

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**خاکچال مهندسی پسماند**

**طراحی، ساخت، راهبری،**

**و**

**مراقبت‌های بعد از دفن**

**تألیف**

**دکتر محمدعلی عبدلی**

**سیاوش صدیقیان**

**لیلا امیری**

**توجه**

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعسم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.



## انتشارات دانشگاه تهران

شماره ۳۳۷۷

شماره مسلسل ۷۶۰۵

|                     |                                                                                                                             |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | عبدلی، محمدعلی، ۱۳۳۱-                                                                                                       |
| عنوان و نام پدیدآور | خاکچال مهندسی پسماند؛ اصول مهندسی، فناوری، راهبری، ارزیابی و کدهای اجرایی / تألیف محمدعلی عبدلی، سیاوش صدیقیان، لیلا امیری. |
| مشخصات نشر          | تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۲.                                                                                 |
| مشخصات ظاهری        | ک، ۳۹۶ ص.؛ مصور، جدول، نمودار.                                                                                              |
| فروست               | انتشارات دانشگاه تهران: شماره انتشار ۳۳۷۷.                                                                                  |
| شابک                | 978-964-03-6448-2                                                                                                           |
| وضعیت فهرست‌نویسی   | فنیاء.                                                                                                                      |
| یادداشت             | کتابنامه.                                                                                                                   |
| موضوع               | زباله‌زدایی بهداشتی -- مدیریت.                                                                                              |
| موضوع               | محل‌های دفن زباله.                                                                                                          |
| موضوع               | مواد زائد -- مدیریت.                                                                                                        |
| شناسه افزوده        | صدیقیان، سیاوش.                                                                                                             |
| شناسه افزوده        | امیری، لیلا.                                                                                                                |
| شناسه افزوده        | دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات.                                                                                              |
| رده‌بندی کنگره      | ۱۳۹۲ ت ۲ م ۷ / ۷ TD ۷۹۵                                                                                                     |
| رده‌بندی دیویی      | ۶۷۸/۴۴۵۶۴۰۶۸                                                                                                                |
| شماره کتابشناسی ملی | ۳۱۲۵۴۴۵                                                                                                                     |

ISBN 978-964-03-6448-2



9 789640 384482

عنوان: خاکچال مهندسی پسماند؛ اصول مهندسی، فناوری، راهبری، ارزیابی و کدهای اجرایی

تألیف: دکتر محمدعلی عبدلی - سیاوش صدیقیان - لیلا امیری

ویراستار: فرشاد رضوان

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۱۸۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: [press@ut.ac.ir](mailto:press@ut.ac.ir) - سایت: <http://press.ut.ac.ir>

بخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۸

## فهرست مطالب

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| فصل اول - سیستم های مدیریت پسماند شهری.....                      | ۱  |
| ۱-۱ - مقدمه.....                                                 | ۱  |
| ۱-۲ - سیستم های مدیریت پسماند شهری در کشورهای صنعتی.....         | ۵  |
| ۱-۳ - سیستم های مدیریت پسماند در ایران.....                      | ۱۱ |
| ۱-۴ - پرسش ها.....                                               | ۱۶ |
| فصل دوم - دفع.....                                               | ۱۷ |
| ۲-۱ - مقدمه.....                                                 | ۱۷ |
| ۲-۲ - انتخاب روش های دفع.....                                    | ۱۷ |
| ۲-۳ - پرسش ها.....                                               | ۲۳ |
| فصل سوم - دفن بهداشتی.....                                       | ۲۵ |
| ۳-۱ - مقدمه.....                                                 | ۲۵ |
| ۳-۲ - اطلاعات و داده های ضروری برای دفن بهداشتی پسماند شهری..... | ۲۶ |
| ۳-۳ - تجزیه و تحلیل پسماند برای دفن بهداشتی.....                 | ۲۶ |
| ۳-۴ - انتخاب محل.....                                            | ۲۶ |
| ۳-۵ - عوامل مهم در انتخاب زمین خاکچال.....                       | ۳۰ |
| ۳-۶ - پرسش ها.....                                               | ۴۸ |
| فصل چهارم - آماده سازی محل خاکچال.....                           | ۴۹ |
| ۴-۱ - مقدمه.....                                                 | ۴۹ |
| ۴-۲ - زمین مورد نیاز.....                                        | ۴۹ |
| ۴-۳ - انجام تحقیقات در خاکچال.....                               | ۵۰ |
| ۴-۴ - جاده های دسترسی.....                                       | ۵۱ |
| ۴-۵ - حصار کشی.....                                              | ۵۱ |
| ۴-۶ - تأسیسات برای پرسنل و تجهیزات.....                          | ۵۲ |
| ۴-۷ - باسکول.....                                                | ۵۲ |
| ۴-۸ - مواد پوششی.....                                            | ۵۳ |
| ۴-۹ - ثبت اطلاعات و داده ها و خلاصه فعالیت های روزانه.....       | ۵۵ |
| ۴-۱۰ - پرسش ها.....                                              | ۶۰ |
| فصل پنجم - عملیات در محل خاکچال.....                             | ۶۱ |
| ۵-۱ - مقدمه.....                                                 | ۶۱ |

|     |                                                                           |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|
| ۶۱  | ۵-۲- روش‌های دفن                                                          |
| ۶۱  | ۵-۳- نکات عمومی در روش‌های مختلف دفن بهداشتی                              |
| ۶۵  | ۵-۴- طراحی محل‌های دفن                                                    |
| ۶۵  | ۵-۵- دفن بهداشتی در مناطق خشک                                             |
| ۷۴  | ۵-۶- محل‌های دفن در مناطق مرطوب                                           |
| ۷۹  | ۵-۷- متراکم کردن مواد در خاکچال                                           |
| ۸۰  | ۵-۸- تجزیه‌ات و پرسنل                                                     |
| ۸۴  | ۵-۹- مخارج                                                                |
| ۸۵  | ۵-۱۰- مسائل ویژه و توجهات خاص                                             |
| ۸۶  | ۵-۱۱- کنترل گرد و خاک و آتش                                               |
| ۸۷  | ۵-۱۲- کنترل بو                                                            |
| ۸۷  | ۵-۱۳- آلودگی زمین                                                         |
| ۹۰  | ۵-۱۴- آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی                                       |
| ۹۶  | ۵-۱۵- درجه بندی محل‌های دفن از نظر امکان آلوده سازی آبهای سطحی و زیرزمینی |
| ۹۷  | ۵-۱۶- کنترل حرکت گاز                                                      |
| ۱۰۰ | ۵-۱۷- نشست زمین خاکچال                                                    |
| ۱۰۲ | ۵-۱۸- تجزیه مواد در خاکچال                                                |
| ۱۰۴ | ۵-۱۹- مدیریت پسماند در خاکچال                                             |
| ۱۰۶ | ۵-۲۰- استفاده از خاکچال تکمیل شده                                         |
| ۱۰۸ | ۵-۲۱- جمع‌بندی                                                            |
| ۱۱۳ | ۵-۲۲- پرسش‌ها                                                             |
| ۱۱۳ | فصل ششم - خاکچال خودپالا                                                  |
| ۱۱۴ | ۶-۱- مقدمه                                                                |
| ۱۱۳ | ۶-۲- فرایند خودپالایی                                                     |
| ۱۱۴ | ۶-۳- ساز و کارهای تضعیف                                                   |
| ۱۲۰ | ۶-۴- اثر عوامل مختلف بر روی ساز و کارهای تضعیف                            |
| ۱۳۱ | ۶-۵- ساز و کارهای تضعیف بعضی آلاینده‌های مهم                              |
| ۱۴۳ | ۶-۶- پرسش‌ها                                                              |
| ۱۴۵ | فصل هفتم - خاکچال محصور کننده                                             |
| ۱۶۵ | ۷-۱- مقدمه                                                                |
| ۱۲۵ | ۷-۲- پوشش کف خاکچال                                                       |
| ۱۲۶ | ۷-۳- پوشش نهایی و سیستم زهکشی آب‌های سطحی                                 |

