbon Institute.
- Shinkuma T, Huong NTM (2009) The flow of E-waste material in the Asian region & a reconsideration of international trade policies on E-waste. *Environ Impact Assess Rev* 29(1):25–31.
- Shukla GP (2011) *The Hindu*, 25 Sept 2011, p 6.
- St-&rews NA (2011) Source: http://www.st-&rews.ac.uk/*waste/timeline/t-6.html. (Downloaded on 23 Apr 2011) 44 1 Introduction.
- Suocheng D, Tong KW, Yuping W (2001) Municipal solid waste management in China: using. Commercial management to solve a growing problem. *Utilities Policy* 10:7–11.
- Thogersen J (1994) A model of recycling behaviour with evidence from Danish source separation programmes. *J Res Marketing* 11(1):145–163.
- Thogersen J (1996) Recycling & morality: a critical review of the literature. *Environ Behav* 28(4):536–558.
- Thom S (2011) *The Hindu*, 25 Sept 2011, p 13.
- Thomas B (2009) Plague into the 21st Century. *Clin Infect Dis* 49:736–742.

- Tim C (2009) Recycling modernity: towards an environmental history of waste, compass interdisciplinary virtual conference -19–30 Oct 2009.
- Tucker P (1999) A survey of attitudes & barriers to Kerbs ide recycling. *Environ Waste Manage* 2(1):55–63.
- Tucker P, Lamont J, Murray G (1998) Predicting recycling scheme performance: a process simulation approach. *J Environ Manage* 53:31–48.
- UNEP (2004) Waste management planning an environmentally sound approach for sustainable urban waste management an introductory guide for decision-makers.
- UNEP (2007) Global environment outlook summary for decision makers
- UN-Habitat (2010) Solid waste management in the world's cities water & sanitation in the world's cities 2010.
- US EPA (1999) National source reduction characterization report for municipal solid waste in the United States. EPA 530R-99-034, Office of solid waste & emergency response, Washington.
- USEPA (2008) Municipal solid waste generation, recycling & disposal in the United States, Facts & Figures for 2007, EPA-530-R-08-0 10.
- Velis Costas A, Wilson DC, Cheeseman CR (2009) 19th century London dust-yards: a case study in closed-loop resource efficiency. *Waste Manage* 29(4):1282–1290. doi:10.1016/j.wasman.2008.10.018.
- Vesilind PA, Worrell W, Reinhart D (2002) Solid waste engineering. Brooks/Cole, Pacific Grove
- Wasteonline (2011) <http://dl.dropbox.com/u/21130258/resources/information sheets/historyofwaste.htm>. Downloaded on 14 June 2011.
- Wegner DM (2002) The illusion of conscious will. MIT Press, Cambridge
- Wikipedia (2011) http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_waste_management. Downloaded on 23 Apr 2011
- Wilson DG (1977) *H&book of solid waste management*. Van Nostr& Reinhold Company, New York.
- Wilson DG (1986) *History of solid waste management, in the solid waste h&book: a Practical Guide*. Wiley, New York.
- World Bank (1999) *What a waste. Solid waste management in Asia*.
- Xiao Y, Bai X, Ouyang Z, Zheng H, Xing F (2007) The composition, trend & impact of urban solid waste in Beijing. *Environ Monit Assess*. doi:10.1007/s10661-007-9708-0.

- Yoshizawa S, Tanaka M, Shekdar AV (2004) Global trends in waste generation recycling, waste treatment & clean technology. TMS Mineral, Metals & Materials Publishers, Spain, pp 1541–1552.
- Zhang B, Kimura F (2006) Network based evaluation framework for EEE to comply with environment regulations. In: Mechatronics & automation, proceedings of the 2006 IEEE international conference on, pp 797–802.
- Zhongjun T, Xiaohong C, Jianghong L (2010) Determining socio-psychological drivers for rural household recycling behavior in developing countries: a case study from Wugan, Hunan, China, Environment & Behavior. doi:10.1177/0013916510375681 Sept 11, 2010.
- Zhu D, Asnani PU, Zurbrügg C, Anapolsky S, Mani S (2008) Improving municipal solid waste management in India—A sourcebook for policy makers & practitioners, The World Bank.

فصل دوم

مقادیر و ویژگی‌های زبانه

مدیریت پسماند یکی از خدمات مهم است که توسط بسیاری از مقامات شهری فراهم می‌گردد. پسماند جامد نیاز به طبقه‌بندی از لحاظ منابع، نرخ تولید، نوع زباله تولیدی و ترکیبات آن دارد تا سیستم‌های مدیریت پسماند متداول را نظارت و کنترل کنند و هم‌زمان با این امر سیستم موجود بهبود یابد. این داده‌ها به تصمیم‌گیری در زمینه‌های مالی، قانونی و سازمانی کمک می‌کنند؛ اما انفجار جمعیت و اختراع مواد جدید باعث تغییر روزانه مقادیر و ویژگی‌ها می‌شود. بر اساس تخمین محافظه‌کارانه انجام‌شده توسط بانک جهانی در سال ۱۹۹۹، پسماند جامد شهری (MSW) مناطق شهری آسیا از ۷۶۰۰۰ تن/روز در سال ۱۹۹۹ به ۱/۸ میلیون تن/روز در سال ۲۰۲۵ افزایش می‌یابد. با افزایش درآمد در کشورهای آسیایی، مدیریت پسماند جامد در روزهای پیش رو در این قاره چالش‌برانگیزتر می‌شود.

محصولات جدید پیچیده شده در مواد بسته‌بندی نو، استانداردها و انتظارات نوین زندگی، تغییر درآمد و سبک زندگی افراد مرفه باعث افزایش مقدار جهانی زباله شده است؛ اما همان‌طور که در بخش‌های بعدی شرح داده خواهد شد، سرانه مقدار زباله پس از رسیدن به یک مقدار بیشینه‌ای که مختص آن کشور یا منطقه است، شروع به کاهش خواهد کرد. این امر می‌تواند به دلیل تغییر در تکنولوژی که باعث کاهش تولید زباله می‌شود، یا تغییر در نوع زندگی افراد، تغییر در قدرت خرید و یا کاهش تقاضا برای کالا باشد. آمریکا، که حداکثر اتومبیل در هر هزار نفر در جهان را دارد، در مقایسه با هندوستان و چین، جایگاه مردم اشتیاق بیشتری برای داشتن خودروی شخصی دارند، ماشین کمتری تولید خواهد کرد و در نتیجه ضایعات کمتری در تولید خودرو خواهد داشت.

MSW شامل زباله تولید شده در خدمات تجاری، خانگی، صنعتی، سازمانی، تخریب، ساخت‌وساز و شهری است؛ اما داده‌های مربوط به MSW در تحقیقات انجام‌شده در خصوص زباله بسیار متفاوت هستند. معمولاً تصمیمات مدیریت پسماند بر اساس زباله خانگی گرفته می‌شوند که بخش کوچکی از جریان کل زباله را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این، فعالیت‌های صنعتی و تجاری اطلاعات را مخفی می‌کنند تا از تعهدات قانونی فرار کنند.

۲-۱- منابع پسماند جامد

منابع پسماند جامد می‌توانند مناطق شهری یا روستایی باشند. زباله‌های تولیدشده در مناطق روستایی اغلب غنی از مواد آلی بوده و به راحتی قابل تجزیه هستند درحالی‌که ویژگی زباله‌های شهری با فرهنگ و رسوم جامعه مشخص می‌شود.

کشورهای مختلف طبقه‌بندی‌های متفاوتی برای الزامات قانونی دارند. به عنوان مثال، پسماند جامد در سنگاپور به سه دسته عمده طبقه‌بندی می‌شود (قانون ۱۹۹۰): (۱) زباله خانگی (پسماند

جامد تولیدشده در بازارها، مراکز غذا، منازل، ساختمان های تجاری و غیره) ۲) زباله صنعتی (شامل زباله خطرناک و سمی نمی شود که به تصفیه، رسیدگی و دفع خاص نیاز دارد) ۳) زباله سازمانی (پسماند جامد ادارات دولتی، مدارس، بیمارستان ها، مؤسسات تفریحی و غیره).

شکل ۱-۲ برخی منابع عمده پسماند جامد را نشان می دهد. صنایع اغلب در چالش برای افزایش سود و کاهش زباله هستند. بخش ساخت باعث تولید MSW در ادارات و غذاهای و نیز تولید ضایعات صنعتی در فعالیتهای ساخت می شود که برخی از آنها خطرناک هستند. کارگاههای کوچک گسترش یافته در مناطق شهری/روستایی و بزرگراهها زباله شهری و نیز زباله خطرناک تولید می کنند که نیازمند تصفیه و دفع متفاوت هستند. تعداد مؤسسات مراقبت های بهداشتی همچون بیمارستان ها، کلینیک ها، دامپزشکی ها، بانک های خون، آزمایشگاه های پاتالوژی، مراکز تشخیص، مراکز تلقیح مصنوعی، مراکز تحقیق کلینیکی در همه کشورها در طول سال ها چند برابر شده است که علاوه بر MSW، ضایعات عفونی/شیمیایی/رادیواکتیو و ابزار تیز نیز تولید می کنند. مکان های ساخت و تخریب نیز سبب تولید مقداری MSW مانند مواد غذایی و ضایعات اداری همراه با ضایعات ساخت و ساز و تخریب می شوند. منازل مسکونی در طول تعمیرات و نوسازی ضایعات ساخت و ساز و تخریب تولید می کنند. فعالیت اقامتگاه ها و بخش های تجاری ضایعات خطرناک خانگی همچون آفت کش، باتری و داروی دور انداخته شده تولید می کنند. برخی شهرها در کشورهای توسعه یافته، برای هر کدام از گروه های ضایعات خطرناک، MSW و پسماندهای عفونی، سیستم هایی مدیریت پسماند جداگانه ای دارند. فعالیتهایی همچون کشاورزی، معدنکاری و استخراج سنگ منجر به تولید MSW و ضایعات غیرشهری خواهند شد.

تصفیه پساب باعث تولید لجن نیمه جامد و غنی از مواد مغذی می شود که اغلب آن را جامدات زیستی^۱ می نامند. این لجن را می توان بازیافت کرد و جهت بهبود تغذیه خاک زمین کشاورزی استفاده نمود. جامدات زیستی ۹۳ الی ۹۸٪ آب دارند.

۲-۲- مقادیر و ترکیبات

مدیریت پسماند جامد یکی از خدمات بسیار ضروری است که در اغلب موارد به دلیل سرعت در شهرسازی/شهرنشینی همراه با تغییرات مقادیر و ترکیبات زباله ناموفق است. مقادیر و ترکیبات از کشوری به کشور دیگر متفاوت است، این امر سبب دشواری یافتن سیستم مدیریت پسماندی می شود که در سایر کشورها موفق باشد.

^۱ Biosolids

مسکونی		ضایعاتی که شامل پسماند مواد غذایی تجزیه پذیر، مواد بسته بندی مانند کاغذ، پلاستیک، لباس های کهنه، پسماند خطرناک مثل باتری های قدیمی، شیشه لاک ناخن، حشره کش ها، بماد بعد از اصلاح بطری ها و پسماند زیست پزشکی مانند دستمال کاغذی هستند. مقدار پسماند به درآمد و توسعه کشور بستگی دارد.
تجاری		ضایعاتی که دربرداشته پسماند مواد غذایی تجزیه پذیر، مواد بسته بندی مانند کاغذ، پلاستیک، و پسماند خطرناک شامل باتری های استفاده شده و محفظه های مواد شیمیایی هستند. مقدار پسماند به فعالیت ها و حجم مواد بستگی دارد.
باغبانی		ضایعاتی که غالبا شامل شاخه های بریده شده و برگ ها هستند. مواد شیمیایی خطرناک مانند موارد مورد استفاده برای بسته بندی مواد شیمیایی کشاورزی و پسماند سرد که شامل بسته بندی های مورد استفاده برای چپیس و قالب های بستنی و غیره است.
صنعتی		ضایعاتی که به نوع محصول تولیدی صنعت بستگی دارند. ضایعات صنعتی در برگیرنده پسماندهای شیمیایی بسیار خطرناک به صورت مخلوط با پسماندهای بسته بندی غیر خطرناک هستند. مقدار پسماند به مقدار و نوع محصول ساخته شده بستگی دارد.
کشاورزی و روستایی		پسماندهایی که عمدتا شامل سبزیجات و میوه های فاسد، برگ ها و سایر قسمت های گیلهان هستند. مواد شیمیایی خطرناک شامل مواد بسته بندی شیمیایی کشاورزی می باشند. بیشتر پسماند در همان زمین یا محل تولید استفاده می شود زیرا مقدار آن ناچیز است.
تخریب و ساخت		این پسماندها عمدتا شامل بتن، قطعات آجر، خاک، چوب، فلز و سایر نخاله ها هستند و مواد قابل بازیافت مانند فولاد و سایر فلزات از طریق آژانس های ساخت/تخریب بازیابی می شوند. مقدار پسماند به بزرگی ساخت/تخریب و فناوری ساخت بستگی دارد.

شکل ۲-۱: منابع پسماند جامد

همان طور که در شکل های ۲-۲ و ۳-۲ به صورت تصویری توضیح داده شده است مقادیر و ترکیبات پسماند جامد از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. مشخصه و میزان پسماند جامد شهری به سبک زندگی و استانداردهای زندگی ساکنین آن منطقه بستگی دارد. شکل ۲-۲ تحلیل مختصری از مقایسه پسماند حاصل از فرهنگ ها و شهرهای مختلف را ارائه می دهد. سایر مطالعات نشان دادند که ۶۰ تا ۷۰٪ زباله کشور غنا، آلی است (Hogaarh, 2002; Fobil, 2002; Carboo, 2006). با در نظر گرفتن داده های موجود، ضایعات حاصل از زندگی انسان در شرایط توسعه یافته دارای درصد بیشتری از پسماند تجزیه ناپذیر نسبت به زندگی با میزان متوسط توسعه یافتگی است. دلیل این امر هزینه های بالای بسته بندی مواد در کشورهای ثروتمند، نبود عمل زباله جمع کنی، تعداد کم قراضه فروش ها و غیره می باشد.

کشورهای در حال توسعه از روزنامه و دیگر کاغذهای غیر آلوده برای بسته بندی موارد دربردارنده مواد غذایی استفاده می کنند. مشاهده بسته بندی مواد غذایی، میوه و سبزیجات در روزنامه و پوشش های ساخته شده از روزنامه در رستوران ها و غذاخوری های کنار خیابان غیرمعمول نیست. تعداد خریداران قراضه در هندوستان زیاد است و خانه ها و ادارات کاغذهای خود را به آنها می فروشند. آنها این کاغذها را به بازیافت کنندگان و یا سایر مصرف کنندگان قراضه می فروشند. تعداد بالای زباله جمع کن ها یکی از علل کاهش میزان کاغذ، پلاستیک، شیشه و فلز در زباله است. زباله جمع کن ها را می توان در مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی و محل های دفع زباله مشاهده کرد که سعی در برداشتن تمام قسمت های قابل بازیافت زباله دارند.

انتظار می رود که افراد در کشورهای توسعه یافته شغل هایی با درآمد بالا داشته باشند که این امر موجب از بین رفتن زباله جمع کنی می شود. کاغذهای باطله و روزنامه های قدیمی به جای نگهداری در محلی جهت فروش به خریداران قراضه با هدف استفاده برای تولید مجدد، در سطل زباله ریخته می شوند. در مقابل، کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته زباله صنعتی بیشتری را به دلیل استفاده نکردن از تکنولوژی تقلیل ضایعات و قوانین زیست محیطی ضعیف تولید می کنند.

حمل و انتقال



این گروه می توانند به عنوان زیرمجموعه ای از فعالیت های تجاری دسته بندی شوند. در حالیکه در کشورهای توسعه در کنار جاده ها و ریل های راه آهن زباله تولید نمی شود اما در کشورهای در حال توسعه، مردم زباله های خود را در جاده ها و ریل های راه آهن می اندازند. مقدار پسماند جامد به میزان ترافیک و تعداد مسافران بستگی دارد.

کارخانه های
تصفیه آب و
فاضلاب

این کارخانه ها باعث تولید لجن خطرناک و غیرخطرناک و مواد بسته بندی می شوند. مقدار پسماند جامد به کیفیت و کمیت آب/فاضلاب تصفیه شده بستگی دارد.

سواحل و
مناطق
تفریحی

این گروه شامل پسماندهایی از پوشش های مواد غذایی ساخته شده از کاغذ، پلاستیک، فلز و شیشه است. مقدار پسماند به تعداد بازدیدکنندگان بستگی دارد.

محله های
زآغه نشین

مردم زآغه نشین کمترین مقدار پسماند را در بخش های مختلف شهری تولید می کنند. از آنجایی که ساکنان فقیر هستند، بیشترین استفاده را از مواد می کنند و بخش قابل بازیافت را می فروشند. زندگی بسیاری از ساکنان این محله ها به زباله وابسته است. پسماند معمولاً شاماً خاکستر و ضایعاتی است که معمولاً ارزش بازیافتی ندارند.

بازار میوه و
سبزیجات

بازار میوه و سبزیجات عمدتاً شامل پسماند قابل کمپوست است مانند میوه ها و سبزیجات فاسد و آسیب دیده. درصد کمی از بسته بندی مانند مقوا، پلاستیک و کاغذ ممکن است در پسماند وجود داشته باشد. مرکبات و سایر میوه های ترش ممکن است به اسیدیته پسماند بیافزایند.

کشتارگاه



این پسماند عمدتاً شامل پوست، مو، غذاهای گوارش شده و گوارش نشده، استخوان و گوشت است. این ضایعات در طبیعت بسیار فسادپذیر هستند و احتمال وجود عوامل بیماری زا در آنها بالاست که می تواند موجب بیماری زئونوز شود.

میزان زباله شهری تولید شده در شهرها تابعی از شاخص توسعه انسانی است که به نوبه خود به امید به زندگی، تولید ناخالص داخلی و شاخص آموزش بستگی دارد. میزان پسماند جامد شهری در ملل توسعه یافته در مقایسه با کشورهای در حال توسعه همواره بالاتر است.

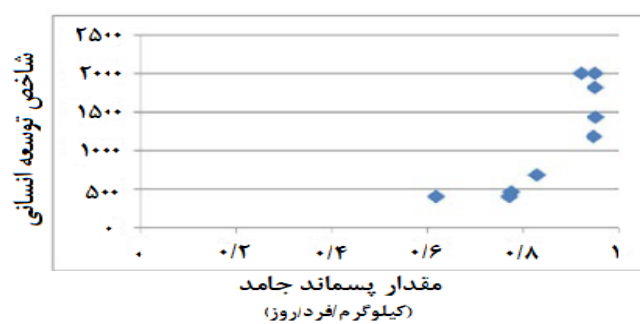
مشخصه‌های معمول زباله در کشورهای در حال توسعه عبارت‌اند از: (۱) تراکم بالای زباله (۲) میزان بالای رطوبت (۳) بخش آلی بزرگ (۴) مشخصه شهرهای دارای جارو کشی و ذخیره سازی زمینی روباز، مقدار زیاد گرد و خاک و گل‌ولای است.

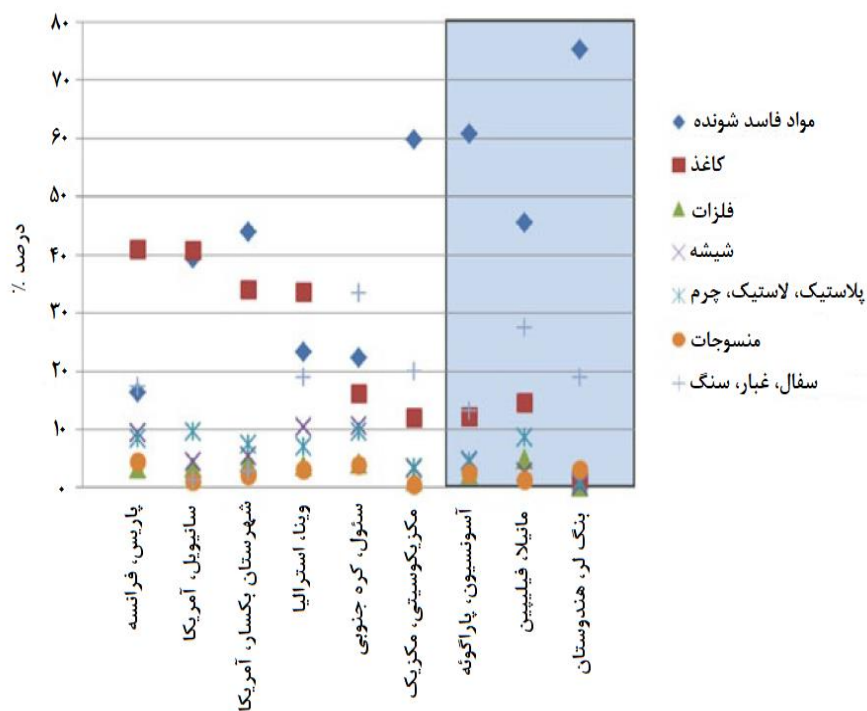
گردآوری اطلاعات و مقایسه تولید پسماند جامد در شهرهای بزرگ کشورهای مختلف نشان داد که نرخ تولید زباله در کشورهای کم‌درآمد ۰/۴ تا ۰/۶ کیلوگرم به ازای هر فرد در روز، در کشورهای پردرآمد ۱/۱ تا ۵/۰ کیلوگرم به ازای هر فرد در روز و در کشورهای با درآمد متوسط ۰/۵۲ تا ۱/۰ کیلوگرم به ازای هر فرد در روز است. این شکل‌ها فقط وضعیت را در شهرهای بزرگ نشان می‌دهند. همان‌طور که انتظار می‌رود، نرخ تولید پسماند جامد با کوچکتر شدن شهر کاهش می‌یابد.

دلایل تنوع در مقادیر زباله عبارت‌اند از: (۱) تفاوت در الگوهای مصرف (افراد در کشورهای کم‌درآمد کمتر مصرف می‌کنند) (۲) تفاوت در بازیافت/استفاده مجدد منبع تولید و در نتیجه حذف ورود مواد به جریان زباله (۳) تفاوت در فرهنگ (کشورهای پردرآمد مقدار زیادی دستمال توالی برای بهداشت فردی پس از اجابت مزاج استفاده می‌کنند).

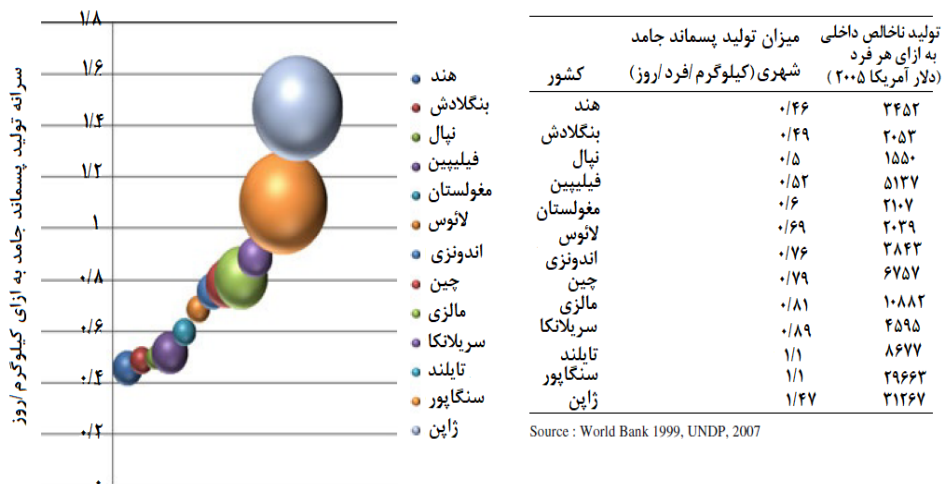
دلایل تنوع در مقادیر زباله عبارت‌اند از: (۱) تفاوت در الگوهای مصرف (افراد در کشورهای کم‌درآمد کمتر مصرف می‌کنند) (۲) تفاوت در بازیافت/استفاده مجدد منبع تولید و در نتیجه حذف ورود مواد به جریان زباله (۳) تفاوت در فرهنگ (کشورهای پردرآمد مقدار زیادی دستمال توالی برای بهداشت فردی پس از اجابت مزاج استفاده می‌کنند).

کشور	شاخص توسعه انسانی	
فرانسه	۰/۹۵۲	توسعه بالای انسانی
آمریکا	۰/۹۵۱	توسعه بالای انسانی
استرالیا	۰/۹۴۸	توسعه بالای انسانی
کره	۰/۹۲۱	توسعه بالای انسانی
مکزیک	۰/۸۲۹	توسعه بالای انسانی
پاراگوئه	۰/۷۷۵	توسعه متوسط انسانی
فیلیپین	۰/۷۷۱	توسعه متوسط انسانی
هند	۰/۶۱۹	توسعه متوسط انسانی





شکل ۲-۲: مقادیر پسماند جامد، ویژگی‌ها و شاخص‌های توسعه انسانی. منبع بر اساس داده‌های گزارش شده از (Na th, 1993; JICA, 1985; Scharff, 1994; CalRecovery, 1992; UNDP, 2007) می‌باشد. مقادیر پسماند جامد بر حسب کیلوگرم/فرد/روز است.



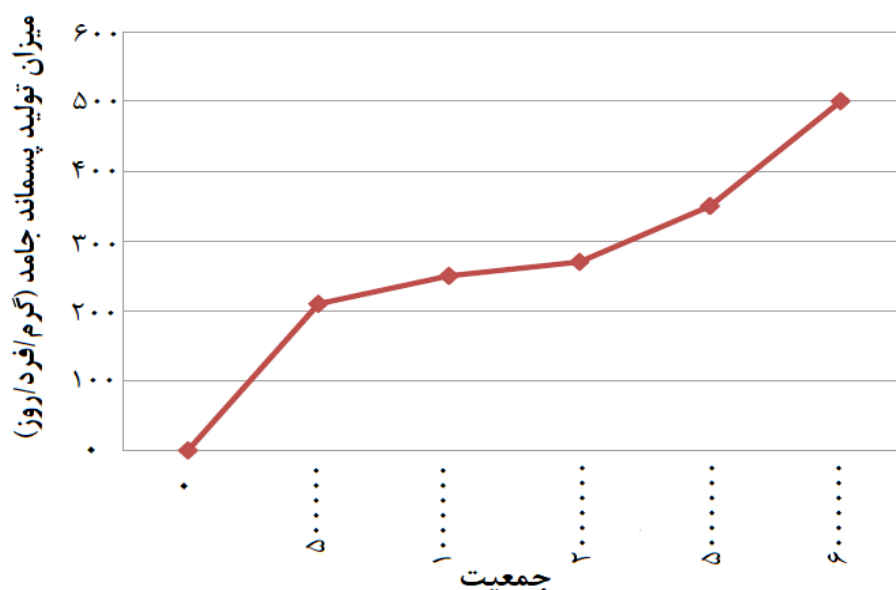
شکل ۲-۳: مقایسه میزان تولید پسماند جامد با میزان درآمد

تفاوت‌های معمول زیر در ترکیب پسماند جامد شهری در کشورهای در حال توسعه قابل مشاهده است: (۱) تراکم زباله در ملل در حال توسعه ۲ الی ۳ برابر کشورهای توسعه یافته است (۲) میزان رطوبت زباله در ملل در حال توسعه ۲ الی ۳ برابر کشورهای توسعه یافته است (۳) زباله در کشورهای در حال توسعه میزان بیشتری ضایعات آلی و گرد و خاک دارد (۴) مشخصه زباله کشورهای در حال توسعه وجود کسر بالایی از ترکیبات کوچکتر است (Cointreau, 1982; Blight, & Mb&e, 1996).

بر اساس یافته‌های بهداشت عمومی مرکزی و سازمان مهندسی محیط زیست (CPHEEO, 2000)^۱، میزان کل پسماند جامد تولید شده در سال توسط ۳۰۰ میلیون مردم ساکن در مناطق شهری هندوستان، ۳۰۰ میلیون تن بود. یافته‌های پژوهشکده ملی مهندسی محیط زیست (NEERI, 1996)^۲ با توجه به تنوع تولید MSW در هندوستان در منطقه شهری در شکل ۲-۴ آمده است. شهرهای بزرگتر به دلیل جمعیت بالا و فعالیت‌های اقتصادی بیشتر مقدار زباله بیشتری تولید می‌کنند.

^۱ Central Public Health and Environmental Engineering Organisation

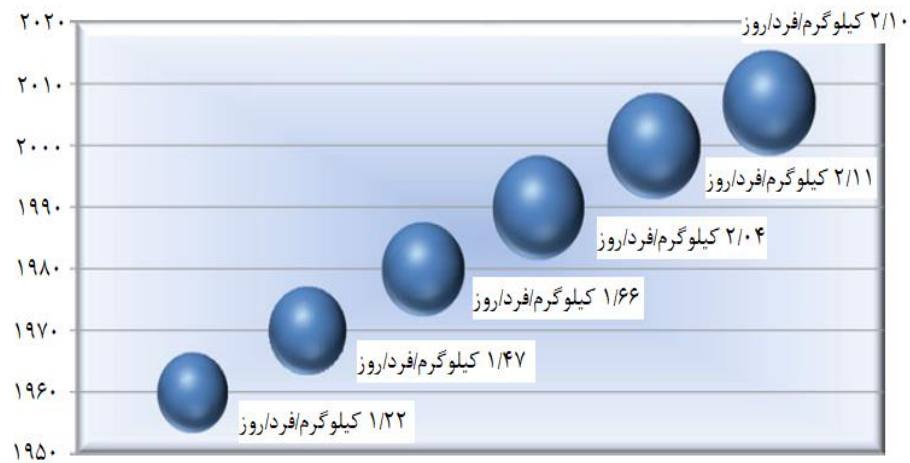
^۲ National Environmental Engineering Research Institute



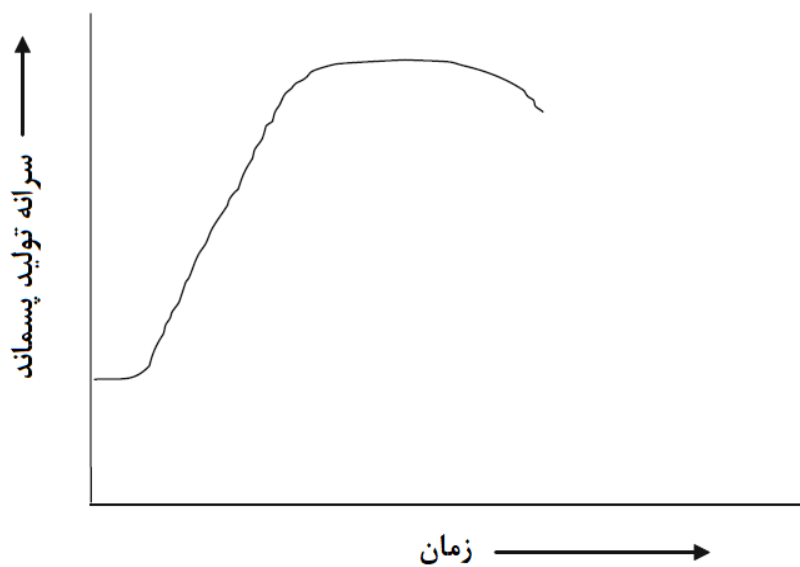
شکل ۲-۴: میزان تولید پسماند جامد در مقابل جمعیت مناطق مسکونی شهری در هندوستان

میزان کل پسماند جامد در سنگاپور در سال ۱۹۹۰ در مقایسه با ۱۹۸۰ سه برابر افزایش داشت. پسماند جامد خانگی از ۰/۷۳ کیلوگرم/فرد/روز در سال ۱۹۸۰ به ۰/۹۶ کیلوگرم/فرد/روز افزایش یافت و منجر به افزایش ۶۴۰۰۰ تن در سال ۱۹۸۰ به ۱۳۶۰۰۰۰ در سال ۱۹۹۹ شد (Renci, 2002).

از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۷ تولید سالیانه MSW در آمریکا در حال افزایش مداوم از ۸۸ به ۲۵۴/۱ میلیون تن بود. یافته‌های US-EPA (۲۰۰۷) با در نظر گرفتن تفاوت میزان زباله به ازای هر فرد در شکل ۲-۵ به تصویر کشیده شده است. همان‌طور که در شکل ۲-۵ نشان داده شده است در سال ۱۹۶۰ تولید زباله ۱/۲۲ کیلوگرم/فرد/روز بود، در سال ۱۹۸۰ تا ۱/۶۶ کیلوگرم/فرد/روز رشد داشت، در سال ۱۹۹۰ به ۴/۵۰ کیلوگرم/فرد/روز رسید و در سال ۲۰۰۰ تا ۴/۶۵ کیلوگرم/فرد/روز افزایش یافت. از سال ۲۰۰۰، تولید MSW تا حدودی ثابت مانده است و در سال ۲۰۰۷ در تولید زباله کاهش وجود داشت. روند و منحنی رشد در شکل ۲-۶ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵: سرانه تولید پسماند شهری در ایالات متحده آمریکا



شکل ۲-۶: تغییر تولید پسماند شهری با بهبود اقتصاد در گذر زمان

محدوده سرانه تولید زباله ساکنان شهرهای هند بین ۰/۲ تا ۰/۶ کیلوگرم در روز، بالغ بر حدود ۰/۱۱۵ میلیون MT از زباله در هرروز و ۴۲ میلیون MT به صورت سالیانه در سال ۲۰۰۶ بود، اما با افزایش شهرنشینی/شهرسازی این میزان به شدت افزایش خواهد یافت.

پسماند جامد صنعتی در سنگاپور بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۷ از ۲۰۷۰۰۰ تا ۱۵۳۸۰۰۰ تن افزایش داشت که در پی آن کاهش ۷,۲٪ از ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۹ مشاهده شد (Renbi, 2002). از چندین سال پیش حدود ۱/۸ میلیون تن پسماند جامد بازیافت شده است (Ministry of environmental, 1999, 2000). پسماند جامد سازمانی بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۷ از ۹۴۰۰۰ به ۲۹۲۰۰۰ تن افزایش داشت که در سال ۱۹۹۹ به دلیل بازیافت به ۶۰۰۰ تن کاهش یافت (Renbi, 2002).

میزان تولید پسماند جامد در منطقه عربی حدود ۲۵۰۰۰۰ تن در روز می‌باشد که سرانه تولید پسماند جامد شهری در برخی شهرهای عربی همچون کویت و ابوظبی بیش از ۱/۵ کیلوگرم در روز است (Mostafa & Najib, 2008).

کوالالامپور که شهری در کشور تحول است، در روز ۳۵۰۰ تن زباله خانگی و صنعتی با سرانه تقریب تولید زباله خانگی ۰/۸ الی ۱/۳ کیلوگرم در روز است (Abdul, 2010). ۵۰٪ زباله تولیدشده در کوالالامپور آلی است (Bavani & Phon, 2009). نرخ تولید در شهرهای بزرگ آفریقا بین ۰/۳ تا ۱/۴ کیلوگرم به ازای هر فرد در روز متغیر است (Eric 2003). در بیش از ۶۰٪ مناطق شهری جوامع شهرهای آفریقایی شهروندان کم‌درآمد در سکنی گزیده‌اند که جمع‌آوری زباله را سخت می‌کند (Eric, 2003).

همان‌طور که در پاراگراف و شکل‌های بالا توضیح داده شد، مقدار زباله با افزایش درآمد، توسعه و وسعت اسکان شهری ملل بالا می‌رود؛ اما به محض اینکه اقتصاد کشور از لحاظ زیرساخت، درآمد و شغل به حد مطلوب می‌رسد سرانه تولید زباله ثابت می‌شود و پس از آن کاهش خواهد داشت. کاهش در تولید زباله را می‌توان به فناوری، مقررات، مسئولیت مدنی در جامعه و فساد کمتر در سازمان‌های اجرای نسبت داد.

جدول ۱-۲: تولید پسماند توسط گروه‌های مختلف تماشاگران در یک رویداد ورزشی

ردیف	بخش	مؤسسات	مقدار پسماند
۱	افراد بسیار مهم	نوشیدنی‌های رایگان، وعده‌های غذایی، مواد تبلیغاتی، مواد جهت تشویق نوشیدنی‌ها و خوراکی‌ها با پرداخت وجه. تماشاگران باید موارد موردنیاز جهت تشویق و پرچم‌هایشان را با خود بیاورند.	۳-۲ کیلوگرم به ازای هر فرد
۲	اعضای باشگاه	اشیای تبلیغی و کلاه رایگان.	۲-۱ کیلوگرم به ازای هر فرد
۳	عموم تماشاگران	نوشیدنی‌ها و خوراکی‌ها با پرداخت وجه. تماشاگران باید موارد موردنیاز جهت تشویق و پرچم‌هایشان را با خود بیاورند. اشیای تبلیغی و کلاه کاغذی رایگان.	۱-۰/۲۵ به ازای هر فرد

منحنی تولید پسماند جامد در طول زمان رسم شده است و می‌تواند الگوی منحنی رشد یک‌گونه در اکوسیستم معین را دنبال کند. جمعیت گونه‌ها در طول حالت اولیه جهت خو گرفتن با محیط زیست جدید رشد کمی دارد و بعد از آن افزایش سریع جمعیت وجود خواهد داشت و پس از آن به دلیل کاهش مواد غذایی و سایر عوامل به مرحله ثبات خواهد رسید. پس از مرحله ثبات، جمعیت گونه‌ها کاهش می‌یابد. به‌طور مشابه، مقدار پسماند جامد تا حد معینی افزایش یافته و پس از آن کاهش پیدا می‌کند (شکل ۲-۶).

در حالی که کشورهای توسعه‌یافته رشدی کمتر از ۳٪ در اقتصاد دارند، سایر کشورهای در حال تحول رشد سریع و بیش از ۷٪ نشان داده‌اند. بنابراین، تولید زباله در کشورهای در حال گذار بیشتر خواهد بود تا به مرحله‌ای برسند که تقاضا برای کالا کمتر شود.

به غیر از منازل، مشخصه و میزان زباله در فرودگاه‌ها، ایستگاه‌های راه‌آهن و اتوبوس و غیره متفاوت است. در فرودگاه‌ها، علاوه بر زباله هواپیماها، پسماند جامد در دفاتر، رستوران‌ها، مغازه‌ها، آشپزخانه‌های پرواز، سرویس‌های بهداشتی، مناطق تعمیر و نگهداری، عملیات حمل‌ونقل محموله‌ها، آشپزخانه‌های هواپیما، محوطه‌ها، ساخت‌وساز و تخریب‌ها نیز تولید می‌شود. در سال ۲۰۰۴، حدود ۴۲۵۰۰۰ تن زباله در فرودگاه‌های آمریکا تولید شد که ۷۵٪ آن قابل بازیافت یا کمپوست‌سازی بود (Peter et al., 2006).

زباله درب‌های کنترل، پیشخوان‌های فروش بلیط و خطوط هوایی مسافری را زباله خطوط هوایی می‌نامند و معمولاً شامل ظروف غذا، قوطی‌های نوشیدنی، روزنامه، غذای خورده نشده، مجلات، نسخه‌های چاپ‌شده خروجی از رایانه‌ها و سایر کاغذهای پیشخوان‌های فروش بلیط است.

مقادیر و ترکیبات زباله تولیدی در هواپیما به طول مدت پرواز بستگی دارد. در سال ۲۰۰۴ میزان تولید زباله در فرودگاه‌های آمریکا حدود ۰/۵۸ کیلوگرم (۱/۲۸ پوند) به ازای هر مسافر بود. با توجه به مطالعات انجام‌شده توسط پیتر و همکاران (۲۰۰۶)، زباله فرودگاه حاوی ۲۰٪ قابل تبدیل به کمپوست، ۲۶٪ غیرقابل بازیافت، ۱۴٪ روزنامه، ۱۱٪ انواع کاغذ، ۳٪ مجله، ۱۲٪ مقوا، ۱٪ آلومینیوم، ۲٪ بطری شیشه‌ای، ۲٪ بطری پلاستیکی و ۹٪ دیگر انواع پلاستیک (مانند بسته‌بندی، کیسه و غیره) است.

در سال ۲۰۰۴ صنعت هواپیمایی آمریکا ۹۰۰۰ تن پلاستیک دفع کرد (Peter et al., 2006). هیئت کنترل آلودگی مرکزی در هندوستان مطالعه مشابهی انجام داد و مشاهده کرد که میزان تولید پسماند پلاستیکی فرودگاه‌های هندوستان ۴۱۳۰ کیلوگرم در روز بود که از این مقدار ۳۳۷۰ کیلوگرم آن بطری پلاستیکی با سرانه تولید زباله پلاستیکی ۷۰ گرم در فرودگاه‌های داخلی و ۶۸ گرم در فرودگاه‌های بین‌المللی بود.

فرودگاه‌ها می‌توانند با سیستم مدیریت پسماند متمرکز یا غیرمتمرکز کار کنند. سیستم مدیریت پسماند متمرکز یک منطقه مدیریت پسماند برای زباله تمام ترمینال‌ها و هواپیماها دارند، به جز زباله آشپزخانه‌های پرواز که خود آن‌ها را مدیریت می‌کنند. تولیدکنندگان زباله باید بر اساس میزان زباله تولیدشده هزینه پرداخت کنند، ممکن است این هزینه به مبلغ کرایه در صورت اجاره‌ای بودن مکان و یا به مالیات فرود خطوط هوایی افزوده شود.



شکل ۲-۷: ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پسماند از محلی به محل دیگر بسیار متفاوت هستند.

میزان پسماند جامد به رویدادهای خاصی همچون جشنواره، مسابقات ورزشی، همایش‌ها و انتخابات بستگی دارد. جدول ۱-۲ تولید زباله دسته‌های مختلف تماشاگران در رویدادهای ورزشی را نشان می‌دهد. در یک رویداد ورزشی بین‌المللی معمولی حدود ۱ کیلوگرم زباله به ازای هر نفر (که به ورزشگاه وارد می‌شود) تولید می‌گردد؛ اما در بخش اختصاصی ورزشگاه و بخش مربوط به اعضای باشگاه زباله بیشتری نسبت به سایر تماشاگران تولید می‌شود.

جشنواره‌ها در سراسر جهان با تولید زباله و ایجاد بار ناگهانی بر سیستم موجود همراه هستند. واحدهای مسئول جمع‌آوری معمولاً نسبت به ظرفیت موجود خود جمع‌آوری زباله را انجام داده و بار اضافی را باقی می‌گذارند تا در روزهای بعد به آن رسیدگی کنند. به‌غیر از جشنواره‌ها، انتخابات و فجایع از دیگر علل بار ناگهانی هستند. جشنواره‌ها و انتخابات مسئول افزایش میزان ۲ تا ۱۰ برابری متوسط زباله روزانه هستند. از سوی دیگر، فجایع می‌توانند میزان زباله را ۳۰۰ الی ۵۰۰ برابر متوسط روزانه افزایش دهند.

مواد موجود در پسماند	چگالی پسماند (kg/m ³)	میزان رطوبت (%)	بقایای بی اثر (%)	ارزش گرمایی (kJ/kg)	کربن (%)	هیدروژن (%)	اکسیژن (%)	نیتروژن (%)	سولفور (%)
آسفالت	۶۸۰	۶-۱۲		۱۷۱۰۰-۱۸۴۰۰	۸۳-۸۷	۹/۹-۱۱	۰/۲-۰/۸	۰/۳-۱/۱	۱/۰-۵/۴
مقوای جعبه کاغذی چین دار	۳۰۰-۸۰	۴-۱۰	۳-۶		۴۶/۰	۵/۹	۴۴/۶	۰/۳	۰/۲
آجر/ بتن/ کاشی/ خاک	۸۰۰-۱۵۰۰	۶-۱۲	۹۹	۱۲۱۱۶/۲۷-۴۵۳۵۸/۲۸	۳۸/۸۵-۸۳/۱۰	۳/۵۶-۱۴/۲۲	۷/۴۶-۵/۱۵۰	۰/۳۱۰-۹/۵۹	-
تجهیزات الکترونیکی	۱۰۵		۰-۵۰/۸						
پسماند مواد غذایی	۱۲۰-۴۸۰	۵۰-۸۰	۲-۸		۴۸/۰	۶/۴	۳۷/۶	۲/۶	۰/۴
ضایعات باغبانی	۶۰-۲۲۵	۳۰-۸۰	۲-۶	۴۷۸۵-۱۸۵۶۳	۴۷/۸	۶/۰	۳۸/۰	۳/۴	۰/۳
شیشه	۹۰-۲۶۰	۱-۴	۹۹						
چرم	۹۰-۴۵۰	۸-۱۲	۸-۲۰		۶۰/۰	۸/۰	۱۱/۶	۱۰/۰	۰/۴
فلزات آهنی	۱۲۰-۱۲۰۰	۲-۶	۹۹						
فلزات غیر آهنی	۶۰-۲۴۰	۲-۴	۹۹						
پسماند جامد شهری/ پسماند بیوپزشکی	۸۷-۳۴۸	۱۵-۴۰							
کاغذ	۳۰-۱۳۰	۴-۱۰	۶-۲۰	۱۲۲۱۶-۱۸۵۴۰	۴۳/۵	۶/۰	۴۴/۰	۰/۳	۰/۲
پلاستیک	۳۰-۱۵۶	۱-۴	۶-۲۰		۶۰/۰	۷/۲	۲۲/۸		
لاستیک	۹۰-۲۰۰	۱-۴	۸-۲۰		۷۸/۰	۱۰/۰		۲/۰	
خاک اره	۲۵۰-۳۵۰			۲۰۵۱۰	۴۹/۰	۶/۰			۰/۱۰
منسوجات	۳۰-۱۰۰	۶-۱۵	۲-۴		۵۵/۰	۶/۶	۳۱/۲	۴/۶	۰/۱۵
چوب	۱۵۶-۹۰۰	۱۵-۴۰	۱-۲	۱۴۴۰۰-۱۷۴۰۰	۴۹/۵	۶/۰	۴۲/۷	۰/۲	۰/۱

Source Tchobanoglaus (1977); Integrated publishing, NA_a, b; Engineering tool box, NA; University of technology Vienna, NA; USEPA, NA; Wess et al. (2004); Othman (2008)

۲-۳- مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی

ویژگی‌های فیزیکی عمده که در زباله اندازه‌گیری می‌شوند عبارت است از: (۱) تراکم (۲) توزیع اندازه اجزا (۳) میزان رطوبت. سایر مشخصه‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری در مورد مدیریت پسماند جامد عبارت است از: (۱) رنگ (۲) فضاهای خالی (۳) شکل اجزا (۴) خاصیت بصری (۵) خاصیت مغناطیسی (۶) خاصیت الکتریکی.

خاصیت بصری می‌تواند برای تفکیک مواد غیرشفاف از شفاف استفاده شود که عمدتاً دارای شیشه و پلاستیک هستند. تفکیک‌کننده‌های مغناطیسی بر اساس خاصیت مغناطیسی زباله طراحی می‌شوند. میزان رطوبت جهت محاسبه میزان شیرابه و کمپوست ضروری است. از تراکم جهت ارزیابی بزرگی وسیله حمل‌ونقل و اندازه تأسیسات دفع استفاده می‌شود. از شکل اجزا در تفکیک استفاده می‌گردد؛ برای مثال تفکیک اجزای دانه‌دانه/ورقه با اجزای یکنواخت/صاف متفاوت است.

مشخصه‌های شیمیایی عمده اندازه‌گیری شده در زباله عبارت‌اند از: (۱) رطوبت (میزان آب می‌تواند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی را تغییر دهد) (۲) مواد فرار (۳) خاکستر (۴) کربن ثابت (۵) نقطه ذوب خاکستر (۶) ارزش گرمایی (۷) درصد کربن، هیدروژن، اکسیژن، سولفور و خاکستر.

هدف از تحلیل تقریبی زباله تعیین میزان رطوبت، مواد فرار، خاکستر و کربن ثابت است. هدف از بررسی نهایی تعیین درصد کربن، هیدروژن، اکسیژن، سولفور و خاکستر می‌باشد.

تولید پسماند جامد، عملی است که شامل استفاده از زمین می‌باشد و ترکیب آن نسبت معکوس با آسیب به خاک و آلودگی باکتریایی محیط‌زیست دارد (Achudume & Olawale., 2009; Omuta, 1999; Shakibaie et al., 2009).

زباله مرطوب نسبت به زباله خشک میزان باکتری بیشتری است. مواد غذایی موجود در زباله نیز به‌عنوان یک عامل کلیدی عمل می‌کنند که تعادل جمعیت گونه‌ها را در زباله و محیط‌زیست مشخص می‌کند. عناصر سمی از ارگانیسم چند سلولی در زباله جلوگیری می‌کنند؛ اما میکروارگانیسم‌ها ممکن است هنوز هم در برخی مکان‌ها زنده بمانند و این امر به نفع برخی گونه‌های میکروارگانیسم است. ساپروفیت‌ها^۱ و قارچ‌ها در مواد قابل تجزیه رشد می‌کنند.

در شکل ۲-۷ انباشت بطری بیشتر از سایر انواع زباله است؛ این شکل بیانگر متفاوت بودن مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی از محلی به محل دیگر می‌باشد. تراکم کل زباله جمع‌آوری‌شده به کسر زباله و تراکم هر زباله بستگی دارد. جدول ۲-۲ تحلیل تقریبی و نهایی ترکیبات مختلف همراه با ویژگی‌های فیزیکی زباله را نشان می‌دهد.

^۱ Saprophytes

آنالیز تقریبی، تجزیه و تحلیل زباله جهت تعیین میزان رطوبت، مواد فرار و کربن ثابت است. آنالیز نهایی، تجزیه و تحلیل زباله جهت تعیین درصد کربن، هیدروژن، اکسیژن، سولفور و خاکستر است. آنالیز تعیین درصد کربن، هیدروژن، نیتروژن و سولفور را می توان با استفاده از آنالیزور CHNS (شکل ۲-۸) انجام داد. در صورت نبود این وسیله می توان از فرمول شیمیایی آمده در باکس ۲-۱ استفاده کرد.

جدول ۲-۳ ارگانوسم های زنده اساسی در پسماندهای جامد مختلف را نشان می دهد. بسیاری از تک یاخته ها از باکتری تغذیه می کنند. تک یاخته زنده و آزاد را می توان در هر نوع محیط هوازی دارای باکتری تضمین کننده رشد پیدا کرد. برخی تک یاخته ها برای حیوان و انسان انگل زا می باشند. تک یاخته ها اساساً حیوانات آبی هستند اما آن ها را می توان در خاک و پسماند جامد هم دید. توانایی آن ها در ایجاد کیست باعث زنده ماندن در طول خشک سالی و شرایط نامطلوب می شود. بسیاری از بیماری های انسانی همچون اسهال آمیبی توسط تک یاخته ها ایجاد می شوند.

پسماند جامد میزبان مقدار قابل توجهی از قارچ نیز می باشد. از ۱۰۰۰۰۰ گونه قارچ، حدود ۱۰۰ نوع آن برای حیوانات و انسان بیماری زا هستند (Anthony & Elizabeth, 1981). گانژی^۱ باعث عفونت مو، ناخن، پوست و ریه می شود. عفونت های موجود در هوا به دلیل جراحات انسانی ممکن است در پسماند جامد وجود داشته باشند. سم های تولید شده توسط آسپرژیلوس فلاووس^۲ موجب سرطان کبد و بیماری کبد چرب در افراد تغذیه کننده از مواد غذایی آلوده می شود.

برخی از باکتری ها جهت زنده ماندن در طول دوره خشک سالی و نبود مواد غذایی هاگ تولید می کنند. این هاگ ها به راحتی توسط باد حمل می شوند. آلوده شدن جراحات و مواد غذایی با هاگ کلسترییدیوم^۳ عواقب مهلکی دارد. گونه هایی همچون سی. بوتولینوم^۴ سم هایی تولید می کنند که منجر به سمی شدن مواد غذایی می شود. گونه هایی مانند سی. پرسرئنس^۵ به سرعت در جراحات رشد کرده و منجر به قانقاریا می شوند (Anthony & Elizabeth, 1981).

ضایعات کشتارگاه ها، ماهی فروشی ها و بیمارستان ها عوامل بیماری زای فراوانی دارند و با توجه به گونه آن ها، متنوع هستند (شکل ۲-۹).

^۱ Gungi

^۲ Asperigillus flavus

^۳ Clostridium

^۴ C. Botulinum

^۵ C. Persringgens

باکس ۱-۲

پسماند جامد مخلوطی از ترکیبات مختلف است که هریک دارای ترکیب و فرمول شیمیایی هستند؛ اما به دست آوردن یک فرمول تقریبی برای محاسبه اکسیژن مورد نیاز و سایر انتشارات احتمالی در طول تجزیه طبیعی یا تصفیه زباله کمک می کند. در مثال زیر چگونگی به دست آوردن فرمول شیمیایی نشان داده شده است.

ترکیبات	برم تر در یک کیلوگرم	برم خشک در یک کیلوگرم	رطوبت در یک کیلوگرم	ترکیب درصد در یک کیلوگرم					
				کربن	هیدروژن	اکسیژن	نیتروژن	سولفور	خاکستر
پسماند مواد غذایی	۱۶	۵	۱۱	۲/۴۰	۰/۳۲	۱/۸۸	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۲۶
کاغذ	۴۶	۴۳	۳	۱۸/۷۰	۲/۵۸	۱۸/۹۲	۰/۱۳	۰/۰۸	۲/۵۸
مقوا	۱۱	۱۰	۱	۴/۴۰	۰/۵۹	۴/۴۶	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۵۱
پلاستیک	۱۱	۱۰	۱	۶/۰۰	۰/۷۲	۲/۳۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰
جمع کل	۸۴	۶۸	۱۶	۳۱/۵	۴/۲۱	۲۷/۶۴	۰/۲۹	۰/۱۲	۴/۳۵

(۱) آنالیز نهایی و میزان رطوبت تمامی ترکیبات زباله را به صورت تک به تک انجام دهید.

(۲) میزان رطوبت را به هیدروژن و اکسیژن تبدیل کنید.

Hydrogen: (2/18) 16 Kg = 1.78 Kg

Oxygen: (16/18) 16 Kg = 14.22 Kg

(۳) ترکیب را به کیلوگرم تغییر دهید.

کربن	هیدروژن	اکسیژن	نیتروژن	سولفور	خاکستر
۳۱/۵	۵/۹۹	۴۱/۸۶	۰/۲۹	۰/۱۲	۴/۳۵

(۴) ترکیب مولکولی زباله را محاسبه کنید.

(۵) نسبت مولی نرمال را محاسبه کنید.

فرمول شیمیایی پسماند جامد عبارتست از $C_{98.26}H_{1.57}O_{173.96}N_{1.05}S$

کربن	هیدروژن	اکسیژن	نیتروژن	سولفور	
۳۱/۵۰	۵/۹۹	۴۱/۸۶	۰/۲۹	۰/۱۲	جرم به ازای
۱۲/۰۱	۱/۰۱	۱۶/۰۰	۱۴/۰۱	۳۲/۰۶	کیلوگرم
۳۷۸/۳۲	۶/۰۵	۶۶۹/۷۶	۴/۰۶	۳/۸۵	کیلوگرم/مول
					مول

کربن	هیدروژن	اکسیژن	نیتروژن	سولفور	
۳۷۸/۳۲	۶/۰۵	۶۶۹/۷۶	۴/۰۶	۳/۸۵	مول
۹۸/۲۶	۱/۵۷	۱۷۳/۹۶	۱/۰۵	۱/۰۰	نسبت مولی



شکل ۲-۸: آنالیزور CHNS که برای تعیین درصد کربن، هیدروژن، نیتروژن و سولفور استفاده می شود.

جدول ۲-۳: درصد ارگانیسم‌های عمده زنده در پسماندهای جامد مختلف

دسته‌بندی پسماند	قارچ	تک‌یاخته	باکتری	حشره	جانور جونده
پسماند بیوپزشکی	✓	✓	✓	✓	✓
پسماند مواد غذایی	✓	✓	✓	✓	✓
پسماند خطرناک					
پسماند جامد شهری				✓	✓
پسماند رادیواکتیو	✓	✓	✓	✓	✓
WEEE					



شکل ۲-۹: پسماند حاصل از منابعی مانند کشتارگاه‌ها ممکن است از نظر بیولوژیکی متغیر و خطرناک باشند.

پسماند جامد می‌تواند میزبان حشرات، بندپایان و کرم‌های حلقوی باشد. مثال‌هایی از حشرات عبارت است از: سوسک، سوسک سرگین، مورچه، مورانه، پشه، زنبور عسل و مگس خانگی. برخی بندپایان موجود در پسماند جامد عبارت‌اند از عنکبوت و عقرب. کرم‌های حلقوی عبارت‌اند از گوش‌خزه/صدپا، هزارپا و کرم خاکی. برخی زباله‌دان‌های همجوار با منطقه جنگلی باعث جذب حیات وحش نیز می‌شوند. گیاه‌خواران جذب سبزیجات و مواد غذایی، گوشت‌خواران جذب ضایعات بیمارستانی و دیگر حیوانات جذب خوردن پسماند جامد می‌شوند.

زباله‌دان‌های پسماندهای جامد بسته به مواد غذایی موجود باعث جلب توجه و میزبان موش، مارمولک، مار و سگ خیابانی می‌شوند. عدم وجود زمین‌های کشاورزی در مناطق شهری باعث جذب زنبورهای عسل موجود در این مناطق به پسماند نوشیدنی‌های شیرین در سطل زباله می‌گردد تا شاهد جمع کنند.

میکروارگانیسیم‌ها نقش مهمی در تجزیه بخش‌های قابل تجزیه پسماند جامد دارند. باکتری‌های گرمادوست باعث فروپاشی پروتئین‌ها و سایر موادی می‌شوند که به راحتی قابل تجزیه بیولوژیکی هستند. قارچ و اکتینومیسیت^۱ باعث تجزیه مواد عالی پیچیده همچون سلولز و لیگنین می‌شوند. گونه‌های استرپتومایسس^۲ و میکرومونوسپورا^۳ از اکتینومیسیت‌های معمول و قابل مشاهده در کمپوست هستند. ترمونومایس‌ها^۴ به ویژه آسپرژیلوس^۵ و پنی سیلیوم دوپونتیی فومیگاتوس^۶ از قارچ‌های معمول و قابل مشاهده در کمپوست هستند. بسیاری از این ارگانیسیم‌ها حتی قبل از کمپوست در پسماند جامد شهری وجود دارند (CPHEEO, 2000).

^۱ actionmycetes

^۲ Streptomyces

^۳ Micromonospora

^۴ Thermonomyces

^۵ Asperigallus

^۶ Penicillium dupontii fumigatus

منابع

- Abdul-Jalil MD (2010) Sustainable development in malaysia: a case study on household waste management. *J Sustain Dev* 3(3):91–102.
- Achudume AC, Olawale JT (2009) Occurrence of antibiotic resistant bacteria in waste site of Ede south west Nigeria. *J Environ Biol* 29:187–189.
- Anthony G, Elizabeth G (1981) Microbiology for environmental scientists & engineers. McGraw-Hill International Book Company, New York.
- Bavani M, Phon LL (2009) Using worms to reduce organic waste: DBKL to embark on a pilot project soon. *Saturday Metro*, 5 Dec 2009.
- Blight GE, Mb&e CM (1996) some problems of waste management in developing countries. *J Solid Waste Technol Manag* 23(1):19–27.
- Carboo D, Fobil JN (2006) Physico-chemical analysis of municipal solid waste (MSW) in the Accra metropolis. *West Africa J Appl Ecol*.
- Cointreau S (1982) Environmental management of urban solid wastes in developing countries: a project guide. Urban Development Department, World Bank, Washington.
- CPCB (Central Pollution Control Board) (2009) Assessment of plastic waste & its management at airports & railway stations in Delhi.
- CPHEEO (Central Public Health & Environmental Engineering Organisation) (2000) Manual on municipal solid waste management. Ministry of Urban Development, & Government of India.
- Eric Achnkeng (2003) Globalization, urbanization & municipal solid waste management in Africa, African studies association of Australasia & the Pacific 2003 conference proceedings—African on a global stage.
- Fobil JN, Carboo D, Clement C (2002) Defining options for integrated management of municipal solid waste in large cities in low income economies: the case of the Accra metropolis in Ghana. *J Solid Waste Technol Manag* 28(2):106–117.
- Hogarh JN, Fobil JN, Ofosu-Budu GK, Carboo D, Ankrah NA, Nyarko A (2008) Assessment of heavy metal contamination & macro-nutrient content of composts for environmental pollution control in Ghana. *Glob J Environ Res* 2(3):133–139.

- JICA (Japan International Cooperation Agency) (1985) Master plan & feasibility study on Seoul municipal solid waste management system in the republic of Korea. Draft final report, Tokyo, Japan.
- Lober DJ (1996) Municipal solid waste policy & public participation in household sources reduction. *J Inter Solid Waste Ass* 14:29–35 62 2 Waste Quantities & Characteristics.
- Low FL (1990) Solid waste management. Ministry of the Environment, Singapore.
- Ministry of Environment (1999) Annual report. Ministry of Environment, Singapore.
- Ministry of Environment (2000) Annual report. Ministry of Environment, Singapore.
- Mostafa KT, Najib WS (2008) Arab environment: future challenges 2008 Arab forum for environment & development.
- National Environmental Engineering Research Institute (1996) Background material for manual on solid waste management.
- Omuta GED (1999) Towards a sustainable environmental culture in Nigeria daily sketch Nigeria, March 25, no 21659.
- Othman N, Basri NEA, Yunus NM, Sidek LM (2008) Determination of physical & chemical characteristics of electronic plastic waste (Ep-Waste) resin using proximate & ultimate analysis method. *International conference on construction & building technology*, pp 169–180.
- Peter A, Allen H, Darby H (2006) Trash l&ings, how airlines & airports can clean up their recycling programs.
- Renbi B, Mardina S (2002) The practice & challenges of solid waste management in Singapore. *Waste Manage* 22:557–567.
- Shakibaie MR, Jalilzadeh KA, Yamakanamardi SM (2009) Horizontal transfer of antibiotic resistance genes among gram negative bacteria in sewage & lake water & influence of some physico-chemical parameters of water on conjugation process. *J Environ Biol* 29:45–49.
- Tchobanoglaus G, Theisen H, Eliassen R (1977) Solid wastes: engineering principles & management issues. McGraw-Hill, New York.
- Wess JA, Olsen LD, Sweeney MH (2004) Asphalt (bitumen). *Concise International Chemical Assessment Document 59* (2012) World health organization. Available at http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/CICAD59_Aspphalt_Web_Version_2004_08_04.pdf. Accessed 17 Mar 2012.

فصل سوم

ذخیره‌سازی و جمع‌آوری

اولین مرحله بلافاصله پس از تولید جمع‌آوری و ذخیره‌سازی است. ذخیره‌سازی را می‌توان پس از جمع‌آوری و قبل از دفع نهایی یا بازیافت/استفاده مجدد نیز انجام داد. جمع‌آوری پسماند جامد در مناطق مسکونی از دو بار در روز برای محله‌های مرفه‌تر به یک‌بار در هفته برای محله‌های فقیرنشین متغیر است و زاغه‌نشین‌ها نیز ممکن است به هیچ‌وجه خدمات جمع‌آوری زباله نداشته باشند. پس از جمع‌آوری، پسماند جامد خانگی به مکان‌های دفع منتقل می‌شوند. وسایل نقلیه‌ای که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل کامیون پشت‌باز یا کمپرسی با مجموعه‌ای از ماشین‌های با اندازه کوچک و متوسط می‌باشند. صنایع، جهت جمع‌آوری و انتقال به مکان‌های دفن با بخش‌های خصوصی قرارداد بسته و با فروش اکثر مواد فلزی و مواد بسته‌بندی به قراضه فروشی‌ها، بخشی از هزینه‌های تولید و ساخت را جبران می‌نمایند.

از میانه قرن نوزدهم، شهرداری‌ها زباله‌ها را جمع‌آوری می‌کنند. بیش از یک قرن است که شهرهای بزرگ در تمام قاره‌ها خدمات جمع‌آوری رسمی زباله در محل با رانده‌مان‌های مختلف دارند و مدت‌زمان ذخیره‌سازی به تعداد دفعات جمع‌آوری بستگی دارد؛ به عبارت دیگر، در بازه زمانی بین یک جمع‌آوری و جمع‌آوری دیگر، زباله باید ذخیره‌سازی شود. همان‌طوری که انتظار می‌رود، سیستم جمع‌آوری ضعیف منجر به انباشت بیش‌ازحد زباله در محل‌های ذخیره‌سازی می‌شود. از سوی دیگر، جمع‌آوری بیش‌ازحد بهره‌وری سیستم را کاهش می‌دهد. البته در موارد خاص همچون زباله عفونی، جمع‌آوری قبل از تکثیر میکروب‌ها و شیوع عفونت الزامی است. در سایر شرایط خاص مانند مناطقی که دچار حادثه شده‌اند، زباله باید به‌طور مداوم جمع‌آوری و منتقل شود و یا به محل‌های ذخیره‌سازی نزدیک، جابه‌جا گردد.

به عنوان اقدام پیشگیرانه قبل از (Aero india, 2011) در نمایشگاه بین‌المللی هوا و فضای شرکت هواپیمایی دفاعی و غیرنظامی، تمام گوشت‌فروشی‌ها و رستوران‌های کوچک اطراف محل نمایشگاه توسط مسئولین بسته شدند تا از ایجاد مزاحمت و تهدید ایمنی افراد شرکت‌کننده در نمایشگاه توسط پرندگان لاشخور جلوگیری شود. همچنین، مسئولان از مراجع ذی‌ربط خواستند تا زباله انباشته‌شده در محل رویداد را پاک‌سازی کنند (The Hindu, 2011). علاوه بر این، اقداماتی نیز جهت پوشاندن زباله با استفاده از تورهای بزرگ در مراکز رسیدگی به زباله نزدیک به محل رویداد انجام شد تا از مزاحمت پرندگان جلوگیری شود.



شکل ۳-۱: مراحل مختلف مدیریت پسماند جامد



شکل ۳-۲: انباشت پسماند بدون توجه بدون مسائل زیست‌محیطی

شکل ۳-۱ مراحل مختلف سیستم مدیریت پسماند جامد را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل آمده است، ذخیره‌سازی و جمع‌آوری از مراحل مهمی هستند که ممکن است مدیریت ناکارآمد از آنجا شروع شود. ذخیره‌سازی مناسب در محل همراه با تفکیک، از فشار جداسازی در

مرحله پردازش کم می‌کند. تفکیک به ترکیبات کم تجزیه‌پذیر و غیرقابل تجزیه باعث هدایت زباله قابل تجزیه به کمپوست‌سازی و زباله غیرقابل تجزیه به مراحل بیشتر طبقه‌بندی و یا پردازش می‌شود، همان‌گونه که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است، ذخیره‌سازی در صنعت بدون در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی انجام می‌شود، به‌طوری‌که ممکن است گردوغبار حاصل از زباله باعث آلودگی هوا شود، واکنش‌های داخل زباله منجر به انتشار دوده‌های سمی گردند و آب باران مواد شیمیایی موجود در زباله را جذب و به آب‌های زیرزمینی و سطحی منقل کند. شکل ۳-۳ نمونه‌های مختلفی از ذخیره‌سازی، جمع‌آوری و انتقال زباله را نشان می‌دهد.

ذخیره‌کردن در محل اغلب به شکل یک سطل زباله ساده می‌باشد که تمام ضایعات در آن انباشته می‌شوند تا جمع‌آوری‌کننده آن‌ها را تخلیه کند. بسیاری از زباله جمع‌کن‌ها این سطل‌های زباله را برای یافتن مواد با ارزش جستجو می‌کنند که این امر باعث مخلوط شدن بیشتر مواد موجود در سطل زباله می‌گردد. در مرحله بعد، زباله توسط وسایل نقلیه کوچک جمع‌آوری و جهت تخلیه به وسایل نقلیه بزرگ‌تر منتقل می‌شود. زباله موجود در وسایل نقلیه بزرگ‌تر یا برای پردازش قبل از دفع و یا مستقیماً برای دفع، به مقاصد مشخص حمل می‌شوند.

۳-۱- ذخیره‌سازی

طرح‌های مختلفی برای محفظه‌های جمع‌آوری در دسترس است (جدول ۳-۱). مخزن زباله رابیش اسکپ^۱ محفظه بزرگ روبازی است که برای تخلیه در یک وسیله نقلیه خاص و نه انتقال به ماشین زباله در محل، طراحی شده است. در بسیاری از مکان‌ها این محفظه‌ها جهت پر کردن زباله از طریق واحدهای تولیدکننده و یا جمع‌آوری‌کننده درب به درب استفاده می‌شود. یک مخزن زباله اسکپ ممکن است با یک مخزن اسکپ خالی جایگزین شود. زباله‌دان محلی^۲/دامپستر یک محفظه زباله بزرگ فولادی می‌باشد که جهت تخلیه به داخل کامیون پسماند جامد طراحی شده است. این عبارت از علامت تجاری مارک دامپستر گرفته شده است اما در کشورهایی که دامپستر نام تجاری شناخته شده‌ای نیست نیز استفاده می‌شود.

^۱ Rubbish skip

^۲ Dumpster

ظرفیت	توضیح	کاربرد رایج	روش های جمع آوری
۸۵ L	پوشش های پلاستیکی سطل	تجارت های کوچک، صنعتی، خانگی، مکان های عمومی	پوشش ها به طور مستقیم و دستی به ماشین های جمع آوری منتقل می شوند
۸۵ L	سطل های لاستیکی/استیل گالوانیزه	تجارت های کوچک، صنعتی، خانگی، مکان های عمومی	سطل ها به طور مستقیم و دستی در ماشین های جمع آوری تخلیه می شوند
۱۲۰/۲۴۰ L	سطل های پسماند قابل حرکت	تجارت های کوچک، صنعتی، خانگی، مکان های عمومی	کامیون های بارگیری فشرده کننده زباله با تجهیزات بالا بر کامیون های بارگیری فشرده کننده زباله با تجهیزات بالا بر کامیون های بارگیری فشرده کننده زباله با تجهیزات بالا بر
$1/2 m^3$	محفظه های پسماند قابل حرکت	تجارت های کوچک، صنعتی	کامیون های بارگیری فشرده کننده زباله با تجهیزات بالا بر
$4-11 m^3$	محفظه های پر گنجایش	تجارت های بزرگ، صنعتی، پسماند باغبانی، پسماند ساخت و تخریب، مکان های عمومی، پسماندهای حجیم	وسایل نقلیه غلطکی وسایل نقلیه غلطکی
$15-30 m^3$	محفظه های پر گنجایش رو باز	تجارت های بزرگ، صنعتی، پسماند باغبانی، پسماند ساخت و تخریب، مکان های عمومی، پسماندهای حجیم	
$15, 11 m^3$ و ۳۵	محفظه های بسته	تجارت های بزرگ، صنعتی، پسماند باغبانی، پسماند ساخت و تخریب، مکان های عمومی، پسماندهای حجیم مراکز خرید بزرگ، ایستگاه های انتقال و صنایع	

بنا بر آنچه قبلاً بحث شد، ذخیره سازی می تواند در مکان تولید زباله و یا خارج از آن مکان باشد. شکل ۳-۴ ذخیره سازی خارج از مکان مربوط به پسماندهای کاغذی تفکیک شده که جهت بازیافت آماده هستند را نشان می دهد. در حالی که در برخی از کشورها از زباله جهت خیس نشدن توسط برف و باران محافظت می شود (شکل ۳-۵) تا از مشکلات بیشتر در هنگام انتقال، پردازش و دفع

جلوگیری گردد، در برخی از کشورهای در حال توسعه، زباله به صورت روباز پشته می‌شود (شکل ۳-۶).

۳-۲- جمع‌آوری

انواع مختلف جمع‌آوری زباله در جهان استفاده می‌شوند. در یائونده کامرون^۱ از دو نوع سیستم جمع‌آوری استفاده می‌کنند (۱) جمع‌آوری اولیه و (۲) جمع‌آوری ثانویه. جمع‌آوری اولیه در سطح خانگی انجام می‌شود، در حالی که جمع‌آوری ثانویه توسط شورای شهر یا پیمانکاران آن صورت می‌گیرد. علاوه بر سیستم جمع‌آوری اولیه و ثانویه (شکل ۳-۷) برخی از سیستم‌های مدیریت پسماند جامد نیز می‌توانند سیستم جمع‌آوری سومی را جهت پردازش زباله جمع‌آوری شده با سیستم جمع‌آوری ثانویه، اضافه کنند.

جمع‌آوری ضایعات جامد قابل تفکیک و غیرقابل تفکیک یکی از بخش‌های مهم مدیریت پسماند جامد است. جمع‌آوری با سطل‌های زباله حاوی موادی که از سوی تولیدکنندگان آن‌ها، غیرقابل استفاده شناخته می‌شوند، آغاز شده و با حمل به محل پردازش، انتقال یا دفع پایان می‌یابد. جمع‌آوری زباله، بیشتر در ساعاتی که ترافیک کم است، انجام می‌شود. در استرالیا، مجموعه سطل‌های کنار خیابان، روش جمع‌آوری زباله است. تمام خانه‌ها در منطقه شهری دارای سه سطل زباله برای (۱) مواد قابل بازیافت، (۲) زباله عمومی و (۳) مواد و مصالح کشاورزی و باغبانی هستند. همچنین، بسیاری از خانه‌ها دارای سطل مربوط به مواد کمپوست نیز هستند. برخی از کشورهای توسعه‌یافته در سراسر جهان، پسماند جامد را از طریق سیستم خلأ زیرزمینی انتقال می‌دهند. در هند، مجموعه سطل‌های کنار خیابان و جمع‌آوری درب به درب روش معمول دفع زباله است. در تایپه، زباله توسط شورای شهر در کیسه‌های زباله مورد تأیید دولت جمع‌آوری می‌شود.

^۱ Yaounde Cameroon

ذخیره در-محل



ذخیره در خارج از محل



جمع آوری



انتقال



حمل و نقل



شکل ۳-۳: نمونه هایی از ذخیره در-محل، خارج از محل، جمع آوری، انتقال، حمل و نقل



شکل ۳-۴: کاغذهای تفکیک شده که جهت بازیافت ذخیره شده اند



شکل ۳-۵ جهت محافظت از پسماند در برابر برف و باران در ذخیره‌سازی در-محل



شکل ۳-۶: توده‌های پسماندهای تفکیک‌شده با هدف بازیافت

از آنجاکه شهرنشینی/شهرسازی در ملل در حال توسعه زمان کمتری جهت طرح و برنامه‌ریزی مناسب در اختیار قرار می‌دهد، حمل زباله‌ها از خانه‌ها، صنایع، تأسیسات تجاری و غیره به مشکلی روزافزون تبدیل شده است. بسیاری از شهرهای در حال رشد سریع در ملل در حال توسعه در حومه زیستگاه‌های موجود هستند و مدیریت پسماند به دلیل افزایش ترافیک اثربخشی کمتری دارد. UNEP (۱۹۹۶) برآورد کرده است که بیش از ۷۰٪ وسایل نقلیه مورد استفاده جهت جمع‌آوری/انتقال در آفریقای غربی، ممکن است به‌زودی خراب‌شده و از کار بیفتند. در باربادوس^۱ هیچ محفظه‌ای برای جمع‌آوری زباله تعبیه نشده است و هر خانه باید محفظه جمع‌آوری زباله برای خود تهیه کند (Headley, 1998).

جمع‌آوری پسماند جامد در بین کشورهای و شهرها متفاوت است. برخی شهرها همچون کینشاسا^۲، هیچ سیستمی برای جمع‌آوری زباله ندارند. جنگ، شورش، بحران و یا عدم رونق اقتصادی و منازعات سیاسی در تولید و مدیریت پسماند جامد تأثیر دارند. در طول جنگ داخلی،

^۱ Barbados

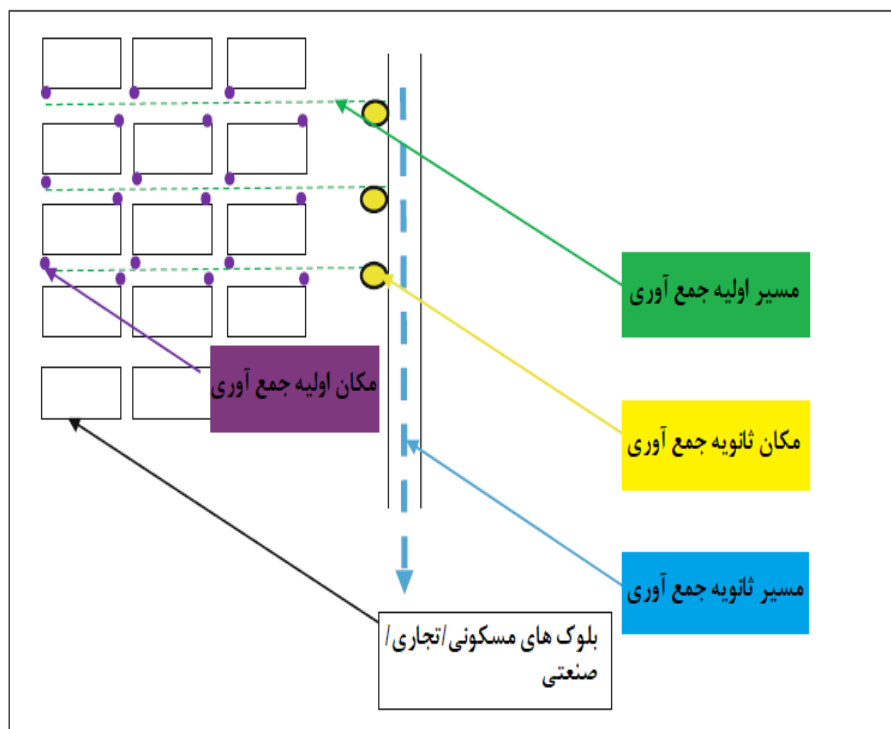
^۲ Kinshasa

پشته‌های فراوانی از پسماند جامد در کل شهر موگادیشو^۱ سومالی انباشته شد (Barise, 2001). اگرچه کشورهای آفریقایی ۵۰-۲۰٪ از بودجه شهری خود را صرف مدیریت پسماند جامد می‌کنند اما دامنه جمع‌آوری تنها ۸۰-۲۰٪ مناطق را شامل می‌شود. فساد، اغلب نقش عمده‌ای را در مدیریت پسماند جامد دارد. عوامل دیگری نیز ممکن است تأثیرگذار باشند؛ برای مثال، در طول جنگ داخلی در شهر موگادیشو سومالی، سربازان مانع پرداخت هزینه خواسته‌شده جهت فعالیت‌های پاک‌سازی برای جمع‌آوری زباله از کل شهر شدند (Barise, 2001).

در طول زمان، سیستم‌های جمع‌آوری مختلفی مورد استفاده قرار گرفته و تکامل یافته‌اند. یکی از اولیه‌ترین سیستم‌ها در شکل ۳-۸ نشان داده شده است، جاییکه زباله توسط افراد به صورت درهم و ادغام شده دور ریخته می‌شد و واحدهای ارائه‌دهنده خدمات با جارو زدن و برداشتن دستی، آن‌ها را جمع‌آوری می‌کردند. این زباله‌ها یا پشته شده و یا در کیسه‌ها/محفظه‌ها ریخته شده و به ماشین جمع‌آوری انتقال داده می‌شدند. چنین سیستمی ممکن است هنوز در جاهایی که فقدان حس مدنی در ساکنین دیده می‌شود، استفاده شود. مثال‌هایی از این سیستم را می‌توان بیشتر در کشورهای در حال توسعه مشاهده کرد، اما گاهی اوقات چنین سیستمی در کشورهای توسعه‌یافته نیز دیده می‌شود.

سیستم جمع‌آوری با سطل زباله ثابت (شکل ۳-۹) کمی بهتر از سیستم جمع‌آوری درب به درب زباله است، زیرا در جایی که سطل زباله وجود دارد، مردم زباله‌های خود را در این سطل‌ها می‌ریزند. برگ و دیگر نخاله‌های طبیعی در این سطل‌ها می‌افتند. این سطل‌ها به صورت دستی در فواصل معین و متغیر از یک بار در روز، یک بار در هفته و یا هر فاصله زمانی دیگری تخلیه می‌شوند. ضعف چنین سیستمی این است که اگر به طور مرتب تخلیه صورت نگیرد، میزبان جوندگان و سگ و گربه می‌شود. این سطل‌ها بسته به بودجه در دسترس و دانش/عملکرد مدیریت پسماند جامد محلی، ساخته می‌شوند.

^۱ Mogadishu

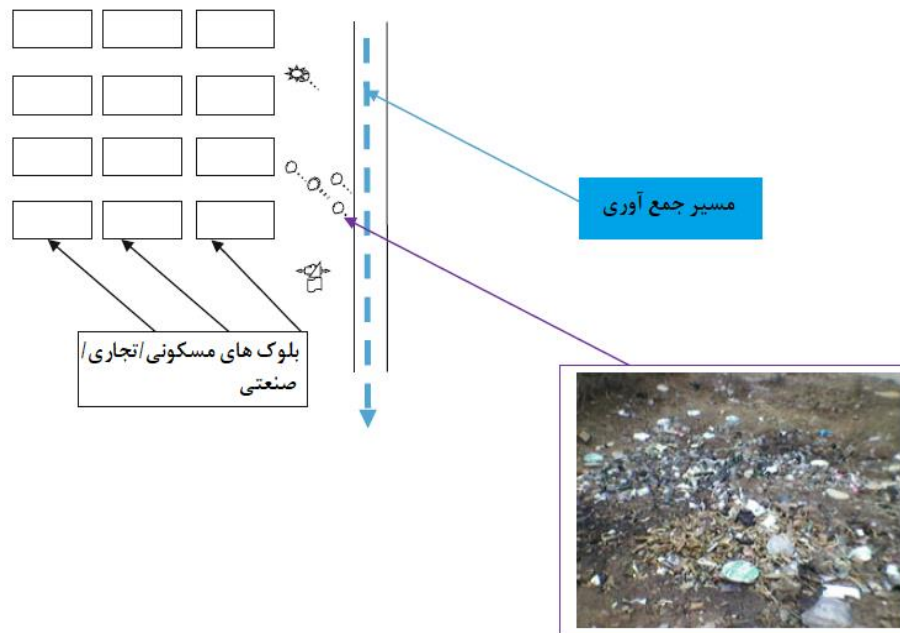


شکل ۳-۷: نمایش تصویری سیستم جمع آوری اولیه و ثانویه

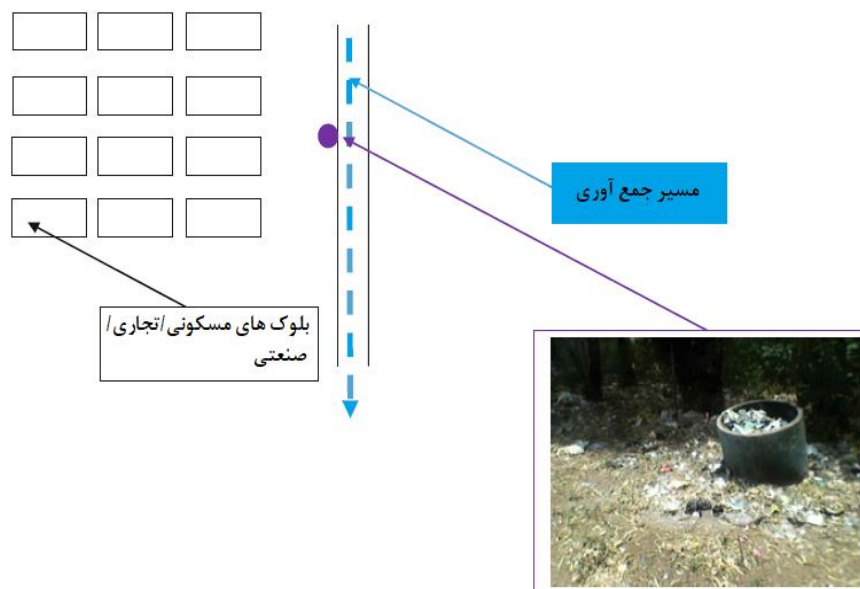
هندوستان از ترکیب جمع آوری درب به درب زباله و سیستم سطل زباله ثابت استفاده می کند. جمع آوری زباله در شهرهای بزرگ راندمان ۷۰-۹۰٪ داشت، در حالی که در شهرهای کوچک این میزان کمتر از ۵۰٪ بود. در حدود ۶۰-۷۰٪ کل هزینه صرف جارو کردن خیابان و ۲۰-۳۰٪ صرف حمل و نقل شده است و کمتر از ۵٪ صرف دفع نهایی زباله گشته است.

شکل ۳-۱۰ سیستم حمل با محفظه را نشان می دهد؛ محفظه های پر از زباله به ایستگاه انتقال و یا محل بهینه سازی/دفع، حمل می شوند و محفظه های خالی به جای خود بازگردانده می شوند.

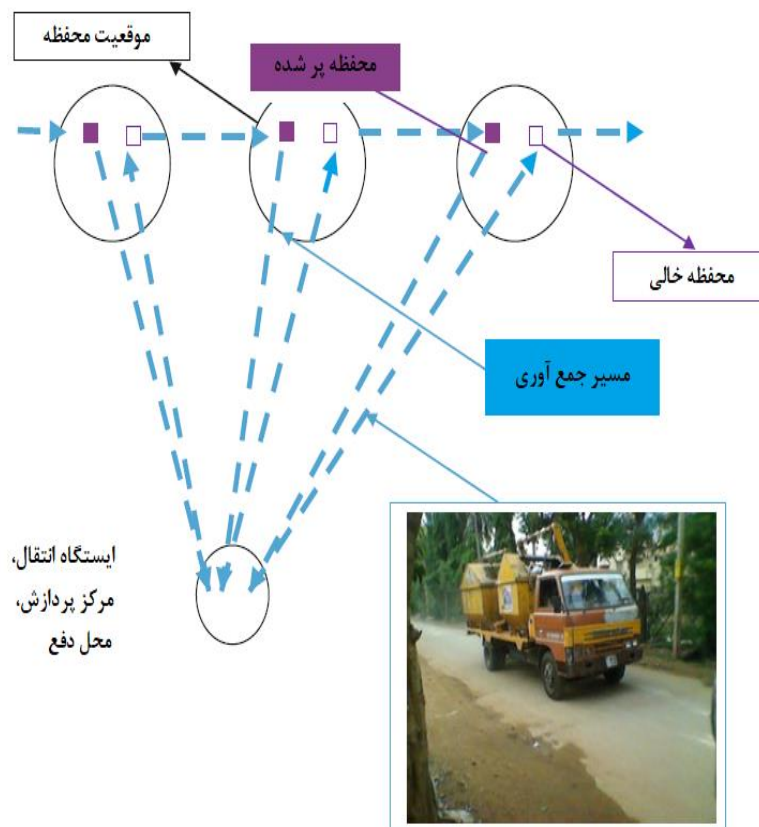
شکل ۳-۱۱ سیستم جمع آوری محفظه ثابت را نشان می دهد؛ محفظه ها در محل جمع آوری، به داخل ماشین جمع آوری تخلیه می شوند.



شکل ۳-۸: یک سیستم جمع‌آوری زباله



شکل ۳-۹: سیستم جمع‌آوری با سطل‌های ثابت زباله برای پسماند جامد



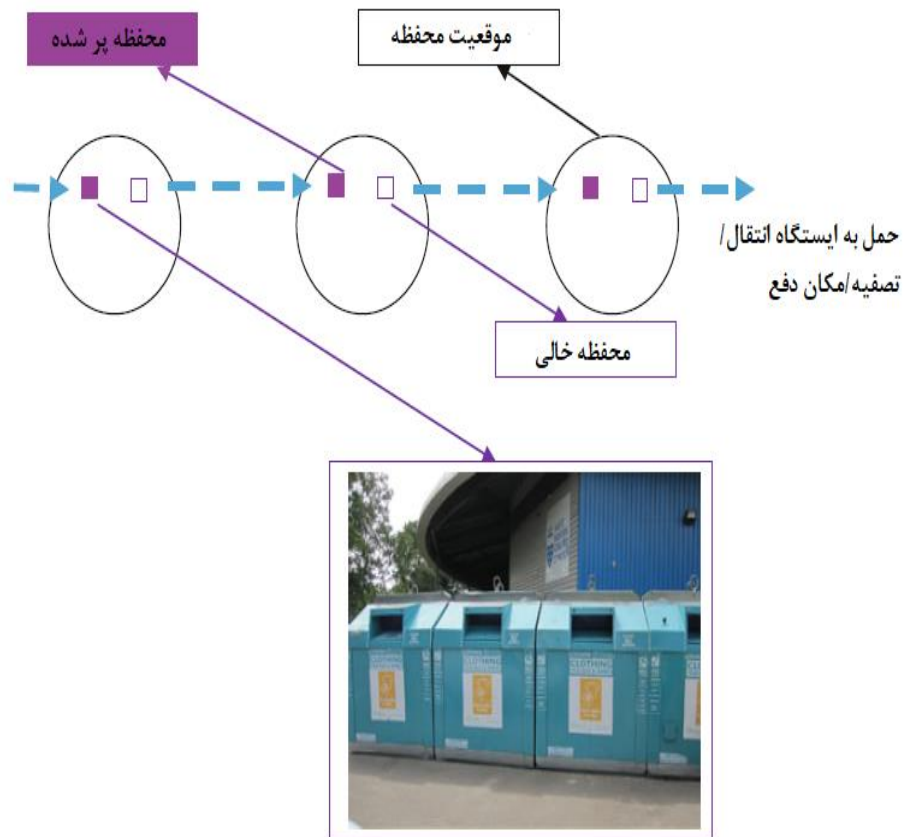
شکل ۳-۱۰: سیستم محفظه سیار

تمام انواع سیستم‌های جمع‌آوری در یکی از سیستم‌هایی که در قسمت بالا به آن‌ها اشاره شد، قرار نمی‌گیرند. سیستم ترکیبی و یا منفرد، جهت ساخت و تخریب ضایعات، ضایعات کشتارگاه‌ها، WEEE، زباله‌های مربوط به حوادث طبیعی و زباله‌های رادیواکتیو استفاده می‌شود و به‌طور کلی موقعیت عامل تعیین‌کننده روش است.

عبارت جمع‌آوری شامل جمع‌آوری پسماند جامد از منابع، سپس حمل و تخلیه آن در محل‌های تخلیه می‌باشد. انواع اصلی خدمات جمع‌آوری عبارت‌اند از: (۱) زباله تفکیک‌شده و (۲) زباله به هم آمیخته.

روش‌های دستی جمع‌آوری عبارت‌اند از: (۱) حمل و تخلیه مستقیم در ماشین جمع‌آوری، (۲) چرخاندن محفظه روی لبه‌های آن جهت تخلیه در ماشین جمع‌آوری و (۳) چرخاندن محفظه با چرخ به داخل ماشین جمع‌آوری.

در برخی مواقع، محفظه های بزرگ به نام محفظه های قابل حمل^۱ و دارای پارچه های از جنس برزنت استفاده می شوند تا زباله از محفظه های کوچک در آنها تخلیه شود.



شکل ۳-۱۱: سیستم محفظة ساکن

¹ Tote containers

۳-۲-۱- جمع‌آوری از خانه‌های کم ارتفاع و جدا

معمول‌ترین خدمات جمع‌آوری مسکونی برای خانه‌های جدا و کم ارتفاع (شکل ۳-۱۲) عبارت‌اند از: (۱) کنار خیابان^۱، (۲) در کوچه^۲، (۳) بیرون گذاشتن-داخل آوردن^۳، (۴) جمع‌آوری درب به درب^۴، (۵) بیرون گذاشتن^۵ و (۶) حیاط‌خلوت^۶.



شکل ۳-۱۲: نمایی از ارتفاع کم خانه‌های دور از هم

در صورت استفاده از سطل‌های کنار خیابان، صاحب‌خانه کیسه‌های زباله را در سطل‌های کنار خیابان برای جمع‌آوری قرار می‌دهد و به خانه برمی‌گردد. خدمات کوچه زمانی استفاده می‌شود که

¹ Curb

² Alley

³ Setout-setback

⁴ Door to door collection

⁵ setout

⁶ Backyard carry

کوچه‌ها بخشی از منطقه مسکونی باشند. در روش بیرون گذاشتن-داخل آوردن، صاحب‌خانه سطل را بیرون می‌گذارد و مسئولین جمع‌آوری آن را تخلیه می‌کنند. در جمع‌آوری درب به درب، تولیدکننده زباله، ضایعات را به جمع‌کننده تحویل می‌دهد. در روش بیرون گذاشتن، صاحب‌خانه محفظه‌های مخصوص زباله را به محل جمع‌آوری بازمی‌گرداند.

۳-۲-۲- جمع‌آوری از آپارتمان‌های دارای ارتفاع کوتاه و متوسط

بسیاری از ساکنین آپارتمان‌های با ارتفاع کوتاه و متوسط از خدمات جمع‌آوری سطل‌های زباله مستقر در خیابان استفاده می‌کنند و معمولاً سرایداران، این زباله‌ها را به مجموعه سطل‌های کنار خیابان منتقل می‌نمایند.

۳-۲-۳- جمع‌آوری از آپارتمان‌های بلند

در آپارتمان‌های بلند، زباله توسط سرایدار یا افراد ساکن و یا از طریق شوتینگ تخلیه می‌شود. در برخی از کشورها سیستم‌های حمل‌ونقل بادی^۱ زیرزمینی همراه با سیستم شوتینگ نیز استفاده می‌شوند.

۳-۲-۴- جمع‌آوری از واحدهای بزرگ بازرگانی و یا صنعتی

پسماند جامد تأسیسات بازرگانی و صنعتی در ساعاتی که ترافیک کم است، مانند صبح خیلی زود جمع‌آوری می‌گردد. زباله‌ها معمولاً در محل‌های از قبل تعیین‌شده انباشته می‌شوند تا جمع‌آوری کنندگان آن‌ها را تخلیه کنند.

۳-۲-۵- وسایل نقلیه جهت جمع‌آوری

تقریباً تمام انواع وسایل نقلیه (شکل ۳-۱۳ a و b) برای جمع‌آوری زباله و مواد استفاده می‌شوند. وسایل نقلیه دستی^۲ در موارد زیر کاربرد هستند (UNEP, 1996): (۱) مناطق پرجمعیت با دسترسی متوسط به خیابان و یا دارای خیابان‌های آسفالت نشده، (۲) شهرک‌های مسکونی غیرقانونی، (۳) زمین‌های پر تپه، مرطوب یا خشن و (۴) حجم نسبتاً کم زباله از تعداد نسبتاً زیاد شهرک‌های متراکم شهری. معایب این نوع وسایل نقلیه عبارت‌اند از: (۱) از مد افتاده و یا شرم‌آور بودن این نوع وسایل، (۲) میزان رفت‌وآمد محدود و آهسته در مقایسه با وسایل نقلیه

^۱ Pneumatic

^۲ Muscle-powered

روش دستی		روش دستی و ساده جمع آوری بدون داشتن سرمایه انجام می شود و زباله جمع کن هایی که توان تهیه وسایل نقلیه را ندارند از این روش استفاده می کنند.
گاری دستی		گاری ها معمولا وسایل ساده ای هستند و تقریبا در تمام انواع جاده ها قابل استفاده اند. می توان این گاری ها را در هر مکانی نگه داشت و به جمع کردن پسماند پرداخت. با این روش جمع آوری پسماند دور ریخته شده و زباله حاصل از جاروب خیابان ها آسان می باشد.
گاری حیوانات		گاری هایی که توسط حیوانات حمل می شوند به طور گسترده در مناطق روستایی و نیمه شهری استفاده می گردند. چندین گاری می توانند به در جایی که علوفه و برگ زیادی برای حیوانات وجود دارد نگهداری شوند که این امر هزینه ای نیز ندارد.
دوچرخه		دوچرخه معمولا در شرایط جمع آوری درب به درب استفاده می شود، به ویژه در مناطق تجاری که پسماند قابل بازیافت می تواند توسط سرایدار اداره یا موسسه تجاری جمع آوری شود.
سه چرخه		سه چرخه زمانی استفاده می شود که نیاز به تفکیک زباله وجود دارد و مقدار پسماند بیشتر از میزان قابل حمل توسط دوچرخه و کمتر از میزانی است که نیاز به وسایل نقلیه دارای موتور باشد.
اتومبیل سه چرخه		اتومبیل سه چرخه معمولا در شرایطی که مقدار کمی زباله باید از تعداد مکان های زیادی جمع شود، کاربرد دارد.

شکل ۳-۱۳: انواع وسایل جمع آوری

کامیون کوچک



کامیون‌های کوچک در داخل شهرها، به ویژه در جاده‌هایی که کامیون‌های متوسط و بزرگ قادر به عبور نیستند، مفید می‌باشند. کامیون‌ها می‌توانند توسط تور پوشانده شده و یا از طریق گونی‌های زباله پر شوند.

کامیون متوسط



کامیون‌های متوسط در صورتی که نیاز به حمل سه‌الی پنج تن پسماند باشد، مناسب هستند. این مورد برای جمع‌آوری از مجتمع‌های خرید یا اداری بزرگ ترجیح داده می‌شود.

کامیون دارای فشرده‌کننده



کامیون دارای فشرده‌کننده نیاز به شرایط خاص نگهداری دارد و زمانی که زباله دارای چگالی پایین است، ترجیح داده می‌شود.

تراکتور



تراکتورهای با یا بدون متعلقات مانند مورد نشان داده شده در تصویر در شرایطی که جاده باریک باشد، به طور مناسب آسفالت نشده باشد یا آسفالت نباشد، کاربرد دارد.

کشتی

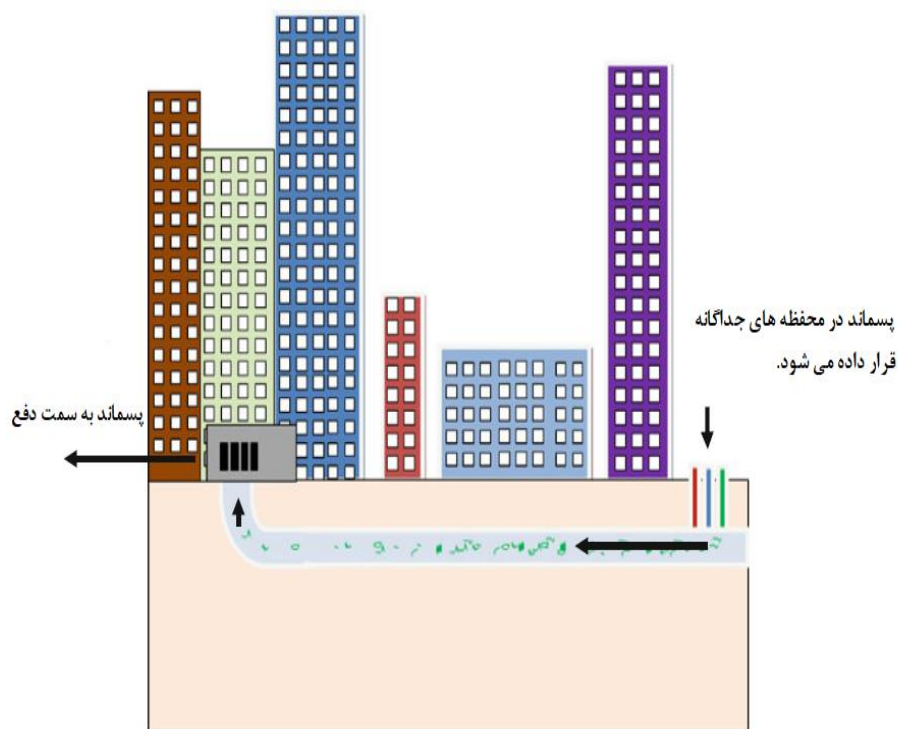


کشتی یا قایق در صورتی استفاده می‌شود که نیاز به جمع‌آوری زباله از کناره یا سطح آب باشد. در صورتی که کشور یا منطقه دارای سیستم مناسب از کانال‌ها باشد، می‌توان کامیون‌ها را جایگزین کشتی و قایق نمود.

ادامه شکل ۳-۱۳: انواع وسایل جمع‌آوری

سوختی، ۳) تأثیر بیشتر قرار گرفتن در معرض آب و هوا بر حیوانات و انسان و ۴) مسائل مربوط به خوی و سلامت حیوانات و غیره (UNEP, 1996).

کامیون‌های بدون کمپرسی مورد استفاده جهت حمل کالاها در شرایط زیر به صورت گسترده برای جمع‌آوری زباله استفاده می‌شوند: ۱) زباله بسیار مرطوب یا متراکم باشد، ۲) نیروی کار نسبتاً ارزان باشد، ۳) دسترسی به تعمیر و نگهداری تجهیزات محدود باشد، و ۴) مسیرهای جمع‌آوری، طولانی و شلوغ باشند.



شکل ۳-۱۴: سیستم جمع‌آوری بادی زباله

کامیون‌های کمپرسی در صورت وجود جاده‌های آسفالت و کم بودن تراکم/رطوبت زباله باصرفه هستند. معایب اصلی این نوع کامیون‌ها عبارت‌اند از: ۱) مقامات دولتی تصور می‌کنند که هدف استفاده از کمپرسی‌ها، بروز کردن است، ۲) به هزینه سرمایه‌گذاری اولیه زیاد و تعمیر و نگهداری متعاقب نیاز است، ۳) نیاز به افراد مجرب جهت تعمیر و نگهداری وجود دارد، ۴) ممکن است که لوازم‌یدکی در بازارهای محلی موجود نباشند و ۵) زباله مرطوب، چرب و سوزش‌آور باشد.

سنگاپور، هم سیستم جمع‌آوری مستقیم و هم سیستم جمع‌آوری غیرمستقیم دارد و در سیستم جمع‌آوری مستقیم، زباله از خانه‌ها به‌صورت تک‌به‌تک جمع‌آوری می‌شود و جمع‌آوری غیرمستقیم دو نوع سیستم دارد: (۱) در نوع اول، زباله در محفظه‌های حجیم مستقر در زیرزمین آپارتمان‌ها جمع شده و به‌صورت دستی به سطل زباله انتقال می‌یابد. سپس، محتویات سطل زباله به مکان‌های دفع زباله حمل می‌شود، (۲) در نوع دوم، شوتینگ زباله متمرکز^۱ (CRC)، زباله‌های مسکونی از آپارتمان‌های منفرد به محفظه‌های زباله مرکزی تخلیه شده و از آنجا به ماشین جمع‌آوری زباله منتقل می‌شوند.

وسایل نقلیه در برخی کشورها مجهز به ردیاب، جی‌پی‌اس (GPS)، ژئوتگ^۲، ژئوفنس^۳، سامانه بازشناسی با امواج رادیویی (RFID)^۴ هستند تا مکانیسم جمع‌آوری به‌خوبی کنترل و نظارت شود. GPS به واحد نظارت کمک می‌کند تا حرکت وسیله نقلیه را بر روی مانیتور کامپیوتر از طریق سیگنال‌های متناوب فرستاده شده از دستگاه GPS نصب شده بر روی وسیله نقلیه ردیابی کند. RFID و ژئوفرنس^۵، رسیدن وسیله نقلیه به محفظه زباله را تأیید می‌کنند. ژئوتگ به کارکنان ماشین جمع‌آوری زباله و واحد نظارت هشدار می‌دهد.

۳-۲-۶- سیستم جمع‌آوری زباله بادی

پرهزینه بودن سیستم جمع‌آوری زباله بادی^۶ (PRC) (شکل ۳-۱۴) ارائه شده به سنگاپور در سال ۱۹۹۸ با سرمایه ۲۰۰۰ دلار برای هر آپارتمان و هزینه عملیاتی ۱۳ دلار ماهیانه/آپارتمان به اثبات رسید. سیستم CRC سنگاپور هزینه سرمایه‌گذاری ۱۴۶ دلار برای هر آپارتمان و هزینه عملیاتی ۳ دلار ماهیانه/آپارتمان را دارد (Renbi & mardina, 2002).

۳-۳- انتقال و حمل‌ونقل

ایستگاه‌های انتقال تأسیساتی هستند که در آنجا زباله از ماشین‌های کوچک‌تر جمع‌کننده زباله به وسایل نقلیه بزرگ‌تر جهت حمل به مکان‌های دفع و پردازش، انتقال پیدا می‌کند. انتقال به‌روش‌های مختلف انجام می‌شود: (۱) به‌طور مستقیم از ماشین‌های کوچک‌تر به وسایل نقلیه

^۱ Centralized refuse-chute

^۲ Geotag

^۳ Geofence

^۴ Radio frequency identification

^۵ Georeference

^۶ Pneumatic Refuse Collection

بزرگ‌تر، ۲) تخلیه زباله انتقال یافته توسط وسایل نقلیه کوچک‌تر در فضای باز، ۳) انتقال زباله از طریق زیرساخت‌ها همراه با حذف، تفکیک، فشرده‌سازی، خرد کردن و غیره. وسایل نقلیه جمع کننده زباله مسیر کوتاه‌تری را طی کرده، زباله را تخلیه نموده و دوباره برای جمع‌آوری زباله بازمی گردند.

ایستگاه‌های انتقال طراحی شده در کشورهای توسعه یافته دارای زباله‌دان‌هایی هستند که دستگاه‌هایی جهت انتقال زباله به وسایل نقلیه بزرگ‌تر دارند. بخش‌هایی از زباله که دارای ارزش بازیافت هستند، ذخیره و پردازش می‌شوند تا هزینه مدیریت پسماند جامد، جبران و بازیابی گردد (شکل ۳-۱۵).

انواع مختلفی از ایستگاه‌های انتقال وجود دارد که با توجه به نیاز محلی و محدودیت‌ها طراحی شده‌اند. برخی از انواع مهم عبارت است از:

زباله‌دان باز
در این نوع، کامیون‌های جمع‌آوری زباله غیرمتراکم در زباله‌دان فضای باز تخلیه می‌شوند و تجهیزات رسیدگی به زباله آن‌ها را سازمان‌دهی کرده و در وسایل نقلیه بزرگ‌تر بار می‌کنند.

گودال روباز
در این نوع، وسایل نقلیه جمع‌آوری، زباله‌ای را که به صورت ماشینی یا دستی در وسایل نقلیه بزرگ‌تر بار شده است، در گودال‌های روباز تخلیه می‌کنند.

ایستگاه انتقال مستقیم
در این نوع، زباله مستقیماً از وسایل نقلیه کوچک‌تر به وسایل نقلیه بزرگ‌تر منتقل می‌شود.

ایستگاه انتقال محفظه‌دار
در این نوع، محفظه‌ها در فضای باز و یا سرپوشیده ساخته می‌شوند. وسایل نقلیه جمع‌آوری زباله را در یکی از محفظه‌ها خالی می‌کند، درحالی‌که در محفظه‌های دیگر تفکیک و خرد کردن و دیگر عملیات‌ها در حال انجام است. زمانی که عملیات‌های میانی مانند تفکیک و خرد کردن تمام می‌شود، زباله به وسیله نقلیه بزرگ‌تر انتقال می‌یابد.

بسیاری از شهرها در آفریقا سیستم مدیریت پسماند شهری سازمان‌یافته با محدوده پوشش جمع‌آوری ۸۰-۲۰٪ و دامنه ۴۰-۵۰٪ دارند (cal recovery Inc. IETC (UNEP International (Environmental Technology Center) 2005). جمع‌آوری با استفاده از وسایل مختلفی همچون کیسه که توسط انسان حمل می‌شود، یا چرخ‌دستی که انسان یا حیوان آن را می‌کشند، دوچرخه و سه‌چرخه، کامیون، کمپرسی، تریلر صورت می‌گیرد.

منابع

- Barise H (2001) Somali: cash from rash. BBC Focus on Africa. 12: 55 as cited in Eric Achnkeng (2003) Globalization, urbanization & municipal solid waste management in Africa. African studies association of Australasia & the Pacific (2003) conference proceedings—African on a global stage.
- CalRecovery Inc & IETC (UNEP International Environmental Technology Centre) (2005) Solid waste management (volume II: regional overviews & information sources).
- Headley J (1998) An overview of solid wastesolid waste management in Barbados. In: E. Thomas-Hope (ed) Solid waste management: critical issues for developing countries, Canoe Press, Kingston, pp 159–167.
- Renbi B, Mardina S (2002) The practice & challenges of solid wastesolid waste management in Singapore. Waste Manage 22:557–567.
- Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil SA (1993) Integrated solid waste management, engineering principles & management issues. McGraw-Hill, New York.
- UNEP (1996) International source book on environmentally sound technologies for municipal solid waste management. UNEP Technical Publication 6 Nov 1996.

فصل چهارم

استفاده مجدد و بازیافت مواد

کم کردن، بازیافت، استفاده‌ی مجدد مهم‌ترین اجزای مدیریت پسماند جامد است. در غیاب این اجزا پس از یک زمان محدود هیچ‌چیزی برای استفاده‌های بعدی در جهان باقی نخواهد ماند.

تکنیک استفاده‌ی مجدد مواد از جایی به‌جای دیگر متفاوت است. همان‌طور که در بخش قبلی بحث شد، پسماند جامد شهری می‌تواند از کاغذ، پارچه، سرامیک، سنگ‌های شنی، چرم، فلز، شیشه، پسماند غذا و مواد آلی قابل تجزیه‌ی دیگری تشکیل شده باشد. کشورهایی مانند انگلستان، سوئیس، اتریش و هلند به دلیل کمبود ظرفیت یا محل لندفیل‌ها دلایل اصلی پذیرش رو به رشد 3R (کاهش، بازیافت و استفاده‌ی مجدد) غذا و مواد آلی قابل تجزیه‌ی دیگر بودند. در ژاپن بیش از ربع قرن تحقیق در زمینه‌ی استفاده‌ی مجدد سیمان مخروبه انجام شد اما تنها مقدار کمی سیمان بازیافت گردید که به دلیل عدم برآوردن استانداردهای از پیش تعیین‌شده بود.

در انگلستان کفش، لباس، پارچه و لوازم فرعی که ۴ تا ۵ درصد از پسماند محلی کل (DTI 2002) را تشکیل داده بودند به‌منظورهای مختلفی استفاده شدند. حدود ۶۰۰۰ بانک در انگلستان وجود دارد که ۸۵ درصد آن‌ها توسط خیریه‌هایی اداره می‌شوند که لباس‌های استفاده‌شده را جمع‌آوری می‌کنند. در سال ۱۹۹۹، حدود ۴۳٪ متعلق به لباس‌های دست‌دوم بودند، ۲۲٪ به‌عنوان مواد پرکننده استفاده شدند، ۱۲٪ مربوط به لباس‌های گردگیری و ۷٪ مربوط به اصلاح ریشه‌ها بودند (Anne et al., 2006).

در دنیای پیشرفته استفاده مجدد و بازیافت پسماند به‌طور کلی در خود خانه اتفاق می‌افتد. خیلی از ساک دستی‌ها برای پر کردن مواد کارآمد یا پسماند قبل از دور انداختن آن‌ها دوباره استفاده می‌شوند. قوطی‌های حلبی و شیشه‌ای مواد غذایی برای ذخیره‌ی خواروبار در آشپزخانه یا به‌عنوان اسباب‌بازی برای کودکان استفاده می‌شوند. استفاده‌های دیگر کاغذهای قدیمی، بسته‌بندی یا تولید نیشکر برای تهیه‌ی مقوای نازک یا کاغذ است.

پسماندهای غذایی رستوران‌ها اغلب برای اغذیه دام‌ها استفاده می‌شوند. پسماند کشتارگاه‌ها به‌عنوان غذای سگ یا به‌منظور کوددهی استفاده می‌شود. پسماند ماهی اغلب برای تولید غذای ماکیان (مرغ و خروس خانگی) استفاده می‌شود درحالی‌که اخیراً مواد پلاستیکی برای اختلاط با قیر برای فرش کردن پیاده‌روها و جاده‌ها به کار می‌رود. پلاستیک هم‌چنین می‌تواند ذوب و تغییر شکل داده شود.



شکل ۴-۱: محل دریافت پسماند ناخالص در یک واحد فرایند پسماند

شن و rubles می‌تواند برای ساخت بلوک‌های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد. جزء فلزی به دلیل بازار آماده‌اش تقاضای گسترده‌ای در سراسر جهان دارد. جزء فلزی ذوب و تغییر شکل داده می‌شود. گزینه‌ی در دسترس دیگر برای کسر آلی پسماند استفاده مجدد انرژی توسط سوزاندن یا تکنیک دیگری مانند گرماکافت (پیرولیز) است.

جزء اصلی دیگر به نام شیشه می‌تواند برای تغییر شکل دادن ذوب شود. در بسیاری موارد بطری‌های استفاده‌شده شسته شده و دوباره استفاده می‌شوند، اما استفاده‌ی مجدد و بازیافت ۱۰۰٪ هنوز توسط هیچ کشوری محقق نشده است. ابزارهای استفاده مجدد و بازیافت مواد می‌توانند واحدهای پیچیده‌ی دریافت با مدیریت عالی مانند آنچه در شکل ۴،۱ نشان داده‌شده است یا این‌که تنها مکانی زیر درختان باشند.

جعبه‌ی ۴-۱: زابالین

زابالین (به معنی "مردم زباله" در زبان مصری-عربی) به عنوانی عامیانه برای جمع‌کننده‌های زباله در شهر کایرو از سال‌های حدود ۸۰ - ۷۰ درآمده است. با گسترش یافتن در ۷ منطقه‌ی مختلف دیگر، منطقه‌ی شهری بزرگ‌تر کایرو که بیش‌ترین تعداد ساکنانش متعلق به روستای موکاتام است به نام شهر زباله مشهور شد. در اوایل قرن اخیر مهاجران از کویر وِهی به کایرو آمدند تا پسماندها را جمع کنند. طی دهه‌ی ۱۹۴۰ - ۱۹۳۰ مهاجران جدیدی از مناطق بالایی مصر به‌منظور پرورش

خوک با استفاده از پسماند [به اینجا] آمدند و به جمع‌آوری زباله با امضای قراردادی با مهاجران اهل وهی پرداختند (Lise, ۲۰۱۰).

بازیافت‌های غیررسمی اغلب از گروه‌های اجتماعی یا اقلیت‌ها سرچشمه می‌گیرد. مثال‌هایی از آن شامل زبالین در مصر (جعبه‌ی ۴.۱)، با سوری‌ها، کارتونها، تراپروها و کاتاروها در کلمبیا، چمبروها در اکوادور، پینادورها، کاترونها و بوسکابوت‌ها در مکزیک، بوزوها در کاستاریکا و سیروها در آرژانتین می‌باشد (Dows و Medina, ۲۰۰۰; Berthier, ۲۰۰۳).

در بسیاری از کشورها بخش غیررسمی خدمات جمع‌آوری پسماند را در جایی که هیچ سیستم جمع‌آوری پسماند رسمی در آنجا وجود ندارد (Coad, ۲۰۰۳; Hann و هم کاران, ۱۹۹۸; Scheinberg, ۲۰۰۱) با انگیزه اقتصادی اولیه‌ای که درآمدی است که از طریق بازیافت پسماندهای جمع‌آوری شده می‌باشد فراهم می‌کند.



شکل ۴-۲: تفکیک زباله در محل جمع‌آوری

۴-۱- تفکیک

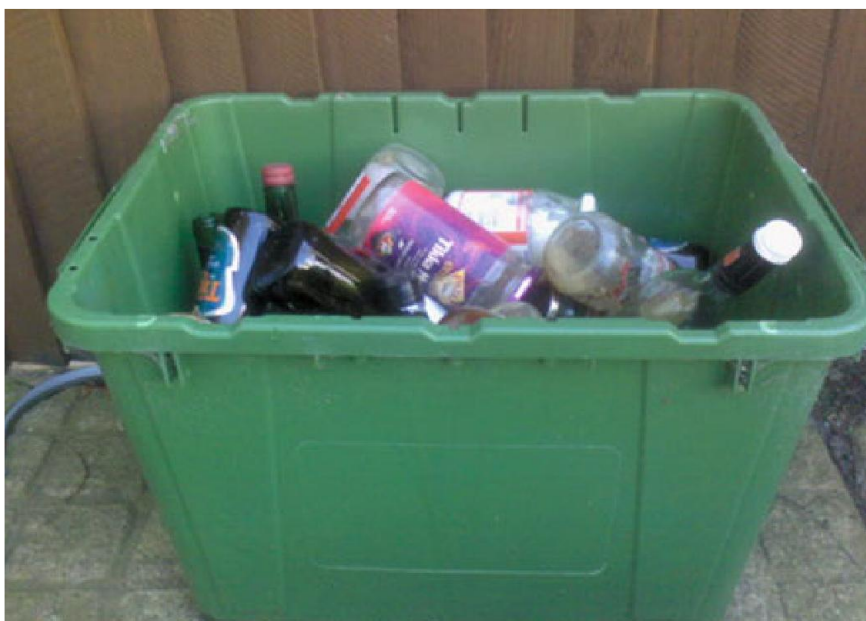
تفکیک پسماند جامد در: (۱) مبدأ (سکونتگاه‌ها، تالارهای اداری، صنایع و ...)، (۲) محل جمع‌آوری (شکل‌های ۴-۲ تا ۴-۹)، (۳) انتقال، (۴) محل دفع انجام می‌شود. به‌منظور انجام فرایندهای

اصلی بیولوژیکی نام برده در شکل ۱۰،۴، مهم‌تر از همه آن است که کسر غیرقابل تجزیه‌ی پسماند جامد تفکیک شود. بخش عمده‌ی تفکیک می‌تواند در خود محل جمع‌آوری رخ دهد. در بعضی مکان‌ها، پسماند در پوشش‌هایی بسته‌بندی و به مخازن تعبیه‌شده‌انداخته می‌شود. تفکیک انجام‌شده در نقطه‌ی جمع‌آوری اغلب درآمدهای جانبی را در مواردی که جمع‌کننده‌ها معمولاً کاغذها، بطری‌های سالم، وسایل فلزی و پلاستیکی را به‌منظور فروش به دلال‌های اجناس اسقاطی نگه می‌دارند برای جمع‌کننده‌های پسماند ایجاد می‌کند. تفکیک‌های پی‌درپی تا حد ماکزیمم نیاز بازار در برخی از بخش‌های هندوستان که کارگر به‌وفور یافت می‌شود در حال اجرا است. این سیستم اساساً بر پایه‌ی قاعده‌ی تفکیک در هر سطحی کار می‌کند. پسماند قابل تجزیه‌ی مناطق مسکونی و تجاری به‌منظور جلوگیری آلوده کردن پسماند غیرقابل تجزیه که می‌تواند قیمت را هنگام فروش پایین بیاورد، به‌طور جداگانه جمع‌آوری می‌شود. پسماند غیرقابل تجزیه به اجزای مختلفی تفکیک می‌شود. موادی مانند سیم‌های برق که مس را به‌عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده‌ی خود دارند به ارزش‌های بالاتری در مقایسه با بقیه می‌رسند اما مقدار آن‌ها ممکن است بسیار اندک باشد و به یک دوره‌ی طولانی تجمع نیاز داشته باشند. موادی مانند کاغذ یا پوشش پلاستیکی ممکن است بهای پایین‌تر برسند اما مقدار آن‌ها برای دفع هرروزه کافی خواهد بود.

پسماند آلی به محصول کارآمد تبدیل می‌شود که برای تولید پسماند صفر در انتهای فرایند طراحی شده است. چنین تکنیکی توسط گروه‌های کوچک کمکی در وُلر هندوستان اجرا شده است. این سیستم به‌گونه‌ای طراحی شده است که در مرحله‌ی طرح‌ریزی، خودمحور باشد.



شکل ۴-۳: پسماند تفکیک شده با واحد پسماند صفر که در آن اجزای پسماند در بیشترین حد ممکن تفکیک شده‌اند.



شکل ۴-۴ - بطری‌های شیشه‌ای در مخزن تعبیه شده جمع‌آوری شده‌اند.



شکل ۴-۵: محفظه‌های بزرگ تعبیه شده برای جمع‌آوری بطری‌ها



شکل ۴-۶: محفظه‌های بزرگ تعبیه شده برای بازیافت پسماند



شکل ۴-۷: محفظه‌ی تعبیه‌شده برای جمع‌آوری پسماند باغبانی

مقدار پسماند جمع‌آوری شده در دانشگاه صنعتی و بیمارستان بزرگ به تولیدکننده‌ی پسماند برای پرداخت خدمات نیاز ندارد، درحالی‌که اجتماع‌های کوچک نیاز است مبلغ ناچیزی که ممکن است به کوچکی هزینه‌ی یک عدد موز در ماه باشد پرداخت کنند.



شکل ۴-۸: نشانه‌های محفظه‌های تعبیه‌شده در یک اداره



شکل ۴-۹: محفظه‌های تعبیه‌شده برای تفکیک در مبدأ

کود آلی	تبدیل هوازی
اسیدهای آلی	هیدرولیز قلیایی
متان	تخمیر
اتانول	هضم بی‌هوازی

شکل ۱۰.۴ - فرایندهای بیولوژیکی برای استفاده مجدد تبدیل محصولات از پسماند جامد

در بعضی از مناطق شارژ خدمات توسط اهدای روزنامه‌های دریافتی ماهیانه به گروه‌های کمکی مستقل که بازار گسترده‌ای دارند پرداخت می‌شود.

مفهوم پسماند صفر نه تنها جلوی بروز آلودگی ناشی از سوزاندن و تولید متان یا شیرابه از لندفیل بلکه همچنین جلوی فرسایش زیست‌محیطی ناشی از انتقال پسماند به مسافت‌های دور را نیز می‌گیرد. مساحت مورد نیاز به مقدار پسماند بستگی دارد. در عمل، واحدهای فرایندی کوچک به دلیل هزینه‌ی کم منابع انسانی و مشکل نیروی کار ارجح و مدیریتی‌تر هستند.

سیستم نشان داده شده در شکل ۴-۱۱ در معبد، پردیس دانشگاه، محوطه بیمارستان و زمین مسکونی در وُلر به گونه‌ای طراحی شده است که سیستم سودآور باشد. کسر آلی به دام داده می‌شود. مدفوع حیوانات به هضم‌کننده‌ی بی‌هوازی داده می‌شود. هضم‌کننده‌ی بی‌هوازی مدفوع را به زیستگاه‌ها و لجن هضم شده تبدیل می‌کند که برای کود آلی کرمی (vermi compost) آماده است. مدفوع هضم شده‌ی گاو به عنوان میکروارگانیزم بنیادی برای پسماند آلی به منظور سرعت بخشیدن به فرسایش استفاده می‌شود.



شکل ۴-۱۱: واحدی با پسماند صفر

جدول ۴-۱ مثالی از قیمت اجزای پسماند را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود کیفیت‌های متفاوت کاغذ منجر به قیمت‌های متفاوتی می‌شود. مخلوط همه‌ی کیفیت‌های کاغذ منجر به ارزان‌ترین نوع کاغذ می‌گردد. این روند همچنین برای پلاستیک نیز برقرار است. همان‌طور که مشاهده می‌شود پلاستیک با کیفیت چندین برابر پلاستیک بی‌کیفیت می‌ارزد. به همین دلیل جمع‌آوری‌کننده‌ی مواد مصرف‌شده همواره ماده‌ای با ارزش بالاتر که پشت پوششی از انبوه پلاستیک‌ها پنهان شده را انتخاب می‌کند. ماده‌ی قابل‌استفاده‌ی مجدد مانند بطری نوشیدنی بیشتر بر مبنای تعداد فروخته می‌شود تا بر مبنای وزن. ماده‌ی هزینه‌بر مانند سیم مسی یا WEEE قیمت بالایی دارد. قیمت‌ها در جدول ۴-۱ در کشورهای در حال توسعه خیلی ملموس نیستند؛ زیرا علاوه بر تفکیک اجزای هزینه‌بر مانند فلز، تفکیک هر جزء نیز با توجه به هزینه‌ی نیروی انسانی حدود ۴۰ مرتبه بزرگ‌تر در ملل در حال توسعه است که در بهترین حالت آن را در مکان‌های لندفیل دفع می‌کنند.

جدول ۴-۱: مثالی از قیمت‌های اجزای پسماند در ۲۰۱۱ در هندوستان

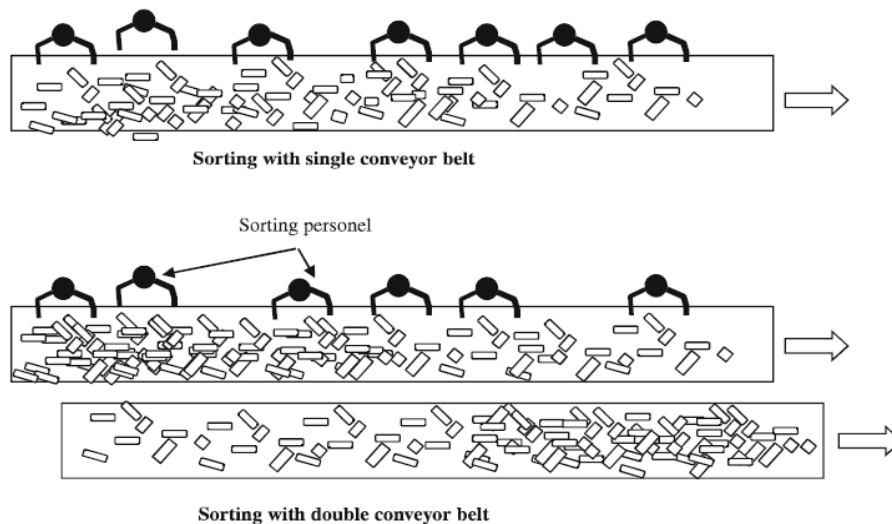
جزء پسماند	مقدار (kg)	قیمت
قوطی/ قراضه آلومینیومی	۱	۷۵/۰۰
بطری آبجو	۱ عدد	۱/۵۰
شیشه شکسته	۱	۴/۰۰
جعبه کارتن قهوه‌ای	۱	۴/۵۰
پوسته نارگیل	۱	۲/۰۰
پودر پوست تخم‌مرغ	۱	۲۵/۰۰
بطری شیشه‌ای	۱	۲۷/۰۰
آهن قراضه	۱	۹/۰۰
روزنامه با ورق باکیفیت	۱	۵/۰۰
روزنامه با ورق بی‌کیفیت	۱	۳/۰۰
پوشش شیر	۱	۱۵/۵۰
پوشش روغن	۱	۶/۵۰
کفش تاشوی کهنه	۱	۱/۰۰
بطری pet	۱	۱/۵۰
فنجان یخ پلاستیکی	۱	۱/۰۰
پلاستیک درست شده از پلاستیک بازیافتی	۱	۳/۲۵
پلاستیک درست شده از گرانول‌های پلاستیکی دست‌نخورده	۱	۱۵/۵۰
پلی وینیل کلراید	۱	۲۵/۰۰
دفتر استفاده‌شده	۱	۹/۰۰
روزنامه باطله	۱	۲/۱۰
بطری pet سفید	۱	۱/۵۰

۴-۱-۱- طبقه‌بندی دستی

طبقه‌بندی دستی یا چیدمان متداول‌ترین روش در سراسر جهان است. رفتگرها در سراسر جهان پس از چیدن پسماند آن را به صورت دستی طبقه‌بندی می‌کنند. شکل ۴-۱۲ ابزار تفکیک پسماند مجهز به طبقه‌بندی دستی و شکل ۴-۱۳ یک نمودار شماتیک از طبقه‌بندی دستی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۲: تجهیزات تفکیک پسماند با امکانات طبقه‌بندی دستی



شکل ۴-۱۳: نمودار شماتیک طبقه‌بندی دستی

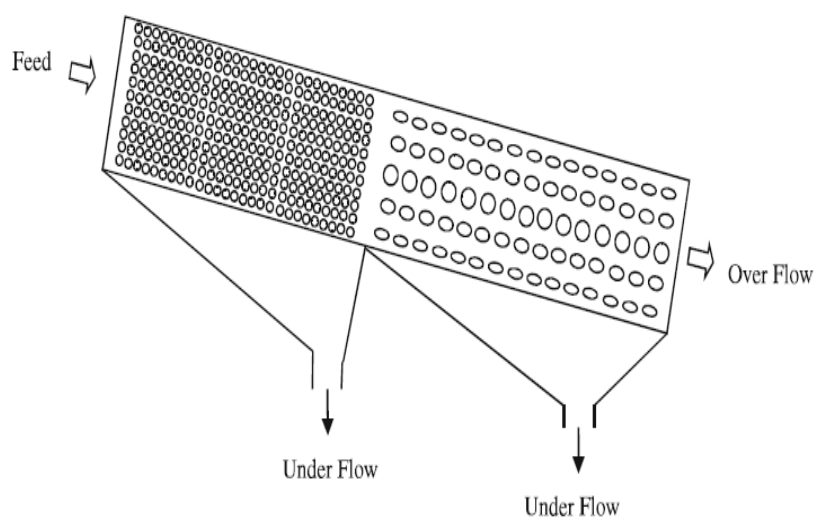
طبقه‌بندی می‌تواند طبقه‌بندی مثبت یا منفی باشد. در طبقه‌بندی مثبت کارکنان آنچه را که موردنیاز است از تسمه‌ی حمل‌کننده می‌چینند. در طبقه‌بندی منفی کارکنان آنچه را که موردنیاز نیست خواهند چید.

۴-۱-۲- غربال‌ها

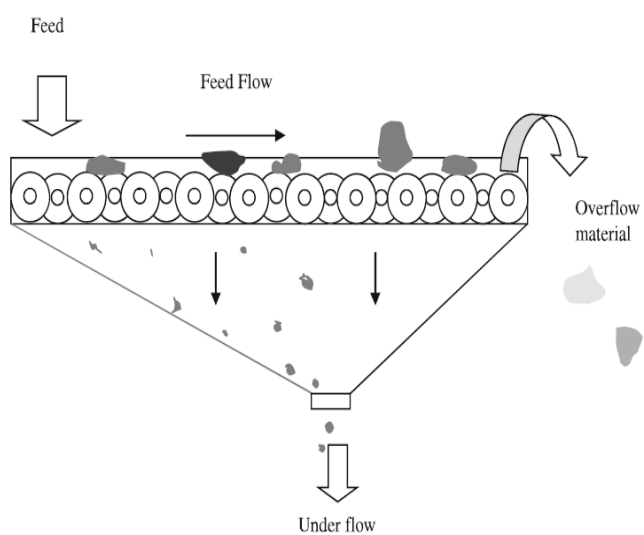
غربال‌گری فرایندی است که در آن یک سری منافذ یک اندازه اجازه‌ی جداسازی مواد کوچک‌تر از منافذ را می‌دهند. معروف‌ترین غربال برای فرایند MSW غربال توری یا چرخشی است (شکل ۴-۱۴). قطر توری بین $0/6$ و ۳ متر متغیر است. موتوری به انتهای یک توری ضمیمه می‌شود که غلتک را با سرعت ۱۰ تا ۱۵ دور بر دقیقه می‌چرخاند.

نوع دیگری از غربال‌ها غربال دیسکی است که در آن یک سری دیسک روی محور استوانه‌ای قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۱۵). همان‌طور که محورها می‌چرخند، ذرات بسیار ریز بین فضای خالی دیسک‌ها می‌افتند و در یک قیف جمع می‌شوند. ذرات درشت‌تر در یک قیف دیگر جمع‌آوری و ته‌نشین می‌شوند.

نوع دیگری از غربال به نام غربال لرزشی از یک صفحه‌ی تخت که تحت حرکت دورانی یا نوسانی قرار می‌گیرد تشکیل شده است (شکل ۴-۱۶). شکل ۴-۱۷ غربال لرزشی با جداکننده‌ی الکترواستاتیک و مکانیسم جمع‌آوری در یک واحد فرایندی WEEE را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۴: ترومل (غربال سیمی استوانه‌ای شکل)



شکل ۴-۱۵: غربال دیسکی



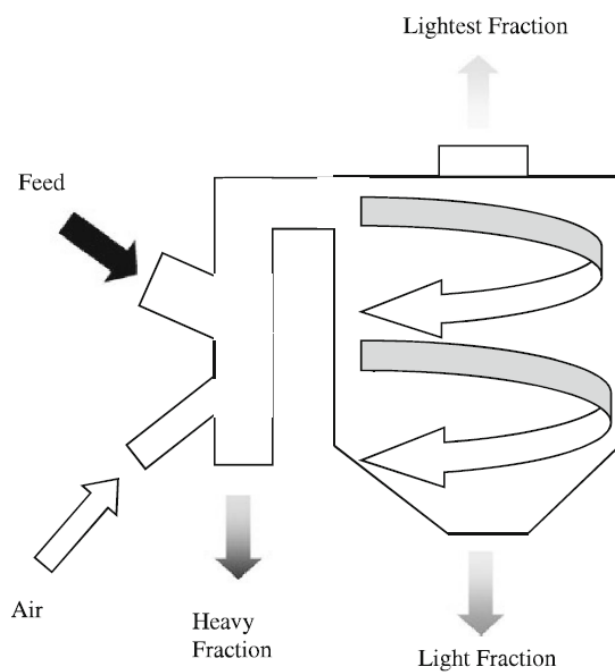
شکل ۴-۱۶: غربال لرزشی



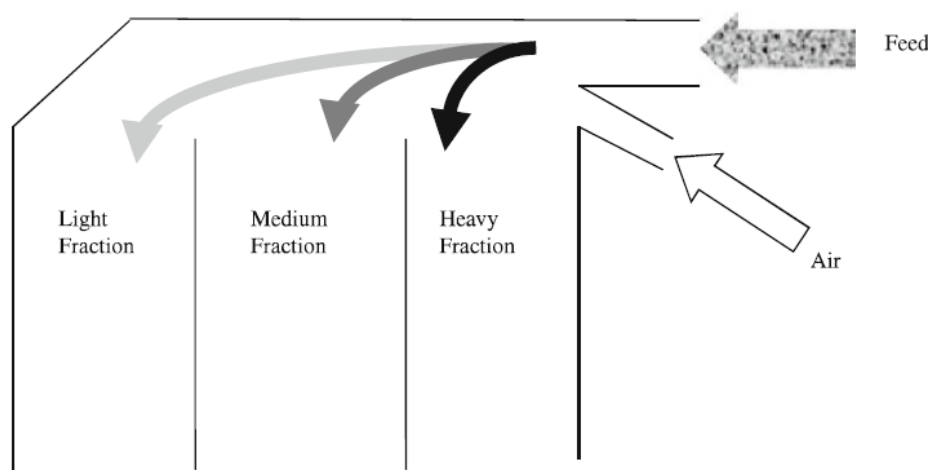
شکل ۴-۱۷: غربال لرزشی با جداکننده الکترواستاتیک و مکانیسم جمع‌آوری در یک واحد فرایندی WEEE

۴-۳-۱- جداسازهای هوایی

جداسازهای هوایی برای جداکردن مواد با دانسیته کمتر از کسر با دانسیته ی بیشتر با استفاده از هوا به کار می‌روند. در جداسازهای هوایی مواد کم دانسیته تر در یک جریان رو به بالای هواگیر می‌افتند درحالی‌که مواد با دانسیته بیشتر به پایین می‌افتند. ماده با دانسیته کمتر که در جریان هوا به دام افتاده است از هوا جدا خواهد شد. این کار معمولاً توسط یک جداکننده‌ی سیکلونی یا یک دسته‌کننده‌ی هوایی تیغه‌ای انجام می‌شود (شکل ۴-۱۸ و ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۸: دسته کننده‌ی سیکلونی پسماند



شکل ۴-۱۹: دسته کننده‌ی هوایی تیغه‌ای

۴-۱-۴- جداسازهای شناوری / تهنشینی

جداکننده‌ی شناوری / تهنشینی برای جداسازی کسر سنگین‌تر از کسر سبک‌تر به کار می‌رود که در آن یک سیال به عنوان یک واسطه برای جداسازی استفاده می‌شود؛ درحالی‌که کسر سبک‌تر با دانسیته ویژه بزرگ‌تر از خود سیال شناور می‌ماند، کسر سنگین‌تر تهنشین می‌شود. سیال‌های متداول که استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: آب، مخلوط آب - متانول، محلول‌های سدیم کلرید و محلول‌های روی کلرید. حمام‌های شناورسازی در سری‌هایی نگهداری می‌شوند که بر مبنای چگالی موادی است که قرار است دسته‌بندی شوند. برای به جریان انداختن و گردش جریان از پمپ‌هایی استفاده می‌شود. معایب این روش عبارت‌اند از: (۱) نیاز به دوره‌ی نگهداری طولانی برای تهنشینی مواد ورقه دارد، (۲) نیاز به عملیات تیمار روی پساب دارد، (۳) به دلیل اینکه مواد کوچک‌تر با کسر سنگین‌تر ممکن است شناور شوند، یا برعکس، کنترل آن‌ها مشکلاتی دارد، (۴) نیاز به مرطوب‌سازی ذرات دارد تا از اتصال حباب‌های هوا به ذرات و تجمع جلوگیری شود، (۵) دانسیته‌ی محلول‌های آبی با تغییر در دمای اطراف و تبخیر تغییر می‌کند و (۶) ناخالصی ذرات.

۴-۱-۵- سطوح شیب‌دار

سطوح شیب‌دار (شکل ۴-۲۰) سطوحی هستند که در یک زاویه‌ی مناسب برای طبقه‌بندی / فرایند پسماند مورب شده‌اند. این سطوح ممکن است با تسمه‌ی حمل‌کننده مجهز شوند. سطوح شیب‌دار می‌توانند برای جداسازی ذرات با دانسیته‌ها و اندازه‌های مختلف توسط شست و شوی ذرات سبک‌تر به سمت پایین سطح شیب‌دار در طول شیب به کار روند.



شکل ۴-۲۰: سطوح شیب دار

۴-۱-۶- سطوح ارتعاشی

سطوح ارتعاشی سطوحی هستند که توسط حرکتی عمود بر جریان سیال مرتعش می‌شوند. مواد بر طبق وزن و اندازه تحت تأثیر نیروی جاذبه، آب جاری در سرتاسر، اینرسی و اصطکاک طبقه‌بندی می‌شوند.

