Archive of SID

فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی شریف
بهار ۱۳۸۵، شماره‌ی سی و سوم، ص. ۵۵-۶۶، (یادداشت فنّی)

طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی و اهمیت آن در بازیافت و تعیین نوع مدفن مهندسی

علی‌باك (دانشیار)
مسعود تجریشی (دانشیار)
حمید طاهری‌شهرآئینی (دانشجوی دکتری)
دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

زائدات صنعتی و چگونگی دفع آنها همواره یکی از مشکلات گریبان‌گیر صنایع بوده است. گرچه کاهش حجم زائدات و بازیافت آنها در اولویت قرار دارد ولی معمول‌ترین روش مدیریت زائدات جامد صنعتی، دفن مهندسی ـ بهداشتی آنها است. برای دفن زائدات جامد صنعتی با توجه به تنوع بسیار زیاد آنها، «طبقه‌بندی[۱]» اهمیت اساسی دارد. طبقه‌بندی این مواد در روند مدیریت صحیح آنها و نیز دفن مهندسی ـ بهداشتی آنها نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. در نوشتار حاضر براساس تجربیات به‌دست آمده در سایر کشورها، روشی برای طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی، بدون نیاز به آزمایشات شیمیایی، پیشنهاد شده است.

طبقه‌بندی به روش پیشنهادی در مورد صنایع استان گیلان به‌صورت مطالعه‌ی موردی انجام شده است. استان گیلان دارای ۲۰۰۰ واحد صنعتی است و به‌علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این استان، مسئله‌ی دفن بهداشتی زائدات صنعتی از اهمیت ویژه‌یی برخوردار است. برای تعیین مشخصات مدفن‌های مناسب برای این زائدات باید ابتدا گونه‌های مختلف زائدات صنعتی را طبقه‌بندی کرد. از آنجا که آمار مدونی در مورد زائدات جامد واحدهای صنعتی استان گیلان موجود نبود، در این مطالعه ۱۴۲ واحد صنعتی نمونه به‌منظور آمارگیری انتخاب شد. انتخاب این واحدها به‌نحوی انجام شد که اطلاعات دریافتی از زائدات جامد آنها قابل تعمیم به کل صنایع استان باشد. تحلیل نتایج حاصله و بررسی‌ها نشان داد که ۸۶ گونه‌ی مختلف زائدات جامد توسط صنایع استان گیلان تولید می‌شود، که برای طبقه‌بندی آنها براساس روش پیشنهادی، ۱۰ مشخصه‌ی اصلی از مشخصات زائدات جامد که در تعیین میزان خطرناک بودن آنها مؤثرند انتخاب شد. سپس به هر یک از این مشخصه‌ها، به‌عنوان «ضریب اهمیت» عددی بین ۰ تا ۲۰ تخصیص داده شد. همچنین شدت هر مشخصه به‌کمک اطلاعات کیفی جمع‌آوری شده از صنایع نمونه به‌عنوان «فاکتور شدت» در نظر گرفته شد که با محاسبه‌ی حاصل‌ضرب ضریب اهمیت در فاکتور شدتِ هر مشخصه، و محاسبه‌ی مجموع حاصل‌ضرب‌ها، میزان شاخص خطرناکی (R_H) برای هر کدام از ۸۶ گونه‌ی مختلف زباله‌ی صنعتی تعیین شد. سپس، براساس این شاخص (R_H)، زائدات جامد صنعتی استان گیلان در چهار گروه طبقه‌بندی شد، و یک کلاس خاص مدفن I تا IV با مشخصات لازم، متناسب با شاخص خطرناکیِ هر طبقه، پیشنهاد شد.

مقدمه

زائدات جامد و پسمانده‌های صنعتی اگرچه ممکن است دارای سمیت کم، متوسط و یا زیاد باشند، اکثر آنها جزء زائدات خطرناک طبقه‌بندی می‌شوند. سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا(EPA) به ترتیب اهمیت، راه حل‌های مناسب در یک سامانه‌ی مدیریت صحیح زائدات جامد را، به‌ترتیب اهمیت، چنین پیشنهاد کرده است.[۱۱]

۱. کاهش میزان تولید زائدات در مبدأ؛
۲. بازیافت و استفاده‌ی مجدد از زائدات؛
۳. تغییر شکل فیزیکی و شیمیایی زائدات؛
۴. دفن زائدات.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که معمول‌ترین روش در مدیریتِ فعلیِ زائدات جامد صنعتی، دفن بهداشتی زباله‌ها است. این روش به‌علت هزینه‌ی کم‌تر، نسبت به سایر روش‌ها، با اقبال بیشترِ صاحبان صنایع مواجه شده است. از آنجا که بخش عمده‌یی از مواد زائدات جامد تولید شده توسط صنایع، جزء مواد خطرناک طبقه‌بندی می‌شوند، اهمیت مسئله‌ی دفن صحیح مواد زائد و جلوگیری از آلوده شدن منابع خاک و آب زیرزمینی دو چندان می‌شود.

دفن اصولی و بهداشتی زائدات جامد با رعایت اصول مهندسی از دهه‌ی ۵۰ میلادی آغاز شد.[۳] برای دفن بهداشتی زائدات جامد صنعتی، احداث مدفن‌های مناسب مورد نیاز است. مشخصات مدفن‌ها برحسب نوع و مشخصات زائدات جامد متفاوت است. ویژگی‌های مدفن تابعی از موادی است که باید در داخل آن نگه‌داری شود. به بیان دیگر

www.SID.ir

Archive of SID

مکان‌یابی برای احداث مدفن، ابعاد آن، لایه‌های پوشش کف و جداره، سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه و گاز و سایر مشخصات مدفن به کمیت و کیفیت زائدات جامد بستگی دارد. در غالب آئین‌نامه‌های کشورهای صنعتی، دفن مواد زائد خطرناک و غیرخطرناک در مدفن‌های جداگانه توصیه شده است.[۴]

در آلمان زائدات جامد را به ۵ گروه، و مدفن‌های بهداشتی را به سه گروه تقسیم‌بندی می‌کنند که هر کدام از این پنج گروه زائدات، برحسب مشخصات در یکی از این سه مدفن خاص دفن می‌شوند.[۱۰] هرقدر مواد زائد خطرناک‌تر باشند، ضوابط مکان‌یابی و ساخت مدفن برای آنها سخت‌تر است، و به رعایت جزئیات دقیق‌تری در مورد پوشش‌ها، سیستم جمع‌آوری شیرابه،سیستم جمع‌آوری گاز و غیره نیازمند است.[۶] در فرانسه زائدات جامد را به چهارگروه زائدات سمی و خطرناک، زائدات شهری، زائدات صنعتی و زائدات بی‌اثر تقسیم‌بندی می‌کنند و هرگروه در یک نوع مدفن خاص دفن می‌شود. دفن زائدات جامدِ خیلی سمی، مثل هیدروکربن‌ها، در این کشور ممنوع است.[۷] درکشورهای ایتالیا و کانادا نیز مدفن‌های مختلفی برای زائدات مختلف توصیه شده است.[۲و۷]

داشتن پوشش‌های دوگانه‌ی نفوذناپذیر (Double liners) در کف و جداره‌ی مدفن، و تعبیه‌ی سیستم تشخیص نشت به‌همراه سیستم جمع‌آوری شیرابه از توصیه‌های اصلی قانون فدرال آمریکا (RCRA) در مورد ساخت مدفن‌های زائدات خطرناک است.[۵] در بیشتر کشورهای صنعتی، بسته به نوع زائدات ضوابط مختلفی برای مدفن‌های بهداشتی این مواد وجود دارد. برای دفن زائدات غیرخطرناکِ شهری و زائداتِ خطرناکِ صنعتی درکشورهای توسعه یافته، محققان ضوابط و توصیه‌هایی برای پوشش کف و جداره‌ی مدفن‌های بهداشتی ارائه کرده‌اند.[۸] با توجه به مطالب مذکور، «طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی» قبل از اعمال مدیریت بر روی آنها امری است ضروری.

زائدات جامد صنعتی را می‌توان از جنبه‌های گوناگون طبقه‌بندی کرد. در اغلب ضوابط و آئین‌نامه‌ها درکشورهای صنعتی، طبقه‌بندی زائدات جامد بر خطرناک بودن یا نبودن آنها مبتنی است. به‌همین دلیل ساختمان شیمیاییِ مواد زائد اساس و مبنای طبقه‌بندی قرار می‌گیرد. زائدات جامد زمانی خطرناک به شمار می‌روند که دارای یک یا چند خصوصیت از خصوصیات قابلیت انفجار، قابلیت اشتعال، عفونت‌زایی، بیماری‌زایی، خورندگی، اکسیدکنندگی، سمیت و تشعشعات رادیواکتیو باشند.