|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| ۱۲۸ | ۷-۴- خاکچال با آستر نکی               |
| ۱۳۰ | ۷-۵- خاکچال با آستر دوگانه یا چندگانه |
| ۱۳۱ | ۷-۶- پرسش‌ها                          |
| ۱۳۳ | فصل هشتم - خاکچال بیورآکتور           |
| ۱۳۳ | ۸-۱- مقدمه                            |
| ۱۳۴ | ۸-۲- انواع خاکچال‌های بیورآکتور       |
| ۱۳۵ | ۸-۳- مزایای خاکچال بیورآکتور          |
| ۱۳۶ | ۸-۴- فازهای تجزیه پسماند              |
| ۱۳۷ | ۸-۵- طراحی بیورآکتور                  |
| ۱۴۲ | ۸-۶- پایداری شیب                      |
| ۱۴۳ | ۸-۷- نشست                             |
| ۱۴۴ | ۸-۸- پرسش‌ها                          |
| ۱۴۵ | فصل نهم - عناصر خاکچال                |
| ۱۴۵ | ۹-۱- مقدمه                            |
| ۱۴۵ | ۹-۲- سیستم اولیه جمع‌آوری شیرابه      |
| ۱۵۳ | ۹-۳- سیستم ثانویه جمع‌آوری شیرابه     |
| ۱۵۴ | ۹-۴- سیستم تخلیه شیرابه               |
| ۱۵۶ | ۹-۵- سیستم تهویه گاز                  |
| ۱۶۰ | ۹-۶- پرسش‌ها                          |
| ۱۶۱ | فصل دهم - مواد آسترها                 |
| ۱۶۱ | ۱۰-۱- مقدمه                           |
| ۱۶۲ | ۱۰-۲- خاک رس                          |
| ۱۸۵ | ۱۰-۳- غشای مصنوعی                     |
| ۱۹۴ | ۱۰-۴- آستر رسی ژئوسینتتیک             |
| ۱۹۵ | ۱۰-۵- خاک ترمیم یافته و سایر ترکیب‌ها |
| ۱۹۸ | ۱۰-۶- آستر مرکب                       |
| ۲۰۲ | ۱۰-۷- پرسش‌ها                         |
| ۲۰۳ | فصل یازدهم - طراحی خاکچال             |
| ۲۰۳ | ۱۱-۱- مقدمه                           |
| ۲۰۳ | ۱۱-۲- روند طراحی خاکچال خودپالا       |
| ۲۰۷ | ۱۱-۳- طراحی خاکچال محصور کننده        |
| ۲۱۴ | ۱۱-۴- طراحی پوشش نهایی                |

|     |                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------|
| ۲۲۶ | ۱۱-۵- طراحی اساس خاکچال در زیر سفره آب زیرزمینی         |
| ۲۲۹ | ۱۱-۶- پرسش‌ها                                           |
| ۲۳۱ | فصل دوازدهم- تولید شیرابه و گاز                         |
| ۲۳۱ | ۱۲-۱- مقدمه                                             |
| ۲۳۲ | ۱۲-۲- عوامل مؤثر بر کیفیت شیرابه                        |
| ۲۳۴ | ۱۲-۳- عوامل مؤثر بر مقدار شیرابه                        |
| ۲۳۵ | ۱۲-۴- ارزیابی احتمالی کیفیت شیرابه                      |
| ۲۴۱ | ۱۲-۵- برآورد مقدار شیرابه                               |
| ۲۵۳ | ۱۲-۶- کیفیت شیرابه تولیدی از پسماندهای غیر خطرناک مختلف |
| ۲۵۹ | ۱۲-۷- تصفیه شیرابه                                      |
| ۲۶۱ | ۱۲-۸- تولید گاز                                         |
| ۲۷۹ | ۱۲-۹- پرسش‌ها                                           |
| ۲۸۱ | فصل سیزدهم- ساخت اجزای خاکچال                           |
| ۲۸۱ | ۱۳-۱- مقدمه                                             |
| ۲۸۱ | ۱۳-۲- ساخت زیر اساس                                     |
| ۲۸۳ | ۱۳-۳- ساخت آستر                                         |
| ۲۸۸ | ۱۳-۴- ساخت خاکریز                                       |
| ۲۸۹ | ۱۳-۵- لایه‌های زهکش ماسه ای                             |
| ۳۰۰ | ۱۳-۶- ساخت ترانشه‌های جمع‌آوری شیرابه                   |
| ۳۰۱ | ۱۳-۷- ساخت آسترهای دو یا چند لایه                       |
| ۳۰۱ | ۱۳-۸- ساخت سیستم تخلیه آب زیرزمینی                      |
| ۳۰۲ | ۱۳-۹- ساخت لیزومتر                                      |
| ۳۰۳ | ۱۳-۱۰- ساخت پوشش خاکچال                                 |
| ۳۰۳ | ۱۳-۱۱- خرید مصالح، زمان بندی ساخت و غیره                |
| ۳۰۴ | ۱۳-۱۲- کنترل فرسایش در حین ساخت خاکچال                  |
| ۳۰۶ | ۱۳-۱۳- ساخت بر روی خاکچال                               |
| ۳۱۳ | ۱۳-۱۴- پرسش‌ها                                          |
| ۳۱۵ | فصل چهاردهم- فرآیندهای راهبری خاکچال قبل از عملیات دفن  |
| ۳۱۵ | ۱۴-۱- مقدمه                                             |
| ۳۱۶ | ۱۴-۲- فرآیندهای اجرایی                                  |
| ۳۱۸ | ۱۴-۳- فرآیندهای قراردادی پسماندها در خاکچال             |
| ۳۲۳ | ۱۴-۴- ایمنی خاکچال                                      |