۴-۱-۷- دسته‌بندی چشمی

دسته‌بندی چشمی می‌تواند برای (۱) کیف‌های رنگی مختلف زائد و (۲) اجزای مختلف در پسماند انجام شود. در مورد دسته‌بندی کیف‌های رنگی، برای کاربران کیف‌هایی با رنگ‌های مختلف فراهم می‌شود. کیف‌های زائد جمع‌آوری شده و به واحد طبقه‌بندی که در آنجا به تسمه‌ی حمل‌کننده منتقل می‌شوند، برده می‌شوند. کیف‌ها همان‌طور که حرکت می‌کنند توسط تکنولوژی تشخیص رنگ طبقه‌بندی می‌شوند. تکنولوژی طبقه‌بندی خودکار پسماند از سنسورهای چشمی برای دسته‌بندی پسماندی که اغلب از پلاستیک، ورق‌های کاغذی، قوطی و شیشه تشکیل شده است استفاده می‌کند. تجهیزات پیچیده‌ی طبقه‌بندی از دوربینی که توانایی ثبت طول، پهنا، سطح، شکل، رنگ و همچنین ساختار سطح را دارد استفاده می‌کنند. داده‌های ثبت‌شده با کالاهایی که در پایگاه داده‌ها توصیف شده‌اند مقایسه می‌شوند و کالای موردنظر را در حین اینکه از دوربین رد

می شود خارج می کنند. گستره ای از روش های طیفی بر مبنای نیاز دسته بندی امکان پذیر هستند. طیف سنجی ریمِن، طیف سنجی پلاسمایی القایی لیزری، پاسخ دهنده ی ضربه ای گرمایی القایی لیزری، طیف سنجی جرقه ای لغزشی و طیف سنجی فلوئورسانس اشعه ی ایکس.

۴-۱-۸- دسته بندی بر اساس دمای ذوب دیفرانسیلی

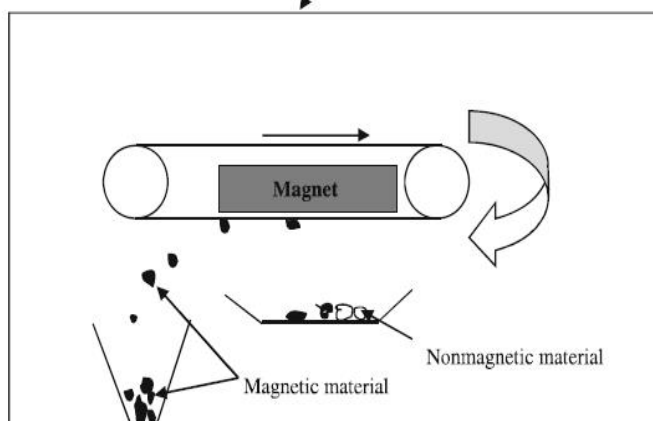
این روش برای جداسازی پلاستیک به هم آمیخته توسط یک جداکننده ی تسمه ای دورانی که در آن جداسازی طبق تماس گرمایی رخ می دهد انجام می شود.

۴-۱-۹- دسته بندی بر اساس انحلال گزینشی

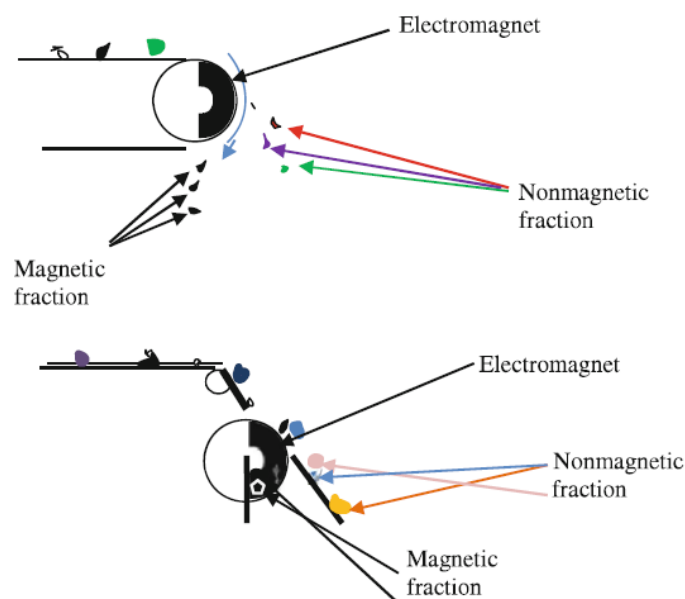
در این روش، جداسازی مواد مختلف توسط گزینش یک حلال و کنترل دما انجام می شود. به عنوان مثال حلال مشابهی برای پلی پروپیلن (PP)، پلی استایرن (PS)، LDPE، HDPE و PVC که در دماهای مختلف انحلال می یابند می تواند استفاده شود. مزایای این روش این است که پلاستیک استفاده مجدد شده از لحاظ شیمیایی تقریباً به پلاستیک استفاده نشده نزدیک است.

۴-۱-۱۰- جداسازی مغناطیسی

آهنرباها برای تفکیک مواد آهنربایی از سایر مواد استفاده می شوند. آهنربا در مکانی نزدیک به یک تسمه ی حمل کننده ی پسماند قرار داده می شود. شکل ۴-۲۱ جداکننده ی مغناطیسی و شکل ۴-۲۲ نمودار شماتیک چیدمان تناوبی که می تواند برای جداسازی مغناطیسی به کار رود را نشان می دهد. موادی که به سمت آهنربا جذب می شوند از جریان پسماند جدا می گردند.



شکل ۴-۲۱: جداکننده‌ی مغناطیسی

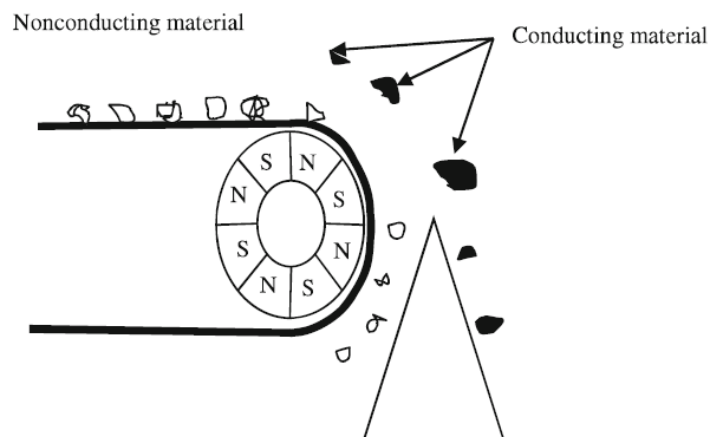


شکل ۴-۲۲: نمودار شماتیک چیدمان تناوبی که می‌تواند برای جداسازی مغناطیسی به کار رود.

۴-۱-۱۱- جداکننده‌های جریان گردابه‌ای

جداکننده‌های جریان گردابه‌ای (شکل ۴-۲۳) برای فلزات غیرآهنی از کسر غیرفلزی استفاده می‌شوند. هنگامی که یک فلز غیرآهنی از بالای جداکننده عبور می‌کند، آهنرباهای داخل پوسته با یک سرعت زیاد می‌چرخند و منجر به وجود آمدن جریان‌های گردابه‌ای در فلزات غیرآهنی می‌شوند که آن‌ها در مقابل، میدان مغناطیسی حول فلزات غیر آهنی ایجاد می‌کند. قطب میدان مغناطیسی مشابه آهنربای چرخان خواهد بود که موجب می‌شود فلز غیرآهنی از آهنربا دفع شود. چنین دافعه‌ای منجر به پرتاب بیشتر فلز غیرآهنی در مقایسه با کسر غیرفلزی می‌شود که امکان می‌دهد جریان‌های غیرآهنی و غیرفلزی جدا شوند.

نسبت رسانایی الکتریکی و دانسیته ی مواد مشخصه ی اصلی جداسازی گردابه‌ای است. مواد با نسبت رسانایی و دانسیته ی بالاتر در مقایسه با آن‌هایی که نسبت کم‌تری دارند به‌آسانی جدا می‌شوند.



شکل ۴-۲۳: نمودار شماتیک جداکننده‌ی جریان گردابه‌ای

۴-۱-۱۲- جداکننده‌های الکترواستاتیک

دسته‌بندی الکترواستاتیک از دهه‌ی ۱۹۷۰ برای دسته‌بندی پسماند پلاستیکی مخلوط استفاده شده است. در این روش، ماده‌ی پلاستیکی در اثر تفاوت‌های بار الکترواستاتیکی در انواع مختلف پلاستیک جدا می‌شود. مواد توسط باردار کردن اشیاء و جمع‌آوری آن‌ها دسته‌بندی می‌شوند که به گستره‌ی بار الکتریکی‌ای که مواد می‌پذیرند بستگی دارد.

۴-۱-۱۳- خرد کردن

خرد کردن برای کاهش اندازه به کار می‌رود. انواع مختلفی از خردکن‌ها وجود دارد. خردکن آسیاب چکشی از یک چرخاننده‌ی مرکزی با چکش‌های شعاعی اتصال یافته تشکیل می‌شود. نوع دیگر خردکن که با نام خردکن گرازی شناخته می‌شود، برای خرد کردن پسماند سبز در تولید کاغذ و نیشکر به کار می‌رود. خردکن‌های تنشی برای تکه کردن لاستیک‌های کامل استفاده می‌شوند. خردکن تیغه‌ای (شکل ۴-۲۴) برای بریدن مواد به قطعات کوچک استفاده می‌شود.



شکل ۴-۲۴: خردکن تیغه‌ای

خردکن‌های بسیاری از خردکن‌های متحرک خودکار گرفته تا خردکن‌های کاغذی، در بازار موجود هستند. فرایند ویژه‌ی خردکردن بستگی به ماده‌ای که قرار است خرد شود خواهد داشت. خردکن‌ها می‌توانند برای کاغذ، WEEE، قطعات خودرو، RDF، چوب زائد و ... به کار روند. هر ساله ۳۰ میلیون خودرو در سراسر جهان به خودروهای اسقاطی می‌پیوندند (Ahmed، ۲۰۰۹) و باقی‌مانده‌ی خردکن خودکار (ASR) که از خرد کردن خودروها به دست می‌آید از یک مخلوط ناهمگن از فلزات، پلاستیک، لاستیک، شیشه، چوب، شن و ... تشکیل می‌شود. خردکن‌های تنشی چرخشی که دو محور چرخنده‌ی متقابل دارند معمول‌ترین پیش خردکن‌ها برای تراشیدن لاستیک می‌باشند. لاستیک‌های خردشده توسط دستگاه‌های سایشی برای تولید گرانول تحت فرایند قرار می‌گیرند.

دو گروه اصلی خردکن برای خرد کردن MSW وجود دارد: خردکن‌های سرعت پایین با گشتاور بالا (LSHT) و خردکن‌های سرعت بالا با گشتاور پایین (HSLT) یا آسیاب‌های چکشی (شکل ۴-۲۵).



شکل ۴-۲۵: خردکن سرعت پایین با گشتاور بالا

آسیاب چکشی افقی از محورهای چرخشی با سرعت بالا در حدود ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ دور بر دقیقه که با چکش‌های اتصال یافته مجهز شده است استفاده می‌کند. آسیاب‌های چکشی از نیروهای ضربه‌ای برای تبدیل پسماند به قطعات کوچک‌تر استفاده می‌کنند. خردکن‌های سرعت پایین با گشتاور بالا از نیروهای تنشی و گسستگی استفاده می‌کنند.



شکل ۴-۲۶: خردکن

آسیاب سرعت بالای ضربه‌ای محور عمودی شامل محفظه‌ی خوراک است که در آن مواد به یک چرخه‌ی چکشی تزریق می‌شوند. چکش‌ها که به یک محور متصل هستند به ماده‌ی خوراک ضربه می‌زنند و آن را به قطعات کوچک‌تر تبدیل می‌کنند. پایین چرخه‌ی چکشی یک سری میله‌های آهنی پراکنده وجود دارد که در آنجا مواد بین چکش‌ها و میله‌های آهنی تکه‌تکه می‌شوند تا زمانی که اندازه‌ی آن‌ها به قدری کم شود که از میله‌های آهنی عبور کنند. آسیاب‌های حلقوی محور عمودی نوعی وسیله‌ی چرخ‌دنده‌ای هستند که مواد خوراک را خرد می‌کنند. در یک آسیاب غلتکی مواد توسط یک مجرای خوراک تزریق می‌شوند. غلتک‌ها به یک محور چرخان متصل هستند که به عنوان تیغه‌ای عمل می‌کنند که در آن کاغذ خرد و پاره می‌شود و شیشه به اندازه‌های بسیار کوچک پودر می‌شود، درحالی‌که قوطی‌ها نسبتاً بدون تغییر از آسیاب عبور می‌کنند. یک خردکن از یک صفحه‌ی شکن و چکش‌هایی با میله‌ها و صفحات ضربه زننده که در پودر کردن مواد شکننده کمک می‌کنند استفاده می‌کند. یک خردکن گرانولی یا تیغه‌ای، تیغه‌های طویلی برای بریدن مواد به قطعات کوچک‌تر برای جداسازی‌های بعدی دارد.

خردکن‌های کاغذی برای بریدن کاغذ به رشته‌ها یا ذرات ریز استفاده می‌شوند. اندازه‌ی خردکن‌های کاغذی از چند عدد تا چندین میلیون صفحه‌ی کاغذ در ساعت تغییر می‌کند و می‌توانند در یک محفظه‌ی خردکن ساخته شوند. خردکن می‌تواند با توان الکتریکی یا دستی کار کند. خردکن‌های رشته‌کننده از تیغه‌های چرخشی برای تولید رشته‌های باریک استفاده می‌کنند. خردکن‌های برش عرضی از ۲ غلتک چرخشی برای بریدن تکه‌ها به صورت متوازی‌الاضلاع، مثلثی و لوزی شکل استفاده می‌کنند.

خردکن‌های برش ذره‌ای، کاغذ را به قطعات بسیار ریز برش می‌دهند. خردکن‌های صفحات ماشین، آن‌ها را به رشته‌ها یا یک صفحه‌ی تنیده خرد می‌کنند. خردکن‌های متلاشی‌کننده یا گرانولی، کاغذ را به صورت تصادفی تا زمانی که قطعات کاغذ قادر به گذر از یک توری باشند می‌برند. در نوع خردکن پاره و سوراخ‌کننده، پره‌های چرخشی کاغذ را سوراخ و سپس پاره می‌کنند.

۴-۱-۱۴- تهیه‌ی خمیر

وسایل تولید خمیر برای دانه‌بندی کردن ماده‌ی آلی مانند cardboard، تکه‌های غذا و کاغذ همراه آب به کار می‌روند. خمیر سپس برای تولید خمیر خشک توسط از بین بردن محتوای رطوبت تحت فرایند قرار می‌گیرد. ظرفیت‌های دستگاه‌های تولید خمیر ممکن است از ۱۲۵ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت متفاوت باشد و قادر به کاهش حجم پسماند تا ۸۵-۷۰٪ از طریق کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل پسماند می‌باشند. پسماندهای غذا از پسماند کاغذ و cardboard تفکیک می‌شوند؛ بنابراین خمیر [تهیه‌شده] از پسماند می‌تواند برای غذای حیوانات به کار رود. خمیر خشک می‌تواند با مواد خوراک دیگر مخلوط شود. دستگاه‌های تولید خمیر در وسایل آموزشی، رستوران‌ها، وسایل مراقبت بهداشتی، کازینوها، خطوط کشتی تفریحی، واحدهای صنعتی تولیدی و in-flight kitchens به کار می‌روند. دستگاه‌های تولید خمیر می‌توانند برای پسماندهای صنعتی هم به کار روند.

ساختمان‌های تولید خمیر پسماند غذایی پتانسیل بیرون راندن هجوم بو و موش یا آفت را دارند. مزایای خمیر کردن پسماند عبارت‌اند از: (۱) کاهش حجم پسماند، (۲) کاهش تعداد دستگاه‌های جمع‌کننده‌ی پسماند، (۳) کاهش نیروی کار و (۴) محدودسازی نیاز تفکیک پسماند کاغذ از غذا. معایب شامل هزینه‌های اولیه‌ی بالا و هزینه‌های انرژی است.

۴-۱-۱۵- مچاله کردن

دستگاه‌های مچاله‌کننده‌ی پسماند می‌توانند برای تنوعی از مواد مانند بطری، ظروف استوانه‌ای، قوطی، ماشین‌ها، بتن، لاستیک ماشین و ... به کار روند. تجهیزات مچاله کردن بر اساس ماده‌ای که

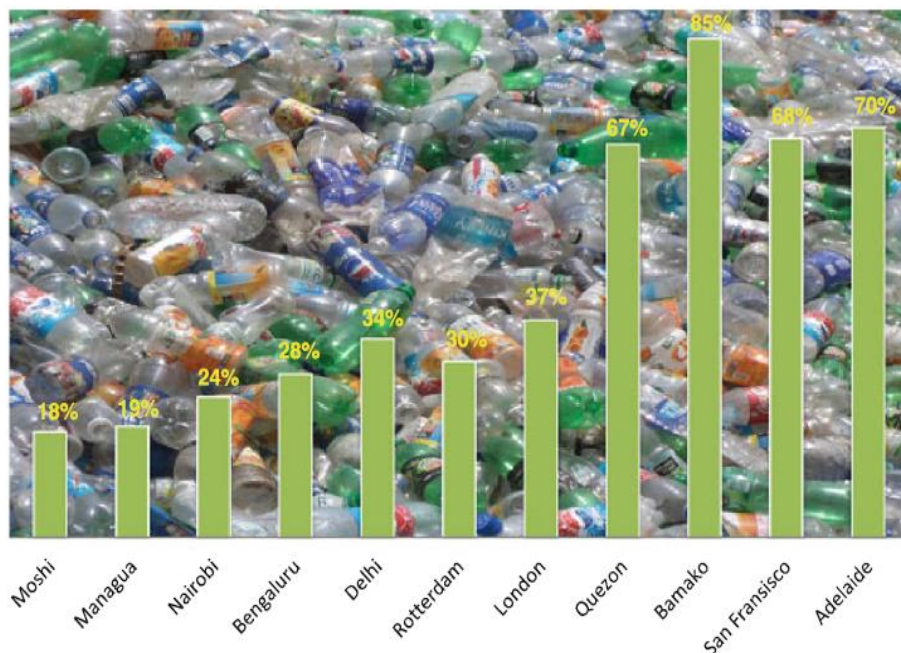
می‌خواهد مچاله شود انتخاب می‌شود. مچاله کننده‌ی پسماند می‌تواند متحرک یا ساکن باشد. پسماند ساختمانی تولیدشده از فعالیت‌های ساخت‌وساز بر ۲ نوع است: (۱) خالص، (۲) غیر خالص. پسماند غیرخالص از بامبو، الوار، پوشش گیاهی و ... تشکیل می‌شود. پسماند خالص از خاک و شن، قلوه‌سنگ، مصالح ریزدانه و ... تشکیل می‌شود. ماده‌ی خالص می‌تواند در مکان مخصوص با استفاده‌ی مجددِ سنگدانه، سنگ‌ریزه، بتن و ... مچاله و غربال شود. واحد مچاله سازی از گیره‌ی مچاله کن، تسمه‌ی حامل و همچنین دستگاه‌های غربال تشکیل می‌شود.

۴-۱-۱۶- پرس کردن

پرس کننده‌ها برای پرس کردن cardboard موج‌دار، کاغذ، قوطی‌های آلومینیومی، محفظه‌های پلاستیکی و ... به کار می‌روند. پرس کننده‌ها در گستره‌ی وسیعی از مهارت موجود هستند. پرس‌های پسماند توسط سیم یا رشته‌ای از ماده‌ای بادوام مثل آهن یا نایلون محکم می‌شوند. برخی پرس کننده‌های قدرت بالا، پرس‌هایی تشکیل می‌دهند که شکل خود را بدون سیم یا رشته حفظ می‌کنند.

۴-۱-۱۷- جداکننده‌های گلوله‌ای

جداکننده‌های گلوله‌ای برای تفکیک مواد بزرگی مانند بطری‌های پلاستیکی و قوطی‌های آهنی از جریان پسماند به کار می‌روند. جداکننده از دنباله‌ای از پاروهای جفتی تشکیل شده است که در آنجا اشیای درشت به سمت عقب و کسر سبک به سمت جلو حرکت می‌کنند. زاویه بر اساس نیازهای جداسازی ماده تنظیم می‌شود.

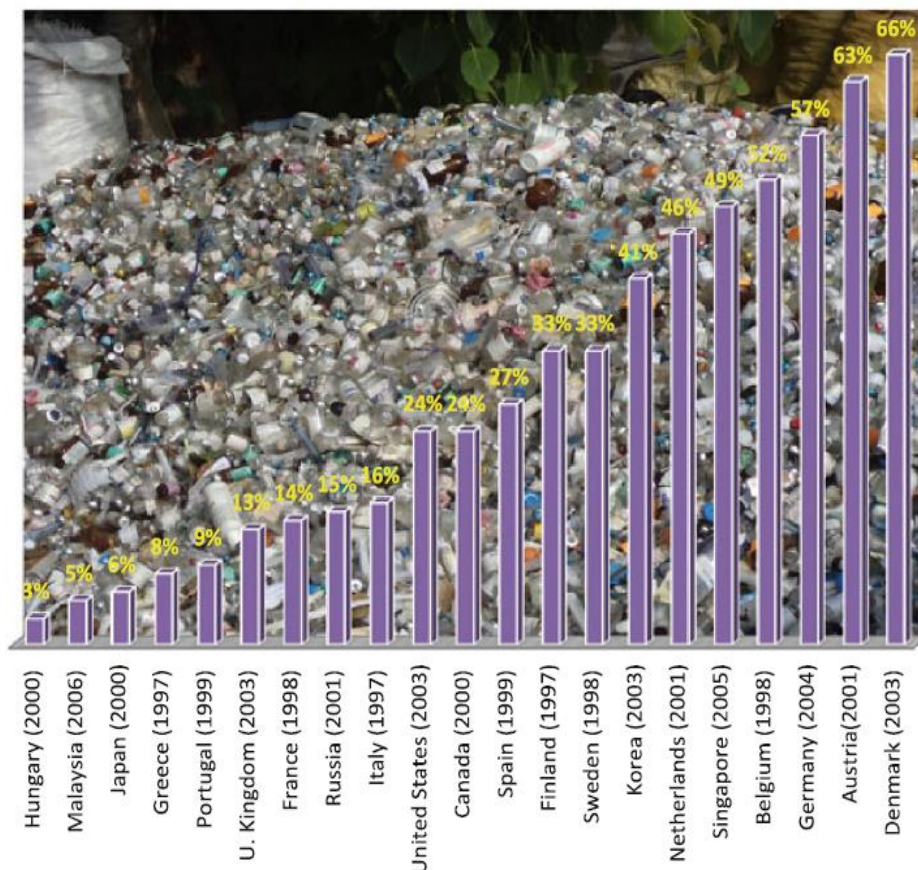


شکل ۴-۲۷: درصد بازیافت در شهرهای مختلف در سراسر جهان

۲-۴- استفاده‌ی مجدد و بازیافت

استفاده‌ی مجدد و بازیافت قدیمی‌ترین تکنیکی است که انسان در شهرنشینی اتخاذ کرده است. به‌عنوان مثال، انسان از استخوان به‌عنوان ابزار استفاده می‌کرد. در هندوستان حتی امروزه هم زغال چوب و آجر مچاله شده برای تمیز کردن دندان توسط مردم فقیر بسیاری استفاده می‌شود. طی ۱۰ تا ۲۰ سال گذشته، کشورهای توسعه‌یافته در حال کشف دوباره‌ی ارزش بازیافت به‌عنوان بخشی از سیستم‌های مدیریت پسماند خود هستند و این کشورها در زیرساخت فیزیکی و استراتژی‌های ارتباطی برای افزایش سرعت‌های بازیافت سرمایه‌گذاری کرده‌اند (ساکنان ملل متحد، ۲۰۱۰). روزنامه برای بسته‌بندی و بطری‌های قدیمی برای پر کردن دوباره‌ی آشامیدنی بازیافت می‌شوند. لباس‌های استفاده‌شده که برای مردم مرفه پسماند هستند، توسط فقرا در سراسر جهان استفاده می‌شوند. امریکا، آلمان، فرانسه و هلند از خاکستر زیرین کوره‌ها برای جداسازی استفاده می‌کنند (Chandler, et al., 1997; Mullen, 1).

پسماند صنعتی مانند باقیمانده‌های احتراق زغال‌سنگ، تفاله‌ی فولاد و رسوب قرمز (از هیدروکسید آلومینیوم) می‌تواند در بتن، آجر، بلوک و کاشی‌ها به کار رود. به‌طور مشابه سنگ گچی که به‌عنوان پسماند از صنعت تولید می‌شود می‌تواند برای تولید تخته‌ی گچی و سیمان استفاده شود. پس از استخراج روغن از نخل خرما، غلاف و پوسته در نیروگاه‌های زیرزمینی به کار می‌روند. استفاده‌ی مشابه می‌تواند در آسیاب‌های شکر مشاهده شود که تفاله‌ی نیشکر (بقایای پس از استخراج عصاره از نیشکر) به‌عنوان سوخت برای تولید هم‌زمان استفاده می‌شود. رشته‌های نارگیل می‌توانند برای ساختن طناب یا صفحه‌ی رشته-سیمانی استفاده شوند. خاکه‌ی شیشه‌ی بسیار ریز شده با اندازه‌ی ذرات کوچک‌تر از ۳۸ میکرون است و می‌تواند برای سیمان پورتلند در بتن به کار رود (Safiuddin, et al., 2010). ساختن و تخریب پسماند می‌تواند برای خاک‌ریزی، پیاده‌رو و سیمان به کار رود.



شکل ۴-۲۸: درصد بازیافت در کشورهای مختلف

بازیافت/استفاده‌ی مجدد که همچنین با عنوان تعیین ارزش در برخی ادبیات به آن ارجاع می‌شود در سراسر دنیا در حال اجرا است. همچنین در سکونتگاه ملل متحد (۲۰۱۰) بازیافت در شهرهای مختلفی که به صورت تصویری در شکل ۴-۲۸ نشان داده شده انجام شده است. داده‌ی جمع‌آوری و منتشر شده توسط صالح (۲۰۱۱) که بازیافت محقق شده در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد، در شکل ۴-۲۸ آمده است. ملل در حال توسعه و انقلابی، بخش غیررسمی فعالی دارند که به بازیافت و استفاده‌ی مجدد مشغول است. چنین تشکیلاتی نه تنها وسایل معیشت تعداد زیادی از مردم فقیر را فراهم می‌کند بلکه همچنین شهر را تا حدود ۲۰-۱۵٪ از مخارج مدیریت پسماندش حفظ می‌کند (ملل متحد، ۲۰۱۰).

اتحاد اروپا (EU) به دلیل تلاش در سراسر اروپا جهت به حداقل رساندن پسماند با بیان کردن دستورات ویژه‌ی بسیار طلایه‌دار است و بنابراین در بازیافت از ۱۱٪ بین ۱۹۸۵ و ۱۹۹۰ به ۲۹٪ در ۲۰۰۰ (Saleh, 2011; Slater & Fredrickson, 2001) افزایش داشته است. در آمریکا بیش از ۷۱٪ از جعبه‌های موج‌دار، ۸۲٪ روزنامه، ۵۶٪ برگه‌ای اداری، ۴۴٪ قوطی‌های نوشیدنی آلومینیومی (Heristovski, 2007) بازیافت می‌شوند. ۳۱٪ از MSW کمپوست شده که ۲۳٪ از کل مواد را تشکیل می‌دهد، استفاده مجدد گردید (Saleh, 2001). بازیافت MSW از ۱۵/۶٪ در ۲۰۰۳-۲۰۰۲ تا ۱۹٪ در ۲۰۰۳-۲۰۰۴ در انگلستان افزایش یافت (Saleh, 2011). بیش از ۱۶۰ مکان جامعه بازیافت در انگلستان وجود دارد (Garg, et al., 2001). حدود ۶۶٪ از پسماند کل در دانمارک طی سال ۲۰۰۳ بازیافت شد و حدود ۵۷٪ از پسماند طی سال ۲۰۰۴ در آلمان بازیافت گردید (Saleh, 2011). بازیافت از ۵۰ تا ۷۷٪ بین [سال‌های] ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ در هلند افزایش یافت (Saleh, 2011).



شکل ۴-۲۹: نمونه‌ای از استفاده‌ی مجدد: صندوق‌های به‌کاررفته برای مواد شیمیایی برای رشد گیاهان استفاده می‌شوند.



شکل ۴-۳۰: محوطه‌ی ذخیره‌سازی پیش از بازیافت

مقدار زیادی از مواد پسماند طی صنعت اکتشاف نفت رها شد. طبق مطالعات انجام‌شده توسط (Souza, et al., 2011) پسماند نفت جامد (SPW) می‌تواند جایگزین مواد طبیعی خاک رس تا حدود ۳۰٪ وزنی شود. مطالعات صورت گرفته توسط پائولا (۲۰۱۱) آشکار نمود که پسماندهای رازیانه و لیموترش می‌تواند بازده‌های اساسی در تولید آنزیم فراهم کند؛ درحالی‌که پسماند هویج تولید پلی هیدروکسی بوتیریک اسید را تقویت می‌کند.

جدول ۴-۲ مثالی از استفاده‌ی برخی اجزای پسماند را نشان می‌دهد. شکل ۴-۲۹ مثالی از استفاده‌ی مجدد که صندوق‌های به‌کاررفته برای مواد شیمیایی برای رشد گیاهان استفاده‌شده‌اند را نشان می‌دهد. شکل ۴-۳۰ یک محوطه‌ی ذخیره‌سازی پیش از بازیافت را نمایش می‌دهد. شکل ۴-۳۱ صندوق‌های [مواد] شیمیایی و ورقه‌های چاپی نرم مورد استفاده برای تبلیغات که به‌منظور حراج نگهداری شده‌اند را نشان می‌دهد. پسماند کشت و صنعت مانند چمدان، پوشال برنج، پوشال گندم و پوست برنج، پسماند اره‌ی آسیاب، خاکه‌ی پوسته‌ی فندق، کنف هندی، ساقه‌ی پنبه و باقیمانده‌ی گیاهان می‌تواند برای تولید تخته‌خارده‌ها، تخته‌های عایق، تخته‌های دیواری، ورقه‌های سقف، تخته‌های رشته‌ای ساختمان و آجرها استفاده شود.

جدول ۴-۲: مثال‌های کاربردی از مواد تشکیل‌دهنده پسماند

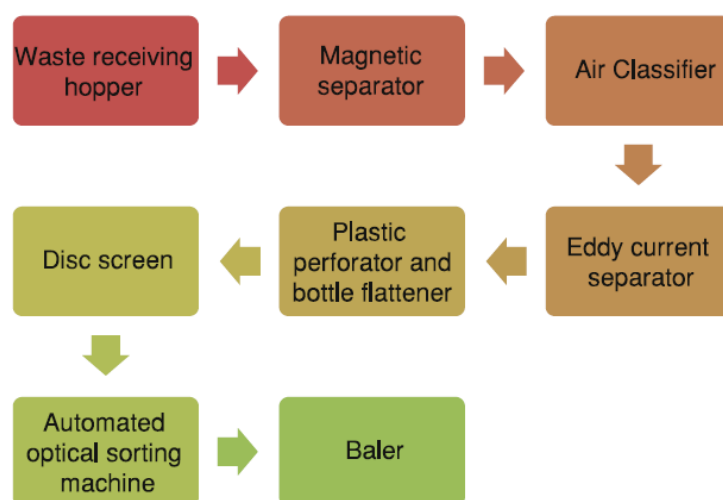
کاربرد	پسماند
کربن فعال، سوخت	پوسته‌ی نارگیل
خوراک گیاهان، منبع کلسیم	پوسته‌ی تخم‌مرغ
روکش، پادری، برزنت برای پوشش محصولات کشاورزی، عایق آب در سقف‌ها	ورقه سیمی استفاده‌شده در دسته‌بندی
پرورش گیاهان، مخزن نگهداری آب در منازل	ظروف شیمیایی استفاده‌شده
به‌منظور قرار دادن آن روی دیوارهای مرکب برای ایمنی بیشتر	قطعات شیشه‌ای
کمپوست کردن، خوراک حیوانی	پسماند غذایی
بسته‌بندی	روزنامه
عامل خوشبوکننده در تمیزکننده‌های کف / توالت	پوست خشک‌شده‌ی مرکبات



شکل ۴-۳۱: صندوق‌های مواد شیمیایی، ورقه‌های چاپی نرم به کاررفته برای تبلیغات که برای حراج نگه داشته شده‌اند.

بازیافت هیچ‌گاه یک هدف جدید در کشورهای در حال توسعه نبوده است زیرا که پسماند یک فرد به عنوان منبع برای فرد دیگر است. با در نظر گرفتن فقر در کشورهای در حال توسعه، مادامی که چیزی بتواند مقداری پول را تولید یا ذخیره کند، هدر نمی‌رود؛ اما طی دهه‌ی ۱۹۸۰ بازیافت پسماند در کشورهای توسعه‌یافته در مقابل دفع مورد توجه قرار گرفت. در [سال] ۲۰۰۹ بازیافتی که شامل برنامه‌های حدود ۹۰۰۰ جدول بازیافت و حدود ۳۰۰۰ یارد پاکیزه سازی کمپوست ها بود، ۳۳٪ از تولید MSW در ۲۰۰۹ را استفاده مجدد کرد (USEPA, 2010).

شکل ۴-۳۲ فرایند پسماند در یک نمونه ساختمان بازیافت مواد در کشور در حال توسعه که بیشتر وابسته به دستگاه است را نشان می‌دهد. روش‌های استفاده مجدد بخش قابل بازیافت از MSW عبارت‌اند از: (۱) جداسازی از مبدأ، (۲) جداسازی پسماند مخلوط در MRFها، (۳) جداسازی در MRF اجرا شده توسط دستگاه‌های دارای سطح مشترک با کاربر.



شکل ۴-۳۲: فرایند پسماند در یک نمونه ساختمان بازیافت مواد

۴-۲-۱- عملیات هوازی و بی‌هوازی

عملیات هوازی فرایندی است که در آن پسماند توسط باکتری در حضور اکسیژن تخریب می‌شود. در مورد عملیات بی‌هوازی تخریب در غیاب اکسیژن صورت می‌گیرد. پاراگراف‌های بعدی بعضی از روش‌های پرکاربرد عملیات هوازی و بی‌هوازی را بیان می‌کنند.

۴-۲-۲- کمپوست کردن

کمپوست کردن روشی از استفاده‌ی مجدد است که از زمان‌های بسیار دور شناخته شده است. کمپوست کردن پسماند تکنولوژی‌ای برای تیمار کسر آلی است؛ اما تمام دستگاه‌ها به‌طور یکنواخت کار نمی‌کنند. از ۱۹ دستگاه مرتبط با رنکوو (۱۹۹۸)، یک دستگاه به دلیل مشکلات هزینه‌ای و بدهکاری متوقف شد، یک [دستگاه] به دلیل مشکلات بو به‌اجبار تعطیل شد، و یکی به دلیل

مشکلات فنی خاموش گردید. هزینه‌ی تراش و حفاظ‌های مکانیکی سرمایه‌ی اصلی مورد نیاز هستند.

کمپوست کردن پسماند جامد شامل ۳ مرحله به نام‌های (۱) آماده‌سازی، (۲) تجزیه و (۳) آماده‌سازی محصول می‌باشد.

Waste segregation		Waste segregation is done to separate biodegradable fraction of waste. Shredded to reduce size of waste component for proper handling and increase surface area so that microbes can decompose at a faster rate.
Composting in windrows		Windrows of organic material are formed either in dedicated shelter or in open atmosphere. Humidity is maintained by spraying water; temperature is maintained by proper mixing and passing heat through heaps; pH is maintained by adding lime or other basic material. Commercially available microorganism or old compost is added to inoculate microorganism.
Screening		Screening is carried out to separate larger non degraded fraction.
Packaging		The final fine particles of compost are packed and marketed.

شکل ۴-۳۳: کمپوست کردن در مقیاس بزرگ

کمپوست کردن، فساد ماده‌ی آلی توسط میکروارگانیسم در دستگاه ساختگی کنترل شده است. کمپوست کردن برای کسر زیست‌تخریب‌پذیر از یک جریان پسماند مناسب است. این روش برای پسماندهایی که خیلی مرطوب هستند که در طی آن پسماند خشک ممکن است اضافه شود یا شیرابه‌ی پسماند خشک گردد مناسب نیست. موضوعات آزادسازی متان، بو و فضاهای باز تجهیزات

در واحدهای ضعیف مدیریتی کمپوست ممکن است نیاز به مهار کردن داشته باشند. تفکیک نامناسب پسماند در آنجا به ورود مواد سمی در جریان MSW و تحت تأثیر قرار دادن میکروارگانیسم منجر خواهد شد. ۲ فرایند به کار رفته در کمپوست کردن، کمپوست سازی دسته‌ای و کمپوست سازی در محفظه هستند. در سیستم دسته‌ای، پسماند به صورت دسته‌هایی که ۱ تا ۲ متر ارتفاع دارند (شکل ۴-۳۳) تبدیل می‌شود. برای حفظ یک دمای ثابت، این دسته‌ها هرازگاهی توسط یک دستگاه گرداندن خودکار یا دستی برگردانده می‌شوند. برای حفظ محتوای رطوبت بهینه آب اضافه می‌شود. پس از اینکه یک سطح مورد نیاز از تجزیه به دست آمد، ماده‌ی کمپوست شده برای استفاده در کاربردهای کشاورزی آماده خواهد بود. دسته‌ها همچنین می‌توانند از طریق گذراندن هوا در لوله‌هایی به سمت آن‌ها هوادهی شوند. یک مدل ایده آل از کمپوست سازی دسته‌ای آن است که بتواند در یک حفاظ جا داده شود. بسته به شرایط آب و هوایی مناطق، حفاظ توسط تجهیزات تهویه تأمین شده یا اینکه روباز نگه داشته می‌شود. نوآوری و صرفه‌جویی در هزینه به استفاده از ورقه‌های پلاستیکی برای پوشاندن دسته‌ها جهت حفاظت آن‌ها از باران و دیگر عناصر آب و هوا منجر شده است. زباله‌ی پلاستیک و دیگر مواد تجزیه شده در محصول کمپوست می‌تواند توسط غربال‌گری حذف شود. محفظه یا تانک‌های کمپوست با تدارک وسایل لازم برای خشک کردن و هوادهی ساخته شده‌اند (شکل ۴-۳۴). در سیستم‌های محفظه‌ای، تجزیه‌ی مواد آلی در محفظه‌های بزرگ پیچیده‌ی ساخته شده برای سرعت بخشیدن به تجزیه‌ی بیولوژیکی با کنترل کردن اکسیژن، دما، محتوای رطوبت و نسبت‌های کربن به نیتروژن انجام می‌شود.



شکل ۴-۳۴: تانک‌های کمپوست سازی

معمولاً ماده‌ی درشت ۴۰ میلی‌متری لایه‌ی زیرین را تشکیل می‌دهد که بالای آن سنگریزه‌هایی با ابعاد کوچکتر و شن و ماسه قرار داده می‌شود تا از ورود آب به داخل محفظه جلوگیری شود؛ که برای خشک کردن آسان است. درحالی‌که ضروری است که pH، رطوبت و دما در سطح بهینه حفظ شود، شرایط کارگاه ممکن است این اجازه را ندهد؛ اما به‌عنوان یک اصل پیشگیرانه، مرکبات و مواد اسیدی دیگر برای جلوگیری از افت pH ممکن است تفکیک شوند. اسپری کردن آب به‌صورت گاه‌وبیگاه برای حفظ رطوبت حیاتی است. تهویه‌ی مناسب دمای بهینه را با جلوگیری از تولید حرارت به دلیل فعالیت باکتریایی در داخل تانک تضمین می‌کند (شکل ۴-۳۴).

فاکتورهای مؤثر روی کمپوست سازی در جدول ۴-۳ نشان داده شده‌اند. زمان موردنیاز برای کمپوست سازی از ۱ تا ۳ ماه متغیر است. افزودن منبع نیتروژنی مانند اوره ممکن است برای بهینه کردن فرایند نیاز باشد. افزایش دما سرعت فعالیت شیمیایی را افزایش می‌دهد؛ اما اگر افزایش دما بیشتر از دمای بهینه‌ی موردنیاز برای گونه‌های مسئول کمپوست‌سازی باشد، سرعت فعالیت آنزیم‌ها و میکروارگانیسم کم می‌شود. فعالیت آنزیم سلولز در دمای بالای ۷۰ درجه سانتی‌گراد کاهش خواهد یافت. دمای بهینه برای شوره گذاری (نیتریفیکاسیون) ۵۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمایی است که افت نیتروژن رخ می‌دهد. کمپوست سازی کرمی فرایندی است که در آن کرم‌های

زمینی برای تبدیل پسماند به کمپوست استفاده می‌شوند (شکل ۴-۳۵). کمپوست سازی کرمی در ۱۰-۳۲ درجه سانتی‌گراد (دمای توده‌ی کمپوست) انجام می‌شود. این فرایند سریع‌تر از کمپوست سازی در حالتی است که ماده در طول کانالی از کرم‌های خاکی عبور می‌کند. کمپوست سازی کرمی بر کمپوست سازی متعارف ارجح است. کرم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک خوراک حیوانی با کیفیت استفاده شوند.

جدول ۴-۳: فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر کمپوست کردن پسماند

فاکتورها	توضیح
اندازه پسماند	برای نتایج بهینه ضروری است که اندازه در حدود ۴۵ تا ۷۵ میلی‌متر باشد.
بذر	بذر مانند مدفوع حیوانات، لجن فاضلاب، کمپوست یا میکروب‌های تجاری در دسترس سرعت تجزیه را افزایش می‌دهند. بذر موردنیاز از ۱ تا ۵٪ وزنی متفاوت است.
اختلاط/برگرداندن	برای جلوگیری از خشک شدن، قالبی شدن و مجرای شدن هوا نیاز است. نیاز به اختلاط و برگرداندن به نوع پسماند بستگی دارد.
محتوای رطوبت	محتوای رطوبت ۵۰ تا ۶۰٪، نتایج بهینه را حاصل می‌کند.
دما	برای بهترین نتیجه، دمای موردنیاز بسته به نوع پسماند بین ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد است. بالای ۶۶ درجه سانتی‌گراد فعالیت باکتری‌ها به شدت کاهش می‌یابد.
نسبت کربن به نیتروژن	نسبت کربن به نیتروژن بین ۵۰ و ۶۰ بهینه خواهد بود.
pH	مطلوب است که pH بین ۶ و ۸ حفظ شود.

عیب کمپوست سازی کرمی این است که نیروی کار و فضای بیشتری می‌خواهد؛ چون کرم‌ها در توده‌ی پسماند با بیش از ۱ متر عمق فعالیت نمی‌کنند. کرم‌ها نسبت به تغییرات دما، pH، مواد سمی و فاکتورهای بازدارنده‌ی دیگر مانند نفوذ آب آسیب‌پذیر هستند. کمپوست سازی کرمی به کرم‌های بیشتری نیاز دارد و بنابراین نیاز است کرم‌ها پیش از آغاز به کار دستگاه‌های کمپوست سازی آماده شوند.

کمپوست سازی کرمی نیاز به بستر با جذب بالا، پتانسیل توده‌ای خوب و نسبت کربن به نیتروژن بالا دارد. کرم‌ها از طریق پوست خود نفس می‌کشند و بنابراین باید محیط مرطوبی داشته باشند.

Segregation



Composting Tanks/windrows



شکل ۴-۳۵: فرایند کمپوست سازی کرمی

Vermicomposting



Screening

Vermicompost ready
for despatch

ادامه شکل ۴-۳۵: فرایند کمپوست سازی کرمی

بستر باید توانایی جذب و حفظ آب را داشته باشد. اگر ماده به صورت فشرده پر شده باشد جریان هوا کم یا محدود می شود که به کاهش اکسیژن در بستر می انجامد. تجزیه ی سریع و گرمادهی کمکی برای کرم ها مناسب نبوده و می تواند کشنده باشد. بعضی از موادی که می توانند برای بستر استفاده شوند، رشته نارگیل، علف خشک، پوشال، کاغذ، پوست درخت، ورقه های موج دار، خاک اره، برش های چوب، برگ های خشک، ساقه غلات و چوب ذرت هستند.

کرم های خاکی ماده ی آلی را مصرف می کنند و حجم را ۴۰ تا ۶۰٪ کاهش می دهند. کرم های خاکی ماده ی زیست تخریب پذیر را مصرف کرده و فضولاتی با عنوان "لکه ی کرمی" تولید می کنند. هر کرم خاکی وزنی حدود ۰/۶ - ۰/۵ گرم دارد، ماده ی آلی هم وزن با خودش را می خورد لکه ای برابر با حدود ۵۰٪ از ماده ی آلی را که در یک روز مصرف کرده است بر جای می گذارد.

کمپوست سازی کرمی هورمون ها و مواد مغذی افزایش دهنده ی رشد را فراهم می کند و برای رشد گیاهان لازم است. گزارش شده است که محصولات گیاهی رشد داده شده توسط کمپوست کرمی کیفیت خوبی دارند.

به طور عادی بسترها ضخامت ۹۰ - ۷۵ سانتی متر با امکان فیلتر برای خشک کردن آب اضافی را دارند. بستر باید ارتفاع یکدستی در طول و عرض داشته باشد. پهنای بستر باید برای دسترسی آسان به مرکز بستر کافی باشد و بنابراین پهنای ۱/۵ متر توصیه و آزمایش شده است. طول و عرض بستر مادامی که دمای ۳۰-۲۰ درجه سانتی گراد و محتوای رطوبت ۵۰-۴۰٪ حفظ شود مهم نیستند. تعداد کرم های خاکی وارد شده بین ۳۰۰ و ۴۰۰ کرم در مترمکعب حجم بستر برای نتیجه ی بهینه متفاوت است.

ایزینیا فتیدا، اودریلوس اوگنیا، پریونیکس اکسکوتیو بعضی از بهترین گونه ها برای استفاده در کمپوست کرمی هستند. طول عمر کرم های خاکی حدود ۲ سال است. یک کرم خاکی در حدود ۶ هفته به مرحله ی تکثیر می رسد و کرم هایی که در مرحله ی تکثیر هستند تخم های کپسولی را هر ۷ تا ۱۰ روز رها می کنند و ۳ تا ۷ کرن از هر کپسول بیرون خواهد آمد؛ بنابراین تکثیر کرم ها در محیط بهینه بسیار سریع است. کرم های کاملاً رشد یافته می توانند جدا و خشک شوند تا برای استفاده در غذای حیوانات " وعده ی کرمی " را بسازند چراکه از ۷۰٪ پروتئین تشکیل شده است (Keralaagriculture, 2011).

کرم ها باید همراه با پسماندی که مواد مغذی را برای کرم ها فراهم می کند خوراک دهی شوند. به جهت تجزیه، پسماند نباید حاوی ماده ای باشد که حرارت تولید می کند. پسماند همچنین باید عاری از رطوبت اضافی، گریس، نمک و ماده ی شیمیایی که برای کرم ها مضر است باشد. pH کرانه همچنین روی کرم ها اثر می گذارد و بنابراین پسماند باید عاری از مرکبات و مواد اسیدی دیگر باشد؛ بنابراین توصیه می شود که قبل از ورود کرم ها کمپوست سازی به صورت جزئی انجام شود.

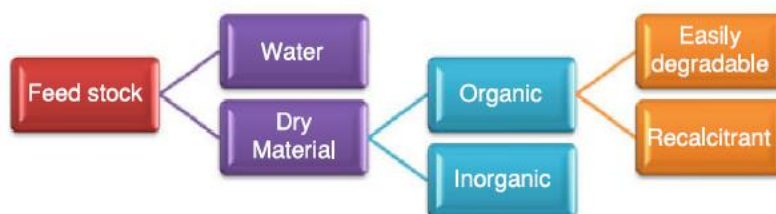
برای بهینه سازی کمپوست کرمی ضروری است که مجموعه ای یک ماهه داشت که پس از آن کمپوست نیاز به الک شدن داشته و کسرهای بزرگتر به مخزن کمپوست کرمی بازگردانده شوند. کرم ها غذای پرندگان، موش های کور، مورچه ها، هزارپاها و کرم های ریز هستند؛ بنابراین ضروری است که کرم ها توسط پوشش ها یا بسترهای ساخته شده در فضای بسته حفاظت شوند. برخلاف گرفتاری های گفته شده، کمپوست کرمی به صورت انبوه انجام می شود چراکه کمپوست کرمی رشد گیاه را تهییج می کند (Atiyeh, et al., 2011) و در مقابل مرگ گیاه مقاومت ایجاد می نماید (Glenn, 2012).

۴-۲-۱- هضم بی‌هوازی

سیستم حذف بی‌هوازی (AD) توسط آشوری‌ها در قرن ۱۰ پیش از میلاد و در امپراطوری پارس طی قرن ۱۶ (Christian & Dubndorf, 2007) استفاده شد. قبل از ۱۹۲۰، بیشتر سیستم AD در حوضچه‌های بی‌هوازی انجام می‌شد. صنعتی سازی سیستم AD در ۱۸۵۹ توسط اولین سیستم AD در بمبئی (مومبئی کنونی)، هند، آغاز شد. بحران انرژی در ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹ پیشرفت سیستم‌های AD برای تولید متان را هدف گرفت. کشورهای صنعتی امروزه از این تکنولوژی برای تیمار پسماند شهری و هم‌چنین پسماند صنعتی استفاده می‌کنند.

اسیدهای چرب فرار (VFA) تولیدشده توسط هیدرولیز-اسیدسازی باید در سیستم AD به‌خوبی بالانس شوند چون باکتری‌های متانوژنیک به حضور VFA حساس هستند. تولید اسیدهای چرب فرار با سرعتی بالاتر از متانوژنیک به عدم موفقیت سیستم AD به دلیل تجمع VFA منجر خواهد شد.

شکل ۴-۳۶ اجزای موجود در خوراک را نشان می‌دهد. ماده‌ی آلی می‌تواند به‌آسانی به تجزیه‌پذیر (مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها) یا سرسخت (مانند لیگنین و سلولز) تقسیم شود.



شکل ۴-۳۶: اجزای موجود در غذا

چربی‌ها به گلیسیرید و اسیدهای معدنی تغییر شکل می‌یابند؛ بنابراین حضور بیش‌ازحد چربی در موجودی خوراک به تجمع اسیدهای آلی که به کاهش pH و جلوگیری از تجزیه می‌انجامد منجر می‌شود. کربوهیدرات‌ها به منوساکاریدها یا اسیدهای اسیدی تجزیه می‌شوند. موجودی خوراک غنی از نشاسته / ساکارید به‌سرعت به اسیدها تبدیل می‌شود که به افت pH منجر شده و هضم‌کننده به حالت بازگشت‌ناپذیر اسیدسازی منحرف می‌شود. پروتئین‌ها از نیتروژن، سولفور و فسفر که به تولید آمونیوم و هیدروژن سولفید منجر می‌شود تشکیل می‌شوند.

هر کشت باکتری محدوده‌ی دمای بهینه‌ی مخصوص خود را دارد و بنابراین از نوسان دما باید جلوگیری گردد. تنوع موجودی خوراک، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد و چنین تنوعی اجازه نمی‌دهد که میکروب‌ها اقلیم پذیر شوند.

۴-۲-۳- جاده‌سازی

کاربرد مواد پسماند در پیاده‌روی آسفالتی یک خروجی مثبت برای چنین موادی را نشان می‌دهد. کاربرد چنین موادی با ملزومات مناسب و محدودیت‌های تکنیکی همراه است. چنین ملزومات و محدودیت‌هایی به هزینه‌های فرایندی که بیش از هزینه‌ی مصالح خالص است منجر می‌گردد. شیشه، سرباره فولاد، لاستیک‌های قراضه و پلاستیک می‌توانند برای جاده‌سازی به کار روند (Yue, et al., 2007). درحالی‌که لاستیک قراضه و پلاستیک می‌توانند به‌عنوان چسب به کار روند، همه‌ی ۴ ماده‌ی اشاره‌شده می‌توانند به‌عنوان مصالح به کار روند.

کاربرد ۱۵-۱۰٪ شیشه‌خرده با ماکسیمم اندازه ۴/۷۵mm در مسیر سطحی، عملکرد قابل‌قبولی را در پیاده‌روهای آسفالتی نشان داده است (Yue, et al., 2007). تجهیزات و روش مشابه طراحی‌شده برای آسفالت مرسوم می‌تواند با شیشه‌ی بازیافتی برای آسفالت به کار رود (Airey, et al., 2004)؛ CWC, 1996؛ FHWA, 1997؛ Maupin, 1998؛ Su & Chen, 2002). عامل ضدّ نوار، معمولاً ۲٪ سنگ آهک هیدراته، برای حفظ مقاومت نواری افزوده می‌شود. محتویات و اندازه‌ی بیشتر شیشه در آسفالت به‌احتمال زیاد به اصطکاک ناکافی و استحکام اتصال منجر می‌گردد (Yue, et al., 2007). شکل زاویه‌ای، سختی و زبری سطح باعث می‌شود سرباره فولاد جایگزین مصالح درشت آسفالت شود. لاستیک قراضه می‌تواند با انحلال خرده لاستیک به‌عنوان بهبوددهنده‌ی اتصال در قیر طبیعی به کار رود. سهم مصالح ریز می‌تواند با لاستیک زمین تعویض شود. پلاستیک‌ها می‌توانند هم به‌عنوان مصالح با جایگزین کردن بخشی از مصالح هم به‌عنوان بهبوددهنده‌ی اتصال استفاده شوند.

۴-۲-۴- روش حذف و استفاده مجدد

در این روش پسماند با حلال مخلوط می‌شود و در معرض عملیات تقطیر به‌منظور استفاده مجدد کسر آلی که ارزش احتراقی دارد قرار می‌گیرد. اسیدهای آلی تشکیل شده در طی هضم بی‌هوازی با استفاده از فریز کردن و گرم شدن، سانتریفوژ، فیلتراسیون و هم‌چنین تبخیر استفاده مجدد شدند (Farah, et al., 2009).

۴-۲-۵- تثبیت

در این روش پسماند با عامل جداکننده مانند سیمان/ آسفالت پیش از دفع در زمین مخلوط می‌گردد. این راهکار برای کسر پسماند خطرناک به منظور حفاظت محیط از تولید شیرابه‌ی احتمالی و واکنش با مواد سازگار، استاندارد اتخاذ شده است. بحث درباره‌ی این موضوع با جزییات بیشتر در بخش ۷ صورت گرفته است.

۴-۲-۶- بی‌اثر سازی

این عملیات در درجه اول برای پسماند خورنده و مواد منفجر شونده به کار می‌رود. در این روش پسماندهای خورنده و قابل انفجار با مواد شیمیایی مناسب پیش از دفع در لندفیل مخلوط می‌شوند تا از واکنش احتمالی در لندفیل جلوگیری شود.

۴-۲-۷- حذف و استفاده مجدد فلز

این روش، ته‌نشینی فلزات سنگین از پسماند نیمه جامد مانند لجن‌ها و به دنبال آن استفاده مجدد فلز از رسوب را شامل می‌شود. یون‌های فلزی مجموعه‌هایی با پلی الکترولیت‌های محلول در آب ایجاد می‌کنند که می‌تواند با poly-bases برای استفاده مجدد فلزات رسوب دهد (Jellinek & Ming, 2003). رسوب هیدروکسید و کربنات می‌تواند برای استفاده مجدد منگنز به کار رود (wansheng, et al., 2010).

۴-۲-۸- عملیات آبی

این عملیات، عملیات بیولوژیکی، اکسیداسیون هوای مرطوب، اکسیداسیون / استفاده مجدد شیمیایی را شامل می‌شود. در این روش پسماند پس از اختلاط با آب در معرض عملیات قرار می‌گیرد. عملیات بیولوژیکی می‌تواند هوازی یا بی‌هوازی باشد که در بخش ۴-۲-۱ بحث شده است.

۴-۲-۹- دانه‌بندی کردن پلاستیک

بعضی از مواد (مانند بطری‌های پلاستیکی) می‌توانند توسط تنش‌های کم‌سرعت برای کاهش اندازه‌ی اشیای پلاستیکی خرد شوند. این فرایند دانه‌بندی کردن پلاستیک نامیده می‌شود.

۴-۲-۱۰- ظهور تکنولوژی‌های بیولوژیکی

در میان تکنولوژی‌های پدیدار شده‌ی بسیار، بیو خشک کردن، کمپوست کردن شمع ایستای هوایی، عملیات پسماند مکانیکی - پسماند بیولوژیکی به‌طور معمول به کار می‌روند.

در بیو خشک کردن، پسماند زیست تخریب پذیر به سرعت در مراحل اولیه گرم می‌شود تا رطوبت حذف گردد (Choi, et al., 2001؛ Nvae- Ardeh, et al., 2006؛ Sugni, et al., 2005؛ Velis, et al., 2009). در عملیات پسماند مکانیکی - پسماند بیولوژیکی، پسماند در اولین قدم که به دنبال اختلاط، رطوبت زنی و تجزیه‌ی بیولوژیکی است، دسته‌بندی می‌شود (GTZ, 2003). در کمپوست سازی شمع ایستای هوایی کانال‌های کف بتنی سوراخ‌دار به همراه لوله‌کشی برای تأمین اکسیژن برای کسر قابل تجزیه‌ی پسماند جامد به کار می‌رود.

خوراک‌دهی MSW به کرم حشره مزیتی برای کشورهای کم‌درآمد را تشکیل می‌دهد. Black soldier fly *Hermetia illucens* مطالعه و دریافته‌اند که پسماند می‌تواند از ۶۵/۵ تا ۷۸/۹٪ کاهش یابد و prepuae می‌تواند به‌عنوان افزودنی در خوراک حیوانی به کار رود.

هیدروژن تولیدشده‌ی بیولوژیکی (یا بیوهیدروژن) می‌تواند توسط تنوع گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها تحت شرایط آنوکسیک تولید شود (Gustavo, 2008).

منابع

- Ahmed N (2009) Feasibility of resources recovery from shredder waste. CISA Publisher, Horsholm.
- Airey GD, Collop AC, Thom NH (2004) Mechanical performance of asphalt mixtures incorporating slag & glass secondary aggregates. In: Proceedings of the eighth conference on asphalt pavements for Southern Africa, South Africa, Sun City, 2004.
- Woolridge AC, Ward GD, Phillips PS, Collins M, G&y S (2006) Life cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material: an UK energy saving perspective. *Resour Conserv Recycl* 46(2006):94–103.
- Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD, Shuster W (2000) Effects of vermicompost & composts on plant growth in horticultural container media & soil. In *Pedo biologia* 44:579–590.
- Berthier HC (2003) Garbage, work & society. *Resour Conserv Recycl* 39(3):193–210.
- Ch&ler AJ, Eighmy TT, Hartlen J, Jhelmar O, Kosson DS, Sawell SE, van der Sloot HA, Vehlow J (1997) The international ash working group (IA WG), “municipal solid waste incinerator residue”, studies in environmental science vol 67, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Choi HL, Richard TL, Ahn HK (2001) Composting high moisture. *Compost Sci Utilization* 9(4):303–311.
- Christian M, Dübendorf S (2007) Anaerobic digestion of biodegradable solid waste in low- & middle-income countries, overview over existing technologies & relevant case studies, Eawag.
- Coad A (2003) Solid waste collection that benefits the urban poor—Suggested guidelines for municipal authorities under pressure. Prepared for the Collaborative Working Group on solid waste management in low- & middle-income countries by the SKAT Foundation.
- CWC (1996) Best practice in glass recycling—recycled glass in asphalt. Clean Washington Centre.
- DTI (Department of Trade & Industry) (2002) Textile recycling. London, UK.

- Omar FN, Rahman NA, Hafid HS, Yee PL, Hassan MA (2009) Separation & recovery of organic acids from fermented kitchen waste by an integrated process. *Afr J Biotechnol* 8(21):5807–5813.
- FHWA (1997) User guidelines for waste & by-product materials in pavement construction.
- Garg A, Smith R, Hill D, Longhurst PJ, Pollard SJT, Simms NJ (2009) An integrated appraisal of energy recovery options in the United Kingdom using solid recovered fuel derived from municipal solid waste. *Waste Manage (Oxford)* 29:2289–2297.
- Glenn Munroe (2012) Manual of on-farm Vermicomposting & Vermiculture, Organic Agriculture Centre of Canada. http://www.biohuerto.ceuc.cl/wp_content/uploads/2011/09/Vermiculture.pdf. Accessed on 13 May 2012
- 4.2 Reuse & Recycle 113.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) (2003) Sector project mechanicalbiological waste treatment, Final report.
- Davila-Vazquez G, Arriaga S, Alatrliste-Mondragón F, de León-Rodríguez A (2008) Luis Manuel Rosales-Colunga & Elías Razo-Flores. *Rev Environ Sci Biotechnol* 7(1):27–45. doi:10.1007/s11157-007-9122-7.
- Haan HC, Coad A, Lardinois I (1998) Municipal waste management: involving micro-&-small enterprises. Guidelines for municipal managers. Turin, Italy: International Training Centre of the ILO, SKAT, WASTE.
- Hristovski K, Olson L, Hild N, Peterson D, Burge S (2007) The municipal solid waste system & solid waste characterization at the municipality of Veles. *Macedonia Waste Manag* 27: 1680–1689.
- Jellinek HHG, Ming Dean Luh (2003) A novel method of metal ion removal & recovery from water by complex formation with polyelectrolytes. *J Polym Sci Part A-1: Polym Chem* 7(8):2445–2449, August 1969.
- Keralaagriculture (2011) <http://www.keralaagriculture.gov.in/html/bankableagriprojects/ld%5Cvermi.html> downloaded on 28 June 2011.
- Lise D (2010) Solid waste management cycle in northern Cairo. Research action in Zawia district http://Www.CospeEgypt.Org/Files/Swm_Research.Pdf. Accessed on 2 March 2012.
- Medina M, Dows M (2000) A short history of scavenging. *Comparative Civilizations Review*.

- Maupin GW (1998) Effect of glass concentration on stripping of glassphalt. Virginia Transportation Research Council.
- Mullen JF (1990) Heavy metals in fugitive dust from recycled municipal solid waste combustion bottom ash. In: Proceedings the third international conference on municipal solid waste combustor ash utilization. Arlington, VA, pp 187–200.
- Navaee-Ardeh S, Bertr& F, Stuart PR (2006) Emerging biodrying technology for the drying of pulp & paper mixed sludges. *Drying Technol* 24(7):863–878.
- Di Donato P, Fiorentino G, Anzelmo G, Tommonaro G, Nicolaus B, Poli A (2011) Re-use of vegetable wastes as cheap substrates for extremophile biomass production. *Waste Biomass Valor* 2:103–111. doi:10.1007/s12649-011-9062-x.
- Renkow M, Rubin AR (1998) Does municipal solid waste composting make economic sense? *J Environ Manage* 53:339–347.
- Md S, Jumaat MZ, Salam MA, Islam MS, Hashim R (2010) Utilization of solid wastes in construction materials. *Int J Phys Sci* 5(13):1952–1963.
- Saleh FM (2011) Worldwide solid waste recycling strategies: a review. *Indian J Sci Technol* 4 (6).
- Scheinberg A (2001) Micro- & small enterprises in integrated sustainable waste management. *Waste, The Netherl&s*.
- Slater RA, Frederickson J (2001) Composting municipal waste in the UK: some lessons from Europe. *Resour Conser Recycl* 32:359–374.
- Souza AJ, Pinheiro BCA, Hol&a JNF (2011) Valorization of solid petroleum waste as a potential raw material for clay-based ceramics. *Waste Biomass Valorization* 2:381–388. doi:10. 1007/s12649-011-9090-6.
- Diener S, N&ayure M, Solano S, Gutie0rrez FR, Zurbru¨gg C, Tockner K (2011) Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valorization* 2:357–363. doi:10.1007/s12649-011-9079-1.
- Su N, Chen JS (2002) Engineering properties of asphalt concrete made with recycled glass. *Resour Conserv Recycl* 35:259–274.
- Sugni M, Calcaterra E, Adani F (2005) Biostabilization-biodrying of municipal solid waste. *Bioresour Technol* 96(12):1331–1337. doi:10.1016/j. biortech. 2004. 11. 016. PMID 15792579 (August 2005).

- UN-Habitat (2010) Solid waste management in the world's cities water & sanitation in the world's cities 2010.
- USEPA (2010) Municipal solid waste in the United States: 2009 facts & figures. Office of Solid Waste, EPA 530-R-10-012 114 4 Materials Recovery & Recycling.
- Velis CA, Longhurst PJ, Drew GH, Smith R, Pollard SJ (2009) Biodrying for mechanicalbiological treatment of wastes: a review of process science & engineering. *Bioresour Technol* 100(11):2747–2761. doi:10.1016/j.biortech.2008.12.026.PMID19216072.
- Zhang W, Cheng CY, Pranolo Y (2010) Investigation of methods for removal & recovery of manganese in hydrometallurgical processes. *Hydrometallurgy* 101(1–2):58–63
- Yue H, Bird RN, Heidrich O (2007) A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements. *Resour Conserv Recycl* 52(2007):58–73.

فصل پنجم

فرایند دفع

تخلیه یا انباشت پسماند در فضای باز و دفن بهداشتی در لندفیل‌ها، روش‌های اصلی دفع پسماندهای جامد شهری (MSW) هستند. محل‌های کنترل نشده تخلیه پسماند دارای نشتی بسیاری زیادی هستند و آلودگی‌های زیست‌محیطی شدیدی را ایجاد می‌کنند. محیطی که در آن تخلیه پسماند در فضای باز انجام می‌شود، بوی نامطبوع ایجاد کرده و زیستگاه مناسبی برای وکتورها (جانوران و به‌ویژه حشرات ناقل بیماری) و جوندگان است. نباید اجباری برای دفع پسماند در کشور تولیدشده باشد. برای مثال، برخی مواد حاصل از زباله‌های بحرین پس از فشرده‌سازی و کوچک‌تر شدن نسبت به اندازه اصلی خود به‌جای دیگری فرستاده می‌شوند. از آنجاکه محل‌های دفن زباله توسط اتحادیه اروپا و کشورهای عضو آن محدود شده است، سوخت مشتق شده از MSW یکی از مؤلفه‌های استراتژیک سیاست مدیریت یکپارچه دفع پسماند می‌باشد. مدت‌هاست دفن MSW در دانمارک و هلند انجام می‌شود؛ هرچند، برخی ضایعات بزرگ نیز در دانمارک و هلند دفن می‌شوند. از سال ۲۰۰۲ دفن زباله‌های قابل اشتعال منفک در سوئد ممنوع است و دفن زباله‌ها در فرانسه از سال ۲۰۰۲ به "پسماند نهایی" محدود شده است (EC, 2003).

۵-۱- دفن زباله

در طول تاریخ کشورها زباله‌های خود را در زمین دفن کرده و یا آن را در محیطی قرار داده و روی آن را می‌پوشاندند. در اکثر موارد، سوزاندن کنترل نشده زباله‌ها، قبل یا بعد از انباشت آن‌ها اتفاق می‌افتد. پس از انجام تمام موارد مدیریت پسماند، آخرین مرحله دفن آن می‌باشد. دفن زباله به سه زیرگروه تخلیه یا انباشت در فضای باز، انباشت کنترل شده و دفن بهداشتی پسماند در لندفیل‌ها (دفن ایمن یا دفن ماشینی پسماند) تقسیم می‌شود. شکل ۵-۱ نمودار شماتیک دفن رایج پسماند را نشان می‌دهد.

یک مرکز لندفیل ماشینی یا لندفیل بهداشتی پسماند دارای سیستم مدیریت یکپارچه دفع پسماند است. دفع در این مراکز آخرین مرحله فرایند مدیریت پسماند است که نیاز به محصور کردن طولانی‌مدت پسماند دارد. عملیات تصفیه مناسب ممکن است نیاز به پردازش پسماند جهت دفع داشته باشد. بخشی از این فرآیند پردازش شامل به حداقل رساندن یا از بین بردن مواد خطرناک، تثبیت پسماند و/یا کاهش حجم زباله است. لندفیل‌های تجهیز شده با بیوراکتورها به‌منظور کاهش نفوذ آب باران و/یا برف آب شده به داخل پسماند جامد، طراحی شده‌اند. در طول دهه‌های گذشته، چندین مطالعه آزمایشی میدانی جهت توسعه و بهبود روش‌ها و طرح‌های دفن زباله صورت گرفته است.

به‌طور کلی، مراکز دفن بهداشتی زباله در مناطقی ایجاد می‌شوند که پتانسیل تخریب کیفیت هوا، زمین و آب در کمترین حد خود باشد. به همین ترتیب، این مراکز باید دور از فرودگاه ساخته شوند تا از سوانح هوایی بین پرندگان و هواپیماها جلوگیری شود. محل مرکز ترجیحاً باید دورتر از دشت سیلابی ۱۰۰ ساله باشد و نباید در مجاورت پناهگاه‌های حیات وحش، آثار و بناهای تاریخی و سایر اماکن مهم زیست‌محیطی بنا شود. هنگام ساخت این مراکز باید حساسیت لرزه‌ای محیط بررسی شود تا از آسیب‌های زیست‌محیطی در زمان زلزله جلوگیری شود. جدول ۵-۱ عوامل مهمی را که جهت ارزیابی مکان ساخت مرکز دفن زباله باید در نظر گرفته شود، نشان می‌دهد.

در مقایسه با سایر روش‌ها، دفن زباله باید آخرین مرحله در مدیریت پسماند باشد. برای مثال، کشور دانمارک که تولیدکننده ۱۳ میلیون تن زباله در سال است، دفن پسماندهای قابل سوزاندن را ممنوع کرده است (DEPA, 1999).

محل دفن زباله به مراکز و تسهیلات فیزیکی دفع زباله گفته می‌شود که به‌طور خاص برای مدیریت پسماند، طراحی، ساخته و اداره می‌شوند. حتی پس از برنامه‌ریزی دقیق برای کاهش، بازیافت و تبدیل پسماند، زباله‌های باقی‌مانده به زمین‌های دفن زباله فرستاده می‌شوند.

بر اساس نحوه دفع پسماندها، محل دفن زباله می‌تواند به دو نوع محل‌های دفع پسماندهای معمولی و دفع پسماند خطرناک طبقه‌بندی شود.

در طول حیات یک مکان دفع پسماند معمولی، فرایندهای زیر رخ می‌دهند: (۱) برنامه‌ریزی (۲) انتخاب مکان ساخت (۳) آماده‌سازی آن مکان (۴) زیرسازی مکان (۵) الحاق سیستم جمع‌آوری شیرابه و گاز (۶) دفن زباله (۷) کنترل و نظارت (۸) بسته شدن مکان دفع (۹) نظارت بر مکان دفع پس از بسته شدن آن.

در این بخش اهداف و شیوه‌های کلی دفن زباله بحث می‌شود. اقدامات احتیاطی و روش‌های خاص دفن پسماندهای خطرناک در فصل ۷ به‌طور مفصل بررسی شده است.

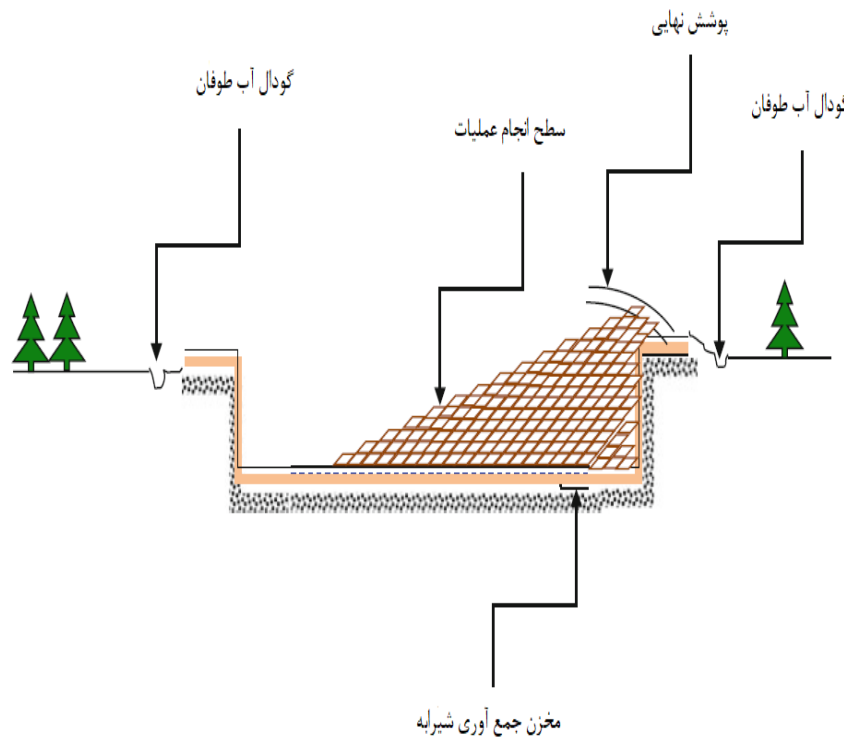
فرایند معمول دفن زباله عبارت است از: (۱) انباشت زباله در محل انجام عملیات (۲) جداسازی، خرد کردن و فشرده‌سازی زباله‌ها (۳) پوشاندن زباله‌ها (شکل ۵-۲).

به‌طور کلی، روش‌های دفن زباله به روش خندقی، روش سطحی و روش گودال تقسیم می‌شوند که در پاراگراف‌های بعدی به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

روش خندق یا سلول حفرشده: این روش در محیط‌های دارای عمق مناسب برای پوشاندن مواد و نیز جایی که آب‌های زیرزمینی دور از سطح زمین باشند، ایده‌آل است. در این روش، پسماندهای جامد داخل سلول /خندق کنده‌شده در زمین ریخته می‌شوند (شکل ۵-۲). خندق ایجادشده در محل برای پوشش نهایی/روزانه زباله‌ها استفاده می‌شود. کف و کناره‌های سلول/خندق برای

جلوگیری از نشت و حرکت گاز و شیرابه زیاله‌های دفن شده، توسط سیستم پوشش‌دهی پوشانده می‌شوند. خندق دارای شیب جانبی ۱:۲ تا ۱:۳، طول ۵۰ تا ۳۰۰ متر، عمق ۱ تا ۳ متر و عرض ۵ تا ۱۵ متر است.

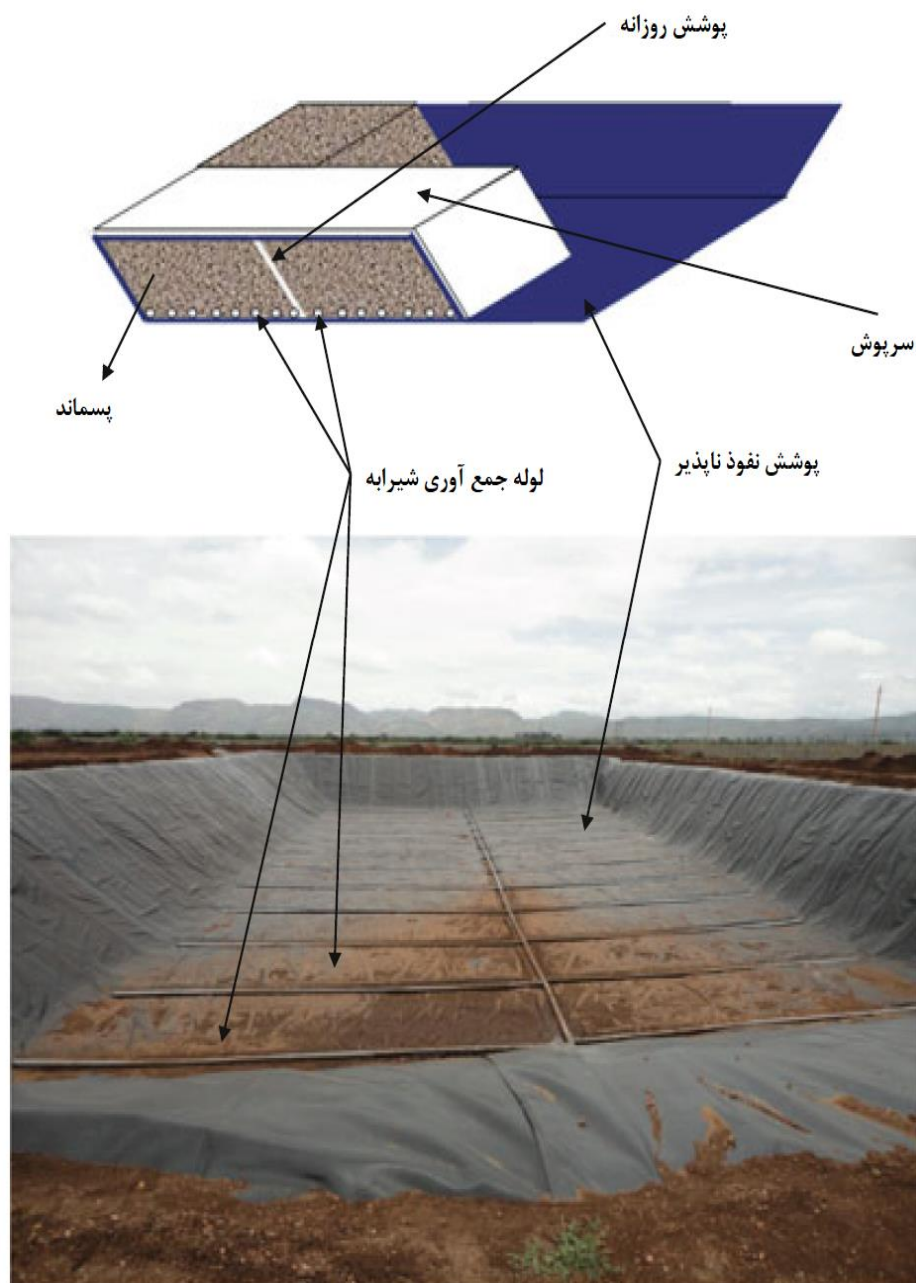
روش سطحی: این روش زمانی استفاده می‌شود که زمین برای کندن سلول/خندق مناسب نباشد. سیستم پوشش‌دهی مورد استفاده برای کنترل شیرابه و پوشش مواد باید از مکان‌های دیگر به آن محل انتقال داده شود.



شکل ۵-۱: یک دیاگرام شماتیکی نمونه از محل دفن پسماند

جدول ۵-۱: پارامترهای مهمی که باید هنگام ارزیابی موقعیت مکانی لندفیل در نظر گرفته شوند

ردیف	پارامتر	بیانیه
۱	دسترسی به زمین	وجود جاده/ریل/آب باید در نظر گرفته شود
۲	آبوهوا	بارش باران، دما، رطوبت، سرعت باد، بارش برف و غیره باید در نظر گرفته شود
۳	سوايق بلایای طبیعی در محل	زمین لرزه، طوفان موسمی، خشکسالی، سیل، سونامی، گردباد، تروریسم، جنگ، کارشکنی و تخریب، حوادث صنعتی و غیره باید ارزیابی گردد
۴	وسعت زمین در دسترس	باید به میزانی دارای ظرفیت پذیرش پسماند باشد که سرمایه گذاری امکان پذیر گردد
۵	آخرین استفاده از زمین	امکان استفاده طولانی مدت از زمین باید ارزیابی شود
۶	مطالعه زمین و آبهای زیرزمینی	کیفیت و کمیت آبهای زیرزمینی و نیز نفوذپذیری لایه‌ای باید مورد مطالعه قرار گیرد
۷	مسافت حمل و نقل	فاصله بین ایستگاه منبع/انتقال تعیین کننده اقتصادی بودن عملیات می باشد، به ویژه زمانی که محل دفن از بیش از یک منبع پسماند دریافت می کند
۸	قوانین محلی و ملی	قوانین تعیین کننده موقعیت نهایی محل دفن هستند
۹	محیط زیست محلی	محیط زیست محلی از نظر گیاهان و جانوران، آثار تاریخی، زمینه مذهبی، محیط زیست فیزیکی-شیمیایی مانند صدا، کیفیت هوا، کیفیت آب و الگوی بهره برداری از زمین باید بررسی شود
۱۰	پذیرش عموم	عموم مردم باید طرز کار پروژه را بپذیرند تا پروژه با موفقیت صورت گیرد
۱۱	ویژگی های خاک	ویژگی های خاک و دسترسی به مواد پوشاننده باید ارزیابی شود
۱۲	مطالعه آب های سطحی	الگوی زهکشی، فاصله از سفره های بزرگ آب های زیرزمینی، محدوده های آب و سرپناه باید در نظر گرفته شود نقشه ها و شیب ها باید بررسی شوند
۱۳	نقشه برداری	



شکل ۵-۲ نمونه‌ای از ساختار محل دفن پسماند در روش خندق

روش گودال یا تنگه: در این روش، پسماند جامد فشرده داخل یک گودال یا تنگه عمیق ریخته می‌شوند. معمولاً، فشرده‌سازی و دفن زباله از انتهای ترین قسمت گودال شروع شده و به دهانه گودال می‌رسد تا شیرابه و آب، زیر زباله‌های دفن شده جمع نشود. در این روش، محل‌های دفن زباله با چند جرثقیل پر می‌شوند.

فضای هوایی محل‌های دفن زباله، یعنی ارتفاع، طول و عرض مجاز آن‌ها ممکن است در نهایت کاملاً پر شود. این فضای هوایی، طول عمر محل دفن زباله را مشخص می‌کند و عملکرد مناسب باعث افزایش طول عمر این آن‌ها می‌گردد. با پر شدن فضای هوایی، محل دفن زباله بسته شده و با لایه‌ای از گل نفوذناپذیر و لایه‌ای از خاک پوشانده می‌شود. سپس، چمن و دیگر سبزیجات مناسب به منظور تثبیت خاک و بهتر شدن ظاهر محل دفن زباله کاشته می‌شوند. تا ۳۰ سال پس از بستن و پوشاندن، محل دفن زباله از لحاظ زیست‌محیطی نظارت و کنترل می‌شود. جدول ۵-۲ نمونه‌هایی از بستن محل‌های دفن زباله را نشان می‌دهد. در جدول ۵-۳ عوامل قابل توجه در هنگام طراحی محل دفن زباله آمده است. جدول ۵-۴ نشان‌دهنده عوامل قابل توجه هنگام ساخت و بهره‌برداری محل دفن زباله می‌باشد. جدول ۵-۵ عواملی که پس از بستن محل دفن زباله باید در نظر گرفته شود را نشان می‌دهد.

۵-۱-۱- فرایندهای داخل محل‌های دفن زباله

مواد عالی موجود در MSW به‌طور عمده شامل پروتئین، چربی، کربوهیدرات و لیگنین هستند که به راحتی تجزیه می‌شوند. سایر مواد عالی همچون لیگنین و سلولز، جز مواد مقاوم دسته‌بندی می‌شوند. برخی پروتئین‌های قابل تجزیه زیستی به آسانی و برخی کمی سخت‌تر تجزیه می‌شوند. اکوسیستم محل دفن زباله متنوع است و ماندگاری را تغییر می‌دهد؛ هرچند که عوامل زیست‌محیطی چون دما، pH، میزان رطوبت و غیره نیز بر آن تأثیر دارند.

تثبیت MSW در محل‌های دفن زباله در ۵ مرحله انجام می‌شود (William & Aarne 2002). این مراحل ممکن است به‌هیچ‌عنوان در محل‌های مخصوص دفن زباله‌های خطرناک نوع C و D اتفاق نیفتند. این ۵ مرحله عبارت‌اند از:

- (۱) **مرحله تطبیق اولیه.** در این مرحله، میکروب‌ها با شرایط محل دفن زباله خو می‌گیرند.
- (۲) **مرحله انتقال.** در این مرحله، انتقال از محیط هوازی به بی‌هوازی رخ می‌دهد.
- (۳) **مرحله تشکیل اسید.** هیدرولیز پیوسته پسماند جامد همراه با فعل‌وانفعالات میکروبی بر بخش‌های آلی قابل تجزیه زیستی منجر به تولید اسیدهای آلی فرار واسطه می‌شود.

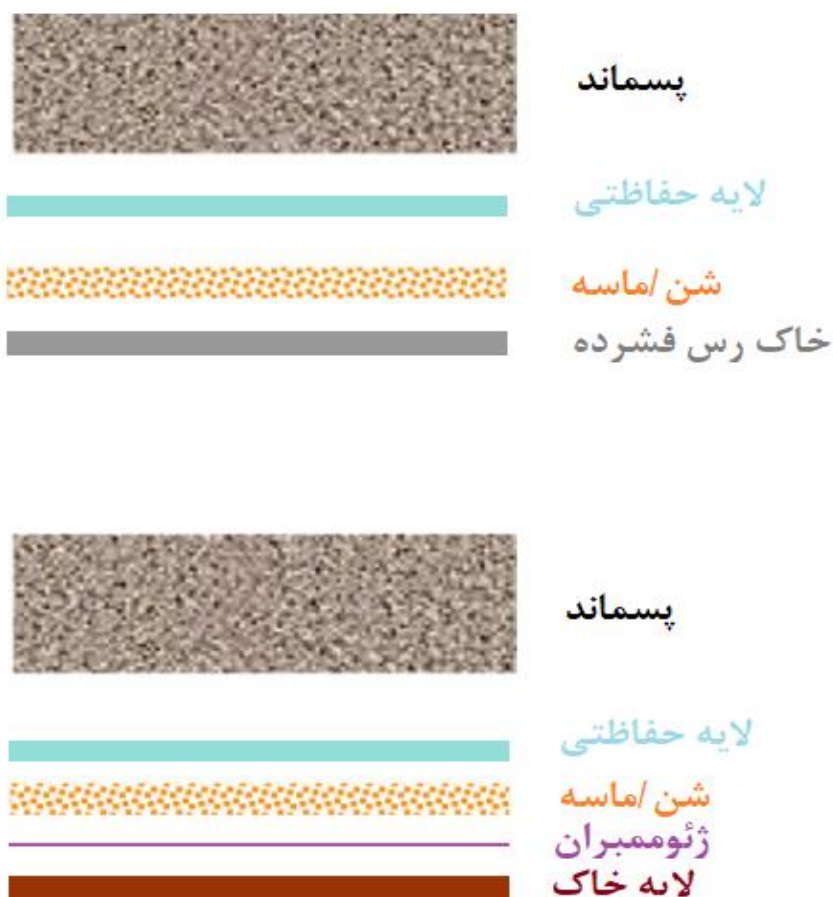
۴) **مرحله تخمیر.** در این مرحله، اسیدهای آلی فرار به متان، دی‌اکسید کربن، سولفید هیدروژن و آمونیاک تبدیل می‌شود.

۵) **مرحله بلوغ:** در این مرحله، مواد مغذی کم شده، فعالیت بیولوژیکی به نهفتگی و کاهش تولید گاز تغییر پیدا می‌کند و مقدار شیرابه کاهش می‌یابد. تجزیه آهسته مواد آلی مقاوم ادامه پیدا می‌کند و منجر به تولید مواد مشابه گیاهاک می‌شود.

۵-۱-۲- کنترل شیرابه و گاز

زباله‌های موجود در محل‌های دفن زباله شیرابه تولید می‌کنند. به آب ناشی از زباله‌ها، شیرابه گفته می‌شود که منبع اصلی آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی و گازهای تولیدشده از طریق تخمیر مواد آلی است. بارش دلیل عمده تولید شیرابه است. اجزای محلول و معلق زباله‌های قابل تجزیه زیستی در پی واکنش‌های پیچیده فیزیکی و شیمیایی با آب ناشی از زباله‌ها در محل دفن زباله ترکیب می‌شوند. دیگر موارد کمک‌کننده در ایجاد شیرابه عبارت‌اند از جریان‌های آب زیرزمینی، رواناب آب‌های سطحی و تجزیه بیولوژیکی (Reinhart & Townsend 1998).

میزان شیرابه بستگی دارد به: ۱) میزان نفوذ آب باران در زباله‌ها، ۲) فرآیندهای بیوشیمیایی موجود در سلول‌های زباله، ۳) میزان آب اولیه موجود در خود زباله، ۴) میزان فشردگی زباله. معمولاً میزان تولید شیرابه زمانی بیشتر می‌شود که فشردگی کمتر باشد؛ زیرا با افزایش فشردگی، میزان تصفیه کاهش می‌یابد (Lema et al., 1988). میزان شیرابه با تغییر "سن" محل دفن زباله تغییر می‌کند (Silva et al., 2004). هرچه سن محل دفن بالا می‌رود، غلظت مواد آلی موجود در شیرابه کاهش یافته و غلظت آمونیاک نیتروژن افزایش می‌یابد (Kulikowska & Klimiuk, 1997; Cheung et al., 2008). جریان مجدد شیرابه ممکن است منجر به غلظت بیشتر آمونیاک و درعین حال کاهش غلظت ترکیبات کربنی قابل تجزیه شود (Cheung et al., 1997).



شکل ۵-۳ نمونه‌هایی از سیستم تک پوششی

دفع شیرابه از طریق شبکه فاضلاب باعث رفع آسان مسأله و هزینه‌های عملیاتی کمتر می‌شود (Ahn et al., 2002). بازگرداندن شیرابه محل دفن زباله یکی از کم‌هزینه‌ترین گزینه‌ها در رسیدگی به شیرابه است (Lema et al., 1988). مرداب‌سازی گزینه موردقبولی در رسیدگی به شیرابه نمی‌باشد (Zaloum & Abbott, 1997). یافته‌ها نشان می‌دهد که در دهه‌های اخیر، فرآیندهای لجن فعال جهت رسیدگی به شیرابه مناسب نیستند (Lin et al., 2000). برای سالیان متمادی، فناوری‌سازی جهت کاهش کلوئیدها، ماکرومولکول‌ها، یون‌ها، میکروارگانیسم‌ها و فیبرها مورد استفاده بوده است (Zouboulis et al., 2003).

جهت رسیدگی به شیرابه تثبیت شده در محل های دفن زباله قدیمی می توان از انعقاد-لخته سازی استفاده کرد (Silva et al., 2004). استفاده از رسوب شیمیایی می تواند به عنوان پیش-تصفیه شیرابه برای حذف قدرت بالای آمونیاک نیترژن به کار گرفته شود (Abdulhussain et al., 2009). اکسیداسیون شیمیایی جهت تصفیه پساب دارای مواد سمی/آلی غیرقابل تجزیه محلول، ضروری است (Marco et al., 1997). خنثی سازی آمونیوم جهت از بین بردن آمونیاک نیترژن شیرابه محل دفن زباله به طور گسترده استفاده می شود (Abdulhussain et al., 2009). در صورت نیاز به کیفیت بالا در تصفیه آلاینده ها، می توان از روش های الکترودیالیز، میکروفیلتراسیون، نانوفیلتراسیون، اولترا فیلتراسیون و اسمز معکوس استفاده کرد.

سیستم های تک پوششی

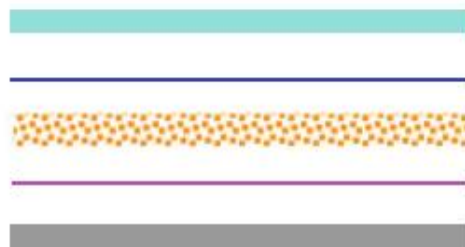
این سیستم های تک پوششی (شکل ۵-۳) شامل پوشش خاک رس/گل و پوشش خاک رس/گل ژئوسنتتیک یا ژئوممبران است. سیستم های تک پوششی جهت ساخت و از بین بردن زباله ها استفاده می شوند.

سیستم های پوششی کامپوزیتی

یک پوشش کامپوزیتی (شکل ۵-۴) ترکیبی از ژئوممبران و پوشش خاک رس/گل است. سیستم های پوششی کامپوزیتی در محدود کردن حرکت شیرابه بسیار مؤثر هستند و اغلب در محل های دفن MSW استفاده می شوند.



پسماند



لایه محافظتی

منسوجات پوششی

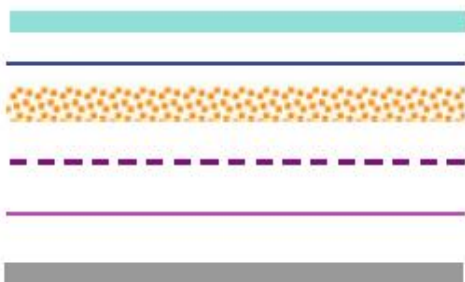
شن / ماسه

ژئوممبران

خاک رس فشرده



پسماند



لایه محافظتی

منسوجات پوششی

شن / ماسه

ژئونت

ژئوممبران

خاک رس فشرده

شکل ۴-۵ نمونه‌های سیستم‌های پوششی کامپوزیت



شکل ۵-۵ نمونه‌هایی از سیستم‌های پوششی دولایه

سیستم‌های پوششی دولایه

استفاده از این سیستم‌های پوششی دولایه (شکل ۵-۵) در محل‌های دفن زباله‌های خطرناک بسیار رایج است. در این سیستم می‌توان از دو سیستم پوشش کامپوزیتی، یا دو سیستم تک پوششی و یا ترکیبی از سیستم کامپوزیت و تک پوششی استفاده کرد. عملکرد پوشش بالا به نحوی است که کل

شیرابه را جمع‌آوری کند، درحالی‌که پوشش پایین‌تر به‌عنوان پشتیبان پوشش اولیه جهت تشخیص نشتی می‌باشد.

سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه

تمام سیستم‌های پوشش با سیستم جمع‌آوری شیرابه یکپارچه شده‌اند. سیستم جمع‌آوری شیرابه از شن و ماسه یا یک ژئونت (روکش‌های پلاستیکی زهکشی توری مانند) همراه با خطوط لوله جمع‌آوری شیرابه جهت عبور و انتقال شیرابه مخازن نگهداری و تصفیه تشکیل شده است (شکل ۵-۶).

لایه زهکشی بالایی در سیستم‌های پوششی دولایه مانند یک سیستم جمع‌آوری شیرابه عمل می‌کند و لایه زهکشی پایینی جهت تشخیص نشتی استفاده می‌شود. وجود نشتی در لایه زهکشی پایینی هشدار می‌دهد برای مدیریت محل دفن زباله تا اقدامات اصلاحی لازم را انجام دهد. اجزای سیستم پوششی به یک لایه محافظ که متشکل از خاک، شن و ماسه یا لایه‌ای از پسماند جامد نرم مانند کاغذ، تایرهای ریز شده، زباله‌های آلی و لاستیک است، مجهز شده‌اند.



شکل ۵-۶ تأسیسات تصفیه شیرابه

اجزای پوشش

خاک رس/گل: پوشش‌های خاک رس/گل، جهت جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌شوند. یک پوشش ساده از لایه فشرده‌ای از خاک رس/گل به قطر ۳۰ سانتی‌متر تا ۱ متر تشکیل شده است. اثربخشی پوشش‌های خاک رس/گل تحت تأثیر شکستگی‌های حاصل از چرخه انجماد و ذوب، وجود برخی مواد شیمیایی و خشکی است.

ژئوممبران: ژئوممبران یا پوشش غشایی انعطاف‌پذیر (FML)^۱ با استفاده از انواع مواد پلاستیکی همچون پلی‌وینیل کلراید (PVC) و پلی‌اتیلن دارای چگالی بالا (HDPE) ساخته می‌شود. شکل ۵-۲ قرار دادن ژئوممبران قبل از تخلیه زباله در محل دفن زباله را نشان می‌دهد. شکل ۵-۷ نشان‌دهنده قرار دادن ژئوممبران قبل از بستن محل دفن زباله است و در شکل ۵-۸ نیز موقعیت ژئوممبران در سرپوش محل دفن را مشاهده می‌نمایید.

منسوجات مصرفی در فیلتراسیون: این منسوجات (شکل ۵-۹) حرکت آب و ذرات به دام افتاده را تسهیل می‌کنند تا انسداد در سیستم جمع‌آوری شیرابه را کاهش دهند؛ از حرکت زباله‌های ریز و ذرات خاک به داخل سیستم جمع‌آوری شیرابه جلوگیری کنند؛ با حفاظت از ژئوممبران از سوراخ شدن آن جلوگیری نمایند.

پوشش خاک رس/گل ژئوسنتتیک (GCL)^۲: این پوشش‌ها از لایه‌های خاک رس/گل ۶ میلی‌متری بین لایه‌های منسوجات فیلتراسیون ساخته شده‌اند.

ژئونت: ژئونت‌ها روکش‌های پلاستیکی زهکشی توری مانند، جایگزین شن و ماسه در محل‌های دفن زباله به‌عنوان لایه جمع‌آوری شیرابه هستند. ژئونت‌ها به راحتی توسط مواد ریز مسدود می‌شوند.

ذخیره‌سازی پسماند جامد در محل‌های دفن زباله، به دلیل تجزیه مواد آلی زباله‌ها گاز گلخانه‌ای (GHG)^۳ تولید می‌کند. کل تولید گاز گلخانه‌ای در اروپا حدود ۲ درصد از ۵۰۰۰ میلیون تن گاز گلخانه‌ای سالیانه است (EEA 2009). کنترل میزان انتشار آلاینده‌های گازی از طریق هوا در محل‌های دفن زباله سخت است و در برخی مواقع عوامل آب‌وهوایی باعث افزایش حرکت گاز محلی

^۱ Flexible membrane liners

^۲ Geosynthetic Clay Liner

^۳ Greenhouse gas

دفن زباله (LFG)^۱ به دیگر نقاط و بروز حوادث انفجار گاز می‌شوند (Mohammed et al., 2009).
جداول ۲-۵، ۳-۵، ۴-۵ و ۵-۵ مطالعه شود.

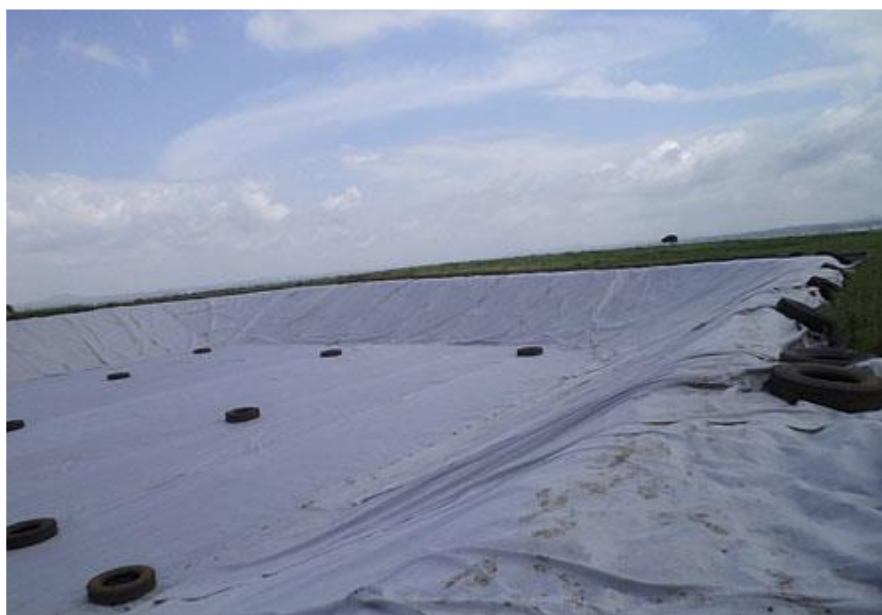


شکل ۵-۷ ژئوممبران قرار داده شده بر لندفیل قبل از بستن آن

¹ Land Fill Gas



شکل ۵-۸ نمونه‌ای از لایه‌های مختلف در سرپوش لندفیل



شکل ۵-۹ منسوجات پوششی در ناحیه محل دفن پسماند

جدول ۵-۲ نمونه‌هایی از مواد پوششی محل دفن پسماند

ردیف	ماده پوششی	مثال	بیانیه
۱	خاک فشرده	گل، خاک کتان	باید دارای خاصیت چسبندگی باشد
۲	خاک رس فشرده	سیاه، شن	لایه‌ها باید پیوسته بوده و قابل ترک خوردن نباشند
۳	مواد شیمیایی غیر آلی	کائولینیت	کاربرد باید با توجه به در دسترس بودن و خصوصیات خاک منطقه انتخاب شود
۴	مواد شیمیایی سنتزی	سیلیکات سدیم، پیروفسفات	باید بعد از مطالعه تنظیمات بررسی شوند
۵	غشاهای سنتزی/منسوجات پوششی	پلیمرها	ویژگی مواد و مهارت‌های کارکنان عملیات باید در نظر گرفته شود
۶	آسفالت	پلی‌اتیلن	لایه‌ها باید پیوسته بوده و قابل ترک خوردن نباشند
۷	سایر موارد	بتون، سفال	ممکن است پس از مطالعه تنظیمات، مفید باشند

جدول ۵-۳ پارامترهایی که برای طراحی مکان دفن زباله باید در نظر گرفته شوند

پارامترها	بیانیه‌ها
دسترسی	جاده، ریل آهن و سایر شیوه‌های انتقال
ساختار سلول و مواد پوششی	مواد پوششی در دسترس در محل و خارج از محل
زهکشی	زهکشی موجود و موردنیاز
برنامه آمادگی در شرایط اضطراری (EPP) و برنامه مدیریت بحران (DMP)	فراهم بودن EPP و SMP جامع
برنامه مدیریت محیط‌زیست (EMP)	فراهم بودن EMP بسیط
نیازمندی‌های تجهیزات	باید تعیین شوند
وسعت زمین	حداقل برای مدت ۱۰ سال از عملیات باید کافی باشد
روش دفن در زمین	باید زمینه زیست‌محیطی منطقه در نظر گرفته شود
کنترل زباله/جوندگان	برنامه کنترل زباله و جوندگان باید نهایی شده باشد
ذخیره‌سازی و پیش تصفیه در-محل	ممکن است در موارد وجود پسماند خطرناک و پسماند خاص موردنیاز باشد
الزامات خاص پروژه	احتمال از دست دادن معیشت یا بازار زباله باید در نظر گرفته شود
مسائل قانونی	باید به‌طور گسترده بررسی گردد
پذیرش، سنجیدن، ایمنی، تخلیه، شست و شوی وسایل نقلیه و غیره.	باید تدارکاتی برای پذیرش، ارزیابی و ایمنی فراهم شود
بسط دادن و فشرده‌سازی	نوع پسماند و مواد پوششی باید موردتوجه باشد

جدول ۴-۵ پارامترهایی که باید در هنگام ساخت و عملیات در لندفیل در نظر گرفته شود

پارامترها	بیانیه‌ها
ارتباطات	باید دارای سیستم ارتباطاتی گسترده باشد
روزها و ساعت‌های عملیات	باید دوره‌هایی که عملیات صورت نمی‌گیرد در نظر گرفته شوند مانند تعطیلات، فجایع و دلایل آب‌وهوایی
تسهیلات کارمندان	باید دارای اتاق استراحت و سرویس بهداشتی مناسب باشد
نظارت و مراقبت محیط‌زیست	باید دارای سیستم نظارت و مراقبت مناسب از محیط‌زیست باشد
نگهداری/تعمیر تجهیزات	باید برای نگهداری تجهیزات و تعمیرات کوچک برنامه‌ریزی شود
گزارش‌ها عملیاتی	گزارش عملیات باید شامل مقدار پسماند دریافت و دفع شده، گزارش وسایل نقلیه و غیره باشد که از لحاظ قانونی و عملیاتی موردنیاز است
فعالیت‌های ویژه پروژه	کاشت نهال درختان، ایجاد آگاهی و مسئولیت همکاری اجتماعی باید در نظر گرفته شود
مسائل قانونی	ارزیابی‌های لازم باید برای تکمیل الزامات قانونی انجام شود
مسائل ایمنی	ارزیابی‌های لازم باید برای تکمیل الزامات امنیتی صورت گیرد
مصرف مجدد زباله	باید انجام‌شده و یا بسته به شرایط محلی نادیده گرفته شود

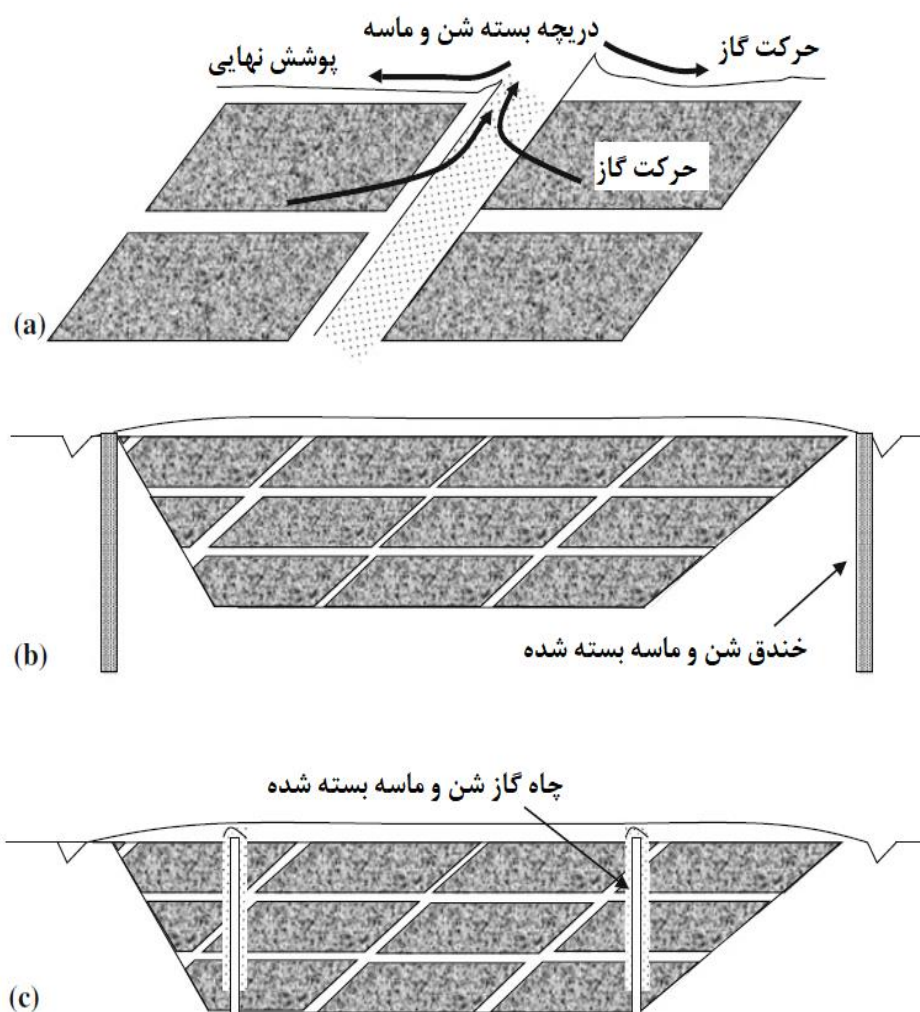
جدول ۵-۵ عواملی که باید پس از بسته شدن محل دفن پسماند در نظر گرفته شوند

پارامترها	بیانیه‌ها
نظارت زیست‌محیطی	باید به مدت ۲۰ سال و بیشتر بسته به نوع پروژه و قوانین محلی انجام شود
تخلیه گاز لندفیل/تصفیه شیرابه	باید جهت جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست انجام شود
نظارت پس از بسته شدن لندفیل	همانگی برای چمن/زهکشی/احتراق و غیره باید صورت گیرد
ایمنی	باید جهت حفاظت ایمنی از انسان‌ها و حیوانات صورت گیرد

تجزیه زباله‌های قابل تجزیه زیستی در ۵ مرحله اتفاق می‌افتد. در مرحله اول، باکتری‌های هوازی دی‌اکسید کربن، آب و گرما تولید می‌کنند. دی‌اکسید کربن ممکن است به صورت گاز آزاد شود و یا توسط آب جذب‌شده و به اسیدکربنیک که سبب افزایش اسیدیته شیرابه می‌شود، تبدیل گردد. در مرحله دوم، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها توسط باکتری‌های گوناگون تجزیه‌شده به شکر

تبدیل می‌شوند. سپس شکر به دی‌اکسید کربن، هیدروژن، آمونیاک و اسیدهای آلی تبدیل می‌شود. در مرحله سوم، اسیدهای آلی به اسید استیک (CH_3COOH)، دی‌اکسید کربن (CO_2)، هیدروژن (H_2)، سولفید هیدروژن (H_2S) تبدیل می‌شوند. در مرحله چهارم، اسیدهای آلی توسط میکروارگانیسم‌های متانوژنیک به H_2O ، CO_2 ، CH_4 تجزیه می‌شوند. در آخرین مرحله، گاز متان (CH_4) تولیدشده به دی‌اکسید کربن و آب تبدیل می‌شود. در صورت وجود غلظت بالای سولفات‌ها، گاز سولفید هیدروژن نیز تولید می‌شود.

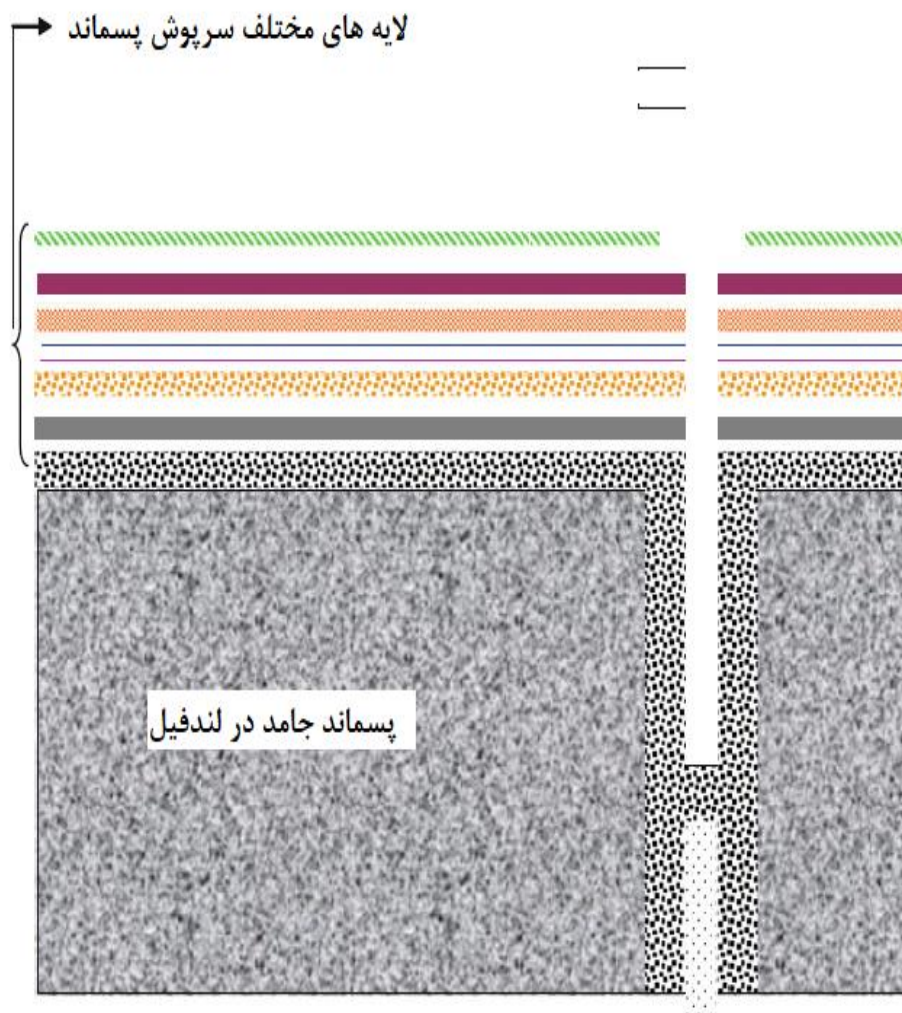
عوامل متعددی بر میزان تولید گاز محل دفن زباله (LFG) تأثیر دارد: (۱) ویژگی‌های حرکت گاز از لایه‌های زباله و لایه بالایی محل دفن، (۲) راندمان جمع‌آوری گاز، (۳) نحوه اکسیداسیون گاز متان (CH_4)، (۴) pH، (۵) ترکیب زباله، (۶) دما، (۷) مقدار آب، (۸) خرد کردن، (۹) فشردگی، (۱۰) چرخش مجدد شیرابه، (۱۱) شرایط هوایی (Mohammed et al., 2009; Cernuschi & Giugliano 1996; Christensen et al., 1996; Gurijala et al., 1997; Naranjo et al., 2004; Sormunem et al., 2008; Tecle et al., 2008; Williams 2005; Zhang et al., 2008).



شکل ۵-۱۰ روش‌های رایج تخلیه گازهای لندفیل: (a) سلول، (b) مانع، (c) چاه

۹۰ درصد گاز محل دفن زباله (LFG) حاوی متان و دی‌اکسید کربن است. اگرچه بیشتر متان وارد اتمسفر می‌شود، مقداری از آن می‌تواند حرکت جانبی داشته باشد. تهویه نادرست LFG باعث جمع شدن آن زیر ساختمان‌ها و دیگر فضاهایی می‌شود که چگالی یا وزن مخصوص آن‌ها کمتر از هوا باشد.

دی اکسید کربن $1/5$ برابر نسبت به هوا و $2/8$ برابر نسبت به متان چگال تر است؛ بنابراین، این گاز می تواند در کف محل دفن زباله حرکت کرده، pH را پایین آورده و در صورت نفوذ به آب های زیرزمینی، سختی و میزان مواد معدنی آب را افزایش دهد. از این رو، کنترل حرکت LFG با ساخت دریچه های تهویه، موانع و انجام بازیافت امری ضروری است. گازهای تولیدی محل دفن زباله یا وارد اتمسفر می شوند (شکل ۵-۱۰) و یا برای تولید برق جمع آوری می شوند (شکل ۵-۱۱).



شکل ۵-۱۱ سیستم جمع آوری گاز در محل دفن پسماند

گاز متان (CH_4) یکی از گازهای مهم گلخانه‌ای (GHG) است، به‌طوری‌که پتانسیل گرمایش جهانی آن بیشتر از دی‌اکسید کربن (CO_2) می‌باشد (Ishigaki et al., 2005). در ۱۵۰ سال گذشته، غلظت متان موجود در جو ۲ برابر شده است (Stern et al., 2007). به دلیل تجزیه بی‌هوازی مواد آلی زباله‌ها، LFG هم در محل دفن زباله تحت کنترل و هم در محل‌های تخلیه یا انبار عمومی تولید می‌شود که شامل ۵۰ تا ۶۰ درصد متان و ۳۰ تا ۴۰ درصد دی‌اکسید کربن و مقدار کمی از سایر انواع گازها است (Wang-Yao et al., 2006). محل‌های دفن زباله یکی از منابع اصلی انتشار متان در ایالات متحده بودند و در سال ۱۹۹۷ نزدیک به ۳۷ درصد از کربن منتشرشده مربوط به آمریکا بوده است (EPA, 1999).

از آنجاکه تولید متان بلافاصله پس از دور ریختن زباله شروع می‌شود "تله-زیستی" را می‌توان به‌عنوان وسیله‌ای جهت کاهش میزان متان سلول‌های لندفیل‌های باز استفاده کرد. این تله‌های زیستی می‌توانند جایگزینی برای پوشش روزانه در طی عملیات دفن زباله نیز باشند. تله زیستی چندلایه، متشکل از دولایه جایگزین پوشش منسوجی، قادر به کاهش ۱۶ درصد از متان است؛ پوشش اصلاحی محل دفن زباله با خاک/کامپوست/سنگ رست به‌اضافه تله زیستی، از بین رفتن متان را تا بیش از ۳۲ درصد افزایش می‌دهد (Bryn et al., 2011).

مواد سنتی مورد استفاده در پوشش، ظرفیت ذخیره‌سازی را کاهش می‌دهند. بر اساس مطالعه زژی و همکاران (۲۰۱۱) سیستم پوشش متوسط با به‌کارگیری ژئوممبران پلی‌اتیلن دارای چگالی بالا جریان گاز را تا ۲۵ درصد افزایش می‌دهد (Zezhi et al., 2011). باین‌حال، قرار دادن یک لایه بسیار نفوذپذیر در نزدیکی سطح محل دفن زباله بازده جمع‌آوری LFG را افزایش می‌دهد. لایه نفوذپذیر از تأثیر ترک‌ها بر مواد ضد نفوذ اکسیژن (O_2) جلوگیری کرده، انتشار یکنواخت متان (CH_4) را برانگیخته و باعث اکسیداسیون بیشتر متان در لایه پوششی می‌شود.

احتراق یک فن رایج برای کنترل و همچنین تصفیه LFG است. پرکاربردترین فناوری‌های احتراق عبارت‌اند از مشعل، دیگ‌های بخار، توربین‌های گازی، کوره‌های زباله‌سوز و همچنین موتورهای احتراق داخلی. احتراق سبب حصول اطمینان در از بین رفتن بیش از ۹۸ درصد از ترکیبات عالی می‌شود. در طول احتراق، متان به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود و بنابراین فشار به دلیل آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای (GHG) کم می‌شود. در غلظت بیش از ۲۰ درصدی متان، LFG یک ترکیب قابل اشتعال با هوا در اتمسفر ایجاد خواهد کرد که تنها به یک منبع احتراق جهت شروع عملیات احتیاج خواهد داشت. چنانچه غلظت متان در LFG کمتر از ۲۰ درصد باشد، جهت ایجاد شعله نیاز به سوخت اضافی همانند گاز طبیعی خواهد بود. مشعل می‌تواند شعله روباز یا روبسته باشد. مشعل شعله روباز از لوله‌ای جهت پمپ LFG، یک منبع جرقه و یک مکانیسم جهت تنظیم جریان گاز تشکیل شده است. از معایب اصلی مشعل شعله روباز می‌توان احتراق ناکارآمد،

برهم زدن زیبایی محیط و مشکلات نظارت و کنترل را نام برد. در مشعل شعله روبسته، ورود گاز و هوا کنترل می‌شود که این امر باعث احتراق کارآمد و مطمئن می‌گردد.

محل‌های دفن زباله در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به‌طور مناسب ساخته نمی‌شوند و به انبار زباله در فضای باز تبدیل می‌شوند که این امر منجر به تولید گاز متان می‌شود. بسیاری از کشورهای در حال توسعه، بارش‌های خوبی دارند که تجزیه را کند کرده و منجر به شرایط بی‌هوایی می‌شود. از این رو در روش دفن زباله اصلاح‌شده به نام فوکووکا^۱، شیرابه از سوراخ محصور در لوله دارای گرداله درجه‌بندی‌شده، جمع‌آوری می‌شود و در نتیجه یک شرایط هوایی را نشان خواهد داد. هرچه شیرابه زودتر جمع‌آوری شود، لایه داخلی پسماند میزان رطوبت کمتری خواهد داشت که منجر به تثبیت زودهنگام زباله خواهد شد.

۵-۱-۲-۱-۵- نظارت بر محل دفن زباله

جهت کنترل موارد زیر محل دفن زباله نظارت می‌شود: (۱) کیفیت و کمیت شیرابه، (۲) نشست در پوشش، (۳) کیفیت آب‌های زیرزمینی، (۴) کیفیت هوای محیط، (۵) گاز موجود در خاک اطراف، (۶) کیفیت و کمیت گاز لندفیل و (۷) ثبات پوشش نهایی.

نشست در پوشش با استفاده از دستگاهی به نام "لایسیمتر"^۲ تشخیص داده می‌شود. نظارت بر آب‌های زیرزمینی از طریق حفر چاه‌های مختص نظارت، در اطراف محل دفن زباله انجام می‌شود. چاه‌های استخراج گاز جهت جمع‌آوری هر نوع گاز محل دفن زباله ایجاد می‌شوند.

۵-۲-۲-۱-۵- بستن محل دفن زباله

زباله‌های موجود در محل دفن زباله به‌صورت روزانه پوشانده می‌شوند تا سلول‌ها را ایجاد کنند؛ اما در عمل، این اتفاق ممکن است در بسیاری از محل‌های دفن صورت نگیرد. پشته زباله با پوشش پوشانده می‌شود تا از زباله در برابر باران محافظت شود (شکل ۵-۱۲). با پر شدن کامل محل دفن زباله، آن را با لایه‌هایی از ژئوممبران، خاک رس/گل، ماسه، منسوجات پوششی و خاک می‌پوشانند (شکل ۵-۱۳ و ۵-۱۴).

نظارت بر بستن محل دفن زباله در همان هنگام و ۳۰ تا ۵۰ سال پس از بستن آن، ضروری است تا از ایمنی و نبود آسیب‌های زیست‌محیطی اطمینان حاصل شود. در یک برنامه بستن محل

^۱ Fukuvoka

^۲ Lysimeter

دفن زباله بهتر است مواردی همچون محوطه‌سازی، کنترل رواناب، جمع‌آوری و تصفیه گاز و شیرابه، کنترل فرسایش و نظارت بر محیط‌زیست، در نظر گرفته شود. کنترل‌های پس از بسته شدن محل دفن زباله باید دربردارنده بازرسی روزانه و انجام اقدامات اصلاحی در صورت مشاهده مقدار غیرقابل قبول از انتشار و نشتی در طول زمان نظارت، باشد. شکل ۵-۱۲ حافظت از جامدات دفن شده در لندفیل از آب باران پیش از پوشاندن نهایی.



شکل ۵-۱۳ قرار دادن خاک پوششی بر روی لندفیل



شکل ۵-۱۴ پوشاندن خاک رس با خاک معمولی در سرپوش لندفیل

سیستم پوشش نهایی باید پس از پر شدن محل دفن زباله اعمال شود تا ۱) آب باران کمتر نفوذ کند، ۲) از انتشار فرار و زودگذر جلوگیری شود، ۳) زباله از محیط زیست تفکیک گردد، ۴) خاک کمتر فرسایش داشته باشد، ۵) گچک کمتر شود، ۶) در برابر نقب حیوانات مقاوم شود، ۷) از نفوذ ریشه‌ها ممانعت شود.

نفوذپذیری پوشش نهایی باید کمتر از پوشش‌های زیرین باشد تا از "اثر وان حمام" جلوگیری شود، به این معنا که آب نفوذ کرده از طریق سیستم پوششی در پوشش‌ها تجمع پیدا کرده و باعث افزایش نوک هیدرولیکی پوشش‌ها می‌شود.

سیستم پوشش نهایی شامل یک لایه نفوذ در حدود ۵۰ سانتی‌متر از مواد خاکی پوشیده شده با ۱۵ سانتی‌متر خاک قادر به حمایت از رشد گیاهان بومی است. از طرح پوششی جایگزین نیز می‌توان در صورت تضمین محافظت در برابر نفوذ و فرسایش، استفاده کرد.

اگرچه گزینه مقرون به صرفه‌ای نیست، اما استفاده از ژئوممبران پلی اتیلن دارای چگالی بالا جوش خورده با حداقل ضخامت ۲/۵ میلی‌متر در نزدیک‌ترین نقطه تماس با لایه مواد معدنی، برای پوشاندن دهانه لندفیل‌ها بسیار مناسب است (August 1992; August & Tatzky-Gerth 1991; August & Tatzky 1992; August et al., 1992; Muller & Luders 1995; Meggyes & McDonald 1995; Meggyes et al., 1998; Muller 1993; Muller 1995; Muller et al., 1995).

کنترل‌های پس از بسته شدن محل دفن زباله شامل حفظ یکپارچگی و اثربخشی سیستم پوشش نهایی، سیستم نظارت و کنترل آب‌های زیرزمینی، سیستم نظارت و کنترل گازهای محل دفن زباله (LFG) و سیستم جمع‌آوری شیرابه است. پوشش نهایی محل دفن زباله باید اجزای زیر را داشته باشد:

پوشش گیاهی سطحی: پوشش گیاهی به فرسایش مواد پوشاننده کمک می‌کند؛ اما اگر ریشه‌های عمیق به محل دفن زباله نفوذ کنند، این پوشش مخاطره‌آمیز خواهد بود.

لایه استفاده مجدد: این لایه هم‌زمان از لایه پوششی و نیز لایه‌های پایینی محافظت می‌کند. ضخامت آن به عمق گچک و نفوذ ریشه بستگی دارد (Rettenberger 1988; Jessberger H 1990).

لایه زهکشی: این لایه باید نفوذ آب به لایه استفاده مجدد را منحرف کند؛ بنابراین، این لایه برای رسیدن به این هدف باید نفوذپذیری کافی را داشته باشد. شن، ماسه، خاکستر شیشه و سرباره

حاصل از سوختن در این لایه استفاده می‌شود. آب با استفاده از لوله‌های HDPE/PVC جمع‌آوری می‌شود.

لایه محافظ: لایه مواد معدنی یا منسوجات پوششی برای محافظت از ژئوممبران‌ها استفاده می‌شوند (Muller & Muller 1993).

لایه درزگیری: این لایه به منظور جلوگیری از نفوذ آب باران به محل دفن زباله و انتشار گازهای محل دفن زباله به اتمسفر استفاده می‌شود. در ساخت این لایه از ورق‌های پلیمری (شناخته شده به عنوان ژئوممبران) یا مواد رسی/گلی یا پوشش آسفالتی یا پوشش‌های بنتنت استفاده می‌شود.

لایه تعدیل: به منظور جدا کردن پوشش از زباله و ایجاد پایه جهت تراکم لایه درزگیری از این لایه استفاده می‌شود.

لایه زهکشی گاز: این لایه به منظور جمع‌آوری گازهای محل دفن زباله (LFG) از سنگ مواد یا شن ساخته می‌شود.

۵-۱-۳- بهره‌برداری از محل دفن زباله

اقدامات احتیاطی عملیاتی عبارت‌اند از کنترل اندازه سلول‌ها، قرار دادن پوشش موقت و به‌کارگیری مناسب کنترل‌گرهای آب طوفان است. تغییر مکان، تثبیت موقعیت، تراکم پسماند جامد و پوشش محل دفن زباله به انواع ماشین‌های بزرگ و سنگین همچون تراکتور، لودر، غلطک، ماشین درجه‌بندی، بیل هیدرولیکی، ماشین‌های آتش‌نشانی، کامیون‌های آب و خودروهای خدماتی، نیاز دارد. امروزه غلطک‌های ویژه محل دفن زباله در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته استفاده می‌شود. پوشش روزانه با استفاده از بشقابک یا کاردک باز شده و دوباره سرجای خود قرار داده می‌شود. در محل‌های دفن زباله فعال، پسماندهای جامد در لایه‌های پوشش و سیستم جمع‌آوری شیرابه قرار می‌گیرند. نباید هیچ‌گونه مواد سازگاری در مکان‌های محل دفن زباله‌های خطرناک کنار یکدیگر قرار گیرند.

زباله‌های پایین‌ترین لایه‌ها نباید اشیاء تیز داشته باشند تا از سوراخ شدن پوشش‌ها جلوگیری شود. زباله‌ها باید به نحوی قرار گیرند که تجهیزات به سیستم جمع‌آوری شیرابه آسیب نرساند. پر کردن زباله‌ها باید از گوشه‌ها شروع شده و به سمت بیرون ادامه پیدا کند. ترتیب پر کردن باید در

مرحله طراحی مشخص شود. در پایان هرروز کاری زباله‌ها باید با خاک یا پوشش‌های جایگزین روزانه (همانند منسوجات پوششی، ژئوممبران و یا دیگر مواد خاص) پوشانده شوند تا وکترها (جانوران و به‌ویژه حشرات ناقل بیماری) و جوندگان کنترل شوند؛ بو، پاشیدن آشغال و آلودگی هوا کم شود؛ خطر آتش‌سوزی کاهش یابد؛ و تولید شیرابه کم شود.

با انحراف آب طوفان از محل‌های فعال دفن زباله می‌توان از جاری شدن آن در ناحیه، ممانعت کرد. گوشه‌های محل دفن باید شیب‌دار باشد تا به پایداری شیب برسند. تجهیزات باید توانایی مقابله با بیشترین حد آب طوفان روزانه طی ۲۵ سال را داشته باشند. اقدامات معمول جهت مدیریت رواناب‌ها شامل هم‌تراز کردن زمین‌های مجاور سلول دفن زباله و ساخت راه‌آب، آب‌بند/آب‌گذر جهت منحرف کردن جریان.

۵-۱-۴- استفاده از مکان‌های قدیمی دفن زباله

مکان‌های دفن زباله بسته‌شده را می‌توان برای اهداف دیگری همچون زمین گلف، پارک تفریحی، پیست اسکی و پارکینگ استفاده کرد.

مکان‌های دفن زباله بسته‌شده در معرض نشست ناهمسان، تولید گازهای لندفیل (LFG) و شیرابه هستند. نشست به‌سرعت و ظرف ۱ تا ۱۲ ماه اتفاق می‌افتد. نشست ثانویه در پی نشست اولیه و ظرف ۱۵ تا ۲۰ سال رخ می‌دهد. سرعت و میزان نشست به زباله‌های دفن شده بستگی دارد.

۵-۱-۵- حفاری محل دفن زباله

کندن محل‌های دفن زباله جهت جداسازی مواد غیرقابل تجزیه زیستی را حفاری محل دفن زباله می‌نامند. مواد غیرقابل تجزیه زیستی را می‌توان دوباره استفاده کرد و از تکه‌های کوچک به‌عنوان مواد پوشش‌دهنده محل دفن زباله بهره برد. باز کردن پوشش محل دفن زباله منجر به انتشار گازهای لندفیل به اتمسفر و ایجاد رواناب آلوده در هنگام بارندگی می‌شود.

۵-۱-۶- دفن زباله‌های خطرناک

دفن زباله‌های خطرناک با دفن MSW بسیار متفاوت است؛ زیرا پسماندهای خطرناک هیچ‌گونه مواد ناسازگاری ندارند و اگر به‌درستی پیش‌تصفیه و تثبیت نشوند منجر به گرما، انفجار و دیگر فعل‌وانفعالات نامطلوب می‌شوند. برخلاف MSW، زباله‌های خطرناک به پیگیری و بایگانی نیاز دارند که حتی مکان‌های دفع را نیز در برمی‌گیرد. بایگانی باید شامل اطلاعات مربوط به منبع و خصوصیات زباله باشد تا در صورت نیاز و در آینده در برخورد با موارد نامطلوب منجر به آلودگی

آب‌های سطحی/زیرزمینی، بتوان به آن‌ها استناد کرد و اقدامات لازم را انجام داد. پیگیری زباله موجب اطمینان خاطر در خصوص سازگاری زباله می‌شود. در فصل ۷ به تفصیل در این مورد بحث شده است.

۵-۲- هم‌پردازی پسماندهای جامد

هم‌پردازی به استفاده از زباله در فرایندهای صنعتی گفته می‌شود. به‌طور کلی ۳۰ الی ۴۰ درصد از هزینه‌های تولید (به‌استثنای هزینه‌های سرمایه‌گذاری) در یک صنعت صرف انرژی مصرفی می‌شود. استفاده از زباله جهت تأمین انرژی موردنیاز و کاهش هزینه تولید متداول‌تر شده است. شکل ۵-۱۵ انبار زباله در مرکز تولید سیمان جهت هم‌پردازی را نشان می‌دهد.

هم‌پردازی زباله در صنعت سیمان‌سازی دارای مزایای زیر است:

- شرایط قلیایی جذب مواد فرار از فاز گازی را فراهم می‌کند.
- واکنش‌های آجر در ۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد پیوند شیمیایی خاکسترها با آجر را فراهم می‌کنند.

هم‌پردازی دارای مشکلات زیر است:

- تغلیظ مواد خطرناک باید در دمای بالاتر از ۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و در زمان اقامت بیش از ۲ ثانیه انجام شود تا از تشکیل دیوکسین و فوران جلوگیری شود.
- در مواردی که مواد دارای پلاستیک بالا به‌عنوان ماده تغذیه‌کننده انرژی استفاده می‌شوند، پلاستیک ذوب‌شده ممکن است مانع یا سد جریان مواد از پیش-گرم‌کن به کوره سیمان شود.



شکل ۵-۱۵ پسماند ذخیره‌شده در تأسیسات ساخت سیمان جهت هم‌پردازی

۵-۳- سوزاندن و تبدیل زباله به انرژی

سوزاندن یکی از روش‌های رایج جهت دفع زباله‌های قابل اشتعال است. فرایند احتراق منجر به آلودگی هوا می‌شود و نیاز به کنترل دقیق دارد. به دلیل هزینه‌های سرمایه‌ای/عملیاتی بالا، سوزاندن در کشورهای توسعه‌یافته کمتر استفاده می‌شود. بر اساس مطالعات سوموپولوس و همکاران، آمریکا بیش از ۱۵۰۰ زباله‌سوز دارد که ۸۷ مورد از آن‌ها تأسیسات تبدیل زباله به انرژی (WTE) هستند که بهره‌برداری از این WTE با سوزاندن تقریباً $\frac{26}{3}$ میلیون تن MSW به جمعیتی در حدود ۳۰ میلیون خدمات می‌رساند (Psomopoulos et al., 2009).

سوزاندن نوعی تصفیه/دفع زباله است که در این فرآیند زباله در تأسیسات دارای طراحی مهندسی سوخته می‌شود. سوزاندن را "تصفیه حرارتی" نیز می‌نامند زیرا به گرما جهت رسیدن به نتیجه مطلوب احتیاج دارد. زباله با احتراق به خاکستر، گازهای دودکش و گرما تبدیل می‌شود. گازهای دودکش را باید با تجهیزات کنترل آلودگی هوا تحت کنترل درآورد تا از آلودگی هوای تأثیرگذار بر محیط‌زیست جلوگیری شود.

انرژی حاصل از زباله‌سوزها می‌تواند جهت استفاده در صنعت بازیابی شود. زباله‌سوزها ۸۰ تا ۸۵ درصد از حجم اولیه زباله‌های قابل اشتعال را کاهش می‌دهند. جهت جلوگیری از آلودگی هوا به دلیل انتشار احتمالی مواد واسطه احتراق مانند دیوکسین و فوران، هوای خروجی از محفظه احتراق جامدات به محفظه احتراق دومی هدایت می‌شود که در آنجا گاز تحت گرمای شدید قرار می‌گیرد. دمای محفظه احتراق اولیه باید $800 \pm 50^{\circ}\text{C}$ و محفظه ثانویه باید $1050 \pm 50^{\circ}\text{C}$ نگه‌داشته شود، جایی که زمان اقامت گاز حداقل ۱ ثانیه با مینی‌م ۳ درصد وزنی اکسیژن در گاز دودکش است. به‌تازگی عملیات سوزاندن پسماند جهت تولید انرژی به دلیل کنترل جریان تأثیر بر بازیافت، تأثیر بر هزینه‌ها و پذیرش سیاسی کاهش یافته است.

عبارت سوخت حاصل از زباله قابل اشتعال (RDF^۱) معمولاً برای بخش تفکیک‌شده MSW با ارزش حرارتی بالا استفاده می‌شود. دیگر عبارات مورد استفاده در مورد سوخت مشتق شده از MSW عبارت‌اند از سوخت قابل بازیافتی (REF^۲)، سوخت مشتق حاصل از ضایعات کاغذ و پلاستیک (PDF^۳)، سوخت مشتق شده از ضایعات بسته‌بندی‌ها (PDF^۴)، سوخت حاصل از مهندسی فرآیند (PEF^۵). عبارات سوخت جایگزین، سوخت ثانویه و سوخت مایع جایگزین (SLF^۶) برای ضایعات پردازش‌شده صنایع استفاده می‌شوند. کل (RDF) حاصل از MSW پردازش‌شده مورد استفاده در عایق‌های انرژی، نیروگاه‌های برق، تأسیسات گرمایش منطقه‌ای و صنایع بیش از ۲ میلیون tpa در اتحادیه اروپا است.

در کشورهای اسکندیناوی RDF در تأسیسات گرمایش منطقه‌ای، هم‌سوزانی و خاکسترسازی می‌شود. در استرالیا، بلژیک، دانمارک، ایتالیا و هلند MSW پس از مرتب‌سازی و عدل‌بندی به‌عنوان RDF در کوره‌های سیمان استفاده می‌شود.

۵-۳-۱- ارزش حرارتی زباله

معین بودن ارزش حرارتی زباله جهت انتخاب نحوه دفع ضروری است. ارزش حرارتی زباله را می‌توان با استفاده از گرماسنج اندازه‌گیری کرد. در نبود گرماسنج، ارزش گرمایی را می‌توان مطابق با مثال ذکر شده در جعبه ۵-۱ محاسبه کرد.

^۱ Refuse Derived Fuel

^۲ Recovered Fuel

^۳ Paper and Plastic Fraction

^۴ Packaging Derived Fuel

^۵ Process Engineered Fuel

^۶ Substitute Liquid Fuel

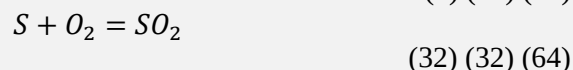
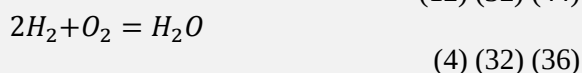
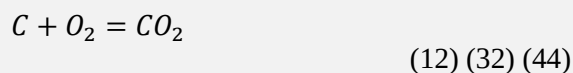
موفقیت پروژه سوزاندن زباله به اطلاعات دقیق از مقادیر و ویژگی‌های آتی زباله بستگی دارد. ارزش گرمایی پایین (LCV)^۱ باید بالاتر از میزان حداقل باشد. ترکیب خاص زباله نیز حائز اهمیت است. ترکیب لاستیک و ضایعات C&D مناسب نیستند، حتی اگر LCV متوسط نسبتاً بالا باشد. به‌منظور بهره‌برداری مداوم از زباله‌سوز، دسترسی به زباله در کل سال باید ثابت باقی بماند. از این رو قبل از شروع پروژه، تغییرات فصلی ویژگی‌ها و LCV باید مشخص شود. ترکیب زباله به تفاوت‌های فرهنگی، شرایط اجتماعی و اقتصادی و نیز شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد؛ بنابراین، اطلاعات موجود در خصوص یک مکان، برای سایر مکان‌ها قابل استفاده مکان‌ها نیست. قبل از تبدیل نهایی ضایعات به انرژی، تأثیر بازیافت و عمل زباله جمع‌کنی بر تغییر ترکیب MSW باید در نظر گرفته شود. در بسیاری از کشورها، مقدار رطوبت یا خاکستر (یا هر دو) در زباله‌ها زیاد خواهد بود. ضایعات فعالیت‌های تجاری (به‌استثنای مواردی همچون بازار ماهی/گوشت/سبزی/میوه) و فعالیت‌های صنعتی مقدار LCV بیشتری نسبت به زباله‌های خانگی دارند. ضایعات حاصل از فعالیت‌های تخریب و ساخت حاوی مواد خطرناک یا محترقه می‌باشد که مناسب سوزاندن نیستند. به دلیل بازیافت اضافی یا رشد اقتصادی، ترکیب زباله در طول زمان تغییر خواهد کرد. چنین تغییراتی می‌تواند باعث تغییر در مقدار زباله و LCV شود. میانگین LCV زباله در طول تمام فصول باید حداقل ۶ MJ/kg و میزان متوسط سالیانه آن نباید کمتر از ۷ MJ/kg باشد (World Bank, 1999).