به‌منظور طبقه‌بندی زائدات جامد با هدف دفن بهداشتی آنها، علاوه بر بررسی نوع زائدات جامد باید پارامترهای مهم دیگری همچون درصد رطوبت، خواص مکانیکی و مسئله‌ی برهمکنش مواد زائد نیز مورد توجه قرارگیرد، همچنان که یکی از طبقه‌بندی‌های مقدماتی انجام شده براساس رطوبت مواد زائد است.[۹] تخلیه‌ی مواد دارای رطوبت زیاد در مدفن به تسریع در پرشدن مدفن و افزایش احتمال نشت شیرابه می‌انجامد. به‌همین دلیل در برخی ازکشورهای صنعتی تخلیه‌ی پساب کارخانه‌ها در مدفن بهداشتی ممنوع است.[۹]

دانستن پارامترهای مکانیکی زائدات جامد، برای محاسبه‌ی ضریب اطمینان مدفن در مقابل گسیختگی‌ها و همچنین بررسی تنش‌ها و تغییر شکل‌ها در داخل مدفن لازم است. به‌همین دلیل باید پارامترهای مکانیکی زائدات جامد کاملاً شناخته شده باشند.[۷] احتمال برهمکنش مواد و نیز اثرات این مواد بر لایه‌های پوشش کف و جداره‌های مدفن پارامترهای مهمی هستند که می‌توان آن‌را در طبقه‌بندی مواد زائد جامد لحاظ کرد. برخی از زائدات صنعتی به‌تنهایی خطری ندارند ولی مخلوط آنها با زائدات دیگر منجر به ایجاد مواد ناسازگار، یا واکنش‌های خطرناک می‌شود. در برخی مراجع به تعدادی از این مواد ناسازگار اشاره شده است.[۱، ۲، ۴ و ۱۱]

از مطالب گفته شده در فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که اِعمال مدیریت صحیح بر روی زائدات جامد صنعتی، مستلزم داشتن اطلاعات کمّی و کیفی از زائدات تولیدی کارخانجات و واحدهای صنعتی منطقه‌ی مورد نظر است. سپس لازم است با طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی براساس اطلاعات به دست آمده، روش‌های مطلوب مدیریت زائدات را اعمال کنیم.

بازیافت زائدات جامد صنعتی

چنان که گفته شد، اهمیت بازیافت زائدات جامد صنعتی در یک سامانه‌ی مدیریت، بیشتر از دفن آنهاست. بازیافت می‌تواند بخش مهمی از مدیریت زائدات جامد را تشکیل دهد. در صورت لحاظ نکردن این راهکار در مدیریت زائدات جامد صنعتی، به ناچار تمامی زائدات واحدهای صنعتی باید مستقیماً به محل مناسبی منتقل شده و در آنجا دفن شوند. این مسئله نه‌تنها منجر به افزایش چشم‌گیر هزینه‌ی حمل ونقل زائدات از محل تولید تا محل دفن می‌شود، بلکه سبب افزایش غیر معقول ابعاد مورد نیاز در احداث مدفن‌ها می‌شود.

پس از جمع‌آوری زائدات و قبل از بازیافت آنها معمولاً اعمال یک سری عملیات روی زائدات جامد ضروری به نظر می‌رسد. این عملیات شامل فرایندهای «جداسازی»[۲] و فرایندهای «کاهش حجم»[۳] می‌شوند. تجهیزات مربوط به فرایندهای جداسازی و کاهش حجم زائدات را «تسهیلات بازیافت مواد(MRF)»[۴] می‌نامند.[۱۳] فرایندهای «جداسازی» را می‌توان در چهارگروه تقسیم‌بندی کرد:

الف) جداسازی مغناطیسی[۵]؛

ب) غربال‌کردن[۶]؛

ج) دسته‌بندی زائدات به‌کمک هوا[۷]؛

د) جداسازی توسط جریان‌های پخشی[۸].

www.SID.ir

Archive of SID

از جداسازی مغناطیسی عمدتاً برای حذف فلزات آهنی از مخلوط زائدات استفاده می‌شود. غربال‌کردن در جداسازی ضایعاتی که اندازه‌های مختلف دارند کارایی زیادی دارد. دسته‌بندی به‌کمک هوا در جداسازی کاغذ از مخلوط زائدات، در جداسازی بطری‌های سبک پلاستیکی از بطری‌های سنگین شیشه‌یی، در جداسازی قطعات ریز از قطعات درشت و نظایر آنها کاربرد دارد. از روش آخر ـ جداسازی توسط جریان‌های پخشی ـ نیز برای تفکیک رساناها (Conductors) از نارساناها استفاده می‌شود.

فرایندهای «کاهش حجم زائدات» را نیز می‌توان به سه گروه تقسیم‌بندی کرد:

الف) بسته‌بندی[۹]؛

ب) متراکم کردن و فشرده‌سازی[۱۰]؛

ج) کاهش اندازه[۱۱].

دستگاه‌های بسته‌بندی معمولاً برای بسته‌بندی کاغذ، مقوا و پلاستیک‌ها به‌کار می‌رود. بیشتر تسهیلات بازیافت حداقل یک سیستم بسته‌بندی دارند. متراکم و فشرده‌سازی عمدتاً برای قوطی‌های فلزی نازک و سایر ظروف با جداره‌ی نازک به‌کار می‌روند. دستگاه‌های کاهش اندازه عهده‌دار نقش بریدن، تکه‌تکه کردن، خرد کردن و آسیاب کردن اجزاء مختلف زباله هستند. انواع آسیاب‌ها و خردکننده‌ها در این گروه قرار می‌گیرند.[۱۳]

پس از جداسازی و کاهش حجم، عملیات بازیافت بر روی زائدات جامد صورت می‌گیرد. طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی در چگونگی بازیافت آنها نقش اساسی ایفا می‌کند. قبل از تشریح مطالعه‌ی موردی انجام شده در خصوص طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی، مروری کوتاه خواهیم داشت بر بازیافت زائدات صنعتی.

بازیافت پلاستیک‌ها

جکسون (۱۹۸۵) اظهار داشته است که فناوری‌های موجود برای تبدیل پلاستیک‌ها به شکل کاملاً خالص، به‌منظور استفاده‌ی مجدد از آنها به‌عنوان مواد اولیه چندان مناسب نیست؛ و عملی‌ترین راه برای بازیافت پلاستیک‌ها استفاده از آنها به‌عنوان سوخت و بازیافت انرژی حرارتی است.[۱۴] بازیافت انرژی حرارتی ضایعات پلاستیک از طریق فرایند سوزاندن در یک دستگاه زباله‌سوز انجام می‌شود.[۱۵-۱۷] همچنین می‌توان از پلاستیک‌ها به‌عنوان کمک سوخت استفاده کرد. یک روش جدید برای بازیافت پلاستیک‌ها استفاده از آنها به‌عنوان خوراک هیدروکربنی در فرایند کراکینگ است.[۱۸ و ۱۹] این روش پالایشگاهی، در یک فرایند کراکینگ دارای کاتالیست‌های شناور آزمایش شده و در نتیجه‌ی آن محصولاتی مثل بنزین و LPG به دست آمده است.[۲۰]

لازم به ذکر است که برخی از پلاستیک‌ها دارای روش‌های اختصاصی بازیافت نیز هستند که از آن جمله می‌توان به پلی یوتان‌ها (Pu)[۲۱]، پلی وینیل کلراید (PVC)[۲۲]، پلی‌استایرن (PS)[۲۳]، نایلون‌ها[۲۴]، پلی‌اتیلن[۲۵] PE و پلی‌پروپیلن (pp)[۲۶] اشاره کرد.