|     |                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------|
| ۳۲۵ | ۱۴-۵- پرسش‌ها                                         |
| ۳۲۷ | <b>فصل پانزدهم-راهبری خاکچال</b>                      |
| ۳۲۷ | ۱۵-۱- مقدمه                                           |
| ۳۲۸ | ۱۵-۲- وسایل مورد استفاده برای تراکم                   |
| ۳۲۹ | ۱۵-۳- طرح و برنامه فاز بندی                           |
| ۳۳۰ | ۱۵-۴- پوشش پسماند                                     |
| ۳۳۱ | ۱۵-۵- دفن مشترک لجن های غیر خطرناک در خاکچال های شهری |
| ۳۳۱ | ۱۵-۶- حفاظت در مقابل آتش                              |
| ۳۳۲ | ۱۵-۷- کنترل پراکندگی پسماند                           |
| ۳۳۲ | ۱۵-۸- کنترل گرد و غبار                                |
| ۳۳۲ | ۱۵-۹- نگهداری از راه های دسترسی                       |
| ۳۳۳ | ۱۵-۱۰- نگهداری از سیستم جمع آوری شیرابه               |
| ۳۳۳ | ۱۵-۱۱- نگهداری از پوشش نهایی                          |
| ۳۳۴ | ۱۵-۱۲- توضیحاتی در مورد اعمال قانون های مربوط         |
| ۳۳۴ | ۱۵-۱۳- معدن کاوی خاکچال                               |
| ۳۳۵ | ۱۵-۱۴- پرسش‌ها                                        |
| ۳۳۷ | <b>فصل شانزدهم- مراقبت های بعد از دفن</b>             |
| ۳۳۷ | ۱۶-۱- مقدمه                                           |
| ۳۳۸ | ۱۶-۲- جا به جایی فیزیکی                               |
| ۳۳۸ | ۱۶-۳- نظارت بر شیرابه                                 |
| ۳۴۰ | ۱۶-۴- نظارت بر آب های زیرزمینی                        |
| ۳۴۴ | ۱۶-۵- نظارت بر آب های سطحی                            |
| ۳۴۷ | ۱۶-۶- نظارت بر گاز های ورودی به جو                    |
| ۳۵۱ | ۱۶-۷- نظارت فیزیکی خاکچال                             |
| ۳۵۲ | ۱۶-۸- بستن خاکچال و مراقبت های بعد از آن              |
| ۳۵۵ | ۱۶-۹- پرسش‌ها                                         |
| ۳۵۷ | <b>فصل هفدهم- اصلاح خاکچال</b>                        |
| ۳۵۷ | ۱۷-۱- مقدمه                                           |
| ۳۵۸ | ۱۷-۲- بازرسی مکان                                     |
| ۳۵۸ | ۱۷-۳- تنظیم فهرست اولویت بندی                         |
| ۳۶۵ | ۱۷-۴- انتخاب روش های اصلاح و مسائل مربوط به آن        |
| ۳۶۷ | ۱۷-۵- پرسش‌ها                                         |

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| فصل هجدهم - سلامت و ایمنی.....                    | ۳۶۹ |
| ۱۸-۱ - مقدمه .....                                | ۳۶۹ |
| ۱۸-۲ - منابع خطر در سلامت شغلی.....               | ۳۷۰ |
| ۱۸-۳ - تجهیزات حفاظت فردی.....                    | ۳۷۷ |
| ۱۸-۴ - اجزای برنامه سلامت و ایمنی .....           | ۳۸۳ |
| ۱۸-۵ - پرسش ها.....                               | ۳۸۷ |
| فصل نوزدهم - تحلیل اقتصادی (ارزیابی اقتصادی)..... | ۳۸۹ |
| ۱۹-۱ - مقدمه .....                                | ۳۸۹ |
| ۱۹-۲ - برآورد هزینه ها.....                       | ۳۸۹ |
| ۱۹-۳ - برآورد ضمانت مسئولیت مالی.....             | ۳۹۲ |
| ۱۹-۴ - پرسش ها.....                               | ۳۹۵ |
| مراجع و منابع .....                               | ۳۹۷ |
| نمایه .....                                       | ۴۰۷ |



## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- عناصر موظف سیستم‌های مدیریت پسماند شهری در کشورهای صنعتی (الف) در دهه ۱۹۴۰، (ب) در دهه ۱۹۷۰ و (پ) در دهه ۱۹۹۰ به بعد ..... ۲
- شکل ۱-۲- متوسط هزینه‌های دفن یک تن پسماند شهری در آمریکا ..... ۸
- شکل ۱-۳- تعداد مکان‌های دفن در آمریکا بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ ..... ۸
- شکل ۱-۴- هزینه‌های دفن بهداشتی و پسماند سوزی پسماند در آمریکا ..... ۸
- شکل ۳-۱- مکان مناسب برای دفن بهداشتی مواد در منطقه نیمه خشک ..... ۳۶
- شکل ۳-۲- مناسب‌ترین مکان دفن بهداشتی در آب و هوای مرطوب ..... ۳۶
- شکل ۳-۳- دفن مواد در سیل و شن ..... ۳۷
- شکل ۳-۴- دفن مواد در صخره‌های نفوذپذیر ..... ۳۷
- شکل ۳-۵- راه‌های مختلفی که محیط زیست به وسیله دفن پسماند آلوده می‌شوند ..... ۳۹
- شکل ۴-۱- کنترل پراکنده شدن ذرات سبک به وسیله باد ..... ۵۳
- شکل ۵-۱- دفن به روش سطحی ..... ۶۳
- شکل ۵-۲- دفن به روش ترانشه ای ..... ۶۴
- شکل ۵-۳- دفن به روش شیبی ..... ۶۴
- شکل ۵-۴- دفن سطحی با روش حفاری پیوسته ..... ۶۷
- شکل ۵-۵- روش شیبی و حفاری پیوسته ..... ۶۷
- شکل ۵-۶- روش برش و پوشش ..... ۶۸
- شکل ۵-۷- روش پوشش وارداتی ..... ۶۹
- شکل ۵-۸- روش دفن سطحی در گودال‌های طبیعی ..... ۷۱
- شکل ۵-۹- روش دفن سطحی در دره های عمیق ..... ۷۱
- شکل ۵-۱۰- طرح اجرایی پر کردن گودال ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۱- تشکیل لایه در گودال عمیق ..... ۷۵
- شکل ۵-۱۲- ساخت لایه ها در خاکچال، به روش تخلیه از بالا ..... ۷۶
- شکل ۵-۱۳- ساخت لایه ها در خاکچال، به روش تخلیه از پایین ..... ۷۷
- شکل ۱۴- بولدوزر و قطعات اضافی آن ..... ۸۲
- شکل ۵-۱۵- تراکتور چرخدار با چرخ لاستیکی ..... ۸۳
- شکل ۵-۱۶- اسکرپور خود گردان ..... ۸۳