با توجه به داده‌های عملیاتی واقعی جمع‌آوری شده در آمریکا به‌طور متوسط، سوزاندن یک متریک تن از MSW در یک نیروگاه برق مدرن تولید انرژی از زباله به‌طور خالص ۶۰۰ kWh برق تولید می‌کند و در نتیجه واردات یک بشکه نفت یا معدنکاری برای استخراج یک‌چهارم تن زغال سنگ با کیفیت بالای آمریکا جلوگیری می‌شود (Psomopoulos et al., 2009)؛ اما تأسیسات تبدیل زباله به انرژی (WTE) جدید بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۷ به دلیل فشارهای زیست‌محیطی و سیاسی باز هم تأسیس شدند. نگرانی اصلی زیست‌محیطی در این زمینه مربوط به انتشار قابل ملاحظه مواد سمی به محیط زیست بود.

^۱ Lower calorific value

جعبه ۵-۱ علم شیمی سوزاندن پسماند

همان‌طوری قبلاً ذکر شد، کربن، هیدروژن، سولفور عوامل اصلی تشکیل‌دهنده غالب پسماندهای جامد شهری هستند. حتی در مورد پسماندهای خطرناک یا پسماندهای بیوپزشکی، قابلیت سوزاندن پسماند به وجود کربن، سولفور و هیدروژن در آن بستگی دارد. اگر این مواد به مقدار کافی در پسماند وجود نداشته باشند، سوختن اتفاق نخواهد افتاد و پسماند باید با روش دیگری دفع شود. عمل سوزاندن، فرآیند تولید انرژی در هنگام وقوع واکنش‌های عمده زیر است:



اعداد داخل پرانتز وزن‌های مولکولی هستند.

اگر مقدار اکسیژن هوا ۲۳/۱۵٪ وزنی باشد، مقدار هوای موردنیاز برای اکسیداسیون یک کیلوگرم از کربن برابر خواهد بود با:

$$(32/12) (1/0.2315) = 11.52 \text{ kg}$$

مقدار هوای موردنیاز برای اکسیداسیون یک کیلوگرم از هیدروژن برابر خواهد بود با:

$$(32/4) (1/0.2315) = 34.56 \text{ kg}$$

مقدار هوای موردنیاز برای اکسیداسیون یک کیلوگرم از سولفور برابر خواهد بود با:

$$(32/32) (1/0.2315) = 4.32 \text{ kg}$$

ممکن است که اکسیژن موجود در پسماند با هیدروژن واکنش داده و به آب تبدیل شود.

مثالی از مقدار هوای موردنیاز

برای نمونه، اگر پس از انجام آنالیز تقریبی پسماند فرمول شیمیایی آن به صورت $C_{40}H_{100}O_{40}S$ باشد، جرم مولکولی برابر خواهد بود با:

$$1252 = (40 \times 12) + (100 \times 1) + (40 \times 16) + (1 \times 32) = \text{جرم مولکولی}$$

جدول توزیع عناصر اصلی

عنصر	محاسبه درصد وزنی	درصد وزنی
کربن	$(40 \times 12 / 1252) \times 100$	۳۸/۳۴
هیدروژن	$(100 \times 1 / 1252) \times 100$	۷/۹۹
اکسیژن	$(40 \times 16 / 1252) \times 100$	۵۱/۱۲
سولفور	$(1 \times 32 / 1252) \times 100$	۲/۵۶

$$1.6\% = (51.12/8 - 7.99) = \text{کل هیدروژن موجود}$$

جدول مقدار هوای مورد نیاز

عنصر	محاسبه مقدار هوای مورد نیاز	هوای مورد نیاز (kg/t)
کربن	$(0.3834 \times 1000) 11/52$	۴۴۱۶/۷۷
هیدروژن	$(0.0160 \times 1000) 34/56$	۵۵۲/۹۶
سولفور	$(0.0256 \times 1000) 4/32$	۱۱۰/۵۹
جمع		۵۰۸۰/۳۲

Solid Waste Management: Principles & Practice

۵-۳-۲- احتراق و بازیابی انرژی

استفاده از زباله به عنوان انرژی به قدمت خلق خود آتش است. در سراسر جهان پسماند دارای ارزش گرمایی به عنوان سوخت برای پخت و پز یا گرما استفاده می شوند. در بسیاری از کشورها پهن گاو پس از شکل دهی به صورت آجرک و خشک شدن به عنوان سوخت مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۵-۱۶). ضایعات پردازش چوب همچون تراشه های چوب و خاک اره نیز به عنوان سوخت استفاده می شوند. با پیشرفت تمدن و در نتیجه افزایش روزافزون شهرنشینی، اولویت ها در جوامع تغییر کردند. به جای زندگی در خانه های مستقل، زندگی در ساختمان های چندطبقه را ترجیح دادند که در آن ها سوزاندن زباله و سوخت جامد به دلیل ایمنی ممنوع بودند و با بیشتر شدن جمعیت شهرها میزان زباله تولیدی نیز بسیار بالا رفت.

اعتقاد بر این است که اولین تلاش برای دفع پسماند جامد با استفاده از کوره در انگلستان در دهه ۱۸۷۰ انجام شد (waste Online, 2011). رایج ترین روش های مدیریت MSW عبارتند از تصفیه بیولوژیکی، دفن در زمین، کمپوست سازی، تصفیه مکانیکی، بازیافت و تبدیل انرژی به زباله (WTE). در سال ۲۰۰۹ آمریکا ۸۸ تأسیسات WTE داشت که در آن ها حدود ۲۶/۳ میلیون تن MSW را می سوزاند (Psomopoulos et al., 2009). بیش از ۹۰ درصد تأسیسات WTE در اروپا از فناوری سوزاندن توده ای استفاده می کنند و بزرگ ترین تأسیسات WTE تقریباً ۷۵۰۰۰۰ tpy را تصفیه می کند (Thomas, 2004). استفاده از باقی مانده های توده زیستی به عنوان سوخت در کوره های سرامیک توسط ادموند مطالعه و امکان سنجی اقتصادی شد (Jose Edmundo et al., 2011). با توجه به مطالعه سیمونز و همکاران (۲۰۰۶) حدود ۷/۷ درصد از کل MSW جهت بازیافت انرژی پردازش شد.

۵-۳-۳- تولید انرژی از زباله

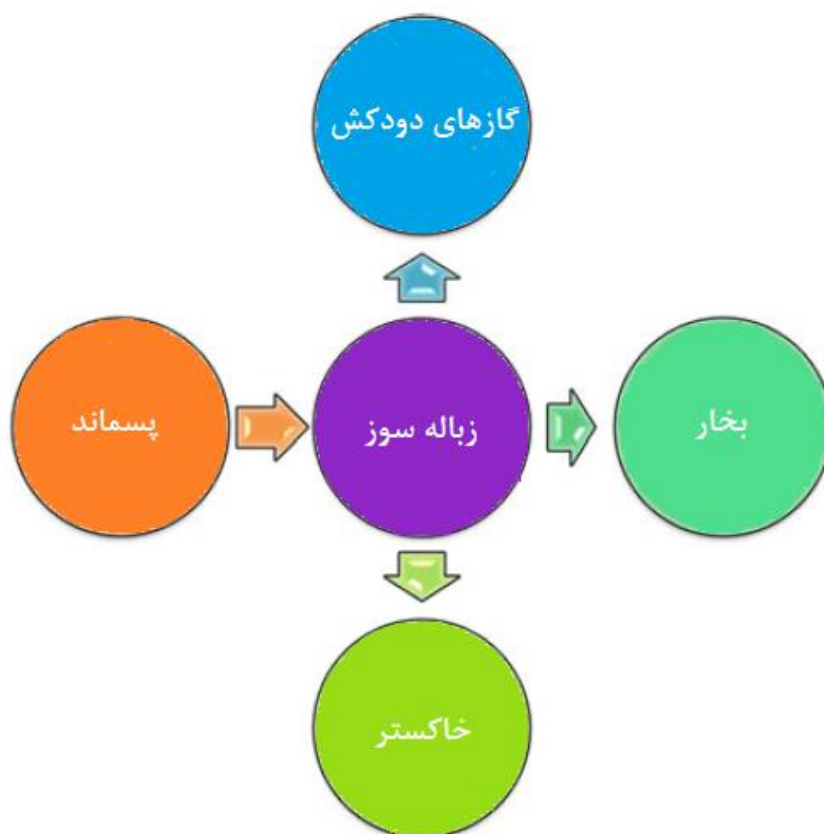
تولید جهانی و سالیانه ساکاروز حدود ۱۵۰۰ Mt در هر باگاس است که منبع انرژی 3.8×10^9 گیگا ژول را تأمین می‌کند (Stanmore, 2011).

۵-۳-۴- توازن مواد و حرارت

بسیار مهم است که قبل از شروع پروژه توازن مواد و حرارت محفظه احتراق ارزیابی و تعیین شود. مواد ورودی به سیستم و خروجی از آن در شکل ۵-۱۷ نشان داده شده است. مواد ورودی به سیستم یا خروجی از آن ممکن است حرارت را جذب یا آزاد کنند که به صورت شماتیک در شکل ۵-۱۷ نشان داده شده است. ضایعات و همچنین مواد سوختی فرعی حرارت آزاد می‌کنند که هوا و آب ورودی به سیستم این گرما را جذب می‌نمایند. در نهایت، حرارت به بخار، خاکستر و هوای در تماس با سطح داغ تبدیل می‌شود؛ بنابراین، استفاده از حرارت تبدیل شده به خاکستر و هوا مقرون به صرفه نخواهد بود و به عنوان اتلاف در نظر گرفته می‌شود. از آنجاکه حرارت در انتشار از طریق دودکش از دست می‌رود، تبدیل گرما به خاکستر را به دلیل تشعشع باید اتلاف گرما در نظر گرفت (شکل ۵-۱۸).



شکل ۵-۱۶ آجرک سوختی ساخته شده از پسماند



شکل ۵-۱۷ موازنه مواد در زباله‌سوز

بخشی از حرارت آزادشده در طول احتراق پسماندهای جامد در گازها و خاکستر ذخیره می‌شود. باقی حرارت از طریق انتقال همرفتی، رسانش و تشعشع همراه با زباله‌های ورودی به دیواره‌های زباله‌سوز هدایت می‌شود. کربن نسوز معمولاً ۴ تا ۸ درصد کربن نسوخته دارد. اتلاف حرارت از طریق راکتور و سایر دستگاه‌ها به اطراف 0.003 الی 0.005 kJ/kg است (Howard et al., 1986). گرمای نهان تبخیر آب در حدود 2420 kJ/kg است. علاوه بر موارد اشاره‌شده، اتلاف حرارت از طریق ضایعات و گازهای دودکش نیز وجود خواهد داشت. به‌منظور حصول اطمینان از مقرون‌به‌صرفه بودن عملیات موارد زیر باید در نظر گرفته شود: (۱) مقدار کربن، خاکستر و رطوبت موجود در زباله به‌خوبی حفظ شود (۲) دمای گاز خروجی در دودکش در محدوده دمای از پیش تعیین‌شده باشد.



شکل ۵-۱۸ موازنه حرارتی در یک زباله‌سوز

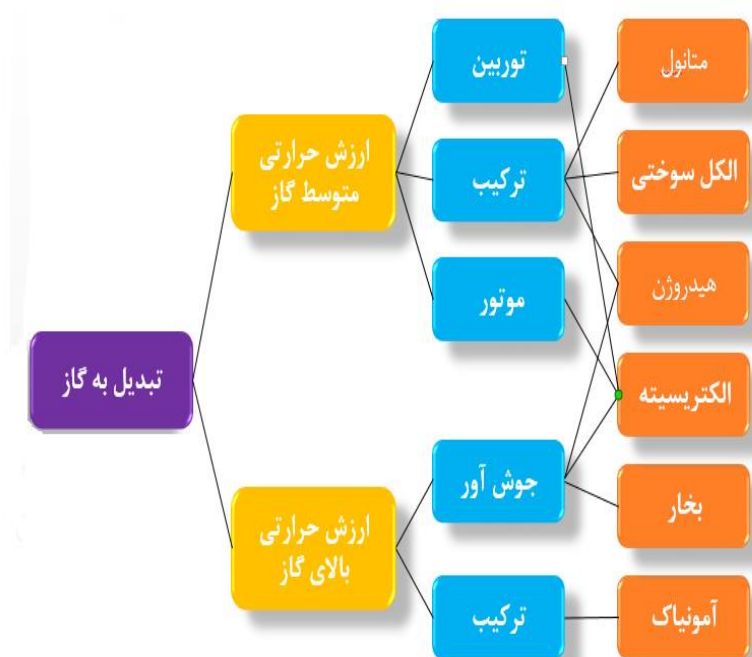
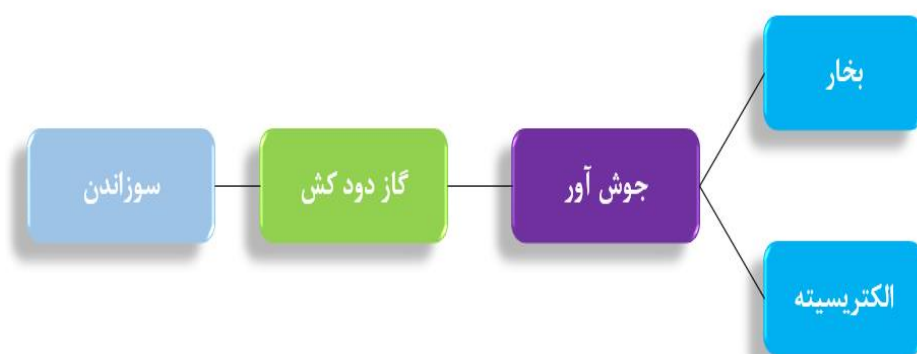
۵-۳-۴-۱- بازیابی حرارت زباله

دیوارهای کوره محفظه‌های احتراق با لوله پوشانده شده‌اند تا از طریق آن‌ها آب جهت بازیابی حرارت به گردش درآید. بخار حاصل از این فرایند برای به حرکت درآوردن توربین‌ها و یا سایر فعالیت‌های صنعتی استفاده می‌شود. در این فرایند، هوای داغ وارد کوره می‌شود که حرارت آن با عبور از روی لوله‌های فلزی آب، قابل بازیابی خواهد بود. حرارت بازیابی شده می‌تواند جهت پیش گرم کردن آب ورودی به کوره و یا دیگر اهداف صنعتی استفاده شود.

۵-۳-۵- سایر فناوری‌ها

فرایندهای حرارتی متفاوتی همچون سوزاندن، ذوب، گرم‌کافت یا تبدیل به شیشه جهت دفع پسماندها با هدف استفاده مجدد سودمندانه یا دفع کامل در محل دفن زباله خنثی استفاده می‌شوند (Colombo et al., 2003; Sabbas et al., 2003; Kuo et al., 2006).

تصفیه زباله با استفاده از فناوری پلاسما حرارتی به دلیل انتشار آلودگی هوا و تولید خاکستر کمتر در برخی مکان‌ها در حال استفاده است. پلاسما، حالت چهارم ماده و متشکل از الکترون، یون و ذرات خنثی است. مولکول‌ها در 2000°C به اتم‌های سازنده تجزیه شده و در 3000°C یونیزه می‌شوند. فناوری پلاسما شامل تشکیل قوس الکتریکی پیوسته با عبور جریان الکتریسیته از گاز است. فرایند عبور جریان الکتریسیته از گاز را شکست الکتریکی می‌نامند. حرارت قابل توجهی در طول فرایند جداسازی الکترون‌ها از مولکول‌های گاز و ایجاد جریان گاز یونیزه یا پلاسما، تولید می‌شود.



شکل ۵-۱۹ مقایسه فرآیند زباله‌سوزی و تبدیل کردن به گاز از نظر انعطاف‌پذیری

فناوری پلاسما حرارتی مزایای زیادی مانند شدت بالا، دمای بالا، چگالی بالای انرژی و تشعشع غیریونیزه دارد. با سوزاندن سوخت فسیلی تنها می‌توان به دمای 2000°C دست یافت، درحالی‌که پلاسما حرارتی تولیدشده به‌صورت الکتریکی می‌تواند به درجه حرارت 20000°C یا بیشتر برسد و می‌توان شیب حرارتی را مستقل از دودکش کنترل کرد.

راکتورهای پلاسما حرارتی از طریق هندسه فشرده راکتور می‌توانند توان عملیاتی بالایی داشته باشند اما نکته منفی آن‌ها، استفاده از الکتریسیته به‌عنوان منبع انرژی است. پلاسما حرارتی جهت تصفیه زباله با استفاده از جریان‌های الکتریسیته تا 1×10^5 ، فرکانس رادیویی (RF)، تخلیه ریز موج الکترومغناطیسی و پلاسما ناشی از لیزر، تولید می‌شود.

راکتورهای پلاسما حرارتی جهت انهدام زباله‌های خطرناک دارای این مزایا هستند: (۱) زمان سریع واکنش، (۲) توان عملیاتی بالا، (۳) جاگیری کمتر راکتور، (۴) کاهش ایجاد آلاینده‌های آلی پایدار، (۵) امکان استفاده برای مقادیر زیاد زباله، (۶) روشن و خاموش شدن سریع، (۷) بدون نیاز به اکسیدان‌ها (شکل ۵-۱۹)

نانومواد همچون سلولز، کیتین و نشاسته که اغلب ویسکر^۱ نامیده می‌شوند را می‌توان به‌راحتی از زباله استخراج کرد. به دلیل تقاضای بالا برای فناوری سبز و نمایش استراتژی‌های دفع زباله در آینده، نانوبیوکامپوزیت‌ها پتانسیل جایگزینی با مواد پتروشیمیایی را دارند. زباله حاصل از صنعت پردازش سخت‌پوستان در حدود ۳۰ درصد (wt) کیتین دارد. در سراسر جهان تقریباً ۱۰۵ تن کیتین در سال از ضایعات میگو و خرچنگ برای مصارف صنعتی تولید می‌شود (Visakh & Sabu, 2010). به‌جز صنعت غذایی، از کیتین می‌توان در زمینه‌های دیگر همچون حسگرهای زیستی نیز استفاده کرد (Krajewska, 2004).

۵-۳-۱- فناوری تبدیل به گاز

تبدیل کردن به گاز از فناوری‌های نوظهور بیولوژیکی است. از این فناوری می‌توان برای تبدیل زباله‌های آلی به گاز کم‌گرما استفاده کرد. معمولاً در ادامه فرآیند تبدیل به گاز، احتراق گازهای تولیدشده در کوره‌ها، موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی، پس از تصفیه گاز تولیدی اتفاق می‌افتد.

در فرایند تبدیل به گاز، زباله‌های درشت خردشده به دستگاه گازساز وارد می‌شوند، در آنجا بخش کربن‌دار زباله با عوامل گازساز همچون اکسیژن، بخار یا دی‌اکسید کربن واکنش می‌دهد. در برخی موارد، گازساز با زباله پارالیز شده تغذیه می‌شود. بسته به ارزش حرارتی و واکنش‌های

^۱ Whisker

شیمیایی، فرایند تبدیل کردن به گاز در $800-1100^{\circ}\text{C}$ اتفاق می‌افتد. کربن ثابت نیز با استفاده از این فرایند، به گاز تبدیل می‌شود.

۳ نوع تکنولوژی گازسازی به نام‌های گازسازی بستر ثابت، گازسازی بستر سیال و گازسازی با حرارت بالا وجود دارد که گازسازی با حرارت بالا متداول‌تر است.

۵-۳-۲- فناوری پلاسما

پلاسما به گروهی از الکترون و یون‌های آزاد گفته می‌شود که با اعمال ولتاژ بالا بر گاز در فشار کاهنده یا اتمسفریک ایجاد می‌شود. زباله‌سوزها معمولاً از شعله کنترل‌شده برای سوزاندن استفاده می‌کنند، درحالی‌که فناوری قوس پلاسما از جریان الکتریسیته عبوری از گاز (هوا) جهت تولید پلاسما بهره می‌برد.

زمانی که گاز پلاسما از زباله عبور می‌کند، باعث تجزیه سریع زباله به گاز سنتز _ مخلوط‌های گازی حاوی مقادیر مختلف مونوکسید کربن و هیدروژن _ می‌شود.

۵-۳-۳- گرماکافت

گرماکافت، پردازش حرارتی بدون حضور اکسیژن است. از آنجاکه دفن و سوزاندن زباله بسیار پرهزینه‌تر شده‌اند، گزینه‌های جدید دفع موردتوجه قرار گرفته‌اند. گرماکافت، تجزیه حرارتی- شیمیایی مواد آلی بدون حضور اکسیژن در درجه حرارت بالا است. گرماکافت یک روش تصفیه با هدف کاهش تولید شیرابه و انتشار مواد مختلف به محیط‌زیست است (EEA, 2002). ضایعات آلی جهت تولید هیدروکربن‌های مایع مفید به‌صورت حرارتی تجزیه می‌شوند. این هیدروکربن‌ها به سوخت یا مواد حلال اضافه شده و یا به تصفیه‌خانه برگردانده و به منبع خوراک افزوده می‌شوند. این فرآیند در خلأ نیز انجام شود که آن را خلأ گرماکافت می‌نامند. در خلأ ناگهانی تجزیه شیمیایی- حرارتی، زمان اقامت مواد در حرارت اعمالی تا جای ممکن محدود می‌شود تا انجام واکنش‌های ثانویه به حداقل برسد.

در این فرایند، زباله خردشده و سپس وارد راکتور می‌شود. این راکتور بدون اکسیژن تحت فشار جوی و در دمای 500°C تا 700°C به مدت نیم تا ۱ ساعت گرماکافت را انجام می‌دهد. این فرآیند، تجزیه شیمیایی-حرارتی خوانده می‌شود اگر دما 500°C درجه سانتی‌گراد و یا کمتر باشد.

منابع

- Abbas AA, Jingsong G, Zhi Ping L, Ying Ya P, Al-Rekabi WS (2009) Review on l&fill leachateleachate treatments. *Am J Appl Sci* 6(4):672–684.
- Ahn WY, Kang MS, Yim SK, Choi KH (2002) Advanced l&filll&fill leachate treatment using an integrated membrane process. *Desalination* 149:109–114. doi:10.1016/S0011- 9164(02)00740-3.
- August H (1992) Dicht auch über Jahrhunderte—technische barri-eren für deponien (Impervious over centuries—technical liners for l&fills). *Chem Ind* 1:17–18.
- August H, Tatzky-Gerth R (1992) Neue forschungsergebnisse aus langzeituntersuchungen an verbunddichtungen als technische barriere für deponien und altlasten. (New research results of long-term tests on composite liners as a technical barrier for l&fills & contaminated l&). In: Thomé-Kozmiensky KJ (ed) Abdichtung von deponien und altlasten. FE-Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin, pp 273–283.
- August H, Tatzky-Gerth R (1991) Neue forschungsergebnisse aus langzeituntersuchungen an verbunddichtungen als technische barriere für deponien und altlasten (New research results of long-term tests on composite liners as technical barrier for l&fills & contaminated l&). In: Kammer der Technik, Fachkongreß ‘Umwelt-technik (eds). Universität Rostock, Tagungsh&-buch 91:22–24.
- August H, Tatzky-Gerth R, Preuschmann R, Jakob I (1992) Permeationsverhalten von kombinationsdichtungen bei deponien und altlasten gegenüber wassergefährdenden stoffen (Permeation behaviour against water contaminants of composite liners for l&-fills & contaminated l&). UFOPLAN des BMU. Forschungsbericht (Research report) F ? EVorhaben. No 102 03 412 Durchgeführt von der BAM im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, August 1992 Adams BL, Besnard F, Bogner J, Hilger H (2011) Bio-tarp alternative daily cover prototypes for methane oxidationoxidation atop open l&filll&fill cells. *Waste Manag* 31(5):1065–1073. doi:10.1016/j.wasman.2011.01.003 May 2011.
- Cernuschi S, Giugliano M (1996) Emission & dispersion modelling of l&filll&fill gas. In: Christensen TH, Cossu R, Stegmann R (eds)

- L&filling of waste. Biogas E & FN Spon, London, pp 214–233. ISBN 0 419 19400 2.
- Cheung KC, Chu LM, Wong MH (1997) Ammonia strippingstripping as a pretreatment for l&filll&fill leachate. *Water Air Soil Pollut* 94:209–221. doi:10.1007/BF02407103.->.
- Christensen TH (1996) Gas-generating processes in l&fills. In: Christensen TH, Cossu R, Stegmann R (eds) L&filling of waste. Biogas E & FN Spon, London, pp 25–50. ISBN 0 419 19400 2.
- Colombo P, Brustain G, Bernardo E, Scarinci G (2003) Inertization & reuse of waste materials by vitrification & fabrication of glass-based products. *Curr Opin Solid State Mater Sci* 7(2003):225–239.
- DEPA (Danish Environmental Protection Agency) (1999) Waste in Dekmark
- 5.3 Incineration & Waste to Energy 143.
- EC (European Commission) (2003) Refuse derived fuel. Current Pract Perspect (B4-3040/2000/ 306517/Mar/E3), European Commission—Directorate General Environment, Final Report.
- EEA (2009) Annual European community greenhouse gas inventory 1990–2007 & inventory report 2009. European Environment Agency, Denmark.
- EPA (1999) Inventory of greenhouse gas emissions & sinks 1990–1997. Off Policy, Plan, & Eval. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA 236-R-99-003. (Available on the Internet at <http://www.epa.gov/globalwarming/inventory/1999-inv.html>).
- Kreith F (2002) Waste-to-energy compubston. In: Tchobanoglous G, Kreith F (eds). Introduction, H& Book of Solid Waste Management.
- Jose´ Edmundo A, de Souza, Fabio de A, Filho P, Bertony P. C. da Silva, Nereu VN, Teno´rio, Fabiana J. de Sousa, Rusiene M. de Almeida, Mario R. Meneghetti, Aline S. R. Barboza, Simoni M. P. Meneghetti, 2011: Biomass Residues as Fuel for the Ceramic Industry in the State of Alagoas: Brazil, Waste Biomass Valor, published on line 26 November 2011, DOI 10.1007/s12649-011-9100-8.
- Gurijala KR, Sa P, Robinson JA (1997) Statistical modeling of methane production from l&fill samples. *Appl Environ Microbiol* 63:3797–3803.

- Peavy HS, Rowe DR, Tchobanoglous G (1986) Environmental engineering. McGrawhill book Company, New York.
- Ishigaki T, Yamada M, Nagamori M, Ono Y, Inoue Y (2005) Estimation of methane emission from whole waste l&fill site using correlation between flux & ground temperature. *Environ Geol* 48:845–853.
- Jessberger HL (1990) Bautechnische sanierung von altlasten. (Remediation techniques for contaminated l&). In: Arendt F, Hinsenveld M, van den Brink WJ (eds). *Altlastensanierung '90*. Dritter Internationaler KfK/TNO Kongress über Altlastensanierung, Karlsruhe. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 1299–1306.
- Krajewska B (2004) Application of chitin- & chitosan-based materials for enzyme immobilizations: a review. *J Enzym Microbiol Technol* 35:126–139.
- Kulikowska D, Klimiuk E (2008) The effect of l&fill age on municipal leachate composition. *Bioresour Technol* 99:5981–5985. doi:10.1016/j.biortech. 2007.10.015.
- Kuo YM, Lin TC, Tsai PJ (2006) Immobilization & encapsulation during vitrification of incineration ashes in a coke bed furnace. *J Hazard Mater* 133:75–78.
- Lema JM, Mendez R, Blazquez R (1988) Characteristics of l&fill leachates & alternatives for their treatment: a review. *Water Air Soil Pollut* 40:223–250. doi:10.1007/BF00163730.
- Lin CY, Chang FY, Chang CH (2000) Codigestion of leachate with septage using a UASB reactor. *Bioresour Technol* 73:175–178. doi:10.1016/S0960-8524(99)00166-2.
- Marco A, Esplugas S, Saum G (1997) How & why combine chemical & biological processes for wastewater treatment. *Water Sci Technol* 35:321–327. doi:10.1016/S0273- 1223(97)00041-3.
- Mohammed F et al (2009) Review on l&fill gas emission to the atmosphere. *Eur J Sci Res* 30(3):427–436.
- Müller W, Lüders G (1995) Geomembranes. In: Holzlöhner U, August H, Meggyes T, Brune M L&fill liner systems. A state of the art report. &erson D, Meggyes T (eds), pp. E-1–E-14. Solid & hazardous waste research unit of the university of newcastle upon tyne. Penshaw Press, Sunderland. ISBN 0-9518806-3-2.
- Meggyes T, Simmons E, McDonald C (1998) L&fill capping: engineering & restoration—part 2 engineering of l&fill capping systems. *L& Contam Reclam* 6(1):1998.

- Meggyes T, McDonald C (1995) L&fill capping systems. In: Holzlöhner U, August H, Meggyes T, Brune M. L&fill liner systems. A state of the art report. &erson D, Meggyes T (eds) Solid & hazardous waste research unit of the university of newcastle upon tyne. Penshaw Press, Sunderl&. ISBN O-9518806-3-2. pp. O-1 - O-12.
- Müller W (1993) St& der BAM-zulassungen für kunststoffdichtungsbahnen in kombinationsdichtungen (State of the BAM certifications for geomembranes in composite liners. Müll und Abfall 4:282–283 144 5 Disposal.
- Müller W (1995): Dichtigkeit und (Sealing efficacy & durability of materials for l&fill liners). AbfallwirtschaftsJournal, 7 (1995), No. 12.
- Müller W, August H, Jakob I, Tatzky-Gerth R, Vater EJ (1995) Die wirkungsweise der kombinationsdichtung—Immersionversuche zur schadstoffmigration in deponieabdichtungssystemen. (Operation of composite liners—Immersion tests on contaminant migration in l&fill liner systems). In: Bartz WJ (ed). Asphalt dichtungen im deponiebau, eine st&ortbestimmung, Vol 488. Kontakt & Studium, Renningen-Malmsheim, Expert-Verlag, pp 24–46. ISBN 3-8169-1296-6.
- Naranjo NM, Meima JA, Haarstrick A, Hempel DC (2004) Modelling & experimental investigation of environmental influences on the acetate & methane formation in solid waste. Waste Manage (Oxford) 24:763–773.
- Psomopoulos CS, Bourka A, Themelis NJ (2009) Waste-to-energy: a review of the status & benefits in USA. Waste Manage (Oxford) 29(2009):1718–1724.
- Reinhart DR, Townsend TG (1998) L&fill bioreactor design & operation, 1st edn. Lewis Publishers, Boca Raton, p 189. ISBN 1-56670-259-3.
- Rettenberger G (1988) Oberflächenabdichtungen bei sonderabfalldeponien. (L&fill cappings for hazardous waste l&fills). In: Thomé-Kozmiensky KJ (ed) Deponie. ablagerung von abfällen, 2nd edn. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, pp 440–450.
- Sabbas T, Poletini A, Pomi R, Astrup T, Hjelmar O, Mostbauer P, Cappai G, Magel G, Salhofer S, Speiser C, Heuss-Assbichler S, Klein R, Lechner P (2003) Management of municipal solid waste incineration residues. Waste Manage 23:61–88.

- Simmons P, Goldstein N, Kaufman SM, Themelis NJ, Thompson J Jr (2006) The state of garbage in America. *BioCycle* 4(47):26–43.
- Silva AC, Dezotti M, Sant'Anna GL Jr (2004) Treatment & detoxification of a sanitary l&fill leachate. *Chemosphere* 55:207–214. doi:10.1016/j.chemosphere.2003.10.013.
- Sormunen K, Ettala M, Rintala J (2008) Detailed internal characterization of two finnish l&fills by waste sampling. *Waste Manage (Oxford)* 28:151–163.
- Stanmore BR (2011) Generation of energy from sugarcane bagasse by thermal treatment. *Waste Biomass Valor* (2010) 1:77–89. doi:10.1007/s12649-009-9000-3.
- Stern JC, Chanton J, Abichou T, Powelson D, Yuan L, Escoriza S, Bogner J (2007) Use of biologically active cover to reduce l&fill methane emissions & enhance methane oxidation. *Waste Manage (Oxford)* 27:1248–1258.
- Tecle D, Lee J, Hasan S (2008) Quantitative analysis of physical & geotechnical factors affecting methane emission in municipal solid waste l&fill. *Environ Geol.* doi:10.1007/s00254-008-1214-3.
- Visakh PM, Thomas Sabu (2010) Preparation of bionanomaterials & their polymer nanocomposites from waste & biomass. *Waste Biomass Valor* 1:121–134. doi:10.1007/s12649-010-9009-7.
- Wang-Yao K, Towprayoon S, Chiemchaisri C, Gheewala SH, Nopharatana A (2006) Seasonal variation of l&fill methane emission from seven solid waste disposal sites in central Thailand. The 2nd Joint International Conference on Sustainable Energy & Environment (SEE 2006), November 2006, Bangkok, Thailand, pp 21–23 <http://www.jgsee.kmutt.ac.th/see1/cd/file/D-026.pdf>.
- Malkow Thomas (2004) Novel & innovative pyrolysis & gasification technologies for energy efficient & environmentally sound MSW disposal. In *Waste Manag* 24(2004):53–79.
- Waste Online NA(2011) History of waste & recycling. [http://www.wasteonline.org.uk/resources/Information Sheets/ History of Waste.htm](http://www.wasteonline.org.uk/resources/Information%20Sheets/History%20of%20Waste.htm). Accessed November 22.
- Worrell WA, Aarne Vesilind P (2002) Solid waste engineering.
- Williams PT (2005) Waste treatment & disposal, 2nd edn. Wiley, Engl&. ISBN 0-470-84912-6, pp. 171-244.
- World Bank (1999) Municipal solid waste incineration, technical guidance report, the world bank Washington, D.C References 145

- Zaloum R, Abbott M (1997) Anaerobic pretreatment improves single sequencing batch reactor treatment of l&fill leachates. *Water Sci Technol* 35:207–214 10.1016/S0273- 1223(96)00898-0.
- Che Zezhi, Gong Huijuan, Zhang Mengqun et al (2011) Impact of using high-density polyethylene geomembrane layer as l&fill intermediate cover on l&fill gas extraction. *Waste Management* 31(5):1059–1064. doi:10. 1016 /j.wasman. 2010. 12.012 May 2011.
- Zhang H, He P, Shao L (2008) Methane emissions from MSW l&fill with s&y soil covers under leachate recirculation & subsurface irrigation. *Atmos Environ*, in press. doi: 10.1016/ j. atmosenv. 2008.03.010.
- Zouboulis A, Jun W, Katsoyiannis A (2003) Removal of humic acids by flotation. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspect* 231:181–193. doi:10.1016/ j.colsurfa.2003.09.004.

فصل ششم

ضایعات پزشکی

ضایعات پزشکی به تمام مایعات و جامدات تولیدشده توسط نهادهای پزشکی و فعالیتهای شامل مواد بیولوژیکی، گفته می‌شود. در کنار مراقبت‌های بهداشتی، فعالیتهای مرتبط شامل تحقیقات بالینی، تحقیقاتی که شامل حیوانات هستند، مزارع حیوانات، حیوانات مرده و مابقی می‌شوند. تولید ضایعات پزشکی محدود به یک سازمان یا فعالیت خاص نمی‌باشد. ضایعات می‌توانند حتی از خانه‌ها در هنگام دیالیز و تزریقات انسولین، فعالیتهای بهداشتی مرتبط به حیوانات در مناطق روستایی، سلاخی حیوانات بیمار در سلاخ خانه‌ها، داروخانه‌ها، استفاده از دستمال کاغذی و گوش پاک‌کن‌ها، استفاده از پوشک‌ها و نیز زمانی که در فرودگاه‌ها مسافران داروهای به‌خصوص بدون نسخه تهیه‌شده را دور می‌اندازند، نشأت بگیرد.

بسیاری از کشورها قانون و مکانیزم مجزایی برای مدیریت ضایعات پزشکی ندارند. در این میان، آن‌هایی که قوانین مجزایی را اقتباس کرده‌اند، تعاریف متفاوتی در ارتباط با ضایعات پزشکی دارند. به‌عنوان نمونه، بر طبق قوانین ضایعات پزشکی (مدیریت و رسیدگی) در هند (۱۹۹۸) "ضایعات پزشکی" یعنی:

ضایعاتی که در حین تشخیص، درمان یا ایمن‌سازی انسان‌ها یا حیوانات و یا در فعالیتهای تحقیقاتی مربوط به آن یا در تولیدات یا آزمایش‌های زیستی تولید شوند و نیز ضایعاتی که مشمول طبقه‌بندی اشاره‌شده در برنامه ۱ هستند.

برنامه ۱ از قانون بالا متشکل از طبقه‌بندی ضایعات به‌صورت ضایعات آناتومی انسانی، ضایعات حیوانی، ضایعات میکروزیستی و بیوتکنولوژی، پسماند ابزار تیز، داروهای دور ریخته‌شده و مواد سیتوتاکسیک^۱، ضایعات خاکی (ضایعاتی که توسط مواد تجزیه‌پذیر تولید شده‌اند به‌غیر از پسماند ابزار تیز)، ضایعات مایع، خاکستر سوزاندن و ضایعات شیمیایی است.

سند قانونی شماره ۲۴۲/۹۶ در تاریخ ۱۳ آگوست ۱۹۹۶ ضایعات بالینی کشور پرتغال شامل تمام ضایعات تولیدشده توسط نهادهای بهداشتی - مراقبتی، سازمان‌های تحقیقاتی و آزمایشگاه‌ها است که در ۴ گروه طبقه‌بندی شده‌اند (Pa'ssaro, 2003).

گروه ۱- نیازمند تصفیه خاص نمی‌شود،

گروه ۲- نیاز به تجهیزات خاصی در تصفیه آن وجود ندارد،

گروه ۳ - شامل ضایعات آلوده و یا ضایعاتی است که احتمال آلوده بودن آن‌ها وجود دارد،

گروه ۴ - ضایعاتی که باید سوزانده شوند.

^۱ Cytotoxic

ضایعات بالینی در قانون ۱(۲) مقررات کنترل ضایعات ۱۹۹۲(SI۱۹۹۲/۵۸۸) انگلستان به صورت زیر تعریف شده است:

۱. ضایعاتی که شامل تمام یا قسمتی از بافت بدن انسان یا حیوان، خون، ترشحات دیگر، مدفوع، داروها یا سایر محصولات دارویی، پنبه یا مرهم زخم، سرنگ‌ها، سوزن‌ها یا سایر ابزار تیز باشند، مگر اینکه به طرز صحیح تمیز شوند، در غیر این صورت ممکن است برای افرادی که با آن‌ها در تماس هستند خطرناک باشند.
۲. هر پسماند دیگر ناشی از موارد پزشکی، پرستاری، دندان پزشکی، دامپزشکی، فعالیت‌های دارویی یا مشابه آن، بررسی درمان، مراقبت، آموزش یا تحقیقات، یا جمع‌آوری خون برای تزریق، به عنوان زباله‌ای که ممکن است باعث ایجاد عفونت در افراد در تماس با آن شود، محسوب می‌شود.

عمل ردیابی ضایعات پزشکی (۱۹۸۸) ایالت متحده آمریکا موجب می‌شود که در هر ایالت شهرداری قانون فهرست کردن نوع پسماند پزشکی را وضع کند. این امر باعث گنجانیدن یک لیست با جزییات زیاد از ضایعات پزشکی به وسیله مقامات فردی مسئول در هر ایالت شده است.

مدیریت ضایعات پزشکی تحت تأثیر جامعه، فرهنگ و شرایط اقتصادی می‌باشد. حدود ۱۰٪- ۱۵ زباله بیمارستانی، عفونی در نظر گرفته می‌شود (USC, 1998). شکل ۶-۱ ضایعات پزشکی که به صورت غیرعلمی جهت بازیافت انبار شده‌اند را نشان می‌دهد. ضایعات خطرناک که شامل مواد عفونی/سمی/رادیواکتیو هستند می‌توانند ضایعات بی‌خطر را نیز آلوده کنند، در نتیجه حجم عظیمی از ضایعات پرخطر نیازمند عملیات پرهزینه تصفیه و نابود کردن آن‌ها می‌باشند.



شکل ۶-۱ ضایعات پزشکی که به صورت غیر علمی جهت بازیافت انبار شده‌اند.

اجرای قوانین مرتبط با ضایعات پزشکی در کشورهای در حال توسعه به دلایل زیر دشوار است:

۱. متقلبین در حرفه
 ۲. وجود پزشکان فراوانی که بدون مدرک رسمی در خانه یا گاراژ خود فعالیت می‌کنند.
 ۳. فعالیت‌هایی که به طور عمدی در هیچ سازمان دولتی ثبت نشده‌اند تا از پرداخت مالیات خودداری کنند.
 ۴. رفتار متخصصان مراقبت‌های بهداشتی که از زباله‌ها را به همان صورتی که هستند در مکان‌های مختلف رها می‌کنند.
 ۵. اعمال فشار برای افزایش سود.
 ۶. اجرای ضعیف قانون توسط نهادهای محلی که می‌تواند اقدامی آزاردهنده باشد.
 ۷. عمل دور انداختن زباله‌ها به طرز عمیقی در اذهان ناخودآگاه ثبت شده است.
 ۸. و عدم اهمیت آموزش در زمینه مدیریت پسماند.
- بخش مراقبت‌های بهداشتی در کشورهای در حال توسعه با مالکیت در دست پزشکان، شیادان، متخصصان غیرپزشک، دولت، پزشکانی که در جهت منافع خود عمل می‌کنند و خیریه درهم‌آمیخته

است. این حرفه برعکس سایر صنایع قوانین زیادی را متوجه خود نمی‌کند. مردم برای خدمات دریافتی از نهادهای مراقبتی بهداشتی مذاکره نمی‌کنند و همین امر انگیزه‌ای برای کارآفرین‌ها ایجاد می‌کند تا بیمارستان‌هایی را تأسیس کنند، کسانی که تنها انگیزه آن‌ها کسب سود است. مردم در محلات از پزشک‌ها گلایه نمی‌کنند زیرا باید ارتباط خود را با آن‌ها به دلیل نیاز به آن‌ها در مواقع اضطراری، حفظ کنند.

اصلی‌ترین مشخصه‌های پسماندهای پزشکی عبارت‌اند از:

۱. ضد عفونی نزدیک‌ترین منبع
۲. معیوب‌سازی اغلب به شکل گندزدایی در اولین فرصت
۳. تأثیر فردی یا زیست‌محیطی ندارد
۴. و یک راه‌حل به مشکل تبدیل نمی‌شود.

۶-۱- اهمیت

سازمان‌های مراقبتی بهداشتی مسئولیت‌های خاصی در قبال پسماندی که تولید می‌کنند، دارند (pruss et al., 1999). هرچند، به تأثیر پسماند پزشکی اغلب اهمیت قابل توجهی داده نشده است (saurabh et al., 2009). غفلت در مدیریت پسماند پزشکی باعث آلودگی محیط‌زیست، بیماری انسان‌ها و حیوانات، کاهش منابع طبیعی و همچنین منابع مالی می‌شود (Henry & Heinke, 1996; Oweise et al., 2005).

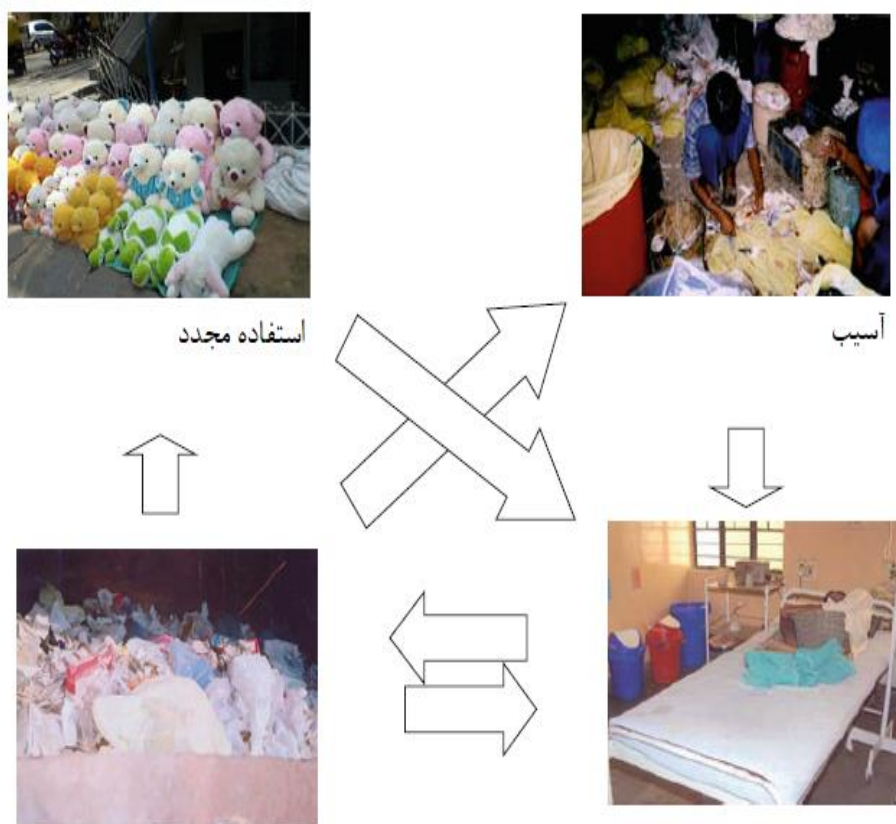
انقلاب پسماند پزشکی به‌عنوان یک شاخه جداگانه از پسماند به اواخر ۱۹۷۰، زمانی که ضایعات پزشکی در سواحل شرقی آمریکا پیدا شدند، بازمی‌گردد که منجر به تصویب "عمل‌رئیایی ضایعات پزشکی آمریکا"^۱ در سال ۱۹۸۸ شد.

پسماند پزشکی اگر به‌درستی مدیریت نشود، تأثیر قابل توجهی بر محیط و سلامت خواهد گذاشت. خطرات جدی سلامت برای کارکنان بیمارستان، خوشه‌چین‌ها، کارکنان شهرداری و جامعه که ناشی از کنترل ضعیف پسماند زیست پزشکی است به‌دقت دسته‌بندی شده‌اند. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، مدیریت جامع برای ضایعات پزشکی هنوز یک استثنا هست و نه یک قانون. لالچی و همکاران (۲۰۰۸)، نظارت و اقدام قانونی به‌عنوان قدمی بزرگ در جهت مدیریت پسماند پزشکی را پیشنهاد دادند.

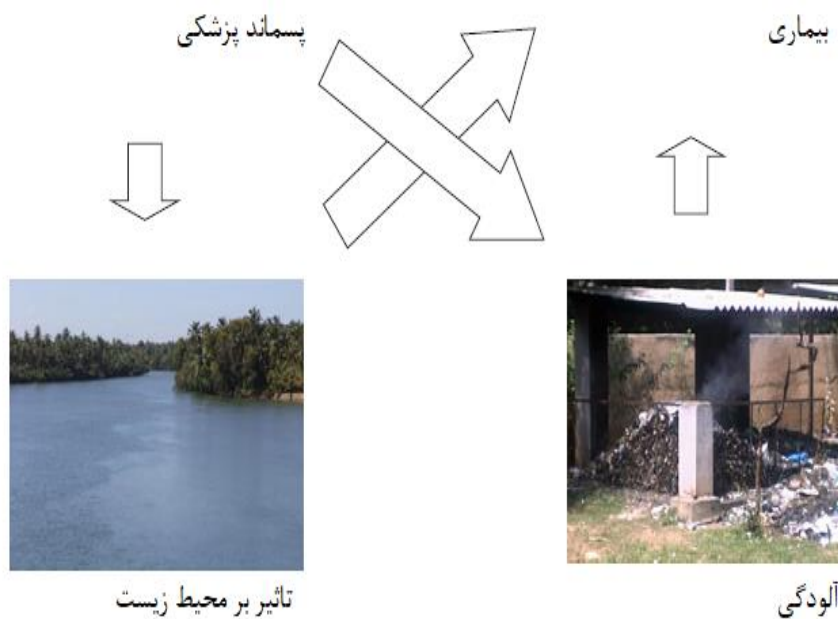
باوجود تأثیرات اصلی، تصفیه و تجزیه پسماندهای پزشکی به‌عنوان عملی که در آن فروگذاری شده است، باقی ماند که نتیجه آن ورود عوامل بیماری‌زا به غذاها به دلیل اختلاط ضایعات عفونی

^۱ Medical Waste Tracking Act

حیوانات با گوشت است. این عمل همچنین اقدامی رایج در کشورهای در حال توسعه است، در این کشورها گوشت را از حیواناتی که دارای بیماری عفونی هستند تهیه می کنند که باعث آلوده شدن غذا و چیزهایی که با آن در تماس هستند، می گردد.



شکل ۶-۲ پیامدهای دفع بی رویه پسماندهای زیست پزشکی



ادامه شکل ۶-۲ پیامدهای دفع بی‌رویه پسماندهای زیست پزشکی

شکل ۶-۲ برخی از پیامدهای تولید ضایعات پزشکی را نشان می‌دهد. ماهیت خطرناک ضایعات پزشکی به شرح زیر است:

- (۱) عفونت، (۲) سمیت ژنتیکی (عمل زیان‌آور روی ماده ژنتیکی سلول که یکپارچگی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد)، (۳) سمیت، (۴) در معرض پرتوهای رادیواکتیو بودن، (۵) آسیب دیدن.

در بسیاری از کشورها شماری از ضایعات آلوده مانند پنبه و سرنگ، به همان صورت یا به شکل اصلاح‌شده، دوباره به بازار وارد می‌شوند. پنبه‌های آلوده ممکن است برای ساخت گوش پاک‌کن یا اسباب‌بازی استفاده شوند. سرنگ‌های موجود در پسماندها اغلب دوباره بسته‌بندی‌شده و به‌عنوان سرنگ‌های نو فروخته می‌شوند.

جدول ۶-۱ مثال‌هایی از ویروس‌های بیماری‌زا و بیماری‌های مرتبط

ویروس	بیماری
آدنوویروس	سرماخوردگی
آدنوویروس-جونین	تب ورم مفاصل
آرناویروس-لاسا	تب لاسا
آدنوویروس-ماکوپیو	تب ورم مفاصل
کروناویروس	سرماخوردگی
ویروس کاکساکسی	سرماخوردگی
ویروس ابولا	تب خون‌ریزی ابولا
اکوویروس	سرماخوردگی
فیلوویروس-ماربورگ	تب ورم مفاصل
ویروس گواناریتو	تب ورم مفاصل و نوزولایی
هانتا ویروس	تب ورم مفاصل با سندروم ریوی (HRFS)
هپاتیت سی	بیماری‌های انتقال‌یافته از طریق غیر از دهان و دستگاه گوارش، عفونت کبد
هپاتیت ای	هپاتیت‌های غیر از نوع A و B انتقال‌یافته از طریق روده
HHV-8	مرض مرتبط با تومور کاپوسی در بیماران مبتلا به ایدز
HTLV-II	مروارید سلول‌های مزمن
ویروس هرپس انسان-۶ (HHV-6)	سرخچه زیرگل
ویروس نقص ایمنی انسان (HIV)	بیماری سیدا (ایدز)
تی-لیمفوئیدوپیک انسان	تی-سل لیمفوئید-لئوکمیا ویروس I (HTLV-I)
پوکی استخوان	پوکی استخوان
ویروس موربید	سرخک (سرخچه)
ویروس ارتومیکسو-آنفولانزا	آنفولانزا
پارا آنفولانزا	آنفولانزا
ویروس پارامیکسو	اوربون
ویروس پارو B۱۹	کم‌خونی
ویروس پارو B۱۹	کم‌خونی مزمن
پاکس ویروس-واکسینیا	آبله گاوی
پولیو ویروس	فلج اطفال
پاکس ویروس-واریولا	آبله (از بین رفته)
رئو ویروس	سرماخوردگی
ویروس سونسیتیال تنفسی	ذات‌الریه
رینو ویروس	سرماخوردگی
روتاویروس	اسهال نوزاد
سابیا ویروس	تب هولاریزی برزیلی
ویروس سین نومبره	سندرم مشکل تنفسی بزرگسال
توگا ویروس	سرخچه (سرخچه آلمانی)
واریسلا-زوستر	آبله‌مرغان

Source medical Air solutions (2011; Sylvane 2011; Anthony & Elizabeth 1981)

جداول ۱-۶، ۲-۶، ۳-۶ و ۴-۶ نمونه‌هایی از عوامل بیماری‌زا را که در برخی ضایعات پزشکی معمول هستند، نشان می‌دهند. وجود عوامل بیماری‌زا در مقادیر قابل توجه باعث گسترش بیماری‌ها از طریق هوا، آب، غذا، حامل‌ها، جونده‌ها، لمس کردن و غیره می‌شود. آسیب‌های ناشی از سوزن موجب تغییرات سرمی (گسترش پادتن‌های بخصوصی در میکروب‌های داخل خون به علت عفونت یا ایمن‌سازی) و هیپاتیت سی (HCV^۱) و ایدز (HIV^۲) می‌شود.

جدول ۲-۶ نمونه‌هایی از باکتری‌های بیماری‌زا و بیماری‌های مرتبط با آن

بیماری	باکتری
آکتینومیکوز	آکتینومیکوز اسرائیلی
سیاه زخم	آنتراکس باسیلوس
خراش گربه، آنژیوماتیز باسیلی	بارتونلا هنسلا
سیاه سرفه	بوردتلا پرتوسیسی
بیماری لایم	بورلیا بورگدورفری
عوامل بیماری‌زای روده که به‌طور جهانی انتشار یافته‌اند	کامپیلوباکتر ریه
ذات‌الریه، برونشیت	کلامیدیا سیتاکی
بیماری پرندگان (بیماری طوطی)	کلامیدیا سیتاکی
بیماری نارسایی تنفسی	کلوسترییدیوم تتانی
دیفتری	کورنی باکتریای دیفتری
تب کپو	کاکسیلا پورنتی
اریلوشیوز انسانی	اریلیچیا کافینسیسی
بیماری نارسایی تنفسی	انتروباکتر کلواسی
بیماری نارسایی تنفسی	انتروکوک
تب خرگوش	فرانچیسلا تولارنسیسی
منژیت	هموفیلوس آنفلانزا
زخم گوارشی	هلیکوباکتر پیلوری
ذات‌الریه	لژیونلا پارسیسنسیسی
تب پونتیاک	لژیونلا ریوی
بیماری لژیونر	لژیونلا ریوی
بیماری‌های ریوی در کشاورزان	میکرومونوسپورا فائنی
بیماری‌های ریوی در کشاورزان	میکرومونوسپورا فائنی
آبسه ریوی	میکوباکتریوم آویوم
آبسه ریوی	میکوباکتریوم اینتروسلولار

^۱ Hepatitis C virus^۲ Human Immunodeficiency virus

میکوباکتریوم کانساسی	آبسه ریوی
میکوباکتریوم توپر کلوسیسی	سل
میکوپلاسما ریه	ذات‌الریه
منژنیتید نیسریا	منژنیت
نوکار دیا آستروید	نوکار دیوز
نوکار دیا براسیلینسیس	بیماری ریوی میکتوما
نوکار دیا کاویا	نوکار دیوز
سودوموناس کپیچا	بیماری نارسایی تنفسی
ساکارومونوسپورا ویریدیس	بیماری‌های ریوی در کشاورزان
سالمونلا تیفی	تب تپوئید
شیگلا دیسنتریا	اسهال خونی باکتریایی
استرپتوکوک پیگوز	مخملک، التهاب گلو
ترمواکتینوموسس ولگاریس	بیماری‌های ریوی در کشاورزان، التهاب ریه حساس
ترمومونوسپرا ویریدیس	بیماری‌های ریوی در کشاورزان، التهاب ریه حساس
ویبرو کلاری	وبا
یرسینیا پستیس	طاعون پنومونی

Source Medical Air solutions (2011; Sylvane 2011; Anthony & Elizabeth 1981)

محصولات جایگزین دارای مواد خطرناک کمتر یا بدون مواد خطرناک و یا استفاده از فناوری‌هایی که پسماند دارای سم کمتر به ازای حجم ثابت را تولید کنند (مثل آلیاژ پیش کپسول شده، شوینده‌های بی‌خطر دارای قابلیت تجزیه زیستی، رادیوگرافی دیجیتالی، ترمیم بدون جیوه، گندزدایی با بخار، سیستم تمیزکننده اشعه ایکس بدون کروم و غیره) قطعاً به استفاده مجدد دوباره محیط زیست کمک خواهند کرد. موادی مانند روی، جیوه، نقره ناشی از آلیاژ و تعمیرکننده اشعه ایکس و سرب حاصل از پوشش غشا می‌تواند با استفاده از روش مناسب اصلاح یا بازیافت شود.

جدول ۶-۳ نمونه‌هایی از تک‌یاخته‌های بیماری‌زا و بیماری‌های مرتبط با آنها

بیماری	یاخته
اسهال خونی، زخم روده	بالاتیدیم کولی
اسهال	گیار دیا لامبیا
اسهال خونی توسط آمیب، عفونت سایر اعضا	انتاموبا هیستولیتیکا
انگل‌های ناخوشایند، عفونت دستگاه گوارش	ایسوسپورا بلی
انگل‌های ناخوشایند، عفونت دستگاه گوارش	ایسوسپورا هومینیس
پنوموسیستیس (التهاب ریه)	پنوموسیستیس کارینی

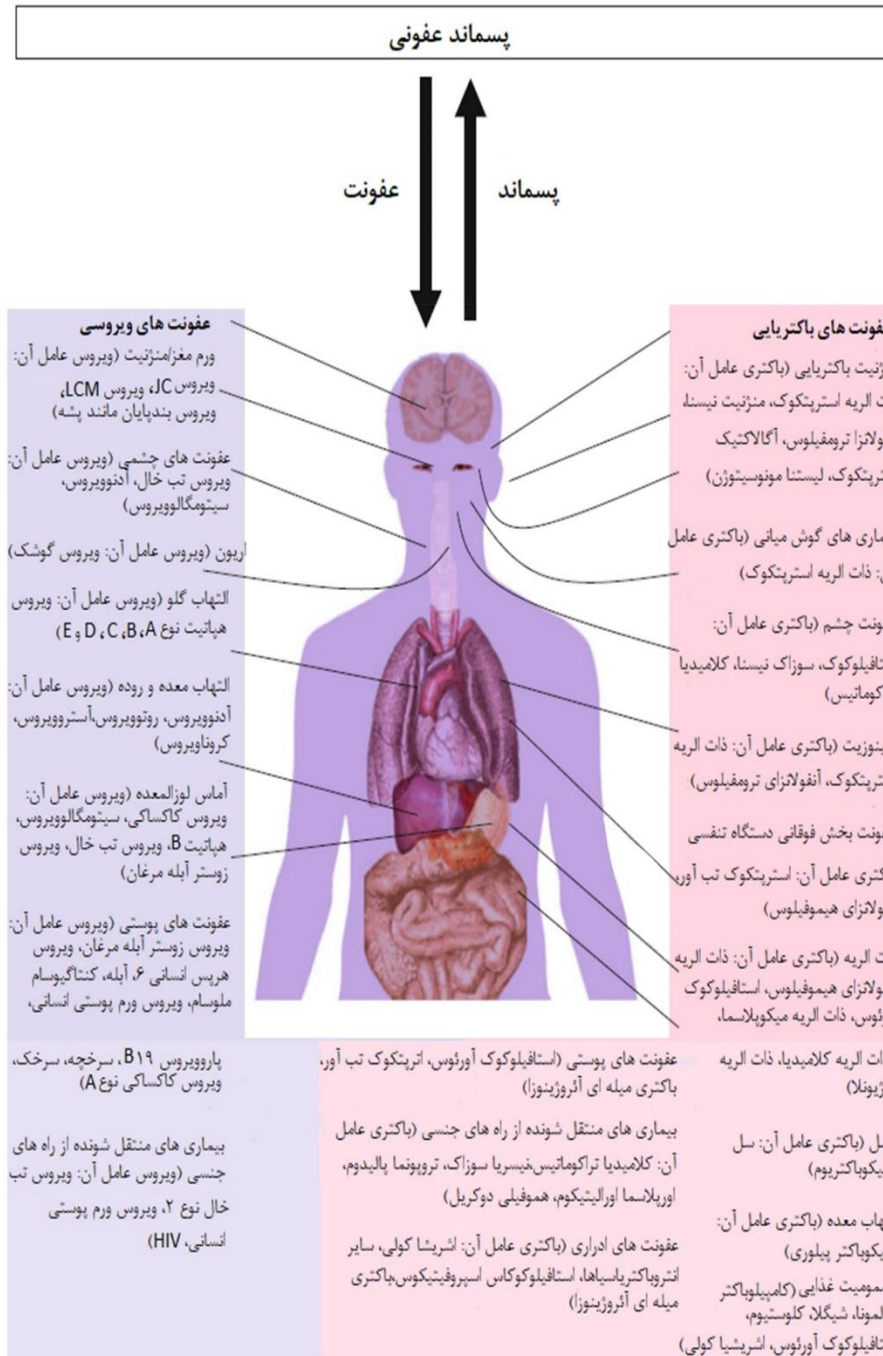
Source Medical Air solutions (2011; Sylvane 2011; Anthony & Elizabeth 1981)

جدول ۴-۶ خلاصه‌ای از روش‌های تصفیه و از بین بردن ضایعات پزشکی

ردیف	نوع گروه پسماند	روش تصفیه و دفع
۱	پسماند حیوانی	سوزاندن/دفن در عمق زیاد
۲	پسماند شیمیایی	تصفیه شیمیایی برای مایعات-محل‌های دفن ایمن
۳	پسماند دارای سمیت ژنتیکی	برای جامدات
۴	خاکستر حاصل از سوزاندن	تخریب/سوزاندن و دفع در محل‌های دفن ایمن
۵	پسماند میکروبیولوژی و بیوتکنولوژی	دفع در محل‌های دفن شهری
۶	پسماند بیماری‌زا	اتوکلاو در محل/مایکروویوگذاری/سوزاندن
۷	پسماند دارویی	سوزاندن/دفن در عمق زیاد
۸	محفظه‌های فشرده شده	تخریب/سوزاندن و دفع در محل‌های دفن ایمن
۹	پسماند رادیواکتیو	بازگرداندن به تهیه‌کننده/تخریب کنترل‌شده
۱۰	ابزار تیز	تغلیظ و متراکم کردن یا رقیق و پراکنده کردن
۱۱	پسماند آلوده	تخریب/سوزاندن و دفع در محل‌های دفن ایمن
۱۲	پسماند دارای فلزات سنگین	بازیابی فلزات سنگین

شکل ۳-۶ یک نمودار شماتیک از یک چرخه عفونی به دلیل وجود ضایعات پزشکی را به تصویر می‌کشد. بسیاری از مطالعات ثابت کرده‌اند که ویروس‌ها می‌توانند در آب به مدت ۸-۱۰ ماه در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد زنده بمانند (Anthony & Elizabeth 1981). در حقیقت، طول عمر عامل بیماری‌زا به‌طور گسترده‌ای متفاوت است. برای مثال آنفلوآنزای فلین (آنفلوآنزای گربه‌ای) که به دلیل ویروس هرپس^۱ ایجاد می‌شود می‌تواند تا یک روز در محیط باقی بماند درحالی‌که ویروس کالچی^۲ می‌تواند به مدت ۸-۱۰ روز در محیط زنده بماند. ویروس پارو^۳ که موجب عفونت گربه‌ای می‌شود توانایی زنده ماندن در محیط به مدت ۱۲ ماه را دارد. ویروس کم‌خونی گربه‌ای^۴ و ایمونودفیشنسی گربه‌ای^۵ چند ساعت پس از خروج از بدن میزبان، خواهند مرد. التهاب صفاق^۶ عفونی گربه می‌تواند تا ۷ روز در بدن نوزاد گربه زنده بماند (WFC, 2011).

^۱ Herpes^۲ Calici^۳ Parvo^۴ Feline Leukaemia^۵ Feline Immunodeficiency^۶ Peritonitis



شکل ۶-۳ نمودار شماتیک نشان دهنده چرخه عفونت

با توجه به تخمین سازمان سلامت جهانی (WHO)^۱ برای سال ۲۰۰۱، بیماری‌های عفونی باعث ۲۶٪ از کل مرگ‌ومیر جهانی شدند (Findhauser, 2003). حدود به ۴۰٪ از این موارد مربوط به عفونت‌های تنفسی و بیماری‌های اسهالی بودند. وجود دارو و واکسن‌ها، در کنار فراهم کردن دسترسی به آب و غذای مناسب می‌تواند مانع از شمار بالای مرگ شود. تعداد عوامل بیماری‌زای نوظهور در طول ۴۰ سال گذشته افزایش یافته است. ۶ عامل بیماری‌زای ویروسی در دهه ۷۰ کشف شد، این عدد به دلیل افزوده شدن ویروس ایدز به ۷ افزایش یافت شد. در دهه ۱۹۹۰ این تعداد به ۲۰ افزایش یافت که شامل هپاتیت E, F, G به علاوه ویروس آنسفالیت وست نیل^۲ بود (Desselberger). عامل‌های بیماری‌زایی که به تازگی و در این دهه کشف شدند، نوع جدیدی از ویروس آنفلوانزای مرغی و ویروس سارس^۳ را شامل شدند.

۶-۱-۱- ضایعات پزشکی خانگی

ضایعات پزشکی خانگی (HBW)^۴ یک زیرگروه از ضایعات پزشکی می‌باشند که عموماً در MSW و جریان‌های فاضلاب یافت می‌شوند. این ضایعات خاص در خانه‌ها تولید شده و باعث بروز مشکلاتی در ایمنی رسیدگی به آن‌ها می‌شوند. این ضایعات سبب مطرح شدن مسائل سلامت انسان و خطرات زیست می‌گردند. مثال‌هایی از HBW شامل داروهای تاریخ‌مصرف گذشته، باندازها، سرنگ‌ها، نوارهای بهداشتی، پوشک‌های یک‌بار مصرف، لوازم آرایشی-بهداشتی منقضی شده، پارچه‌های آغشته به خون، بطری‌های شربت/قرص/قطره بینی و چشم استفاده شده، تیوب پمادهای استفاده شده، قوطی‌های خالی آرام‌بخش‌ها، گوشت آلوده، گوش پاک‌کن‌ها، حیوانات مرده و غیره می‌باشند. بسیاری از این ضایعات به عنوان پسماندهای پزشکی طبقه‌بندی شده‌اند زیرا دارای بخشی از ویژگی‌های زیر و یا تمام آن‌ها هستند:

۱. عفونی بودن
۲. آلوده بودن به ترشحات بدن
۳. داروهای منقضی شده یا فعال

مقادیر HBW از کشوری به کشور دیگر و از خانه‌ای به خانه دیگر متفاوت است. مقادیر بین ۰ تا ۳٪ وزنی از MSW تخمین زده شده‌اند. این تنوع بستگی به توسعه یافته بودن کشور و درآمد

^۱ World Health Organization

^۲ West Nile Encephalities

^۳ SARS

^۴ Household Biomedical Waste

فردی آن دارد. ضایعات پزشکی هنگام سوختن در زباله‌سوزها، دیکسین و فوران را منتشر می‌کنند. آب‌های سطحی حاصل از بارندگی می‌توانند از طریق HBW آلوده به عفونت شوند.

۶-۱-۲- ضایعات پزشکی در مناطق روستایی

قابل‌درک است که مناطق شهری منبع اصلی ضایعات پزشکی هستند. صرف‌نظر از اینکه خواه کشور توسعه‌یافته است یا در حال توسعه، مناطق روستایی هم در تولید مقادیر قابل‌توجه از ضایعات پزشکی مشارکت دارند. گرچه ممکن است اثر آن به سرعت قابل‌مشاهده نباشد، اما پس از گذشت یک دوره زمانی به سلامت انسان و محیط‌زیست لطمه وارد می‌کند. پسماند پزشکی رایج در مناطق روستایی شامل جفت جنین هنگام تولد حیوانات، اجساد حیوانات مرده، کشتن عمدی جوندگان، داروهای منقضی شده، ضایعات تولیدشده در دامپزشکی‌ها و مراکز درمان می‌باشد. به‌علاوه ضایعات پرستاری^۱ در مناطق روستایی و پسماند پزشکی خانگی که شامل پوشک، نوار بهداشتی، کاندوم و بانداژ هستند، نمی‌توانند بدون توجه رها شوند. تأثیر چنین کاری بعد از گذشت مدت‌زمان معینی بروز می‌کند؛ اما بی‌توجهی بین مردم روستایی اغلب باعث دفع نامناسب می‌شود که نتیجه این امر آلوده شدن مواد غذایی تولیدشده است. اغلب، مقادیر تخمین زده نشده و گزارش نمی‌شوند. دفع غیرقانونی ضایعات پزشکی از مناطق شهری و دفن غیرمجاز آن‌ها نیز باعث تجمع این ضایعات در مناطق روستایی می‌شود.

۶-۲- عفونت بیمارستانی و مسئله سلامت به علت پسماندهای پزشکی

عفونت‌های بیمارستانی، عفونت‌هایی هستند که در واحد خدمات مراقبت‌های بهداشتی بیمارستان‌ها شیوع پیدا می‌کنند. این مدل از عفونت‌ها با عنوان عفونت مراقبت‌های بهداشتی یا بیمارستانی نیز شناخته می‌شوند.

پسماندهای عفونی شامل غلظت بالایی از عوامل بیماری‌زا هستند که باعث ایجاد بیماری در میزبان‌های مستعد می‌گردند. پسماند عفونی شامل ذخیره و پرورش مواد عفونی به‌واسطه جراحی/کالبدشکافی بر روی مریضان دارای بیماری عفونی، کار آزمایشگاهی و ضایعاتی که در ارتباط با حیوانات/بیماران/مواد آلوده هستند، می‌شود.

مطالعات انجام‌شده در ۵۵ بیمارستان، ۱۴ کشور و در ۴ ناحیه (اروپا، مدیترانه شرقی، جنوب شرقی آسیا و غرب اقیانوس آرام) نشان داد که متوسط ۸/۷٪ بیماران در بیمارستان‌ها، دارای عفونت بیمارستانی بودند. بیش از ۱/۴ میلیون از مردم در سراسر جهان از این عفونت رنج می‌برند

^۱ Aopsials

(Health Canada, 1997a). بیشترین تکرار عفونت‌های بیمارستانی در مدیترانه شرقی (۱۱/۸٪) و جنوب شرقی آسیا (۱۰/۰٪) اتفاق می‌افتد، با توجه به اینکه وقوع این بیماری‌ها در اروپا ۷/۷٪ و در غرب اقیانوس آرام ۹٪ است (health Canada, 1997b).

خطرات عظیم مرتبط با مدیریت ضعیف پسماند عبارت‌اند از:

۱. عفونت‌های بیمارستانی در مریضان/کارکنان بیمارستان/عیادت‌کنندگان به دلیل مدیریت ضعیف پسماند
 ۲. آسیب‌دیدگی کارکنان بیمارستان و افراد رسیدگی‌کننده به پسماند توسط اجسام تیز.
 ۳. به مخاطره افتادن کارکنان مسئول رسیدگی به پسماند به دلیل وجود مواد شیمیایی خطرناک.
 ۴. خطر ایجاد عفونت در خارج از بیمارستان که مشمول اماکن عمومی و افراد در تماس با پسماند می‌شود.
 ۵. کاهش کیفیت خاک، هوا و آب.
- انتقال عفونت از کارکنان مراکز بهداشتی به بیماران در بسیاری از مراکز بالینی مثال زده شده است (Malavaud et al., 2001; Munoz et al., 1999; Slinger & Dennis, 2002; Weinstock et al., 2000).
- نمونه‌هایی از بیماری‌هایی که توسط پسماند بیمارستان گسترش می‌یابند شامل عفونت‌های تنفسی، معده‌ای، تناسلی، چشمی، پوستی، سندروم نقص ایمنی (AIDS^۱)، مننژیت، تب‌های هموراژیک^۲، سیاه‌زخم، عفونت خون، ویروس هپاتیت A، باکتری^۳، ویروس هپاتیت B و C و کاندیدی^۴.

۶-۳- مشخصات و مقادیر

مقدار ضایعات پزشکی از کشوری به کشور دیگر و نیز در میان هر یک از مراکز بهداشتی متفاوت است. درحالی‌که این مراکز تنها مشاوره و نسخه‌نویسی انجام می‌دهند و ضایعات دارویی تولید نمی‌کنند، بیمارستان‌های فوق پیشرفته با قوانین محکم کنترل عفونت، حجم عظیمی از ضایعات دارویی را تولید می‌کنند. برخی بیمارستان از پارچه بروی تخت‌های معاینه استفاده می‌کنند،

¹ Acquired Immunodeficiency Syndrome

² Haemorrhagic

³ Bacteraemia

⁴ Candidaemia

درحالی که بقیه کاغذهای مخصوص معاینه به کار می‌برند. از آنجایی که کاغذ به کاررفته بر روی میز معاینه بعد از هر بار استفاده دور انداخته می‌شود، مقدار آن بیشتر خواهد بود.

مقدار شاخص پسماند پزشکی که توسط انستیتوی ایکوپرنورشیپ^۱ منتشر شد، برابر با ۱/۵ تا ۲ kg/bed/d برای فرانسه، بلژیک و انگلستان، ۱/۱ kg/bed/d برای امریکا، ۰/۱ تا ۰/۲ kg/bed/d برای خاورمیانه و آفریقا و ۰/۲۵ تا ۱/۱۳ kg/bed/d برای آمریکای لاتین است.

نمودارهای گزارش شده توسط پراس و همکاران (۱۹۹۹) و Johannessen (۱۹۹۷) از ۳ kg/bed/d برای کشورهای امریکای لاتین، ۳ تا ۶ kg/bed/d برای اروپای غربی، ۲/۵ تا ۴ kg/bed/d برای ملل پردرآمد آسیای شرقی، ۷ تا ۱۰ kg/bed/d برای آمریکای شمالی، ۱/۴ تا ۲ kg/bed/d برای ملل اروپای شرقی، ۱/۸ تا ۲/۲ kg/bed/d برای ملل دارای درآمد متوسط آسیای شرقی و ۱/۳ تا ۱ kg/bed/d برای ملل مدیترانه شرقی متفاوت بود.

داده‌های جمع‌آوری شده توسط پراس و همکاران (۱۹۹۹) و هابوچز (۱۹۹۴) نشان دادند که به‌طور سالیانه ملل پردرآمد ۱/۱ تا ۱۲ کیلوگرم به ازای هر فرد و ملل کم‌درآمد ۰/۵ تا ۳ کیلوگرم به ازای هر فرد پسماند عفونی تولید می‌کنند. سرعت متوسط تولید در جوردن از ۰/۲۹ تا ۱/۳۶ kg/bed/d متغیر بود درحالی که برحسب تعداد بیماران محدوده آن بین ۰/۳۶ تا ۰/۸۷ kg/patient/d می‌باشد. (هانی و همکاران ۲۰۰۷) این درحالیست که مطالعات انجام شده زیر نظر فایز و همکاران (۲۰۰۸) در جوردن نشان داد که سرعت تولید از ۰/۲۶ تا ۲/۶ kg/bed/d متفاوت است.

بنا بر مطالعات جاسم و هانی (۲۰۰۷)، سرعت تولید پسماند در کویت بین ۳/۸۷ تا ۷/۴۴ kg/bed/d است. این پسماند از ۷۱/۴۴٪ پسماند محلی، ۰/۷۶٪ ابزار تیز و ۲۷/۸٪ پسماند خطرناک/عفونی تشکیل شده است.

پراس و همکاران (۱۹۹۹) تخمین‌های زیر را برای مدیریت مقدماتی پسماند پیشنهاد می‌کنند: برنامه‌ریزی: (۱) ۱۵٪ پسماند عفونی و مرتبط با آسیب‌شناسی، (۲) ۸۰٪ پسماند مراقبت‌های بهداشتی کلی، (۳) ۳٪ پسماند شیمیایی و دارویی، (۴) ۱٪ پسماند ابزار تیز، (۵) کمتر از ۱٪ سایر پسماندها مانند پسماند رادیواکتیو یا دماسنج‌های شکسته.

پسماند زیست پزشکی می‌تواند در دسته‌های زیر گروه‌بندی شود:

– خاکستر پسماند زیست پزشکی سوخته شده: خاکستر سوخته‌ای که از خاکستر حاصل از سوزاندن پسماند زیست پزشکی تشکیل می‌شود.

¹ Ecopreneurship

- پسماند حیوانی: پسماند حیوانی از بافت‌های حیوانی، لاشه اعضای بدن، اندام‌ها، قسمت‌های خونی، سیالات، خون یا حیوانات آزمایشگاهی به کاررفته در تحقیقات، پسماند تولیدشده توسط خانه حیوانات و مؤسسات دامپزشکی، تشکیل می‌شود.
- پسماند شیمیایی: پسماندی که حاوی مواد شیمیایی شامل ارتقادهنده لنز، مواد شیمیایی آزمایشگاهی، حلال‌ها، ضدعفونی‌کننده‌های منق‌ضی شده یا غیرقابل استفاده، ضایعات آلیاژ، جیوه مقدماتی، فیلم ارتقا نیافته اشعه ایکس، ثابت‌کننده اشعه ایکس، نوارهای سربی خراب، فویل‌های سربی و عناصر تمیزکننده، می‌باشد.
- پسماند دارای سمیت ژنتیکی^۱: پسماندی که حاوی موادی شیمیایی شامل داروهای ضد سرطان و سیتوتوکسیک و مواد دارای خاصیت سمیت ژنتیکی است. این پسماندها ممکن است خواص ترانژنژنی جهش‌زا یا سرطان‌زا داشته باشد. این امر به مشکلات جدی سلامت در بیمارستان‌ها و نیز پس از زمان دفع آن‌ها منجر می‌شود. این پسماندها شامل داروهای سلولی، مایعات بدن بیماران مداوا شده توسط داروهای سلولی و مواد رادیواکتیو هستند. داروهای سیتوتوکسیک (ضد سرطانی) نوعی از پسماند ژنوتوکسیک هستند که توانایی کشتن/ متوقف کردن رشد سلول‌های زنده معینی را دارند. آن‌ها در درمان شرایط سرطانی (رشد غیرطبیعی جدیدی از بافت‌ها در حیوانات یا گیاهان) استفاده می‌شوند.
- پسماندهای میکروبیولوژی و بیوتکنولوژی: پسماندهای آزمایشگاهی حاصل از ذخیره/کشت میکروب یا نمونه‌های میکروارگانیسم‌ها، پسماند سل‌های نمونه کشت افراد و حیوانات و عوامل عفونی حاصل از تحقیقات/آزمایشگاه‌های صنعتی، پسماند مواد سمی، مواد بیولوژیکی و دستگاه‌ها و ظروف استفاده‌شده برای انتقال کشت میکروبی.
- پسماند آسیب‌شناسی^۲: این پسماندها از جنین انسان، اعضا، لاشه حیوانات، اندام‌ها، خون و مواد موجود در آن، پسماند آناتومی، مواد آغشته به خون و بزاق دهان، دندان خارج‌شده بدون اختلاط ترمیمی و مایعات بدن، تشکیل می‌شود. در این گروه اعضای بدن انسان یا حیوان پسماند آناتومی نامیده می‌شوند. برخی از عوامل بیماری‌زا می‌توانند خطرناک باشند زیرا ممکن است بیماری‌زایی و مقاومت بالایی در مقابل درمان داشته باشند.

(Askarian et al., 2004)

^۱ Genotoxic

^۲ Pathological

- پسماند دارویی: این گروه شامل داروهای دور انداخته شده مثل پمادهای نیمه استفاده شده، شربت‌ها، قرص‌ها، داروهای منقضی شده و روغن‌های ماساژ استفاده شده، می‌باشد.
 - ظروف تحت فشار: پسماندی که شامل ظروف حاوی مایعات تحت فشار، مواد پودری، یا گازی مثل ظروف و قوطی‌های آئروسل است.
 - پسماند رادیواکتیو: پسماند رادیوتراپی یا آزمایشگاه تحقیقاتی که شامل بسته‌های آلوده، ظروف شیشه‌ای یا کاغذهای جذب، اوره/مدفوع بیماران مداوا شده با رادیو نوکلئیدها.
 - ابزار تیز: موادی هستند که می‌توانند زخم بریدگی ایجاد کنند. این مورد شامل سوزن‌ها، چاقوی کالبدشکافی، چاقوها، تیغ‌ها، چاقوهای x-acto، قیچی‌ها، دستگاه‌های تزریق، خرده‌های استخوان، اره‌ها، شیشه و ناخن شکسته می‌شود. این موارد جزء پسماندهای خطرناک محسوب می‌شوند زیرا زخم ایجادشده توسط آن‌ها در حین کنترل کردن پسماند عفونی و بیمار می‌تواند به بیماری مرگبار کارکنان پزشکی منجر شود.
 - پسماند آلوده: این پسماندها شامل مواد آغشته به مایعات بدن مانند پنبه، قالب گچ آلوده، ملحفه‌ها و پوشش‌ها هستند.
 - پسماند دارای فلزات سنگین: پسماند تشکیل شده از مواد آلوده به فلزات سنگین/مشتقات آن‌ها مانند دماسنج‌های شکسته، باتری‌ها و مانومترها.
 - پسماند غذایی عفونی‌شده توسط بیمار: پسماند غذایی که با شخص آلوده تماس داشته است.
- نکاتی برای جلوگیری از تولید پسماند پزشکی اضافی شامل: (۱) کاهش تولید پسماند در مبدأ، (۲) ضدعفونی کردن و استفاده مجدد از ابزار و (۳) دیجیتالی کردن تمام پرونده‌های کلینیکی، می‌باشند.

۴-۶- تصفیه و دفع

نمونه‌ای از مراحل مدیریت پسماند زیست پزشکی در شکل ۴-۶ نشان داده شده‌اند که عبارت‌اند از: (۱) تفکیک به اجزای مختلف (۲) کنترل و ذخیره‌سازی پسماند، (۳) حمل و نقل، (۴) تصفیه و دفع. در مناطق روستایی و مناطقی که خدمات تجهیزاتی تیمار و دفع پسماند معمول زیست پزشکی (CBMWTDF)^۱ در دسترس نیستند، تأسیسات مراقبت‌های بهداشتی (HCE)^۲ به‌منظور

^۱ Common biomedical Waste Treatment and Disposal Facility

^۲ Health Care Establishment

جلوگیری از پراکنده شدن عفونت و سمیت، با استفاده از تجهیزات محدود عمل دفع را انجام خواهد داد.

در داخل تأسیساتی که پسماند زیست پزشکی تولید می‌کنند، باید مکانی برای ذخیره‌سازی آن‌ها مشخص شود. پسماند زیست پزشکی باید در یک اتاق جداگانه، مکان یا ساختمان دارای اندازه مناسب برای مقادیر پسماند تولیدی، در ظروف/بسته‌هایی انبار شوند. در صورتی که اتاق انبار سرد در دسترس نباشد، زمان ذخیره‌سازی پسماند مراقبت‌های بهداشتی نباید از ۴۸ ساعت در طی زمستان و ۲۴ ساعت در طی تابستان در مناطق با آب‌وهوای گرم، ۷۲ ساعت در فصل سرما و ۴۸ ساعت در فصل گرما در مناطق با آب‌وهوای معتدل تجاوز کند. پسماند رادیواکتیو در ظروفی پشت پوشش سربی انبار خواهد شد و باید با برچسب‌هایی که نوع رادیونوکلوئید، تاریخ و جزییات شرایط انبارداری موردنیاز را شرح می‌دهند، مشخص شوند. پسماند سیتوتوکسیک دور از سایر پسماندهای زیست پزشکی در مکانی بی‌خطر انبار می‌شود.

تولید و تفکیک
ضایعاترسیدگی به پسماند و
انبار کردن آن

حمل و نقل پسماند



تصفیه و دفع



شکل ۶-۴ المان‌های مدیریت پسماند زیست پزشکی

تفکیک در مدیریت پسماند زیست پزشکی معمولاً به دلایل زیر صورت می‌گیرد: (۱) جهت جلوگیری از آلوده شدن پسماند غیرعفونی با عفونت، (۲) به منظور جلوگیری از ورود پسماند سمی مانند سرب، جیوه و ماده رادیواکتیو و (۳) ورود پسماند آغشته به کلر که در نهایت منجر به تولید دیکسین و فوران می‌گردد.

اختلاط پسماند عفونی با پسماند غیرعفونی به افزایش حجم پسماند عفونی می‌انجامد. شکل ۶-۵ تفکیک از مبدأ پسماند را نشان می‌دهد. شکل ۶-۶ یک حامل مسیر مستقیم را در یک

بیمارستان نوین را برای انتقال پسماند از بخش افراد در طبقات مختلف به محدوده یک انباری مرکزی که گروه‌های مختلف پسماند در آنجا جمع‌آوری و به یک مؤسسه عملیاتی معمولی منتقل خواهند شد، نشان می‌دهد. عدم موفقیت در تفکیک پسماند عفونی در مبدأ، ممکن است منجر به افزایش هزینه عملیات تصفیه و دفع شود زیرا تمام پسماند به‌روش‌های مهم تصفیه و دفع برای جلوگیری از پراکنده شدن آلودگی نیاز دارد. ورود جیوه، سرب و مواد رادیواکتیو دلالت مستقیم به شکل آزادسازی این فلزات سنگین و ماده رادیواکتیو به هوا، آب‌و خاک و تخریب فلوتور و جانداران و اجزای فیزیکی-شیمیایی تشکیل‌دهنده آن خواهد داشت.



شکل ۵-۶ یک فعالیت مناسب در زمینه تفکیک در منطقه. پسماند باز یافتی مانند پلاستیک، ابزار تیز و پسماند غیر عفونی باید جهت جلوگیری از تولید دی اکسیدها و فوران‌ها ناشی از احتراق کل پسماند و نیز ممانعت از افزایش پسماند عفونی به دلیل تماس بین پسماند عفونی و غیر عفونی، تفکیک شوند.

علاوه بر سرب و جیوه، واحدهای مراقبت‌های بهداشتی از مواد شیمیایی خطرناک مانند سیدکس^۱، کلودیون^۲، کمادین^۳، اپینفرین^۴، میتومیسین سی^۵ که مضر و سمی هستند، استفاده می‌کنند (Shaner-McRae et al., 2007).

دی اکسین‌ها و فوران‌ها گروه‌هایی از مواد سمی هستند که ساختارهای شیمیایی مشابهی دارند. این مواد شیمیایی پایدار و زیست تجمع‌پذیر هستند. تعدادی از دی اکسین‌ها به شدت سرطان‌زا بوده و مرتبط با مشکلات ایمنی، تناسلی، اندومتریوزی^۶، اختلالات درون‌ریز و رفتاری در کودکان هستند. (Ryan et al., 2002; Rier & foster, 2002; Schettler, 2003) احتراق پسماند زیست پزشکی که حاوی کلر می‌باشد، یک منبع بزرگ از دی اکسین‌ها و فوران‌هاست. تمام پسماند نباید سوزانده شود و موارد زیر باید به‌منظور در نظر گرفتن ملاحظات سلامتی و زیست‌محیطی باید پیش‌گیری شوند:

- (۱) مقادیر زیاد پسماند مواد واکنش‌پذیر
- (۲) ظروف گاز تحت فشار
- (۳) پلاستیک‌های هالوژنه
- (۴) آمپول‌های مهر و موم شده
- (۵) پسماند دارای فلزات سنگین مانند جیوه، کادمیوم و سرب
- (۶) ترکیبات نقره
- (۷) پسماندهای عکس‌برداری/رادیوگرافی

اگرچه فعالیت‌های مربوط به مراقبت دندان مقدار کمی پسماند تولید می‌کنند، اما برخی از پسماندهای این فعالیت‌ها برای طبیعت به شدت سمی هستند. (Sreenivasa et al., 2010). کریستینا و همکاران (۲۰۰۹) نیاز به افزایش مدیریت پسماند خدمات مراقبت دندان را برجسته کردند.

جدول ۴-۶ خلاصه‌ای از عملیات و امکانات دفع برای پسماند زیست پزشکی را نشان می‌دهد. جدول ۵-۶ منابع اصلی گروه‌های مختلف پسماند در یک بیمارستان را ارائه می‌کند. منابع اصلی پسماند مراقبت دندان عبارت‌اند از: (۱) بخش داروهای دهانی و رادیولوژی: پسماند اصلی تولیدشده

^۱ Cidex

^۲ Collodion

^۳ Coumadin

^۴ Epinephrine

^۵ Mitomycin

^۶ Endometriosis

شامل سرنگ، فویل سربی، نمونه‌ها و داروهای بافت‌برداری می‌باشند، (۲) بخش ویژه محافظت و دندان‌شناسی: پسماندهای اصلی تولیدشده در این بخش پنبه‌هایی هستند که در بزاق دهان و نمونه خون جمع‌آوری شده در یک ظرف غوطه‌ورند، (۳) آلیاژ نقره: آلیاژ حاوی جیوه که سمی می‌باشد و مقدار زیادی بخار و پسماند جیوه در طول عملیات تولید می‌کند، (۴) بخش پرایودنتیک^۱: پسماندهای اصلی در این بخش، بافت‌ها و چاقوهای کالبدشکافی و تیغ‌ها هستند، (۵) بخش جراحی دهانی فک و صورت: این بخش دندان کشیده شده و دندان کشیده شده با مخلوط چیزهای دیگر را تولید می‌کند، (۶) بخش دندان‌سازی: این بخش گچ قالب‌گیری، قالب‌های سنگی، رزین‌های آکریلیک و واکس‌ها را تولید می‌کند، (۷) بخش اطفال: این بخش دندان‌های کشیده شده را تولید می‌کند، (۸) بخش ارتودنسی: این بخش نوارهای ارتودنسی و سیم‌های پوششی در طول شب با ۲٪ گلو تار آلدهید^۲ را تولید می‌نماید.



شکل ۶-۶ حامل مسیر مستقیم در بیمارستان مدرن برای انتقال پسماند از بخش‌های فردی در طبقات مختلف به محدوده انبارداری مرکزی که در آنجا گروه‌های مختلف پسماند جمع‌آوری و به موسسه معمول عملیات منتقل خواهند شد.

^۱ Periodontics

^۲ Glutaralehyde

عدم اجرای قانون یا اجرای ضعیف آن به‌ویژه در ملل در حال توسعه به نگرانی‌ها درباره محیط‌زیست و همچنین سلامت همگانی در اثر ذخیره‌سازی، جمع‌آوری، کنترل، بازیافت و دفع ضعیف پسماندهای زیست پزشکی شدت می‌بخشد.

افزایش سوزن سرنگ در سه دهه گذشته با توجه به این امر که قبل از آن سوزن‌ها پس از استریلیزه شدن حرارتی دوباره مورد استفاده قرار می‌گرفتند، بسیار زیاد بوده است. انتقال حرفه‌ای عوامل بیماری‌زا از طریق خون به‌خوبی ثبت شده‌اند. (Shapiro, 1995; Mitsui et al., 1992; Polish et al., 1993; Lanphear et al., 1994; Marcus, 1998). ابزار تیز تولیدشده از هر دو نوع مؤسسات مراقبت‌های بهداشتی انسان و دامپزشکی برای سلامتی افرادی که آن‌ها را کنترل می‌کنند، خطرناک هستند.

برخی از خدمت‌رسان‌ها در آمریکا می‌توانند ابزار تیز قرار داده‌شده در بسته پستی از پیش پرداخته شده را به تأسیسات عملیاتی ابزار تیز از طریق خدمات پستی آمریکا حمل کنند. پس از اعلام وصول ابزار تیز، تأیید خرابی به‌صورت الکترونیکی مقدور است. اگرچه چنین چیزی هنوز در کشورهای در حال توسعه محقق نشده است، اما می‌تواند در آینده نزدیک رخ دهد.

کپسول سازی (شکل ۶-۷) یکی از روش‌های دفع ابزار تیز است. در کپسول سازی، ابزار تیز در ظروف ضد نشت و ضد سوراخ جمع‌آوری می‌شوند و هنگامی که ظرف به‌اندازه سه‌چهارم پر شد، مواد چسباننده مانند شن بتمنس^۱، کف پلاستیکی، خمپاره سیمانی، یا خاک رس ریخته می‌شوند تا زمانی که ظرف به‌طور کامل پر شود. پس از آن به مایه اجازه داده می‌شود که خشک شود، سپس ظروف مهر و موم شده و در مکان‌های دفع، تخلیه می‌شوند.

^۱ Bituminous

جدول ۵-۶ چک‌لیست نمایش‌دهنده منابع اصلی گروه‌های مختلف پسماند

[illegible]

شکل ۶-۸ نشان می‌دهد که شکستن سوزن برای جلوگیری از ورود دوباره سوزن‌ها به بازار استفاده شده است اما در بعضی از مناطق این امر به دلیل ملاحظات ایمنی محیط کار تضعیف شده است.

خطر آلودگی با HIV بعد از یک‌بار در معرض سوزن قرار گرفتن حدود ۰/۳٪ است و این مقدار برای هپاتیت C از ۳/۳ تا ۱۰٪ متغیر است. (Christine et al., 1997)

شکل ۶-۹ حفره‌های استفاده شده برای ذخیره کردن سوزن‌ها و ابزار تیز دیگر را نشان می‌دهد. حفره‌ها به دریچه‌های کوچکی مجهز هستند که از طریق آن‌ها، ابزار تیز به حفره ضد آب با پوشش مناسب انداخته می‌شوند.

تلاش‌ها توسط کارکنان سلامت بهداشت برای جداسازی پسماند ابزار تیز در یک میزان حداقلی نگه‌داشته خواهد شد. ظروف پلاستیکی یک‌بارمصرف، منعطف و قفل شدنی جهت نگهداری ابزار تیز برای حفاظت کارکنان بیمارستان به‌طور گسترده در کشورهای توسعه‌یافته استفاده می‌شوند؛ اما کشورهای در حال توسعه هنوز به دور انداختن ابزار تیز به‌روش‌های غیرعلمی ادامه می‌دهند. قانون در فرانسه مسئولیت دفع سوزن‌های استفاده شده را بر عهده سازمان‌های تأمین‌کننده داروهای خود تزریقی قرار داده است.

تزریقات غیر ایمن و به دنبال آن انتقال عوامل بیماری‌زای خونی، در ملل در حال توسعه به‌دفعات اتفاق می‌افتد. بر اساس مطالعات رهبری شده توسط سیمونس و همکاران (۱۹۹۹)، هر فرد در ملل در حال توسعه به‌طور میانگین ۱/۵ تزریق در سال دریافت می‌کند که بخش اعظم آن‌ها ضروری نیستند و حداقل نیمی از تزریقات انجام شده در هر ۱۴ مورد از ۱۹ کشور ایمن نمی‌باشند.



شکل ۶-۷ کپسول سازی سوزن



شکل ۶-۸ شکستن سوزن تحت اجرا



شکل ۶-۹ حفره‌های ابزار تیز

سوزاندن، به دلیل خطر انفجار، جهت دفع ظروف تحت فشار مناسب نیست. ظروف آسیب‌دیده مانند کارتریج‌ها یا سیلندرهای اتیلن اکسید، کارتریج‌های نیترو اکسید، سیلندرهای اتصال یافته به تجهیزات بیهوشی، سیلندرهای تحت فشار اکسیژن، کربن دی‌اکسید، نیتروژن، هوای فشرده، هیدروژن، سیکلوپروپان، استایلن، گازهای نفتی و غیره، باید به منبع تغذیه بازگردانده شوند. ظروف تحت فشار آسیب‌دیده که برای پر کردن دوباره مناسب نیستند، می‌توانند پس از خالی کردن کامل، فشرده و له‌شده و در لندفیل دفع شوند.

ابزار تیز می‌توانند در حفره‌ای مستطیلی یا دایره‌ای شکل که با آجر / بنا / بتن پوشش داده‌شده، دفع شوند. حفره باید توسط ورقه بتن سنگین نفوذپذیر توسط یک روزنه کوچک مسقف شود. حفره می‌تواند پس از پر شدن مهر و موم گردد.

اگرچه انجام چنین عملی در بسیاری از کشورها مشاهده نمی‌شود، اما پسماند زیست پزشکی به حامل‌های ویژه با برجسب‌گذاری مناسب جهت شناسایی از فاصله دور و نیز در طی تصادفات، نیاز دارد. درون وسایل حمل و نقل باید با قفسه‌های مناسبی برای ذخیره‌سازی گروه‌های مختلف پسماند مجهز شود و نیز کف آن باید فلزی بوده و جهت شست‌وشو هموار باشد.

جعبه ۶-۱ مسیر داروی منقضی شده در زنجیره تأمین:

دارو توسط آژانس‌های حمل و انتقال (آژانس‌های C&F) از تولیدکننده به توزیع‌کننده‌ها تحویل داده می‌شود. سپس توزیع‌کننده‌ها داروها را به معامله‌کنندگان عمده‌فروش انتقال می‌دهند که آن‌ها نیز به نوبه خود داروها را به دست خرده‌فروشان می‌رسانند. وقتی داروها منقضی گردند، در این مسیر به عقب برگردانده می‌شوند. داروساز خرده‌فروش، آن‌ها را به یک دلال عمده‌فروش تحویل می‌دهد که او نیز آن‌ها را به یک توزیع‌کننده و پس از آن به آژانس‌های حمل و انتقال، می‌رساند. آژانس‌های حمل و انتقال داروی منقضی شده را جهت تخریب برای تولیدکننده بازمی‌فرستند.

اگر حرکت بین استانی داروهای منقضی شده در یک کشور توسط قوانین حاکم محدود شود، داروی دور انداخته‌شده در داخل استان که در آن تولیدشده و تأییدیه تخریب به تولیدکننده و نیروهای مقتدر ارائه‌شده، نابود می‌گردد.

در بیمارستان‌های مدیریت‌شده توسط دولت ایالتی در هندوستان، یک فهرست از داروها نگهداری می‌شود و داروی اضافی نزدیک به تاریخ انقضا به بیمارستان‌های دیگر که کمبود چنین دارویی را دارند، ارسال می‌گردد.

داروها به‌طور فزاینده به‌عنوان آلوده‌کننده‌های شیمیایی محیط‌زیست شناخته شده‌اند (Daughton, 2003). برای کنترل مناسب پسماند دارویی خطرناک، مؤسسات مراقبت‌های بهداشتی به ایجاد جریان‌های پسماند بیشتری نیاز دارند. (Smith, 2007) پسماندهای دارویی اغلب از طریق سطل‌های زباله دور ریخته شده یا درون یک چاهک یا توالت انداخته می‌شوند و وارد جریان پسماند فاضلاب می‌گردند (اسمیت، ۲۰۰۲)، اگرچه بخش عمده آن توسط تولیدکننده/توزیع‌کننده دفع می‌شود (جعبه ۶-۱). بیشتر مؤسسات تصفیه آب و فاضلاب، آلوده‌کننده‌های دارویی را در نظر نمی‌گیرند؛ بنابراین این پسماندها تصفیه نشده باقی‌مانده و به سطح زمین و آب آشامیدنی وارد می‌شوند (Kummere, 2001).



شکل ۶-۱۰ داروهای منقضی شده در حال تفکیک شدن از بسته‌بندی پیش از سوزانده شدن

شکل ۶-۱۰ تأسیسات معمول دفع را که در آن داروها از بسته‌بندی خود جدا می‌شوند، نشان می‌دهد. بسته‌بندی فلزی/شیشه‌ای/پلاستیکی معمولاً برای جلوگیری از بار روی تأسیسات دفع جدا می‌شود. لازم است که مواد دارویی به‌طور علمی با سوزاندن در دمای بالا (که بالای 1200°C است) دفع شوند. داروها به توجه ویژه در زمان فاجعه نیاز دارند، زیرا مقادیر زیادی از داروهایی که به‌عنوان کمک‌های انسان دوستانه اهدا می‌شوند در صورتی که مورد استفاده قرار نگیرند، نیاز به دفع ایمن خواهند داشت.

تفکیک

تفکیک مهم‌ترین روش در کنترل پسماند زیست پزشکی است. علاوه بر تفکیک در مبدأ که پیش‌تر شرح داده شد، مؤسسات مراقبت‌های بهداشتی همچنین باید مسیر انتقال مناسبی را قبل از حمل به تأسیسات دفع/تصفیه فراهم کنند. شکل ۶-۱۱ اتاق‌های جداگانه با کدگذاری رنگی را نشان می‌دهد که از طریق آن‌ها گروه‌های مختلف باهم مخلوط نخواهند شد.

سوزاندن یکی از راه‌های اقتصادی از بین بردن عوامل بیماری‌زا می‌باشد. شکل ۶-۱۲ مدل ناپیوسته زباله‌سوز دو اتاقکی را نشان می‌دهد. زباله‌سوزهای چرخان در گستره ۳-۵۰ تن/ساعت در دسترس می‌باشند و بنابراین در شرایطی که مقدار پسماند موردنظر جهت سوزاندن زیاد باشد، مناسب هستند؛ اما انجام مطالعات جهت بررسی امکان‌پذیری پیش از نهایی کردن استفاده از زباله‌سوز لازم است.

مدل ناپیوسته زباله‌سوز زیست پزشکی دارای دو اتاقک و حداقل ۹۹٪ بازده احتراق (C.E.)^۱ خواهد بود.

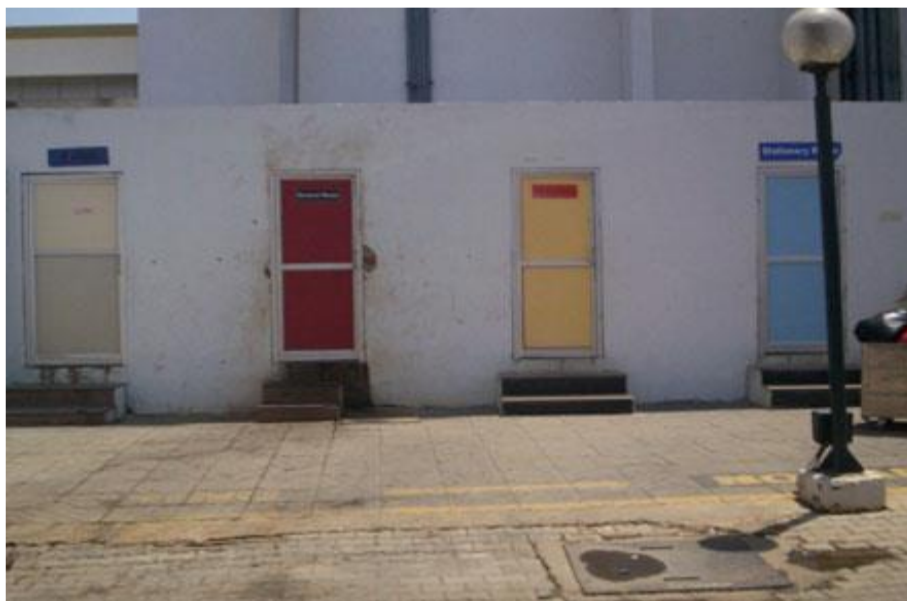
بازده احتراق توسط معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{بازده احتراق} = \frac{(\%CO_2)(100)}{(\%CO_2 + \%CO)}$$

هنگامی که پسماندهای زیست پزشکی با مواد شیمیایی هالوژنه باردار می‌شوند، ممکن است دی اکسین‌ها/ فوران‌ها و دیگر آلوده‌کننده‌های سمی هوا تولید شوند. گازهای تولیدشده در اتاقک اولیه تا دماهای بالا حرارت می‌بینند تا ترکیبات آلی گازی را نابود کنند.

دمای اتاقک اولیه °C ۵۰±۸۰ خواهد بود که از آنجا گازها به اتاقک دوم که دمای آن °C ۵۰±۱۰۵۰ است، وارد می‌شوند که زمان اقامت گاز باید حداقل یک ثانیه با حداقل ۳٪ اکسیژن در توده خروجی باشد.

^۱ Combustion Efficiency



شکل ۶-۱۱ اتاق‌های جداگانه با کدگذاری رنگی که در قانون محلی یا پروتکل شانس آلودگی عبوری را افزایش و هزینه عملیات دفع و سوزاندن را کاهش می‌دهد.



شکل ۶-۱۲ زباله‌سوز پسماند زیست پزشکی

تفکیک‌های مؤثر بیشتر پلاستیک‌ها در مبدأ برای حذف PVC به مهار کردن تولید دی اکسین‌ها و فوران‌ها نیز کمک خواهد کرد.

کوره چرخان در 1600°C - 1200°C عمل می‌کند که به مواد شیمیایی مقاوم مانند PCBها اجازه تجزیه می‌دهد. کوره‌های چرخان شیب 5% - 3% دارند و 2 الی 5 دور در دقیقه می‌چرخند. پسماند از بالا وارد شده و خاکسترها از پایین کوره خالی می‌شوند. گازهای خروجی از اتاقک اولیه تا دمای بالا گرم می‌شوند تا ترکیبات آلی گازی را تخریب کنند و معمولاً زمان اقامت 2 ثانیه‌ای دارند. سوزاندن پسماند زیست پزشکی یکی از منابع اصلی تولید دیکسین و فوران است (Lerner 1997; Walker & Cooper 1992; Vesilind et al., 2002).

سوزاندن یک روش برای دفع کردن پسماند دارویی است اما سوزاندن در دمای کم (800°C) تنها یک عملیات ناقص را فراهم می‌کند. از این رو، زباله‌سوز دو اتاقکی که پیش‌تر شرح داده شد، استفاده می‌گردد. داروها در زباله‌سوزهایی که در دماهای بالا (1200°C) کار می‌کنند، تحت عملیات قرار می‌گیرند. در بسیاری از کشورها کوره‌های سیمانی نیز برای سوزاندن پسماند دارویی پس از خروج از زباله‌سوز، استفاده می‌شوند.



شکل ۶-۱۳ اتوکلاو

اتوکلاو گذاری

اتوکلاو باید به تصفیه پسماند زیست پزشکی اختصاص داده شود. شکل ۶-۱۳ اتوکلاو پسماند زیست پزشکی را نشان می‌دهد. پسماند زیست پزشکی باید در معرض (۱) دمایی بیش از 121°C و فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع (psi) برای زمان اقامتی بیش از ۶۰ دقیقه، یا (۲) دمایی بیش از 135°C و فشاری برابر با ۳۱ psi برای زمان اقامتی بیش از ۴۵ دقیقه، یا (۳) دمایی بیش از 149°C و فشار ۵۲ psi برای زمان اقامتی بیش از نیم ساعت، قرار بگیرد. در حین عملکرد یک اتوکلاو خلأ، پسماند زیست پزشکی باید در معرض حداقل یک پالس در خلأ قرار بگیرد تا هوا را از اتوکلاو تخلیه شود.

پسماند زیست پزشکی تنها هنگامی به‌خوبی تصفیه شده در نظر گرفته می‌شود که نشانگرهای زمان، دما و فشار، مقادیر موردنیاز زمان، دما و فشار که باید طی فرایند اتوکلاو به آن رسید را نشان دهند. اگر به هر دلیلی نشانگرهای دما، فشار و زمان نشان دهند که مقادیر موردنیاز به دست نیامده‌اند، کل پسماند زیست پزشکی باید دوباره اتوکلاو گذاری شود تا زمانی که دما، فشار یا زمان مناسب به دست آیند.

اتوکلاو همواره باید نشانگر بیولوژیکی را در حداکثر ظرفیت طراحی‌شده، به‌طور کامل از بین ببرد. نشانگر معمول بیولوژیکی برای اتوکلاو، اسپورهای باسیلوس استیروترموفیلوس^۱ هستند. شیشه‌های کوچک یا نوارهای اسپور نشانگرها با حداقل $10^4 \times 1$ اسپور در میلی‌لیتر برای امتحان کردن استفاده می‌شوند. اتوکلاو استفاده‌شده برای عملیات پسماند زیست پزشکی، بدون در نظر گرفتن دما و فشار، در دمای بیش از 121°C یا فشاری بیش از ۱۵ psi، زمان اقامتی بیش از ۳۰ دقیقه خواهد داشت.

یک نوار نشانگر شیمیایی از نوعی که رنگ آن با رسیدن به یک دمای معین تغییر می‌کند، می‌تواند برای تأیید دستیابی به یک دمای ویژه مورد استفاده قرار بگیرد. معقول است که بیش از یک نوار در طول یک بسته‌بندی پسماند در مکان‌های مختلف استفاده شود تا اطمینان حاصل گردد که کل بسته‌بندی به‌طور مناسب اتوکلاو گذاری شده است.

خرد کردن

خرد کردن برای جلوگیری از ورود دوباره قطعات آلوده پلاستیکی و شیشه‌ای به بازار انجام می‌شود. شکل ۶-۱۴ اجرای فرایند خرد کردن را نشان می‌دهد. شیشه و پلاستیک خردشده می‌توانند برای تولید قطعات جدید دوباره مورد پردازش قرار بگیرند.

^۱ Bacillus stearothermophilus spores



شکل ۶-۱۴ پسماند زیست پزشکی که در حال خوراک‌دهی به خردکننده است.

تصفیه‌های ترکیبی

این عملیات دربردارنده واحدهای تصفیه‌ای است که در آن‌ها دو یا تعداد بیشتر فرایند به‌طور هم‌زمان انجام می‌شوند. نمونه‌های رایج شامل کلاو آبی که در آن خرد کردن و اتوکلاوگذاری به‌طور هم‌زمان صورت می‌گیرند، می‌باشد. نمونه دیگری شامل میکروویوگذاری و اتوکلاوگذاری است که در یک دستگاه منفرد انجام می‌شوند.

خردکن‌های تیغه چرخان دارای بیشترین استفاده در خرد کردن پسماند زیست پزشکی هستند. این خردکن‌ها از تیغه‌هایی که به چرخ‌هایی چرخان در جهت مخالف اتصال یافته‌اند، تشکیل می‌شوند.

مایکروویوگذاری

عملیات مایکروویو نباید برای پسماندهای سیتوتوکسیک، خطرناک یا رادیواکتیو، لاشه‌های آلوده حیوانی، اعضای بدن و اشیای بزرگ فلزی استفاده شود. حضور فلز به جرقه زدن و خطرات احتمالی برای سلامتی منجر می‌شود. مایکروویوگذاری به سرمایه‌گذاری و تفکیک مناسب نسبتاً بیشتری نیاز دارد.

دفن عمقی

حفره‌های دفن عمقی در نواحی روستایی و جداشده که سرمایه‌گذاری زیاد در آن مناطق معقول نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۶-۱۵ یک نمونه ساختمان دفن عمقی را نشان می‌دهد. یک حفره دفن عمقی با عمق حدود ۲ متر حفر می‌گردد. پسماند زیست‌پزشکی تا نصف پر شده و بقیه فضای حفره با سنگ آهک و پس از آن با خاک پر می‌شود. این روش به احتیاط کافی نیاز دارد تا حیوانات به مکان‌های دفن دسترسی نداشته باشند. برای این منظور ممکن است، پوشش‌های مناسب ورقه‌های فلزی یا سیمی استفاده شوند. هنگامی که پسماندها به داخل حفره ریخته می‌شوند، باید لایه‌ای با حدود ۱۰ سانتی‌متر خاک استفاده گردد تا پسماندها را پوشش دهد. مکان دفن عمقی باید نسبتاً نفوذناپذیر باشد. هیچ چاه کم‌عمقی در نزدیکی حفره دفن عمیق وجود نداشته باشد. حفره‌ها باید از مناطق مسکونی دور باشند و موقعیت آن‌ها به صورتی باشد که هیچ‌گونه آلودگی آب سطحی یا زمینی رخ ندهد. مکان حفره عمقی نباید مستعد فرسایش یا سیل باشد.

آنفلوآنزای مرگی H5N1 نشأت گرفته از چین در ۱۹۹۶ به سرعت در آسیا، اروپا و آفریقا گسترش یافت. وجود آن در پرندگان/انسان‌ها در بیش از ۵۵ کشور تأیید شد (Ganesh et al., 2008). عامل اصلی انتقال به انسان‌ها از طریق تماس با مرغ و خروس آلوده و سطوح آلوده شده با ترشحات و مدفوع پرندگان مبتلا بود. شیوع آنفلوآنزای مرگی در طی سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ منجر به مرگ ۴۴ و ۲۹ میلیون پرنده به ترتیب در ویتنام و تایلند شد. همان‌گونه که در اواسط سال ۲۰۰۶، حدود ۲۰۰ میلیون پرنده محلی کشته شدند و جمعیت آن‌ها کاهش یافت (FAO, 2012).



شکل ۶-۱۵ ساختمان دفن عمقی پسماند زیست پزشکی

حدود ۲۴ تن خوراک مرغ و خروس، ۲۸۰۰۰ تخم مرغ و بیش از ۳۰۰۰ پرندۀ پس از شیوع آنفولانزای ۲۰۰۷ در ناحیه مانپور^۱ هندوستان همراه با مواد آلوده از ۱۶۶ مزرعه در ناحیه عفونی نابود شدند (Ganesh et al., 2008).

در طول مدت شیوع، پرندگان معمولاً از طریق سربردن یا خوراک سمی کشته می شدند. برخی مزرعه ها از آرام بخش های مخلوط شده با آب پیش از عملیات کشتار استفاده می کردند. پرندگان کشته شده در باس بسته بندی شده و درون محوطه مزرعه دفن می شدند. در طی شیوع های قبلی آنفولانزای مرغی، در برخی کشورها اعلان هایی صورت گرفت مبنی بر اینکه صاحبان ماکیان (مرغ و خروس خانگی) پرندگان را در صبح رها نکنند تا افراد خبره بتوانند آن ها را صبح روز بعد با پرداخت نقدی جمع آوری کنند.

در این میان می توان پرندگان مبتلا را با آتش روباز یا دفن عمقی دور نمود. گرچه این یک حقیقت آشکار است که احتراق خارج از کنترل به انتشار در هوا منجر می شود، با این حال ایجاد چنین زیرساختی در زمان شیوع بیماری های واگیردار در طی چندین روز/ساعت امکان پذیر نیست. به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم پرندۀ مرده نیاز به ۵۰۰ کیلوگرم چوب خواهد بود. دفن عمقی در مکانی

^۱ Manipur

با ابعاد ۲×۲×۲ متر، ۱۸۰۰ پرنده مرده را جا خواهد داد. ضروری است از آب‌های زمینی مراقبت شود تا از آلودگی آن‌ها جلوگیری گردد.

به‌غیر از پرندگان مبتلا، مواد عفونی مرغ و خروس مانند گوشت، تخم‌مرغ‌ها، سینی‌های تخم‌مرغ، آشغال‌های استفاده‌شده، کود کشاورزی، پر، خوراک، اجزای خوراک، لباس‌های استفاده‌شده توسط کارکنان مزرعه، داروها و واکسن‌ها نیز باید به‌وسیله دفن عمقی یا سوزاندن روباز نابود شوند. درحالی‌که توصیه می‌شود محصولات پرورش داده‌شده در مزرعه، ریشه‌کن و سوزانده/دفن شوند، اما این امر توسط کشاورزها صورت نمی‌گیرد زیرا آن‌ها نمی‌توانند ضربه حاصل از خسارت مالی را متحمل شوند.

DAHDR^۱ (بخش پرورش حیوانات، دامداری و شیلات)، وزارت کشاورزی، دولت هندوستان، سال ۲۰۰۶: نقشه اقدام برای پرورش حیوانات جهت آمادگی، کنترل و مهار آنفولانزای مرغی.



شکل ۶-۱۶ پسماند زیست پزشکی که به‌صورت شیمیایی تحت عملیات قرار می‌گیرد.

^۱ Department of Animal Husbandry, Dairying and Fisheries

تصفیه شیمیایی

تصفیه شیمیایی می‌تواند به هر دو شکل داخل یا خارج از محل صورت بگیرد. درحالی‌که توصیه می‌شود از ماده گندزدا با توجه به تولید ابزار تیز استفاده شود، سایر پسماندها می‌توانند به صورتی که در شکل ۶-۱۶ نشان داده شده است، ضدعفونی گردند. عملیات شیمیایی هنگام در دسترس نبودن نیروی برق برای اتوکلاوگذاری یا استفاده از سایر تجهیزاتی که به برق نیاز دارند، انتخاب می‌شود. مواد شیمیایی به پسماند اضافه می‌گردند تا عوامل بیماری‌زا را در پسماند زیست پزشکی کشته یا غیرفعال کنند. انتخاب ماده شیمیایی به در دسترس بودن ماده شیمیایی و ایمنی عملگر بستگی دارد. ضروری است که پسماند زیست پزشکی انبوه و نیز پسماند دارای حفره برای کارایی بهتر خرد شوند. جدول ۶-۶ ماده گندزدای شیمیایی که به‌طور رایج استفاده می‌شود را نشان می‌دهد که می‌تواند برای ضدعفونی کردن پسماند زیست پزشکی به کار رود. ۱٪ (از کلر فعال) سدیم هیپوکلریت به دلیل ایمنی آن رایج‌ترین گندزدای مورد استفاده است، اما از آنجایی که ماده شیمیایی پایداری نیست باید تا زمانی که کلر فعال همچنان در پسماند حضور دارد عملیات انجام شود.

کپسول سازی سوزنی

سوزن‌ها اغلب منبع گسترش عفونت هستند و بنابراین برای جلوگیری از ورود دوباره آن‌ها به چرخه استفاده به توجه بیشتری نیاز دارند.

۶-۵- پسماند رادیواکتیو

مدیریت پسماند رادیواکتیو از مؤسسات مراقبت‌های بهداشتی باید از قانون ملی مربوط به آن پیروی کند. پسماند ممکن است بعد از چند روز تا چندین سال مناسب آزادسازی باشد. اگر طبق قانون، آزادسازی مجاز نباشد پسماند باید به تهیه‌کننده/تولیدکننده ماده اصلی بازگردانده شود. پسماندی که نه می‌تواند آزاد شود و نه به تهیه‌کننده/تولیدکننده بازگردانده شود، باید به یک تأسیساتی جهت دفع یا ذخیره‌سازی طولانی‌مدت برای دفع آتی پس از عملیات یا تهویه پسماند، منتقل شود.

محفظه‌های حاوی پسماند رادیواکتیو باید با عنوان "پسماند رادیواکتیو" با نشان تشعشع علامت‌گذاری شوند. محفظه‌ها باید با اطلاعات لازم بر اساس منشأ پسماند، دوره ذخیره‌سازی موردنیاز، مقدار، فرد مسئول و غیره، برچسب زده شود.

تأسیسات ذخیره‌سازی برای پسماند رادیواکتیو باید دارای خصوصیات زیر را باشند:

- ظرفیت کافی برای ذخیره پسماند تولیدشده قبل از عملیات یا نقل‌وانتقال را داشته باشند؛

- دارای دیوارها و کف‌های غیرقابل اشتعال باشند؛
- ساختار ساده‌ای داشته باشند؛
- کف نشست ناپذیر داشته و به طریقی ساخته شوند که به راحتی قابل گندزدایی باشند؛
- ضد حریق بوده و درهای قابل قفل شدن داشته باشند؛
- تهویه مناسب داشته باشند؛
- برای نمونه‌گیری از هوا و زنگ خطر تشعشع، برنامه‌ریزی داشته باشند؛
- تجهیزات کنترل/تشخیص حریق را به صورت خواسته شده در اساسنامه، داشته باشند؛
- بخش‌هایی برای انبار کردن انواع مختلف پسماند داشته باشند؛
- علامت‌گذاری مقرر موجود در اساسنامه را داشته باشند؛
- باید مکانیسمی جهت نگهداری سوابق مربوط به تمام اطلاعات مورد نیاز بر طبق اساسنامه را داشته باشند؛
- باید از پسماند در برابر شرایط جوی محافظت به عمل آورند و
- حفاظ‌های تشعشع متحرک برای مصون نگه داشتن کارکنان از تشعشع داشته باشند.

جدول ۶-۶ گندزدهای شیمیایی معمول مورد استفاده که می‌توانند برای ضد عفونی کردن پسماند جامد به کار روند

ماده شیمیایی	کاربرد	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی	خطرات سلامتی
کلر دی‌اکسید	فعال در مقابل بیشتر باکتری‌ها، ویروس‌ها و اسپورها	گاز قرمز-زرد، در دمای محیط با آب/بخار برای تولید گازهای خورنده هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد؛ محدوده انفجار: $< 10\%$ در هوا	محرک پوست، چشم‌ها و تارهای تنفسی؛ سمی
سدیم هیپوکلریت	فعال در مقابل بیشتر ویروس‌ها، باکتری‌ها و اسپورها؛ غیر کارآمد برای گندزدایی مایعات با محتوای آلی بالا مانند خون یا ادرار	در دسترس به صورت محلول آبی ۲ تا ۱۲٪ کلر فعال؛ محلول‌ها با غلظت کم پایدارترند؛ در دمای محیط به سدیم کلرید، سدیم کلرات و اکسیژن تبدیل می‌شود؛ با اسیدها واکنش می‌دهد تا گاز خطرناک کلر را تولید کند؛ نور به تجزیه آن سرعت می‌بخشد.	محرک چشم‌ها، پوست و تارهای تنفسی؛ سمی

گلوتار آلدهید	فعال در مقابل باکتری‌ها و تخم‌های انگل	در دسترس به صورت محلول‌های آبی ۲۵ تا ۵۰٪؛ با بافر استات به شکل محلول آبی ۲٪ استفاده می‌شود.	محلول‌های غلیظ برای پوست و چشم‌ها تحریک‌کننده هستند.
اتیلن اکسید	اثر غیرفعال‌سازی در مقابل همه میکروارگانیسم‌ها	قابل اشتعال و انفجار در دمای بالای ۱۰°C و در غلظت‌های ۳٪ و بالاتر در مخلوط‌ها با هوا؛ انحلال‌پذیر در آب و بسیاری از حلال‌های آلی؛ بسیار واکنش‌پذیر در دمای محیط	بسیار محرک برای چشم‌ها و پوست؛ طبقه‌بندی شده به عنوان یک سرطان‌زا برای انسان
فرمالدهید	اثر غیرفعال‌سازی در مقابل همه میکروارگانیسم‌ها؛ می‌تواند برای پسماند جامد خشک با ترکیب با بخار در ۸۰°C استفاده شود. زمان تماس: ۴۵ دقیقه	گاز در محیط؛ در دمای پایین ۸۰°C پلیمریزاسیون صورت می‌گیرد؛ قابل اشتعال و انفجار در غلظت‌های ۷ تا ۷۳٪ در مخلوط‌ها با هوا؛ واکنش‌پذیر در دمای محیط. فرمالین یک محلول ۳۷٪ از فرمالدهید است.	محرک پوست، چشم‌ها و تارهای تنفسی؛ سمی؛ فرمالدهید به عنوان یک سرطان‌زای احتمالی برای انسان طبقه‌بندی می‌شود.

تصفیه و تهویه

عملیات تصفیه برای بهبود خصوصیات پسماند پیش از ذخیره‌سازی/دفع انجام می‌شود. اهداف اصلی این عملیات عبارت‌اند از:

- کاهش حجم (برای پسماند مایع: تبخیر در شرایط کنترل‌شده - برای پسماند جامد: تراکم کم‌فشار، خرد کردن و سوزاندن کنترل‌شده)
 - حذف رادیو نوکلوییدها (برای پسماند مایع: تبادل یونی - برای پسماند جامد: گندزدایی)
 - تغییر ترکیبات (برای پسماند جامد: غیرقابل اجرا - برای پسماند مایع: ته‌نشینی/فیلتراسیون)
 - فرآیندهای تصفیه می‌توانند به تولید پسماندهای رادیواکتیو ثانویه (رزین‌های رهاشده، فیلترهای آلوده، لجن، خاکستر) منجر شوند و باید به خوبی مدیریت شوند.
- تهویه برای تبدیل پسماند رادیواکتیو به شکلی که برای کنترل کردن مناسب‌تر باشد، به کار می‌رود. این عملیات شامل: (۱) قرار دادن پسماند در محفظه‌های مناسب، (۲) ایجاد شرایطی جهت عدم تحرک پسماند رادیواکتیو در بتن، (۳) و فراهم‌سازی بسته‌بندی اضافی.

اقدامات احتیاطی برای کنترل کردن پسماند رادیواکتیو:

۱. دفع ابزار تیز که شامل بقایای دارای خواص رادیواکتیو هستند، پس از انبارداری انجام خواهد شد تا زمانی که تشعشع به محدوده مجاز برسد،
۲. پسماند رادیواکتیو جامد نباید تحت عملیات اتوکلاو یا میکروویو قرار بگیرد،
۳. پسماند رادیواکتیو جامد مانند بطری‌ها، شیشه‌آلات و ظروف برای جلوگیری از استفاده مجدد پیش از دفع تغییر شکل داده خواهد شد،
۴. پسماند رادیواکتیو به‌منظور تجزیه در ظروف برچسب‌گذاری شده، زیر حفاظ سربی تا زمانی که تشعشع به محدوده مجاز برسد ذخیره خواهد شد،
۵. پسماند رادیواکتیو ریخته شده باید در محفظه‌های مناسب نگهداری شوند تا زمانی که تشعشع به محدوده مجاز برسد.
۶. مدفوع بیمار پس از روند تشخیص، باید مکرراً برای بررسی وجود آلودگی رادیواکتیو آزمایش شود.

۶-۶ وجود جیوه در پسماند زیست پزشکی

تأسیسات مراقبت‌های بهداشتی، دسته‌ای از محصولات حاوی جیوه را دارند، به‌عنوان مثال: ابزار پزشکی، مواد شیمیایی آزمایشگاهی کلینیکی (ثابت‌کننده‌ها، لکه‌ها، معرف‌ها، نگهدارنده‌ها، آلیاژهای دندان، تجهیزات الکتریکی، باتری‌های جیوه، لامپ‌های فلئورسنت و محلول‌های پاک‌کننده). ابزارهای حاوی جیوه که در تأسیسات مراقبت‌های بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از:

۱. دماسنج‌ها (مورد استفاده برای اندازه‌گیری دمای بدن)
۲. دستگاه‌های فشارخون (مورد استفاده برای اندازه‌گیری فشارخون)
۳. دستگاه‌های گشادکننده مری (لوله‌های شمعی)
۴. لوله‌های غذادهی
۵. لوله‌های میلر ابوت^۱ و لوله‌های کانتور^۲ (مورد استفاده برای شفاف‌سازی انسداد روده)
۶. لوله‌های دستگاه گوارش
۷. دستگاه‌های فشار داخل چشم

^۱ Miller Abbott

^۲ Cantor

۸. کشش سنج

۹. ادرار سنج

۱۰. دستگاه‌های اشعه ایکس

۱۱. بارومترها در تنفس درمانی

شکسته شدن ابزارهای فوق می‌تواند به انتشار خطرناک که بر انسان‌ها و محیط‌زیست تأثیرگذار

است، بی‌انجامد.

فنون مدیریت پسماند حاوی جیوه در تأسیسات مراقبت‌های بهداشتی عبارت‌اند از:

۱. جداسازی محصولات حاوی جیوه قابل‌استفاده مجدد و غیرقابل‌استفاده مجدد

۲. بازیافت محصولات حاوی جیوه

۳. کنترل/دفع مناسب جیوه و پسماند آلوده به جیوه

۴. استفاده از جایگزین برای محصولات حاوی جیوه.

منابع

- Abdulla F, Qdais HA, Rabi A (2008) Site investigation on medical waste management practices in northern Jordan. *Waste Manage (Oxford)* 28:450–458.
- Alhumoud JM, Alhumoud HM (2007) An analysis of trends related to hospital solid wastes management in Kuwait. *Manage Environ Qual Int J* 18(5):502–513.
- Anthony G, Elizabeth G (1981) *Microbiology for environmental scientists & engineers*. McGraw-Hill International Book Company, New York
- 6.5 Radioactive Waste 173.
- Askarian M, Mahmood V, Gholamhosein K (2004) Results of a hospital waste in private hospitals in Fars Province, Iran. *Waste Manage* 24:347–352.
- WFC (Waltham Forest Council) (2011) <http://www.walthamforest.gov.uk/cat-vaccinations.pdf>. Downloaded on 13 June 2011.
- Daughton CG (2003) Cradle-to-cradle stewardship of drugs for minimizing their environmental disposition while promoting human health II. Drug disposal, waste reduction, & future directions. *Environ Health Perspect* 111(5):775–85. Green S Sewer disposal of pharmaceutical waste. Tri-Tac 2003–2007.
- Desselberger U (2003) *Emerging & re-emerging viral pathogens, viral infections & treatment*. Marcel Dekker, New York (Basel)
- FAO NA (2012) Avian influenza. Retrieved from <http://www.fao.org/avianflu/en/background.html>. Accessed on 1st Mar 2012.
- FindhauserMK(2003)Global defense against the infectious disease threat.World HealthOrganization.
- Ganesh Kumar B, Joshi PK, Datta KK, Singh SB (2008) An assessment of economic losses due to avian flu in Manipur state. *Agric Econ Res Rev* 21:37–47 (January–June 2008).
- Gupta S, Boojh R, Mishra A, Ch&ra H (2009) Rules & management of biomedical waste at Vivekan&a Polyclinic: a case study. *Waste Manage* 29:812–819.
- HalbwachsH(1994) Solidwaste disposal in district health facilities.*World Health Forum*15:363–367.
- Health Canada (1997a) An integrated protocol to manage health care workers exposed to blood borne pathogens. *Can Commun Dis Rep* 23 (2): i–iii, 1–14; i–iii, 1–16.

- Health Canada (1997b) Preventing the transmission of bloodborne pathogens in health care & public services. *Can Commun Dis Rep* 23(3):i-vii, 1-43; i-vii, 1-52.
- Henry G, Heinke G (1996) *Environmental science & engineering*. Prentice-Hall, Englewood.
- Johannessen LM (1997) Management of health care waste. In: *Proceedings in environment '97 conference*, Cairo. Dokki-Giza Egyptian environmental affairs agency, 16-18 Feb 1997.
- Kasting CH, Martin LS, Mullan RJ (1997) Sharps disposal containers: selection evaluation & use. *J Am Biol Saf Assoc* 2(4):47-57.
- Kummerer K (2001) Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids & disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources—a review. *Chemosphere* 45(6-7):957-969.
- Lanphear BP, Linnemann CC, Cannon CG, DeRonde NM, Pendy L, Kerley LM (1994) Hepatitis C Virus infection in health care workers: Risk of exposure & infection. *Infect Control Hosp Epidemiol* 15:745-750.
- Lerner B (1997) Prevention of dioxin formation in medical waste incineration. In: *90th Annual meeting & exhibition, air & waste management*. Association Paper No. 97-FA 166.01, Toronto, Ontario, Canada, June 8-13.
- Malavaud S, Malavaud B, S&res K, Dur& D, Marty N, Icart J, Rostaing L (2001) Nosocomial outbreak of influenza virus A (H3N3) infection in a solid organ transplant department. *Transplantation* 72(3):535-537.
- Marcus R (1998) CDC Cooperative Needstick surveillance group. Surveillance of health care workers exposed to blood from patients infected with the human immunodeficiency virus. *N Eng J Med* 319:1118-1123.
- Medical Air Solutions Inc (2011) http://www.medicalairsolutions.com/techref/pathogen_list.htm. Downloaded on 13 June 2011.
- Mitsui T, Iwano K, Masuko K, Yamazaki C, Okamoto H, Tsuda F, Tanaka T, Mishiro S (1992) Hepatitis C Virus infection in medical personnel after needlestick accident. *Hepatology* 16:1100-1114.
- Munoz FM, Campbell JR, Atmar RL, Garcia-Prats J, Baxter BD, Johnson LE, Englund JA (1999) Influenza A virus outbreak in a neonatal intensive care unit. *Pediatr Infect Dis J* 18(9):811-815.

- Oweis R, Al-Widyan M, Limoon OA (2005) Medical waste management in Jordan: a study at the King Hussein Medical Polyclinic. *Waste Manage (Oxford)* 25:622–625.
- Pa0ssaro DA (2003) Report: waste management in Portugal between 1996 & 2002. *Waste Manage (Oxford)* 23:97–99.
- Polish LB, Tong MJ, Co RL, Coleman PJ, Alter MJ (1993) Risk factors for hepatitis C Virus infection among health care personnel in a community hospital. *AmJ Infect Control* 21:196–200 174 6 Biomedical Waste.
- Pruss A, Giroult E, Rushbrook D (1999) Safe management of wastes from health-care activities. World Health Organization, Geneva.
- Qdais HA, Rabi A, Abdulla F (2007) Characteristics of the medical waste generated at the Jordanian hospitals. *Clean Technol Environ Policy* 9(2):147–152. doi:10.1007/s10098-006- 0077-0.
- Rier S, Foster WG (2002) Environmental dioxins & endometriosis. *Toxicol Sci* 70:161–170.
- Ryan JJ, Amirova Z, Carrier G (2002) Sex ratios of children of Russian pesticide producers exposed to dioxin. *Environ Health Perspect* 110:A699–A701.
- Schettler T (2003) Endometriosis: Peer reviewed analysis. The collaborative on health & the environment. Retrieved Mar 14 2011 from the world wide web at: www.health&environment.org/endometriosis/peer_reviewed.
- Shaner-McRae H, McRae G, Jas V (2007) Environmentally Safe Health Care Agencies: Nursing's Responsibility, Nightingale's Legacy. *OJIN: Online J Issues Nursing* 12(2).
- Shapiro CN (1995) Occupational risk of infection with hepatitis B & hepatitis C Virus. In: Rhodes RS, Bell DM (eds) *The surgical clinics of North America: prevention of transmission of blood borne pathogens*. W.B. Saunders, Philadelphia, pp 10476–11056.
- Simonsen LK, Zaffran ALJ, Kane M (1999) Unsafe injections in the developing world & transmission of bloodborne pathogens: a review. *Bull World Health Organiz* 77(10):789–800.
- Slinger R, Dennis P (2002) Nosocomial Influenza at a Canadian pediatric hospital from 1995 to 1999: opportunities for prevention. *Infect Control Hosp Epidemiol* 23(10):627–629.
- Smith CA (2002) Managing pharmaceutical waste. *J Pharm Soc Wisc* 6:17–22.

- Smith CA (2007) Risk management of pharmaceuticals entering POTWs & municipal l&fills from routine hospital waste management practices. www.keepantibioticsworking.com/new/resources_library.cfm?refID=37598. Accessed 2007 July 3.
- Sreenivasa Murty BV, Indiresha HN, Malasiddappa M, Pushanjali K (2010) Dental Health Care Waste Mangement. *J ISHWM* 9(1):53–60.
- Sylvane NA (2011) <http://www.sylvane.com/learning-center/iqair-pathogens.html>. Downloaded on 13 June 2011.
- United State Congress (USC), Office of Technology Assessment (1988) Issues in medical waste management-background paper, OTA-Bfo- 49. United States Government Printing Office, Washington.
- Verma LK, Mani S, Sinha N, Rana S (2008) Biomedical waste management in nursing homes & smaller hospitals in Delhi. *Waste Manage (Oxford)* 28:2723–2734.
- Vesilind P, Worrell W, ReinhartD(2002) *Solidwaste engineering*. Thompson Learning, Inc, California.
- Vieira CD, de Carvalho MAR, de Menezes Cussiol NA, Alvarez-Leite ME, dos Santos SG, da FonsecaGomes Renata Maria, Silva Marcos Xavier, de Macêdo Farias Luiz (2009) Composition analysis of dental solid waste in Brazil. *Waste Manage (Oxford)* 29:1388–1391.
- Walker B, Cooper C (1992) Air pollution emission factors for medical waste incinerators. *J Air Waste Manag Assoc* 42:784–789.
- WeinstockDM, Eagan J, Malak SA, Rogers M, Wallace H, Kiehn TE, Sepkowitz KA(2000) Control of influenza a on a bone marrow transplant unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 21(11):730–732.