بازیافت تایرها و لاستیک‌ها

از تایرها می‌توان در ساخت آسفالت، سوزاندن برای بازیافت انرژی، بازیافت کربن سیاه، آتش کافت (تجزیه‌ی شیمیایی حرارتی) برای بازیافت گازها، روغن‌ها و ساخت ترکیبات دیگر استفاده کرد.[۲۷] در فرایند آتش‌کافت از هر تن تایر وسائط نقلیه به‌طور متوسط ۲/۵ بشکه روغن، ۲۵۰ کیلو کربن سیاه و ۱۵۰ کیلو فولاد به دست می‌آید.[۲۸] محققان اظهار داشته‌اند که یک تن تایر به‌طور متوسط باعث تولید ۱۲۰ کیلوگرم گاز سوختنی، ۴۴۰ کیلوگرم سوخت مایع، ۳۸۵ کیلوگرم کربن سیاه و ۳۵ کیلوگرم استیل می‌شود.[۲۹]

پودر لاستیک با خرد کردن تایرهای مستعمل وسائط نقلیه در حالت منجمد به دست می‌آید. از این ماده در ساخت مصالح سازه‌یی نظیر آسفالت یا بتون‌های خاص استفاده می‌شود.[۳۰ و ۳۱]

بازیافت کاغذ و مواد کاغذی

چون بازیافت کاغذ مانع از قطع درختان و از بین رفتن جنگل‌ها می‌شود، غالب مردم به بازیافت کاغذ اهتمام بیشتری نشان می‌دهند. در فرایند بازیافت کاغذ، به‌ترتیب مراحل دسته‌بندی، پاک‌سازی، خمیر کردن، شست‌وشو و جوهرزدایی انجام می‌شوند. عمده‌ی ضایعات کاغذِ بازیافتی مجدداً تبدیل به کاغذ می‌شوند[۲۳]، گرچه تبدیل آنها به مقوا، فیبر و مواد عایق سلولزی نیز معمول است.[۳۲] در صورتی که ضایعات کاغذ از نظر کیفیت پائین باشند و به‌صورت کاغذ روزنامه، دفتر تلفن و نظایر آن قابل بازیافت نباشند می‌توان از آنها به‌عنوان سوخت استفاده کرد.[۳۳] مقدار انرژی بازیافتیِ از هر پوند کاغذ حدود ۷۵۰۰ Btu است.

بازیافت چوب

ضایعات چوب و خرده‌چوب‌ها می‌توانند به‌عنوان مواد اولیه درکارخانجات صنایع کاغذ، تخته‌سازی و الوارسازی مورد استفاده قرارگیرند. استفاده از ضایعات چوبی به‌عنوان منبع انرژی نیز معمول است. عملیات سوزاندن ضایعات چوب و بازیافت انرژی از آن را می‌توان مستقیماً اجرا کرد یا با توسعه‌ی فرایند آتش‌کافت آن را تبدیل به سوخت‌های جامد، مایع، گاز و دیگر ترکیبات کرد.[۳۴]

بازیافت فلزات

عملیات بازیافت خرده و براده فلزات نقش مهمی در صنایع متالورژی ایفا می‌کند. آهن، فولاد و نظایر آن معمولاً به روش مغناطیسی از دیگر زائدات جدا می‌شوند، در حالی که فلزات غیرآهنی نظیر قلع و آلومینیم غالباً از طریق ذوب انتخابی[۱۲] و براساس اختلاف چگالی جدا می‌شوند. فلزات

www.SID.ir

Archive of SID

پس از جداسازی برای بازیافت، معمولاً به کوره‌های ذوب فلزات انتقال می‌یابند. فلزات ذوب شده در صنایع فولاد مجدداً تبدیل به پروفیل‌ها و ورق‌های آهنی می‌شوند. ضایعات فولاد حاصل از فرایندهای فرزکاری و سوراخ‌کاری در صورتی که ابعاد مناسبی داشته باشند در ساختن بتن با الیاف فولادی استفاده می‌شود.[۳۵] از ضایعات کابل‌های برق پس از جداسازی روکش آن مجدداً در ساخت کابل استفاده می‌شود.[۳۶] از براده‌های مسی می‌توان به‌جای ماسه در مخلوط‌های آسفالت برای عملیات روسازی نیز استفاده کرد.[۳۷] از زائدات آلومینیم در ساخت قوطی‌های آلومینیمی، ظروف آلومینیمی و همچنین فویل‌های آلومینیمی استفاده می‌شود.[۳۸]

بازیافت الیاف و منسوجات

بازیافت پارچه و الیاف حتی درکشورهای صنعتی رواج زیادی ندارد. از ضایعات پارچه جهت ساخت مواد ضد صوتی، مواد بسته‌بندی، و مواد عایق نظیر دستکش‌های صنعتی استفاده می‌شود.[۲۳] از ضایعات موکت و فرش نیز به‌عنوان الیاف پشمی با کیفیت پایین استفاده می‌شود.[۳۹]

بازیافت روغن‌ها

روغن‌های صنعتی مصرف‌شده مشکلات زیادی برای محیط زیست ایجاد می‌کنند زیرا این روغن‌ها حاوی فلزات محلول و غیرمحلول‌اند. از برخی روغن‌های ضایعاتی به‌عنوان سوخت استفاده می‌شوند، یا در ترکیب با سوخت‌های دیگر برای بویلرها و موتورهای دیزل مورد استفاده قرار می‌گیرند.[۴۰]

بازیافت شیشه

برای استفاده‌ی مجدد از شیشه یا بطری‌های شیشه‌یی باید ابتدا شیشه‌هایی که رنگ‌های مختلفی دارند از هم تفکیک شوند. این شیشه‌ها پس از شست‌وشو ذوب شده و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین می‌توان آنها را به‌صورت خرده‌شیشه[۱۳] درآورد و از آنها در ساخت بطری‌های شیشه‌یی جدید استفاده کرد.[۲۳] از قطعات و پودر شیشه در کارهای عمرانی نیز استفاده می‌شود. مثلاً، از این مواد در تهیه‌ی بتن و آسفالت استفاده می‌شود.[۴۱]

بازیافت مواد غذایی

بیشتر زائدات غذایی را می‌توان به کمپوست تبدیل کرد و به‌عنوان کود درکشاورزی مورد استفاده قرار داد.[۴۲] روغن‌های خوراکی ضایعاتی را که در صنایع غذایی تولید می‌شوند، می‌توان در فرایندهای صنعتی همچون ساخت رنگ و صابون مورد استفاده قرار داد. اخیراً این فرایندها به‌خصوص ساخت صابون توسط این‌گونه روغن‌ها، رونق زیادی یافته است. همچنین می‌توان روغن‌ها را به‌عنوان مواد خوراکی، یا سوخت مورد استفاده قرار داد.[۲۳]

بازیافت نخاله‌های ساختمانی

بازیافت مواد و مصالح ساختمانی سابقه‌یی طولانی دارد. استفاده از بتن تخریب شده به‌عنوان مصالح سنگی مورد استفاده در بستر راه، راه آهن و در لایه‌های زهکش از آن جمله است. استفاده از نخاله‌های ساختمانی ناشی از تخریب سنگ، شن، ماسه، آجر، گچ و غیره در روسازی جاده، موانع عایق صوت و نظایر آن معمول است.[۴۲-۴۴]

طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی

برای دفن زائداتی که به‌هر دلیل بازیافت نمی‌شوند، باید مکان‌های مناسبی در نظر گرفت. در غیر این‌صورت تخلیه‌ی زائدات جامد صنعتی در طبیعت، مشکلات زیست‌محیطی عدیده‌یی را به‌دنبال خواهد داشت. چنان که ذکر شد مکان‌یابی، نحوه‌ی ساخت و بهره‌برداری از مدفن‌های زائدات جامد مستلزم طبقه‌بندی زائدات است. در نوشتار حاضر براساس تجربیات به دست آمده در سایر کشورها یک روش طبقه‌بندی پیشنهاد شده است که در آن، در عین توجه به میزان خطرناک بودن زائدات، سعی شده شاخص‌های انتخابی ساده بوده و نیازمند آزمایشات مفصل نباشد، براساس آن بتوان نوع مدفن مناسب را تعیین کرد. این روش طبقه‌بندی به‌صورت موردی در مورد صنایع استان گیلان انجام شده است که توضیح کامل آن در ادامه خواهد آمد.