- شکل ۱۷-۵- درآگ لاین ..... ۸۳
- شکل ۱۸-۵- بولدوزر چرخدار با چرخهای فولادی برای تراکم مواد ..... ۸۴
- شکل ۱۹-۵- مخارج جاری خاکچال بهداشتی ..... ۸۵
- شکل ۲۰-۵- ترکیب نهایی گازها در یک خاکچال ..... ۸۸
- شکل ۲۱-۵- تولید و ترکیب گازها در یک خاکچال آزمایشی ..... ۸۹
- شکل ۲۲-۵- کنترل آلودگی آبهای سطحی ..... ۹۱
- شکل ۲۳-۵- یکی از روشهای تشکیل شیرابه در خاکچال پسمان ..... ۹۵
- شکل ۲۴-۵- (الف) خروجی شنی؛ (ب) لوله خروجی گاز ..... ۹۹
- شکل ۲۵-۵- شمای استفاده از لایه رس در گودال دفن ..... ۱۰۰
- شکل ۲۶-۵- مجاری ریگی برای کنترل گاز ..... ۱۰۱
- شکل ۲۷-۵- استفاده از خاک رس برای جلوگیری از حرکت گاز ..... ۱۰۱
- شکل ۲۸-۵- تهویه گاز به وسیله لوله ..... ۱۰۲
- شکل ۲۹-۵- منحنی تغییرات نرخ تسس زمین خاکچال ..... ۱۰۲
- شکل ۳۰-۵- هیدروکربورها، چربیها، و پروتئینها در اثر تخمیر میکروبیولوژیکی تولید گاز و هوموس و محصولات نهایی تخمیر می کنند ..... ۱۰۳
- شکل ۳۱-۵- نمونه ای از سطح مقطع یک خاکچال ..... ۱۰۶
- شکل ۳۲-۵- دفن بهداشتی دستی و تشکیل اولین لایه ..... ۱۱۰
- شکل ۱-۶- لایه بندی خاک یک خاکچال خودپالای ایده آل ..... ۱۱۴
- شکل ۲-۶- دو نمونه از ایزوترمهای جذب: (الف) ایزوترم لاگمیر؛ (ب) ایزوترم فرنللیخ ..... ۱۱۶
- شکل ۳-۶- پخشیدگی آلاینده ها در خاک ..... ۱۱۸
- شکل ۱-۷- برش عرضی از یک خاکچال محصورکننده با آستر تک لایه ..... ۱۲۹
- شکل ۲-۷- پلان یک خاکچال محصورکننده با آستر تک لایه ..... ۱۲۹
- شکل ۳-۷- ترکیب رس و غشاهای مصنوعی ترکیبی به عنوان آستر خاکچال ..... ۱۲۹
- شکل ۱-۸- یک خاکچال بیورآکتور ..... ۱۳۴
- شکل ۲-۸- فازهای مختلف در تجزیه پسماند ..... ۱۳۷
- شکل ۳-۸- چاهک عمودی ..... ۱۴۰
- شکل ۴-۸- لوله تزریق افقی ..... ۱۴۱
- شکل ۱-۹- نمونه کلوخ جدا شده از درون لوله جمع آوری شیرابه پس از ۴ سال بهره برداری ..... ۱۴۶
- شکل ۲-۹- جزییات ترانشه جمع آوری شیرابه برای آستر رسی ..... ۱۴۹
- شکل ۳-۹- ترانشه جمع آوری شیرابه برای آسترهای غشایی مصنوعی ..... ۱۴۹

- شکل ۴-۹-آستر، سیستم جمع‌آوری شیرابه و هد شیرابه ایجاد شده بر روی آستر..... ۱۵۱
- شکل ۵-۹-لوله بالابرنده..... ۱۵۵
- شکل ۶-۹-جزییات یک مجرای گاز ایزوله شده..... ۱۵۷
- شکل ۷-۹-چیدمان اجزای یک سیستم تهویه گاز عامل..... ۱۵۸
- شکل ۱-۱۰-زمان انتقال (در  $c/c_0 = 0.5$ ) با تابعی از هدایت هیدرولیکی..... ۱۶۱
- شکل ۲-۱۰-نمودار خمیری خاک..... ۱۶۵
- شکل ۳-۱۰-اثر رطوبت موجود قالبی بر نفوذپذیری خاک رس پر از لای و لجن (از متراکم‌سازی شکل دهی در آماده‌سازی نمونه‌ها استفاده شده است)..... ۱۶۷
- شکل ۴-۱۰-اثر روش تراکم بر نفوذپذیری رس سیلتی..... ۱۶۸
- شکل ۵-۱۰-محدوده قابل قبول برای نفوذپذیری..... ۱۶۹
- شکل ۶-۱۰-منطقه پذیرفتنی بر اساس ملاحظات انقباض حجمی..... ۱۷۱
- شکل ۷-۱۰-دستگاه تست نفوذپذیری خاک رس با استفاده از فشار سه محوری..... ۱۷۴
- شکل ۸-۱۰-نفوذسنج باتول..... ۱۷۸
- شکل ۹-۱۰-نفوذسنج گمانه هد ثابت..... ۱۷۸
- شکل ۱۰-۱۰-پروب متخلخل..... ۱۷۹
- شکل ۱۱-۱۰-نفوذسنج ورودی هوا..... ۱۷۹
- شکل ۱۲-۱۰-نفوذسنج تک حلقه‌ای باز..... ۱۸۰
- شکل ۱۳-۱۰-نفوذسنج تک حلقه‌ای بسته..... ۱۸۱
- شکل ۱۴-۱۰-نفوذسنج دو حلقه‌ای باز..... ۱۸۱
- شکل ۱۵-۱۰-نفوذسنج دو حلقه‌ای بسته..... ۱۸۲
- شکل ۱۶-۱۰-رابطه چگالی خشک و میزان رطوبت برای خاک‌های رسی..... ۱۸۳
- شکل ۱۷-۱۰-محدوده قابل قبول بر اساس هدایت هیدرولیکی کم، خشکی باس، انقباض کم و قدرت تراکمی نامحبوس بالا..... ۱۸۴
- شکل ۱۸-۱۰-کریستال پلیمر با زنجیر تاخورده‌ای که صفحات کریستالی لایه لایه را شکل می‌دهد..... ۱۹۰
- شکل ۱۹-۱۰-الگو و ارتباط بین لایه نازک و اسپیرالیت..... ۱۹۰
- شکل ۲۰-۱۰-ساختار معمول لایه نازک پلی اتیلن..... ۱۹۱
- شکل ۲۱-۱۰-دیاگرام شماتیک نشان‌دهنده ساختار بنتونیت..... ۱۹۷
- شکل ۲۲-۱۰-نمودار گردشی برای ترکیب ماسه-بنتونیت..... ۱۹۸
- شکل ۲۳-۱۰-(الف) نرخ دبی جریان: (ب) جرم تجمعی تخلیه برای کادمیوم..... ۲۰۰