فصل هفتم

پسماند خطرناک

انقلاب صنعتی منجر به ایجاد مشکل بزرگ تولید مقادیر زیاد پسماند خطرناک شد. تکنولوژی قدیمی و منسوخ و کمبود دانش، اجرای ضعیف، فساد و تجمع پسماند تعدادی از موانع موجود در مسیر سیستم‌های مؤثر مدیریت پسماند خطرناک در ملل مختلف هستند. اندازه و نوع صنعت‌ها از کشوری به کشور دیگر متفاوت است و از این رو حجم و کیفیت پسماند نیز متغیر می‌باشد. قوانین پسماند خطرناک (مدیریت و بررسی) در سال ۱۹۸۹ (که در سال ۲۰۰۳ اصلاح شده است) در هند:

پسماند خطرناک عبارت است از پسماندی که توسط هریک از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، رادیواکتیویته، سمی بودن، قابلیت اشتعال، قابلیت انفجار یا خوردگی خود، به‌تنهایی و یا از طریق تماس با سایر پسماندها باعث ایجاد خطر و یا احتمال بروز آن برای سلامتی و یا محیط شود، و شامل موارد زیر می‌باشد:

- الف) پسماندهای لیست شده در ستون ۳ از جدول ۱؛
- ب) پسماندهایی که شامل ترکیبات ذکر شده در برنامه ۲ هستند که غلظت آن‌ها برابر یا بیشتر از محدوده‌های اشاره‌شده در جدول مذکور است؛
- ج) پسماندهایی که در ردیف‌های الف و ب از برنامه ۳ لیست شده‌اند، فقط در موارد واردات و صادرات پسماندهای خطرناک قابل اجرا می‌باشند، در صورتی که این پسماندها دربردارنده مشخصات خطرناک لیست شده در بخش ب از جدول ۳ باشند، قوانین ۱۲، ۱۳ و ۱۴ نیز در مورد آن‌ها اجرا می‌گردد.
- قوانین پسماندهای خطرناک (مدیریت، حمل و نقل) سال ۲۰۰۸ که جایگزین قوانین پسماندهای خطرناک مدیریت و حمل و نقل ۱۹۸۹ شده است:
- پسماند خطرناک به معنی پسماندی است که به خاطر خصوصیات شیمیایی، رادیواکتیویته، سمی بودن، قابلیت اشتعال، قابلیت انفجار یا خوردگی، به‌تنهایی و یا در تماس با سایر پسماندها و مواد، باعث آسیب زدن به سلامتی یا محیط زیست می‌شود و شامل موارد زیر می‌باشد:
- الف) پسماندهای مشخص شده در ستون ۳ از جدول ۱؛
- ب) پسماندهای مشخص شده در ستون ۲، در صورتی که غلظت آن‌ها برابر یا محدوده اشاره‌شده در جدول و یا بیشتر از آن باشد؛
- ج) پسماندهای مشخص شده در بخش الف یا ب در جدول ۳ با توجه به صادراتی یا وارداتی بودن این پسماندها که با قوانین ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ مطابقت نماید و یا پسماندهایی غیر از موارد اشاره‌شده در بخش (الف و ب) که دارای مشخصات خطرناک ذکر شده در بخش ج جدول هستند.

با کمی اصلاح در تعریف و لیست پسماندها در قوانین، کمیت اجزای تشکیل دهنده پسماند ابعاد جدیدی پیدا خواهد کرد.

قوانین مدیریتی پسماندها ۲۰۰۶ کنیا به شرح زیر می باشد:

پسماندهایی که به عنوان پسماند خطرناک لحاظ می شود باید شرایط جدول ۴ را یا خصوصیات ذکر شده در جدول ۵ را داشته باشد، هر پسماندی دیگر که در طبقه بندی یا گروه های مذکور قرار نگیرد، به عنوان پسماند غیر خطرناک در نظر گرفته می شود.

مواد عفونی در هند طبق قوانین جداگانه ای دسته بندی می شوند. در حالی که در کنیا مواد یا پسماندهایی که شامل میکروارگانیسم های زنده و یا ترکیبات سمی که احتمال ایجاد بیماری در انسان یا حیوان را دارند، به عنوان پسماندهای خطرناک دسته بندی می شود.



شکل ۷-۱ آلودگی خاک به دلیل دفن پسماند خطرناک

اهمیت پسماندهای صنعتی به این دلیل است که حتی مقادیر بسیار کم آن ها می تواند به سلامتی انسان و نیز محیط زیست آسیب بزنند. در حالی که پسماندهای تجزیه پذیر مانند سبزیجات و برگ ها در طول زمان کاهش پیدا می کنند، تأثیر پسماندهای خطرناک، در صورتی که به آن ها رسیدگی نشود، حتی پس از قرن ها نیز باقی می ماند (شکل ۷-۱).

۷-۱- اهمیت

پسماندهای خطرناک این قابلیت را دارند که حتی در غلظت‌ها و مقادیر کم، با توجه به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و سمی بودن خود، تأثیرات مضر را روی محیط‌زیست و سلامت عمومی داشته باشند (DWAF, 1998). بسیاری از صنایع مولد پسماندهای خطرناک به کشورهای درحال توسعه منتقل شده‌اند زیرا در این کشورها هزینه‌های مدیریتی کم است و قوانین سختگیرانه وجود ندارد. از طرف دیگر کشورهای درحال توسعه از این موقعیت به‌عنوان فرصتی برای سرمایه‌گذاری و آموزش تکنولوژی جدید استقبال می‌کنند. نتیجه نهایی این امر، تولید پسماندهای خطرناک می‌باشد که اغلب به دلیلی رسیدگی نادرست منجر به تأثیرات مضر بر محیط‌زیست می‌شود.

در صنایع، مقادیر پسماندهای خطرناک تولیدشده اغلب برای جلوگیری از اجرای الزامات قانونی اشتباه گزارش داده می‌شوند. پسماندهای خطرناک اکثراً در محیط‌های بکر شامل جنگل و مکان‌هایی که به آب‌های زیرزمینی نفوذ دارند، دور ریخته می‌شوند. نواحی ساحلی این مزیت را دارند که می‌توان پسماندها را به‌صورت شبانه در آنجا رها کرد. پسماندها ممکن است به زیرزمین پمپ گردند، یا روی زمین پخش شده و با لایه‌ای از خاک پوشانده شوند. در برخی مواقع پسماندها را آتش می‌زنند و توسط مسئولان رسیدگی به پسماند به‌عنوان تصادف آتش‌سوزی گزارش می‌شوند که این امر باعث کاهش هزینه‌های تصفیه و دفع می‌گردد.

۷-۲- پیش‌بینی‌های لازم برای ذخیره و انتقال پسماندهای خطرناک

حمل‌ونقل پسماند خطرناک شامل چندین مورد می‌شود که عبارت‌اند از کشتی‌های حمل‌کننده، شرکت‌های باربری، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، فرستندگان بار، رسیدگی‌کنندگان اضطراری، قانون‌گذاران دولت و غیره. مواد خطرناک‌تر نیازمند اقدامات احتیاطی جهت ردیابی مناسب و ایمنی هستند. با در نظر داشتن تمام این الزامات، موارد مهم برای حمل‌ونقل مواد خطرناک را می‌توان عوامل زیر دانست: (۱) تعهد نسبت به کاهش خطر (۲) ترویج فرهنگ کاهش خطر (۳) تعامل با کسانی که با زنجیره حمل‌ونقل مواد خطرناک سروکار دارند (۴) برقراری ارتباط با اولویت کاهش خطر (۵) اقدام جهت کاهش خطر (۶) بهبود کارکرد به‌صورت مستمر (۷) به اشتراک گذاشتن دانش خطر.

برخلاف حمل‌ونقل پسماندهای جامد شهری، حمل‌ونقل پسماند خطرناک یک بحث و چالش جدید در جهان درحال توسعه می‌باشد و چنین کشورهایی باید آمادگی لازم برای موارد زیر را داشته باشند: (۱) آگاهی جامعه (۲) فرمولاسیون و اجرای مجموعه قوانین جدید (۳) پایه‌گذاری مکانیسم نظارت (۴) ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی جدید (۵) توسعه پاسخگویی اورژانس پزشکی (۶) آموزش پلیس، مقامات در سیستم کنترل و کارمندان گمرک.

در کشورهایی که مکانیسم مناسب نقل و انتقال وجود ندارد، اطمینان از انتقال پسماند خطرناک امری دشوار است. جامعه و نیز منتقل کننده باید استراتژی مختص خود را ایجاد کنند زیرا طرح ترافیک و شرایط جاده‌ها نیز از هر کشور به کشور دیگر متفاوت است.

یک حمل و نقل مناسب باید دارای ویژگی‌های زیر باشد: (۱) وسایل حمل و نقل ایمن (۲) کارکنان و تنظیم کنندگان آموزش دیده (۳) سیستم ردیابی خوب (۴) نقشه مدیریت اضطراری و (۵) سیستمی برای پاسخگویی به مسائل اضطراری.

هر شخص که در حمل و نقل پسماندهای خطرناک دخیل است (مثل بسته بندی کردن و آماده سازی اوراق حمل با کشتی یا برچسب زدن بر طبل‌ها) باید با توجه به قوانین و روش‌های قابل اجرا آموزش ببیند؛ اما ممکن است در واقعیت این اتفاق رخ ندهد و سازمان‌ها جهت حذف هزینه اضافی دچار کمبود کارمند هستند. در بسیاری از کشورها، خود آژانس‌های تنظیم کننده، دچار کمبود دانش هستند.

تمام پسماندهای خطرناک باید به درستی شناسایی شوند برای مثال برگه حمل و نقل پسماند باید دارای مدارک زیر باشد: (۱) نام و آدرس شرکت کشتیرانی (۲) نام و آدرس گیرنده (۳) جزئیات مقصد (۴) توضیحات اساسی پسماند (۵) جزئیات حجم و وزن (۶) شکل و نوع بسته بندی (۷) اطلاعات پاسخ اضطراری (۸) شماره تماس برای اقدام اضطراری (۹) اطلاعات برای موارد بروز ناگهانی خطر سلامتی، آتش و انفجار (۱۰) اقدامات احتیاطی فوری به دلیل تصادف/ حادثه (۱۱) اقدامات کمک‌های اولیه مقدماتی و (۱۲) روش‌های رسیدگی به ریزش و یا تراوش. تمام این جزئیات معمولاً به شکل اجباری در قانون گنجانده می‌شود.

اطلاعات بالا می‌تواند به یک MSDS و کتاب راهنمای اقدام اضطراری ضمیمه شود؛ اما اگر راننده سواد نداشته باشد، عملاً چنین اطلاعاتی هیچ کمکی به هدف نمی‌کند، که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه این گونه است. استخدام یک راننده بی سواد گاهی اوقات به خاطر قوانین استخدامی ممکن نیست. به طور خلاصه، پیچیدگی باعث افزایش هزینه‌های تخلیه می‌شود و بار سنگین تری را بر دوش تولید کنندگان پسماند قرار می‌دهد.

۷-۳- ویژگی و مقدار

در کشورهای مختلف با جایگزینی کارخانه‌ها از شرایط کار سخت انسانی به کارخانه‌های ماشینی، کیفیت و مقدار پسماند نیز تغییر پیدا می‌کند. تقریباً تمام کشورها قوانینی را برای پسماندهای خطرناک به دلیل روند رو به رشد فشارهای بین‌المللی با توجه به معاهدات و قراردادهای دارند. اگرچه تعاریفی که آن‌ها ارائه می‌نمایند، در سراسر جهان یکسان نیست.

اقدام رایج با توجه به دفع پسماندهای خطرناک از طریق یک موسسه تصفیه-ذخیره-دفع (TSD)^۱ انجام می‌شود که تولیدکننده پسماند توافقی را برای تحویل پسماند منعقد می‌نماید. یک متصدی TSD نمونه‌های زیادی از انواع مختلف پسماند جمع‌آوری نموده و آن‌ها را آنالیز می‌نماید. جدول ۷-۱ مثال‌هایی از پارامترهای آنالیز پسماند را نشان می‌دهد. نگهداری یک "نمونه اصلی" به‌عنوان نماینده این صنعت در موسسه TSD به مدت پنج سال امری معمول می‌باشد که در شکل ۷-۲ نشان داده شده است.

کمیت پسماندهای خطرناک تولیدشده در کشورهای مختلف به فعالیت‌های صنعتی اصلی آن کشور بستگی دارد. بر اساس مطالعات کریلو و همکاران ۳۰٪ از پسماندهای خطرناک که در کشور مالزی در صنایع فلزی و آبکاری فلزات به وجود می‌آیند، در صورتی که در کشور تایلند بخش عمده پسماندهای خطرناک از کارگاه صنعتی (۳۳٪) و صنایع گداختن فلزات (۴۷٪) ایجاد می‌شوند (Cirillo et al., 1994).

کشور آفریقای جنوبی در سال ۱۹۹۷ در حدود ۵۳۸ میلیون تن پسماند تولید کرد که ۰/۱٪ از آن لجن فاضلاب، ۱/۵٪ آن خانگی و تجاری، ۳/۱٪ آن صنعتی، ۳/۸٪ آن جنگلداری، ۳/۹٪ آن مربوط به تولید انرژی و ۸۷/۷٪ مربوط به معدنکاری می‌باشد. شکل ۷-۳ کمیت پسماندهای خطرناک را در بعضی از کشورهای آسیای جنوبی نشان می‌دهد (Cirillo et al., 1994; Hay et al., 1994).

جدول ۷-۱ نمونه‌های از پارامترهای آنالیز پسماند

ردیف	دلایل انتخاب	پارامترهای پسماند
۱	جهت شناسایی (۱) موادی برای ساختن محفظه‌های نگهداری پسماند (۲) شرایط ذخیره‌سازی، قوانین قابل اجرا (۳) اقدامات احتیاطی در زمینه سلامت و ایمنی.	مقدار لازم و مقدار کل سیانید/سولفید، نقطه اشتعال، سایر اجزای مناسب، pH.
۲	جهت شناسایی (۱) موادی برای ساختن تانک‌ها/تجهیزات کمکی (۲) قوانین قابل اجرا (۳) نیازمندی‌های قابل اجرا برای تصفیه و دفع پسماند (۴) مدیریت خوردگی (۵) اقدامات احتیاطی در زمینه سلامت و ایمنی.	نقطه اشتعال، پتانسیل اکسیدکنندگی، هالوژن، مقدار کل و لازم از سیانید/سولفید، اجزای خطرناک مناسب، pH.
۳	جهت شناسایی (۱) پسماندهایی که نیاز به پیش‌تصفیه برای اطمینان از تأثیر بهینه دارند (۲) به عوامل مربوط به ملاحظات سلامتی/ایمنی (۳) تأثیرات قابلیت رسانایی الکتریکی (۴) قوانین قابل اجرا	کل فلزات، هدایت الکتریکی، مقدار کل و لازم از سیانید/سولفید، اجزای خطرناک مناسب، pH.

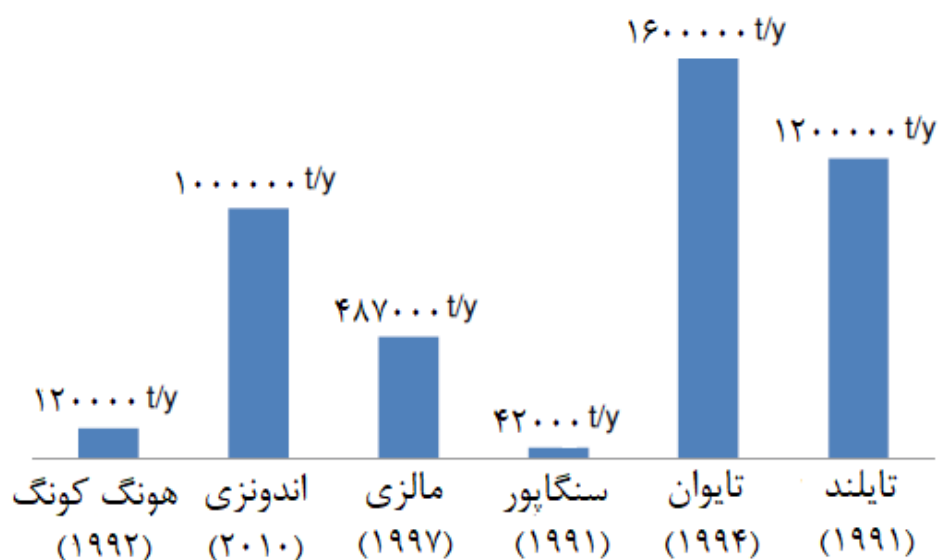
^۱ Treatment Storage Disposal Facility

۴	جهت شناسایی (۱) وجود/عدم وجود مایعات آزاد (۲) موادی که بر پوشش محل دفن زیاله تأثیر می‌گذارند (۳) اقدامات احتیاطی در زمینه سلامت و ایمنی (۴) قوانین قابل اجرا	مقادیر مایع آزاد، مقدار کل کلرین، مقدار کل نیتروژن، تطبیق خطی، تطبیق شیمیایی، ارزیابی‌ها، مقدار کل و لازم از سیانید/سولفید، اجزای خطرناک مناسب، pH
۵	جهت شناسایی (۱) پسماندهایی که امکان جلوگیری از احتراق می‌نماید یا نیاز به مخلوط کردن با پسماندها با گرمایی بالا می‌باشد (۲) میزان رطوبت (۳) میزان آلودگی هوا (۴) میزان قابل‌پذیرش کلرین (۵) خوردگی (۶) تأثیر کوره سوزاننده اشغال (۷) قوانین قابل اجرا (۸) اقدامات احتیاطی در زمینه سلامت و ایمنی	مقادیر گرم، درصد رطوبت، مقدار کلرین، مقدار خاکستر، ویسکوزیته، مقدار کل فلزات، اجزای خطرناک مناسب، pH
۶	جهت شناسایی (۱) پسماندهایی که از احتراق جلوگیری می‌کنند یا نیاز به مخلوط شدن با پسماندها با قابلیت گرمایی بالا دارند (۲) میزان رطوبت (۳) آلودگی هوایی محتمل (۴) محدود قابل‌پذیرش کلرین (۵) خوردگی (۶) تأثیر عملکرد کوره سوزاننده (۷) قوانین قابل اجرا (۸) پسماندهایی ممکن است ترکیبات سیستم را دچار خوردگی نمایند (۹) پسماندهایی که با سیستم حمل‌ونقل معمول سازگار نیستند (۹) پسماندهایی که از مدیریت BIF منع می‌شوند (۱۰) پسماندهایی که بر عملکرد BIF تأثیر می‌گذارند (۱۱) قوانین قابل اجرا (۱۲) اقدامات احتیاطی در زمینه سلامت و ایمنی	ویسکوزیته، ارزش گرمایی، مقدار خاکستر، مقدار کل فلزات، مقدار کلرین، اجزای خطرناک مناسب، pH



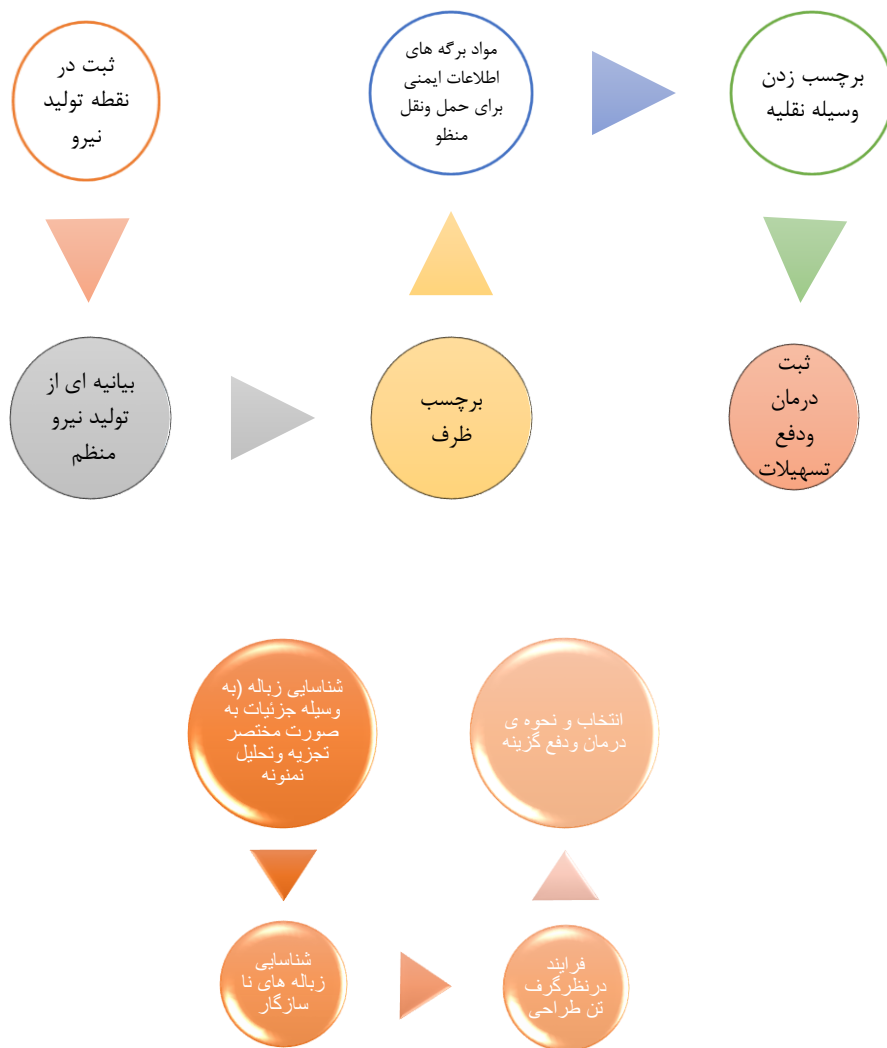
شکل ۷-۲ نمونه‌های اصلی نگهداری شده در یک مرکز TSDF

شکل جدیدی از پسماند که پسماند نانو نامیده می‌شود شامل مواد نانوی مهندسی و ذرات نانو یا محصولات جانبی سنتزی در مقیاس نانو که در مراحل تولید/ذخیره/ توزیع ایجاد می‌شوند و یا نتیجه پایان چرخه حیات محصولات و مواد نانوتکنولوژیکی فعال شده هستند. از آنجایی که آمار جهانی نانو مواد و نانو ناقص است، از این‌رو نانو پسماندی که به‌صورت سالانه تولید می‌شود نیز نامشخص می‌باشد.



شکل ۳-۷ مقدار پسماند خطرناک در برخی از کشورهای جنوب شرقی آسیا

شکل ۴-۷ مدارک و بیانیه‌های مورد استفاده در مراحل مختلف حمل و نقل را نشان می‌دهد. ثبت مقادیر پسماندهای خطرناک باید به صورتی انجام شود که از پیگیری مناسب اطمینان حاصل گردد.



جدول ۷-۱ نمونه‌هایی از پارامترهای آنالیز ضایعات

پس از جمع‌آوری نمونه، روش‌های نگهداری بایستی جهت اطمینان از یکپارچگی پسماند به کار گرفته شوند. عمل نگهداری نمونه، ممکن است برای نمونه‌های غلیظ نیاز نباشد؛ اما نمونه‌های دارای غلظت کم نیاز به نگهداری دارند. روش‌های نگهداری نمونه عبارتند از: (۱) حفاظت با مواد

شیمیایی مناسب (مانند تیوسولفات سدیم برای کاهش واکنش‌های ارگانوکلرین، اسیدها برای مایعات حاوی فلزات، افزودن اسید برای سرکوب فعالیت بیولوژیکی)، (۲) سرد نگهداشتن نمونه‌ها و (۳) ذخیره‌سازی و انتقال نمونه در ظروف مناسب.



شکل ۶-۷ ترقه‌های استفاده‌شده که دربردارنده مواد شیمیایی سمی زیادی هستند.

آنالیز اختصاری پسماند، که غالباً از آن با عنوان "آنالیز انگشت‌نگاری" یاد می‌شود، معمولاً در شرایط ویژه وزن مخصوص، رنگ، نقطه اشتعال، وجود بیش از یک فاز، مقدار هالوژن، مقدار سیانید و درصد آب انجام می‌شود که به‌منظور بررسی مطابقت پسماند دریافت شده با ویژگی‌های مورد انتظار صورت می‌گیرد. در صورتی که نتایج آنالیز ویژگی‌های پسماند دریافت شده از نمونه اصلی انحراف وجود داشته باشد، به آنالیز دقیق‌تری نیاز خواهد بود. نتایج آنالیز برای انتخاب روش تصفیه و دفع مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۵-۷ ارتباط آنالیز پسماند را با سیستم تصفیه و سیستم دفع نشان می‌دهد.

۷-۳-۱- پسماند خانگی خطرناک و پسماند خاص

پسماند خطرناک خانگی (HHW)^۱ زیرگروهی از پسماندهای خطرناک است که اغلب در MSW و جریان فاضلابها یافت می‌شوند. این پسماندها در خانه‌ها ایجاد می‌شوند. پسماندهای خطرناک خانگی (HHW) مشکل رسیدگی ایمن را خواهند داشت. این پسماندها برای سلامت انسان و نیز محیط‌زیست خطرناک هستند.

نمونه‌هایی از HHW شامل داروهای تاریخ‌مصرف گذشته، چسب، سیمان، پوشش‌های سقف، درزگیرها، صمغ‌های اپوکسی، رنگ‌های بر پایه حلال، حلال‌ها و رقیق‌کننده‌ها، پاک‌کننده‌های رنگ، پوست‌کن، پاک‌کننده اجاق‌گاز، چربی‌گیر، لکه‌برها، پاک‌کننده‌های توالت، جلا دهنده‌ها، واکس‌ها، پاک‌کننده‌های دودکش، مایعات تمیزکننده حلال‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، داروهای کشنده جانوران، مواد نگهدارنده چوب، مواد ضدخزه و از بین برنده مواد شیمیایی، علف‌کش‌ها، کودهای شیمیایی، باتری، رنگ‌ها، حلال‌ها، پاک‌کننده‌ها، مواد افزودنی، بنزین، لوله‌بازکن‌ها، مواد تعمیر خودرو، روغن‌موتور، سوخت دیزل، ضد یخ، مواد شیمیایی عکاسی، مواد شیمیایی استخر، چسب‌ها، جوهر، لعاب‌ها، مجموعه‌های شیمیایی، محفظه‌های گاز فشرده، گاز سفید، سیال حامل زغال چوب، باتری‌های خانگی، مهمات، پنبه‌های نسوز، مواد آتش‌بازی، لامپ‌ها، فرئون بازیابی شده از کالاهای سفید، لوازم الکترونیکی مانند قطعات کامپیوتر، تلویزیون و سایر تجهیزات الکترونیکی. شکل ۶-۷ نشان‌دهنده ترفه‌های استفاده‌شده است که حاوی مواد شیمیایی سمی زیادی هستند.

بسیاری از این ضایعات به‌عنوان پسماند خطرناک طبقه‌بندی می‌شوند زیرا دربردارنده خصوصیات زیر هستند: (۱) اشتعال‌پذیری با نقطه اشتعال کمتر از ۴۰ درجه فارنهایت، (۲) خوردگی، (۳) واکنش‌پذیری با آب و سایر مواد، و (۴) سمیت برای حیوانات و انسان‌ها.

مقادیر HHW از کشوری به کشور دیگر و از خانه‌ای به خانه دیگر متفاوت هستند. بر اساس برآوردها، مقدار این پسماندها بین ۰/۰۱ تا ۳/۴ درصد MSW متغیر است (David & Rachel, 2002). تغییرات HHW به میزان توسعه‌یافتگی کشور و درآمد هر فرد بستگی دارد. HHW نشانگر سمی‌ترین بخش جریان پسماند است. فرآورده‌های خطرناک خانگی (HHPs) در طول استفاده و دفع، سلامت انسان و محیط‌زیست را به خطر می‌اندازد. مواد شیمیایی موجود در HHP از طریق خوردن، استنشاق یا جذب می‌تواند سلامتی را تحت تأثیر قرار دهد. برخی از HHPها گازهای سمی منتشر می‌کنند که منجر به سردرد، خستگی، سوزش چشم، آبریزش بینی و خارش پوست می‌گردد. کودکان و افراد مسن در مقایسه با سایر افراد بیشتر در معرض خطر قرار دارند.

^۱ Household Hazardous Waste

زهاب حاصل از آب طوفان یکی از دلایل اصلی آلودگی محیط زیست به دلیل HHP می باشد. مواد شیمیایی، آفت کش ها و کودهای شیمیایی مورد استفاده در خانه ها، از طریق آب باران به مناطق دیگر منتقل می شوند و باعث آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی می گردند.

استفاده از HHP هایی مانند سوخت، ترقه و مواد قابل احتراق با نقطه اشتعال پایین منجر به خطر آتش سوزی در سراسر می گردد که بسیاری از آن ها گزارش داده نمی شوند. مواد سمی که در طول احتراق برانگیخته می شود در طول آتش سوزی آزاد می شوند.

HHW موجود در MSW منجر به انتشار سمیت در هوا و آب در مناطق تخلیه پسماند، مکان های دفع و واحدهای سوزاندن می شوند. HHW ممکن است به صورتی که در شهر کلارک واشنگتن انجام شد، از MSW جدا گردد (David & Rachel, 2002).

پسماندهای خاص در کشورها، قوانین و مراجع مختلف به صورت متفاوتی تعریف شده است. بر اساس نظر هاوارد و همکاران (۱۹۸۶)، پسماندهای خاص شامل اقلامی مانند مواد جاروب شده از خیابان ها، خودروهای رها شده، حیوانات مرده و غیره می باشد (Howard et al., 1986). همان طور که در سازمان حفاظت از منابع و بهبود قانون ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۷۶ به تصویب رسید، پسماندهای خاص عبارتند از: (۱) ضایعات معدنکاری (۲) گل ولای حاصل از حفاری نفت و گاز و آب های شور حاصل از تولید نفت، (۳) استخراج سنگ معدن فسفات، بهره برداری و پسماندهای فرآوری شده، (۴) ضایعات اورانیوم، (۵) پسماندهای قابل مصرف (مانند سوخت های فسیلی قابل احتراق) (USEPA NA 2012).



شکل ۷-۷ ذخیره محلی پسماند خطرناک تولیدی در یک کارخانه

بر اساس آئین‌نامه ذکر شده در مورد پسماندهای خاص سال ۱۹۹۶ انگلستان، این پسماندها مشمول جدول ۲ از قوانین می‌شود که پسماندهای خانگی به‌وضوح از تعریف پسماندهای خاص حذف شده است.

پسماندهای خاص یا غیرمعمول ممکن است شامل مواردی مانند لجن‌های حاصل از تأسیسات تصفیه فاضلاب، لاستیک‌ها و حیوانات مرده باشد. این پسماندهای خاص باید به‌گونه‌ای مدیریت شوند که سلامت انسان و محیط‌زیست حفظ شود.

۷-۳-۲- پسماندهای خطرناک مناطق روستایی و شهری

اغلب روشن است که صنایع و مناطق شهری منشأ پسماندهای خطرناک هستند. صرف‌نظر از اینکه یک کشور توسعه‌نیافته یا توسعه‌یافته باشد، پسماندهای مناطق روستایی در همان مناطق دفع می‌شوند. حتی اگر تأثیر آن بلافاصله قابل‌مشاهده نباشد، اما با گذر زمان، به سلامت و محیط‌زیست آسیب خواهد رساند. مواد خطرناک رایج مورد استفاده در مناطق روستایی شامل حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، کودهای شیمیایی، مواد شیمیایی مورد استفاده در ضد عفونی‌کننده‌ها و عوامل تمیزکننده مورد استفاده در دامداری می‌باشد. علاوه بر این، استفاده از

مواد شیمیایی خطرناک خانگی که قبلاً مورد بررسی قرار گرفت نیز بخشی از پسماندهای خطرناک مناطق روستایی به شمار می‌روند. مواد مورد نیاز برای بسته‌بندی یا به صورت نامنظم دور ریخته می‌شوند و یا پس از شستشوی کافی مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند. این عوامل در درازمدت اثر خود را نشان داده و منجر به کاهش کرم‌ها و حشرات مفید خاک، تغییر خصوصیات خاک، بیماری در مصرف‌کنندگان (انسان و حیوانات) که شامل سرطان است و نیز آلودگی آب می‌شود که اغلب مقادیر آن‌ها محاسبه نشده و گزارش داده نمی‌شوند. علاوه بر فعالیتهای کشاورزی، وجود معادن، استخراج سنگ‌های معدن، کارگاه‌های کوچک صنعتی، مسافرخانه‌ها و گاراژها نیز در تولید پسماندهای خطرناک نقش قابل توجهی دارند. تخلیه پسماندهای شهری و دفن غیرقانونی آن‌ها در درازمدت تأثیر خود را نشان خواهد داد.

۷-۴- ذخیره‌سازی پسماند خطرناک

پسماندهای خطرناک در مرحله تولید و دفع ذخیره می‌شوند. ذخیره‌سازی در مناطق بایستی با توجه به آب‌وهوا و اقدامات ایمنی صورت گیرد. همان‌طور که در شکل ۷-۷ نشان داده شده است، ذخیره‌سازی پسماندها نباید در محیط باز انجام شود. محوطه ذخیره‌سازی پسماندهای خطرناک باید از محوطه ذخیره‌سازی مواد اولیه و محصولات نهایی دور باشد. یک محوطه اختصاصی (شکل ۷-۸) دارای سیستم تهویه مناسب و سیستم آتش‌نشانی (شکل ۷-۹) فراهم شود که کارکنان آموزش دیده به آن دسترسی داشته باشند. ظروف مورد استفاده برای ذخیره‌سازی باید به درستی علامت‌گذاری شوند (شکل ۷-۱۰) و تحت نظر قرار گیرند تا از سازگاری پسماندها با مواد سازنده ظروف اطمینان حاصل شود.



شکل ۷-۸ ذخیره محلی پسماند خطرناک با یک ساختار بسته



شکل ۷-۹ نحوه قرارگیری آب پاش ها و انباشت پسماند در یک موسسه دفع پسماند



شکل ۷-۱۰ برچسب‌زنی پسماندهای خطرناک

منطقه ذخیره‌سازی یا سایبان مورد استفاده برای ذخیره‌سازی باید موارد زیر را به‌عنوان اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از خطرات احتمالی تأمین کند: (۱) ضایعات ناسازگار باید به‌طور جداگانه و ترجیحاً در اتاقکی دیگر ذخیره‌سازی شوند (۲) محل ذخیره پسماندها باید مدخل کافی برای فرار در مواقع خطر را داشته باشد، (۳) محل ذخیره‌سازی پسماندها باید ظرفیت کافی برای ذخیره را داشته باشد که این میزان ترجیحاً ۵۰ درصد ظرفیت سالانه است، (۴) محل ذخیره‌سازی باید قابلیت تحمل بار مواد ذخیره‌شده را داشته باشد، (۵) مواد مورد استفاده برای ساخت محل ذخیره‌سازی باید در برابر نشت کردن مقاوم باشند، (۶) منطقه ذخیره‌سازی باید دارای لوازم الکتریکی ضد انفجار باشد، (۷) سقف محل ذخیره‌سازی پسماندها باید مجهز به سیستم‌های خودکار تشخیص دود و حرارت باشد، (۸) محل ذخیره‌سازی باید دارای سیستم‌های آتش‌نشانی کافی باشد، (۹) دو محل ذخیره‌سازی باید حداقل ۱۵ متر از هم فاصله داشته باشند، (۱۰) عملیات ذخیره‌سازی باید توسط کارکنان آموزش‌دیده انجام شود، (۱۱) در صورت وجود خطر آتش‌سوزی، فاصله بین دو بلوک از پسماندهای انباشته‌شده باید حداقل ۴ متر باشد تا از گسترش آتش‌سوزی جلوگیری شود، (۱۲) احتیاط لازم این است که حداکثر ۳۰۰ تن متریک در هر بلوک ذخیره گردد، (۱۳) بین دو ردیف از ظروف استوانه‌ای مجاور هم حداقل باید یک متر فضای باز نگه‌داشته شود، (۱۴) محل

ذخیره‌سازی باید حداقل دو راه برای فرار از حوادث آتش‌سوزی داشته باشد، (۱۵) منطقه ذخیره‌سازی باید دارای درها و ورودی‌هایی با اندازه مناسب جهت حرکت تجهیزات آتش‌نشانی و بالابرها باشند، (۱۶) اگرزوسایل نقلیه در منطقه ذخیره‌سازی پسماند خطرناک باید مجهز به سیستم جرقه خاموش‌کن باشند، (۱۷) محل ذخیره‌سازی بایستی طوری ساخته شود که امکان ورود آب باران و زهاب به داخل آن وجود نداشته باشد، (۱۸) کف محل ذخیره‌سازی باید حداقل ۱۵۰ میلی‌متر بالاتر از بیشترین سطح سیل باشد، (۱۹) کف منطقه ذخیره‌سازی باید مجهز به حفاظ ثانویه باشد، (۲۰) مناطق ذخیره‌سازی باید سیستم زه‌کشی جانبی مناسبی همراه با مخزنی جهت انبار لجن و کثافت حاصل از نشت داشته باشد.

ظروف مورد استفاده برای ذخیره‌سازی پسماند خطرناک باید با پسماندهای خطرناک موردنظر برای ذخیره‌سازی سازگار باشند و این ظروف باید به سه عدد محدود باشند (غیر از پسماندهای دارای نقطه اشتعال کمتر از $65/5^{\circ}\text{C}$). ظروف باید در قالب‌های چوبی قرار داده شوند و اقدامات لازم برای جلوگیری از فروپاشی پشته‌های پسماند صورت گیرد. استوانه‌ها باید در مکان‌های تعیین شده برای نمونه‌برداری و یا در خارج از محل‌های ذخیره‌سازی، باز شوند.

۷-۵- تصفیه و دفع

تصفیه و دفع می‌تواند در محل تولید و یا خارج از آن مکان انجام گیرد. در بسیاری از کشورها مکان‌های TSDF ایجاد نشده‌اند. در چنین کشورهایی، عمل دفع پسماند معمولاً در محلی که پسماند خطرناک تولید شده است، صورت می‌گیرد. بسته به اینکه ماده خطرناک تولیدی گاز/مایع/جامد باشد، روش‌های زیر برای تصفیه پسماند خطرناک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱) فرایندهای تصفیه فیزیکی

الف) پاک‌سازی گاز: (۱) جمع‌آوری مکانیکی، (۲) ترسیب الکترواستاتیکی، (۳) فیلتر پارچه‌ای، (۴) شستشو با آب، (۵) شستشوی خشک، (۶) جذب سطحی.
 ب) تفکیک مایعات-جامدات: (۱) سانتریفوژ، (۲) انعقاد، (۳) فیلتراسیون، (۴) لخته‌سازی، (۵) شناورسازی، (۶) کف دار کردن، (۷) رسوب دادن، (۸) سفت کردن.
 ج) حذف جزء خاص: (۱) جذب سطحی، (۲) تبلور، (۳) دیالیز، (۴) تقطیر، (۵) دیالیز الکترولیتی، (۶) تبخیر، (۷) سنگ‌شویی، (۸) اسمز معکوس، (۹) میکرو فیلتراسیون، (۱۰) استخراج با حلال، (۱۱) فرآیند دفع.

۲) فرآیندهای تصفیه شیمیایی

الف) جذب

ب) اکسیداسیون شیمیایی

ج) بارندگی شیمیایی

د) کاهنده شیمیایی

ه) اکسیداسیون

ی) تبادل یونی

ر) خنثی سازی

ز) تثبیت شیمیایی و انجمد

ژ) هالوژن زدایی

۳) فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی

الف) سیستم‌های هوازی

ب) سیستم‌های بی‌هوازی

ج) فرآیندهای استفاده از لجن فعال

د) کنتاکتورهای چرخشی بیولوژیکی

ه) راکتور پیوسته سری

ی) آبیاری پاششی

ر) فیلترهای تریکینگ

ز) استخرهای تثبیت پسماند

تصفیه گازها/ مایعات اغلب منجر به تشکیل جامدهایی می‌شود که نیاز به تصفیه بیشتر و دفع

نهایی دارند.



شکل ۷-۱۱ ماشین مخلوط کننده نصب شده در مرکز TSDF برای مخلوط کردن مواد تثبیت کننده.

۷-۵-۱- تثبیت و جامدسازی

تثبیت و جامدسازی پسماندهای خطرناک به طور گسترده به عنوان پیش تصفیه قبل از دفع پسماند استفاده می شود. تثبیت، فرآیند مخلوط کردن مواد افزودنی به پسماند برای به حداقل رساندن میزان انتقال آلاینده ها به محیط زیست است. جامد کردن یکی از روش های کپسول سازی پسماند به شکل ماده جامد می باشد. پایدارسازی اغلب به عنوان کلمه مترادف تثبیت کردن مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۷-۱۱ نشانگر ماشین مخلوط کننده نصب شده در مرکز TSDF برای مخلوط کردن مواد تثبیت کننده است. شکل ۷-۱۲ نشان دهنده سیستم عامل اختلاط در یک مکان TSDF است. شکل ۷-۱۳ دفع نامناسب بدون تثبیت و جامدسازی را نشان می دهد.

عمل تثبیت موفق شامل هر یک از مکانیسم های زیر و یا ترکیبی از این مکانیسم ها است: (۱) جذب، (۲) جذب سطحی، (۳) سم زدایی، (۴) کپسول سازی ماکرو، (۵) کپسول سازی میکرو، (۶) ترسیب.

جذب فرایندی است که در آن آلاینده ها توسط مواد جاذب گرفته شده و توسط عوامل تثبیت کننده الکتروشیمیایی نیز به هم متصل می شوند. سم زدایی فرایندی است که در آن سمیت آلاینده ها کاهش می یابد. کپسول سازی ماکرو مکانیسمی است که در آن ترکیبات پسماند خطرناک

به‌طور فیزیکی در بستر ساختاری بزرگ‌تری به دام انداخته می‌شوند. کپسول‌سازی میکرو، مکانیسمی است که در آن ترکیبات پسماند خطرناک در ساختار بلوری یک بستر جامد شده محبوس می‌شوند.

ترسیب، فرایند تشکیل یک محلول یا ماده جامد دیگری در طول یک واکنش شیمیایی یا نفوذ است. پاراگراف‌های زیر برخی از عوامل تثبیت‌کننده و جامد ساز را که به‌طور گسترده استفاده می‌شوند، موردبررسی قرار می‌دهد. برخی از ترکیبات اختصاصی در دسترس نیز پس از بررسی خواص آن‌ها می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

سیمان

آبدار کردن سیمان سبب تشکیل ساختارهای کریستالی می‌شود که منجر به ایجاد ساختارهای سنگی و توده‌های سخت می‌شوند که برای زباله‌های معدنی بسیار مناسب هستند. با توجه به pH بالای سیمان، فلزات به شکل کربنات نامحلول یا هیدروکسید نگهداری می‌شوند.

آهک

آهک اصطلاحی کلی برای اشکال مختلف کلسیم اکسید/هیدروکسید و مقادیر اندک منیزیم اکسید/هیدروکسید است. تثبیت پسماند و خاک با استفاده از آهک به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sherwood, 1993; Chaddock & Atkinson, 1997; Aggregate Advisory Service, 1999). آهک بسته به نوع ترکیبات پسماند خطرناک، باعث تشکیل هیدرات‌های کلسیم سیلیکات، آلومینای کلسیم، یا کلسیم آلومینو-سیلیکات می‌شود، از این‌رو معمولاً برای آلاینده‌های معدنی بسیار مناسب است. علاوه بر این، آهک می‌تواند به همراه سایر عوامل تثبیت‌کننده، به پسماندهای اسیدی نیز اضافه شود.



شکل ۷-۱۲- سیستم عامل اختلاط در یک مکان TSPF.

خاک رس اصلاح شده به صورت آلی

خاک رس اصلاح شده به صورت در نتیجه جایگزینی کاتیون‌های معدنی خاک رس با کاتیون‌های آلی به وجود می‌آید. این گونه خاک‌های رس جذب‌کننده مولکول‌های آلی موجود در ساختار کریستالی خاک رس هستند.

مواد ترموپلاستیک

مواد ترموپلاستیک شامل قیر و سیمان پلیمر گوگرد است (Lin et al., 1995, 1996). قیر می‌تواند به صورت مجزا و یا در ترکیب با سیمان مورد استفاده قرار گیرد (British Cement Association, 2001).

پلیمرهای آلی با قابلیت سفت شدن در برابر حرارت

پلیمرهای آلی دارای قابلیت سفت شدن در برابر حرارت در حضور مونومرهایی مانند فرمالدهید اوره با پسماند خطرناک ترکیب می‌شوند و به عنوان یک کاتالیزور عمل می‌کنند.

مواد پوزولان

پوزولان ماده‌ای است که در ترکیب با هیدروکسید کلسیم، خواص سیمانی از خود نشان می‌دهد. مواد پوزولانی شامل گردوغبار کوره سیمان، خاکستر زمینه کوره ذوب آهن و خاکستر سبک است. مواد پوزولانی طبیعی عمدتاً منشأ آتشفشانی داشته و خواص سیمانی دارند. برخی از مواد پوزولان طبیعی که غیر سیمانی هستند، ممکن است تحت حرارت به مواد پوزولانی تبدیل شوند (Taylor 1997).

عوامل تثبیت ثانویه

این عامل‌ها موادی هستند که طور خود به خودی مؤثر نیستند اما می‌توانند در ترکیب با آهک یا سیمان مورد استفاده قرار گیرند. عوامل تثبیت ثانویه عبارت‌اند از پوزولان‌هایی که می‌توانند جهت تولید مواد سیمانی با آهک و آب واکنش دهند.

گاز سیلیکا که محصولی جانبی فرآیند ذوب فلز سیلیکون و تولید آلیاژ فروسیلیس است، دارای ساختار آمورف، محتوای SiO_2 بیشتر، همراه با یک سطح ویژه بزرگ (۲۰ مترمربع بر گرم) است. این گاز می‌تواند به صورت ترکیب با سیمان تا مقادیر حدود ۵ درصد استفاده شود.

یافته‌ها نشان می‌دهد که خاکستر پوسته برنج حاوی مواد پوزولانی برای افزودن به سیمان است (Ajiwe & Okeke 2000; Cisse et al., 1998; Real & Alcala 1996; Riveros & Garza 1986) (شکل ۷-۱۳).



شکل ۷-۱۳ دفع نامناسب تنها مقدار زباله‌ها را افزایش می‌دهد زیرا خاک‌های آلوده‌شده نیز نیاز به تصفیه خواهند داشت.

۷-۵-۲- سوزاندن

سوزاندن روشی است که به‌طور گسترده برای مخاطرات قابل احتراق مورد استفاده قرار می‌گیرد. سوزاندن می‌تواند در هر یک از دستگاه‌های کوره یا سوزاننده زیر صورت گیرد: (۱) کوره‌های چندانگانه، (۲) بستر سیال، (۳) بستر سیال چرخشی، (۴) تزریق مایع، (۵) بخار، (۶) کوره‌های دوار، (۷) کوره سیمان، (۸) دیگ‌های بخار بزرگ صنعتی، (۹) اتاقک‌های چندانگانه، (۱۰) چرخنده‌ها، (۱۱) محفظه احتراق مته (۱۲) محفظه احتراق دوطرفه‌ای، (۱۳) احتراق کاتالیزوری، (۱۴) اکسیژن غنی‌شده، (۱۵) محفظه احتراق تولید نمک مذاب و (۱۶) محفظه احتراق تسمه متحرک. کوره‌های سوزاننده مدرن ترکیبی از احتراق پسماندهای جامد با بازیابی حرارت است. بازیابی گرما می‌تواند برای تولید بخار یا خشک کردن مواد شیرابه و دوغاب صورت گیرد. باد حاصل از سوختن زباله‌ها از سیستم کنترل آلودگی هوا عبور می‌کند. کوره‌های دوار زباله‌سوزی برای طیف گسترده‌ای از زباله‌ها از جمله پسماندهای مایع و گازی استفاده می‌شود.



شکل ۷-۱۴ زباله‌سوز پسماند خطرناک



شکل ۷-۱۵ نمای نزدیک از کوره دوار



شکل ۷-۱۶ یک کوره سیمان

سیستم کوره‌های دوار در شکل ۷-۱۴ و نمای نزدیکی از کوره در شکل ۷-۱۵ نشان داده شده است. این مجموعه دارای شرایط لازم برای تغذیه، تزریق هوا، جمع‌آوری خاکستر و کنترل آلودگی هوا می‌باشد. به‌منظور بازیابی انرژی، سیستم کوره‌های دوار می‌تواند با یک دیگ حرارتی زباله ساخته شود. دیگ‌های حرارتی دمای گاز را کاهش می‌دهند و از این‌رو به‌منظور کنترل جذب ذرات می‌توان از فیلترهای پارچه‌ای استفاده کرد. علاوه بر کیسه فیلتر، سایر تجهیزات کنترل آلودگی هوا که همراه با زباله‌سوز استفاده می‌شوند شامل اسکرابرهای تر و خشک هستند. استفاده از رسوب‌دهنده الکترواستاتیک (ESP)^۱ در صورت وجود مواد قابل احتراق در پسماندهای خطرناک مناسب نیست. بادبزن‌هایی به‌منظور حفظ فشار منفی برای جلوگیری از نشت گاز از سیستم کوره، قرار داده شده‌اند.

برای تولید سیمان، سنگدانه سبک و غیره از کوره‌های دوار استفاده می‌شود. استفاده از این کوره‌ها برای از بین بردن پسماند خطرناک از زمان‌های خیلی دور رایج است. کوره‌های سیمان

^۱ Electro Static Precipitator

(شکل ۷-۱۶) در دمای °F ۱۴۰۰ تا °F ۱۶۵۰ صورت می‌گیرد و زمان اقامت بالایی را فراهم می‌کند که برای نابودی ترکیبات خطرناک آلی اصلی (POHCs)^۱ ضروری می‌باشد. هزینه‌های انرژی حرارتی حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از هزینه‌های مرتبط با تولید سیمان را شامل می‌شود، از این رو پردازش پسماند خطرناک در صنعت سیمان یک مفهوم در حال رشد است. با توجه به سوزاندن پسماند خطرناک در فرانس، عملیات سوزاندن در کوره سیمان به حدود ۵۰ درصد از سهم بازار رسیده است (Ian & David, 2002). در برخی از کشورها، کارخانه‌ها تقریباً با ۶۰ درصد از سوخت‌ها جایگزین در حال فعالیت هستند (Battelle, 2002).

برخی از مؤسسات سوزاندن زباله، از سوزاندن برخی از پسماندها ممانعت می‌کنند، به‌عنوان مثال: (۱) پسماندهای هسته‌ای، (۲) پسماندهای حاوی پنبه نسوز، (۳) پسماندهای حاوی فلزات سنگین، (۴) ضایعات الکترونیکی، (۵) مواد منفجره، (۶) اسیدهای معدنی، (۷) زباله‌های عفونی/پزشکی، (۸) مواد شیمیایی یا سلاح‌های بیولوژیکی، (۹) کل باتری، (۱۰) زباله‌های ناشناخته و غیر مشخص، (۱۱) مواد محدود شده توسط قوانین محلی. از سوزاندن چنین پسماندهایی در صورت وجود یک یا تعدادی از دلایل زیر اجتناب می‌شود: (۱) کارکنان کوره‌های سیمان برای رسیدگی به نوع خاصی از پسماند به‌اندازه کافی ماهر نباشند، (۲) عدم تجهیز کوره به تجهیزات کنترل آلودگی مناسب، (۳) عدم آگاهی کافی در مورد عواقب حاصل از سوزاندن زباله، (۴) حساس بودن مصرف‌کنندگان به استفاده از پسماندهای پزشکی دربردارنده اعضای بدن در فرایند تولید سیمان، (۵) قوانین محلی، (۶) خطرات کاری، (۷) امکانات، (۸) تأثیر آن بر کیفیت محصول نهایی و (۹) مسائل ایمنی. زباله را می‌توان با استفاده از روش‌های زیر به کوره سیمان ارائه داد: (۱) مشعل اصلی واقع در انتهای خروجی کوره‌های دوار، (۲) ایجاد سطح شیب‌دار خوراک در ورودی (برای اکثر سوخت‌ها)، (۳) مشعل‌های ثانویه مجاری بالارونده، (۴) مشعل پریکالسینر^۲، (۵) ایجاد سطح شیب‌دار خوراک به پریکالسینر (CPCB, 2011).

۷-۵-۳- مکان دفن زباله

اگرچه سوزاندن زباله‌ها روشی است که معمولاً برای دفع پسماند ترجیح داده می‌شود، اما همچنان دفن زباله‌ها بهترین تکنولوژی در دسترس برای زباله‌های غیرقابل احتراق است. پسماند خطرناک باید در محل‌های دفن زباله در زمین دفن شده و بر اساس اهداف مختلف، به‌صورت متفاوتی تحت عملیات قرار گیرد. برخلاف دفن زباله MSW (که در آن هیچ توضیحی در مورد زباله‌های مختلف

^۱ Principal Organic Hazardous Constituents

^۲ Precalciner

داده نشده است)، پسماندهای خطرناک از محل منبع ردیابی شده و در واحدهایی به نام سلول که قابل نقشه برداری هستند، قرار داده می شوند (شکل ۷-۱۷). این سلول ها به منظور جلوگیری از کنار هم قرار گرفتن مواد ناسازگار که منجر به واکنش های خطرناک می شود، تعبیه شده اند. معمولاً پسماندهایی که در ظروف استوانه ای هستند، به صورت ردیفی قرار داده شده و با پسماندهای دیگر که با آن ها سازگار می باشند، پوشش داده می شوند. استوانه های زباله ممکن است طی یک مرحله بلند کردن، جای دهی شوند و یا به شکل توده انباشته شوند.

استفاده از پوشش روزانه ممکن است که در مکان های دفن پسماند خطرناک امکان پذیر نباشد زیرا قرار دادن خاک تمیز و غیر آلوده، فضایی را در محل دفن را اشغال می کند. پوشش های اضافی روزانه، محیط ناهمگونی را ایجاد می کنند که منجر به نشست زباله در امتداد پوشش روزانه می شود. از این رو، به منظور غلبه بر مشکلات عملیاتی، مناطق دفع زباله با غشاهای زمینی پوشش داده می شوند تا مانع از ورود آب باران به پسماندهای خطرناکی گردند که در محل های دفن زباله قرار دارند.



شکل ۷-۱۷ نحوه قرارگیری انواع پسماند غیر قابل احتراق موجود در محل دفن پسماند خطرناک

۷-۵-۴- اقدامات احتیاطی و عملیات در طول سوزاندن و دفن پسماند خطرناک

اقدامات احتیاطی عمده‌ای که باید در طول فرایند بارگیری و تخلیه پسماند خطرناک در نظر گرفته شوند عبارت‌اند از سازگاری، واکنش‌پذیری، اشتعال‌پذیری و انفجار زباله‌ها به‌منظور اطمینان از نوع مواد خوراک وارد شونده به کوره باید احتیاط لازم صورت گیرد. مواد شیمیایی منفجره نه تنها به تأسیسات صدمه می‌زنند بلکه زندگی افراد را نیز تهدید می‌کنند. مواد واکنش‌پذیر و خورنده اغلب مواد سازنده زباله‌سوزها و مواد پوششی محل‌های دفن زباله را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این‌رو، اقدامات احتیاطی باید با توجه به مواد پوششی و مواد شیمیایی که با مواد پوششی واکنش می‌دهند، به کار گرفته شوند. نگهداری ضعیف و عملیات تجهیزات کنترل آلودگی هوا در کوره‌های سوزاننده پسماند خطرناک اغلب منجر به انتشار گازهای سمی می‌شوند. خواص این گازها ممکن است هنوز به‌طور کامل توسط جامعه علمی شناخته شده نباشد. مکان دفع زباله پس از اطلاع از حساسیت و آسیب‌پذیری محل، مشخص می‌شود. آگاهی کارکنان در تأسیسات اجرایی نیز مهم است زیرا هر اتفاق یا حادثه ناامنی می‌تواند منجر به از دست رفتن جان و مال افراد شود.

اسناد مربوط به زباله‌های دفع شده نیز مهم هستند. منبع و ویژگی پسماند خطرناک موجود در سلول‌های مختلف باید به‌درستی ثبت شوند زیرا در صورت بروز هرگونه صدمه به پوشش یا محل‌های دفن زباله در شرایط غیرقابل پیشگیری، ضروری است که این اطلاعات در دسترس باشند.

منابع

- Aggregates Advisory Service (1999) Improving poor ground conditions. Lime & cement stabilisation of weak clay soils. Aggregates Advisory Service Digest 058
- Ajiwe VI, Okeke CA (2000) A Preliminary study of manufacture of cement from rice husk ash. *Bioresour Technol* 73:37–39.
- Battelle Memorial Institute (2002) Toward a sustainable cement industry. An independent study commissioned by world business council for sustainable development.
- British Cement Association (2001) Cement-based stabilisation & solidification for the remediation of contaminated l&. Findings of a study mission to the USA. British Cement Association Publication 46.050.
- Chaddock BC, Atkinson VM (1997) Stabilised sub-base in road foundations: structural assessment of benefits. Transport research laboratory report 248.
- Cirillo RR, Chiu S, Chun KC, Cozelmann G, Carpenter RA, Indriyanto SH (1994) Hazardous waste management in the pacific basin. Argonne national laboratory & the east–west center Cisse IJ, Temimi M, Laquerbe M (1998) Addition of rice husk ash as filler in concrete. *Indian Concr J* 72:241–242.
- CPCB (Central Pollution Control Board) (2011) Report on co-incineration of hazardous waste in cement kilns in central zone.
- David N, Rachel D (2002) Household hazardous waste. In: Tchobanoglous G, Kreith F (ed) *H& book of solid waste management*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- DWAF (Department of Water Affairs & Forestry), Government of South Africa (1998) Waste management series. Minimum requirements for the h&ling, classification & disposal of hazardous waste, 2nd edn. Department of Water Affairs & Forestry, Pretoria.
- Hay JE, Ming CL, Sharp B, Thom NG (1994) Environmental & related issues in the Asia Pacific region: implications for the tertiary level environmental training. NETTLAP Publication No. 1, UNEP, Regional office for Asia & the Pacific.
- Howard HP, Donald RR, George T (1986) *Environmental engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ian M, David M (2002) Toward a sustainable cement industry, Substudy 10: Environment, health & safety performance improvement. An

- independent study commissioned by world business council for sustainable development, December 2002.
- Lin SL, Cross WH, Chian ESK, Lai JS, Giabbai M, Hung CH (1996) Stabilisation & solidification of lead in contaminated soils. *J Hazard Mater* 48:95–110.
- Lin SL, Lai JS, Chian ESK (1995) Modifications of sulfur polymer cement (SPC) stabilization & solidification (S/S) process. *Waste Manage* 15:441–447.
- Real C, Alcala MD (1996) Preparation of Silica from Rice Husks. *J Am Ceram Soc* 79:2012–2016.
- Riveros H, Garza C (1986) Rice husks as a source of high-purity silica. *J Cryst Growth* 75:126–131.
- Sherwood PT (1993) Soil stabilisation with cement & lime. HMSO, London.
- Taylor HFW (1997) Cement chemistry, 2nd edn. Thomas Telford Press, London.
- USEPA NA (2012) Special wastes. \http://www.epa.gov/osw/nonhaz/industrial/special/index.htm[. Accessed on 9 Feb 2012.

فصل هشتم

ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی

ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی (WEEE)^۱ شامل تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی دور انداخته شده است. زباله‌های الکترونیکی (EW)^۲ شامل ضایعات الکترونیکی است، در حالی که WEEE دربرگیرنده ضایعات غیرالکترونیکی نیز می‌باشد. البته در برخی منابع تمایزی بین این دو وجود ندارد.

تجارت الکترونیک یکی از سریع‌ترین و بزرگ‌ترین صنایع تولیدی دنیا است (Radha 2002; DIT 2003) و در همین راستا، WEEE به یکی از جریان‌های تولید ضایعات با رشد فزاینده در دنیا تبدیل شده است (Widmer et al., 2005; BAN & SVTC 2002). ترکیبات سمی این ضایعات و خطر آن‌ها برای سلامتی انسان و محیط‌زیست، باعث ایجاد بحران شده است. WEEE به دلیل داشتن مقادیر بالای آلاینده‌های محیط‌زیستی و درعین حال داشتن تجهیزات ارزشمند، هم زیان‌آور و هم ارزشمند می‌باشد (Morf et al., 2007; Robinson 2009). درحالی که بازیافت زباله‌های الکترونیکی در کشورهای در حال توسعه بازار محور است، محوریت این بازار در کشورهای توسعه یافته، توسط اصول مسئولیت گسترده تولیدکننده (EPR)، هدایت می‌شود. بر طبق قانون ۲۰۱۱ در هندوستان (مدیریت و سیستم‌های انتقال مواد) معنای زباله‌های الکترونیکی یا E-Waste به شرح زیر است:

"زباله‌های تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی" به تمام، قسمتی یا قطعات زائدی گفته می‌شود که از فرایند ساخت این تجهیزات حاصل می‌گردند و معمولاً دور انداخته می‌شوند.^۳ بر طبق مقررات بریتانیا در سال ۲۰۰۶، معنای ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی به شرح زیر است:

"ضایعات تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی" که بر طبق ماده ۱(الف) بخشنامه EC/۱۲/۲۰۰۶ طیاله محسوب می‌شوند، شامل تمام اجزاء، زیرمجموعه‌ها و مواد مصرفی هستند که قسمتی از فرایند تولید در زمان دورانداختن، بوده‌اند.

قرارداد بازل^۳ از تمامی کشورها خواسته است تا صادرات پسماندهای خطرناک را به پایین‌ترین حد ممکن برسانند و مسائل مربوط به ضایعات و پسماندها را در داخل مرزهای ملی خود حل کنند.

^۱ Waste from Electrical and Electronic Equipment

^۲ E-Waste

^۳ Basel

در بسیاری از کشورها، بخش بازیافت WEEE به طور دقیق نظارت نمی‌شود. با این حال، عملیات بازیافت WEEE در کشورهای هند، چین و غنا به خوبی کنترل می‌گردد (BAN & SVTC, 2002; Brigden et al., 2005, 2008).

تولید EEE به دلیل بازاریابی قوی، نوآوری در تکنولوژی، و روند شدید جایگزینی، رشد فزاینده‌ای دارد. برت (۲۰۰۹) برآورد کرده است که سالیانه حدود ۲۰ تا ۲۵ میلیون تن WEEE در سطح جهان تولید می‌شود؛ اما برنامه محیط‌زیست ملل متحد (UNEP) این عدد را در حدود ۲۰ تا ۵۰ میلیون تن به صورت تولید سالیانه تخمین زد (UNEP 2006). سهم هر قطعه در تولید WEEE به تعداد بخش‌های در حال کار، جرم آن قطعه و متوسط طول عمر آن بستگی دارد. شکل ۸-۱ دلایل تولید WEEE را نشان می‌دهد.

وجود فلزات سنگین (همچون جیوه، کادمیوم و سرب)، ترکیبات مقاوم در برابر شعله (مانند پنتابروموفنول^۱، دی فنیل اترهای پلی برومه (PBDEs)^۲، تترا ابرمو بیس فنول-آ (TBBPA)^۳ و غیره) و دیگر ترکیبات شیمیایی مضر در تولید WEEE از عمده نگرانی‌های مربوط به سلامت و محیط‌زیست است.

۸-۱- مستندات

خطرات WEEE به خوبی شناسایی شده است (Oyuna et al., 2011). WEEE حاوی بیش از ۱۰۰۰ نوع ماده مختلف می‌باشد (BAN & SVTC, 2002) و سروکار داشتن با این میزان از ضایعات، باعث ایجاد آلودگی و به خطر افتادن سلامتی و به ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌شود. اثرات منفی بالقوه از بین بردن و تخلیه نادرست WEEE بر سلامتی و محیط‌زیست، به خوبی اثبات شده است (Fishbein, 2002; Puckett et al., 2003; Ramesha & Ravi, 2009; NEP, 2006).

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه که فاقد سیستم مدیریت صحیح دفع پسماند جامد هستند، غالباً نسبت به تفکیک WEEE خطرناک از زباله‌های بی خطر خانگی فروگذاری می‌شود. این امر، مقدار ضایعات خطرناک را به دلیل آغشته شدن زباله‌های بی خطر با مواد شیمیایی همچون جیوه افزایش می‌دهد. شکل ۸-۲ نتایج دفع نادرست WEEE را نشان می‌دهد.

^۱ Pentabromophenol

^۲ Polybrominated diphenyl ethers

^۳ Tetrabromobisphenol-A

با اینکه جمع‌آوری و بازیابی WEEE در کشورهای اروپایی به‌ویژه در ۱۵ سال اخیر اهمیت پیدا کرده است، مطالعات دقیق در زمینه‌های زیست‌محیطی همچنان ناچیز هستند (Wager et al., 2011). کوپینگ (۲۰۰۸) تخمین زده است که در سال ۲۰۱۰ ضایعات WEEE حاصل از تلفن‌های همراه، دستگاه‌های کامپیوتر و تلویزیون، ۵/۵ میلیون تن خواهد بود که این رقم در سال ۲۰۱۵ به ۹/۸ میلیون تن افزایش خواهد یافت.

بر اساس برآوردها، تولید WEEE، ۱ الی ۳٪ از ۱۶۳۶ میلیون تن زباله شهری سالیانه را تشکیل می‌دهد، درحالی‌که در کشورهای ثروتمند، ضایعات WEEE حدود ۸٪ از حجم کل زباله‌ها را در برمی‌گیرد (Widmer et al., 2005). میزان پلاستیک در EEE به‌طور مداوم از حدود ۱۴ الی ۱۸٪ در سال ۱۹۹۲، ۲۲٪ در سال ۲۰۰۰ و طبق تخمین‌ها، ۲۳٪ در سال ۲۰۰۵ در حال افزایش است (APME 2001). میزان پلاستیک WEEE در کشورهای اروپایی ۲۰/۶٪ در سال ۲۰۰۸ تخمین زده شده است (Huisman et al., 2008). مطالعات مختلف، برآوردهای متفاوتی نسبت به میزان WEEE داشته‌اند. مقدار زیادی از ضایعات WEEE در ترکیب با زباله‌های خانگی دور ریخته می‌شوند و هیچ اقدام خاصی در مواجهه با آن‌ها صورت نمی‌گیرد (Ladou & Lovegrove, 2008). تجهیزات الکترونیکی که دیگر کاربردی برای خریدار اصلی خود ندارند، درنهایت باعث صادر شدن مقداری WEEE به کشورهای فقیر می‌شود (Puckett et al., 2005). بر اساس تحقیقات اشمیت (۲۰۰۶)، ۸۰٪ از WEEE حاصل به کشورهای فقیر صادر می‌شود. لوازم الکترونیکی سالم که به‌عنوان تجهیزات یدکی جایگزین به کشورهای در حال توسعه که دارای لوازم الکترونیکی خراب هستند، انتقال می‌یابند (Ladou & Lovegrove, 2008).

تکنولوژی منسوخ		به علت پیشرفت سریع تکنولوژی (سخت افزار و نرم افزار) وسایل الکترونیکی قدیمی منسوخ شده اند. برای مثال، تجهیزات ذخیره اطلاعات الکترونیکی مانند دیسک فلاپی دیگر استفاده نمی شوند و کامپیوترهای جدید محلی برای ورود فلاپی نخواهند داشت و شمار زیادی از آن ها تبدیل به ضایعات خواهند شد.
انتهای عمر		کالاهای الکترونیکی حدود ۵ الی ۱۰ سال عمر می کنند و پس از آن خراب شده و یا کاملاً از کار می افتند. طبله چاپگر و کارتریج معمولاً چند هفته پس از استفاده از کار می افتند.
بازدهی کم انرژی		بسیاری از وسایل الکتریکی و الکترونیکی کهنه از نظر مصرف انرژی غیر کارآمد هستند و از این رو باید دور انداخته شوند تا در مصرف انرژی صرفه جویی شود.
صدمه		صدمه رسیدن به کالاهای الکتریکی و الکترونیکی به صورت عمدی یا اتفاقی سبب افزوده شدن آن ها به پسماند خواهد شد.
توقف ساخت کالاها، موارد مورد استفاده و اجزای یدکی		بسیاری از تولیدکنندگان به طور عمدی تولید تعدادی از محصولات و لوازم جانبی آن ها را ممتوقف می کنند تا بازار جدیدی برای محصولات جدید خود فراهم کنند. این امر باعث دور انداخته شدن کالاها حتی در صورت سالم بودن به دلیل عدم وجود لوازم جانبی می شود، مانند کارتریج چاپگر.
از مد افتاده		با اختراع و طراحی تجهیزات جدید، کالاهای قدیمی منسوخ و از مد افتاده به نظر خواهند رسید. زیرا مصرف کننده آن را با کالای جدید تعویض خواهد کرد. چنین تغییرات سریعی به طور عمده در مورد گوشی های تلفن همراه قابل مشاهده هستند.

شکل ۸-۲ نتایج دفع نامناسب WEEE

افزایش مقدار پسماند
خطرناک



ورود ضایعات WEEE به پسماند سبب
افزایش میزان سمی بودن و در نتیجه
خطرناک بودن کل پسماند می شود.

تغذیه زیستی و ورود مواد
شیمیایی به زنجیره غذایی



ورود WEEE به محیط زیست سبب افزایش
سمی بودن شده و منجر به تغذیه زیستی
در جانداران خواهد شد و از طریق لبنیات،
طیور و گوشت وارد غذای انسان می شود.

افزایش ابزار تیز



شیشه های شکسته، پلاستیک و فلزات
پاره شده باعث افزایش میزان ابزار تیز در
پسماند می شود که احتمال جراحت را بالا
می برد.

آلودگی



وجود فلزات سنگین مانند بقایای سرب در
میان توده باتری های سربی-اسیدی سبب
رسیدن این مواد به آب های سطحی/ زیرزمینی
شده و منجر به آلودگی خاک/ آب می شود.

ادامه شکل ۸-۲ نتایج دفع نامناسب WEEE

۸-۲- ویژگی ها و مقادیر

سرعت بالای تغییرات تکنولوژی، وابستگی زیاد زندگی روزانه به کالاهای الکتریکی و الکترونیکی، و کاهش قیمت ها باعث ایجاد بازار کلانی برای EEE شده است. مقادیر جهانی WEEE در حال افزایش در سطح جهان است (Ongondo et al., 2011). بسیاری از محققان بر این باورند که طول عمر کالاهای الکتریکی و الکترونیکی و جابجایی فرامرزی غیرقانونی WEEE کاهش پیدا یافته است

(Brigden et al., 2005; Cobbring, 2008; Deutsche Umwtilhilfe, 2007; Puckett et al., 2003).

میزان تغییرات WEEE به دلیل اطلاعات ناکافی در بسیاری از کشورها ثبت نشده است. علاوه بر این، چنین برآوردی، پرهزینه و بسیار پیچیده می باشد. جایگزینی نمایشگرهای CRT با LCD منجر به کاهش سرب در WEEE خواهد شد (Puckett et al., 2005)، اما دفع این نمایشگرهای LCD باعث افزایش جیوه (Mester et al., 2005)، ایندیم، روی و قلع خواهد شد (Li et al., 2009). باتری های قابل شارژ حاوی نیکل متال هیدرید (NiMeH)، یون لیتیم، و نیکل-کادمیوم (Ni-Cd) هستند.

WEEE حاوی مقادیر زیادی از مواد خطرناک مانند فلزات سنگین (همچون جیوه، کادمیوم، سرب و غیره) بوده و در برابر شعله (مانند پنتابروموفنول، دی فنیل اترهای پلی برمه (PBDEs) مقاوم است. جیوه در ساختن سوئیچ ها و تقویت کننده های جریان برق^۱، لامپ های تخلیه گاز، و باتری ها استفاده می شود (NEWMOA, 2008). باتری های دارای جیوه و باتری های قابل شارژ حاوی کادمیوم، لیتیوم و سرب، از معضلات زیست محیطی هستند (EPS Canada, 2006). بوردهای مدار چاپی (PCBs) حاوی سرب، آنتیمون، بریلیوم، کادمیوم، مواد مقاوم در برابر شعله بروم، طلا، نقره، جیوه، پالادیوم و غیره هستند (AEA, 2004; EPS Canada, 2006; OECD, 2003). باتری های سربی-اسیدی در ساخت تلفن های همراه، کامپیوترهای قابل حمل (نوت بوک/لپ تاپ)، ابزارهای قابل حمل ذخیره نیرو، دوربین های فیلم برداری و غیره استفاده می شوند. نیمی از وزن کلی WEEE را آهن و فولاد تشکیل می دهند. ۲۱٪ از WEEE شامل پلاستیک و ۱۳٪ از آن شامل فلزات غیر آهنی است (Widmer et al., 2005). یک CRT چندرنگ قدیمی می تواند حاوی ۲ تا ۳ کیلوگرم سرب باشد، در حالی که CRT های جدیدتر معمولاً کمتر از یک کیلوگرم سرب دارند. تفنگ های الکترونیکی CRT حاوی باریوم و ترکیبات آن هستند (OECD, 2003). مواد درخشان فلورسنت (فسفرهای فلورسنت) که دارای روی، کادمیوم، و مقدار ناچیزی فلز خاک هستند، در قطعه داخلی CRT استفاده می شوند. شکل ۸-۳ ترکیب کامپیوتر رومیزی با CRT را نشان می دهد.

صفحه نمایش نوت بوک تقریباً ۰/۵ گرم کریستال مایع دارد، در حالی که نمایشگر تلفن های همراه حاوی ۰/۵ میلی گرم از این مواد هستند. کریستال های مایع بین لایه های مواد کنترل الکترونیکی و شیشه قرار گرفته اند. در حدود ۲۵۰ ماده برای ساخت ۱۰۰۰ کریستال مایع عرضه شده به بازار، استفاده شده است. مطالعات گذشته، باوجود این که مواد مورد استفاده در ساخت

^۱ Switches and relays

کریستال‌های مایع باعث سمیت حاد مواد خوراکی، خوردگی و تحریک پوست می‌شوند، مطالعات گذشته سرطان‌زا بودن این مواد را تأیید نکرده‌اند (AEA, 2004).

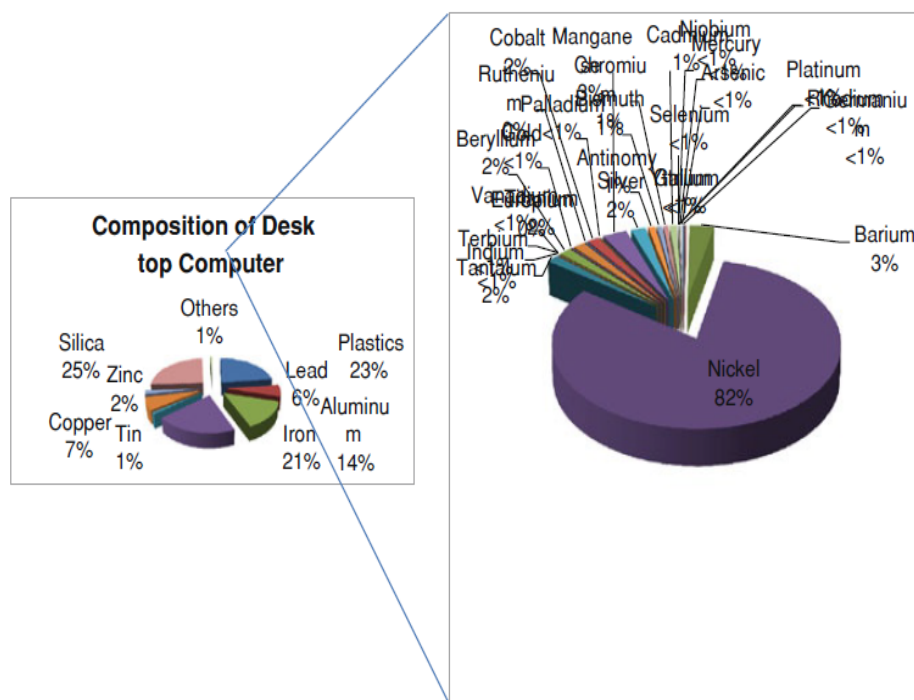
پلی‌ونیل کلراید (PVC) پلاستیک متداول و مورد استفاده در کالاهای الکتریکی و الکترونیکی است که در صورت اشتعال در دمای کم‌تر از 1200°C ، دیوکسین و فوران^۱ منتشر می‌کند. مواد مقاوم در برابر شعله بروم (BFRs) در تولید برخی پلاستیک‌ها جهت کاهش اشتعال‌زایی استفاده می‌شوند که این نوع پلاستیک در بسیاری از کالاهای الکترونیکی یافت می‌شوند (Birnbau & Staskal, 2004).

بر طبق برآوردها سالیانه ۲۰ تا ۵۰ تن از WEEE تولید می‌شود که ۱۲ میلیون تن از آن را کشورهای آسیایی ایجاد می‌کنند (Greenpeace, NA). مقدار کل WEEE جهانی تخمین زده شده توسط UNU (۲۰۰۷)، ۴۰ میلیون تن در سال است. بر اساس مطالعات دارلیمپل^۲ و همکاران (۲۰۰۷)، کشورهای عضو اتحادیه اروپا سالیانه در حدود ۶/۵ میلیون تن WEEE تولید می‌کنند که این مقدار در هر ۵ سال، ۱۶ تا ۲۸٪ افزایش دارد و تا سال ۲۰۱۵ به ۱۲ میلیون تن خواهد رسید (Goosey, 2004). WEEE تشکیل‌دهنده ۱/۵٪ از زباله‌های خانگی در آلمان است (Dimitrakakis et al., 2009). میزان WEEE تولیدی سالیانه آلمان، ۱ الی ۱/۴ میلیون تن می‌باشد. در سال ۲۰۰۶، بازار آلمان ۱/۸ میلیون تن WEEE تولید کرد (FEA, 2008) که حدود ۷۵۰ هزار تن از آن بازگردانده شد (Janz & Bilitewski, 2009).

WEEE یکی از انواع زباله‌ها در بریتانیا است که روند تولید آن رشد زیادی دارد (POST 2007) که در سال ۲۰۰۳ مقدار ۹۴۰ هزار تن از نوع خانگی این زباله دفع شد (Dalrymple et al., 2007). کتای و همکاران او (۲۰۰۸) برآورد کرده‌اند که در هر ساعت حدود ۴ هزار تن WEEE در کل جهان تولید می‌شود که ۸۰٪ از آن به آسیا صادر می‌گردد. هر ساله، لوازم خانگی حدود یک میلیون تن WEEE تولید می‌کنند. در سال ۲۰۰۹، حدود ۱/۵ میلیون تن EEE وارد بازار بریتانیا شده و در حدود ۴۵۴ هزار تن WEEE جمع‌آوری شد (Environment Agency, 2010).

^۱ Furan

^۲ Dalrymple



شکل ۸-۳ اجزای دسکتاپ کامپیوتر با CRT

در سال ۲۰۰۳ تقریباً ۲/۶٪ از کل جریان پسماند جامد در کشور سوئیس را WEEE تشکیل می‌داد (Khetriwal et al., 2009) و مقدار ۴۰ هزار تن WEEE در سال ۲۰۰۴ پردازش شد (Streicher-Porte, 2006).

دهه ۱۹۸۰ شاهد موجی از مصرف تجهیزات الکترونیکی در چین بود (Yang et al., 2008) که همه این تجهیزات پس از ۲ دهه به انتهای چرخه مفید حیات خود رسیدند (Li et al., 2006). بر اساس مطالعه شلوپ^۱ و همکاران (۲۰۰۹) در حدود ۲/۴ میلیون تن EEE در سال ۲۰۰۷ وارد بازار چین و ۲/۲ میلیون تن WEEE تولید شد. خبرگزاری ژینهوا^۲ (۲۰۱۰) اعلام کرد که حدود ۴۰ میلیون تلفن همراه، ۲۵ میلیون تلویزیون، ۱۲ میلیون کامپیوتر، ۱۰ میلیون ماشین لباسشویی،

^۱ Schluep

^۲ Xinhua

۶ میلیون چاپگر، ۵/۴ میلیون یخچال و ۱ میلیون دستگاه تهویه هوا، در سال ۲۰۰۹ دور ریخته شدند.

چین در سال ۲۰۱۱ به یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و صادرکنندگان کالاهای الکتریکی و الکترونیکی تبدیل شد، که منجر به تولید ۱/۷ میلیون تن WEEE در سال ۲۰۰۶ در این کشور شد (Xinwen, et al., 2011). تخمین زده می‌شود که در سال ۲۰۱۵ این رقم تقریباً به ۵/۴ میلیون تن خواهد رسید (Yang, 2008). افزایش مصرف خانگی EEE منجر به افزایش متناظر و تأخیری WEEE شد (He, et al., 2006; Liu, et al., 2006a). حدود ۷۰٪ از کل WEEE صادرشده، به چین منتقل می‌شود (Liu, et al., 2006b)، هرچند که مقادیر قابل توجهی از آن به پاکستان، هندوستان، ویتنام، مالزی، فیلیپین، غنا، نیجریه (Puckett, et al., 2005) و به احتمال زیاد مکزیک و برزیل نیز فرستاده می‌شود. بر طبق تحقیقات اشمیت (۲۰۰۶) هر ماه حدود ۵۰۰ محموله دریایی کالاهای الکترونیکی از طریق لاگوس انتقال داده می‌شوند. وانگ و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند که در سال ۲۰۱۲ نرخ کالاهای از رده خارج شده عبارت خواهد بود از ۹۳/۳۶ میلیون دستگاه کامپیوتر، ۷۴/۳۱ میلیون تلویزیون و ۶۳/۹ میلیون دستگاه تهویه هوا. چین به طور مداوم زباله‌های الکترونیکی را از آمریکا، اروپا و سایر کشورهای آسیایی دریافت می‌کند (Puckett et al., 2002; Terazono et al., 2004; Hosodo 2007). صنعت الکترونیک از عوامل محرک اقتصاد چین بوده (Manhart, 2007) و از دهه ۱۹۸۰ تاکنون رشد سریعی داشته است (Yang, 2008).

در بسیاری از کشورهای درحال توسعه، مردم EEE استفاده شده خود را حتی اگر خراب یا قدیمی باشند، به ندرت دور می‌ریزند، زیرا این اعتقاد وجود دارد که "هرچه خوار آید روزی به کار آید". در بسیاری از موارد، EEE تعمیر شده و برای مدت زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، درحالی که در کشورهای توسعه یافته، به محض عرضه کالاهای وسوسه کننده جدید به بازار، دستگاه‌های قدیمی دور انداخته می‌شوند. دلیل دیگر برای دور انداخته نشدن لوازم الکترونیکی، روند طولانی پیگیری منسوخ شدن در ادارات و دانشگاه‌ها می‌باشد که باعث باقی ماندن این لوازم برای طولانی مدت می‌شود، حتی اگر استفاده نشوند.

بر طبق تحقیقات جینگلی^۱ و همکاران (۲۰۰۹) چین یکی از بزرگ‌ترین صادرکنندگان EEE و همچنین واردکنندگان WEEE در جهان است که حدود ۳۵ میلیون تن WEEE را از کشورهای

^۱ Jinglei

توسعه یافته وارد می کند. بر اساس تحقیقات یانگ^۱ و همکاران او (۲۰۰۸)، میزان دقیق واردات WEEE به چین مشخص نیست.

شرایط در یک کشور در حال توسعه دیگر، یعنی هندوستان نیز چندان متفاوت نیست. علاوه بر واردات غیرقانونی، مقدار قابل توجهی از WEEE خانگی در هند تولید می شود (Sepulveda, et al., 2010) که حدود ۵۰ هزار تن از آن مربوط به واردات سالیانه است (Manomaivibool, 2009). در سال ۲۰۰۷، مقدار EEE در بازار هندوستان حدود ۸۲۳/۶ هزار تن بود و در حدود ۴۳۹ هزار تن WEEE تولید شد (شلوپ و همکاران ۲۰۰۹). اگرچه بسیاری از کالاهای مصرف شده دوباره مورد استفاده قرار گرفتند، اما بسیاری از واردات بازیافت شدند (Manomaivibool, 2009). روش معمول در هند واردات WEEE به صورت "محصولات قابل استفاده مجدد"، "قراضه های کابلی مختلط"، و "قراضه های فلزی مختلط" است (Manomaivibool, 2009).

بسیاری از EEE های نیمه عمر به عنوان "کالاهای دست دوم" به کشورهای آسیایی مانند چین، فیلیپین، افغانستان، مالزی و کامبوج فرستاده می شوند (Shinkuma & Huong, 2009; Yoshida & Terazono, 2010).

به غیر از کشور آفریقای جنوبی، بازیافت WEEE در آفریقا کم است (Nnorom & Osibanjo, 2008). پیشرفت اطلاعات و ارتباطات در دهه اخیر و واردات سالیانه حدود ۱۵ تا ۴۵ هزار تن سخت افزار بلا استفاده کامپیوتر، دو عامل مؤثر بر WEEE در نیجریه هستند که سوزانده می شوند تا مقدار ضایعات کاهش یابد (Osibanjo & Nnorom, 2007). بر اساس برآورد شلوپ و همکاران (۲۰۰۹) مقدار وارد شده به بازار آفریقای جنوبی در سال ۲۰۰۷، حدود ۹۹ هزار تن بود. در دهه اخیر، دسترسی به EEE در آفریقای جنوبی افزایش یافته است به طوری که سالیانه حدود ۱/۵ میلیون کامپیوتر وارد می شوند (Lombard & Widmer, 2005). سنگال، کامپیوترهای نو و دست دوم وارد می کند (Rochat & Laissaoui, 2008). حدود ۱۵٪ از کامپیوترهای وارداتی در اوگاندا مورد استفاده قرار می گیرند. در سال ۲۰۰۷، بر طبق برآوردها ۵/۴ میلیون تن EEE با بازار کنیا وارد شد و در همان سال حدود ۷/۴ هزار تن WEEE تولید گشت (Schluep et al., 2009). در سال ۲۰۰۶ برزیل ۶۷۹ هزار تن WEEE تولید کرد، در حالی که مکزیک حدود ۲۸ هزار تن زباله IT داشت. در سال ۲۰۰۷ کلمبیا حدود ۶ الی ۹ هزار تن زباله کامپیوتری تولید کرد، حال آنکه پرو حدود ۷/۳ هزار تن و شیلی ۷ هزار تن WEEE در همان سال تولید کردند (Silva et al., 2008). بر طبق اعلان سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا حدود ۲۳۵ میلیون

^۱ Yang

دستگاه در سال ۲۰۰۷ جمع‌آوری شد (EPA) NA. در سال ۲۰۰۲ کانادا حدود ۸۶ هزار تن WEEE تولید کرد (Environment Canada, 2003).

با پیشرفت تکنولوژی و اقتصاد میزان WEEE جهانی تغییر خواهد کرد زیرا مقدار کلی تولید رایانه و دیگر کالاهای الکترونیکی به شدت با میزان تولید ناخالص داخلی کارخانه‌ها در ارتباط است.

۸-۳- بازیافت، پردازش و دفع مواد

پس از منتقل شدن WEEE به مراکز بازیابی مواد (MRF)^۱، ضایعات دسته‌بندی می‌شوند. ضایعات دسته‌بندی شده می‌توانند شامل دو گروه "قابل استفاده مجدد" و "بازیافتی" باشند. مدارک محکمی وجود دارد که بیان می‌کند روند انجام تعمیرات که در طول دو دهه قبل در آمریکا انجام می‌شد، امروزه اقتصادی نیست. بر طبق اعلان سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، در سال ۱۹۹۷ صنعت تعمیر تلویزیون در آمریکا ۵۸۸۰۰۰ نفر را استخدام کرده بود؛ اما بر طبق مطالعات یانگ‌های و شونونگ (۲۰۰۵) این صنعت دچار افت شده است؛ بنابراین مراکز بازیابی مواد، مقادیر زیادی از WEEE را دریافت می‌کنند که در آنجا قطعات ارزشمند جدا شده و فروخته می‌شوند.

عمل بازیافت شامل مراحل زیر است: (۱) جداسازی قطعات، (۲) ارتقاء قطعات، (۳) پالایش (کوبی و فورسبرگ ۲۰۰۳). شکل ۸-۴ نمودار شکاتیک مراحل بازیافت مواد را نشان می‌دهد. در شکل ۸-۵ نمودار فرآیند دفع CRT دیده می‌شود. در این مراکز به دلیل پیچیدگی دستگاه‌ها برخی مراحل بازیافت انجام نمی‌شوند. برخی از فعالیت‌های بازیافتی و دفع WEEE در کشورهای در حال توسعه بسیار آلاینده و تهدیدی برای سلامتی انسان هستند. این فعالیت‌های آلاینده شامل سوزاندن سیم و دیگر قطعات الکترونیکی جهت تفکیک فلزات، خرد کردن دستی کالاهای الکتریکی/الکترونیکی و تلفن‌های همراه (جدول ۸-۱ و ۸-۲) جهت بازیافت فلزات، تفکیک دستی پلاستیک، شیشه و دیگر قطعات، و غوطه‌وری دستی کالاهای الکتریکی و الکترونیکی در مواد شیمیایی، هستند.

میزان بازیافت مواد در مراکز بازیافت به ابعاد این مراکز و محصولات الکترونیکی موردنظر بستگی دارد (IAER, 2003). بازار بازیافت از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. بیش از ۵۰٪ از WEEE کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه‌ای همچون چین، هند و پاکستان فرستاده می‌شوند زیرا بازار مواد "قابل استفاده مجدد" و "بازیافتی" در این کشورها بسیار پرتعداد است.

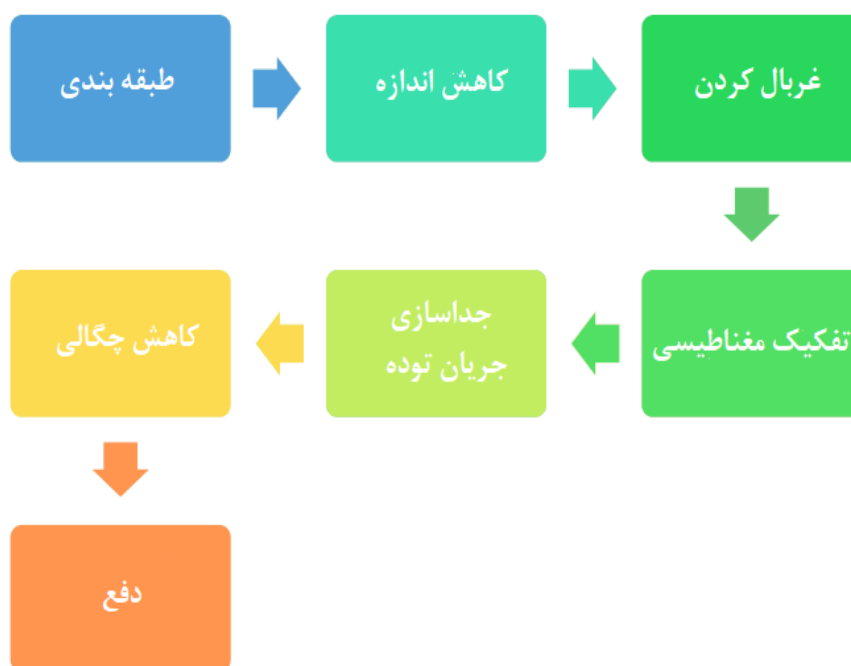
جداسازی قطعات برای بازیافت مواردی همچون غلاف، CRT، کابل خارجی، باتری، برد مدار چاپی (PCB) و غیره معمولاً به صورت دستی انجام می‌شود. این قطعات امتحان می‌شوند و قطعات

^۱ Materials Recovery Facility

سالم به بازارهای مصرف کننده لوازم دست دوم همانند تعمیرگاه‌ها، مراکز مونتاژ کالاهای الکترونیکی، و مراکز خدمات محصولات الکترونیکی فرستاده می‌شوند.

به دلیل حجم، محدودیت دفع و هزینه‌های بازیافت، لامپ پرتو کاتدی یکی از موارد مهم در جداسازی قطعات است. شکل ۸-۶ انبارهای معمولی و واحدهای تفکیک را نشان می‌دهد.

CRT از دو بخش مهم تشکیل می‌شود: (۱) قطعات شیشه‌ای حاوی قیف شیشه‌ای، لحیم شیشه‌ای، پنل شیشه‌ای، گردن شیشه‌ای، و (۲) قطعات غیرشیشه‌ای شامل لاستیک، تفنگ الکترونیکی، فولاد، مس، روکش فسفر دارد، شیشه CRT دارای هیدروکسید سدیم (NaOH)، اکسید سیلیس (SiO_2)، اکسید کلسیم (CaO)، اکسید روی (ZnO)، اکسید باریم (BaO)، اکسید پتاسیم (K_2O)، اکسید منیزیم (MgO)، و اکسید سرب (PbO).



شکل ۸-۴ دیاگرام شماتیک از مراحل مختلف در تأسیسات بازیابی مواد

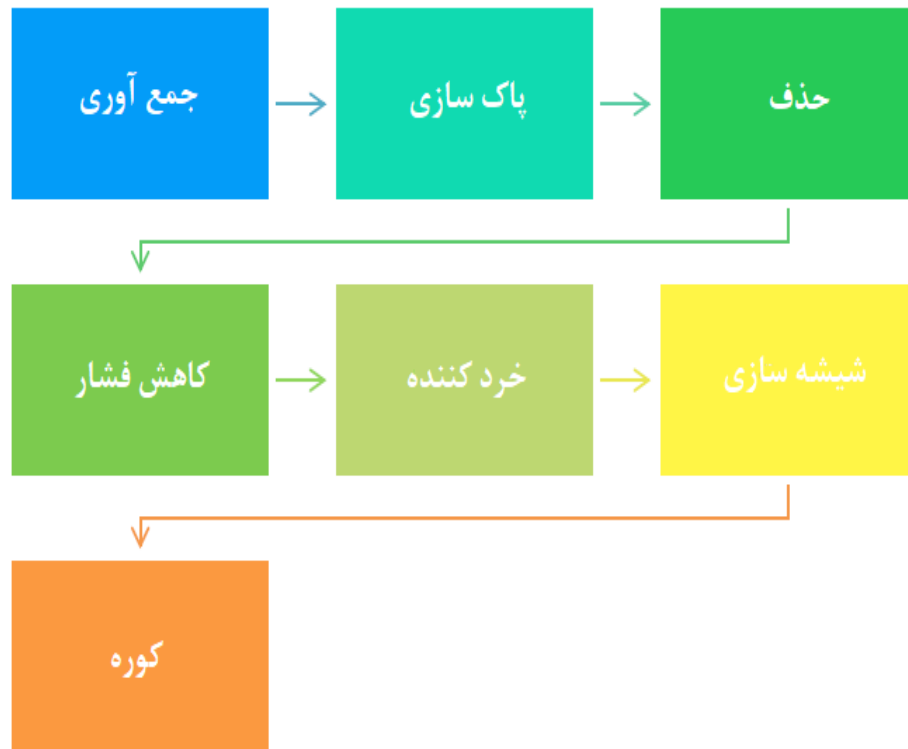
جدول ۸-۱ باتری‌های قابل شارژی که به‌طور معمول استفاده می‌شوند

نوع	اجزای عمده	موارد کاربرد
نیکل-کادمیوم (NiCad)	نیکل، کادمیوم، هیدروکسید پتاسیم	ابزارهای انرژی، تلفن‌های بی‌سیم، رادیوهای حرفه‌ای
هیبرید فلز نیکل	نیکل، برخی فلزات خاک‌های کمیاب	ابزارهای انرژی، تلفن‌های بی‌سیم، رادیوهای حرفه‌ای
یون لیتیم	لیتیم، اکسید کبالت	کامپیوترها، تلفن‌های همراه، دوربین‌های دیجیتال
آلکالین قابل شارژ	روی، دی‌اکسید منگنز، هیدروکسید پتاسیم	چراغ‌قوه‌ها، رادیوها، اسباب‌بازی‌ها، کنترل‌های از راه دور، بازکننده‌های در پارکینگ
اسید-سرب مهروموم‌شده کوچک	سرب، سولفوریک اسید	سیستم‌های هشدار، نورافکن‌های اضطراری، برخی اسباب‌بازی‌ها و سایر دستگاه‌های گوناگون
اکسیداسیون و استفاده مجدد و انادایوم	پنتاکسید و انادایوم، سرب، اکسید سرب، سولفوریک اسید	وسایل نقلیه الکتریکی و وسایل نقلیه
باتری اسید سرب		

در حال حاضر دو نوع تکنولوژی برای بازیافت CRT مورد استفاده است: (۱) بازیافت شیشه به شیشه، و (۲) بازیافت شیشه به سرب.

جدول ۸-۲ باتری‌های غیرقابل شارژ که به‌طور رایج مورد استفاده هستند

نوع	اجزای عمده	موارد کاربرد
کربن-روی یا روی کربن	روی، کربن، آمونیوم کلرید	چراغ‌قوه، اسباب‌بازی، ساعت‌های کنترل از راه دور و حسگرهای دود
منگنز آلکالین	روی، دی‌اکسید منگنز، هیدروکسید پتاسیم	چراغ‌قوه، رادیو، اسباب‌بازی، ماشین حساب، دستگاه‌های کنترل از راه دور، رادیوهای جیبی و تلویزیون
منگنز آلکالین، سلول‌های دکمه‌ای	روی، دی‌اکسید منگنز، هیدروکسید پتاسیم	ساعت مچی، ماشین حساب، اسباب‌بازی، بعضی از دوربین‌ها
لیتیم	لیتیم، دی‌اکسید منگنز یا پلی کربن مونوفلئورید، حلال آلومینیوم	دوربین، پیجر، قفل‌های بدون کلید
بخار آلومینیوم	روی، کربن	عملیات جنگی
بخار روی	اکسید جیوه، روی، هیدروکسید پتاسیم	سمعک، پیجر
باتری‌های دکمه‌ای اکسید جیوه	اکسید جیوه، روی، هیدروکسید پتاسیم	سمعک، ساعت مچی
باتری‌های بزرگتر اکسید جیوه	اکسید جیوه، روی، هیدروکسید پتاسیم	صنایع ویژه، تجهیزات پزشکی و اورژانسی
باتری اکسی‌هیدروکسید نیکل	اکسی‌هیدروکسید نیکل، دی‌اکسید منگنز و گرافیت	چراغ‌قوه، رادیو، اسباب‌بازی، ماشین حساب، دستگاه‌های کنترل از راه دور، رادیوهای جیبی و تلویزیون
اکسید نقره	اکسید نقره، روی، هیدروکسید پتاسیم	ساعت مچی، ماشین حساب، اسباب‌بازی، کارت تبریک‌ها، کتاب‌های موزیکال



شکل ۸-۵ دیاگرام فرایند برای دفع CRT ها

در بازیافت شیشه به شیشه، تمام شیشه بدون جدا کردن قیف و پنل شیشه‌ای بازیافت می‌شود. در بازیافت شیشه به سرب، مس و همچنین سرب از شیشه CRT جدا شده و در طی فرایند ذوب بازیابی می‌گردند. تفکیک قطعات همراه با ارتقاء و پالایش آنها، نیاز به فرآیندهای مکانیکی و متالورژی دارد. فرآیندهای مکانیکی شامل ریز و خرد کردن است تا بر اساس ویژگی‌های فیزیکی همچون اندازه، وزن، چگالی، شکل، و خواص مغناطیسی و الکتریکی، مقدار مشخصی از مواد به دست آید.

فرایندهای متداول تفکیک شامل جداسازی مغناطیسی قطعات آهنی و جداسازی گردابی قطعات غیرآهنی هستند.

جداکننده مغناطیسی با استفاده از آهنربای دائم و یا الکتریکی، قطعات را جدا می‌کند. جداکننده مغناطیسی دارای نوار سقفی یکی از رایج‌ترین سیستم‌های جداسازی است. خرده‌های قطعات روی تسمه‌نقاله مغناطیسی حرکت می‌کنند و قطعات آهنی به دلیل جاذبه ایجادشده به

آهنربای مخصوص می‌چسبند، و سایر مواد توسط نیروی جاذبه داخل سطل مخصوص جمع‌آوری مواد غیر آهنی می‌ریزند. قطعات آهنی چسبیده به نقاله، به سیستم جمع‌آوری منتقل شده و در آنجا به داخل سطل مخصوص ریخته می‌شوند تا دیگر تحت تأثیر میدان مغناطیسی آهنربا نباشند.

بخش مغناطیسی که عمدتاً شامل قطعات آهنی است، به کارخانه فولاد/ریخته‌گری فرستاده می‌شود. بخش‌های آلومینیومی و مسی به ترتیب برای بازیافت مواد مربوطه مورد استفاده قرار خواهند گرفت. بخش پلاستیکی نیز در صنعت بازیافت مواد پلاستیکی استفاده خواهد شد. پلاستیک‌های غیر قابل ذوب برای ساخت محصولات هم‌چون پانل‌های صوتی مورد استفاده در سالن‌های کنفرانس یا سقف‌های کاذب، به کار خواهند رفت. شیشه‌های خرد شده دوباره توسط تولیدکنندگان شیشه مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

تفکیک گردابی برای جداسازی قطعات غیر آهنی از قطعات غیرفلزی به کار برده می‌شود. هنگامی که قطعه غیر آهنی از روی جداکننده عبور می‌کند، آهنربای موجود در بدنه دستگاه با سرعت زیادی شروع به چرخش می‌نماید. این امر موجب ایجاد جریان گردابی در قطعه آهنی می‌شود که به نوبه خود باعث تشکیل میدان مغناطیسی در اطراف قطعه می‌گردد. یکسان بودن قطب میدان مغناطیسی با قطب آهنربای در چرخش منجر به دور شدن قطعه غیر آهنی از آهنربا می‌شود. اثر این دافعه در قطعات آهنی بیشتر از قطعات غیرفلزی است که باعث جدا شدن این دو بخش از هم می‌گردد. میزان رسانایی الکتریکی و چگالی ماده، دو شاخص مهم در تفکیک گردابی هستند. هرچه میزان رسانایی و چگالی بیشتر باشد، جداسازی بهتر صورت می‌گیرد.

آلومینیوم به آسانی در تفکیک گردابی جدا می‌شود. فولاد ضدزنگ، شیشه و پلاستیک در نسبت "رسانایی به چگالی" دارای ارزش صفر هستند، به این معنی که این مواد نمی‌توانند از طریق تفکیک گردابی جداسازی شوند. فلزات غیر آهنی به کاررفته در قطعات غیرفلزی (برای مثال سیم‌های مسی و آلومینیومی که عایق‌بندی شده‌اند) از طریق تفکیک گردابی، قابل جداسازی نیستند.

مواد پلاستیکی با افزودنی‌هایی پوشانده شده یا ترکیب می‌شوند تا ضد شعله باشند. وجود چنین افزودنی‌هایی به عنوان مانعی در فرایند بازیابی پلاستیک عمل می‌کند. از این رو، بازیافت‌کنندگان به منبع ثابتی از پلاستیک مشابه نیاز خواهند داشت، اما از آنجایی که برای ساخت هر محصول الکترونیکی از رزین/رنگ/افزودنی متفاوتی استفاده می‌شود، تحقق این امر امکان‌پذیر نخواهد بود.

میزان تأثیر پردازش و دفع WEEE بر محیط‌زیست و سلامت، بستگی به تکنولوژی مورد استفاده دارد. برای مثال، ممکن است در مرحله از جداسازی، مواد خطرناکی هم‌چون جیوه نشت پیدا کنند (Aucott et al., 2003). به طور مشابه، هنگام در رسیدگی به CRTها، به دلیل وجود خلاء در لوله‌ها و پوشش فسفردار شیشه‌های CRT، خطر انفجار وجود دارد.

انبار کردن



واحد تفکیک

واحد تفکیک
CRT

شکل ۸-۶ نمونه‌ای از انبار کردن و واحدهای تفکیک در واحدهای پردازش WEEE

هنگام خرد کردن بوردهای مدار چاپی، گرد خاک حاوی پلاستیک، سرامیک، فلزات مختلف و سیلیس ایجاد می‌شود (MJC, 2004). بر اساس مطالعات انجام‌شده توسط "میشواد" و همکاران (۲۰۰۳) درباره مراکز بازیافت مواد الکترونیک آمریکا، میزان کادمیوم و سرب در هوای این مراکز به ترتیب ۰/۲۷ و ۱/۴ میکروگرم بر مترمکعب ($\mu g/m^3$) تعیین شد. وجود مواد مقاوم در برابر شعله

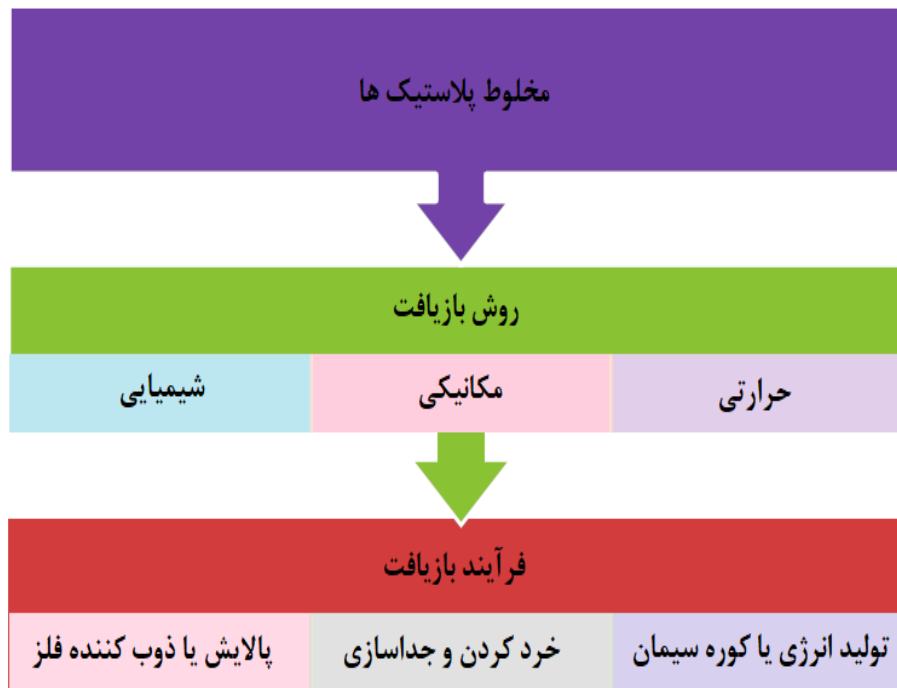
بروم (BFRs) در ریزگردهای سیستم پالایش بدون گاز در یک کارخانه بازیافت WEEE در سوئیس توسط مورف و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شد. مطالعات تاکی گامی و همکاران (۲۰۰۶) در خصوص هوای موجود در واحدهای بازیافت تلویزیون، حاکی از وجود غلظت بیشتر مواد مقاوم در برابر شعله بروم (BFRs) نسبت به سطح مورد انتظار بود.

دیوکسین و فوران^۱ حاصل از احتراق به‌دقت موردبررسی قرار داده شدند (Funcke & Hemminghaus, 1997; Sakai, et al., 2001; Soderstrom & Marklund, 2002; Tange & Drohmann, 2005; Vehlow, et al., 2000; Watanabe, et al., 2008).

شکل ۷-۸ گزینه‌های بازیافت موجود برای رسیدگی به پلاستیک‌های حاصل از دستگاه‌های الکترونیکی از دور خارج‌شده را نشان می‌دهد. زدودن رنگ و پوشش از این پلاستیک‌ها امری ضروری است، در غیر این صورت خواص پلاستیک‌های بازیافت شده، بازده اقتصادی خوبی نخواهد داشت. کروم موجود در پلاستیک‌های روکش‌دار پیش‌ساخته می‌تواند با استفاده از روش‌های برودتی خرد شود تا از ورود مواد پوششی به پودر و گرانول پلاستیک جلوگیری به عمل آید. سایر روش‌های مورد استفاده برای از بین بردن رنگ و پوشش پلاستیک عبارت‌اند از: روش‌های سایشی، استفاده از حلال، روش‌های از بین بردن رنگ با درجه حرارت بالا (Biddle, 1999; Plastic technology, 1994).

سرب، معمولاً با استفاده از کوره‌های بازتابی از طریق پر کردن کوره با مواد دارای سرب بازیافت می‌شود، به‌این ترتیب که مواد سربی در آن تبدیل به سرب فلزی تبدیل شده و سایر ترکیبات از طریق اکسایش به خاکستر تبدیل می‌شوند. شکل ۸-۸، فرآیند بازیابی ثانویه سرب را نشان می‌دهد. خاکستر تولیدشده در این کوره‌ها، همراه با آهن و سنگ آهک در کوره‌های ذوب‌آهن به‌عنوان عامل گدازنده به کار می‌رود تا کارایی کوره را افزایش دهد.

^۱ Furan



شکل ۸-۷ گزینه‌های موجود بازیافت برای مدیریت پلاستیک‌های حاصل از لوازم الکترونیکی در پایان عمر آن‌ها.

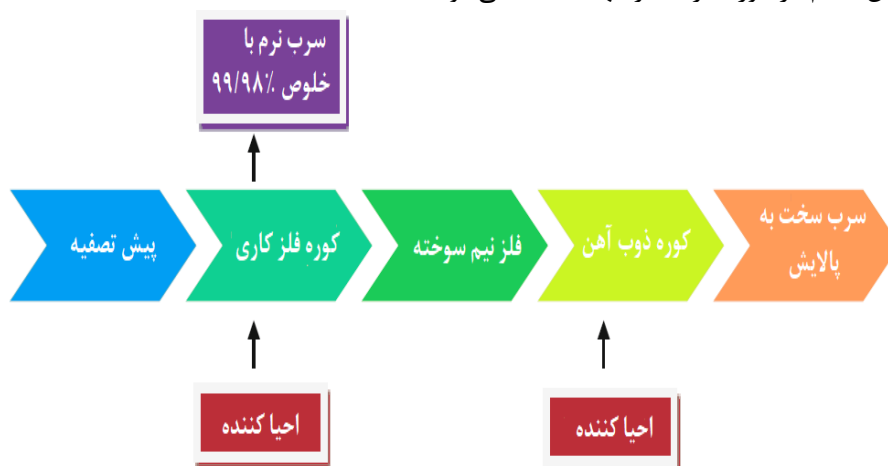
مس نیز در کوره‌های ذوب آهن بازیابی می‌شود که در آن قراضه مس با عوامل کاهنده‌ای همچون آهن قراضه و پلاستیک کاهش داده می‌شود. شکل ۸-۹ فرآیندهای بازیابی ثانویه مس را نشان می‌دهد. محصول به‌دست‌آمده از این کوره‌ها، مس سیاه نامیده می‌شود که جهت اکسایش، وارد مبدل می‌گردد. محصول مبدل تاول شکل^۱ که دارای خلوص ۹۵٪ از مس است وارد کوره‌های آند می‌شود که در این کوره‌ها از ذغال سنگ، چوب یا زباله‌های پلاستیکی به‌عنوان عامل کاهنده استفاده می‌گردد. خلوص مس تولیدشده در کوره‌های آند را می‌توان در پالایشگاه‌های الکترولیتی افزایش داد.

فلزات گرانبها مانند طلا، نقره، پالادیوم و پلاتین را در پالایشگاه فلزات گرانبها بازیابی می‌کنند. در شکل ۸-۱۰ نمودار شماتیکی از فرآیند بازیابی فلزات گرانبها آورده شده است. شکل ۸-۱۱ تفکیک دستی صفحات بزرگ مسی و پلاستیکی پس از خرد شدن و غربالگری را نشان می‌دهد. تمام

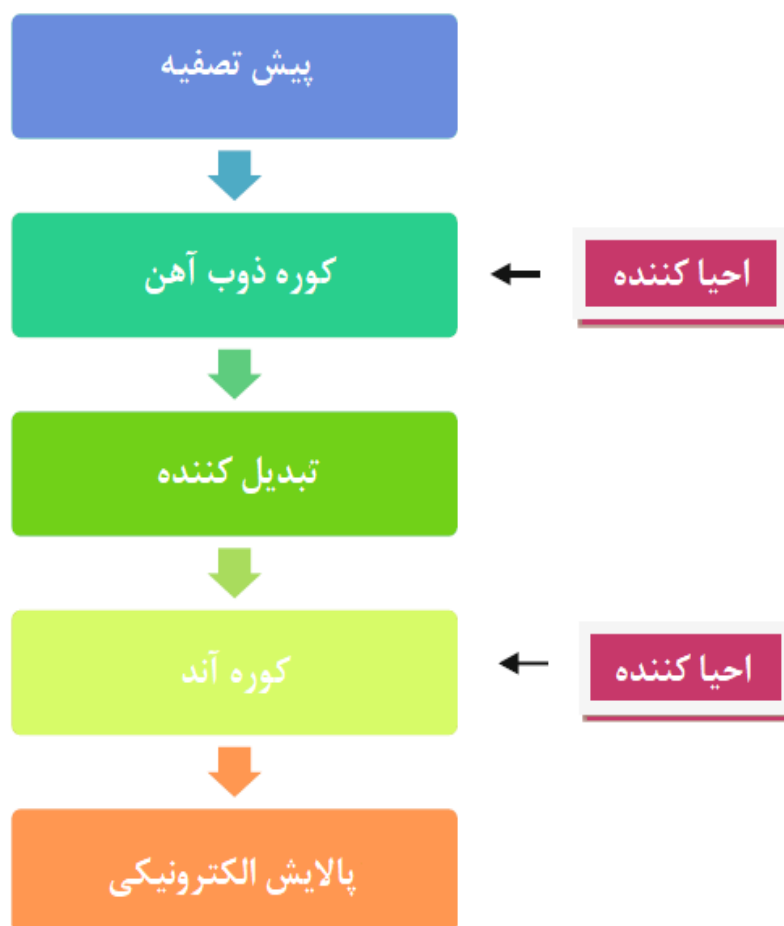
^۱ Blister form converter

کارخانه‌های فرآوری WEEE قادر به بازیابی فلزات گرانبهایی همچون طلا، پلاتین و غیره نیستند. در چنین شرایطی، پودر فلز به کارخانجات خاصی که دارای امکانات بازیافت این فلزات هستند، فرستاده می‌شود.

لعاب حاصل از الکترولیز مس با استفاده از فشار، تصفیه و آبشویی می‌گردد و بقایای آن همراه با روغن لحیم در کوره فلزات گرانبها گداخته می‌شود.

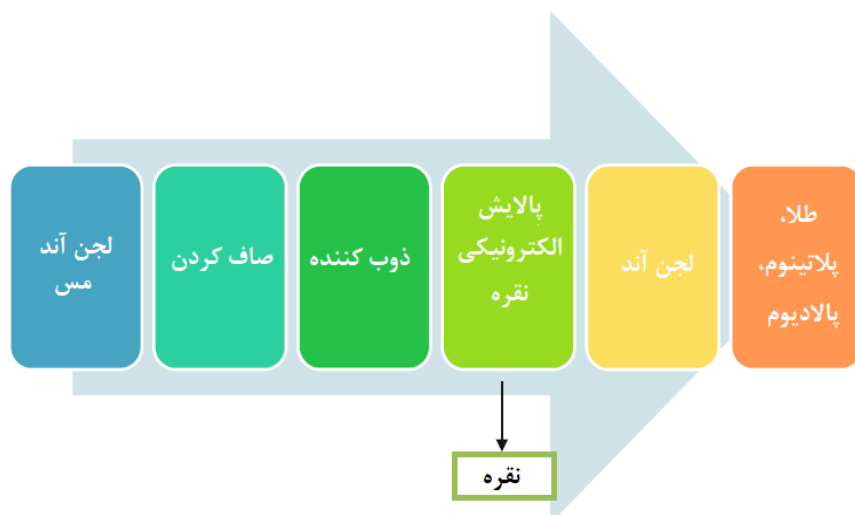


شکل ۸-۸ فرایند بازیابی ثانویه سرب



شکل ۸-۹ فرآیندهای بازیابی ثانویه مس

فرایند متالورژی شامل ذوب و آبکاری است. پردازش هیدرومتالورژیکی نیاز به اسیدشویی یا آبشویی مواد جامد همراه با جداسازی و تغلیظ دارد. حلال‌های مهم تصفیه که در مرحله پردازش متالورژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از اسیدسولفوریک، آب‌اکسیژنه، تیزاب سلطانی^۱، تیورآ^۲، محلول صافی سیانید، اسید نیتریک، هیدروکسید سدیم، هیدروکلریک اسید و غیره (Antrekowitsch, et al., 2006). روکش‌دار کردن یونی به دلیل استفاده نکردن از محلول‌های شیمیایی یکی از روش‌های سازگار با محیط‌زیست می‌باشد و روشی است که گاهی در مراکز پردازش WEEE استفاده می‌گردد. این روش با نام‌های رسوب نهشت یونی (IAD)^۳ یا رسوب بخار یونی (IVD)^۴ نیز شناخته می‌شود. روکش‌دار کردن یونی یک فرایند رسوب بخار فیزیکی است که در آن مواد ته‌نشین شده، بخار داده می‌شوند و لایه از مواد رسوب می‌دهند.



شکل ۸-۱۰ فرآیند بازیابی فلزات گران‌بها

^۱ Aqua regia

^۲ thiourea

^۳ Ion Assisted Deposition

^۴ Ion Vapour Deposition



شکل ۸-۱۱ جداسازی دستی کسر بیشتری از گلوله‌های مسی و پلاستیک پس از خرد و غربال کردن

منابع

- AEA (AEA Technology) (2004) WEEE & Hazardous Waste. A report produced for DEFRA APME (Association of Plastic manufacturers in Europe) (2001) Plastics—a material of innovation for the electrical & electronic industry, APME.
- Antrekowitsch H, Potesser M, Spruzina W, Prior F (2006) Metallurgical recycling of electronic scrap. In: Proceedings of the EPD Congress 2006, 12–16 Mar 2006, San Antonio, Texas, pp 899–908.
- Aucott M, McLinden M, Winka M (2003) Release of mercury from broken fluorescent bulbs. *J Air Waste Manage Assoc* 53(2):143–151.
- BAN & SVTC (2002) The Basel action network & silicon valley toxics coalition. Exporting Harm: The High-tech Trashing of Asia, Seattle.
- Biddle M (1999) An overview of recycling plastics from durable goods: challenges & opportunities. Indentiplast II, Belgium.
- Birnbaum L, Staskal D (2004) Brominated flame retardants: cause for concern? *Environ Health Perspect* 112(1):9–17.
- Brett HR (2009) E-waste: an assessment of global production & environmental impacts. *Sci Total Environ* 408:183–191.
- Brigden K, Labunska I, Santillo D, Alsopp M (2005a) Recycling of electronic wastes in China & India: workplace & environmental contamination. Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, UK.
- Brigden K, Labunska I, Santillo D, Johnston P (2008) Chemical contamination at E-waste recycling & disposal sites in accra & korforidua, Ghana. Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, UK.
- Brigden K, Labunska I, Santillo D, Allsopp D (2005) Recycling of electronic wastes in China & India: workplace & environmental contamination. Report, Greenpeace International.
- Cobbing M (2008) Toxic tech: not in our backyard, uncovering the hidden flows of e-waste. Greenpeace International, Amsterdam.
- Cui J, Forssberg E (2003) Mechanical recycling of waste electric & electronic equipment: a review. *J Hazard Mater* B99:243–263.
- Dalrymple I, Wright N, Kellner R, Bains N, Geraghty K, Goosey M, Lightfoot L (2007) An integrated approach to electronic waste (WEEE) recycling. *CircuitWorld* 33(2): 52–58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1108/03056120710750256>.

- Deutsche Umwelthilfe (2007) Hamburg—gate to the world for illegal waste exports? Part 1. How Hanseatic City of Hamburg tries to get rid of its liability, Berlin.
- DIT (Department of information technology) (2003) Environmental management for Information Technology industry in India, Department of Information Technology, Government of India, pp 122–124.
- Dimitrakakis E, Janz A, Bilitewski B, Gidarakos E (2009) Small WEEE: determining recyclables & hazardous substances in plastics. J Hazard Mater 161(2–3):913–919.
- Environment Agency (2010) Waste electrical & electronic equipment UK data reports. Available from: <http://www.environment-agency.gov.uk/business/topics/waste/111016.aspx>. Accessed on 20 June 10.
- Environment Canada (2003) Baseline study of end-of-life electrical & electronic equipment in Canada, Canada. Available from: <http://www.epsc.ca/>
- EPS Canada (2006) Electronics product stewardship Canada: environmentally sound recycling of electronics. Guidance document.
- FEA (2008) Press Releases 019/2008. Electrical & Electronic Equipment Act—ElektroG in Effect for Three Years. German Federal Environment Agency (FEA), <http://www.umweltbundesamt.de/uba-infopresse-e/2008/pe08-019.htm>. Accessed on 16 Aug 2010
- EPA (Environment Protection Agency) NA: Statistics on the management of used & end-of-life electronics. <http://www.epa.gov/epawaste/conserve/materials/ecycling/manage.htm>. Assessed. 4 April 2010
- 212 8 Waste From Electrical & Electronic Equipment.
- Fishbein BK (2002) Waste in the wireless world: the challenge of cell phones. INFORM, USA.
- Funcke W, Hemminghaus HJ (1997) PXDF/D in flue gas from an incinerator charging wastes. containing Cl & Br & a statistical description of the resulting PXDF/D combustion profiles. Organohalogen Compd 31:93–98.
- Greenpeace The e-waste problem|Greenpeace International, NA: Available from: <http://www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/the-e-waste-problem>. Accessed 4 May 2008.

- Goosey M (2004) End-of-life electronics legislation—an industry perspective. *Circuit World* 30(2):41–45.
- Hai-Yong Kang, Schoenung JM (2005) *Res Conserv Recycl* 45:368–400.
- Hosoda E (2007) International aspects of recycling of electrical & electronic equipment: material circulation in the East Asian region. *J Mater Cycles Waste Manage* 9(2):140–150.
- Huisman J, Magalini F, Kuehr R, Maurer, Ogilvie CS, Poll J, Delgado C, Artim E, Szlezak J, Stevels A (2008) Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE), United Nations University.
- He WZ, Li GM, Ma XF, Wang H, Huang JW, Xu M, Huang CJ (2006) WEEE recovery strategies & the WEEE treatment status in China. *J Hazard Mater* 136(3):502–512.
- International Association of Electronics Recyclers (IAER) (2003) IAER electronics recycling industry report.
- Janz A, Bilitewski B (2009) WEEE in & outside Europe—hazards, challenges & limits. In: Lechner P (ed) *Prosperity waste & waste resources*. Proceedings of the 3rd BOKU Waste Conference, 15–17 April. BOKU-University of Natural Resources & Applied Life Sciences, Vienna, pp 113–122.
- Jinglei Yu, Meiting Ju, Williams E (2009) Waste electrical & electronic equipment recycling in China: practices & strategies. In: 2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems & Technology. ISSST, Tempe, Arizona, USA, 18–20 May 2009.
- Ketai He, Li Li, Wenying Ding (2008) Research on recovery logistics network of waste electronic & electrical equipment in China. In: *Industrial Electronics & Applications*, 2008. In: ICIEA 2008. 3rd IEEE conference on, 1797–1802.
- Khetriwal DS, Kraeuchi P, Widmer R (2009) Producer responsibility for e-waste management: key issues for consideration—learning from the Swiss experience. *J Environ Manage* 90(1):153–165.
- Ladou J, Lovegrove S (2008) Export of electronics equipment waste. *Int J Occup Environ Health* 14:1–10.
- Li JH, Gao S, Duan HB, Liu LL (2009) Recovery of valuable materials from waste liquid crystal display panel. *Waste Manag* 29:2033–2039.

- Li J, Tian B, Liu T, Liu H, Wen X, Honda S (2006) Status quo of e-waste management in mainland China. *J Mater Cycles Waste Manage* 8(1):13–20.
- Liu XB, Tanaka M, Matsui Y (2006a) Electrical & electronic waste management in China: progress & the barriers to overcome. *Waste Manage Res* 24(1):92–101.
- Liu XB, Tanaka M, Matsui Y (2006b) Generation amount prediction & material flow analysis of electronic waste: a case study in Beijing, China. *Waste Manag Res* 24:434–445.
- Lombard R, Widmer R (2005) e-Waste assessment in South Africa, a case study of the Gauteng province. EMPA—Swiss Federal Laboratories for Materials Testing & Research, Switzerland. http://ewasteguide.info/Widmer_2005_Empa. Accessed 27 Jan 2011.
- Manomaivibool P (2009) Extended producer responsibility in a non-OECD context: the management of waste electrical & electronic equipment in India. *Res Conserv Recycl* 53(3):136–144.
- Manhart A (2007) Key social impacts of electronics production & WEEE-Recycling in China. Öko-Institut e.V, Freiburg.
- Mester A, Fraunholz N, van Schaik A, Reuter MA (2005) Characterization of the hazardous components in end-of-life notebook display. *Light Met* 2005:1213–1216. References 213
- MJC (2004) Screening level human health & ecological risk assessment for generic E-waste processing facility. MJC & Associates for Environment Canada.
- Morf LS, Tremp J, Gloor R, Huber Y, Stengele M, Zennegg M (2005) Brominated flame retardants in waste electric & electronic equipment: substance flows in a recycling plant. *Environ Sci Technol* 39:8691–8699.
- Morf LS, Tremp J, Gloor R, Schuppisser F, Stengele MRT (2007) Metals, non-metals & PCB in electrical & electronic waste—actual levels in Switzerland. *Waste Manage Res* 27:1306–1316.
- NEP (2006) E-Waste curriculum development project. Phase 1: Literature Review. The Natural Edge Project (NEP). Available from: <http://www.Naturaledgeproject.net/default.aspx>.
- NEWMOA (2008) Northeast Waste Management Officials' Association: IMERC fact sheets on mercury uses. Available from: <http://www.newmoa.Org/prevention/mercury/imerc/factsheets>

- Nnorom IC, Osibanjo O (2008) Electronic waste (e-waste): material flows & management practices in Nigeria. *Waste Manage* 28(8):1472–1479.
- Osibanjo O, Nnorom IC (2007) Material flows of mobile phones & accessories in Nigeria: environmental implications & sound end-of-life management options. *Environ Impact Assess Rev* 28(2–3):198–213.
- OECD (2003) Technical guidance for the environmentally sound management of specific waste streams: used & scrap personal computers.
- Ongondo FO, Williams ID, Cherrett TJ (2011) How are WEEE doing? A global review of the management of electrical & electronic wastes. *Waste Manage* 31:714–730.
- Oyuna T, Magnus B., 2011: Chemical hazards associated with treatment of waste electrical & electronic equipment. *Waste Manage* 31:45–58.
- Peters-Michaud N, Katers J, Barry J (2003) Occupational risks associated with electronics demanufacturing & CRT glass processing operations & the impact of mitigation activities on employee health & safety. In: *Proceedings of the Electronics & the Environment. IEEE International Symposium 2003*, pp 323–328.
- POST (2007) Postnote—Electronic Waste. UK, Parliamentary Office of Science & Technology (POST). Available from: http://www.parliament.uk/parliamentary_offices/post/pubs2007.cfm.
- Plastic Technology (1994) Nissan begin recycling painted car bumpers, June 1994, p 96.
- Puckett J, Byster L, Westervelt S, Gutierrez R, Davis S, Hussain A, Dutta M (2003) Exporting harm: the high-tech trashing of Asia. Basel Action Network & Silicon Valley Toxics Coalition. <http://www.ban.org/Ewaste/technotrashfinalcomp.pdf> downloaded on 31 Dec 2011.
- Puckett J, Westervelt S, Gutierrez R, Takamiya Y (2005) The digital dump. Exporting re-use & abuse to Africa. Report from the Basel Action Network, Seattle.
- Puckett J, Byster L, Westervelt S, Gutierrez R, Davis S, Hussain A, Dutta M (2002) Exporting harm: the high-tech trashing of Asia. The Basel Action Network (BAN) & Silicon Valley Toxics Coalition

- (SVTC) with Toxics Link India, SCOPE Pakistan & Greenpeace China, 25 Feb 2002.
- Terazono A, Yoshida A, Yang JX, Moriguchi Y, Sakai S (2004) Material cycles in Asia: especially the recycling loop between Japan & China. *J Mater Cycles Waste Manage* 6(2):82–96.
- Ramesha C, Ravi DR (2009) Environmental issues, law & technology. Research India Publications, New Delhi.
- Robinson BH (2009) E-waste: an assessment of global production & environmental impacts. *Sci Total Environ* 408:183–191.
- Rochat D, Laissaoui S E (2008) Technical Report on the Assessment of E-waste Management in Morocco. EMPA – Swiss Federal Laboratories for Materials Testing & Research, Switzerland. http://ewasteguide.info/Laissaoui_2008_CMPP downloaded on 31 Dec 2011.
- Sakai S, Watanabe J, Honda Y, Takatsuki H, Aoki I, Futamatsu M, Shiozaki K (2001) Combustion of brominated flame retardants & behavior of its byproducts. *Chemosphere* 42:519–531 214 8 Waste From Electrical & Electronic Equipment.
- Schluep M, Hagelüken C, Kuehr R, Magalini F, Maurer C, Meskers CE, Mueller E, Wang F (2009) Recycling—from E-waste to Resources. United Nations Environment Programme & United Nations University, Germany. Available from: http://isp.unu.edu/news/2010/files/UNEP_eW2R_publication.pdf.
- Schmidt CW (2006) Unfair trade—E-waste in Africa. *Environ Health Perspect* 114:A232–A235.
- Sepúlveda A, Schluep M, Renaud FG, Streicher M, Kuehr R, Hagelüken C, Gerecke AC (2010) A review of the environmental fate & effects of hazardous substances released from electrical & electronic equipments during recycling: examples from China & India. *Environ Impact Assess Rev* 30(1):28–41.
- Shinkuma T, Huong NTM (2009) The flow of E-waste material in the Asian region & a reconsideration of international trade policies on E-waste. *Environ Impact Assess Rev* 29(1):25–31.
- Silva U, Ott D, Boeni H (2008) E-waste recycling in Latin America: overview, challenges & potential. In: Global symposium on recycling, waste treatment & clean technology, Cancun, Mexico, 12–15 Oct 2008.

- Söderström G, Marklund S (2002) PBCDD & PBCDF from incineration of waste containing brominated flame retardants. *Environ Sci Technol* 36:1959–1964.
- Streicher-Porte M (2006) SWICO/S.EN.S, the Swiss WEEE recycling systems & best practices from other European systems. In: 2006 IEEE International Symposium on Electronics & the Environment, May 8–11. In: Proceedings of the 2006 IEEE International Symposium on Electronics & the Environment. Scottsdale, AZ, USA, IEEE, pp 281–287.
- Radha G (2002) A study of the performance of the Indian IT Sector' at www.nautilus.org. Accessed 21 June 2005.
- Takigami H, Hirai Y, Matsuzawa Y, Sakai S (2006) Brominated flame retardants & brominated dioxins in the working environment & environmental emission—a case study at an electronics recycling plant. *Organohalogen Compd* 68:2190–2193
- Tange L, Drohmann D (2005) Waste electrical & electronic equipment plastics with brominated flame retardants—from legislation to separate treatment—thermal processes. *Polym Degrad Stab* 88(1):35–40.
- UNEP (2006) Call for global action on E-waste. United Nations Environment Programme.
- UNU (2007) Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE). Final Report to European Commission, Bonn.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2000) Electronic reuse & recycling infrastructure development in Massachusetts, EPA-901-R-00-002.
- Vehlow J, Bergfeldt B, Jay K, Seifert H, Wanke T, Mark FE (2000) Thermal treatment of E + E waste plastics. *Waste Manage Res* 18:131–140
- Watanabe M, Kajiwaru N, Takigami H, Noma Y, Kida A (2008) Formation & degradation behaviors of brominated organic compounds & PCDD/Fs during thermal treatment of waste printed circuit boards. *Organohalogen Compd* 70:78–81.
- Wäger PA, Hirschier R, Eugster M (2011) Environmental impacts of the Swiss collection & recovery systems for Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE): a follow-up. *Sci Total Environ* 409:1746–1756.

- Wang YC, Ru YH, Veenstra A, Wang RJ, Wang Y (2009) Recent developments in waste electrical & electronics equipment legislation in China. *Int J Adv Manuf Technol* 47(5– 8):437–448.
- Widmer R, Oswald-Krapf H, Sinha-Khetriwal D, Schnellmann M, Böni H (2005) Global perspectives on e-waste. *Environ Impact Assess Rev* 25:436–458
- Xinhua News Agency (2010) New Rule to Manage E-waste [Internet]. Available from: http://news.xinhuanet.com/english2010/china/2010-06/07/c_13336556.htm (last Accessed 16 Aug 2010)
- Xinwen Chi, Streicher-Porte M, Mark YLW, Reuter MA (2011) Informal electronic waste recycling: a sector review with special focus on China. *Waste Manage* 31(2011):731–742 References 215.
- Yang J, Lu B, Xu C (2008) WEEE flow & mitigating measures in China. *Waste Manage* 28(9):1589–1597.
- Yoshida A, Terazono A (2010) Reuse of second-hand TVs exported from Japan to the Philippines. *Waste Manage* 30(6):1063–1072.
- Yang WH (2008) Regulating electrical & electronic wastes in China. *Rev Eur Community Int Environ Law* 17(3):337–346.

فصل نهم

ضایعات حاصل از فعالیت‌های صنعتی و تجاری

به‌طور کلی، مقادیر ضایعات نشان‌دهنده از دست رفتن منابع بوده و اجزای خطرناک موجود در ضایعات سبب ایجاد اولویت‌بندی و نیز چالش‌هایی برای یافتن روش‌های مؤثر مدیریت پسماند می‌گردد. چالش‌های معین برای مدیریت هر دو پسماند شهری و صنعتی مشابه هستند، اما درعین‌حال تفاوت‌های خاصی دارند. ترکیب ضایعات با توجه به هر طبقه‌بندی متفاوت است، اما به‌عنوان یک قانون کلی، تنوع گسترده‌تری در ضایعات صنعتی وجود دارد و همچنین این ضایعات دارای مواد فشرده خطرناک بیشتری هستند که فناوری و فرآیند خاصی برای حذف آن‌ها نیاز می‌باشد. هر دو نوع از ضایعات، قابلیت‌های زیادی برای بازیافت دارند. علاوه بر این، تبدیل پسماند به انرژی گزینه مورد توجهی برای آن دسته از مواد جامدی که دارای مقادیر زیادی از مواد آلی هستند، می‌باشد که عمده پسماندهای شهری مشمول این گزینه می‌شوند.

عملیات غنی‌سازی همراه با ذوب و قالب‌ریزی سبب ایجاد تفاله‌ها و ضایعاتی می‌شود. حرارت بیشتر، فرایندهای مکانیکی، الکتریکی و شیمیایی، به‌طور اختصاصی مواد خام را به مواد موردنیاز برای تهیه محصول تبدیل می‌کنند. این محصولات می‌توانند در مصارف خانگی یا سایر موارد صنعتی و شیمیایی استفاده گردند. پایان چرخه عمر این محصولات، زمانی که این محصولات دیگر قابل‌استفاده نباشند، سبب تولید ضایعات خواهد شد (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱ ضایعات حاصل از صنایع شیمیایی.



شکل ۹-۲ بندار و لنگرگاه‌ها

جدا از صنایع فلزی، بسیاری از صنایع دیگر نیز وجود دارند. فعالیت‌های اقتصادی می‌توانند در اولویت قرار گیرند، مراحل دوم و سوم وابسته به نوع مواد خام مصرفی می‌باشند. در بخش اول منابع طبیعی به محصولات اولیه تبدیل می‌شوند (مانند معدنکاری، ماهیگیری، کشاورزی). در بخش دوم یک محصول کامل و قابل استفاده تولید می‌گردد (مانند ماشین‌سازی و ریسندگی). خدمات صنعتی (مانند خدمات نرم‌افزاری)، تفریح، حمل‌ونقل و بانکداری و غیره در مرحله سوم صورت می‌گیرند. نوع و کیفیت ضایعات جامد در بندار و لنگرگاه‌ها به‌طور قابل توجهی به عملیات بندار و نوع کشتی‌های موجود بستگی دارد. گردشگران در کشتی‌های تفریحی دریایی، تنها از عرشه کشتی استفاده می‌کنند که مخارج اندکی دارد. گردشگران در کشتی‌های تفریحی حدود ۳-۴ کیلوگرم در روز ضایعات تولید می‌کنند. ضایعات تولیدشده در بندار شامل ضایعات محموله‌های دریایی و عملیات اجرایی و نیز ضایعات خطرناک ریخته شده حاصل از عملیات نگهداری در وسایل نقلیه می‌باشند. ضایعات حاصل از کشتی‌ها شامل جلبک چرب، بسته‌بندی‌های غذایی و ضایعات غذایی است. تخلیه پسماند جامد از کشتی‌ها بر طبق قانون مربوط به آلودگی حاصل از کشتی‌ها در ۱۹۷۳ که در سال ۱۹۷۸ اصلاح شد و همچنین بر اساس قوانین ملی، ممنوع می‌باشد، اما در بسیاری از

موارد این قوانین ملی/بین‌المللی چشم‌پوشی شده و مورد بی‌توجهی قرار می‌گیرند که منجر به ایجاد ضایعات دریایی می‌گردد. جمع‌آوری و دفع زباله‌های تولیدشده از کشتی‌ها در کنار یک بندر صورت می‌گیرد. پسماند مواد غذایی حاصل از کشتی‌ها باید به‌گونه‌ای مدیریت شود که از سلامت انسان/حیوان محافظت کند. بنادر و لنگرگاه‌ها نیز ممکن است سبب تولید ضایعات مختلفی شامل مواد معدنی شوند که می‌تواند به محصولات نهایی آسیب برساند. برخی از محموله‌ها به‌اندازه‌ای در مناطق ذخیره‌سازی باقی می‌مانند که تغییر شکل می‌دهند.



شکل ۹-۳ مایع راکد در ذخایر نفت خام که منجر به تولید خاک آلوده می‌گردد و پسماند جامد به حساب می‌آیند.

اغلب صنعت خدمات‌رسانی، آلودگی و ضایعات چشمگیری تولید نمی‌کند؛ اما فعالیت‌های زیاد بخش خدمات می‌تواند منجر به تولید مقادیر زیادی از زباله گردد. تعیین ویژگی‌های پسماند حاصل از صنعت خدمات بسیار مشکل می‌باشد زیرا بسیاری از تولیدکنندگان جزئی، اغلب بسیاری از قوانین را دور می‌زنند و یا گاهی ممکن است عملیات را به صورتی که پیش‌بینی شده است، انجام ندهند. برای مثال، ممکن است یک معامله‌کننده زباله، پسماند خطرناک را به صورت پنهانی و شبانه انبار کند و یا یک تاجر گوشت ممکن است کشتارگاهی در غرفه گوشت خود داشته باشد. در

رقابت‌های بزرگ تجاری، دفع پسماند جامد معمولاً نادیده گرفته می‌شود و دفع این پسماندها تقریباً سه درصد از کل مخارج یک صنعت را در برمی‌گیرد.