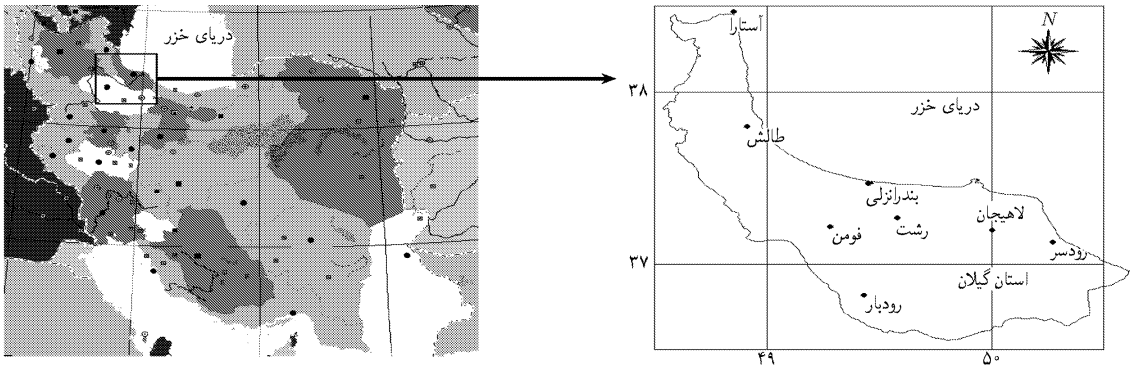
مطالعات میدانی

در این مطالعه به‌منظور طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی، به‌منظور تعیین نوع مدفن مناسب، صنایع حاضر در استان گیلان به‌عنوان مطالعه‌ی موردی انتخاب شده‌اند (شکل ۱). استان گیلان جزء استان‌های ساحلی کشور به شمار می‌رود که دارای شبکه‌ی گسترده‌ی رودخانه‌یی و آب‌های سطحی است (شکل ۲). به‌همین دلیل سطح آب زیرزمینی در غالب نقاط این منطقه بالا است. این استان شامل مناطق کم‌ارتفاع در حوزه‌ی آبریز سفیدرود و مناطق مرتفع درکوهپایه‌های البرز است (شکل۳).

در این استان حدود ۲۰۰۰ واحد صنعتی به تولید اشتغال دارند. نظر به اینکه آمار و اطلاعات مدونی در مورد وضعیت زائدات جامد واحدهای صنعتی این استان وجود ندارد، برای طبقه‌بندی زائدات جامد صنایع این استان ارزیابی میزان (حجم)، نوع، اندازه و دیگر پارامترهای مربوط به زباله‌های صنعتی هر واحد مورد نیاز است که با مطالعات میدانی و جمع‌آوری اطلاعات از واحدهای صنعتی در طول تحقیق حاضر محقق شده است. تعداد واحدهای صنعتی استان براساس آمار سال ۱۳۷۸ وزارت صنایع و مقایسه آن با آمار سال ۱۳۷۵ در ۸ گروه مختلف صنعت در استان گیلان در جدول ۱ نشان داده شده است. از این ۸ گروه صنعتی که ۸ جامعه‌ی آماری تشکیل می‌دهند و تعداد کل آنها ۱۹۷۶ واحد صنعتی است، ۱۴۲ واحد صنعتی به شرح زیر

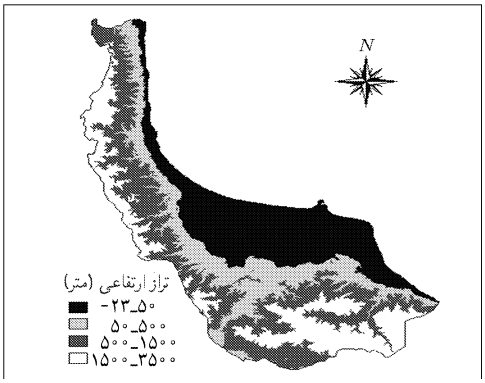
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. موقعیت منطقه‌ی مطالعاتی در ایران و مختصات آن به همراه شهرهای مهم استان.

شکل ۲. شبکه‌ی رودخانه‌های استان گیلان.



شکل ۳. نقشه‌ی تغییرات ارتفاع استان گیلان.

به‌عنوان نمونه انتخاب شد تا آمار و اطلاعات مربوط به زائدات جامد این واحدها تهیه شود.

الف) نحوه‌ی انتخاب واحدهای صنعتی نمونه

در انتخاب واحدهای صنعتی نمونه، اهداف زیر مدنظر قرار گرفت:

۱. از هر زیرگروه، حداقل یک نمونه آمارگیری انجام شود.

۲. در واحدهای صنعتی که تولیدات مشابهی دارند، برحسب تعداد نیروی شاغل در واحد صنعتی (۱ تا ۱۰ نفر، ۱۱ تا ۵۰ نفر و ۵۰ نفر به بالا) حداقل یک نمونه‌ی آماری از هر گروه موجود باشد.

جدول ۱. تعداد واحدهای صنعتی استان گیلان و درصد تغییرات آنها.

گروه صنعت	تعداد واحد درسال ۱۳۷۵	تعداد واحد درسال ۱۳۷۸	درصد تغییر
غذایی، دارویی و بهداشتی	۲۹۴	۳۵۲	+۲۰
نساجی و چرم	۱۳۴	۱۶	+۲۴
کانی غیرفلزی	۳۶۵	۴۳۳	+۱۹
فلزی و لوازم خانگی	۹۹	۹۷	-۲
برق و الکترونیک	۵۳	۵۴	+۲
خودرو و قوای محرکه	۳۰	۳۸	+۲۷
ماشین‌سازی‌وتجهیزات، ریخته‌گری	۳۰۲	۳۳۳	+۱۰
آهنگری و نورد	۴۵۵	۵۰۳	+۱۱
شیمیایی و سلولزی			
جمع	۱۷۳۵	۱۹۷۶	+۱۳

۳. حداقل تعداد نمونه‌ها در جامعه آماری به‌نحوی انتخاب شود که نتایج حاصله قابل تعمیم به کل‌جامعه‌ی آماری باشد.

۴. در بین واحدهای صنعتی که شرایط کاملاً یکسانی دارند، نمونه از واحدی انتخاب شود که حجم تولیدات بیشتری دارد.

۵. در صورتی‌که واحد تولیدی در هر گروه صنعتی از نظر نوع تولید منحصر به فرد باشد و واحد صنعتی مشابهی نداشته باشد، بدون توجه به موارد عنوان شده‌ی فوق از آن واحد صنعتی نمونه‌گیری به‌عمل آید.

با توجه به نکات فوق، تعداد ۱۴۲ واحد صنعتی به‌طور تعیینی (نه تصادفی) از بین ۱۹۷۶ واحد صنعتی استان گیلان انتخاب شد و وضعیت زائدات جامد این واحدها مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۲ وضعیت پراکندگی این واحدهای نمونه را در شهرهای مختلف استان گیلان نشان می‌دهد (شکل ۱).

ب) اطلاعات جمع‌آوری شده از هر واحد صنعتی

برای جمع‌آوری اطلاعات و آمار هرکدام از واحدها، پرسش‌نامه‌یی طرح و تهیه شد که در آن از هر واحد صنعتی سئوالاتی در خصوص مشخصات

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. پراکندگی واحدهای صنعتی مختلف در سطح استان گیلان.

شهر	تعداد واحد
فومن	۲
لنگرود	۴
رشت	۹۶
لاهیجان	۱۲
آستارا	۱
طالش	۲
بندرانزلی	۱۲
رودسر	۳
رودبار	۱۰

کارخانه، موقعیت آن، نوع تولیدات و تعداد نیروی شاغل در آن، میزان مصرف آب، برق و سوخت در واحد صنعتی و انواع مختلف مواد اولیه و زائدات جامد تولیدی واحد پرسیده شد.[۱۲]

همچنین اطلاعاتی در مورد هرکدام از زائدات صنعتی تولید شده در هر واحد صنعتی جمع‌آوری شد:

نام، محل تولید زباله در خط تولید، حجم و یا تعداد تقریبی، تغییرات فصلی تولید آن، شکل ظاهری، چگالی، میزان تخلخل، میزان رطوبت، قابلیت خرد شدن، قابلیت ترکیب با آب، فسادپذیری، قابلیت تبخیر، قابلیت اشتعال، قابلیت انفجار، میزان سمیت، قابلیت خوردگی، انتشار بو، نحوه‌ی نگه‌داری تا زمان دفن، نوع دفن، دوره‌ی زمانی دفن، قابلیت فروش، قابلیت بازیافت و نحوه‌ی انتقال تا محل دفن و فاصله‌ی آن.