- شکل ۲۴-۱۰- (الف) نرخ دبی جریان: (ب) جرم تجمعی تخلیه برای تولوئن با استفاده از شرایط کف مرزی نیمه بی نهایت..... ۲۰۱
- شکل ۱۱-۱- نمودار تغییر غلظت اجزای شیرابه با گذشت زمان..... ۲۰۴
- شکل ۱۱-۲- هندسه ی پلوم استفاده شده برای طراحی خاکچال..... ۲۰۶
- شکل ۱۱-۳- خاکچال با آستر دوگانه به همراه یک سیستم جمع آوری شیرابه..... ۲۰۸
- شکل ۱۱-۴- خاکچال با آستر دوگانه به همراه یک سیستم جمع آوری شیرابه..... ۲۰۹
- شکل ۱۱-۵- خاکچال با آستر دوگانه به همراه یک سیستم جمع آوری شیرابه..... ۲۰۹
- شکل ۱۱-۶- خاکچال با آستر چندگانه به همراه دو سیستم جمع آوری شیرابه..... ۲۰۹
- شکل ۱۱-۷- خاکچال با آستر چندگانه به همراه دو سیستم جمع آوری شیرابه..... ۲۱۰
- شکل ۱۱-۸- خاکچال با آستر چندگانه به همراه دو سیستم جمع آوری شیرابه..... ۲۱۰
- شکل ۱۱-۹- نمایی شماتیک از الگوی آستر معرفی شده به وسیله مدل استوکستیک..... ۲۱۴
- شکل ۱۱-۱۰- هندسه الگوی وانگ..... ۲۱۷
- شکل ۱۱-۱۱- هندسه الگوی تسهیم شیرابه در حالت غیر یکنواخت..... ۲۲۱
- شکل ۱۱-۱۲- طرح های تسهیم شیرابه..... ۲۲۳
- شکل ۱۱-۱۳- تغییرات سطح ایستابی به دلیل عدم وجود ضخامت کافی پتوی زهکش..... ۲۲۵
- شکل ۱۱-۱۴- هندسه سیستم آبدایی که در آن لوله ها بالای لایه مانع قرار گرفته اند..... ۲۲۷
- شکل ۱۲-۱- فلوچارت مراحل مصنوعی رسوب گذاری شیرابه..... ۲۳۲
- شکل ۱۲-۲- تغییرات ایده آل غلظت شیرابه در زمان..... ۲۳۳
- شکل ۱۲-۳- دستگاه لرزاننده..... ۲۳۶
- شکل ۱۲-۴- استخراج کننده فضای فوق صفر (ZHE)..... ۲۳۹
- شکل ۱۲-۵- فلوچارت مراحل رسوب گذاری سنتزی شیرابه..... ۲۴۲
- شکل ۱۲-۶- انتشار نزولات جوی از لایه رویی خاکچال..... ۲۵۱
- شکل ۱۲-۷- مراحل و فرآیندهای تولید گاز در خاکچال و نوع گازهای تولید شده در هر مرحله..... ۲۶۴
- شکل ۱۲-۸- شکل شماتیک نحوه خروج گاز از خاکچال..... ۲۶۵
- شکل ۱۲-۹- جزییات گمانه خروج گاز از خاکچال..... ۲۶۷
- شکل ۱۲-۱۰- نحوه آرایش گمانه ( آرایش مثلث متساوی الاضلاع)..... ۲۶۷
- شکل ۱۲-۱۱- شعاع تأثیر و نحوه اتصال گمانه های قائم خروج گاز به لوله های جمع آوری افقی در سیستم جمع آوری فعال..... ۲۶۸
- شکل ۱۲-۱۲- نحوه اتصال گمانه های قائم خروج گاز و لوله های جمع آوری افقی در سیستم جمع آوری عامل..... ۲۶۸

- شکل ۱۳-۱۲- شکل شماتیک سیستم جمع‌آوری عامل گاز در یک خاکچال..... ۲۶۹
- شکل ۱۴-۱۲- سیستم جمع‌آوری غیر عامل گاز درون خاکچال..... ۲۷۰
- شکل ۱۵-۱۲- مشخصات خاکچال اصفهان..... ۲۷۵
- شکل ۱۶-۱۲- شاخص‌های مدل خاکچال اصفهان..... ۲۷۶
- شکل ۱۷-۱۲- انتخاب گازها یا آلاینده‌ها..... ۲۷۶
- شکل ۱۸-۱۲- جدول نرخ پذیرش پسماند..... ۲۷۷
- شکل ۱۹-۱۲- مقدار تجمع گازهای حاصل بر حسب تن..... ۲۷۸
- شکل ۱-۱۳- پالوی میکسر..... ۲۸۳
- شکل ۲-۱۳- الف: ساخت آستر با شیب جانبی، ب: ساخت آستر پله‌ای..... ۲۸۴
- شکل ۳-۱۳- ساخت دیوار جانبی با شیب مسطح تر..... ۲۸۵
- شکل ۴-۱۳- نمودار تراکم - رطوبت..... ۲۸۸
- شکل ۵-۱۳- گیره‌های رایج نشست در غشاها..... ۲۹۲
- شکل ۶-۱۳- جزییات یک سیستم تهویه گاز رایج در غشای مصنوعی..... ۲۹۲
- شکل ۷-۱۳- جزییات اتصال آسترها..... ۲۹۴
- شکل ۸-۱۳- قراردادن ماسه برای جلوگیری از ایجاد حباب هوا..... ۲۹۵
- شکل ۹-۱۳- آزمایش جعبه مکش..... ۲۹۶
- شکل ۱۰-۱۳- جزییات توسعه خاکریز..... ۲۹۸
- شکل ۱۱-۱۳- جزییات معمول سیستم جمع‌آوری آب زیرزمینی به وسیله لوله در ترانشه..... ۳۰۲
- شکل ۱۲-۱۳- جزییات لوله جمع‌آوری آب زیرزمینی قرار گرفته در لایه ماسه‌ای..... ۳۰۲
- شکل ۱۳-۱۳- نمونه نقشه کنترل فرسایشی..... ۳۰۵
- شکل ۱۴-۱۳- جزییات عدل‌های پوشالی الف: نما از بالا؛ ب: برش عرضی..... ۳۰۶
- شکل ۱۵-۱۳- جزییات حصار سیلتی..... ۳۰۶
- شکل ۱۶-۱۳- جزییات ساختمان‌های روی خاکچال..... ۳۱۱
- شکل ۱-۱۵- متراکم کننده با چرخ فولادی..... ۳۲۸
- شکل ۲-۱۵- بولدوزر..... ۳۲۹
- شکل ۳-۱۵- برنامه فازبندی یک خاکچال..... ۳۳۰
- شکل ۱-۱۸- جزییات گوش انسان..... ۳۷۱
- شکل ۲-۱۸- انواع وسایل حفاظتی گوش : به ترتیب از راست : پلاکین گوش، گوشی‌های کلاهی، گوش پوش‌ها..... ۴۷۲
- شکل ۳-۱۸- وسایل حفاظت از چشم..... ۳۷۹