عمده تولیدکنندگان پسماند جامد عبارت‌اند از: (۱) نیروگاه‌های حرارتی تولیدکننده خاکستر زغال‌سنگ، (۲) کارخانه‌های آهن و فولاد تولیدکننده خاکستر دیگ بخار و خاکستر کوره ذوب فولاد، (۳) صنایع آلومینیوم، روی و مس تولیدکننده گل‌ولای قرمز، (۵) صنایع قند و شکر و تولید لجن فشرده، (۶) صنایع کاغذ و خمیر کاغذ تولیدکننده آهک و کود و (۷) صنایع تولید گچ. توسعه یک کشور توسط میزان تولید ناخالصی داخلی و شاخص‌های دیگر مانند میزان مرگ‌ومیر نوزادان ارزیابی می‌گردد، اما میزان بازیافت/استفاده مجدد زباله جز شاخص‌های توسعه محسوب نمی‌شود؛ بنابراین مدیریت پسماند در بین شاخص‌های توسعه انسانی قرار نمی‌گیرد.

ضایعات بسیاری از بخش‌ها، مواد اولیه بخش‌های دیگرند. تفاله صنایع قند و شکر به‌عنوان مواد خام صنایع کاغذ قابل‌استفاده است. فلزات آهنی صنایع خودروسازی نیز می‌تواند در ریخته‌گری مورد استفاده قرار گیرد. مخمر مازاد مشروب نیز می‌تواند در نانوبی‌ها استفاده شود. پسماند گوشت کشتارگاه‌ها نیز می‌تواند در کارخانه‌های مواد غذایی حیوانات مصرف گردد؛ اما اغلب این صنایع نزدیک به هم نیستند و نیاز به حمل‌ونقل این مواد می‌باشد؛ بنابراین ضایعاتی که می‌توانند ماده خام کارخانه دیگری باشند، به‌عنوان پسماند در کارخانه باقی می‌مانند که بیشتر از منافع خود، محیط‌زیست اطراف را تخریب می‌کنند.

ذخیره‌سازی پسماند جامد صنعتی بخشی است که در بسیاری از کشورها نادیده گرفته می‌شود. شکل ۹-۳ مایع راكد در مخازن نفتی را نشان می‌دهد که منجر به تولید مقدار زیادی خاک آلوده می‌گردد که پسماند جامد تلقی می‌شوند. توجه بسیار کمی به زباله‌ها می‌شود و انبوه زباله‌های انباشته‌شده در فضای باز، منظره-ای رایج در اکثر کشورهای در حال توسعه است. طبل‌های غیرقابل استفاده نیز برای ذخیره‌سازی استفاده می‌شوند. حمل‌ونقل پسماند صنعتی در کشورهای در حال توسعه عموماً از طریق وسایل نقلیه اختصاصی انجام نمی‌گیرد. بستن قرارداد با پیمانکاران دارای پایین‌ترین نرخ در صنایع امری مرسوم است. در بیشتر مواقع در کشورهای در حال توسعه زباله‌های خطرناک با سایر زباله‌ها جمع‌آوری می‌شوند. درواقع رانندگان وسایل انتقال زباله‌ها دارای آگاهی کافی جهت تفکیک زباله‌ها نیستند. در این کشورها دفع غیرقانونی پسماند در رودخانه‌ها و جاده‌ها امری رایج است زیرا این کشورها دارای تأسیسات دفع پسماند نیستند.

ویژگی و مقدار پسماند به کارآیی مدیریت فرایند بستگی دارد. ترتیب اولویت مدیریت پسماند جامد صنعتی به صورت زیر است: (۱) جلوگیری/کاهش، (۲) کاهش منابع، (۳) بازیافت/استفاده مجدد در چرخه فرآیند، (۴) بازیافت/استفاده مجدد در محل، (۵) بازیافت/استفاده مجدد در محلی دیگر، (۶) تصفیه پسماند، (۷) دفن پسماند و (۸) رهاسازی مستقیم در محیط‌زیست.



شکل ۹-۴ لجن خشک حاصل از فاضلاب و ضایعات دور ریخته شده

برای اتخاذ تصمیم در زمینه مدیریت پسماند، ویژگی و مقدار آن گمراه کننده هستند. معمولاً مقدار ضایعات را جهت اجتناب از انجام عملیات تصفیه و دفع لازم، در کمترین میزان ممکن، گزارش می‌دهند. در محوطه پشتی اکثر صنایع در کشورهای در حال توسعه، حجم عظیمی از فاضلاب‌های شیمیایی و لجن خشک شده یافت می‌شود (شکل ۹-۴). در بسیاری از مواقع نیز زباله‌ها را به صورت غیر اصولی در زیر لایه‌ای از خاک، دفن می‌کنند.

کاهش هزینه‌های مدیریتی پسماند جامد می‌تواند به طور چشم‌گیری از طریق کاهش دادن منابع صورت بگیرد که چیزی جز کاهش مواد ورودی به سیستم نیست. به عنوان مثال خرید مواد اولیه با ضایعات بسته‌بندی کمتر، استفاده از کیسه‌ها بجای بطری برای مایعات و یا فرستادن محفظه‌ها برای پر شدن مجدد مواد خام و سایر موارد.

کاهش و بازیافت پسماند مختص انجام در محل است و به روش‌های زیر محقق می‌شود:

- (۱) مدیریت موجودی و توسعه عملیات، (۲) پیشرفته کردن تجهیزات، (۳) تغییرات فرایند تولید و (۴) بازیافت و استفاده مجدد.

استفاده مجدد یکی دیگر از راه‌های کاهش هزینه است. پر کردن مجدد کارتریج‌های چاپگر یکی از نمونه‌های بارز صرفه‌جویی در مصرف جوهر و پودر چاپگر در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. نمونه‌های دیگر استفاده از کاغذ برای بسته‌بندی مواد است.

بازیافت روش دیگری است که در آن مواد به‌طور مکرر مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثال‌های عمل بازیافت شامل پر کردن مجدد ظرف‌های نوشابه و نوشیدنی‌های خنک، به‌جای استفاده از ظروف فلزی یا بطری‌های پلاستیکی که دوباره قابل استفاده نیستند، می‌باشد.



شکل ۹-۵ آلاینده‌های هوایی رسوب داده اغلب به‌سختی قابل جمع‌آوری، تصفیه و دفع هستند.

تصمیم‌گیری برای انجام عمل استفاده مجدد/بازیافت در همان محل و یا سایر مکان‌ها از طریق مدیریت پسماند و با توجه به شرایط صورت می‌گیرد. همانند صنایع کشاورزی، اغلب از ضایعات به‌عنوان سوخت مورد نیاز برای تولید بخار فرآیندها یا ایجاد نیروی محرکه مورد نیاز در گیاهان استفاده می‌شود. زمانی که مدیریت نمی‌تواند برای استفاده مجدد یا بازیافت سرمایه‌گذاری کند زباله‌ها برای عمل استفاده مجدد/بازیافت خارج از محل، فروخته می‌شوند.

علاوه بر بازیافت زباله‌های صنعتی، فاضلاب‌های صنعتی نیز که تولید لجن می‌کنند باید با روشی مناسب دفع شوند. صنعت ممکن است مقدار زیادی ضایعات به شکل آلاینده‌های معلق در هوا ایجاد کند (شکل ۹-۵).

صنایع کوچک کشورهای در حال توسعه اغلب در تولید بیش از نصف ضایعات آنجا را سهیم هستند. اغلب صنایع دارای مقیاس کوچک و متوسط تجارت‌های خانوادگی هستند و معمولاً برای غلبه بر بیکاری ایجاد شده‌اند، به همین جهت این صنایع در صورت صرف درآمد خود برای عملیات بازیافت، قادر به رقابت در بازار نخواهند بود. از این رو، رها کردن ضایعات در کنار جاده‌ها در زمانی که کسی شاهد این عمل نیست، امری عادی می‌باشد.

۹-۱- صنایع استخراجی

مفهوم معمول صنایع استخراجی، تبدیل مواد به دست‌آمده از زمین به محصولات و فروش آن‌ها در شکل اصلی با اندکی ارزش افزوده یا بدون آن.

۹-۱-۱- استخراج معدن

استخراج معادن (شکل ۹-۶) اصطلاحی است که برای عملیات استخراج مواد معدنی از زیرزمین بکار می‌رود. ضایعات استخراج معادن در طی فرآیندهای استخراج، بهره‌برداری و آماده‌سازی مواد استخراج‌شده، ایجاد می‌گردند. این ضایعات معمولاً از خاک‌های بی‌حاصل که در طول استخراج برداشته می‌شوند، هستند و مقدار آن‌ها به میزان مواد در حال استخراج بستگی دارد. از این رو، استخراج سنگ آهک ضایعات کمتری را در مقایسه با الماس تولید می‌کند، زیرا سنگ آهک در کارخانه‌های سیمان یا برای ساخت‌وساز استفاده می‌شود، این در حالیست که جستجوی الماس‌های کوچک در بردارنده شستشوی مواد گلی است.

عملیات استخراج و بهره‌برداری مقدار زیادی زباله تولید می‌کند. این فرآیندها با توجه به هزینه عملیات ممکن است در محل صنایع انجام شوند و یا در آن محل انجام نشوند. پس از بهره‌برداری مواد باقی‌مانده به‌جز تغییر صورت گرفته در اندازه، مشابه مواد استخراج شده هستند و ترکیبات شیمیایی نیز می‌توانند بسته به نوع مواد شیمیایی استفاده‌شده در فرآیند تغییر کنند.



شکل ۹-۶ فعالیت‌های استخراج معدن

۹-۱-۲- سنگ معدن

استخراج معدن اصطلاحی است که برای استخراج مواد معدنی در بالاتر از زمین، استفاده می‌گردد. این عملیات در تپه‌ها و کوهستان‌ها برای استخراج مواد موردنیاز برای ساخت‌وساز انجام می‌گیرد. در بعضی مواقع با خرد کردن سنگ معدن حمل‌ونقل آن را آسان‌تر می‌کنند. در مقایسه با استخراج معدن، مقدار تولید زباله در عملیات سنگ معدن کمتری است (شکل ۹-۷).

۹-۱-۳- نحوه انجام عملیات

در سطح جهانی تقریباً $\frac{۳}{۶}$ میلیارد مترمکعب از چوب جنگل‌ها قطع می‌شود، در سال ۲۰۰۷ چیزی حدود $\frac{۱}{۷}$ میلیارد مترمکعب از این چوب‌ها در صنعت مورد استفاده قرار گرفت و باقی‌مانده به‌عنوان سوخت مصرف شد (FAO 2007). تقریباً ۳۰-۴۰٪ این چوب‌ها به ضایعات تبدیل می‌شوند و مانند قبل ارزشمند نخواهند بود. اگر این ضایعات به‌درستی مدیریت نشوند، آتش می‌گیرند و این آتش به جنگل سرایت پیدا می‌کند. ضایعات به‌جامانده از عملیات، در داخل جنگل به قطعات کوچک‌تر خر شده و می‌تواند به‌عنوان سوخت روستاییان نزدیک جنگل‌ها جمع‌آوری گردد (شکل ۹-۸).

۹-۲- صنایع بنیادی

صنایع بنیادی مواد اولیه خام را از صنایع استخراجی دریافت می‌کنند. این صنایع به ارزش مواد اولیه تهیه‌شده از طریق صنایع استخراجی می‌افزایند و آن‌ها را به‌عنوان مواد خام برای صنایع تغییر و پرداخت، آماده می‌نمایند.

۹-۲-۱- فلزات

بخش عمده پسماند جامد صنایع فلزی به شکل فلز نیم‌سوخته می‌باشد. فلزات نیم‌سوخته، حاصل ذوب فلزات و جداسازی انواع آن‌ها هستند. این پسماندها معمولاً شامل مخلوطی از اکسید فلزات و سلیکون دی‌اکسید می‌باشند، اما ممکن است دربردارنده سولفید فلزات، اتم فلز یا عناصر فلزی به‌صورت خالص نیز باشند.

در طول عملیات گداختن، فلزات و ناخالصی‌ها از طریق قرار دادن سنگ دارای فلز در دمای بالا جداسازی می‌شوند. مجموعه ناخالصی حذف شده، فلز نیم‌سوخته است. ذوب فلزات آهنی و غیر آهنی پسماندهای متفاوتی دارند. ذوب سرب و مس برای حذف آهن و سلیکا طراحی شده‌اند. پسماند حاصل از کارخانه فولاد برای کاهش آهن از دست‌رفته طراحی می‌گردد.



شکل ۹-۷ خوراک دهنده به دستگاه خردکن در واحد سنگ معدن



شکل ۹-۸ نحوه قرار گرفتن تجهیزات برش و شکل‌دهی مجدد

تفاله قرمز در کارخانه‌های استخراج فلزات غیر آهنی مانند مس و آلومینیوم تولید می‌گردد و می‌تواند برای ساخت ورقه‌های موج‌دار استفاده شود.

۹-۲-۱-۱- مس

سه مرحله اصلی در تولید مس شامل سوزاندن، ذوب کردن و خالص‌سازی هستند. سوزاندن برای کاهش سولفور صورت می‌گیرد. ذوب کردن به‌منظور به دست آوردن سولفات مس و تفاله سیلیکات انجام می‌شود. ذوب مس و خالص‌سازی آن با حرارت، مقدار ۳۰۰۰ کیلوگرم خاکستر مس خالص تولید می‌کند. گردوغبار حاصل از سوزاندن، کوره‌های بازتابنده و نیز مبدل‌ها، بازیافت می‌گردند. خوراک الکترولیتی تصفیه‌خانه‌ها دارای ۹۹/۷-۹۹٪ مس و خوراک تصفیه شده دارای ۹۹/۹۵٪ خلوص می‌باشد.

گازهای حاصل از سوختن، غنی از سولفور دی‌اکسید بوده و از این‌رو برای تولید اسید سولفوریک استفاده می‌شوند. اسید حاصل با دستگاه غلیظ کننده، تغلیظ شده و برای بازیابی فلزات بازیافت می‌شود. جریان حاصل از غلیظ کننده، همچنین دوغاب متفرقه از اسکرابر، خنک‌کننده‌های آندی، شوینده‌ها و غیره، در یک تانک جمع‌آوری شده و لایه روبی می‌گردند (Richard, 1978). لعاب

چسبیده به سلول‌های الکترولیتی برای بازیافت فلزات و خاکستر حاصل از ذوب در فرایند فرآوری مس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سولفات غلیظ شده از مس، زغال سنگ، سنگ آهک و سلیس اکسید شده در کوره گداخته می‌شوند. در حین فرآیند ذوب سولفید مس و خاکستر ذوب، واکنش‌های تبدیلی بین اکسیدها و سولفات‌های مس و سولفات آهن موجود در کوره نیز رخ می‌دهد. این واکنش‌ها به دلیل وابستگی به اکسیژن، برای آهن بیشتر از مس اتفاق می‌افتند. سولفید آهن اکسید نشده، اکسیدهای دارای ظرفیت بالاتر آهن را به اکسیدهای آهن با ظرفیت کمتر کاهش می‌دهد. دولایه توسط گرما و زمان با توجه به وزن مخصوص‌های متفاوت و نیز ضربه‌های جداگانه به دولایه، جدا می‌شوند. سپس خاکستر در مخلوط‌کن با آب گرانول‌سازی می‌گردد. در ادامه، انتظار می‌رود که مقادیر کمی از خاکستر آند در مرحله تولید مس به وجود آیند و مواد حاصل از کوره‌ها به عنوان خوراک به مبدل‌ها فرستاده می‌شوند. هوا از میان خاکستر مذاب عبور داده می‌شود که سولفور را اکسید کرده و به سولفور اکسید تبدیل می‌کند. محصولات نهایی، مس با خلوص ۹۸/۵٪ و خاکستر آندی هستند. به ازای هر تن مس آندی تولید شده، ۲/۲ تن خاکستر مذاب تولید می‌گردد.

خاکستر مبدل خرد و آسیاب شده و دوغاب ساخته می‌شود (۲۰٪ جامد) و در زانتات و روغن کاج غوطه‌ور می‌شود. سپس مس تغلیظ شده، کفزدایی گشته و با فیلترها تصفیه می‌گردد. باقیمانده‌ها به حوضچه مربوط فرستاده می‌شوند. سیستم تهویه برای تخلیه گازهای خروجی از مبدل، کوره و مخلوط‌کن تعبیه شده است. گازهای خروجی شامل گوگرد دی‌اکسید و دی‌سولفرازاید در اسکرابرها و محیط‌های شستشوی محلول آهک می‌باشد. محلول جهت جذب گوگرد دی‌اکسید از گازهای خروجی، بازیافت می‌شود تا زمانی که پایداری مورد نیاز به دست آید. نتیجه این فرآیند تولید دوغاب گچ می‌باشد که به درون حوضچه ذخیره‌سازی گچ فرستاده می‌شود.

گاز دی‌اکسید کربن خروجی از گدازه و مبدل که دارای دمای 1200°C است ابتدا در خنک‌کننده تا دمای 350°C خنک شده و سپس ذرات گردوغبار از آن در یک غبارگیر الکترواستاتیکی جدا می‌شود. برای تمام گازهای خروجی از مبدل در دمای 780°C نیز به‌طور جداگانه خنک می‌شوند و ذرات گردوغبار در یک رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی حذف می‌گردند. گردوغباری دارای شکل دوغاب نیز جدا می‌شود. دوغاب طی یک فرایند تصفیه پساب تصفیه شده و مقدار اندک فلزات همراه با گچ ترکیبات پایدار تشکیل خواهند داد.

گوگرد دی‌اکسید خارج شده از مرحله ذوب و مبدل‌ها، پس از خنک‌سازی و پاک‌سازی برای تولید اسیدسولفوریک تصفیه می‌گردد. سولفوریک اسید (۹۸٪) با سنگ فسفات در واحد مخصوص آن واکنش می‌دهد تا فسفریک اسید تولید شود. همویدرات سنگ گچ، اسیدسولفوریک تولید می‌کند و هیدرات گچ به عنوان محصول جانبی به دست می‌آید. مقدار قابل توجهی از خاکستر در واحد

تصفیه پساب تولید می‌شود که به دلیل تصفیه پسماند حاصل از واحد اسیدسولفوریک به وجود می‌آید. روند تصفیه عموماً با خنثی‌سازی، ترسیب سولفات، فسفات و فلوریدایزه کردن پلی‌الکترولیت در pH بهینه، لایروبی رسوبات، اصلاح pH، غلیظ سازی لجن، سانتریفیوژ لجن تغلیظ شده و غیره انجام می‌شود. علاوه بر این، فرآورده‌های شستشو در اسکرابرهای مختلف، تصفیه بهداشتی پساب در واحد تصفیه، بخش پاک‌سازی گازها، واحد فسفوریک اسید و غیره. برای تصفیه نیاز به آهک دارند. پیشنهاد می‌شود که برای تهیه شیر آهک (MOL^1) از کلسیم اکسید ۶۰٪ استفاده گردد؛ بنابراین یک تعادل ۴۰ درصدی دقیق اتفاق می‌افتد (جدول ۹-۱).

۹-۲-۱-۲- آلومینیوم

آلومینیوم از بوکسیت تولید می‌گردد. سنگ معدن خرد و الک شده، پس از مرحله بهره‌برداری به‌عنوان خوراک وارد کارخانه می‌شود. بهره‌برداری به‌منظور حذف مواد اضافه مانند خاک رس و سلیس انجام می‌گیرد. بهره‌برداری و شستشو سنگ معدن، دوغابی با ۷۹٪ ضایعات جامد تولید می‌کند. در کارخانه آلومینیوم، سنگ معدن بوکسیت خردشده و با سدیم هیدروکسید داغ حل می‌گردد و پس از حذف بخش غیر حلال بوکسیت و مواد جامد از فرآیند، کریستال‌های آلومینیوم تری‌هیدرات بر روی خشک‌کن‌های بستر سیال خشک شده و رسوب می‌دهند و یا در کوره‌های دوار به آلومینیوم تبدیل می‌گردند. بعضی از فرآورده‌های آلومینیومی شامل یک مرحله تخلیص با مایع زنی می‌باشند. قسمت غیر حلال بوکسیت لجن قرمز نامیده می‌شود. پسماند خطرناک کارخانه آلومینیوم شامل کپک زدن پسماند در تانک‌ها و لوله‌ها، همچنین سولفات سدیم ناخالص^۲ حاصل از مرحله تخلیص با مایع زنی هستند.

۱ الی ۱/۵ تن لجن قرمز از تولید آلومینا/آلومینیوم توسط فرآیند بایر^۳ به وجود می‌آید. الکترولیز آلومینا برای تولید آلومینیوم در محفظه‌های فولادی با پایه‌های مستحکم و کربنی، انجام می‌شود. عمر پوشش‌های مورد استفاده در این محفظه‌های فولادی بین ۳ تا ۵ سال است و پس از آن نیاز به جایگزین شدن خواهند داشت. پوششی که بیشترین استفاده را دارد پوشش‌های گیاهی هستند (SPL^۴). این ترکیبات از دو برش تشکیل می‌شوند.

^۱ Milk of Lime

^۲ Salt cake

^۳ Bayer

^۴ Spent Pot Lining

جدول ۹-۱ پسماند جامد حاصل از صنایع بنیادی متالورژی

فلز	فرآیند	مقدار پسماند جامد فلز تولیدشده (kg/T)
مس	ضایعات فلزکاری ضایعات کارخانه‌های تولید اسید گردوغبار دوغاب‌های مختلف دوغاب‌های حاصل از فرآیندهای پالایش الکتریکی	۳۰۰۰/۰۰ ۲/۷۰ ۱۷/۰۰ ۱۷/۰۰ ۲/۴۰
سرب	ضایعات کوره ذوب‌آهن قطعات فلزات نیم‌سوخته ضایعات کارخانه‌های تولید اسید تفاله‌های اسکرابر خاکستر و ضایعات ذوب‌آهن	۴۱۰/۰۰ ۳۰/۰۰ ۴۰/۰۰ ۱۹/۰۰
روی	ضایعات کارخانه‌های تولید اسید ضایعات حاصل از فرآیندهای الکتریکی باقی‌مانده فرآیندهای تقطیر/پالایش ضایعات کارخانه‌های تولید اسید بقایای کارخانه تولید کادمیوم	۱۷/۰۰ ۹/۱۰ ۱۰۵۰/۰۰ ۱۲۲/۰۰ ۱/۸۰
آلومینیوم	اصلاح بوکسیت کارخانه آلومینا (فرآیند بایر) ذوب آلومینیوم	۷۹۰ ۱۰۰۰-۱۵۰۰/۰۰ ۲۰/۰۰-۸۰/۰۰

Source Richard (1978), IFC (2007a), Sanjay et al., (2006), Nicholas (2003)

برش اول، در قسمت بالایی (که دارای ۶۰ درصد کربن است) و دومی در قسمت پایینی، حدود یک‌سوم از حجم کل را در برمی‌گیرد (که عمدتاً دارای آلومینا یا پایه سیلیکا می‌باشد). بخش کربنی شامل ۰/۰۱-۰/۲۵ سیانید قابل شستشو و ۲-۸ فلوراید شستشو می‌باشد. به‌غیر از پوشش‌های گیاهی، گداختن آلومینیوم باعث تولید میله، لجن سیاه و صفحه‌های فلزی به‌عنوان ضایعات می‌شود که در هنگام تهیه پوشش برای محفظه‌ها مجدداً استفاده می‌گردند. لجن سیاه در حین بازیابی فلورید سدیم و آلومینیوم از ضایعات SPL به‌ویژه تولید این ضایعات از گداختن حدود ۴۳ الی ۶۲ کیلوگرم/تن آلومینیوم تولیدشده، به وجود می‌آید. علاوه بر بازیابی در محل برای کربن و فلوراید، فلوراید سدیم و آلومینیوم SPL می‌تواند به‌عنوان یک ماده خام در تولید آهن و استیل و صنایع ساخت سیمان و آجر قرمز استفاده شود (CPCB, 1997).

لجن قرمز و خاکستر خروجی از کوره عمده ضایعات جامدی هستند که در صنایع فلزی هند که تخمین میانگین تولید آن‌ها به ترتیب بین ۳ و ۱۲ میلیون تن در سال می‌باشد (Tamotia 2003; LCA Report 2003).

۹-۲-۱-۳- آهن و استیل

فولاد به دو روش به نام‌های کوره هلالی الکتریکی (EAF)^۱ و کوره‌های اکسیژنی (BOF)^۲ تولید می‌شود. مواد ورودی BOF آهن مذاب، قراضه و اکسیژن است، درحالی‌که مواد اولیه روش EAF الکتریسیته و قراضه می‌باشد. آهن‌سازی و کک‌سازی قبل از مرحله فولادسازی در فرآیند BOF انجام می‌گیرد.

آهن خام از ته‌مانده ذوب‌آهن، خاک آهن دار، سنگ آهن با استفاده از کک و آهن تولید می‌گردد. سپس آهن در حالت مذاب با آهن قراضه، گداخته‌ها و اکسیژن دارای خلوص بالا، به‌عنوان خوراک وارد BOF می‌شود. در بعضی کارخانه‌ها پخت (گرمایش بدون ذوب) انجام می‌گیرد تا آهن متراکم شود. ضایعات جامد حاصل از مرحله BOF شامل فلزات نیم‌سوخته و خاکه فلزات است که در دستگاه‌های کنترل آلودگی هوا جمع‌آوری می‌گردند (جدول ۹-۲).

جدول ۹-۲ پسماندهای جامد حاصل از ریخته‌گری

منابع	مقدار ریخته‌گری شده (kg/ton)
فلزات نیم‌سوخته حاصل از کوره	۵۵-۱۲۰
گردوغبار حاصل از شلیک/انفجار	۳۰-۱۸۰
ماسه حاصل از قالب‌ریزی	۱۰۰-۶۰۰

ضایعات جامد خروجی از کوره کک، حاوی بنزن و PAHs می‌باشد. ضایعات کوره کک شامل پس‌مانده‌های مرحله بازیافت زغال سنگ (۰/۱ کیلوگرم بر تن زغال سنگ) از مخزن ذخیره‌سازی کک گداخته شده (۰/۴ کیلوگرم بر تن)، محفظه گداختن (۰/۲ کیلوگرم بر تن زغال سنگ)، فرآیند نفت سبک (۰/۲ کیلوگرم بر تن زغال سنگ)، تقطیر قیر (۰/۰۱ کیلوگرم بر تن زغال سنگ)، جمع‌آوری و بازیافت نفتالین (۰/۰۲ کیلوگرم بر تن زغال سنگ)، تصفیه پساب (۰/۱ کیلوگرم بر تن زغال سنگ) و لجن حاصل از تصفیه بیولوژیکی پساب می‌باشد (Nicholas, 2003). لجن حاصل از

^۱ Electric Arc Furnace

^۲ Basic Oxygen Furnace

تصفیه پساب، پس از گرفته شدن آب آن یا به کوره کک سازی ارسال می گردد، یا سوزانده می شود و یا در مکانی ایمن دفن می گردد. ضایعات جامد خطرناک نیز جهت سوزانده شدن به کوره کک سازی و یا واحد احتراق وارد می شوند و یا در مکانی ایمن دفن می گردند (جدول ۹-۳).

ضایعات کوره ذوب آهن (BF^۱) و کارگاه ذوب استیل (SMS^۲) حاصل از واحدهای آهن و فولاد نیز مواد خام مفیدی در ساخت سیمان هستند؛ اما این ضایعات بیشتر برای مصارف زیرسازی جاده ها، یا کف ریزی ساختمان ها و یا پر کردن زمین ها به کار می روند.

ضایعات کوره ذوب آهن که از کارخانه های آهن و استیل دور ریخته شده اند، می توانند در تولید سیمان، سیمان غیر پورتلند و سیمان دارای مقاومت اولیه بالا، سیمان فوق سولفاته مصرف شوند. همچنین به عنوان سنگدانه در بتن و نیز پرکننده در ساخت و ساز کاربرد دارد.

علاوه بر استفاده جهت پر کردن زمین های پست، ضایعات متالورژی می توانند به عنوان پرکننده در ساخت و ساز و نیز تولید سیمان متالورژیکی پوزولانا به کار گرفته شوند.

۹-۲-۲- مواد شیمیایی

صنایع شیمیایی محصولات زیادی در بازار دارند. صنایع شیمیایی، مواد خامی مانند نفت، زغال سنگ، هوا، آب و مواد معدنی را به محصولات کاربردی مانند چسب، کاتالیزور، پوشش، رنگ، لاک، اسید، قلیا، چسب پلاستیکی، مواد دارویی، مواد شیمیایی، صابون، مواد شوینده، محصولات مراقبتی شخصی، عطر و غیره. بیشتر محصولات خروجی از صنایع شیمیایی در صنایع دیگر مورد استفاده قرار می گیرند.

تعیین کمیت ضایعات حاصل از تمام صنایع شیمیایی کاری بسیار دشوار است، زیرا هرروز حدود ۱۲۰۰۰ نوع ماده جدید به خدمات انتزاعی شیمیایی (CAS^۳) افزوده می شود (CAS, 2011). به طوری که در اکتبر سال ۲۰۱۱ بیش از ۵۱ میلیون واکنش تک / چندمرحله ای و همچنین بیش از ۵۳ میلیون نوع مواد شیمیایی قابل دسترس تجاری توسط CAS به ثبت رسیده است.

^۱ Blast furnace

^۲ Steel Melting Shop

^۳ Chemical Abstract Service

جدول ۹-۳ پسماند جامد حاصل از صنایع مرتبه دوم متالورژی

محصول	فرایند	پسماند جامد محصول (kg/T)
فولاد آهن	لجن کوره کک	۲/۶۰
	مایع آمونیاک هدررفته	۱۹۰/۰۰
	فلزات نیم‌سوخته کوره ذوب آهن	۲۰۰/۰۰-۴۰۰/۰۰
	ضایعات کوره ذوب آهن	۳/۰۰-۵/۰۰
	فلزات نیم‌سوخته کوره اکسیژن	۸۵/۰۰-۱۰۰/۰۰
	گردوغبار کوره اکسیژن	۱۴۵/۰۰
	الوار کوره اکسیژن	۱۶/۰۰
	تفاله‌های کوره اکسیژن	۰/۱۴
	فلزات نیم‌سوخته کوره فولادسازی دهان باز	۱۷/۳۰
	تفاله‌های حاصل از کوره فولادسازی دهان باز	۲۴۳/۰۰
	گردوغبار کوره فولادسازی دهان باز	۱۳/۷۰
	فلزات نیم‌سوخته کوره الکتریکی	۱۲۰/۰۰
	گردوغبار کوره الکتریکی	۱۰/۰۰-۲۰/۰۰
	تفاله‌های کوره الکتریکی	۸/۷۰
	فلزات نیم‌سوخته غوطه‌ور در گودال	۳۵/۲۰
	تفاله‌های اولیه حاصل از آسیاب کردن	۱/۸۷
	پوسته‌های اولیه حاصل از آسیاب کردن	۴۴/۹۰
	تفاله‌های فرآیند ریخته‌گری پیوسته	۰/۱۰
	پوسته‌های حاصل از فرایند ریخته‌گری پیوسته	۸/۷۰
	تفاله‌های حاصل از آسیاب غلتان گرم	۱/۷۴
	پوسته‌های حاصل از آسیاب غلتان گرم	۷۰/۰۰-۱۵۰/۰۰
	تفاله‌های حاصل از آسیاب غلتان سرد	۰/۱۶
	پوسته‌های حاصل از آسیاب غلتان سرد	۰/۰۵
	مایع پاکساز آسیاب غلتان سرد	۲۲/۸۰
	تفاله‌های کارخانه آبکاری قلع	۵/۳۲
	تفاله‌های گالوانیزه کردن	۱۰/۸۰
	مایع پاکساز گالوانیزه کردن	۵/۱۷

Richard (1987), IFC (2007a), Sanjay et al., (2006), Nickolas (2003)

شکل ۹-۹ پسماند خروجی از صنایع شیمیایی در درون کیسه‌های پلاستیکی و مخازن استوانه‌ای شکل را نشان می‌دهد. پسماند صنایع شیمیایی به‌طور عمده شامل مواد خام، ترکیبات واسطه و محصولات نهایی همراه با اجزای پوسیده ماشین‌آلات و مواد بسته‌بندی هستند.

سنگ گچ که از محصولات جانبی صنایع شیمیایی است، می‌تواند در تولید تخته‌های گچی، گچ، کاشی و سیمان به کار رود. فسفات گچ تولیدشده از فسفریک اسید، هیدروفلوریک اسید و آمونیوم فسفات در ساخت سیمان، سنگ مرمر مصنوعی و پارتشین پنل، کاشی، سقف شیاردار و تخته، غیره مفید هستند.



شکل ۹-۹ پسماند یک کارخانه مواد شیمیایی که به‌صورت خام در کیسه‌های پلاستیکی انبار شده است.

بخش عمده ضایعات خروجی از جریان کلرقلیایی شامل لجن حاصل از فرآیند خالص‌سازی آب‌نمک است که به‌احتمال زیاد حاوی کلسیم، منیزیم، آهن و هیدروکسید دیگر فلزات می‌باشد. لجن‌ها فیلتر یا ته‌نشین شده و پس از خشک شدن در زمین دفن می‌شوند. ضایعات جامد کارخانه نیتریک اسید و تولید آمونیاک شامل کاتالیست‌های استفاده‌شده هستند، این در حالی است که کارخانه‌های تولید کود، ضایعات جامد کمتری تولید می‌کنند، زیرا تفاله‌ها و کودهای ریخته شده به فرایند تولید بازمی‌گردند. لجن حاصل از واحد تصفیه پساب سمی است و باید در مکان‌هایی ایمن دفن گردد.

ضایعات جامد حاصل از کارخانه‌های رنگ و رنگ‌سازی شامل فرآیند تصفیه لجن پساب، فیلتراسیون لجن‌ها و محفظه‌های باقی‌مانده می‌باشد. این ضایعات با توجه به زیرساخت‌های موجود در کشور، سوزانده شده و یا در زمین دفن می‌شوند.

۹-۲-۳- کاغذ

لجن یا تفاله آهک حاصل از تولید کاغذ و خمیر کاغذ آسیاب شده شامل پوست درختان، فیبر چوب، خمیر کاغذ، بتونه‌های ساکن، تزئینات یا لوح‌های کاغذی و ضایعات حاصل از کارکرد نادرست تجهیزات می‌باشد. بیشتر کارخانه‌های خمیر و کاغذسازی دستگاه‌های بازیافت آهک برای استفاده مجدد از آن را دارند. آهک برای استفاده مجدد سود سوزآور از باقی‌مانده کربنات سدیم در فرآیند خمیرسازی استفاده می‌شود. آهک در تأسیسات تولید کاغذ، برای شیرین کردن آب نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلسیم کربنات بسیار رقیق ته‌نشین شده، برای افزایش مات بودن، سفیدی و بافت کاغذ استفاده می‌شود. فناوری و استراتژی مناسب در مدیریت پسماند صنعت کاغذسازی شامل کاهش منابع، بازیافت درون فرایندی و خارج از محل، گسترش زمین‌های زراعی، رسیدگی روزانه به محل دفن و بازیابی انرژی می‌باشد (Matthew, 2009).

عمده ضایعات حاصل از صنعت خمیر و کاغذسازی لجن‌های مربوط به تصفیه پساب می‌باشند. مقدار زباله خروجی از تصفیه پساب بین ۵۰ الی ۱۵۰ کیلوگرم بر تن خمیر که در معرض هوا خشک شده، گزارش شده است (World bank, 1998). سایر مواد جامد شامل (۱) ضایعات کاغذ هستند که می‌توانند بازیافت شوند، (۲) پوست درخت که می‌تواند به‌عنوان سوخت مصرف شود و (۳) تفاله آهک و خاکستر که نیاز به دفن دارند، می‌باشد.

۹-۲-۴- پلاستیک

تولید جهانی پلاستیک از ۱/۵ میلیون تن در سال ۱۹۵۰ به ۲۴۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ رسید (APME, 2009) و کشورهای اروپای غربی ۴۵/۳ میلیون تن پلاستیک تولید کردند (Nezihuo, 2010). به دلیل اینکه پلاستیک‌ها معمولاً در مقابل تجزیه مقاوم‌تر هستند، برای مدت‌زمان طولانی در محیط‌زیست باقی می‌مانند و به‌ویژه برای محیط‌های دریایی بسیار زیان‌بار می‌باشند (Moore, 2008).

ساخت کالاهای پلاستیکی معمولاً با ذوب مواد خام و قالب دادن به آن‌ها انجام می‌شود. ضایعات پلاستیک مربوط به این صنعت شامل محصولات شکسته، محصولاتی بدون مشخصات تعیین‌شده و مواد زائد می‌باشد. چنین ضایعاتی ذوب می‌شوند و مجدداً در این صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

گزینه بازیابی

بازیابی انرژی

بازیابی مواد

تولید انرژی

سایر
سوخت ها

بازیافت
مواد خام

بازیافت
مکانیکی

شکل ۹-۱۰ گزینه‌های بازیابی برای ضایعات پلاستیکی.

پلاستیک موجود در پسماند در فهرست زباله کشورهای اروپایی به دسته‌های زیر طبقه‌بندی گردد: (۱) بسته‌بندی‌های پلاستیکی، (۲) پلاستیک موجود در پسماند جامد شهری، (۳) پلاستیک‌های مربوط به WEEE، (۴) پلاستیک‌های حاصل از وسایل نقلیه فرسوده، (۵) پلاستیک موجود در ضایعات C&D، (۶) پلاستیک در ضایعات کشاورزی. شکل ۹-۱۰ گزینه‌های موجود برای بازیافت انواع ضایعات پلاستیکی را نشان می‌دهد. راه‌های عمده برای مدیریت ضایعات پلاستیکی عبارت‌اند از: (۱) استفاده مجدد، (۲) دفن در زمین، (۳) ذوب و شکل‌دهی مجدد، (۴) بازیافت مواد خام، و (۵) بازیابی انرژی.

بازیافت مکانیکی به دلیل خلوص پایین محصول و بازار نامناسب محصولات بازیافتی، محدود است. بازیابی انرژی یک گزینه برای پلاستیک‌های آلوده و مخلوط‌های پلاستیک‌های مختلف است.

۹-۲-۵- شیشه

ضایعات جامد واحد تولید شیشه شامل زباله حاصل از سنباده زدن، محفظه‌های متفرقه، خاکستر سوخت و مواد بسته‌بندی، ضایعات موادی که برای رنگ کردن استفاده شده‌اند و قطعات شکسته در طول ساخت، می‌باشند.

۹-۲-۶- نساجی

ضایعات صنعت نساجی شامل الیاف آسیب‌دیده در طول ذخیره‌سازی یا ساخت می‌باشد. بخش عمده ضایعات کارخانه پوشاک، پارچه‌های حاصل از برش پوشاک است که نزدیک به ۱۰-۲۰٪ از کل مصرف پارچه می‌باشد. مرحله برش پوشاک دربردارنده مقدار قابل توجهی کاغذ و پلاستیک می‌باشد. زباله‌های قرقه، قرقه، نخ، کش و غیره، کسر کوچکی از کل ضایعات تولیدی هستند. راه‌های موجود برای به حداقل رساندن ضایعات این صنعت شامل: (۱) کاهش مقدار مواد بسته‌بندی، (۲) تهیه مواد شیمیایی در ظروف قابل برگشت، (۳) تهیه نخ به صورت قرقه‌های مخروطی که مجدداً قابل استفاده هستند، می‌باشد.

۹-۲-۷- فرآورده‌های چوبی

بخش عمده ضایعات حاصل از تولید محصولات چوبی شامل پوست درخت، خاک اره، تراشه، باریکه‌ها و برش‌های چوب، می‌باشد. ضایعات تقریباً ۱۰-۲۰٪ از کل چوب‌های استخراج شده از یک جنگل هستند. این ضایعات می‌تواند دوباره به منظور ساخت تخته و یا به عنوان سوخت استفاده شوند.

۹-۲-۸- انرژی

ایستگاه ۱۰۰۰ مگاواتی که از ۳۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم زغال سنگ با محتوای خاکستر ۵۰٪-۴۰ استفاده می‌کند، تقریباً به ۵۰۰ هکتار زمین برای عملیات دفع خاکستر سبک در حدود ۳۰ سال نیاز خواهد داشت. خاکستر سبک موجود در فضا از طریق رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیکی تولید می‌شود (شکل ۹-۱۱) که ۸۰٪ از کل خاکستر تولیدشده در نیروگاه را تشکیل می‌دهد. ۲۰٪ باقی‌مانده مربوط به خاکستری است که از پایین دیگ بخار جمع‌آوری می‌گردد. در دهه گذشته استفاده از خاکستر سبک بسیار افزایش یافته است به طوری که تمام خاکستر



شکل ۹-۱۱ رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی

تولیدی از نیروگاه‌های حرارتی در کارخانه‌های سیمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزودن خاکستر سبک منجر به کاهش استفاده از سنگ آهک و افزایش سود صنعت سیمان شده است. خاکستر سبک که معمولاً در حوضچه‌های خاکستر یا به صورت پشته‌هایی انبار می‌شود، می‌تواند برای ساخت سیمان، آجر و پی‌ریزی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌تواند به عنوان پرکننده ساختار برای پایدارسازی جاده‌ها و خاک‌ریزی معادن استفاده شود. نیروگاه حرارتی هند بیش از ۱۰۰ میلیون تن خاکستر تولید می‌کند (Ashokan et al., 2005; Kumar et al., 2005).

موارد استفاده مجدد خاکستر عبارت‌اند از: ۱) (به عنوان توده متراکم در ساخت بتن، ۲) در خاک‌ریزی‌ها، ۳) پایدارسازی و فشرده‌سازی زباله‌ها، ۴) تولید سیمان، ۵) استفاده مجدد معدن، ۶) تثبیت‌کننده خاک نرم، ۷) زیرسازی جاده‌ها، ۸) تولید آجر، ۹) بتن آسفالتی، ۱۰) اصلاح خاک، ۱۱) استفاده جهت ذوب یخ‌زدگی رودخانه‌ها، ۱۲) استفاده در جاده‌ها و پارکینگ‌ها برای کنترل یخ‌زدگی، ۱۳) خمیردندان، ۱۴) پیشخوان آشپزخانه، ۱۵) کاشی کف و سقف، ۱۶) ساختارهای پیش‌ساز، ۱۷) تهویه خاک در کشاورزی.

۹-۲-۹- پتروشیمی

صنایع پتروشیمی مقادیر زیادی از ضایعات جامد و لجن تولید می‌کنند که این ضایعات شامل پسماندهای خطرناک به علت وجود فلزات سنگین و مواد شیمیایی آلی و سمی مانند استالدهید، استونیتریل، بنزیل کلرید، پرکلراتیلن، آنیلین، کلروبنزن، نیتروبنزن، متیل‌اتیل‌پیریدین، تتراکلرید کربن، کومن، انیدرید فتالیک، تولوئن دی‌ایزوسیانات، تری‌کلرواتان، تری‌کلرواتیلن دی‌متیل هیدرازین، اتیل کلرید، اتیلن دی‌بروید، تولوئن دی‌آمین، اپی‌کلرو هیدرین، اتیلن دی‌کلرید و وینیل کلراید، هستند. بخش عمده پسماند جامد پتروشیمی شامل (۱) کاتالیست‌های استفاده‌شده، (۲) فیلترها، (۳) آمین‌های مصرف‌شده، (۴) فیلترهای کربن فعال، (۵) لجن‌های روغنی و (۶) لجن‌های خنثی هستند (IFC, 2007b).

در برخی موارد، احتراق توسط یک حلال یک راه‌حل مؤثر در تصفیه پسماندهای آلی پتروشیمی به شمار می‌رود. کاتالیست‌های استفاده‌شده معمولاً به تأمین کننده باز فرستاده می‌شوند. عملیات تقطیر با بخار و اکسیداسیون نیز برای تصفیه پسماند آلی استفاده می‌شوند. برخی از این پسماندها قبل از دفن در زمین نیاز به پایدارسازی دارند.

فنون مدیریت برای کاتالیست‌ها شامل استفاده مجدد، ذخیره‌سازی در محل و رسیدگی به آن‌ها است. کاتالیست‌های مصرف‌شده هیدروفریک در آب غوطه‌ور می‌شوند تا از اتفاق افتادن ناگهانی واکنش‌های گرماده، جلوگیری به عمل آید. لجن‌های خنثی نیز می‌تواند برای استفاده در کارخانه‌های فولاد به فروش گذاشته شوند و یا پس از خشک‌کردن و فشرده‌سازی در زمین دفن گردند.



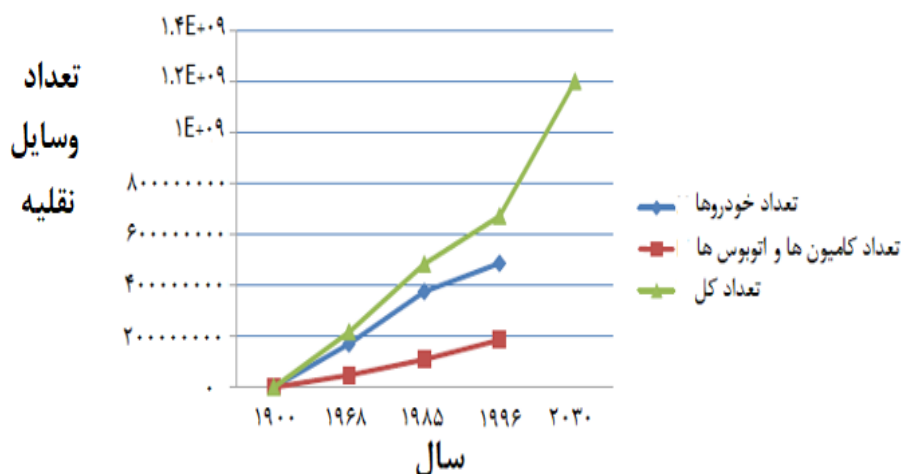
شکل ۹-۱۲ فعالیت‌های کشتی‌سازی

۹-۳- تبدیل و ساخت

فعالیت‌های مربوط به تبدیل و ساخت تنها به برش محدود نشده و شامل حفاری، جوشکاری، پرچ کردن، نقاشی و قالب‌گیری نیز می‌باشد. برخلاف صنایع استخراج و صنایع بنیادی، تولید زباله در صنایع تبدیل و ساخت به مراتب کمتر است.

۹-۳-۱- بسته‌بندی

کاغذ، فلز، مقوا، پلاستیک، چوب، الیاف سخت و زبر، زغال‌سنگ داغ و سایر مواد برای بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ بنابراین ضایعات حاصل از بسته‌بندی شامل براده فلزات، قالب‌های ناقص و مواد بسته‌بندی آلوده می‌باشند. بازیابی مواد به تمیز بود آن‌ها بستگی دارد.



شکل ۹-۱۳ رشد تعداد وسایل نقلیه در جهان

۹-۳-۲- ساخت وسایل نقلیه

این صنعت به دلیل تولید مقادیر زیاد کربن، به سرعت در کشورهای توسعه یافته در حال رشد است. وسایل نقلیه نه تنها شامل خودروهای جاده‌ای است بلکه ساخت کشتی/قایق (شکل ۹-۱۲) و صنایع هواپیمایی را نیز در برمی گیرد.

استراتژی مناسب در جمع‌آوری ضایعات جامد حاصل از این صنعت شامل از بین بردن ضایعات، استفاده مجدد از آن‌ها و بازیابی انرژی می‌باشد با وجود اینکه این استراتژی‌ها در تئوری مطلوب به نظر می‌رسند، اما این صنعت ساخت اجزای دارای پتانسیل تولید آلودگی زیاد را به صنایع کوچک و متوسط خواهد سپرد. از این رو واحدهای ساخت وسایل نقلیه پاک‌تر به نظر می‌رسند اما تأثیر آن‌ها را بر محیط زیست در محل صنایع تولید اجزای برون سپاری شده مشاهده می‌شود.

ضایعات جامد و مایع حاصل از واحدهای ساختن و اوراق کردن کشتی‌ها دارای پنبه‌های نسوز، رنگ‌ها، مواد شیمیایی، قطعات فلزی، رزین پلاستیکی و غیره خواهند بود. بیشتر کشورهای توسعه یافته، اوراق کردن کشتی‌ها را به علت خطراتی که به همراه دارند، متوقف کرده‌اند و در کشورهای توسعه یافته، ضایعات جامدی که ارزش اقتصادی ندارند در دریا انداخته می‌شوند و یا در طول مرحله ساخت/اوراق به دریا می‌ریزند.

وسایل نقلیه‌ای که عمر آن‌ها به پایان رسیده است، دیگر قابل استفاده نیستند. وسایل نقلیه دارای چنین شرایطی با توجه به معیارهای زیر مدیریت می‌شوند: (۱) بازیافت آن‌ها از طریق مدیریت

زیرساخت‌های موجود، ۲) رها کردن در مکان‌های دورافتاده، ۳) در حوزه نگهداری یک سازمان قانونی مانند بخش آگاهی سازمان حمل‌ونقل قرار بگیرند، به صورتی که گویی به دلیل تخلف از قانون توقیف شده‌اند.

رشد وسایل نقلیه بر اساس اطلاعات منتشرشده توسط (Elert, 2001) در شکل ۹-۱۳ مشاهده می‌شود. در سال ۱۹۹۳ مواد مورد استفاده در صنایع خودروسازی آمریکا، ۳۳ میلیون تن بوده است (Jody & Daniel, 2006). مقدار بازیافت و دورریز ضایعات در صنعت خودروسازی آمریکا به ترتیب ۹۴ و ۶ درصد تخمین زده شده است (AAMA, 1997). سالانه ۱۲/۵ میلیون وسیله نقلیه طول عمر گذشته، متشکل از ۷/۷ میلیون خودرو، ۰/۲ میلیون کامیون‌های سنگین و ۴/۶ کامیون‌های سبک در حدود ۱۵۰۰۰ مؤسسه اوراق‌سازی آمریکا، بازیافت می‌شوند (Jeff & Gregory, 2001; Jody & Daniel, 2006). امروزه حدود ۲۷۲۱۲۵۰ اتومبیل به‌طور کامل فرسوده در ترکیه وجود دارد. این مقدار به ۳ میلیون می‌رسد، اگر وسایل نقلیه دیگر مانند کامیون، موتورسیکلت و سایر موارد مشابه را نیز در نظر بگیریم (TSI, 2007)، علاوه بر این وسایل نقلیه ELV متشکل از ۶۸ درصد فولاد/استیل، ۲۲ درصد آلومینیوم و ۸ درصد از سایر فلزات هستند (Melek et al., 2011). طبق گزارش اوروستات (۲۰۱۰)، ۶,۳۴ میلیون ELV در سال ۲۰۰۷ اوراق شدند. بر اساس گزارش GHK و BIS مقدار ۱۰ میلیون تن از مواد در سال ۲۰۰۵ در کشورهای عضو اتحادیه اروپا تولید شد و این مقدار تا سال ۲۰۱۵ به ۱۴ میلیون تن خواهد رسید.

در کشورهای توسعه‌یافته از بین بردن ضایعات خودروسازی می‌تواند از طریق جداسازی اجزای با ارزش ضایعات و یا اسقاط آن‌ها در مکان‌های خاص، صورت گیرد. در هر دو روش ابتدا مواد با ارزش مانند راه‌انداز موتورها یا مولدهای برق که قابل فروش هستند، جدا می‌شوند. ضایعات ELV های اوراق شده درون دستگاه خردکن فرستاده شده و سپس فلزات آهنی و اجزای غیرآهنی آن‌ها از هم تفکیک می‌گردند. پس از آن مواد غیر آهنی به‌صورت فلزها و غیرفلزها دسته‌بندی می‌شوند مواد غیرفلزی و غیرقابل استفاده به‌عنوان ضایعات خردشده صنعت خودرو (ASR) در زمین دفن شده و یا جهت سوزاندن به مکان دیگری فرستاده می‌شوند.

در کشورهای در حال توسعه، اوراق کردن عملی است که معمولاً در حیاط‌های پشتی و یا در کارگاه‌های قدیمی انجام می‌شود.

۹-۳-۳- وسایل الکتریکی و الکترونیکی

اجزای عمده در صنایع الکتریکی و الکترونیکی شامل باتری، ورقه‌های کاندی، قطعات حاوی جیوه، ضایعات سنگ معدن، تخته‌های چاپ‌شده مدار (شکل ۹-۱۴)، نمایشگرهای کریستال مایع

(LCD)^۱، پلاستیک‌های هالوژنه مقاوم در برابر شعله و تجهیزات متشکل از کلروفلورکربنها می‌باشد. روش و فن مدیریت پسماند جامد حاصل از این صنعت شامل تغییرات محصول، تغییرات مواد ورودی، تغییرات فناوری، تغییرات فعالیت‌های عملیاتی و فرایندی، تغییرات تولید-فرایند، فرایند، تجدید فرمول‌بندی محصول، بازیافت و استفاده مجدد می‌باشد (Matthew, 2009).

۹-۳-۴- محصولات کاغذی

ساخت محصولات کاغذی مانند فنجان‌های کاغذی، بشقاب، جعبه، اسباب‌بازی، کیف، کتاب و غیره شامل عملیات برش و پیرایش، منگنه کردن، چسباندن و عملیات دوختن می‌باشد. از این رو ضایعات این صنعت شامل نوارهای کاغذی و دیگر موارد استفاده‌شده در ساخت محصولات کاغذی است.



شکل ۹-۱۴ ضایعات صنایع الکتریکی و الکترونیکی

^۱ Liquid Crystal Display

۹-۳-۵- آهن آلات

آهن آلات منحصر به صنایع فلزی که ماشین آلات و ابزار آلات به غیر از خودرو تولید می کنند، می باشد. ضایعات جامد این صنعت شامل ضایعات حاصل از تزئین کردن، مته زدن، تراشیدن، منگنه کردن، آبکاری، قلم زنی، نقاشی و سایر فعالیت هایی که دربرگیرنده تغییر شکل فلز هستند، می شوند. عمده این ضایعات قطعات فلزی، پلاستیکی و ضایعات بسته بندی می باشند.

۹-۳-۶- محصولات نرم

محصولات ساخته شده از چرم و نساجی و پلاستیک را محصولات نرم می نامند. باقی مانده مواد استفاده شده، بخش عمده ضایعات جامد را تشکیل می دهند. حدود ۸-۹ میلیون تن چرم در سال تولید می شود (FAO, 1990) که ایجاد ۱/۴ میلیون تن پسماند جامد را در پی دارد (El Boushy & Van der Poel, 1994). تولید جهانی چرم در سال ۲۰۰۵ حدود ۲۴ میلیون مترمربع بود (Kanagaraj et al., 2006). پوست حیوانات ۹۰-۹۵ درصد از حجم پسماند جامد را تشکیل می دهد (۳۵ درصد وزنی). پوست حیوانات به طور عمده متشکل از پروتئین، کربوهیدرات، چربی، نمک های معدنی و آب می باشد. در میان بسیاری از پروتئین های موجود در چرم، کلوژن بخش عظیمی از پوست را تشکیل می دهد و عامل شکل گرفتن چرم از طریق اختلاط با ترکیبات دباغی است. ضایعات حاصل از کندن پوست حیوانات حدود ۵۰-۶۰ درصد کل ضایعات را در برمی گیرد که می تواند به عنوان خوراک صنایع استفاده شود. رنگدانه های پوست دباغی شده، بخش های بریده شده گوشت و سایر قسمت های جدا شده می توانند در ساخت چسب، ژلاتین، کلاژن و چاشنی پروتئینی مؤثر باشند.

۹-۳-۷- فرآوری مواد غذایی

سالانه حدود ۱/۳ میلیارد تن مواد غذایی هدر می رود که این مقدار یک-سوم کل مواد غذایی تولیدی می باشد (FAO, 2011a, b). محصولات غذایی از مرحله تولیدات کشاورزی تا مرحله مصرف نهایی به هدر می رود. در کشورهای دارای درآمد متوسط و بالا، مواد غذایی دورریز می شوند حتی اگر برای مصرف انسان مناسب باشند، این در حالی است که در کشورهای با درآمد کم، مواد غذایی در مراحل اولیه/میانی زنجیره تأمین مواد غذایی هدر می روند (FAO, 2011a, b). دلایل هدر رفتن مواد غذایی در کشورهای کم درآمد شامل محدودیت ها در سیستم های برداشت محصول، ذخیره سازی، بسته بندی، حمل و نقل و فروش می باشد. سرانه پسماندهای غذایی در شمال آمریکا و اروپا تقریباً ۹۵-۱۱۵ کیلوگرم در سال است، این آمار در کشورهای جنوب/جنوب شرقی آسیا و کشورهای جنوب صحرای آفریقا ۶-۱۱ کیلوگرم در سال است. نزدیک به ۲۳ میلیون تن غلات، ۲۱

میلیون تن سبزیجات و ۱۲ میلیون تن میوه، هرساله در هند هدر می‌رود (Nelleman et al., 2009). فقر دلیل اصلی این معضلات است. لارس و گابریلا (۱۹۹۹) پیش از آنکه متصدی محل دفنی با نام بیسار رود^۱ در دوربان^۲ پسماند غیر خوراکی را برای جهت دفن کردن بفرستند، شاهد بازیافت مواد خوراکی به روش کاوش در پسماندها در آن محل دفن بودند.

جدول ۹-۴ نمونه‌هایی از محصولات قابل استفاده تهیه شده از پسماندها

منشأ پسماند	محصول قابل استفاده
پسماند کشتارگاه‌ها یا فرآوری گوشت	مواد ژله‌دار، غذای حیوانات، ژلاتین، کلوژن، سیالیک اسید، آرد استخوان، زغال استخوان، زغال خون
پسماند فرآوری ماهی و غذاهای دریایی	غذای حیوانات خانگی، کیتن/کیتوسان، روغن‌ها، چربی‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، چاشنی‌ها و رنگدانه‌ها
پسماند میوه‌ها و سبزیجات	روغن‌ها، چاشنی‌ها، نشاسته، گلوکز، لیکوپن، رنگ و پکتین، غذای احشام
پسماند صنایع تولید شکر	باگاس و لجن فشرده

از مجموع ۱۰۰ تا ۱۳۰ میلیون تن ماهی صیدشده در سال، حدود ۳۰ میلیون تن آن دور ریخته می‌شود. چنین مقادیر بالایی نه تنها باعث ایجاد پسماند زیادی می‌گردد بلکه محیط‌زیست آبی را به طور مستقیم از طریق خارج کردن گونه‌های مختلف از یک اکوسیستم ضعیف، نابود می‌کنند (Nelleman, et al., 2009).

دلیل هدر رفتن مواد غذایی در کشورهای دارای درآمد متوسط/بالا، رفتار مصرف‌کننده و هماهنگی ضعیف بین عوامل مختلف در زنجیره تأمین مواد غذایی می‌باشد. گذشتن تاریخ انقضای مواد غذایی و نیز بی‌توجهی مردمی که توان مالی هدر دادن مواد غذایی را دارند، از مهم‌ترین دلایل اتلاف آن‌ها هستند. هرساله، خانه‌های انگلستان تقریباً یک سوم مواد غذایی خریداری شده را هدر دور می‌ریزند که این مقدار حدود ۶/۷ میلیون تن مواد غذایی می‌باشد (Nelleman, et al., 2009). اجتناب از اتلاف مواد غذایی بسیار بهتر از مدیریت پسماند تولیدی می‌باشد زیرا هر تن از پسماند مواد غذایی به مقدار زیادی آب، کود، آفت‌کش، بسته‌بندی و انرژی جهت حمل و نقل و پمپاژ آب نیاز خواهد داشت. اتلاف مواد غذایی در کشورهای دارای درآمد متوسط و بالا می‌تواند از طریق افزایش آگاهی مردم در تمام سطوح زنجیره تأمین مواد غذایی، کاهش پیدا کند. در آمریکا، ۳۰

^۱ Bisasar Road^۲ Durban

درصد از کل مواد غذایی هدر می‌رود و در بسیاری از کشورهای آفریقایی ۲۵ درصد از محصول برداشت‌شده اتلاف می‌شود (Nelleman, et al., 2009). در کشورهای دارای درآمد پایین، اتلاف مواد غذایی می‌تواند با ایجاد زیرساخت‌های مناسب در زنجیره تأمین کاهش پیدا کند.

صنایع غذایی محل تغییر مواد خام گیاهی و حیوانی هستند. به‌غیر از پوسته برنج و ضایعات استخوان، پسماندهای صنایع غذایی تجزیه‌پذیرند و از مواد پردازش‌شده تشکیل می‌شوند. تولیدات صنایع غذایی، میان کشاورزان و مصرف‌کنندگان از طریق فرآوری حبوبات، میوه، سبزیجات، گوشت و محصولات لبنی ارتباط برقرار می‌کند. پردازش پسماند مواد غذایی در بین کارخانه‌های مختلف با توجه به محصول تولیدی، متفاوت است. استراتژی مدیریت پسماند غذایی متشکل از اهدای مواد غذایی، کاهش منابع، استفاده به‌عنوان خوراک دام و کمپوست می‌باشد (Matthew, 2009).

مواد موجود در پسماندها را می‌توان به پروتئین‌های تک‌سلولی یا اتانول تبدیل کرد. در مورد اول، پسماند جهت مصرف انسان‌ها و احشام به ماده غذایی مغذی تبدیل می‌شود. در مورد دوم، اتانول جهت مصارف دارویی یا به‌عنوان سوخت تولید می‌شود. میکروارگانیسم‌هایی که غذا تولید می‌کنند شامل ساکارومایسس سوربوس^۱، مخمرها و سایر گونه‌های خوراکی می‌باشند. تولید اتانول شامل کشت میکروب‌هایی می‌باشد که قابلیت تخمیر شکر به اتانول را دارند.

پسماند غیرقابل فروش مواد غذایی که برای مصرف انسان مناسب هستند، به مؤسسات خیریه واگذار می‌گردند. بانک‌های شناخته شده مواد غذایی به دریافت‌کنندگانی جهت امضای اسناد قانونی نیاز دارند تا از فروش، مبادله و معاوضه مواد غذایی اهداشده جلوگیری شود. این نوع از پسماند که غیرقابل فروش هستند اما برای مصارف انسان مناسب می‌باشند، عبارت‌اند از محصولات دارای برچسب اشتباه/آسیب‌دیده، مواد باقی‌مانده در انبار در آخر فصل، مواد بسته‌بندی‌شده با وزن نامناسب، تولید بیش‌ازحد محصول در یک چرخه، محصولاتی که تولید آن‌ها متوقف شده است، محصولات آسیب‌دیده و یا موادی که از نظر ظاهری برای خریدار جذاب نیستند.

بازیابی یک محصول از طریق بهبود فرآیند می‌تواند منجر به کاهش تولید پسماند جامد و هزینه‌های مربوط به دفع آن شود. دفع مواد غذایی به‌عنوان خوراک دام در صنایع پخت نان، فرآوری سبزیجات و لبنیات رایج است.

بعضی از محصولات قابل‌استفاده که در طول فرایندهای مواد غذایی تولیدشده‌اند در جدول ۹-۴ آمده است.

^۱ *Saccharomyces cerevisiae*



شکل ۹-۱۵ تولید پوسته برنج در کارخانه آسیاب برنج



شکل ۹-۱۶ خاکستر دفع شده در فضای باز

برای تولید ۱ کیلوگرم گوشت به ۳ کیلوگرم حبوبات و ۱۶۰۰۰ لیتر آب نیاز است (FAO, 2008; Chapagain Hoekstra, 2006)؛ بنابراین افزایش مصرف گوشت و اتلاف آن، منجر به افزایش نیاز به آب، حبوبات و دیگر منابع مانند زمین جهت چراندن دام‌ها خواهد شد. تولید محصولات گوشتی به‌عنوان فعالیتی که برای محیط‌زیست زیان‌بار بوده، انرژی زیادی مصرف نموده و دارای مصرف بیش‌ازحد محصولات خوراکی است، شناخته می‌شود. برخی از صنایع مهم غذایی و پسماندهای جامدی که توسط آن‌ها تولید می‌شوند، در ادامه بررسی می‌شوند.

برنج: برنج یکی از محصولات غذایی مهم جهانی است. FAO تولید برنج جهانی را ۷۲۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۱ گزارش کرده است (FAO, 2011a, b). برنج خوراکی را باید قبل از مصرف از پوسته آن جدا کنند. عمل جدا کردن برنج از پوسته باعث تولید ۱۸۰-۱۹۰ کیلوگرم پوسته به ازای هر تن برنج می‌شود (شکل ۹-۱۵).

پوسته برنج به‌عنوان سوخت مزارع شالیکاری در مناطق تحت کشت جهت بهره‌مندی ساکنین و نیز با اهداف تجاری و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و سبب تولید مقدار زیادی خاکستر می‌شود (شکل ۹-۱۶). در مناطق شهری و تجاری، خاکستر با پسماندهای جامد مسکونی و در نزدیکی منبع تولید آن مخلوط می‌شود، به صورتی که گویی در فضاهای روباز تخلیه شده باشد.

شکر: تولید جهانی شکر در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱، ۱۶۴ میلیون تن گزارش شده است (USDA (United States Department of Agriculture, 2010)). شکر را می‌تواند از چغندر قند و یا نیشکر تهیه گردد. چغندر قند برای تولید ۶۵-۷۰ درصد از شکر جهان مصرف می‌شود. چغندر قند جهت استخراج عصاره آن خرد می‌گردد. قسمت فیبری باقی‌مانده از چغندر قند که ۲۸-۳۰٪ از وزن آن را تشکیل می‌دهد، باگاس^۱ نام دارد. باگاس می‌تواند در صنایع کاغذ، نئوپان و یا به‌عنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه، مواد شیمیایی به عصاره چغندر اضافه شده و قبل از کریستالیزاسیون، فیلتر می‌شوند و در نتیجه ماده جامدی حاصل می‌گردد که وزن آن حدود ۲ درصد از وزن چغندر خرد شده است. چغندر خرد شده به‌عنوان کود کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روغن نباتی: روغن نباتی از مواد اولیه مختلف مانند روغن پالم، نارگیل، رشک، زیتون، آفتاب‌گردان، دانه خردل، بادام، برنج و غیره می‌باشد. کارخانه‌های تولید روغن نباتی، ضایعات جامد محصولات جانبی نظیر خوشه خالی سبزیجات^۲ EFB، پوست میوه، هسته‌های خرما، پوسته‌های جدا شده، الیاف صابونی و اسیدهای مصرف شده در طول پالایش مواد شیمیایی نفت خام، مواد

^۱ Bagasse

^۲ Empty Fruit Bunch

استفاده شده جهت رنگ‌زدایی، عصاره ضد بوهای حاصل از تقطیر با بخار آب، چسب حاصل از صمغ زدایی، کاتالیزورها و مواد گیر افتاده در فیلترهای می‌باشند.

EFB ها جهت استفاده به عنوان ترمیم‌کننده خاک به مزارع باز می‌گردند. مواد شیمیایی مورد استفاده جهت رنگ‌زدایی می‌توانند به عنوان مواد خام جهت ساخت آجر یا بلوک موزد استفاده قرار گیرند. همچنین در صورتی که این مواد رنگ‌زا دارای فلز نباشند، می‌توانند به عنوان کود نیز مصرف شوند. خمیر به وجود آمده در طول فرآیند فشردن دانه‌های روغنی خام به به عنوان خوراک دام استفاده می‌گردد.

بسته‌بندی گوشت و ماهی: در فرآیند بسته‌بندی گوشت و ماهی، گوشت فاسد، پوست و غیره دور انداخته می‌شود. بیشتر این پسماندها جهت تهیه خوراک ماکیان/حیوانات و یا برای کمپوست/تولید بیولوژیکی متان استفاده می‌شوند.

پالپ میوه: پالپ میوه از میوه‌های انبه، سیب، پرتقال، آناناس، گوجه‌فرنگی ایجاد می‌شود تا به عنوان ماده اولیه در تولید آبمیوه، سس، مربا، ژله و غیره مورد استفاده قرار گیرد. ابتدا میوه‌ها انتخاب شده، شسته می‌شوند و پوست از جدا شدن پوست، پالپ‌گیری انجام می‌شود. بخش عمده زباله ایجاد شده مربوط به پوست میوه، دانه و میوه‌های آسیب‌دیده غیر قابل مصرف می‌باشد. این پسماندها به راحتی قابل تجزیه هستند و می‌توانند برای کمپوست‌سازی/تولید متانول استفاده شوند.

۹-۳-۸- ساخت و تخریب

ضایعات حاصل از فعالیت‌های C&D شامل آجرهای و بلوک‌های بتنی آسیب‌دیده یا بدون ویژگی‌های تعیین شده، هستند. مقدار ضایعات به وسعت عملیات بستگی دارد. علاوه بر فعالیت‌های ساخت‌وساز، ساخت آجر و فعالیت‌های خارج از محل مانند نجاری و پارچه‌بافی نیز ضایعات زیادی را ایجاد می‌کنند. ضایعات حاصل از ساخت آجر عمدتاً خاکستر و مواد بی کیفیت هستند. فعالیت‌های سنگ‌تراشی و صیقل دادن، مقدار زیادی دوغاب تولید می‌کنند که در کشورهای در حال توسعه، پس از خشک شدن در مکانی خارج از فضای صنایع تخلیه می‌شود که دلیل این امر اجرای ضعیف قانون یا نبود قانون است.

ضایعات C&D شامل: (۱) زباله‌های مربوط به تخریب کلی/جزئی سازمان‌های دولتی/ساختمان‌های مسکونی، (۲) ضایعات حاصل از ساخت سازمان‌های دولتی/ساختمان‌های مسکونی، (۳) خاک، سنگ و پوشش‌های گیاهی به علت حفاری زمین، (۴) ضایعات ناشی از تعمیرات و نگهداری جاده‌ها، می‌باشد (Kourmpanis et al., 2008; EPA, 1995). مواد موجود در ضایعات شامل مواد استفاده شده در فرایند ساخت، محفظه‌های مواد استفاده شده برای ساخت، آجر، کاشی، گچ، ماسه، روغن‌های زائد، گریس، باتری، قطعات کالاهای بهداشتی، فلزات، رنگ‌ها، لامپ‌های

مهتابی، خاک، قطعات بتنی، لوله‌های پلاستیکی، رزین، سیم‌ها، مواد عایق، بشقاب پوشش، شن، سرامیک، پوشش‌ها، سنگ و چسب می‌باشند. اتحادیه اروپا هرساله نزدیک به ۸۵۰ میلیون تن ضایعات C & D تولید می‌کند که این مقدار حدود ۳۱ درصد از کل ضایعات تولیدی در اتحادیه اروپا می‌باشد (Christian & Mads, 2009). در سال ۲۰۰۸، C&D تولیدشده در انگلیس مقدار ۸۶/۹ میلیون تن تخمین زده شد (DEFRA, 2012). نزدیک به ۱۷۰ میلیون تن مواد C&D در سال ۲۰۰۳ از فعالیت‌های ساخت‌وساز در آمریکا تولیدشده بود (EPA, 2003).

بسیاری از ضایعات حاصل از ساخت‌وساز، در همان محل و برای پر کردن زمین‌های کم ارتفاع‌تر استفاده می‌شوند. در صورتی که ضایعات ساخت‌وساز بیشتر از مقدار مورد نیاز باشند، به مکان‌های دیگر منتقل می‌شوند. با وجود اینکه این ضایعات می‌توانند در محل فجایع مورد استفاده مجدد قرار بگیرند، با این حال سازندگان بناها، استفاده از مواد جدید را برای دستیابی به کیفیت مورد نظر معماران و مهندسان ساختمان ترجیح می‌دهند.

۹-۴- خدمات صنعتی

این خدمات عمدتاً در بردارنده فعالیت‌هایی که مواد خام را به محصولات نهایی باز نمی‌گرداند، نیستند. به استثنای موارد کوچکی مانند آشپزی در مهمانی‌ها که محصول به دست آمده از این فعالیت‌ها کامل و آماده مصرف می‌باشد.

۹-۴-۱- سرگرمی‌ها

سرگرمی‌ها شامل فعالیت‌های ورزشی دارای تماشاگر مانند تئاتر، فیلم، پارک‌های شادی، نمایش‌های شعبه بازی و غیره می‌باشد. این فعالیت‌ها باعث ایجاد ضایعات مواد بسته‌بندی مربوط به غذاهای آماده و نوشیدنی‌ها می‌شوند. سایر ضایعات مربوط به ظروف یک‌بار مصرف، بشقاب و فنجان، کاغذ، نمایش‌های پرواز، کنسرت‌های زنده، پوست میوه‌ها و سبزیجات، بلیط‌های استفاده‌شده و غیره می‌باشد. مقدار ضایعات به میزان ازدحام افراد بستگی دارد. از آنجایی که این فعالیت‌ها شامل حرکات دسته‌جمعی و لگدمال نیز هستند، بنابراین دیدن دمپایی و تکه‌های پاره لباس در برخی مکان‌ها تعجب‌برانگیز نیست.

۹-۴-۲- مهمان‌پذیری

صنعت مهمان‌پذیری شامل انواع هتل، متل و استراحتگاه‌ها می‌باشد. بخش عمده پسماند جامدی تولیدشده در این صنعت مربوط به کاغذ و مواد غذایی می‌باشد. معمولاً پسماند مواد خوراکی به عنوان خوراک حیوانات و یا کمپوست‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در متل‌های کوچکتر

پسماندهای تجزیه‌پذیر به مدت یک سال جهت تجزیه و تثبیت در گودال‌هایی نگه‌داشته می‌شوند و سپس به‌عنوان کود برای فعالیت‌های کشاورزی/باغبانی استفاده می‌شوند.



شکل ۹-۱۷ بارگیری کامپیوترها و چاپگرها جهت حمل‌ونقل

۹-۴-۳- نرم‌افزار

فعالیت اصلی این بخش فراهم آوردن نرم‌افزار و حمایت برای سایر نیازهای تجاری می‌باشد. صنعت از کامپیوترها، لوازم مربوط به کامپیوتر، چاپگرها و سایر سخت‌افزارهای الکترونیکی و ملزومات اداری استفاده نمود (شکل ۹-۱۷). اجزای اصلی زباله‌های این بخش WEEE و لوازم اداری می‌باشد. همچنین مراکز نرم‌افزاری بزرگ دارای رستوران هستند که منجر به تولید پسماندهای مواد غذایی خواهد شد. ضایعات خطرناک مانند سوخت‌های استفاده‌شده برای مولدهای دیزلی و باتری‌های سربی را نمی‌توان نادیده گرفت.

۹-۴-۴- صنعت ارتباطات

این صنعت شامل ارتباطات جمعی، گروهی و فردی می‌باشد. نمونه‌های ارتباطات جمعی شامل (۱) رادیو، (۲) تلویزیون، (۳) رسانه‌های چاپی و (۴) اینترنت هستند. ارتباطات فردی مانند (۱) ارتباط

پستی، ۲) مخابراتی و ۳) ایمیل می‌باشد. با پیشرفت تکنولوژی یک برنامه می‌تواند برای علاوه بر ارتباطات جمعی، برای ارتباطات گروهی/فردی نیز استفاده شود. با پیشرفت سریع تکنولوژی بی‌سیم، ارتباطاتی که از طریق سیم و کابل انجام می‌شدند و نیز ضایعات مربوط به آن‌ها در حال از بین رفتن هستند. ارتباطات دور شامل اتصال داخلی دسته‌ای از تجهیزات الکترونیکی و یک منبع انرژی می‌باشد. عمده ضایعات ارتباطات شامل WEEE و لوازم اداری خواهد بود. زباله‌های مربوط به بخش رسانه‌های چاپی، کاغذهای آغشته به جوهر و ضایعات حاصل از بسته‌بندی است.

۹-۵- فعالیت‌های تجاری

فعالیت‌های تجاری از جهات تولید انبوه مواد و خدمات با صنعت متفاوت است. اغلب فعالیت‌های تجاری شامل رستوران‌ها، دفاتر، مغازه‌ها و انبارها می‌باشد.

۹-۵-۱- رستوران‌ها

اکثر مواد خام رستوران‌ها از طریق کشاورزی، ماهیگیری و بخش‌های تولیدی تهیه می‌شوند. در اکثر موارد رستوران‌هایی که غذاهای مورد انتظار مردم را تهیه می‌کنند، معمولاً پس از گرفتن سفارش از مشتری، غذاها را آماده می‌سازند. درحالی‌که محصولات صنایع غذایی منتقل و از طریق شبکه‌ای از معامله‌کنندگان، توزیع می‌شوند و در رستوران صرف شده، یا به محل درخواست شده توسط مشتری، ارسال می‌گردد. ضایعات رستوران‌ها قابل تجزیه در طبیعت بوده و می‌تواند به‌عنوان غذای حیوانات استفاده شود. بخش غیرقابل تجزیه آن شامل ظروف یک‌بارمصرف، فنجان، بشقاب و مواد بسته‌بندی محصولات و غیره می‌باشد.

۹-۵-۲- ادارات

بیشتر ضایعات این بخش متشکل از کاغذ و مواد غذایی است. موارد محدودکننده و قابل توجه در ادارات، عدم وجود فضای کافی، مسائل امنیتی به دلیل وجود اسناد محرمانه و تفکیک مواد قابل بازیافت می‌باشد (Mathew, 2009). بعد از مقوا و روزنامه‌ها، سومین تولیدکننده عظیم ضایعات کاغذی، کاغذهای اداری هستند که مقدار آن در سال ۱۹۸۸ نزدیک به ۷/۳ میلیون تن گزارش شده است. در سال ۱۹۹۰، نزدیک به ۲ میلیون تن کاغذ در آمریکا برای فتوکپی مصرف شد که این آمار ۲۵ درصد از کل کاغذ مصرفی آمریکا است (Robert & bette, 1991).

۹-۵-۳- مغازه‌ها

مغازه‌ها ممکن است عمده و یا خرده‌فروش باشند. کیفیت و کمیت ضایعات تولیدی به مقدار فروش و کسب‌وکار مغازه‌ها بستگی دارد. عمده ضایعات شامل محصولات منقضی شده، مواد بسته‌بندی و کالاهای آسیب‌دیده می‌باشد. در برخی موارد، محصولات منقضی شده توسط توزیع‌کننده پس گرفته می‌شوند یا محصولات آسیب‌دیده با اعمال ضرر مالی به صاحب مغازه/مدیریت دور ریخته می‌شوند.

فعالیت‌های خرده‌فروشی دو نوع زباله تولید می‌کنند: پسماند مواد غذایی و ضایعات بسته‌بندی. در سال ۱۹۹۵، ۴۸/۲ میلیون تن ضایعات مواد غذایی توسط خرده‌فروشان مواد غذایی و مصرف‌کنندگان تولید شد که ۲/۷ میلیون تن از آن‌ها از طریق خرده‌فروشی ایجاد شده بود. در سال ۱۹۹۳ صنعت خرده‌فروشی، ۲۵/۴ میلیون تن مواد بسته‌بندی برای خواروبار تولید کرد که از یک‌سوم کل مواد بسته‌بندی در جریان پسماند MSW بیشتر بود (Franklin Associates, 1995; Terry & David, 2000).

۹-۵-۴- انبارها

انبارها مقادیر زیادی از کالاها را قبل از توزیع ذخیره می‌کنند و این مواد شامل محصولات کشاورزی یا کالاهای تولیدشده در صنعت هستند. ضایعات این بخش ممکن است هر روز تولید نشوند و مقدار آن‌ها به ارزش مواد و احتیاط‌های در نظر گرفته شده جهت حفاظت از کالاها بستگی دارد.

۹-۶- کاهش منابع

کاهش منابع به معنی تقلیل مواد خام ورودی به سیستم است، خواه این سیستم یک موسسه تولیدی، یک شهر یا هر تأسیسات دیگری باشد. نوآوری در الکترونیک منجر به کاهش اندازه وسایل الکتریکی و در پی آن کاهش تولید ضایعات گشته است. پیشرفت در متالوژی و علم مواد باعث افزایش استحکام مواد و بنابراین کاهش مواد موردنیاز برای تولید انواع وسایل نقلیه و دستگاه‌ها شده است.

اصول کلیدی در کاهش منابع که در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از: (۱) استفاده از مواد قابل بازیافت برای بسته‌بندی، (۲) یافتن محل اتلاف محصولات/محصولات جانبی و انجام اقدامات اصلاحی، (۳) نوآوری و تغییر فرآیند، (۴) آگاهی دادن به کارکنان، مسئولان حمل‌ونقل و تهیه‌کنندگان مواد خام و (۵) یافتن موارد استفاده دیگر و نیز بازار جایگزین برای ضایعات. نمونه‌ای از این دست شامل مواد بسته‌بندی قابل بازیافت در صنعت خودرو است که اجزا توسط مواد قابل بازیافت بسته‌بندی شده‌اند. با شناسایی منبع محصول/محصول جانبی، می‌توان از طریق

ذخیره‌سازی مناسب مواد اولیه و کنترل مراحل میانی، میزان اتلاف را در صنایع غذایی و صنایع مواد شیمیایی کاهش داد. صنعت چیپس‌سازی در هند که مقادیر زیادی از سیب‌زمینی مصرف می‌کند، اغلب از مواد اولیه نامرغوب برای کشت استفاده می‌نماید. بسیاری از تولیدکنندگان، سیب‌زمینی‌ها را در مزارع از طریق ایجاد انبارهای موقتی ذخیره می‌کنند که می‌توان با ساخت انبارهای مناسب از این امر جلوگیری کرد. سیب‌زمینی‌های آسیب‌دیده در زمان برداشت جهت فروش به شهرهای نزدیک منتقل می‌شوند و معمولاً با قیمت پایین به رستوران‌ها فروخته می‌شوند. تاخیر در رسیدگی به سیب‌زمینی‌های آسیب‌دیده، منجر به از دست رفتن تعداد بیشتری از آن‌ها می‌گردد زیرا میکروب‌ها به سیب‌زمینی‌های سالم سرایت می‌کند.

انبه‌ها زمانی که بر روی درختان به حد کافی رشد کرده اما هنوز به‌طور کامل نرسیده باشند، از درخت چیده می‌شوند تا از آسیب‌های احتمالی در حین حمل‌ونقل/ذخیره‌سازی به دلیل تماس با میوه‌های فاسد، همچنین وزن میوه‌های قرارگرفته بر روی میوه‌های رسیده که در سطح پایینی چیده شده‌اند، جلوگیری شود. هرگونه تأخیر در پالپ‌گیری میوه‌ها منجر به از دست رفتن مواد خام می‌شود.

۹-۷- کمترین ضایعات: مفهوم و عمل

کمترین ضایعات، فلسفه‌ای است که مردم را به استفاده مجدد از محصولات تشویق می‌کند تا میزان دفع به حداقل برسد. اصول کمترین ضایعات عبارت از: (۱) جریان منابع به‌صورت یک چرخه با حداقل ورودی و خروجی خواهد بود، (۲) گسترش مسئولیت تولیدکنندگان به بازگرداندن ضایعات به سیستم تولید، (۳) بهینه‌سازی استفاده مفید از منابع و (۴) تأکید بر استفاده از مواد غیر سمی، می‌باشند. تبدیل ضایعات به منابع، اصل و مفهوم عدم ایجاد پسماند است. این امر در واقعیت از روش‌های مختلفی قابل دستیابی است. در محدوده معین، کمترین پسماند می‌تواند از طریق کاهش، بازیافت، بازیابی و استفاده مجدد تحقق یابد. این محدوده معین می‌تواند خانه، موسسه، صنعت، جامعه، شهر یا کشور باشد. در صنعت، مفهوم کمترین ضایعات می‌تواند با تبدیل ضایعات به محصولات یا محصولات جانبی دارای ارزش افزوده، به دست آید و از این‌رو هر چیزی که محدوده صنعت را ترک می‌کند دارای یک ارزش اقتصادی خواهد بود. دولت استرالیا استراتژی پسماند جنوب استرالیا را در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۵ شکل داد که این امر از یک روش صنعت محور برای جمع‌آوری و بازیافت رایانه‌ها و نیز تلویزیون‌ها حمایت خواهد کرد (Zero Waste SA, 2011). پسماند مواد غذایی در سه سال اخیر ۱۳ درصد در انگلستان کاهش داشته است (WMW 2011a, b).

انجام این کار بسیار ساده خواهد بود اگر یکی از مواد تولیدی از قبل تقاضا شده باشد. برای مثال در رابطه با نیروگاه حرارتی، سرمایه‌گذار آن، نیروگاه را برای تولید خاکستر تأسیس نمی‌کند؛ اما اگر خاکستر بتواند با قیمت معقولی فروخته شود، در این صورت سرمایه‌گذار نیروگاه و جامعه، هر دو سود خواهند برد. خاکستر سبک غیرقابل استفاده که در دو دهه اخیر باعث ایجاد نگرانی‌های زیادی شده بود، کاملاً خنثی شده به طوری که می‌تواند به عنوان مواد خام در صنایع سیمان مصرف شود. خریدار خاکستر برای ساخت سیمان، سود خواهد برد زیرا با این کار نیازی به استخراج و حمل و نقل سنگ آهک که منبع محدودی نیز می‌باشد، نخواهد بود.

۹-۸- فناوری‌های نوین

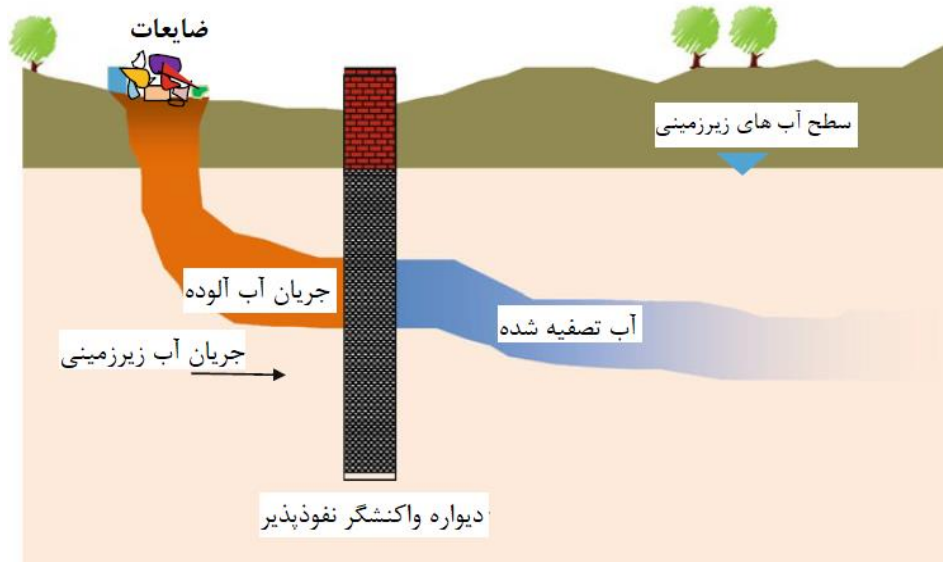
آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل نفوذ آلاینده‌ها از محل دفن پسماندها و یا وجود پارگی در پوشش‌های لندفیل‌ها، یک چالش بزرگ است. دیواره‌های واکنشگر نفوذپذیر (PRBs)^۱، در دهه گذشته به عنوان یک روش مطمئن برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق نفوذ آلاینده‌ها در لایه‌های زیری بوده است. با اینکه PRBها در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مورد استفاده هستند اما چنین تأسیساتی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به دلیل محدودیت‌های مربوط به تکنولوژی پمپ و تصفیه، استفاده نمی‌شوند.

در PRBها، ماده واکنش‌دهنده در میان یک جریان آلوده آب قرار داده شده است که جریان داشته و یا احتمال جریان یافتن آن وجود دارد و این امر یک سیستم تصفیه مؤثر ایجاد می‌کند. آب آلوده وارد دیواره شده و آب تصفیه شده از سمت دیگر آن خارج می‌گردد (شکل ۹-۱۸). فلز آهن به عنوان ماده واکنش‌دهنده در بسیاری از PRBها، برای گندزدایی استفاده می‌شود زیرا فلز آهن قابلیت کاهش هیدروکربن‌های دی‌هالوژنه و رسوب آنیون‌ها و اکسید آنیون‌ها را دارد. برخی از تأسیسات از مواد آلی به عنوان واکنش‌دهنده در PRBها استفاده می‌کنند تا آلودگی‌هایی مانند نیترات و سولفات را به صورت بیولوژیکی از بین ببرند.

امروزه PRBهای تجاری به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند: (۱) قیف و دریچه، (۲) PRB پیوسته. عمق PRBها حدود ۱۵-۲۵ متر زیرزمین است. نوع قیف و دریچه PRBها به صورت دیوارهای نفوذناپذیر مانند ستون‌های ورقه‌ای، دیوارهای دوغابی و غیره هستند که برای هدایت آلودگی‌های جریان به ماده واکنش‌دهنده استفاده می‌شوند. نوع پیوسته PRBها به طور عرضی در مسیر جریان آلوده قرار می‌گیرد. PRBها یک راه مناسب برای استفاده مجدد از ضایعات جامد می‌باشند.

^۱ Permeable reactive barriers

خاکستر بخش پایینی تصفیه حرارتی ضایعات، دربردارنده ۲۰-۲۵ درصد از ضایعات سوخته می‌باشد. تقریباً حدود ۱۶ میلیون تن از خاکستر بخش پایین به دلیل احتراق ۷۰ میلیون تن از ضایعات، در سال ۲۰۰۹ در اروپا تولید شده است. در حال حاضر کارخانه‌های WTE به استخراج فلزات از این خاکسترها می‌پردازند و سایر مواد به‌عنوان سنگدانه در جاده‌ها و نیز برای ساخت‌وساز استفاده می‌شوند. کشور هلند ۲۱۹۰۰ تن از فلزات غیر آهنی و ۱۱۹۰۰۰ تن فلزات آهنی را در سال ۲۰۰۹ از خاکستر تولید شده از بخش پایینی استخراج کرده است.



شکل ۹-۱۸ دیگرام شماتیک دیواره واکنشگر نفوذپذیر.

تبدیل ضایعات به گازهای قابل اشتعال به دو روش نسبتاً جدید قوسی پلاسمایی و پلاسمایی ماکروویوی دو روش صورت می‌گیرد. تولید گاز به روش قوسی پلاسمایی شامل سوزاندن ضایعات در دمای $4000-7000^{\circ}\text{C}$ با استفاده از امواج الکتریکی است. در حالی که تکنولوژی جدیدی که تولید گاز پلاسمایی ماکروویوی نامیده می‌شود شامل عبور امواج ماکروویو از میان پلاسماترون می‌باشد که در این حالت، ضایعات به‌منظور تشکیل ابر پلاسمایی حرارت داده می‌شوند. بخار آب گرم به پلاسما افزوده می‌شود تا گازهای سنتزی و لجن شکل گیرد.

منابع

- AAMA (American Automobile Manufacturers Association) (1997) Motor vehicle facts & figures
- APME (2009) The compelling facts about plastics an analysis of European plastics production, dem& & recovery for 2008. Association of Plastics Manufacturers Europe, Brussels.
- Ashokan P, Saxena M, Asolekar SR (2005) Coal combustion residues—environmental implications & recycling potentials. *Resour Conserv Recycl* 43:239–262.
- Zero Waste SA (South Australia) (2011) South Australia's waste strategy 2011–2015.
- CPCB (Central Pollution Control Board) (1997) Spent pot lining waste from aluminum industry.
- CAS (Chemical Abstract Service) (2011) <http://www.cas.org/index.html>. Accessed 18 Oct 2011.
- Chapagain AK, Hoekstra AY (2008) The global component of freshwater dem& & supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural & industrial products. *Water Int* 33(1):19–32.
- Christian F, & Mads W (2009) EU as a recycling society present recycling levels of municipal waste & construction & demolition waste in the EU, European Environment Agency.
- DEFRA (Department for Environment Food & Rural Affairs) (2012) Construction & demolition waste, Engl&. <http://www.defra.gov.uk/statistics/environment/waste/wrfg09-condem/>. Downloaded on 27 Jan 2012.
- El Boushy ARY, Van der Poel AFB (1994) Poultry feed from waste. Processing & use. Chapman & Hall, London.
- Elert E (ed) (2001) “Number of cars,” the physics h&book. <http://hypertextbook.com/facts/2001/MarinaStasenko.shtml>. Accessed on 24 Dec 2012.
- EPA (1995) Construction & demolition waste l&fills.
- EPA (2003) Building-related construction & demolition materials amounts.
- EU Environmental Data Centre on Waste (Eurostat) (2008) End of live vehicles data—2008: 2010. As cited by Vladimir Simić, Branka Dimitrijević, 2011: 5th international quality conference 20 May

- 2011 center for quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac.
- FAO (1990) World statistical compendium for raw hides & skins leather & leather footwear 1970–1988. Food & Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2006) World agriculture, towards 2030/2050. FAO, Rome.
- FAO (2007) FAOSTAT database—forestry. Available at: <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx>. Retrieved 28 July 2009 as cited in FAO, 2010: impact of the global forest industry on atmospheric greenhouse gases.
- FAO (2011) Global food losses & food waste, extent caused & prevention.
- FAO (2011) Rice market monitor, Nov 2011, vol 15, no 4.
- Franklin Associates (1995) Grocery packaging in municipal solid waste: 1995 update. For grocery manufacturers of America as cited in Terry D, David MK, 2000: environmental implications of the foodservice & food retail industries, Resources for the future.
- GHK & BIS (Bio Intelligence Services) (2006) A study to examine the benefits of the end of life vehicles directive & the costs & benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, reuse & recovery under the ELV directive—final report to DG environment.
- IFC (2007a) Environmental, health, & safety guidelines for integrated steel mills.
<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EHSGuidelines>. Downloaded on 23 Oct 2011.
- IFC (2007b) Environmental, health, & safety guidelines for petroleum refining.
<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EHSGuidelines>. Down loaded on 23 Oct 2011.
- Jeff S, Gregory AK (2001) Management of end-of life vehicles (ELVs) in the US, Center for Sustainable Systems.
- Jody BJ, Daniels EJ (2006) End-of-life vehicle recycling: the state of the art of resource recovery from shredder residue, energy systems division. Argonne National Laboratory.
- Kanagaraj J, Velappan KC, Ch&ra B, Sadulla S (2006) Solid wastes generation in the leather industry & its utilization for cleaner environment—a review
- Kourmpanis B, Papadopoulos A, Moustakas K, Stylianou M, Haralambous KJ, Loizidou M (2008) Preliminary study for the

- management of construction & demolition waste. *Waste Manage Res* 26:267–275.
- Kumar R, Kumar S, Mehrotra SP (2005) Fly ash: towards sustainable solutions. In: *Proceedings of the international conference fly ash India*, pp 11–2.
- Lars MJ, Gabriela B (1999) Observations of solid waste l&fills in developing countries: Africa, Asia, & Latin America, World Bank, Washington.
- Matthew JF (2009) Solid waste analysis & minimization: a systems approach. The McGraw-Hill Companies, Inc, New York.
- Melek CumbulAltay, NüketSivri, BurcuOnat, ÜlküSù ahin, MertZora˘ga, HulusiFatihAltay (2011) Recycle of metals for end-of-life vehicles (ELVs) & relation to kyoto protocol. *Renew Sustain Eng Rev* 15: 2447–2451 246 9 Wastes From Industrial & Commercial Activities.
- Moore CJ (2008) Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environ Res* 108(2):131–139.
- Nellemann C, MacDevette M, M&ers T, Eickhout B, Svihus B, Prins AG, Kaltenborn BP (eds) (Feb 2009) The environmental food crisis—the environment’s role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme.
- Nicholas PC (2003) H&book of solid waste management & waste minimization technologies. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Nzihou A (2010) Waste & biomass valorization. *Waste Biomass Valoriz* 1(1):1–2. doi:10.1007/s12649-010-9013-y.
- LCA report (2003) Integrated report on “life cycle assessment study for steel sector”. National Metallurgical Laboratory, Jamshedpur, India. Mar 2003.
- Richard PL (1978) Hazardous solid waste from metallurgical industries. *Environ Health Perspect* 27:251–260.
- Robert G, Bette F (1991) Reducing office paper waste an INFORM special report inform Inc.
- Sanjay K, Rakesh K, Amitava B (2006) Innovative methodologies for the utilisation of wastes from metallurgical & allied industries. *Resour Conserv Recycl* 48(2006):301–314.
- Tamotia SK (2003) Processing of chemical, mining & metallurgical industries’ wastes. In: Keynote lecture presented in the

- international symposium on processing of chemical, mining & metallurgical industries' wastes (POCMIW-2003), Bhubaneswar, India, 27–29 Aug 2003.
- Terry D, David MK (2000) Environmental implications of the foodservice & food retail industries. Resources for the future, Washington.
- TSI (Turkish Statistical Institute), Motor Vehicle Statistics (2007) [in Turkish] as cited in Melek CumbulAltay, NüketSivri, BurcuOnat, ÜlküSü ahin, MertZorağca, HulusiFatihAltay, 2011: Recycle of metals for end-of-life vehicles (ELVs) & relation to Kyoto protocol, Renewable & Sustainable Energy Reviews 15(2011) pp 2447–2451.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2010) Sugar: world production supply & distribution. <http://www.fas.usda.gov/http/sugar/2010/sugarMay2010.pdf>. Downloaded on 31 Dec 2011.
- World Bank (1998) Pollution prevention & abatement h&book. [http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/attachmentsbytitle/gui_pulp_wb/\\$file/pulp_pah.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/attachmentsbytitle/gui_pulp_wb/$file/pulp_pah.pdf). Downloaded on 15 Dec 2012.
- WMW (Waste Management World) (2011a) UK food waste down, but no room for complacency, Dec 2011.
- WMW (Waste Management World) (2011b) Rising from the waste to energy ashes, Dec 2011.

فصل دهم

پسماند رادیواکتیو

پسماندهای رادیواکتیو موادی هستند که در فعالیتهای شیمیایی یا در غلظت‌های بالاتر از حد تعیین‌شده توسط هر کشور به رادیونوکلئید آلوده شده‌اند و هیچ نوع کاربردی برای آنها پیش‌بینی نشده است. تمام فعالیتهای مصرفی/تولیدی مواد رادیواکتیو همچون استخراج معدن، نیروگاه هسته‌ای، فرایندهای صنعتی، دفاعی، درمانی و تحقیقی، پسماند رادیواکتیو تولید می‌کنند. پسماند رادیواکتیو به شکل گاز، مایع، یا جامد تولید می‌شود. ماندگاری رادیواکتیویته بین چند ساعت تا هزاران سال متفاوت است. بسته به نوع پسماند، محل‌های دفع باید برای مدت‌زمان بسیار طولانی برقرار باشند تا از سلامتی افراد و محیط‌زیست اطمینان حاصل شود.

از اواخر دهه ۱۹۴۰ تا اوایل دهه ۱۹۷۰ پسماندهای رادیواکتیو به دریا ریخته شده و یا در مکان‌های هسته‌ای انبار می‌شدند. از اواسط دهه ۱۹۷۰ تا اوایل دهه ۱۹۹۰ صنعت هسته‌ای بین‌المللی به دلیل هزینه‌های بالا و مسائل فنی دچار مشکل شد. حوادث جزیره مایل و چرنوبیل^۱ از اطمینان و اعتماد به صنعت هسته‌ای کاستند (CORWM, 2006). در دوران آغازین صنعت هسته‌ای نگرانی عمومی اندکی نسبت به این صنعت وجود داشت؛ اما با گذشت زمان، تعدادی از سازمان‌ها به‌وضوح نگرانی خود را در مورد این صنعت اعلام کردند.

بسته به مقیاس و محدوده مصرف مواد رادیواکتیو و هسته‌ای، میزان تولید پسماند رادیواکتیو از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. بین دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ بیش از ۳۰ درصد اورانیوم تولیدشده در USSR از جمهوری‌های آسیای میانه بود. بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۹، ۴۵۶ آزمایش هسته‌ای توسط USSR در زمین‌های آزمایش سمیپالاتینسک^۲ قزاقستان انجام شد. باوجوداینکه استخراج معدن در بسیاری از معادن از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۵ متوقف شد، در تعدادی از معادن، کار استخراج از سر گرفته شد. تقریباً ۸۰۰ میلیون تن پسماند رادیواکتیو در آسیای مرکزی در انتظار دفع ایمن و بی‌خطر هستند (Zhunussova, 2011).

تمام کشورهای عضو IAEA پسماند رادیواکتیو تولید می‌کنند. در سال ۱۹۸۸، انرژی هسته‌ای تأمین‌کننده انرژی حدود ۷ درصد کشورهای توسعه‌یافته بود و ۷ کشور جهان سوم در آسیا، آمریکای لاتین و منطقه مدیترانه دارای ۲۴ نیروگاه هسته‌ای بودند (Thomas et al., 1989). در سال ۲۰۰۲، حدود ۲۰٪ برق آمریکا و ۱۷٪ برق دنیا توسط انرژی هسته‌ای تولید می‌شد.

^۱ Chernobyl

^۲ Semipalatinsk

بر اساس MIT (2009a, b) حدود ۴۴ نیروگاه هسته‌ای در ۱۲ کشور جهان در حال ساخت است. با در نظر گرفتن چرخه کامل سوخت هسته‌ای و راکتورها، پسماند رادیواکتیو در معادن اورانیوم، کارخانه‌ها، تأسیسات غنی‌سازی، مخازن سوخت مصرف‌شده و محل‌های انهدام تولید می‌شود. بر اساس IAEA (۱۹۹۵) اصول مدیریت پسماند رادیواکتیو عبارت‌اند از: (۱) حفاظت از سلامت انسان (۲) حفاظت از محیط‌زیست (۳) حفاظت فراتر از مرزهای ملی (۴) حفاظت از نسل‌های آینده (۵) مسئولیت نسل آینده (۶) قرار داشتن در چارچوب قانونی ملی (۷) کنترل تولید پسماند رادیواکتیو (۸) وابستگی‌های متقابل تولید و مدیریت پسماند رادیواکتیو (۹) ایمنی تأسیسات.

۱۰-۱- مستندات

مواد/پسماند رادیواکتیو به‌طور بالقوه مضر هستند، زیرا پرتوهای یونیزان منتشر می‌کنند که به سلول‌های بدن آسیب می‌رسانند و در مقادیر بالا آن‌ها در مدت کوتاه باعث مرگ می‌شوند. مقادیر پایین در طولانی‌مدت باعث بروز سرطان می‌شوند. برخی مواد هسته‌ای نیز به‌شدت سمی هستند. برخی مواد رادیواکتیو مانند پلوتونیوم در صورت مدیریت نادرست باعث شروع واکنش هسته‌ای زنجیری می‌شوند.

به دلیل خطرهای بالای مصرف بدون احتیاط مواد رادیواکتیو، قوانین مختلفی در سراسر جهان وضع شده است. تعدادی از این قوانین در جدول ۱۰-۱ آمده‌اند.

منابع معمول تولیدکننده پسماند رادیواکتیو عبارت‌اند از: (۱) بازپردازش سوخت هسته‌ای از سوخت هسته‌ای مصرف‌شده (۲) پسماند فرا اورانیومی (۳) استخراج و فرزکاری اورانیوم (۴) پسماند سطح پایین تحقیقات و پزشکی (۵) منابع رادیواکتیو طبیعی (US EPA, NA). سه منبع اصلی پسماندهای هسته‌ای عبارت‌اند از: (۱) چرخه سوخت هسته‌ای (NFC) مورد استفاده در اهداف نظامی و تولید انرژی (۲) مؤسسات و نهادهای غیر-NFC (مؤسسات پزشکی و تحقیقاتی، صنایع غیرهسته‌ای) (۳) حوادث. بخش عمده پسماندهای رادیواکتیو در نیروگاه‌های هسته‌ای در NFC تولید می‌شوند (شکل ۱۰-۱). چرخه سوخت هسته‌ای متشکل از مجموعه‌ای از فرآیندها برای تولید برق از اورانیوم در راکتورهای هسته‌ای است. چرخه سوخت هسته‌ای با فرزکاری اورانیوم شروع شده و به دفع پسماند هسته‌ای با هدف پردازش مجدد سوخت مصرف‌شده ختم می‌شود.

جدول ۱۰-۱ برخی از قوانین موجود برای رسیدگی به پسماند رادیواکتیو در سراسر جهان

کشور	قوانین
چین	مدیریت پسماند رادیواکتیو شهری را می‌سجد
سریلانکا	مصوبه مواد معدنی رادیواکتیو
قزاقستان	قانون شماره ۹۳-۱ برای استفاده از انرژی اتمی
پاکستان	حکم حفاظت در برابر تشعشع و ایمنی هسته‌ای پاکستان
فیلیپین	مصوبه کنترل مواد سمی و پسماند خطرناک و هسته‌ای
استرالیا	مصوبه انرژی اتمی
	مصوبه ایمنی هسته‌ای و حفاظت در برابر تشعشع استرالیا
	مصوبه سازمان‌های علم و تکنولوژی هسته‌ای استرالیا
	مصوبه عدم توسعه هسته‌ای (تأمین امنیت)
اتریش	مصوبه کنترل و امنیت هسته‌ای
	مصوبه ائتلافی بر اساس قانون اساسی برای اتریش غیرهسته‌ای
کانادا	مصوبه کنترل و امنیت هسته‌ای
	مصوبه ارزیابی زیست‌محیطی کانادا
	مصوبه پایداری هسته‌ای
جمهوری چک	مصوبه برای استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای و یونیزه کردن تشعشعات
فنلاند	مصوبه انرژی هسته‌ای فنلاندی
فرانسه	مصوبه شفافیت و امنیت در زمینه هسته‌ای
آلمان	مصوبه بهره‌وری صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای و محافظت در برابر خطرات آن
مجارستان	قانون انرژی اتمی

همان‌طور که میدانیم، اورانیوم ماده‌ای است که اندکی رادیواکتیو می‌باشد و به‌طور طبیعی در پوسته زمین یافت می‌شود. در برخی نقاط زمین، غلظت اورانیوم به‌قدری بالا است که استخراج آن را به‌صرفه می‌کند. اورانیوم با معدنکاری زیرزمینی یا روباز از خاک بیرون کشیده می‌شود. بیشتر اورانیوم جهان از طریق معدنکاری فروشویی برجا (ISL)^۱ استخراج می‌گردد. در ISL، آب‌های زیرزمینی اکسیژنه شده، بر سنگ‌های معدن متخلخل چرخانده می‌شود تا اکسید اورانیوم را در خود

^۱ In Site Leach

حل کند. سپس، اکسید اورانیوم از محلول استخراج می‌شود. سنگ معدن اولیه حدود ۱/۰٪ اورانیوم دارد.

فرزکاری و آسیاب جهت استخراج اورانیوم از سنگ معدن معمولاً نزدیک معدن اورانیوم انجام می‌شود. گاهی اوقات اکسید اورانیوم حاصل از فرزکاری و آسیاب را "کیک زرد" می‌نامند که حاوی ۸۰٪ اورانیوم است. در آسیاب، سنگ معدنی که خرد شده و از زمین خارج شده است با محلول قوی اسیدی یا قلیای سنگ‌شویی می‌گردد تا اکسید اورانیوم رسوب دهد. باقیمانده سنگ معدن به‌عنوان پسماند به تأسیسات مهندسی فرستاده می‌شود. پسماند حاوی ماده رادیواکتیو طویل‌العمر با غلظت پایین و فلزات سنگین است.

پسماند هسته‌ای در انبارهای ذخیره‌سازی حدود ۱۰۰۰۰ سال طول می‌کشد تا به حد ایمن تشعشع برسند که انسان می‌تواند در معرض آن قرار بگیرد. بر طبق گفته بنجامین (۲۰۱۱)، کمترین برآورد هزینه جهت انبار یک تن پسماند هسته‌ای ۳۵۰۰۰ دلار آمریکا در سال است (Benjamin, 2011).

بسیاری از کشورها مقادیر نسبتاً کمی از ILW و HLW دارند، بنابراین تحقیقاتی با حمایت اتحادیه اروپا در حال انجام است تا زیست‌پذیری مخازن منطقه‌ای برای یافتن مکانی که پسماندهای بسیاری از کشورها را بتوان در آن دفع کرد، بررسی شوند (IAEA, 2005). بیش از ۱۰۰ مخزن نزدیک به سطح زمین در جهان وجود دارد (IAEA, 2005).

اکسید اورانیوم حاصل از فرزکاری و آسیاب را نمی‌توان به‌طور مستقیم به‌عنوان سوخت در راکتورهای هسته‌ای استفاده کرد. فقط ۷/۰٪ از اورانیوم طبیعی قادر به شکافت هسته‌ای است. توانایی مواد در داشتن شکافت هسته‌ای را "شکافت‌پذیری" نام دارد. ایزوتوپ‌های اورانیوم ۲۳۵ (U-235) و ۲۳۸ (U-238) شکل‌هایی از اورانیوم هستند که قابلیت شکافت هسته‌ای دارند. غلظت اورانیوم شکافت‌پذیر ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۵ توسط فرایند غنی‌سازی که به شکل گازی اورانیوم نیاز دارد معمولاً بین ۳/۵٪ تا ۵٪ نگه‌داشته می‌شود؛ بنابراین، اکسید اورانیوم ابتدا به هگزافلوراید اورانیوم تبدیل می‌شود که گازی در دمای پایین است.

اکسید اورانیوم به مونوکسید اورانیوم و سپس به هگزافلوراید اورانیوم تبدیل می‌شود. هگزافلوراید اورانیوم در سیلندرهای ۱۴ تنی تخلیه‌شده و در آنجا متبلور می‌گردد. این محفظه‌های فلزی با کشتی به تأسیسات غنی‌سازی حمل می‌شوند، جاییکه به دو بخش تقسیم می‌گردند: (۱) اورانیوم دارای خلوص پایین (۲) اورانیوم تضعیف شده. اورانیوم تضعیف شده، تهی از U-235 بوده و به این جهت آن را "ته‌مانده" می‌نامند.

هرساله حدود ۱۰۰۰۰ تن از سوخت هسته‌ای مصرف‌شده به‌عنوان پسماند هسته‌ای دفع می‌شود. تنها ۱۵٪ این زباله قادر باز فرآوری هستند (Benjamin, 2011). تقریباً تمامی سوخت

مصرف شده در نیروگاه‌های هسته‌ای به پسماند تبدیل می‌شوند. هر نیروگاه به‌طور متوسط ۳۰ تن پسماند در سال تولید می‌کند که در حدود ۲۵۰۰۰ سال رادیواکتیو باقی می‌ماند (Benjamin, 2011).

میزان پسماند رادیواکتیو پس از جنگ جهانی دوم افزایش یافت. کل میزان اورانیوم تولیدشده در سراسر جهان در سال ۲۰۰۴ حدود ۲/۲ میلیون تن بود که آمریکا و کانادا هرکدام یک-ششم از این میزان را تولید کردند (ONEA, 2006). در طول سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴، استرالیا حدود ۲۰٪ و کانادا حدود ۳۰٪ از کل اورانیوم جهانی را تولید کردند (ONEA, 2006). کل پسماند انباشته‌شده در استرالیا در سال ۱۹۹۶ حدود ۵۰ میلیون تن بود (IAEA, 2007). کل پسماند تجاری تولیدشده در آمریکا تا انتهای سال ۱۹۹۶ در حدود ۱۹۰ میلیون تن بود (US DoE, 1997). بر اساس برآورده انجام‌شده توسط ماخلجانی و همکاران، بمب و موشک باعث تولید حدود ۳۴ میلیون تن پسماند حفاری و فرزکاری می‌گردد (Makhijani et al., 1995). اتحادیه اروپا ۳۴٪ از برق خود را از انرژی اتمی تأمین می‌کند (European Commission, 2004). کل میزان پسماند هسته‌ای ایجاد شده از معدن و فرزکاری اورانیوم حدود ۴/۱ میلیون تن برآورد شده است (Ramana et al., 2001).

سوخت راکتور معمولاً به شکل گلوله‌های سرامیکی ایجاد شده از اکسید اورانیوم فشرده پخته شده در دمای بالاتر از ۱۴۰۰ °C است. این گلوله‌ها در لوله‌های فلزی گذاشته‌شده و به ترتیب به مجموعه سوخت فرستاده می‌شوند. هسته اتم‌های U-235 در داخل راکتورهای هسته‌ای شکسته و انرژی آزاد می‌کنند که این انرژی برای تبدیل آب به بخار استفاده می‌شود تا توربین متصل به ژنراتور حرکت کرده و برق تولید شود.

با گذشت زمان، میزان پارگی شکافت‌ها در سوخت افزایش می‌یابد که به‌عنوان سوخت استفاده‌شده و درنهایت از راکتور دفع می‌شوند. سوخت مصرف‌شده یا دوباره پردازش شده و یا دفع می‌شود. پسماند جامد در طول بهینه‌سازی پسماند مایع از طریق فرایندهای رسوب‌شیمیایی، تبادل یونی، فراپالایش (شکل ۱۰-۲)، اسمز معکوس (شکل ۱۰-۳) و تبخیر تولید می‌شوند (شکل ۱۰-۴).



شکل ۱۰-۱ چرخه سوخت هسته‌ای

۱۰-۲- طبقه‌بندی پسماند

طبقه‌بندی بر اساس دیدگاه‌های مختلف همچون ایمنی، خصوصیات فیزیکی/شیمیایی زباله یا مسائل قانونی انجام می‌شود (IAEA, 1970, 1999). طبقه‌بندی پسماند رادیواکتیو از کشوری به کشور دیگر متفاوت است.

عوامل کلیدی در همه طبقه‌بندی‌ها غلظت نیمه‌عمرها و غلظت رادیونوکلئیدها می‌باشند (Ojovan & Lee, 2005). پسماند رادیواکتیو معمولاً بر اساس سطح فعالیت طبقه‌بندی می‌شود، مانند: (۱) پسماند عاری از مواد رادیواکتیو (۲) پسماند دارای سطح پایین (LLW) (۳) پسماند دارای

سطح متوسط (ILW) (۴) پسماند دارای سطح بالا (HLW). اختصار LILW برای اشاره به پسماند سطح متوسط و پایین استفاده می‌شود.

پسماند عاری، سطح فعالیتی پایین‌تر از سطح تعیین‌شده دارد و از آنجاکه خطرات تشعشعی آن ناچیز است، کنترل نظارتی بر آن اعمال نمی‌شود.

سطح فعالیت LLW بیشتر از سطح تعیین‌شده است اما نیاز به محافظ در هنگام رسیدگی و انبار کردن، ندارد. اجزای اصلی LLW عبارت‌اند از: (۱) فلزات تجهیزات و ابزار دور ریخته شده (۲) فلزات مجاری آب، لوله‌کشی و فولادگذاری از رده خارج‌شده (۳) مواد آلی لباس‌های محافظتی، حوله و بسته‌بندی پلاستیکی دور انداخته‌شده (۴) بتن، سیمان و لاستیک از دور خارج‌شده. LLW در بیمارستان، صنعت و چرخه سوخت هسته‌ای تولید می‌شود. به‌منظور کاهش حجم آن، معمولاً پیش از دفع، فشرده و سوزانده می‌شود (Nirdosh, 1999). برای دفع LLW از روش دفع کم‌عمق استفاده می‌شود که در آن LLW ابتدا فشرده‌شده و در محفظه‌های فلزی بزرگی بسته‌بندی می‌شود و سپس در یک سردابه که به‌صورت مهندسی طراحی شده است، در زیر سطح زمین دفن می‌گردد.

برخی کشورها، LLW که دارای سطح فعالیت بسیار پایین است را تحت عنوان پسماند خیلی سطح پایین طبقه‌بندی می‌کنند (VLLW). در تأسیسات فرآوری اورانیوم، ماده جانبی حاصل از فرآیند پردازش اورانیوم از سنگ معدن است (Sutherl, et al., 1982).

سطح فعالیت ILW از LLW بیشتر است اما میزان رادیواکتیویته آن از HLW کمتر می‌باشد. هنگام رسیدگی و انبار کردن این پسماند نیاز به حفاظ وجود دارد. ILW شامل رزین، لجن‌های شیمیایی، روکش فلزی سوخت راکتور و مواد آلوده است (Raj, et al., 2006). در برخی موارد نیاز به حفاظ نیز هست. ILW پسماندی است که سطح رادیواکتیویته آن بالاتر از محدوده LLW است، اما در طول طراحی انبار یا تأسیسات دفع آن نیاز به در نظر گرفتن حرارت نیست. فلزات اجزای اصلی عملیات هستند. بیشترین مواد تشکیل‌دهنده ILW عبارت‌اند از (۱) پوسته و عناصر سوخت حاصل از حذف یا بازپردازش سوخت هسته‌ای مصرف‌شده (۲) ضایعات حاصل از عملیات و تعمیر و نگهداری تأسیسات رادیواکتیو (۳) ضایعات حاصل از بهینه‌سازی مایعات و لجن رادیواکتیو (۴) گرافیت حاصل از هسته راکتور (۵) فلزات از رده خارج‌شده.



شکل ۱۰-۲ واحد اولترافیلتراسیون



شکل ۱۰-۳ واحد اسمز معکوس



شکل ۱۰-۴ واحد تبخیر اجباری

پسماند ILW گرمای قابل توجهی تولید نمی‌کند، باین‌حال نیاز به حفاظ دارد. برخی از ILW ها نیمه-عمر بسیار طولانی دارند. ILW دربرگیرنده پوسته سوخت هسته‌ای و قطعات راکتورها، گرافیت حاصل از هسته راکتور، لجن حاصل در طول بهینه‌سازی فاضلاب مایع رادیواکتیو و زباله‌های کاربران پزشکی/صنعتی است. ILW در آب‌انبار/مخزن/بشکه با کمی حفاظ جهت محافظت از اپراتورها از رادیواکتیو انبار می‌شود. زباله تولیدشده در طول انهدام راکتور را ضایعات انهدام راکتور (RDW)^۱ می‌نامند. برخی ILW های تشکیل شده در طول انهدام راکتور کوتاه عمر هستند و نیمه‌عمر کمتر از ۳۰ سال دارند.

سطح فعالیت HLW بسیار بالاست و نیاز به حفاظت جامع کارکنان، حفاظ و رسیدگی از راه دور دارد. معمولاً این پسماند، خود سوخت مصرف‌شده بوده و یا حاصل از بازپردازش سوخت هسته‌ای مصرف‌شده است.

زباله سطح پایین و متوسط کوتاه عمر (LILW-SL) متشکل از پسماند آلفای بلند عمر منتشرکننده رادیونوکلئید تا 4000 Bq/g در هر بسته پسماند است و میانگین کلی در هر بسته

^۱ Reactor Decommissioning Waste

پسماند 400Bq/g می‌باشد. زباله سطح پایین و متوسط کوتاه عمر (LILW-SL) متشکل از زباله‌ای است که غلظت رادیونوکلئیدهای بلند عمر آن بیشتر از محدوده آن برای پسماند کوتاه عمر می‌باشد.

پسماند کوتاه عمر حاوی رادیونوکلئیدهای نیمه‌عمر کمتر از 137 Cs یعنی $30/2$ سال است. پسماند بلند عمر دارای رادیونوکلئیدهای نیمه‌عمر بیشتر از $30/2$ سال است. پسماند سطح پایین بلند عمر از ۱) فرآیندهای صنعتی (همانند صنعت پردازش اورانیوم، صنعت نفت و گاز، صنعت فسفات) و ۲) پاک‌سازی مکان‌های آلوده به رادیوم به وجود می‌آید. این نوع پسماند معمولاً شامل سطح پایین‌تری از آلودگی‌های رادیونوکلئید است و نیز در حجم‌های بالا تولید می‌شود، بنابراین تأسیسات دفع نزدیک به سطح (NSDF) برای آن مناسب نیست. دفع عمیق بسیار پرهزینه است. به‌علاوه، قوانین کشورهای مختلف در این مورد متفاوت است و برخی آن‌ها را پسماند رادیواکتیو و برخی دیگر پسماند شیمیایی فرض می‌کنند و تعدادی دیگر برای چنین پسماندی قوانین وضع نمی‌کنند.

NFC تمام انواع پسماند رادیواکتیو را تولید می‌کند. NFC را به‌صورت NFC باز و بسته نیز تعریف می‌کنند. در NFC بسته، سوخت هسته‌ای مصرف‌شده جهت استخراج شکافت U و PU دوباره پردازش می‌شود، درحالی‌که در NFC باز سوخت هسته‌ای مصرف‌شده بدون بازپردازش دفع می‌شود.

مواد رادیواکتیو طبیعی (NORM)^۱ حاوی رادیونوکلئیدهایی هستند که در طبیعت یافت می‌شوند. مواد رادیواکتیو طبیعی دو نوع هستند: گسسته و افشاده. NORM گسسته، همچون منابع رادیوم مورد استفاده در فرآیندهای پزشکی، رادیواکتیویته نسبتاً بالا در حجم بسیار پایین دارد. NORM افشاده غلظت رادیواکتیویته پایین‌تر با حجم بالای پسماند دارد.

راکتورهای هسته‌ای شامل گلوله‌های ساخته‌شده از اکسید اورانیوم سرامیکی هستند که درصدها میله فلزی قرار داده‌شده‌اند و با هم تشکیل "مجموعه سوخت" را می‌دهند. زمانی که بیشتر اورانیوم قابل استفاده در فرایند تولید برق شکافته می‌شود، مجموعه سوخت مصرف‌شده جابجا گشته و در استخرهای آب موجود در مکان راکتور جهت حذف گرمای باقیمانده در سوخت مصرف‌شده انبار می‌شود. سوخت مصرف‌شده جهت بازیابی اورانیوم و پلوتونیوم نشکافته بازپردازش می‌شود. در این فرآیند، سوخت در مواد شیمیایی قوی حل می‌گردد، نتیجه این امر تولید پسماند رادیواکتیو سطح بالای مایع است (HLW).

^۱ Naturally Occurring Radioactive Materials

HLW حاوی محصولات شکافت و عناصر فرا اورانیومی تولیدشده در هسته راکتور است (Liu, 2006; et al., 2007; Ahn, et al., 2007; Peters, et al., 2006). HLW به طور عمده متشکل از محصولات شکافت است و گرمای زیادی تولید می کند. HLW در طول بازپردازش سوخت هسته ای مصرف شده جهت استخراج اورانیوم و پلوتونیوم به شکل تولید می شود. این نوع پسماند مایع با استفاده از فرآیندی به نام تبدیل به شیشه سازی به فرم جامد درآمده، بیش از ۵۰ سال انبار می شود تا فروپاشی رادیونوکلئیدها به حدی برسد که مناسب مدیریت طولانی مدت باشد. در شیشه سازی، پسماند سطح بالا جهت تبخیر آب از پسماند و کمک به ثبات شیشه تولیدی، آهکی و خشک می شود (Min, et al., 2007; Sobolev, et al., 2005; Sheng, et al., 2001; Park & Song, 1998). برخی HLW ها برای هزاران سال باقی می ماندند.

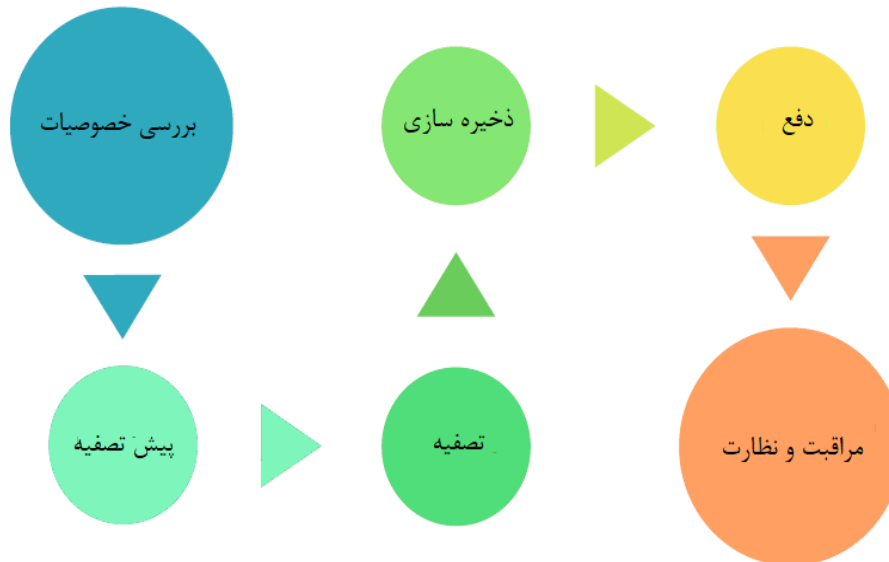
پسماند فرا اورانیومی (TRUW) پسماندی است که با آلفایی که رادیونوکلئیدهای فرا اورانیومی ساطع می کند، آلوده شده است، که نیمه عمر آن ها بیش از ۲۰ سال بوده و دارای غلظتی بالاتر از ۱۰۰ nCi/g (۳/۷ MBq/kg) به استثنای HLW، هستند (Silva, 1992). TRUW حاصل از تولید سلاح های هسته ای است. کلمه "فرا اورانیومی" اشاره دارد به اتم هایی که عدد اتمی آن ها بالاتر از اورانیوم است (برای مثال: پلوتونیوم). TRUW شامل مواردی مانند از قطعات فرسوده، ابزارها، محفظه های آلوده و تجهیزات آلوده به مواد رادیواکتیو است. برخی پسماندهای TRUW تشعشعات دارای قدرت نفوذ بالایی را منتشر می کنند و از این رو به حفاظ نیاز دارند. برخی پسماندهای TRUW تشعشعات دارای قدرت نفوذ بالایی را ساطع نمی کنند، اما برای سلامتی خطرناک هستند زیرا در صورت استنشاق/مصرف ذرات آن، به ریه و دیگر اندام داخلی آسیب وارد می شود.

روش مدیریت پسماندهای هسته ای (NWM)^۱ شامل مدیریت کوتاه مدت _ که در آن پسماندها به سرعت تصفیه می شوند _ و مدیریت بلندمدت _ که در آن پسماند انبار، دفع و یا به پسماند غیر سمی تبدیل می شود _ است (Grill, 2005; Horsley & Hallington, 2005; Fritschi, 2005). فرآوری پسماند اورانیوم پس از استخراج اورانیوم از سنگ معدن اورانیوم انجام می شود. پسماندها در توده های نزدیک به تأسیسات استخراج کننده قرار داده می شوند. رادیوم، سلنیوم، مولیبدنوم، اورانیوم و توریم از عناصر رادیواکتیو مهم در فرآوری پسماند اورانیوم هستند. رادیوم برای تولید رادون فروپاشی می شود.

پسماند رادیواکتیو حاصل از شتاب دهنده ها در طول استفاده از شتاب دهنده های ذرات اتمی در موارد تحقیقی، پزشکی و صنعتی تولید می شود. شتاب دهنده ها از میدان مغناطیسی جهت حرکت

^۱ Nuclear Waste Management

دادن ذرات اتم استفاده می‌کنند. رادیواکتیویته موجود در پسماند حاصل از شتاب‌دهنده‌ها کوتاه عمر و کمتر از یک سال است. پسماند را می‌توان تا زمان از بین رفتن رادیواکتیویته در تأسیسات تولید انبار کرد. ذرات بسیار کوچک پسماند ممکن است نیمه‌عمر بیشتر از ۱ سال داشته باشند. پسماند عاری حاوی ضایعاتی است که سطح فعالیت آن‌ها در حد سطح مجاز و یا پایین‌تر از آن است. سطح مجاز بر اساس مقدار سالیانه بخش‌های عمومی کمتر از 0.01 mSv تعیین می‌شود.



شکل ۱۰-۵ مراحل مدیریت پسماند رادیواکتیو

پسماند جامد را بر اساس نوع تشعشع، زمینه و غلظت رادیواکتیویته طبقه‌بندی می‌کنند. آن‌ها را می‌توان به قابل/غیرقابل احتراق و متراکم/غیرمتراکم نیز طبقه‌بندی کرد. کوره‌های دارای طراحی خاص، برای سوزاندن پسماندهای رادیواکتیو جامد قابل احتراق استفاده می‌شوند. حجم پسماند متراکم از طریق عملیات عدل‌بندی هیدرولیکی کاسته می‌شود. پسماند قابل تراکم می‌تواند با استفاده از فشار هیدرولیکی بیشتر فشرده شود.

۱۰-۳- بررسی خصوصیات

پسماند، به منظور مدیریت، بر اساس ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و رادیواکتیویته مشخص می‌شود. مراحل مهم مدیریت پسماند رادیواکتیو عبارت‌اند از بررسی خصوصیات پسماند، پیش‌تصفیه، تصفیه، انبار، دفع، مراقبت/نظارت (شکل ۱۰-۵). شکل ۱۰-۶ نمودار شماتیک پردازش پسماند و خط سیر دفع در تأسیسات هسته‌ای را نشان می‌دهد.

انبار پسماند رادیواکتیو جهت اطمینان از عایق‌سازی، حفاظت زیست‌محیطی و نظارت انجام می‌شود. سوخت مصرف‌شده از راکتور برداشته‌شده و در زیر آب انبار می‌شود تا گرمای تولیدشده را فرونشاند و سطح تشعشع را محدود نماید. پس از سال‌ها، زمانی که گرمای حاصل از فروپاشی پسماند رادیواکتیو کم شود به انبارهای روزمینی مجهز به خنک‌کننده هوا انتقال می‌یابد.

۱۰-۴- پیش‌تصفیه

پیش‌تصفیه عملیاتی است که معمولاً قبل از تصفیه پسماند رادیواکتیو انجام می‌شود و شامل جمع‌آوری، تفکیک، تسویه و آلودگی‌زدایی می‌باشد. این عملیات انجام می‌شود تا: (۱) تصفیه، حمل‌ونقل، بسته‌بندی و آماده‌سازی تسهیل شود (۲) به دو بخش فعال و غیرفعال تفکیک شود (۳) بازیابی محصولات برای بازیافت انجام شود. پیش‌تصفیه زباله شامل جمع‌آوری، تفکیک، انبار موقت، تعدیل شیمیایی و آلودگی‌زدایی است. پیش‌تصفیه کمک می‌کند تا ایمنی و کمتر تشعشع دیدن بهبود و هزینه‌های مدیریت پسماند کاهش یابد.

فرآیندهای معمول تعدیل عبارت‌اند از: (۱) تعدیل شیمیایی (۲) حذف ترکیبات ناسازگار با مواد مورد استفاده در طول تصفیه (۳) تخریب ترکیبات ناخواسته (۴) اصلاح رفتار با یون‌های کلیایی خاکی (۵) تخریب الکترولیتی اسیدهای آلی (۶) تبخیر.

کاهش دادن اندازه به منظور کاهش هزینه‌های بسته‌بندی جهت حمل‌ونقل و نیز تسهیل تصفیه بعد از آن انجام می‌شود. تعدیل شیمیایی جهت اصلاح ویژگی‌های پسماند به منظور تناسب آن با الزامات مورد نیاز فرآیندهای ذخیره‌سازی، تصفیه و تثبیت موفق انجام می‌شود.

۱۰-۴-۱- بسته‌بندی

بسته‌بندی پسماند رادیواکتیو یکی از عملیات‌های مهم پیش‌تصفیه جهت تسهیل رسیدگی، حمل و انجام فرآیندهای بیشتر است. این عملیات باید طبق قوانین حمل‌ونقل و استانداردهای ایمنی انجام شود.

LILW های غیرقابل احتراق معمولاً به عنوان مواد متراکم/غیرمتراکم بسته به حجم پسماند تولیدشده در جعبه‌های فلزی/مقوای ۲۰ تا ۵۰ لیتری یا بشکه‌های فلزی ۱۰۰ تا ۲۰۰ لیتری

جمع‌آوری می‌شوند. LLW های قابل احتراق معمولاً هنگام تولید در کیسه‌های پلاستیکی شفاف با ضخامتی بین ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر جمع‌آوری می‌شوند. این پلاستیک‌ها با نشان رادیواکتیو علامت‌گذاری شده‌اند و حجم معمول آن‌ها ۱۵ تا ۵۰ لیتر است. درب این پلاستیک‌ها با چسب نواری بسته می‌شود.

۱۰-۴-۲- آلودگی‌زدایی مواد رادیواکتیو

آلودگی‌زدایی یکی از عملیات‌های پیش‌تصفیه است که با استفاده از مواد گندزدا بر روی بخش آلوده مواد/ترکیبات انجام می‌شود تا بتوانند مورد استفاده مجدد قرار گیرند یا به‌عنوان پسماند غیر رادیواکتیو دفع شوند. آلودگی‌زدایی ابزار و آلات مصرف‌شده، با هدف استفاده مجدد انجام می‌شود. عوامل آلودگی‌زدایی مورد استفاده معمول عبارت‌اند از: مواد شوینده، اسیدهای رقیق، حلال‌های آلی، محلول اسید کرومیک، CCl_4 ، نفت سفید، اسید اگزالیک، NH_4OH ، HCl ، سیترات آمونیوم، اسیدهای معدنی رقیق، اسید نیتریک غلیظ، اسیدهای معدنی، فسفات تری سدیم، اسید نیتریک رقیق، سیترات سدیم، بیفلورید آمونیوم، سایش.

آلودگی‌زدایی، از بین بردن آلودگی از سطوح وسیله‌ها/ تجهیزات است. بررسی خصوصیات به درک بهتر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و رادیولوژیک کمک می‌کند. آلودگی‌زدایی را می‌توان با شستن، گرمایش، تصفیه مکانیکی، واکنش‌های شیمیایی یا الکتروشیمیایی و سایر روش‌ها انجام داد. اهداف آلودگی‌زدایی عبارت‌اند از: (۱) کاهش قرارگرفتن در معرض تشعشع (۲) نجات و مصرف مجدد ابزار و مواد (۳) کاهش حجم تجهیزات (۴) ترمیم مکان‌ها و تسهیلات (۵) از بین بردن آلاینده‌های رادیواکتیو آزاد (۶) کاهش شدت منبع رادیواکتیو باقی‌مانده (IAEA 2001). مواردی که باید در عملیات آلودگی‌زدایی در نظر گرفته شوند: (۱) ایمنی (۲) کارآیی (۳) مقرون‌به‌صرفه بودن (۴) تقلیل ضایعات (۵) امکان صنعتی شدن.

آلودگی‌زدایی شیمیایی از طریق گردش مواد شیمیایی مناسب در سیستم و یا غوطه‌ور کردن و تکان دادن قطعات در مواد شیمیایی انجام می‌شود. ضدعفونی‌کننده‌های شیمیایی ضعیف همچون مواد شوینده، فوم، کرم اسیدی/قلیایی رقیق جهت آلودگی‌زدایی قطعات بزرگ و تخت موجود در محل، درها، استخرها و پوشش ایمنی راکتور استفاده می‌شوند. مصرف این مواد شیمیایی فقط آلاینده‌های ضعیف را از بین برده و زباله ثانویه زیادی تولید می‌کند. مواد شیمیایی قوی همچون مواد اسیدی/قلیایی و یا عوامل اکسیدکننده/کاهنده قوی برای از بین بردن لایه نازکی از فلزات از سطح، استفاده می‌شوند.

آلودگی‌زدایی الکتروشیمیایی (الکتروپولیش) به‌طور گسترده در برنامه‌های صنعتی غیرهسته‌ای برای تولید یک سطح صیقلی صاف بر آلیاژهای فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فرآیند لایه‌های فلزی از روی سطح حذف می‌شوند.

آلودگی‌زدایی مکانیکی شامل تمیز کردن سطح (برای مثال: جارو و تمیزکاری) و از بین بردن سطح (مانند: شن‌پاشی، حفاری/شن‌پاشی) است. این روش را می‌توان به‌جای/هم‌زمان با/ بعد از آلودگی‌زدایی شیمیایی انجام داد.

آلودگی‌زدایی از طریق ذوب، کاملاً شئی آلوده را منهدم می‌کند؛ این تکنیک زمانی مؤثر است که آلاینده‌ها فرار بوده و یا در لجن و تفاله باشند (برای مثال: پلوتونیوم). ذوب در ریخته‌گری انجام می‌شود و در صورت نیاز شمش‌ها انبار می‌شوند تا رادیواکتیویته به محدوده ایمن برسد.

تکنیک‌های آلودگی‌زدایی عبارت‌اند از شستشو با آب پرفشار، پوشش‌های موقت، تمیز کردن گردوغبار، جارو کردن، زدودن، سایش، تمیزکاری با نیتروژن مایع پرفشار، تمیز کردن با بخار، تمیزکاری با ساینده، تمیزکاری با اسفنج، جت آب پرفشار یا بسیار پرفشار، تمیزکاری با CO_2 ، افشانه فرئون، تمیزکاری با یخ مرطوب، خرد کردن، تراشیدن، شکافتن، فرزکاری، دوغاب ریختن، رنده کردن، صیقل دادن الکتروشیمیایی، آلودگی‌زدایی حرارتی- شیمیایی.

۱۰-۵- تصفیه

تصفیه پسماند رادیواکتیو برای رسیدن به این اهداف مهم انجام می‌شود: (۱) کاهش حجم (۲) از بین بردن رادیونوکلئیدها (۳) تغییر ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی. روش‌های معمول مورد استفاده در تصفیه در بخش‌های بعدی توضیح داده می‌شوند.