نتایج مطالعات میدانی

نتایج به دست آمده از آمارگیری صنایع در استان گیلان حاکی از آن است که کل زباله‌ی صنعتی تولیدی در استان گیلان حدود ۱۵۰٫۰۰۰ تن در سال است. گروه‌های صنعتی مختلف طیف وسیعی از زائدات متنوع را تولید می‌کنند. به‌طورکلی ۸۶ نوع زائدات جامد توسط صنایع استان گیلان تولید می‌شود. در بین گروه‌های مختلف صنعت، گروه نساجی و پوشاک با ۴ نوع زائدات و گروه صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی با ۳۵ نوع زائدات جامد به ترتیب دارای کم‌ترین و بیشترین تنوع زائدات جامد در بین ۸ گروه صنعتی هستند. ۸۶ نوع زائدات جامد تولید شده در سطح استان را می‌توان در ۷ گروه مختلف جای داد. جدول ۳ نشان‌گر این ۷ گروه، و نیز ظرفیت تولیدی زائدات در هر گروه است.[۱۲]

منشاء زائدات جامد تولیدی در هر واحد صنعتی، به قسمت‌های مختلف فرایند تولید همچون مواد اولیه، محصول، محصول جانبی، قراضه و بسته‌بندی مربوط است. جدول ۴ فراوانی نسبی منشاء زائدات جامد صنعتی در گروه‌های مختلف صنعت را نشان می‌دهد. براساس اطلاعات این جدول، مقادیر معتنابهی از زائدات جامد صنعتی را ماده‌ی اولیه تشکیل می‌دهد که تبدیل شدن این مواد به زباله هزینه‌های تولید را بالا برده و بر قیمت محصول نیز تأثیرگذار است. وضعیت فعلی مدیریت زائدات جامد صنعتی در استان گیلان به تفکیک گروه‌های صنعتی در جدول ۵ نشان داده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که حجم قابل توجهی از زائدات صنعتی قابل بازیافت در استان گیلان سوزانده می‌شود. باید دانست عمل دفن زائدات صنعتی خطرناک چنانچه

جدول ۳. گروه‌های مختلف زائدات جامد صنایع استان گیلان و میزان آنها.

گروه زائدات	ظرفیت سالانه (کیلوگرم)	زائدات جامد	درصد ازکل زائدات جامد صنایع استان
زائدات فسادپذیر	۶۱۴۴۸	تخم‌مرغ، آفتابگردان، زیتون، ذرت، سویا، پرتقال، چای، چیپس، سیب زمینی، ماکارونی، روغن ماهی، آرد، لوبیا، گوشت، مرغ، شکر، توتون، سبزیجات، سیگارت	۴۱٫۲
زائدات پلیمری	۱۴۰۹۹	ظروف پلی‌اتیلن، نایلون، گونی پلاستیکی، سلوفان، ظروف پلی‌پروپیلین، ABS، PVC، پلی‌استایرن، اسفنج، فایبرگلاس، لاستیک، پلی اتیلن ترفتالات	۹٫۵
ضایعات فلزی	۲۰۶۱۸	بشکه فلزی، فویل آلومینیمی، قوطی فلزی،ورق آهنی، شیرکپسول برنجی، ورق آلومینیمی، لوله پروفیل آهنی، میلگرد برنزی، سیم لاکی، ضایعات‌برنجی، سوزن طبی، میلگرد آهنی	۱۳٫۸
زائدات شیمیایی	۲۷۰۳۶	رنگ کوره‌یی، آهک، لجن‌گلیسیرین، لجن اسیدی و دارویی، خاک ضایعات فیلتر، مرکب، آزبست، فنل‌فرمالدئید، فسفات، ضایعات روغن، اوره فرمالدئید، روغن‌صنعتی، لجن آب‌کاری	۱۸٫۱
زائدات بی‌اثر	۱۱۱۹۲	سنگ، چینی، آجرنسوز، ماسه، لعاب کاشی، پودر سیمان، بتن، بلوک شکسته شیمیایی	۷٫۵
زائدات کاغذ و چوب	۱۴۳۱۸	کاغذ مومی، جعبه چوبی، ضایعات برش کاغذ، خاک اره	۹٫۶
زائدات پارچه و الیاف	۳۴۶	پارچه و نخ	۰٫۲
مجموع	۱۴۹۰۵۶	——	۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. فراوانی نسبی منشاء زائدات جامد در گروه‌های مختلف صنعت در گیلان.

شماره گروه	نام گروه صنعتی	مواد اولیه	بسته‌بندی	محصول	محصول جانبی	قراضه	جمع
۱	غذایی، دارویی و بهداشتی	۲۱٫۵	۲۴٫۳	۵۱٫۴	۰٫۹	۱٫۹	۱۰۰
۲	کانی غیرفلزی	۶۱٫۵	۱۵٫۴	—	۷٫۷	۱۵٫۴	۱۰۰
۳	نساجی و پوشاک	۷۶٫۹	۱۵٫۴	۷٫۷	—	—	۱۰۰
۴	پلاستیک و مواد شیمیایی	۷۱٫۳	۸٫۱	۱۲٫۶	۶٫۰	۲٫۰	۱۰۰
۵	چوب	۶۰	۴۰	—	—	—	۱۰۰
۶	فلزی و لوازم خانگی	۶۰٫۸	۳۲٫۴	۲٫۹	۳٫۹	—	۱۰۰
۷	کاغذ	۸۰	—	۱۰	۱۰	—	۱۰۰
۸	ماشین‌سازی و تجهیزات	۳۸٫۹	۵۵٫۵	—	۵٫۶	—	۱۰۰
	مجموع همه صنایع	۵۲٫۱	۲۳٫۰	۱۹٫۵	۳٫۸	۱٫۶	۱۰۰

جدول ۵. نحوه‌ی مدیریت زائدات جامد صنعتی در استان گیلان.

شماره گروه	نام گروه صنعتی	بازیافت	فروش	سوزاندن	دپو در محل	تحویل به شهرداری	جمع
۱	غذایی، دارویی و بهداشتی	—	۴٫۰	۱۸٫۰	۲۷٫۰	۵۱٫۰	۱۰۰
۲	کانی غیرفلزی	—	۲۷٫۶	۱۵٫۵	۳۴٫۵	۲۲٫۴	۱۰۰
۳	نساجی و پوشاک	—	۷٫۷	۱۵٫۴	۶۱٫۵	۱۵٫۴	۱۰۰
۴	پلاستیک و شیمیایی	—	۵٫۵	۱۸٫۹	۷۰٫۰	۵٫۶	۱۰۰
۵	چوب	—	۱۵٫۸	۱۳٫۵	۶۲٫۴	۸٫۳	۱۰۰
۶	فلزی و لوازم خانگی	—	۲۰٫۷	۱۱٫۷	۶۴٫۹	۲٫۷	۱۰۰
۷	کاغذ	—	۱۰٫۰	۱۰٫۰	۶۰٫۰	۲۰٫۰	۱۰۰
۸	ماشین‌سازی و تجهیزات	—	۲۵٫۰	۱۰٫۰	۶۰٫۰	۵٫۰	۱۰۰

تحت ضوابط خاص خود صورت نگیرد و با زباله‌های شهری مخلوط شده و دفن شود، موجب قرارگرفتن حجم زیادی از زباله‌های شهری در طبقه‌بندی زائدات خطرناک خواهد شد. با توجه به بالابودن میزان بارش‌های جوی در استان گیلان و بالابودن سطح آب زیرزمینی، خطر آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی در اثر نشت شیرابه‌ی حاصل از زائدات جامد خطرناک زیاد خواهد شد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که بخش زیادی از صنایع استان نیاز مبرم به مدیریت صحیح و اصولی زائدات جامد دارد.

طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی استان گیلان

برای آنکه طبقه‌بندی زائدات جامد صنایع استان گیلان به‌صورت کمی امکان‌پذیر باشد، در این تحقیق شاخصی به نام R_H[۱۲] (شاخص خطرناکی) تعریف شده است. R_H یک شاخص کلی است که عوامل اصلیِ مرتبط با خطرناک بودن یک ماده‌ی زائد در آن تأثیر دارند.

براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق پرسش‌نامه‌ها، ده مشخصه‌ی ذکر شده در جدول ۶ به‌عنوان عوامل نشان‌دهنده‌ی زیان‌آور و خطرناک بودن زائدات جامد انتخاب شدند. نظر به اینکه مشخصه‌های ذکر شده وزن و اهمیت یکسانی ندارند، در تعیین شاخص R_H باید عامل اهمیت دخالت داده شود. به‌عنوان مثال، قابلیت انفجار چندین برابر مهم‌تر از انتشار بوی آزاردهنده است. از این رو، ضریب اهمیت از ۱ تا ۲۰ برای مشخصه‌های فوق در نظر گرفته شد که در ستون سوم از جدول ۶، نشان داده شده‌اند. براساس نتایج حاصله از پرسش‌نامه‌ها هرکدام از پارامترهای جدول ۶ از نظر شدت به پنج حالت تقسیم شدند و ضرایب ۰ تا ۴ به آنها تخصیص داده شد (جدول ۶). با ضرب کردن ضریب اهمیت در فاکتور شدت برای ۱۰ پارامتر مختلف و محاسبه‌ی مجموع این حاصلضرب‌ها، میزان شاخص R_H محاسبه می‌شود. براساس این روش، حداقل R_H عدد صفر و حداکثر آن عدد ۴۵۲ است. بدین ترتیب، با استفاده از جدول ۶ برای هر یک از ۸۶ گونه‌ی مختلف زائدات جامد صنعتی استان گیلان میزان شاخص R_H محاسبه شد. در جدول ۷، R_H به دست آمده برای چند نوع زائدات تولیدی توسط واحدهای صنعتی استان گیلان ارائه شده است. پس از محاسبه‌ی شاخص R_H برای کلیه‌ی زائدات جامد صنعتی، طبقه‌بندی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. چگونگی محاسبه‌ی شاخص خطرناکی زائدات جامد صنعتی در استان گیلان.

ردیف	مشخصه‌ی ماده زائد جامد	ضریب اهمیت	فاکتور شدت				جمع
			ندارد	کم	متوسط	زیاد	خیلی‌زیاد	
			۰	۱	۲	۳	۴	
۱	رطوبت و قابلیت تولید شیرابه	۱۵						
۲	قابلیت ترکیب با آب	۱۰						
۳	قابلیت تبخیر (تولید بخار یا گاز)	۴						
۴	قابلیت انفجار	۱۸						
۵	قابلیت احتراق	۴						
۶	قابلیت خوردگی	۶						
۷	قابلیت فسادپذیری	۸						
۸	سمیت	۲۰						
۹	انتشار بوی آزار دهنده	۱۰						
۱۰	ناسازگاری با زائدات دیگر	۱۸						
	جمع کل جهت تعیین شاخص خطرناکی ماده زائد جامد(R_H)							

جدول ۷. میزان شاخص خطرناکی ($\mathbf{R}_H$) برای برخی از زائدات صنعتی استان گیلان.

ردیف	نوع زائدات صنعتی	محدوده‌ی $\mathbf{R_H}$ گزارش شده	$\mathbf{R_H}$ پیشنهادی
۱	ضایعات ورق آهنی	۰-۲۶	۲۵
۲	نایلون	۰-۳۷	۲۰
۳	کاغذ مومی	۰-۱۱۹	۳۰
۴	سوزن طبی	۰-۱۹	۱۰
۵	رنگ کوره‌یی	۲۰-۶۰	۱۵۰
۶	شیشه	۰-۴۵	۱۰
۷	رسوب آب‌کاری	۰-۱۲۵	۲۰۰
۸	پوست سیب‌زمینی	۰-۳۱	۱۰
۹	پارچه	۰-۱۲	۲۰
۱۰	اسفنج	۰-۱۲	۵۰

آنها به‌منظور دفن اصولی زائدات میسر خواهد شد. لازم به ذکر است که در تعیین R_H پیشنهادی، غیراز نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ها، قضاوت کارشناسی مبتنی بر ماهیت شیمیایی زائدات جامد نیز اعمال شده است.

تعیین انواع مختلف محل دفن

در این مطالعه، زائدات جامد صنعتی استان گیلان به‌منظور تعیین نوع محل دفن به چهار دسته تقسیم شدند:

۱. زائدات بی‌اثر و فاقد رطوبت؛

۲. زائدات جامد صنعتی دارای R_H کم‌تر از ۱۰۰؛

۳. زائدات جامد صنعتی دارای R_H بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ ؛

۴. زائدات جامد صنعتی دارای R_H بزرگ‌تر از ۳۰۰.

با توجه به طبقه‌بندی انجام شده، و با عنایت به تجربیات جهانی در زمینه‌ی دفن بهداشتی زائدات صنعتی، چهارنوع محل دفن مختلف برای دفن زائدات صنعتی استان گیلان پیشنهاد شده است. مشخصات این ۴ نوع یا رده‌ی مختلف مدفن در جدول ۸ نشان داده شده‌است. ترتیب این ۴ نوع به نحوی است که‌از نظر فنی و اقتصادی از روش‌های ساده و کم‌هزینه به روش‌های نسبتاً پیچیده و پرهزینه تغییر می‌یابد. در ۴ نوع (رده) مدفن پیشنهادی سعی بر آن بوده است که تا حدامکان از استانداردهای کشورهای صنعتی و تجربیات به دست آمده در سطح جهانی استفاده شود.[۸] شکل ۴ تصویر شماتیک لایه‌های پوشش کف

جدول ۸. مشخصات مدفن پیشنهادی برای دفن زائدات صنعتی استان گیلان براساس میزان خطرناکی آنها.

شاخص $\mathbf{R_H}$ ماده زائد جامد	نوع مدفن مورد نیاز	مشخصات مدفن
زائدات بی‌اثر و فاقد رطوبت	I	بستر طبیعی آماده شده
$R_H \leq ۱۰۰$	II	ایجاد لایه‌ی نفوذناپذیر خاکی درکف و جداره‌ی مدفن
$۱۰۰ < R_H \leq ۳۰۰$	III	ایجاد لایه‌ی پوشش نفوذناپذیر خاکی + سیستم جمع‌آوری و تخلیه‌ی شیرابه
$R_H \geq ۳۰۰$	IV	ایجاد لایه‌ی پوشش نفوذناپذیر خاکی + سیستم جمع‌آوری و تخلیه‌ی شیرابه + لایه‌ی پوشش نفوذناپذیر مصنوعی + سیستم تشخیص نشت

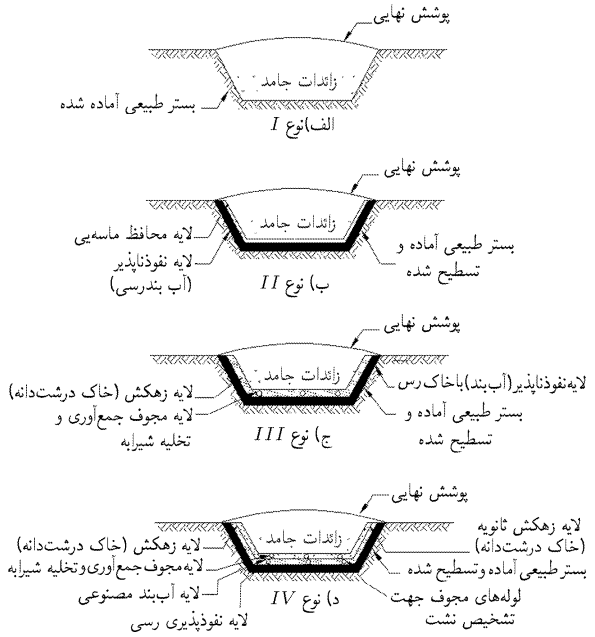
www.SID.ir

Archive of SID

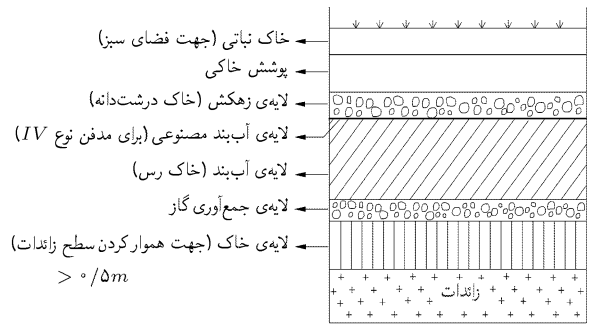
و جداره‌ی انواع مختلف مدفن را نشان می‌دهد. همچنین در شکل ۵ روکش نهایی مورد نیاز برای مدفن‌های ارائه شده در شکل ۴، نشان داده شده است. مطالعات انجام شده در این تحقیق نشان می‌دهد که قبل از دفن زائدات صنعتی استان گیلان توصیه‌های زیر باید در نظر گرفته شوند:

۱. زائدات جامدِ به‌صورت دوغاب[15]، که درصد آب آنها خیلی زیاد است، اصولاً نباید در مدفن‌ها تخلیه شوند. نحوه‌ی دفع دوغاب‌ها در چارچوب تحقیق حاضر که به زائدات جامد صنایع اختصاص دارد قرار نمی‌گیرد و به مدیریت فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی ارتباط دارد.