- شکل ۴-۱۸- سیستم تنفسی انسان ها..... ۳۸۱
- شکل ۵-۱۸- انواع محافظ های تنفسی..... ۳۸۱
- شکل ۶-۱۸- مخازن هوای قابل حمل..... ۳۸۳

## فهرست جدول‌ها

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| جدول ۱-۳- معیارهای انتخاب زمین دفن.....                                                                                                 | ۲۸  |
| جدول ۲-۳- اسنادهای وزنی تقدم گروه‌ها.....                                                                                               | ۳۱  |
| جدول ۳-۳- وزن مجزئه کفی.....                                                                                                            | ۳۱  |
| جدول ۳-۴- مقایسه بین غلظت آلاینده‌ها در شیرابه خاکچال، فاضلاب خام و فاضلاب کشتارگاه(بر حسب میلی گرم در لیتر یا واحد در میلیون PPM)..... | ۳۵  |
| جدول ۳-۵- درجه بندی انواع اصلی خاک به عنوان مواد پوششی.....                                                                             | ۴۳  |
| جدول ۴-۱- ضخامت مواد پوششی در سه کاربرد.....                                                                                            | ۵۴  |
| جدول ۴-۲- مناسب بودن انواع خاک‌ها جهت پوشش پسماند.....                                                                                  | ۵۵  |
| جدول ۵-۱- ترکیب شیرابه (میلی گرم در لیتر).....                                                                                          | ۹۴  |
| جدول ۵-۲- اثر شیرابه بر کیفیت آب زیرزمینی.....                                                                                          | ۹۵  |
| جدول ۵-۳- مسافت طی شده به وسیله آلاینده‌ها و زمان آن.....                                                                               | ۹۶  |
| جدول ۵-۴- مسافت طی شده به وسیله آلاینده‌ها و زمان آن.....                                                                               | ۱۰۴ |
| جدول ۶-۱- اثر خالص ساز و کارهای تضعیف.....                                                                                              | ۱۲۰ |
| جدول ۶-۲- ساز و کارهای تضعیف سی ترکیب رایج شیرابه خاکچال.....                                                                           | ۱۲۲ |
| جدول ۸-۱- مقایسه انواع خاکچال.....                                                                                                      | ۱۳۵ |
| جدول ۹-۱- ضرایب کاهش توصیه شده برای تعیین نرخ جریان مجاز نونت‌های دوصفحه‌ای.....                                                        | ۱۴۸ |
| جدول ۱۰-۱- گروه بندی خاک بر اساس انقباض.....                                                                                            | ۱۷۰ |
| جدول ۱۰-۲- مزایا و معایب چند روش مختلف تست نفوذپذیری.....                                                                               | ۱۷۵ |
| جدول ۱۰-۳- مزایا و معایب غشای سنتزی معمول.....                                                                                          | ۱۸۷ |
| جدول ۱۰-۴- محدودیت‌های پیشنهادی مقادیر مختلف تست برای غشای مصنوعی استفاده شده به عنوان آستر.....                                        | ۱۸۸ |
| جدول ۱۰-۵- تست‌های استاندارد خصوصیات فیزیکی پوسته‌های ترکیبی.....                                                                       | ۱۸۹ |
| جدول ۱۰-۶- میزان نفوذ ترکیبات هیدروکربن‌ها از طریق HDPE.....                                                                            | ۱۹۲ |
| جدول ۱۰-۷- مقایسه بین آسترهای رسی مصنوعی و آسترهای رسی متراکم.....                                                                      | ۱۹۵ |
| جدول ۱۰-۸- شاخص‌های مقاومتی آسترها.....                                                                                                 | ۱۹۵ |
| جدول ۱۲-۱- مشخصه سمیت آلاینده‌ها.....                                                                                                   | ۲۳۸ |
| جدول ۱۲-۲- مقایسه آزمون‌های سمیت EP و نشء TCLP.....                                                                                     | ۲۴۰ |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| جدول ۱۲-۳- ظرفیت میدانی پسماند.....                                                                           | ۲۴۵ |
| جدول ۱۲-۴- ضرایب رواناب برای جریان‌ها در طی ۵ تا ۱۰ سال متناوب.....                                           | ۲۴۸ |
| جدول ۱۲-۵- تقدم کلاس رطوبت برای ۵ روز بارش.....                                                               | ۲۴۸ |
| جدول ۱۲-۶- گروه‌های خاک مربوط به طراحی پوشش خاکچال.....                                                       | ۲۴۹ |
| جدول ۱۲-۷- عدد منحنی رواناب برای گروه‌های مختلف خاک و شرایط استفاده زمینی در ارتباط با طراحی پوشش خاکچال..... | ۲۴۹ |
| جدول ۱۲-۸- نمودار منحنی رواناب مرتبط با طراحی پوشش خاکچال.....                                                | ۲۴۹ |
| جدول ۱۲-۹- مقادیر k برای معادله درجه - روز مرتبط با طراحی پوشش خاکچال.....                                    | ۲۵۰ |
| جدول ۱۲-۱۰- کیفیت شیرابه معمولی از آهن پسماند ریخته‌گری (نمونه مرکب).....                                     | ۲۵۴ |
| جدول ۱۲-۱۱- محدوده غلظت شاخص‌های مختلف در شیرابه خاکستر کوره‌های پسماند شهری.....                             | ۲۵۵ |
| جدول ۱۲-۱۲- محدوده غلظت از شاخص‌های مختلف در شیرابه خمیر کاغذ.....                                            | ۲۵۶ |
| جدول ۱۲-۱۳- محدوده غلظت شاخص‌های مختلف در شیرابه خاکستر کوره ذغال سنگ.....                                    | ۲۵۷ |
| جدول ۱۲-۱۴- محدوده غلظت شاخص‌های مختلف در شیرابه پسماند شهری.....                                             | ۲۵۸ |
| جدول ۱۲-۱۵- محدوده غلظت شاخص‌های مختلف در شیرابه پسماندهای ساخت/تخریب.....                                    | ۲۵۹ |
| جدول ۱۲-۱۶- ترکیب معمولی گاز پایدار خاکچال شهری.....                                                          | ۲۶۲ |
| جدول ۱۲-۱۷- درصد ترکیبات مختلف در زباله شهری در ایالات متحده آمریکا.....                                      | ۲۷۰ |
| جدول ۱۲-۱۸- مقادیر نرخ تولید متان (K).....                                                                    | ۲۷۴ |
| جدول ۱۲-۱۹- مقادیر ظرفیت بالقوه تولید متان (L <sub>۰</sub> ).....                                             | ۲۷۴ |
| جدول ۱۲-۲۰- میزان سالانه تولید گاز بر حسب تن.....                                                             | ۲۷۸ |
| جدول ۱۳-۱- مزایا و مضرات نسبی پی‌های سطحی و عمیق.....                                                         | ۳۰۹ |
| جدول ۱۳-۲- اقدامات محافظتی پیشنهاد شده برای ساختارهای مسکونی، تجاری و صنعتی.....                              | ۳۱۲ |
| جدول ۱۵-۱- خصوصیات اجرایی تجهیزات خاکچال.....                                                                 | ۳۲۹ |
| جدول ۱۷-۱- فاصله تا آب زیرزمینی.....                                                                          | ۳۶۰ |
| جدول ۱۷-۲- پتانسیل نفوذ.....                                                                                  | ۳۶۰ |
| جدول ۱۷-۳- ارزش دهی بر اساس پوشش گیاهی سطح و شیب.....                                                         | ۳۶۰ |
| جدول ۱۷-۴- ارزش میزان بارندگی خالص.....                                                                       | ۳۶۱ |
| جدول ۱۷-۵- ارزش میزان نفوذپذیری برای انواع خاک.....                                                           | ۳۶۱ |
| جدول ۱۷-۶- میزان بارش ماهیانه بر اساس مدار جغرافیایی.....                                                     | ۳۶۲ |
| جدول ۱۷-۷- ارزش‌بندی بر اساس هدایت هیدرولیکی برای سطوح خاک غیر اشباع.....                                     | ۳۶۲ |
| جدول ۱۷-۸- ارزش گذاری بر اساس تأثیر محصورکننده‌ها.....                                                        | ۳۶۳ |