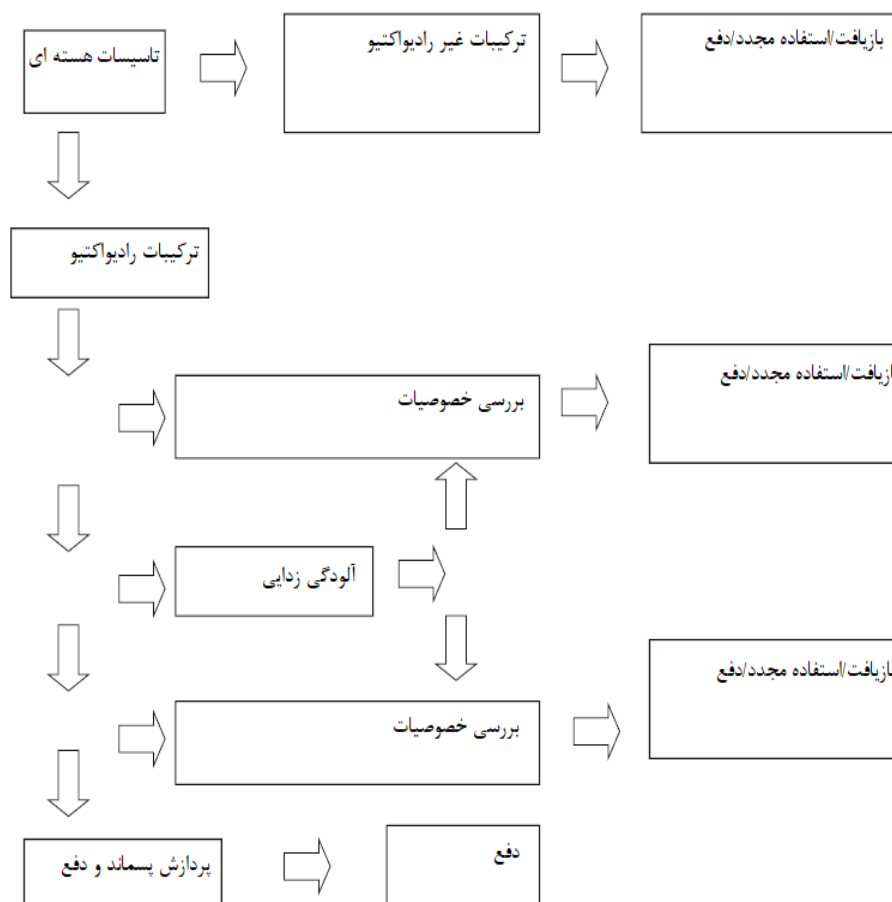
۱۰-۵-۱- فشرده‌سازی و فوق فشرده‌سازی

در فشرده‌سازی، پسماند جامد در جعبه‌ها و محفظه‌ها با عامل کاهش حجم (VRF) ۲ تا ۵ مترکم می‌شوند تا حجم آن‌ها کاهش یابد. فوق فشرده‌سازی جهت رسیدن به عامل کاهش حجم ۱۰۰ انجام می‌شود.

۱۰-۵-۲- خاکسترسازی

پسماند رادیواکتیو قابل احتراق در کوره‌های مخصوص سوزانده می‌شود. در خاکسترسازی، از سیستم‌های کنترل آلودگی فاقد تصاعد گاز، خاکستر، دوده و رسوب تولید می‌شود. VRF معمول به‌دست‌آمده در خاکسترسازی برای پسماند مایع ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ و پسماند جامد رادیواکتیو ۵۰ تا ۱۰۰ است. خاکستر حاوی ۹۰ تا ۹۵ درصد، دوده حاوی ۱ تا ۵ درصد رسوب و حاوی ۰/۱ تا ۲

درصد رادیونوکلئید است. محتوای رادیونوکلئید در پسماند سوزانده و خاکستر شده به‌طور کلی به فعالیت آلفا 10^{-5} Ci/kg و فعالیت بتا 10^{-4} Ci/kg محدود است (Ojovan & Lee 2005).



شکل ۱۰-۶ دیاگرام شماتیک جریان پردازش و دفع پسماند در تأسیسات هسته‌ای

دما در محفظه احتراق در حدود 950°C – 900°C است و درجه حرارت بالاتر در محفظه پس-احتراق حفظ می‌شود. کوره‌های شفت دارای مشعل‌های پلاسما، کارآمد هستند و می‌توانند برای هر دو نوع پسماند آلی و غیرآلی همچون شیشه، سرامیک و مواد سازنده بدون پیش‌تصفیه استفاده شوند. دمای 1600°C – 1400°C را می‌توان با پلاسماترون (مشعل‌های پلاسما) به دست آورد تا باقی‌مانده خاکستر را با آن ذوب کرد.

۱۰-۵-۳- تجزیه شیمیایی و شیمیایی-حرارتی

تجزیه شیمیایی از طریق تجزیه مواد آلی در اسید انجام می‌شود. در تجزیه شیمیایی-حرارتی، پسماند با استفاده از سوخت‌های فلزی پودری (PMFs) سوزانده می‌شود تا تجزیه مواد آلی، مواد رادیواکتیو خطرناک محبوس و مواد شیمیایی به‌طور هم‌زمان انجام شود.

۱۰-۵-۴- تقسیم‌بندی و تغییر شکل

هدف اصلی فرایند تقسیم‌بندی و تغییر شکل (P&T) از بین بردن یا کاستن میزان رادیونوکلئیدهای بلند عمر از پسماند رادیواکتیو است. P&T تمام رادیونوکلئیدهای بلند عمر زباله را به‌طور کامل از بین نمی‌برد. فرایندهای پیچیده باعث ایجاد مقدار معینی پسماند رادیواکتیو حاوی رادیونوکلئیدهای بلند عمر تقلیل شده با فاکتور ۱۰۰ یا بیشتر می‌شوند؛ بنابراین، زمان موردنیاز جهت کاهش سمیت رادیواکتیویته و رساندن آن به سطح طبیعی اورانیوم می‌تواند به‌جای ۲۰۰ سال، ۲ سال شود. تغییر شکل رادیونوکلئیدها با استفاده از پرتوافکنی با نوترون انجام می‌شود. از آنجاکه این فرایند انرژی زیادی آزاد می‌کند باید خنک شود. تقسیم‌بندی قبل از تغییر شکل انجام می‌شود تا رادیونوکلئیدهای بلند عمر از پسماند رادیواکتیو تفکیک شوند. موفقیت تغییر شکل به تقسیم‌بندی بستگی دارد زیرا ناخالصی‌ها نوترون را به خود جذب می‌کنند.

۱۰-۵-۵- آماده‌سازی

آماده‌سازی فرایندی است که در آن یک بسته پسماند مناسب رسیدگی، انبار، حمل و دفع تولید می‌شود. آماده‌سازی نوعی فرایند مهندسی همراه با بسته‌های تجاری بزرگ است.

آماده‌سازی پسماند رادیواکتیو مایع دارای سطح متوسط با توجه به این موارد انجام می‌شود: (۱) سازگاری ماتریس و پسماند (۲) ماندگاری مکانیکی و شیمیایی محصولات متبلور/جامد شده (۳) هزینه پردازش (۴) توان عملیاتی (۵) گزینه‌های دفع. تثبیت رزین‌های تبادل یونی مصرف‌شده با استفاده از ماتریس پلیمری انجام می‌شود.

آماده‌سازی پسماند رادیواکتیو شامل فرایندهایی است تا پسماند رادیواکتیو را به شکل جامد مناسب برای رسیدگی، انبار، حمل و دفع تبدیل می‌کند. این نوع آماده‌سازی متشکل است از (۱) تثبیت پسماند رادیواکتیو (۲) قرار دادن پسماند در محفظه‌ها (۳) فراهم کردن بسته‌بندی اضافی در صورت نیاز.

روش‌های بسیار متداول تثبیت عبارت‌اند از سفت‌سازی ILW و LLW در سیمان یا پلیمر و شیشه‌سازی پسماند مایع دارای سطح بالا. پسماند تثبیت شده بسته به نوع و غلظت رادیونوکلئیدها

در محفظه‌های مختلفی از ۲۰۰ لیتر بشکه فلزی تا محفظه‌های دارای دیواره ضخیم بسته‌بندی می‌شود.

۱۰-۵-۶- تثبیت

تثبیت، جابجایی یا پراکندگی احتمالی آلاینده‌ها را کاهش می‌دهد. این فرایند، تبدیل پسماند رادیواکتیو به صورت پسماند با استفاده از سفت‌سازی و کپسول‌سازی جهت تسهیل در رسیدگی، ذخیره، انتقال و دفع است. سفت‌سازی از طریق اختلاط شیمیایی پسماند با ساختار ماتریس به دست می‌آید. کپسول‌سازی، محصور کردن فیزیکی پسماند با استفاده از موادی همچون قیر طبیعی یا سیمان به منظور حفظ و عایق کردن رادیونوکلئیدها است.

پسماندهای رادیواکتیو در محدوده‌ای از ماتریس‌ها جهت ذخیره یا دفع به صورت زمین‌شناسانه، تثبیت می‌شوند. مواد رایجی که استفاده می‌شوند شامل شیشه بوروسیلیکات و غیرطبیعی هستند. تثبیت ماتریس بسته به این موارد انتخاب می‌شود: (۱) نوع پسماند (۲) ویژگی‌های ماتریس (۳) تأثیر ثانویه تثبیت (۴) خط سیر ذخیره‌سازی/دفع در نظر گرفته شده (۵) هزینه‌های مرتبط (۶) ایمنی.

تثبیت پسماند جهت ممانعت/محدودیت پراکندگی غیرعمدی رادیونوکلئیدها به محیط زیست طراحی می‌شود.

محدودسازی و مهار پسماند شامل بسته‌بندی در واحدهای جداگانه جهت سهولت رسیدگی، انتقال و بازرسی است.

تثبیت رادیواکتیو باعث حصول اطمینان در خصوص این موارد می‌شود: (۱) انرژی ذخیره‌شده به حداقل می‌رسد (۲) پسماند به واکنش‌پذیری، حلالیت و قابلیت اشتعال پایین می‌رسد (۳) پسماند در مقابل خوردگی، واکنش یا فعل‌وانفعالات میکروبی مقاوم می‌شود (۴) پسماند از طریق گردش طبیعی هوا خنک می‌شود.

پسماند مایع سطح بالا قبل از ذخیره‌سازی در مخازن فولاد ضدزنگ از طریق تبخیر، تغلیظ می‌شود. این گونه پسماند از طریق تثبیت و در پی آن ذخیره‌سازی موقت قابل بازیابی و دفع عمیق زمین‌شناسانه مدیریت می‌شود. دوغاب پسماندی که از پیش تغلیظ شده است و ماده تشکیل‌دهنده شیشه جهت پردازش هر نوع لوله یا مجرا در کوره چند منطقه‌ای ساخته‌شده از آلیاژ نیکل-کروم انتقال می‌یابد. توده مذاب کلسینه شده در محفظه‌های فولاد ضدزنگ زهکشی شده و اجازه داده می‌شود تا به آهستگی خنک شود. ذوب کننده سرامیکی به جهت دوام بهتر تولید و عملکرد پیوسته به دلیل درجه حرارت فرآیندی قابل دستیابی، توان عملیاتی بالاتری دارد.

۱۰-۵-۶-۱- ماتریس تثبیت

بسیاری از ماتریس‌های تثبیت شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ماتریس‌های معمول مورد استفاده و مستند در بخش بعدی توضیح داده می‌شوند.

مواد سیمانی

مواد سیمانی، پسماند رادیواکتیو را به فرم قوی، قلیایی، قابلیت نفوذپذیری کم، آمورف تا بلورین با دوام طولانی مدت کپسوله می‌کند. مواد سیمانی را می‌توان برای طیف گسترده‌ای از LLW و ILW استفاده کرد. سیمان کاری در سیستم استوانه‌ای چرخاننده یا برجا انجام می‌شود. مزایای این فرایند عبارتست از قیمت پایین، توان عملیاتی بالاتر، سادگی عملیاتی، تولید به مقدار قابل قبول. مواد سیمانی متشکل از سیمان مخلوط با مواد دانه‌ریز همچون (۱) دوغاب سیمان (۲) ساروج (۳) بتون جهت دستیابی به قوام قابل ریختن است. دوغاب سیمان متشکل از سیمان پرتلند معمولی (OPC)^۱ و آب، با یا بدون سنگ‌دانه‌های ریز است. تناسب مخلوط به نحوی رعایت می‌شود که مایع قابل ریختن شود. ساروج مخلوطی از سیمان، آب، سنگ‌دانه‌های ریز و مواد افزودنی است که نسبت به دوغاب سیالیت کمتری دارند. بتون از مخلوط سیمان، آب، سنگ‌دانه‌های ریز و درشت ساخته می‌شود. برای به دست آوردن ویژگی‌های مطلوب دوغاب، عوامل مخلوط شده ترکیبات با ماتریس‌های تثبیت شده مواد سیمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی عوامل مخلوط کننده شایع عبارتند از پودر خاکستر بادی (PFA)، سرباره کوره ذوب آهن (BFS) و روان‌سازهای عالی.

قیر طبیعی

قیر طبیعی معمولاً برای تثبیت پسماند LLW و ILW مایع و مرطوب کپسوله شده به صورت ویسکوز، خودچسب، خنثی، دارای قابلیت نفوذپذیری کم، جامد آمورف با دوام طولانی مدت استفاده می‌شود.

پلیمرهای آلی

پلیمرهای آلی برای LLW و ILW دارای تشعشع بتا و گاما مناسب هستند. این پلیمرها برای کپسوله کردن پسماند جامد دارای نفوذپذیری کم، سفت، آمورف تا نیمه بلورین با دوام طولانی مدت استفاده می‌شوند.

¹ Ordinary Portland Cement

خاکسترسازی و ذوب در دمای بالا

این روش برای LLW و تعدادی از ILW استفاده می‌شود. خاکسترسازی و ذوب در دمای بالا، رادیونوکلئیدها را در یک جامد نفوذناپذیر، سخت و شیشه‌ای آمورف جاسازی می‌کند. پسماندی که با این روش جاسازی شده است، ویژگی‌های شیرابه‌ای بهتر از شیشه بوروسیلیکاتی یا مشابه آن را پیدا می‌کند.

سرامیک فسفات

سرامیک فسفات برای LLW و ILW دارای رادیونوکلئیدهای فرار استفاده می‌شود. این ماتریس، رادیونوکلئیدها را به شکل جامد خنثی تا قلیایی، مقاومت بالا، دارای نفوذپذیری کم و بلورین به هم متصل می‌کند.

پلیمر معدنی / زئولیت سنتزی

این ماتریس‌ها معمولاً برای LLW استفاده می‌شوند. این ماتریس، پسماند را به شکل جامد با چگالی پایین، دارای نفوذپذیری کم، بسیار قوی، خنثی و آمورف با ویژگی‌های شیرابه‌ای بهتر مواد سیمانی یا مشابه آن‌ها کپسوله می‌کند. پسماند ILW مانند رادیواکتیو متراکم می‌گردد، به همان صورتی که رزین تبادل یونی مصرف‌شده با استفاده از ماتریسی همچون استایرن پلی‌استر سفت‌سازی می‌شود.

رزین‌های رادیواکتیو مصرف‌شده به مخزن ذخیره‌سازی رزین منتقل شده و آب اضافی به وسیله سیستم آبگیری خلاء از بین می‌رود. میزان موردنیاز پلیمر با مقدار لازم از شتاب‌دهنده و کاتالیزور قبل از مصرف مخلوط می‌شوند. شتاب‌دهنده و کاتالیزور معمول به ترتیب عبارت‌اند از دیمتیل آنیلین و بنزوئیل پراکسید. سپس، این پلیمر داخل بشکه محصول ریخته می‌شود.

شیشه

این ماتریس بیشتر برای HLW استفاده می‌شود اما می‌توان از آن برای LILW نیز بهره برد. شیشه برای کپسوله کردن پسماند به شکل جامد بسیار قوی، نفوذناپذیر، آمورف، دارای چگالی بالا، اسیدی یا خنثی با دوام طولانی مدت استفاده می‌شود. فرایند تبدیل مواد به شکل شیشه مانند یا شیشه را شیشه‌سازی می‌گویند. شیشه‌سازی اغلب برای سفت‌سازی HLW مایع حاصل از بازپردازش سوخت مصرف‌شده استفاده می‌شود. شیشه ماندگاری و مقاومت شیمیایی بالقوه بالایی دارد. شیشه‌سازی حجم کوچک پسماند-مانندی تولید می‌کند و برای جاسازی حجم بالایی از عناصر مناسب است.

مواد بسیار پایا و مقاوم به درجه حرارت پردازشی بالاتر از 1500°C نیاز دارند که در آن رادیونوکلئیدهای پسماند به شکل فرار در می‌آیند و حجم بالایی از پسماند ثانویه تولید می‌شود که سبب کاهش بهره‌وری و کارآمدی تثبیت می‌گردد. سولفات موجود در پسماند، حاصل از سولفات آهن مورد استفاده برای تبدیل Pu^{+4} به Pu^{+3} ، یکی از ترکیبات دردسرساز در شیشه‌سازی است. سولفات به شکل سولفات سدیم در ماتریس بوروسیلیکاتی تا حداکثر ۱ درصد وزنی مجاز است. در غلظت بالاتر سولفات، سولفات قلیایی تشکیل می‌شود که مطلوب نمی‌باشد زیرا این فاز حلالیت زیادی در آب دارد. وجود این فاز محلول بر توزیع همگن رادیونوکلئیدها تأثیر منفی گذاشته و منجر به ایجاد مشکلاتی هنگام ریختن مواد شیشه‌ای داخل محفظه‌های ذخیره‌سازی می‌شود. از این رو، به منظور اجتناب از چنین عوارضی و تطبیق یکنواختی سولفات در ماتریس شیشه از ماتریس شیشه بوروسیلیکاتی استفاده می‌شود (BARC 2011)؛ بنابراین، بوروسیلیکات و فسفات که دمای پردازش کمتر حدود 1000°C دارند را در شیشه‌سازی پسماند هسته‌ای استفاده می‌کنند. شیشه‌سازی می‌تواند مواد آلی خطرناک موجود در پسماند را نابود کرده و به صورت شیمیایی، مواد معدنی را به شیشه پایدار تبدیل کند.

شیشه‌سازی شامل ذوب کردن پسماند با مواد شیشه‌ساز جهت تبدیل آلاینده‌ها به ساختار کوچک و بزرگ جامد شیشه‌ای است. ترکیبات پسماند با استفاده از تبدیل مستقیم به ساختار شیشه‌ای یا کپسوله کردن تثبیت می‌شوند.

در فرایند شیشه‌سازی تک‌مرحله‌ای، مواد شیشه‌ساز با پسماند ترکیب شده و نوعی خمیر ایجاد می‌شود. سپس، با این خمیر، ذوب کننده را تغذیه می‌کنند. در فرآیند شیشه‌سازی دومرحله‌ای این مراحل سپری می‌شود: (۱) وارد کردن پسماند تغلیظ شده به سیستم کلسینر، جایگاه اکسیسالت‌ها به اکسید تبدیل می‌شوند (۲) تغذیه ذوب کننده با پسماند کلسینه شده و افزودنی‌ها. شکر معمولاً به فرایند کلسینه کردن یا ذوب افزوده می‌شود تا فراریت روتنیوم جلوگیری شود. افزودن فسفات به پسماند تغذیه‌کننده باعث تولید فسفات فلزی می‌شود که به عنوان یک آلاینده ثانویه عمل می‌کند و محصول این فرآیند را فوق کلسینه می‌نامند.

سرامیک شیشه‌ای

این ماتریس معمولاً برای HLW استفاده می‌شود. این ماتریس پسماند را به شکل جامد نفوذناپذیر، بسیار قوی، دارای چگالی بالا، آمورف-بلورین و اسیدی تا خنثی با ویژگی‌های شیرابه‌ای بهتر از شیشه بوروسیلیکاتی کپسوله می‌کند.

سینراک

سینراک^۱ صورت اختصاری " صخره سنتزی " است. این ماتریس معمولاً برای HLW استفاده می‌شود. این ماتریس رادیونوکلئیدها را به شکل جامد نفوذناپذیر، بسیار قوی، دارای چگالی بسیار بالا، بلورین و اسیدی تا خنثی با ویژگی‌های شیرابه‌ای و مقاومت بهتر از شیشه بوروسیلیکاتی کپسوله می‌کند.

فازهای بلوری طبیعی

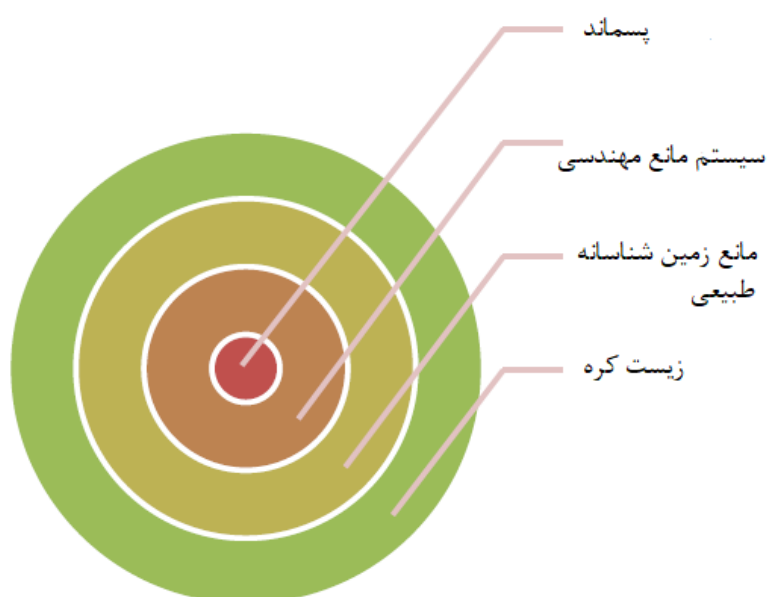
فازهای بلوری طبیعی همچون زیرکان^۲، رادیونوکلئیدها را به شکل جامد تک-کان با ویژگی‌های شیرابه و مقاومت خوب جاسازی می‌کند.

۱۰-۶- ذخیره‌سازی

مخازن تأسیسات ذخیره‌سازی/دفع زباله رادیواکتیو، سیستم چند مانع جهت جداسازی پسماند از زیست‌کره دارند. سیستم چند مانع شامل صخره میزبان به‌عنوان مانع طبیعی زمین‌شناسی و سیستم مانع مهندسی (EBS) است. شکل ۱۰-۷ نمودار شماتیک موانع پایه در مخزن پسماند هسته‌ای را نشان می‌دهد. شکل ۱۰-۸ نمودار شماتیک EBS را نشان می‌دهد. EBS متشکل از اجزای متعدد همچون ماتریس پسماند، محفظه، خاک‌ریز، دیوارهای مخزن و پوشش دیوار است. موانع مختلف در ابتدا جهت نگه‌داشتن رادیونوکلئیدها و پس از آن محدود کردن انتشار رادیواکتیویته به محیط‌زیست فراهم می‌شوند. مخازن زمین‌شناسی به‌طور عمده برای این موارد فراهم می‌شوند: (۱) تفکیک پسماند از فعالیت‌های انسانی (۲) حفاظت از محیط‌زیست (۳) محدود ساختن انتشار حاصل از استحاله EBS (۴) رقیق و پراکنده کردن جریان رادیونوکلئیدهای طولانی عمر.

^۱ Synroc

^۲ Zircon



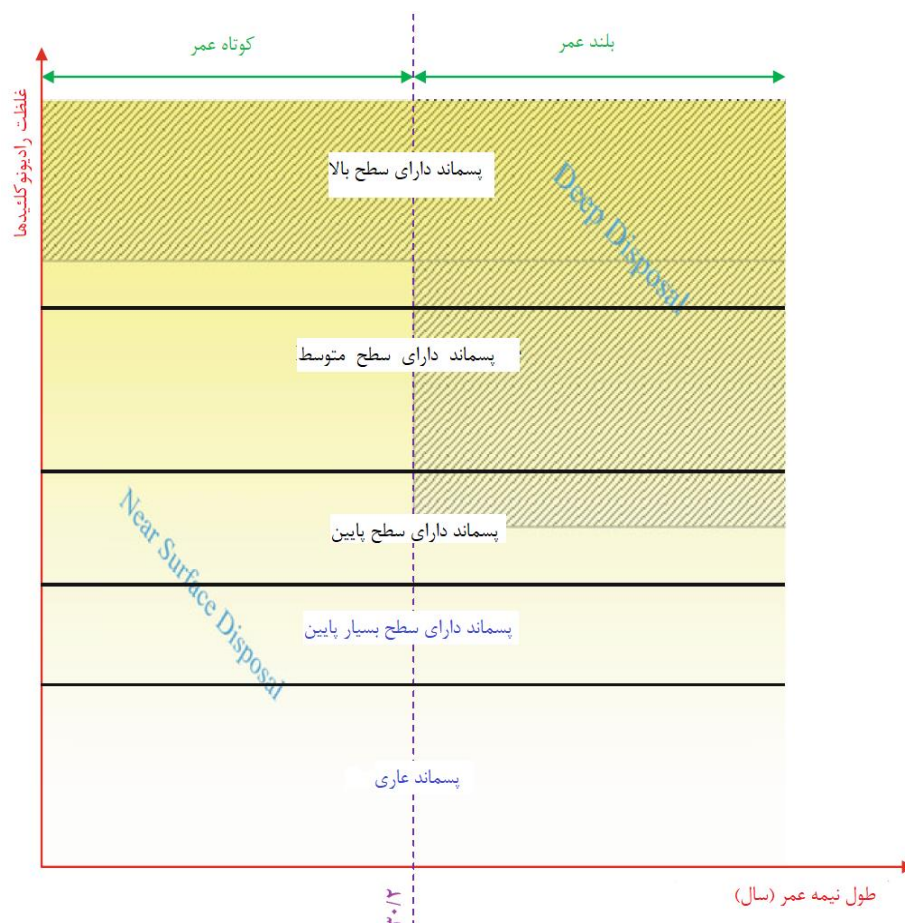
شکل ۷-۱۰ نمودار شماتیک موانع پایه در یک مخزن پسماند هسته‌ای



شکل ۸-۱۰ دیاگرام شماتیک یک EBS

۱۰-۷- دفع

عمل دفع متشکل از جاسازی پسماند رادیواکتیو با حصول اطمینان از ایمنی تأسیسات دفع و بدون قصد بازیابی است. شکل ۹-۱۰ گزینه‌های دفع برای انواع مختلف پسماند رادیواکتیو را نشان می‌دهد. ایمنی از طریق قرار دادن موانع طبیعی/مهندسی اطراف پسماند جهت محدودیت انتشار رادیواکتیویته به محیط زیست تأمین می‌شود.



شکل ۹-۱۰ گزینه‌های دفع برای انواع مختلف پسماند رادیواکتیو

سیستمی از موانع چندگانه معمولاً برای اطمینان از عایق‌سازی و به حداقل رساندن انتشار رادیواکتیویته به محیط‌زیست ایجاد می‌شود. موانع می‌توانند دیواره‌های فلزی محفظه‌ها، خاکریز یا صخره میزبان با قابلیت جذب بالا (جذب سطحی و جذب حجمی) باشند. رادیونوکلئیدهای موجود در پسماند آلوده شروع به فروپاشی و تجزیه می‌کنند، بنابراین با گذشت زمان آلاینده‌گی و خطر کمتر می‌شود. اگرچه پسماند رادیواکتیو به جهت غلظت و محتوای آن دفع می‌شود، اما دفع ممکن است شامل تخلیه پسماند به شکل مایع یا گاز در حد مجاز با پراکندگی مناسب در محیط‌زیست باشد.

جدول ۱۰-۲ گزینه‌های موجود برای گروه‌های مختلف پسماند رادیواکتیو

مقدار / فعالیت سطحی	گزینه‌های دفع
$> 2 \text{ mGy/h}$	
$2-20 \text{ mGy/h}$	خندق‌های زمینی با پوشش سنگی
$20-500 \text{ mGy/h}$	خندق‌های RC
$< 500 \text{ mGy/h}$	خندق‌های RC
پسماند با فعالیت آلفا (کمتر از Bq/g)	حفره‌های کاشی پوش
(۴۰۰۰)	خندق RC و حفره‌های کاشی پوش
پسماند با فعالیت آلفا (بیشتر از Bq/g)	حفره‌های کاشی پوش
(۴۰۰۰)	

مدیریت و دفع HLW از جمله سخت‌ترین مشکلات در صنعت انرژی هسته‌ای است. بر اساس تحقیقات آمارال و همکاران حدود ۱۹۰۰۰۰ متریک تن از HLW به‌طور موقت ذخیره‌سازی شده و منتظر دفع است (Amaral, et al., 2007).

دسته‌بندی و روش‌های مختلف مورد استفاده جهت دفع در جدول ۱۰-۲ لیست شده‌اند. به‌منظور کنترل/کاهش تخلیه از طریق هوا، تأسیسات باید برای گازهای منتشرشده سیستم تهویه کارآمد همچون گازشوی و نتوری، گازشوی بستر آکنده، جداکننده سیکلونی و فیلترهای هوای دارای بازدهی بالا جهت حفظ رادیونوکلئیدهای خاص داشته باشند. پسماند دارای سطح پایین به تصفیه نیاز دارند تا از طریق فیلتراسیون، تبادل یونی، تصفیه شیمیایی، تبخیر خورشیدی، تبخیر بخار و فرایندهای غشایی غلظت آن‌ها تا محدوده‌های قانونی کاهش یابد (IAEA, 1983).

بر طبق قانون چین، سوخت هسته‌ای مصرف‌شده (SNF)^۱ باید باز پردازش شود و در ادامه آن شیشه‌سازی و دفع نهایی صورت گیرد. بر طبق برنامه بلندمدت تحقیق و توسعه (R&D) انتشار یافته توسط چین در خصوص دفع زمین‌شناسانه HLW در سال ۲۰۰۶، این مراحل باید انجام شوند: (۱) مطالعات آزمایشگاهی و همچنین انتخاب مکان برای مخزن HLW (۲۰۰۶-۲۰۲۰) (۲) آزمایش‌های زیرزمینی درجا (۲۰۲۱-۲۰۴۰) (۳) ساخت و ساز و بهره‌برداری مخزن (۲۰۴۱-۲۰۵۰). بررسی خصوصیات مکان در بیشان^۲ ایالت گانسو^۳ انجام شد (Ju, 2010). بر اساس برآوردها، SNF حاصل از راکتورهای آب سبک در چین تا سال ۲۰۱۰ به ۱۰۰۰ تن و تا سال ۲۰۱۵ به ۲۰۰۰ تن می‌رسد. علاوه بر این، از سال ۲۰۲۰ به بعد هر ساله حدود ۱۰۰۰ تن SNF تولید می‌شود. از سال ۱۹۸۶ در چین، بررسی و مطالعه در سراسر کشور (۱۹۸۵-۱۹۸۶) و در ادامه آن بررسی منطقه‌ای (۱۹۸۶-۱۹۸۹) و ناحیه‌ای (از سال ۱۹۹۰) برای برگزیدن محل نهایی دفع انجام می‌شود.

دفع پسماند رادیواکتیو شامل انتقال و جاسازی پسماند رادیواکتیو در تأسیسات اختصاصی دفع پسماند است.

دفع نزدیک به سطح، گزینه‌ای مناسب برای دفع LILW کوتاه عمر است. دفع نزدیک به سطح شامل تأسیساتی است که در آن پسماند در سطح و یا در عمق چند متری جاسازی می‌شود. دوره بقای LILW کوتاه عمر از ده‌ها تا صدها سال متغیر است.

دفع/ذخیره‌سازی زمین‌شناسانه برای HLW، سوخت هسته‌ای مصرف‌شده (SNF)، منابع رادیواکتیو بسته و مصرف‌شده (SRS) و LILW بلند عمر استفاده می‌شود. دفع زمین‌شناسانه می‌تواند خشک، تر و بسیار عمیق باشد. در دفع تر، مخزن مهندسی در عمق حدود ۵۰۰ متر قرار داده می‌شود، جاییکه ورود و اشباع آب اجتناب‌ناپذیر است. در دفع بسیار عمیق، پسماند در عمق ۳ کیلومتری و یا بیشتر جاسازی می‌شود.

۱۰-۷-۱- تأسیسات دفع نزدیک به سطح

اتاقک‌های مختلف دفع مورد استفاده در NSDFs عبارت‌اند از: (۱) خندق بتن آرمه (RCT) (۲) خندق زمین سنگ اندود (SLT) (۳) حفره‌های کاشی‌پوش (TH). این اتاقک‌ها اغلب زیرزمین هستند؛ اما بسته به شرایط جغرافیای-هیدرولوژیکی محلی، تأسیسات می‌توانند تا حدودی/ به‌طور

^۱ Spent Nuclear Fuel

^۲ Beishan

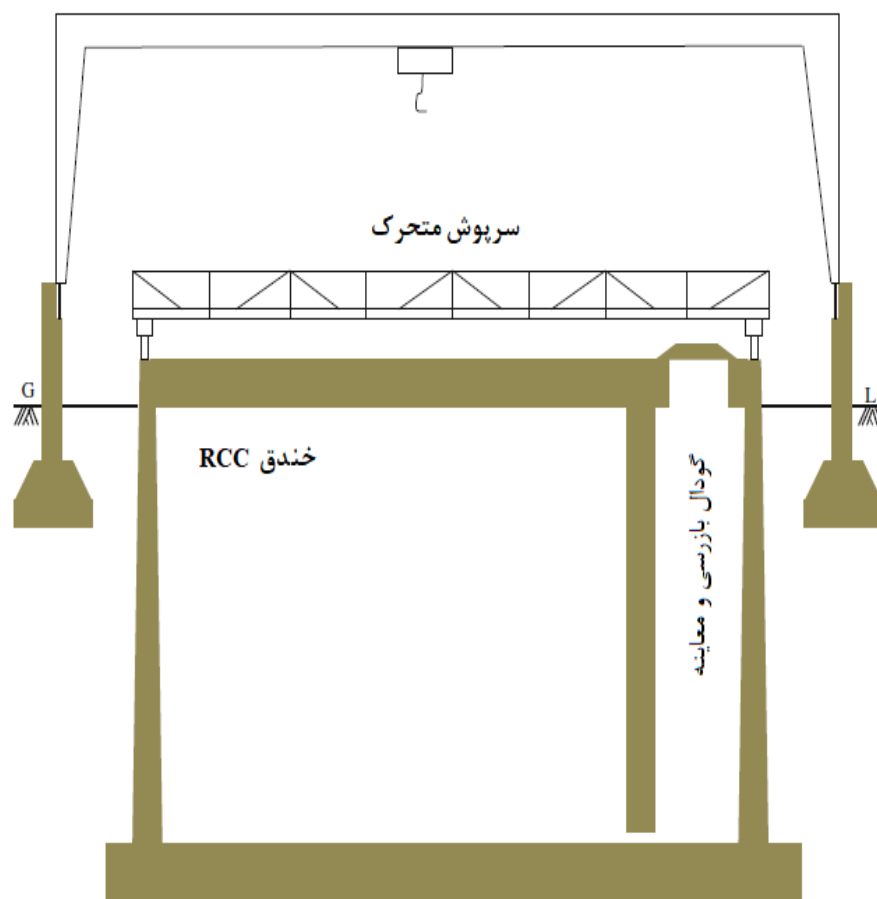
^۳ Gansu

کامل روی سطح زمین نیز باشند. دور محل‌های دفع دیوارکشی شده است تا از دسترسی غیرمجاز ممانعت شود. چاهک‌های شیاری یا لوله‌ای به عمق ۴ تا ۷ متر در محل‌های مناسب جهت نظارت بر آب‌های زیرزمینی در فواصل معین و آنالیز خاک و زندگی گیاهی از لحاظ جذب رادیواکتیویته حفر می‌شوند. لوله‌های بازرسی در خندق‌های RC فراهم می‌شوند تا نظارت پس از بسته شدن خندق ادامه پیدا کند. بررسی‌های بیشتر در خصوص تشعشع در کل محل در فواصل از پیش تعیین‌شده انجام می‌شود.

ارزیابی عملکرد NSDFs با استفاده از تحقیقات میدانی و مدل‌های ریاضی انجام می‌شود. ارزیابی ایمنی NSDFs با استفاده از مدل‌های ریاضی و با در نظر گرفتن طبیعت تسهیلات و رفتار ژئوشیمیایی موجود در محل صورت می‌گیرد.

۱۰-۷-۲- خندق زمین سنگ اندود

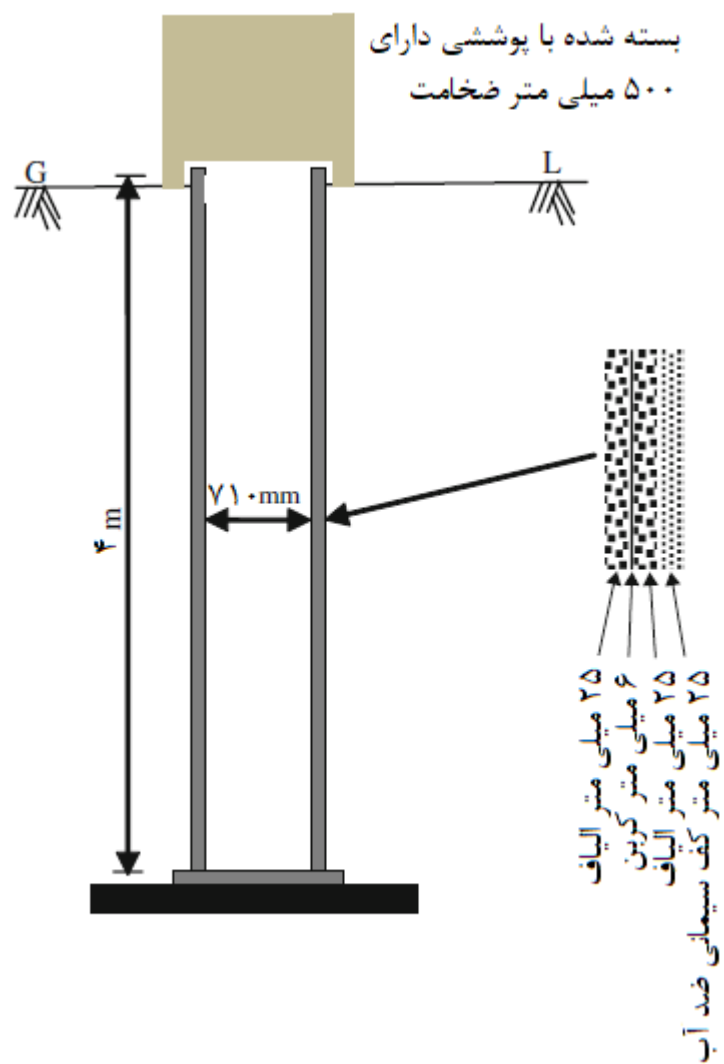
این نوع خندق برای پسماند بالقوه فعال استفاده می‌شود. خندق زمین سنگ اندود، حفره‌های کم‌عمق ۱ تا ۴ متری با پوشش سنگ است. این نوع خندق پس از دفع دوباره با مواد خارج‌شده از حفره و پوششی از خاک به ضخامت ۱ متر بسته می‌شود. ورمیکولیت، بنتونیت و دیگر انواع خاک با قابلیت جذب خوب برای استفاده به عنوان مواد خاک‌ریزی و بستن خندق مناسب هستند.



شکل ۱۰-۱۰ خندق بتنی برای دفع پسماند رادیواکتیو

۱۰-۷-۳- خندق بتن آرمه

این نوع خندق معمولاً پهنای $2/5$ متر، عمق $4/8$ متر و طول ۱۵ متر با دیوار مهارکننده بیرونی از ۷۵۰ میلی‌متر در کف تا ۳۵۰ میلی‌متر در سطح دارد (Raj, et al., 2006) که با قطعه‌های بتنی از پیش ساخته ضد آب بسته می‌شود (شکل ۱۰-۱۰).



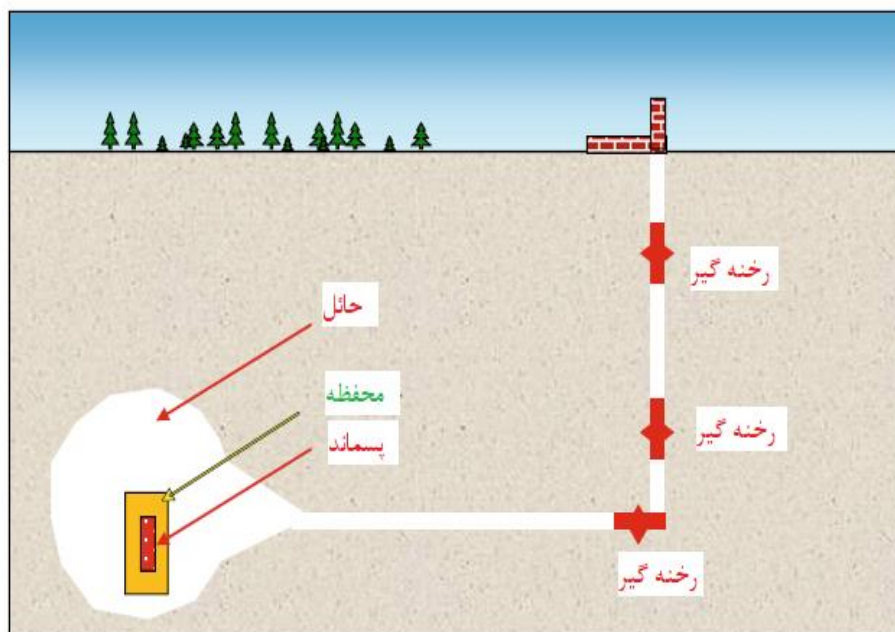
شکل ۱۰-۱۱ دیاگرام شماتیک حفره کاشی پوش

۱۰-۷-۴- حفره‌های کاشی پوش

بسته‌های پسماند آماده‌شده در حفره‌های کاشی پوش که مدور هستند، ۴ متر در زیرزمین قرار دارند و از پوسته فولاد و پوشش بتنی ساخته‌شده‌اند، انبار می‌شوند (Bansal, et al., 1991). حفره کاشی بتونی با حفاری یک حفره و قرار دادن بخش‌های لوله‌ای از پیش ساخته‌شده در یک زمینه بتنی ایجاد می‌شود. پس از اتصال بخش‌های لوله‌ای از پیش ساخته‌شده، حفره خاک‌ریزی و هموار می‌شود (شکل ۱۰-۱۱).

۱۰-۷-۵- دفع زمین‌شناسانه

دفع HLW به‌صورت زمین‌شناسانه و عمیق برای پسماندی که به شیشه تبدیل شده در عمق حدود ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر با صخره‌های میزبان مناسب همچون گرانیت، گنیس، چارنوکیست (نوعی سنگ آذرین)، بازالت و غیره انجام می‌شود. در دفع حفره عمیق، SNF و HLW در حفره‌های به عمق حدود ۲ تا ۵ کیلومتر زیر سطح زمین قرار داده می‌شوند. محل‌های دفع حفره عمیق که از نظر جغرافیایی توزیع شده‌اند، می‌توانند احتمال خطر حاصل از نصب انبار و دفع متمرکز را کاهش دهند. هر حفره می‌تواند حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ متریک تن (MT) پسماند رادیواکتیو را در خود جای دهد. تسهیلات حفره‌های عمیق دفع باید در قشر زمین‌شناسی مناسب مستقر شود. قابلیت جداسازی و قابلیت اطمینان بستگی به موقعیت و تنظیمات زمین‌شناسی دارد (شکل ۱۰-۱۲). مفهوم مانع‌های متعدد اساس دفع زمین‌شناسانه است. موانع شامل هر دو نوع مانع یعنی "طبیعی" و "مهندسی" هستند. ترکیبات موانع مهندسی عبارت‌اند از: پسماند جامد، محفظه آن‌ها، خاکریز یا مواد حائل بین صخره/خاک و محفظه. در تشکیل نمک، جاییکه آب زیرزمینی وجود ندارد، به‌جای حائل از نمک خرد استفاده می‌شود. صخره و نمک‌های موجود بین سطح زمین و مخزن مانند موانع طبیعی عمل می‌کنند. محفظه از پسماند رادیواکتیو محافظت کرده و هم‌زمان از نفوذ آب به آن برای چند صد سال ممانعت می‌کند تا زمانی که سطح رادیواکتیو به میزان ایمن برسد. حائل یا خاکریز از محفظه مراقبت می‌کند و مانع ورود آب و اختلالات مکانیکی به دلیل زمین‌لرزه می‌شود.



شکل ۱۰-۱۲ یک ترسیم فرضی از دفع زمین شناسانه

۱۰-۸- مراقبت و نظارت

سیستم دفع زمین شناسانه با پیروی از اصول پذیرفته شده زیر، نظارت می شود: (۱) پیروی از هر دو نوع ایمنی یعنی ایمنی معمولی و رادیولوژیکی (۲) وابسته نبودن ایمنی تنها به نظارت پس از بسته شدن (۳) تضمین ایمنی طولانی مدت با طراحی مناسب سیستم ایمنی (۴) تأثیر نگذاشتن فعالیت های نظارتی بر ایمنی سیستم دفع (۵) تداوم نظارت در نسل آینده در صورت نیاز. فعالیت های نظارتی باید قبل از آغاز هر نوع فعالیت در محل ها شروع شوند و در طول چرخه دفع ادامه پیدا کنند.

منابع

- Ahn J, Cheon M, Greenspan E (2007) Effects of accelerator-driven transmutation system on radiotoxicity of high-level radioactive wastes. *Nucl Technol* 158(3):408–430.
- Amaral E, Brockman K, Forsström HG (2007) International perspectives on spent fuel management. In: IAEA, management of spent fuel from nuclear power reactors, at 18, IAEA doc. STI/PUB/1295 (July 31, 2007).
- Bansal NK, Rastogi RC, Ali SS (1991) Design basis & construction features of shallow l& storage & disposal facilities for radioactive solid wastes in India—an overview. In: Proceedings of the international seminar on storage & disposal of low level radioactive waste, Paris, France, 30 Sept–04 Oct 1991
- BARC (2011) Highlights, nuclear fuel cycle, NA. [http:// www. barc. ernet. in/publications/eb/golden/nfc/toc/Chapter%2013/13.1.pdf](http://www.barc.ernet.in/publications/eb/golden/nfc/toc/Chapter%2013/13.1.pdf). Downloaded on 2 Nov 2011.
- Benjamin KS (2011) Second thoughts about nuclear power. National University of Singapore, p 8. http://www.spp.nus.edu.sg/docs/policy-briefs/201101_RSU_PolicyBrief_12nd_Thought_Nuclear-Sovacool.pdf. Down loaded on 21 Nov 2011.
- Bennett DG, Higgo JJW, Wickham SM (2001) Review of waste immobilisation matrices, nirex.[http://corwm.decc.gov.uk/assets/corwm/prenov%202007%20doc%20archive/doc%20archive/tier%202%20\(2\)%20%20info%20reviewing/tier%203%20%20nirex%20docs%20peer%20reviews/tier%204%20-%20nirex%20docs/1905%20-%20review%20of%20waste%20immobilistaion%20matrices.pdf](http://corwm.decc.gov.uk/assets/corwm/prenov%202007%20doc%20archive/doc%20archive/tier%202%20(2)%20%20info%20reviewing/tier%203%20%20nirex%20docs%20peer%20reviews/tier%204%20-%20nirex%20docs/1905%20-%20review%20of%20waste%20immobilistaion%20matrices.pdf). Downloaded 21 Nov 2011.
- CORWM (Committee on Radioactive Waste Management) (2006) Managing our radioactive waste safely 272 10 Radio Active Waste.
- European Commission (2004) Geological disposal of radioactive wastes produced by nuclear power: from concept to implementation. Report no: EUR 21224.
- Fritschi M (2005) Nuclear waste management in Switzerl&, survey & status of activities. *ATW, Int J Nucl Power* 50(5):313.
- Grill KD (2005) Safety, justice, & transparency in nuclear waste management. *ATW, Int J Nucl Power* 50(7):452–453.
- Horsley DMC, Hallington PJ (2005) Nuclear power & the management of the radioactive waste legacy. *Chem Eng Res Des* 83(A7):773–776

- IAEA (1983) Treatment of low & intermediate level liquid radioactive waste, Vienna, technical report series no. 236, p 62.
- IAEA (1995) The principles of radioactive waste management.
- IAEA (1999) Review of the factors affecting the selection & implementation of waste management technologies; IAEA-TECDOC-1096; IAEA, Vienna, Austria
- IAEA (2001) Methods for the minimization of radioactive waste from decontamination & decommissioning of nuclear facilities.
- IAEA (2005) Safety of radioactive waste disposal proceedings of an international conference Tokyo, 3–7 Oct 2005.
- IAEA (2007) Estimation of global inventories of radioactive waste & other radioactive materials.
- IAEA (International Atomic Energy Agency) (1970) Standardization of radioactive waste categories; TRS no. 101; IAEA, Vienna, Austria.
- Ju W (2010) High-level radioactive waste disposal in China: update 2010. *J Rock Mech Geotech Eng* 2(1):1–11.
- Liu XG, Liang JF, Xu JM (2007) Study on the adsorption behavior of silica gel for zirconium, plutonium & other fission products in high-level liquid waste. *J Radioanal Nucl Chem* 273(1):49–54.
- Makhijani A, Hu H, Yih K (eds) (1995) Nuclear waste: a global guide to nuclear weapons production & its health & environmental effects. The MIT Press, Cambridge.
- Min BY, Kang Y, Song PS, Choi WK, Jung CH, Oh WZ (2007) Study on the vitrification of mixed radioactive waste by plasma arc melting. *J Ind Eng Chem* 13(1):57–64.
- MIT (2009) Update of the MIT 2003 future of nuclear power, an interdisciplinary MIT study.
- MIT (2009) Future of nuclear power, an interdisciplinary MIT study.
- Nirdosh I (1999) Leaching of uranium & Ra-226 from low-level radioactive waste from Port Hope, Ontario. *Can J Chem Eng* 77(3):508–514.
- Ojovan MI, Lee WE (2005) An introduction to nuclear waste immobilisation. Elsevier Ltd, Amsterdam.
- ONEA (OECD Nuclear Energy Agency) (2006) Uranium 2005: resources, production & demand, OECD, Paris.
- Park JK, Song MJ (1998) Feasibility study on vitrification of low- & intermediate-level radioactive waste from pressurized water reactors. *Waste Manage* 18(3):157–167.

- Peters TB, Barnes MJ, Hobbs DT, Walker D, Fondeur F, Norato M, Fink S, Pulmano R (2006) Strontium & actinide separations from high level nuclear waste solutions using monosodium titanate 2. Actual waste testing. *Sep Sci Technol* 41(11):2409–2427.
- Raj K, Prasad KK, Bansal NK (2006) Radioactive waste management practices in India. *Nucl Eng Des* 236:914–930.
- Ramana MV, Dennis T, Susy V (2001) Estimating nuclear waste production in India. *Curr Sci* 81(11):1458.
- Sheng J, Choi K, Song MJ (2001) Vittrification of liquid waste from nuclear power plants. *J Nucl Mater* 297(1):7–13.
- Silva M (1992) An assessment of the flammability & explosion potential of defense transuranic waste. *Nucl Saf* 33(2):220–228.
- Sobolev IA, Dmitriev SA, Lifanov FA, Kobelev AP, Stefanovsky SV, Ojovan MI (2005).
 Vittrification processes for low, intermediate radioactive & mixed wastes. *Glass Technol* 46(1):28–35 References 273.
- Sutherland AA, Rogers VC, Macbeth PJ (1982) Long-term monitoring of closed low-level waste & uranium mill tailings disposal sites. *IEEE Trans Nucl Sci* 29(1):242–246.
- Thomas KT, Baehr W, Plumb GR (1989) Radioactive waste management in developing countries new activities have been initiated to address needs & problems. *IAEA Bull* 4(1989):26–32.
- USDoE (UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY) (1997) Integrated data base report—1996: U.S. spent nuclear fuel & radioactive waste inventories, projections, & characteristics, DOE/RW-0006, Rev. 13, Washington, DC.
- Zhunussova T, Sneve M, Romanenko O, Solomatina A, Mirsaidov I (2011) Threat assessment report regulatory aspects of the remediation & rehabilitation of nuclear legacy in Kazakhstan, Kyrgyzstan & Tajikistan. *StrålevernRapport 2011: 5. Østerås: Statens strålevern, 2011*

فصل یازده

مسائل سلامت و ایمنی

جهان جای امنی برای زندگی نیست. تمام فعالیت‌های انسانی خطر آسیب را به همراه دارند. جهت حفظ ایمنی، مردم باید درباره شغل خود بیندیشند و برای خطرات احتمالی برنامه‌ریزی نمایند. مردم باید خطرات را بفهمند و تشخیص دهند تا از آسیب و مرگ جلوگیری کنند. ساده‌ترین راه برای داشتن یک زندگی ایمن عبارت است از: (۱) تشخیص خطرات، (۲) ارزیابی خطرات و (۳) کنترل خطرات.

مدیریت پسماند روزبه‌روز به مسأله پیچیده‌تری تبدیل می‌شود. نشانه‌های تأثیرات آن بر سلامت انسان، موجب بروز نگرانی شده است. تمام فعالیت‌های مرتبط با مدیریت پسماند جامد با توجه به ایمنی، خطرآفرین محسوب می‌شوند. آسیب یا مرگ می‌تواند برای تولیدکننده پسماند، جمع‌کننده، حمل‌کننده، بازیافت‌کننده یا استفاده‌کننده مجدد از پسماند، رخ دهد. این خطرات از لحظه تولید پسماند تا زمان دفع نهایی رخ می‌دهند. صنعت پسماند بریتانیا معمولاً حدود ۴۱۰۰ الی ۴۳۰۰ حادثه را در سال گزارش می‌کند، درحالی‌که شرکت‌های خصوصی معمولاً ۱۷۰۰ تا ۲۰۰ حادثه را به‌طور تقریبی در سال گزارش می‌کنند (HSE, 2004).

ایمنی در صنعت اهمیت دارد چراکه: (۱) ایمنی، حقوق افرادی را که آسیب‌دیده‌اند، تحت تأثیر قرار می‌دهد، (۲) از دست دادن بهره‌وری ناشی از اختلال در کسب‌وکار (۳) آسیب به تجهیزات و محصولات (۴) هزینه‌های تحقیقات و رفع مشکلات (۵) جریمه و هزینه‌های قانونی در صورت توقیف؛ اما مدیریت پسماند در اکثر کشورها بخش سازمان‌دهی نشده‌ای می‌باشد که افراد پسماند را به‌روش‌های دلخواه مدیریت و دفع می‌کنند.

مدیریت و ذخیره‌سازی پسماند فرایندهای مختلفی مانند بلند کردن با جرثقیل، حمل جعبه‌ها و مواد، راندن کامیون‌های بار زده شده با پسماند و ذخیره‌سازی پسماند در ظروف استوانه‌ای و بشکه‌ها را در برمی‌گیرد. مدیریت و ذخیره‌سازی مؤثر مواد، امری حیاتی در مدیریت پسماند است. ذخیره‌سازی و مدیریت نادرست مواد خسارات جبران‌ناپذیری را در پی خواهد داشت.

علاوه بر این، آموزش و آگاهی از اصول ایمنی عمومی مانند شیوه صحیح کار، استفاده از تجهیزات و کنترل می‌تواند تعداد حوادث را در حین مدیریت پسماند، کاهش دهد. در انتقال پسماند چه به‌صورت مکانیکی و چه دستی، افراد مسئول باید خطرات محتمل را درک کرده و با چگونگی به حداقل رساندن احتمال آسیب آشنا باشند.

بسیاری از حوادث ناشی از عدم ذخیره‌سازی مناسب و مدیریت مواد است. افراد مسئول در مدیریت پسماند باید دانش کافی برای حذف و به حداقل رساندن این حوادث را داشته باشند.

خم شدن، پیچش، چرخش، سقوط اشیا و لغزیدن مواد انباشته شده از مهم ترین عوامل بروز حوادث هستند. مسئولان رسیدگی به پسماند باید از آسیب ها و خطرات احتمالی که ممکن است در هنگام مدیریت پسماند رخ دهند، آگاهی داشته باشند. این خطرات می توانند شامل موارد زیر باشند:

- کشیدگی عضلات و رگ به رگ شدن ناشی از نگهداری نامناسب پسماند یا حمل پسماند بسیار سنگین/بزرگ.
- کبودی و شکستگی هنگام مدیریت پسماند.
- بریدگی و کبودی ناشی از سقوط اشیا به علت ذخیره سازی نامناسب.

آسیب های ناشی از کیفیت پسماند برای سلامتی به عواملی همچون: ۱- ترکیب پسماند (مانند سمیت، دما، ابزار تیز، مواد عفونی و سایر ویژگی های فیزیکی/شیمیایی). ۲- محصولات و محصولات جانبی تجزیه/واکنش پسماندها ۳- شرایط کاری (ترافیک، ماشین آلات جمع آوری پسماند) ۴- مصرف انرژی (سوخت، الکتریسیته و ...) ۵- سلامت اشخاص ۶- فاجعه در محیط ۷- مکانیسم و تکنولوژی مورد استفاده برای پردازش/جمع آوری پسماند ۸- بررسی شرایط آب و هوایی و زیست محیطی محل ۹- تجهیزات محافظت شخصی ۱۰- تمرین بهداشت فردی ۱۱- میزان و حدود قوانین پسماند ۱۲- تأثیرگذاری قانون گذارها ۱۳- کارایی مدیریت پسماند، وابسته هستند. خطرات ناشی از پسماند کاملاً وابسته به خود پسماند و افراد مرتبط با آن است. همان طور که مورد انتظار است پسماندهای عفونی و سمی به مراتب از پسماندهای دیگر خطرناک تر هستند. به طور مشابه پسماندهای دارای ابزار تیز و مواد آلرژی زا، خطرات بیشتری برای سلامتی به همراه خواهند داشت. در کشورهای توسعه یافته، پسماندهای عفونی و خطرناک در مبدأ سازمان دهی و تفکیک می شوند تا پس از آن مدیریت شوند. در کشورهای در حال توسعه، بخش قابل توجهی از مدفوع به دلیل نامناسب بودن سیستم فاضلاب و بهداشت، وارد جریان پسماند جامد می شود. کودکان و افراد مسن به دلیل داشتن مقاومت کمتر در برابر بیماری ها، به طور ویژه در برابر سموم و مواد عفونی آسیب پذیر هستند.

بسیاری از مناطق تولید و جمع آوری پسماند دارای مشخصات زیر هستند: ۱- تغییر آب و هوا ۲- فضای کاری و محل خروج مشخص نشده ۳- نبود ملاحظات آتش نشانی ۴- نبود حمام و سرویس های بهداشتی ۵- نبود ذخیره آب آشامیدنی ۶- نبود محل غذاخوری تمیز ۷- عدم وجود روشنایی مناسب ۸- عدم دسترسی به موارد ایمنی ۹- عدم وجود کمک های اولیه ۱۰- نبود ذخیره اکسیژن ۱۱- عدم تنظیم دمای کاری محیط. به استثنای تجهیزات نگهداری پسماند خاص، افراد مسئول رسیدگی به پسماند همانند زباله جمع کن های نشان داده شده در شکل ۱۱-۱ عمل می کنند.

سلامتی می‌تواند از طریق آسیب یا عفونت تحت تأثیر قرار بگیرد که جزییات آن به شرح زیر است:

- ۱- آسیب‌های ناشی از رسیدگی به پسماند ۲- بیماری‌های تنفسی ناشی از آلودگی هوا ۳- عفونت به دلیل تماس مستقیم با مواد عفونی (شکل ۱۱-۲) ۴- آسیب ناشی از فرونشست، آتش‌سوزی و لغزندگی سطوح ۵- بیماری‌های ناشی از کمبود اکسیژن ۶- بیماری‌های ناشی از آلودگی آب ۷- مورد حمله قرار گرفتن توسط حیوانات و لگرد ساکن محل‌های تخلیه زباله ۸ - بیماری ناشی از افزایش جمعیت ناقل ۹- آلودگی صوتی ۱۰- آتش‌سوزی‌ها ۱۱- سمیت مواد.



شکل ۱۱-۱ زباله جمع‌کن که بدون رعایت موارد ایمنی در حال جمع کردن زباله است.



شکل ۱۱-۲ پسماندهای رادیواکتیو

در موارد خاص پسماندهای رادیواکتیو وارد پسماندهای شهری شده و باعث ایجاد خطرات بیشتری برای افرادی که با آن‌ها در تماس هستند، می‌شوند. جمع‌آوری‌کنندگان زباله اغلب در معرض آسیب و بیماری قرار دارند. کودکان به علت مصرف بیشتر آب، غذا و هوا در ازای واحد وزن بدنی، نسبت به سمیت مواد حساس‌تر هستند. فعالیت‌های متابولیسمی کودکان در برابر دفع سموم و سم‌زدایی توسعه‌نیافته هستند و هرگونه اغتشاش و بی‌نظمی در رشد آن‌ها می‌تواند منجر به بروز به‌هم‌ریختگی در فرآیند رشد اندام‌ها شود (L&rigan et al., 1998).

زباله‌های خطرناک خانگی (HHW) در پسماند خانگی به علت دربرداشتن موارد زیر، نیازمند رعایت مسائل ایمنی هستند: ۱- ظروف تحت فشار گاز ۲- ذرات معلق در هوا ۳- پسماندهای وسایل الکترونیکی (WEEE) ۴- روغن‌ها ۵- پنبه نسوز ۶- رنگ و چسب ۷- مایعات قابل اشتعال (مانند تینر، حلال‌ها) ۸- مواد شیمیایی کشاورزی (مانند آفت‌کش‌ها) ۹- مواد شیمیایی خانگی. در کشورهای در حال توسعه زباله به‌صورت آزادانه رها می‌شود که باعث ایجاد خطراتی می‌گردد، در حالی‌که در کشورهای توسعه‌یافته جمع‌آوری پسماند در بسته‌های پلاستیکی مهر و موم شده و زباله‌دان‌های بسته صورت می‌گیرد. به دلیل قوانین سختگیرانه در کشورهای توسعه‌یافته مدیریت پسماند به‌صورت مکانیزه درآمده که همین موضوع سبب کاهش خطرات برای افراد زباله جمع‌کن

شده است. در کشورهای در حال توسعه به دلیل تجمع زباله در نزدیکی خانه‌های عموم مردم، خطرات در مقایسه با کشورهای توسعه یافته به مراتب بیشتر است.

آمار و ارقام در کشورهای در حال توسعه معمولاً منتشر نمی‌شود، به همین دلیل نمی‌توان مقایسه‌ای با کشورهای توسعه یافته در زمینه مسائل مربوط به سلامت و ایمنی انجام داد. عمده نرخ آسیب‌های رخ داده در بریتانیا برای صنعت پسماند در سال ۲۰۰۱-۲۰۰۲ چیزی حدود ۳۳۰ مورد در هر ۱۰۰ هزار کارگر بوده است که این آمار نسبت به نرخ جهانی یعنی ۱۰۱ مورد در ۱۰۰ هزار کارگر، بیشتر می‌باشد. نرخ مصدومیت‌های کشنده در بخش پسماند در طول مدت زمان مشابه، چیزی حدود ۱۰ مورد به ازای هر ۱۰۰ هزار کارگر تخمین زده شده است (HSE, 2004).

کشورهای در حال توسعه به دلایل زیر با مشکلات ایمنی بزرگتری مواجه هستند: ۱- جمع‌آوری دستی بدون تجهیزات محافظت‌کننده شخصی ۲- زباله جمع‌کن‌ها بی‌پول، بی‌خانمان و عموماً فاقد هرگونه پشتیبانی از نهادهای حمایتی هستند ۳- پزشکان و افراد معاینه‌کننده ممکن است به درستی کارگرهای زباله را معاینه نکنند ۴- فقدان مقررات ایمنی مخصوص برای رسیدگی به پسماند در بخش سازمان نیافته ۵- عدم وجود آگاهی و تمرینات ایمنی

چندین حادثه وجود دارد که نشان می‌دهد ایمنی دفع پسماند تا چه اندازه مهم است. تخلیه غیرقانونی آمپول‌ها و سرنگ‌های استفاده‌شده در ۱۵ سپتامبر ۱۹۹۹، در کیپ تاون^۱ در آفریقای جنوبی، منجر به استفاده کودکان از این سرنگ‌ها به عنوان وسیله بازی شد. ۵۴ کودک که در این حادثه درگیر بودند، در نهایت با مراقبت‌های قابل توجه بالینی و پس از گذراندن دوره طولانی اضطراب، از عفونت به وجود آمده خلاص شدند (de Waal, et al., 2006).

علاوه بر آسیب‌های مستقیم دفع غیرمسئولانه پسماند جامد، این امر زمینه‌ای برای تولیدمثل حیوانات خیابانی ایجاد می‌کند. به طور مثال شهر بنگلورهند، طبق سرشماری سگ در سال ۲۰۰۷ حدود ۱۴۳ هزار سگ ولگرد دارد. همچنین در این شهر از آوریل ۲۰۰۸ تا مارس ۲۰۰۹ حدود ۱۲۷۹۶ مورد گازگرفتنی گزارش شده که ۴۵٪ این مقدار، به حیوانات خانگی نسبت داده شده است (Chitra, 2011). حمله سگ‌های ولگرد هر ساله باعث مرگ چندین تن می‌شود. در سال‌های اخیر، صحنه کشته و کشیده شدن کودکان بی‌سرپرست و فقیری که خوابند توسط سگ‌ها به یک صحنه روزمره در بنگلور تبدیل شده است. افزایش تعداد سگ‌های ولگرد در زباله‌دان‌های شهری که نزدیک به مناطق جنگلی هستند، موجب جذب حیوانات درنده مانند چیتا و روباه‌ها شده است.

^۱ Cape town

۱۱-۱ اقدامات ضروری مورد نیاز در طول عملیات دستی

زباله‌ها در کشورهای در حال توسعه معمولاً در فضاهای باز یا پیاده‌روها تلنبار می‌شوند (شکل ۱۱-۳) و کارگران باید زباله‌ها را با دست و یا به کمک بیل جمع‌آوری کنند (شکل ۱۱-۴). چنین کاری باید با احتیاط و بعد از پوشیدن لوازم محافظت‌کننده شخصی انجام شود. در حین جابه‌جایی توده مواد یا بسته‌هایی که به صورت دستی فشرده/خردشده‌اند، کارگران زباله باید مخازن را برای حمل متصل کنند. کارگران در صورت بروز حالت‌های زیر باید به دنبال یافتن کمک باشند: ۱- وقتی که یک شی برای حمل توسط فرد، بسیار بزرگ و سنگین باشد ۲- وقتی که کارگر زباله نتواند بالا یا اطراف بار را حین تخلیه ببیند ۳- وقتی که حمل‌کننده زباله نتواند به‌طور ایمن بار را حمل کند.



شکل ۱۱-۳ رسیدگی به پسماند بدون توجه به احتیاط‌های ایمنی

شکل ۱۱-۴ فقر و نیاز برای به دست آوردن پول بیشتر اغلب باعث نادیده گرفتن اقدامات ایمنی توسط افراد می‌شود.

جدا از صدمات فیزیکی، حیوانات و انسان‌ها توسط مواد سمی آسیب می‌بینند. سمیت، قابلیت یک یا مجموعه‌ای از مواد شیمیایی موجود در پسماند است که به محض تماس می‌تواند به صورت

حاد یا مزمن آسیب‌زننده باشد. در حالت سمیت حاد، اثرگذاری یا مرگ‌ومیر در طول چند ساعت/روز تا حداکثر دو هفته با بروز علائم مختصر رخ می‌دهد. در موارد سمیت مزمن، تأثیرات وحشتناک پس از دوره طولانی، علائم خود را بروز می‌دهد.

مصرف مواد سمی، باعث تماس ماده‌های سمی با دستگاه گوارش می‌شود که همین موضوع سبب بروز مشکلات مختلف می‌گردد. اگر مواد سمی با غذا و یا آب به دستگاه گوارش برسند، توسط آن جذب می‌شوند. میزان جذب به آب‌دوست بودن یا آب‌گریز بودن مواد سمی وارده بستگی دارد. مواد آب‌گریز به راحتی همانند مواد شیمیایی وارد غشای سلول‌ها می‌شوند. ترکیبات آب‌دوست نمی‌توانند از سلول عبور کنند و در نتیجه توسط سیستم‌های انتقال موجود در سلول به نقاط مختلف حمل می‌شوند.

جذب مواد سمی در بعضی از بخش‌های بدن نسبت به سایر بخش‌ها، ساده‌تر انجام می‌شود. سلول‌های اپیدرمی کراتینه شده موجب کاهش جذب مواد سمی از طریق جریان خون درون پوست به خاطر وجود لایه ضخیم و زیر می‌شوند. مواد شیمیایی سمی می‌توانند بر اساس تأثیر آن‌ها بر گونه‌هایی که در معرض این مواد قرار گرفته‌اند به انواع التهاب آور، مختل‌کننده سیستم عصبی مرکزی (CNS)، مواد اختناق‌آور، مواد مسموم‌کننده ساختار بدن، طبقه‌بندی شوند. استنشاق باعث تماس مواد سمی با ریه می‌شود. این گازهای استنشاق‌شده از طریق یک نفوذ ساده در سراسر ریه گسترش پیدا می‌کنند. از این‌رو، میزان جذب در ریه به اندازه سطح بیرونی زیاد است و رگ‌های خونی در مجاورت ناحیه در معرض تماس، هستند. میزان جذب به میزان حالیت مواد در درون خون بستگی دارد.

التهاب‌آورها مواد شیمیایی هستند که باعث ایجاد درد و ایجاد تورم در دستگاه تنفسی، پوست، چشم‌ها و یا دستگاه گوارش می‌شوند. مواد اختناق‌آور مانع رسیدن اکسیژن به سلول‌ها و در نتیجه باعث کاهش/توقف سوخت‌وساز ارگان‌های بدن می‌شوند. مواد مؤثر بر سیستم عصبی مرکزی باعث از بین رفتن سیستم عصبی می‌شوند. سموم تأثیرگذار بر ساختارهای بدن، مواد شیمیایی هستند که اثر آن‌ها بر یک ارگان خاص ظاهر می‌شود و معمولاً این ارگان در نقطه‌ای دورتر از محل ورود سم واقع است.

رسیدگی‌کنندگان به پسماند باید تجهیزات حفاظت شخصی زیر را برای انجام عملیات ایمن به همراه داشته باشند: ۱- پوشاننده ساعد و دست‌ها مانند دستکش برای پسماندهای زبر یا دارای لبه های تیز ۲- پوشاننده چشم‌ها ۳- کفش‌ها یا چکمه‌های ایمنی با کف فولادی

رسیدگی‌کنندگان به پسماند باید تجهیزات لازم برای رسیدگی ایمن بار را داشته باشند. این تجهیزات لازم باید: ۱- به اندازه کافی محکم و بزرگ ۲- فاقد هرگونه شکستگی و پوسیدگی و ۳- فاقد لبه‌های خمیده و قطعات متلاشی باشند.

طبق گزارش HSE در سال ۲۰۰۴ عمده حوادث به وجود آمده در بریتانیا در طول جمع‌آوری پسماند جامد اتفاق افتاده است که تعداد قابل توجهی از آن‌ها در طی بار زدن/تخلیه بار پسماند و نیز در حین فعالیت‌های در-جا رخ داده است (HSE, 2004).

مدیریت پسماند به شکل دستی شامل انتقال پسماند به کمک بیل به صورت دستی به مخازن ذخیره‌سازی و سپس انتقال دستی به درون کامیون‌ها می‌باشد. اجرای قابل استفاده به صورت دستی از درون زباله‌ها، خارج می‌شوند. در صورتی که پسماند مخلوط با مواد شیمیایی باشد، رسیدگی به آن بدون داشتن لباس محافظت‌کننده باعث بروز آسیب و انواع بیماری‌ها می‌شود. بریدگی‌ها از طریق شیشه‌های شکسته شده و یا فلزات تیز پدید می‌آیند و مواد شیمیایی ممکن است موجب بروز سوختگی پوست شوند. سایر مسائل سلامت مانند مشکلات تنفسی به دلیل تنفس گردوغبار و سرطان به دلیل مواد شیمیایی موجود در پسماند ایجاد می‌شوند. افرادی که زباله‌ها را از دباغی‌ها و فرآوری کننده‌های پوست گاو و گوسفند جمع‌آوری می‌کنند در خطر ابتلا به بیماری‌هایی از قبیل سیاه‌زخم هستند.

۱۱-۲- احتیاط‌های لازم برای جابجایی مکانیکی مواد

بر اساس HSE در سال ۲۰۰۴، بخش قابل توجهی از حوادث به دلیل تصادف با وسایل نقلیه جمع‌آوری پسماند، یا در زمان مسافرت به دلیل سقوط اشیاء رخ می‌دهند. کارخانه‌های سازمان‌دهی شده پردازش پسماند نیازمند تجهیزات ایمنی فردی و آموزش مناسب به افراد مربوطه است (شکل ۱۱-۵) (HSE, 2004).

استفاده از تجهیزات مکانیکی برای ذخیره و جابجایی پسماند احتمال ایجاد آسیب‌ها را برای رسیدگی‌کنندگان به زباله افزایش می‌دهد. افراد باید از نکات ایمنی چه در فرآیند دستی و چه مکانیکی، کاملاً آگاه باشند. در هنگام جابجایی مکانیکی پسماند، مسئولان رسیدگی به پسماند باید از تجهیزات در حال کار، فاصله بگیرند. در هنگام انتخاب تجهیزات حمل باید اندازه، وزن و شکل اشیای موردنظر برای انتقال، در نظر گرفته شود. همه تجهیزات حمل و نقل، یک ظرفیت حداکثر مشخص دارند که تا آن میزان وزن و یا کمتر را می‌توانند به صورت کاملاً ایمن جابه‌جا کنند. افراد مربوطه باید به ظرفیت تجهیزات توجه داشته باشند تا میزان بار حمل شده، از ظرفیت مجاز دستگاه‌ها تجاوز نکند. این افراد باید دانش کافی درباره تجهیزات پر قدرت، میزان ذخیره‌سازی و انباشت مواد داشته باشند.

زمانی که پسماند به کمک کامیون‌های پر قدرت جمع‌آوری می‌شوند، افراد باید کارهای زیر را انجام دهند: ۱- بارها باید در مرکز چنگک و نزدیک دکل قرار بگیرند تا از سقوط و یا کج شدن کامیون جلوگیری شود ۲- جلوگیری از بار زدن اضافه به دلیل برهم زدن تعادل کامیون ۳-

جلوگیری از بارگیری اضافه برای حفظ تعادل جرثقیل ۴- تنظیم اشیا در نزدیک‌ترین فاصله از سطح زمین در هنگام جابه‌جایی ۵- در نظر گرفتن مقتضیات عملیاتی سازنده کامیون ۶- مرتب کردن صحیح توده‌های پسماند در ردیف‌های متقابل.

برای کاهش میزان آسیب‌ها افرادی که در نزدیکی جرثقیل کار می‌کنند، باید اقدامات زیر را انجام دهند: ۱- قرار دادن بارها در جایی که برای متصدی جرثقیل کاملاً واضح باشند. ۲- حفظ و نگهداری طناب‌های بالابرنده و زنجیرها از پیچ خوردن ۳- انجام بازرسی و نگهداری در دوره‌های مشخص.

۱۱-۳- ایمنی در طول ذخیره‌سازی و انتقال

ذخیره‌سازی و انتقال دو جزء مهم مدیریت پسماند محسوب می‌شوند. ذخیره‌سازی ممکن است هم به‌صورت درجا و هم در خارج از محل صورت گیرد. صرف‌نظر از اینکه مواد کجا انباشته می‌شوند، اقدامات پیشگیرانه باید از طرف مسئولان رسیدگی به پسماند و نیز عموم مردم انجام شود. انباشته کردن پسماند در کنار جاده‌ها در کشورهای در حال توسعه معمولاً باعث ایجاد بار ترافیکی می‌شود (شکل ۱۱-۶).

پسماند انباشته‌شده نباید برای رسیدگی‌کنندگان به پسماند خطرآفرین باشد. این افراد برای جلوگیری از خطرات احتمالی در زمان ذخیره‌سازی، باید:

- فضاهای انبار را از تجمع زباله در امان نگه دارند تا از آتش‌سوزی، انفجار و حضور جوندگان جلوگیری شود.
- پسماند را حداقل در فاصله ۲ متری از نقاط بارگیری و فاصله ۳ متری از دیوار نگه دارند.
- لباس کارگرانی که در ارتفاعات بالا کار می‌کنند باید با بندهای ایمنی تجهیز گردد.
- پسماندهای ناسازگار جدا شوند.
- پسماندهای ایمن را از طریق انباشت، همبسته کردن یا بلوک‌بندی به گونه‌ای قرار دهند که از سقوط، لیز خوردن و فرو ریختن آن‌ها جلوگیری شود.



شکل ۱۱-۵ واحدهای سازمان یافته پردازش پسماند، تجهیزات ایمنی شخصی ضروری و آموزش های لازم را برای کارکنان خود فراهم می کنند.



شکل ۱۱-۶ پسماند ذخیره شده در حاشیه خیابان

رسیدگی به پسماند در مکان‌های لغزنده مانند کشتارگاه که در شکل ۷-۱۱ نشان داده شده است، نه تنها باعث بروز حادثه می‌شود بلکه عوامل بیماری‌زا را به شدت افزایش می‌دهد. بارگیری اضافی بر روی وسایل حمل‌کننده به صورت نشان داده شده در شکل ۸-۱۱ نه تنها برای کارمندان مدیریت پسماند، بلکه برای عموم مردم خطرناک می‌باشد.

وجود مواد خورنده، اکسیدکننده و واکنش‌پذیر در پسماند خطرات مشابهی را به وجود می‌آورد، از این رو نیاز به اقدامات ویژه مانند شرایط رسیدگی به مواد قابل اشتعال است. اختلاط غیرعمدی می‌تواند سبب بروز واکنش‌های خطرناک و انتشار مواد و گازهای قابل اشتعال/سمی شود که در نهایت باعث ایجاد آتش‌سوزی و انفجار می‌گردد. به همین علت، اندازه‌گیری‌هایی که در ادامه گفته می‌شود باید در هنگام نگهداری مواد صورت گیرد:



شکل ۷-۱۱ سطح لغزنده در یک کشتارگاه



شکل ۸-۱۱ پسماندی که به مقدار اضافی بر روی کامیون بار زده شده است.

- مواد خورنده، اکسیدکننده و واکنش پذیر باید از مواد قابل اشتعال و شیمیایی مواد ناسازگار (اسیدها در مقابل بازها، مواد حساس به آب در مقایسه با مواد آبی، اکسیدکننده‌ها در مقابل کاهنده‌ها و غیره) تفکیک شوند تا احتمال اختلاط آن‌ها در هنگام نشت کاهش پیدا کند؛
- کارگران مسئول رسیدگی به مواد خورنده، اکسیدکننده و واکنش پذیر باید تحت آموزش های ویژه قرار گیرند؛
- کارگران مسئول رسیدگی به مواد ذکر شده باید ابزار ایمنی شخصی (PPEs)^۱ مناسب مانند دستکش، لباس کار مخصوص، پیش بند، محافظ صورت، عینک ایمنی و غیره در اختیار داشته باشند؛
- در مکانی که این مواد خاص ذخیره سازی می شوند، باید کمک های اولیه مناسب در دسترس باشند.

^۱ Personal Protective Equipments

حمل مواد دارای پنبه نسوز (ACM)^۱ باید توسط افرادی که آموزش خاص دیده‌اند، انجام گیرد.

شکل ۹-۱۱ به خوبی نشان می‌دهد که ذخیره‌سازی و انجام فرآیند در محل مناسب همراه با نظم می‌تواند آسیب‌ها و حوادث را کاهش دهد. شکل ۱۰-۱۱ نمونه‌ای از روند نادرست انجام فرآیند را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱۱ ذخیره پسماند و نظم مناسب در محیط کار می‌تواند باعث کاهش آسیب و حادثه شود.

^۱ Asbestos Containing Materials



شکل ۱۱-۱۰ پسماندی که بدون توجه به اقدامات ایمنی بار زده می‌شود.

بسیاری از مواد شیمیایی که به صورت عمدی یا سهوی مخلوط می‌شوند، به شدت باهم واکنش می‌دهند. این مواد را اصطلاحاً ناسازگار می‌گویند. ذخیره‌سازی یا مخلوط کردن مواد زیر می‌تواند موجب بروز واکنش‌های خطرناکی شود: ۱- اسیدها و بازها ۲- سفیدکننده‌ها ۳- عوامل اکسیدکننده ۴- عوامل کاهنده ۵- حلال‌ها و مواد قابل اشتعال.

بعضی از مواد شیمیایی عمده که در دسته ناسازگارها قرار دارند و سبب بروز خطر می‌شوند، عبارت‌اند از: ۱- آمونیوم و سفیدکننده هیپوکلریت، ۲- اسید نیتریک با اسید استیک، ۳- اسید نیتریک با اسیدسولفوریک، ۴- بوتانول با اسیدهای معدنی قوی، ۵- نرمال بوتانول آمین با مس و آلایزهای آن، ۶- ان-ان-دی متیل فرمامید با هیدروکربن‌های هالوژنه، ۷- اتیل استات با بازهای قوی، ۸- اتیلن دی کلراید با مواد اکسیدکننده، ۹- اتیلن گلیکول با اسیدسولفوریک، ۱۰- پر اکسید MEK با هر نوع ماده قابل اشتعال، ۱۱- ۱-۱-تری کلرو اتان با جوش شیرین و پتاس سوزآور.

جدول ۱-۱۱ گروهی از مواد شیمیایی را نشان می‌دهد که با یکدیگر واکنش داده و شرایط بسیار خطرناکی را ایجاد می‌کنند. جدول ۲-۱۱ مثال‌های خاصی را نشان می‌دهد که منجر به تولید

گازهای سمی می‌شوند؛ اما در اکثر موارد نمی‌توان از محیط‌زیست و مردم در برابر این مواد شیمیایی که به‌صورت پراکنده در محیط ریخته می‌شوند، محافظت کرد.

جدول ۱۱-۲ نمونه‌هایی از واکنش‌دهنده‌هایی که منجر به شکل‌گیری گازهای سمی می‌شوند.

ردیف	واکنش‌دهنده A	واکنش‌دهنده B	محصول
۱	مواد آرسنیک	عامل کاهنده	آرسین
۲	آزیدها	اسیدها	هیدروژن آزید
۳	سیانیدها	اسیدها	هیدروژن سیانید
۴	هیپوکلریت‌ها	اسیدها	اسید کلراین یا هیپوکلریس
۵	نیتрат‌ها	سولفوریک اسید	نیتروژن دی‌اکسید
۶	نیتریک اسید	مس/برنج/فلزات سنگین	نیتروژن دی‌اکسید
۷	نیتريت‌ها	اسیدها	بخارات نیتروس
۸	فسفر	بازهای سوزآور/عوامل کاهنده	فسفین
۹	سلنیدها	عوامل کاهنده	هیدروژن سلنید
۱۰	سولفیدها	اسیدها	هیدروژن سولفید
۱۱	تلوریدها	عوامل کاهنده	هیدروژن تلورید

۱۱-۳-۱- مواد انباشته‌شده

مواد انباشته‌شده در صورت رعایت نکردن اقدامات ایمنی توسط کارگران می‌تواند خطرناک باشد. سقوط و فروریختگی اشیاء می‌تواند منجر به ایجاد صدمه و یا حتی مرگ کارگران شود. برای جلوگیری از بروز حوادث در حین انباشته کردن پسماند، کارگران باید موارد زیر را رعایت کنند:

- اگر پسماند به‌صورت دستی انباشته شود، حداکثر ارتفاع آن ۴ متر و اگر با چنگک مکانیکی انباشته شود حداکثر ارتفاع آن ۶ متر باشد؛
- همه مواد تیز جدا شوند؛
- مواد به صورتی انباشته شوند که قابلیت دسترسی مناسبی داشته باشند؛
- باید اطمینان حاصل کرد که انباشته‌ها در حالت پایدار و ساکن قرار گیرند؛
- انباشته‌ها باید در فاصله حداقل نیم متری از دیوارها یا دیوارهای کاذب درون ساختمان باشند؛
- بسته‌ها و انباشته‌ها در ردیف‌های بهم‌پیوسته قرار گیرند؛
- پسماندها در جعبه قرار گیرند و یا توسط گره‌های ضربدری سفت شوند؛

- مخازن، بشکه‌ها و محل‌های ذخیره به‌خوبی در جایشان محکم شوند تا در هنگام انباشته کردن جابه‌جا نشوند؛
- قرار دادن ظروف استوانه‌ای و بشکه‌ها به‌صورت متقارن؛
- قرار دادن تخته‌های چندلایه، تخته پوش‌ها یا مال‌های چوبی بین هر ردیف از بشکه‌ها و ظروف استوانه‌ای؛
- مواد استوانه‌ای را محکم و مسدود کنند تا از کج شدن و یا ریختن آن‌ها جلوگیری شود، مگر در حالتی که بر روی چنگک باشند (شکل ۱۱-۱۱)؛
- کف ظروف استوانه‌ای، بشکه‌ها و مخازن به همدیگر محکم شود؛
- رنگ کردن دیوارها و نشانه‌گذاری جهت نشان دادن ارتفاع انباشته‌ها به‌منظور یافتن سریع‌تر آن‌ها
- محدودیت‌های ارتفاع هنگام انباشته کردن مواد ملاحظه شود؛



شکل ۱۱-۱۱ انباشت مواد استوانه‌ای شکل.



شکل ۱۱-۱۲ سیستم آب پاش در مرکز TSDF پسماند خطرناک

حوادثی که در زمینه پسماند رخ می‌دهد تنها منحصر به کارگران نیست و شامل عموم مردم می‌شود. بروز آتش‌سوزی در انبار پسماند خطرناک، می‌تواند سبب وقوع واکنش‌هایی شود که بخارات و گازهای ناشی از آن منجر به مرگ هزاران انسان در مجاورت آن‌ها گردد. شکل‌های ۱۱-۱۲ و ۱۳-۱۱ حمام اضطراری و سیستم آبپاش را نشان می‌دهد که در مرکز تصفیه/ذخیره/دفع پسماند خطرناک وجود دارد. این سیستم‌ها معمولاً توسط اختیارات نظارتی قبل از راه‌اندازی تأسیسات مدیریت/ذخیره‌سازی پسماند، تضمین می‌شوند ولی مأموران اجرایی کارخانه‌ها باید استانداردهای بالاتری را برای ایمنی جهت محافظت از کارگران در نظر بگیرند.



شکل ۱۱-۱۳ سیستم شست و شوی چشم و دوش اضطراری در مرکز TSDF پسماند خطرناک

۱۱-۳-۲- ایمنی در حمل و نقل

حوادث در حمل و نقل یکی از اصلی ترین دلایل مرگ و میر و مصدومیت در جهان است و انتقال پسماند نیز از این قاعده مستثنی نیست. معمولاً آمار مرگ و میر/مصدومیت های ناشی از حمل و نقل پسماند با سایر حوزه ها جمع آوری می گردد.

ملاحظات ایمنی در حمل و نقل پسماند باید شامل موارد زیر باشد: ۱- تأکید بر اهمیت موضوع برای رانندگان ۲- سازگاری با محدودیت ها در طول سفر ۳- بهبود مهارت های رانندگی ۴- تنظیم برنامه رانندگان برای جلوگیری از خستگی بیش از حد ۵- اجتناب از مسیرها و زمان های پرخطر در طول روز ۶- استفاده از ابزارهای کنترل سرعت ۷- کنترل و نظارت از راه دور بر فعالیت های راننده ۸- اجتناب از مصرف الکل در طول رانندگی ۹- اجتناب از حمل بار اضافی ۱۰- برچسب زدن مناسب ۱۱- اجتناب از حمل و نقل مواد ناسازگار به طور هم زمان ۱۲- تجهیز خودروها با وسایل اطفاء حریق و تعلیم دادن رانندگان برای استفاده از آنها ۱۳- اجتناب از حمل و نقل مواد در حال آتش سوزی و یا دارای جرقه ۱۴- تأکید بر کارگران و رانندگان جهت استفاده از تجهیزات ایمنی شخصی ۱۵- نگهداری مداوم از وسایل نقلیه ۱۶- استفاده از قطعات یدکی اصلی برای کاهش حوادث ناشی از عملکرد نادرست تجهیزات و یا خراب شدن در زمان نامناسب.

علاوه بر ملاحظات بالا، دستورالعمل انتقال پسماند خطرناک شامل موارد زیر نیز می شود: ۱- برچسب زدن برای مشخص کردن اینکه کدام محموله خطرناک است به همراه مقدار و اطلاعات محموله ۲- تهیه اسناد حمل و نقل که دربردارنده خطرات احتمالی مربوط به محموله است ۳- اطمینان از حجم، نوع، استحکام و حفاظت از محموله به منظور تناسب با مقدار و نوع ماده پسماند خطرناک و روش انتقال آن ۴- حصول اطمینان از مشخصات وسیله ای که حمل و نقل با آن انجام می گیرد ۵- آموزش به کارکنان بخش انتقال در زمینه حمل و نقل مناسب و اقدامات لازم در شرایط اضطراری ۶- ارائه پشتیبانی اضطراری برای شرایط آماده باش ۷- تهیه کد یکپارچه برای کالاهای خطرناک در حمل و نقل دریایی (IMDG)^۱ ۸- تأیید شرکت حمل و نقل یکپارچه هوایی (IATA)^۲ برای حمل و نقل هوایی.

^۱ Integrated Marine Dangerous Goods

^۲ Integrated Air Transport Association



شکل ۱۱-۱۴ لغزنده بودن بنادر و لنگرگاه‌ها باعث ایجاد مسائل مربوط به ایمنی می‌شود.

نوار نقاله‌ها یکی از مهم‌ترین اجزای فرایند مدیریت پسماند در تأسیسات مکانیکی پردازش پسماند به شمار می‌روند. در هنگام استفاده از نوار نقاله‌ها، دست‌های کارگران ممکن است در برخورد با گیره‌های تیز و یا افتادن اشیاء از روی نوار نقاله و یا بریده شدن و افتادن درون آن‌ها آسیب ببینند. برای جلوگیری از چنین حوادثی باید تمهیداتی از قبیل: ۱- نصب اهرم یا دکمه اضطراری برای توقف نوار نقاله، ۲- تهیه کابل‌های متوقف کننده به طول نوار نقاله، ۳- جلوگیری از سوار شدن بر نوار نقاله‌ای که در حال پردازش پسماند است، ۴- قرار دادن گارد حفاظتی مناسب برای نوار نقاله و ۵- ایجاد پوشش برای نوار نقاله به‌جز در نقطه ابتدایی و انتهایی آن، اندیشیده شود. رها سازی (دفن غیرقانونی پسماند در جاهایی که اجازه داده نشده است) می‌تواند تهدیدی جدی برای انسان‌ها، محیط‌زیست و حیات وحش باشد. جمع‌آوری این رها سازی غیرقانونی پسماند در بریتانیا حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ یورو هزینه دربردارد (Kumbang & Smethurst, 2008).

ایستگاه‌های حمل‌ونقل دریایی معمولاً در جزایر کوچک و ناحیه‌های ساحلی قرار دارند. چنین ایستگاه‌هایی لغزنده هستند و کارگران در معرض خطرات موجود در نقاط خیس نیز قرار دارند (شکل ۱۱-۱۴).

۱۱-۴-۱۱ ایمنی در طول آماده‌سازی و دفن

ایمنی و سلامتی در مراحل آماده‌سازی و دفن یک مشکل پیچیده در میحث زباله است. با در نظر گرفتن مکان‌های دفن زباله، روش‌ها و مباحث متفاوتی دخیل می‌شوند که موجب سخت شدن تخمین خطرات موجود برای سلامتی می‌گردند. در رابطه با سوزاننده‌ها، یکی از عمده‌ترین نگرانی‌ها در زمینه سلامت، استنشاق آلوده‌کننده‌های هوا ناشی از سوختن و نیز سوختن ناقص است. همچنین تماس با خاک آلوده و مصرف آب/غذای آلوده از دیگر نگرانی‌ها به شمار می‌روند.

۱۱-۴-۱۱-۱ مسائل ایمنی در طول آماده‌سازی

همان‌طور که گفته شد، بعضی از مواد شیمیایی با سایر مواد ناسازگار هستند و ممکن است به‌سرعت یا ساعت‌ها پس از اختلاط، مشتعل شوند، گازهای سمی آزاد کنند و یا باعث خروج حباب‌ها و گازهای آلوده شوند. مسائل ایمنی و سلامتی در طول کمپوست‌سازی نیز به دلیل بیولوژیکی بودن این فرآیند، اهمیت دارند. اگر این فرآیند به‌خوبی انجام گیرد، می‌تواند بیشتر عوامل بیماری‌زا را از بین ببرد. کار کردن با پسماند قبل از کمپوست شدن، پتانسیل ظهور عوامل بیماری‌زا را افزایش می‌دهد. همچنین این نکته نیز قابل توجه است که میکروارگانیسم‌ها همواره در هوا حضور دارند.

۱۱-۴-۱۱-۲ مسائل ایمنی در محل تخلیه زباله

دفن نامناسب مواد شیمیایی می‌تواند باعث بروز مشکلات پیش‌بینی‌نشده شود. این مواد که به‌صورت نادرست دفن شده‌اند، باعث آلوده شدن آب‌های زیرزمینی می‌شوند. این پدیده ممکن است سال‌ها طول بکشد اما درنهایت باعث آلودگی آب‌ها می‌شود. برخی از مواد شیمیایی که وارد فاضلاب شده‌اند ممکن است بخارات اشتعال‌پذیر تولید کنند که با تجمع در لوله‌ها منفجر گردند. اکسیدکننده‌های تصفیه نشده می‌توانند با مواد ارگانیک واکنش دهند و باعث انفجار خود به خودی شوند. به‌طور مثال، روغن ترمز خودرو وقتی با سدیم کلرات مخلوط شود، شعله‌ور می‌شود. مواد شیمیایی زیر نباید با یکدیگر مخلوط شوند: ۱- حلال‌ها ۲- مواد شوینده ۳- اسیدها ۴- بازها ۵- سفیدکننده‌ها ۶- اتیل اتر. حلال‌هایی که شامل موادی مانند رنگ، بقایای پلیمر، نفتا، تولوئن و لاک‌الکل باشند، باید در بطری‌های شیشه‌ای جمع‌آوری شوند. پسماندهایی که دارای

فلزات سنگین حل نشده مثل مس، روی، سرب، جیوه و کادمیم هستند، سمی بوده و می‌توانند گیاهان و جانوران شامل میکروارگانیسم‌های موجود در خاک و آب را از بین ببرند.



شکل ۱۱-۱۵ پسماند دفع شده در حومه یک شهر

محل‌های تخلیه زباله به دلیل دسترسی بدون محدودیت، فقدان وسایل اطفای حریق و عدم کنترل بر میزان و نوع پسماند تخلیه شده نسبت به مکان‌های دفن زباله به مراتب خطرناک‌تر هستند. صدها نفر در حادثه جولای سال ۲۰۰۰ در شهر کوییزون^۱ در محل دفن زباله در حومه مانیل کشته شدند. در این حادثه، زباله جمع‌کن‌های به‌طور عمدی برای جدا کردن فلزات از سیم‌ها و سایر وسایل الکترونیکی، آتش روشن کردند. مسئولین شهرداری برای کاهش هزینه‌های دفن، زباله‌ها را در حومه شهر رها نمودند (شکل ۱۱-۱۵ و ۱۱-۱۶).

^۱ Quezon

۱۱-۴-۳- مسائل ایمنی در مکان‌های دفن زباله

آتش‌سوزی در مکان‌های دفن پسماند می‌تواند هم روی سطح و هم در زیرزمین رخ دهد. آتش‌سوزی‌های سطحی معمولاً در معرض دید قرار دارند و به راحتی قابل شناسایی هستند. آتش‌سوزی‌های زیرزمینی معمولاً در مقیاس کوچکی شروع می‌شوند، اگر بی‌توجهی‌ها شوند یا شناسایی نشوند، ممکن است گسترش یابند که مهار کردن آن‌ها را دشوار خواهد کرد. آتش‌سوزی‌های عمیق به سرعت قابل مهار نیستند و از این روز بسیار مشکل‌ساز می‌باشند. ترکیبات و میزان خطر دود ناشی از آن بستگی به مواد شیمیایی موجود در پسماند دارد.

آتش‌سوزی‌های روی سطح در محل پسماندهایی که به تازگی انباشت شده‌اند و غیر فشرده هستند، رخ می‌دهند. این حریق می‌تواند به موجب گازهای لندفیل مشتعل شده باشد. آتش‌سوزی‌های سطحی معمولاً در دمای پایین با ایجاد یک دود غلیظ سفید که شامل اسیدهای آلی، بخار، دیوکسین‌ها، فوران‌ها، هیدروکربن‌های پلیمری، فلزات سنگین فرار و سایر اجزای فرار است، رخ می‌دهند. سوختن مواد فرار ممکن است به دلیل سوختن پلاستیک‌ها و تایرها به علت نبود اکسیژن کافی و دمای بالا که باعث انتشار دود سیاه‌رنگی می‌شود، کامل نباشد. آلودگی‌های آزادشده به احتمال قوی دارای مواد سرطان‌زا نیز هستند. اگر پلاستیک‌ها دارای کلرین، به طور مثال PVC، باشند می‌تواند باعث آزاد شدن هیدروکلریک اسید شود.



شکل ۱۱-۱۶ مواد شیمیایی که به طور نامناسب دفع شده‌اند.

جدول ۱۱-۳ نمونه‌های آتش‌سوزی‌های بزرگ اتفاق افتاده در لندفیل‌ها

سال	توضیح	منبع
۱۹۶۹	حادثه آتش‌سوزی در وینستون-سالم، کالورینای شمالی، آمریکا	(USACE 1984)
۱۹۷۵	حادثه آتش‌سوزی در شریدان، کلرادو، آمریکا	(USEPA 1991)
۱۹۸۳	ویرانی محل مسکونی به دلیل انفجار در خیابان در لندفیل بخش سین سیناتی، اوهایو، آمریکا	(USEPA 1991)
۱۹۸۴	انفجار یک خانه به دلیل انتقال گاز لندفیل در نزدیکی لندفیل دیگری در آکرون، اوهایو، آمریکا	(USEPA 1991)
۱۹۸۷	انفجار یک خانه به دلیل انتقال گاز در پیتزبرگ، پنسیلوانیا، آمریکا	Charlotte observer (1994)
۱۹۹۴	آسیب یک زن در حادثه آتش‌سوزی به علت انفجار گاز در پارک ساخته‌شده بر روی یک لندفیل در شارلوت، کارولینای شمالی، آمریکا	
۱۹۹۹	یک دختر در منطقه‌ای طبق گزارش‌ها قبلاً محل تخلیه زباله بوده است در آتلانتا آتش گرفت، آمریکا	Atlanta journal-constitution (1999)
۲۰۱۰	حادثه آتش‌سوزی در لندفیل در بخش مادیسون، شهر لینکولن، آمریکا	Cnycentral.com (2010)
۲۰۱۱	حادثه آتش‌سوزی در لندفیل ولیا، آمریکا	News-sun (2011)
۲۰۱۱	حادثه آتش‌سوزی در کیلدار، جمهوری ایرلند (ایرلند جنوبی)	(Belfasttelegraph 2011)

جدول ۱۱-۳ مثال‌هایی از آتش‌سوزی‌های بزرگ در مکان‌های دفن را ارائه می‌دهد. این حریق‌ها معمولاً در فصل بهار و تابستان که دما به‌مراتب بیشتر از سایر ماه‌ها است، رخ می‌دهند و می‌توانند ناشی از سوختن خود به خودی کبریت و سیگارهای دور انداخته‌شده باشند (USFA U.S. Fire Administration, 2001). علاوه بر احتراق خود به خودی، آتش‌سوزی می‌تواند از طریق احتراق‌های پیشین، مواد قابل اشتعال و عدم کنترل مناسب آتش‌سوزی‌ها در فضای باز، اتفاق بیفتد.

گازهای لندفیل به سمت بالا (اتمسفر) و یا پایین (آب‌های زیرزمینی، حفره‌های موجود در خاک) نفوذ می‌کنند و باعث آلودگی هوا، خاک و آب‌های زیرزمینی می‌شوند. تجمع این گازها می‌تواند باعث ایجاد خطر انفجار یا امکان حریق شود. گازهای قابل اشتعال تولیدشده در مکان‌های دفن پسماند شامل متان، بخار آمونیاک، سولفید هیدروژن و ترکیبات آلی غیر از متان هستند.

آتش‌سوزی‌های عمقی در مکان‌های دفن پسماند وابسته به موادی هستند که عمر آن‌ها به ماه‌ها و سال‌ها برمی‌گردد. این احتراق‌ها می‌توانند حفره‌های بزرگی در لندفیل ایجاد کنند، همچنین موجب تولید گازهای سمی و قابل اشتعال می‌شوند که به سیستم جمع‌آوری LFG و خطوط آن آسیب می‌رساند (FEMA 2002). تعیین موقعیت، کنترل و خاموش کردن این نوع از آتش‌سوزی‌ها همیشه مشکل است. هریک از عوامل زیر یا ترکیبی از آن‌ها می‌توانند عامل آتش‌سوزی‌های زیرزمینی باشند: ۱- مهندسی و نگهداری ضعیف سرپوش‌ها ۲- مقطع نامناسب سرپوش ۳- عدم فشرده‌سازی مناسب پسماند ۴- نشست پسماند، رانش زمین، فرسایش سرپوش ۵- ضعف و نامناسب بودن ضخامت و مواد سرپوش میانی ۶- آسیب به سیستم جمع‌آوری LFG ۷- ضعف در نگهداری سیستم کنترل LFG ۸- کنترل نامناسب چاه گاز در طول عملیات ۹- استخراج بیش‌ازاندازه LFG ۱۰- سرپوش‌های نامناسب بر روی چاه‌های گاز ۱۱- دهنه بسیار باز برای چاه‌های گاز (Margaret, 2004).

نفوذ مداوم و پیوسته اکسیژن در سیستم به دلیل تصفیه با تیغه‌های بی‌حفاظ می‌تواند باعث شروع فرآیند اکسیداسیون یا تجزیه هوازی شود، که در نتیجه آن سوختن خود به خودی ترکیبات معینی از پسماند اتفاق می‌افتد. از این‌رو ممکن است زمان زیادی طول بکشد تا نشانه‌های آتش‌سوزی زیرزمینی، مانند دود و بو در سطح زمین قابل تشخیص باشد. در نتیجه این قبیل آتش‌سوزی‌ها با علائم زیر تأیید می‌شوند: ۱- نشست قابل توجه در یک دوره زمانی کوتاه. ۲- دود و یا بوی ناشی از لندفیل یا سیستم استخراج گاز ۳- کربن مونوکسید بالای ۱۰۰۰ PPM ۴- افزایش دما در سیستم استخراج گاز (FEMA, 2002; Margaret, 2004).

برنامه‌های مدیریتی برای آتش‌سوزی لندفیل شامل موارد زیر هستند: ۱- ممنوعیت ایجاد آتش به‌طور عمدانه ۲- ممنوعیت سیگار کشیدن در محل لندفیل ۳- بازرسی بار ورودی ۴- کنترل گواهی پسماند ۵- فشرده‌گی و پوشش مناسب ۶- نگهداری از ابزارهای اطفای حریق ۷- داشتن ذخیره آب کافی ۸- نگهداری لباس‌ها و دستگاه‌های تنفسی محافظت‌کننده در محل لندفیل (Margaret, 2004).

لندفیل لاو کانال در شهر نیویورک که محل نگهداری ۲۱۸۰۰ تن پسماند شیمیایی بود، در سال ۱۹۵۳ با خاک پوشانده شد و سپس در آن محل خانه‌های مسکونی و نیز یک مدرسه ابتدایی ساخته شدند. مدتی بعد در آن منطقه وضعیت اضطراری اعلام گشته و ساکنین آن به دلیل افزایش ناشی، بوهای مضر و آلودگی‌های شیمیایی در سال‌های ۱۹۷۸-۱۹۸۰ تخلیه شدند. این مطالعات توسط موسسه برث دفکت فاش و تأیید شدند (DOH, 2008).



شکل ۱۱-۱۷ لوازم خاموش کننده آتش

۱۱-۴-۴- مسائل ایمنی در زباله سوز

مشکل ایمنی در هنگام فعالیت زباله سوز به دلیل حضور مواد خطرناک تشدید می شود. با توجه به نوع پسماند سوزانده شده، محل انجام فرآیند می تواند متعفن، لغزنده و یا پر از گردوغبار باشد. اگر زباله های عفونی سوزانده شوند، محل عملیات می تواند آلودگی عفونی نیز داشته باشد. متصدیان زباله سوز به طور پیوسته در معرض دود و دمای بالا قرار دارند. در محل های سوزاندن زباله باید احتیاط لازم برای جلوگیری از جرقه، انفجار و گسترش آتش به عمل آید. از این رو اقدامات احتیاطی برای کاهش یا جلوگیری از بروز احتمالی صدمات، مرگ یا خسارت ناشی از آتش سوزی انجام می گیرند. به طور مرسوم آتش سوزی ها به صورت زیر دسته بندی می شوند:

- ✓ دسته A: آتش سوزی های ناشی از جامدات به جز فلزات قابل اشتعال
- ✓ دسته B: آتش سوزی های شامل مایعات اشتعال پذیر
- ✓ دسته C: آتش سوزی های ناشی از تجهیزات الکتریکی
- ✓ دسته D: آتش سوزی های ناشی از فلزات اشتعال پذیر
- ✓ دسته K: آتش سوزی های آشپزخانه

آتش با ابزار فعال حفاظت در برابر حریق (AFP) و یا با ابزار غیرفعال حفاظت در برابر حریق (PFP) خاموش می‌شود. پیش از اینکه از AFP استفاده شود، PFP از طریق بخش‌بندی به دست می‌آید (شکل ۱۱-۱۷). AFP شامل سیستم‌های آب‌پاش اطفاء حریق و دیگر تجهیزات خاموش‌کننده آتش می‌باشد.

انواع مهم خاموش‌کننده‌ها عبارت‌اند از:

◀ **خاموش‌کننده‌های آبی:** می‌توانند برای دسته A مفید باشند و برای دسته‌های B، C و D مناسب نیستند.

◀ **خاموش‌کننده‌های شیمیایی خشک:** این نوع از خاموش‌کننده‌ها برای آتش‌های نوع BC یا ABC مناسب هستند. این خاموش‌کننده‌ها پوششی از مواد غیرقابل اشتعال بر روی آتش خاموش شده قرار می‌دهند تا از احتراق دوباره جلوگیری شود. خاموش‌کننده‌های دسته BC دربردارنده بی‌کربنات پتاسیم یا سدیم هستند. خاموش‌کننده‌های دسته ABC دارای فسفات آمونیوم می‌باشند.

◀ **خاموش‌کننده‌های کربن دی‌اکسید:** برای دسته‌های B و C مناسب هستند.

◀ **خاموش‌کننده‌های شن/فلز/نمک:** برای آتش‌سوزی‌های نوع D مناسب می‌باشند.

انواع مهم مواد شیمیایی مورد استفاده عبارت‌اند از:

◀ **سدیم کلرید:** این ماده برای آتش‌سوزی‌های فلزات که شامل آلیاژهای سدیم/پتاسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، اورانیوم و آلومینیوم پودری هستند، استفاده می‌شود.

◀ **فلز مس پودری:** این ماده در آتش‌سوزی‌هایی که شامل لیتیم و آلیاژ آن هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

◀ **پودرهای با پایه گرافیتی:** برای آتش‌سوزی‌های شامل لیتیم استفاده می‌شوند.

◀ **عامل‌های خشک با پایه بی‌کربنات سدیم:** این مواد در آتش‌سوزی‌های دارای بیشترین مقدار آلکیل‌های فلزی و مایعات اشتعال‌پذیر که در تماس با هوا مشتعل می‌شوند، استفاده می‌گردند.

◀ **پودرهای خشک با پایه کربنات سدیم:** به‌طور کلی برای آتش‌های دسته D استفاده می‌شوند.

◀ **خاموش‌کننده‌های هالوترون نوع I:** این خاموش‌کننده‌ها برای تجهیزات ارتباط از راه دور، اتاق‌های کامپیوتر و لوازم الکترونیکی مناسب هستند.

◀ **خاموش‌کننده‌های غبار-آب:** این خاموش‌کننده‌ها برای آتش‌سوزی‌های دسته A که خطر ایجاد آتش دسته C نیز وجود دارد، مناسب می‌باشند.

خاموش کننده‌های آتش غیر مغناطیسی: این مواد برای اسپکترومترهای مقاومتی مغناطیسی هسته‌ای (NMRS)^۱ یا دستگاه‌های تصویربرداری مقاومتی مغناطیسی (MRI)^۲ استفاده می‌شوند. فشار خاموش کننده‌ها باید در محدوده توصیه شده باشد. دسترسی به خاموش کننده‌ها نباید از طریق اشیای دیگر مسدود شود زیرا ممکن است عملیات ایمنی را در شرایط اضطراری مختل نماید (شکل ۱۱-۱۷). همچنین نازل نباید مسدود باشد. نشستی، پوشیدگی، ضربه خوردگی و ته‌نشینی مواد شیمیایی وجود نداشته باشد. پیچ و مهره‌ها نیز سالم و محکم باشند. هشداردهنده‌های آتش نیز از جمله دستگاه‌های ایمنی مهم هستند که به حفظ جان و مال مردم در حوادث آتش‌سوزی کمک می‌کنند. نصب این دستگاه‌ها در مکانی که پسماند در آن ذخیره/مدیریت/دفن می‌شود، ضروری است.

متصدیان زباله‌سوز در معرض گردوغبار، مواد شیمیایی، اسید و میکروارگانیسم‌ها قرار دارند (Fleming, et al., 2000). از این رو، این افراد باید از وجود تجهیزات محافظت شخصی اطمینان حاصل کنند و به صورتی که در شکل ۱۱-۱۸ نشان داده شده است، لباس بپوشند. خطرات تهدیدکننده سلامت در مکان‌های لندفیل ممکن است با تولید گاز کربن دی‌اکسید و متان تشدید شود. افراد مشغول به کار در محل لندفیل در معرض میکروارگانیسم‌ها نیز قرار دارند که در طول مراحل مدیریت پسماند انتشار می‌یابند. سایر خطراتی که ممکن است به دلیل حضور در محل لندفیل ایجاد شوند. شامل افزایش ریسک وزن کم در هنگام تولد، نقص در هنگام تولد و انواع سرطان است (Vrijheid, 2000; WHO, 2007).

۱۱-۵- سیستم مجوز کار

سیستم مجوز کار (جدول ۱۱-۴) سیستمی است که شناسایی، کنترل و بازبینی خطرات را در محیط یک کار فراهم می‌کند. مثال‌هایی از مکان‌هایی که مجوز کار ایمن نیاز است: ۱- ورود به یک فضای محدود شده ۲- کار کردن در داخل یا اطراف یک منطقه محدود ۳- کار کردن در ارتفاع ۴- حفاری و ۵- کارهای گرمایی.

مزایای داشتن مجوز برای یک سیستم کاری عبارت‌اند از: ۱- اطمینان از اینکه افراد مناسب برای یک کار مجاز شده‌اند ۲- تبیین واضح خطرات موجود ۳- تعیین دقیق احتیاط‌های لازم ۴- متقاعد کردن فرد از مسئولیت مستقیم موسسه درباره کار در حال انجام ۵- فراهم کردن یک سیستم پیوسته کنترل و نظارت و ۶- فراهم کردن راه‌های تحویل دادن و برگشت دادن رسمی.

^۱ Nuclear Magnetic Resonance Spectrometers

^۲ Magnetic Resonance Imaging



شکل ۱۱-۱۸ تجهیزات محافظت شخصی در تأسیسات تصفیه پسماند بیوپزشکی

قبل از صدور مجوز کار، صادرکننده و گیرنده باید همه پتانسیل‌های خطرآفرین اعم از مواد خطرناک، دما، فشار، دود، جریان برق، انرژی مکانیکی، ارتفاع، ناحیه‌های خطرناک، منابع رادیواکتیو، مواد قابل انفجار، مناطق تحت نظارت و غیره را در نظر بگیرند. این مجوز کار باید اقدامات احتیاطی لازم زیر را نیز تصریح کند، مانند: ۱- ایزوله کردن ۲- ضدعفونی کردن ۳- کار کردن در محدوده‌های مشخص ۴- کارهای حرارتی ۵- کار در ارتفاع ۶- حفاری و کار عمرانی ۷- کار با دستگاه‌های ولتاژ بالا ۸- تجهیزات حفاظتی شخصی ۹- اعلام به اشخاص هنگام شروع و یا اتمام کار ۱۰- هر اقدام پیشگیرانه دیگر.

روش تهیه یک مجوز کار شامل ارسال یک درخواست و سپس پر کردن مقرر یک مجوز کار توسط صادرکننده است. مجوزها باید در سه نسخه چاپ و به صورت ردیفی شماره‌گذاری شوند و نیز رنگ‌های مختلفی برای انواع متفاوت مجوز به کار گرفته شود. وقتی که رونوشت‌ها به نهاد صادرکننده بازگشت داده می‌شوند، رونوشت زردرنگ برای نهاد مرکزی صادر می‌شود و برای اداره ایمنی ارسال می‌گردد. نسخه قرمز پس از اتمام کار توسط نهاد مرکزی امضا و به نهاد صادرکننده عودت داده می‌شود.

سیستم‌های مجوز کار در واحدهای الکتریکی و سیستم‌های انتقال/توزیع/بهره‌وری الکتریکی به کار برده می‌شوند تا از خاموش بودن و قطع بودن ارتباط آن با زمین در کارخانه/دستگاه/چرخه، قبل از شروع کار اطمینان حاصل شود.

سیستم مجوز کار بعد از اتمام کار به صورت خودبه‌خود فاقد اعتبار می‌شود. به‌طور مثال، پس از فسخ مجوز کار، قطع کننده مدار روشن‌شده و تدارکات به حالت اول برگردانده می‌شوند. لیستی از مدارک ایمنی در کارهای صنعتی در جدول ۱۱-۵ ارائه شده است.

مجوز کار خاص و دستورالعمل‌های ایمنی برای کار نگهداری در حال اجرا صادر می‌گردند. جداول ۱۱-۶ و ۱۱-۷ دو نمونه از نکات گواهی ایمنی را ارائه می‌دهند. جدول ۱۱-۸ یک مجوز کار محدود را نشان می‌دهد. جدول ۱۱-۹ یک نمونه از مجوز برای تست را نشان می‌دهد.

در حالت کلی، در روش تهیه مجوز باید اصول موردنیاز زیر برای کارهای خطرناک در نظر گرفته شود:

- حفاظت از افراد در حال کار
- حفاظت از تجهیزات
- در نظر داشتن شرایط ناهنجار

جدول ۱۱-۵ لیستی از اسناد ایمنی.

عنوان و توضیح	توسط چه کسی / چه زمانی؟	جهت کار
گواهینامه ایمنی اخطاریه (SCN) پیش از انرژی دادن مجوز کار کردن (PTW) مجوز محدود کار (LWP) مجوز تست (PFT) سند تحویل (HOD) مدارک ایمنی برای کار در- محل	مدیر محل قبل از انرژی دهی به واحد/چرخه مدیر محل پیش از انجام کارهای الکتریکی: تعمیر/نگهداری مدیر محل/ایستگاه مسئول قبل از تست مدیر، مدیر عمران، مدیر نصب، تست مکان در حال کار مدیر ایمنی یا مدیر محل	قراردادها کسانی که کار خواهند کرد/سرپرست‌ها مهندس تست کردن مهندس تست کردن مدیر نصب، مدیر تست کردن، مدیر واحد هیئت‌مدیره تمام موارد

نیازمندی‌های فوق می‌توانند با فراهم کردن شرایط ایمن کاری، اطلاعات ضروری و راهنمایی افراد در حال کار، بررسی ترتیب اولویت‌بندی آن‌ها و نیز با استفاده از موارد زیر محقق شوند:

- مجوز برای کار
- تأیید رسمی برای تست
- ضمانت محلی
- علامت حفاظت شخصی
- توصیه‌های اعلام خطر

یک فرد مسئولیت‌پذیر باید برای کنترل مسائل و همچنین فسخ مجوزها در شرایط خاص، فراهم کردن شرایط ایمن و نیز تسریع روند انجام کار، تعیین شود. فرد تعیین‌شده ممکن است دستیارانی برای کمک در روند کنترل مسائل و بررسی مجوزها انتخاب کند (برای مثال، متصدیانی جهت: ۱- صدور و فسخ مجوزهای کار، تأییدیه رسمی برای تست و ضمانت، ۲- صدور مجوز کار در صورت داشتن علامت حفاظت شخصی و شرایط اطلاع‌رسانی در هنگام خطر در صورتی که حصول اطمینان از ثبات و ایمنی در اولویت باشند).

زمانی که نیاز است کار بر روی هر وسیله الکتریکی صورت گیرد که ممکن است در بیش از یک جایگاه یا بخش دایر باشد، مجوز کار باید از افراد عالی‌رتبه صادرکننده در هر جایگاه/بخش قبل از

اجرای کار تهیه شوند. قبل از صدور مجوز، هر یک از متصدیان مربوط باید نقاط مشابه را در جایگاه/بخش دیگر بررسی کنند تا از به عمل آمدن اقدامات احتیاطی، اطمینان حاصل شود.

۱۱-۶- آموزش و تعلیم ایمنی

سازمان‌ها موظف هستند از آموزش مناسب تمام کارکنان قبل از شروع کار در مکان رسیدگی به پسماند و دریافت آموزش‌های لازم به محض ورود مواد خطرناک جدید و اقتباس روش‌های نوین اطمینان حاصل کنند.

علاوه بر آموزش‌های کلی ایمنی و سلامت محیط‌زیست، تمام کارکنان باید به‌طور خاص در شاخه کاری خود و در زمینه‌های زیر آموزش ببینند:

- موقعیت و مفهوم دستورالعمل‌های ایمنی
- خطرات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اشعه‌های لیزری و تشعشعات در محیط کار شامل علائم و نشانه‌های در معرض قرار گرفتن و محدوده‌های مجاز در معرض بودن
- محل منابعی که خطرات و عملیات ایمنی مربوط به آن‌ها را که شامل مواد آزمایشگاهی نیز می‌شوند، توصیف می‌کند (مانند صفحه داده‌های ایمنی مواد، شاخص مرکب، بیو-ایمنی در آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی و بیوپزشکی و غیره)
- اندازه‌گیری‌های حفاظتی باید به طرز معین‌شده در روش‌های عملیاتی استاندارد آزمایشگاه، انجام شوند تا از انفجار و صدمه جلوگیری شود.
- دستورالعمل‌های لازم در مواقع اضطراری (آتش‌سوزی، نشت مواد شیمیایی، شرایط آب‌وهوایی طاقت‌فرسا و غیره) به‌طوری‌که در برنامه اقدام در شرایط اضطراری طرح‌ریزی شده است.
- روش‌های شناسایی وجود مواد شیمیایی و آلودگی‌ها به دلیل آزاد شدن مواد شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو
- دستورالعمل‌هایی برای دریافت مراقبت‌های پزشکی در هنگام بروز انفجار/صدمه
- روش‌های مناسب برای مدیریت و دفع پسماند
- ثبت مناسب و مداوم گزارش‌ها

ادارات یا سرپرست بخش‌ها باید اسناد مربوط به آموزش‌های ایمنی تمام کارکنان را نگهداری نمایند. گزارش‌های ثبت‌شده موردپذیرش شامل آموزش‌های خاص در-محل، سوابق آموزش ایمنی، گواهی‌های آموزشی و نسخه‌هایی از سوابق آموزشی افراد که از مرکز آموزشی EH&S صادر شده باشد. این اسناد حداقل باید تا یک سال پس از استخدام افراد نگهداری شوند.

۱۱-۷- ترویج و تبلیغ ایمنی

ترویج ایمنی فرآیندی است که در مقیاس محلی، ملی و بین‌المللی به صورت فردی، جمعی، دولتی و نیز توسط سایر نهادها (از جمله تشکیلات اقتصادی و سازمان‌های غیردولتی) صورت می‌گیرد تا ایمنی توسعه پیدا کند. این فرآیند شامل همه تلاش‌ها در جهت بهبود ساختارها، محیط (فیزیکی، اجتماعی، تکنولوژیکی، سیاسی، اقتصادی و سازمانی) و همچنین نگرش‌ها و بینش‌های مربوط به ایمنی می‌شود.

ترویج و تبلیغ ایمنی می‌تواند: ۱- قبل از رخداد ۲- در حین رخداد ۳- پس از رخداد صورت پذیرد. این ترویج می‌تواند در سطح ۱- گروه، ۲- سازمان، ۳- انجمن، ۴- کشور و ۵- جهان صورت گیرد.

یک واحد صنعتی، یک مجمع تجاری و یک انجمن مذهبی می‌توانند مثال‌هایی از آنچه به‌عنوان چارچوب همکاری در گروه‌های ثانویه ذکر می‌شود، باشند. از این رو، ما گروه‌ها و سازمان‌های ثانویه را در سطح خود تعریف می‌کنیم. روش‌های متمرکز برای سلامتی معمولاً با گروه‌های اولیه تفاوت دارد. در موقعیت‌های دیگر مرز بین گروه‌های اولیه و ثانویه، می‌تواند مبهم باشد. در هر حال، کار کردن با یک گروه نیازمند یک اثر یا برنامه‌ریزی از خارج نیست و می‌تواند نتیجه یک تعهد داوطلبانه باشد.

یک برنامه آموزشی مؤثر می‌تواند مصدومیت‌ها، خسارت‌ها، مسئولیت‌های حقوقی، بیماری‌ها، ادعای غرامت و زمان غیبت از کار را کاهش دهد. شماری از روش‌های متداول در تبلیغ ایمنی عبارت‌اند از: ۱- جزوات ۲- رویدادها ۳- پوستر ۴- پیام‌های الکترونیکی ۵- پیامک (SMS) ۶- استیکرها و ۷- آموزش.

۱۱-۸- خطرات پیش رو در مکان‌های مدیریت و دفع پسماند خطرناک

مکان‌های مدیریت و دفع پسماند خطرناک حاوی مواد سمی و خورنده هستند. فعالیت‌های شیمیایی مواد سمی از طریق سلول‌ها و بافت‌ها بر روی انسان تأثیر می‌گذارند. عمده‌ترین مسیرهای ایجاد تماس، استنشاق، جذب از طریق پوست و گوارش می‌باشند. همچنین ورود می‌تواند از طریق غشاهای مخاطی بینی و یا از مسیر چشم‌ها صورت گیرد. تأثیر این مواد می‌تواند مزمن یا حاد، موقت و یا دائمی باشند.

استنشاق اصلی‌ترین راه برای قرار گرفتن در معرض آسیب در مکان‌های خطرناک است. دستگاه تنفسی به سرعت اکسیژن را به جریان خون رسانده و از این طریق به همه اندام‌های بدن منتقل می‌کند. مواد شیمیایی سمی نیز می‌توانند پس از استنشاق، جذب و به نقاط مختلف بدن فرستاده شوند. ذرات، بافت ریه‌ها را می‌پوشانند و عملکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

جذب توسط بافت‌های مخاطی پوست و غشای مخاطی می‌تواند مستقیماً به پوست آسیب برساند یا از پوست عبور کرده و به اندام‌های مختلف منتقل شود. جذب مخاطی به‌وسیله زخم/گرما/رطوبت تشدید می‌گردد. مواد شیمیایی می‌توانند در رطوبت چشم حل شده و به جریان خون وارد شوند.

عادت‌های شخصی مثل جویدن/نوشیدن/خوردن/سیگار کشیدن در محل کار می‌تواند راهی برای ورود مواد سمی باشد و از این رو باید از این موارد اجتناب شود.

مواردی که احتمال آتش‌سوزی و انفجار را افزایش می‌دهند شامل موارد زیر هستند: ۱- واکنش‌های شیمیایی به‌شرط حضور مواد ناسازگار ۲- مشتعل کردن مواد اشتعال‌پذیر ۳- اشتعال مواد به خاطر غنی‌سازی اکسیژن ۴- تحریک یا شوک به مواد حساس ۵- رهاسازی ناگهانی مواد تحت فشار.

یکی دیگر از خطرات موجود در تأسیسات دفع پسماند خطرناک، کمبود اکسیژن در دسترس است. ترکیب درصد طبیعی هوا شامل ۲۱٪ اکسیژن و اگر درصد آن کمتر از ۱۶٪ باشد، علائم فیزیکی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کاهش هوشیاری، تشخیص، به هم ریختن نظم تنفس و ضربان قلب). کمبود اکسیژن می‌تواند به دلیل جایگزینی با یک گاز دیگر ناشی از مصرف اکسیژن باشد. فضا‌های بسته در نواحی دفع مدیریت پسماند می‌توانند مستعد کمبود اکسیژن باشند، از این رو کارکنان باید آموزش‌های مناسب را برای اقدام در شرایط ضروری فراگرفته باشند.

علاوه بر موارد گفته شده، یکی دیگر از تهدیدها برای انسان در محل‌های دفن پسماند خطرناک، تشعشع ناشی از یونیزاسیون است. بعضی از اتم‌ها که ایزوتوپ رادیواکتیو نامیده می‌شوند، خاصیت رادیواکتیویته دارند و به‌مرور دچار فرآیند کاهش می‌شوند و تا رسیدن به یک وضعیت پایدار از خود تشعشع ساطع می‌کنند. شدت تشعشع را بر اساس زمان نیمه‌عمر می‌سنجد (زمان لازم برای تغییر فرم نیمی از اتم). هر ایزوتوپ زمان نیمه‌عمر خاص خود را دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد که ایزوتوپ‌های موجود در پسماندهای خطرناک می‌توانند سه نوع تشعشع یونیزه از خود ساطع کنند که این تشعشعات شامل ذرات آلفا و بتا و اشعه‌های گاما می‌باشند.

ذرات آلفا دارای بار مثبت هستند که سرعتی حدود ۱۰٪ سرعت نور به دور هسته اتم در حرکت می‌باشند.

ذرات بتا دارای بار منفی هستند و سرعت آن‌ها بین ۳۰ تا ۹۹٪ سرعت نور است.

پرتوی گاما نوعی از امواج الکترومغناطیسی است.

تشعشعات می‌توانند به سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها آسیب بزنند. آسیب‌ها می‌توانند جسمی یا ژنتیکی باشند. صدمات جسمی شامل کم‌خونی، کوفتگی، ریزش مو، آب‌مروارید، آسیب پوستی و

حتی سرطان هستند و اثرات ژنتیکی باعث تغییرات وراثتی و جهش در سلول‌های تولیدمثل می‌شوند.

۹-۱۱- خطرات الکتریکی

کابل‌ها و سیم‌های برق می‌توانند باعث ایجاد خطر شوک و برق‌گرفتگی برای کارکنان شوند. همچنین تجهیزات الکتریکی موجود در محل در صورت عدم رعایت نکات ایمنی می‌توانند خطر آفرین باشند. وجود تجهیزات با ولتاژ پایین با سیم اتصال به زمین، محافظ‌های ضد آب و ضد خوردگی می‌توانند باعث کاهش خطرات احتمالی شوند. مخازن ممکن است همچنان شارژ الکتریکی داشته باشند و از این رو باید دفن شوند. شرایط آب‌وهوایی همیشه باید مشخص باشد تا کار به هنگام رعدوبرق متوقف شود و از خطرات آن جلوگیری به عمل آید.

۱۰-۱۱- تنش گرمایی

عمده‌ترین خطر برای افرادی که در مکان‌های مدیریت پسماند لباس‌های محافظت‌کننده به تن دارند، تنش گرمایی است. لباس‌هایی که در برابر مواد شیمیایی از بدن حفاظت می‌کنند، مانع خروج رطوبت و حرارت بدن می‌شوند. بسته به شرایط محیطی و عملکرد کاری، تنش گرمایی به سرعت می‌تواند تشدید شود. این خطر می‌تواند سلامتی کارکنان را تحت‌الشعاع قرار دهد. تنش گرمایی ممکن است باعث خارش، گرفتگی عضلات، ناراحتی جسمانی و خواب‌آلودگی شود. ادامه تنش گرمایی می‌تواند منجر به حمله قلبی و مرگ شود. اجتناب از پوشیدن لباس بیش‌ازحد، آموزش دیدن، تعویض به موقع لباس‌های حفاظتی، استراحت‌های مداوم و برنامه‌ریزی برای کار، تهویه مناسب و جابه‌جایی مداوم هوا می‌توانند در پیشگیری از رخ دادن این خطرات مؤثر باشند.

۱۱-۱۱- سرمازدگی

سرمازدگی (هیپوترمی) و تضعیف توانایی، خطرات ناشی از کار در دمای پایین هستند. افراد باید لباس مناسب بپوشند، پناهگاه گرمایی مناسب داشته باشند، در دوره‌های متناوب استراحت کنند و وضعیت فیزیکی کارکنان گزارش شود.

ساختمان مکان دفن پسماند توسط سرما تحت تأثیر قرار می‌گیرد و میزان رطوبت در داخل آن افزایش می‌یابد. برف می‌تواند جهت‌یابی را دچار مشکل کند. معمولاً افراد محلی از مسئولان درخواست می‌کنند تا مانع از پوشیده شدن محل جمع‌آوری پسماند توسط برف شوند (به صورتی که در شکل ۱۱-۱۹ نشان داده شده است). نگهداشتن زباله‌ها روی برف یا پشت تل برفی می‌توانند باعث ایجاد دشواری در برداشتن آن شود. تاخیر در جمع‌آوری هنگام بارش ممکن است به دلیل

ناامن بودن جاده‌ها اتفاق بیفتد (شکل ۱۱-۲۰). در نتیجه پسماند ممکن است دیرتر یا حتی روز بعد جمع‌آوری گردد. افراد محلی اصرار دارند که ظروف جمع‌آوری پسماند در صبح‌ها به جای شب‌ها در محل قرار گیرند تا توسط برف پوشیده نشوند.

۱۱-۱۲- خطرات آلودگی صوتی

فعالیت‌های در-محل به دلیل نزدیکی به تجهیزات سنگین و مکانیکی می‌توانند سروصدای زیادی تولید کنند که خطرآفرین است (Das et al., 1999). استفاده از محافظ گوش، برنامه‌ریزی برای کار و استراحت متناوب از جمله کارهایی است که می‌توان برای کاهش قرار گرفتن در معرض صدا از آن‌ها بهره برد. قرار دادن جاذب صدا در دیوارها، طراحی آکوستیک، ایجاد سقف کاذب با جاذب‌ها و روغن کاری مناسب تجهیزات، نگهداری و مراقبت از دستگاه‌ها و تهیه جاذب‌های جلوگیری از ایجاد شوک می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش صدا داشته باشد.



شکل ۱۱-۱۹ قرار دادن سطوح‌های زباله در هنگام بارش برف



شکل ۱۱-۲۰ در هنگام بارش برف ممکن است حمل و نقل به دلیل مشکلات حرکت وسایل نقلیه، تحت تأثیر قرار بگیرد.

منابع

- Atlanta Journal-Constitution (1999) Mysterious gas blast closes park. February 9.
- Belfasttelegraph (2011) Irish landfill fire expected to take week to put out, 31 January \http://www.belfasttelegraph.co.uk/ news/ local-national/ republic-of-ireland/irish-landfill-fire-expected-to-take-week-to-put-out-15068492.html [. Accessed 12 Apr 2011.
- Charlotte Observer (1994) Woman severely burned playing soccer. November 7.
- Chitra V Ramani (2011) Dog control scheme is a flop: BBMP, The Hindu, Bangalore, November 19.
- cnycentral.com (2010) Update: 30 year old man killed in landfill accident, Posted on 06.02.2010 \http://www.cnycentral.com/ news/story.aspx?id= 465244 [. Accessed 12 April 2011.
- Das DB, Arya P, Bakre PP, Bhargava A, Gupta AB (1999) Environmental noise: a psychological, physiological & ambient assessment at industrial, residential & commercial places of an urban area in Rajasthan. Indian J Environ Prot 19(7):481–487.
- De Waal N, Rabie H, Bester R, Cotton MF (2006) Mass needle stick injury in children from the Western Cape. J Trop Pediatr 52(3):192–196 Epub 2005 Nov 16. Fig. 11.20 Transportation may get affected during snow DOH (Department of Health, State of New York) (2008) Love canal followup health study. October, 2008.
- FEMA (Federal Emergency Management Agency) (2002) Landfill fires their magnitude, characteristics & mitigation. U S Fire Adm, Nat Fire Data Cent. FA-225.
- Fleming LE, Bean JA, Dantis M (2000) Review of literature on occupational exposures & related health outcomes in municipal solid waste, solid waste management health & safety risks: epidemiology & assessment to support risk reduction. Florida Centre for Solid & Hazardous Waste Management, Florida
- HSE (Health & Safety Executive) (2004) Mapping health & safety standards in the UK waste industry.
- Jharna Kumbang & Helen Smethurst (2008) Fly-tipping & health protection, chemical hazards & poisons report, health protection agency.

- L&rigan PJ, Dias EC, Sokas RK (1998) Vulnerable populations. In: Herzstein JA (ed) International occupational & environmental medicine. Mosby, St. Louis, Missouri, pp 531–532.
- Margaret Bates (2004) Managing l&fill site fires in northamptonshire a research study by university college northampton for the environment & transport scrutiny committee, northamptonshire county council.
- News-Sun (2011) Man killed in l&fill accident, Apr 2, \http :// newssun. suntimes.com/news/2313061-417/l&fill-accident- tuesday -bay-died.html[. Accessed 12 April.
- USACE (U.S. Army Corps of Engineers) (1984) L&fill gas control at military installations. In: Shafer RA Publication Number CERL-TR-N-173.
- USEPA (1991) U.S. environmental protection agency. Air emissions from municipal solid waste l&fills: background information for proposed st&ards & guidelines. EPA-450/3-90/011a. March 1991.
- USFA (U.S. Fire Administration) (2001): L&fill fires, topical fire research series, Vol 1. Issue 18 March 2001 (Rev. December 2001).
- Vrijheid M (2000) Health effects of residence near hazardous waste l&fill sites: a review of epidemiologic literature. Environ Health Perspect 108(Suppl 1):101–112.
- WHO (2007) Population health & waste management: scientific data & policy options.

فصل دوازدهم

مسائل زیست محیطی

تقریباً تمام فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست تأثیر دارند و مدیریت پسماند نیز از این قاعده مستثنی نیست. اگرچه مدیریت صحیح پسماند از میزان تأثیرات می‌کاهد، اما آن‌ها را به‌طور کامل از بین نمی‌برد. ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی به جهت محافظت از محیط‌زیست بسیار مهم است. تأثیر بر محیط‌زیست در هر مرحله‌ای از مدیریت پسماند امکان‌پذیر است.

کلمه "environment" به معنی محیط‌زیست، لغتی تازه در برخی زبان‌ها است. در فرانسه، ریشه این لغت به قرن دوازدهم و کلمه "environner" برمی‌گردد. برای این لغت کلمات جدید در زبان‌های مختلف ایجاد شده است: "اوم وِلت"^۱ به آلمانی، "پریسارا"^۲ به گویش دراویدی در هندوستان، "پریاورن"^۳ به هندی، "میلی یو"^۴ به هلندی، "آمبینتا"^۵ به ایتالیایی، "میلیو"^۶ به سوئدی، "مدیو آمبینته"^۷ به اسپانیایی، "میوآمبینچ"^۸ به پرتغالی، "کانکیو"^۹ به ژاپنی، "آل بوت بیاح"^{۱۰} به عربی و غیره. در حدود ۴۰ سال پیش، این لغت آغازگر تحقق چالشی جدید در جوامع مدرن بود. لغت "environment" که در لغت‌نامه به معنای محیط اطراف است، در اصل ابعاد مختلفی را در برمی‌گیرد. محیط‌زیست می‌تواند به فضای اطراف یک میکروب، یا محیط اطراف محل سکونت، یا شهری که در آن زندگی می‌کنیم، و یا سیاره‌ای با محیط اطراف آن، اشاره داشته باشد.

همراه با کلمه محیط‌زیست، لغت آلودگی نیز اهمیت پیدا کرد. اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹، مهم‌ترین تغییرات در کشاورزی، ساخت، معدن‌کاری، تولید و حمل‌ونقل مشاهده شد. انقلاب صنعتی نقطه عطفی در تغییرات جدید بوده که عمده‌ترین آن‌ها زباله و آلودگی همراه آن بوده است. مدیریت نادرست پسماند منجر به آلودگی، تخریب منابع و به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها و حیوانات شد. در اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹، فلزات، ماشین‌آلات، منسوجات و زباله‌های مرتبط با آن‌ها تولید شدند. در قرن حاضر انواع مختلفی از زباله تولید می‌شود که تأثیرات آن‌ها بر

^۱ Umwelt

^۲ Parisara

^۳ Paryavaran

^۴ Milieu

^۵ Ambienta

^۶ Miljo

^۷ Medio ambiente

^۸ Meioambiente

^۹ Kankyo

^{۱۰} Al.biah

محیط‌زیست هنوز هم ناشناخته است. شیوه‌های غیررسمی و بی‌قاعده بازیافت WEEE منجر به رها شدن فلزات سمی و آلاینده‌های آلی پایدار (POPs)^۱ در محیط‌زیست شده است که بسیاری از آن‌ها سرطان‌زا هستند (Wong, et al., 2007). مطالعات نشان داده‌اند که مسائل زیست‌محیطی و سلامتی در چین و بسیاری دیگر از کشورها به دلیل دفع نادرست پسماند می‌باشد (Bi, et al., 2007; Deng, et al., 2007; Leung, et al., 2006; Li, et al., 2008; Luo, et al., 2009; Wu, et al., 2008; Zhang & Min, 2009; Zhao, et al., 2009).

نرخ بالای شهرنشینی/شهرسازی در کشورهای آفریقایی منجر به سیاست‌های ناکارآمد مدیریت MSW شده است. در داکار که محل سکونت حدود ۳ میلیون انسان است، سالیانه تقریباً ۴۰۰۰۰۰ تن زباله تولید می‌شود، در این شهر آفریقای غربی، همه خیابان‌ها پوشیده از زباله هستند و تخلیه سطل‌های زباله برای مدت‌زمان طولانی انجام نمی‌شود. حدود ۳۰۰۰ تن زباله جیوه‌دار از تایوان، فیلم‌های ویدئویی از رده خارج‌شده از کره و کفش‌های غیرقابل‌استفاده وارداتی، در کامبوج تلنبار شده‌اند (MoEKO & UNEP, 2006).

ارزیابی چرخه حیات (LCA) ابزاری نوظهور جهت اندازه‌گیری میزان تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست است (Pennington, et al., 2004; Rebitzer, et al., 2004). بر طبق گفته کریستنسن و همکاران، LCA ابزار اصلی تصمیم‌گیری است که توسط سیاست‌گذاران استفاده می‌شود. یکی از مزیت‌های LCA، شناسایی و تعیین میزان تأثیرات زیست‌محیطی تکنولوژی‌های مختلف مدیریت پسماند است (Buttol, et al., 2007). تنها محدودیت LCA و یا هر تحقیق دیگری در این زمینه، این است که مطالعات باید به‌صورت بی‌طرفانه انجام و گزارش شوند.