۲. لجن‌های حاصل از فرایندهای صنعتی قبل از ورود به مدفن، حتماً باید با فرایندهایی نظیر تبخیر آب زدایی شوند، یا به یکی از طرق



شکل ۴. تصویر شماتیک لایه‌های پوشش کف و جداره در انواع مختلف مدفن.



شکل ۵. تصویر شماتیک لایه‌های روکش نهایی در مدفن‌های زائدات جامد استان گیلان (اقلیم مرطوب).

فیزیکی، نظیر ته‌نشینی، یا شیمیایی، نظیر جامدسازی[16]، با کمک مواد افزودنی به‌صورت تثبیت شده[17] درآمده وسپس به مدفن تحویل شود.

۳. مواد خاکی و سنگی بدون آلودگی و همچنین زائدات بی‌اثر (نظیرآجر، بتن، شیشه، چوب و سایر نخاله‌های ساختمانی) کلاً در مدفن نوع I قابل دفن‌اند.

۴. زائدات جامد صنایع غذایی قابلیت دفن توأم با زباله‌های شهری را دارند و واحدهای صنعتی مجازند که این نوع زائدات را به شهرداری تحویل دهند.

۵. زائدات جامد صنعتی خاص (نظیر مواد قابل اشتعال، شدیداً خورنده، سمی، زائدات عفونی)، حتی در حجم کم، بهتر است قبل از دفن به‌نحوی تصفیه شوند یا خطر آنها کاهش داده شود. به هر حال توصیه می‌شود که این‌گونه مواد به استان‌های مجاور مانند قزوین که در آن شرایطِ احداث مدفن مهندسی بهداشتی مناسب‌تر است حمل شوند.

مکان‌یابی برای احداث مدفن‌های مهندسی ـ بهداشتی در سطح استان گیلان

نظر به اقلیم خاص منطقه، مسئله‌ی مکان‌یابی برای مدفن‌ها از اهمیت ویژه‌یی برخوردار است. معیارهای لازم برای انتخاب محل مناسب را می‌توان در سه گروه دسته‌بندی کرد:

الف) معیارهای طبیعی نظیر فاصله از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها، گسل‌های فعال و...؛

ب) عوامل اقتصادی نظیر فاصله از مراکز تولید زائدات، نوع جاده‌ی دسترسی، هزینه‌ی حمل و نقل ...؛

ج) کاربری زمین نظیر جنگل، باغات، اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و مناطق حفاظت شده... .

در این پژوهش، با توجه به‌تعدد معیارها و پیچیدگی ضوابطی که آئین‌نامه‌ها رعایت آنها را در انتخاب محل مدفن توصیه می‌کنند، و نیز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) محل‌های مناسب برای احداث مدفن انتخاب شد. برای این‌کار اطلاعات نقشه‌های زیر در یک پایگاه اطلاعاتی GISذخیره شد:

- نقشه‌های توپوگرافی استان گیلان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح؛
- نقشه‌های زمین‌شناسی استان گیلان: سازمان زمین‌شناسی کشور؛
- نقشه‌های کاربری اراضی استان گیلان: وزارت کشاورزی؛

www.SID.ir

Archive of SID

- نقشه‌های خطوط هم‌تراز آب‌های زیرزمینی استان گیلان: وزارت نیرو؛
- نقشه‌ی مناطق حفاظت شده‌ی استان گیلان: سازمان حفاظت محیط زیست؛
- نقشه‌ی سیاسی عمومی و جاده‌های دسترسی استان گیلان.

تهیه‌ی نقشه‌ی مبنا در سیستم GIS با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز و اعمال ضابطه‌های تعیین شده از سوی مراجع مختلف برای انتخاب مکان مناسب احداث مدفن، منجر به تعیین مناطق مناسب به‌منظور ساخت مدفن در سطح استان گیلان شد.[۴۵]

جمع‌بندی نتایج حاصله

۱. در استان گیلان با تولید سالانه ۱۵۰ هزارتن زائدات جامد صنعتی که تنوع آنها بالغ بر ۸۶ نوع است، به‌دلیل اقلیم مرطوب و پرباران و بالا بودن سطح آب زیرزمینی، دفن بهداشتی زائدات جامد باید با دقت نظر و اعمال ضوابط و معیارهای مهندسی صورت گیرد تا از آلوده شدن محیط زیست و منابع آب و خاک جلوگیری شود.

۲. نتایج حاصل از آمارگیری و مطالعات میدانی در واحدهای صنعتی در سطح استان گیلان حاکی از آن است که بخش مهمی از زائدات را «مواد اولیه» و «محصول معیوب» تشکیل می‌دهد که با اصلاح ساختار تولید می‌توان از یک طرف حجم زباله‌های صنعتی را کاهش داد و از سوی دیگر از اتلاف منابع کشور و بالا رفتن هزینه‌ی تولید جلوگیری کرد.

۳. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مدیریت زائدات جامد در صنایع استان به‌خوبی اعمال نمی‌شود و بر نیاز به آموزش در این زمینه تأکید می‌شود.

۴. به‌دلیل تنوع زیاد، و ویژگی‌های متفاوت و بعضاً متضاد زائدات جامد صنعتی لازم است که طراحی و ساخت مدفن‌های مهندسی ـ بهداشتی با ویژگی زائدات تطابق داشته باشد. در این راستا طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی برای تعیین نوع مدفن ضروری است.

۵. به‌منظور طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی، براساس آمارها و اطلاعات کلی به دست آمده یک روش منطقی مبنی بر تعیین شاخص R_H که میزان خطرناک بودن زباله را نشان می‌دهد در این مقاله پیشنهاد شده است.

۶. براساس روش پیشنهادی، زائدات جامد صنعتی استان در چهار گروه طبقه‌بندی شده و مشخصات مدفن مهندسی ـ بهداشتی برای دفن هر یک از آنها مشخص شده است. مشخصات مهندسی و ژئوتکنیکیِ هر یک از انواع (رده‌های) چهارگانه‌ی مدفن به‌منظور پذیرش گروه‌های چهارگانه‌ی زائدات به‌نحوی پیش‌بینی شده است که از نظر فنی و اقتصادی از طراحی‌های ساده و کم‌هزینه تا روش‌های نسبتاً پیچیده و پر هزینه تغییر می‌یابد.

نتیجه‌گیری

حجم قابل توجه زائدات جامد صنعتی از یک سو، و خطرپذیری بالای دفن غیراصولی این مواد از سوی دیگر ایجاب می‌کند که توجه خاصی به مدیریت زائدات جامد صنعتی و خصوصاً دفن آنها صورت گیرد. دفن مهندسی ـ بهداشتی زائدات جامد صنعتی مستلزم طبقه‌بندی این زائدات است تا از این طریق مشخصات مدفن به‌لحاظ فنی و رده‌بندی آن تعیین شود.

در این راستا یک روش برای طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی پیشنهاد شده است که در آن شاخص خطرناکی (R_H) تعیین کننده‌ی میزان خطرناک بودن زائدات جامد و نوع مدفن مناسب برای دفن آن است. این شاخص به ده پارامتر اصلی در تعیین میزان خطرناک بودن زائدات و شدت آنها بستگی دارد.

کاربرد روش پیشنهادی در مورد صنایع استان گیلان براساس نتایج مطالعات میدانی انجام شده نشان داد که می‌توان از این روش در طبقه‌بندی زائدات، بدون نیاز به آزمایشات پیچیده، سود جست. به‌نظر می‌رسد که کاربرد این روش می‌تواند در طبقه‌بندی زائدات جامد صنعتی به‌منظور تعیین نوع مدفن مناسب در کشور سودمند باشد.

پانوشت

1. classification
2. separation processes
3. size reduction processes
4. material recycle facilities
5. magnetic separation
6. screening
7. air classification
8. eddy current separation
9. baling
10. densification
11. size reduction
12. selective melting
13. cullet
14. hazard ratio
15. slurry
16. solidification
17. stabilized

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. معاونت محیط زیست انسانی. «راهنمای فنی دفع مواد زائد خطرناک»، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست (۱۳۷۸).