|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| جدول ۹-۱۷- ارزش تخصیص یافته بر اساس قدرت شیرابه.....                      | ۳۶۳ |
| جدول ۱۰-۱۷- ارزش تخصیص یافته بر اساس استفاده از آب زیر زمینی.....         | ۳۶۳ |
| جدول ۱۱-۱۷- ارزش تخصیص یافته بر اساس فاصله نزدیکترین چاه.....             | ۳۶۴ |
| جدول ۱۲-۱۷- ارزش تخصیص یافته بر اساس جمعیت در معرض خطر آلودگی.....        | ۳۶۴ |
| جدول ۱۳-۱۷- ارزش خدماتی بر اساس جمعیت و فواصل چاه‌ها.....                 | ۳۶۵ |
| جدول ۱-۱۸- تأثیرات مواد گوناگون آلی فرار موجود در خاکچال‌ها بر سلامت..... | ۳۷۸ |
| جدول ۱-۱۹- موارد مورد نیاز برای برآورد هزینه‌های ساخت مکان.....           | ۳۹۰ |
| جدول ۲-۱۹- موارد مورد نیاز برای برآورد تخمین هزینه‌های تعطیلی سایت.....   | ۳۹۱ |
| جدول ۳-۱۹- موارد مورد نیاز برای برآورد هزینه‌های محافظت دراز مدت.....     | ۳۹۱ |
| جدول ۴-۱۹- موارد مورد نیاز برای برآورد هزینه‌های بهره‌برداری سالیانه..... | ۳۹۲ |

## پیشگفتار

واضح است که پسماند همانند هوا و آب از مرز شهرها و استان‌ها عبور نمی‌کند تا به عنوان یک مسئله ملی مطرح شود. البته مدیریت نامناسب پسماند از طریق سوزاندن مواد، منجر به آلودگی هوا می‌شود و یا از طریق حرکت شیرابه و نفوذ آن به منابع آب موجب آلودگی آب‌ها خواهد شد. ولی علت اصلی برای همکاری ملی در زمینه مدیریت پسماند، یکنواختی مسائل و مشکلات در سطح تمامی شهرها و استان‌های کشور است. تمامی شهرهای کشور از سوء مدیریت و نقص در سیستم‌های جمع آوری حمل و دفع پسماندهای شهری رنج می‌برند. تجربیات یک شهر شاید برای تمام شهرهای دیگر مفید واقع شود.

در انتقال این تجربیات، باید عوامل و محدودیت‌های اقتصادی، جغرافیایی و اجتماعی را در نظر داشت و از فناوری مناسب و امکانات محلی بهره گرفت. این مطالب به این معنا نیست که ابعاد مشکلات سیستم‌های مدیریت مواد زائد شهری در استان‌های مختلف کشور، یکی است؛ بلکه به این معنا است که مسائل و مشکلات، همگی طبیعت مشابه و یکسانی دارند، و با توجه به طیف مشکلات، می‌توان به آن‌ها از دید ملی نگریست. این امر به ویژه در زمینه تجهیزات، تأسیسات، تعمیر و نگهداری اهمیت ویژه‌ای دارد. یک سیستم مدیریت پسماند موفق، از نظر اصولی به نسبت ساده، و به آسانی در شهرهای مختلف کشور مورد استفاده و قابل تطبیق است.

امروزه استفاده از تجربیات و توانایی‌های سایر ملل و لزوم ایجاد برنامه‌های هماهنگ در امر مدیریت پسماند، در سطح سازمان‌های بین المللی، مثل برنامه محیط زیست سازمان ملل UNEP و سازمان بهداشت جهانی WHO، مطرح است. پسماند و آلودگی‌های ناشی از آن مشکلی جهانی است و به ویژه در زمینه مواد زائد خطرناک و انتقال آن‌ها از یک منطقه به منطقه دیگر، قانون‌های خاصی وضع شده است.

خطرات زیست محیطی ناشی از سوء مدیریت مواد زائد، یکی از مشکلات اساسی کشور است. این مشکل در استان‌های شمالی کشور و نیز در سواحل شمالی خلیج فارس و در مراکز بزرگ جمعیتی ابعاد گسترده‌ای پیدا کرده است. این مشکل نه تنها قسمت عمده توان مسئولان شهری را به خود معطوف کرده، بلکه روند توسعه پایدار و اصولی مراکز فوق را هم به خطر انداخته است. به همین دلیل در بیشتر مناطق شهری از راه روش‌های غیر منطقی و حتی غیر عقلانی برای دفع مواد زائد شهری استفاده شده است.

رشد فزاینده جمعیت و مهاجرت مردم از روستاها به شهرها و از شهرها به مراکز بزرگ جمعیتی، سبب شده است که روز به روز بر ابعاد و پیچیدگی مشکل فوق افزوده شود. بیش از نیمی از جمعیت کشور، در شهرها و بیش از نیمی از شهر نشینان فقط در یازده شهر بزرگ زندگی می‌کنند. به عبارت دیگر بیش از نیمی از جمعیت شهری، در ۲/۵ درصد کل نقاط شهری سکونت دارند.