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) یکی از ابزارهای موردتوجه برای پروژه‌های بزرگ همچون مدیریت پسماند در سال‌های گذشته بوده است. اغلب وظیفه EIA است که آژانسی داشته باشد تا از طریق آن مجوزهای قانونی گرفته شود؛ از این‌رو اطلاعات بنیادی و پروژه‌های مرتبط با تأثیرات به این آژانس فرستاده می‌شوند. EIA انجام‌شده توسط مشاوران اغلب گمراه‌کننده است و حقایق را مخفی می‌کند. مشاوران در اغلب موارد گزارش‌ها را مطابق با مصلحت مراجعین خودتنظیم می‌کنند و گزارش منفی را که ممکن است منجر به آسیب نهایی به سرمایه‌گذار/حامیان پروژه شود، ارائه نمی‌دهند.

تأسیسات اداره رسیدگی/دفع زباله باید با ترکیب این موارد از تأثیرات زیست‌محیطی جلوگیری کنند: (۱) انتخاب مکان مناسب (۲) طراحی درست تأسیسات (۳) بهره‌وری انرژی (۴) اصلاح روند (۵) به‌کاربردن روش‌های کنترل انتشار. درعین‌حال، جلوگیری و کنترل آلودگی بستگی دارد به: (۱)

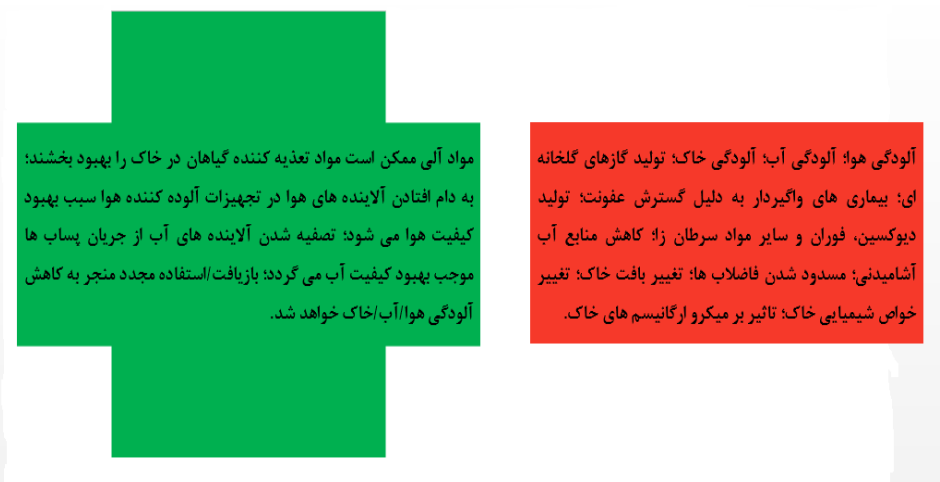
^۱ Persistent Organic Pollutants

ملزومات تعدیل و تنظیم (۲) مقدار منابع (۳) محل قرارگیری تأسیسات انتشار مرتبط با دیگر منابع (۴) محل قرارگیری گیرنده‌های حساس (۵) کیفیت هوای موجود در محیط (۶) امکان‌سنجی فنی و مقرون‌به‌صرفه بودن.

۱۲-۱- تأثیر بر هوا، آب و خاک

اداره و مدیریت پسماند جامد هم تأثیرات مثبت و هم تأثیرات منفی بر محیط‌زیست دارد. اگرچه مدیریت پسماند دارای تأثیر مثبت در از بین بردن زباله انباشته است، اما می‌تواند تأثیرات منفی نیز داشته باشد که در شکل و جدول ۱۲-۱ قابل مشاهده است. جهت پیش‌بینی بدترین تأثیر ممکن و آماده‌سازی طرح مدیریت زیست‌محیطی مناسب، نیاز به انجام مطالعه‌ای دقیق است.

منابع آلودگی هوا را می‌توان به منابع نقطه‌ای، منابع فرار و منابع سیار/متحرک طبقه‌بندی کرد. تأسیسات واقع در مناطق حساس زیست‌محیطی (همچون پارک‌های ملی، پناهگاه‌ها و مناطق تاریخی) باید با توجه به این موارد از کاهش آلودگی اطمینان حاصل کنند: (۱) جابجایی تأسیسات (۲) استفاده از سوخت/تکنولوژی پاک‌تر (۳) به‌کاربردن اقدامات کنترل آلودگی مناسب‌تر. حرکت کنترل نشده LFG از مکان‌های دفن زباله نه تنها از لحاظ انتشار GHG، بلکه از جنبه سلامت انسانی و محیط‌زیست محلی نوعی تهدید محسوب می‌شود. LFG می‌تواند منجر به انفجار یا آتش‌سوزی در ساختمان‌های نزدیک مکان دفن زباله شود، زیرا سنگین‌تر از هوا بوده و به همین علت در فاضلاب‌ها و کوره‌ها متراکم می‌شود. گازهای دیگر موجود در مکان دفن زباله نیز می‌توانند باعث خفگی گردند؛ بنابراین، نظارت دقیق در طول ساخت و فعالیت مکان دفن زباله لازم است.



شکل ۱۲-۱ جنبه‌های مثبت و منفی مدیریت پسماند جامد بر روی هوا/آب/خاک

انتشارات حاصل از پردازش و دفع زباله اغلب منجر به تولید POPS می‌شود. تراکم پلی کلرید دیوکسن^۱ و فوران^۲ (PCDD/Fs) و پلی برومید دیوکسن^۳ و فوران (PBDD/Fs) به دلیل فعالیت های مرتبط با از بین بردن WEEE در هوای محیطی مجموعه روستاهای گویو^۴ از ۶۴/۹ تا ۲۳۶۵ (pg/m³) و چین از ۸/۱ تا ۴۶۱ (pg/m³) متغیر است (Li et al., 2007 a, b).

حضور زباله جمع‌کن‌ها در مکان‌های دفن زباله تأثیر منفی زیادی بر روند عملیات این مکان‌ها دارد. زباله جمع‌کن‌ها باعث به خطر افتادن ایمنی خود و افراد شاغل در مکان‌های دفن زباله شده، بهره‌وری را کاهش داده، در عملیات اختلال ایجاد کرده و با دست‌کاری پوشش سطحی باعث آتش‌سوزی می‌شوند. چنین فعالیت‌هایی باعث آلودگی شدید هوا می‌شوند. جهت مقابله با این مسائل، مکان دفن زباله واقع در سن ماتئو^۵ فیلیپین، زاغه‌نشینان نزدیک به این مکان را برای کار در این محل استخدام کرده است (Lars & Gabriela, 1999). خاکسترسازی و سوزاندن روباز باعث انتشار آب، بخار، اکسید کربن، دی‌اکسید کربن، اکسید سولفور، اکسید نیتروژن، سیلیکات، خاکستر، دوده، عناصر فلزی، اکسیدهای فلزی، نمک، ترکیبات آلی فرار (VOC)، هیدروکربن (HC)، دیوکسین، فوران، پلی کلرید بی فنیل و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای می‌شود. ذرات حاصل از احتراق زباله عبارت‌اند از ذرات با قطر آیرودینامیکی کمتر از ۱۰، ۵، ۲/۵ میکرون و ذرات بسیار ریز. احتراق بیشتر و بارگیری و تخلیه زباله در طول احتراق باعث تولید انتشارات مرتبط با حمل‌ونقل، صدا، بو، خاکستر بر زمین و آفت، گردوخاک، قارچ و میکروب در هوا می‌شود.

مدیریت پسماند باعث انتشار برخی مواد در مقادیر کوچک در سطوح بسیار پایین می‌شود (Johnson & DeRosa, 1997). آمار نشان می‌دهد که کارگران مکان‌های مدیریت پسماند به همان اندازه‌ای که دچار تصادف می‌شوند، درگیر مشکلات اسکلتی عضلانی می‌گردند (Lesley, 2003).

^۱ Polychlorinated dioxins

^۲ Furan

^۳ Polybrominated dioxins

^۴ Guiyu

^۵ San Mateo



شکل ۱۲-۲ آسیب رسیدن به پوشش گیاهی به دلیل تخلیه و حمل و نقل پسماند

مطالعات اپیدمیولوژیک^۱ نشان می‌دهند که انفجار ذرات منجر به اثرات شدید سلامتی همچون افزایش مرگ‌ومیر، مشکلات قلبی عروقی و بیماری‌های تنفسی می‌شود (Dockery & Pop, 1997; Katsouyanni et al., 1994). تأثیر این امر بر روی کودکان، سالمندان و افراد دارای سابقه مشکلات قلبی عروقی یا آسم بیشتر خواهد بود (Zanobetti, et al., 2000). محل دفن زباله‌های شیمیایی در کائراگارد^۲ دانمارک منجر به انتشار ۲۸۰۰۰۰ تن مواد شیمیایی و دارویی در گودال‌های حفر شده در تپه‌های ساحلی شده است (WHO, 2007). انتشارات حاصل از تأسیسات دفع پسماند جامد را می‌توان با استفاده از این موارد جلوگیری و کنترل کرد: (۱) ارتفاع مناسب پشته (۲) پاشیدن آب بر گردوغبار انباشته (۳) برنامه کشف و تعمیر نشتی (LDAR^۳) (۴) جمع‌آوری بخار و در پی آن بهینه‌سازی جریان گاز (۵) استفاده از سقف‌های شناور بالای مخازن ذخیره‌سازی جهت کاهش عمل تبخیر از طریق از بین بردن فضا در مخازن ذخیره‌سازی متعارف. انتشارات حاصل از وسایل نقلیه شامل CO, NOx, SO₂ و PM را نیز به این صورت کنترل می‌شوند: (۱) استفاده از وسایل نقلیه کم‌مصرف (۲) برنامه‌های تعمیر و نگهداری موتور (۳)

^۱ Epidemiological

^۲ Kaergaard

^۳ Leak detection and repair

اتخاذ محدودیت سرعت ایمن ۴) جایگزینی وسایل نقلیه کهنه با وسایل نقلیه جدید و کم مصرف ۵) نصب و نگهداری دستگاه‌های کنترل انتشار همچون مبدل کاتالیزوری ۶) استفاده از سوخت تمیز/ سازگار با محیط زیست ۷) اجرای برنامه منظم نگهداری و تعمیر وسایل نقلیه.

تأسیسات رسیدگی به زباله باید از طریق موارد زیر از ایجاد پساب مایع جلوگیری کرده، تولید آن را به حداقل رسانده و کنترل کنند: ۱) انجام بازیافت / استفاده مجدد داخل تأسیسات ۲) بهینه‌سازی زباله مایع.

شکل‌های ۱۲-۲، ۱۲-۳، ۱۲-۴، ۱۲-۵ و ۱۲-۶ عکس‌هایی از تأثیر دفع نامناسب و نامنظم زباله را به تصویر می‌کشند.

جهت کاهش آلودگی جریان آب، اصول/ اقدامات احتیاطی زیر باید انجام شود: ۱) جلوگیری کردن/ به حداقل رساندن تماس شیرابه‌ها با زباله ۲) جمع‌آوری و بهینه‌سازی شیرابه‌های آلوده. آلودگی خاک یکی از تأثیرات اساسی دفع پسماند جامد به دلیل ارتباط مستقیم آن‌ها با خاک است. ۵۰۰ تن متریک زباله سمی در سال ۲۰۰۶ در شهر ابیدجان^۱ ساحل عاج، انبار و منجر به مسمومیت هزاران نفر در طی چند روز به دلیل وجود هیدروکسید سدیم، فنول، سولفید هیدروژن، مرکاپتان، هیدروکربن و مواد شیمیایی مورد استفاده در تمیزکاری مخازن حمل نفت شد. این امر منجر به مرگ ۸ نفر، بستری شدن ده‌ها تن و حدود ۱۰۰۰۰۰ مشاوره پزشکی شد (Boh, et al., 2007).

^۱ Abidjan



شکل ۱۲-۳ آسیب رسیدن به خاک و پوشش گیاهی به دلیل تخلیه پسماند صنعتی



شکل ۱۲-۴ آسیب رسیدن به خاک به دلیل دفع نامناسب پسماند صنعتی

غلظت سرب در پسماند خاکستر واحدهای بازیافت WEEE دهلی‌نو بین ۳۵۶۰ تا ۶۴۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر است (Brigden, et al., 2005). با در نظر گرفتن تأثیر بالای پردازش WEEE در هند و چین، الخاندر^۱ و همکاران (۲۰۱۰) معتقدند که نیاز فوری به بررسی بهتر و کنترل بازیافت غیررسمی و نامناسب در چین و هند است. جمع‌آوری زباله همیشه همراه با حرکت و نگهداری وسایل نقلیه منجر به تولید آلاینده‌های هوایی است. تأثیرات مثبت شامل بهبود احتمالی مواد مغذی گیاهی در خاک است و بازیافت/استفاده مجدد باعث کاهش آلودگی هوا/آب/خاک می‌شود. همانند دیگر فعالیت‌ها، دفع و مدیریت پسماند به دلیل اشتغال‌زا بودن و تهیه معاش تأثیر مثبتی بر جامعه دارد.

جمعیت ساکن در نزدیکی محل سوزاندن زباله به دلیل استنشاق هوای آلوده، تماس پوستی با خاک آلوده، مصرف آب و غذای آلوده، به‌شدت در معرض مواد شیمیایی هستند (Franchini, et al., 2004). وینا و پولان (۱۹۸۴)، گلدمن و همکاران، افزایش کم‌وزنی نوزادان در هنگام تولد را بین مردم ساکن در نزدیکی مکان دفن زباله لاو کانال^۲ آمریکا مشاهده کردند. این امر بین مردم ساکن در شعاع ۱ کیلومتری مکان دفن زباله لیپاری^۳ نیوجرسی (Berry & Bove, 1997) و نیز در مکان دفع زباله کالیفرنیا ملاحظه شد (Kharazi, et al., 1997).

^۱ Alejandra

^۲ Love Canal

^۳ Lipari



شکل ۱۲-۵ آلودگی هوا به دلیل سوزاندن پسماند حاصل از جاروب کردن خیابان‌ها توسط آژانس رسیدگی به پسماند به منظور جلوگیری از مخارج حمل و نقل

فروپاشی و نابودی محل دفن زباله موبنی^۱ (در نزدیکی دوربان در آفریقای جنوبی) باعث بوی نامطلوب و مشکلات مربوط به آن در مناطق همسایه شد و محل دفن زباله مپور^۲ اوگاندا که کار خود را در سال ۱۹۹۵ شروع کرده بود طی یک سال به انبار رو باز تبدیل شد (Lars & Gabriela, 1999). به‌طور مشابه، محل دفن زباله کامپالا^۳ به دلیل بودجه کم عملیاتی و کمبود مدیریت تخصصی محلی جهت اداره محل دفن زباله به‌درستی توسط شورای شهر اداره نشد (Lars & Gabriela, 1999). چنین سناریوهایی باعث تأثیرات منفی بر محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها می‌شود که قطعاً پیش‌بینی نشده‌اند.

^۱ Mobeni

^۲ Mpewere

^۳ Kampala

۱۲-۲- تأثیر بر گیاهان و جانوران

تأثیر بر گیاهان و جانوران به حساسیت زیست محیطی اطراف مکان های تخلیه و دفع زباله بستگی دارد. دفع نادرست زباله های پزشکی نه تنها بر سلامت جانوران مناطق شهری بلکه بر سلامت جانوران مناطق غیرشهری (مانند جنگل، روستا، دشت و غیره) تأثیر دارد. تأثیر عمده بر گیاهان و جانوران در شکل ۱۲-۷ آمده است.

جدول ۱۲-۱ خلاصه اثر مدیریت پسماند جامد بر محیط زیست

عمل	اثر	آلودگی هوا	آلودگی آب	آلودگی خاک	آلودگی صدا
ذخیره سازی	تولید گردوغبار	✓	✓	✓	
	تولید دود	✓	✓	✓	✓
	بازیابی مواد	✓	✓	✓	✓
	جابجایی سطل های زباله و ریختن پسماند	✓	✓	✓	✓
جمع آوری	حرکت وسایل نقلیه	✓	✓	✓	✓
	بازیابی مواد	✓	✓	✓	✓
	تعمیر و نگهداری وسایل نقلیه	✓	✓	✓	
	تجزیه در حین جمع آوری	✓	✓	✓	
حمل و نقل	فعالیت های زباله جمع کن ها	✓	✓	✓	✓
	عملیات دستگاه	✓	✓	✓	✓
	حرکت وسایل نقلیه	✓	✓	✓	✓
	بازیابی مواد	✓	✓	✓	✓
	تعمیر/نگهداری وسایل نقلیه/تجهیزات	✓	✓	✓	✓
استفاده مجدد/بازیافت	کار در خانه	✓	✓	✓	✓
	عملیات دستگاه	✓	✓	✓	✓
	حرکت وسایل نقلیه	✓	✓	✓	✓
	بازیابی مواد	✓	✓	✓	✓
	پاک سازی مواد قابل بازیافت	✓	✓	✓	✓
	کمپوست سازی	✓	✓	✓	✓
	پردازش مواد	✓	✓	✓	
	تولید انرژی از پسماند	✓	✓	✓	✓

✓	✓	✓	✓	تخلیه پسماند	۳
✓	✓	✓	✓	تغذیه حیوانات	
✓	✓	✓	✓	تبدیل گرمایی	
✓	✓	✓	✓	دفن در زمین	
✓	✓	✓		دفع زمین شناسانه	
		✓		تخلیه در اقیانوس	

جانوران اغلب جذب ضایعات انبار شده بر سطح زمین می‌شوند (شکل ۱۲-۸)، زیرا پسماند جامد شهری معمولاً دربردارنده پسماند مواد غذایی است. پوشش‌های پلاستیکی مواد غذایی باعث از کار افتادن دستگاه گوارش و در نهایت مرگ حیوانات ولگردی می‌شود که از پسماند جامد شهری تغذیه می‌کنند. علاوه بر این، پرندگان یکی از اصلی‌ترین وابستگان به پسماند جامد جهت تهیه غذا از انبارها و محل‌های دفن زباله بهداشتی هستند. صرف‌نظر از توسعه‌یافته یا در حال توسعه بودن یک کشور، پرندگان اغلب از پسماند جامد شهری دور ریخته‌شده تغذیه می‌کنند. پسماند جامد وارد شده به چرخه غذایی در صورت آلوده بودن با سم یا مواد عفونی، زیانبار خواهد بود.

علاوه بر این، شهرهای نزدیک به مناطق حساس همچون پناهگاه‌ها/جنگل اغلب زباله خود را اطراف شهر می‌ریزند که این امر ممکن است بر سلامت حیوانات وحشی تغذیه‌کننده از این زباله‌ها تأثیر بگذارد. زباله‌های ریخته شده در بسترهای آب، اکوسیستم‌های آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کمپوست و تخلیه زباله باعث آزاد شدن بیو آئروسول‌های^۱ (ذرات با منشأ میکروبی) آلوده به باکتری یا اسپور/هاگ قارچی می‌شود.

با افزایش مصرف گوشت، تأثیر تقاضای بازار بر تولید زباله در کشتارگاه‌ها بالا می‌رود. تولید گوشت ممکن است باعث زباله آلوده‌ای شود (شکل ۱۲-۹ و ۱۲-۱۰) که به اقدامات احتیاطی، پاک سازی و دفع نیاز داشته باشد. در بنگالور^۲ هند حدود ۳۰۰۰ مرغ فروشی در سطح شهر وجود دارد که پرندگان را در مقابل مشتری می‌کشند. بنگالور با جمعیتی در حدود ۱۰ میلیون نفر به گوشتی در حدود ۶۰۰۰۰۰ پرنده در روز نیاز دارد که این نوع زباله تولیدی با پسماند جامد شهری مخلوط می‌شود.

^۱ Bio-aerosols

^۲ Bangalore



شکل ۱۲-۶ شناور شدن پسماند در رودخانه



شکل ۱۲-۷ جنبه های مثبت و منفی مدیریت پسماند جامد بر گیاهان و جانوران

در بسیاری از کشورها حیوانات زمانی ذبح می‌شوند که برای مقاصد دیگر مفید نباشند. برای مثال، گاوهای نر مورد استفاده برای حمل و نقل و شخم‌زنی به محض پیر و ضعیف شدن ذبح می‌شوند. گاوهای ماده زمانی ذبح می‌شوند که از شیر بیفتند. عدم مراقبت لازم هنگام حمل و نقل باعث از دست دادن وزن حیوانات و ظلم به آن‌ها می‌گردد. بسیاری از حیواناتی که ذبح می‌شوند از سوء تغذیه، بیماری و عفونت‌های انگلی رنج می‌برند (CPHEEO, 2000).



شکل ۸-۱۲ تغذیه کردن احشام از پسماند



شکل ۹-۱۲ پرهایی که به صورت نامناسب دفع شده‌اند

زبانه‌های کشتارگاه‌ها در بسیاری از کشورها سبب گسترش بیماری نه‌تنها در حیوانات اهلی/خانگی بلکه در بین حیوانات وحشی نیز می‌شود. این امر باعث انتقال بیماری از حیوانات به انسان نیز می‌گردد. این نوع بیماری‌های منتقل یافته از حیوان به انسان را "زئونوز"^۱ یا بیماری مشترک انسان و دام" می‌نامند (مانند آنفولانزای خوکی) که در قرن اخیر وقوع زئونوزهای واگیردار افزایش یافته است.

انتقال بیماری‌های همه‌گیر و بومی در سطح کشور از طریق انتشار عوامل بیماری‌زا در محیط‌زیست صورت می‌گیرد. تعاملات عفونت‌های مشترک انسان و دام در شکل ۱۱-۱۲ به تصویر کشیده شده است.

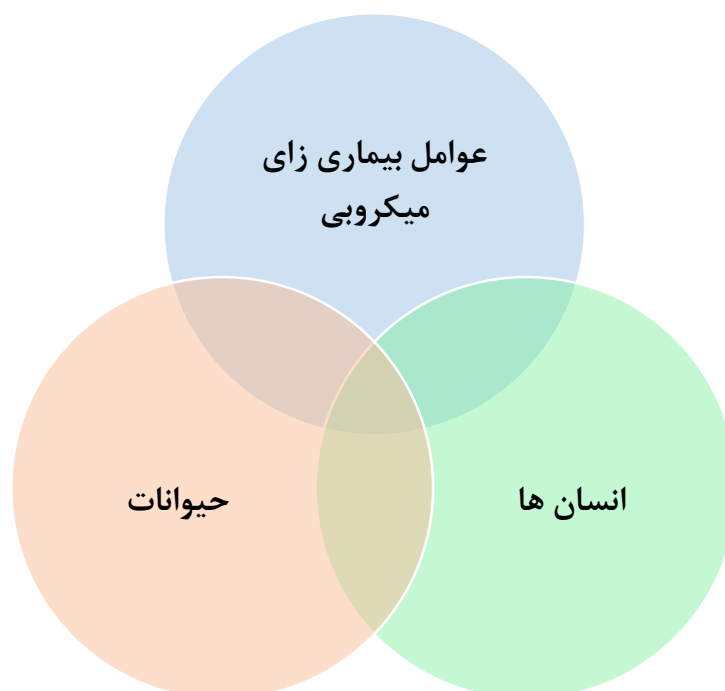
عوامل بیماری‌زای مشترک انسان و دام باعث بروز بیماری‌های دستگاه گوارش همچون اسهال، لپتوسپیروز (تب شالیزار) و هپاتیت می‌شوند. سالیانه حدود ۴ میلیارد مورد ابتلا به اسهال وجود دارد که تقریباً به ۲ میلیون مرگ منجر می‌شود و کرم‌های روده بر زندگی بیش از ۱ میلیارد انسان

^۱ Zoonoses

در کل جهان تأثیر می‌گذارند (Cotruvo et al., 2004). به دلیل کمبود اطلاعات، تعیین میزان دقیق بیماری‌های ایجاد شده به دلیل عوامل بیماری‌زای مشترک انسان و دام سخت است.



شکل ۱۰-۱۲ پسماند کشتارگاه



شکل ۱۱-۱۲ اثر متقابل بین عوامل بیماری‌زای میکروبی، حیوانات و انسان‌ها

نیروی محرک عوامل بیماری‌زای مشترک انسان و دام قابل توجه هستند و عبارت‌اند از: (۱) تغییر سبک زندگی (۲) تغییر عادات غذایی (۳) تغییر توپوگرافی و جمعیت‌شناسی شهری (۴) بهره‌وری از بهداشت و مدیریت پسماند (۵) مصونیت افراد در مقابل بیماری‌ها (۶) تغییرات آب‌وهوا (۷) بلا یا (۸) افزایش مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها توسط انسان و دام (۹) تراکم حیوانات خانگی (۱۰) اختلال زیست‌محیطی (۱۱) تجارت بین‌المللی حیوانات و فرآورده‌های حیوانی.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، زباله نه تنها بر گیاهان و جانوران داخل شهر بلکه بر حیات وحش نیز تأثیر دارد. حیوانات وحشی در جستجوی غذا به انبار یا سطل‌های زباله روی می‌آورند (شکل ۱۲-۱۲). حیوانات و پرندگان که از طریق بوی زباله به سمت آن جذب می‌شوند، به دلیل خوردن پلاستیک‌های استفاده‌شده جهت بسته‌بندی مواد غذایی آسیب می‌بینند.

علاوه بر دیگر زباله‌ها، زباله‌های رادیواکتیو نیز گاهی اوقات با MSW مخلوط می‌شوند. این امر در دهلی اتفاق افتاد و فروش زباله دارای مواد رادیواکتیو منجر به مرگ ۱ نفر شد (جعبه ۱-۱۲). اگر این زباله با زباله شهری انبار می‌شد، تأثیر آن بر حیوانات به هیچ‌وجه قابل ملاحظه نبود.



شکل ۱۲-۱۲ حیات وحش و پسماند دور ریخته شده

جعبه ۱۲-۱ تأثیر دفع نامناسب مواد رادیواکتیو در دهلی (هند)

دفع مواد رادیواکتیو در بسیاری از کشورها غیرعلمی است و بر سلامت افراد تأثیر می‌گذارد. در آوریل ۲۰۱۰ یک معامله‌کننده ضایعات/قراضه و کارگرانش در معرض رادیواکتیو کبالت-۶۰ موجود در گاماسل^۱ مدل ۲۲۰ خریداری شده از دانشگاه دهلی قرار گرفتند. در نتیجه این تماس، موی این افراد شروع به ریزش کرد و در ادامه روی پوست، آثار تجزیه و فساد پوستی مشاهده شد. این حادثه منجر به مرگ یک نفر شد.

مطالعات بسیاری در زمینه تأثیر زباله بر جنگل انجام شده است. فوین و همکاران (۱۹۹۷) تأثیر بازدیدکنندگان بر پارک ملی یوسمیت کالیفرنیا را بررسی کردند. بر اساس مطالعه کول و موانزا (۱۰۰۱)، پلاستیک‌های دور ریخته‌شده باعث مرگ تقریبی ۱۰۰۰۰۰ آبی در سال می‌شوند. مطالعات انجام‌شده توسط جین و کونیال (۱۹۹۴) در منطقه هیمالیا نشان داد که گردشگران تفریحی و مذهبی باعث افزایش پسماند جامد در منطقه شده‌اند. در سال‌های اخیر به دلیل انباشته

^۱ Gammacell

شدن زباله، مهاجرت پرندگان به پناهگاه پرندگان کادالوندی^۱ هند به طور قابل توجهی کاهش یافته است. صنعت گردشگری باعث افزایش قابل توجه زباله و مشکلات مرتبط با آن شده است. مدیریت پسماند جامد در بسیاری از پارک‌های ملی سراسر جهان به معضل تبدیل شده است. پسماند جامد تولیدشده در برخی مناطق گردشگری منطقه هیمالیا تقریباً به اندازه کلان‌شهرهای هند است. بومیان روستایی دره گل^۲ و همکوند^۳ صاحب، هرساله غرفه‌های متعددی برای رفع نیاز گردشگرها برپا می‌کنند. پارک ملی دره گل به منطقه حفاظتی و مطالعاتی گیاهان هیمالیا تبدیل شده است. در سال ۱۹۸۲ به دلیل چرای بیش از حد این منطقه به پارک ملی تبدیل شد. این دره بیش از ۶۰۰ نوع گیاه در منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۲۵۰۰ هکتار دارد. هرساله تقریباً ۲۹ تن پسماند جامد در طول فصل گردشگری چهارماهه به فاصله ۱۹ کیلومتر تولید می‌شود. بر اساس مطالعات کنیال و همکاران (۲۰۰۳)، در مقایسه با متوسط ۳۵۰ گرم روزانه پایتخت هند، در حدود ۲۸۸ گرم روزانه زباله توسط گردشگرها تولید می‌شود. سفرهای کوتاه (مسیر بین مکان‌های مختلف که از طریق پیاده‌روی پیموده می‌شود) و راهروهای بین غرفه‌ها، مکان‌های اصلی تولید زباله هستند. حدود ۵۱٪ از زباله تولیدشده در مسیرهای پیاده‌روی در راهروهای غرفه‌ها تولیدشده و شامل بطری‌های شیشه‌ای، پلاستیک و فلز همراه با زباله غیرقابل تجزیه زیستی است (Kunival et al., 2003).

انبوهی از زباله غیرقابل تجزیه زیستی انباشته‌شده در وسعت ۱۹ کیلومتر که در طول سه دهه گذشته با ترافیک سالانه ۶۰۰۰۰۰ گردشگر و به میزان ۴۴ تن پسماند جامد تولیدشده بود، با حمایت مردم محلی در ۱۴۰۰۰ کیسه زباله جمع‌آوری شد. همراه با زباله غیرقابل تجزیه زیستی، چندین تن مدفوع قاطر_حدود ۵۰۰ قاطر در خدمت گردشگرها هستند_ نیز پاکسازی شد. موارد قابل بازیافت جهت بازیافت به دهلی حمل شدند.

علاوه بر کوهستان‌ها، پسماند جامد بر اکوسیستم اقیانوس‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. زباله‌های انسانی را که به طور عمدی یا تصادفی به دریا ریخته و شناور می‌شوند، زباله‌های دریایی یا ضایعات دریایی می‌نامند. دفع عمدی زباله در دریا را انبار در اقیانوس^۴ می‌نامند. این ضایعات در مرکز چرخاب و خط ساحلی انباشته می‌شوند. زباله‌های به گل نشسته را زباله ساحلی یا جزر و مدی می‌نامند. فعالیت‌های انسانی منجر به کاهش اساسی تنوع زیستی جهان شده و به دلیل تأثیر عوامل انسانی

^۱ Kadalundi

^۲ Valley of Flowers

^۳ Hemkund

^۴ Ocean Dumping

شتاب گرفته است (Lovejoy 1997). دلایل تهدیدکننده زندگی آبریان عبارت‌اند از مصارف انسانی، بهره‌برداری بیش‌ازحد، انباشت زباله، آلودگی، استفاده مجدد زمین، لایروبی و تغییر آب‌وهوای جهان (Beatley 1991; Irish & Norse 1996; Tickel 1997; Snelgrove 1999; Ramesha et al., 2011).

زباله‌های دریایی-انسانی نشأت گرفته از ریختن زباله، کارخانه‌های تولیدی، انتشار عمدی/تصادفی از کشتی‌ها، سکوها، حفاری دریایی، محل‌های دفن زباله و تخلیه‌های طوفانی است. قصور در اجرا/اعمال قوانین زیست‌محیطی بین‌المللی و منطقه‌ای، فقدان زیرساخت لازم جهت مدیریت پسماند در ترکیب با عدم آگاهی سهام‌داران دلایل عمده ایجاد زباله دریایی هستند. بر طبق UNEP (۲۰۰۵) بیش از ۱۳۰۰۰ تکه در هر کیلومتر مربع از سطح اقیانوس شناور هستند. صدها سال است که از دریا به‌عنوان محلی برای دفع زباله رادیواکتیو استفاده می‌شود. بسته‌های LLW در بیش از ۵۰ مکان موجود در اقیانوس آرام و اطلس دفع می‌شوند. اولین دفع دریایی در سال ۱۹۴۶ بود. آخرین مورد دفع دریایی در سال ۱۹۸۲ اتفاق افتاد. بین سال‌های ۱۹۴۶ تا ۱۹۸۲ در حدود $1/7 \text{ MGi}$ زباله رادیواکتیو بسته‌بندی‌شده در بشکه‌های فلزی پوشیده شده با ماتریس بتن/قیر طبیعی در دریا دفع شدند. زباله بستر دریا حدود 10100 items/km^2 در آب‌های اروپا و 69000 items/km^2 در اندونزی ثبت شدند. مایکل و همکاران (NA) همراه با گروهی از کارشناسان جنبه‌های علمی آلودگی دریا (GESAMP¹) سازمان ملل برآورد کردند که ۸۰٪ از زباله‌های دریایی از فعالیت‌های زمین‌محور و بقیه از فعالیت‌های دریا محور تولیدشده‌اند (Sheavly 2005).

زباله دریایی با آسیب رساندن به تنوع زیستی دریایی و ساحلی باعث مشکلات زیست‌محیطی، اقتصادی، سلامتی، زیبایی می‌شود. زباله دریایی قادر به حمل گونه‌های مهاجم است. زباله‌های پزشکی و بهداشتی می‌توانند سلامتی را به خطر انداخته و باعث آسیب افراد شوند. ضایعات دریایی می‌توانند به اطراف بروند، شناور باقی بمانند، و یا در بستر دریا گیر بیفتند. بر طبق برآورد انجام‌شده توسط آکادمی علوم آمریکا در سال ۱۹۹۷، زباله دریایی جهانی حدود $6/4$ میلیون تن در سال است و بر طبق دیگر محاسبات نزدیک به ۸ میلیون قطعه در روز به دریا و اقیانوس ریخته می‌شوند که ۵ میلیون قطعه آن از کشتی‌ها به بیرون ریخته می‌شوند و یا به‌صورت غیرعمدی وارد آب دریا یا اقیانوس می‌گردند (UNEP 2005).

ضایعات منابع دریا محور شامل لوازم ماهیگیری، زباله‌های کشتیرانی و قایق‌های تفریحی می‌باشد. ضایعات فعالیت‌های زمین‌محور تقریباً شامل هر آنچه که بتوان پسماند جامد نامید، می‌شوند.

¹ Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution

جدا از اینکه ریختن زباله یک معضل است، زباله دریایی تهدیدی برای حیات وحش از جمله بسیاری از حیوانات دریایی و همچنین پرندگان دریایی است، زیرا این حیوانات و پرندگان به دلیل گرفتار شدن در ضایعات دریایی و یا قورت دادن زباله‌ها کشته شده و یا آسیب می‌بینند. کیسه‌های پلاستیکی، لوازم ماهیگیری و تور باعث آسیب رسیدن به ملخ و سکان کشتی/قایق‌ها شده و لوله‌های آب‌کشتی‌های تفریحی را مسدود می‌کنند. تورهای ماهیگیری رها/گم‌شده، تور ارواح نامیده می‌شوند زیرا باعث گیر افتادن بسیاری از جانوران دریایی شده و با محدود کردن حرکات آن‌ها موجب زخم و جراحت، گرسنگی و خفگی می‌شوند. علاوه بر این، گلوله‌های پلاستیکی مورد استفاده در تولید پلاستیک به دلیل نشت تصادفی وارد محیط‌زیست دریایی می‌شوند. هرساله کشتی‌های حامل بار معمولاً در طول طوفان بیش از ۱۰۰۰۰ محفظه را در دریا از دست می‌دهند که این میزان به زباله‌های از قبل ریخته شده از طریق فعالیت‌های زمینی اضافه می‌شود (Janice 2001).

بر طبق مطالعات تاکاشی و نودا (۲۰۰۳)، میانگین غلظت زباله در سواحل روسیه و ژاپن به ترتیب ۱۳۴۴/۱۰۰ و ۲۱۴۴/۱۰۰ گرم بر مترمربع بود. بر طبق مطالعه انجام‌شده میزان قطعه‌های زباله روسیه و ژاپن به ترتیب ۲۰،۷/۱۰۰ و ۳۴۱/۱۰۰ مترمربع بود که ۴۰ تا ۸۰ درصد زباله‌های گیرافتاده را پلاستیک تشکیل می‌داد. علاوه بر این، میانگین غلظت زباله دفن شده در روسیه و ژاپن به ترتیب ۲/۷۰ و ۹/۰۳ گرم بر مترمربع بود.

مسائل مربوط به زباله و ضایعات، محدود به چند کشور نیستند. مطالعات انجام‌شده در دریای لیگوریان^۱ در سال ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ نشان داد که تراکم پسماند و ضایعات بین ۱۵ تا ۲۵ شیء بر کیلومترمربع بود. تراکم پسماند و ضایعات در سال ۱۹۹۶ بین ۳ و ۱/۵ شیء بر کیلومترمربع بود (Stefano et al., 2003). بر طبق گزارش تیل و همکاران، در سال ۲۰۰۲ در آب‌های ساحلی شیلی، زباله‌های شناور دریایی (FMD) متشکل از ۸۶/۹ مواد پلاستیکی بودند که بیشترین غلظت آن‌ها در آب‌های نزدیک به شهرهای بزرگ بندری دیده شد. جریانات اقیانوسی، منجر به ته‌نشینی مقدار قابل توجهی زباله در مجمع‌الجزایر هاوایی می‌شد و به این دلیل کمیته کار چند سازمانی زباله‌های دریایی تشکیل شد (Mary 2003).

در بین سال‌های ۱۹۶۰ و ۲۰۰۰ تولید جهانی رزین‌های پلاستیکی ۲۵ برابر شد، درحالی‌که بازیافت پلاستیک زیر ۵٪ باقی ماند (Charles 2008). بین سال‌های ۱۹۷۰ و ۲۰۰۳ این امر به سریع‌ترین بخش در حال رشد زباله شهری آمریکا تبدیل شد، که ۹ برابر افزایش یافت و از این‌رو ۸۰٪-۶۰٪ و در برخی مناطق ۹۵٪-۹۰٪ زباله پلاستیکی دریایی ایجاد شد (Charles 2008). بر طبق مطالعه انجام‌شده توسط گرهارد (۲۰۰۲)، ۸۰٪ ضایعات پلاستیکی شناور در ساحل هلند دارای

^۱ Ligurian

علائم نوک زدگی توسط پرندگان دریایی بودند مطالعات انجام شده بر روی لاک پشت‌ها (Leonardo et al., 2001) در ایالت رئو گرنند دوسول^۱ برزیل، وجود کیسه‌های پلاستیکی در مری و محتویات معده آن‌ها را نشان داد. ۳ کوسه بینی تیز برزیلی نوجوان در جنوب شرقی برزیل به دام افتادند که ضایعات پلاستیکی دور شکاف آبشش یا دهان باعث سایش بافت‌های این کوسه‌ها شده بود (Ivan et al., 2002).

تطبیق‌پذیری پلاستیک باعث افزایش مصرف آن در تمام جنبه‌های زندگی شده است، اما دوام و تجزیه‌ناپذیری پلاستیک تهدیدی برای محیط‌زیست می‌باشد. پلاستیک‌ها به دلیل داشتن قابلیت شناوری، قابل حمل به فاصله‌های طولانی هستند. در سال ۱۹۷۵ حدود ۱۳۵۴۰۰ تن لوازم ماهیگیری ساخته شده از پلاستیک و ۲۳۶۰۰ تن مواد بسته‌بندی مصنوعی توسط ناوگان ماهیگیری به دریا ریخته شد (Cawthorn 1998; DOC 1990). همچنین، گزارش شد که حدود ۶۳۹۰۰۰ محفظه پلاستیکی هرساله در سراسر جهان توسط کشتی‌های تجاری به دریا ریخته می‌شوند (Horsman 1982). قایق‌های تفریحی ماهیگیری حدود ۵۲٪ از کل زباله جامد ریخته شده در آب‌های آمریکا را تولید می‌کنند (UNESCO 1994). گلوله‌های پلاستیکی در مکان‌های غیرصنعتی همچون راروتونگا^۲، تونگا^۳ و فیجی^۴ مشاهده شد (Gregory 1999). در سال ۱۹۸۹ در سواحل نیوزیلند وجود ۱۰۰۰۰۰ گرانول مواد خام پلاستیکی بر هر مترمربع ساحل گزارش شد (Gregory 1999). رها کردن ضایعات پلاستیکی در اقیانوس به مشکلی روزافزون تبدیل شده است. طی پنج سال، ضایعات پلاستیکی در سواحل آفریقای جنوبی افزایش یافت و تنها پس از سه ماه ۵۰٪ از محموله زباله اصلی بازیافت شد (Ryan & Moloney 1990; Garrity & Levings 1993).

بر طبق تحقیقات لایست (۱۹۹۷)، ضایعات پلاستیکی حداقل بر ۲۶۷ گونه تأثیر دارند که اصلی‌ترین آن‌ها به درصد عبارت‌اند از: ۴۴٪ از گونه‌های پرندگان دریایی، ۸۶٪ از گونه‌های لاک‌پشت دریایی، ۴۳٪ از گونه‌های پستانداران دریایی. رباردز و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده کردند که در طول مدت مطالعه مصرف پلاستیک توسط پرندگان دریایی افزایش یافته است. شری و ونکوک (۱۹۸۷) گزارش کردند که ۱۳ الی ۲۹ درصد از مرگومیر نوعی مرغ ماهی‌خوار در خلیج هلگولند^۵ آلمان به دلیل گرفتار شدن بوده است.

^۱ Rio Grande do sul

^۲ Rarotonga

^۳ Tonga

^۴ Fiji

^۵ Helgoland

۱۲-۳- تولید گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب‌وهوایی

مطالعات بین‌المللی انجام‌شده در زمینه ارتباط بین تغییرات آب‌وهوایی و زباله بیشتر بر MSW تأکید داشته‌اند و منابع محدودی در خصوص تأثیر دیگر انواع زباله در دسترس است. بخش مدیریت پسماند به یک عامل اصلی در کاهش انتشار GHG تبدیل شده است (UNEP 2010). طبقه‌بندی زباله از کشوری به کشور دیگر متفاوت می‌باشد و به این دلیل مقایسه در سطح بین‌المللی در مورد زباله‌ها بسیار سخت است.

تمامی بخش‌های مدیریت پسماند همچون ذخیره‌سازی، جمع‌آوری، انتقال، حمل‌ونقل و پردازش زباله GHG تولید می‌کنند. عمل بازیافت به دلیل کم کردن تقاضای انرژی برای تولید، باعث کاهش GHG می‌شود. اصلی‌ترین بخش‌های منتشرکننده GHG عبارت‌اند از محل دفن زباله، خاکسترسازی و سوزاندن روباز زباله. احتمال داده می‌شود که عدم قطعیت داده‌ها در بخش زباله، زیاد باشد. GHG حاصل از بخش زباله کمتر از ۴٪ از خروجی گازهای گلخانه‌ای جهان است که بیشترین انتشار مربوط به محل دفن زباله می‌باشد (Kevin et al., 2005; Chen & Lin 2008).

تولید GHG و تغییرات آب‌وهوایی حاصل از آن، می‌تواند بر زندگی روی زمین و معیشت میلیون‌ها گونه تأثیر بگذارد (جعبه ۱۲-۲).

انتشار GHG را می‌توان با بازیافت CH_4 در محل دفن زباله، کمپوست هوازی و خاکسترسازی جهت تولید انرژی از زباله کنترل کرد. اخیراً، گاز محل دفن زباله برای دیگ‌های بخار سوخت، تولید برق و جایگزینی برای گاز طبیعی استفاده می‌شود. انتقال زباله قابل تجزیه زیستی از محل دفن زباله برای آب‌وهوا مفید خواهد بود. جلوگیری، به حداقل رساندن، بازیابی، بازیافت و استفاده مجدد زباله به دلیل کاهش تولید زباله، مصرف کمتر مواد خام، کاهش تقاضای انرژی و سوخت فسیلی، باعث کم شدن انتشار GHG می‌شود.

کنترل ثانویه انتشار متان در محل دفن زباله از طریق اکسیداسیون با روش‌های هوادهی انجام می‌شود. مطالعات میدانی ثابت کرده‌اند که میزان اکسیداسیون می‌تواند بیشتر از $200 \text{ g/m}^2/\text{d}$ در پوشش‌های زیستی ضخیم کمپوست-اصلاح باشد (Bogner et al., 2005; Huber-Humer 2004). لیگنین یک ترکیب مقاوم و سلولزی است که به آهستگی تجزیه می‌شود. ب؛ برای، حداقل ۵۰٪ از کربن آلی محل دفن زباله به کربن بیوگاز تبدیل نمی‌گردد. ذخیره‌سازی کربن موجود در محل دفن زباله، دفن زباله را به جایگزینی بهتر از دیدگاه تغییرات آب‌وهوایی تبدیل می‌کند (Micales & Skog 1997; Pingoud et al., 1996; Pipatti & Savolainen 1996; Pipatti & Wihersaari 1998).

جعبه ۱۲-۲ عواقب تغییرات آب‌وهوایی

عبارت تغییرات آب‌وهوایی به تغییرات قابل توجه در آب‌وهوای جهانی یا منطقه‌ای زمین در مدت زمان طولانی اشاره دارد. تغییرات آب‌وهوا بستگی به انرژی ورودی به زمین و خروجی از آن دارد. تأثیرات بی‌ثبات کننده که می‌توانند تعادل رادیواکتیو زمین را تغییر دهند، عوامل تغییر اقلیم نامیده می‌شوند. این عوامل باعث ذوب برف/ یخچال‌های طبیعی/ یخ‌های قطبی می‌گردند.

اکنون، پس از قرن‌ها تمدن‌گرایی تأیید شده است که اگر در زمان مناسب با تولید GHG مقابله نشود، می‌تواند تمدن‌ها را از بین ببرد. انباشت GHG منجر به جذب انرژی وارد شده از اتمسفر به زمین و گرم شدن کره زمین می‌شود.

گرمایش جهانی در سرتاسر زمین یکنواخت نخواهد بود. نتیجه آن تغییر در حرکت باد و الگوهای بارش مشاهده خواهد شد. تغییر در آب‌وهوا باعث تغییر در نظم فصول، زمان گل دادن گیاهان و چرخه‌های زیست‌محیطی شده و منجر به بلایای آبی-جوی و در مواردی افزایش سطح آب دریاها می‌شود.

تغییرپذیری دمای سطح دریا/آب^۱ (SST) خلیج بیسکی^۲ و مناطق همجوار در طول دوره زمانی ۱۸۵۴ تا ۲۰۱۰ توسط کارلوس و رابین (۲۰۱۰) مورد بررسی قرار گرفت و حدود ۲۵٪ تغییرپذیری درونسالی در طول ۱۵۰ سال گذشته مشاهده شد. از سال ۱۹۲۹ گونه‌های بیگانه وارد شده به دریای اژه توسط ماریا و همکاران (۲۰۱۱) مورد مطالعه قرار گرفتند، نتایج حاکی از آن بودند که نرخ ورود گونه بیگانه موازی با افزایش دمای دریا است.

تغییرات آب‌وهوا می‌تواند بر جمعیت فیتوپلانکتون‌ها تأثیر بگذارد و این درحالیست که تغذیه دیگرگونه‌های دریایی به آن‌ها وابسته است. گرم شدن کره زمین می‌تواند آغازگر افزایش جمعیت وکتورها^۳ (جانور و به‌ویژه حشره‌ی ناقل بیماری) و پشه‌ها و مختل‌کننده سلامتی انسان‌ها/حیوانات باشد.

تغییر در آب‌وهوا به دلیل عدم وجود بارش باران در فصل کاشت و وجود باران در فصل برداشت می‌تواند کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد. افزایش آفت‌ها نیز بر کشاورزی تأثیر می‌گذارد. تأثیر بر تنوع زیستی به‌دقت ثبت و ضبط شده است. تغییر در جمعیت گونه‌ها به دلیل تأثیر بر زنجیره غذایی مشاهده شد.

^۱ Sea Surface Temperature

^۲ Biscay

^۳ Vectors

بلایای آبی-جوی همچون گردباد، طوفان، سیل می‌توانند آغازگر بلایای دیگر مانند رانش زمین باشند. چنین مجموعه‌ای از بلایا می‌تواند بر اقتصاد منطقه‌ای و جهانی تأثیر گذاشته و منجر به از دست رفتن معیشت و بیکاری شوند.

نتایج اندازه‌گیری انتشار CH_4 در محل دفن زباله، طیفی در حدود ۰/۱ تا ۱/۰ تن $CH_4/ha/d$ را نشان داد (Nozhevnikova et al., 1993; Oonk & Boom 1995; Borjesson 1996; Czepiel et al., 1996; Hovde et al., 1995; Mosher et al., 1999; tregoures et al., 1999; Galle et al., 2001 Morris 2001). انتشار CH_4 در محل دفن زباله در جهان حدود $500 \text{ MtCO}_2\text{-eq/yr}$ الی ۸۰۰ است (US EPA (2006; Bogner & Matthews 2003)). اجرای سیستم خروج گاز از محل دفن زباله فعال با چاه‌های عمودی یا جمع‌کننده افقی، مهم‌ترین روش سبک‌سازی یا کاهش انتشار است (Bogner et al., 2007).

خاکسترسازی جهت تولید انرژی، تولید سوخت حاصل از پسماند (RDF) و هم-احتراقی در صنعت باعث کاهش توده زباله و مصرف سوخت فسیلی می‌شود. خاکسترسازی به‌طور گسترده در بسیاری از کشورهای دارای محدودیت مکان برای دفن زباله، استفاده می‌شود. تقریباً ۱۳۰ میلیون تن زباله به‌صورت سالیانه در ۵۰۰ کارخانه و در ۳۵ کشور جهان تبدیل به خاکستر می‌شوند (Themelis 2003).

در طول ۲۰ سال گذشته در اتحادیه اروپا به دلیل افزایش بازیافت CH_4 محل دفن زباله و کاهش دفن زباله، رشد انتشارات محل دفن زباله کاهش یافته است. بازیافت و استفاده از CH_4 محل دفن زباله، اولین بار در سال ۱۹۷۵ تجاری‌سازی شد و در بیش از ۱۱۵۰ کارخانه انتشاردهنده بیش از $105 \text{ MtCO}_2\text{-eq/yr}$ در سطح جهان در حال اجرا است (Willumsen H 2003; Bogner & Matthews 2003).

ذرات تخریب‌کننده لایه ازن (ODS^1) می‌توانند برای سال‌های طولانی در زباله باقی بمانند و در مقادیر بسیار کوچک در گاز حاصل از محل دفن زباله دیده شوند. آزاد شدن ODS از فوم سخت/سفت در طول استفاده کم است، بنابراین بسیاری از ODS ها پس از پایان عمر مفید نیز وجود خواهند داشت (Kjeldsen & Jensen 2001; Kjeldsen & Scheutz 2003; Scheutz et al., 2003). بسیاری از ODS هایی که GHGs نیز هستند، مانند تتراکلرید کربن (CTC) در طول اجرای پروتکل مونترال از رده خارج شده‌اند.

بسیاری از کشورها، فرآیند کمپوست‌سازی و تجزیه بی‌هوازی زباله را انجام می‌دهند. در طول این فرآیند CH_4 و N_2O تشکیل می‌شود. دانمارک، آلمان، بلژیک و فرانسه سیستم‌های تجزیه

¹ Ozone-Depleting Substances

بی‌هوازی زباله را همراه با بازیابی بیوگاز جهت گرمایش و تولید برق در محل، نصب و راه‌اندازی کرده‌اند.

انتشارات GHG در بهینه‌سازی کنترل‌شده زیستی در مقایسه با انتشارات کنترل نشده GHG از محل دفن زباله بدون بازیابی GHG، بسیار کم است. از سوی دیگر، WTE با برآورد ۱ تن CO_2 در هر تن زباله خاکسترسازی شده نسبت به دفن زباله، مقدار بیشتری از GHG را کاهش می‌دهد. سوزاندن MSW در تأسیسات WTE آمریکا نیز سبب کاهش انتشارات GHG تا حدود ۲۶ میلیون تن CO_2 شده است (Psomopoulos et al., 2009).

فرایند کمپوست‌سازی هوازی، متان و اکسید نیتروژن منتشر می‌کند. مقدار انتشار از کمپوست بسته به میزان و ترکیب زباله و نحوه پردازش، متغیر است. سیستم‌های بسته همچون خلیج‌های محصورشده و انبار علوفه، میزان GHG کمتری منتشر می‌کنند. انتشارات GHG حاصل از تجزیه بی‌هوازی به انتشارات فرار شیرابه‌ها محدود می‌شود.

پس از جلوگیری از تشکیل زباله، عمل بازیافت منجر به تأثیرات مفیدی در شرایط آب‌وهوایی می‌شود (ISWA 2009; Christensen et al., 2009a, b; US EPA 2006b; Pimenteria et al., 2004; Chintan 2009). اما هنوز هم بسیاری از مشاوران اجراکننده مدیریت پسماند جامد در کشورهای جهان سوم تحت نظارت سازمان‌های مالی بین‌المللی، اغلب دفن زباله‌ای را پیشنهاد می‌دهند که هنوز در کشورها اجرا نشده‌است و نیروی متخصص لازم برای این عملیات وجود ندارد. در نتیجه، ممکن است در بازه‌های کوتاه، محل دفن زباله منبع مشکلات زیاد همراه با انتشار GHG شود.

منابع

- Stefano A, Annalisa G, Anne M (2003) Floating debris in the Ligurian Sea, north-western Mediterranean. *Mar Pollut* 46(9):1142–1149.
- Beatley T (1991) Protecting biodiversity in coastal environments: introduction & overview. *Coast Manag* 19:1–19.
- Beck-Friis BG (2001) Emissions of ammonia N₂O & CH₄ during composting of organic household waste. PhD Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p 331.
- Berry M, Bove F (1997) Birthweight reduction association with residence near a hazardous waste. *Environ Health Perspect* 105:856–861.
- Bi XH, Thomas GO, Jones KC, Qu WY, Sheng GY, Martin FL, Fu JM (2007) Exposure of electronics dismantling workers to polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, & organochlorine pesticides in south China. *Environ Sci Technol* 41(16):5647–5653.
- AERB Atomic Energy Regulatory Board (2010) AERB Press release dt. 29 Apr 2010 <http://www.aerb.gov.in/t/prsrel/p2942010.pdf>.
- Bogner J, Abdelrafie Ahmed M, Diaz C, Faaij A, Gao Q, Hashimoto S, Mareckova K, Pipatti R, Zhang T, Waste management, in climate change 2007: Mitigation. In: Metz B., Davidson OR, Bosch PR, Dave R., Meyer LA (eds) Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom & New York, USA.
- Bogner J, Matthews E (2003) Global methane emissions from landfills: new methodology & annual estimates 1980–1996. *Global Biogeochem Cycles* 17: 34-1–34-18.
- Bogner JK, Chanton SJ, Powelson D, Abichou T (2005) Modeling landfill methane emissions from biocovers: a combined theoretical-empirical approach. In: Proceedings of the Sardinia '05, international solid & hazardous waste symposium, published by CISA, University of Cagliari, Sardinia.
- Boh X, Monpeurt C, Boh S, Cazoulat A (2007) Toxic waste & health effects in Abidjan City, Ivory Coast. *Med Trop (Mars)* 67(6):620–624.
- Borjesson G (1996) Methane oxidation in landfill cover soils. Doctoral Thesis, Department of Microbiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

- Brigden K, Labunska I, Santillo D, Allsopp D (2005) Recycling of electronic wastes in China & India: workplace & environmental contamination. Greenpeace International. Available on <http://www.greenpeace.org/india/en/publications/recycling-of-electronic-wastes>. Last accessed on 13 May 2012.
- Leandro B, Krause L, Petry MV (2001) Marine debris & human impacts on sea turtles in southern Brazil. *Mar Pollut* 42(12):1330–1334 12.3 Greenhouse Gas Generation & Climate Change 323.
- Buttol P, Masoni P, Bonoli A, Goldoni S, Belladonna V, Cavazzuti C (2007) LCA of integrated MSW management systems: case study of the Bologna district. *Waste Manage* 27:1059–1070.
- Cadée GC (2002) Seabirds & floating plastic debris. *Mar Pollut* 44(11):1294–1295.
- Carlos G-S, Robin DP (2010) Atlantic multidecadal oscillation (AMO) & sea surface temperature in the Bay of Biscay & adjacent regions. *J Mar Biol Assoc United Kingdom*, page 1 of 22. # Marine Biological Association of the United Kingdom, 2011. doi:10.1017/S0025315410002134.
- Cawthorn M (1989) Impacts of marine debris on wildlife in New Zealand coastal waters. In: *Proceedings of marine debris in New Zealand's coastal waters workshop*, Wellington, New Zealand. Department of Conservation, Wellington, New Zealand, pp 5–6, 9 Mar 1989.
- Charles JM (2008) Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environ Res* 108:131–139.
- Chen TC, Lin CF (2008) Greenhouse gases emissions from waste management practices using life cycle inventory model. *J Hazard Mater* 155:23–31.
- Chintan (2009) Cooling agents: an analysis of climate change mitigation by the informal recycling sector in India. Report prepared in association with The Advocacy Project, Washington.
- Christensen TH, Bøcher G, Lindvall H, Larsen AW, Fruergaard T, Damgaard A, Manfredi S, Boldrin A, Riber C, Hauschild M (2007) Experience with the use of LCA-modelling (EASEWASTE) in waste management. *Waste Manage Res* 25:257–262.
- Christensen TH, Gentil E, Boldrin A, Larsen AW, Weidema BP, Hauschild M (2009a) Carbon balance, carbon dioxide emissions & global warming potentials in LCA-modelling of waste management systems. *Waste Manage Res* 27:707–715

- Christensen TH, Simion F, Tonini D, Moller J (2009b) Global warming factors modeled for 40 generic municipal waste management scenarios. *Waste Manage Res* 00:1–14.
- Cole N, Mwanza F (1991) Plastic: new monster of the seas. Pioneer Lucknow: Friday, Nov. 8. As Reported In Shiva G, 2006: An assessment of solid waste management through public participation In The Valley of Flowers National Park, Uttaranchal, Dissertation, Gurukul Kangri University, Haridwar In Partial Fulfillment of The Master's Degree In Environmental Science.
- Cotruvo JA, Dufour A, Rees G, Bartram J, Carr R, Cliver DO, Craun GF, Faye R, Gannon VPJ (2004) Waterborne zoonoses, identification, causes, & control, World Health Organization.
- CPHEEO (2000) Manual on municipal solid waste management, Ministry of Urban Development, Government of India.
- Czepiel P, Mosher B, Harriss R, Shorter JH, McManus JB, Kolb CE, Allwine E, Lamb B (1996) L&fill methane emissions measured by enclosure & atmospheric tracer methods. *J Geophys Res* D101:16711–16719.
- Deng WJ, Zheng JS, Bi XH, Fu JM, Wong MH (2007) Distribution of PBDEs in air particles from an electronic waste recycling site compared with Guangzhou & Hong Kong, South China. *Environ Int* 33(8):1063–1069.
- Detzel A, Vogt R, Fehrenbach H, Knappe F, Gromke U (2003) Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung und internationale Richtlinien: Teilberich Abfall/Abwasser. IFEU Institut—Öko-Institut e.V. p 77.
- DOC (Department of Conservation) (1990) Marine debris. Wellington, New Zeal & Dockery DW, Pope CA III (1994) Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Public Health* 15:107–132.
- Foin TC, Garton EO, Bowen CW, Everingham JM, Schultz RO, Holton B Jr (1977) Quantitative studies of visitor impacts on environment of Yosemite NP, California & their Implications for park management policy. *J Environ Manage* 5(1):1–22.
- Franchini M, Rial M, Buiatti E (2004) Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità* 40(1):101–115 324 12 Environmental Issues.

- Galle B, Samuelsson J, Svensson B, Borjesson G (2001) Measurements of methane emissions from l&fills using a time correlation tracer method based on FTIR absorption spectroscopy. *Environ Sci Technol* 35(1):21–25.
- Garrity SD, Levings SC (1993) Marine debris along the Caribbean coast of Panama. *Mar Pollut Bull* 26:317–324.
- Goldman LR, Paigen B, Magnant MM, Highl& JH (1985) Low birthweight, prematurity & birth defects in children living near the hazardous waste site, love canal. *Hazard Waste Hazard Mater* 2:209–223.
- Gregory MR (1989) Accumulation of plastic debris in New Zeal&'s coastal waters & exclusive economic zone. In: *Proceedings of marine debris in New Zeal&'s coastal waters workshop*, Wellington, New Zeal&. Department of Conservation, Wellington, New Zeal&, pp 3–4, 9 Mar 1989.
- Hellebr& HJ (1998) Emissions of N₂O & other trace gases during composting of grass & green waste. *J Agric Eng Res* 69:365–375.
- Horsman PV (1982) The amount of garbage pollution from merchant ships. *Mar Pollut Bull* 13:167–169.
- Hovde DC, Stanton AC, Meyers TP, Matt DR (1995) Methane emissions from a l&fill measured by eddy correlation using a fastresponse diode laser sensor. *J Atmos Chem* 20:141–162.
- Huber-Humer M (2004) Abatement of l&fill methane emissions by microbial oxidation in biocovers made of compost. PhD Thesis, University of Natural Resources & Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, p 279.
- International Solid Waste Association (ISWA) (2009) *Waste & Climate Change–ISWA White Paper*.
- Irish KE, Norse EA (1996) Scant emphasis on marine biodiversity. *Conserv Biol* 10:680.
- Jain AP, Kuniyal JC (1994) Environmental impact assessment (eia): a tool for effective management & decision making for tourism development in the Himalayan region of India. In: *Himanchal-India: Souvenir of 7th Himalayan Tourism Advisory Board*. Shimla, HIMTAB (Manali), Dept of Tourism, pp 28–30.
- Janice P (2001) Lost Sea Cargo: beach bounty or junk? *National Geographic News*. http://news.nationalgeographic.com/news/2001/06/0619_seacargo.html. Retrieved on 12 Jan 2012.

- Johnson BL, DeRosa CT (1997) The toxicological hazards of superfund hazardous waste sites. *Rev Environ Health* 12:235–251.
- Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S (1997) Short term effects of ambient sulphur dioxide & particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ* 314:1658–1663.
- Kevin AB, Timothy H, Jonathan P (2005) Navigating the numbers greenhouse gas data & international climate policy, World Resource Institute, pp 89–90.
- Kharazi M, Von Behren J, Smith M, Lomas T, Armstrong M, Broadwin R (1997) A community based study of adverse pregnancy outcomes near a large hazardous waste l&fill in California. *Toxicol Ind Health* 13:299–310.
- Kjeldsen P, Jensen MH (2001) Release of CFC-11 from disposal of polyurethane from waste. *Environ Sci Technol* 35:3055–3063.
- Kjeldsen P, Scheutz C (2003) Short & long term releases of fluorocarbons from disposal of polyurethane foam waste. *Environ Sci Technol* 37:5071–5079.
- Kuniyal JC, Jain AP, Shannigrahi AS (2003) Solid waste management in Indian Himalayan tourists' treks: a case study in & around the Valley of Flowers & Hemkund Sahib. *Waste Manag* 23(9):807–816.
- Takashi K, Michio N (2003) International survey on the distribution of str&ed & buried litter on beaches along the Sea of Japan. *Mar Pollut* 47(1–6):175–179.
- Laist DW (1997) Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement & ingestion records. In: Coe JM, Rogers DB (eds) *Marine debris—Sources, impacts & solutions*. Springer, New York, pp 99–139.
- Lars MJ, Gabriela B (1999) Observations of solid waste l&fills in developing countries: Africa, Asia, & Latin America, World Bank.
- Leung A, Cai ZW, Wong MH (2006) Environmental contamination from electronic waste recycling at Guiyu, southeast China. *J Mater Cycles Waste Manage* 8(2):21–33.
- Li H, Yu L, Sheng G, Fu J, Peng P (2007a) Severe PCDD/F & PBDD/F pollution in air around an electronic waste dismantling area in China. *Environ Sci Technol* 41(16):5641–5646.

- Li K, Yin HW, Zheng MH, Rong ZY, Jia LJ (2007b) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans & dioxin like biphenyls in sediments from the Suzhou Creek, China. *Bull Environ Contam Toxicol* 79:432–436.
- Li Y, Xu XJ, Wu KS, Chen GJ, Liu JX, Chen SJ, Gu CW, Zhang B, Zheng LK, Zheng MH, Huo X (2008) Monitoring of lead load & its effect on neonatal behavioral neurological assessment scores in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. *J Environ Monit* 10(10):1233–1238.
- Lovejoy TE (1997) Biodiversity: what is it? In: Reaka-Kudla MK, Wilson DE, Wilson EO (eds) *Biodiversity II: understanding & protecting our biological resources*. Joseph Henry Press, Washington, pp 7–14.
- Luo Y, Luo XJ, Lin Z, Chen SJ, Liu J, Mai BX, Yang ZY (2009) Polybrominated diphenyl ethers in road & farmland soils from an e-waste recycling region in Southern China: concentrations, source profiles, & potential dispersion & deposition. *Sci Total Environ* 407(3):1105–1113.
- Maria AP-P, Dionysios ER, Maria C-F (2011) *Journal of the marine biological association of the United Kingdom*, page 1 of 13. # Marine Biological Association of the United Kingdom, 2011. doi:10.1017/S0025315411000981.
- Mary JD (2003) How multiagency partnerships can successfully address large-scale pollution problems: a Hawaii case study. *Marine Pollution* 46(6):700–702
- Micales JA, Skog KE (1997) The decomposition of forest products in landfills. *Int Biodeterior Biodegradation* 39(2–3):145–158.
- Michelle A, Adam W, David S, Paul Johnston, NA: *Plastic Debris in the World's Oceans*, green peace MoEKO (Ministry of Environment, Kingdom of Cambodia) & UNEP, 2006: Cambodia Environment Outlook.
- MoEKO (Ministry of Environment, Kingdom of Cambodia) & UNEP (2006) *Cambodia Environment Outlook*.
- Morris JR (2001) Effects of waste composition on landfill processes under semi-arid conditions. PhD Thesis, Faculty of Engineering, University of the Witwatersrand, Johannesburg, S. Africa. p 1052.
- Mosher B, Czepiel P, Harriss R, Shorter J, Kolb C, McManus JB, Allwine E, Lamb B (1999) Methane emissions at nine landfill sites in the northeastern United States. *Environ Sci Technol* 33(12):2088–2094.

- Nozhevnikova AN, Lifshitz AB, Lebedev VS, Zavarin GA (1993) Emissions of methane into the atmosphere from landfills in the former USSR. *Chemosphere* 26(1–4):401–417.
- Oonk H, Boom T (1995) Landfill gas formation, recovery & emissions. TNO-report 95-130, TNO, Apeldoorn, The Netherlands.
- Pennington DW, Potting J, Finnveden G, Lindeijer E, Jolliet O, Rydberg T, Rebitzer G (2004) Life cycle assessment—part 2: current impact assessment practice. *Env Intl* 30:721–739.
- Petersen SO, Lind AM, Sommer SG (1998) Nitrogen & organic matter losses during storage of cattle & pig manure. *J Agric Sci* 130:69–79.
- Pimenteira CAP, Pereira AS, Oliveira LB, Rosa LP, Reis MM, Henriques RM (2004) Energy conservation & CO₂ emission reductions due to recycling in Brazil. *Waste Manage (Oxford)* 24(2004):889–897.
- Pingoud K, Perälä A-L, Soimakallio S, Pussinen A (1996) Greenhouse impact of the Finnish forest sector including forest products & waste management. *Ambio* 25:318–326.
- Pipatti R, Savolainen I (1996) Role of energy production in the control of greenhouse gas emissions from waste management. *Energy Conserv Manage* 37(6–8):1105–1110. 326 12 Environmental Issues.
- Pipatti R, Wihersaari M (1998) Cost-effectiveness of alternative strategies in mitigating the greenhouse impact of waste management in three communities of different size. *Mitig Adapt Strat Glob Change* 2:337–358.
- Psomopoulos CS, Bourka A, Themelis NJ (2009) Waste-to-energy: a review of the status & benefits in USA. *Waste Manage (Oxford)* 29(2009):1718–1724.
- Ramesha C, Sushil G, Umesh CK (2011) Coping with climate change: principles & Asian context. Springer, New York.
- Rebitzer G, Ekvall T, Frischknecht R, Hunkeler D, Norris G, Rydberg T, Schmidt WP, Suh S, Weidema BP, Pennington DW (2004) Life cycle assessment—Part 1: framework, goal & scope definition, inventory analysis, & applications. *Env Intl* 30:701–720.
- Robards MD, Piatt JF, Wohl KD (1995) Increasing frequency of plastic particles ingested by seabirds in the subarctic North Pacific. *Mar Pollut Bull* 30:151–157

- Lesley R (2003) Health hazards & waste management. *Br Med Bull* 68:183–197. doi:10.1093/ bmb/ldg034.
- Ryan PG, Moloney CL (1990) Plastic & other artefacts on South African beaches: temporal trends in abundance & composition. *S Afr J Sci* 86:450–452.
- Ivan S, Gadig OBF, Namora RC, Motta FS (2002) Plastic debris collars on juvenile carcharhinid sharks (*Rhizoprionodon lal&ii*) in southwest Atlantic. *Mar Pollut* 44(10):1149–1151.
- Scheutz C, Fredenslund AM, Kjeldsen P (2003) Attenuation of alternative blowing agents in l&fills. Report Environment & Resources, Technical University of Denmark (DTU), Lyngby, p 66.
- Schrey E, Vauk GJM (1987) Records of entangled gannets (*Sula bassana*) at Helgol&, German Bight. *Mar Pollut Bull* 18:350–352.
- Sepúlveda A, Schluep M, Renaud FG, Streicher M, Kuehr R, Hagelüken C, Gerecke AC (2010) A review of the environmental fate & effects of hazardous substances released from electrical & electronic equipments during recycling: examples from China & India. *Environ Impact Assess Rev* 30(2010):28–41.
- Sheavly SB (2005) Sixth Meeting of the UN open-ended informal consultative processes on oceans & the law of the sea. Marine debris—an overview of a critical issue for our oceans. June 6–10, 2005. \http://www.un.org/ Depts/ los/ consultative_ process/ consultative _process. html[downloaded on 16 Jan 2012.
- Snelgrove PVR (1999) Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats. *Bioscience* 49:129–138.
- Themelis N (2003) An overview of the global waste-to-energy industry. *Waste Management World*, 2003-2004 Review Issue July–August 2003, pp 40–47.
- Thiel M, Hinojosa I, Vásquez N, Macaya E (2003) Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). *Mar Pollut* 46(2):224–231.
- Tickel C (1997) The value of biodiversity. In: Ormond RFG, Gage JD, Angel MV (eds) *Marine biodiversity: patterns & processes*. Cambridge University Press, Cambridge, pp Xiii–xxii.
- Tregoures A, Beneito A, Berne P, Gonze MA, Sabroux JC, Savanne D, Pokryszka Z, Tauziède C, Cellier P, Laville P, Milward R, Arnaud A, Burkhalter R (1999) Comparison of seven methods for measuring methane flux at a municipal solid waste l&fill site. *Waste Manage Res* 17:453–458.

- UNEP (2005) Marine litter an analytical overview. Available on http://www.unep.org/regionalseas/marinelitter/publications/docs/anl_oview.pdf. Last accessed on 13 May 2012
- UNEP (2010) Waste & Climate Change Global Trends & Strategy Framework. Available on <http://www.unep.or.jp/letc/publications/spc/waste&climatechange/waste&climatechange.pdf>.
- UNESCO (1994) Marine debris: solid waste management action plan for the wider Caribbean. IOC Technical Series 41, Paris.
- US EPA (2006a) Global anthropogenic non-CO₂ greenhouse gas emissions: 1990–2020. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs, Climate Change Division.
- US EPA (2006b) Solid waste management & greenhouse gases—A life-cycle assessment of emissions & sinks, 3rd edn. September 2006.
- Vesterinen R (1996) Greenhouse gas emissions from composting. SIHTI Research Programme, Seminar 13–14 March 1996, Hanasaari, Espoo, Finl&, p 3. In Finnish.
- Vianna NJ, Polan AK (1984) Incidence of low birthweight among love canal residents. *Science* 226:1217–1219.
- WHO (2007) Population health & waste management scientific data & policy options. Available on http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0012/91101/E91021.pdf. Last accessed on 13 May 2012.
- Willumsen HC (2003) L&fill gas plants: number & type worldwide. In: Proceedings of the sardinia '05, international solid & hazardous waste symposium, October 2005, published by CISA, University of Cagliari, Sardinia. Wong MH, Wu SC, Deng WJ, Yu XZ, Luo Q, Leung AOW, Wong CSC, Luksemburg WJ, Wong.
- AS (2007) Export of toxic chemicals—A review of the case of uncontrolled electronic-waste recycling. *Environ Pollut* 149(2):131–140.
- Wu JP, Luo XJ, Zhang Y, Luo Y, Chen SJ, Mai BX, Yang ZY (2008) Bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) & polychlorinated biphenyls (PCBs) in wild aquatic species from an electronic waste (e-waste) recycling site in South China. *Environ Int* 34(8):1109–1113.

- Zanobetti A, Schwartz J, Gold D (2000) Are there sensitive subgroups for the effects of airborne particles? *Environ Health Perspect* 108:841–845.
- Zhang JH, Min H (2009) Eco-toxicity & metal contamination of paddy soil in an e-wastes recycling area. *J Hazard Mater* 165(1–3):744–750.
- Zhao GF, Wang ZJ, Zhou HD, Zhao Q (2009) Burdens of PBBs, PBDEs, & PCBs in tissues of the cancer patients in the e-waste disassembly sites in Zhejiang, China. *Sci Total Environ* 407(17):4831–4837.

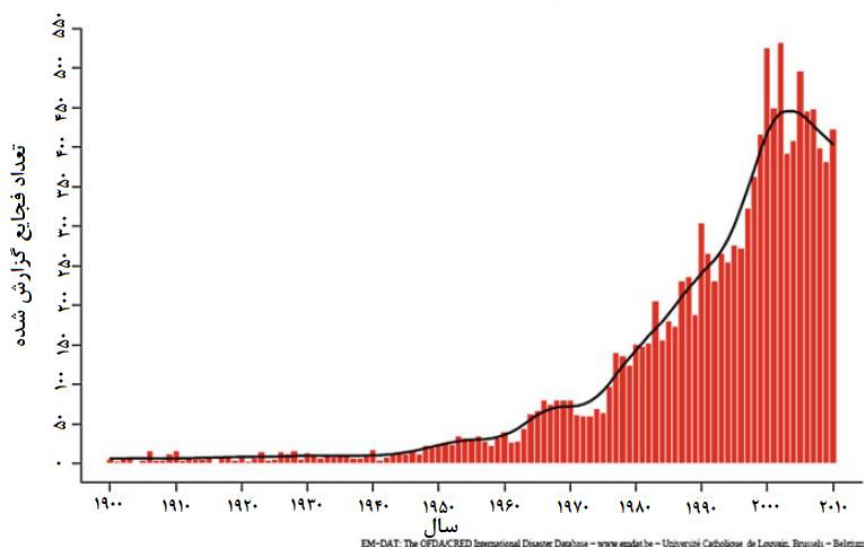
فصل سیزدهم
مسائل مناطق فاجعه زده

فجایع به دلیل عوامل طبیعی و انسانی رخ می‌دهند. فاجعه می‌تواند به‌طور ناگهانی اتفاق بیفتد (مانند زمین‌لرزه، آتش‌سوزی، سیل، انفجار در صنعت و طوفان/گردباد) و یا در درازمدت رخ دهد (مانند جنگ داخلی و خشکسالی). از آنجایی که این رویدادها غیرمعمول و ناگهانی هستند، عموماً باعث وارد آمدن صدمه می‌شوند و بر ثبات اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی منطقه آسیب‌دیده تأثیر می‌گذارند. کلمات مترادف "فاجعه" عبارت‌اند از "مصیبت"، "بلا"، "اضطراب"، و "بحران". این بلایا مانع رسیدن امداد رسانی و خدمات فوری به بازماندگان می‌شوند. همچنین باعث به خطر افتادن سلامت عمومی و عقب افتادن استفاده مجدد اقتصادی و اجتماعی مناطق آسیب‌دیده می‌شوند. فعالیت‌های نامناسب پاک‌سازی برای محیط‌زیست و سلامت عمومی بالقوه خطرناک هستند (Charlotte et al., 2010).

مدیریت پسماند به‌عنوان ضعف اساسی در مرحله بازسازی بلایای طبیعی عنوان می‌شود. سرمایه‌گذاری‌های فوق‌العاده نهادهای کمک‌رسانی بر دفع و مدیریت پسماند در طول اقدامات پس از فاجعه معمولاً با عملیات افزایش آگاهی در خصوص مسئولیت مدنی، بهداشت و مزیت‌های بازیافت زباله همراه نیستند و منجر به عدم موفقیت در رسیدن به هدف می‌شوند. جمع‌آوری ضایعات بلایا در دو مرحله اتفاق می‌افتد: (۱) پاک‌سازی ضایعات مسدودکننده مناطق اضطراری و از بین بردن/کاهش تماس با ضایعات خطرناک (۲) پاک‌سازی ضایعات جهت تسهیل بازسازی. شواهد بلایا نشان می‌دهند که تخلیه زباله پس از فاجعه در تالاب‌ها یا محل‌های دفن زباله که دارای طراحی ضعیف هستند، بر رشد محصولات، صید ماهی، اکوسیستم و سلامت عمومی تأثیر می‌گذارد. عوامل مؤثر در اقدامات نادرست مدیریت پسماند در طرح‌های قبل از فاجعه عبارت‌اند از: (۱) عدم وجود سیستم مدیریت پسماند رسمی (۲) ادغام نکردن استانداردهای زیست‌محیطی با مدیریت پسماند (۳) انجام پاک‌سازی و پردازش ضایعات با استفاده از روش‌های تک منظوره (۴) نبود ماشین‌آلات موردنیاز جهت تخریب/مدیریت حجم زیاد ضایعات در تأسیسات قدیمی و استفاده بیش‌ازحد از این تأسیسات (۵) تجربه فنی پایین سازمان‌های بشردوستانه بین‌المللی (UNDP و ISDR NA).

اصول مقابله با زباله حاصل از بلایا، با در نظر داشتن تجربه سازمان‌های امداد رسانی در طول سال‌ها عبارت‌اند از: (۱) اجتناب از روش‌های تک منظوره جهت مدیریت زباله حاصل از بلایا (۲) تعیین نقش‌ها و مسئولیت‌های مناسب برای سازمان‌های کنترل زباله (۳) پیش‌گزینش محل‌های دفع/ذخیره زباله‌ها (۴) طبقه‌بندی و تفکیک زباله‌ها در مراحل اولیه.

فجایع گزارش شده بین سال های ۱۹۰۰-۲۰۱۰



شکل ۱-۱۳ فجایع طبیعی گزارش شده در سراسر جهان بین سال های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰

به نظر می‌رسد که ۹۰٪ از ضایعات این تخریب‌ها قابل بازیافت باشند. درختان، سبزیجات و دیگر ضایعات قابل تجزیه زیستی را می‌توان جهت تهیه کود کشاورزی خرد/کمپوست کرد و فلزات را برای بازسازی و بازیافت استفاده نمود. همچنین می‌توان چوب را به‌عنوان سوخت یا جهت ترمیم/بازسازی ساختمان‌ها، قایق‌ها، سکوها و غیره، مصرف کرد. بتون و سنگ را نیز می‌توان جهت ساخت جاده‌ها/خاک‌ریزها/موج‌شکن متراکم نمود.

از سال ۱۹۰۰ تاکنون بیش از ۹۰۰۰ مورد از بلایای طبیعی رخ داده است که حدود ۸۰٪ از آن‌ها در ۴۰ سال اخیر می‌باشد (شکل ۱-۱۳). بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ هر ساله بیش از ۲۲۵ میلیون نفر در سراسر جهان درگیر بلایای طبیعی شده‌اند، که به‌طور متوسط ۵۸۰۰۰ نفر از آن‌ها جان خود را از دست داده‌اند (گوها-اسپیر و همکاران ۲۰۰۴). آسیا سرآمد بلایای طبیعی و تأثیرات آن بر افراد است. جمعیت آسیا حدود یک-سوم از خشکی‌های زمین را به خود اختصاص داده است و سه-پنجم از جمعیت جهان با در نظر گرفتن تراکم بالای جمعیت در هند، بنگلادش و چین، بیشتر تحت تأثیر بلایای طبیعی هستند (جدول ۱-۱۳).

بلایای دهه اخیر قرن بیستم، سالیانه حدود ۶۷ بلیون دلار خسارت وارد کرده‌اند. هزینه‌های اقتصادی همراه با بلایای طبیعی از دهه ۱۹۵۰ چهارده برابر افزایش داشته‌اند (Guha-Spair et al., 2004).

مدیریت پسماند جامد حاصل از بلایای طبیعی و نیز بلایای انسانی، با توجه به این امر که کاهش میزان ضایعات تولیدی آن‌ها غیرممکن است، منحصر به فرد می‌باشد. بازیابی و بازیافت زباله با توجه به نوع زباله تولیدی مانند ضایعات طبیعی تولیدشده در طول آماده کردن غذا در اردوگاه‌ها باید در نظر گرفته شود. ضایعات غذایی باید به سرعت جمع‌آوری شده و تصفیه یا دفع شوند. در اردوگاه‌های پرجمعیت، زباله باید دو بار در روز جمع‌آوری و تخلیه شود. روش‌های قابل استفاده برای مقابله با ضایعات طبیعی شامل کمپوست‌سازی و تجزیه بی‌هوازی هستند. پلاستیک‌هایی که به شکل بطری، جعبه و کیسه پلاستیکی هستند، در صورت عدم استفاده مجدد و یا دفع، انباشته می‌شوند. پلاستیک همراه با کاغذ، در صورت رسیدگی نامناسب، اردوگاه‌ها را آلوده کرده و مجاری آب را مسدود می‌کند.

جدول ۱۳-۱ نوع فجایع و نمونه‌هایی از آن‌ها

ردیف	نوع فاجعه	مثال
۱	طبیعی	فرود بهمن، خشک‌سالی، طوفان موسمی، زلزله، طوفان شن، بیماری‌های واگیردار، سیل، قحطی، موج‌های گرما، گردباد، رعدوبرق، زمین لغزه/گلرود، طوفان، فوران آتشفشان، آتش‌سوزی های عظیم
۲	انسانی	فجایای زیست‌محیطی، حوادث (صنعتی، تروریسم‌های خطرناک، هسته‌ای، رادیولوژیکی، ترابری)، آتش‌سوزی، انفجار، انتشار عوامل شیمیایی، شکست سد، هیستری جمعی، قتل، ترور، وحشیگری

زباله‌های بلایا ممکن است در طول مراحل واکنش به حادثه و بازسازی پس از آن ایجاد شوند و سلامت عمومی به دلیل گسترش عفونت، مسمومیت‌ها و جراحت در معرض خطر قرار بگیرد. زباله های حاصل از بلایا می‌توانند باعث انسداد راه‌ها شوند. انسداد راه به دلیل زمین‌لرزه هانشین آواجی^۱ در ژاپن در سال ۱۹۹۵ مانع دسترسی به افراد در حال انجام عملیات پس از فاجعه شد (Kobayashi 1995). وضعیت مشابه در مارچ ۲۰۱۱، زمانی که ژاپن تحت تأثیر زمین‌لرزه و سونامی قرار داشت، مشاهده شد.

^۱ Hanshin-Awaji

موج بادهای طوفانی^۱ ضایعات صنعتی را به مناطقی دورتر از محل اصلی آن‌ها حمل کرده و بر اجتماع وسیع‌تری اثر می‌گذارد (USEPA 2008)؛ ضایعات و نخاله گردباد در آمریکا اغلب درهم می‌پیچند و تفکیک و بازیافت را مشکل می‌کنند (Reinhart & McCreanor 1999). در طول زمین‌لرزه هایتی^۲ در سال ۲۰۱۰ مشاهده شد که به دلیل سنگینی سازه‌های بنایی فروریخته، واحدهای کمک‌رسانی قادر به مشارکت در پاک‌سازی نبودند (Booth 2010). مدیریت پسماند حاصل از بلایا چالش‌برانگیزتر از جمع‌آوری زباله در زمان عادی است. دلایل آن عبارت‌اند از:

۱. مدیریت پسماند دارای حداقل اولویت در کشورهای در حال توسعه است (به دلیل تنگدستی، کمبود غذا، لباس و پناهگاه) که بدون هیچ منبعی جهت برنامه‌ریزی و اقدام در طول فاجعه، رها می‌شود؛
 ۲. کارکنان و پرسنل مدیریت پسماند در طول فاجعه آسیب می‌بینند و یا تعدیل می‌شوند؛
 ۳. وسایل نقلیه مورد استفاده جهت مدیریت پسماند به‌قدری آسیب می‌بینند که قابل تعمیر نیستند؛
 ۴. شبکه حمل‌ونقل تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛
 ۵. اغتشاش در مناطق فاجعه‌زده، دیده می‌شود؛
 ۶. مواد طبیعی و آب راکد در طول فاجعه به زمینه‌های پرورش وکتور تبدیل می‌شوند؛
 ۷. به علت شیوع بیماری‌های واگیردار، نیاز به لباس ایمنی شخصی و تجهیزات کیفیت بالا وجود دارد؛
 ۸. میزان زباله عفونی و خطرناک به دلیل آلودگی افزایش می‌یابد؛
 ۹. محل‌های دفع زباله نیز آسیب می‌بینند و یافتن محل جدید تا زمان بازسازی محل قدیمی را سخت می‌کند (جدول ۱۳-۲).
- بسته به طبیعت و شدت، بلایا می‌توانند حجم بزرگی از ضایعات و نخاله ایجاد کنند (Charlotte et al., 2011). سقوط ساختمان‌ها بیشترین سهم را در تولید ضایعات دارد. اندازه ساختمان‌ها از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. با توجه به مطالعه انجام‌شده در ژاپن توسط هیرایام و همکاران (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰)، ضایعات و نخاله تولیدشده در طول فاجعه بین ۳۰ تا ۱۱۳ تن/وسایل خانگی متغیر است.

^۱ Hurricane storm surges

^۲ Haiti

خطراتی که در حوزه بهداشت عمومی قرار می‌گیرند، در طول فاجعه به دلایل زیر بیشتر می‌شوند: (۱) تماس با زباله انباشته در منطقه تحت تأثیر فاجعه، (۲) جانوران و حشرات ناقل بیماری^۱ و نیز جوندگان، (۳) سقوط ساختارهای ناپایدار پس از فاجعه. همچنین، ضایعات حاصل از بلایا تأثیرات زیست‌محیطی همچون اختلال در اکوسیستم، تغییر در جمعیت گونه‌ها و نابودی مناطق کشاورزی را به همراه دارند.

علاوه بر بلایای طبیعی، اختراع و استفاده از علم نیز منجر به فجایع تکنولوژیکی می‌شود. روند فجایع تکنولوژیکی در قرن گذشته در شکل ۱۳-۲ نشان داده شده است. بلایای طبیعی و تکنولوژیکی در دهه گذشته به اوج خود رسیده‌اند و روند رو به پایین دارند (جدول ۱۳-۳).

بر طبق نظریه رینهارد و مک‌کرینور (۱۹۹۹)، حجم ضایعات ایجاد شده از یک فاجعه ۵ تا ۱۵ برابر زباله سالانه ایجاد شده در جامعه آسیب‌دیده است. سرعت واکنش به حادثه و بازسازی، تحت تأثیر ضایعات بلایا می‌باشد زیرا این ضایعات باعث بسته شدن جاده‌ها، آتش‌سوزی، بیماری و آسیب/صدمات می‌شوند. طبیعت فاجعه به دلیل آلودگی با مواد شیمیایی/عوامل بیماری‌زا باعث تغییر مشخصه‌های اصلی ضایعات می‌شود. وزن ضایعات به دلیل رطوبت‌پذیری در طول طوفان/باران/سیل تغییر می‌کند. یک فاجعه ممکن است به فاجعه‌ای دیگر منجر شود. بلایای طبیعی ممکن است باعث حوادث صنعتی شوند. انسداد رودخانه/رود در طول زمین‌لرزه/طوفان/بهمن، باعث سیل می‌شود.

تسریع جنگل‌زدایی آغازگر بلایایی همچون سیل و رانش زمین در قرن گذشته، کشته شدن افراد و از بین رفتن زیرساخت‌ها، منازل و محصولات شده است. فاجعه‌های کوچک اما برگشت‌پذیر و تکرارشونده بر توسعه ملل تأثیر بسزایی دارند. سیل تکرارشونده در بنگلادش سالانه ۵٪ از GDP ملی را به خود اختصاص می‌دهد (Guha-Spaur et al., 2004).

همواره اولین اقدام پس از فاجعه تأمین نیازهای جمعیت آسیب‌دیده همچون آب، غذا، بهداشت، پناهگاه و خدمات درمانی است؛ اما ضایعات حاصل از فاجعه به سرعت به یک دغدغه اساسی تبدیل شده و به دیگر مشکلات اضافه می‌شود. ضایعات و نخاله حاصل از بلایا اغلب اولین منبع اضطراری انرژی و پناهگاه به شمار می‌روند زیرا مواد و مصالح ساختمانی و سوخت را فراهم می‌کنند.

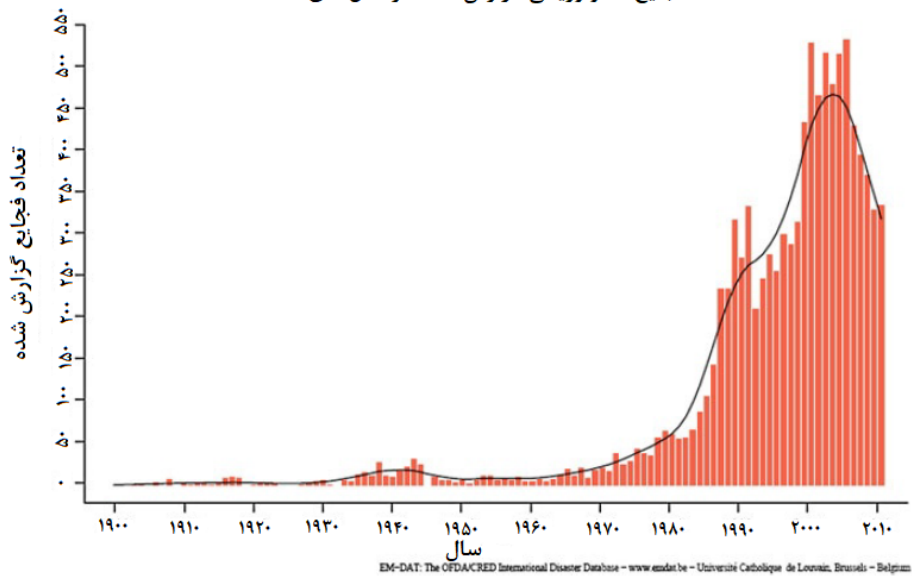
^۱ Vector

جدول ۱۳-۲ مقدار ضایعات تولیدشده در برخی از فجایع

سال	فاجعه	کشور	مقدار خسارت	منبع
۲۰۱۱	زلزله و سونامی در ژاپن	ژاپن	۸۰-۲۰۰ میلیون تن	Booth (2010)
۲۰۱۰	زلزله در هایتی	هایتی	۲۳-۶۰ میلیون تن	Brown et al (2010)
۲۰۰۹	زلزله عقاب	ایتالیا	۱/۵-۳ میلیون تن	Taylor (2008)
۲۰۰۸	زلزله سیچوان	چین	۲۰ میلیون تن	Luther (2008)
۲۰۰۵	گردباد کاترینا	آمریکا	۷۶ میلیون مترمکعب	Solid Waste Authority (2004)
۲۰۰۴	گردبادهای فرانسوز و جین، فلوریدا	آمریکا	۳ میلیون مترمکعب	UNEP (2005)
۲۰۰۴	طوفان توکاژ	ژاپن	۴۴۷۸۰ هزار تن	Basnayake et al., (2006)
۲۰۰۴	سونامی اقیانوس هند	تایلند	۰/۸ میلیون تن	Basnayake et al., (2006)
۲۰۰۴	سونامی اقیانوس هند	سريلانكا	۰/۵ میلیون تن	Bjerregard (2009)
۲۰۰۴	سونامی اقیانوس هند	اندونزی	۱۰ میلیون مترمکعب	Shelter Centre et al., (NA)
۲۰۰۴	سونامی اقیانوس هند	مالدیو	۲۹۰۰۰ ضایعات تخریب، ۵۰۰۰۰ مترمکعب ضایعات دیگر	MSW (2006)
۲۰۰۴	گردباد چارلی	آمریکا	۲ میلیون مترمکعب	George Tchobanoglous (2002)
۲۰۰۱	حمله به برج دو قلو، نیویورک	آمریکا	۱/۶ میلیون تن ضایعات	DANIDA (2004)
۱۹۹۹	جنگ در کوزوو	کوزوو	۱۰۰۰۰۰ هزار	Baycan (2004)
۱۹۹۹	زلزله در مرمره	ترکیه	۱۳ میلیون تن	Reinhart & McCreanor (1999)
۱۹۹۵	گردبادهای فلوریدای مرکزی	آمریکا	۰/۹ میلیون مترمکعب	USEPA (1995)
۱۹۹۴	زلزله مهیب هانشین، آواجی، کوب	ژاپن	۱۵ میلیون تن	SARA (1995)
۱۹۹۴	زلزله نورث ریج، کالیفرنیا	آمریکا	۷ میلیون مترمکعب نخاله	GOES (2005)
۱۹۹۳	زلزله دره سیمی، کالیفرنیا	آمریکا	۷۵۰۰۰ هزار	George Tchobanoglous (2002)
۱۹۹۲	آتشسوزی در جنوب کالیفرنیا	آمریکا	۶۴۰۰۰ هزار	USEPA (1995)

USEPA (1995)	۴۰ میلیون تن نخاله	آمریکا	گردباد اندرو، کالیفرنیا	۱۹۹۲
	۴۳ میلیون مترمکعب نخاله تنها در شهر مترو-دید	آمریکا	زلزه شهر مترو-دید، فلوریدا	۱۹۹۲
USEPA (1995)	۳/۸ میلیون مترمکعب نخاله ۱/۵ میلیون مترمکعب پسماند سبز	آمریکا	گردباد اینیکی، هاوایی گردباد هوگو، شهر مکلنبرگ	۱۹۸۹

فجایع تکنولوژیکی گزارش شده در سال های ۱۹۰۰-۲۰۱۰



شکل ۱۳-۲ فجایع تکنولوژیکی گزارش شده بین سال های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ در سراسر جهان

جدول ۱۳-۳ انواع پسماند ایجاد شده در طول فجایای مختلف

	جنگ	زلزله/زمین لغزه/پهن	آتش سوزی	سیل	گردباد	طوفان	سونامی	فوران آتش فشان
خاکستر و چوب زغال شده	✓		✓					✓
ضایعات ساختمانی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
کالاهای خانگی خراب شده	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
پسماند خانگی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
پسماند خطرناک	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
پسماند صنعتی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
پسماند ترمیم		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
خاک و گل				✓			✓	
گیاهان		✓			✓	✓	✓	
پسماند بیوپزشکی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

زمانی که بلایا در مناطق شهری اتفاق می‌افتند، میزان زیادی از ضایعات و نخاله را تولید می‌کنند. در گذشته، ضایعات حاصل از بلایا، سوزانده شده و یا دفن می‌شدند اما امروزه، این امر از سوی بسیاری از جوامع قابل قبول نیست و ساکنین نمی‌خواهند در معرض آلاینده‌های هوا قرار بگیرند و باعث آلودگی آب آشامیدنی و خاک شوند. در صورتی که زباله بدون توجه و مراقبت رها شود، شروع به تجزیه و فرسایش کرده و سبب آلودگی آب سطحی/زیرزمینی و انتشار LFG قابل اشتعال خواهد شد. در مقابل، زباله حاصل از بلایا حجم قابل توجهی از مصالح ساختمانی قابل بازیافت/بازیابی دارد که می‌توان از آن‌ها در عملیات‌های ترمیم و بازسازی استفاده کرد.

تغییرات جهانی آب‌وهوا، وقوع حوادث را افزایش می‌دهد، همچنین سیل، طوفان/گردباد و زباله‌های مرتبط بیشتری را ایجاد می‌کند. افزایش جمعیت، شهرنشینی و ناتوانی جمعیت در فرار از بلایای طبیعی و شرایط اضطراری زیست‌محیطی چالش بیشتری برای مدیریت زباله حاصل از بلایا به وجود می‌آورد.



شکل ۱۳-۳ منطقه‌ای که در معرض سونامی قرار گرفته است

شهرنشینی به مقادیر زیادی از منابع طبیعی تصفیه شده همچون سیمان ساخته شده از سنگ آهک استخراج شده، فلزات حاصل از تخلیص سنگ‌های معدنی و چوب‌های جنگلی نیاز دارد. یک تن از ضایعات و نخاله شهری ۲۰ تا ۱۰۰ برابر از اجزای طبیعی مانند سنگ معدن، سوخت‌های فسیلی، ماده معدنی و چوب را در بر خواهد داشت. بازسازی پس از وقوع بلایایی که در مناطق شهری اتفاق افتاده‌اند به معنای مصرف بیشتر منابع طبیعی است که به آلودگی و نشر GHG کمک می‌کند. اثر طوفان میچ بر هندوراس باعث عقب‌افتادگی ۲۰ ساله کشور شد (Guha-Spair et al., 2004). از این رو، راه‌حل ممکن حداکثر استفاده از ضایعات از طریق استفاده مجدد و بازیافت است.

۱۳-۱- سونامی

سونامی به دلیل زمین‌لرزه، رانش زمین در زیردریاها و فوران آتشفشان رخ می‌دهد. سه عامل مخرب در طول سونامی اتفاق می‌افتد: طغیان و آب‌گرفتگی، برخورد موج با ساختارها و فرسایش. جریان‌های ناشی از سونامی می‌توانند منجر به فرسایش پی‌ها و ریزش پل‌ها و دیوار یا سدهای دریایی شوند. نیروهای کششی و شناوری می‌توانند خانه‌ها را حرکت داده و واگن‌ها را واژگون کنند.

همچنین به دلیل شناوری ضایعات و نخاله، آسیب‌هایی ایجاد می‌شود زیرا این ضایعات به پرتابه‌های خطرناک تبدیل شده و باعث درهم شکستن ساختمان‌ها، قطع خطوط برق و شروع آتش می‌شوند. آتش کشتی‌های آسیب‌دیده، با درهم شکستن مخازن ذخیره‌سازی ساحلی نفت و پالایشگاه‌ها، می‌توانند میزان آسیب به GOES را افزایش دهند (۲۰۰۵).

در ۱۱۰ سال گذشته ۵۷ سونامی اتفاق افتاده است که منجر به مرگ ۰/۲۶ میلیون نفر شده و زندگی بیش از ۲/۹ میلیون نفر تحت تأثیر قرار داده است. شکل ۱۳-۳ مناطق تحت تأثیر سونامی در جزایر اندامان و نیکوبار هندوستان را نشان می‌دهد. بسته به نوع و شدت، بلایا می‌توانند ضایعات و نخاله زیادی ایجاد کنند، این امر از طریق مطالعات سیرینیواز و ناکاگاوا (۲۰۰۸) در زمینه سونامی سریلانکا که در سال ۲۰۰۴ اتفاق افتاد، مشخص شد. سونامی به زیرساخت‌ها آسیب اساسی زده و ضایعات را در منطقه‌ای وسیع پخش می‌کند. ضایعات و نخاله معمولاً با خاک و دیگر مواد سبک همچون برگ، آشغال، لباس و غیره مخلوط هستند که تفکیک و رسیدگی به زباله را سخت می‌کند. حجم نخاله و ضایعات یک حادثه می‌تواند ۵ تا ۱۵ برابر میزان متوسط زباله تولیدشده سالیانه جامعه آسیب‌دیده باشد (Basnayake, et al., 2006; Reinhart & McCreanor, 1999). در سال ۲۰۱۱، زمین‌لرزه و سونامی منجر به ریزش ۱۸۰۰۰ و آسیب جزئی ۱۴۰۰۰۰ خانه شد. فقط در استان میاگی^۱ ژاپن حدود ۱۴۶۰۰۰ اتومبیل از بین رفت. فاجعه منجر به فاسدشدن ۵۰۰۰۰۰ تن غذای دریایی موجود در تأسیسات سردخانه‌ای از کار افتاده بنادر گردید.

بسیاری از ضایعات سونامی اندونزی توسط پیمانکاران مشخص‌شده توسط دولت پاک‌سازی گردید. میزان ضایعات تولیدشده در کوتا آچه باندا^۲ اندونزی حدود ۸۵۰۰۰۰۰ مترمکعب بود (UNDP و BRR NA). زباله جمع‌آوری شده در محل‌های موقت تخلیه زباله سونامی همچون مزارع برنج، استخرهای پرورش ماهی و زمین‌های نزدیک منازل مسکونی تخلیه شد. تأسیسات بازیابی ضایعات سونامی (TWRFs^۳) مستقر در کوتا آچه باندا اندونزی مشغول به پاک‌سازی پسماند و ضایعات سونامی، تخریب ساختمان‌های آسیب‌دیده، و بازیابی مواد قابل بازیافت با استفاده از تجهیزات سنگین بود. TWRF ها با هزینه خود برای برنامه کاری نیروی کار استخدام کردند.

^۱ Miagi

^۲ Kota Banda Aceh

^۳ Tsunami Waste Recovery Facilities

۱۳-۲- زمین لرزه

زمین لرزه هرساله به طور میانگین بر زندگی ۱۳۰ میلیون نفر تأثیر می گذارد (UNDP, 2004). لرزه ها معمولاً به دلیل حرکت صفحات تکتونیکی^۱ اتفاق می افتند اما پدیده های دیگری مانند لرزش مخازن (RTS) نیز می توانند منجر به زمین لرزه شوند، جاییکه لرزه ها توسط فرایندهای فیزیکی آغاز شده و با آگیری مخازن بزرگ آب همراه هستند.

همان طور که در جدول ۱۳-۴ خلاصه شده است، در ۱۱۰ سال گذشته میزان کل ۱۱۹۰ زمین لرزه گزارش شده (به انضمام زمین لرزه های دریایی منجر به سونامی) منجر به مرگ ۲/۵ میلیون نفر شده و بر زندگی بیش از ۱۷۰ میلیون نفر تأثیر داشته اند.

زمین لرزه سال ۱۹۹۹ در منطقه مرمره^۲ ترکیه باعث تولید حدود ۱۳ میلیون تن ضایعات شد. مدیریت پسماند انجام شده توسط شهرداری های محلی بدون مسئولیت، تسلط و پاسخگویی درست منجر به اغتشاش و نابسامانی وظایف و مسئولیت ها، تکرار چندباره فعالیت ها، مدیریت ناکارآمد منابع و هماهنگی ضعیف شد (ISDR NA و UNDP).

بیشتر زمین لرزه ها در طول مرزهای صفحات تکتونیکی اتفاق می افتند. حدود ۸۰٪ از زمین لرزه های بزرگ جهان در کمربندی احاطه کننده اقیانوس آرام اتفاق می افتد و به همین دلیل، این کمربندی را اغلب "حلقه آتش" می نامند. زمین لرزه باعث ناپایداری شیب و در نتیجه رانش زمین و خاک می شود.

شکل ۱۳،۴ تعداد زمین لرزه های اتفاق افتاده در کشورهای مختلف، بین سال های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ را نشان می دهد. زمین لرزه ضایعات زیادی ایجاد می کند که مانع کار امدادگران و ارائه دهندگان خدمات اضطراری می شود. ضایعات زمین لرزه معمولاً شامل مصالح ساختمانی، لوازم شخصی و رسوبات هستند. معمولاً این ضایعات به حدی سنگین هستند که افراد به تنهایی قادر به حمل و رسیدگی به آن ها نمی باشند (Booth, 2010).

زمین لرزه در کوب^۳ ژاپن در ژانویه ۱۹۹۵ با تخریب بیش از ۱۹۲۰۰۰ ساختمان، همچنین جاده ها و ریل های آهن، منجر به تولید ۱۵۰۰۰۰۰ مترمکعب زباله گردید. بخش عمده ضایعات جهت بازیابی زمین در خلیج اوزاکا استفاده و یا به محل های دفن زباله فرستاده شدند. این امر منجر به اشغال فضای ارزشمند محل دفن زباله گردید و بر سیستم های مدیریت پسماند جامد شهری نیز تأثیر گذاشت (shelter center ,et al., NA).

^۱ Tectonic Plate Movement

^۲ Marmara

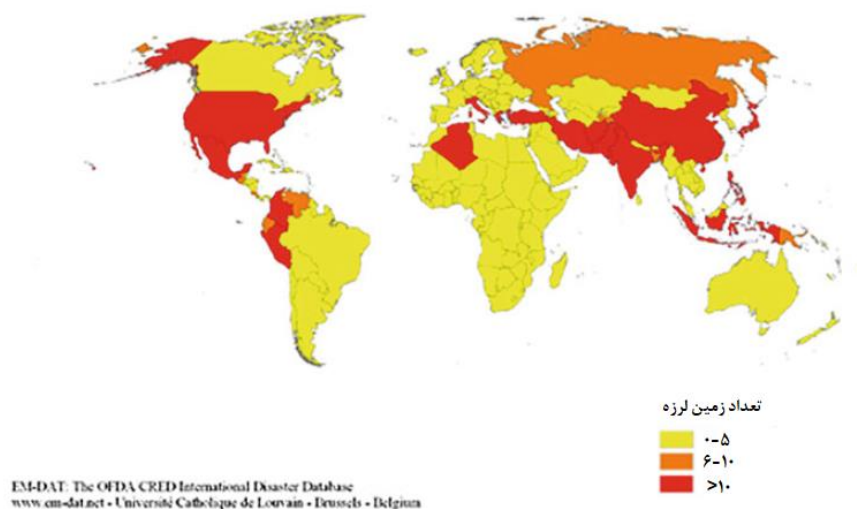
^۳ kobe

جدول ۱۳-۴ جدول خلاصه شده ای از زلزله های مهیب که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه بندی شده اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشتگان	کل مجروحان و کشتگان	خسارت
آفریقا	زلزله (لرزش زمین)	۷۵	۲۱۰۷۴	۱۶۹۴۱۳۷	۱۲۱۲۹۶۹۹
	تعداد میانگین		۲۸۱	۲۲۵۸۸/۵	۱۶۱۷۲۹/۳
	سونامی	۴	۳۱۲	۱۰۹۹۱۳	۲۳۰۰۰۰
	تعداد میانگین		۷۸	۲۷۴۷۸/۳	۵۷۵۰۰
آمریکا	زلزله (لرزش زمین)	۲۵۵	۴۳۸۸۶۶	۳۲۱۲۶۰۴۶	۱۰۰۷۵۹۹۰۶
	تعداد میانگین		۱۷۲۱	۱۲۵۹۸۴/۵	۳۹۵۱۳۶/۹
	سونامی	۶	۳۸۰	۷۵۲	۹۰۰
	تعداد میانگین		۶۳/۳	۱۲۵/۳	۱۵۰
آسیا	نامشخص	۲	۷۸	۱۴۷۲۶	-
	تعداد میانگین	۶۰۷	۳۹	۷۳۶۳	-
	زلزله (لرزش زمین)		۱۵۵۸۲۴۷	۱۲۷۲۸۶۲۶۰	۳۰۹۹۷۶۰۷۴
	تعداد میانگین	۳۳	۲۵۶۷/۱	۲۰۹۶۹۷/۳	۵۱۰۶۶۹
اقیانوسیه	سونامی		۲۶۲۳۸۸	۲۸۴۳۱۶۸	۲۲۲۶۳۷۰۰۰
	تعداد میانگین	۱۵۳	۷۹۵۱/۲	۸۶۱۵۶/۶	۶۷۴۶۵۷۵/۸
	زلزله (لرزش زمین)		۲۷۵۸۹۷	۵۴۸۶۰۴۶	۶۱۸۶۶۳۳۶
	تعداد میانگین	۴	۱۸۰۳/۲	۳۵۸۵۶/۵	۴۰۴۳۵۵/۱
	سونامی		۲۳۷۶	۲	-
	تعداد میانگین	۴۱	۵۹۴	۰/۵	-
	زلزله (لرزش زمین)		۶۰۹	۶۹۱۰۱۵	۱۷۸۷۹۴۱۹
	تعداد میانگین	۱۰	۱۴/۹	۱۶۸۵۴	۴۳۶۰۸۳/۴
	سونامی		۲۷۹۳	۲۰۸۴۳	۱۵۹۵۰۰
	تعداد میانگین		۲۷۹/۳	۲۰۸۴/۳	۱۵۹۵۰

زمین لرزه سواحل ژاپن در یازدهم مارچ ۲۰۱۱ با شدت ۹ ریشتر، باعث سونامی با موج هایی به بلندی ۳۰ متر گردید که قدرت پیشروی این موج ها در خشکی به اندازه ۵ کیلومتر بود و منجر به بزرگترین و پرهزینه ترین فاجعه دنیا شد. میزان کل ضایعات این سونامی تقریباً بین ۸۰ تا ۲۰۰ میلیون تن بود.

تعداد وقوع زمین لرزه در کشورهای مختلف:
۱۹۷۴-۲۰۰۳



شکل ۱۳-۴ تعداد وقوع زمین لرزه در کشورهای مختلف: ۱۹۷۴-۲۰۰۳

۱۳-۳- دفع بی‌قاعده زباله خطرناک

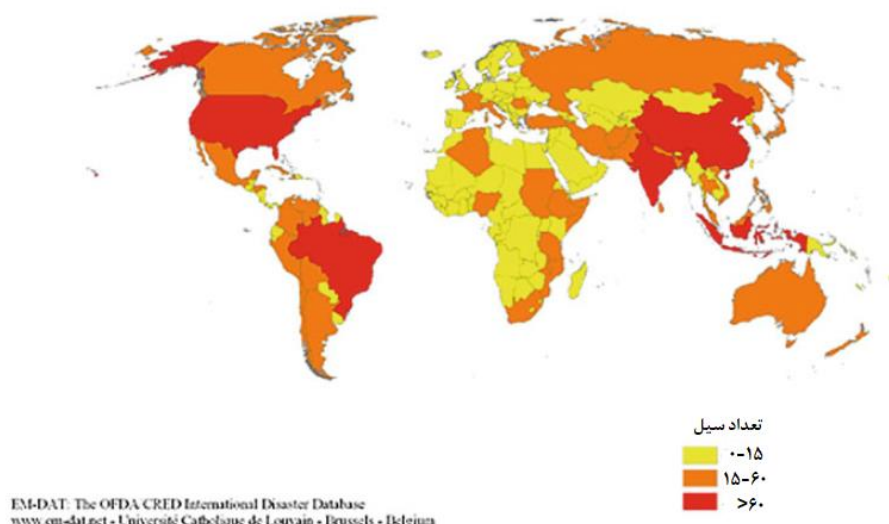
دفع بی‌قاعده زباله خطرناک را می‌توان از جمله فجایع تکنولوژیک در نظر گرفت. در سال ۱۹۸۲، ۲۲۴۲ نفر از ساکنین ایالت میسوری آمریکا به دلیل یافتن دیوکسین در خاک، مجبور به جابجایی شدند. همچنین در سال ۱۹۸۴ در بوپال^۱ هندوستان، آزاد شدن گاز متیل ایزوسیانات منجر به فجایع مختلفی شد (Banerjee, 2001; E&DM, 2003). ۲۶۵۳۵۴ تن خاک و مواد آلوده شده به دیوکسین در چندین محل دفن در شرق ایالت میسوری در حداث سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۷ سوزانده و تبدیل به خاکستر شدند (E&DM, 2003).

دفع بی‌قاعده زباله معمولاً توسط صنایع و کشورها گزارش نمی‌شود. نبود زیرساخت و قوانین، علل اصلی دفع بی‌قاعده زباله هستند. برخی کشورهای در حال توسعه قوانین را پذیرفته و تصویب نموده‌اند اما زیرساخت‌های لازم جهت دفع زباله را ایجاد نکرده‌اند. به دلیل نبود نیروهای کارشناس و با تجربه، دولت‌ها به دنبال کارفرمایان و یا آژانس‌های سرمایه‌گذاری‌ای هستند تا مسئولیت آن‌ها در قبال ایجاد تأسیسات دفع و جمع‌آوری زباله را بر عهده بگیرند.

^۱ Bhopal

علاوه بر دفع عمدی زباله‌های خطرناک، سایر بلایا می‌توانند با آسیب رساندن به مخازن ذخیره باعث نشت مواد شیمیایی شوند. به‌عنوان نمونه، تعطیل کردن و بستن عجلانه نیروگاه‌ها در طول بلایا می‌تواند منجر به نشت شده و باعث آسیب رسیدن به راکتورها و ذخایر شیمیایی گردد. طوفان کاترینا و ریتا سبب اتفاق افتادن ۱۶۶ حادثه نشت قابل گزارش، شده بودند (Ruckart, et al., 2008).

تعداد وقوع سیل در کشورهای مختلف:
۱۹۷۴-۲۰۰۳



شکل ۱۳-۵ تعداد وقوع سیل در کشورهای مختلف: ۱۹۷۴-۲۰۰۳

۱۳-۴- سیل

در سه دهه اخیر حدود دو-سوم از کل بلایای طبیعی که دارای منشأ آب‌وهوایی بوده‌اند، بخش کشاورزی مناطق روستایی را تحت تأثیر قرار داده‌اند. شکل ۱۳-۵ تعداد وقوع سیل در کشورها بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ را نشان می‌دهد. تأثیرات ناشی از این بلایا عبارت‌اند از نابود شدن محصولات و تخریب مزارع به دلیل باد و باران، و یا سیل. طغیان رودخانه یانگ تسه^۱ چین در سال ۱۹۹۸ به دلیل از بین رفتن جنگل در حوضه رودخانه، بیش از ۳۰۰۰ نفر را کشت و بر زندگی ۲۳۰ میلیون نفر تأثیر گذاشت (گوها-اسپیر و همکاران، ۲۰۰۴). طغیان رودخانه سالادو دل نورت^۲

^۱ Yangtze

^۲ Salado del Norte

آرژانتین در سال ۲۰۰۳ منجر به پراکندگی ۶۰۰۰۰ تن زباله جامد در سراسر شهر سان تافه^۱ شد (Bordon, 2003).

سیل (شکل ۱۳-۶، ۱۳-۷، ۱۳-۸، ۱۳-۹) معمولاً منجر به جابجایی‌های انبوه شده و باعث نیاز به سرپناه و کمپ می‌شود. این نوع بلایا سبب انباشته شدن حجم زیادی از ضایعات می‌گردند که برخی اوقات وجود مواد پرخطر در این ضایعات باعث خطرناک شدن کل زباله می‌شود. به دلیل وجود کپک و قارچ ممکن است کلیه مواد قابل تجزیه همچون مواد غذایی/ الوار / اجساد فاسد شوند. ضایعات معمولاً با خاک و دیگر اشیاء نرم مانند برگ، پسماند جامد، لباس‌های کهنه و غیره مخلوط می‌شوند که مدیریت و تفکیک پسماند را سخت‌تر می‌کند. سیل با خود خاک و نخاله را به منطقه آسیب‌دیده حمل می‌کند که دسترسی به این مناطق را حتی پس از فروکش کردن سیلاب مشکل می‌سازد. همچنین، خاک موجود در مناطق سیل‌زده نرم و دوغابی شده و حرکت انسان/وسایل نقلیه را دشوار می‌کند.



شکل ۱۳-۶ سیل در منطقه نیمه‌شهری

^۱ Santa Fe



شکل ۷-۱۳ سیل در منطقه شهری



شکل ۸-۱۳ تجارت در خیابان‌های منطقه‌ای که دچار سیل شده است.



شکل ۹-۱۳ اجساد حیوانات مرده پس از سیل

برخلاف زمین لرزه که ضایعات در محل خود باقی می‌مانند، در هنگام جاری شدن سیل، جریان آب زباله جامد را جابجا می‌کند. اجساد انسان‌ها و حیوانات، احتمال انتقال بیماری و وخیم‌تر شدن مشکلات آب و فاضلاب در منطقه آسیب‌دیده را افزایش می‌دهند. انسداد سیستم‌های زهکشی در مناطق شهری اوضاع را نامناسب‌تر می‌سازد. جمع‌آوری زباله در طول جاری شدن سیل غیرممکن است و البته در هنگام سیل جمع‌آوری زباله در اولویت نخواهد بود. مواد شناور تا مسافت‌های دور حمل می‌شوند اما مواد سنگین تا جاییکه جریان آب قدرت داشته باشد، جابجا می‌گردند.

جدول ۵-۱۳ جدول خلاصه شده‌ای از سیل‌ها که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	کل افراد آسیب‌دیده	خسارت (۰۰۰ دلار)
آفریقا	نامشخص	۲۲۱	۶۹۰۹	۱۳۵۹۲۳۶۲	۹۶۵۰۰۷
	تعداد میانگین		۳۱/۳	۶۱۵۰۳/۹	۴۳۶۶/۵
	سیل ناگهانی	۸۴	۲۷۶۶	۲۲۳۶۵۴۴	۴۸۶۰۸۶
	تعداد میانگین		۳۲/۹	۲۶۶۲۵/۵	۵۷۸۶/۷
	سیل معمولی				
	تعداد میانگین	۴۶۴	۱۳۸۹۳	۳۸۱۱۲۱۱۶	۴۷۴۰۱۸۴
	امواج		۲۹/۹	۸۲۱۳۸/۲	۱۰۲۱۵/۹
آمریکا	طوفانی/سیل	۷	۱۶۹	۱۲۰۲۸۲۹	۴۲۷۵۰
	ساحلی		۲۴/۱	۱۷۱۸۳۲/۷	۶۱۰۷/۱
	تعداد میانگین				
	نامشخص	۳۵۷	۵۶۹۷۲	۲۸۸۸۳۳۵۶	۲۲۱۸۷۴۹۷
	تعداد میانگین		۱۵۹/۶	۸۰۹۰۵/۸	۶۲۱۴۹/۹
	سیل ناگهانی	۶۲	۳۲۳۹۸	۲۷۵۸۳۱۰	۴۸۳۹۸۷۰
	تعداد میانگین		۵۲۲/۵	۴۴۴۸۸/۹	۷۸۰۶۲/۴
آسیا	سیل معمولی	۴۸۵	۱۲۷۱۵	۵۰۲۶۴۸۰۷	۵۵۳۴۹۸۴۰
	سیل		۲۶/۲	۱۰۳۶۳۸/۸	۱۱۴۱۲۳/۴
	معمولی/گلرود	۱	۱۱	۹۹۵۰	-
	تعداد میانگین		۱۱	۹۹۵۰	-
	امواج				
	طوفانی/سیل	۱۷	۱۰۷۰	۱۰۵۴۸۱۸	۱۲۱۲۷۲۰
	ساحلی		۶۲/۹	۶۲۰۴۸/۱	۷۱۳۳۶/۵
اروپا	تعداد میانگین	۵۲۹	۲۳۶۵۲۹۷	۸۶۳۳۱۹۵۷۳	۴۱۷۹۶۲۵۲
	نامشخص		۴۴۷۱/۳	۱۶۳۱۹۸۴/۱	۷۹۰۰۹/۹
	تعداد میانگین	۲۶۳	۲۶۳۱۷	۱۶۴۱۶۲۶۷۹	۲۶۳۰۴۷۳۸
	سیل ناگهانی		۱۰۰/۱	۶۲۴۱۹۲/۷	۱۰۰۰۱۸
	تعداد میانگین				
	سیل معمولی	۷۸۰	۴۳۹۶۲۳۱	۲۱۶۳۱۳۸۵۹۸	۲۰۹۵۳۸۴۶۲
	تعداد میانگین				

۲۶۸۶۳۹/۱	۲۷۷۳۲۵۴/۶	۵۶۳۶/۲		امواج	اقیانوسیه
۸۴۷۲۳۸۴	۱۸۱۷۴۲۰/۱	۲۰۶۰	۴۰	طوفانی/سیل	
۲۱۱۸۰۹/۶	۴۵۴۳۵۵	۵۱/۵		ساحلی	
۲۴۲۶۰۱۰۵	۴۲۶۵۵۶۹	۳۲۸۹	۱۳۳	تعداد میانگین	
۱۸۲۴۰۶/۸	۳۲۰۷۱/۹	۲۴/۷		نامشخص	
۱۴۴۷۱۷۱۰	۵۳۵۶۸۹	۱۶۲۹	۴۵	تعداد میانگین	
۳۲۱۵۹۳/۶	۱۱۹۰۴/۲	۳۶/۲		سیل ناگهانی	
۶۶۰۱۸۲۱۲	۸۳۴۵۳۷۲	۱۸۹۴	۳۰۷	تعداد میانگین	
۲۱۵۰۴۳	۲۷۱۸۳/۶	۶/۲		امواج	
۳۴۲۶۲۲	۶۱۵۵۳۱	۲۰۲۸	۷	طوفانی/سیل	
۴۸۹۴۶	۸۷۹۳۳	۲۸۹/۷		ساحلی	
۵۸۰۰۲۱	۴۳۲۳۹۳	۲۱۹	۴۶	تعداد میانگین	
۱۲۶۰۹/۲	۹۳۹۹/۸	۴/۸		نامشخص	
۱۸۹۲۱۰۰	۳۶۹۳۹	۹۰	۱۸	تعداد میانگین	
۱۰۵۱۱۶/۷	۲۰۵۲/۲	۵		سیل ناگهانی	
۸۸۷۸۷۵۴	۳۷۳۰۹۳	۱۴۲	۴۸	تعداد میانگین	
۱۸۴۹۷۴	۷۷۷۲/۸	۳		سیل معمولی	
۲۵۲۵۰۰	۷۸۰۳۰	۱۴	۱۰	تعداد میانگین	
۲۵۲۵۰	۷۸۰۳	۱/۴		امواج	
				طوفانی/سیل	
				ساحلی	
				تعداد میانگین	

تأثیر سیل بر مدیریت پسماند به گستردگی سیل بستگی دارد. به دلیل شهرنشینی سریع، شهرک‌ها در کشورهای در حال توسعه قبل از ایجاد مجاری تخلیه آب باران/طوفان و فاضلاب‌های سطحی ساخته می‌شوند. علاوه بر این، انشعابات غیرقانونی، دکه‌های خیابانی و پارکینگ‌های نامناسب منجر به جمع شدن آب و تشکیل آبگیر حتی در باران کم شدت می‌شوند. سیل به دلیل جذب آب باعث افزایش حجم ضایعات بر زمین مانده می‌شود.

همان‌طور که در جدول ۱۳-۵ خلاصه شده است، در ۱۱۰ سال گذشته تعداد ۳۹۲۴ سیل گزارش شده که منجر به مرگ حدود ۶/۹ میلیون نفر شده و بر زندگی بیش از ۳۳۶۱/۵ میلیون نفر تأثیر داشته است.

زهکشی نامناسب نیز منجر به تشکیل آبگیر در مناطق کم‌عمق همراه با زباله حمل شده می‌گردد. سیل باعث افزایش پشه و دیگر انواع جانوران و حشرات ناقل بیماری می‌شود. در هنگام سیل نمی‌توان از نشت آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی جلوگیری کرد. به محض فروکش کردن سیل، افراد شروع به دور انداختن لوازم و قطعات آسیب‌دیده می‌کنند. مواد حاصل از خانه‌های تخریب شده و از بین رفته نیز به این نخاله‌ها اضافه می‌شوند. پس از وقوع سیل میدوست^۱ در سال ۱۹۹۳، مقامات شهر لینکلن در ایالت میسوری ضایعات حاصل را از طریق تخلیه آن‌ها در مجموعه مراکز و بخش‌های جمع‌آوری پسماند، مدیریت کردند. جهت مطابقت با قوانین پسماند جامد و اهداف بازیافت، کارکنان بخش‌ها و پیمانکاران ضایعات و نخاله‌ها را تفکیک نمودند. دولت میسوری به‌طور موقت سیاست‌های بازیافت خود در خصوص ممنوعیت دفن مواد کمپوست را کنار گذاشت. همچنین، یک پیمانکار پسماند پرخطر، ضایعات خطرناک خانگی را دفع کرد (USEPA, 1995). پسماند و نخاله‌های چوبی بزرگ (LWD^۲) به همراه دیگر ضایعات با انباشته شدن در مسیر جریان بر آن تأثیر گذاشته و باعث تغییر شکل جریان می‌شوند. از این‌رو، پاک‌سازی نخاله‌ها و بازگرداندن جریان جهت جلوگیری از آسیب بیشتر به دلیل فرسایش و افزایش سیل ضروری است.

۱۳-۵- طوفان شدید، تندباد چرخنده دریایی/استوایی، طوفان موسمی، گردباد

طوفان شدید^۳ به سیستم گردش باد بسیار بزرگ، بسته و پادساعتگرد در نیمکره شمالی و ساعتگرد در نیمکره جنوبی در جو بالای اقیانوس اطلس غربی گفته می‌شود. بادهای قوی، فشار هوای پایین با سرعت ۶۴ گره یا بیشتر، از مشخصه‌های این نوع طوفان است. طوفان شدید به شدت فاجعه‌بار بوده و می‌تواند با بادهای گردان ضایعات را از جایی به جای دیگر حمل کند. در نتیجه، خرابی و ویرانی زیادی در مسیر طوفان آن وجود خواهد داشت.

طوفان موسمی^۴ به سیستم گردش باد بسیار بزرگ و بسته در جو بالای اقیانوس هند و آرام جنوبی گفته می‌شود که فشار هوای پایین، باران شدید و بادهایی با سرعت ۶۴ گره یا بیشتر، از

^۱ Midwest

^۲ Large Woody Debris

^۳ Hurricane

^۴ Cyclone

مشخصه‌های این نوع باد می‌باشد. طوفان موسمی به دلیل گرم شدن جو در سطح آب گرم اقیانوس تشکیل شده و شدت می‌گیرد. تندباد چرخنده دریایی/استوایی^۱ به سیستم گردش باد بسیار بزرگ و بسته در جو بالای اقیانوس آرام غربی با حداکثر سرعت باد ۶۴ گره یا بیشتر گفته می‌شود.

بادهای قوی طوفان شدید، طوفان دریایی / استوایی، طوفان موسمی سقف ساختمان‌ها را درهم‌شکسته و متلاشی می‌کنند که در نتیجه آن دیوارها می‌ریزند. بناهای دارای زیرساخت ضعیف ممکن است توان تحمل بار سقف‌ها را نیز نداشته باشند. ضایعات در زمین‌های باز، خیابان‌ها، محوطه‌های بازی و بازارهای دارای مساحت زیاد پخش می‌شوند. کشتی‌ها و قایق‌ها به سمت خشکی پرت شده و نابود می‌شوند و نیز احتمال غرق شدن کشتی‌ها در بنادر وجود دارد.

طوفان باعث تولید بادهای دارای سرعت بالا می‌شود که آب اقیانوس‌ها را تا بالاتر از سطح جزر و مد موج می‌کنند و نیز سبب ایجاد موج در آب‌های داخلی می‌گردند. ضایعات و نخاله‌های تولیدشده توسط طوفان شدید شامل ساختمان‌های آسیب‌دیده، مصالح ساختمانی، رسوبات و زباله‌های خام و گیاهان هستند. ضایعات طوفان باعث بسته شدن راه‌ها، قطع سیستم‌های ارتباطی و نیروی برق در منطقه‌ای وسیع می‌شود. بیشتر ضایعات و نخاله‌ها در منطقه اولیه بروز طوفان مشاهده می‌شوند و تا کیلومترها در داخل خشکی گسترش می‌یابند.

گردباد، ستونی از هوای چرخنده بسیار شدید و تخریب‌کننده است که یک سر آن به زمین و سر دیگر آن به ابرها متصل است. گردباد ممکن است با سرعتی معادل ۶۰ تا بیش از ۴۵۰ کیلومتر در ساعت حرکت کند. تأثیر گردبادهای دارای پهنای باریک می‌تواند تا کیلومترها بر جای بماند. بادهای بلند گردباد می‌توانند وسایل نقلیه را تا چندین متر دورتر پرتاب کرده، پوست درختان را کنده و به ساختمان‌ها آسیب جدی برسانند. جدول ۱۳-۶ خلاصه‌ای از طوفان‌ها را که از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ بر اساس قاره‌ها طبقه‌بندی شده‌اند، ۲۰۱۱ ارائه می‌دهد. پاک‌سازی ضایعات تولیدشده توسط طوفان کاترینا بیش از ۳/۲ میلیارد دلار آمریکا هزینه داشت.

در سال ۱۹۸۹، طوفان شدید هوگو منجر به ریزش زمین در چارلستون کارولینای جنوبی شد و با ادامه یافتن در خشکی باعث خسارت داخلی ایالت و کارولینای شمالی گشت. این طوفان ۴۰۰۰۰ تن زباله خام گیاهی در شهر مکلنبرگ کارولینای شمالی در ۳۲۲ کیلومتری (۲۰۰ مایل) چارلستون ایجاد کرد. تمام زباله به کود تبدیل شد و برای استفاده در اختیار شهروندان و کسبه قرار گرفت (USEPA, 1995). جزیره کارائیب مونسرات به دلیل طوفان شدید هوگو دچار آسیب‌های جدی شد و نزدیک ۹۸٪ از خانه‌ها آسیب دیدند و یا تخریب شدند (Guha-Spaur, et al., 2004).

^۱ Typhoon

تأثیرات ثانویه طوفان شدید، تندباد چرخنده دریایی/استوایی، طوفان موسمی، گردباد عبارت‌اند از سیل، گِلرود، ریزش ساختمان، فرسایش، قطع و سقوط درختان.

جدول ۱۳-۶ جدول خلاصه‌شده‌ای از طوفان‌ها که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	کل آسیب دیدگان	میزان خسارت
آفریقا	نامشخص	۵۴	۵۸۱	۹۵۴۸۰	۳۷۲۵
	تعداد میانگین		۱۰/۸	۱۷۶۸/۱	۶۹
	طوفان محلی	۵۲	۱۰۵۳	۳۹۹۰۴۴	۶۶۸۵۶۳
	تعداد میانگین		۲۰/۳	۷۶۷۳/۹	۱۲۸۵۷
	طوفان گرمسیری	۱۰۱	۳۵۱۶	۱۵۰۹۱۳۲۸	۳۰۷۹۴۳۰
آمریکا	تعداد میانگین		۳۴/۸	۱۴۹۴۱۹/۱	۳۰۴۸۹/۴
	نامشخص	۲۵۶	۹۰۷۰	۲۸۶۲۹۷۶	۳۴۱۹۷۲۴۰
	تعداد میانگین		۳۵/۴	۱۱۱۸۳/۵	۱۳۳۵۸۳
	طوفان برون	۲	۱۵	۱۶۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
	گرمسیری (طوفان زمستان)		۷/۵	۸۰۰	۵۰۰۰۰۰
آسیا	تعداد میانگین	۲۸۸	۷۸۱۰	۱۰۹۳۳۴۹	۸۵۱۹۲۱۶۰
	طوفان محلی		۲۷/۱	۳۷۹۶/۴	۲۹۵۸۰۶/۱
	تعداد میانگین	۵۷۲	۸۶۳۷۸	۴۸۰۱۷۸۸۶	۴۱۶۴۳۰۷۳۲
	طوفان گرمسیری		۱۵۱	۸۳۹۴۷/۴	۷۲۸۰۲۵/۸
	نامشخص	۲۷۰	۱۵۳۸۲	۵۲۳۷۶۱۴۱	۴۷۰۳۹۵۶
اروپا	تعداد میانگین	۱۷۲	۶۷۲۸	۱۹۳۹۸۵/۷	۱۷۴۲۲/۱
	طوفان محلی		۳۹/۱	۱۰۸۷۴۸۴/۱	۷۸۸۹۸۸۹
	تعداد میانگین	۹۷۰	۱۲۳۸۲۵۸	۵۷۱۸۹۴۳۸۱	۴۵۸۷۱/۴
	طوفان گرمسیری		۱۲۷۶/۶	۵۸۹۵۸۱/۸	۱۵۵۰۳۹۸۷۳
	نامشخص	۲۰۳	۵۳۳۸	۴۱۰۸۸۴۸	۱۵۹۸۳۴/۹
	تعداد میانگین		۲۶/۳	۲۰۲۴۰/۶	۳۲۲۰۱۸۰۰
	طوفان برون	۴۸	۲۴۱	۳۴۰۴۶۰۵	۱۵۸۶۲۹/۶
	گرمسیری				۳۱۰۲۶۹۸۹
	تعداد میانگین				

۶۴۶۳۹۵/۶	۷۰۹۲۹/۳	۵		طوفان برون	
۱۸۴۵۷۱۵۰	۵۰۳۷۷۲	۱۶۵	۲۸	گرمسیری (طوفان زمستان)	
۶۵۹۱۸۳/۹	۱۷۹۹۱/۹	۵/۹	۱۱۶	تعداد میانگین	اکیانوسیه
۹۹۸۶۵۴۶	۶۱۲۷۵۴	۱۳۸۰		طوفان محلی	
۸۶۰۹۰/۹	۵۲۸۲/۴	۱۱/۹	۲۲	تعداد میانگین	
۱۸۱۷۳۶۰	۹۴۶۸۲	۲۰۱		طوفان گرمسیری	
۸۲۶۰۷/۳	۴۳۰۳/۷	۹/۱	۴۶	تعداد میانگین	
۱۱۷۲۶۷۲	۳۵۳۸۲۸۵	۵۹		نامشخص	
۲۵۴۹۲/۹	۷۶۹۱۹/۲	۱/۳	۳۳	تعداد میانگین	
۶۱۳۲۷۲۸	۴۲۶۱۱۴	۲۸۷		طوفان محلی	
۱۸۵۸۴۰/۲	۱۲۹۱۲/۵	۸/۷	۱۹۹	تعداد میانگین	
۷۴۶۴۳۶۴	۲۳۰۱۵۵۳	۱۷۲۱		طوفان گرمسیری	
۳۷۵۰۹/۴	۱۱۵۶۵/۶	۸/۶		تعداد میانگین	

۱۳-۶- جنگ و درگیری

جنگ و درگیری با مواد منفجره‌ای مانند راکت، موشک و بمب همراه است که زیرساخت‌ها، وسایل نقلیه و ساختمان‌ها را نابود می‌کند. زیرساخت‌های تخریب‌شده معمولاً همراه با اکثر تجهیزات و اثاثیه داخلی می‌سوزند. این امر باعث ایجاد مواد غیرقابل احتراقی مانند فلزات، بتون، آجر و سنگ می‌شود. تخریب پُل‌ها، جاده‌ها، راه‌آهن‌ها و غیره، حمل زباله را به وظیفه‌ای سخت تبدیل می‌کند. وسایل نقلیه جمع‌آوری زباله تخریب می‌شوند و یا برای اهداف نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهمات منفجر نشده ممکن است با زباله مخلوط شوند، همچنین مین‌های زمینی خنثی نشده ممکن است مانع حمل و کنترل زباله شوند. عناصر شیمیایی استفاده‌شده در طول جنگ و درگیری ممکن است با ضایعات مخلوط شوند. کشنده بودن مواد شیمیایی از ماده‌ای به ماده دیگر متفاوت است (از ۳۰ دقیقه برای تبون تا ۲ سال برای گاز خردل). اطلاعات در خصوص کیفیت و کمیت ضایعات در طول جنگ و درگیری به راحتی در دسترس نیستند. با این حال، به نظر می‌رسد که بیش از ۲۹۰ تن موشک/گلوله اورانیوم ضعیف شده به سمت عراق شلیک و بیش از ۶۰۰ چاه نفتی منفجر شد که باعث ایجاد ۵۰۰۰۰۰ تن مواد آلاینده در روز، ۲۵ تا ۵۰ میلیون بشکه نفت رهاشده در زمین و دریا

در طول جنگ خلیج فارس در سال ۱۹۹۱ (Hassan, 2008) گشت و در نتیجه آن مقدار زیادی از ضایعات تولید شد.

ضایعات تولیدشده در طول ناآرامی‌های داخلی و فعالیت‌های تروریستی، دارای مشخصه‌های یکسانی هستند اما معمولاً به دلایل مختلفی ایجاد می‌شوند. ناآرامی‌های داخلی ضایعات جامدی همچون ساختمان‌ها/اتومبیل‌های سوخته، شیشه‌های شکسته و ساختمان‌های تخریب‌شده، ایجاد می‌کنند. ناآرامی‌های داخلی معمولاً خودجوش بوده و به سرعت از کنترل خارج می‌شوند؛ ممکن است در یک منطقه شروع شده و به مناطق دیگر کشیده شود. در طول ناآرامی داخلی، مأموران و اعضای تیم واکنش اضطراری اغلب مورد هدف قرار می‌گیرند. فعالیت‌های تروریستی شامل انفجار، آتش‌سوزی و حمله شیمیایی / بیولوژیکی هستند. این فعالیت‌ها با خطراتی کوچک و یا بدون هیچ خطر قبلی انجام می‌شوند و معمولاً اهداف آن‌ها شامل فرودگاه، ایستگاه اتوبوس، ایستگاه قطار، ادارات دولتی، گردشگاه‌های محبوب، نهادهای شهری، نیروگاه‌های هسته‌ای و غیره هستند (GOES, 2005).