2. Alberta Environment, "Guidelines for industrial landfills", Environmental Protection Services, (1987).

3. American Society of Civil Engineering, "Sanitary landfill manual of practice" (1959).

4. Basel Convention Series/SBC No. 94/006, "Technical guidelines on specially engineered landfill" (1994).

5. Center for Environmental Research Information."Requirements for hazardous waste landfill eesign, construction and closure", U.S. Environmental Protection Agency (1989).

6. Gartung E., "German Practice in Landfills." International Geosynthetics Society, UK. Section, Landfill Containment Seminar, Glascow (1995).

7. Knochenmus, G., M. Wojnarowicz and W. F. Van Impe, "Stability of municipal solid wastes.", Environmental Geotechnics, S. Pinto (Ed.), Balkema (1998).

8. Manassero, M., R. Parker, E. Pasqualini, I. Szabo, M.S.S. Almeida, A. Bouazz, D. E. Daniel and R. K. Rowe, "Controlled landfill design-geotechnical aspect", Environmental Geotechnics, S. Pinto (Ed.), Balkema (1998).

9. Manassero, M. and Schackelford, C.D. "Classification of industrial wastes for reuse and landfilling", Proc. of the First Int. Congress on Environmental Geotechnics, Edmonton, Canada (1994).

10. TA Abfall 10.04.1990, GMBI.S.170 ."Technical instructions on the storage chemical, physical and biological treatment, incineration and landfilling of waste", German Federal Goverment (1990).

11. United States Environmental Protection Agency. "Waste analysis at facilities that generate, treat, store and dispose of hazardous wastes". Solid Waste and Emergency Response, U.S. EPA (1994).

۱۲. پاک، علی؛ تجریشی، مسعود؛ طاهری‌شهرآئینی، حمید. «چگونگی مکان‌یابی جهت دفع مواد زائد صنعتی استان گیلان»، گزارش فنی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف (۱۳۸۱).

13. Kreith, F., "Handbook of solid waste management", McGrow-Hill (1994).

14. Jackson, D.V., "Resource recovery", Agricultural, Industrial and Municipal Waste Management in Today's Environment, IMechE Conference, University of Warwick, pp. 113-123 (1985, APr. 17-18).

15. Sander, D., D.W. Fowler and R.L. Carrasquillo, "The behaviour of Portland cement concrete with incorporation of plastic filters", Disposal and Recycling of Organic and Polymeric Construction Materials, Proceedings of International RILEM Workshop, Tokyo, pp. 61-74 (1995, March 25-28).

16. Geiger, T., N. Knopf, G. Leistner, R. Roemer and H. Seifer "Feed stock recycling and energy recovery from plastic wastes", *CHEMIE-INGENIEUR-TECHNIC (WEIN HEIM).***65** (6), pp.703-709 (1993).

۱۷. غیاثی، رضا. «بازیافت پلاستیکی پرمصرف (مطالعه بر روی پلی اتیلن ترفتالات)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف (۱۳۷۶).

18. Ilgenfritz, E.M. "Plastic waste handling practices in solid waste management", *Water, Air, and Soil pollution,* **4**, (2), pp.191-199 (1975).

19. Dent, I. and S. Hardman "Plastic waste recycling on alternative approach", *Environ. Prot. Bull.,* (44), pp. 3-8 (1996).

20. Polaczeh, J. "Raw material recycling of plastics waste by thermal methods" Seminar on Recycling Plastic waste, Polish Inventors Assoc. PP. 47-54 (1994).

21. Venkatasanthanem, S., G. Ivanov, and F. Shutov, "Polyurethane foams reinforced with recycled polyurethane foam waste powder", proc. Of 53^{rd} Annual Technical Conf. (part 3), Illinois Inst. Of Tech., Chicago, USA,(1995, May 7-11).

22. Banks, M.E., W.D. Lusk, and R.S. ottingeer, "New chemical concepts for utilization of waste plastics", Report SW-1 GC for the U.S. Environmental Protection Agency (1971).

23. Recycle Japan, Clean Japan center, *November issue* (1997).

۲۴. مهندسین مشاور شایان پلیمر. «چگونگی بازیافت و اصلاح خواص پلاستیک‌ها جهت استفاده از آنها»، سمینار بازیافت (۱۳۷۲).

25. Fillman, W., "Use of recycled materials in fillers for making sandwich moulding" *Plastic Rubbers, Proc.* **3** (3), (1978).

26. Khait, K., and S.H. Carr, "Value-added materials made from recycled plastics", Proc. Of 55^{th} Annual Technical Conf., ANTEC, Part 3, Toronto, (1997, April 27-July 2).

27. Goddard, H.C. "Non-waste technology: the case of tires in the United States", Proc. Of an Int.

www.SID.ir

Archive of SID

Seminar on the Principles and Creation of Non-waste Technology and Production, Paris, pp. 463-468 (1976 Nov. 29-Dec.4).

28. Titan Tech. Inc. "A clean process for recycling tyres and waste oil", *Chem. Eng. (Int. Ed.),* **104** (9), pp.25 (1997).
29. Tabasaran, O., "Practicable models for solid waste recycling", Proc. Of the third Turkish-German environmental Engineering Symp. On the treatment and disposal of Liquid and Solid Industrial waste, (Kriton Curi, editor), Istanbul, pp. 403-412 (1980).
30. Shuler, S. and C. Estakhri, "Recycled tire rubber as an asphalt modifier", Use of waste Materials in Hot-Mix Asphalt, ASTM, pp.39-68 (1993).
31. Hansen, K.R. and G. Anderton, "A laboratory evaluation of recycled tire rubber in hot-mix asphalt paving systems", Use of Waste Materials in Hot-Mix Asphalt, ASTM, pp. 69-83 (1993).
32. Rutquist, S., F. Sundman and J. Vendo. "Fibre flow new high consistency defibring system for waste paper", *pulp and paper*, **51** (8), pp. 54-55 (1977).
33. Franklin, W.E. "Some perspectives on the paper industry's use of waste paper", *Water, Air, and Soil Pollution*, **4**, (2), pp. 175-189 (1975).
34. Anderson, L.L. and D.A. Tillman, "Fuels from waste", Academic press (1977).
35. Keyvani, A. S. and N. Saeki. "Behaviour of concrete composites using recycled steel shaving", *J. Solid Waste Tech. and Manag.,* **24** (1), pp.1-8 (1997).
36. Sheih, S.W., M.S. Tai. "Hot water process for copper and insulating material recovery from electric cable waste", *Waste Manag. and Res.,* **18** (5), pp. 478-484 (2000).
37. Al-sayed, M.H. and I. M. Madany. "Use of copper blasting grit waste in asphalt mixes in bahrain", *Construction and building materials,* **6** (2), pp. 113-116 (1992).
38. Schenkel, W., "Waste management and raw materials policy", Proc. Third Turkish-German environmental engineering symp. On the treatment and disposal of liquid and solid industrial wastes, (Kriton Curi, editor), Istanbul, pp. 445-467 (1980).
39. Pederson, H., "Salvage and reuse of textile waste material, with special reference to the wool textile industry", waste Management, Control, Recovery, and Reuse, Edited by N.Y. Kirov, pp. 179-182 (1975).
40. Godoy, F. E. and M.H. Savage, "Minimizing waste oil disposal", Hazardous and Industrial Solid Waste minimization practices, ASTM, Philadelphia, pp. 115-121 (1989).
41. West, R.C., G.C. page and K.H. Murphy, "Evaluation of crushed glass in asphalt paving mixtures", use of waste Materials in Hot-Mix Asphalt, ASTM, pp. 117-125 (1993).
42. Sherwood, P.T., "Alternative materials in road construction", Thomas Telford Services ltd. (1995).
43. Nicolai, M. M. Ruch, T.H. Spegler, S. Valdivia, J. hamidovic, and O. Rentz, "Development of integrated waste management strategies for demolition waste", proc. Of the Third Int. RILEM Symp. On Demolition and Reuse of Concrete and Masonry held in odense, Denmark, pp. 467-477 (1993).
44. Gupta, S.M. and B. Setia, "Concrete aggregates from demolition waste", proc. Of National Conference on the Cement and Building Materials from Industrial Wastes, Heydarabad, India, pp. 208-217 (1992).

۴۵. پاک، علی. «طبقه‌بندی زائدات جامد صنایع استان گیلان به منظور تعیین ویژگی‌های محل دفن»، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، وزارت صنایع و معادن (۱۳۸۰).

www.SID.ir