پسماند شهری شامل تمام پسماندهای حاصل از فعالیت‌هایی است که در شهر انجام می‌شوند. این مواد از نظر منبع تولید و از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی تنوع بسیاری دارند. در یک شهر، بخش‌های مختلفی در فعالیت هستند و هر بخش نیز در تولید مواد زائد شهری نقش دارد. بخش‌های خانگی، تجاری، حمل و نقل، صنعتی، درمانی بهداشتی و خدمات، هر کدام مواد زائدی را با خصوصیات ویژه‌ای تولید می‌کنند. به همین دلیل، پسماند شهری دارای طیف وسیعی است. از نظر حجم از ذرات ریز گرد و غبار گرفته تا وسایل اسقاطی،

مثل بدنه اتومبیل، یخچال و میز و صندلی، در این زائدات وجود دارند. از نظر کیفی، مواد به طور کامل خطرناک مثل پسماند ویژه بیمارستانی، را هم در بر دارد. از نظر فیزیکی و حجم ظاهری نیز، طیف ناهمگونی از پسماندها در یک شهر تولید می‌شود.

دفن بهداشتی پسماند یکی از معضلات سیستم‌های مدیریت پسماند در کشور است. اگر چه در سال‌های اخیر روش‌های دیگری برای دفع پسماند در کشور رایج شده است، ولی هنوز دفن در زمین یکی از گزینه‌های اصلی دفن محسوب می‌شود. در این کتاب اصول مهندسی، تکنیک‌های مدیریتی، مکان یابی، طراحی، راهبری و نظارت و پایش این مکان‌ها به تفصیل توضیح داده می‌شود.

محمد علی عبدلی  
استاد دانشکده محیط زیست

دانشگاه تهران

زمستان ۱۳۹۱

## مقدمه

از پیدایش سیستم‌های مدیریت پسماند در جهان حدود ۸۰ سال می‌گذرد. دفن پسماند در زمین همواره یکی از اجزای اصلی و جدایی ناپذیر این سیستم‌ها بوده است. سیستم‌های مدیریت پسماند شهری شامل ۸ عنصر موظف کاهش از مبدأ، تولید، ذخیره در محل، جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و بازیافت، دفع و مراقبت‌های بعد از دفع است. دفع پسماند شهری یا روش‌های مختلفی مانند دفن در زمین (خاکچال)، کمپوست، پسماند سوزی و احیای زمین صورت می‌گیرد. از بین روش‌های مختلف دفع، خاکچال با توجه به قدمت آن، هنوز هم متداول‌ترین روش دفع پسماند شهری می‌باشد. بنابراین شناخت اصول، فناوری و مفاهیم خاکچال برای مهندسان محیط زیست و برنامه ریزان توسعه شهری ضروری است.

براساس تعریف کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه، توسعه پایدار عبارت است از توسعه‌های که بدون به خطر انداختن توانایی آیندگان برای رفع نیازهایشان، نیازهای نسل فعلی را مرتفع سازد. کاربرد این تعریف در زمینه دفع پسماند شهری عبارت است از دفع پسماند به روشی که مواد در طول یک نسل تثبیت شوند. بنابراین در خاکچال باید از فناوری‌هایی بهره گرفت که پسماندها را در طول یک نسل تثبیت کند.

امروزه در کشورهای مختلف جهان خاکچال‌ها با تفاوت‌های زیادی در مفاهیم، طراحی و مدیریت اجرا می‌شوند. این تفاوت‌ها انعکاسی از امکانات اقتصادی، توانایی فناوری و توسعه اجتماعی کشورها است. بسیاری از کشورهای صنعتی مثل کشورهای عضو اتحادیه اروپا، خاکچال را به عنوان آخرین گزینه دفع در مدیریت پسماند شهری اعلام کرده اند. ژاپن خاکچال‌ها را از سیاست مدیریت پسماند خود حذف کرده است. در عمل خاکچال در کشورهای صنعتی و کشورهای عضو اتحادیه اروپا به عنوان رایج ترین روش دفع پسماندهای شهری باقی مانده است. حتی در صورت اجرای بسیار جدی و طولانی مدت سیاست‌های اجتناب از تولید و بازیافت پسماند، خاکچال کماکان به صورت بخش جدا ناشدنی سیستم‌های مدیریت پسماند باقی خواهد ماند.

روند فعلی مدیریت پسماند در کشورهای صنعتی نشان می‌دهد که بیش از پیش بر اهمیت جلوگیری از تولید پسماند، استفاده مجدد، بازیافت و تصفیه پسماندها قبل از دفن در زمین، اضافه خواهد شد. تجربیات چند سال گذشته نشان داده است که:

- موانع و سدهای بازدارنده، حتی در صورت استفاده از بهترین فناوری‌های موجود، نتوانسته است صددرصد در جلوگیری از پراکنش آلودگی به محیط‌های خارج از خاکچال، موثر باشد. علاوه بر آن رفتار طولانی مدت این موانع شناخته شده نیستند؛

- مخارج تصفیه شیرابه‌های ناشی از خاکچال‌ها، گران قیمت است؛
- فقط تا حدودی می‌توان گازهای خاکچال را جمع‌آوری کرد و
- خاکچال‌ها برای مدت‌های طولانی باقی خواهند ماند و ممکن است برای دهه‌ها و سدها منشأ آلودگی باشند.

علاوه بر این‌ها فرآیند تخریب و تثبیت در خاکچال‌ها یکنواخت نیست و همواره محل‌های خشکی در خاکچال وجود خواهند داشت که در عمل هیچ‌گونه فعل و انفعالات بیولوژیکی در آن محل‌ها شکل نمی‌گیرد.

کتاب حاضر مجموعه ای از نتایج تجربی و تحقیقاتی مولف، متخصصان و مهندسان مجرب کشورهای صنعتی را در زمینه فناوری خاکچال ارائه می کند. این کتاب شامل ۱۹ فصل است. اصول کلی، مفاهیم اساسی و جنبه های مدیریتی خاکچال در فصل های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. فصل های ۴ و ۵ آماده سازی و عملیات در خاکچال را توضیح می دهند. فصل ششم به خاکچال خودپالا اختصاص دارد و فصل های ۷ و ۸ به ترتیب به خاکچال محصور کننده و خاکچال بیوراکتوری اختصاص دارد. فصل نهم در مورد عناصر و اجزای اصلی خاکچال است و فصل دهم مواد آستر را بررسی می کند. طراحی خاکچال در فصل ۱۱ و تولید شیرابه و گاز در فصل دوازدهم شرح و بسط داده شده است. فصل سیزدهم به توضیح مبانی ساخت اجزای خاکچال پرداخته است و فصل های ۱۴ و ۱۵ به ترتیب به رامبری خاکچال در مراحل قبل از ساخت و در حین ساخت می پردازد. فصل شانزدهم پیرامون مراقبت های بعد از دفن مطالبی را ارائه داده است و در فصل ۱۷ روش های اصلاح خاکچال معرفی می شود. در دو فصل آخر یعنی فصل های ۱۸ و ۱۹ مباحث مربوط به سلامت و ایمنی و تحلیل اقتصادی خاکچال شرح و بسط داده می شوند.