مطالعات نشان می‌دهند که حدود ۴۰٪ از کل فساد معاملات جهانی در تجارت اسلحه رخ می‌دهد (rew, et al., 2011). این امر تنها باعث افزایش ضایعات می‌شود. در سال ۲۰۱۰، ده عدد از بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌های نظامی، ۷۵٪ از هزینه‌های نظامی جهان را به خود اختصاص دادند که دربردارنده ۴۳٪ از کل هزینه‌ها بود و چین در جایگاه دوم قرار داشت (Sam, 2011). در سپتامبر ۲۰۱۰، از ۷۱۱۹۴ تن انباشت جهانی اعلام‌شده تنها ۴۴۱۳۱ تن مواد شیمیایی نابود شدند (OPCW NA; Mike, 2011). ۳۰۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰۰ سلاح شیمیایی رهاس شده از جنگ جهانی دوم همچنان در چین باقی مانده است (Mike, 2011). پس از جنگ جهانی دوم، انگلستان بیش از ۲ میلیون تن موشک فسفردار، خمپاره‌انداز، مهمات توپخانه، بمب‌های آتش‌زا و خوشه‌ای داشت که در بیوفورت دایک^۱ در یک خندق ۴۸ کیلومتری بین اسکاتلند و ایرلند، دفن شدند. این عمل دفن شامل ۱۴۰۰۰ تن از پرتابه‌های فسژن دار نیز بود. فسژن گاز سمی بی‌رنگی است که می‌تواند باعث آسیب شدید ریه شود (PPU NA).

^۱ Beaufort Dyke



شکل ۱۰-۱۳ آتش سوزی عظیم



شکل ۱۱-۱۳ تخریب حاصل از آتش سوزی عظیم

جدول ۱۳-۷ جدول خلاصه‌ای از آتش‌سوزی‌های عظیم که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	تعداد کل آسیب دیدگان	خسارت
آفریقا	نامشخص	۱	۴۹	۳۰۲۳	-
	تعداد میانگین		۴۹	۳۰۲۳	-
	آتش‌سوزی بوته/علف	۳	۴۲	۲۹۲۰	۴۳۰۰۰۰
	تعداد میانگین		۱۴	۹۷۳/۳	۱۴۳۳۳۳/۳
	آتش‌سوزی جنگل	۹	۶۶	۱۱۱۴۰	-
	تعداد میانگین		۷/۳	۱۲۳۷/۸	-
آمریکا	آتش‌سوزی	۱۳	۱۱۷	۱۴۵۳۲	۱۰۰۰۰
	درخت/چمنزار		۹	۱۱۱۷/۸	۷۹۶/۲
	تعداد میانگین	۴	۱	۵۶۸۲۳	۲۰۱۶۰۰۰
	نامشخص		۰/۳	۱۴۲۰۵/۸	۵۰۴۰۰۰
	تعداد میانگین	۹۵	۱۴۱۰	۴۶۴۴۵۵	۱۶۳۰۱۸۰۰
	آتش‌سوزی جنگل		۱۴/۸	۴۸۸۹	۱۷۱۵۹۷/۹
آسیا	تعداد میانگین	۲۲	۱۰۶	۷۰۶۹۹۳	۳۰۶۷۱۰۰
	آتش‌سوزی		۴/۸	۳۲۱۳۶	۱۳۹۴۱۳/۶
	درخت/چمنزار	۵۰	۷۳۴	۳۲۶۶۸۳۹	۱۱۹۰۳۵۰۰
	تعداد میانگین		۱۴/۷	۶۵۳۳۶/۸	۲۳۸۰۷۰
	آتش‌سوزی	۳۲	۲۲	۹۰۰۶	-
	درخت/چمنزار		۰/۷	۲۸۱/۴	-
اروپا	تعداد میانگین	۲	۸۲	-	-
	نامشخص		۴۱	-	-
	تعداد میانگین	۱	۵۳	۵۹۹۶	۱۸۰۰۰۰۰
	آتش‌سوزی بوته/علف		۵۳	۵۹۹۶	۱۸۰۰۰۰۰
	تعداد میانگین	۸۹	۴۲۰	۱۲۸۸۲۰۰	۱۰۳۴۳۸۱۱
	آتش‌سوزی جنگل		۴/۷	۱۴۴۷۴/۲	۱۱۶۲۲۲/۶
اقیانوسیه	تعداد میانگین	۴	۱۴	۸۰۰	۶۷۵۰۰۰
	آتش‌سوزی		۳/۵	۲۰۰	۱۶۸۷۵۰
	درخت/چمنزار				

-	-	-	۱	تعداد میانگین	
-	-	-		نامشخص	
۱۳۰۰۰۰۰	۹۹۵۴	۱۸۰	۱	تعداد میانگین	
۱۳۰۰۰۰۰	۹۹۵۴	۱۸۰		آتش سوزی بوته/علف	
۴۶۸۶۵۰	۴۰۱۱	۲۴	۵	تعداد میانگین	
۹۳۷۳۰	۸۰۲/۲	۴/۸		آتش سوزی جنگل	
۸۵۴۱۹۴	۸۳۱۷۵	۲۹۲	۲۵	تعداد میانگین	
۳۴۱۶۷/۸	۳۳۲۷	۱۱۷		آتش سوزی	
				درخت/چمنزار	
				تعداد میانگین	

۱۳-۷- آتش سوزی زود گستر

آتش سوزی زود گستر، آتش کنترل نشده در زمین های بایر است که منجر به آسیب های بزرگ، مشکلات سلامت و مرگ انسان و سایر گونه ها می شود. آتش می تواند به دلایل انسانی یا طبیعی ایجاد شود. هر ساله حدود ۵۰۰ میلیون هکتار از جنگل های تنک، درختستان ها، دشت های بی درخت گرمسیری و نیمه گرمسیری، ۲۰ تا ۴۰ میلیون هکتار از جنگل های گرمسیری و ۱۰ تا ۱۵ میلیون هکتار از جنگل های شمالی و معتدل در آتش می سوزند (Goldammer, 1995). آتش سوزی جنگل به دلیل تغییر آب و هوا، بزرگتر و گسترده تر می شود. قدرت و میزان وقوع آتش سوزی می تواند با تغییرات آب و هوایی تشدید شده و منجر به آتش سوزی های بیشتر در جنگل ها شود (Trenberth & Hoar, 1996, 1997).

همان طور که در جدول ۱۳-۷ خلاصه شده است، در ۱۱۰ سال گذشته تعداد ۳۵۷ آتش سوزی زود گستر گزارش شده که زندگی بیش از ۵/۹ میلیون نفر را تحت تأثیر قرار داده اند. شکل ۱۳-۱۰ آتش سوزی زود گستر و شکل ۱۳-۱۱ تخریب پس از آن را نشان می دهد. دلایل انسانی آتش سوزی جنگل عبارتند از تیراندازی شکارچیان، پخت و پز در جنگل، جرقه حاصل از تجهیزات، تبدیل جنگل به زمین زراعی با استفاده از آتش سوزی عمدی، ته سیگارهای رها شده و قوس سیم های برق. در اکثر مناطق، آتش وسیله ای برای تبدیل جنگل به زمین زراعی است (Stolle, et al., 2003). دلایل طبیعی عمده در آتش سوزی زود گستر عبارتند از احتراق خود به خود، فوران آتشفشان، آتش افروزی، جرقه های حاصل از سوختن زغال سنگ و ریزش صخره ها. دلیل آتش سوزی های اتفاق افتاده در سال های ۱۹۹۸/۱۹۹۷ در اندونزی، آتش های ایجاد شده برای پاک سازی و آماده کردن اراضی، و آتش سوزی های تصادفی در جنگل و باتلاق زغال سنگ های

نارس بود (Daniel & Louis, 2007). موج گرما در ژوئیه منجر به آتش‌سوزی شدید در سراسر روسیه شد. در عصر یخبندان، دوره‌های طولانی بارش کم، علت آتش‌سوزی جنگل در جنوب شرقی آسیا بودند (ADB, 2001).

آتش‌سوزی جنگل در سال‌های ۱۹۹۸/۱۹۹۷ موجب آسیب گسترده زیست‌محیطی و انسانی شد. آتش‌سوزی جنوب شرق آسیا از پاپوا گینه نو^۱ تا مالزی، جزیره بورنیو^۲، سولاوسی^۳، ایری‌انجایا^۴، جاوا^۵ و سوماترا^۶ را تخریب کرد، اما اندونزی بیشتر دچار حریق شد. در آگوست ۲۰۱۰ مسکو با مه‌دود سیاه حاصل از آتش شدید زغال‌سنگ نارس در اطراف شهر پوشیده شد.

اگرچه ضایعات ایجاد شده از آتش‌سوزی در مقایسه با سایر بلایا نسبتاً کم هستند، اما ساختمان‌های تخریب‌شده بر آوار غیرقابل‌احتراق تأثیر می‌گذارند. دامنه‌های پوشیده از گیاه در معرض گلرود / رانش زمین هستند که این امر منجر به تولید ضایعات بیشتر می‌شود. دود حاصل از آتش‌سوزی می‌تواند به علت کم بودن دید و نیز بیماری کارکنان سیستم، مانع از انجام مدیریت پسماند جامد متداول شود. اتومبیل‌های سوخته، خاکستر و بقایای چوب‌های به زغال تبدیل شده، در طول آتش‌سوزی زودگستر به قسمتی از ضایعات تبدیل می‌شوند. آتش‌سوزی ساحلی در مالیبو^۷ کالیفرنیا، ۲۶۸ خانه را از بین برد. دولت تعدادی از درختان را جهت تهیه کود گیاهی استفاده نمود و بقیه درختان مرده را برای جلوگیری از فرسایش باقی گذاشت؛ پس از آن شش هفته به مالکان فرصت داده شد تا آواربرداری کنند و سپس خود دولت باقی پسماند خانگی را از بین برد. میزان ضایعات ایجاد شده در طول آتش‌سوزی زودگستر معمولاً به‌اندازه ضایعات جامد جمع‌آوری شده در کل یک سال است (USEPA, 1995).

آتش‌سوزی جنگل در ۷ فوریه ۲۰۰۹ در ویکتوریا استرالیا با خشکسالی تقویت‌شده و بر بیش از ۴۳۰۰۰۰ هکتار تأثیر گذاشت (VBRRA, 2009). آتش‌سوزی جنگل بر زندگی روستایی، نیمه‌شهری، مزارع، کارخانه چوب و جنگل‌ها، شهرهای ارائه‌دهنده خدمات، جاده‌ها، برق، تأمین سوخت و ارتباط از راه دور تأثیر می‌گذارد.

^۱ Papua New Guinea

^۲ Borneo

^۳ Sulawesi

^۴ Irian Jaya

^۵ Java

^۶ Sumatra

^۷ Malibu

۱۳-۸- حوادث صنعتی

حوادث صنعتی معمولاً متمرکز و در یک منطقه بوده و ضایعات حاصل به میزان مواد شیمیایی نشت کرده در طول فاجعه بستگی دارند. میزان و کمیت ضایعات به بزرگی و نوع صنعت نیز وابسته است. حادثه آتش‌سوزی در صنایعی که دارای مواد قابل‌احتراق همچون پارچه هستند (شکل ۱۳-۱۲، ۱۳-۱۳، ۱۴-۱۳، ۱۵-۱۳، ۱۶-۱۳) در مقایسه با تأسیساتی مانند تولید خودرو ضایعات کمتری تولید می‌کند. حوادث صنعتی در صنایع شیمیایی به دلیل انتشار گاز سمی و کشته شدن انسان‌ها و حیوانات در کل شهر ضایعات ایجاد می‌کند. بخار سمی صنعتی با پوسیده کردن فلزات اطراف و آلوده کردن مواد غذایی و غیر غذایی باعث ایجاد ضایعات می‌شود.



شکل ۱۲-۱۳ خاموش کردن شعله‌ها پس از وقوع یک آتش‌سوزی صنعتی



شکل ۱۳-۱۳ وقوع نشتی در طول یک حادثه آتش‌سوزی



شکل ۱۴-۱۳ یک روز پس از وقوع آتش‌سوزی در یک کارخانه مواد شیمیایی



شکل ۱۳-۱۵ بنایی که در طول آتش سوزی به صورت جزئی آسیب دیده است.



شکل ۱۳-۱۶ مواد شیمیایی اولیه آسیب دیده در طول آتش سوزی

جدول ۸-۱۳ جدول خلاصه‌ای از حوادث صنعتی که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	تعداد کل آسیب دیدگان	خسارت (دلار)
آفریقا	نشت مواد	۴	۱۰۵	۱۴۳۰	-
	شیمیایی		۲۶/۳	۳۷۵/۵	-
	تعداد میانگین	۳۷	۱۲۸۵	۱۸۳	-
	سقوط و		۳۴/۷	۴/۹	-
	فروپاشی	۴۴	۳۶۷۷	۸۱۸۰	۸۹۶۴۰۰
	تعداد میانگین		۸۳/۶	۱۸۵/۹	۲۰۳۷۲/۷
	انفجار		۴۰۷	۵۴۹	۱۲۱۰۰
	تعداد میانگین	۱۳	۳۱/۳	۴۲/۲	۹۳۰/۸
	آتش‌سوزی		۴۵۵	۹۶۷۰۸	-
	تعداد میانگین	۱۱	۴۱/۴	۸۷۹۱/۶	-
	سایر حوادث		۴۲۵	۲۲۴۲۳	-
	تعداد میانگین	۶	۷۰/۸	۳۷۳۷/۲	-
	مسمومیت		۸۰	۳۵۷۴۹۴	۱۵۰۰۰
	تعداد میانگین	۴۸	۱/۷	۷۴۴۷/۸	۳۱۲/۵
	نشت مواد		۳۰۶	۳۰	-
آمریکا	شیمیایی	۹	۳۴	۳/۳	-
	تعداد میانگین		۶۴۷۳	۸۰۹۴۲۱	۳۱۷۹۲۰۰
	سقوط و	۷۶	۸۵/۲	۱۰۶۵۰/۳	۴۱۸۳۱/۶
	فروپاشی		۳۰۹	۹۵۲۸۹	۱۲۳۵۰۰
	تعداد میانگین	۲۷	۱۱/۴	۳۵۲۹/۲	۴۵۷۴/۱
	انفجار		۳۶	۲۹۱۲۸	-
	تعداد میانگین	۱۱	۳/۳	۲۶۴۸	-
	آتش‌سوزی		۲۷۵	۱۱۴	-
	تعداد میانگین	۱۲	۲۲/۹	۹/۵	-
	نشت گاز		۱۵۷	۵۵۲۹۵۰	-
	تعداد میانگین	۹	۱۷/۴	۶۱۴۳۸/۹	-
	سایر حوادث				
	تعداد میانگین				
	مسمومیت				
	تعداد میانگین				
آسیا					

-	۲۰۰۴۸۸	۱۷	۲	تعداد میانگین	اروپا
-	۱۰۰۲۴۴	۸/۵		تشعشع	
۵۷۵۵۴	۱۲۵۹۳۸	۱۴	۱۸	تعداد میانگین	
۳۱۹۷/۴	۶۹۹۶/۶	۰/۸		نشت مواد	
۱۵۰۰۰	۵۶۵	۱۸۰۹	۵۳	شیمیایی	
۲۸۳	۱۰/۷	۳۴/۱		تعداد میانگین	
۵۸۳۸۷۴	۱۷۲۸۲۹	۱۶۴۶۲	۴۴۸	سقوط و	
۱۳۰۳/۳	۳۸۵/۸	۳۶/۷		فروپاشی	
۷۴۷۹۰۵	۱۳۳۱۴۵	۲۴۶۹	۹۹	تعداد میانگین	
۷۵۵۴/۶	۱۳۴۴/۹	۲۴/۹		انفجار	
-	۴۵۸۸۰۶	۲۷۰۷	۲۷	تعداد میانگین	
-	۱۶۹۹۲/۸	۱۰۰/۳		آتش سوزی	
-	۱۷۰۰۰	-	۲	تعداد میانگین	
-	۸۵۰۰	-		نشت نفت و	
-	۱۳۸۱۷	۳۳۴۲	۶۴	روغن	
-	۲۱۵/۹	۵۲/۲		تعداد میانگین	
-	۵۰۹۵۰	۲۵۲۷	۴۸	سایر حوادث	
-	۱۰۶۱/۵	۵۲/۶		تعداد میانگین	
-	۳۲۷۷۲۹	۲۸	۴	مسمومیت	
-	۸۱۹۳۲/۳	۷		تعداد میانگین	
۱۱۰۱۳۸۰۷	۸۴۴۷۰	۳۸۷	۳۴	تشعشع	
۳۲۳۹۳۵/۵	۲۴۸۴/۴	۱۱/۴		تعداد میانگین	
۱۳۲۰۰۰۰	۶۱	۱۹۱	۸	نشت مواد	
۱۶۵۰۰۰	۷/۶	۲۳/۹		شیمیایی	
۲۲۷۲۰۰	۲۲۲۴۰۷	۶۸۳۸	۱۱۳	تعداد میانگین	
۲۰۱۰/۶	۱۹۶۸/۲	۶۰/۵		سقوط و	
۱۷۲۴۵۰۰	۱۷۰۹۴	۶۸۴	۳۵	فروپاشی	
۴۹۲۷۱/۴	۴۸۸/۴	۱۹/۵		تعداد میانگین	
				انفجار	
				تعداد میانگین	

-	۹۱۶	۴۲	۹	آتش سوزی	اکیانوسیه
-	۱۰۱/۸	۴/۷		تعداد میانگین	
-	-	۳۶۰	۲	نشت گاز	
-	-	۱۸۰		تعداد میانگین	
-	۲۲۱۹۹	۴۰۴	۱۰	سایر حوادث	
-	۲۲۱۹/۹	۴۰/۴		تعداد میانگین	
-	۲۲۱۹/۹	۴۰/۴		مسمومیت	
۲۸۰۰۰۰۰	۵۳۵۹۳۵	۴۱	۳	تعداد میانگین	
۹۳۳۳۳۳/۳	۱۷۸۶۴۵	۱۳/۷		تشعشع	
-	۱۵۰۰	-	۱	تعداد میانگین	
-	۱۵۰۰	-		نشت مواد	
۱۲۰۰۰	۲۰۶۲	۵۱	۴	شیمیایی	
۳۰۰۰	۵۱۵/۵	۱۲/۸		تعداد میانگین	
-	۱۲۶۴۳	-	۱	انفجار	
-	۱۲۶۴۳	-		تعداد میانگین	
-	۱۲۶۴۳	-		نشت گاز	
-	۱۲۶۴۳	-		تعداد میانگین	

همان طور که در جدول ۱۳-۸ خلاصه شده است، در ۱۱۰ سال گذشته تعداد کل ۱۲۹۲ حادثه صنعتی گزارش شده که در زندگی بیش از ۴/۴ میلیون نفر تأثیرگذار بوده‌اند. جدول ۱۳-۹ خلاصه‌ای از جداول حوادث متفرقه را به صورت طبقه‌بندی شده بر اساس قاره‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱، ارائه می‌دهد و شکل ۱۳-۱۰ تعداد وقوع حوادث مرتبط با حمل و نقل را که بر اساس قاره‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ مرتب شده‌اند، نشان می‌دهد.

۱۳-۹- زمین لغزه

زمین لغزه^۱ به حرکت رو به پایین و رو به بالا خاک و سنگ در دامنه‌ها و روی شیب‌ها گفته می‌شود و آغازگر آن می‌تواند افتادن سنگ، شکست عمیق شیب یا جریان آوار کم عمق باشد. علت زمین لغزه می‌تواند عوامل طبیعی و مصنوعی باشد. یک یا تعداد بیشتری از وضعیت‌های زیر می‌تواند منجر به زمین لغزه شود: (۱) سنگ یا رسوب ریزدانه تراوا، (۲) لایه‌های خاک رس یا پوشش مستعد روانسازی، (۳) سنگ درزه‌دار، (۴) شیب تند و (۵) مقدار زیاد آب.

^۱ Landslide

جدول ۹-۱۳ جدول خلاصه‌ای از حوادث متفرقه که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	کشته	کل افراد آسیب‌دیده	خسارت (دلار)
آفریقا	سقوط و	۴۶	۱۱۰۹	۶۸۲۸	-
	فروپاشی		۲۴/۱	۱۴۸/۴	-
	تعداد میانگین	۲۸	۱۷۵۳	۴۹۱۳۵	-
	انفجار		۶۲/۶	۱۷۵۴/۸	-
	تعداد میانگین	۸۵	۱۱۰۵	۲۸۰۸۵۳	۳۵۹۵۰
	آتش‌سوزی		۱۳	۳۳۰۴/۲	۴۲۲/۹
	تعداد میانگین	۳۹	۱۲۵۶	۸۷۰۷۳	۴۰۰۰
	سایر حوادث		۳۲/۲	۲۲۳۲/۶	۱۰۲/۶
	تعداد میانگین				
آمریکا	سقوط و	۴۷	۳۱۵۴	۵۷۱۵	-
	فروپاشی		۶۷/۱	۱۲۱/۶	-
	تعداد میانگین	۱۸	۸۷۶	۵۴۰۴	۸۷۱۰۰
	انفجار		۴۸/۷	۳۰۰/۲	۴۸۳۸/۹
	تعداد میانگین	۱۳۵	۹۸۶۳	۷۸۴۴۷	۸۰۵۵۸
	آتش‌سوزی		۷۳/۱	۵۸۱/۱	۵۹۶/۷
	تعداد میانگین	۳۴	۱۲۱۷	۱۷۴۶۴۲۴	-
	سایر حوادث		۳۵/۸	۵۱۳۶۵/۴	-
	تعداد میانگین	۱۲۲	۶۱۴۰	۲۷۰۵۱۳	۲۴۵۰۰۰
آسیا	سقوط و		۵۰/۳	۲۲۱۷/۳	۲۰۰۸/۲
	فروپاشی		۲۲۱۹	۲۲۲۹۶	۲۶۰۰۰
	تعداد میانگین	۹۱	۲۴/۴	۲۴۵	۲۸۵/۷
	انفجار		۱۸۴۸۲	۷۵۱۵۵۳	۹۳۱۹۱۱
	تعداد میانگین	۲۹۶	۶۲/۴	۲۵۳۹	۳۱۴۸/۳
	آتش‌سوزی		۶۸۰۷	۲۹۵۶۰	-
	تعداد میانگین	۹۴	۷۲/۴	۳۱۴/۵	-
	سایر حوادث		۲۲۷۲	۹۶۸۱	۳۸۸۰۰
	تعداد میانگین	۲۸	۸۱/۱	۳۴۵/۸	۱۳۸۵/۷
اروپا	سقوط و				
	فروپاشی				
	تعداد میانگین				

۲۵۶۰۰۰	۱۹۱۳۳	۸۱۹	۳۲	تعداد میانگین	اقیانوسیه
۸۰۰۰	۵۹۷/۹	۲۵/۶		انفجار	
۷۰۵۰۰۰	۶۲۴۱	۲۷۶۹	۹۴	تعداد میانگین	
۷۵۰۰	۶۶/۴	۲۹/۵		آتش سوزی	
-	۴۳۲۲	۶۹۶	۳۳	تعداد میانگین	
-	۱۳۱	۲۱/۱		سایر حوادث	
-	۱۲۰۰۴	۱۴	۲	تعداد میانگین	
-	۶۰۰۲	۷		سقوط و	
۳۳۰۰	۱۳۴۱	۷۶	۸	فروپاشی	
۴۱۲/۵	۱۶۷/۶	۹/۵		تعداد میانگین	
-	-	۲۵	۱	آتش سوزی	
-	-	۲۵		تعداد میانگین	
-	-	۲۵		سایر حوادث	
-	-	۲۵		تعداد میانگین	

جدول ۱۱-۱۳ جدول خلاصه‌ای از حوادث حمل و نقل که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	تعداد کل افراد آسیب‌دیده	خسارت (دلار)
آفریقا	زمین لغزه	۲	۵۹	۲۰۰	-
	تعداد میانگین		۲۹/۵	۱۰۰	-
	ریزش سنگ	۲	۱۲۹	۶۹۷	-
	تعداد میانگین		۶۴/۵	۳۴۸/۵	-
	فرونشست	۱	۳۴	۳۰۰	-
	تعداد میانگین		۳۴	۳۰۰	-
	فرود بهمن	۳	۱۴۴	۴۴	-
	تعداد میانگین		۴۸	۱۴/۷	-
	جریان نخاله	۱	۱۰	-	-
	تعداد میانگین		۱۰	-	-
آمریکا	زمین لغزه	۱۰	۲۲۹۰	۸۹۴۵	۲۰۰۰۰۰
	تعداد میانگین		۲۲۹	۸۹۴/۵	۲۰۰۰۰
	ریزش سنگ	۴	۲۷۷	۴۱	-
	تعداد میانگین		۶۹/۳	۱۰/۳	-

آسیا	فروید بهمن	۱۴	۴۲۳	۱۰۶۹	-
	تعداد میانگین		۱۰۵/۸	۲۶۷/۳	-
	زمین لغزه	۱	۱۱۸۴	۶۵۷۴	۱۰۰۰
	تعداد میانگین		۸۴/۶	۴۶۹/۶	۷۱/۴
	ریزش سنگ	۶	۵۰	-	-
	تعداد میانگین		۵۰	-	-
اروپا	فروید بهمن	۳	۱۶۷	۱۸۰۲	۲۶۰۰
	تعداد میانگین		۲۷/۸	۳۰۰/۳	۴۳۳/۳
	زمین لغزه	۱	۱۰۲	۸۵۰۶	-
	تعداد میانگین		۳۴	۲۸۳۵/۳	-
اقیانوسیه	نامشخص	۱	۱۰	-	-
	تعداد میانگین		۱۰	-	-
	زمین لغزه		۷۶	۱۰۰۰	-
	تعداد میانگین		۷۶	۱۰۰۰	-

جدول ۱۲-۱۳ جدول خلاصه‌ای از جابجایی توده خشک که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	تعداد کل افراد آسیب‌دیده	خسارت (دلار)
آفریقا	زمین لغزه	۳۰	۱۱۷۹	۵۴۶۹۲	-
آمریکا	تعداد میانگین		۳۹/۳	۱۸۲۳/۱	-
	بهمن	۴	۹۵	۱۵۴	-
	تعداد میانگین		۲۳/۸	۳۸/۵	-
	زمین لغزه	۱۵۲	۱۹۲۷۱	۵۵۰۹۱۰۰	۲۵۲۱۷۲۷
آسیا	تعداد میانگین		۱۲۶/۸	۳۶۲۴۴/۱	۱۶۵۹۰/۳
	ریزش سنگ	۱	۳۳	-	-
	تعداد میانگین		۳۳	-	-

۵۰۰۰۰	۵۷۸۲۷	۲۴۷۶	۴۴	بهمن تعداد	اروپا
۱۱۳۶/۴	۱۳۱۴/۳	۵۶/۳		میانگین	
-	-	۱۰۶	۱	جریان نخاله	
-	-	۱۰۶		تعداد	
۲۷۶۶۹۱۶	۸۰۰۹۷۹۵	۱۸۷۷۶	۲۷۱	میانگین	اقیانوسیه
				زمین لغزه	
۱۰۲۱۰	۲۹۵۵۶/۴	۶۹/۳		تعداد	
-	۲۸۳۸	۲۸۷	۱	میانگین	
-	۲۸۳۸	۲۸۷		فرونشست	
۷۷۴۸۸۹	۱۳۱۱۹	۱۲۰۱	۳۳	تعداد	
۲۳۴۸۱/۵	۳۹۷/۵	۳۶/۴		میانگین	
۲۳۳۴۰۰۰	۲۵۳۷۸	۱۵۳۳۹	۳۴	بهمن	
۶۸۶۴۷/۱	۷۴۶/۴	۴۵۱/۱		تعداد	
۲۴۶۶	۲۰۳۱۵	۴۸۶	۱۷	میانگین	
۱۴۵/۱	۱۱۹۵	۲۸/۶		زمین لغزه	
				تعداد	
				میانگین	

مناطق کوهستانی تحت تأثیر بهمن و زمین لغزه هستند. زمین لغزه با خود آوار و زباله حمل می‌کند. مقدار ضایعات متناسب با بزرگی زمین لغزه و وسعت آن در محل است. زمین لغزه در مکان‌های توسعه‌نیافته ضایعاتی همچون سنگ و خاک نخواهد داشت و چینش پوشش گیاهی تغییر کرده و باعث ایجاد منظره جدیدی خواهد شد.

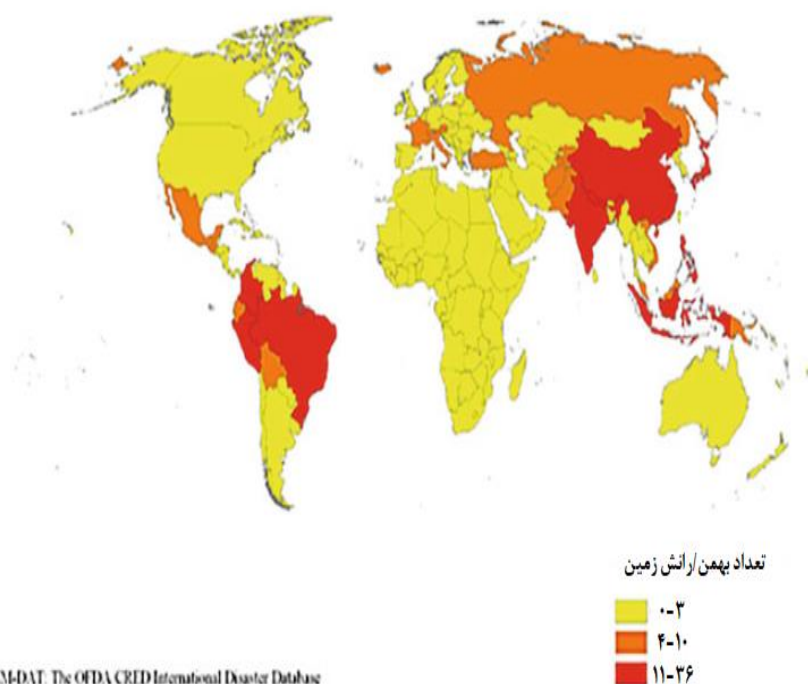
جدول ۱۱-۱۳ خلاصه‌ای از جدول حرکت توده‌های خشک مرتب‌شده بر اساس قاره‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ را ارائه می‌دهد و شکل ۱۳-۱۷ تعداد وقوع بهمن/زمین لغزه در کشورها را بین سال‌های ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۳، نشان می‌دهد. زمین لغزه، دره‌ها و کانال‌های جریان را مسدود کرده، منجر به راکد شدن آب و در نتیجه جاری شدن سیل در بالادست می‌شود. نابودی مواد مسدودکننده

جریان منجر به جاری شدن سیل در پایین دست می شود. اشباع شیب با آب یکی از دلایل اصلی زمین لغزه است. تغییرات آب و هوایی منجر به بارش شدید باران، ذوب شدن زیاد برف ها و سیل، می تواند بستر زمین لغزه را ایجاد کند.

مقدار و مشخصه ضایعات به زمین لغزه و وسعت آن بستگی دارد. زمین لغزه بر حمل و نقل ضایعات نیز تأثیر می گذارد و سیل مرتبط با آن ممکن است موجب افزایش تراکم ضایعات به دلیل جذب آب شود.

تعداد وقوع بهمن و رانش زمین در کشورهای مختلف:

۱۹۷۴-۲۰۰۳



شکل ۱۳-۱۷ تعداد وقوع بهمن و رانش زمین در کشورهای مختلف در طول سال های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳

۱۳-۱۰- بهمن

همانند زمین لغزه، میزان ضایعات ایجاد شده از بهمن نیز متناسب با بزرگی فاجعه و میزان گسترش آن است. بهمن رانش ناگهانی برف بر شیب‌ها می‌باشد. علل طبیعی (فشار برف/باران جدید) و مصنوعی (انفجار یا تخلیه ضایعات) می‌توانند آغازگر آن باشند. بهمن می‌تواند ریل‌ها، جاده‌ها، زیستگاه‌ها، جنگل‌ها و غیره را ویران کند.

جدول ۱۳-۱۲ خلاصه‌ای از حرکت توده‌های خیس که بر اساس قاره‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند را نشان می‌دهد. بهمن می‌تواند در مسیر حرکت خود نخاله، چوب و سازه‌ها را جابجا کند. ضایعات معمولاً پس از آب شدن برف ظاهر می‌شوند.

۱۳-۱۱- خشکسالی

خشکسالی اغلب ضایعات کمتری نسبت به دیگر بلایا ایجاد می‌کند. جوامع درگیر خشکسالی منابع را تا بیشترین حد ممکن مصرف می‌کنند و ضایعات کمی به جا می‌ماند. مواد غذایی کاملاً مصرف شده و پول با احتیاط خرج می‌شود. در مناطق دچار خشکسالی، تجمل‌گرایی و اسراف کمتری وجود دارد. این فاجعه باعث حرکت افراد از محل دچار خشکسالی به نقاط دیگر جهت امرارمعاش می‌شود.

جدول ۱۳-۱۳ خلاصه‌ای از جدول خشکسالی مرتب‌شده بر اساس قاره‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ را ارائه می‌دهد و شکل ۱۳-۱۸ تعداد وقوع خشکسالی/قحطی در کشورها بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ را نشان می‌دهد. اگرچه خشکسالی خود ضایعات زیادی تولید نمی‌کند اما می‌تواند بستر فجایع دیگری همچون آتش زودگستر و بیماری‌های واگیردار باشد.

جدول ۱۳-۱۳ جدول خلاصه‌ای از حوادث جابجایی توده‌تر که براساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	تعداد کل افراد آسیب‌دیده	خسارت (دلار)
آفریقا	نامشخص	۱	-	۲۴۰۰۰۰۰	-
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۲۷۵	-	۲۴۰۰۰۰۰	-
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۲۷۵	۸۴۴۱۴۳	۳۳۰۶۵۱۳۵۷	۵۴۱۹۵۹۳
آمریکا	تعداد میانگین خشک‌سالی	۱۲۳	۳۰۶۹/۶	۱۲۰۲۳۶۸/۶	۱۹۷۰۷/۶
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۱۲۳	۷۷	۶۵۱۳۳۸۴۱	۲۰۸۱۱۱۳۹
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۱۲۳	۰/۶	۵۲۹۵۴۳/۴	۱۶۹۱۹۶/۳
آسیا	تعداد میانگین خشک‌سالی	۱۴۹	۹۶۶۳۳۸۹	۱۶۶۸۰۳۶۰۲۹	۳۱۷۳۹۸۶۵
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۱۴۹	۶۴۸۵۵	۱۱۱۹۴۸۷۲/۷	۲۱۳۰۱۹/۲
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۱۴۹	۱۲۰۰۰۰۲	۱۵۴۸۲۹۶۹	۲۱۴۶۱۳۰۹
اقیانوسیه	تعداد میانگین خشک‌سالی	۳۸	۳۱۵۷۹	۴۰۷۴۴۶/۶	۵۶۴۷۷۱/۳
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۳۸	۶۶۰	۸۰۲۷۶۳۵	۱۰۷۰۳۰۰۰
	تعداد میانگین خشک‌سالی	۲۰	۳۳	۴۰۱۳۸۱/۸	۵۳۵۱۵۰

۱۳-۱۲- بیماری واگیردار

بیماری‌های واگیردار^۱، ضایعات بیوپزشکی بیشتری نسبت به دیگر بلايا تولید می‌کنند. این بیماری ها می‌توانند همراه با دیگر بلايا همچون زمین‌لرزه، سونامی و سیل رخ دهند. انتقال و گسترش عوامل بیماری‌زا از طریق آب، هوا، غذا، جانوران ناقل بیماری و غیره منجر به شیوع بیماری در بین تعداد زیادی از مردم می‌شود.

^۱ Epidemics

جدول ۱۳-۱۴ جدول خلاصه‌ای از بیماری‌های واگیردار که بر اساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده‌اند.

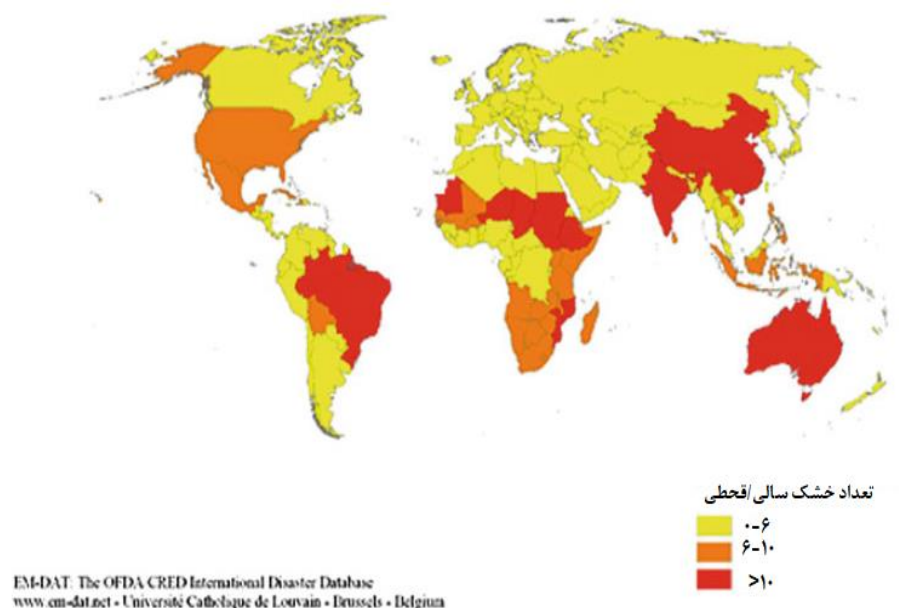
قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	تعداد کل افراد آسیب‌دیده	خسارت (دلار)
آفریقا	نامشخص	۷۳	۲۰۷۱۱۹	۱۵۳۱۹۹	-
	تعداد میانگین عفونت‌های		۲۸۳۷/۲	۲۰۹۸/۶	-
	باکتریایی	۵۰۱	۲۲۶۶۱۹	۲۳۲۱۰۰۵	-
	تعداد میانگین عفونت‌های انگلی		۴۵۲/۳	۴۶۳۲/۷	-
	تعداد میانگین عفونت‌های	۲۰	۴۷۲۳	۸۷۲۲۵۰۰	-
آمریکا	تعداد میانگین عفونت‌های		۲۳۶/۲	۴۳۶۱۲۵	-
	ویروسی	۱۴۷	۲۳۸۸۹	۱۳۲۴۸۷۰	-
	تعداد میانگین		۱۶۲/۵	۹۰۱۲/۷	-
	نامشخص	۸	۸۶۹۳	۱۰۰۲۰۶	-
	تعداد میانگین عفونت‌های		۱۰۸۶/۶	۱۲۵۲۵/۸	-
آسیا	باکتریایی	۴۸	۱۲۰۶۰	۸۴۵۶۸۳	-
	تعداد میانگین عفونت‌های انگلی		۲۵۱/۳	۱۷۶۱۸/۴	-
	تعداد میانگین عفونت‌های	۶	۱۰۴	۵۱۸۴۰۳	-
	ویروسی		۱۷/۳	۸۶۴۰۰/۵	۷
	تعداد میانگین	۸۸	۵۲۵۱۹	۳۵۳۱۱۵۳	۰/۱
اروپا	نامشخص		۵۹۶/۸	۴۰۱۲۶/۷	-
	تعداد میانگین عفونت‌های	۵۴	۹۹۳۹	۲۶۸۸۱۸۱	-
	باکتریایی		۱۸۴/۱	۴۹۷۸۱/۱	-
	تعداد میانگین عفونت‌های انگلی	۱۱۷	۵۶۷۴۶۷۱	۷۷۸۴۴۲	-
	تعداد میانگین عفونت‌های		۴۸۵۰۱/۵	۶۶۵۳/۴	-
	تعداد میانگین عفونت‌های	۲۰	۵۲۸۴	۱۵۱۸۰۰۵	-
	ویروسی		۲۶۴/۲	۷۵۹۰۰/۳	-
	تعداد میانگین	۱۴۱	۸۳۹۱۷۳	۳۰۸۸۷۶۲	-

نامشخص	۵۹۵۱/۶	۲۱۹۰۶/۱	-
تعداد میانگین	۲۵۰۰۰۰۰	۱۵۷۵	-
عفونت‌های	۴۱۶۶۶۶/۷	۲۶۲/۵	-
باکتریایی	۳۴۷	۱۶۷۰۲۷	-
تعداد میانگین	۲۱/۷	۱۰۴۳۹/۲	-
عفونت‌های انگلی	۴۷	۱۸۰۰۰۳۴۴	-
تعداد میانگین	۱۵/۷	۶۰۰۰۱۱۴/۷	-
عفونت‌های	۸۱	۲۰۸۸۸	-
ویروسی	۳/۴	۸۷۰/۳	-
تعداد میانگین	۱۷۲	۶۴۷۵	-
عفونت‌های	۳۴/۴	۱۲۹۵	-
باکتریایی	۷۰۲۶	۱۱۸۳۸	-
تعداد میانگین	۵۴۰/۵	۹۱۰/۶	-
عفونت‌های			-
ویروسی			-
تعداد میانگین			-

جدول ۱۳-۱۴ خلاصه‌ای از بیماری‌های واگیردار را که بر اساس قاره‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ مرتب شده‌اند، ارائه می‌دهد و شکل ۱۳-۱۹ تعداد وقوع جهانی این بیماری‌ها را بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. شیوع شدید عوامل ایجاد آنفلوآنزای مرغی منجر به مرگ تعداد زیادی انسان شد. همچنین این امر باعث کاسته شدن بیش از ۲۵۰ میلیون از تعداد پرندگان بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ گردید که در مقایسه با مرگ ۲۳ میلیون پرنده در ۴۰ سال اخیر، عدد بسیار زیادی است (Capua & Alex&er, 2004; Peiris, et al., 2007).

تعداد وقوع خشک سالی/قحطی در کشورهای مختلف:

۱۹۷۴-۲۰۰۳

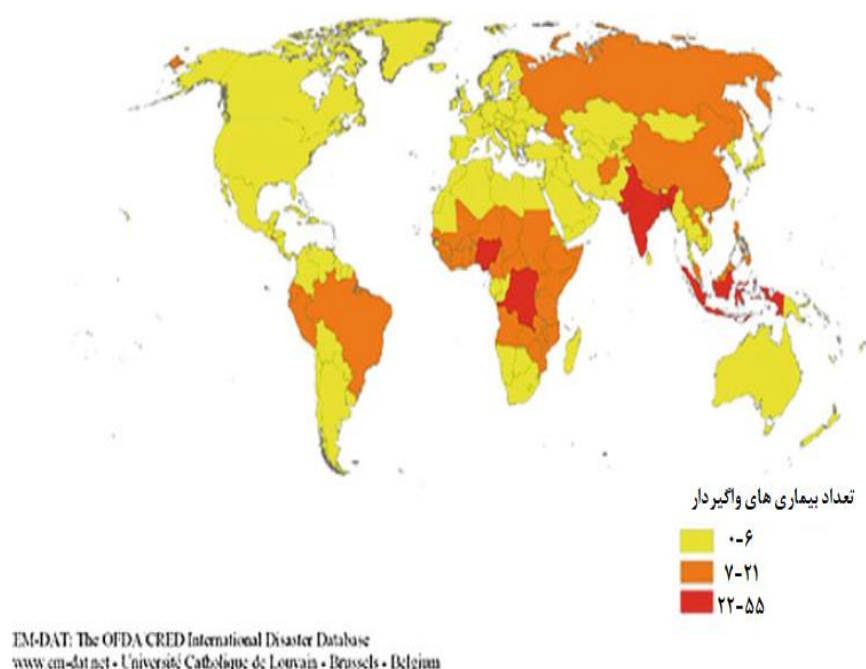


شکل ۱۳-۱۸ تعداد وقوع خشک سالی/قحطی در کشورهای مختلف در سال های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳

جدول ۱۳-۱۰ جدول خلاصه ای از فوران آتش فشان ها که براساس قاره از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ طبقه بندی شده اند.

قاره	حادثه	تعداد حوادث	تعداد کشته	تعداد کل افراد آسیب دیده	خسارت (دلار)
آفریقا	فوران آتشفشان	۱۷	۲۲۱۸	۵۱۱۳۵۳	۹۰۰۰
	تعداد میانگین		۱۳۰/۵	۳۰۰۷۹/۶	۵۲۹/۴
آمریکا	فوران آتشفشان	۷۹	۶۷۵۸۵	۱۴۶۳۵۷۷	۲۱۶۸۶۹۷
	تعداد میانگین		۸۵۹	۱۸۵۲۶/۳	۲۷۴۵۱/۹
آسیا	فوران آتشفشان	۹۰	۲۱۷۸۵	۳۰۰۱۲۳۹	۷۰۸۳۵۱
	تعداد میانگین		۲۴۲/۱	۳۳۳۴۷/۱	۷۸۷۰/۶
اروپا	فوران آتشفشان	۱۲	۷۸۳	۲۶۲۲۴	۴۴۳۰۰
	تعداد میانگین		۶۵/۳	۲۱۸۵/۳	۳۶۹۱/۷
اقیانوسیه	فوران آتشفشان	۲۳	۳۶۶۵	۲۵۹۹۰۰	۱۱۰۰۰۰
	تعداد میانگین		۱۵۹/۳	۱۱۳۰۰	۴۷۸۲/۶

شیوع بیماری های واگیردار در سراسر جهان: ۱۹۷۴-۲۰۰۳

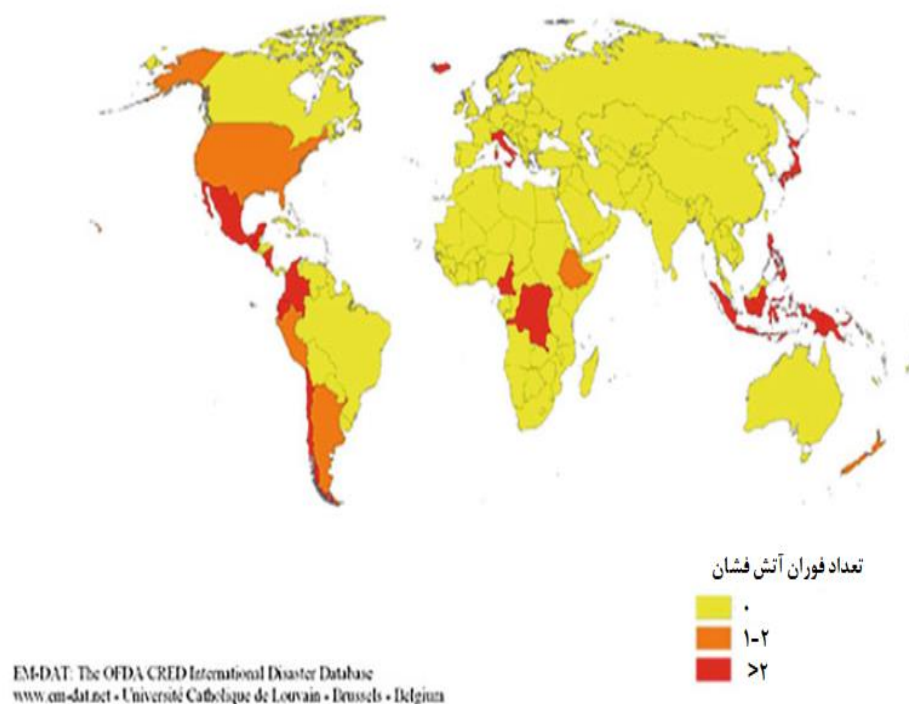


شکل ۱۳-۱۹ تعداد شیوع بیماری های واگیردار در سراسر جهان: ۱۹۷۴-۲۰۰۳

۱۳-۱۳- طوفان تگرگ

تگرگ یا کولاک طوفان هایی هستند که دانه تگرگ/یخ تولید می کنند و این دانه ها بر زمین می بارند. کولاک باعث محدودیت دسترسی و قطعی برق می شود. کولاک و تگرگ اغلب باعث مشکلاتی مشابه با گردباد شده و به پوشش گیاهی آسیب شدیدی وارد می کنند. همچنین، جاده ها به دلیل افتادن درخت ها و شاخه ها مسدود می شوند. برق به گونه ای قطع می شود که به راحتی قابل تعمیر نیست. تیرهای چراغ برق و سیم های مورد استفاده به شدت آسیب دیده و به نخله تبدیل می شوند. هوای سرد مداوم از بازسازی آب و برق / خدمات رفاهی ممانعت می کند. طوفان رعدوبرق در ۱۴ آوریل ۱۹۹۹ در سیدنی استرالیا همراه با تگرگ هایی به اندازه گریپ فروت یا هندوانه بود که به ۲۴۰۰۰ خانه و ۷۰۰۰۰ اتومبیل آسیب رساند (EMA 2007).

تعداد فوران آتش فشان در کشورهای مختلف:
۱۹۷۴-۲۰۰۳



شکل ۱۳-۲۰ تعداد فوران آتش فشان در کشورهای مختلف: ۱۹۷۴-۲۰۰۳

۱۳-۱۴ آتشفشان

ضایعات آتشفشانی از منابع مختلفی همچون جریان گدازه، گلرود (جریان گلی با نخاله‌های آتشفشانی)، انفجار و پرتابه و باران خاکستر به وجود می‌آید. مرگومیر در مقایسه با سایر انواع فجایع کمتر است. مرگبارترین آتشفشان کلمبیا در سال ۱۹۸۵ به دلیل حرکت گلرود از آتشفشان دل رویز^۱ ۲۱۸۰۰ نفر را در آرمرو^۲ کشت (Guha-Spaur, et al., 2004).

^۱ Del Ruiz

^۲ Armeo

فوران آتشفشان منجر به سقوط سنگ و رانش زمین می‌شود. اندازه نخاله‌ها از سنگریزه‌های کوچک اطراف دهانه آتشفشان تا زمین‌لغزه‌های دارای مقیاس بزرگ، متغیر است. آوار در طول آتشفشان می‌تواند سرد یا گرم باشد. آوار گرم به دلیل فعالیت آتشفشانی و آوار سرد به‌موجب شیب ناپایدار است.

جدول ۱۳-۱۵ خلاصه‌ای از فوران آتشفشان‌ها را که بر اساس قاره‌ها از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۱ دسته‌بندی شده‌اند، ارائه می‌دهد و شکل ۱۳-۲۰ تعداد فوران آتشفشان‌ها در سراسر جهان بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ را نشان می‌دهد. خاکستر آتشفشانی به‌طور گسترده پراکنده می‌شود. این امر سلامت را تهدید کرده و باعث اختلال در زیرساخت‌ها و حمل‌ونقل هوایی می‌شود. به دلیل اینکه خاکستر آتشفشانی تمایل به چسبیدن به خطوط و عایق‌ها دارد، شبکه برق آسیب‌پذیر است و این امر موجب ایجاد جرقه می‌گردد. باران شدید، خاکستر نشسته روی سطوح را می‌شوید. خاکستر خشک رسانا نیست اما بخار یا باران سبک باعث کاهش مقاومت لایه‌های خاکستر می‌شود. خاکستر خیس می‌تواند باعث سقوط ساختمان‌ها شود زیرا بار وارده بر ساختمان‌ها را افزایش می‌دهد. خاکستر نشسته بر خیابان‌ها و پارکینگ‌های خودرو در طول باران شدید شسته شده و به آب‌گذرهای طوفان منتقل می‌شود که این امر می‌تواند منجر به جاری شدن سیل گردد و یا وارد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شده و در کار تصفیه اختلال ایجاد کند. خاکستر می‌تواند نهرهای جاری روی سطوح هموار را کاهش داده و فیلترها را مسدود کرده و سیستم ترمز موتور اتومبیل‌ها را دچار مشکل کند (Thomsan, et al., 2011). فوران دو روزه کوه رویپهی^۱ در سال ۱۹۹۶ باعث نشست بیش از ۷ میلیون تن خاکستر در مرکز نورث آیلند شد (Claire & Peter, 2006). تخمین زده می‌شود که ماهیانه حدود ۱۱۰۰ تن خاکستر در هر کیلومترمربع از اطراف کوه ساکوراجیما^۲ نشست می‌کند (Yano, et al., 1985). در سال ۱۹۹۲، فوران کوه سرو نگرو^۳ نزدیک شهر لئون نیکاراگوئه حدود ۱/۷ میلیون تن خاکستر در منطقه‌ای با وسعت بیش از ۲۰۰ کیلومترمربع پخش کرد.

۱۳-۱۵- طوفان باد

طوفان باد معمولاً محدوده وسیعی را تحت شعاع قرار می‌دهد و موجب مرگ‌ومیر، آسیب‌دیدگی و خسارات اقتصادی زیادی می‌شود. موج طوفان باعث واژگونی مخازن آب، روغن، مواد شیمیایی و نشست آن‌ها می‌گردد. نخاله‌ها در مناطقی که به دلیل آتش‌سوزی جنگل‌ها سوخته‌اند، توسط باران

^۱ Ruapehu

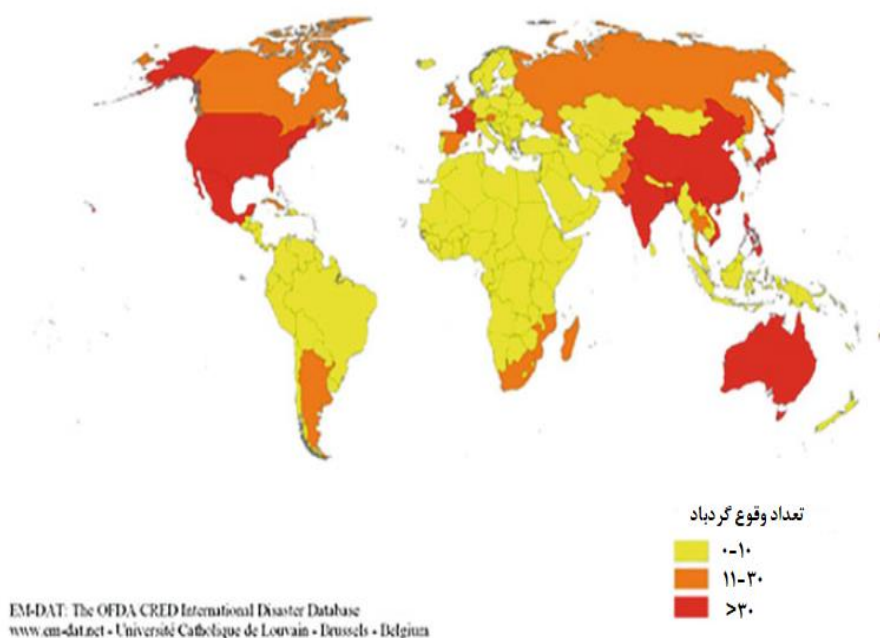
^۲ Sakurjima

^۳ Cerro Nergo

جایجا می‌شوند (Susan, et al., 2008). ضایعات طوفان باد شامل مصالح ساختمانی حاصل از تخریب ساختمان‌ها و خسارات ناشی از باد است. این نوع زباله متشکل از آجر، چوب، بتن، آسفالت، سنگ/سنگ‌ریزه و غیره است. شکل ۱۳-۲۱ تعداد جهانی وقوع طوفان باد بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۳ را نشان می‌دهد. در سال ۱۹۹۱، طوفان باد در بنگلادش باعث کشته‌شدن ۱۳۸۸۶۶ نفر شد. در اکثر موارد، سیل حاصل از باران و موج باد شدید نسبت به خود باد، تأثیر بیشتری بر جان و مال مردم می‌گذارد. به‌طور متوسط، هر طوفان باد زندگی ۳۰۰۰۰۰ نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد، هرچند طوفان باد سال ۲۰۰۲ چین، ۱۰۰ میلیون نفر را درگیر خود کرد. در طول طوفان باد، سقوط ساختمان‌ها و گردباد نخاله علت اصلی بیشتر صدمات است. تغییرات آب‌وهوایی ریسک طوفان و افزایش سطح دریا را بالا می‌برد. مدیریت HHW^۱ در طول پاک‌سازی ضایعات و نخاله مشکل است. ضایعات قابل تجزیه مانند اجساد حیوانات و مواد غذایی به‌سرعت فاسد شده و سبب ایجاد بوی بد شوند.

تعداد وقوع گردباد در کشورهای مختلف:

۱۹۷۴-۲۰۰۳



شکل ۱۳-۲۱ تعداد وقوع گردباد در کشورهای مختلف: ۱۹۷۴-۲۰۰۳

^۱ Household Hazardous Waste

۱۳-۱۶- مدیریت پسماند

زباله حاصل از بلایا با مشخصات زیر توصیف می‌شود:

۱. ضایعات حاصل از آسیب به زیرساخت‌ها، مواد خام صنایع، کالاهای موجود در کارخانه‌های کشتی‌سازی، هواپیماها، انبارها، ایستگاه‌های راه‌آهن.
۲. وابسته بودن کمیت و کیفیت زباله به توسعه منطقه فاجعه‌زده. روستاهای آسیب‌دیده نسبت به مناطق صنعتی انباشت زباله کمتری دارند. فاجعه در کشورهای توسعه‌یافته همانند کشورهای در حال توسعه نخواهد بود که ساکنین آن‌ها در خانه‌های دارای زیربنای ضعیف زندگی می‌کنند. در داخل کشور، ضایعات با توجه به توسعه‌یافتگی منطقه مشخص می‌شوند.
۳. کمیت و کیفیت به بزرگی فاجعه بستگی دارد.
۴. فجایعی مانند سیل/سونامی باعث ایجاد حجم زیادی از زباله‌های خیس می‌شوند که مشخصه آن‌ها داشتن مواد فاسد و پوسیده است.
۵. فجایعی مانند جنگ و تروریسم، مهمات منفجر نشده و سنگرهای نگهداری مهمات را بر جای می‌گذارند.
۶. خاکستر و دوده به دلیل فجایع دربردارنده آتش‌سوزی، انباشته می‌شوند که فرونشاندن آتش قبل از رسیدگی به ضایعات ضروری تر است.



شکل ۱۳-۲۲ پسماند ذخیره‌شده قبل از فرستاده شدن برای بازیافت

مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب برای مواجهه با فاجعه و کاهش اختلالات ضروری است (Gordon & Dion 2008). مدیریت درست زباله حاصل از فجایع نیازمند توجه به موارد زیر می‌باشد:

- برنامه‌ریزی برای مقابله با بلایا در مرحله طراحی شهر.
 - خریداری و نگهداری از تجهیزات و وسایل نقلیه در سطح منطقه بر اساس نوع و تناوب فجایع قبلی.
 - پایگاه داده در خصوص مکان‌های جایگزین جهت جمع‌آوری و ذخیره‌سازی.
- شکل ۱۳-۲۲ تفکیک زباله قبل از بازیافت را نشان می‌دهد. ضایعات تولیدشده در طول فاجعه شامل هر نوع زباله‌ای همچون موارد اهداشده بیش‌ازحد و ناخواسته، مواد گیاهی و سبزیجات، بسته‌های مواد غذایی امدادی، زباله خطرناک، نخاله ساختمان‌ها، ضایعات صنایع، ضایعات مراکز دفع قبل از فاجعه، ضایعات مواد غذایی، سنگ و خاک جابجا شده، وسایل نقلیه خراب و مجراهای آسب‌دیده، WEEE، جنازه انسان‌ها و لاشه حیوانات و زباله‌های بیوپزشکی، می‌باشد.
- مدیریت پسماند بلایا در سه مرحله انجام می‌شود: (۱) واکنش در شرایط اضطراری، (۲) بازیابی، و (۳) بازسازی. این فازها از هم مجزا نیستند و طول مدت آن‌ها از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است (Kuramoto 1995; Baycan & Petersen 2002).

از نظر مدیریت پسماند، مرحله اضطراری شامل از بین بردن سریع خطرات بهداشت عمومی و ایمنی است (Reinhart & McCreanor 1999) که معمولاً بین چند روز تا دو هفته طول می‌کشد (Haas et al., 1977). فاجعه معمولاً با غارت و شورش، پاک‌سازی آهسته جاده‌ها، هماهنگی ضعیف، نگرانی در مورد بهداشت عمومی، عدم وجود افراد و منابع، انباشت زباله توسط قربانیان ناامید فاجعه، ارتباط ضعیف، تخریب آهسته منازل، شکایت عمومی در خصوص رسیدگی نامناسب به زباله و ضایعات، فساد مواد غذایی و دیگر مواد قابل تجزیه، همراه است.

۱۳-۱۶-۱- واکنش در شرایط اضطراری

در هنگام شرایط اضطراری، بقایای حادثه به نحوی مدیریت می‌شوند که محافظت از جان مردم را تسهیل کنند، خدمات اضطراری را ارائه دهند و خطرات مربوط به بهداشت عمومی و ایمنی بلافاصله از بین ببرند. در طول مرحله بهبود و بازیابی، مدیریت پسماند به نحوی انجام می‌شود که مسیرهای حیاتی و بناهای تخریب‌شده به حالت اول برگشته و ترمیم شوند. در آخر و در مرحله بازسازی، ضایعات جمع‌آوری شده از بلایا برای بازسازی استفاده می‌شوند. در این مرحله، شناسایی مسائل مربوط به زباله از طریق رسانه‌های عمومی، انتشارات و بررسی‌های اکتشافی بسیار مهم است. پس از

مشخص شدن مسائل و پیش از اولویت‌بندی حوادث جهت رسیدگی، زباله باید کمیت سنجی، توصیف و نقشه‌برداری شود.

اولویت‌بندی باید دربرگیرنده شناسایی محل‌های موقت ذخیره‌سازی یا دفع، نحوه استفاده بهینه از منابع موجود، پاک‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل و اولویت‌دهی به دفع زباله‌های عفونی باشد. مالکیت مواد/زباله، به‌ویژه مواد دارای ارزش بالا مانند مواد جامد قابل استفاده مجدد و گران‌قیمت همچون زیورآلات، در توده زباله مسأله مهمی است. در طول این مرحله، تفکیک این موارد گران‌قیمت در اولویت است.

۱۳-۱۶-۲- بازیابی

مرحله بازیابی تحت تأثیر عوامل مختلفی همچون تحقیقات پلیس قرار دارد که خارج از کنترل مسئولین مدیریت پسماند می‌باشند (Ekici, et al., 2009). مرحله بازسازی، فرایند طولانی‌مدتی است. بر اساس مطالعات هاس و همکاران (۱۹۷۷)، طول مدت بازسازی می‌تواند ۱۰ سال باشد. بر طبق آنچه در سونامی اقیانوس هند در سال ۲۰۰۴ مشاهده شد، مکان‌های نامناسب ذخیره‌سازی موقت مانند زمین‌های بازی و مزارع برنج به محیط‌زیست و معیشت افراد آسیب می‌رسانند (Basnayake, et al., 2006; Pilapitiya, et al., 2006; UNDP, 2006). در طول این مرحله، ارزیابی و تخصیص منابع جهت ضدعفونی مناسب مکان‌ها و گندزدایی مواد عفونت‌زا باید به‌طور موازی با هم انجام شوند.

جعبه ۱۳-۱ بررسی موردی مدیریت پسماند جامد پس از آتش‌سوزی در بازار راسل بنگلور
بازار راسل بنگلور (شکل ۱۳-۲۳) هند ۴۸۰ مغازه داشت که در ۲۵ فوریه ۲۰۱۲ ساعت ۳:۳۰ صبح آتش گرفت؛ آتش‌سوزی تا ساعت ۷ بعدازظهر طول کشید و ۱۷۴ مغازه ۸۵ ساله سوختند. علت آتش‌سوزی یک اتصال الکتریکی کوچک بود و هیچ‌کس در این حادثه کشته نشد. ۲۸ ایستگاه آتش‌نشانی مشغول خاموش کردن این آتش بودند. آتش ابتدا مغازه‌های سبزی، میوه، گل، اسباب‌بازی و وسایل کم‌بها آشپزخانه و طبقه همکف را سوزاند. پسماند به‌طور عمده مبلمان و سبزی/میوه/گل سوخته بود. مبلمان نیمه‌سوخته برای استفاده مجدد کسبه بازیابی شده و سبزی/میوه/گل سوخته توسط ماشین‌های مخصوص جمع‌آوری زباله پاک‌سازی شدند. از سوی دولت به مغازه‌داران مقداری غرامت پرداخت شد تا آسیب‌ها را به‌طرف کرده و در مدت‌زمان چند روز کار خود را از سر بگیرند.



شکل ۱۳-۲۳ اشیای به جامانده از آتش رخ داده در بازار راسل در شهر بنگلور، هند



شکل ۱۳-۲۴ پسماند پخش شده در ناحیه آسیب دیده توسط بلایای طبیعی

۱۳-۱۶-۳- بازسازی

در این مرحله، زباله‌هایی که به‌طور موقت انبار شده بودند جهت بازیابی حداکثر مواد مفید به محل‌های مناسب دفع فرستاده می‌شوند. از ضایعات بلایا می‌توان جهت ساخت بتون و بلوک‌های ساختمانی و پر کردن مناطق کم نهشت استفاده کرد. قطعات فلزی در صنعت متالورژی قابل استفاده هستند. زباله‌های پلاستیکی و شیشه‌ای می‌توانند پس از پاک‌سازی دوباره استفاده/بازیافت شوند. محل‌های موقت ذخیره‌سازی معمولاً در مدیریت پسماند بلایا استفاده می‌شوند (شکل ۱۳-۲۴). بسیاری از محققین بر این باورند که محل‌های وقت ذخیره‌سازی جهت بازیافت/پردازش بسیار مهم هستند زیرا آن‌ها زمان اضافی برای تفکیک، بازیافت و دفع زباله ایجاد می‌کنند (Johnston et al., 2009; USEPA 2008).

در مدیریت پسماند بلایا این عوامل باید در نظر گرفته شوند: مواد موجود در بازار بازیافت، تدارکات موردنیاز، فضای موردنیاز و مسائل مرتبط با زمین مورد استفاده، اقتصاد بازیافت پس از فاجعه و تأثیرات بر محیط‌زیست. پروژه‌هایی که از مواد بازیافت شده از زباله بلایا استفاده می‌کنند ممکن است به آن سطح مناسب از کیفیت زیست‌محیطی و ساختاری در زمان مقرر نرسند (Charlotte et al., 2011). مکان نامناسب محل‌های موقت ذخیره‌سازی به‌طور بالقوه به محیط‌زیست و معیشت مردم آسیب می‌رسانند.

۱۳-۱۶-۴- حمل و نقل زباله

حمل و نقل زباله در طول بلایا به نوع فاجعه بستگی دارد. برخی بلایا (مانند زمین لرزه، سونامی، سیل و رانش زمین) راه‌های ارتباطی را مسدود کرده یا از بین می‌برند. سایر بلایا (مانند خشکسالی و بیماری‌های واگیردار) به سیستم حمل و نقل آسیب نمی‌رسانند، اما چالش رسیدگی به زباله از قبل پیش‌بینی نشده، بودجه و اقتصاد دولت‌ها را تحت فشار قرار می‌دهد.

۱۳-۱۶-۵- استفاده مجدد/ بازیافت زباله

بسیاری از اجزاء ضایعات و پسماند حاصل از فجایع قابل بازیافت هستند. نمونه‌هایی از بازیافت ضایعات بلایا عبارت‌اند از خاک جهت پوشش محل دفن زباله، مواد جهت تولید بتن و مواد گیاهی جهت کمپوست. مزیت‌های بازیافت ضایعات فجایع در پاک‌سازی بسیاری از بلایای رخ داده همچون زمین لرزه مارمارا (Baycan & Petersen, 2002; Baycan, 2004)، کوزوو (DANIDA, 2004)، زلزله نورتریج در سال ۱۹۹۴ در آمریکا (USEPA, 2008; Gullidge, 1995)، لبنان (Jones, 1996)، زمین لرزه بزرگ اواجی هانشین (Kobayashi, 1995)، سونامی اقیانوس هند، تایلند و سریلانکا (Basyanke, et al., 2005; UNDP, 2006) مشهود است.

این مزایا عبارت‌اند از: (۱) کاهش فضای محل دفن زباله استفاده‌شده، (۲) کاهش مقدار زباله خام استفاده‌شده جهت بازسازی، (۳) درآمدزایی از ضایعات بازیافت شده، (۴) کاهش حمل و نقل ضایعات و مواد خام، (۵) دسترسی آسان به فعالیت‌های بازیافتی پس از فاجعه، و (۶) اشتغال‌زایی.

موانع و فرصت‌های بازیافت بناها و خرابی‌ها^۱ به‌خوبی مستند شده‌اند (Kartam, et al., 2004; Blengini, 2009; Kofoworola & Gheewala, 2009; Skinner, 1995; Reinhart & McCreanor, 1999). موانع بالقوه بازیافت بناها پس از بلایا عبارت‌اند از: زمان جهت جمع‌آوری و مدیریت مواد، در دسترس نبودن تجهیزات ویژه پردازش (Baycan & Petersen, 2002)، سختی در جداسازی فیزیکی مواد (Lauritzen, 1998; Baycan, 2004)، عدم تمایل جهت استفاده از ضایعات در بازسازی (Lauritzen, 1998)، نبود محل‌های دفع (Lauritzen, 1998)، هزینه‌های مربوط به سایر روش‌های دفع (Solis, et al., 1995) و نبود بازار جهت استفاده از مقادیر بالای مواد (Solis, et al., 1995; Lauritzen, 1998).

تبدیل زباله به انرژی توسط پیسن (۲۰۰۸) به‌عنوان گزینه‌ای جهت تصفیه زباله حاصل از بلایا با محدودیت‌هایی همچون هزینه‌های بالای حمل و نقل و بازار محدود پیشنهاد شد. مقیاس کوچکی

^۱ C & D waste

از تبدیل زباله به انرژی توسط آمریکا برای زباله جمع‌آوری شده در طول طوفان‌های کاترینا، ریتا، چارلی، فرانسیس و جینا انجام شد (USEPA, 2008).

۱۳-۱۶-۶- دفع زباله

مسائل مربوط به دفع زباله از فاجعه‌ای تا فاجعه دیگر متفاوت هستند. وسایل نقلیه اغلب تا فواصل طولانی جابجا شده و حتی موجب بسته شدن جاده‌ها می‌شوند. نشت بنزین، گازوئیل و سایر مواد شیمیایی پرخطر می‌تواند ماهیت زباله موجود در منطقه را از بی‌خطر به خطرناک تغییر دهد. در معرض قرار گرفتن زباله‌های خطرناک در بلایای طبیعی مانند سونامی اقیانوس هند (Pilapitiya et al., 2006) و طوفان کاترینا (Dubey, et al., 2007) مشکل‌ساز هستند. از بین بردن و دفع زباله به دلیل مسایل مالکیت و بیمه پیچیده است، از این رو پاک‌سازی و بازیافت کند می‌شود (Mike, et al., 2005).

ضایعات قابل‌احتراق در بسیاری از نقاط جهان به‌طور عمدی سوزانده می‌شوند تا حجم آن‌ها کاهش پیدا کند. با این حال، ضایعات فجایع و حوادث می‌توانند به‌صورت تصادفی و به دلیل احتراق خود به خودی و یا آتش گرفتن جنگل‌ها و ساختمان‌های نزدیک، آتش بگیرند. مقدار ضایعات در بلایای دارای مقیاس بزرگ، معمولاً از ظرفیت محل‌های دائمی دفع زباله تجاوز می‌کند (Petersen, 2006; USEPA, 2008). در چنین مواردی همچون زمین‌لرزه "مارمارا" از محل‌های موقت دفع زباله استفاده می‌شود (Baycan, 2004).

منابع

- Rew F, Paul H, Barnaby P (2011) Corruption & arms trade: sins of commission, Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) year book 2011, Summary, p 3.
- Asian Development Bank (ADB) (2001) Fire, smoke, & haze the ASEAN response strategy, p 246.
- Banerjee R (2001) Man made natural disasters. In: Proceedings of conference on disaster management: lessons learnt from Orissa cyclone & Gujarat–Rajasthan drought, BITS, Pilani, 5–7 March, pp 14–15.
- Basnayake BFA, Chiemchaisri C, Mowjood MIM (2005) Solid wastes arise from the Asian tsunami disaster & their rehabilitation activities: case study of affected coastal belts in Sri Lanka & Thailand. In: 10th international waste management & landfill symposium, Sardinia.
- Basnayake BFA, Chiemchaisri C, Visvanathan C (2006) Wastes: clearing up after the tsunami in Sri Lanka & Thailand. Waste Management World, pp 31–38 (March–April).
- Baycan F (2004) Emergency planning for disaster waste: a proposal based on the experience of the Marmara Earthquake in Turkey. In: 2004 International conference & student competition on post-disaster reconstruction “Planning for Reconstruction”. Coventry, UK, 22–23 Apr 2004.
- Baycan F, Petersen M (2002) Disaster waste management—C&D waste. In: Annual conference of the international solid waste association.
- Bjerregaard M (2009) MSB/UNDP Debris management guidelines. Disaster Waste Recovery.
- Blengini GA (2009) Life cycle of buildings, demolition & recycling potential: a case study in Turin. Italy Build Environ 44:319–330.
- Booth W (2010) Haiti faces colossal & costly cleanup before it can rebuild. The Washington Post, 17 Mar 2010.
- Bordón JE (2003) Todavía quedan 16,000 evacuados. La Nación, 30 de mayo de 2003, Buenos Aires, pp 18–20.
- Cannon SH, Gartner JE, Wilson RC, Bowers JC, Laber JL (2008) Storm rainfall conditions for floods & debris flows from recently burned areas in southwestern Colorado & southern California. Geomorphology 96(2008):250–269.

- Capua I, Alex&er DJ (2004) Avian influenza: recent developments. *Avian Pathol* 33:393–404.
- Channell M, Graves MR, Medina VF, Morrow AB, Br&on D, Nestler CC (2009) Enhanced tools & techniques to support debris management in disaster response missions. In: US Army Corps of Engineers (eds) Final Report ed. Environmental Laboratory US Army Engineer Research & Development Center, Vicksburg, MS.
- Charlotte B, Mark M, Erica Seville (2010) Disaster waste management case study: 2009.
- Victorian Bushfires, Australia, Resilient Organisations Research Report 2010/04
- Charlotte B, Mark M, Erica S (2011) Disaster waste management: a review article, waste management. doi:10.1016/j.wasman.2011.01.027.
- Claire JH, Peter JB (2006) The respiratory health hazards of volcanic ash: a review for volcanic risk mitigation. *Bull Volcanol*. doi:10.1007/s00445-006-0052-y 13.16 Waste Management 369.
- Dammer JP (1995) Biomass burning & the atmosphere. In: Paper presented at forests & global climate change: forests & the global carbon cycle, quoted in Levine J (Training Manual).
- DANIDA (2004) Building waste management. Kosovo, DANIDA.
- Daniel M, Louis L (2007) Southeast Asian forest & l& fires: how can vulnerable ecosystems & peoples adapt to changing climate & fire regimes? *iLEAPS Newsletter* 4, pp 28–29.
- Dubey B, Solo-Gabriele HM, Townsend TG (2007) Quantities of arsenic-treated wood in demolition debris generated by Hurricane Katrina. *Environ Sci Technol* 41:1533–1536.
- E&DM (2003) Homepage of “emergency disaster management inc.”, as on 20 Oct 2003, the URL of which is: <http://www.emergency-management.net>.
- Ekici S, McEntire DA, Afedzie R (2009) Transforming debris management: considering new essentials. *Disaster Prev Manage* 18:511–522.
- Ema (2007) Sydney, NSW: Severe Hailstorm (Incl Lightning). Available from emergency management australia disasters database as cited in RMS (Risk Management Solutions, Inc.) special report, 2009: The 1999 Sydney Hailstorm: 10-Year Retrospective.
- Gordon K, Dion M (2008) Protection of ‘critical infrastructure’ & the role of investment policies relating to national security. *Investment*

- Division, Directorate for Financial & Enterprise Affairs, Organisation for Economic Cooperation & Development, Paris 75116, France Governor's Office of Emergency Services (GOES) Mather, California (2005) Disaster debris management.
- Guha-Sapir D et al (2004) Thirty years of natural disasters 1974–2003: the numbers, centre for research on the epidemiology of disasters. Presses Universitaires De Louvain.
- Gulledge JH (1995) Calabasa landfill earthquake debris recovery programme. In: Earthquake waste symposium, 12–13 June 1995, Osaka.
- Haas JE, Kates RW, Bowden MJ (1977) Reconstruction following disaster. The MIT Press.
- Hassan P (2008) Environmental impact of wars & conflicts, arab environment: future challenges. In: Tolba MK, Saab NW (eds) Report on Arab forum for environment & development.
- Hirayama N, Kawata Y, Suzuki S, Harada K (2009) Estimation procedure for potential quantity of tsunami debris on tsunami earthquake disasters. In: Sardinia 2009, Twelfth international waste management & landfill symposium, CISA Publisher, Margherita di Pula S, Cagliari, Italy.
- Hirayama N, Shimaoka T, Fujiwara T, Okayama T, Kawata Y (2010) Establishment of disaster debris management based on quantitative estimation using natural hazard maps. In: Popov V.
- Johnston D, Dolan L, Glavovic B, Schalkwyk RV, Killeen C, Cousins J, Saunders W, Becker J, McIntyre I, Brown C (2009) Disposal of debris following urban earthquakes: guiding the Development of Comprehensive Pre-event Plans. Institute of Geological & Nuclear Sciences Limited, Wellington.
- Jones D (1996) Beirut, capital of Lebanon: waste management after the war. Warmer Bulletin.
- Kartam N, Al-Mutairi N, Al-Ghusain I, Al-Humoud J (2004) Environmental management of construction & demolition waste in Kuwait. Waste Manage 24:1049–1059.
- Kobayashi Y (1995) Disasters & the problems of wastes—Institutions in Japan & issues raised by the Great Hanshin-Awaji earthquake. In: Earthquake Waste Symposium, 12–13 June 1995, Osaka.
- Kofoworola OF, Gheewala SH (2009) Estimation of construction waste generation & management in Thailand. Waste Manag 29:731–738.

- Kuramoto N (1995) The actual state of damage & measures undertaken in Hyogo prefecture. In: Earthquake waste symposium, 12–13 June 1995, Osaka.
- Lauritzen EK (1998) Emergency construction waste management. *Saf Sci* 30:8.
- Luther L (2008) Disaster debris removal after hurricane Katrina: status & associated issues. Congressional Research Service.
- Mike B (2011) Abandoned chemical weapons in China: the unresolved Japanese legacy, Global Green USA, Us Affiliate of Green Cross International, May 2011.
- MSW (2006) MSW Management Journal. September/October, 36 370 13 Issues in Disaster Affected Area.
- Organization for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) (2010) NA: demilitarization: latest facts & figures. <http://www.opcw.org/our-work/demilitarisation/down> loaded on March 9, 2010.
- Peiris JS, de Jong MD, Guan Y (2007) Avian influenza virus (H5N1): a threat to human health. *Clin Microbiol Rev* 20:243–267.
- Petersen M (2006) Wasting away—The post-tsunami menace. *Mater World*, 20–22 Jan.
- Pilapitiya S, Vidanaarachchi C, Yuen S (2006) Effects of the tsunami on waste management in Sri Lanka. *Waste Manage* 26:107–109.
- PPU (NA): <http://www.ppu.org.uk/war/environment/e-dumping.html>. Accessed on 26 Sep 2011.
- Reinhart D, McCreanor P (1999) Disaster debris management—Planning tools. In: Final report submitted to U.S. environmental protection agency region IV, 24 Sep 1999.
- Ruckart PZ, Orr MF, Lanier K, Koehler A (2008) Hazardous substances releases associated with hurricanes Katrina & Rita in industrial settings, Louisiana & Texas. *J Hazard Mater* 150:53–57.
- Sam P-F, Julian C, Olawale I, Elisabeth S, Carina S (2011) Military expenditure, SIPRI year book 2011, Summary, pp 8–9.
- Sara C (1995) Simi's quake debris collection program to end in June, Los Angeles times, 17 May 1995.
- Shelter Centre, Pro Act Network, Disaster Waste Recovery (NA) Planning centralised building waste management programmes in response to large disasters.

- Skinner JH (1995) Conclusions. In: Earthquake waste symposium, 12–13 June 1995, Osaka.
- Solid Waste Authority (2004) 2003–2004 annual report: mountains of debris. Solid Waste Authority, Palm Beach County, Florida.
- Solis GY, Hightower HC, Sussex J, Kawaguchi J (1995) Disaster debris management. The Disaster Preparedness Resources Centre, The University of British Columbia for Emergency Preparedness Canada, British Columbia.
- Srinivas H, Nakagawa Y (2008) Environmental aspects of the Indian Ocean tsunami recovery. *J Environ Manage* 89:4–13
- Stolle F, Chomitz KM, Lambin EF, Tomich TP (2003) Land use & vegetation fires in Jambi Province, Sumatra, Indonesia. *For Ecol Manage* 179:277–292.
- Taylor A (2008) Sichuan's earthquake, six months later [www.boston.com](http://www.boston.com/bigpicture/2008/11/sichuans_earthquake_six_months.html). Available at: http://www.boston.com/bigpicture/2008/11/sichuans_earthquake_six_months.html (last accessed on 7 Apr 2011).
- Tchobanoglous G (2002) Construction & demolition debris. In: Tchobanoglous G, Kreith F (eds) *Handbook of solid waste management*.
- Trenberth KE, Hoar TJ (1996) The 1990–1995 El Niño–Southern oscillation event: longest on record. *Geophys Res Lett* 23(1):57–60.
- Trenberth KE, Hoar TJ (1997) El Niño & climate change. *Geophys Res Lett* 24(23):3057–3060.
- UNDP (2004) A global report reducing disaster risk a challenge for development
- UNDP (2006) Tsunami recovery waste management programme. Multi donor fund for Aceh & Nias.
- UNEP (2005) Lessons learnt from the Tokage Typhoon (Typhoon 23 of 2004) in Japan.
- United Nations Development Programme (UNDP) & Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR) NAD-Nias, Government of Indonesia (NA) Tsunami recovery waste management programme (TRWMP) NAD-Nias (2005).
- USEPA (1995) Planning for disaster debris.
- USEPA (2008) Planning for natural disaster debris. In: Office of solid waste & emergency response & office of solid waste (eds).

- VBRRA (2009) 100 Day report, Victorian bushfire reconstruction & recovery authority. In: Brown C, Milke M, Seville E (eds) 2010: disaster waste management case study: 2009 Victorian Bushfires, Australia, Resilient Organisations Research Report 2010/04.
- UNDP & International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) (NA) Guidance note on recovery environment.
- Yano E, Takeuchi A, Nishii S, Koizumi A, Poole A, Brown RC, Johnson NF, Evans PH.
- Yukiyama Y (1985) In vitro biological effects of volcanic ash from Mount Sakurajima. *J Toxicol Environ Health* 16:127–135.
- Yepsen R (2008) Generating biomass fuel from disaster debris. *Biocycle* 49:51.

فصل چهاردهم

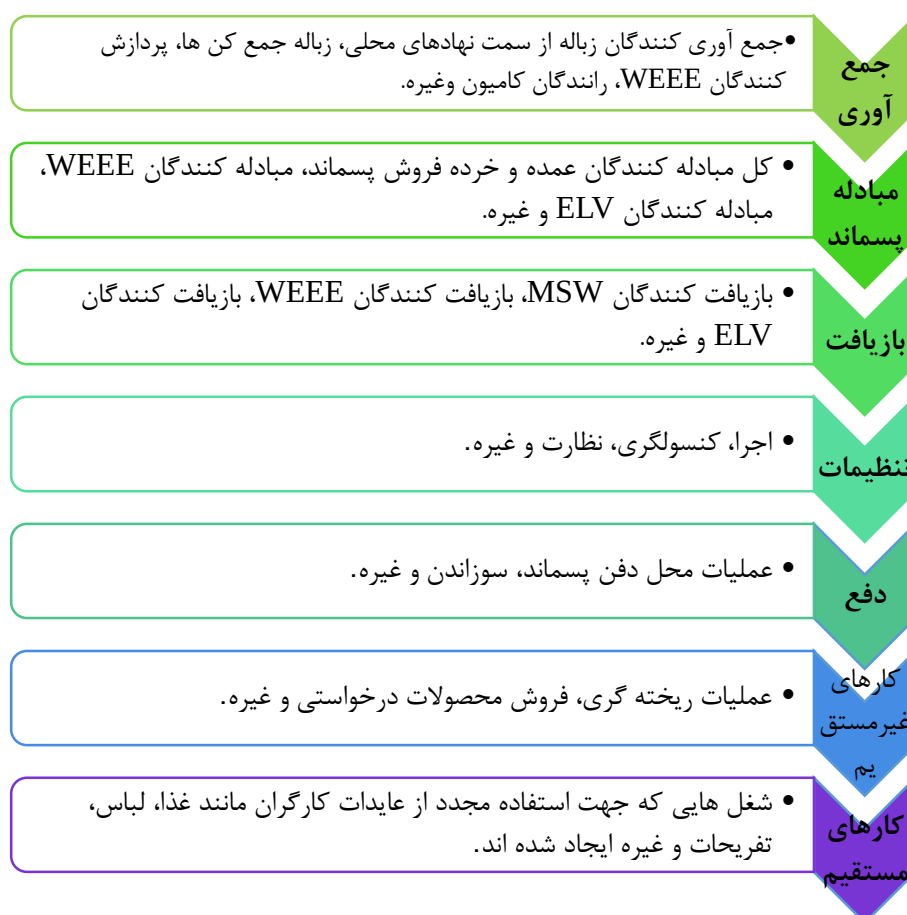
پسماند جامد و معیشت

معیشت چیزی نیست جز فعالیتی جهت گذران زندگی روزمره که با توجه به زمینه‌های مختلف اجتماعی، زیست‌محیطی، آب‌وهوایی متفاوت است. معیشت همچنین به منابع، روابط اجتماعی، خطرات، بلا تکلیفی‌ها، تغییر شیوه زندگی، بیماری‌های واگیردار، ریسک بازار، تورم و رقابت بستگی دارد.

مدیریت مرسوم پسماند جامد به عنوان وسیله امرارمعاش اصلی در نظر گرفته نمی‌شود؛ اما همان‌طور که در ادامه بحث خواهد شد، تقریباً ۱ درصد اسکان شهری در بسیاری از کشورها به پسماند جامد وابسته‌اند. جمعیت وابسته به پسماند جامد عبارت‌اند از زباله جمع‌کن‌ها (اسقاط فروش‌ها یا رفتگران)، فروشندگان ضایعات و آهن‌قراضه، رانندگان کامیون، تخلیه‌کنندگان زباله، اوراق کارها، بازیافت‌کنندگان، تاجران کالاهای از رده خارج‌شده.

بازیافت بی‌قائده زباله دارای مشخصه‌هایی همچون مقیاس کم، هزینه پایین، ریسک پایین و عملیات پرکار است. شکل ۱۴-۱ مجموعه‌ای از شغل‌های ایجاد شده از طریق فعالیت‌های مدیریت پسماند را نشان می‌دهد. بسیاری از کشورهای کم‌درآمد به دلیل زیاد بودن جمعیت فقیر و بیکار، بخش‌های غیررسمی زیادی دارند (Akiko & Mitsuo, 2011). معیشت در مناطق شهری را می‌توان به رسمی و غیررسمی تقسیم کرد. بر طبق مطالعات بیکر (۲۰۰۴)، سهم کارگران غیررسمی اشتغال شهری در آسیا بین ۴۰ الی ۶۰٪ است. حدود ۱۲۰ هزار نفر در تجارت بازیافت غیررسمی در داکا^۱ بنگلادش، که جمعیتش ۱۲ میلیون است، مشغول به کار هستند (UN-Habitat, 2010). در کشورهای در حال توسعه بازیافت مواد از پسماند جامد به دلیل مزایای بازیافت افزایش یافته است. اغلب جمع‌آوری اطلاعات دقیق در کشورهای در حال توسعه در خصوص تعداد افرادی که معیشت آن‌ها وابسته به صنعت زباله است، مشکل می‌باشد. معیشت در مناطق شهری را می‌توان به رسمی و غیررسمی طبقه‌بندی کرد. بخش‌های غیررسمی توانایی بالایی جهت عکس‌العمل نشان دادن به تهدیدها/چالش‌ها نشان داده‌اند و مشخصه آن‌ها عبارت از حضور بالایی از افراد دارای مشکل اقتصادی با دستمزد پایین، عدم دسترسی به اعتبارات رسمی و سازمانی و عزت کاری است (Pornima & Lakshmi, 2009). شکل ۱۴-۲ الف و ب مثال‌هایی از معیشت‌های وابسته به پسماند جامد را نشان می‌دهد. خصوصی‌سازی انبار و تخلیه زباله از دسترسی زباله جمع‌کن‌ها به زباله‌ها جلوگیری می‌کند (Rachel & Chasca, 2003).

^۱ Dhaka



شکل ۱۴-۱ تعدادی از شغل هایی که از طریق مدیریت پسماند ایجاد شده اند

بر اساس داده های منتشر شده توسط HSE (۲۰۰۴)، انگلستان (که ۵۰ میلیون تن زباله تجاری، ۳۰ میلیون تن زباله صنعتی و حدود ۳۰ میلیون تن زباله شهری تولید می کند)، ۱۶۰۰۰۰ نفر را در بخش مدیریت پسماند استخدام کرده است که از میان آنها حدود ۱۲۰۰۰۰ نفر در بخش خصوصی کار می کنند. بخش زباله آمریکا از ۲۷۰۲۸ سازمان تشکیل شده و دارای ۳۶۷۸۰۰ کارگر است (Edward, 2001). تعداد افراد شاغل در بخش زباله استرالیا بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ از ۵۶۵۸ به ۸۷۴۹ افزایش یافت (Ursula & Karin, 2011). بر طبق مطالعات شنیدر (۱۹۹۸)، اقتصاد غیررسمی در استرالیا و آلمان سهم مهمی در ثروت این کشورها دارد. جمع آوری و بازیافت کنندگان غیررسمی به بخش عمده زباله های الکترونیکی رسیدگی می کنند (Tong, et al., 2004;)

زباله شهری ملل در حال توسعه آسیایی است (Bertram, et al., 2002) زیرا این کشورها زباله الکترونیکی خانگی تولید کرده و دستگاه‌ها و تجهیزات استفاده شده تکنولوژی اطلاعات^۱ (IT) را از خارج از کشور وارد می‌کنند (brigden, et al., 2008). WEEE در چین عمدتاً توسط بخش غیررسمی بازیافت می‌شود. چنین فعالیت‌هایی باعث به خطر افتادن سلامت کارگران می‌شود (Williams, 2005). در زابالین^۲، حومه قاهره، ۵۰۰۰۰ نفر زندگی می‌کنند و معیشت آن‌ها وابسته به پردازش زباله است (Richard, et al., 2002). تعداد افراد مشغول در مدیریت پسماند و خدمات اصلاحی/بازسازی آمریکا بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ از ۰/۲۲ به ۰/۳۷ میلیون افزایش یافته است (BLS, 2002).

بازیابی و بازیافت توسط زباله جمع‌کن‌ها می‌تواند باعث ذخیره انرژی شود. برای مثال، بازیافت برخی فلزات به ۳ الی ۵٪ انرژی نیاز دارد که باید از سنگ معدن تأمین شود. مطالعه‌ای در مکزیک نشان داد که تقریباً ۳۵۳۰۰۰ تن زباله توسط ۳۰۰۰ زباله جمع‌کن در سال جمع‌آوری می‌شود. آن‌ها معمولاً بخش‌های قابل بازیافت زباله را بازیابی می‌کنند. برزیل حدود ۵۰۰ تعاونی جمع‌آوری زباله با تعداد تقریبی ۶۰۰۰۰ کارگر دارد.

در بمبئی هندوستان بیش از ۳۰۰۰۰ اسقاط جمع‌کن، بیش از ۴۰۰ شرکت کوچک برای پردازش ضایعات ایجاد کرده‌اند. بوئنوس آیرس^۳ آرژانتین بیش از ۴۰۰۰۰ اسقاط جمع‌کن دارد، در حالی که جاکارتای^۴ اندونزی حدود ۳۷۰۰۰ زباله جمع‌کن دارد (Medina, 2007).

^۱ Information Technology

^۲ Zabbaleen

^۳ Buenos Aires

^۴ Jakarta

زباله جمع کن ها		زباله جمع کن ها تقریباً در تمام نقاط جهان وجود دارند. در کشورهای در حال توسعه جمعیت زباله جمع کن ها بین ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ درصد از جمعیت یک شهر است.
معامله کنندگان قراضه		این افراد زباله را از زباله جمع کن ها، جمع آوری کنندگان زباله و نیز تولیدکنندگان خریداری می کنند. در کشورهای در حال توسعه، جمعیت این افراد بین ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ درصد از جمعیت یک شهر است و آن ها با پرداخت هزینه پسماند را از جمع آوری کنندگان و تولیدکنندگان زباله خریداری می کنند.
جمع آوری کنندگان زباله		جمع آوری کنندگان زباله معمولاً کارمندان نهادهای محلی مسئول مدیریت پسماند هستند. در برخی موارد این نهادهای وظیفه دفع پسماند را به آژانس های خصوصی یا NGO می سپارند. هزینه این عملیات معمولاً توسط تولیدکنندگان پرداخت می شود.
رفتگران		رفتگران معمولاً کارکنان نهادهای مسئول مدیریت پسماند جامد هستند. در برخی موارد این نهادها مسئولیت رسیدگی به پسماند را به آژانس های خصوصی و یا NGO می سپارند.
رانندگان کامیون		رانندگان و سایر افرادی که بر روی کامیون کار می کنند، معمولاً کارکنان نهادهای محلی مسئول مدیریت پسماند جامد هستند. در برخی موارد این نهادهای مسئولیت رسیدگی به پسماند را به آژانس های خصوصی یا NGO می سپارند.

شکل ۱۴-۲ معیشت و پسماند جامد

رسیدگی کنندگان به پسماند



رسیدگی کنندگان به پسماند، کارکنان سازمان های اداره کننده آژانس های تصفیه و دفع پسماند هستند. این کارکنان ممکن است عمل بازیافت را نیز انجام دهند.

تفکیک کنندگان



تفکیک کنندگان دستی پسماند، رسیدگان کنندگان ویژه پسماند هستند که ممکن است به عنوان بازیافت کننده نیز فعالیت نمایند. تخصص این افراد تفکیک WEEE به وسایل نقلیه/ماشین های آسیب دیده/کهنه است.

بازیافت کنندگان



بازیافت کنندگان شامل پینه دوزهایی مانند فرد نشان داده شده در شکل هستند که کفش های کهنه را تعمیر می کنند. سایر بازیافت کنندگان عبارتند از صنعت ریخته گری که فلزات اوراقی را ذوب کرده و قطعات فلزی می سازند یا صنعت پلاستیک که پلاستیک ها ذوب کرده و کالاهای پلاستیکی تهیه می کنند.

خریداران دوره گرد زباله



خریداران دوره گرد زباله افرادی هستند که از محلی به محل دیگر می روند و مواد پسماند قابل بازیافت یا استفاده مجدد را خریداری (یا مبادله) می کنند. فرد حاضر در تصویر سعی در مبادله لباس های کهنه با وسایل فولادی ضد زنگ دارد.

کارکنان در خانه



کارکنان مشغول به کار در خانه مانند فرد نشان داده شده در تصویر منحصرأ به کار در خانه و رسیدگی به وابسته هستند، علی رغم اینکه شرایط کاری شامل بهداشت ضعیف و درآمد ناچیز می باشد.

شکل ۱۴-۲ معیشت و پسماند جامد

جدا از مسئله امرارمعاش در حالت عادی، فعالیت هایی که در هنگام بروز بلایای طبیعی انجام می شوند نیز فرصت های شغلی برای دوره بازیابی بعدازآن ایجاد می کنند. ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ نفر همراه

با ۶۰ کامیون کمپرسی بیش از ۱ سال در بازسازی بعد از سونامی در کوتا باندا آچه^۱ اندونزی مشغول به کار بودند (UNDP و BRR NA).

بر اساس ECDGE (۲۰۰۰)، استخدام مرتبط با مدیریت پسماند در اروپا نشان‌دهنده حدود ۱۲۰۰۰ FTE (شغل تمام‌وقت معادل) به‌صورت سالیانه است. در سطح اروپا ۷۰٪ باز یافت مواد کلیدی بر طبق EU27 منجر به ۳۲۲۰۰۰ شغل مستقیم شده است که به‌موجب باز یافت بیشتر ۱۱۵ میلیون تن کاغذ، پلاستیک، چوب، شیشه، فلز، منسوجات و غیره، ۱۶۰۹۰۰ شغل غیرمستقیم جدید و ۸۰۴۰۰ شغل القایی ایجاد گشته است (Friends of Earth, 2010).

همانند دیگر بخش‌ها، بخش زباله نیز شغل غیرمستقیم (همانند عملیات ریخته‌گری، فروش محصول باز یافتی و غیره) و القایی (مانند شغل‌های واسطه به وجود آمده به دلیل صرف درآمد کارگران برای غذا، لباس، تفریح و غیره)^۲ ایجاد می‌کند. برای هر شغل مستقیم ایجاد شده در بخش زباله، ۱/۲ شغل "غیرمستقیم" و ۱/۳ شغل "القایی" در آمریکا ایجاد می‌شود (Friends of Earth, 2010). در آمریکا، حدود ۳۳/۴٪ زباله جهت باز یافت و کمپوسیت بازیابی می‌شود که منجر به استخدام بیش از ۱/۱ میلیون نفر در ۵۶۰۰۰ تأسیسات عمومی و خصوصی در سال ۲۰۰۱ شده است (US EPA, 2008). کارخانه‌های تولید فولاد، مبدل‌های پلاستیک و ریخته‌گری‌های آهن و فولاد ۵۰٪ از کل شغل‌های باز یافت صنعتی را ایجاد می‌کنند (IOE, ILO, UNEP, 2008). ITUC. بازسازی اقلامی همچون قطعات موتور خودرو، کمپرسورها، مبلمان اداری، دستگاه‌های فتوکپی و نیز کارتریج‌های تونر لیزری^۳ منجر به استخدام حدود ۴۸۰۰۰۰ نفر شده است (Remanufacturing Institute, 2003). بر طبق آمار گرفته شده در ژوئن ۲۰۱۰، ۲۶۶۷ حرفه / سازمان خدمات‌رسانی مدیریت پسماند در استرالیا ۲۶۸۱۲ نفر را استخدام کرد (ABS, 2011).

۱۴-۱- اسقاط جمع‌کن‌ها

اقتصاد جهانی در حال تغییر باعث مطالبه‌های جدید در اقتصاد شده است که این مطالبات تأثیر منفی بر منابع طبیعی و اشتغال دارند. در شهرهای جهان سوم، اجرای نامناسب قانون، فساد، جمعیت و مهاجرت موجب زاغه‌نشینی درون‌شهری و جمع‌آوری ناکارآمد زباله شده است. در چنین موقعیتی، افراد فقیر و حاشیه‌نشین جمع کردن زباله را برای کسب درآمد انتخاب می‌کنند. زباله و اسقاط جمع‌کن‌ها که مردان زباله نیز نامیده می‌شوند، در زباله‌های شهری زندگی و کاوش می‌کنند

^۱ Kota Banda Aceh

^۲ Jobs created due to re-spending of workers income like food, clothing, entertainment

^۳ Laser toner cartridge

زیرا ضایعات به عنوان اموال مشترک در نظر گرفته می شوند. میزان زباله جمع و دسته بندی شده توسط این افراد با توجه به سن، سلامتی و دسترسی به زباله از ۲۰ تا ۵۰ کیلوگرم در روز متغیر است.

شکل ۱۴-۳ محله سکونت افراد زباله جمع کن



برخی از این زباله جمع کن ها خود را فریگن^۱ یا گیاهخواران آزاد می نامند و هدفشان این است که با مصرف مواد غذایی دور ریخته شده توسط سوپرمارکت ها از اثرات زیست محیطی جلوگیری کنند و معمولاً افرادی که به این دلیل زباله جمع می کنند، نیاز مالی ندارند. در بسیاری از شهرها زباله جمع کن های خاصی هستند که به آن ها بینر^۲ یا بطری/قوطی جمع کن می گویند که در پسماند جامد تنها به دنبال بطری/قوطی قابل بازیافتی جهت فروش به مراکز خریداری کننده این نوع مواد بازیافتی هستند.

شکل ۱۴-۳ محله زباله جمع کن ها را نشان می دهد. زباله جمع کن ها در بسیاری از مناطق، کودکان از خانه فرار کرده و کارگران بیکار هستند. از آنجا که زباله جمع کردن نیاز به تخصص خاص و توان چندانی ندارد، به راحتی توسط کودکان و زنان انجام می شود. زنان، کودکان خود را به دلیل افزایش کارگر و در نتیجه درآمد بیشتر با خود همراه می کنند. زباله جمع کن ها هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه دیده می شوند.

^۱ Freegan

^۲ Binner

این افراد در طول جنگ و بحران‌های شدید اقتصادی (دوباره) ظاهر می‌شوند (Anne, et al., 2006). در طول تحریم تجاری اعمال‌شده از سوی سازمان ملل بر هایتی^۱، زباله جمع‌کن‌ها به‌طور خاص در پی وعده‌های غذایی نظامی از پیش بسته‌بندی‌شده و قطعه‌های فلزی دور ریخته‌شده توسط صلح‌بانان آمریکایی بودند (Medina, 1997). زمانی که صرب‌های بوسنی، سارایوو^۲ را محاصره کردند تعدادی از ساکنین با پیدا کردن غذا و چوب در زباله‌ها زنده ماندند (Anne et al., 2006).

روزاریو^۳ (۲۰۰۴)، زباله جمع‌کن‌ها را به‌عنوان "نهاد نیمه-نمایان" و بازیافت زباله‌های صنعتی را "عملیات نهان" در سناریو شهری در نظر می‌گیرد. از دهه ۱۸۸۰ و با اولین جمع‌آوری زباله در شهرهای اروپایی و آمریکای شمالی، زباله جمع‌کن‌ها نیز ظاهر شده و شروع به پاکسازی و کاوش در زباله‌ها کردند (ملوسی ۱۹۸۱). چوب بری شهری نوع خاصی از زباله‌گردی^۴ است که تمرکز بر چوب‌های دور ریخته دارد. غواصی زباله‌دان^۵ (اصطلاح پرکاربرد در آمریکا) که در انگلستان با عنوان جست‌وخیز در زباله^۶ شناخته می‌شود، به معنی جست‌وجو در پسماند جامد برای پیدا کردن اقلام قابل‌استفاده برای زباله جمع‌کن‌ها می‌باشد. بر طبق برآوردها، سائوپائولو^۷ برزیل ۲۰۰۰۰ زباله جمع‌کن دارد (Anne, et al., 2006). در بوگوتا^۸ (کلمبیا) ۳۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ نفر از طریق جمع‌کردن مواد بازیافتی از زباله کسب درآمد می‌کنند (Hrdoy, et al., 1992). مدینا (۲۰۰۰) گزارش کرده است که به‌طور تقریبی ۴۰۰۰۰ کارتن جمع‌کن (منابع غیررسمی بازیافت) در بوئنوس آیرس آرژانتین مشغول به کار هستند و بر اساس گزارش (Medina, 2000) و (Reynals, 2002)، ۱۰۰۰۰۰ نفر به‌طور مستقیم از طریق درآمد حاصل از جمع‌کردن کارتن زندگی می‌کنند. در قاهره، زباله جمع‌کن‌ها را "زبالین"^۹ می‌نامند و پاریس تعداد زیادی سپور به نام "خوشه‌چین"^{۱۰} دارد. ایالت گجرات هند حدود ۱۰۰۰۰۰ اسقاط جمع‌کن دارد که ۳۰۰۰۰ نفر از آن‌ها در شهر احمدآباد

^۱ Haiti

^۲ Sarajevo

^۳ Rosairo

^۴ Scavenging

^۵ Dumpster diving

^۶ Skipping

^۷ Sao Paulo

^۸ Bogota

^۹ Zebaleen

^{۱۰} Les glaneurs

مشغول هستند (Kamala, et al., NA). دهلی هند در حدود ۱۰۰۰۰۰ و پونا تقریباً ۶۰۰۰ زباله جمع کن دارند (Chikarmane, 2001). بنگلور، دیگر شهر هندوستان، به طور تقریبی ۳۵۰۰۰ (Globenet NA)، بمبئی ۲۵۰۰۰ (Karmayog NA) و کراچی (پاکستان) ۲۰۰۰۰ زباله جمع کن دارد (Ali, et al., 1993). در حالی که در داکای بنگلادش ۳۰۰ تن توسط اسقاط جمع کن ها بازیافت می شود، حدود ۷۰۰ اسقاط جمع کن مشغول به جمع آوری زباله در ویتنام هستند (APO, 2007).

زباله جمع کن ها برای جامعه سودمند هستند زیرا فعالیت آن ها به میزان زیادی هزینه بازیافت را کاهش می دهد؛ اما از سوی دیگر، از آنجایی که بیشتر آن ها آموزش دیده نیستند، اطراف را بیشتر با زباله کثیف می کنند. آن ها همه چیز و هر چیزی را که برایشان پول ساز باشد، بازیافت می کنند و از این رو سرنگ و ضایعات پنبه بیمارستان ها را نیز می فروشند که منجر به بازیافت عفونت می شود. خصوصی سازی انبار زباله، دسترسی زباله جمع کن ها را محدود کرده و باعث بالا رفتن رقابت بازیافت رسمی زباله می شود. زباله جمع کن ها اغلب مورد آزار و اذیتی همچون توهین های لفظی، خشونت های فیزیکی، اتهام های نادرست و محبوس و زندانی شدن قرار می گیرند. آن ها همچنین با عفونت های ویروسی، اختلالات تنفسی، عفونت های پوستی، آسیب و صدمه به دلیل وجود اشیاء تیز در زباله مواجه هستند. بسیاری از افراد در کشورهای جهان سوم در تجارت تخلیه و رسیدگی به زباله به عنوان زباله جمع کن یا کودکان کار شروع به کار می کنند. برخی کودکان در خانه و برخی دیگر در محل ضایعات به والدین خود در جمع آوری و تفکیک زباله کمک می کنند. دلایل اجتماعی دیگری جهت ورود افراد به جرگه جمع کردن زباله به عنوان یک حرفه وجود دارد. بسیاری از کودکان بی سرپرست و بی خانمانی که نمی توانند هیچ کار دیگری را انجام دهند، به راحتی زباله جمع کرده و می فروشند. افرادی که مشاغل کوچک را به دلیل خشونت کاری ترک کرده اند، به اسقاط جمع کنی روی می آورند. اسقاط جمع کنی معمولاً در مناطق شهری بیشتر از مناطق روستایی است زیرا مقدار زباله در این مناطق بیشتر است. اسقاط جمع کن ها معمولاً زاغه نشین بوده (شکل ۱۴-۲) و بدون هیچ پشتوانه مالی زندگی می کنند.

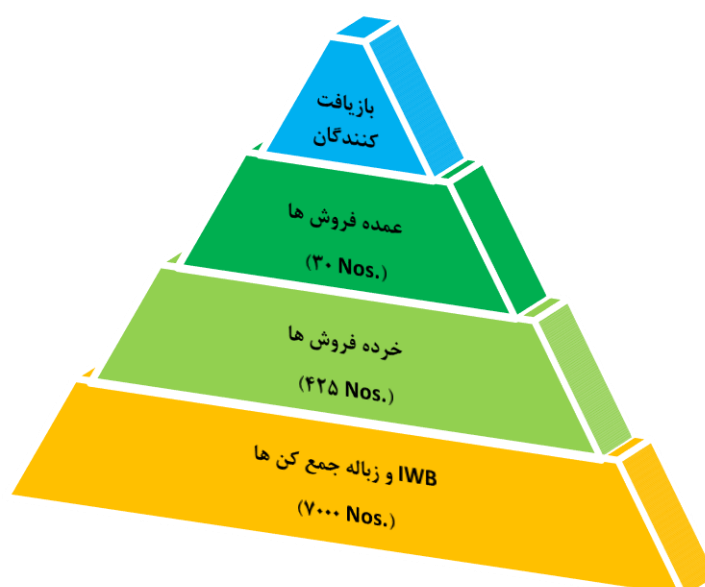
جمع آوری زباله در محل، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه باعث اختلال در عملیات های مکان دفن زباله می شود. در آکرا^۱ غنا، زباله جمع کن ها قبل و بلافاصله بعد از تخلیه، شروع به تفکیک زباله می کنند. آن ها همچنین در کار کمپرسور اخلاص ایجاد می کنند (Lars & Gabriela, 1999). البته در بعضی مناطق برخی زباله جمع کن ها به عنوان عضو ثابت پذیرفته شده و ورود زباله جمع کن های جدید ممنوع است. گاهی اوقات، آشغال جمع کن ها باید به مقامات دولتی و یا

^۱ Accra

سیاستمداران محلی کنترل کننده این مناطق رشوه پرداخت کنند. همچنین، جمع کردن زباله تنها گزینه برای افراد بیکار مهاجرت کرده به شهرها است که به دلیل فقدان صلاحیت، معرف و توصیه نامه مناسب قادر به استخدام در شرکت های دولتی، چندملیتی و محلی نیستند. زباله جمع کن ها در خیابان های سطح شهر حرکت کرده و زباله قابل بازیافت را جمع آوری می کنند. در اکثر مواقع درآمد به دست آمده از این کار در مناطق شهری بیشتر از مناطق روستایی است، به ویژه اگر روستا دچار بلایای طبیعی و غیرطبیعی شده باشد.

۲-۱۴- قراضه فروش ها

تخمین تعداد دقیق قراض فروش ها بسیار سخت است زیرا دامنه کاری آن ها از خیابان تا سطح معاملات بین المللی متغیر است. قراضه فروش ها برای تأمین زباله فقط به زباله جمع کن ها متکی نیستند. بسیاری از اقامتگاه ها، صنایع و جمع کنندگان زباله به این فروشندگان مراجعه می کنند تا ضایعات خود را به آن ها بفروشند. توسعه یافتگی باعث کاهش بیش از حد تعداد قراضه فروش ها خواهد شد، زیرا در مقایسه با اسقاط فروشی، تجارت و حرفه های بیشتری در دسترس خواهد بود.



شکل ۴-۱۴ هرم امرارمعاش با توجه به SWM در پونا هند
(بر اساس داده های گزارش شده توسط پورنیم و لاکشمی ۲۰۰۹)

تجارت قراضه هنوز هم در بسیاری از کشورهای توسعه یافته جز بخش سازمان نیافته است. در انگلستان، عمده فروشی قراضه و تجارت زباله باعث استخدام حدود ۱۱۶۰۰ نفر شده است. در انگلستان، تجارت بازیافت ضایعات و قراضه فلزی حدود ۷۵۰۰ و تجارت بازیافت ضایعات و قراضه غیرفلزی حدود ۶۴۰۰ نفر را استخدام کرده است (HSE, 2004). شکل ۱۴-۴ هرم امرامعاش با توجه به SWM در پونا هند را نشان می دهد (بر اساس داده های گزارش شده توسط پورنیم و لاکشمی ۲۰۰۹). یک خریدار متوسط در بمبئی هندوستان در ماه ۳۹ تن مواد بازیافتی معامله می کند که این میزان در مقابل ۳۸۲ تن خریداری شده توسط عمده فروشان از این خریدار است (Pieter, et al., 1996).

۱۴-۳- رفتگران یا زباله جمع کن ها

تفاوت رفتگران با زباله جمع کن ها در این است که آن ها توسط مسئولین آژانس ها جهت جمع آوری زباله از منابع مشخص استخدام می شوند. منابع، ممکن است خانه ها، اداره ها یا مؤسسات تجاری/صنعتی باشند. مقدار زباله جمع آوری شده به منطقه عملیات بستگی دارد. شهر داکا با جمعیت تقریبی ۷,۵ میلیون نفر روزانه حدود ۴۰۰۰ تن پسماند جامد تولید می کند که در حدود ۵۰٪ این زباله توسط بخش رسمی جمع آوری زباله شهر داکا (DCC)^۱ جمع آوری نمی شود و در سطح شهر باقی می ماند. حدود ۱۰۰۰۰۰ نفر به طور مستقیم در جمع آوری، حمل و نقل، دفع، بازیافت، استفاده مجدد و کمپوست زباله مشغول به کار هستند (Nazrul & Salma, 2004). DCC، ۳۷۰ وسیله نقلیه جمع آوری زباله و حدود ۷۱۵۹ نفر زباله روب جهت جارو کشی خیابان ها و جمع آوری زباله از رودخانه ها دارد (APO, 2007). در دارالسلام تانزانیا^۲ خصوصی سازی منجر به ایجاد بیش از ۱۵۰۰ شغل شده است (Saskia, et al., 2000). در سال ۲۰۰۲، سنگاپور ۳۵۰ رفتگر خصوصی با مجوز داشت (Renbi & Mardina, 2002).

بنگلور هند با جمعیت ۷,۸ میلیون نفر روزانه حدود ۳۰۰۰ تن پسماند جامد تولید می کند. این شهر، ۱۱۶۵۰ جمع آوری کننده اولیه (جمع آوری درب به درب)، ۶۰۰ راننده کامیون (جهت جمع آوری ثانویه که یک نفر در هر کامیون به عنوان دستیار راننده کمک می کند) و ۱۴۳۰۰ رفتگر دارد. این شهر ۴ مرکز پسماند جامد شهری دارد که ۵۰ تا ۱۰۰ نفر در هر مرکز مشغول به کار هستند.

^۱ Dhaka City Corporation

^۲ Dar es salaam, Tanzania

تعداد کل کارکنان مدیریت پسماند جامد در شهرهای کاتماندو^۱، لایتپور^۲، باکتاپور^۳، مادیاپور^۴ و کرتیپور^۵ کشور نپال به ترتیب برابر ۱۲۶۲، ۲۱۱، ۲۱۷، ۲۳ و ۶ نفر است (JICA, 2004).

۱۴-۴- رفتگران

رفتگری یکی از کارهای کلیدی نهادهای محلی در کل دنیا است. رفتگری نه تنها شامل تمیز کردن زباله ریخته شده توسط مردم منطقه است، بلکه تمیز کردن برگ‌های درختان و خس و خاشاک نشسته بر سطح جاده نیز مشمول کار رفتگری می‌باشد.

تعداد رفتگران در جوامع توسعه یافته به دلیل استفاده از ماشین‌های جارو کش و تمیز کننده کم است. هر رفتگر در روز می‌تواند ۵۰۰ متر را تمیز کند و هر نوع مسئولیت بیشتر جهت تمیزکاری مناطق دیگر باعث ناکارآمدی می‌شود. جارو کشیدن و تمیز کردن خیابان با استفاده از ماشین‌های جارو کش و تمیز کننده حتی در کشورهای جهان سوم به دلیل کارایی آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است؛ اما بسیاری از دولت‌ها هنوز هم انجام این کار را به صورت دستی ترجیح می‌دهند تا برای شهروندان تحصیل نکرده نیز شغل وجود داشته باشد. با رشد اقتصاد، افراد مشاغل بهتری خواهند داشت و رفتگری به ماشین‌ها سپرده خواهد شد.

بر اساس APO (۲۰۰۷) تعداد رفتگران از هر ۱۰۰۰ نفر در هندوستان عبارت است از:

- ۱/۳۰-۳/۸۰ برای شهرهایی با جمعیت بیشتر از ۱۰ میلیون نفر.
- ۱/۵۷-۲/۱۱ برای شهرهایی با جمعیت بین ۲ تا ۱۰ میلیون نفر.
- ۰/۱۵-۳/۵۱ برای شهرهایی با جمعیت بین ۱ تا ۲ میلیون نفر.

این امر به این معنا است که تقریباً ۰/۳-۰/۱ جمعیت شهری در کشورهای جهان سوم از طریق رفتگری امرار معاش می‌کنند.

در حالی که جاده‌ها و خیابان‌های دهلی هندوستان توسط ۴۹۰۰۰ رفتگر تمیز می‌شوند، داکا بنگلادش حدود ۷۱۵۹ رفتگر خیابانی دارد (APO, 2007). نسبت تعداد کل رفتگران شاغل در شهرداری دهلی و شورای شهر دهلی نو به ترتیب ۱:۲۱۶ و ۱:۳۲۶ نفر است (IL & FS Ecosmart, NA).

^۱ kathmandu

^۲ Laithpur

^۳ Bhaktapur

^۴ Madyapur

^۵ Kirthipur

۱۴-۵- رانندگان کامیون

تعداد رانندگان به میزان زباله جمع‌آوری شده بستگی دارد. صرف‌نظر از رشد و پیشرفت یک کشور، تعداد زیادی راننده کامیون جهت حمل‌ونقل زباله به نقاط دفع موردنیاز است. رانندگان کامیون برای حمل MSW، زباله‌های خطرناک، WEEE، ضایعات بیوپزشکی و زباله بازیافتی استخدام می‌شوند. آن‌ها قسمتی از سیستم، هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای جهان سوم هستند. نیویورک آمریکا حدود ۵۵۵۰ راننده کامیون جهت جمع‌آوری ضایعات دارد (DSNC NA). تعداد کامیون‌ها در نایروبی^۱، موسومبا^۲، کیسومو^۳، ناکارو^۴ و الدورست^۵ کنیا به ترتیب ۶۶، ۳۴، ۲۸، ۲۵ و ۲۸ است (Rotich, et al., 2006). جدول ۱۴-۱ تعداد کامیون‌های مورد استفاده جهت حمل‌ونقل MSW در شهرهای انتخاب‌شده را نشان می‌دهد. هر کامیون یک راننده و یک کمک‌راننده دارد.

جدول ۱۴-۱ تعداد کامیون‌های استفاده‌شده برای حمل MSW در شهرهای مورد بررسی

شهر/کشور	جمعیت (در یک میلیون)	تعداد کامیون‌های استفاده‌شده برای حمل MSW	مرجع
نیویورک/آمریکا	۲۰/۰	۵۵۵۰	DSNC (NA)
نایروبی، کنیا	۲/۰	۶۶	Rotich et al., (2006)
موسومبا، کنیا	۰/۷	۳۴	Rotich et al., (2006)
کیسومو، کنیا	۰/۵	۲۸	Rotich et al., (2006)
ناکورو، کنیا	۰/۳	۲۵	Rotich et al., (2006)
الدورست، کنیا	۰/۲	۲۸	Rotich et al., (2006)
چنایی، هند	۶/۰	۶۶۱	Esakku et al., (2007)
پودنگ، چین	۲/۸	۲۰۰	Zhu et al., (2009)
داکا، بنگلادش	۱۰/۰	۳۷۰	APO (2007)
خون کائن، تایلند	۱/۳	۲۷	APO (2007)

^۱ Nairobi^۲ Mosumba^۳ Kisumu^۴ Nakaru^۵ Elderest

۱۴-۶- رسیدگی کنندگان به زباله

رسیدگی کنندگان به زباله افرادی هستند که جهت بهینه‌سازی جمع‌آوری و تخلیه زباله در استخدام شهرداری یا آژانس‌های خصوصی هستند یا خوداشتغالی دارند. تعداد آن‌ها بستگی به تجهیزات مکانیکی مورد استفاده دارد. کشورهای توسعه‌یافته به دلیل استفاده از وسایل نقلیه جمع‌آوری پیچیده و تأسیسات بهینه‌سازی/تفکیک سیستماتیک (شکل ۱۴-۵) نیاز به تعداد کمتری از این افراد دارند.

۱۴-۷- اوراق کاران دستی زباله

اوراق کاران دستی زباله افرادی هستند که در واحدهای پردازش زباله مانند تأسیسات بهینه‌سازی WEEE، اوراق‌سازی کشتی، پیاده‌سازی ماشین‌آلات قدیمی و غیره استخدام می‌شوند تا به صورت دستی قطعات قابل استفاده ماشین‌آلات/تجهیزات از رده خارج شده را تفکیک کنند. در بین محل‌های پردازش غیررسمی زباله‌های الکترونیکی، گویو^۱ و تایژو^۲ چین برجسته و شناخته‌شده‌تر هستند. گویو با جمعیت ۱۵۰۰۰۰ نفری حدود ۳۰۰ کمپانی و ۳۰۰۰ کارگاه فعال در عرصه بازیافت WEEE دارد (Xinget, et al., 2009). در آمریکا، ۴۶۰۰۰۰ شغل توسط صنعت بازیافت ضایعات ایجاد شده است. صنعت بازیافت و اوراق‌سازی کشتی (SBRI)^۳ در بنگلادش، هند و پاکستان ۸۰-۷۰٪ از کل SBRI بین‌المللی را به خود اختصاص داده است. هرکدام از این کشورها حدود ۸۰۰۰ تا ۲۲۰۰۰ نفر در محوطه بازیافت کشتی و ۲۰۰۰۰۰ نفر در مغازه‌ها، زنجیره تأمین و آسیاب‌های آلیاژ مجدد استخدام کرده‌اند (Maria, et al., 2010).

^۱ Guiyu

^۲ Taizhou

^۳ Ship Breaking and Recycling Industry



شکل ۱۴-۵ رسیدگی کنندگان به پسماند

۱۴-۸- بازیافت کنندگان زباله

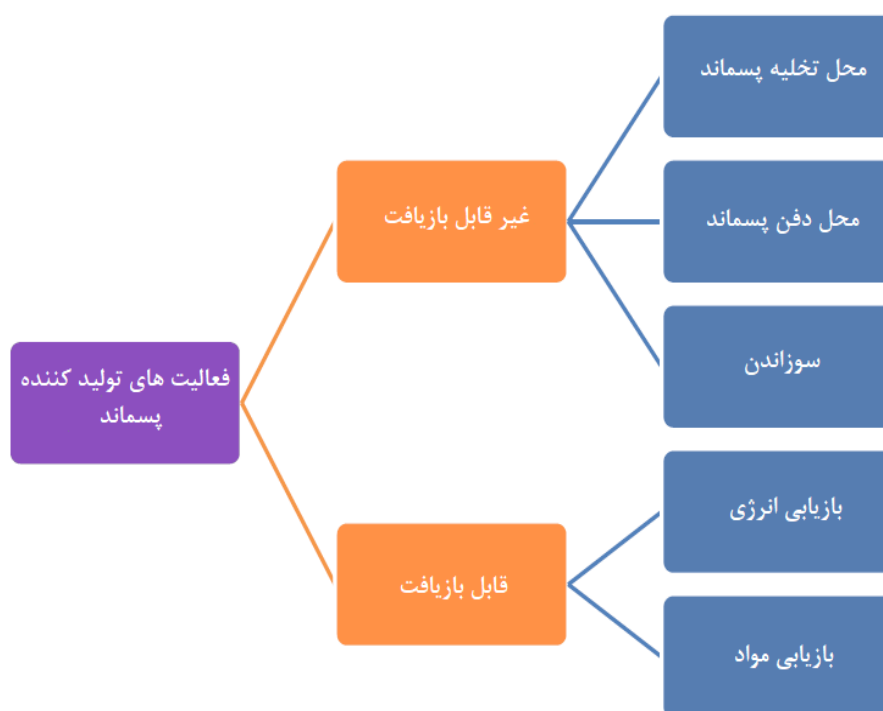
بازیافت کنندگان زباله افرادی هستند که از طریق فرایندهای سیستماتیک یا غیررسمی زباله‌هایی همچون بطری یا جعبه‌های کارتونی را بازیافت می‌کنند. همان‌طور که در شکل ۱۴-۶ نشان داده شده است زباله را می‌توان به دودسته قابل بازیافت و غیرقابل بازیافت طبقه‌بندی کرد. بازیافت کنندگان، پسماندهای قابل بازیافت را از زباله جمع‌کن‌ها و کارخانه‌ها جمع‌آوری کرده و پس از تفکیک آن‌ها به کاغذ، فلز و پلاستیک به صنایع بازیافت می‌فروشند. برخی از متصدیان بازیافت به خرده خریداران زباله مبلغی پول به‌عنوان سرمایه می‌دهند تا زباله را از زباله جمع‌کن‌ها خریداری کنند.

مدیریت پسماند در استرالیا توسط شرکت‌های دولتی و خصوصی اداره می‌شود. دولت محلی معمولاً مسئولیت جمع‌آوری، انتقال و فراهم کردن امکانات محل‌های دفن زباله را بر عهده دارد. بازیافت عمدتاً بر عهده بخش خصوصی است. بر اساس آمار ارائه شده توسط اداره آمار استرالیا میزان اشتغال‌زایی در استرالیا در شکل ۱۴-۷ نمایش داده شده است.

بر اساس گزارش اینوایرونمنت ویکتوریا^۱ (۲۰۰۹)، مشاغل ایجاد شده برای خاکسترسازی، دفن زباله و بازیافت ۱۰۰۰۰ تن زباله به ترتیب برابر ۱، ۶ و ۳۶ است.

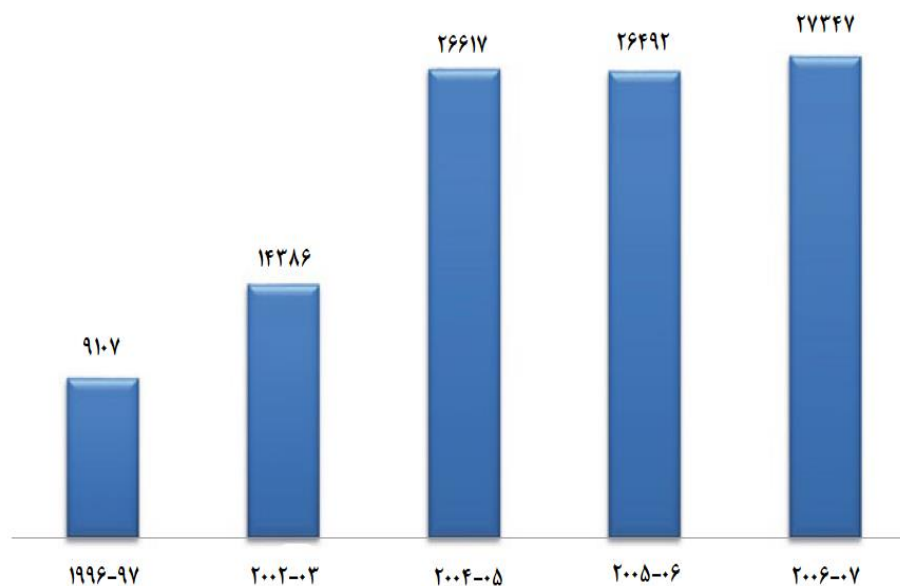
۹-۱۴- خریداران سیار زباله

علاوه بر خریداران رسمی و ثابت، بسیاری از شهرها دارای خریداران سیار زباله (IWB) هستند. خریداران سیار زباله افرادی هستند که در کوچه‌ها و خیابان‌ها حرکت کرده و ضایعات بازیافتی و قابل‌استفاده مجدد را خریداری می‌کنند (و یا مبادله کالا به کالا انجام می‌دهند). این IWB ها دوره‌گرد هستند و برای خرید زباله از خانه‌ای به خانه دیگر، از مغازه‌ای به مغازه دیگر، از اداره‌ای به اداره دیگر می‌روند. مواد خریداری یا معاوضه شده از آب‌نبات، گوشت شیرین تا اسباب پلاستیکی و ظروف فلزی متغیر است. IWB ها بخش مهمی از سیستم بازیافت زباله در شهرها و مناطق روستایی هند را تشکیل می‌دهند. IWB ها عمدتاً سوار بر دوچرخه در حال حرکت از روستایی به روستای دیگر، در بسیاری از روستاها و شهرهای هند دیده می‌شوند.



شکل ۱۴-۶ طبقه‌بندی پسماند بر اساس هدف نهایی

¹ Environment Victoria



شکل ۷-۱۴ میزان اشتغال‌زایی در خدمات جمع‌آوری، تصفیه و دفع پسماند در استرالیا (بر اساس داده‌های گزارش‌شده از اداره آمار استرالیا در سال ۲۰۰۸)

موارد جمع‌آوری شده توسط این افراد بیشتر از کاغذ، پلاستیک، ضایعات/قراضه فلزی و بطری‌های شیشه‌ای تشکیل شده است که به خریداران قراضه/اسقاط فروخته می‌شوند. IWB ها قبل از انباشته شدن زباله به آن‌ها دسترسی پیدا می‌کنند. آن‌ها با زباله جمع‌کن‌ها رقابت نمی‌کنند و متصدیان مستقل استخدام شده توسط قراضه‌فروش‌ها هستند. IWB ها در روز حدود ۴۰ کیلوگرم زباله بازیافتی جمع‌آوری می‌کنند. هرچند وجود این افراد در شهرهای هند عادی و معمول است، اما به دلایل امنیتی حق حضور در مناطق بالای شهر و دارای ساختمان‌های بلند را ندارند.

منابع

- ABS (Australian Bureau Statistics) (2011) Waste Management Services. \http://www.abs.gov.au/ ausstats/abs@.nsf/ Products/ 8698.0*2009 10*Main +Features*Waste+management+services[page last updated 10 June 2011. Accessed 4 Feb 2012.
- Australian Bureau of Statistics (ABS) (2008) 8226.0—Electricity, Gas, Water & Waste.
- Services, Australia, 2006-07. As cited in Access economics, 2009: Employment in waste Management & recycling\http: //www. environment.gov.au/ settlements/ waste/ publications/ pubs/waste-&-recycling-employment.pdf[. Accessed 15 Feb 2012.
- Akiko S, Mitsuo Y (2011) Internalization of informal sector into formal urban waste management in low-income countries. In: Proceedings of 2011 World Congress of International Solid Waste Association (ISWA), 17–20 Oct 2011, EXCO Daegu, Korea.
- Ali SM, Cotton A, Coad A (1993) Informal sector waste recycling. In: Paper presented at the 19th WEDC Conference on Water, Sanitation, Environment & Development Accra, Ghana, pp 153–155.
- APO (Asian Productivity Organisation) (2007) Solid waste management: issues & challenges in Asia, edited by the Environmental Management Centre, Mumbai, India, Asian Productivity Organization.
- Anne S, Justine A, van de Klundert A (2006) Waste pickers: poor victims or waste management professionals? Solid waste, health & the Millennium Development Goals, CWG—WASH Workshop, 1–5 Feb 2006 in Kolkata, India.
- Becker KF (2004) Fact finding study—the informal economy, SIDA.
- Bertram M, Graedel TE, Rechberger H, Spatari S (2002) The contemporary European copper cycle: waste management subsystem. *Ecol Econ* 42(1–2):43–57.
- BLS(Bureau of labor statistics) (2012) Waste Management & Remediation Services: NAICS 562, Industry at a glance. <http://www.bls.gov/iag/tgs/iag562.htm>. Data extracted on: 17 Feb 2012.
- Brigden K, Labunska I, Santillo D, Johnston P (2008) Chemical contamination at e-waste. recycling & disposal sites in Accra & Korforidua, Ghana. Greenpeace Research Laboratories Technical Note. Greenpeace International, Amsterdam.

- Chikarmane P, Deshpande M, Narayan L (2001) Report of scrap collectors, Scrap Traders & Recycling Enterprises in Pune City. ILO, Geneva.
- DSNC(Department of Sanitation Newyork City) NA (2012) Refuse Collection & Recycle. <http://www.nyc.gov/html/dsny/html/collection> [downloaded on 24 Jan 2012].
- ECDGE(European Commission Directorate General- Environment) (2000) Study on Investment & Employment Related to EU Policy on Air, Water & Waste, Executive Summary Edward WR (2001) U.S. Solid Waste Industry, The: how big is it? http://waste360.com/mag/waste_us_solid_waste [Accessed 3 Feb 2012].
- Environment Victoria (2009) 'Victoria—the Green Jobs State: Seizing the Opportunities.' As cited in Access economics, 2009: Employment in waste management & recycling. <http://www.environment.gov.au/settlements/waste/publications/pubs/waste-&-recyclingemployment.pdf> [Accessed 15 Feb 2012].
- Esakku S, Swaminathan A, Parthiba Karthikeyan O et al., (2007) Municipal Solid Waste Management in Chennai city, India. In: Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management & Landfill Symposium S. Margherita Di Pula, Cagliari, Italy; 1–5 Oct 2007.
- Friends of Earth (2010) More jobs less waste potential for job creation Through Higher Rate of Recycling in the UK & EU.
- Globenet <http://www.globenet.org/preceup/pages/fr/chapitre/etatlieu/acteurs/f/boxd.htm>. Accessed 6 April 2011.
- Hardoy JE, Mitlin D, Satterwaite D (1992) Environmental problems in third world cities. Earthscan, London.
- Hicks C, Dietmar R, Eugster M (2005) The recycling & disposal of electrical & electronic waste in China—legislative & market responses. Environ Impact Assess Rev 25:459–471.
- HSE (Health & Safety Executive) (2004) Mapping health & safety standards in the UK waste industry
- IL&FS Ecosmart, NA: City Development Plan, Delhi. http://ccs.in/ccsindia/pdf/Delhi%20CDP_Pgs%201-172.pdf [downloaded on 10 Oct 2012].
- ISRI (Institute of Scrap Recycling Inc), NA (2012) Jobs in the U.S. Scrap Recycling Industry. http://www.isri.org/iMIS15_prod/ISRI/default.aspx [downloaded 27 Jan 2012].
- JICA (Japan International Cooperation Agency), 2004: Study on Solid-Waste Management for the Kathmandu Valley: Interim Report (1).

- Kathm&u: Japan International Cooperation Agency & His Majesty's Government of Nepal.
- Kamala S, Shalini S, Roopa M, Waste pickers bag ground note, WIEGO Law Pilot Project on the Informal Economy. http://www.wiego.org/informal_economy_law/india/content/wp_background_note.pdf. Last accessed on 6 April 2011.
- Karmayog <http://www.karmayog.com/cleanliness/wastepickers.htm> last accessed on 6.4.2011.
- Kojima M, Yoshida A, Sasaki S (2009) Difficulties in applying extended producer responsibility policies in developing countries: case studies in e-waste recycling in China & Thail&. *J Mater Cycles Waste Manage* 11(3):263–269.
- Lars MJ, Gabriela B (1999) Observations of solid waste l&fills in developing countries: Africa, Asia, & Latin America. World Bank, Washington.
- Medina M (1997) 'Informal recycling & collection of solid wastes in developing countries: issues & opportunities.' UNU/IAS Working Paper No. 24. The United Nations University/ Institute of Advanced Studies, Tokyo, Japan.
- Maria S, Frank S-L, Milen D, Robin B, Susan W, Roy W (2010) Ship breaking & recycling industry ship breaking & recycling industry. World Bank, Washington.
- Melosi M (1981) Garbage in the cities, refuse, reform & environment, 1880–1980. College Station, Texas A&M Press, Texas.
- Medina M (2000) Scavenger cooperatives in Asia & Latin America. *Res Conserv Recycl* 31:51–69.
- Medina M (2007) The world's scavengers: salvaging for sustainable consumption & production. AltaMira Press, Lanham.
- Nazrul I, Salma AS (2004) Solid waste management & the urban poor in Dhaka, Forum on Urban Infrastructure & Public Service Delivery for the Urban Poor Regional Focus. Asia, New Delhi, 24–25 June 2004.
- Pieter van B, Edwin S, Ajit M, (1996) The informal sector & waste paper recovery in Bombay, International Institute for Environment & Development, London; Institute for Environmental Studies, Amsterdam.

- Poornima C, Lakshmi N (2009) Rising from the waste—organising wastepickers in India, Thailand & the Philippines, Committee for Asian Women.
- Rachel S, Chasca T (2003) Hidden livelihoods? Natural Resource-Dependent Livelihoods & Urban Development Policy, Overseas Development Institute.
- Remanufacturing Institute (2003) OPI Estimate of 2003 Annual US Expenditures on Remanufacturing/Overhaul/Rebuild.
- Renbi B, Mardina S (2002) The practice & challenges of solid waste management in Singapore. *Waste Manage (Oxford)* 22:557–567.
- Reynals C (2002) De Cartoneros a Recuperadores Urbanos. Respuestas de la Sociedad Civil a la Emergencia Social: Brasil y Argentina.
- Richard JP, Wolfville NS (2002) Study on Solid Waste Management Options for Africa, Project Report, Final Draft Version, African Development Bank.
- Rosario A (2004) Reduction of child labour in the waste picking sector, India: review & findings of an evaluative field study in Bangalore & Kolkata.
- Henry RK, Yongsheng Z, Jun D (2006) Municipal solid waste management challenges in developing countries—Kenyan case study. *Waste Manage (Oxford)* 26(2006):92–100 386 14 Solid Waste & Livelihood.
- Saskia B, Jasper K, van der Ree K (2000) Both sides of the bridge: public-private partnership for sustainable employment creation. In: *Waste Management, Dar Es Salaam, Planning for Sustainable & Integrated Solid Waste Management, Manila, The Philippines*, 18–21 Sept 2000.
- Schneider F (1998) Further empirical results of the size of the shadow economy of 17 OECD countries over time. Discussion Paper Department of Economics, University of Linz, Linz, Austria.
- Tong X, Lifset R, Lindhqvist T (2004) Extended producer responsibility in China: where is “best practice”? *J Ind Ecol* 8(4):6–9.
- UNEP, ILO, IOE, ITUC (2008) September green jobs: towards decent work in a sustainable, low carbon world.
- UNDP (United Nations Development Programme) & BRR (Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi) NAD-Nias, Government of Indonesia, NA: Tsunami Recovery Waste Management Programme (TRWMP) NAD-Nias.
- USEPA (2002) Recycling is working in the United States, Jan 2002.

- USEPA (2008) Municipal Solid Waste in the United States, 2007 Facts & Figures.
- UN-HABITAT (2010) Solid waste management in the world's cities—Water & sanitation in the world's cities, Earthscan publishers, London.
- Ursula H, Karin S (2011) Heterogeneity & conflict—the waste sector in Austria, walqing social partnership series 2011.2.
- Williams E (2005) International activities on E-waste & guidelines for future work. In: Proceedings of the third workshop on material cycles & waste management in Asia, Dec 2004, Tsukuba, Japan.
- Xing GH, Chan JKY, Leung AOW, Wu SC, Wong MH (2009) Environmental impact & human exposure to PCBs in Guiyu, an electronic waste recycling site in China. *Environ Int* 35(1): 76–82.
- Zhu M, Fan X, Alberto R, He Q, Federico V, Liu B, Aless&ro G, Liu Y (2009) Municipal solid waste management in Pudong New Area, China, *Waste Management* 29(2009): 1227–1233.

University of Guilan Press

Solid Waste Management

Principles and Practice

By:

Ramesha Chandrappa & Diganta Bhusan Das

Translated by:

Fereshteh Raouf, Ph. D